

ICS 91.080

P 20

备案号: J1355—2012

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL 5022 — 2012

代替 DL 5022 — 1993

**火力发电厂土建结构设计
技术规程**

**Technical code for the design of civil
structure of fossil-fired power plant**

2012-01-04 发布

2012-03-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

火力发电厂土建结构设计
技术规程

Technical code for the design of civil
structure of fossil-fired power plant

DL 5022—2012

代替 DL 5022—1993

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2012年3月1日

中国计划出版社

2012 北 京

国家能源局 公告

2012年 第1号

按照《能源领域行业标准化管理办法》(试行)的规定,经审查,国家能源局批准《承压设备无损检测 第7部分:目视检测》等182项行业标准(见附件),其中能源标准(NB)3项、电力标准(DL)81项和石油天然气标准(SY)98项,现予以发布。

附件:行业标准目录

国家能源局

二〇一二年一月四日

附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
.....						
84	DL 5022—2012	火力发电厂土建结构设计技术规程	DL 5022—1993		2012-01-04	2012-03-01
.....						

前 言

根据《国家能源局关于下达 2009 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2009〕163 号)的要求,由中国电力工程顾问集团公司西北电力设计院会同有关单位对原《火力发电厂土建结构设计技术规定》DL 5022—1993 进行修订而成。

在修订过程中,标准编制组认真总结了火力发电厂工程的设计实践经验和 2008 年汶川地震中的震害经验,吸取了相关科研成果和我国电力工程建设的实践经验,并广泛征求了有关设计和设计管理单位的意见,最后经专家审查并修改定稿。

本标准修订后共有 11 章 10 个附录,保持了 1993 年版本的基本框架,本次修订的主要内容是:

1. 本标准适用范围由汽轮发电机组容量 12MW~300MW 修改为 125MW~1000MW。

2. 增加了第 2 章术语、第 9 章空冷器支架;取消了钢筋混凝土炉架的章节和相关内容,压缩了装配式厂房设计的篇幅;补充了主厂房屋面、楼(地)面活荷载 600MW、1000MW 级机组的取值。增加了屋面、楼(地)面活荷载的组合值系数、频遇值系数取值规定;增加了干煤棚、圆形封闭式煤场、封闭式运煤栈桥和空冷器支架挡风墙的风荷载体型系数。

3. 新增了干灰库、封闭煤场、烟囱的钢排烟筒和弹簧隔振基础等内容,修订和补充了汽轮发电机基础构造措施、脱硫烟囱的烟气防腐设计规定。

4. 抗震设计章节作了全面修订,增加了钢结构主厂房、烟囱和空冷器支架等内容。

5. 新增了附录 A、附录 C、附录 D、附录 E 和附录 K。

本标准中第 1.0.6、3.1.6、3.1.8、5.2.1、5.2.6、5.4.1、7.2.8、11.1.2、11.1.5、11.1.6、11.1.15、11.2.1、11.3.5 条为强制性条文,以黑体字标志,必须严格执行。

本标准自实施之日起,原《火力发电厂土建结构设计技术规范》DL 5022—1993 同时废止。

本标准由国家能源局负责管理和对强制性条文的解释,由电力规划设计总院提出,由能源行业发电设计技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团西北电力设计院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计总院(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮政编码:100120)。

本标准主编单位、参编单位和主要起草人:

主编单位:中国电力工程顾问集团西北电力设计院

参编单位:(以章节先后为序)

中国电力工程顾问集团西南电力设计院

中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有
限公司

中国电力工程顾问集团华东电力设计院

中国电力工程顾问集团东北电力设计院

中国电力工程顾问集团中南电力设计院

山西省电力勘测设计院

广东省电力设计研究院

浙江省电力设计院

河北省电力勘测设计研究院

湖南省电力勘测设计院

山东省电力工程咨询院

江苏省电力设计院

主要起草人:(以章节先后为序)

刘明秋 陈其春 马 申 陈 峥 潘炎根

周雷靖 何丽婷 李炳益 龙 健 周丽琼

解宝安 贾军刚 李 健 林 娜 范振中
童建国 彭界隆 邢克勇 周建军 文良谟
于 军 徐 昆 王润民

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(3)
3	荷 载	(6)
3.1	基本规定	(6)
3.2	屋面、楼(地)面活荷载	(9)
3.3	吊车荷载	(24)
3.4	风、雪荷载	(24)
4	主 厂 房	(34)
4.1	基本规定	(34)
4.2	钢筋混凝土框排架结构	(35)
4.3	钢框排架结构	(40)
4.4	屋面结构	(42)
4.5	外墙结构	(45)
4.6	煤斗及吊车梁	(46)
4.7	锅炉电梯井结构	(51)
5	地基与基础	(52)
5.1	基本规定	(52)
5.2	地基计算	(54)
5.3	软弱地基	(56)
5.4	山区地基	(58)
5.5	湿陷性黄土地基	(59)
5.6	基础	(61)
5.7	地下沟道	(63)
6	动力机器基础	(66)

6.1	汽轮机组和电机基础	(66)
6.2	辅助机器基础	(72)
7	燃料及灰渣贮运建(构)筑物	(81)
7.1	卸煤建(构)筑物	(81)
7.2	运煤廊道	(83)
7.3	碎煤机室	(85)
7.4	贮煤筒仓	(87)
7.5	干煤棚及封闭式煤场	(90)
7.6	干灰库	(91)
7.7	燃油建筑	(92)
8	烟囱与烟道	(95)
8.1	基本规定	(95)
8.2	烟囱计算	(96)
8.3	烟囱钢筋混凝土筒壁纵向裂缝控制措施	(100)
8.4	烟囱的防腐蚀措施	(101)
8.5	烟囱的构造措施	(103)
8.6	烟道	(105)
9	空冷器支架	(107)
9.1	基本规定	(107)
9.2	荷载及荷载组合	(108)
9.3	构造规定	(109)
10	管道支架	(111)
10.1	基本规定	(111)
10.2	荷载及荷载组合	(114)
10.3	结构计算	(115)
11	抗震设计	(120)
11.1	基本规定	(120)
11.2	地基与基础	(123)
11.3	地震作用和结构抗震验算	(125)

11.4	钢筋混凝土结构主厂房	(128)
11.5	钢结构主厂房	(133)
11.6	烟囱	(135)
11.7	集中控制楼和屋内配电装置楼	(137)
11.8	运煤廊道	(137)
11.9	贮煤筒仓	(138)
11.10	设备基础	(140)
11.11	管道支架	(141)
11.12	空冷器支架	(144)
附录 A	干煤棚及圆形封闭式煤场风荷载体型系数	(147)
附录 B	钢筋混凝土结构节点计算与构造	(153)
附录 C	工字形截面钢-混凝土组合梁抗扭计算	(157)
附录 D	施工及使用过程沉降观测	(161)
附录 E	汽轮发电机弹簧隔振基础设计	(163)
附录 F	翻车机室和缝式煤槽的形式、计算简图及侧壁 计算公式	(166)
附录 G	钢筋混凝土烟囱筒壁洞口强度计算	(174)
附录 H	管道支架荷载计算	(177)
附录 J	理论计算周期调整系数	(185)
附录 K	框架异形节点核芯区截面抗震验算	(186)
	本标准用词说明	(189)
	引用标准名录	(190)
	附:条文说明	(191)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(3)
3	Loads	(6)
3.1	Basic requirement	(6)
3.2	Live loads on roofs and floors	(9)
3.3	Crane loads	(24)
3.4	Wind loads and snow loads	(24)
4	Main building	(34)
4.1	Basic requirement	(34)
4.2	Reinforced concrete frame structures	(35)
4.3	Steel frame structures	(40)
4.4	Roof structures	(42)
4.5	Outside wall structures	(45)
4.6	Bunker and crane girder	(46)
4.7	Elevator frame of the boiler	(51)
5	Ground and foundation	(52)
5.1	Basic requirement	(52)
5.2	Calculation for ground	(54)
5.3	Soft soil foundation	(56)
5.4	Foundation in mountaineous regions	(58)
5.5	Collapsible loess foundation	(59)
5.6	Foundations	(61)
5.7	Trench	(63)
6	Dynamic machine foundation	(66)

6.1	Turbine-generator pedestal	(66)
6.2	Auxiliary equipment foundation	(72)
7	Building of fuel handling and ash handling	(81)
7.1	Coal unloading building	(81)
7.2	Coal conveyor gallery	(83)
7.3	Crusher room	(85)
7.4	Coal silo	(87)
7.5	Dry-coal shed and enclosed-coal yard	(90)
7.6	Fly ash silo	(91)
7.7	Building of fuel oil store	(92)
8	Chimney and flue	(95)
8.1	Basic requirement	(95)
8.2	Calculation for chimney	(96)
8.3	Control measures for vertical crack in chimney of reinforced concrete shell	(100)
8.4	Corrosion protection for chimney	(101)
8.5	Details for chimney structures	(103)
8.6	Flue	(105)
9	Frame of air-cooling condensers	(107)
9.1	Basic requirement	(107)
9.2	Loads and load combinations	(108)
9.3	Details requirement	(109)
10	Pipeline rack	(111)
10.1	Basic requirement	(111)
10.2	Loads and load combinations	(114)
10.3	Structural calculation	(115)
11	Seismic design	(120)
11.1	Basic requirement	(120)
11.2	Ground and foundation	(123)

11.3	Earthquake action and seismic checking for structures	.....	(125)
11.4	Main building of reinforced concrete structures	.....	(128)
11.5	Main building of steel structures	.....	(133)
11.6	Chimney	.....	(135)
11.7	Central control building and indoor switchgear building	....	(137)
11.8	Coal conveyor gallery	.....	(137)
11.9	Coal silo	.....	(138)
11.10	Equipment foundations	.....	(140)
11.11	Pipeline rack	.....	(141)
11.12	Frame of air-cooling condensers	.....	(144)
Appendix A	Shape factor of wind load for dry-coal shed and circular closed coal-yard	.....	(147)
Appendix B	Calculation and details for joint of reinforced concrete structures	.....	(153)
Appendix C	Calculation of torsional section load-bearing capacity of I shape steel-concrete combined beam	.....	(157)
Appendix D	Deformation observation of buildings during construction period and the services time	.....	(161)
Appendix E	Design of spring-supported turbine-generator pedestal	.....	(163)
Appendix F	Structure type, calculating diagram and side wall computational formula of coal-wagon tipper house and slot coal-unloading trench	.....	(166)
Appendix G	Calculation of section load-bearing capacity on holes of reinforced concrete chimney cylinder wall	.....	(174)

Appendix H	Load calculation for pipeline rack	(177)
Appendix J	Adjustment factor of calculated natural period of structure vibration	(185)
Appendix K	Seismic design for the core zone of column- beam heteromorphic joint of frame structure	(186)
	Explanation of wording in this code	(189)
	List of quoted standards	(190)
	Addition: Explanation of provisions	(191)

1 总 则

1.0.1 为了在火力发电厂(以下简称发电厂)建筑结构设计,贯彻执行国家的技术经济政策,做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量,制定本标准。

1.0.2 本标准是根据国家有关规范并结合火力发电厂的特点制定的。凡本标准未涉及的部分,应符合国家和行业相关标准的规定。

1.0.3 本标准适用于汽轮发电机组单机容量为 125MW~1000MW 新建或改、扩建发电厂的土建结构设计,125MW 以下的发电厂可按单机容量 125MW 的规定执行。本标准不适用于变电站、输电线路和水工建(构)筑物。

1.0.4 发电厂结构设计除应符合承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计规定外,还应满足耐久性、防爆、防火及防腐蚀等要求。

1.0.5 发电厂结构设计应在总结实践经验和试验研究的基础上,消化吸收国内外先进经验,密切配合工艺布置和施工条件,积极慎重地采用新技术、新布置、新结构、新材料。

1.0.6 发电厂建(构)筑物应根据结构破坏可能产生后果的严重性,采取不同的安全等级。发电厂建(构)筑物的安全等级应按表 1.0.6 执行。

表 1.0.6 发电厂建(构)筑物的安全等级

安全等级	建(构)筑物类型
一级	高度不小于 200m 且单机容量不小于 200MW 机组的烟囱、主厂房悬吊煤斗、汽机房屋盖的主要承重结构
二级	除一、三级以外的其他生产建筑、辅助及附属建筑物
三级	围墙、自行车棚

1.0.7 除临时性结构外,发电厂建(构)筑物的结构和结构构件的设计使用年限均为 50 年。

1.0.8 钢结构的防火设计必须符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的规定。

1.0.9 结构设计应考虑生产使用、检修维护、施工安装及材料性能等因素,并符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 主厂房 main building

由汽机房、除氧间和煤仓间组成的厂房建筑。

2.0.2 主厂房框排架 frame structure of main building

由汽机房外侧柱、屋盖和除氧间(或除氧煤仓间)框架所组成的联合受力结构。

2.0.3 烟囱 chimney

钢筋混凝土外筒与排烟筒(或内衬)组成的排放烟气的高耸构筑物。

2.0.4 排烟筒 inner tube of chimney

设置于烟囱外筒与烟气之间的砌体或钢制承重隔离层,具有防腐和隔热的功能。

2.0.5 烟道 flue

烟道指引风机出口以后至烟囱入口前排放烟气的总烟道。

2.0.6 烟道支架 flue frame

支承钢烟道的钢筋混凝土结构或钢结构支架。

2.0.7 贮煤筒仓 coal silo

圆形钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土的煤贮存仓。

2.0.8 干灰库 fly ash silo

圆形钢筋混凝土结构的干灰贮存仓。

2.0.9 屋内配电装置楼 indoor switchgear building

安装敞开式或全封闭组合式(GIS)电气配电装置的单层或多层建筑。

2.0.10 集中控制楼 central control building

集机组中央控制室、电子设备间、低压配电间、蓄电池及不停

电电源、柴油发电机室,以及与之配套功能用房的综合性建筑。

2.0.11 空冷器支架 frame of air-cooling condensers

由直接空冷(ACC)装置平台的支承柱、支承冷凝器和风机组的梁或桁架、挡风墙等组成的构筑物。

2.0.12 干煤棚 dry-coal shed

两端开敞或两端及侧墙均开敞的煤场防雨棚。

2.0.13 圆形封闭式煤场 circular closed coal-yard

由环形分离式或连续式挡煤墙、网架屋盖组成的圆形封闭式煤贮存构筑物。

2.0.14 球形封闭式煤场 hemispherical closed coal-yard

半球形钢筋混凝土薄壳结构的封闭式煤贮存构筑物。

2.0.15 卸煤建(构)筑物 buildings and special structures for coal unloading

翻车机室(或卸煤沟)至煤贮存场地的建(构)筑物总称。

2.0.16 运煤廊道 coal conveyor gallery

地下运煤廊道和地上运煤栈桥(简称运煤栈桥)的总称。

2.0.17 管道支架 pipeline rack

全厂各类管道支架的总称,包括燃油管道支架、除灰管道支架、蒸汽管道支架、电缆桥架等。

2.0.18 特种材料库 special warehouse

存放润滑油和氢、氧、乙炔气瓶等的库房。

2.0.19 一般材料库 general warehouse

存放精密仪器、钢材、一般器材的库房。

2.0.20 隔振基础 vibration insulating foundation

由台板、隔振装置和下部支承结构组成的动力设备基础。

2.0.21 固定管架 fixed pipeline rack

在纵向(沿管道方向)及横向(垂直管道方向)有足够刚度,均可视为管道不动支点(管道支座与管道支架为固定连接,无相对位移)的管道支架。

2.0.22 活动管架 movable pipeline rack

管道支座采用滑动或滚动连接,管道与管道支架接触面允许产生相对位移的管道支架。

2.0.23 独立式管架 isolated pipeline rack

相邻管道支架之间无纵向联系构件的管道支架。

2.0.24 纵梁式管架 pipeline rack with lengthways tie member

各管道支架间以纵梁或桁架通长相连的管道支架,其跨间按要求设置一定数量的横梁用于管道支承。

2.0.25 异形节点 heteromorphic joint

钢筋混凝土框架结构节点核芯区两侧梁截面尺寸相差较大(即截面高度比大于或等于 2.0),以及上下柱变截面形成的节点小核芯区。

2.0.26 铰接支撑框架体系 steel hinged frame-brace system

由柱间支撑和梁柱铰接的框架构成的钢结构体系,其竖向荷载由框架柱承担,侧向力则由支撑承担。

2.0.27 框架-中心支撑体系 steel concentrically frame-brace system

由梁柱刚接的框架和中心支撑框架构成的钢结构体系。竖向荷载由框架柱承担,侧向力由中心支撑框架和抗弯框架共同承担。

3 荷 载

3.1 基本规定

3.1.1 发电厂一般建筑结构的荷载及荷载效应组合除应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用外,还应符合本标准的要求。

发电厂特殊结构的荷载及荷载效应组合,应按本标准有关章节采用。

本标准的荷载系指建(构)筑物结构设计中的荷载标准值。

3.1.2 结构上的荷载可分为下列三类:

永久荷载:在结构使用期间,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限值的荷载。如结构自重、土压力、预应力等。

可变荷载:在结构使用期间,其值随时间变化,且其变化与平均值相比不可以忽略不计的荷载。如楼(地)面活荷载、屋面活荷载、积灰荷载、吊车荷载、风荷载和雪荷载等。

偶然荷载:在结构使用期间不一定出现,一旦出现,其值很大且持续时间很短的荷载。如爆炸力、短路力矩和撞击力等。

3.1.3 除本标准有关章节另有规定外,作用在厂房结构上的设备荷载和管道荷载(包括设备及管道的自重,设备、管道及容器中的填充物重,以及动力荷载)可按可变荷载考虑。

3.1.4 正常运行时,作用在厂房结构上的设备和管道荷载(包括设备及管道自重,正常运行时设备、管道及容器中的填充物重,以及动力荷载)、运煤皮带机的水平拉力、导线拉力,可按正常运行工况可变荷载取值。

非正常运行时,由设备和管道产生的荷载,如设备管道的事故

积粉(积灰)荷载、水压试验荷载、排汽产生的荷载及一般电气设备的短路电流,应按非正常运行工况可变荷载考虑。

3.1.5 事故时的爆炸荷载、设备或管道泄爆门的泄爆荷载、管内流体动量突变(汽锤、水锤)引起的瞬态作用力、汽轮发电机短路力矩荷载,应按偶然荷载取值。

3.1.6 建筑结构设计时,各类荷载应按下列规定采用:

1 对永久荷载,应采用荷载标准值作为代表值。

2 对可变荷载,应根据设计要求采用荷载标准值、组合值、准永久值和频遇值作为代表值。对设备和管道在正常(或非正常)运行工况时的可变荷载标准值,应按工艺专业提供的荷载资料采用。

3 对偶然荷载,应按工艺专业提供的荷载资料采用,并根据试验资料,结合工程经验和建筑结构的使用特点确定其代表值。

3.1.7 主厂房结构荷载效应组合应符合下列规定:

1 主厂房框排架结构荷载效应组合时,不考虑施工安装时大件设备的运输、起吊等临时荷载,一般采取临时措施解决。必要时可对个别构件进行承载力验算,其安全等级可降低一级采用。

2 主厂房内设备和管道非正常运行工况时的活荷载,不参与框排架整体分析的荷载效应组合。但在结构构件及其连接设计时,此类活荷载应参与其他荷载效应组合,结构构件的安全等级不应降低。

3.1.8 基本组合的荷载分项系数应按下述规定采用:

1 永久荷载的荷载分项系数:

1) 当其效应对结构不利时:

对由可变荷载效应控制的组合,应取 1.2;

对由永久荷载效应控制的组合,应取 1.35。

2) 当其效应对结构有利时,应取 1.0。

2 可变荷载的荷载分项系数：

1) 一般情况下取 1.4；

2) 对标准值大于 4kN/m^2 的楼面活荷载取 1.3；

3) 主厂房内的设备和管道荷载，其荷载分项系数取 1.3；

4) 原(粉)煤斗中的煤(煤粉)荷载、贮煤筒仓中的煤、干灰库中的灰渣荷载，其荷载分项系数取 1.3；

5) 动力荷载分项系数取 1.4。

3.1.9 对结构的抗倾覆、滑移或飘浮验算，荷载的分项系数应按有关的结构设计规范的规定采用。

3.1.10 发电厂主厂房、其他生产建筑、辅助生产及附属建筑的屋面、楼(地)面活荷载，以及活荷载的组合值系数、频遇值系数和准永久值系数，可按本标准表 3.2.2、表 3.2.4-1、表 3.2.4-2 采用。

3.1.11 设备和管道正常工况可变荷载的组合值系数、频遇值系数和准永久值系数应取 1.0。

3.1.12 贮料仓的贮料荷载，如主厂房屋(粉)煤斗中的煤(煤粉)、贮煤筒仓中的煤、灰渣库中的灰渣等可变荷载，其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数应取 1.0。

3.1.13 偶然组合可根据实际情况按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的原则确定，同时应符合下列规定：

1 主厂房内粉煤斗可能发生的爆炸荷载及其他可能发生的爆炸荷载，如天然气爆炸荷载、防爆门泄爆荷载，不考虑参与主厂房框排架结构的荷载效应组合，但对结构构件应进行承载能力验算，并采取构造措施解决，偶然荷载的分项系数可取 1.0。

2 汽轮发电机基础荷载效应偶然组合如下：永久荷载、动力荷载及短路力矩组合，动力荷载组合值系数可取 0.25，短路力矩的组合值系数可取 1.0。

3.1.14 生活福利建筑的楼(屋)面活荷载及其组合值系数、频遇值系数、准永久值系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

3.2 屋面、楼(地)面活荷载

3.2.1 发电厂建(构)筑物的屋面、楼(地)面活荷载应包括在生产使用、检修和施工安装过程中,由设备、管道、材料堆放和运输工具等重物所引起的荷载,以及所有设备、管道支吊架等作用于土建结构上的荷载。

3.2.2 主厂房框排架结构设计时,活荷载可按下列规定取值:

1 当工艺专业提供全部设备和管道荷载时,楼面活荷载可按 2.0kN/m^2 取值,其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数分别为0.7、0.7和0.6。

2 当工艺专业提供主要设备及管道荷载[主要有除氧器、高(低)压加热器、给煤机、粗(细)粉分离器、螺旋输粉机、工业水箱、煤斗和荷载量级相当的其他设备;以及主蒸汽、再热蒸汽、旁路、主给水、一次风、煤粉系统管道和荷载量级相当的其他管道]时,楼面活荷载可按照表3.2.2中计算主框架用的楼(屋)面活荷载取值。

3.2.3 设计楼面构件时,楼(屋)面活荷载可按表3.2.2采用,但板肋(次梁或连梁)尚应计入设备和管道荷载(表盘、低压开关柜等一般设备荷载不再考虑)。电缆夹层的电缆荷载一般不再重复计入。

3.2.4 当工艺布置无特殊要求时,其他生产、辅助生产及附属建筑物的屋面、楼(地)面活荷载可按表3.2.4-1及表3.2.4-2取用。

3.2.5 主厂房及其他生产、辅助生产及附属建筑物的屋面,可不考虑积灰荷载。

3.2.6 300MW级及300MW级以上机组的汽机房运转层,应根据工艺提供的检修部件及其荷载分区布置图确定荷载,并说明应在楼面上按布置图加设标志,以便施工安装及运行检修时遵照执行。

表 3.2.2 火力发电厂主厂房屋面、楼(地)面活荷载标准值及组合值系数、频遇值系数和准永久值系数

序号	名称	标准值(kN/m ²)			计算次梁、预制板 主肋折减系数 ^②		计算主 梁(柱) 时折减 系数 ^③	计算主框排架 用楼(屋)面活 荷载标准值 ^④ (kN/m ²)	组合 值 系数	频遇 值 系数	准永 久 值 系数	备注
		单机容量(MW)			6m≤ 柱距<9m	9m≤ 柱距≤12m						
		≤125	200~300	600~1000 ^⑤								
一、汽机房												
1	±0.00											
	地下室顶板集 中检修场地 ^①	15~20	25~30	40	0.8	0.7	0.7	—	0.7	0.7	0.5	
	地下室顶板一 般区域	10	10~20	20	0.8	0.7	0.7	—	0.7	0.7	0.5	
	集中检修区域 地面	20~30	40	40	—	—	—	—	—	—	—	
	其他空闲地面 及钢筋混凝土盖 板 ^⑥	10	10	10	—	—	—	—	0.7	0.7	0.5	
	钢盖板(钢格 栅板)	2~4	4	4	—	—	—	—	0.7	0.7	0.5	
2 加热器平台中间层												
	加热器平台管 道层	4	6	6	0.8	—	0.8	—	0.8	0.8	0.7	

	高、低压加热器平台 ^④	10 (4)	10 (6)	10~12 ^④	0.8	—	0.8	—	0.8	0.8	0.7
	给水泵运转层平台及给水泵基座平台	—	15	15	0.8	—	0.7	—	0.7	0.7	0.6
3	汽轮发电机基座中间层平台	4	6	10	0.8	—	0.7	—	0.8	0.8	0.7
4	汽机房运转层										
	加热器平台一般区域楼板(包括固定端平台)	8~10	10	15	0.8	—	0.7	—	0.7	0.7	0.5
	扩建端山墙悬挑走道平台	4	4	4	0.8	—	0.7	—	0.7	0.7	0.5
	汽轮发电机检修区域楼板及汽轮机基座平台	15~20	25~30	25~40 ^④	0.8	—	0.7	—	0.7	0.7	0.5
	A排柱悬臂平台 ^⑤	4	6	6	1.0	1.0	—	4	0.75	0.7	0.6
	B排柱悬臂平台 ^⑤	8	10	10	1.0	1.0	—	5~6	0.75	0.7	0.6

续表 3.2.2

序号	名称	标准值(kN/m ²)			计算次梁、预制板 主肋折减系数 ^⑦		计算主 梁(柱) 时折减 系数 ^⑧	计算主框排架 用楼(屋)面活 荷载标准值 ^⑨ (kN/m ²)	组合 值 系数	频遇 值 系数	准永 久 值 系数	备注
		单机组容量(MW)			6m≤ 柱距<9m	9m≤ 柱距≤12m						
		≤125	200~300	600~1000 ^⑩								
	钢盖板(钢格 栅板)	4	4	4	—	—	—	—	0.7	0.7	0.5	
5	汽机房屋面 ^⑥	1	1	1	1.0	1.0	0.7	0.5~0.7	0.7	0.5	0.2	
二、除氧间												
6	厂用配电装置楼 面 ^⑥	6(10)	6(10)	10(10)	0.8	0.7	—	3(6)	0.95	0.9	0.8	括号内取 值用于高压 (>380V)配 电装置
7	通风层、电缆夹 层楼面	4	4	4	0.7	0.7	—	3	0.95	0.9	0.7	
8	运转层(管道层) 楼面	6~8	6~8	10	0.8	0.7	—	5~6	0.9	0.9	0.7	
9	其他(非运转层) 管道层楼面	4	4	6	0.8	0.7	—	3(4)	0.9	0.9	0.7	括号内数值 用于600MW~ 1000MW级
10	除氧器层楼面 ^①	4	6	10	0.7	0.7	—	3~4 (4~6)	0.9 (0.8)	0.9 (0.8)	0.7 (0.6)	

11	除氧间屋面	4(2)	4(2)	4(2)	0.7	0.7	—	3(1)	0.7	0.6	0.4	括号内数值用于该层无任何设备管道荷载,施工安装时仅有少量零星材料堆放时
三、煤仓间												
12	±0.00 磨煤机地坪	15	20	20	—	—	—	—	—	—	—	
13	运转层楼面	6~8	6~8	10	0.8	0.7	—	5~6	0.9	0.9	0.7	
14	给粉机平台	4	4	4	0.7	0.7	—	3	0.9	0.9	0.7	
15	煤斗层楼面	4	4	4	0.7	0.7	—	3	0.9	0.9	0.7	
16	皮带层楼面	4	4	5	1.0	0.8	—	3	0.9	0.9	0.7	
	皮带机头部传动装置楼面	10	10	10	0.7	0.7	—	6	0.9	0.9	0.7	由工艺专业提供。当皮带宽度小于或等于1.2m时可按10kN/m ² 采用

续表 3.2.2

序号	名称	标准值(kN/m ²)			计算次梁、预制板 主肋折减系数 ^①		计算主 梁(柱) 时折减 系数 ^②	计算主框排架 用楼(屋)面活 荷载标准值 ^③ (kN/m ²)	组合 值 系数	频遇 值 系数	准永 久 值 系数	备注
		单机组容量(MW)			6m≤ 柱距<9m	9m≤ 柱距≤12m						
		≤125	200~300	600~1000 ^④								
17	煤仓间屋面	4(2)	4(2)	4(2)	0.7	0.7	—	3(1)	0.7	0.6	0.4	括号内数值用于该层无任何设备管道荷载,施工安装时仅有少量零星材料堆放时
18	除氧间、煤仓间非运转层的各层悬臂平台	4	4	4	0.8	0.7	—	3	0.9	0.9	0.7	
19	除尘间、屋顶水箱间	4	4	4	0.8	0.7	—	3	0.7	0.6	0.4	水箱、除尘设备荷载由工艺专业提供
四、锅炉房												
20	±0.00 地坪及钢筋混凝土沟盖板 ^⑤	10	10	20	—	—	—	—	0.7	0.7	0.5	
21	钢筋混凝土运转层楼面	8	8	10	0.8	0.7	0.7	6	0.8	0.8	0.6	

		钢格栅运转层楼面	4	4	4	0.8	0.7	0.7	3	0.7	0.7	0.5	
22		炉架非运转层的钢筋混凝土平台	4(6)	4(6)	—	0.7	0.7	—	3(4)	0.7	0.7	0.5	括号内取值仅用于顶层平台
23		锅炉房屋面 ^⑥	1	1	—	1.0	1.0	0.7	0.5~0.7	0.7	0.6	0.2	
24		炉顶小室屋面 ^⑥	1	1	1	1.0	1.0	0.8	—	0.7	0.6	0	
五、其他													
25	集中控制室	控制室楼面	4	4	10	0.8	0.8	0.7	3(6)	0.9	0.9	0.7	括号内取值用于 600 MW 级
		继电器室、蓄电池室楼面	6	8	10	0.8	0.8	0.7	4(6)	0.9	0.9	0.7	
		电缆夹层	4	4	4	0.7	0.7	—	3	0.95	0.9	0.7	
		空调机房	7	7	7	0.8	0.8	0.7	—	0.9	0.9	0.8	
		屋面	1	1	1	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.6	0.2	当有机具、材料堆放时按本表第 30 项取值

续表 3.2.2

序号	名称	标准值(kN/m ²)			计算次梁、预制板 主肋折减系数 ^①		计算主 梁(柱) 时折减 系数 ^②	计算主框排架 用楼(屋)面活 荷载标准值 ^③ (kN/m ²)	组合 值 系数	频遇 值 系数	准永 久 值 系数	备注
		单机容量(MW)			6m≤ 柱距<9m	9m≤ 柱距≤12m						
		≤125	200~300	600~1000 ^④								
26	电梯间机房联络平台	4	4	4	—	—	0.7	—	0.9	0.9	0.7	机房楼面荷载由厂家提供
27	主厂房各层钢操作平台	2~4	2~4	2~4	—	—	0.7	I	0.7	0.7	0.5	当运行检修中有可能放置阀门等较重的零部件时用大值
28	除氧间、煤仓间钢筋混凝土楼梯(包括钢结构主楼梯)	4	4	4	—	—	—	—	0.7	0.7	0.5	
29	主厂房一般钢楼梯	2	2	2	—	—	—	—	0.7	0.6	0.5	
30	可能堆放安装机具、保温材料的其他生产建筑物(含集控楼)屋面	4	4	4	0.8	0.7	0.7	—	0.7	0.6	0.4	

- 注：①当发电机静子在汽机房地下室顶板上拖运，以及除氧器、加热器需在楼(地)面上拖运时，其对楼(地)面产生的荷载应根据实际拖运方案，采取临时性措施解决；
- ②汽机房、锅炉房±0.00设备运行检修(风扇磨、钢球磨煤机等检修)通道部分的钢筋混凝土沟盖板及沟道(包括隧道)应按实际产生的集中(或均布)活荷载进行计算。安装时的临时重件设备运输起吊通道对地下设施产生的荷载，应采取临时措施解决；
- ③当柱距小于9m时取大值，柱距为9m~12m时取小值；
- ④表中高、低压加热器楼面活荷载，也适用于放在除氧间的卧式加热器楼面。表中括号内数值仅用于汽机房内的125MW及200MW级加热器平台的低压加热器布置，但均以工艺提供的荷载为准；
- ⑤不包括汽机横向布置时转子安装检修对平台产生的荷载。当需要将转子支承在平台上时，应由工艺提供荷载。当汽机纵向布置，需要在汽机运转层平台与A(B)排悬臂平台搭设临时安装检修平台时，A(B)排楼板边梁(或板肋)的楼面活荷载可按 $10\text{kN}/\text{m}^2$ 取用；
- ⑥表中汽机房、锅炉房屋面(包括炉顶小室屋面)活荷载仅适用于钢筋混凝土不上人屋面。屋顶通风机检修通道荷载应由工艺专业提供；
- ⑦次梁(板主肋)折减系数不应与主梁(柱)折减系数同时考虑；
- ⑧低压($\leq 380\text{V}$)配电装置楼面荷载由工艺专业提供，对一般盘柜可按表列 $6\text{kN}/\text{m}^2$ 采用；
- ⑨表中600MW~1000MW级机组荷载值，当设计有依据时，允许进行调整；
- ⑩加热器采用双列平行布置时可取大值；
- ⑪检修区荷载可按大件堆放图的等效荷载确定，当发电机转子、汽轮机高(低)压转子的堆放活荷载超过表中数值时，应采取定点堆放，并另行计入其荷载。

表 3.2.4-1 火力发电厂其他生产建筑物屋面、楼(地)面活荷载

序号	名称	标准值 (kN/m ²)	组合值 系数	频遇值 系数	准永久 值系数	主梁(柱) 折减系数	备注
一、主控制楼							
1	主控制室、继电器室及通讯室楼面 ^①	4	1.0	0.9	0.8	0.7	
2	电缆夹层楼面	3	0.8	0.9	0.8	0.7	
3	楼梯	2.5	0.7	0.6	0.5	—	
4	不上人屋面	0.7	0.7	0.5	0.0	1.0	
二、屋内配电装置							
5	电容器室楼面	4~9	0.9	0.9	0.8	0.7	活荷载标准值按等效均布活荷载计算
6	屋内配电装置楼面						
	3kV、6kV、10kV 屋内配电装置楼面	4~7	0.9	0.9	0.8	0.7	每组开关重量大于 8kN 时,由工艺提供
	35kV 屋内配电装置楼面	4~8	0.9	0.9	0.8	0.7	每组开关重量大于 12kN 时,由工艺提供
	110kV 屋内配电装置楼面	4.0~10.0	0.9	0.9	0.8	0.7	仅限于每组开关重量不大于 36kN 时
	110kV、220kV 屋内 GIS 组合电器楼面	10	0.9	0.9	0.8	0.7	

续表 3.2.4-1

序号	名称	标准值 (kN/m ²)	组合值 系数	频遇值 系数	准永久 值系数	主梁(柱) 折减系数	备注
	500kV GIS 组合 电器楼面 ^②	—	0.9	0.9	0.8	0.7	按实际计 算
7	楼梯	2.5	0.7	0.6	0.5	—	
8	屋面	0.7	0.7	0.5	0.0	1.0	
9	室外阳台	4	1.0	0.9	0.8	0.9	作为吊装 设备使用 时,按实际 重量计算
三、卸煤装置建筑物							
10	卸煤沟沿铁路线 楼面	10	1.0	0.95	0.8	1.0	
11	绞车房楼面	10	0.8	0.7	0.7	0.8	
12	翻车机室						
	±0.00 楼(地)面	10	1.0	0.95	0.7	0.8	
	各层钢筋混凝土 平台	4	0.8	0.7	0.7	0.8	
	屋面	0.7	0.7	0.7	0.0	0.7	
四、贮煤装置建筑物							
13	干煤棚屋面 ^③	0.7	0.7	0.7	0.0	—	
14	贮煤筒仓						
	皮带机楼面	4~6	0.8	0.7	0.6	0.8	
	皮带机头部传动 装置楼面	10	0.9	0.9	0.7	0.8	由工艺提 供,一般可 按 10kN/m ² 采用
	屋面	0.5	0.5	0.5	0.0	0.7	不上人屋 面

续表 3.2.4-1

序号	名称	标准值 (kN/m ²)	组合值 系数	频遇值 系数	准永久 值系数	主梁(柱) 折减系数	备注
五、运煤装置建筑物							
15	运煤栈桥 ^④						
	楼面 ^④	3~4	0.7	0.7	0.7	0.6	
	屋面	0.7	0.7	0.6	0.0	0.8	
16	地下运煤隧道	3~4	0.7	0.7	—	—	
17	转运站						
	楼面	4	0.8	0.7	0.7	0.7	
	皮带机头部传动 装置楼面	10	1.0	0.9	0.7	0.8	由工艺提 供,一般可 按 10kN/m ² 采用
	屋面	0.7	0.7	0.7	0.0	0.8	
18	地下煤斗间楼面	4	0.8	0.7	0.7	0.8	
19	采光室屋面	0.7	0.7	0.7	0.0	0.7	
六、碎煤机室 ^⑤							
20	皮带机层						
	皮带机楼面	4	0.8	0.8	0.7	0.8	
	皮带机头部传动 装置楼面	10	1.0	0.9	0.7	0.8	由工艺提 供,一般可 按 10kN/m ² 采用
21	煤筛层楼面	4	1.0	0.9	0.7	0.8	
22	碎煤机层楼面	10~20 ^⑤	1.0	0.9	0.7	0.7	
23	碎煤机室底层	4(10)	1.0	0.9	0.7	0.8	括号内数 值仅用于底 层为地坪时
24	碎煤机室屋面	0.7	0.7	0.7	0.0	0.7	

续表 3.2.4-1

序号	名称	标准值 (kN/m ²)	组合值 系数	频遇值 系数	准永久 值系数	主梁(柱) 折减系数	备注
七、化学水处理室							
25	各层楼面	3	0.7	0.7	0.5	0.8	由工艺提供,一般可按 3kN/m ² 采用
26	试验室	3	0.8	0.7	0.5	0.8	
27	楼梯	3	0.7	0.7	0.5	—	
28	屋面	0.7	0.7	0.7	0.0	0.7	
八、灰渣泵房							
29	楼面	10	1.0	0.9	0.7	0.7	
30	进口部分悬臂平台	20~30	1.0	0.9	0.5	0.7	
31	其他悬臂平台	4	0.8	0.8	0.7	0.8	
32	屋面	0.7	0.7	0.7	0.0	0.8	
九、干灰库							
33	中间运转层楼面	4	0.8	0.7	0.7	0.7	
34	库顶层楼(屋)面	4	0.8	0.7	0.7	0.7	
35	小室屋面	0.7	0.7	0.7	0.0	0.8	
十、气力除灰楼							
36	运转层楼面	4	0.8	0.7	0.7	0.7	
37	灰斗层楼面	4	1.0	0.8	0.7	0.7	
38	屋面	2	0.7	0.7	0.4	0.7	
十一、脱硫建筑物							
39	配电装置楼面	6	0.9	0.8	0.8	0.7	
40	控制室楼面	4	0.8	0.8	0.8	0.7	
41	电缆夹层楼面	4	0.7	0.7	0.7	0.7	

续表 3.2.4-1

序号	名称	标准值 (kN/m ²)	组合值 系数	频遇值 系数	准永久 值系数	主梁(柱) 折减系数	备注
42	制浆楼楼面	4	0.8	0.7	0.7	0.7	
43	石膏脱水间楼面	4	0.8	0.7	0.7	0.7	
44	石灰石仓顶输送 层	4	0.7	0.7	0.7	0.7	
45	楼梯	3.5	0.7	0.5	0.5	—	
46	废水处理车间	4	0.7	0.7	0.7	0.7	
十二、沟盖板 ^⑥							
47	室内沟盖板	4	1.0	1.0	0.5	—	有安装检修荷载时,按实际荷载采用
48	室外沟盖板	4 ^⑥	1.0	1.0	0.5	—	有安装检修荷载时,按实际荷载采用

注:①当电缆层的电缆吊在主控制室、继电器室的楼板下时,应按实际荷载考虑;

②500kV GIS组合电器楼面活荷载由工艺提供;

③当干煤棚屋面采用压型钢板、玻璃钢及石棉瓦等轻屋面时,其屋面活荷载按0.3kN/m²采用;

④当皮带宽度为1.2m~1.4m时,栈桥桥面活荷载一般为4kN/m²采用;皮带宽度大于1.4m时,按实际荷载考虑;

⑤碎煤机室框架按下列两种荷载效应组合,并取其中最不利组合进行设计:

按安装情况组合时,楼面活荷载及主梁(柱)折减系数按本表采用,活荷载分项系数取1.3;

按运行检修情况组合时,碎煤机荷载按设备标准荷载乘动力系数加相应的楼面活荷载4kN/m²;

⑥表中数值仅用于露出地面的沟盖板,当沟盖板埋于地下时,除应考虑覆土层荷载外,尚应根据地面有无通行车辆、堆放材料等情况,按实际可能产生的荷载采用,但不得小于4kN/m²。

表 3.2.4-2 辅助生产及附属建筑物屋面、楼(地)面活荷载

序号	名称	标准值 (kN/m ²)	组合值 系数	频遇值 系数	准永久 值系数	主梁(柱) 折减系数	备注
1	生产办公楼						
	生产试验室 ^①	4	0.7	1.0	0.7	0.8	
	生产办公楼中检修间 ^②	8	0.7	1.0	0.7	0.8	
2	行政办公楼						
	办公室、会议室、 职工培训	2	0.7	0.6	0.5	0.8	
	科技档案室 ^③	3~5	0.9	0.9	0.8	0.8	
3	材料库、中心修 配厂						
	地面	10~15	1.0	0.95	—	—	可按实际 情况采用
	楼面	8	1.0	0.95	0.8	0.8	
	屋面	0.7	0.7	0.7	0.0	0.8	
4	主厂房至各建筑 物的天桥						
	楼面	3	0.7	0.7	0.7	0.9	
	屋面	0.7	0.7	0.7	0.0	0.9	

注：生产行政办公楼内的计算机机房、空调机房、蓄电池间及其他设备间荷载由工艺专业提供。

- ①生产办公楼内生产试验室楼层布置设备较轻的检修间(热工仪表、电气检修间等),其活荷载可按 4kN/m² 采用;
- ②设计生产办公楼时,应将重件检修的检修间布置在±0.00,地坪活荷载可按 8kN/m² 采用;
- ③一般资料档案室楼面活荷载取小值,对于设置多行排列书架时取大值。采用密集柜时,应按有关规定取值。

3.3 吊车荷载

3.3.1 吊车荷载除应满足现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定外,还应符合本章的规定。

3.3.2 汽机房、灰浆泵房、修配厂、检修间及引风机室等的吊车应按工作级别 A1~A3 取值,燃煤及除灰建筑的桥式抓斗吊车应按工作级别 A6、A7 取值。

3.3.3 主厂房吊车的竖向荷载和水平荷载应按下列规定采用:

1 汽机房设有一台吊车时,吊车荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 采用。

2 汽机房设有两台吊车时,吊车荷载应按下列规定采用:

1) 计算吊车梁及其支承牛腿时,竖向荷载及水平荷载均按两台吊车额定起重量考虑,不考虑吊车荷载的折减。

2) 计算主厂房框排架结构时,吊车竖向荷载按一台额定起重量考虑,另一台仅考虑自重作用。

3) 计算主厂房框排架结构时,吊车横向水平荷载仅考虑一台额定起重量;吊车纵向水平荷载应按两台吊车同时同向刹车考虑。计算刹车轮的轮压时,相应的两台吊车竖向荷载应按本款第 2 项的取值原则确定。

3.4 风、雪荷载

3.4.1 风、雪荷载一般情况应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

3.4.2 确定主厂房的风荷载体型系数时,一般可不考虑露天锅炉的遮蔽影响。主厂房风荷载体型系数可按表 3.4.2 采用。

3.4.3 确定露天悬吊锅炉炉架的风荷载体型系数时,一般可不考虑主厂房的遮蔽影响。露天悬吊锅炉炉架的风荷载体型系数可按表 3.4.3 采用。

3.4.4 对高出屋面的屋顶通风器、大型工艺设备和管道应考虑风

荷载的作用。粗、细粉分离器和工艺管道的风荷载体型系数可按表 3.4.4-1 和表 3.4.4-2 采用。

3.4.5 运煤栈桥风荷载体型系数可按下列规定采用：

1 封闭式运煤栈桥风荷载体型系数可按表 3.4.5 取用。

2 开敞式运煤栈桥风荷载体型系数可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中桁架取用。

3.4.6 空冷器支架风荷载体型系数宜通过风洞试验确定。当缺乏资料时，挡风墙的风荷载体型系数可按表 3.4.6 取用，冷凝器顶部蒸汽分配管道和管束表面的风荷载宜由供应商提供。

挡风墙设计时，迎风面风荷载体型系数不应小于 1.4，风荷载标准值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的围护结构考虑阵风系数。

3.4.7 干煤棚及圆形封闭煤场的风荷载体型系数，可按本标准附录 A 的规定取值。

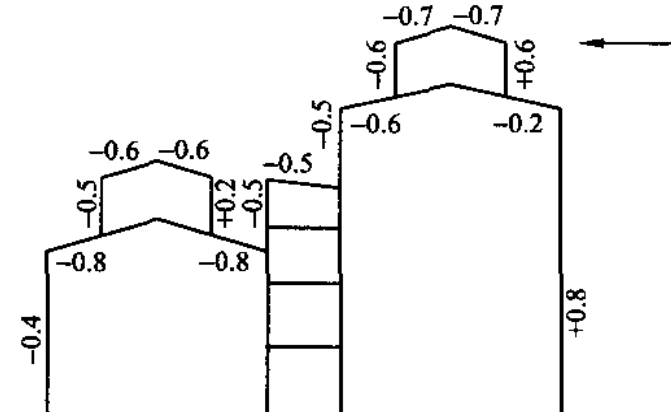
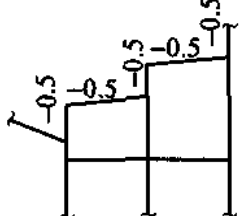
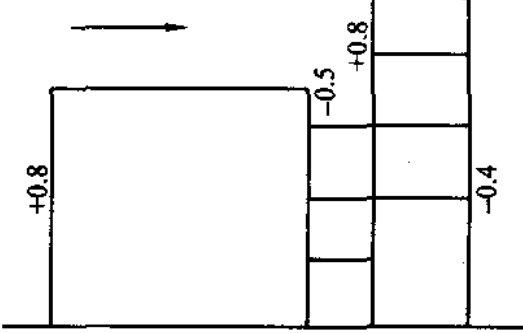
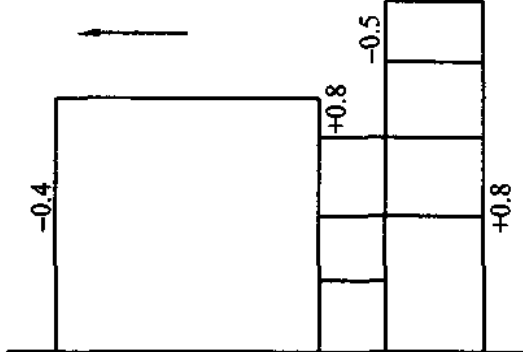
表 3.4.2 主厂房风荷载体型系数

序号	体型及体型系数
1	

续表 3.4.2

序号	体型及体型系数
2	
3	<p data-bbox="430 1470 698 1724"> </p> <p data-bbox="739 1607 1008 1724"> 内煤仓双框架的其他部分风荷载体型系数同上图 </p>

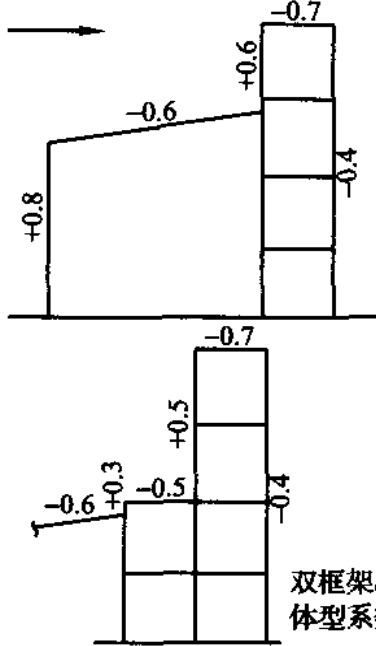
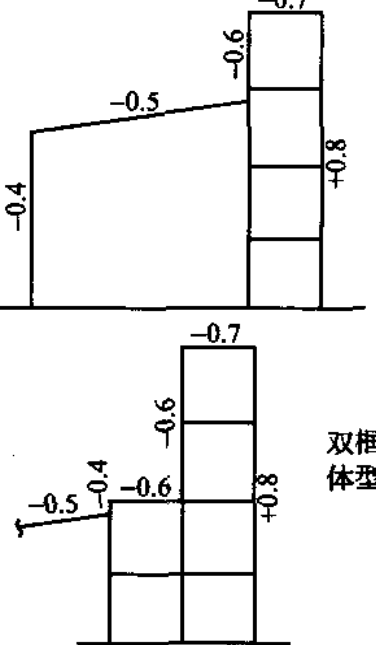
续表 3.4.2

序号	体型及体型系数
4	 <p data-bbox="423 774 665 989">  </p> <p data-bbox="678 872 947 989"> 内煤仓双框架的其他部分风荷载体型系数同上图 </p>
5	 

续表 3.4.2

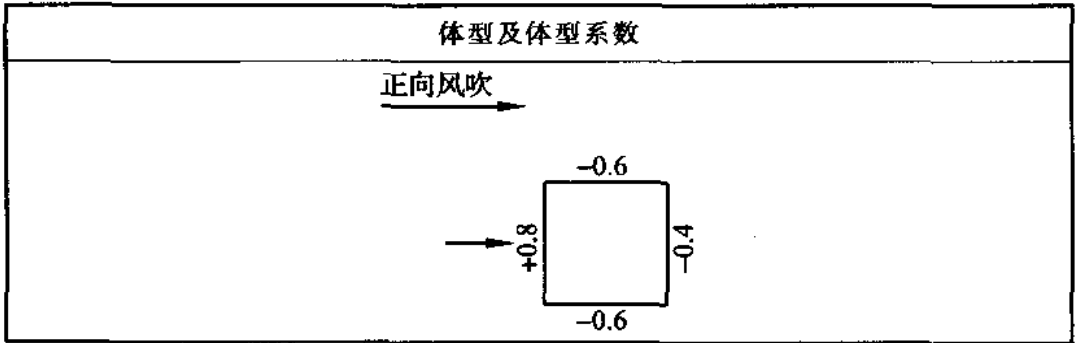
序号	体型及体型系数
6	<p>Diagram 6: Windward elevation (left) has a height of +0.8. The roof slope is -0.2 on the left and -0.6 on the right. The upper roof section has a height of +0.6 and a slope of -0.7 on both sides. The leeward elevation (right) has a total height of +0.3 and a roof slope of -0.6. The building has a total height of -0.4 on the leeward side. An arrow indicates wind direction from the left.</p>
7	<p>Diagram 7: Windward elevation (left) has a height of -0.4. The roof slope is -0.5 on both sides. The upper roof section has a height of -0.5 and a slope of -0.6 on both sides. The leeward elevation (right) has a total height of -0.5 and a roof slope of -0.7. The building has a total height of +0.8 on the leeward side. An arrow indicates wind direction from the right.</p>

续表 3.4.2

序号	体型及体型系数
8	 <p>双框架的其他部分风荷载 体型系数同上图</p>
9	 <p>双框架的其他部分风荷载 体型系数同上图</p>

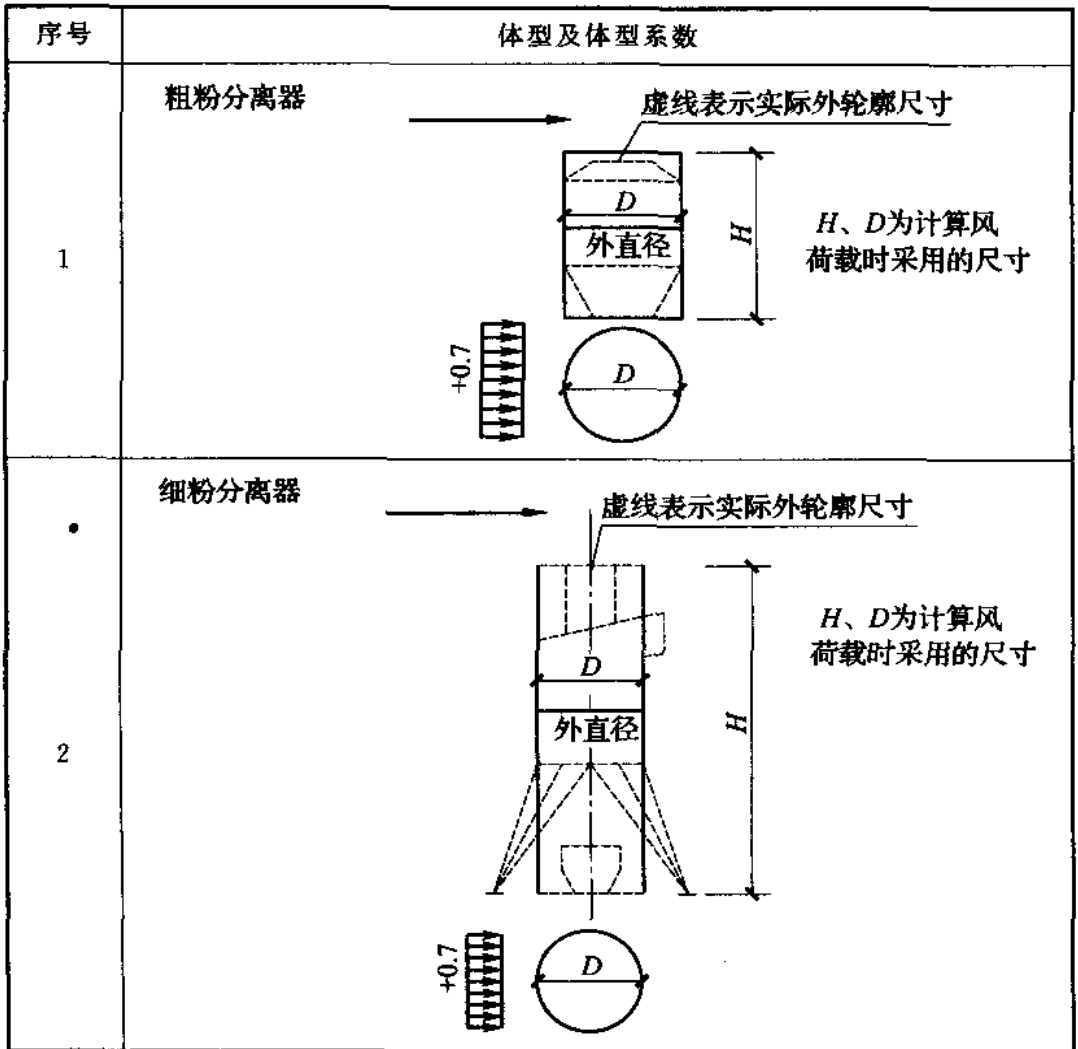
注：表中符号“ \rightarrow ”表示风向，“+”表示压力，“-”表示吸力。

表 3.4.3 露天悬吊锅炉炉体风荷载体型系数



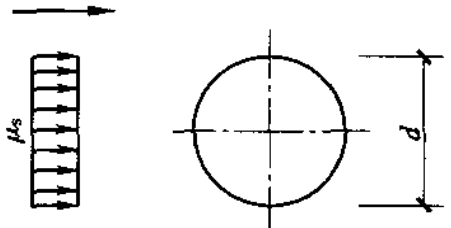
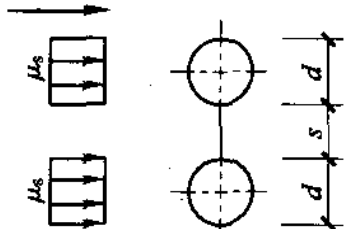
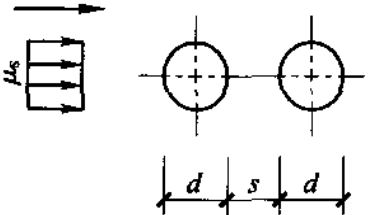
注：表中符号“→”表示风向，“+”表示压力，“-”表示吸力。

表 3.4.4-1 主厂房设备风荷载体型系数

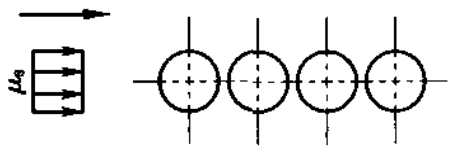
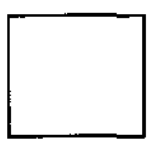
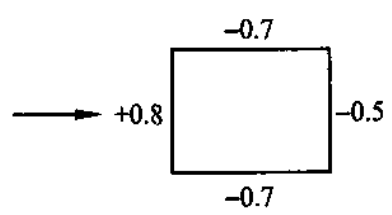


注：表中符号“→”表示风向，“+”表示压力，“-”表示吸力。

表 3.4.4-2 主厂房管道风载体型系数

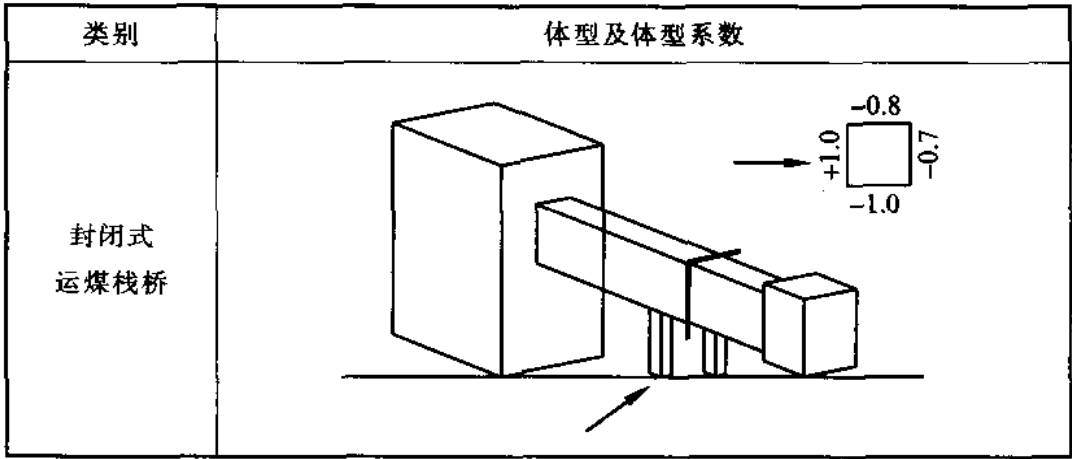
序号	简图	体型及体型系数								
1	<p>单管</p> 	<p>当 $W_0 d^2 \leq 0.002$ 时: $\mu_s = +1.2$ 当 $W_0 d^2 \geq 0.015$ 时: $\mu_s = +0.7$ 中间值按插入法计算</p>								
2	<p>上、下双管</p> 	S/d	≤ 0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	≥ 3.0	
		μ_s	+1.4	+1.05	+0.88	+0.82	+0.76	+0.73	+0.7	
3	<p>前、后双管</p> 	S/d	≤ 0.5	1.0	1.5	3.0	4.0	6.0	8.0	≥ 10.0
		μ_s	+0.79	+1.0	+1.1	+1.15	+1.26	+1.30	+1.33	+1.40
		<p>μ_s 值为前、后两管之和, 其中前管为 +0.7</p>								

续表 3.4.4-2

序号	简图	体型及体型系数
4	<p>前、后密排多管</p> 	<p>$\mu_s = +1.65$ μ_s 值为各管之总和, 其中前管为 +0.7</p>
5	<p>矩形管</p> 	

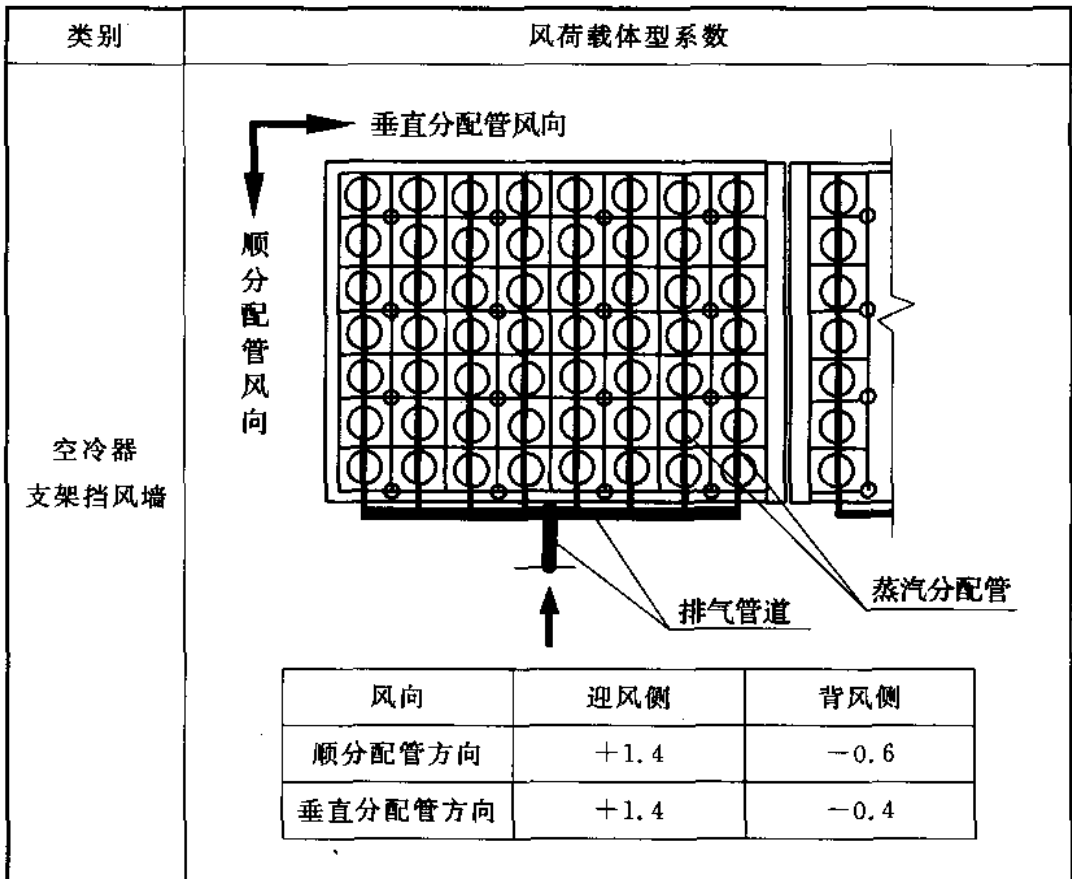
- 注: 1 表中符号“ \longrightarrow ”表示风向, “+”表示压力, “-”表示吸力, W_0 为基本风压 (kN/m^2), d 为管外径 (m), s 为管净距 (m);
- 2 序号 2、3 中, 当两根管径不等时, 取 $d = (d_1 + d_2) / 2$, 查表求 μ_s 值;
- 3 序号 4 中, 当管径不等时, 则按 $d = \sum d_i / n$, 查表求 μ_s 值 ($\sum d_i$ 为直径总和, n 为管道根数)。

表 3.4.5 封闭式运煤栈桥体型系数



注：表中符号“ \rightarrow ”表示风向，“+”表示压力，“-”表示吸力。

表 3.4.6 空冷器支架挡风墙的风荷载体型系数



注：1 表中符号“ \rightarrow ”表示风向，“+”表示压力，“-”表示吸力；

2 表中分配管是蒸汽分配管的简称。

4 主 厂 房

4.1 基本规定

4.1.1 结构形式应根据材料供应、自然条件、施工条件、维护便利和建设进度等因素,做到安全适用、经济合理,并通过必要的综合技术经济比较后确定。

4.1.2 结构布置应尽量简单、整齐合理、受力明确,并应考虑工艺布置和扩建条件。结构单元划分宜与机组单元划分一致。连续扩建时,应与老厂房布置相协调。

4.1.3 主厂房框排架可采用钢筋混凝土结构、钢结构或钢-混凝土组合结构。主厂房各层楼(屋)盖宜优先采用现浇钢筋混凝土梁板,也可采用钢梁-混凝土板组合梁结构。当采用预制装配式钢筋混凝土梁板时,应采取措施确保楼(屋)盖的整体性。

4.1.4 当预制楼面板的跨度大于 9m 时,板的主肋宜采用预应力钢筋混凝土结构。

4.1.5 钢筋混凝土框架结构纵向温度伸缩缝的最大间距,现浇结构不宜超过 75m,装配式结构不宜超过 100m。当机组单元长度超出温度伸缩缝间距限值较多时,为保证结构的安全及经济性,宜在机组单元中部增设一道伸缩缝。

钢结构厂房的纵向温度伸缩缝的最大间距不宜大于 150m。

位于气候干燥、夏季炎热且暴雨频繁地区的结构,可按照使用经验适当减小温度伸缩缝间距。

当有充分依据、经过温度作用计算并采取有效措施满足设计要求时,可适当增大温度伸缩缝间距。

4.1.6 温度伸缩缝处应设置双柱、双屋架(屋面梁),两侧楼面梁

板、吊车梁及外墙结构宜采用悬挑结构。

4.1.7 主厂房结构宜采用空间体系进行结构整体分析。整体结构宜连同主厂房外侧柱、汽机房平台(非独立布置时)、除氧煤仓间框架等结构进行联解。钢筋混凝土主厂房结构采用三维空间分析法时,宜选择荷载较大的代表性框架进行平面分析验证。

4.1.8 主厂房框排架结构分析时,宜按实际刚度计入现浇和装配整体式楼(屋)盖刚度的影响。在内力和位移计算时,可假定楼(屋)盖平面内刚度无限大,设计应采取有效措施保证其整体刚度。当楼(屋)盖平面较狭长,楼板平面有较大凹凸或较大开洞时,应考虑楼(屋)盖平面内变形的影响。

对采用大型屋面板的汽机房屋盖,当屋面板与屋架间的连接满足本标准的规定时,可按刚性屋面考虑;对轻型屋面不应考虑屋面板的刚度。

4.2 钢筋混凝土框排架结构

4.2.1 汽机房外侧柱和除氧煤仓间宜采用钢筋混凝土现浇结构。当采用装配式结构时,宜考虑采用统一的建筑模数制,以减少构件种类,提高装配化水平。

4.2.2 除氧煤仓间应采用框架结构。汽机房外侧柱纵向结构梁柱的连接可采用刚接或铰接。当采用铰接时,应设置柱间支撑。柱间支撑宜设在温度伸缩缝区段的中部,沿柱全高设置,并尽量靠近柱中心线或吊车梁的一侧。

当柱截面高度为 1800mm 及 1800mm 以上时宜设置双纵梁,柱间支撑宜在柱两侧各设置一道。

4.2.3 支承屋架的牛腿顶面及吊车梁高度范围内应设置通长的纵向梁。

4.2.4 主厂房框排架结构可采用柱中心线的连线与梁中心线(或梁的顶面)的连线的几何图形作为计算简图,柱底应取基础顶面。当上柱对下柱有偏心时,应考虑偏心产生的影响。

4.2.5 汽机房外侧柱的计算长度可按表 4.2.5 采用。当汽机房外侧柱纵向采用框架结构时,可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定取值。

表 4.2.5 汽机房外侧柱计算长度 l_0

名称	结构类型		排架方向	垂直排架方向
汽机房外侧柱	有吊车	上柱	$2.5H_u$	底层 $1.0H_c$
		下柱	$1.0H_d$	其余各层 $1.25H_c$

注:1 H_u 为上柱的高度, H_d 为下柱的高度, H_c 指底层为基础顶面至一层梁顶面之间的间距,其余各层为两层梁顶面之间的间距;

2 表中垂直排架方向的取值适用于垂直排架方向梁与柱刚性连接的形式。

4.2.6 除氧煤仓间框架柱的计算长度可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定取值。

4.2.7 外煤仓框架伸出柱、内煤仓框架伸出柱及锅炉房外侧柱的计算长度可按表 4.2.7-1 采用。

外煤仓、内煤仓框架伸出柱及锅炉房外侧柱的计算长度系数可按式(4.2.7-1)确定。

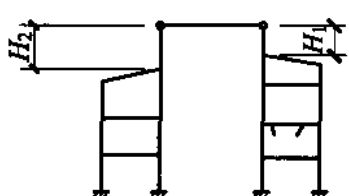
$$\mu = \alpha \cdot \mu_0 \quad (4.2.7-1)$$

式中: μ ——柱的计算长度系数。计算值小于 0.9 时,取 $\mu=0.9$;

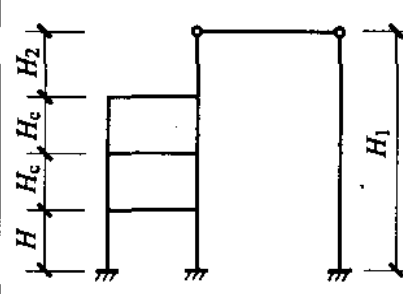
μ_0 ——框架伸出柱或外侧柱的初始计算长度系数。取值见表 4.2.7-2;

α ——调整系数。框架伸出柱 $\alpha = 1.05$,锅炉房外侧柱 $\alpha = 1.0$ (柱垂直框架方向)。

表 4.2.7-1 外煤仓、内煤仓框架伸出柱及锅炉房外侧柱的计算长度 l_0

名称	结构类型	框架方向	垂直框架方向
外煤仓 框架伸出柱		框架 伸出柱	底层柱取 $1.0H$ 其余各层 取 $1.25H_c$

续表 4.2.7-1

名称	结构类型	框架方向	垂直框架方向
内煤仓 框架伸出柱		框架伸出柱 及外侧柱	底层柱取 1.0H 其余各层 取 1.25H _c

注：H 为基础顶面至第一层梁中心线或梁顶面的距离，H_c 为梁中心线或梁顶面之间的距离。

表 4.2.7-2 框架伸出柱或外侧柱的初始计算长度系数 μ_0

$\eta_{1,2}$	0	1	2	3	4	5	6	8
μ_0	2	1.74	1.56	1.43	1.32	1.24	1.18	1.07
$\eta_{1,2}$	10	12	14	17	20	23	∞	—
μ_0	0.99	0.94	0.89	0.84	0.80	0.78	0.70	—

表 4.2.7-2 中 μ_0 值由 $\eta_{1,2}$ 查得， $\eta_{1,2}$ 为柱的计算长度参数，可按式(4.2.7-2)、式(4.2.7-3)计算确定。

$$\eta_{1,2} = \frac{C_{2,1} H_{1,2}^3}{EI_{1,2}} \quad (4.2.7-2)$$

$$C_{2,1} = \frac{3EI_{2,1}}{H_{2,1}^3} \cdot K \quad (4.2.7-3)$$

式中： $C_{2,1}$ ——相邻框架伸出柱或外侧柱的弹簧刚度；

$I_{1,2}$ ——框架伸出柱或外侧柱的惯性矩；

$H_{1,2}$ ——框架伸出柱或外侧柱的高度；

K ——系数， $K = 0.3$ 。

注：本条文公式中的角标如 $H_{1,2}$ 表示 H_1 或 H_2 ，与表 4.2.7-1 中的 H_1 和 H_2 相对应，其他符号的角标也与之相对应。

4.2.8 当框排架结构采用双肢柱时，双肢柱宜按框架或桁架计算

模型进行框排架内力分析,外侧柱采用双肢柱时,可近似折算成实腹柱,其惯性矩可按式(4.2.8)及图4.2.8计算确定。

$$I = \beta \left(2I_z + A_z \frac{L_f^2}{2} \right) \quad (4.2.8)$$

式中: I_z ——单肢柱惯性矩, $I_z = \frac{bh_z^3}{12}$;

A_z ——单肢截面面积;

L_f ——双肢的中距;

β ——折减系数。平腹杆双肢柱可取 $\beta=0.7$,斜腹杆双肢柱可取 $\beta=0.9$ 。

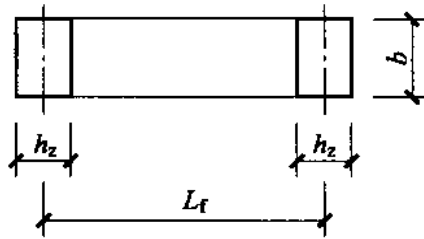


图 4.2.8 双肢柱折算惯性矩计算简图

4.2.9 当进行框架内力分析时,梁的支座弯矩设计值 M_b 可取距离柱中心线 $\frac{1}{3}b$ 处的弯矩值; M_b 也可近似地按式(4.2.9)计算确定。梁的支座弯矩设计值不得小于柱中心线处弯矩值的70%。

$$M_b = M_z - \frac{1}{3}Vb \quad (4.2.9)$$

式中: M_z ——柱中心线处梁支座的弯矩设计值;

V ——相应于 M_z 的梁支座的剪力设计值;

b ——柱的截面高度。

4.2.10 在主厂房内力与位移计算中,可考虑框架梁柱节点刚域(图4.2.10)的影响,刚域的长度可按式(4.2.10-1)~式(4.2.10-3)确定。

$$\text{柱方向刚域长度: } d_1 = h_1 - 0.25b \quad (4.2.10-1)$$

$$d_2 = h_2 - 0.25b \quad (4.2.10-2)$$

$$\text{梁方向刚域长度: } d_3 = b_2 - 0.25h \quad (4.2.10-3)$$

式中： h ——梁的断面高度；

b ——柱的断面高度。

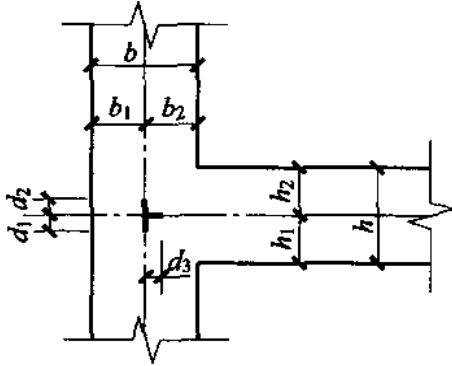


图 4.2.10 节点刚域计算简图

4.2.11 当楼板采用预制结构时,为了保证楼面结构的整体性,预制梁、板与框架梁之间应保证可靠连接。

4.2.12 当楼板采用钢梁-钢筋混凝土板组合梁结构时,组合梁可按照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 11 章中完全抗剪连接或部分抗剪连接进行设计。组合梁的挠度计算应按弹性计算方法,抗弯刚度应考虑剪切面滑移折减。

栓钉或剪力件的数量、间距应按计算确定并满足构造要求。栓钉或剪力件与钢梁顶面间应采用可靠的焊接连接。混凝土板浇筑前,钢梁顶面应除锈,并充分清理杂物及污垢油渍,不得涂刷油漆。

4.2.13 当钢梁-钢筋混凝土的组合楼盖结构不能满足部分抗剪连接要求时,可按构造要求设置栓钉或剪力件,以加强楼面结构的整体性。

4.2.14 组合钢梁与混凝土主梁可采用梁上设挑耳或牛腿的支承方式,且应采取可靠的连接措施保证楼板的整体刚度。梁上挑耳

或牛腿的计算和构造要求应符合本标准附录 B 的规定。

4.2.15 工字形截面钢-混凝土组合梁的抗扭计算,可按照本标准附录 C 的方法计算。

4.2.16 当压型钢板仅作模板使用时,其设计按以下规定执行:

1 压型钢板的施工活荷载可取 2kN/m^2 ,其承载力应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定。

2 压型钢板施工阶段的挠度不宜大于跨度的 $1/200$ 。

3 栓钉或剪力件应采用熔透压型板与钢梁可靠连接的焊接方式。

4.3 钢框排架结构

4.3.1 主厂房钢框排架结构布置应结合工艺设备管道布置,根据功能分区、环境条件、荷载分布、材料供应和制作、施工条件等因素,择优选用结构体系和合理布置结构构件(抗侧力构件),使厂房结构刚度均匀分布和结构受力合理。钢结构设计同时应符合防火、防腐蚀的要求。

4.3.2 主厂房钢结构主材宜选用 Q235B 钢、Q345B 钢,其钢材性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的要求,并根据重要性类别和抗震设防烈度的要求选择相应的质量等级。对厚度大于 40mm 的厚板,当有沿厚度方向受拉的撕裂作用时,应采用 Z 向高性能钢。

4.3.3 主厂房钢框排架横向结构可采用铰接支撑框架体系或框架-支撑体系,纵向结构宜采用铰接支撑框架体系。铰接支撑框架的梁柱可采用柱贯通的连接形式。

4.3.4 主厂房钢结构的作用效应应按弹性设计方法计算。

4.3.5 主厂房钢结构的梁、柱截面可采用热轧 H 形钢、焊接 H 形钢和焊接箱形,梁截面还可采用桁架形式。

4.3.6 框排架横向结构主梁、支撑与柱中心线宜布置在同一轴线上,纵向各柱间梁与支撑宜设置在同一轴线上。梁板布置可选择

采用横向承重或纵向承重的布置。

4.3.7 框架柱间支撑的设置应保证结构体系的稳定且具有足够的水平抗侧刚度,使水平荷载传递路径短捷和传力明确。支撑的布置应结合结构体系的形式、水平支撑和刚性楼板、荷载的分布和结构计算分析统一考虑。

1 柱间垂直支撑的形式及其布置应与有关工艺专业的管道、电缆布置相互协调。

2 厂房纵向柱间支撑宜设置在厂房温度缝区段的中部,应沿柱全高范围设置柱间支撑。

3 柱间垂直支撑宜设置在荷载较大的柱间,且上、下贯通布置。确有困难时,垂直支撑宜分层设于相邻柱间。

4 大截面柱的柱间垂直支撑宜采用双肢支撑。

5 设备或管道水平荷载较大的支承点周边宜设置柱间垂直或水平支撑。

6 楼面较大开孔四周的楼面板下应设置必要的水平支撑。当采用现浇混凝土梁板或钢-混凝土组合梁结构,且组合钢梁与混凝土主梁采取可靠的连接措施时,可考虑楼板刚度,不设置水平支撑。

7 煤斗支承层应设置水平支撑。

4.3.8 在厂房外侧柱温度缝区段两端的第一个柱间应设置上柱柱间支撑,该支撑宜设在吊车梁牛腿面至柱顶的范围内,厂房温度缝区段的中部应沿柱全高范围设置柱间支撑。柱间支撑应与屋架下弦横向水平支撑相协调。

4.3.9 垂直支撑杆的中心线宜汇交于梁柱中心线交点,难以满足时可汇交于梁柱翼缘边。此时梁、柱承载力计算应考虑偏心连接引起的偏心影响。

4.3.10 支撑体系的计算应考虑以下因素:

1 在计算垂直支撑杆内力时,可不考虑杆件轴向变形引起的附加应力。

2 当设置双肢支撑时,被用于减少支撑受压杆计算长度的连系杆,其轴力可取支撑轴力的 2%。

4.3.11 框排架构件的容许长细比和板件宽厚比应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定。

4.3.12 钢柱脚位于地面以下的部分应采用混凝土包裹防护,并应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 8.9.3 条的规定。对于地基土、地下水存在腐蚀性时,应采取钢柱脚防腐措施。

4.4 屋面结构

4.4.1 汽机房屋面结构可选用有檩或无檩屋盖体系。屋面梁可采用钢屋架、实腹钢梁或空间网架结构。

屋架形式可选用梯形屋架、平行弦屋架或下承式屋架等。

4.4.2 当跨度大于或等于 18m,且小于 30m 时,汽机房屋盖主要承重结构宜采用钢屋架、实腹钢梁或钢网架结构。当跨度大于或等于 30m 时,宜采用钢屋架或钢网架结构。

4.4.3 汽机房屋盖宜采用压型钢板加保温防水层或自防水复合压型钢板的轻型有檩体系屋盖,也可采用钢屋架、压型钢板底模轻质钢筋混凝土现浇板有檩体系屋盖;采用钢屋架有檩体系屋盖或空间网架结构时,屋面板可采用小型预制板结构;屋面梁采用实腹钢梁时,屋面宜采用压型钢板轻型结构。

在施工条件允许的情况下,汽机房屋盖也可采用钢屋架、预应力大型屋面板无檩体系屋盖。

4.4.4 支承屋顶通风器的屋面梁应保证与通风器支座可靠连接。设置屋顶通风机的屋面应考虑风机振动荷载作用。

4.4.5 当跨度不大于 36m 时,屋架可不考虑温度的作用。轻型屋面结构体系应考虑风吸作用。

4.4.6 计算屋架弦杆、支撑杆件和网架结构时,应考虑厂房柱传递的水平力对屋架(网架)弦杆、支撑杆件产生的附加拉力或压力

(对下承式屋架),其值宜由整体结构计算分析确定。

4.4.7 网架结构设计应遵循国家和相关行业的规程、规范,并应考虑环境温度、施工方法的影响。网架支座、支座杆件及支承构件的受力应考虑厂房柱刚度的影响。

4.4.8 大型屋面板每块屋面板与屋架上弦杆或天窗架上弦杆的焊接应保证三条焊接焊牢。当屋架间距不大于 6m 时,焊缝长度不应小于 60mm,焊缝厚度不应小于 6mm;当屋架间距大于 6m 时,焊缝长度不应小于 80mm,焊缝厚度不应小于 6mm。

4.4.9 梯形或平行弦屋架上、下弦横向水平支撑,一般应在厂房两端或温度伸缩缝区段两端开间各设置一道。当温度伸缩缝区段的长度大于 75m,且小于或等于 100m 时,应在此区段中部屋架上弦和下弦各增设一道横向水平支撑。当温度伸缩缝区段的长度为 100m~150m 时,宜在此区段内屋架上弦和下弦各增设两道横向水平支撑,且宜均匀布置。

4.4.10 梯形或平行弦屋架下弦的两端宜设置纵向水平支撑。对轻型有檩体系的梯形或平行弦屋架间距等于 12m 且跨度大于 36m 时,屋架上弦两端应增设纵向水平支撑。

4.4.11 屋架纵向水平支撑的设置应与横向水平支撑形成封闭的支撑系统。

4.4.12 梯形屋架和平行弦屋架,除在单元两端开间的屋架两端各设一道垂直支撑外,无天窗时尚应在屋架中部下列部位设置垂直支撑:

- 1 屋架跨度不大于 30m 时,屋架中央竖杆平面内应设一道。
- 2 屋架跨度大于 30m,且小于或等于 36m 时,应在距离两端各 $1/3$ 跨度附近的竖杆平面内各设一道。
- 3 屋架跨度大于 36m,应在间隔不大于 12m 附近竖杆平面内各设一道。

4.4.13 钢屋架上、下弦应在未设置垂直支撑的屋架间,相应于垂直支撑平面的屋架上、下弦节点处设置通长的水平系杆,同时,下

列部位还应增设水平系杆：

1 屋架跨度大于 30m 时，上弦屋脊节点处通长增设一道。

2 当有可靠连接时，上弦水平系杆可与檩条合并设置。

3 屋架端部上、下弦节点和屋架上弦屋脊节点的通长系杆以及横向水平支撑中的系杆均应采用刚性系杆(压杆)，其余可采用柔性系杆(拉杆)。

4.4.14 与柱刚接且未设置下弦纵向水平支撑的钢屋架，应在屋架下弦端节间的节点处设置通长的刚性系杆，并与下弦横向水平支撑相连接(图 4.4.14)。

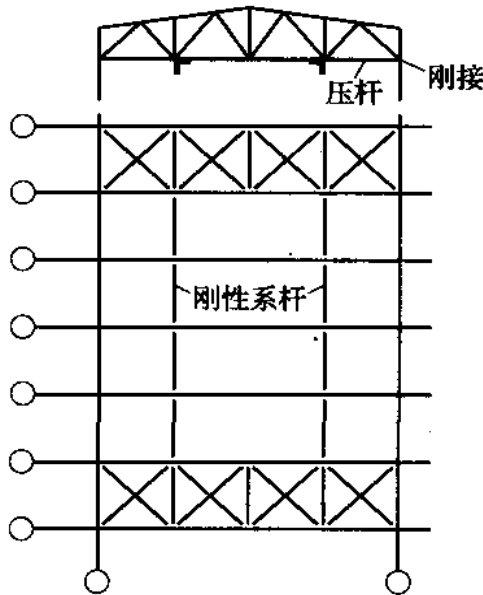


图 4.4.14 与柱刚接下弦压杆节点处设刚性系杆布置

4.4.15 屋架上、下弦横向水平支撑和纵向水平支撑宜采用交叉支撑，支撑杆件与屋架弦杆之间的夹角宜在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 之间。

4.4.16 汽机房屋面外侧柱局部需设置屋盖托架时，应在相应屋架间上、下弦各增设一道水平支撑，并在屋架两端各增设一道垂直支撑。

4.4.17 屋面梁采用铰接实腹钢梁时，当梁端部高度大于 1200mm 时，宜在屋面梁端部与系杆间设置垂直支撑(隅撑)。上

弦水平支撑的位置可参照梯形钢屋架设置。

4.5 外墙结构

4.5.1 主厂房外墙结构应与承重结构体系相适应。

承重结构体系为钢筋混凝土框架结构时,外墙围护结构可采用砌体结构、大型墙板或砌体加外饰金属压型钢板。必要时也可采用金属压型钢板、复合金属压型钢板等轻型墙板。承重结构体系为钢结构时,宜采用金属压型钢板、复合金属压型钢板墙体。

大型墙板选型应根据使用要求、就地取材、因地制宜的原则确定。

4.5.2 大型墙板应分别按施工与使用阶段进行承载力极限状态和正常使用极限状态设计。使用阶段承受自重及水平风荷载时,可分别按单向受弯构件计算。

4.5.3 采用金属压型墙板时,墙体骨架梁、柱断面应根据计算确定,墙架柱的水平计算挠度不宜大于 $L/400$,墙架梁的水平计算挠度不宜大于 $L/200$ (L 为受弯构件的计算跨度)。对采用冷弯薄壁型钢结构或有较高装修要求的墙板,应符合相关标准的规定。

4.5.4 大型墙板的连接铁件应有足够的安全储备。连接形式应力求简单,方便施工。埋铁的尺寸应考虑施工误差的影响,其厚度应较计算要求增加 2mm,且不小于 8mm。连接螺栓的直径也应较计算增大 2mm,且不小于 16mm。

4.5.5 固定端山墙的承重结构应与主厂房结构协调一致。当考虑连续扩建时,扩建端山墙承重结构宜采用钢结构,围护结构应采用轻质材料。

4.5.6 固定端、扩建端山墙柱上端可支承于顶部的抗风梁,也可支承在屋架上弦或下弦的水平支撑节点处。当山墙柱位置与屋架横向支撑节点不重合时,应在山墙对应屋架弦杆的位置设置刚性系杆或采取其他措施,将水平荷载传至支撑节点处。

4.5.7 固定端、扩建端山墙结构宜与主厂房框排架结构分开布

置, 抗风梁与厂房柱的连接、山墙柱与屋架的连接均应采用既能传递水平荷载又能自由沉降的连接形式。

当固定端山墙与汽机房平台组成框架结构时, 应合理设置与相邻结构的沉降缝或采取控制不均匀沉降的有效措施。

4.5.8 计算山墙的风荷载时, 固定端风荷载体型系数 μ_s 取值不应小于 1.1, 扩建端风荷载体型系数 μ_s 可取 0.8。

4.5.9 山墙柱的计算长度可按式(4.5.9-1)、式(4.5.9-2)规定取值:

$$\text{山墙平面内: } l_0 = 1.25H_l \quad (4.5.9-1)$$

$$\text{山墙平面外: } l_0 = 1.25H_c \quad (4.5.9-2)$$

式中: H_l ——山墙平面内梁与梁之间的间距;

H_c ——柱底、抗风梁或柱顶支承点之间的距离。

4.5.10 当山墙墙体采用砌体结构和大型墙板时, 抗风梁的水平计算挠度不宜大于 $L/500$, 当采用金属压型墙板时不宜大于 $L/300$ 。

4.5.11 在水平荷载作用下, 山墙结构构件应按空间结构体系进行计算。当抗风梁与山墙柱的线刚度比值 K ($K = \frac{E_l I_l}{E_c I_c} \cdot \frac{H}{l}$, 其

中 H 为山墙柱的高度, l 为抗风梁支承于厂房柱的跨度) 大于 10 时, 也可按下述原则进行简化计算:

1 抗风梁可按两端支承于主厂房柱的简支梁计算, 忽略山墙柱的弹性支承作用。

2 山墙柱可按支承于抗风梁的连梁计算, 并考虑抗风梁在支承点的挠度对山墙柱产生的附加弯矩与剪力, 此时, 抗风梁的水平计算挠度不宜大于 $L/1000$ 。

4.6 煤斗及吊车梁

4.6.1 煤斗可采用钢结构或钢筋混凝土结构, 大中型发电厂应采用钢煤斗。当粉煤斗的运行温度超过 80°C 时, 应采用钢煤斗。煤斗外形应尽量简单, 并采用便于落煤、受力合理的形式。

4.6.2 原煤斗的设计条件由工艺提供,并应符合下列规定:

1 原煤斗宜采用圆筒形钢结构,下接双曲线形或圆锥形的出口段,内壁应光滑、耐磨,双曲线出口段断面不应突然收缩,圆锥形的出口段与水平面交角不应小于 60° 。

2 非圆筒形结构的原煤斗,其相邻两壁交线与水平面夹角不应小于 55° ,且壁面与水平面的交角不应小于 60° 。对于黏性大、高挥发分或易燃的烟煤和褐煤,相邻两壁交线与水平面的夹角不应小于 65° ,且壁面与水平面的交角不应小于 70° 。相邻壁交角的内侧应做成圆弧形,圆弧半径不宜小于 200mm。

4.6.3 粉煤斗的设计应符合下列规定:

1 粉煤斗应密闭,其内表面应平整、光滑、耐磨、不积粉、无滞留煤粉的台阶。

2 粉煤斗应防止受潮,对钢制粉煤斗外壁应采取保温措施。在寒冷地区,靠近厂房外墙或外露的粉煤斗应有防冻保温措施。

3 钢制粉煤斗相邻两壁相交线与水平面的夹角不应小于 60° ,而且壁面与水平面的交角不应小于 65° 。相邻壁交角的内侧应做成圆弧形,圆弧半径不宜小于 200mm。

4.6.4 煤及煤粉的物理特性系数应由工艺提供,无资料时可按照表 4.6.4 所列数据取值。

表 4.6.4 煤及煤粉的物理特性系数

物料名称	重力密度 (kN/m^3)	内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	物料对钢板的 摩擦系数
无烟煤	8.0~12.0	25~40	0.30
褐煤	7.0~10.0	23~38	0.30
烟煤	8.0~11.5	25~40	0.30
煤粉	8.0~9.0	25~30	0.40

4.6.5 煤斗荷载应按几何容积满载考虑,并应计入煤斗出口的设备吊重。

粉煤斗及其上部楼面结构应能承受斗内可能发生的爆炸力。煤粉仓应设置防爆门,除无烟煤外,防爆压力不应小于 40kN/m^2 。楼板宜采用现浇板或装配整体式。现浇层内钢筋应与承重结构上伸出的钢筋可靠连接。管道(或人孔门)与楼面的连接应能抵抗爆炸压力。

4.6.6 煤斗计算应符合下列规定:

1 钢筋混凝土煤斗的内力计算应考虑壁板平面内受拉和壁板平面外的弯曲,对悬挂式煤斗还应考虑壁板平面内的弯曲。

斗壁平面内的弯曲计算可采用近似法;浅煤斗可按折板结构的无弯矩理论进行计算;高壁浅煤斗的竖壁可按深梁计算,斜壁作用忽略不计(图 4.6.6)。

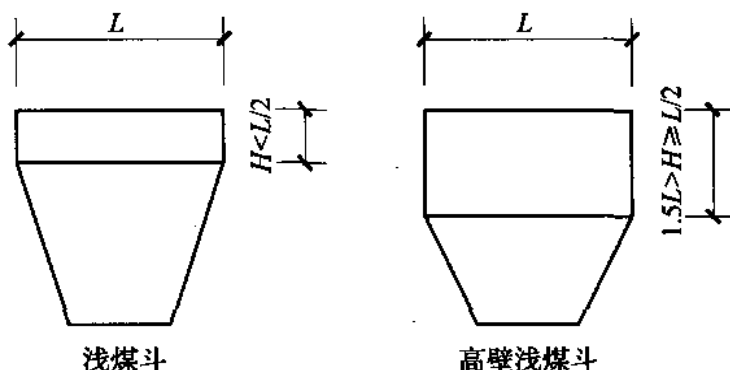


图 4.6.6 煤斗外形

2 钢煤斗应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行强度、稳定、变形设计,必要时尚应验算斗体的整体稳定。

4.6.7 主厂房框架梁及次梁穿过粉煤斗时,应采取隔热、防火措施。

4.6.8 钢筋混凝土平板式煤斗斗壁厚度,当煤斗的斜壁为三角形时,可取其最小边长的 $1/30 \sim 1/20$;当为梯形时,可取其高度或平均宽度两者较小值的 $1/30 \sim 1/20$ 。现浇平板式斗壁的最小厚度

不应小于 150mm。

斗壁内侧的钢筋保护层厚度不得小于 20mm,当不加设内衬时钢筋保护层厚度应加厚至 40mm。

4.6.9 钢筋混凝土煤斗斗壁最大裂缝宽度允许值为 0.2mm。

4.6.10 煤斗出口处的斗口梁或悬挂小钢斗的埋设件应考虑磨损和腐蚀的影响,其计算荷载应考虑上部煤柱重及悬挂物重量。煤斗外形过渡段及下部漏斗段宜设置耐磨内衬。

4.6.11 当无耐磨层时,钢结构煤斗斗壁厚度应较计算值加厚 2mm。煤斗壁厚度不得小于 10mm。

4.6.12 钢制圆筒形原煤斗可采用支承式或悬吊式,支承式煤斗可采用 8 点支承。支承或悬吊大梁的挠度不应超过跨度的 1/600,且任意两个支承或悬吊点之间的挠度差不应超过 5mm。

4.6.13 支承式煤斗应与皮带层结构脱开,并应采取防止煤尘散逸的措施。

4.6.14 钢煤斗与混凝土承重结构的连接应留有一定的安装空隙。

4.6.15 矩形钢煤斗加劲肋的承载能力和变形计算时,可取加劲肋与壁板的组合截面,此时受压翼缘的有效宽度取肋间距与下列数值的较小者:当钢材为 Q235 时取 $30t$,当钢材为 Q345 时,取 $25t$ (t 为壁板的计算厚度)。

4.6.16 钢煤斗的壁板采用加劲肋加强时,壁板的挠度不应大于板跨度的 1/150,加劲肋的挠度不应大于其跨度的 1/250。

4.6.17 当钢煤斗内侧有螺栓或受力角焊缝时,应加设护板。护板厚可取 4mm~6mm。

4.6.18 钢煤斗外壁及距煤斗顶 1.5m 范围内的内壁应涂刷防腐涂料,内壁的其他部位可不涂刷。对设置分离式内衬的钢煤斗内壁应全部采取防腐蚀措施。

4.6.19 吊车梁可采用钢筋混凝土结构、预应力钢筋混凝土结构或钢结构。

4.6.20 主厂房吊车梁可不进行疲劳验算。

等截面 T 形钢筋混凝土吊车梁可按单向受弯构件承载能力极限状态和正常使用极限状态进行计算和验算,吊车的横向制动力可假定作用于吊车梁上翼缘的截面重心,并全部由翼缘承受,不考虑腹板及下翼缘的共同作用。

钢结构吊车梁应按双向受弯构件进行计算和验算。

4.6.21 吊车梁进行吊车试验或发电机静子等大件设备吊装的承载能力验算时,其安全等级可降低一级。

4.6.22 吊车梁计算时,应考虑轨道中心与梁截面垂直中心线的偏心,其数值不应小于 20mm。

4.6.23 吊车梁在伸缩缝处宜采用悬挑结构。

4.6.24 钢吊车梁在垂直和水平方向均宜采用铰接连接,吊车梁与柱、平台应采用螺栓连接。

4.6.25 钢筋混凝土吊车梁为防止端部截面在预应力施工时产生水平裂缝,应沿梁高设置竖向钢筋,并配以横向封闭式箍筋以构成短柱。箍筋的直径不应小于 6mm,间距不应大于 100mm,配置范围为 $h/4$ (h 为梁端部高度)。竖向钢筋宜采用带肋钢筋且直径不应小于 12mm,下端与锚固板焊接,上部伸入梁的上翼缘内。

4.6.26 当钢筋混凝土吊车梁的腹板较宽时,吊车梁与吊车轨道的连接螺栓宜采用留孔埋置的做法,孔洞待螺栓位置找准后可用硫磺砂浆灌注。

4.6.27 钢吊车梁宜采用等截面焊接工字形截面。上翼缘板与腹板的 T 形连接应焊透,采用 K 形坡口对接与角焊缝组合的焊缝形式;翼缘板和腹板的拼接焊缝应采用加引弧板和引出板的对接焊缝,翼缘板和腹板的拼接焊缝不应设置在同一截面,且应与加劲肋位置错开。焊缝质量不得低于二级焊接标准。

4.6.28 钢吊车梁端部除在伸缩缝悬挑处采用平板式支座及加劲肋外,其他部位宜采用突缘式支座及加劲肋。平板式支座加劲肋两端应刨平,并与上、下翼缘顶紧。突缘式支座加劲肋下端应刨

平。钢吊车梁端部应设置垫板,垫板宽度不宜大于 100mm,厚度按计算确定,并不应小于 30mm。

4.6.29 钢吊车梁上翼缘与柱的连接应从构造上防止吊车梁局部嵌固而产生较大应力。

4.7 锅炉电梯井结构

4.7.1 电梯井结构的基本尺寸、电梯停靠的楼层标高及地坑深度等应根据工艺专业及电梯厂家提供的资料确定。机房设备荷载应按照电梯厂家提供的资料确定。

4.7.2 电梯井结构宜采用外依附式布置,也可采用独立式和内依附式布置形式。

4.7.3 电梯井结构当按独立式布置时,可采用钢筋混凝土结构或钢结构。当按依附式布置时,宜采用钢结构。外依附式钢结构电梯井应在高度方向每隔一定距离以炉架平台作为水平支点,该支点应采用可靠的连接节点,以保证水平荷载的传递。

4.7.4 对于独立式布置的电梯井结构,在计算风荷载时应考虑风振系数。

4.7.5 独立式电梯井结构柱顶水平位移不宜大于 $H/500$ (H 为基础顶面至柱顶的高度)。依附式电梯井结构的水平挠度也不宜大于 $L/400$ (L 为水平支点之间的间距)。

4.7.6 电梯井宜采用轻质材料作为围护结构。

4.7.7 电梯应满足消防使用的要求。

5 地基与基础

5.1 基本规定

5.1.1 地基基础设计应根据工程地质勘察资料,结合火力发电厂各类建(构)筑物的使用要求,充分吸取地区的建设经验,综合考虑结构类型、材料情况及施工条件等因素,通过技术经济比较后,确定安全、经济、合理的地基基础形式。

5.1.2 根据地基复杂程度、建筑物规模和功能特征以及由于地基问题可能造成的建筑物破坏或影响正常使用的程度,将地基基础设计分为三个设计等级,设计时应根据具体情况,按表 5.1.2 选用。

表 5.1.2 地基基础设计等级

设计等级	建筑和地基类型
甲级	主厂房(包括汽轮发电机基础、锅炉构架基础)、集中(主)控制楼、网络通讯楼、220kV 及 220kV 以上的屋内配电装置楼、高度 200m 及 200m 以上的烟囱、空冷器支架、跨度大于 30m 的厂房建筑、场地及地质条件复杂的建(构)筑物
乙级	除甲、丙级以外的其他生产建筑、辅助及附属建筑物
丙级	机炉检修间、材料库、机车库、汽车库、材料棚库、推煤机库、警卫传达室、厂区围墙、自行车棚及临时建筑

5.1.3 主厂房地基的变形允许值应符合表 5.1.3 的规定,其他建筑物的变形允许值应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 或地区规范的有关规定。

表 5.1.3 主厂房地基的变形允许值

主厂房结构	容许沉降差		容许沉降量(mm)	
	纵向	横向	非桩基	桩基
汽机房外侧柱	0.003L	—	200	150
汽机房外侧柱与框架	—	0.003L	—	—
主厂房框架	0.003L	0.002L	200	150
汽轮发电机基础	0.0015L		200	150
“丌”形锅炉炉架基础	0.002L		200	150
空冷器支架	0.002L		200	150
汽轮发电机基础与框架	0.005L		—	—
锅炉基础与框架	0.005L		—	—

注:1 表中 L 为相邻柱基的中心距离或汽机基础的边长;

2 表中桩基指预制钢筋混凝土方桩、预应力管(PHC)桩、钢筋混凝土灌注桩或钢管桩基础,表中非桩基指天然地基和复合地基;

3 桩端持力层应为中、低压缩性土层。

5.1.4 地基基础设计应根据相应设计阶段的工程地质勘察资料进行。对于复杂的地质条件(如杂填土、暗浜、岩溶及特殊地基土等)和有特殊要求的重要建(构)筑物,必要时尚应进行施工勘察。

5.1.5 发电厂各建(构)筑物应根据工程地质条件、结构安全等级、结构类型及荷载大小等特点,分别选择不同的地基处理方案。同一建(构)筑物地基宜采用一种地基处理方法。

主厂房地基设计可根据工程地质条件和主厂房各单元的沉降特

点,对相邻结构单元采用不同地基处理形式或不同的桩基持力层。

5.1.6 甲、乙级设计等级建(构)筑物的地基处理应选择有代表性的场地进行原体试验,以获得施工图设计参数和确定合理的施工方案。正式施工前宜进行试验性施工。地基处理施工过程中及施工结束后应进行施工监测和检测。

5.1.7 新建工程不同地质条件下的单桩承载力应根据现场静荷载试验确定。试桩方案必须结合地质条件、地区经验和使用要求选定。试桩宜在初步设计之前进行。

对于扩建工程,若地质条件不同,或桩型、桩长不同时,也应进行试桩。

每种桩型的试桩数量应为工程桩总数的 $1\% \sim 5\%$,且不应少于3根。

5.1.8 桩基施工中,应根据地质条件、桩型及成桩质量确定桩质量检测方式。对设计等级为甲级,或地质条件复杂、成桩质量可靠性较低的灌注桩,其桩身完整性的抽检数量不应少于总桩数的 30% ,且不得少于20根;其他设计等级的混凝土桩抽检数量不应少于总桩数的 20% ,且不得少于10根。

竖向抗压承载力的抽样检测一般可采用高应变法进行,抽检数量不宜少于总桩数的 5% 。对工程桩施工与原体试验条件存在明显差异时,应进行竖向抗压承载力静载试验检测,检测数量宜为工程桩总数的 $1\% \sim 5\%$,且不应少于3根,以高应变法抽样检测作为补充。

5.1.9 地基基础设计等级为甲、乙级的建筑物及需要进行沉降观测的丙级建筑物,应在施工及使用过程中进行沉降观测,并应以实测资料作为地基基础工程质量检查的依据之一。观测方法及要求应符合本标准附录D的规定。

5.2 地基计算

5.2.1 根据建筑物地基基础设计等级,地基计算应按下列规定

进行：

1 所有建筑物的地基计算均应满足承载力计算的有关规定。

2 设计等级为甲、乙级的建筑物，均应按地基变形设计。

5.2.2 设计等级为丙级的建筑物，当满足下列条件之一时，可不进行地基变形验算：

1 当地质条件和建筑类型满足现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002 表 3.0.2 及条文规定的范围时；

2 当有地区成熟经验或类似工程的经验可供借鉴时；

3 对变形无严格要求时。

5.2.3 当建筑物采用桩基时，下列情况应进行沉降计算：

1 设计等级为甲级非嵌岩桩和非深厚坚硬持力层的建筑桩基；

2 设计等级为乙级的体型复杂、荷载分布显著不均匀或桩端平面以下存在软弱层的建筑桩基；

3 软土地基多层建筑减沉复合疏桩基础。

5.2.4 地下建(构)筑物遇地下水时，应进行抗浮验算。

5.2.5 地基承载力的计算，一般应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。当厂址所在地区有地方标准时，应参照地方标准的规定进行地基承载力计算。

5.2.6 建造在斜坡上的建筑物和软土地基上的大面积堆载场地，除满足地基承载力和地基变形要求外，尚应验算地基稳定性。

5.2.7 计算地基沉降时，传至基础底面上的荷载效应应采用准永久组合，不计入风荷载和地震作用。在计算地基沉降时，仅计入主厂房吊车自重产生的荷载。

计算水平地震作用、风荷载作用下的桩基水平位移时，应采用水平地震作用、风荷载效应标准组合。

5.2.8 地基的最终沉降量，宜按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 或地区规范的有关规定计算，并应考虑相邻基础的影响。沉降计算经验系数宜根据地区沉降观测资料及类似工

程经验确定,或按地区规范采用,无地区经验时按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 采用。

5.3 软弱地基

5.3.1 软弱地基系指由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土或其他高压缩性土层构成的地基。软弱地基的设计除应满足本标准第 5.2 节的计算规定外,还应采取减少地基变形及建筑物适应地基变形的措施。

5.3.2 为使建筑物适应软弱地基的变形和不均匀沉降,可采取如下措施:

1 下列部位设置沉降缝:

- 1) 主厂房与毗邻建筑物的连接处;
- 2) 主厂房框排架与汽机基础、集中控制楼、加热器平台、汽机检修平台、山墙、炉架、锅炉平台等相互连接处;
- 3) 烟囱与烟道的连接处(沉降缝一般位于基础底板外缘处);
- 4) 碎煤机室、转运站及贮煤筒仓与运煤栈桥的连接处;
- 5) 分期建造建筑物的交界处。

2 对单层建筑物可采用排架和三铰拱架等静定结构。

3 预估建筑物的沉降量并留有调整措施,如加大吊车与结构间的净空等。

4 对预估沉降量较大的建筑物,应适当提高建筑物室内地坪和有关部位的标高。

5 要求在工艺上采取措施,如考虑管道的柔性连接,加大管道与结构间的净空等。

6 加强基础的刚度和强度。根据地基软弱程度和上部结构情况,采用条形、十字交叉条形或筏形基础。

5.3.3 软弱地基处理可根据各地区的经验或电厂设计中比较成熟的方法,选择适宜的桩基或浅层地基处理方案。

5.3.4 建于软弱地基上的桩基方案设计应考虑地质条件、上部结构类型、技术经济、施工工期以及对环境的影响等因素,综合比较确定。桩基设计一般应遵守下列原则:

1 对于设计等级为甲级的建筑物桩基,宜选择中密~密实的砂类土、碎石类土以及中、微风化岩层作为桩基持力层。荷载不大的乙级建筑物的桩基可选择中~低压缩性的黏性土和粉土、强风化岩作为桩基持力层。

2 当桩周软土存在因自重固结、场地填土堆载、地下水位降低等原因产生地面较大沉降时,应根据工程情况考虑桩侧负摩阻力对桩承载力的影响。

3 采用打入挤土桩时,扩建工程场地应考虑沉桩挤土效应对邻近桩、建筑物、地下管线等产生的影响;打桩施工应结合地质情况、地下水及桩型,控制沉桩速率、桩设计标高及锤击贯入度。

4 先沉桩后开挖基坑时,开挖前应留有一定的休止期,并综合考虑施工降水、边坡支护以及基坑挖土方案。土方堆放应远离基坑施工区域。

5.3.5 软弱地基上的煤场,当地基土的承载力不能满足设计要求,或因堆煤土体侧向变形可能对周围建筑产生不良影响时,宜对煤场地基进行加固处理。加固处理可根据处理深度、计划工期、堆载材料以及施工经验选用堆载预压、真空预压、强夯置换或水泥土搅拌等方法,有条件时可采用堆煤自预压方法。

5.3.6 建于煤场及其紧邻的建筑物基础应考虑煤场地基土垂直及水平变形对其产生的影响,并采取有效的结构措施,如基础设置抗水平力的桩、挡煤墙采用联合基础、堆取料机(装卸桥)轨道预留调整措施等。

5.3.7 对基础埋置较深的基坑,开挖施工期间应监测桩及基坑壁的变位情况。

5.3.8 对于有扩建可能的打入式桩基工程,宜在扩建地段预先打入部分桩(一般宜打入一个柱距)。

5.4 山区地基

5.4.1 建(构)筑物场地应避开有潜在威胁或直接危害的滑坡、泥石流、崩塌(包括危石滚石)地段。

5.4.2 山区(包括丘陵地带)地基的设计应考虑以下因素:

- 1 厂区内断层破碎带的影响。
- 2 场地内因挖方、填方、堆载和卸载等对山坡稳定性的影响。
- 3 场地内岩溶、土洞的分布及发育程度。
- 4 建筑地基不均匀性。
- 5 地面水、地下水对地基稳定及基础的影响。

5.4.3 山区建设应采取措施,防止地面水和工业用水渗漏导致建设场地滑坡、溶蚀以及对建筑地基的不良影响。对地下水应积极疏导,切忌堵截。

5.4.4 发电厂主厂房(含锅炉钢架基础)、集中控制楼、空冷器支架、烟囱等主要建(构)筑物,以及荷载较大或变形控制要求较高的大型建筑,均应布置在地基条件较好的地段。地基处理一般应遵守下列原则:

1 对土岩组合地基,宜采用梁、板跨越或桩基等地基处理措施。下卧层基岩面坡度较大时,宜采用嵌岩桩。

2 对岩溶、土洞发育程度较强的地基宜采用钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩和地下水疏导措施,桩端应全断面嵌入岩体中。经论证需要采用预制桩时,宜采用静压桩且应适当降低桩的设计承载力。

当岩溶、土洞发育程度不强且埋藏较浅或出露的地基,可对溶洞、土洞采取清理后灌注混凝土或梁、板跨越等处理措施。

3 对于石笋、石芽密布,溶沟、溶槽发育的地段,灌注桩宜适当提高桩身混凝土强度等级及配筋率。

5.4.5 发电厂一般建(构)筑物可采用压实填土、褥垫法等地基处理措施,对出露溶洞、土洞可采取清理置换或梁、板跨越等处理措施。采用压实填土地基方案,宜在厂区平整场地前,根据结构类

型、填料种类性能和现场施工条件,对压实填土提出质量要求。

5.4.6 山区建设中暗沟(槽)、暗塘、冲沟等处欠固结的地基,不应作天然地基。

5.4.7 边坡工程必须进行地质测绘、地质勘探、地质试验、变形观察、边坡滑动面的地质勘探等,查明边坡的工程地质条件、岩体结构、结构面的发育特征及水文地质条件,以便确定边坡类型、破坏模式,为边坡稳定性分析和设计计算提供设计参数,提出边坡整治建议措施及监测要求。

5.4.8 高度超过 30m 的岩质边坡、高度超过 15m 的土质边坡以及稳定性差的边坡工程,其设计及施工应进行专门的论证。

在边坡整体稳定的条件下,边坡的坡度允许值应根据当地经验并参照同类土(岩)体的稳定坡度值,由地质勘测部门确定。设计边坡值的确定尚应考虑边坡所处位置对建筑物的安全影响等因素。

5.4.9 在工程设计中,应注意边坡环境的防护和整治,边坡水系应因势利导,保持畅通。边坡面应根据当地的水文气象条件、边坡土(岩)质情况,采用相应的护面措施,以保护坡面不受冲刷和风化。边坡的防护应主要针对容易风化剥落或破碎程度较为严重的,采取相应的护面措施,以保证防止各种自然应力对边坡的破坏,确保边坡的稳定。

5.5 湿陷性黄土地基

5.5.1 对建在湿陷性黄土地基上的建(构)筑物,应遵照现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的有关规定进行地基处理,采取以地基处理为主的综合措施,防止地基湿陷对建(构)筑物产生危害。

5.5.2 根据地基受水浸湿可能性的大小和湿陷后产生的后果,以及使用上对不均匀沉降限制的严格程度,发电厂的各类建(构)筑物按其重要性可分为四类,并应符合表 5.5.2 的规定。

表 5.5.2 湿陷性黄土建(构)筑物分类表

类别	建(构)筑物名称
甲	主厂房(包括汽轮发电机基础、锅炉炉架基础)、烟囱、空冷器支架、高度大于 50m 的筒仓、预应力筒仓、大跨度大直径封闭煤场、GIS 配电装置楼、翻车机室
乙	除甲、丙、丁以外的其他生产建筑、辅助及附属建筑物
丙	燃油泵房、燃油库、空压机室、制氢站、加氯站、修配厂、机炉检修间、材料库、机车库、推煤机库、汽车库、消防站
丁	材料库棚、警卫传达室、厂区围墙、自行车棚、临时建筑

注:1 建筑物室内或毗邻的水池、水箱等应按邻近建筑物的类别划分;

2 当建(构)筑物的高度大于 50m 时,按甲类分类。

5.5.3 甲类建(构)筑物应消除地基的全部湿陷量,并应符合下列规定:

1 建在自重湿陷性黄土场地上时,应采取消除基础底面以下土层全部湿陷性的地基处理措施。主要辅助设备基础宜采用与厂房相同的地基处理措施;主厂房采用非整片地基处理措施时,应采取检漏防水措施或严格的防水措施,同时采取结构措施。

2 建在非自重湿陷性黄土场地时,应对基础底面以下附加压力与上覆土的饱和自重压力之和大于湿陷起始压力的所有土层进行处理,或处理至地基压缩层的深度为止;主厂房采用非整片地基处理措施时,应采取基本的防水措施和结构措施。

3 当基础底面下湿陷性土层较厚,全部消除湿陷性有困难时,应通过专门的技术论证和结合现场试验,确定综合处理措施,同时应采取严格的防水措施。

5.5.4 对建在自重湿陷性黄土场地上的受水浸湿可能性较大的乙类建筑物(如化学水处理室、浴室和食堂等),除采取消除地基部分湿陷量的地基处理外,还应采取严格的防水措施和结构措施。

5.5.5 对荷载较大的建筑,当基底压力大于 300kPa 时,计算湿

陷量应取实际压力下测定的湿陷系数。

5.5.6 厂区内建(构)筑物与水池、直埋管道、管沟和排水沟等容易渗漏设施的防护距离,应满足现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025—2004 第 5.2.4 条的规定。当不能满足要求时,应按本标准采取与建筑物相应的防水措施。

甲类建筑和自重湿陷场地的乙类重要建筑,室内地下管道宜设置管沟,并采取与建筑物相应的防水措施。

5.5.7 对深厚的湿陷性黄土地基可采用高能级强夯、挤密法或桩基等方案。自重湿陷场地采用桩基方案时,应根据浸水试验或工程经验确定并计入因土层湿陷产生桩侧负摩擦力的影响。

5.5.8 采取强夯法处理地基时,其处理范围应大于建筑物基础范围,超出基础外缘的宽度不宜小于加固深度的 $1/2 \sim 2/3$,并不少于 3m。当甲类建筑全部消除湿陷性有困难时,超出基础外缘的宽度还应加宽,且不应小于加固深度的 $2/3$,同时应采取严格的防水措施和结构措施。

当扩建工程采用强夯时,应采取措施,防止对原有建筑物及发电厂正常运行产生不利影响。

5.6 基 础

5.6.1 建(构)筑物基础的形式应根据地基变形量、地基承载力或单桩承载力以及设备基础布置情况,并结合上部结构特点和使用要求合理确定,可依次采用柱下独立基础、条形基础或筏板基础。

5.6.2 发电厂建(构)筑物的柱下条形基础和筏板基础内力分析宜采用弹性地基法。对地基均匀、基础刚度较大、上部结构体型简单、结构布置和荷载分布均匀的小型建(构)筑物,柱下条形基础和筏板基础内力分析可采用倒楼盖法。

5.6.3 柱下条形基础截面形状一般为倒置的 T 形,主厂房柱下条形基础梁高度宜为相邻柱距的 $1/5 \sim 1/4$ 。其他建(构)筑物基础梁高度宜为相邻柱距的 $1/8 \sim 1/4$ 。

5.6.4 柱下条形基础梁的配筋构造应符合下列规定：

1 梁底的纵向通长受拉主筋面积不应少于纵向钢筋总面积的 $1/3$ 。梁顶面钢筋应按计算全部贯通。

2 梁顶面和底面的纵向受力钢筋最小配筋率可取 0.2% 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值。

5.6.5 柱下筏板基础分为梁板式与平板式两类。

筏板厚度应根据抗冲切、抗剪切要求确定。梁板式基础的筏板厚度，当用于主厂房时，宜大于 600mm ；当用于辅助建筑时，宜取 $200\text{mm}\sim 400\text{mm}$ 。

梁板式筏基配筋除符合计算要求外，基础梁及筏板两个方向的底部通长钢筋不应少于纵向钢筋总面积的 $1/3$ ，且配筋率不应小于 0.15% 。顶面钢筋应按计算全部贯通。平板式筏基宜按柱下板带和跨中板带分别计算。筏板两个方向的底部钢筋应有 $1/3\sim 1/2$ 全跨贯通，且配筋率不应小于 0.15% ；顶面钢筋应按计算全部贯通。

5.6.6 当采用箱形基础时，一般不考虑上部结构的共同作用。箱形基础的高度应满足结构强度、刚度和使用要求。箱形基础的顶、底板及墙身的厚度应根据受力整体刚度、防水、施工条件确定，底板不应小于 400mm ，外墙不应小于 300mm ，内墙不应小于 200mm ，顶板不应小于 150mm 。

5.6.7 桩顶嵌入承台的长度应根据桩的受力情况、设计条件及施工条件等因素确定，一般不小于 $50\text{mm}\sim 100\text{mm}$ 。单桩桩基、双桩桩基、单排桩桩基、承受上拔力或主要承受水平力的桩、筏板和箱形承台以及大型动力设备基础下的桩，其主筋伸入承台内的锚固长度不宜小于 30 倍钢筋直径（HPB235 级钢筋）和 35 倍钢筋直径（HRB335、HRB400 级钢筋）。

5.6.8 在软土地基中，对有可能承受施工中产生的水平荷载而引起基础位移的单独基础，应加设连系梁。单桩承台两个方向、两桩承台的短方向宜设置连系梁。

连系梁顶面宜与承台顶面位于同一标高,连系梁宽度不宜小于250mm。其高度除按计算确定外,可取承台中心距的 $1/15\sim 1/10$ 。连系梁钢筋应按受拉要求锚入承台。

5.6.9 当地下水、地基土或其他介质对基础混凝土有侵蚀性时,应采取防止侵蚀的措施,如增加混凝土的密实性、在混凝土表面涂防护层、在混凝土中掺入外加剂或选用抗侵蚀性的水泥等。

5.6.10 为防止大体积混凝土出现裂缝,应采取控制裂缝的施工措施和结构设计措施。

5.7 地下沟道

5.7.1 地下沟道的设计应遵守“防排兼施”的原则。应合理安排好沟道积水的排放,防止外部水倒灌,使之畅通地排入到发电厂排水系统。具体措施如下:

1 生产疏放水及设备、管路检修放水严禁直接排入电缆沟内,也不应排入工业水管沟。

2 工业用水管沟、电缆沟、冲灰沟、排水沟之间必须分开和立体交叉。沟道交叉的原则应遵守:干的让湿的(如电缆沟让冲灰沟),软的让硬的(如电缆沟让工业水管沟),压力让自流(如工业水管沟让冲灰沟);交叉处的排水系统应互相隔绝,施工缝、变形缝和埋管处应有防止渗水的措施。

3 排水应首先考虑自流排水。当深沟、深坑、隧道必须采用机械排水时,在布置上应适当集中。

4 主厂房沟道排水引出方向宜采用各自排向汽机房或锅炉房外侧方式。大型机组应以单机、单炉为单元,中小型机组可以两机、两炉为单元,排水不宜向扩建端引出。

5 沟道应设纵向和横向坡度。电缆沟的纵向坡度不宜小于 5% ,工业用水管沟的纵向坡度不宜小于 8% ,当布置有困难时,可分别减为 3% 与 5% 。横向坡度宜为 $1\%\sim 3\%$ 。

6 水处理系统排出酸性生产废水的沟道应有防酸措施。在

石灰岩地区,应特别注意防止酸性水对地基的溶蚀。

7 对特殊地基,如湿陷性黄土、盐渍土等地基,应按相关规定采取防排水措施。

5.7.2 沟、坑、隧道等地下沟道可划分为两类,第一类为最高地下水位低于沟道底面标高的地下沟道,第二类为最高地下水位高于沟道底面标高,或最高地下水位标高低于沟道底面标高但防潮要求较高的地下沟道(如裸母线隧道)。地下沟道应根据分类不同,采取不同的防水措施。

1 第一类地下沟道的结构形式可采用砖砌、素混凝土或钢筋混凝土结构,第二类应采用素混凝土或钢筋混凝土结构。

2 对于第一类且对渗漏无严格要求的沟道,可按四级防水等级采取防水措施,其他宜按三级防水等级采取防水措施,当采用防水混凝土时,混凝土的抗渗等级不得小于 P6。

5.7.3 隧道、深坑的沟壁厚度当为双排配筋时不宜小于 250mm,单排配筋时不宜小于 200mm。

5.7.4 室内、外沟道的沟壁,当采用可开启的盖板时,应考虑使用阶段状态及检修阶段的应力状态。

5.7.5 沟壁土压力可按库伦公式计算。当填土为黏性土并经分层夯实时,可采用等值内摩擦角计算。等值内摩擦角值:对沟壁高度不大于 4m,在地下水位以上部分可取 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$,在地下水位以下部分可取 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 。土的重力密度可取湿重力密度。

5.7.6 室内沟盖板可采用钢丝网水泥板或钢筋混凝土盖板。检修场内和室内通行汽车处的沟盖板应采用钢筋混凝土盖板,室外的沟道宜采用钢筋混凝土盖板。所有的钢筋混凝土盖板均应采用上、下双面配筋设计,并宜用钢板包边。支承盖板的沟道顶部宜包角钢。

5.7.7 地下沟道、隧道等的伸缩缝间距应根据当地气温条件、沟道材料、覆土厚度等因素确定,一般情况下可按表 5.7.7 采用。

表 5.7.7 沟道伸缩缝间距(m)

环 境	普通烧结砖	素混凝土	钢筋混凝土
室内	100	30	40
室外	50	20	30

注：北方寒冷、严寒地区，室外沟道应根据具体情况，适当缩小伸缩缝间距。

5.7.8 对于有防火要求的沟道(如电缆沟、电缆隧道)，应根据工艺专业提出要求，并遵照现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的规定设置防火隔墙、防火门和防火封堵等，隧道还应考虑安全出口的设置。

6 动力机器基础

6.1 汽轮机组和电机基础

6.1.1 本节适用于工作转速(n)在 1000r/min 以上且不大于 3000r/min 的汽轮发电机(电动机、调相机)框架式基础。对于大块式、墙式及工作转速(n)不大于 1000r/min 的电机基础设计,可按现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 的有关规定执行。

6.1.2 汽轮发电机基础设计时,应与制造厂密切配合。新型机组的基础设计应与机器设计同步进行,应进行基础的动力特性优化,必要时可进行基础的数值模型(有限元块体模型)分析或实物模型试验,以确定合理的基础设计方案。

6.1.3 对汽轮发电机基础的动力性能进行鉴定时,不能单纯把基础的振动状况作为鉴定的标准,应同时分析机器振动与基础振动的内在联系。

6.1.4 框架式汽轮发电机基础应独立布置,其四周应留有与其他结构隔开的变形缝。

6.1.5 基础中间平台可与基础主体结构一起整体浇筑,或与主体结构脱开布置,也可采用钢梁-钢筋混凝土楼板隔振平台结构形式,钢梁与基础柱上的牛腿之间设置橡胶或弹簧隔振支座。当中间平台与基础主体结构整体浇筑时,中间平台的钢筋混凝土楼板应有足够的厚度以降低中间平台的振动。

6.1.6 汽轮发电机基础首先应具有良好的动力性能。框架式基础应按多自由度空间力学模型进行多方案分析,以合理地确定基础(顶板、柱、底板)的结构选型。一般情况下,结构选型应按下述原则确定:

1 顶板应有足够的质量和刚度。应加大扰力作用点构件的质量,以减小基础的振动。为了保持轴系的平直和改善基础的动力性能,各横梁在设备荷载作用下的静挠度宜接近。顶板构件应受力简单、合理。纵、横梁应尽量避免偏心荷载,以减小对梁的扭力。

2 柱在满足强度、稳定要求的前提下,可适当减小刚度,但柱子的长细比不宜大于 14。

3 宜以顶板各构件、柱断面和柱位置为变量进行基础的动力特性优化,在确保基础的动力性能满足要求的同时减少基础的混凝土用量。

4 底板应有一定的刚度,并根据基础的刚度和承载能力综合考虑。

6.1.7 设计基础时,按传到基础上的全部设备静重及基础自重(含底板自重及其上回填土重)之和的总重心与基础底面形心应力求位于同一垂直线上,如偏心不可避免,则偏心值与平行偏心方向基础底面边长之比不应大于 3%。

设置在汽轮机组基础底板上的平台和地下室楼板立柱应计入荷重对偏心的影响。

6.1.8 框架式基础的底板可采用井式、梁板式或平板式。

汽轮机组基础的平板式底板的厚度或井式、梁板式的梁高应根据地基土的性质而定,在满足基础柱嵌固的前提下,可取基础相邻柱之间净距的 $1/5 \sim 1/3.5$ 。

6.1.9 基础顶板的挑台应做成实腹式,其悬臂长度不宜大于 1.5m,悬臂支座处的截面高度不应小于悬出长度的 0.75%。

6.1.10 在基础运转层上应设置永久的水准观测点,在基础零米柱上应设置永久的沉降观测点。

6.1.11 当基础建造在岩石地基上,岩层符合现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 的有关规定时,可采用锚杆基础或单独基础。

6.1.12 当地基土为高、中压缩性黏土时,应加强地基和基础的刚度,并采取有效措施减少基础的不均匀沉降。当地基土为高压缩性时,宜采用人工地基。

6.1.13 当底板设置在碎石土及风化基石地基上时,应考虑施工时温度作用的影响,底板下宜设隔离层。

6.1.14 计算底板承载力和验算地基承载力时,均不应考虑动力荷载。

6.1.15 基础下地基土的承载力验算应符合式(6.1.15)的规定。

$$P_k \leq \alpha_1 f_a \quad (6.1.15)$$

式中: P_k ——荷载效应标准组合时的基础底面静压力值;

f_a ——按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007修正后的地基承载力特征值;

α_1 ——地基承载力的动力折减系数,对框架式基础,当地基为密实的中粗砂、碎石土、基岩或端承桩时可采用1.0,其余取0.8;对大块式基础应取0.8。

6.1.16 汽轮机组和电机基础构件的承载力计算,荷载和作用应按下列分类:

1 永久荷载包括基础自重(含底板自重及其上回填土重)、机器重、安装在基础上的其他设备重及汽缸膨胀力、管道推力、凝汽器真空吸力、温差产生的作用。

2 可变荷载包括动力荷载(或当量荷载)、顶板活荷载。

3 偶然荷载包括短路力矩。

4 地震作用。

6.1.17 基础构件承载力计算时,荷载(作用)效应组合及组合系数应符合下列规定:

1 基本组合应取永久荷载与动力荷载(或当量荷载)组合,动力荷载只考虑单向作用,其组合系数取1.0。

2 偶然组合应取永久荷载与动力荷载及短路力矩组合,动力荷载组合系数取0.25,短路力矩的组合系数取1.0。

3 地震效应组合应取永久荷载与动力荷载及地震作用组合,动力荷载组合系数取 0.25,地震作用的组合系数取 1.0。

6.1.18 永久荷载分项系数可取 1.2,可变荷载分项系数可取 1.4,偶然荷载分项系数可取 1.0,地震作用分项系数可取 1.3。

6.1.19 当基础纵向框架长度大于或等于 40m 时,应进行纵向框架的温度作用计算,在缺乏资料时,计算温差可取 20℃。

6.1.20 框架式基础的动力计算可采用振幅法(即以振幅值作为设计的控制指标)。计算振幅时,宜采用空间多自由度体系。一般情况下,宜计算扰力作用点的三个方向的振幅 A 。 A 应符合式(6.1.20)的规定:

$$A \leq [A] \quad (6.1.20)$$

式中:[A]——容许振幅值(mm),见表 6.1.20。

计算振幅时采用的扰力值应由机器制造厂提供,当缺乏资料时可按表 6.1.20 选用。

表 6.1.20 容许振幅及扰力值

机器工作转速(r/min)		3000	1500
容许振幅[A](mm)		0.02	0.04
计算振幅时第 i 点的扰力 P_{gi} (kN)	垂直、水平横向	$0.20G_{gi}$	$0.16G_{gi}$
	水平纵向	$0.10G_{gi}$	$0.08G_{gi}$

注:1 表中数字为机器正常运转时的容许振幅及扰力值;

2 G_{gi} 为作用在基础第 i 点的机器转子重量,一般为集中到梁中或柱顶的转子重量(kN)。

6.1.21 计算振幅时,宜取工作转速一定范围内(一般取±25%)的最大振幅作为工作转速时的计算振幅,并应小于表 6.1.20 的容许振幅值。

0~75%工作转速范围内的计算振幅不应大于 1.5 倍的容许振幅值。

6.1.22 计算振幅时,任意转速时的扰力 P_{oi} 可按式(6.1.22)确定。

$$P_{oi} = P_{gi} \left(\frac{n_0}{n} \right)^2 \quad (6.1.22)$$

式中： P_{oi} ——任意转速时 i 点的扰力值(kN)；

P_{gi} ——工作转速时 i 点的扰力值(kN)；

n_0 ——任意转速(r/min)；

n ——工作转速(r/min)。

6.1.23 对工作转速(n)为 3000r/min 的框架式基础,计算振幅时,地基可按刚性考虑(不考虑地基弹性的影响); n 不大于 1500r/min 的基础宜考虑地基的弹性,此时,地基的刚度系数可按现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 的有关规定选用。

6.1.24 当有 r 个扰力作用时,质点 i 的振幅 A_i (mm)可按式(6.1.24)确定。

$$A_i = \sqrt{\sum_{k=1}^r A_{ik}^2} \quad (6.1.24)$$

式中： A_{ik} ——第 k 个扰力对质点 i 产生的振幅值(mm)。

6.1.25 当基础为横向框架与纵梁构成的空间框架且不考虑地基弹性时,可简化为横向平面框架计算,按照现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 的规定,采用考虑空间影响的两自由度体系的简化计算。

6.1.26 对工作转速 3000r/min 的国产汽轮发电机基础,基础为横向框架与纵梁构成的空间框架且满足表 6.1.26 的条件时,可不作动力计算。当不满足表 6.1.26 的条件时,宜按本标准第 6.1.20 条~第 6.1.25 条所述方法进行动力计算。

表 6.1.26 基础不做动力计算的条件

机组功率(MW)	中间框架纵梁	边框架
≤125	$G_i \geq 6G_{gi}$	$G_i \geq 10G_{gi}$
200	$G_i \geq 7G_{gi}$	$G_i \geq 12G_{gi}$

注： G_i 为集中到梁中或柱顶的重量(包括机器重)。

6.1.27 计算构件的动内力时,可采用空间多自由度体系直接计

算动内力,或按当量荷载进行简化分析计算,简化计算可按现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 规定的方法计算。

计算动内力时的扰力值,应取计算振幅时所取扰力的 4 倍,并考虑材料疲劳的影响。对钢筋混凝土构件的疲劳系数应取 2。

6.1.28 按空间多自由度体系计算动内力时,应取 1.25 倍机器工作转速范围内的最大动内力值作为控制值。

在 r 个扰力作用时,质点 i 的动内力 S_i 应按式(6.1.28)确定。

$$S_i = \sqrt{\sum_{k=1}^r S_{ik}^2} \quad (6.1.28)$$

式中: S_{ik} ——第 k 个扰力对 i 点产生的动内力。

6.1.29 基础底板的混凝土的强度等级不宜小于 C25,柱子及顶板宜采用 C30~C40;二次灌浆层宜优先采用流动性好的高强微膨胀灌浆料,也可采用比顶板高一强度等级的细石混凝土。基础用的钢筋一般采用 HPB、HRB 级钢。

6.1.30 汽轮发电机基础施工时可设 2 道~3 道施工缝,各设在柱顶、柱脚及柱子零米附近。

施工缝应予以处理,可在混凝土面上预留直径为 10mm,双向间距为 200mm,长度为 800mm(插入混凝土内 400mm)的钢筋。浇灌前混凝土面应凿毛、清扫干净并充分湿润,再坐一层掺有胶结剂的水泥净浆。

6.1.31 汽轮发电机基础的配筋应符合下列规定:

1 汽轮发电机基础底板各面均应设置钢筋网。底板板顶和板底的钢筋最小配筋率为 0.10%;底板侧面四周的钢筋网钢筋直径宜为 16mm~20mm,间距宜为 200mm~250mm。底板厚度大于 2m 时,宜在底板板厚中间部位设置直径不小于 12mm、间距不大于 300mm 的双向钢筋网。

2 汽轮发电机基础柱配筋应按计算确定,柱全部纵向钢筋的最小配筋率不宜小于 0.6%,直径不宜小于 25mm;柱箍筋宜采用封闭箍筋,箍筋直径不宜小于 12mm,柱加密区箍筋间距宜为

150mm~200mm,且不大于 $6d$ (d 为柱纵向钢筋的直径),非加密区间距宜为250mm~300mm,肢距可取300mm~400mm。

3 汽轮发电机基础中间平台采用现浇钢筋混凝土结构时,梁和板的构造规定宜符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的相关规定。

4 汽轮发电机基础运转层顶板配筋应按计算确定,顶板顶面、底面钢筋最小配筋率不宜小于0.15%。顶板应考虑由于构件两侧温差产生的应力,应在梁两侧分别配置温度钢筋,高、中压缸侧的纵、横梁侧面配筋百分率不宜小于0.15%,其余梁每侧配筋百分率不宜小于0.1%。

5 汽轮发电机基础的钢筋连接可采用焊接、机械连接或绑扎搭接等形式。钢筋的连接应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。机械连接应满足抗疲劳性能要求。

6.1.32 汽轮发电机弹簧隔振基础的设计方法可按本标准附录E确定。

6.2 辅助机器基础

6.2.1 本节适用于建造在地基上的辅助机器(以下简称辅机)基础、放置在楼盖上的基础以及隔振基础。隔振基础设计可按国家现行标准《火力发电厂辅助机器基础隔振设计规程》DL/T 5188的规定执行。

6.2.2 基础结构形式应根据辅机用途、容量大小、制造厂要求、地基条件以及工艺布置等不同情况确定,可分别采用大块式、墙式、框架式、放置在楼盖上的基础以及隔振基础。

1 引风机、送风机基础可设计成大块式,也可设计成墙式或框架式基础。

2 钢球磨煤机基础可做成大块式或共有底板的墙式和柱墩式基础,也可做成框架式基础。当地基条件较好时(f_{ak} 不小于250kPa且差异沉降很小),可做成前后轴承分开的独立基础,但转动部分与大牙轮轴承必须在同一基础底板上。

其他磨煤机基础宜设计成大块式基础,磨煤机基础压在厂房基础或锅炉基础上时,宜设计成弹簧隔振基础或其他隔振基础。

3 电动给水泵基础可做成大块式或框架式基础。汽动给水泵根据布置方式,可做成框架式基础,或放置在楼盖上的弹簧隔振基础。

4 碎煤机基础宜做成放置在楼盖上的弹簧隔振基础,也可做成独立的墙式或框架式基础;采用弹簧隔振基础时,台座应有足够的刚度和质量。

5 除上述各类机器基础以外,其他辅机基础可做成大块式基础。

6.2.3 辅机基础不宜与建筑物基础相连。当钢球磨煤机基础压在主厂房框架基础上时,宜采取隔振措施(如橡胶垫或砂垫层等)。其他辅机基础(如送风机、引风机、风扇磨煤机、中速磨煤机、给水泵等)无法避免压在建筑物基础上时,应采取有效的隔振措施(如弹簧隔振基础等)。计算厂房基础时,应计入其附加荷载,并应考虑不均匀沉降的影响。

6.2.4 对于电动机容量大于 100kW 的引风机、送风机、磨煤机、碎煤机、电动给水泵、汽动给水泵等辅机基础,宜置于原土地基上,如原土地基为高压缩性时宜采用人工地基。当布置上许可时,在不增加混凝土体积的条件下,宜尽量加大基础底面积。

6.2.5 当置于原土地基上的辅机基础与相邻基础的底标高不同时(图 6.2.5),应满足式(6.2.5)的要求,当不满足要求时,埋深较浅的基础下面可设素混凝土或毛石混凝土垫层。

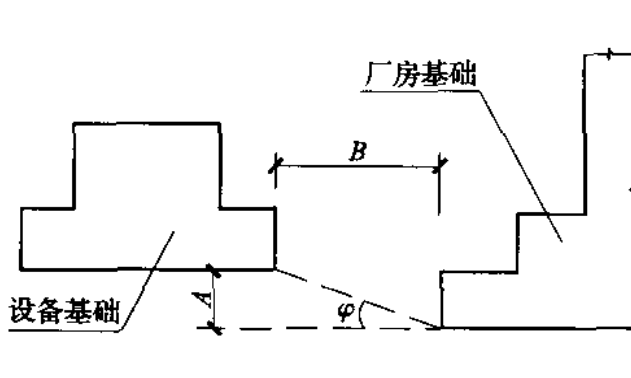


图 6.2.5 相邻基础允许标高差示意图

$$A \leq B \cdot \tan\varphi \quad (6.2.5)$$

式中： φ ——土的内摩擦角。

6.2.6 对于电动机容量小于 100kW 的辅机基础，可放置在经过处理的回填土上。回填土的处理应满足有关规范的规定。

6.2.7 功率小于 2000kW 的电动给水泵、汽动给水泵、励磁机及各种离心泵的基础，如为重量大于 5 倍机器重量的大块式基础或满足本标准表 6.2.16 要求的墙式基础，可不作动力计算。

6.2.8 大块式、墙式基础的动力计算，应符合现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 的有关规定，对一般类型的机器基础可按本标准第 6.2.12 条规定的公式作简易计算。

6.2.9 对独立的碎煤机的墙式和框架式基础应按现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 的相应规定进行动力计算。当 300t/h 出力以下的碎煤机独立的墙式基础满足本标准表 6.2.16 的规定时，可不作动力计算。

钢球磨煤机的大块式和墙式基础可不作动力计算。但计算基础底面净压力时，除基础自重、回填土重、设备自重及基础上其他荷载外，还应考虑作用在磨煤机每端轴承中心线处的定向水平当量荷载 P_x (图 6.2.9)，作用点在滚筒中心线上，其值可按式(6.2.9)计算确定：

$$P_x = 0.15G_r \quad (6.2.9)$$

式中： G_r ——磨煤机内碾磨体总重。

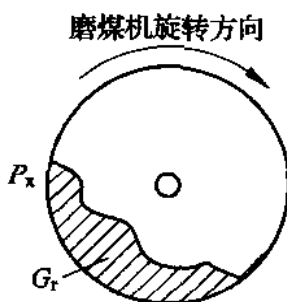


图 6.2.9 定向水平当量荷载

6.2.10 机器的扰力或偏心距应由制造厂提供。当缺乏资料时，可参见表 6.2.10 选取。

表 6.2.10 主要辅机的偏心距及扰力

序号	机器名称	机器运动 部件名称	机器转速 $n(r/min)$	偏心距 $e_0(mm)$	扰力 P_0
1	送风机	叶轮	—	0.5~0.7	$P_0 = me_0\omega^2$
2	引风机及排粉风机	叶轮	—	0.7~1.0	
3	风扇磨煤机	叶轮	—	软煤 1.0~1.5	
4	反击式破碎机	转子	—	硬煤 1.5~2.0	
5	锤击式破碎机	转子	—	1.0	
6	环式破碎机	转子	—	0.6~1.0	
7	泵类	叶轮	$n \geq 1500$	0.1	
8	泵类	叶轮	$n = 1000$	0.2	
9	泵类	叶轮	$n < 1000$	0.25~0.5	

注:1 表中 $m = G_0/g$, m 为机器或电机旋转部分的质量, G_0 为机器或电机旋转部分的重力, g 为重力加速度;

2 扰力 P_0 的单位为 N 或 kN, ω 为机器的圆频率。

6.2.11 工作转速不大于 3000r/min 的辅机基础的动力计算应满足下列条件:

$$A_z \leq [A_z] \quad (6.2.11-1)$$

$$A_{x\pm} \leq [A_{x\pm}] \quad (6.2.11-2)$$

式中: A_z 、 $A_{x\pm}$ ——由计算得到的扰力作用点或基础顶面的垂直和水平振幅;

$[A_z]$ 、 $[A_{x\pm}]$ ——最大允许垂直和水平振幅。

最大允许振幅 $[A_z]$ 和 $[A_{x\pm}]$ 应由制造厂提供。当缺乏资料时,可按表 6.2.11 选用。

表 6.2.11 基础最大允许振幅

基础名称	工作转速 (r/min)	允许振幅值(mm)	
		垂直(A_z)	水平($A_{x\varphi}$)
风机、泵类风扇磨煤机	3000	0.03	—
	1500	0.06	—
	$1000 \geq n > 750$	—	0.10
	$750 \geq n \geq 500$	—	0.15
	$n < 500$	—	0.20
碎煤机	$300 < n \leq 750$	0.15	0.20
	$n > 750$	0.10	0.15

注:3000r/min、1500r/min 设备基础的允许振幅值是对框架式基础的要求。

6.2.12 对于操作层设在厂房底层的大块式基础做简易计算时,只需计算基础上部边缘的最大横向水平振幅,可不计算垂直振幅。大块式基础的简易计算(图 6.2.12)可按下列公式进行:

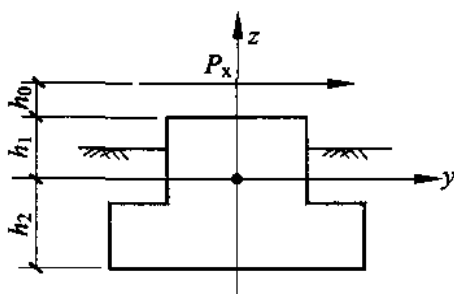


图 6.2.12 大块式基础计算简图

$$A_{x\varphi 0} = 1.2 \left(\frac{P_x}{K_x} + \frac{P_x H_h}{K_\varphi h} \right) \cdot \frac{\omega_{nls}^2}{\omega_{nls}^2 - \omega^2} \quad (6.2.12-1)$$

$$H_h = h_0 + h_1 + h_2 \quad (6.2.12-2)$$

$$h = h_1 + h_2 \quad (6.2.12-3)$$

$$\omega_{nls} = \lambda \omega_{nx} \quad (6.2.12-4)$$

$$\omega_{nx} = \sqrt{\frac{k_x}{m}} \quad (6.2.12-5)$$

$$K_x = C_x A, C_x = 0.7 C_z \quad (6.2.12-6)$$

$$m = m_f + m_m + m_s \quad (6.2.12-7)$$

式中： $A_{x\varphi 0}$ ——在水平扰力作用下，基础顶面的水平向振动线位移(m)；

P_x ——机器的水平扰力(kN)；

K_x ——天然地基抗压刚度(kN/m)；

K_φ ——天然地基抗弯刚度(kN·m)；

ω_{nx} ——机组 x 向水平固有圆频率(rad/s)；

C_x ——天然地基抗剪刚度系数(kN/m³)；

C_z ——天然地基压剪刚度系数(kN/m³)；

A ——基础底面积(m²)；

m ——机组的质量(t)；

m_f ——基础的质量(t)；

m_m ——基础上设备的质量(t)；

m_s ——基础回填土的质量(t)；

ω ——机器的扰力圆频率(rad/s)；

λ ——频率比，可按表 6.2.12 采用。

表 6.2.12 频率比 λ

L/h	1.5	2.0	3.0
λ	0.7	0.8	0.9

注：表中 L 为基础在水平扰力作用方向的底板边长。

6.2.13 工作转速大于 3000r/min 的汽动给水泵、电动给水泵等高转速、变转速设备基础顶面扰力作用点(或控制点)的最大振动速度应小于 5.0mm/s。

6.2.14 工作转速大于 3000r/min 的电动、汽动给水泵基础的扰力值和作用位置应由机器制造厂提供，当缺乏资料时，可按下列规定采用：

1 机器的扰力值可按下列式确定：

$$P_{zi} = 0.25 G_{gi} \left(\frac{n_0}{3000} \right)^{1.5} \quad (6.2.14-1)$$

$$P_{xi} = P_{zi} \quad (6.2.14-2)$$

$$P_{yi} = 0.5P_{zi} \quad (6.2.14-3)$$

式中： P_{zi} ——基础第 i 点的机器竖向扰力(kN)；

P_{xi} ——沿基础横向第 i 点的机器水平扰力(kN)；

P_{yi} ——沿基础纵向第 i 点的机器水平扰力(kN)；

G_{gi} ——作用在基础第 i 点的机器转子重量(kN)；

n_0 ——任意转速(r/min)。

2 机器的扰力作用位置应根据机器转子自重分布的实际情况确定。

6.2.15 当基础承受 m 个不同频率的扰力作用时,应分别计算各扰力对验算点 i 所产生的振动速度 V_{ik} ,其最大振动速度 V 可按下式进行叠加:

$$V_i = \sqrt{\sum_{k=1}^m V_{ik}^2} \quad (6.2.15)$$

式中： V_{ik} ——第 k 个扰力对质点 i 产生的振动速度(m/s)。

6.2.16 按大块式机器基础计算原则进行动力计算的墙式基础,宜用纵、横墙与顶板、底板刚性连接,以保证共同工作。由于工艺要求,只能设置单向墙时,墙应平行于水平扰力作用方向布置。墙式基础的构造尺寸可按表 6.2.16 采用。

表 6.2.16 墙式基础构造尺寸

基础构件名称	基础构件尺寸
上部顶板	平板 $\geq 0.5\text{m}$ 肋形板 $\geq 0.15\text{m}$
顶板悬臂长度	$\leq 1.5\text{m}$
顶板悬臂支座处的截面高度	$\geq \frac{1}{3}$ 悬臂长度
墙厚	墙平行于水平扰力时, $\geq \frac{1}{6}$ 墙净高,且 $\geq 0.5\text{m}$ 墙垂直于水平扰力时, $\geq \frac{1}{4}$ 墙净高
基础底板厚度	$\geq 0.6\text{m}$,且 \geq 墙厚
底板悬臂长度	素混凝土底板 \leq 底板厚 钢筋混凝土底板 ≤ 2.5 倍底板厚

6.2.17 墙式基础用纵、横墙相连,并与上部顶板和下部底板刚性连接,以保持一定的刚度。它的尺寸可参照表 6.2.17 采用。

表 6.2.17 墙式基础几何尺寸

基础构件名称	基础构件尺寸
墙厚	$\geq 0.5\text{m}, \geq \frac{1}{6}$ 墙净高
基础底板厚度	$\geq 0.6\text{m}$
下部基础底板悬臂长度	≤ 2.5 倍底板厚
上部顶板悬臂长度	$\leq 1.5\text{m}$
上部水平顶板的厚度	$\geq 0.1\text{m}$
上部悬臂及梁支座部分截面高度	$\geq \frac{1}{3}$ 悬臂伸出长度

6.2.18 当体积小于 20m^3 时整体可不配筋,仅需在螺栓孔附近配置局部构造钢筋;体积为 $20\text{m}^3 \sim 40\text{m}^3$ 的大块式基础,应在基础顶面配置直径 10mm,间距 200mm 的钢筋网;体积大于 40m^3 的大块式基础,应沿四周和顶、底面配置直径 10mm~14mm,间距 200mm~300mm 的钢筋网。

6.2.19 墙式基础沿墙面应配置钢筋网,竖向钢筋直径宜为 12mm~16mm,水平钢筋直径宜采用 14mm~16mm,钢筋网格间距 200mm~300mm。上部梁板的配筋应按强度计算确定。墙与底板、上部梁板连接处应适当增加构造钢筋。

6.2.20 基础底板悬臂部分的钢筋配置应按强度计算确定,并应上、下配筋。

6.2.21 当基础上的开孔或切口尺寸大于 600mm 时,应沿孔或切口周围配置直径不小于 12mm,间距不大于 200mm 的钢筋。

6.2.22 根据工艺资料确定辅机基础尺寸时,尚应满足下列规定:

- 1 辅机底座边缘到基础边缘的水平距离不宜小于 100mm。
- 2 预埋地脚螺栓轴线距基础边缘不应小于 4 倍螺栓直径,预埋地脚螺栓底面下的混凝土净厚度不应小于 50mm。
- 3 地脚螺栓预留孔边距基础边不应小于 100mm(包括基础

孔洞、坑槽等边缘净距),否则必须局部配置构造钢筋加强。地脚螺栓预留孔底至基础底的净距离不应小于 100mm。

4 地脚螺栓孔断面尺寸宜为地脚螺栓直径的 5 倍~6 倍。深度(不计二次灌浆层厚度)宜为地脚螺栓埋置深度加 100mm~150mm。当孔洞深度超过 500mm 且孔底在地面以上时,宜设杂物清除孔。

6.2.23 辅机基础的地脚螺栓埋设要求应由机器制造厂或由工艺设计者提供。受力的机器地脚螺栓如为弯钩式,则埋置深度不应小于 20 倍螺栓直径;锚板式地脚螺栓埋置深度不应小于 15 倍螺栓直径。

7 燃料及灰渣贮运建(构)筑物

7.1 卸煤建(构)筑物

7.1.1 卸煤建(构)筑物中直接承受火车活荷载的大梁,其设计荷载应采用中华人民共和国铁路标准活载,即“中-活载”。结构与计算应符合有关铁路桥涵设计相关规范的规定。

7.1.2 地下建(构)筑物的结构选型与计算简图应按下列原则选择:

1 翻车机室结构选型,当设有两台转子式或侧翻式翻车机时,一般可采用钢筋混凝土圆形结构或箱形结构。当设有一台转子式或侧翻式翻车机时,一般采用钢筋混凝土箱形结构。地下结构采用沉井结构时,应进行技术经济论证。

2 缝式煤槽结构选型,无地下水影响时,侧壁和底板可采用现浇式或装配式钢筋混凝土结构,底板形式也可采用板肋式或分离式。有地下水影响时,侧壁和底板应采用现浇钢筋混凝土结构。

3 地下运煤隧道结构选型,无地下水影响时,顶板和侧壁宜采用钢筋混凝土结构。当隧道较浅时,侧壁也可采用混凝土或毛石混凝土结构。有地下水影响时,应采用钢筋混凝土箱形结构。

4 地下建(构)筑物一般为空间结构,宜采用空间有限元方法进行内力分析,也可简化为纵、横平面结构体系进行联解或分解计算。常见的翻车机室和缝式煤槽结构选型与计算简图可参见本标准附录 F。

5 翻车机室和缝式煤槽,当煤斗斜壁连同地下室下部侧壁支承在地面平台或给煤机平台上时,计算侧壁可将平台结构作为水平弹性支承点,但平台结构应按双向受弯构件计算。计算中应考虑扶壁柱的弹性变形对侧壁的影响,给煤机平台板的支点反力系

数一般可取 0.8~0.9。

7.1.3 计算卸煤建(构)筑物中的火车大梁承载力时,应将火车荷载乘以减速后的冲击系数 $(1+\mu\gamma)$,其值可按式(7.1.3)确定:

$$1 + \mu\gamma = 1 + 2 \left(\frac{6}{30 + l} \right) \left(\frac{V}{2V_{kp} - V} \right) \quad (7.1.3)$$

式中: l ——梁的跨度(m);

V ——设计行车速度,可取 $V=15\text{km/h}$;

V_{kp} ——极限速度,可取 $V_{kp}=65\text{km/h}$ 。

7.1.4 计算直接支承翻车机的大梁承载力时,其竖向和水平荷载应乘以动力系数。该系数应由工艺设计专业提供,缺乏资料时,也可按表 7.1.4 采用。由设备产生的垂直和水平力应按制造厂有关规定执行。

表 7.1.4 翻车机荷载的动力系数

翻车机种	动力系数	
	竖向	水平
侧翻式	1.5~2.0	1.5~2.0
转子式	2.5	2.0~2.2

7.1.5 地下建(构)筑物的防水设计应按照现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 进行设计。地下建(构)筑物的室内地坪应有排水坡度、排水沟和集水井。排水沟的纵向坡度不得小于 0.5%,横向坡度应为 1%~3%。坡向应根据沟、井的位置确定。

7.1.6 地下建(构)筑物的荷载效应组合应按本标准中荷载章节的规定执行,荷载分类及取值应符合下列规定:

1 永久荷载(恒载),如结构自重、固定设备重、土重、土压力、水压力等。

2 可变荷载(活载),如楼(屋)面活荷载、煤重、火车、汽车、推煤机荷载等。

1) 火车可变荷载:当铁路为两线时,若进入翻车机室两线均为煤车活载,进入缝式煤槽两线均为机车活载,则作用在

框架横梁上的荷载应乘以折减系数 0.9。在特殊情况下,如按机车不进入缝式煤槽设计时,则应设禁止机车通行的标志。

2) 缝式煤槽煤斗内可变荷载:应按煤斗内同时装满煤且高出煤斗 0.5m~1.0m 取值。当为多孔煤斗时应考虑煤斗空载与满载的最不利分布。

3) 推煤机可变荷载:当推煤机从煤场往地下煤斗推煤时,应考虑推煤机荷载对侧壁、煤箪子、煤斗壁的压力作用。

7.1.7 装卸桥、堆取料机基础根据地基土类型不同情况,可采用钢筋混凝土、混凝土结构。

7.1.8 装卸桥、堆取料机基础可采用弹性基床系数法或直线分布法进行基础内力计算。

7.1.9 装卸桥、堆取料机的荷载应按工作级别 A6、A7 取值,轮压荷载及动力系数应由工艺专业提供。基础梁可不作疲劳验算。

7.1.10 装卸桥、堆取料机基础结构可采用刚性梁条形基础,当为钢筋混凝土基础时,其最小配筋率不宜小于 0.1%;在梁腹高度范围内应设置直径为 8mm~10mm 的纵向水平钢筋,其间距不应大于 500mm;箍筋宜采用封闭式钢箍,直径应为 10mm,间距不应大于 300mm。当为混凝土基础时,应在混凝土受拉区配置构造钢筋,其配筋率不宜小于 0.05%。

7.2 运煤廊道

7.2.1 低矮且跨度不大的运煤栈桥,其桥身及支柱宜采用现浇钢筋混凝土结构。跨度超过 18m 时,桥身结构宜采用钢桁架结构,栈桥支柱可采用预制或现浇钢筋混凝土结构,也可采用钢结构。

栈桥屋面结构宜采用轻型结构,桥面结构可采用现浇钢筋混凝土板或预制板结构。封闭栈桥宜采用轻型围护结构。

7.2.2 运煤栈桥采用钢筋混凝土支柱且跨间承重结构与支架铰接的结构时,封闭栈桥的伸缩缝最大间距不宜超过 130m,露天栈

桥的伸缩缝最大间距不宜超过 100m。

运煤栈桥支架及跨间承重结构均采用钢结构时,封闭栈桥的伸缩缝最大间距不宜超过 150m,露天栈桥的伸缩缝最大间距不宜超过 120m。

7.2.3 运煤栈桥结构应保证具有足够的空间刚度,结构体系和形式应符合下列规定:

1 钢筋混凝土栈桥支架横向应采用框架结构,钢栈桥支架横向应采用支撑框架结构。高架栈桥纵向宜设置刚性跨(如柱间垂直支撑或尾部抗震墙等)。

2 当采用桁架作为侧墙骨架时,应在栈桥两侧桁架上、下弦节点间设置刚性系杆(或横梁)和纵向水平支撑;桁架端竖杆应与端部刚性系杆(或横梁)组成 II 形刚架。栈桥的上、下弦纵向水平支撑应沿栈桥通长设置。

3 当采用梁或下承式桁架结构时,应沿桥面全长设置上弦纵向水平支撑。对下承式桁架结构,同时应在下弦折线处和中部设置横向垂直支撑,其数量可根据栈桥跨度大小确定,间距不宜超过 12m,且每跨不应少于两道。

7.2.4 运煤栈桥伸缩缝的处理宜采用下列措施:

1 栈桥与相邻建筑连接处可设置滚轴或滑动支座,倾斜栈桥宜设置在高端。

2 当栈桥滚轴或滑动支座的允许侧移变形量不能满足设计要求时,可采用悬臂结构或设置双排支柱等措施,与相邻厂房或结构单元相互独立,也可采用悬吊支承结构。

7.2.5 栈桥支柱计算长度 l_0 的取值应符合下列规定:

1 在垂直运煤皮带方向,钢筋混凝土框架结构底层柱的计算长度 $l_0 = 1.25H_c$ (H_c 为从基础顶面至梁中心的距离或梁中心线至梁中心线的距离),其余各层柱 $l_0 = 1.5H_c$;钢结构支撑-框架体系各层柱的计算长度 $l_0 = 1.0H_c$ 。

2 在平行运煤皮带方向,当设有刚性跨时,钢筋混凝土柱的

计算长度 $l_0 = 1.25H$ (H 为从基础顶面至栈桥支座底的距离); 钢结构柱应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的相关规定。

7.2.6 栈桥支柱钢筋混凝土矩形截面的高度可取 $H/25 \sim H/20$ 。

7.2.7 地下运煤隧道纵向伸缩缝最大间距可取 30m, 伸缩缝最小宽度可取 30mm。

7.2.8 栈桥长度超过 200m 时, 应加设中间安全出口。地下运煤隧道长度超过 200m 时, 安全出口间距不应超过 100m。

7.3 碎煤机室

7.3.1 碎煤机室宜采用现浇钢筋混凝土框架结构。支承于楼板上的碎煤机宜设置隔振装置。动扰力在 46kN 以上的碎煤机的支承结构, 应采用独立墙式、框架式基础或弹簧隔振基础, 独立墙式、框架式基础及弹簧隔振基础顶部台板四周应与楼板结构间设防振缝分开。

7.3.2 直接支承碎煤机楼面梁、隔振基础的台板应进行垂直振动计算。在正常生产运行情况下, 楼板结构垂直振动的最大允许振幅值(单振幅)不应超过 0.08mm。独立墙式、框架式基础可进行水平振动计算, 水平振动的最大允许振幅值应符合现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 的规定。

采用弹簧隔振基础隔振效率大于或等于 90% 时, 碎煤机隔振装置以下的支承结构可不进行动力计算。

7.3.3 碎煤机楼板振幅值计算时, 机器的扰力或偏心距 e_0 应由制造厂提供。当缺乏资料时, 可按本标准表 6.2.10 选用。

7.3.4 直接承受碎煤机动荷载的结构承载力计算可采用设备荷载乘以动力系数的静力计算方法, 其荷载可按式(7.3.4)确定:

$$P = \beta G \quad (7.3.4)$$

式中: β ——碎煤机的动力系数;

G ——全部设备荷载(kN)。

对直接支承碎煤机楼面梁、弹簧隔振基础的台板结构,碎煤机的动力系数 β 应按碎煤机转速高、低区别取值,当转速为740r/min及740r/min以上时可取 $\beta=5.0$,以下时可取 $\beta=4.0$ 。对独立的墙式、框架式基础,动力系数 β 的取值应符合现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040的规定。

7.3.5 直接支承碎煤机的楼面梁,其高跨比满足表7.3.5的高跨比时,可不进行垂直振动计算。

表 7.3.5 支承碎煤机梁可不进行振动计算的高跨比(h/l)

碎煤机 动扰力	梁跨度及碎煤机台数							
	$5 < l \leq 6$		$6 < l \leq 7$		$7 < l \leq 8$		$8 < l \leq 9$	
	一台	二台	一台	二台	一台	二台	一台	二台
$15 < p_0 \leq 25$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5.5}$	$\frac{1}{5.5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5.5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5.5}$	$\frac{1}{5}$
$25 < p_0 \leq 35$	$\frac{1}{5.2}$	$\frac{1}{4.7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4.5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4.5}$	$\frac{1}{4.7}$	$\frac{1}{4.2}$
$35 < p_0 \leq 46$	$\frac{1}{4.8}$	$\frac{1}{4.5}$	$\frac{1}{4.7}$	$\frac{1}{4.2}$	$\frac{1}{4.7}$	$\frac{1}{4.2}$	$\frac{1}{4.5}$	$\frac{1}{4.1}$

注:1 p_0 为碎煤机动扰力(kN), l 为梁跨度(m), h 为梁高(m);

2 一般梁的宽高比应满足 $b/h \geq 1/3$;

3 混凝土强度等级不得低于C30。

7.3.6 直接布置于楼板上时,碎煤机必须布置在梁上,使扰力方向同梁的纵轴方向一致。楼板布置应避免悬臂。

7.3.7 直接支承碎煤机的楼层梁板应采用现浇钢筋混凝土结构,楼板厚度不应小于120mm。

7.3.8 直接承受动荷载的梁,其梁顶、梁底的纵向受力钢筋最小配筋率均不应小于0.2%。梁箍筋应采用封闭式,其直径不应小于8mm~10mm;当梁高大于2m时,直径不应小于10mm~12mm;箍筋间距应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定,且不应大于300mm。

7.3.9 碎煤机直接布置于楼板上时,为减少碎煤机振动的影响,钢筋混凝土框架采用砌体填充墙时,墙与梁、柱之间的拉结可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 13 章的要求采取构造措施。

7.4 贮煤筒仓

7.4.1 圆形钢筋混凝土贮煤筒仓(以下简称“筒仓”)布置应符合下列规定:

1 筒仓的平面布置应根据工艺、地形、工程地质和施工等条件,经技术经济比较后确定。

2 群仓及排仓宜采用行列式布置。筒仓之间的连接应采用仓壁和筒壁外圆相切的连接方式。直径大于或等于 18m 的筒仓,宜采用独立式布置(岩石地基除外)。

3 群仓总长度超过 50m 时应设伸缩缝。

7.4.2 筒仓直径小于 21m 时,筒仓应采用钢筋混凝土结构;直径大于或等于 21m 时,仓壁宜采用预应力混凝土结构。

7.4.3 筒仓的仓下支承结构宜采用筒壁与漏斗整体连接,筒壁与内柱共同支承的形式;也可采用筒壁与漏斗非整体连接,内筒壁与内柱共同支承的形式。

7.4.4 筒仓基础可采用圆板式、环板式或筏板式基础,也可采用扁球壳与环板组合基础。

7.4.5 筒仓的仓顶可采用现浇或装配钢筋混凝土结构;直径大于或等于 21m 的筒仓仓顶可采用钢筋混凝土整体或装配整体正截锥壳、正截球壳以及预应力梁板结构,也可采用具有防火保护措施的钢结构壳体或网架结构。

7.4.6 直径大于 15m 的筒仓仓顶上设置大型电动机(不小于 100kW)时,宜进行动力计算,垂直允许振幅不大于 0.04mm(单振幅),并采用现浇钢筋混凝土仓顶结构。仓顶上大型电动机设备扰力由设备厂家提供。

7.4.7 当储存褐煤或易自燃的高挥发分煤种时,应配合有关工艺专业设置防爆、通风及温度监测设施。筒仓应采取有效泄爆措施,仓内泄爆压力应由工艺专业提供。在筒仓顶部的死角空间,为防止可燃气体和粉尘积聚,可在通风不良位置设置排气管。

筒仓仓顶应设置通往仓内的人孔。

7.4.8 筒仓仓壁厚度一般不应小于式(7.4.8)计算的厚度,同时应满足抗裂计算要求。

$$t = \frac{d_n}{100} + t_0 \quad (7.4.8)$$

式中: t ——仓壁厚度(mm);

t_0 ——筒仓直径等于或小于15m时取 $t_0 = 100\text{mm}$,筒仓直径大于15m时取 $t_0 = 120\text{mm}$;

d_n ——筒仓内直径(mm)。

7.4.9 筒仓仓底斗壁结构应对称布置。斗壁厚度一般可按下列原则选取:

1 角锥形斗壁厚度可采用短边跨度的 $1/30 \sim 1/20$;

2 缝隙式通长或环形斗壁厚度可采用悬臂长度(水平投影)的 $1/10 \sim 1/5$ 。

7.4.10 筒仓的荷载及荷载效应组合、贮料压力计算均应符合现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077的规定。

仓底设有偏心卸煤口或多个卸煤口时,应考虑偏心卸煤的不利影响。当偏心距 e 小于 $0.2R_n$ 时(R_n 为筒仓内半径),可不考虑偏心卸煤的不利影响。

7.4.11 筒仓仓顶、仓壁及仓底结构的计算应符合现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077的规定,结构内力计算可按以下规定执行:

1 仓壁的环向拉力:

任意深度处的环向拉力 $N(\text{kN/m})$ 可按式(7.4.11-1)、式(7.4.11-2)确定。

$$\text{不考虑偏心卸煤时: } N = u p_h R \quad (7.4.11-1)$$

$$\text{考虑偏心卸煤时: } N = u p_{ec} R \quad (7.4.11-2)$$

式中: p_h 、 p_{ec} ——煤作用于仓壁单位面积上的水平压力(kPa),应按现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077 的规定计算取值;

R ——筒仓的内半径(m);

u ——放大系数,在仓顶 $h_n/6$ 范围内取 $u=1.3$; $5h_n/6$ 范围内取 $u=1.0$; h_n 为贮料计算高度,可按现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077—2003 第 4.2 节的规定取值。

2 筒壁竖向压力:

在仓顶荷载及自重作用下,筒壁横截面单位周长上的竖向压力 N_1 (kN/m)可按式(7.4.11-3)确定。

$$N_1 = \frac{G}{\pi d_n} \quad (7.4.11-3)$$

式中: G ——所计算横截面以上的结构自重及仓顶上的荷载(kN);

3 煤产生的摩擦力所引起的竖向压力 N_2 (kN/m),可按式(7.4.11-4)确定。

$$N_2 = \frac{d_n}{4} (\gamma \cdot s - p_v) \quad (7.4.11-4)$$

式中: γ ——贮料的重力密度(kN/m³);

s ——所计算横截面的深度(m);

p_v ——煤作用于 s 处单位面积上的竖向压力(kPa)。

4 筒壁环向弯矩:

考虑煤压力沿环向分布非轴对称情况,环向弯矩 M_θ 可按式(7.4.11-5)确定。

$$M_\theta = 0.01 p_h R^2 \quad (7.4.11-5)$$

5 筒壁竖向弯矩:

当筒壁与缝隙式斗壁整体连接时,应考虑斗壁对筒壁向的水

平力作用,其交接处内力应计算边缘效应。

7.4.12 预应力混凝土筒仓设计应满足下列要求:

1 仓壁可采用后张法无粘结预应力或有粘结预应力,预应力强度比宜取 0.7,不宜超过 0.75,且非预应力钢筋的配筋率不应小于全截面的 0.4%。非预应力钢筋直径不应小于 14mm。

2 预应力损失值按国家现行标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ/T 92 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行计算。

3 在仓壁和环形斗斗壁环向裂缝及承载力验算时,不考虑预应力偏心的影响。环形斗斗壁径向应考虑预应力偏心的影响。

7.4.13 筒仓的洞口强度计算和构造要求应按现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077 进行设计,对于直径大于 15m 筒仓的洞口可按本标准附录 G 的方法计算。

7.4.14 仓底斗壁的水平夹角不应小于 60°,其内衬材料可用铸石板或耐磨材料,表面应平整、光滑。不应采用耐热性能差、易燃或易脱落的材料。

7.5 干煤棚及封闭式煤场

7.5.1 干煤棚及条形封闭式煤场结构可采用排架结构、门式刚架结构或网架结构。经过技术经济论证,封闭煤场也可采用圆形或球形封闭煤场。

7.5.2 干煤棚设置的规模大小一般由工艺专业确定,并应符合下列规定:

1 当采用网架结构、门式刚架结构时,干煤棚的跨度根据工艺专业提供的堆煤线和煤场堆、取煤设备来确定,干煤棚结构外边缘距堆、取煤设备工作区域的最小安全距离不应小于 1000mm,并满足设备制造厂商和工艺专业的要求。

2 当露天煤场和干煤棚并列布置时,干煤棚靠近露天煤场一侧应留出推煤机从并列的露天煤场进出干煤棚的横向作业通道,

通道的间距不宜大于 20m。

3 推煤机作业通道附近的结构应采取防护措施。

7.5.3 圆形封闭式煤场的结构形式应根据不同的布置形式、场地条件等,经综合技术经济比较确定。圆形封闭式煤场的侧壁可采用带扶壁柱的分离式挡煤墙结构,屋顶网架支承于扶壁柱;侧壁也可采用整体式筒壳结构。当采用整体式筒壳结构时,应考虑温度效应作用的影响。

混凝土挡煤墙应根据煤质的不同采取相应的保护措施,以减少因煤的自燃对混凝土挡煤墙结构的影响。

7.5.4 屋面和围护结构宜采用单层彩色压型钢板或者其他轻型围护结构。

7.5.5 煤场内堆煤包络线外延 5m 范围内的钢结构应采取防火措施,耐火极限不低于 1h,同时应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站防火设计规范》GB 50229 的有关规定。

7.5.6 当采用门式刚架结构时,门架的屋面坡度宜为 1:4~1:8,柱脚宜为铰接。门式刚架的设计应符合相关规程、规范的要求。

7.5.7 干煤棚及封闭式煤场设计应考虑堆煤荷载对基础及上部结构的不利影响。

7.6 干 灰 库

7.6.1 现浇钢筋混凝土圆形灰库的平面布置应根据工艺、地形、工程地质和施工等条件,经技术经济比较后确定,宜采用多排及单排行列式布置。

7.6.2 圆形灰库的仓下支承结构宜采用筒壁支承、筒壁与内柱共同支承的形式。

7.6.3 圆形灰库在仓壁和斗壁结构计算时应计入灰的温度作用,温度作用的基本组合分项系数可取 1.3,非预应力结构组合值系数取 0.7,预应力结构组合值系数取 1.0。

7.6.4 当仓壁内外表面温差较大,而配筋有困难时,可在仓壁内

侧增设隔热层或在仓壁外表面增加保温层。

7.6.5 隔热层宜采用不易脱落、具有一定抗压强度的隔热材料，抗压强度等级不宜低于 10MPa。当隔热层采取整体浇注时，隔热层与仓壁之间应采取有效的隔离措施，防止隔热层对仓壁结构产生过大的温度作用。

7.6.6 圆形灰库仓壁及斗壁内外温差采用平壁法计算，可参照现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 执行。

7.6.7 隔热层或仓壁内表面的传热系数和筒壁外表面的传热系数可分别按表 7.6.7-1 及表 7.6.7-2 采用。

表 7.6.7-1 隔热层或仓壁内表面的传热系数 α_{in}

灰温度(°C)	传热系数[W/(m ² ·K)]
50~100	33

表 7.6.7-2 筒壁外表面的传热系数 α_{ex}

季 节	传热系数[W/(m ² ·K)]
夏季	12
冬季	23

7.6.8 圆形灰库仓壁在温度作用下单位长度所承受的弯矩可按式(7.6.8-1)计算确定。

$$M = \frac{1}{12} \alpha_h \cdot \Delta T \cdot E_h \cdot t^2 \quad (7.6.8)$$

式中： α_h ——混凝土的线膨胀系数；

ΔT ——仓壁内外温差(°C)；

E_h ——混凝土在计算点受热温度时的弹性模量(N/mm²)；

t ——仓壁混凝土厚度(mm)。

7.7 燃油建筑

7.7.1 油罐基础形式宜采用护坡式、外环墙式基础。当场地受限或地基条件限制时，可采用油罐下钢筋混凝土环墙式基础。油罐基础应避免直接建在软硬不均匀的地基上。

7.7.2 地上钢油罐的地基宜在原土上设置砂垫层,其顶面应铺设沥青砂隔绝层。油罐基础中部应比四周高,以防地基沉降后中部低凹积油,水不能排尽。

1 对于容量不大于 500m^3 的钢油罐,当采用护坡式基础时(图 7.7.2),砂垫层高出地面不应超过 1.2m,砂垫层顶面直径应大于罐底直径 3.0m,其边坡不应小于 1:1.5,边坡应用块石护面。

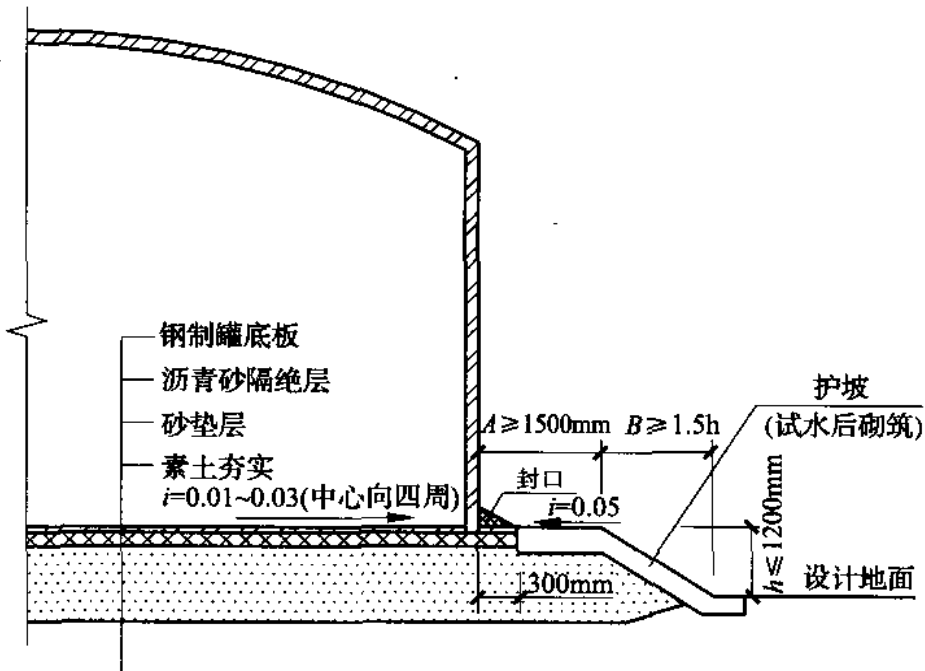


图 7.7.2 钢油罐垫层

2 当采用外环墙式、环墙式基础时,环墙顶距地面的高度由工艺专业确定。外环墙式基础计算时需考虑油罐作用下土体侧压力作用所引起的环向拉力。环墙式基础应考虑环向和竖向荷载共同作用。

3 油罐地基容许沉降量不宜超过 150mm;平面倾斜不应超过 $0.01D$ (D 为油罐底部直径),罐周边相邻点沉降差不应超过 $0.004l$ (l 为罐周边相邻点的间距)。

4 在软弱地基上设置的油罐可采取充水预压等措施,以防过大沉降。

- 7.7.3** 卸油栈台应采用现浇混凝土地面,并考虑排油排水措施。
- 7.7.4** 燃油泵房宜采用钢筋混凝土排架或框架承重结构。地下油泵房与附设的控制室、检修间等辅助建筑应设置沉降缝。
- 7.7.5** 油罐区防火堤宜采用砖、毛石或混凝土结构,应能承受液体的静压,且不应渗漏。堤内污水、雨水排放应采取措施防止燃油外泄。管道穿越处应采用非燃烧材料严密封堵。

8 烟囱与烟道

8.1 基本规定

8.1.1 烟囱结构选型应结合烟气排放条件及烟气腐蚀性等级,经综合技术经济比较后,合理选择单筒式烟囱、套筒式烟囱或多管式烟囱等结构形式。对套筒式或多管式烟囱的排烟筒结构,还应根据烟气的腐蚀性等级,烟气温度、湿度条件,工程地质条件,施工难易程度和机组检修维护等综合条件确定选型。

8.1.2 石灰石-石膏湿法脱硫处理后的烟气应按强腐蚀性等级考虑;喷雾干燥法等半干法、干法(水介质)脱硫处理后的烟气宜按中等腐蚀性等级考虑;循环硫化床锅炉(CFB)或活性炭吸附法等干法脱硫处理后的烟气可按弱腐蚀性等级考虑;非脱硫处理条件的烟气腐蚀性等级,应按照现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051中提出的燃煤含硫量指标确定。

8.1.3 烟囱高度和顶部出口内直径由工艺专业或环保专业提供。对套筒式或多管式烟囱,烟囱高度和顶部出口内直径均指排烟筒的高度和出口直径。

8.1.4 单筒式烟囱或单个排烟筒与锅炉台数的匹配要求应符合表 8.1.4 的规定。

表 8.1.4 单筒式烟囱或单个排烟筒与锅炉台数的匹配

机组类别		锅炉台数
1000MW 级机组		应为 1 台
600MW 级机组	烟气强腐蚀性等级	宜为 1 台
	烟气非强腐蚀性等级	不宜多于 2 台
200MW 级、300MW 级机组		不宜多于 2 台
125MW 级及 125MW 级以下机组		不宜多于 4 台

8.1.5 自立式和悬吊式钢排烟筒应在钢筋混凝土外筒与排烟筒之间设置制晃装置。

8.2 烟 囱 计 算

8.2.1 发电厂烟囱结构计算应符合现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的规定。

8.2.2 烟囱钢筋混凝土筒壁水平截面应考虑筒身坡度产生的附加弯矩,以及由风荷载、日照、基础倾斜产生的附加弯矩,附加弯矩的计算应符合现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的规定。

8.2.3 套筒式或多管式烟囱的排烟筒基本自振周期可按以下规定确定。

1 分段支撑的砖排烟筒基本自振周期可按式(8.2.3-1)计算确定。

$$T_s = C_1 \sqrt{\frac{\gamma_s l_{\max}^4}{9.81 E_s I_s}} \quad (8.2.3-1)$$

式中: l_{\max} ——计算段的砖排烟筒高度(m);

E_s ——砖排烟筒砌体的弹性模量(N/m²);

I_s ——砖排烟筒中部的截面惯性矩(m⁴);

γ_s ——砖排烟筒沿高度方向的平均单位长度的平均重量(N/m);

C_1 ——特征系数,取决于砖排烟筒支承条件;当砖排烟筒为上端铰接、下端固定时,取 $C_1=0.408$ 。

2 钢排烟筒基本自振周期可按钢筋混凝土外筒壁与钢排烟筒联解的模型计算,自立式钢排烟筒基本自振周期可按式(8.2.3-2)近似计算确定。

$$T_s = \alpha_1 \sqrt{\frac{G_0 l_{\max}^4}{9.81 EI}} \quad (8.2.3-2)$$

式中: l_{\max} ——钢排烟筒相邻横向制晃支承点间最大间距(m);

α_1 ——特征系数,取决于该跨钢排烟筒端部的支承条件;二

端铰接支承时： $\alpha_t = 0.637$ ，一端固定、一端铰接支承时： $\alpha_t = 0.408$ ，二端固定支承时： $\alpha_t = 0.281$ ，一端固定、一端自由支承时： $\alpha_t = 1.786$ ；

I ——截面惯性矩(m^4)；计算时，可不考虑截面开孔影响；当钢排烟筒内设有半刚性喷涂保护层时，其刚度影响可不考虑；当钢板预留有腐蚀厚度裕度时，应对包含腐蚀裕度时钢排烟筒截面刚度及不计腐蚀裕度时钢排烟筒截面刚度分别计算；

G_0 ——钢排烟筒单位长度重量(N/m)，包括保温、防护层等所有结构的自重；

E ——钢材的弹性模量(N/m^2)。

8.2.4 套筒式或多管式烟囱排烟筒的设计应符合下列规定：

1 钢筋混凝土外筒壁与自立式钢排烟筒或分段支撑的砖排烟筒间基本自振周期的差值应满足式(8.2.4-1)的要求。

$$\left| \frac{T_c - T_s}{T_c} \right| \geq 20\% \quad (8.2.4-1)$$

式中： T_c ——钢筋混凝土外筒壁的基本自振周期(s)；

T_s ——钢排烟筒或砖排烟筒的基本自振周期最大值(s)。

2 自立式钢排烟筒极限长细比应满足式(8.2.4-2)的要求。

$$\frac{L_0}{i} \leq 80 \quad (8.2.4-2)$$

式中： L_0 ——钢排烟筒各分段计算长度，取钢排烟筒相邻横向支承点间距离(m)；

i ——各段钢排烟筒横截面的回转半径(m)；对圆环形截面取 $i = 0.7R$ ， R 为圆环形截面的内半径。

8.2.5 钢排烟筒水平截面验算荷载效应的基本组合和截面验算应符合下列规定：

1 荷载效应的基本组合：

风荷载效应控制的组合：

$$1.0S_{Gk} + 1.4S_{Wk} + S_{Tk} \quad (\text{正常运行}) \quad (8.2.5-1)$$

$$1.35S_{Gk} + 1.4S_{Wk} + S_{Tk} \quad (\text{正常运行}) \quad (8.2.5-2)$$

温度作用效应控制的组合:

$$1.0S_{Gk} + 1.4S_{Tk} + S_{Wk} \quad (\text{正常运行}) \quad (8.2.5-3)$$

$$1.2S_{Gk} + 1.4S_{Tk} + S_{Wk} \quad (\text{正常运行}) \quad (8.2.5-4)$$

$$1.35S_{Gk} + S_{Tk} + S_{Wk} \quad (\text{正常运行}) \quad (8.2.5-5)$$

$$1.0S_{Gk} + 1.4S_{Tk} + 0.28S_{Wk} \quad (\text{非正常运行}) \quad (8.2.5-6)$$

$$1.2S_{Gk} + 1.4S_{Tk} + 0.28S_{Wk} \quad (\text{非正常运行}) \quad (8.2.5-7)$$

$$1.35S_{Gk} + S_{Tk} + 0.28S_{Wk} \quad (\text{非正常运行}) \quad (8.2.5-8)$$

式中: S_{Gk} ——永久荷载标准值的效应;

S_{Wk} ——风荷载作用标准值的效应。对套筒式和多管式烟囱,风荷载效应包括烟囱顶部出口段排烟筒的风荷载效应,以及钢筋混凝土外筒水平变位的作用效应;

S_{Tk} ——沿截面烟气温度不均匀分布产生的效应,分正常运行和非正常运行两种工况。

2 风荷载作用效应组合、温度差作用效应组合的水平截面压应力应按式(8.2.5-9)验算,地震作用效应组合应符合本标准第11.6节的规定。

$$\gamma_0 \sigma_c \leq f_{ch} \quad (8.2.5-9)$$

式中: γ_0 ——烟囱重要性系数,烟囱的安全等级为一级时取1.1,二级时取1.0;

σ_c ——各种荷载组合效应产生的水平截面压应力设计值;

f_{ch} ——钢材的抗压强度设计值。

3 风荷载作用效应组合、温度差作用效应组合的水平截面剪应力应按式(8.2.5-10)验算,地震作用效应组合应符合本标准第11.6节的规定。

$$\gamma_0 \tau_h \leq f_{vh} \quad (8.2.5-10)$$

式中: τ_h ——各种荷载效应组合产生的水平截面剪应力设计值;

f_{vh} ——钢材的抗剪强度设计值。

8.2.6 钢排烟筒垂直截面荷载效应组合和截面验算应符合下列规定：

1 烟气温度作用效应设计中，在正常运行条件下的烟气抽力作用，按 2.0 倍的正常烟气抽力 F_t 计算；非正常运行条件下的烟气抽力作用，按 1.5 倍的非正常烟气抽力 F_{te} 计算；非正常操作条件下的压力或爆炸压力作用 F_e 应按计算取值。 F_t 、 F_{te} 和 F_e 的数值由工艺专业提供。

2 垂直截面压应力应按式(8.2.6)验算：

$$\sigma_{CT} \leq f_{cvs} \quad (8.2.6)$$

式中： σ_{CT} ——烟气负压作用在垂直截面上产生的环向压应力设计值；

f_{cvs} ——钢材的环向抗压强度设计值。

8.2.7 钢排烟筒环向加劲肋应按强度和稳定分别进行计算，其荷载效应及垂直截面验算应符合本标准第 8.2.6 条的规定。

1 加劲肋强度验算时，最小截面面积 A_n 应取下面三式中的最大值：

$$A_n = \frac{2.0\beta_t \times L \times R}{f_t} \times F_t \quad (8.2.7-1)$$

$$A_n = \frac{1.5\beta_t \times L \times R}{f_t} \times F_{te} \quad (8.2.7-2)$$

$$A_n = \frac{\beta_t \times L \times R}{f_t} \times F_e \quad (8.2.7-3)$$

式中： L ——加劲肋间距(m)；

R ——钢排烟筒外半径(m)；

f_t ——钢材在温度作用下的抗拉、抗压和抗弯强度设计值，应符合现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的规定；

β_t ——动力系数，取 2.0；

F_t ——正常运行条件下的烟气抽力；

F_{te} ——非正常运行条件下的烟气抽力；

F_e ——非正常操作条件下的压力或爆炸压力。

2 加劲肋稳定计算时,最小截面惯性矩 I 应取下面三式中的最大值:

$$I = \frac{2.0\beta_t \times L \times R^3}{3E_s} \times F_t \quad (8.2.7-4)$$

$$I = \frac{1.5\beta_t \times L \times R^3}{3E_s} \times F_{te} \quad (8.2.7-5)$$

$$I = \frac{\beta_t \times L \times R^3}{3E_s} \times F_e \quad (8.2.7-6)$$

式中: E_s ——钢材的弹性模量。

8.2.8 烟囱钢筋混凝土筒壁与烟道接口部位的孔洞设计除满足现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的相关规定外,还应符合本标准第 8.5.1 条和附录 G 的规定。

8.3 烟囱钢筋混凝土筒壁纵向裂缝控制措施

8.3.1 当按现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 验算钢筋混凝土筒壁垂直截面在温度作用下的环向钢筋应力时,单筒式烟囱支承内衬和隔热层的钢筋混凝土环形悬壁高度范围的环向钢筋应适当加密。

8.3.2 安全等级为一级烟囱的钢筋混凝土筒壁应采用内、外双面配筋的形式。

8.3.3 对于套筒式和多管式烟囱,其吊装平台主钢梁的端部支承点应伸入到预留在钢筋混凝土筒壁上的孔洞中,并尽量减少竖向荷载对筒壁的偏心距和采取相应的拉结锚固措施。

8.3.4 烟气设计温度应取烟囱在使用期限内可能发生的最高烟气温度值,它包括锅炉和除尘设备非正常运行及设备变更可能引起的烟气温度变化等因素。

对套筒或多管式烟囱,钢筋混凝土外筒壁与排烟内筒间夹层空间的环境设计温度取值应按夏季工况(夏季室外最高环境温度值加 15°C)和冬季工况(冬季室外最低环境温度值加 30°C)

分别计算。

8.3.5 当单筒式烟囱采用砖砌体内衬方案时,砌体应选用高强度、中密度和低吸水率的异形砖体或砌块进行砌筑,砌体灰缝应饱满密实。

8.3.6 单筒式烟囱隔热材料宜选用整体性好、不易破损的憎水性制成品,不应采用松散状材料和封闭空气层作隔热层。

8.3.7 单筒式烟囱隔热材料导热系数应按以下原则确定:

1 憎水性隔热材料可按干燥状态时的导热系数取值;非憎水性隔热材料应取水饱和状态时的导热系数值,并按式(8.3.7)确定。

$$\lambda = 1.25[\lambda_0 + \rho(0.5 - \lambda_0)] \quad (8.3.7)$$

式中: λ_0 ——隔热材料在干燥状态时的导热系数;

ρ ——隔热材料在饱和状态时的吸水率(体积比),当 $(0.5 - \lambda_0) < 0$ 时,取 $(0.5 - \lambda_0) = 0$ 。

2 钢筋混凝土筒壁的导热系数应取干燥状态的数值。

3 砖砌体内衬的导热系数应考虑砖缝内烟气渗透的影响,其数值可按砖体的导热系数乘以修正系数取用。对半砖厚内衬,修正系数可取 1.67;一砖厚内衬,修正系数可取 1.25。

8.3.8 对套筒式或多管式烟囱,排烟筒外侧面包裹的隔热材料可按干燥状态时的导热系数取值。隔热材料宜选用质量轻、柔度好、整体性强的超细玻璃棉毡等纤维型制成品,制成品应加设内、外罩面。

8.4 烟囱的防腐蚀措施

8.4.1 发电厂烟囱的结构形式与防腐蚀措施密切相关,应根据烟气的腐蚀等级、结构的重要性、烟囱的运行条件、烟气的结露状况以及维护检修条件等综合确定,一般应遵循以下原则:

1 当排放强腐蚀性烟气时,一般应采用套筒式或多管式烟囱。即把承重的钢筋混凝土外筒壁与排烟筒分开,避免由于排烟

筒可能渗漏使钢筋混凝土外筒壁承重结构与强腐蚀性烟气直接接触而产生腐蚀。

2 当排放中等腐蚀性烟气时,可根据结构的重要性的和烟囱匹配机组容量的大小,选择套筒式、多管式或防腐型单筒式烟囱。

3 当排放弱腐蚀性烟气时,可采用防腐型单筒式烟囱。

8.4.2 采用套筒式或多管式烟囱方案时,钢筋混凝土外筒壁与排烟筒间留设的间隙应考虑人员巡查和维护检修的条件。

8.4.3 呈正压运行的烟气对排烟筒(套筒式或多管式烟囱)或内衬(单筒式烟囱)腐蚀有很强的加剧作用,应尽量避免。可配合工艺专业,通过改进烟囱或排烟筒的外形、顶部设置烟气扩散头、降低烟气流速和减少烟气摩擦力等措施,使烟气沿烟囱全高尽可能呈负压运行状况。

8.4.4 烟囱排烟筒或内衬的防腐层应采用成熟可靠的材料和施工技术。防腐层应具有耐高温、耐酸腐蚀、抗渗性强、密封性好和附着力强等性能,在烟道入口和烟囱出口段还应具有良好的抗冲刷磨损的性能。

8.4.5 排放强腐蚀性烟气且不设置烟气加热装置(GGH)时,排烟筒应加强防腐和抗渗透措施,应优先选择整体密闭性强、抗渗透能力好的钢排烟筒结构体系。也可选择其他防腐、防渗性能可靠的结构体系和材料。钢排烟筒防腐措施的选择应符合下列规定:

1 当两台及两台以上锅炉共用一根排烟筒时,应采用可靠性较高的防腐措施。

2 当一台锅炉配置一根排烟内筒,且具备检修维护条件时,防腐措施可适当放宽。

8.4.6 砖排烟筒的防腐措施应符合下列规定:

1 应选择异形耐酸砖和密实型耐酸胶结料砌筑,灰缝应饱满密实,避免灰缝贯通和烟气渗漏。

2 砖排烟筒应设置加强结构整体性和耐酸、防腐、防渗作用的

刚性封闭层,封闭层厚度宜按 30mm~40mm 考虑,层内应设钢筋网或铅丝网;条件许可时,封闭层应尽量设置在砖排烟筒的内侧面。

3 对分段支撑的砖排烟筒结构,各连接接缝处的防腐、防渗措施必须安全、可靠和耐久。

8.4.7 烟囱内可能产生烟气凝结露的部位,无论是否设置积灰平台,均应采取冷凝液搜集和排放措施,防止凝结露酸液的流淌和凝聚。

8.4.8 烟囱顶部钢筋混凝土筒壁外表面及金属构件应考虑烟羽下洗产生的烟气腐蚀影响。当邻近有高度较低的烟囱时,还应考虑低高度烟囱排放的烟气对烟囱钢筋混凝土筒壁外表面的腐蚀影响。

8.5 烟囱的构造措施

8.5.1 对套筒式和多管式烟囱,钢筋混凝土外筒壁底部±0.00m 处应设置排烟筒施工安装孔,孔顶标高与烟道接口孔底标高之间应留有不小于烟道开孔宽度的距离,且该范围内沿圆周方向的环向配筋应加强。

8.5.2 当钢筋混凝土筒壁采用双面配筋时,内、外层环向钢筋应分别与内、外排纵向钢筋绑扎成内、外钢筋网,环向钢筋宜围箍在纵向钢筋的外侧。内、外钢筋网间应设横向拉筋拉结,拉筋直径一般不小于 6mm,纵横向间距一般取 400mm~600mm 交错布置,拉筋两端与纵向钢筋扭结。

8.5.3 烟囱的纵向钢筋,当直径不大于 18mm 时可采用焊接或搭接连接,直径大于 18mm 时应采用焊接或机械对接连接。

8.5.4 单筒式烟囱钢筋混凝土筒壁上用于支承隔热层和砖砌体内衬的环形悬臂挑头,应与钢筋混凝土筒壁整体浇筑。

8.5.5 烟囱钢筋混凝土筒壁外表面应设置航空标志色,设置的起始标高应高于锅炉炉顶;对扩建工程的烟囱,航空标志色的设计应与全厂其他烟囱在设置的起始标高、颜色及形式上协调一致。

8.5.6 当套筒式烟囱设有 2 个或 2 个以上烟道接口时,排烟筒

中可根据需要设置隔烟墙,隔烟墙高度宜取烟道接口高度的35%~75%。

8.5.7 烟囱中烟道接口下部可根据需要设置积灰平台;积灰平台设计考虑的积灰荷载见表 8.5.7,当有可靠数据时,表中数值可以调整。

表 8.5.7 烟囱积灰平台积灰荷载

单机容量(MW)	<125		<300		300~600
除尘方式	干式	湿式	干式	湿式	干式
烟囱积灰平台(kN/m ²)	30	35	25	30	20

注:烟囱积灰平台上如设有烟气导向斜坡,表中积灰荷载可适当减小。

8.5.8 钢排烟筒环向加劲肋设置应符合下列规定:

1 钢排烟筒应在外表面沿全高设置环向加劲肋;加劲肋一般采用等肢角钢、不等肢角钢和 T 型钢,安装时翼板向外与钢排烟筒焊接连接;环向加劲肋间距一般采用 1.0 倍~1.5 倍的钢排烟筒直径,且不大于 7.5m。

2 环向加劲肋应由计算确定,加劲肋的最小截面面积和最小惯性矩不应小于表 8.5.8 中的值。

表 8.5.8 钢排烟筒加劲肋最小截面尺寸

钢排烟筒内直径 d (m)	最小加劲角钢
$d \leq 4.5$	L 75×75×6
$4.5 < d \leq 6.0$	L 100×80×6
$6.0 < d \leq 7.5$	L 125×80×8
$7.5 < d \leq 9.0$	L 140×90×10
$9.0 < d \leq 10.5$	L 160×100×10

8.5.9 排放强腐蚀性烟气烟囱顶部外露的避雷针和爬梯等金属构件应采用耐酸防腐蚀类材料;排放其他腐蚀性烟气的烟囱外露金属构件应镀锌处理或选用防大气腐蚀材料;套筒式和多管式烟

囱钢筋混凝土外筒壁与排烟内筒间夹层中的金属构件可采用常规的材料,并采取防腐措施。

8.6 烟 道

8.6.1 烟囱入口烟道的结构形式应根据烟道运行压力确定。当单机容量为 300MW 及 300MW 以上时,应优先采用钢烟道。当采用钢筋混凝土烟道时,应采用钢筋混凝土板墙结构或箱形结构。内衬防腐隔热层应有可靠的连接措施。

8.6.2 烟道的布置、截面形式和截面尺寸应由工艺专业确定,烟道进入烟囱的开孔高宽比应控制在 1.5~2 之间。

8.6.3 烟道结构在烟气作用下,应满足结构振动小,烟气阻力适度,气流畅通,密封性好,防腐隔热,不易积灰等要求。

烟道截面变化应平缓,避免气流急转弯和烟气流速急剧变化,防止烟道内产生烟气流动死角和烟气涡流,造成烟气压力变动。

8.6.4 钢筋混凝土烟道的温度伸缩缝间距一般不宜大于 25m。

8.6.5 钢筋混凝土烟道应设有隔热层和防腐内衬。隔热层应保证烟道混凝土结构部分受热温度不超过 100°C,且烟道侧壁内外温差不超过 40°C。

防腐内衬应具有耐高温、耐酸腐蚀和密封性好等性能,做法可参考烟囱排烟筒结构。

8.6.6 钢筋混凝土烟道纵梁宜增设侧向温度构造钢筋。

8.6.7 烟道应设置人孔门和除灰孔。人孔门应设置在便于出人的烟道侧壁下部;除灰孔应设置在烟道底部,且布置在容易积灰处。设置湿法脱硫装置时,应采取冷凝酸液搜集和排放措施,收集坑的冷凝液应及时排出。

8.6.8 烟道结构设计时,楼面和侧壁活荷载取值应符合下列规定:

1 烟道内的烟气体压力应由工艺专业提供,且不应小于 2.5kN/m² (吸力、压力)。

2 水平烟道底板的积灰荷载应根据电除尘器的除尘效率和

运行方式确定,经常低负荷和除尘设备故障运行时的积灰高度取1/6的烟道净高度,积灰的容重,干灰按 $8\text{kN/m}^3 \sim 10\text{kN/m}^3$,湿灰按 15kN/m^3 ,湿法脱硫烟气加热装置前、后的烟道积灰分别按湿、干灰计算,且不应低于表8.6.8中的取值。

3 脱硫系统烟气的推力由工艺专业提供。

表 8.6.8 除尘器后水平烟道积灰荷载

单机容量(MW)	≤ 125		200		≥ 300
除尘方式	干式	湿式	干式	湿式	干式
荷载(kN/m^2)	15	20	10	15	20

4 烟道侧壁结构应考虑底板积灰所产生的侧压力。计算该侧压力时,对直墙可取积灰层 $1\text{m} \sim 2\text{m}$;对弧形墙、转角墙取积灰层 $2\text{m} \sim 4\text{m}$ 。

8.6.9 对采用钢排烟筒的套筒式或多管式烟囱,混凝土筒壁与钢排烟筒间的内接烟道也应采用钢结构,不应将烟道的水平推力传至排烟筒。

9 空冷器支架

9.1 基本规定

9.1.1 空冷器支架结构(以下简称空冷支架)的平面及竖向布置应满足工艺设计要求。结构选型应结合场地条件、建设规模、环境条件、工程地质、气象条件、工程抗震及施工场地等综合条件,经技术经济比较后确定。

9.1.2 空冷支架结构平面布置宜采用规则、对称的布置形式,应力求使结构的刚度中心与荷载的重心(包括工艺设备荷载)重合。

9.1.3 当空冷支架结构下部布置变压器等工艺设备时,宜采用大跨度支架结构体系,并应满足工艺设备布置和防火要求。空冷支架柱至道路边缘的净距离不宜小于 1.5m。

9.1.4 空冷支架结构上部平台可采用正交钢桁架、型钢梁结构,支柱可采用钢筋混凝土管柱、型钢柱-支撑结构或钢管混凝土柱。

9.1.5 空冷平台的结构单元划分,200MW 及 200MW 以下的机组可按两台机组作为一个整体结构单元;300MW 及 300MW 以上的机组,宜按一台机组一个结构单元考虑。

当空冷支架采用钢桁架-钢筋混凝土管柱结构时,伸缩缝间距不宜大于 70m。采用钢结构时,伸缩缝间距不宜大于 120m。

9.1.6 挡风墙结构宜采用钢骨架外挂单层压型钢板的轻型结构。挡风墙支架顶部宜设系杆与冷凝器支架顶部(通常为排气管根部的加劲肋)连接。

9.1.7 楼梯和电梯支架宜为钢结构或钢筋混凝土结构,如其顶部与空冷支架结构连接时,应采用铰接方式,并考虑水平荷载作用对空冷支架的影响。

9.1.8 一般正常使用极限状态下,钢桁架-钢筋混凝土管柱空冷支架结构变形容许值应符合表 9.1.8 的规定,当工艺专业和设备制造商另有规定时除外。

表 9.1.8 钢桁架-钢筋混凝土管柱结构变形容许值表

结构名称		容许侧移	容许挠度
平台支柱柱顶		$H/500$	—
平台桁架		—	$L/500^{\text{①}}$
挡风墙	主立柱或主墙梁	$h/400$	$L/300$
	次梁或檩条	—	$L/200$
步道钢梁、次梁		—	$L/250$

注: H 为柱自基础顶面到柱顶的总高度或层高, h 为水平支撑点的间距或支撑点到柱顶的高度, L 为桁架或梁的跨度。

①为永久荷载和可变荷载标准值产生挠度的容许值。

9.1.9 空冷支架结构宜采用整体结构三维空间计算分析,且宜将冷凝器 A 型支架、挡风墙支架与空冷支架结构进行整体结构的计算分析。

9.2 荷载及荷载组合

9.2.1 空冷支架结构、排气装置管道支架或支墩均应按承载力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

9.2.2 荷载取值及荷载效应组合可按以下原则确定:

1 永久荷载:结构自重、冷凝器自重(包括蒸汽分配管自重、A 型架分隔墙、单轨吊钢梁自重)、风机桥架自重、挡风墙自重、风机风筒及安全护网自重、平台步道自重等。

2 可变荷载:设备和管道荷载(包括风机组、管道、检修设施、电缆及桥架以及管道推力等)、平台检修及安装活荷载、风荷载、雪

荷载。

3 空冷支架整体结构计算时,荷载效应组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定,其中平台活荷载分项系数应取 1.4,组合系数可取 0.7;设备荷载的分项系数可取 1.3,组合系数应取 1.0。风筒侧盖板和风机防护网活荷载可不参与整体结构荷载效应组合。

9.2.3 在空冷平台整体结构分析计算时,平台活荷载标准值(即步道、风机桥步道)检修及安装时可取 3.5kN/m^2 ,正常运行时可取 2.0kN/m^2 。设备和管道荷载取值由工艺提供。

风筒侧盖板和风机防护网计算的活荷载标准值可取 1.0kN/m^2 。楼梯平台及梯段活荷载标准值可取 3.0kN/m^2 。

9.2.4 在空冷平台整体结构分析计算时,风机动荷载可采用设备等效静荷载值,即风机设备自重乘以动力系数 1.5。

9.2.5 钢筋混凝土管柱顶部宜设置实腹柱段,实腹柱段的高度应满足钢桁架支座的锚固连接要求,其局部受压、冲切及抗剪设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求,其荷载效应宜乘以 1.2 倍放大系数。

9.2.6 在正常使用极限状态荷载效应的标准组合下,不宜出现基础底面反力零值区(零应力区)。

9.2.7 对钢桁架-钢筋混凝土管柱结构,单跨、双跨结构管柱计算长度一般宜取 $1.75H$ (H 为基础顶面至柱顶的高度),多跨结构且基础嵌固可靠时可取 $1.5H$ 。

9.3 构造规定

9.3.1 对钢桁架-钢筋混凝土管柱结构,钢桁架矢高可取柱距的 $1/5\sim 1/3$ 。钢筋混凝土管柱的直径宜取柱高度的 $1/12\sim 1/10$,管柱壁厚宜取外直径的 $1/12\sim 1/8$ 。

9.3.2 钢筋混凝土管柱应采用双面配筋,最小配筋率应符合表 9.3.2 的规定。

表 9.3.2 钢筋混凝土管柱最小配筋率

配筋方式		最小配筋率(%)
竖向钢筋	外侧	0.25
	内侧	0.20
环向钢筋	外侧	0.20
	内侧	0.20

9.3.3 主要承重钢结构构件宜采用热浸镀锌、热喷镀锌或冷喷锌防腐。

9.3.4 当空冷支架结构的下方布置有变压器等电器设备时,必须采取可靠的消防措施,结构设计应符合防火要求。变压器外轮廓5m范围内空冷支架柱及柱间支撑的耐火极限不应低于1h。

9.3.5 当排气管道或回水管道支架两侧分别支承在空冷支架和主厂房外侧结构上时,主厂房侧宜设计为滑动支座。

9.3.6 空冷平台四周应形成环形检修通道,通道宽度不宜小于1.4m,通往平台的楼梯宽度不宜小于0.9m,楼梯梯段角度不宜大于45°。

9.3.7 严寒地区主要承重钢结构的钢材材质选用应考虑露天低温的工作环境,并附加低温冲击韧性的合格保证。

9.3.8 空冷支架柱应在零米附近设沉降观测点。对软土地基采用钢筋混凝土管柱时,宜在各管柱的四个方向设置。沉降观测要求应符合本标准附录D的规定。

10 管道支架

10.1 基本规定

10.1.1 管道支架根据其作用可分为固定管架和活动管架；按其结构体系可分为独立式管架(包括刚性管架、柔性管架、半铰接管架等活动管架)和纵梁式管架等；按其材料可分为钢筋混凝土结构、全钢结构及钢筋混凝土支柱-钢梁(或钢桁架)组合式管架。

10.1.2 管道支架柱的布置应配合总平面道路、建筑物入口及厂区地下设施布置确定。管道支架的结构选型宜按下述原则确定：

1 当管道支架柱距较大、管道水平推力较大及管道本身不能自行跨越时，宜采用纵梁式管架。纵梁式管架宜在每个温度区段中部设置纵向柱间支撑，管架两侧应设置纵梁相连，横梁可根据管道支承点间距设置。纵梁式管架的纵梁可采用钢筋混凝土梁、钢梁或桁架结构。

2 当管道刚度较大、根数不多、管道本身能自行跨越时，宜采用独立式管架。独立式管架应设置固定管架，相邻管道支架之间不设纵向联系构件。

3 主要支承振动管道时，管道支架宜采用纵梁式管架；活动管架宜采用刚性管架。

10.1.3 独立式固定管架应采用刚性管架，保证管道支架有足够的水平刚度。独立式活动管架可采用刚性管架，亦可采用柔性及半铰接管架。

1 刚性管架的纵向刚度较大，位移较小，作用在管道支架上的摩擦力应满足式(10.1.3-1)的要求。

$$F_m < F_t \quad (10.1.3-1)$$

式中： F_m ——管道摩擦力标准值，由工艺提供(见本标准附录 H)；

F_t ——管道支架位移产生的等效水平推力标准值(见本标准附录 H)。

2 柔性管架的柱子刚度较小,管道支架顶部变形能满足主动管变形的要求,应满足式(10.1.3-2)的要求。

$$F_m \geq F_t \quad (10.1.3-2)$$

3 半铰接管架:半铰接管架的柱脚沿纵向采用不完全铰接构造,管道支架位移值与主动管变形值(Δl)相等,管道支架的反弹力忽略不计,管道支架侧向变形后的倾斜度应满足式(10.1.3-3)的要求。

$$\frac{\Delta l}{H} \leq 0.02 \quad (10.1.3-3)$$

式中: H ——管道支架柱基础顶面至柱顶的总高度。

10.1.4 当设计半铰接管架时,应在施工图中注明。在安装过程中应设置临时支撑,待上部管线全部安装完毕后方可拆除。

10.1.5 根据管道对管道支架的作用情况不同,可将管道分为主动管和非主动管。对管道支架的工作状态起控制作用的管道称为主动管,其他管道称为非主动管。主动管位置应布置在接近管道支架中心处,选择主动管的条件如下:

1 刚性管架:取管线中重量最大的管道作为主动管。

2 柔性管架:选取管线中重量比 α 不小于0.7的管道作为主动管, α 满足式(10.1.5)的要求。

$$\alpha = \frac{G_z}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (10.1.5)$$

式中: G_z ——主动管重力荷载标准值,计算 G_z 时可将几根常温管道视为一根,作为主动管考虑;

G_i ——管道自重标准值;

n ——管道根数。

当 α 小于0.7时,选取管道变形值 Δl 较小的管道作为主动

管。该管应取得工艺专业同意后采用铰接管托。此时管道支架位移值等于管道位移值。

3 半铰接管架:取管线中变形值 Δl 满足本标准式(10.1.3-3)规定的重量较大管道作为主动管,并应取得工艺专业同意。

10.1.6 纵梁式管架纵梁采用钢结构(或桁架)、支柱采用钢筋混凝土或钢结构时,其伸缩缝间距不宜大于 120m;当纵梁和支柱采用钢筋混凝土结构时不宜大于 70m。

10.1.7 管道支架梁(或桁架)的允许挠度值应符合表 10.1.7 的规定。

表 10.1.7 构件的允许挠度值

构件类型		允许挠度
钢筋混凝土梁	当 $l_0 < 7\text{m}$ 时	$l_0 / 250$
	当 $7\text{m} \leq l_0 < 9\text{m}$ 时	$l_0 / 300$
	当 $l_0 \geq 9\text{m}$ 时	$l_0 / 400$
管道支架柱上的钢横梁		$l_0 / 250$
纵梁及桁架上的钢横梁		$l_0 / 250$
钢纵梁		$l_0 / 400$
钢桁架		$l_0 / 500$

注:1 l_0 为构件的计算跨度(m);

2 若钢桁架制作已预先起拱时,可减去起拱值;

3 悬臂构件允许挠度计算时, l_0 应取悬臂长度的 2 倍。

10.1.8 钢结构管道支架柱沿横向的允许位移值宜按以下规定采用:

1 钢结构管道支架柱在风荷载作用下沿横向产生的柱顶点位移与总高度之比不宜大于 1/250。

2 钢结构纵梁式管架,如柱顶设有水平支撑时,在风荷载作用下沿横向产生的柱顶点位移与总高度之比不宜大于 1/200。

10.1.9 管道支架基础相邻柱基的差异沉降不宜大于 0.003L(L 为相邻柱基的中心距离)。

10.1.10 对跨越道路的管道,当其介质泄漏可能导致行人伤害或其他不利影响时,宜在管道底部采取防护措施。

10.2 荷载及荷载组合

10.2.1 发电厂管道支架荷载宜按表 10.2.1 分类及定义。风荷载、冰雪荷载及管道荷载可按本标准附录 H 计算取值。

表 10.2.1 管道支架荷载分类

序号	分 类		定 义
1	垂直荷载	永久荷载	管道、内衬、保温层、管道附件的自重 管道内介质自重 管道支架及基础自重 预留管道荷载
		可变荷载	平台操作活荷载 试压水重 积灰荷载(标准值可取 0.2kN/m ²) 冰雪荷载
2	(可变荷载) 水平荷载	风荷载	横向风荷载 纵向竖向弯管上的风荷载
		纵向管道荷载	管道补偿器反弹力 管道的不平衡内压力 活动管架的管道摩擦力 活动管架的位移反弹力
		横向管道荷载	拐弯管道或支管传来的水平推力 管道横向位移的摩擦力
3	特殊荷载		事故水

10.2.2 管道支架结构设计时,应采用标准值作为荷载的基本代表值。工艺专业提供的管道荷载(包括垂直及水平荷载)可作为荷载标准值采用。

10.2.3 对有振动的管道支架,管道荷载(垂直荷载和水平推力)的动力系数应由工艺专业提供。计算基础时可不考虑振动影响。

10.2.4 管道支架的荷载效应组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

10.2.5 管道支架承载能力极限状态基本组合的荷载分项系数应按表 10.2.5 确定。

表 10.2.5 荷载分项系数

序号	荷载类别	荷载分项系数
1	管道自重荷载(包括管道自重、保温、介质重)、电缆桥架自重	1.2
2	积灰荷载、冰雪荷载	1.2
3	平台操作活荷载	1.3
4	管道的水平推力	1.3
5	横向风荷载	1.4
6	纵向风荷载	1.3
7	振动管道垂直荷载(包括管道自重、保温、介质重)	1.2
8	振动管道水平推力	1.0
9	管道试压充水荷载	1.1

注：1 瞬态振动管道垂直荷载的分项系数可取 1.0；

2 永久荷载分项系数，当组合效应对结构有利时，可取为 1.0。

10.2.6 当验算结构抗倾覆或抗滑移时，永久荷载分项系数应取 0.9。

10.3 结构计算

10.3.1 管道支架结构可按弹性分析方法计算结构内力。管架结构可分别对平面内、平面外进行内力分析，但应考虑平面结构的空间协同效应。

10.3.2 管道支架柱应按双向偏心受压构件进行承载能力计算。

10.3.3 活动管架横梁在垂直及水平荷载作用下，应按双向受弯构件计算，当水平荷载作用下的弯矩 M_y 与垂直荷载作用下的弯矩 M_x 之比 $M_y/M_x \leq 0.1$ 时，可按单向受弯构件计算；固定管架横梁

除应进行双向受弯构件计算外,还应进行构件受扭计算。

10.3.4 钢筋混凝土管道支架柱的计算长度系数可按下列规定确定:

1 当柱脚为固接,梁柱节点为铰接时,可按表 10.3.4-1 确定。

表 10.3.4-1 梁柱节点为铰接,柱计算长度系数 μ

序号	管道支架形式	管道支架类别	层数	单跨		双跨	
				纵向	横向	纵向	横向
1	单片形式	固定管架	单层	2.0	1.5	2.0	1.5
2			多层	2.0	1.25	2.0	1.25
3		刚性管架	单层	1.5	1.5	1.5	1.5
4			多层	1.5	1.25	1.5	1.25
5		柔性管架	单层	1.25	1.5	—	—
6			多层	1.25	1.25	—	—
7		半铰接管架	单层	1.0	1.5	—	—
8			多层	1.0	1.25	—	—
9	空间形式	纵梁式管架	单层	1.0	1.5	1.0	1.25
10			多层	1.0	1.25	1.0	1.0
11		四柱式管架	单层	1.5	1.5	—	—
12			多层	1.5	1.5	—	—
13		桁架式管架	单层	1.0	1.0	—	—
14			多层	1.0	1.0	—	—

注:对于多层管道支架,最下层 H 值一般取基础顶面至最下层梁底的高度,其他各层即为各层柱的净高。

2 当柱脚为固接,梁柱节点为刚接时,可按表 10.3.4-2 确定。

表 10.3.4-2 梁柱节点为刚接,柱计算长度系数 μ

序号	管道支架形式	管道支架类别	层数	单跨		双跨		单柱(T形)	
				纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
1	单片形式	固定管架	单层	2.0	1.5	2.0	1.25	2.0	2.0
2			多层	2.0	1.5	2.0	1.25	2.0	2.0
3		刚性管架	单层	1.5	1.5	1.5	1.25	1.5	2.0
4			多层	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	2.0
5		柔性管架	单层	1.25	1.5	—	—	1.25	2.0
6			多层	1.25	1.0	—	—	1.25	2.0
7		半铰接管架	单层	1.0	1.5	—	—	1.0	2.0
8			多层	1.0	1.0	—	—	1.0	2.0
9	空间形式	纵梁式管架	单层	1.0	1.5	1.0	1.25	—	—
10			多层	1.0	1.0	1.0	1.0	—	—
11		四柱式管架	单层	1.5	1.5	—	—	—	—
12			多层	1.25	1.25	—	—	—	—
13		桁架式管架	单层	1.0	1.0	—	—	—	—
14			多层	1.0	1.0	—	—	—	—

注:对于多层管道支架,最下层 H 值一般取基础顶面至最下层梁底的高度,其他各层即为各层柱的净高。

10.3.5 钢结构管道支架柱计算长度系数应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017—2003 附录 D 的规定采用。

10.3.6 管道支架基础宜采用独立式钢筋混凝土基础。当管道支架基础的底面尺寸较小时,可采用素混凝土刚性基础;对软弱地基或相邻柱距较小时,可采用联合钢筋混凝土基础。

10.3.7 固定管架的基础底面反力零值区(图 10.3.7)不应大于相应基础底边边长的 $1/5$ 。当考虑地基地面反力零值区(零应力

区)影响后的基底压力可按式(10.3.7-1)计算确定。

$$P_{kmax} = 0.35 \frac{F_k + G_k}{C_x C_y} \leq 1.2 f_a \quad (10.3.7-1)$$

$$C_x = \frac{A}{2 - e_x}, \quad e_x = \frac{M_{kx}}{F_k + G_k} \quad (10.3.7-2)$$

$$C_y = \frac{B}{2 - e_y}, \quad e_y = \frac{M_{ky}}{F_k + G_k} \quad (10.3.7-3)$$

式中： F_k ——相应于荷载效应标准组合时，上部结构传至基础顶面的竖向力值；

G_k ——基础自重和基础上的土重；

M_{kx} 、 M_{ky} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于基础底面沿 x 、 y 方向的弯矩；

f_a ——按《建筑地基基础设计规范》GB 50007 修正后的地基承载力特征值。

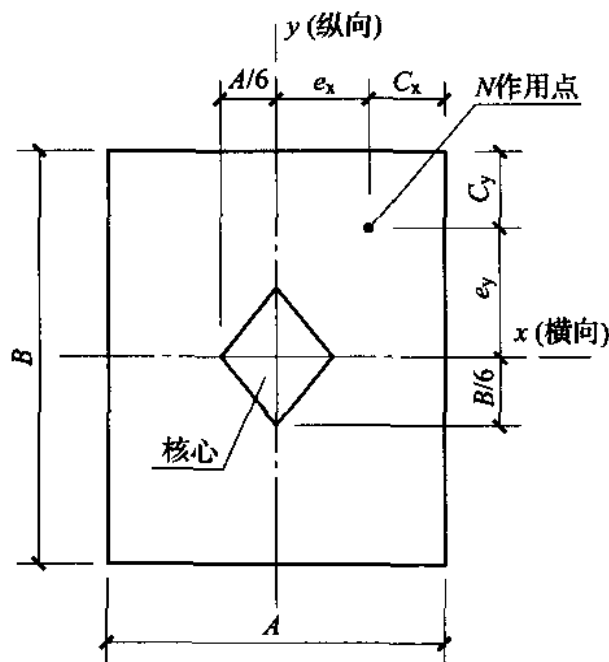


图 10.3.7 基础平面示意图

10.3.8 钢结构构件的允许长细比不应大于表 10.3.8 的允许值。

表 10.3.8 钢结构构件的允许长细比 l_0/i

构件名称		允许长细比
刚性管架柱		150
柔性管架柱		200
柱间交叉支撑		300
一般柱间人字撑		200
柱间支撑的横梁		150
纵梁及钢桁架中各杆件	受拉	300
	受压	150

注： i 为截面回转半径。

11 抗震设计

11.1 基本规定

11.1.1 发电厂建(构)筑物的抗震设计应贯彻执行《中华人民共和国建筑法》和《中华人民共和国防震减灾法》，并实行以预防为主方针，使其经抗震设防后，减轻地震破坏，避免人员伤亡和建(构)筑物完全丧失使用功能，减少经济损失。

11.1.2 抗震设防烈度为 6 度和 6 度以上地区的发电厂建(构)筑物，必须进行抗震设计。

11.1.3 发电厂建(构)筑物抗震设防烈度应按国家规定的权限审批、颁发的文件(图件)确定，并应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 1.0.5 条和第 1.0.6 条的规定。

对于按有关规定进行地震安全性评价的发电厂，抗震设防烈度应按批准的地震安全性评价报告确定。

11.1.4 发电厂建(构)筑物抗震设防分类标准应符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260 和《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的规定。发电厂建(构)筑物抗震设防分类应按表 11.1.4 确定。

表 11.1.4 发电厂建(构)筑物抗震设防分类

类 别	建(构)筑物名称
重点设防类 (简称乙类)	重要电力设施的主厂房、集中控制楼、空冷器支架、烟囱、烟道、网控通讯楼、屋内配电装置室、碎煤机室、运煤转运站、运煤栈桥、圆形封闭煤场、热网首站、氢气站；燃油和燃气机组发电厂的燃料供应设施；发电厂的消防站或消防车库

续表 11.1.4

类别	建(构)筑物名称
标准设防类(简称丙类)	除乙、丁类以外的其他建(构)筑物
适度设防类(简称丁类)	一般材料库、自行车棚和厂区厕所

注:1 重要电力设施应符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260 和《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的规定;

2 规模很小的乙类工业建筑,当采用了抗震性能较好的结构体系时,允许按丙类设防;

3 主厂房包括固定端结构和屋盖系统,当厂房内部的平台结构与框排架连为整体时,也包括平台结构。

11.1.5 发电厂建(构)筑物应根据设防烈度、结构类型和结构高度采用不同的抗震等级,并符合相应的计算和构造措施要求。丙类钢筋混凝土建(构)筑物的抗震等级应按表 11.1.5 确定。丙类钢结构主厂房框排架,7 度、8 度和 9 度的抗震等级应分别按四级、三级和二级采用。

表 11.1.5 现浇钢筋混凝土建(构)筑物的抗震等级

设防烈度	主厂房框架或框架-支撑结构		主厂房框架-抗震墙结构			集中控制楼或屋内配电装置楼	运煤栈桥	
	高度(m)	框架	高度(m)	框架	抗震墙		高度(m)	框架或框架-支撑
6	<25	四	≤50	四	三	三	<30	四
	25~55	三	>50	三	—		≥30	三
7	<25	三	≤50	三	二	二	<30	三
	25~55	二	>50	二	—		≥30	二
8	<25	二	<50	二	—	—	<30	二
	25~50	—	50~60	—	—		≥30	—
9	注 4		≤50	—	—	—	—	—

注:1 主厂房外侧柱应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 9 章单层工业厂房的规定;

2 表中未规定者应按照现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260 及《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 6.1.2 条确定;

3 乙类建(构)筑物应提高一度采取抗震措施,丁类建(构)筑物抗震措施可适当降低,但不应低于 6 度;

4 当主厂房框架提高一度按 9 度采取抗震措施时,应采取比一级更高要求的抗震措施;

5 主厂房框架仅在单方向设置抗震墙或抗震支撑时,应按框架结构确定抗震等级;

6 表中高度指室外地面至檐口的高度(不包括局部突出屋面部分)。

11.1.6 建筑场地为Ⅰ类时,乙类建(构)筑物应允许按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施;丙类建(构)筑物应允许按本地区抗震设防烈度降低一度的要求采取抗震构造措施,但不应低于6度。

11.1.7 当建筑场地为Ⅲ、Ⅳ类时,对设计基本地震加速度 $0.15g$ 和 $0.3g$ 的地区,建(构)筑物宜分别按8度($0.2g$)和9度($0.4g$)采取抗震构造措施。

11.1.8 发电厂多层建(构)筑物不宜采用单跨框架结构,当采用单跨框架结构时,应采取提高结构安全度的可靠措施。

11.1.9 地震区主厂房结构选型应综合考虑抗震设防烈度、场地土特性、发电厂的重要性以及厂房布置等条件,宜优先选用抗震性能较好的钢结构。常规布置的主厂房结构选型可按以下原则确定:

1 主厂房采用钢筋混凝土结构时,6度及7度Ⅰ~Ⅱ类场地时,宜采用钢筋混凝土框架结构;7度Ⅲ~Ⅳ类场地时,钢筋混凝土结构宜选择框架-抗震墙或框架-支撑体系,也可采用钢结构。

2 8度Ⅱ~Ⅳ类场地时,主厂房宜采用钢结构,结构体系宜选择框架-支撑体系。

3 单机容量 $1000MW$ 及 $1000MW$ 以上时,主厂房宜采用钢结构。当采用钢筋混凝土结构时应进行专门论证。

11.1.10 结构布置应重视抗震概念设计的要求,厂房结构应与工艺专业统一规划,平面和竖向布置宜规则、均匀,合理布置结构抗侧力体系和结构构件,提高结构体系的抗震性能。

1 地震区主厂房框架平面布置,应控制局部凹凸变化,不宜采用集中控制楼插入框架的平面布置,不应采用局部单排架布置。需要采用局部单排架布置时宜按实际需要增设防震缝。

2 结构体系宜有多道防线,两个主轴方向动力特性宜接近,且应具有合理的刚度。

3 主厂房不宜采用错层结构,尽可能避免形成结构薄弱层。

4 汽机房采用大平台时,检修场地不宜布置在结构单元的端部。

5 主厂房煤仓间平面局部凸出较多的头部转运站,宜增设防震缝形成独立结构。

11.1.11 主厂房钢筋混凝土框架应采用现浇结构。

11.1.12 主厂房支承煤斗的楼层应设置现浇钢筋混凝土楼板,加强楼层的水平刚度。煤斗与主厂房框架结构的连接应进行抗震设计,并采取有效的抗震措施。可在相邻楼层设置煤斗水平支撑结构。

11.1.13 屋面结构应采用自重轻、重心低、整体性强的结构,屋架和柱顶、屋面板与屋架、支撑与主体之间的连接应牢固。不应采用无端屋架或屋面梁的山墙承重结构。

11.1.14 楼板开孔较小且采用抗剪连接件与钢梁组成的钢-混凝土组合楼(屋)盖,其楼板下方可不设置水平支撑,计算时可考虑其空间作用。

11.1.15 汽机房屋盖的抗震构造措施应符合下列规定:

1 屋架(屋面梁)与支座采用螺栓连接时,安装完毕后应将螺杆与螺帽焊牢。

2 有檩屋盖的檩条应与屋架(屋面梁)焊牢,并保证支承长度。

11.1.16 主厂房结构与锅炉钢架宜采用各自独立的结构体系。

11.1.17 8度、9度地区主厂房可采用消能减震设计。

11.1.18 高烈度设防区,应通过工艺协调布置,尽量使重型设备降低布置。

11.2 地基与基础

11.2.1 根据发电厂岩土工程勘测报告对场地抗震有利、不利和危险地段作出的综合评价,结合工程需要,对不利地段应提出建

(构)筑物避开要求;当无法避开时,应采取有效措施。对危险地段,严禁建造乙类建筑,不应建造丙类建筑。

11.2.2 乙类、丙类建(构)筑物应避免采用未经处理的可液化土层作为天然地基持力层。场地液化判断和处理应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

11.2.3 全部消除液化或部分消除液化措施,可根据液化土层的厚度和埋藏深度,采用桩基、深基础、加密法(如振冲、振动加密、挤密碎石桩、强夯等)、换土垫层法等地基处理方法。地基处理深度和宽度应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 4.3.7 条和第 4.3.8 条的规定。

11.2.4 减轻液化影响对基础和上部结构可采用下列各项措施:

1 调整基础底面积,降低基础底面附加压力和减少偏心。

2 采用整体性与刚度较好的基础形式,如筏基、条形基础、设置基础连系梁或设置基础圈梁等。

3 调整结构布置,增强上部结构的整体刚度,合理设置沉降缝,避免采用不对称和不均匀的布置。

4 主要辅助设备基础,应与相应建(构)筑物采用同等的措施。

11.2.5 位于 8 度、9 度地震区,地基持力层范围内存在承载力特征值分别小于 100kPa、120kPa,平均剪切波速小于 140m/s 的软弱黏性土和湿陷性黄土时,应根据建筑物的重要性,采取适当的抗震措施。

1 乙类建(构)筑应采取地基处理措施,消除地震可能造成的沉降。

2 对于荷载较小的丙类建(构)筑物,可采取部分消除地震可能造成沉降的地基处理措施和本标准第 11.2.4 条规定的结构措施。

11.2.6 基础和承台周围回填土应分层夯实。对有抗拔、抗倾覆要求的基础和承台,其周围以及顶面的回填土均应分层夯实。

11.2.7 预制桩接头位置不宜设置在液化土层中,8度、9度区不应设置在液化土层中。

11.2.8 桩进入液化土层以下稳定土层的长度应按计算确定,进入各类稳定土层的最小长度,对碎石土,砾、粗、中砂,密实粉土,坚硬黏性土尚不应少于 $(2\sim 3)d$ (d 为桩直径),对其他非岩石土不宜少于 $(4\sim 5)d$ 。桩身应通长配筋,纵向钢筋应与桩顶配筋相同,箍筋应加密。

11.2.9 承受上拔力的桩应通长配筋,桩顶受拉主筋锚入承台的长度应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求。

11.2.10 桩基构造应符合国家现行标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008第4章的抗震规定,同时,各类钢筋混凝土桩的配筋还应满足以下要求:

1 8度、9度时,上部 $1/3$ 桩长且不小于5m范围的软硬土层界面上、下各1.2m范围的箍筋间距加密,间距宜为100mm。

2 桩箍筋加密区箍筋直径,8度时不应小于6mm,9度时不得小于8mm。8度、9度时,灌注桩应采用螺旋箍筋,9度时加密区箍筋间距不得大于 $8d$ (d 为纵筋钢筋直径)。

3 灌注桩的最小配筋率,8度、9度时不宜小于 $0.4\%\sim 0.65\%$,直径800mm以上时取小值;预制桩最小配筋率,8度时不小于 1% ,9度时不小于 1.2% 。

11.3 地震作用和结构抗震验算

11.3.1 发电厂建(构)筑物一般情况只需考虑水平地震作用,并可在两个主轴方向分别进行抗震验算。下列情况的建(构)筑物可不进行结构的抗震验算,但应符合抗震措施的规定。

1 6度时建(构)筑物[建造在Ⅳ类场地的主厂房建筑以及高度大于40m的其他建(构)筑物除外]。

2 6度和7度Ⅰ、Ⅱ类场地时,柱高不超过10m,且结构单元

两端均有山墙的各跨等高的钢筋混凝土单层厂房。

3 6度、7度和8度Ⅰ类场地的地下管沟、隧道、缝式煤槽等地下构筑物。

4 6度和7度Ⅰ、Ⅱ类场地,基本风压不小于 0.5kN/m^2 的钢筋混凝土烟囱。

11.3.2 对于8度和9度地区的汽机房屋盖网架、烟囱,大跨度(8度地区大于 24m 、9度地区大于 18m)的屋架、托架、栈桥、天桥和长悬臂(8度地区为 2m 、9度地区为 1.5m)结构,均应计算竖向地震作用。9度时高度大于 40m 的建(构)筑物也应计算竖向地震作用。

11.3.3 水平地震作用的计算应符合下列规定:

1 高度不超过 40m ,以剪切变形为主且质量和刚度沿高度分布较均匀的结构,以及近似单质点体系的结构,可采用底部剪力法等简化方法。

2 除本条第1款的建筑结构外,宜采用振型分解反应谱法。结构布置不规则,质量和刚度明显分布不对称的结构,应计入结构扭转的影响。

3 8度Ⅱ至Ⅳ类场地和9度时,单机容量为 600MW 及 600MW 以上的主厂房,除按本条第2款计算水平地震作用外,还应采用时程分析法进行多遇地震下的补充计算,可取多条时程曲线计算结果的平均值与振型分解反应谱法计算结果的较大值。

11.3.4 抗震变形验算应符合下列规定:

1 发电厂建(构)筑物应进行多遇地震作用下弹性阶段抗震变形验算。

2 发电厂建(构)筑物罕遇地震下结构的变形验算应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定。主厂房符合下列情况之一,应进行罕遇地震作用下薄弱层的弹塑性变形验算:

1)7度~9度时楼层屈服强度系数小于 0.5 的钢筋混凝土结构;

2)8度Ⅱ至Ⅳ类场地时乙类建筑中的钢筋混凝土结构和9度时乙类建筑中的钢结构;

3)采用消能减震设计的结构。

4)8度Ⅳ类场地和9度时的汽轮发电机基础。

3 变形验算要求及变形限值应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

11.3.5 计算地震作用时,建筑的重力荷载代表值应取结构、设备、构配件重力荷载标准值和可变荷载组合值之和。各可变荷载的组合值系数应按表 11.3.5 采用。

表 11.3.5 组合值系数

荷载种类	组合值系数
一般设备荷载(管道、设备等正常运行时)	1.0
汽机房屋面活荷载	不考虑
雪荷载	0.5
煤斗中的煤、除氧器(包括重力荷载和水重)	0.8
主厂房框架按计算主框架用的楼面活荷载 (含除氧煤仓间屋面、不含大件检修安装荷载) 计算时	0.7
长期作用的水平荷载(如导线张力)	1.0
长期作用地动力荷载	0.25
吊车悬吊物重力(软钩吊车)	不考虑

11.3.6 屋顶通风器的连接部位,其水平地震作用效应宜乘以增大系数 1.5。突出建筑物顶层的屋顶小间、女儿墙等,其水平地震作用效应宜乘以增大系数 3。增大部分的作用不应往下传递。采用振型分解法时,突出屋面部分可作为一个质点。

11.3.7 汽机房屋架与柱顶采用铰接连接时,屋架端部及柱连接支座杆件地震作用效应宜乘以地震增大系数,当框排架平面计算时取 2.0;当验算屋架与柱子连接点焊缝和螺栓的抗剪强度时,其每端地震作用效应增大系数宜按以下规定取值:

1 对于焊接,宜取该跨柱支座杆件地震作用效应乘以增大系数 2,再乘以加强系数 1.5。

2 对于螺栓连接,宜取该跨柱支座杆件地震作用效应乘以增大系数 2,再乘以加强系数 1.2。

11.3.8 汽机房实腹钢梁与钢柱采用刚接连接时,上柱的拼接、钢梁与柱的连接、钢梁与钢梁的拼接连接的承载能力,应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 9.2.11 条的规定。

11.3.9 厂房结构的地震作用计算分析应计入内部连接平台、相邻连接结构的相互影响,连接构件的地震作用效应宜乘以地震增大系数 1.2。

11.4 钢筋混凝土结构主厂房

11.4.1 主厂房框排架结构布置应与工艺专业配合协调,合理确定平面、竖向结构和抗侧力构件的布置。

1 主厂房框排架结构应合理设置抗侧力构件,使结构刚度均匀,减小两个主轴方向结构动力特性的差异,并加强汽机房外侧柱列的纵向刚度。

2 主厂房抗震墙不宜设置在厂房的一端。

3 尽可能避免采用错层导致的短柱结构。

4 汽机房屋面梁底面或屋架下弦与框架相应楼层宜布置在同一标高。

11.4.2 主厂房框排架结构分析和地震作用计算时,应遵循以下原则:

1 主厂房结构宜采用三维空间体系进行结构整体分析。并将主厂房外侧柱、汽机房平台结构(非独立布置时)进行联解,考虑楼(屋)盖平面内的刚度,计入水平地震作用扭转的影响,必要时可选择荷载较大的代表性框架进行平面校核。

2 当不考虑非抗震墙体的刚度仅列入其重量时,应按本标准

附录 J 的规定考虑对结构自振周期的影响。

3 设有煤斗的框架宜考虑附加地震弯矩的影响。

4 可不考虑地基变形的影响。

5 主厂房框架梁柱线刚度比不宜大于 0.7。

11.4.3 纵向结构中的框架-抗震墙(支撑)体系应考虑两者协同工作。任一层框架部分的地震剪力,不应小于结构底部总地震剪力的 20%和按框架-抗震墙结构分析的框架部分各楼层地震剪力中最大值的 1.5 倍二者当中的较小值。

11.4.4 防震缝宽度应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关防震缝的设置规定。防震缝应保证相邻建筑物间的纵、横向自由变位。

1 汽机房加热器局部平台与主厂房框排架柱宜分开独立布置。非独立布置的汽机房大平台与主厂房框排架柱宜采用铰接连接。汽机房大平台与汽轮发电机基础间应设置防震缝。

2 主厂房与锅炉本体间的炉前(侧)平台结构,运转层以上应采用轻型结构,并允许采用滑动或滚动支座连接,支座构造应满足防震缝宽度的要求。

3 运煤栈桥与主厂房的防震缝设置要求应符合本标准第 11.8 节的规定。

4 钢结构建(构)筑物、软弱地基上主厂房的防震缝宽度宜适当加大。

11.4.5 山墙抗风柱宜采用钢筋混凝土结构或钢结构,并应与屋盖可靠连接,连接部位应位于上弦横向水平支撑与屋架的连接点处,位置不对应时可在支撑中增加系杆,将水平地震作用传至节点部位。

山墙围护结构宜采用轻型结构。

11.4.6 主厂房框架结构宜优先采用 HRB400 级钢筋。有条件时可采用高强混凝土。

11.4.7 主厂房框架柱的轴压比不应超过下列限值:一级 0.75,

二级 0.8, 三级 0.85, 四级 0.9。

11.4.8 主厂房外侧柱的柱间抗震支撑应符合下列抗震措施:

1 外侧柱列支撑应按计算确定。

2 6度时,当纵向梁与柱采用刚性连接且计算许可时,可不设置抗震柱间支撑。7度和7度以上时宜在厂房伸缩区段中部设置上、下柱间支撑。8度Ⅲ、Ⅳ类场地和9度时宜设置两道柱间支撑。

3 有吊车时,应在单元两端设置上柱支撑(吊车梁以上)。

4 交叉支撑杆件的长细比8度Ⅱ类场地及Ⅱ类场地以下不宜大于200,8度Ⅱ类场地以上不宜大于150;人字支撑杆件长细比不宜大于150。

5 柱间交叉支撑长细比不小于40且不大于200时,支撑斜杆截面可按抗拉验算,但应考虑压杆的卸载影响,可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010附录K计算确定。

6 支撑节点板厚度不应小于12mm。

11.4.9 框架-抗震墙结构中的抗震墙应符合下列抗震构造措施要求:

1 抗震墙宜从基础顶面起贯通厂房的全高。墙身不宜开洞,如需开洞,则洞口不宜大于墙平面面积的1/6,且洞口宜上、下对齐,洞口至柱边距离二级、三级抗震墙不宜小于1000mm,一级不宜小于1200mm。洞口承载力经计算确定。

2 纵向抗震墙厚度宜取柱中距的1/40~1/30,且不应小于160mm,一级、二级抗震墙底部不应小于200mm。抗震墙宜采用双向双面配筋,每个方向总配筋率不应小于0.25%,其直径不得小于12mm,相应间距不大于200mm。拉筋间距不应大于600mm,其直径不得小于6mm,一级、二级抗震墙底部宜适当加密。

3 抗震墙的端柱截面宜与同层框架柱相同,抗震墙底部的端柱宜按柱箍筋加密区的要求沿全高加密。抗震墙及抗震墙端柱内的纵向钢筋接头应采用焊接和可靠的机械连接。

4 洞口边长不大于 800mm 时,两侧和上部、下部应设附加钢筋,附加钢筋数量不小于洞口切断钢筋总面积的 1.3 倍,洞口四周必须设置 45°方向的斜向附加钢筋,每个转角处的钢筋按墙厚度每 100mm 不宜少于 500mm²配置。洞口边长大于 800mm 时宜设置暗柱和暗梁。

11.4.10 一级、二级框架节点核芯区应进行抗震验算;三级、四级框架节点核芯区可不进行抗震验算,但应符合抗震构造措施的要求,核芯区截面抗震验算方法应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 附录 D 的规定。

8 度、9 度时,异形节点核芯区抗震验算可按本标准附录 K 的方法验算。在节点区域宜设置斜向交叉钢筋。

11.4.11 框架的楼盖、屋盖宜采用现浇钢筋混凝土楼板。

11.4.12 框架梁的配筋应按抗震等级采取以下抗震措施:

1 承担主要设备的大截面梁端纵向受拉钢筋的配筋率不宜大于 1.5%。

2 梁箍筋直径:当抗震等级为一级时不应小于 12mm,二级时不应小于 10mm,三级时不应小于 8mm。

3 梁端箍筋加密范围:抗震等级一级时应为 2.0 倍梁高,二级~四级时应为 1.5 倍梁高。加密范围内箍筋的最大间距一级、二级时为 100mm,三级、四级时为 150mm。

4 梁加密区箍筋肢距:抗震等级为一级时不应大于 250mm,二级~四级时不宜大于 250mm。

11.4.13 框架柱的配筋应按抗震等级采取以下抗震构造措施:

1 柱中纵向钢筋宜采用对称布置,柱总配筋率不宜大于 3%。

2 框架-抗震墙体系中的柱纵向钢筋的间距和柱箍筋加密区箍筋肢距,长边方向一级不宜大于 200mm,二级、三级不宜大于 250mm,四级不宜大于 300mm。设防烈度 9 度时一级不应大于 200mm。

3 柱箍筋直径:当抗震等级为一级时不应小于 12mm,二级

时不应小于 10mm,三级、四级时不应小于 8mm,设防烈度 9 度一级时不应小于 14mm。

4 柱的箍筋加密范围及间距应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的要求。

5 一级框架剪跨比不大于 2 的短柱,除应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定外,柱轴压比限值应比本标准第 11.4.7 条的规定降低 0.1,箍筋应全高加密且采用复合箍筋;柱箍筋加密区的箍筋肢距沿柱长边方向不应大于 200mm,必要时设置“X”形斜向钢筋。

11.4.14 汽机房屋盖宜采用轻型有檩屋盖,设防烈度 8 度及 8 度以上时应采用轻型屋盖。

11.4.15 无檩屋盖构件连接应符合下列规定:

1 大型屋面板应与屋架上弦可靠焊接,屋面板不应少于三个角用焊缝焊牢,焊缝长度不得小于 80mm,焊脚尺寸不得小于 6mm。屋面板端头底部预埋件应采用角钢。

2 端部开间屋面板端顶面埋件应相互焊接。7 度时全部屋面板端顶面埋件应相互焊接。

11.4.16 无檩屋盖支撑布置除应符合本标准第 4.4 节的规定外,还应符合下列要求:

1 除单元两端开间外,柱间支撑开间应增设上弦横向水平支撑。

2 8 度和 9 度时,跨度不小于 24m 的屋架,下弦应设封闭的水平支撑,即应在下弦的两端节间设置纵向水平支撑。

3 8 度和 9 度时,应在梯形屋架中部每隔 12m 左右设置一道通长垂直支撑。屋架端部高度不小于 900mm 时,还应在屋架两端设置通长垂直支撑。

4 屋顶通风器两侧支承檩条间应设置拉梁,间距不宜大于 2m。

11.4.17 有檩轻型屋盖的构件连接应符合下列规定:

1 屋面檩条与屋架(屋面梁)应焊接牢固,檩条采用支承式的

搁置长度不宜小于 80mm。屋脊双檩条应在跨度三分之一处相互拉结。

2 屋架(屋面梁)端部围护墙体设置的圈梁或结构梁应与柱有可靠连接,以确保端部柱的纵向稳定。

11.4.18 有檩轻型屋盖的支撑布置除应满足本标准第 11.4.16 条的规定外,还应符合下列要求:

1 当采用屋架时,8 度每隔 60m 开间或 9 度每隔 45m 开间还应设置一道上弦横向水平支撑。

2 9 度时,柱间支撑开间及每隔 45m 开间应增设屋架下弦横向水平支撑。

3 8 度和 9 度时,屋架上弦两端应设置纵向水平支撑。

4 当采用铰接实腹屋面梁时,上弦横向水平支撑除符合本标准第 11.4.16 条的规定外,有檩轻型屋盖屋架上弦两端应增设纵向水平支撑。8 度及 8 度以上、屋面梁端部高度不小于 1200mm 时,应在屋面梁两端与系杆间通长设置垂直支撑(隅撑),隅撑应按压杆计算。

11.4.19 屋盖支撑(包括天窗支撑)的杆件长细比宜符合下列规定:

压杆长细比: $\lambda \leq 200$;

拉杆长细比:6 度、7 度时为 $\lambda \leq 300$,8 度、9 度时为 $\lambda \leq 250$ 。

11.5 钢结构主厂房

11.5.1 钢结构主厂房布置总体上应服从设备布置和运行的需要,在满足工艺条件的前提下,结构布置应符合下列规定:

1 应尽可能调整抗侧力构件布置,使整体结构刚度和承载能力分布均匀,各轴线侧向刚度应保持接近,避免产生过大的应力集中或塑性变形。

2 各楼层质量分布不均匀时,应避免局部过大凹凸和楼板不连续,减少各楼层质量中心与该楼层水平刚度中心的偏心及结构

竖向刚度的突变。

3 厂房结构宜有多道抗震防线,避免因部分结构或构件的破坏导致整体结构丧失承载能力。

11.5.2 主厂房钢框排架结构,6度、7度时可采用铰接支撑框架体系,8度、9度时宜采用框架-中心支撑体系,采用铰接支撑框架体系时,应进行专门论证,采取提高结构侧向抗力和耗能能力的措施。梁柱铰接连接应采用柱贯通的连接形式。

11.5.3 钢结构主厂房抗震计算分析应符合下列规定:

1 主厂房结构宜采用空间体系进行结构整体分析,并应考虑结构扭转和楼(屋)盖平面内变形的影响。

2 计算模型应能代表楼板和楼板与框架梁连接的实际刚度,在水平地震作用分析时,楼板结构也可采用等刚度交叉水平支撑代替。

3 当采用长细比较大、稳定承载力较低的支撑时,应考虑不同方向斜支撑因受压退出工作的影响。

11.5.4 柱间支撑与楼层(屋面)水平支撑的布置应相互协调,确保水平地震作用传递至基础,并应符合下列规定:

1 柱间支撑宜布置在荷载较大的柱间,且宜在同一柱间上下贯通,无法贯通需错开柱间布置时,应在相近楼层(屋面)增设水平支撑;交错部位的梁柱和节点应采取加强措施。

2 各列纵向结构均应设置柱间支撑,并使各列刚度相互协调。8度、9度时每单元区间不应少于两道,单元长度较长时每隔3个~4个柱间设置一道。

3 当楼板上开大孔时,应在开孔周围的柱网区格设置水平支撑。

4 厂房各轴线结构刚度相差较大时,应在相邻柱网区格设置水平支撑。

5 大面积格栅或金属板楼层下应设置水平支撑。

6 当承受较大设备荷载的楼层刚度较小时,应在次梁的设备

支承点与梁柱或支撑节点间设置水平支撑。

7 汽机房屋面宜采用轻型屋面结构,屋盖纵、横向支撑的设置应符合本标准第 4.4 节、第 11.4 节的有关规定。

11.5.5 框架-支撑结构的框架部分按刚度分配计算得到的地震层剪力应乘以增大系数,其值不应小于 1.15,且不应小于结构总地震剪力的 25%和框架部分计算最大层剪力 1.8 倍的较小值。

铰接支撑框架结构中,支撑杆件在满足强度、稳定计算的同时,还应留有适当的富裕度。

11.5.6 中心支撑宜优先采用交叉支撑,也可采用人字、V 形或单斜支撑,不应采用 K 形支撑。支撑的轴线宜交汇于梁柱构件轴线的交点,确有困难时偏离中心不应超过支撑杆件的宽度,并应计入由此产生的附加弯矩。

11.5.7 与人字、V 字支撑相连的梁或桁架应计入支撑传力的影响,上部梁或桁架应按支撑退出工作的简支梁验算承载能力。

11.5.8 柱接头宜位于框架梁上方 1.5m 附近。上、下柱的对接接头宜采用高强螺栓连接或全熔透焊缝。柱拼接接头上、下各 200mm 范围内,工字形截面柱翼缘与腹板间及箱型截面柱脚部壁板间的焊缝应采用全熔透焊缝。

11.5.9 框架梁柱、中心支撑杆件的长细比和板件宽厚比应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

11.6 烟 囱

11.6.1 烟囱结构抗震设计应符合现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

11.6.2 多管式烟囱及位于高烈度区烟囱的排烟筒宜采用钢排烟筒。

11.6.3 砌体排烟筒宜采用分段支承的结构。各段支撑的排烟筒结构顶、底部与支撑平台间,内衬与外筒间应按照抗震设计的要求采取拉结连接措施。

11.6.4 自立式钢排烟筒水平地震作用的效应组合应按式(11.6.4-1)和式(11.6.4-2)确定。

$$1.0S_{Gk} + 1.3S_{Ek} + 0.28S_{Wk} + S_{Tk} \quad (\text{正常运行}) \quad (11.6.4-1)$$

$$1.2S_{Gk} + 1.3S_{Ek} + 0.28S_{Wk} + S_{Tk} \quad (\text{正常运行}) \quad (11.6.4-2)$$

式中： S_{Gk} ——永久荷载作用标准值的效应；

S_{Wk} ——风荷载作用标准值的效应；

S_{Ek} ——地震作用标准值的效应；

S_{Tk} ——沿截面烟气温不均匀分布产生的效应。

11.6.5 自立式钢排烟筒水平截面压应力和剪应力计算应符合下列规定：

1 钢内筒水平截面正应力：

$$\sigma_c \leq f_{ch}/\gamma_{RE} \quad (11.6.5-1)$$

式中： σ_c ——地震作用效应组合产生的水平截面压应力设计值；

f_{ch} ——钢材的抗压强度设计值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，钢内筒结构取 0.8。

2 钢内筒水平截面剪应力：

$$\tau_h \leq f_{vh}/\gamma_{RE} \quad (11.6.5-2)$$

式中： τ_h ——地震作用效应组合产生的水平截面剪应力设计值；

f_{vh} ——钢材的抗剪强度设计值。

11.6.6 烟囱钢筋混凝土筒壁水平截面应考虑地震作用产生的附加弯矩，附加弯矩的计算应符合现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的规定。

11.6.7 处于高烈度抗震设防区域的安全等级为二级及二级以上的烟囱的混凝土筒壁应采用双面配筋。

11.6.8 在抗震设防烈度为 7 度及 7 度以上地区的烟囱，钢筋混凝土筒壁中的纵向钢筋应采用焊接或机械对接连接。

11.7 集中控制楼和屋内配电装置楼

11.7.1 集中控制楼和屋内配电装置楼结构布置应与工艺专业配合协调,加强建筑抗震概念设计的要求,确定合理的结构体系。

11.7.2 集中控制楼和屋内配电装置楼宜采用现浇钢筋混凝土框架结构。楼(屋)盖应采用现浇钢筋混凝土结构。

11.7.3 屋内配电装置楼上部不封闭的母线间,除满足计算要求外,应采取以下构造措施:

1 横隔墙顶部应设置现浇钢筋混凝土压顶圈梁。圈梁应保证足够的水平刚度,其截面和配筋应按计算确定,并应满足构造规定。

2 母线间范围内框架柱箍筋全高加密。

11.8 运煤廊道

11.8.1 运煤栈桥与相邻建筑物之间应设置防震缝,防震缝应符合下列规定:

1 对两端均与建筑物脱开的栈桥,防震缝一般宜符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定,即与建筑相邻处的高度不大于 15m 时,防震缝的最小宽度可采用 100mm;当高度大于 15m 时,6 度、7 度、8 度和 9 度相应每增加高度 5m、4m、3m 和 2m,宜加宽 20mm。

2 一端落地或沿栈桥设置有刚性跨可有效控制地震位移时,防震缝的最小宽度可取本条第 1 款规定宽度的 1/2 加 20mm 与实际计算相对位移值的 1.5 倍之较大值,且不小于 100mm,实际计算相对位移是指栈桥与建筑相邻处地震最大位移的绝对值之和。

3 当 6 度、7 度和 8 度 I、II 类场地时,可采用搁置在相邻建筑物上的滑动、滚动或悬吊支座来保证纵向自由变位和满足防震缝的要求,该支座沿结构横向应能传递水平地震作用。

4 9 度时,防震缝应满足双向变位的要求,宜采用悬吊支座。

11.8.2 运煤栈桥中部设置防震缝时,防震缝两侧均应设置栈桥支架。

11.8.3 运煤栈桥楼面宜采用现浇或装配整体式结构,屋面及围护结构宜采用轻型结构。

11.8.4 运煤栈桥抗震计算宜采用空间计算模型。运煤栈桥各相邻支架的横向结构刚度宜尽量相近。当进行横向平面抗震计算时,宜考虑栈桥各横向结构的空间协同工作,并应根据栈桥边界条件的不同,采用不同的计算模型,可按照本标准附录 H 确定。 L/B 不大于 8 (L 为栈桥总长度, B 为栈桥宽度)为刚性桥面, L/B 大于 8 为弹性桥面。

11.8.5 当运煤栈桥采用钢桁架结构时,应在桁架跨度两端支座处设置门形刚架;沿桁架跨度方向的上弦和下弦应设置通长水平支撑。

11.8.6 地下运煤隧道宜每隔 30m 设置一道防震缝,在隧道转折、变截面以及与地上栈桥或建(构)筑物相连处也应设置防震缝。防震缝的宽度不宜小于 50mm。

11.8.7 地下运煤隧道可不进行抗震验算,但当采用内框架结构时,应满足抗震构造措施要求,其抗震等级一般为四级。

11.9 贮煤筒仓

11.9.1 筒仓结构布置应力求简单、规则,质量与刚度沿两个主轴方向的分布宜均匀对称。发电厂大容量贮煤筒仓宜优先采用现浇钢筋混凝土筒壁支承式,也可采用筒与柱联合支承的结构。并应尽可能减小支承筒壁的开洞尺寸。

11.9.2 筒仓宜与栈桥分开,各自形成独立的结构单元,当筒仓作为栈桥的支承结构时,应采用滑(滚)动支座或悬吊支座。

11.9.3 仓顶以上皮带层及皮带转运层建筑可采用筒仓壁承重的结构;当采用局部突出屋面布置时,结构选型应符合下列规定:

- 1 仓顶建筑的承重结构宜采用钢框架或钢筋混凝土框架。
- 2 屋面结构及围护结构宜采用轻型结构。

11.9.4 6度、7度和8度时,筒承式和筒与柱联合支承式圆筒仓的筒壁可不进行抗震验算,但应满足抗震构造措施的要求。

11.9.5 计算筒仓支承结构的水平地震作用时,贮料的重力荷载代表值应取组合值;筒承式、筒与柱联合支承的圆筒仓的组合值系数可取0.8,此时贮料荷载应按满仓计算。

11.9.6 采用筒与柱联合支承的筒仓,筒壁与支承柱结构的地震作用可按各自的相对刚度进行分配。支承柱上、下端的弯矩设计值应乘以放大系数1.5,且不应小于支承结构底部总地震剪力的10%。

仓顶以上局部突出屋面钢框架或钢筋混凝土框架结构,当采用底部剪力法计算时,地震作用效应应乘以增大系数3。

11.9.7 筒与柱联合支承的筒仓,支撑柱与筒壁结构相连,柱的最大轴压比应符合下列规定:

- 1 支承柱最大轴压比6度时不应大于0.80,7度时不应大于0.75,8度时不应大于0.7,9度时不应大于0.65。

- 2 支承柱节点上、下1.5倍柱截面边长范围内,箍筋应加密。

11.9.8 筒仓的支承仓壁应符合下列规定:

- 1 筒承式的钢筋混凝土筒仓筒壁厚度,6度、7度时不应小于180mm,8度、9度时不应小于200mm,筒壁应采用双层双向配筋,竖向或环向水平钢筋的总配筋率均不宜小于0.4%;双层钢筋间应设拉筋,其直径不宜小于6mm,6度、7度时间距不宜大于700mm,8度、9度时不宜大于500mm。

- 2 当筒壁上开设孔洞时,宜对称均匀布置,孔洞对应圆心角不应大于 70° ,同一水平截面内总开洞的圆心角不应大于 140° 。

- 3 当洞口边长不大于1m时,洞口每边应按图11.9.8增设不少于 $2\phi 20$ mm的附加钢筋,洞口两侧附加钢筋截面面积和不应小于洞口切断钢筋面积的1.3倍。洞口四角内、外层各配置斜向钢筋不应小于 $1\phi 20$ 。

当洞口边长大于 1m 时,洞口四周应设置加强框,加强框的钢筋截面面积和不应小于洞口切断钢筋面积的 1.3 倍。

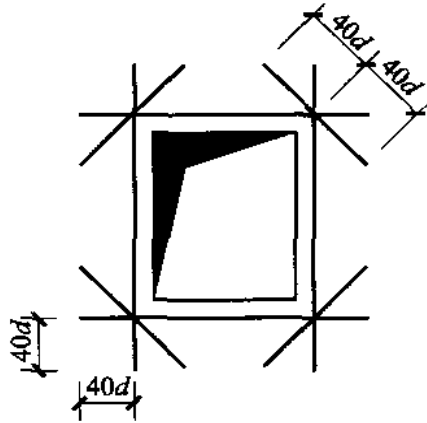


图 11.9.8 洞口壁配筋

11.10 设备基础

11.10.1 本节适用于发电厂辅助设备基础。对于框架式设备基础的抗震验算,一般应验算结构本身的强度,必要时还应进行抗倾覆验算。

11.10.2 计算设备基础的地震作用时,宜将设备和基础作为一个整体来确定计算简图(见图 11.10.2),可不考虑设备间各种联系的影响。

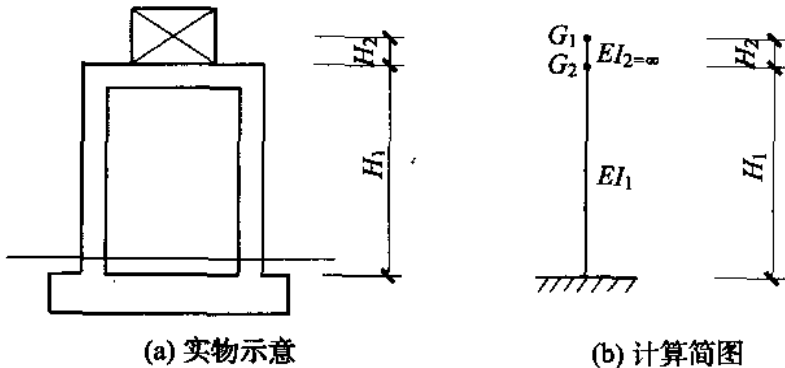


图 11.10.2 设备基础抗震验算简图

11.10.3 地震作用效应与其他荷载效应的组合应按本标准第 11.3 节确定,并应符合下列规定:

- 1 永久荷载效应包括设备重力荷载效应;

2 设备设计动力荷载效应,其组合系数取 0.25;

3 偶然动力荷载和安装检修荷载效应可不考虑。

11.10.4 7 度和 7 度以上时,设备基础(含走道平台)不得与相邻建筑物固接。走道板应有足够的支承长度和滑动间隙。

构架式基础高位布置时,基础与相邻结构间,沿纵向和横向的间隙均不应小于 50mm。

11.10.5 采用弹簧隔振基座时,除满足一般防震缝宽度要求外,可接单质点的计算模型的计算水平位移进行校核,使隔振台座与相邻结构间留有足够的间隙,避免地震时相互碰撞。

11.10.6 重要设备的锚固螺栓(地脚螺栓)应采用高延性钢材制作。

11.11 管道支架

11.11.1 对抗震设防烈度为 7 度和 7 度以下时,一般管道支架可不进行抗震验算,但应采取抗震措施。符合下列条件之一者应进行地震作用验算:

1 管道支架上直径大于或等于 500mm 的管道多于或等于三根时;

2 容易产生次生灾害的单根管道,直径大于或等于 500mm 时;

3 管道支架上有直径大于或等于 1000mm 的管道时;

4 管道支架顶部支承重型设备时;

5 三层及三层以上管道支架或高度大于 10m 的独立式管架;

6 跨度大于或等于 24m 的组合式支架(用管道支架作为桁架构件)、纵梁式管架的桁架跨度大于或等于 24m,以及长悬臂上设有大直径管道的管道支架。

11.11.2 管道支架抗震计算单元划分应与管道实际荷载作用相协调。计算单元和简图可按下列原则选取:

1 独立式管架纵向的计算单元(L),可取补偿器中至中距离(图 11.11.2),或取各支架左右中至中距离;横向宜取各支架左右中至中距离。单层管道时计算简图可取单质点体系,多层管道时

可按管道布置位置简化为多质点体系。

2 纵梁式管架可取补偿器中至中距离或按结构单元划分。

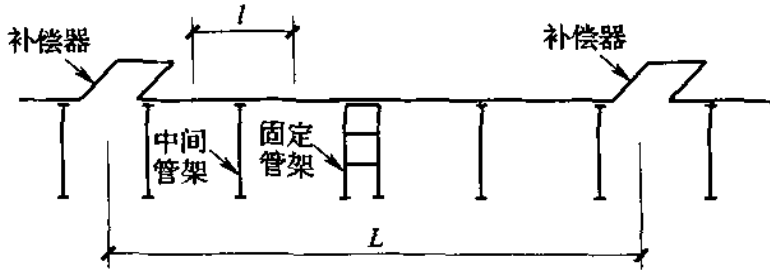


图 11.11.2 独立式管道支架计算简图

11.11.3 计算地震效应时,管道支架的重力荷载代表值应按下列规定取值:

1 管道(包括内衬、保温层和管道附件)、电缆桥架(包括电缆)和操作平台等自重,应取其标准值的 100%。

2 管道内介质荷载,可取正常运行时标准值(由工艺提供)的 100%。

3 作用在冷管道上的冰、雪荷载,可取其标准值的 50%。

4 积灰活荷载,可取其标准值的 50%。

11.11.4 当 8 度和 8 度以上时,活动支架不宜采用半铰接支架。

11.11.5 独立式管道支架纵向地震作用计算时,活动支架及固定支架地震作用可按支架侧移刚度进行分配。当活动支架的地震作用大于管道的摩擦力时,其地震作用可扣除摩擦力。

11.11.6 截面抗震验算应符合下列规定:

1 地震作用效应与其他荷载效应的基本组合,可按式(11.11.6-1)确定。

$$S = \gamma_G S_{GE} + \psi_{Eh} \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} + \psi_c \gamma_c S_{ck} \quad (11.11.6-1)$$

式中: S ——结构构件内力组合设计值;

γ_G ——重力荷载分项系数,一般情况下应取 1.2;当重力荷载效应对构件承载能力有利时宜取 1.0;当验算结构

抗倾覆或抗滑移时宜取 0.9；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应；

γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——分别为水平、竖向地震作用分项系数，应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 取值；

S_{Ehk} ——水平地震作用标准值的效应；

S_{Evk} ——竖向地震作用标准值的效应；

ψ_{Eh} ——水平地震作用组合系数；对于固定管架，纵向水平地震作用与管道水平推力组合时采用 0.5，其余情况采用 1.0；

ψ_t ——管道温度作用水平推力组合系数，单根热管道时采用 1.0，多根 0.8；

S_{tk} ——管道温度作用水平推力标准值的效应；

γ_t ——管道温度作用水平推力作用分项系数，应取 1.2。

2 管道支架结构构件截面抗震验算应满足式(11.11.6-2)的要求：

$$S \leq R/\gamma_{RE} \quad (11.11.6-2)$$

式中： R ——结构构件承载力设计值；

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数，可按表 11.11.6 采用。

表 11.11.6 构件承载力抗震调整系数

序号	材料	结构构件	受力状态	γ_{RE}
1	钢	柱、梁	偏压、受弯	0.67
2		管道支架柱间支撑	轴拉、轴压	0.72
3		构件焊缝	受剪、受拉	0.80
4	钢筋混凝土	梁	受弯	0.67
5		轴压比小于 0.15 的柱	偏压	0.67
6		轴压比为 0.15~0.45 的柱	偏压	0.72
7		轴压比大于 0.45 的柱	偏压	0.77
8		其他各类构件	受剪、偏拉	0.77

注：当仅按竖向地震作用计算时，结构构件承载力的抗震调整系数均采用 0.9。

11.11.7 固定管架的基础底面反力零值区(零应力区)不应大于相应基础底边边长的 1/4。

11.11.8 管道支架上的支撑或悬吊措施应可靠,顶层梁上的边管道应设置防止管道震落的措施。

11.12 空冷器支架

11.12.1 空冷平台的结构柱网、平台梁或桁架布置,应结合冷凝器设备、排气管道布置,力求结构布置规则,并应符合下列规定:

1 减小质量中心与刚度中心的偏心距,使结构在两个主轴方向动力特性接近。

2 平台梁或桁架间应设置水平支撑,平台封板与平台梁间采用焊接可靠连接,以增强平台结构的整体刚度。

3 冷凝器 A 型支架自身结构应稳定和具有足够的刚度,其布置应与平台结构协调,保证水平地震作用的传递。

4 8 度区不宜采用风机、冷凝器悬挑布置的结构形式。

11.12.2 空冷平台结构与周边建(构)筑物宜独立布置。空冷平台结构单元间抗震缝宽度应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

11.12.3 计算地震作用时,平台(即冷凝器间步道、风机桥步道)活荷载可取 2.0kN/m^2 。可变荷载的重力荷载代表值组合值系数可按以下原则采用:设备管道荷载取 1.0,平台活荷载取 0.5 或雪荷载取 0.5。

11.12.4 空冷平台结构的地震作用应按多质点空间结构模型计算,地震作用效应计算可采用振型分解反应谱法,并应考虑扭转耦联的影响。结构抗震分析模型应符合结构的实际状况,计算时宜考虑冷凝器 A 型支架、挡风墙架的影响。

11.12.5 8 度和 8 度以上地区跨度大于 21m、9 度地区跨度大于 18m 的钢桁架(或钢梁),以及布置风机、冷凝器和排气管道的悬挑结构应计算竖向地震作用。

11.12.6 对钢桁架-支柱结构,多遇地震作用标准值产生的柱顶

位移容许值应小于 $H/500$ (H 为基础顶面至柱顶的高度); 罕遇地震作用可按不大于 $H/50$ 控制。

11.12.7 对钢桁架-支柱结构, 钢桁架支座连接件的地震作用效应应乘以放大系数 2。钢桁架支座与柱顶的连接计算时, 地震作用效应在增大系数 2 的基础上再乘以放大系数 1.2。

11.12.8 钢筋混凝土管柱的轴压比限值, 6 度不宜大于 0.5, 7 度不宜大于 0.4, 8 度不宜大于 0.35。

11.12.9 钢筋混凝土管柱构造要求应符合下列规定:

1 柱顶实心部分及实心段以下不少于 1.5m 范围、柱底部 $H/6$ (H 为基础顶面至柱顶的高度) 范围内, 柱内水平箍筋除满足计算外, 应适当加密, 箍筋间距不宜大于 150mm, 箍筋直径不宜小于 10mm。

2 管柱纵筋间距不应大于 200mm, 最小总配筋率不应小于 1%。双侧配筋时的拉筋间距不宜大于 400mm, 拉筋直径不宜小于 8mm。

3 钢桁架支座底板下的钢筋混凝土柱顶应设置抗剪件, 剪力件周边应按抗剪计算结果的 1.2 倍配置钢筋。

4 9 度及 9 度以上时, 钢筋混凝土管柱壁内侧沿高度方向, 宜设水平环向加强肋(图 11.12.9), 加强肋间距宜为柱外径的 3 倍。加强肋内、外侧最小配筋率不宜小于 0.2%, 箍筋直径不宜小于 6mm, 间距不宜大于 200mm。

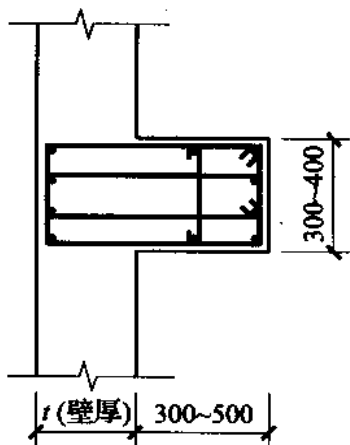


图 11.12.9 管柱壁加强肋示意图

11.12.10 钢桁架支座锚栓应采用双螺母紧固,安装完毕后,应将锚栓垫板与底板满焊牢固,螺母与锚栓垫板尚应进行点焊,焊脚尺寸不宜小于10mm。

附录 A 干煤棚及圆形封闭式煤场 风荷载体型系数

A.0.1 干煤棚采用门式刚架时其风荷载体型系数应按国家现行标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》CECS 102:2002 附录 A 取用,相应的基本风压、高度系数也应按《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》CECS 102:2002 附录 A 中要求取用。

A.0.2 采用网壳结构大跨度干煤棚,其风荷载体型系数可按表 A.0.2 采用。

A.0.3 圆形封闭式煤场荷载体型系数可按照欧洲钢结构协会(ECCS)风效应技术委员会(T12)在《房屋与结构的风效应计算建议》附录 1 中“支承球面或部分球面的圆柱结构外部压力系数 C_{pe} ”的有关规定计算取值,风荷载体型系数图见图 A.0.3。

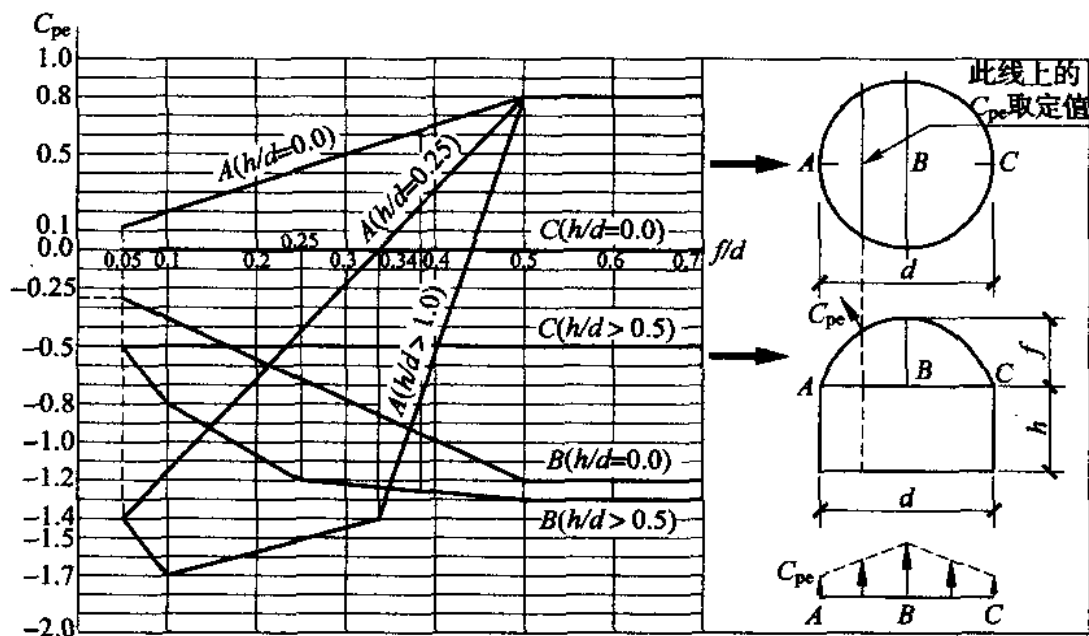
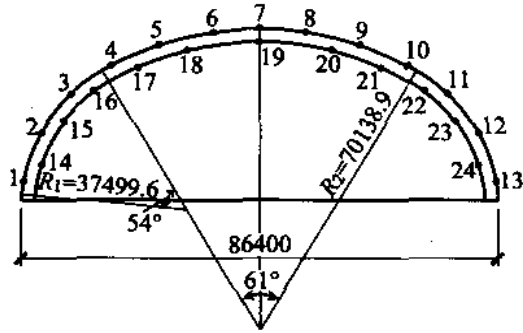
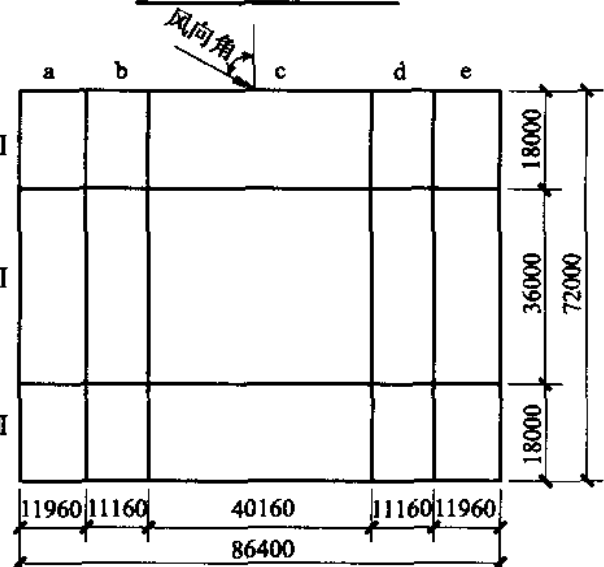


图 A.0.3 欧洲钢结构协会(ECCS)球面风荷载体型系数图

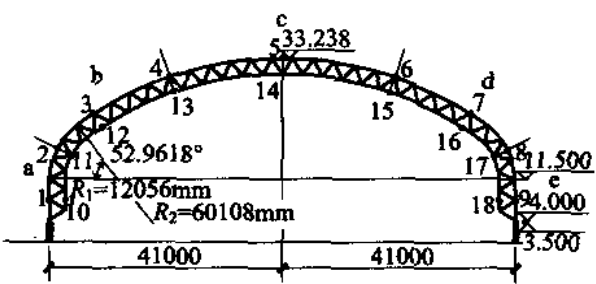
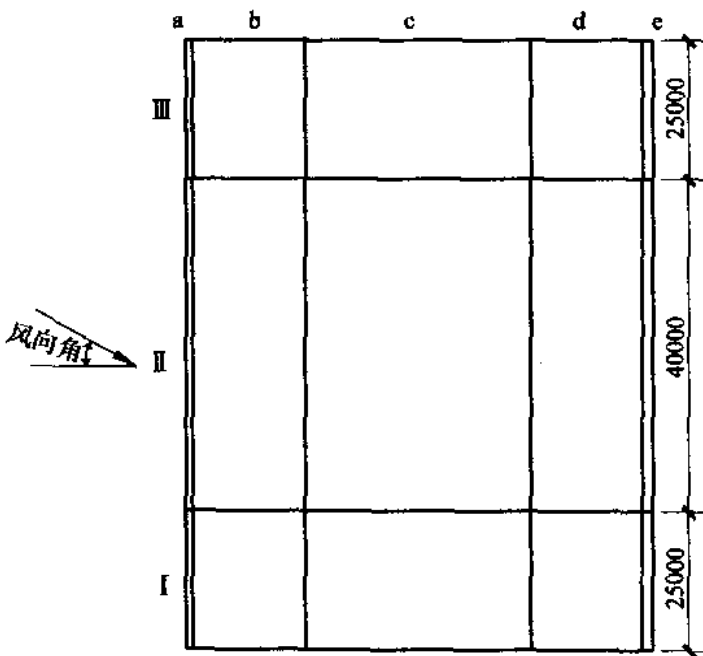
表 A.0.2 干煤棚风荷载体型系数 U_s

项次	类别	体型及体型系数 U_s																														
1	半圆形网壳干煤棚	<p>半圆形煤棚剖面示意图</p> <p>1. 风向与纵轴夹角 $\alpha=30^\circ$ 的半圆壳面体型系数:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">分区</th> <th colspan="5">半圆壳顶面横向</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">纵向</td> <td>7m</td> <td>+1.12</td> <td>+0.64</td> <td>-0.64</td> <td>-0.80</td> <td>-1.00</td> </tr> <tr> <td>94m</td> <td>+1.00</td> <td>+0.32</td> <td>-0.48</td> <td>-0.64</td> <td>-0.08</td> </tr> <tr> <td>7m</td> <td>+0.64</td> <td>+0.24</td> <td>+0.32</td> <td>-0.40</td> <td>-0.16</td> </tr> </tbody> </table> <p>风向与纵轴夹角 $\alpha=30^\circ$ 时网壳面上体型系数最大,纵向长度 108m.</p> <p>2. 风向垂直与纵轴半圆壳面体型系数:</p>	分区	半圆壳顶面横向					1	2	3	4	5	纵向	7m	+1.12	+0.64	-0.64	-0.80	-1.00	94m	+1.00	+0.32	-0.48	-0.64	-0.08	7m	+0.64	+0.24	+0.32	-0.40	-0.16
		分区		半圆壳顶面横向																												
1	2		3	4	5																											
纵向	7m	+1.12	+0.64	-0.64	-0.80	-1.00																										
	94m	+1.00	+0.32	-0.48	-0.64	-0.08																										
	7m	+0.64	+0.24	+0.32	-0.40	-0.16																										

续表 A. 0. 2

项次	类别	体型及体型系数 U_s																																																																																																														
2	半圆形网壳干燥煤棚	 <p style="text-align: center;">半圆形煤棚剖面示意图</p>																																																																																																														
		 <p style="text-align: center;">半圆形网壳煤棚壳面风荷载体型系数表</p>																																																																																																														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">风向角</th> <th colspan="15">壳面分区</th> </tr> <tr> <th colspan="3">a</th> <th colspan="3">b</th> <th colspan="3">c</th> <th colspan="3">d</th> <th colspan="3">e</th> </tr> <tr> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90°</td> <td colspan="3">1.1</td> <td colspan="3">0.5</td> <td colspan="3">-0.6</td> <td colspan="3">-0.3</td> <td colspan="3">-0.2</td> </tr> <tr> <td>75°</td> <td>1.2</td> <td>1.2</td> <td>0.9</td> <td>0.5</td> <td>0.1</td> <td>-0.1</td> <td>-0.5</td> <td>-0.7</td> <td>-0.5</td> <td>-1.2</td> <td>-1.1</td> <td>-0.6</td> <td>-1.5</td> <td>-1.0</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td>65°</td> <td>1.0</td> <td>0.8</td> <td>0.5</td> <td>0.7</td> <td>0.4</td> <td>0.2</td> <td>-0.2</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-1.4</td> <td>-0.9</td> <td>-0.5</td> <td>-1.4</td> <td>-0.8</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>0.9</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> <td>0.8</td> <td>0.4</td> <td>0.2</td> <td>0.6</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> <td>-0.5</td> <td>-0.1</td> <td>0.1</td> <td>-0.7</td> <td>-0.2</td> <td>-0.1</td> </tr> </tbody> </table>	风向角	壳面分区															a			b			c			d			e			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	90°	1.1			0.5			-0.6			-0.3			-0.2			75°	1.2	1.2	0.9	0.5	0.1	-0.1	-0.5	-0.7	-0.5	-1.2	-1.1	-0.6	-1.5	-1.0	-0.5	65°	1.0	0.8	0.5	0.7	0.4	0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-1.4	-0.9	-0.5	-1.4	-0.8	-0.4	45°	0.9	0.5	0.3	0.8	0.4	0.2	0.6	0.2	0.1	-0.5	-0.1	0.1	-0.7	-0.2	-0.1
风向角	壳面分区																																																																																																															
	a			b			c			d			e																																																																																																			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III																																																																																																	
90°	1.1			0.5			-0.6			-0.3			-0.2																																																																																																			
75°	1.2	1.2	0.9	0.5	0.1	-0.1	-0.5	-0.7	-0.5	-1.2	-1.1	-0.6	-1.5	-1.0	-0.5																																																																																																	
65°	1.0	0.8	0.5	0.7	0.4	0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-1.4	-0.9	-0.5	-1.4	-0.8	-0.4																																																																																																	
45°	0.9	0.5	0.3	0.8	0.4	0.2	0.6	0.2	0.1	-0.5	-0.1	0.1	-0.7	-0.2	-0.1																																																																																																	

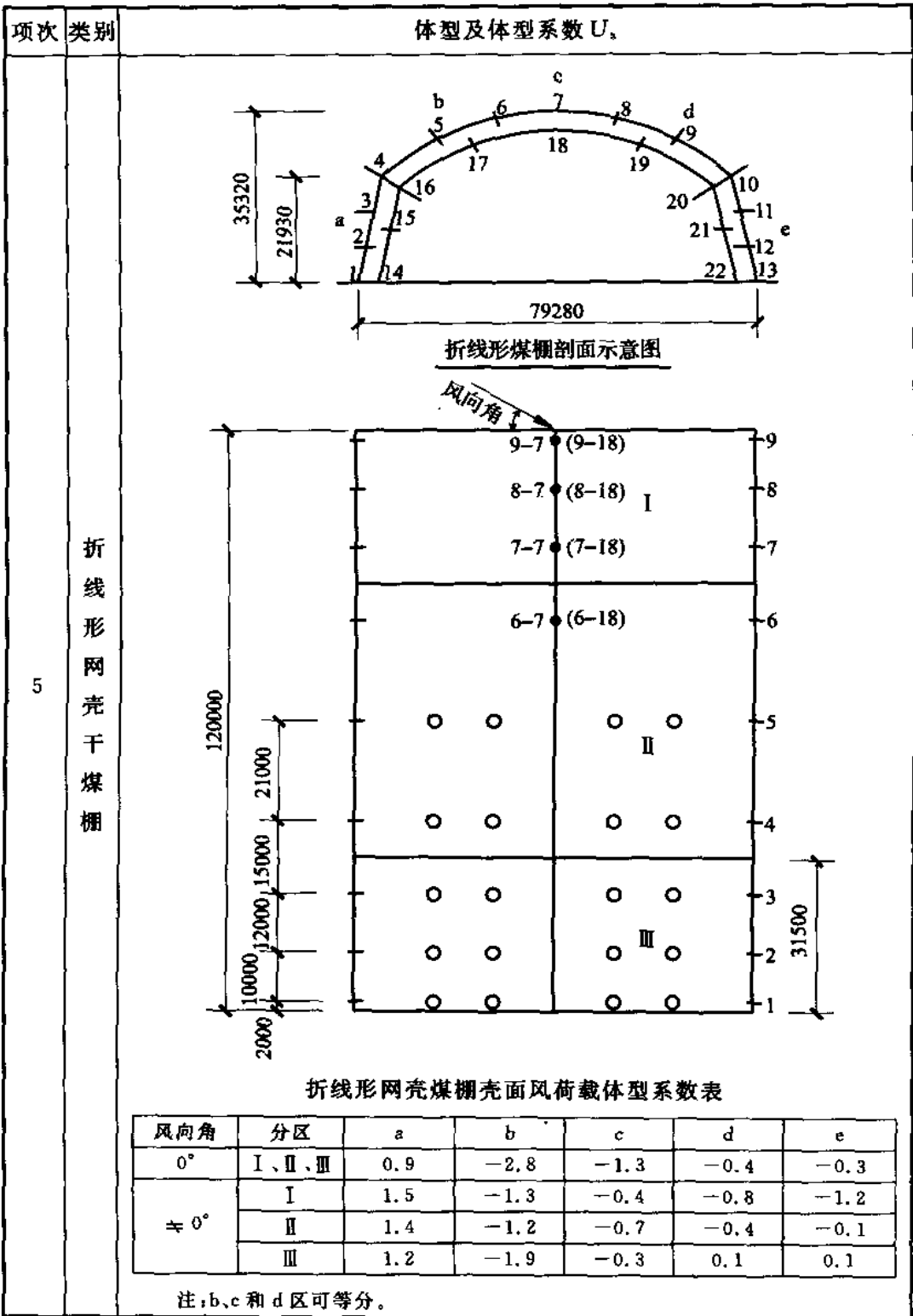
续表 A.0.2

项次	类别	体型及体型系数 U_s																																																																				
3	拱形网壳干煤棚	<div style="text-align: center;">  <p>拱形煤棚剖面示意图</p>  <p>拱形煤棚风荷载体型系数表</p> <table border="1" data-bbox="295 1421 1202 1675"> <thead> <tr> <th rowspan="2">风向角</th> <th rowspan="2">分区</th> <th colspan="5">外表面</th> <th colspan="5">内表面</th> </tr> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">0°</td> <td>I、II、III</td> <td>1.0</td> <td>-0.5</td> <td>-1.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.7</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>0.8</td> <td>-0.2</td> <td>-1.6</td> <td>-1.4</td> <td>-1.2</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.5</td> <td>0.9</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-1.5</td> <td>-1.0</td> <td>-0.7</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.2</td> <td>-0.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>III</td> <td>0.9</td> <td>-0.2</td> <td>-1.4</td> <td>-0.5</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.5</td> <td>-0.4</td> <td>-0.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>注:按网壳节点划分区域,支座顶面至2节点为a区,2节点至4节点为b区,4至6节点为c区,d,e区与b,a区对称。</p> </div>	风向角	分区	外表面					内表面					a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	0°	I、II、III	1.0	-0.5	-1.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.5	-0.5	I	0.8	-0.2	-1.6	-1.4	-1.2	-0.7	-0.7	-0.5	0.9	1.2	II	0.6	-0.4	-1.5	-1.0	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5	-0.2	-0.2		III	0.9	-0.2	-1.4	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5
风向角	分区	外表面					内表面																																																															
		a	b	c	d	e	a	b	c	d	e																																																											
0°	I、II、III	1.0	-0.5	-1.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.5	-0.5																																																											
	I	0.8	-0.2	-1.6	-1.4	-1.2	-0.7	-0.7	-0.5	0.9	1.2																																																											
	II	0.6	-0.4	-1.5	-1.0	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5	-0.2	-0.2																																																											
	III	0.9	-0.2	-1.4	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5																																																											

续表 A.0.2

项次	类别	体型及体型系数 U_s																																																																																																																																														
4	拱形网壳干煤棚	<p style="text-align: center;">拱形煤棚剖面示意图</p>																																																																																																																																														
		<p style="text-align: center;">拱形煤棚网壳面风荷载体型系数表</p>																																																																																																																																														
		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">风向角</th> <th colspan="15">壳面分区</th> </tr> <tr> <th colspan="3">a</th> <th colspan="3">b</th> <th colspan="3">c</th> <th colspan="3">d</th> <th colspan="3">e</th> </tr> <tr> <th>I</th><th>II</th><th>III</th> <th>I</th><th>II</th><th>III</th> <th>I</th><th>II</th><th>III</th> <th>I</th><th>II</th><th>III</th> <th>I</th><th>II</th><th>III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90°</td> <td colspan="3">1.2</td> <td colspan="3">-0.6</td> <td colspan="3">-0.8</td> <td colspan="3">-0.3</td> <td colspan="3">-0.1</td> </tr> <tr> <td>75°</td> <td>1.2</td><td>0.7</td><td>0.2</td> <td>0.9</td><td>-0.1</td><td>-0.1</td> <td>-0.9</td><td>-0.2</td><td>-0.1</td> <td>-0.9</td><td>-0.5</td><td>-0.1</td> <td>-1.1</td><td>-0.5</td><td>-0.1</td> </tr> <tr> <td>65°</td> <td>1.5</td><td>1.0</td><td>0.3</td> <td>0.8</td><td>-0.2</td><td>-0.1</td> <td>-1.0</td><td>-0.6</td><td>-0.3</td> <td>-1.4</td><td>-0.9</td><td>-0.2</td> <td>-1.4</td><td>-0.9</td><td>-0.1</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>1.5</td><td>1.1</td><td>0.5</td> <td>0.8</td><td>-0.3</td><td>-0.2</td> <td>-1.1</td><td>-0.9</td><td>-0.5</td> <td>-1.6</td><td>-1.1</td><td>-0.5</td> <td>-1.5</td><td>-1.1</td><td>-0.2</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>1.5</td><td>1.2</td><td>0.6</td> <td>0.6</td><td>-0.4</td><td>-0.2</td> <td>-0.9</td><td>-0.9</td><td>-0.6</td> <td>-2.6</td><td>-1.2</td><td>-0.6</td> <td>-1.6</td><td>-1.2</td><td>-0.3</td> </tr> <tr> <td>15°</td> <td>1.4</td><td>1.2</td><td>0.9</td> <td>0.5</td><td>-0.5</td><td>-0.1</td> <td>-0.6</td><td>-0.9</td><td>-0.5</td> <td>-2.0</td><td>-0.8</td><td>-0.4</td> <td>-1.5</td><td>-0.5</td><td>-0.1</td> </tr> </tbody> </table>	风向角	壳面分区															a			b			c			d			e			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	90°	1.2			-0.6			-0.8			-0.3			-0.1			75°	1.2	0.7	0.2	0.9	-0.1	-0.1	-0.9	-0.2	-0.1	-0.9	-0.5	-0.1	-1.1	-0.5	-0.1	65°	1.5	1.0	0.3	0.8	-0.2	-0.1	-1.0	-0.6	-0.3	-1.4	-0.9	-0.2	-1.4	-0.9	-0.1	45°	1.5	1.1	0.5	0.8	-0.3	-0.2	-1.1	-0.9	-0.5	-1.6	-1.1	-0.5	-1.5	-1.1	-0.2	30°	1.5	1.2	0.6	0.6	-0.4	-0.2	-0.9	-0.9	-0.6	-2.6	-1.2	-0.6	-1.6	-1.2	-0.3	15°	1.4	1.2	0.9	0.5	-0.5	-0.1	-0.6	-0.9	-0.5	-2.0	-0.8	-0.4	-1.5	-0.5	-0.1
		风向角		壳面分区																																																																																																																																												
a				b			c			d			e																																																																																																																																			
I	II		III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III																																																																																																																																	
90°	1.2			-0.6			-0.8			-0.3			-0.1																																																																																																																																			
75°	1.2	0.7	0.2	0.9	-0.1	-0.1	-0.9	-0.2	-0.1	-0.9	-0.5	-0.1	-1.1	-0.5	-0.1																																																																																																																																	
65°	1.5	1.0	0.3	0.8	-0.2	-0.1	-1.0	-0.6	-0.3	-1.4	-0.9	-0.2	-1.4	-0.9	-0.1																																																																																																																																	
45°	1.5	1.1	0.5	0.8	-0.3	-0.2	-1.1	-0.9	-0.5	-1.6	-1.1	-0.5	-1.5	-1.1	-0.2																																																																																																																																	
30°	1.5	1.2	0.6	0.6	-0.4	-0.2	-0.9	-0.9	-0.6	-2.6	-1.2	-0.6	-1.6	-1.2	-0.3																																																																																																																																	
15°	1.4	1.2	0.9	0.5	-0.5	-0.1	-0.6	-0.9	-0.5	-2.0	-0.8	-0.4	-1.5	-0.5	-0.1																																																																																																																																	

续表 A.0.2



附录 B 钢筋混凝土结构节点计算与构造

B.0.1 钢筋混凝土框架支承预制梁板、二次浇注施工构件的部位,应采取可靠的连接措施,加强结构整体性和连接的承载能力。

B.0.2 当楼板采用预制板(如槽形板或双 T 形板)时,可在板侧顶面预埋铁件,通过短筋或钢板与框架梁焊接相连,板缝内用细石混凝土填实。当楼面有动荷载作用时,预制板板肋下部也应与框架梁上的预埋件连接,一般连接焊接长度不小于 60mm,焊脚高度不小于 6mm。预制梁支座顶面、下部应与框架梁上的预埋件连接。

B.0.3 纵向梁与柱的连接:

1 横向承重结构中,对荷载较小的纵向梁与柱可采用后浇整体式的连接,其连接接头和附近截面的承载能力宜乘以调整系数。

2 当采用钢筋混凝土明牛腿刚性接头时,牛腿设计可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定执行。作用于牛腿上的竖向力可按以下两阶段分别计算并予以叠加:

施工阶段:梁简支于牛腿上,作用于牛腿的竖向力为 V_1 ,一般包括梁板自重及施工荷载。梁临时支承端部应验算施工阶段的承载能力;

使用阶段:梁与牛腿形成整体,考虑梁与柱间二次灌缝的作用,以及梁在外荷载作用下的剪跨比的影响。此时,作用于牛腿上的竖向力可采用折算的竖向力 V_2 ;当梁端为负弯矩时按下列公式确定:

$$V_2 = \frac{\gamma V - 0.7 f_c b_1 h_{01}}{1 + 1.1 \lambda^2} \quad (\text{B.0.3-1})$$

$$\lambda = \frac{M_v}{V h_{01}} \leq 1 \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中: λ ——梁支座截面的剪跨比;

- γ ——承载力调整系数,可取 1.3;
 V ——使用阶段梁端截面最大剪力设计值;
 M_v ——使用阶段梁端截面最大剪力设计值时的相应弯矩设计值;
 h_{01} ——梁端截面有效高度;
 b_1 ——梁截面宽度;
 f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值。

3 齿槽垂直截面的受剪承载力设计值可按下列公式确定。接头的连接件、焊缝应按承载力计算确定。

$$y_c V \leq 3.0 f_t b_c h_c n a + 0.30 \frac{M_v}{h_0} \quad (\text{B.0.3-3})$$

$$0.3 \frac{M_v}{h_0} \leq \frac{1}{2.6} y_c V \quad (\text{B.0.3-4})$$

式中: y_c ——齿槽抗剪承载力调整系数,取 $y_c = 1.3 \sim 1.5$;

M_v ——齿槽截面上与 V 相应的弯矩设计值;

f_t ——混凝土的抗拉强度设计值;

b_c, h_c ——分别为齿槽的长度及高度(图 B.0.3);

n ——同一截面的齿数;

a ——齿槽强度的折减系数,按表 B.0.3 采用;

h_0 ——梁截面有效高度。

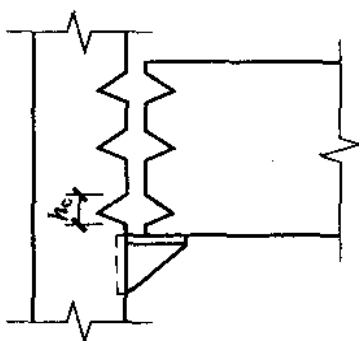


图 B.0.3 齿槽接头构造简图

表 B.0.3 折减系数 a

齿数	≤ 3	4~5	≥ 6
a	0.9	0.8	0.7

B.0.4 梁上牛腿、挑耳：

1 梁上牛腿、挑耳的正截面、斜截面承载能力和抗裂验算应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中牛腿的规定，正截面、斜截面承载能力应乘以接头调整系数 1.2。

2 梁上牛腿两侧除应按构造设置附加箍筋外，还应设置附加吊筋，附加吊筋应能承受全部的牛腿集中荷载。

3 梁上牛腿中的弯起钢筋应伸至梁的受压区，并满足锚固长度。

4 支承预制楼板、次梁的梁上挑耳宜沿梁侧通长设置(图 B.0.4)，板肋或次梁边距离挑耳端部不宜小于 200mm。有效支承长度 C_0 不宜小于 120mm。

5 梁上挑耳的有效计算宽度按牛腿进行计算，但应保证挑耳的斜截面受剪承载力大于正截面受弯承载力。挑耳的有效计算宽度 b_0 可按下列公式确定(图 B.0.4)。

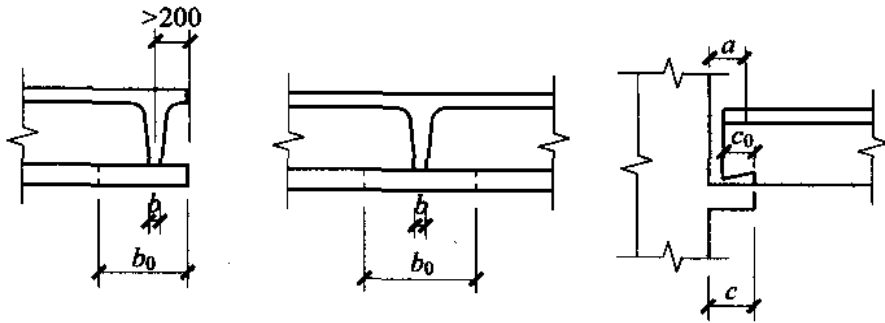


图 B.0.4 挑耳计算简图

$$\text{矩形挑耳: } b_0 = b + 3a\alpha \quad (\text{或 } b_0 = b + \frac{3}{2}a\alpha + 200) \quad (\text{B.0.4-1})$$

$$\text{梯形挑耳: } b_0 = b + 2.5a\alpha \quad (\text{或 } b_0 = b + \frac{2.5a\alpha}{2} + 200) \quad (\text{B.0.4-2})$$

式中： b ——板肋或次梁支承宽度；

a ——荷载作用点至挑耳根部的距离，一般可取 $a = c - \frac{c_0}{3}$ ，

c 为挑耳挑出长度， c_0 为板肋或次梁支承长度；

α ——塑性提高系数，取 $\alpha = 1.3$ 。

6 预制楼板、次梁端部应与主梁侧或顶部采用预埋铁件焊接连接，以保证楼面的整体性。楼板也可与主梁采用整体现浇或二次叠合现浇施工。

附录 C 工字形截面钢-混凝土组合梁 抗扭计算

C.0.1 整体受扭的工字形截面钢-混凝土组合梁(图 C.0.1),其开裂扭矩和极限扭矩可按式(C.0.1-1)~式(C.0.4-4)计算确定。

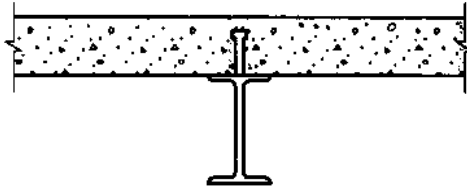


图 C.0.1 工字形截面钢-混凝土组合梁示意图

1 开裂扭矩计算公式:

$$T_{cr} = \left(0.664 + 0.041 \frac{b_c}{h_c}\right) W_{tp} f_{tk} \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$W_{tp} = \frac{h_c^2}{6} (3b_c - h_c) \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中: b_c 、 h_c ——分别表示混凝土翼缘板的宽度和厚度;

W_{tp} ——工字形截面钢-混凝土组合梁的受扭抵抗矩;

f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值。

2 极限扭矩计算公式:

$$T_u = \eta_c T_{cr} \quad (\text{C.0.1-3})$$

$$\eta_c = \sqrt{1 + \frac{21}{\sqrt{f_c}}} \quad (\text{C.0.1-4})$$

式中: f_c ——混凝土抗压强度(MPa);

η_c ——工字形截面钢-混凝土组合梁的极限扭矩系数;

T_{cr} ——开裂扭矩。

C.0.2 扭矩作用于钢梁时,工字形截面钢-混凝土组合梁的极限扭矩可按式(C.0.2-1)和式(C.0.2-2)计算确定。

1 当 $f_{tk}h_c s/2 \leq N_v^b$ 时,组合梁混凝土翼缘板会发生受拉破坏,组合梁极限抗扭承载力公式如下:

$$T_u = 0.6 f_{yv} W_k + k_1 h_c l_0 y f_{tk} / 2 \quad (\text{C. 0. 2-1})$$

式中: $f_{tk}h_c s/2$ ——加载端栓钉间距内的混凝土翼缘板纵向截面的抗拉承载力;

s ——栓钉间距;

N_v^b ——单个栓钉的抗剪承载力, $N_v^b = \min\{0.43A_s\sqrt{E_c f_c}, 0.7A_s f_u\}$;

W_k ——工字钢的抗扭截面系数;

f_{yv} ——工字钢的屈服强度;

l_0 ——组合梁的有效约束长度, l_0 与混凝土翼缘板高度 h_c 有关,根据试验可近似取 $l_0 = 11h_c$;

k_1 ——混凝土翼缘板约束效应系数, k_1 可以表示为

$$k_1 = \int_0^{l_0} (l/l_0)^3 d(l/l_0) = 0.25;$$

y ——扭转中心到 F 作用点的长度, $y = \frac{h_s}{2} + \frac{2h_c}{3}$, h_s

为钢梁高度。

2 当 $f_{tk}h_c s/2 > N_v^b$ 时,组合梁发生栓钉连接件受剪破坏,组合梁极限抗扭承载力公式如下:

$$T_u = 0.6 f_{yv} W_k + k_1 \frac{l_0}{s} N_v^b y \quad (\text{C. 0. 2-2})$$

C. 0. 3 工字形截面钢-混凝土组合梁在弹性阶段的抗扭刚度表达式如下:

$$K_0 = E_c I'_c \quad (\text{C. 0. 3-1})$$

$$I'_c = \frac{1}{3} \left(1 - 0.63 \frac{h_c}{b_c} \right) (h_c + 0.36t_f)^3 b_c \quad (\text{C. 0. 3-2})$$

式中: I'_c ——工字形截面钢-混凝土组合梁的惯性矩;

t_f ——工字钢上翼缘厚度。

C. 0. 4 工字形截面钢-混凝土组合梁的剪力连接件设计:

1 确定要栓钉连接件的尺寸时,可利用上面的公式计算截面受弯破坏时作用于连接件上的剪力 Q :

$$Q = \min\{f_c A_c, A_{sj} f_y\} \quad (\text{C. 0. 4-1})$$

式中: A_c 、 A_{sj} ——分别表示混凝土翼缘板的截面面积和钢梁的截面面积;

f_c 、 f_y ——分别为混凝土翼缘板的抗压强度和钢梁的屈服强度。

2 连接件数量的确定可按以下步骤进行:

1) 初步确定每排连接件的数目 n' ;

2) 估计最大弯矩点到零弯矩点之间所要求的连接件的数量 n ,可采用下式估算:

$$n = \frac{Q}{\min\{0.43A_{us}\sqrt{E_c f_c}, 0.7A_{us} f_{us}\}} \quad (\text{C. 0. 4-2})$$

3) 连接件承载能力验算按式(C. 0. 4-3)、式(C. 0. 4-4)作为检查破坏的标准,如果不满足,调整 n 和 n' 的值,重复上述步骤的计算,直到符合要求。

$$C_F = \frac{N}{2} + \sqrt{\frac{N^2}{4} + H^2} \leq f_{us} A_{us} \quad (\text{C. 0. 4-3})$$

$$H \leq \min\{0.43A_{us}\sqrt{E_c f_c}, 0.7A_{us} f_{us}\} \quad (\text{C. 0. 4-4})$$

其中,

$$H = \sqrt{Q_1^2 + V^2 + 2Q_1 V \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$N = \frac{(n' - 1)s + d}{\sum_{i=1}^n [(i - 1)s + d]^2} T'$$

$$V = \frac{Q(1 - \cos \alpha)}{n' 4k \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$\alpha = 2 \tan^{-1} \left(\frac{T/P}{L/2} \right)$$

式中: f_{us} ——剪力连接件的极限抗拉强度;

A_{us} ——连接件的截面面积;

- C_F ——连接件的破坏荷载；
 N ——扭矩引起的连接件上的轴向力；
 H ——钢梁与混凝土板交界面的剪力；
 Q_i ——单个连接件上的水平剪力；
 k ——连接件的受扭影响系数；
 T ——扭矩；
 P ——垂直于圆弧曲梁作用的力；
 L ——组合梁的跨度；
 s ——栓钉连接件间的横向间距；
 d ——连接件到旋转中心的距离；
 T' ——每排连接件承受的扭矩；
 α ——翼缘板裂缝开展的方向与钢梁中心线之间的夹角。

C.0.5 受扭工字形截面钢-混凝土组合梁截面的最小配筋量可按
下式确定：

$$A_{smin} = \frac{0.35 \left(0.664 + 0.041 \frac{b}{h_c} \right) W_{tp} f_{tk} s}{A_0 f_{yv}} \quad (\text{C.0.5})$$

式中： A_0 ——钢梁的净截面面积。

附录 D 施工及使用过程沉降观测

D.0.1 建(构)筑物的沉降观测是指从浇筑基础开始,在施工期间和使用期间连续进行的长期沉降观测。地基基础设计等级为甲、乙级的建筑物及部分进行沉降计算的丙级建筑物均应进行沉降观测。

D.0.2 在发电厂厂区适当位置,必须埋设不少于 3 个沉降观测专用水准基点,并应定期进行联测以检验其稳定性。

D.0.3 沉降观测点的布置应根据建筑物的体型与结构形式、地质条件等因素综合考虑,要求便于观测且不易遭到损坏。沉降观测点一般可设在下列各部位:

- 1 主厂房各柱或间隔柱设置;
- 2 一般建筑物的角点、中点或每隔 10m~20m 设一点;
- 3 圆形或多边形的构筑物宜沿纵、横轴线对称布置;
- 4 重型设备基础和动力机器基础宜四角布置,设备基础中部可增设;
- 5 地质条件有差异处;
- 6 新、老建筑物连接处、沉降缝两侧,伸缩缝的一侧。

D.0.4 沉降观测按二级水准测量要求。鉴于沉降观测资料连贯性的要求,严禁任意改用水准点位置和更改其标高。

D.0.5 为取得较完整的资料,必须在浇筑基础时开始观测,结构每完成一层测一次,建筑完成和安装完成各测一次。竣工后,第一年内每隔 2 个~3 个月观测一次,以后每隔 4 个~6 个月观测一次,直至沉降稳定为止。沉降稳定标准为连续两次半年沉降量不超过 2mm。

D.0.6 施工单位应将沉降观测资料作为工程竣工文件移交给建

设方,建设方应与竣工后观测的资料一起长期保存。

D.0.7 连续扩建时,在施工图设计前宜对原有厂房进行一次沉降观测。

附录 E 汽轮发电机弹簧隔振基础设计

E.0.1 支承式汽轮发电机弹簧隔振基础(图 E.0.1),隔振器设置在台板与柱顶之间,以消除机器支撑台板与下部支撑结构间的动力耦合作用。台板结构应采用现浇钢筋混凝土板式、梁式或梁板混合式结构。

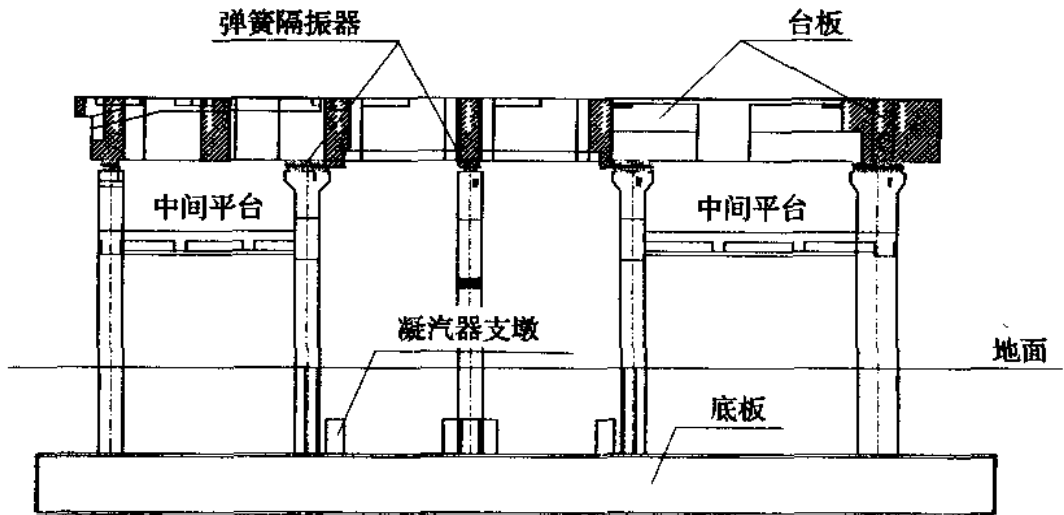


图 E.0.1 汽轮发电机弹簧隔震基础

E.0.2 汽轮发电机隔振基础的台板结构应有足够的质量和刚度。立柱与中间平台宜采用整体结构,也可与汽机房中间平台相连。

E.0.3 隔振装置应根据机器的净重、基础台板重、凝汽器荷载及吊挂在基础台板上管道重量的分布情况确定,合理选择隔振弹簧和阻尼器的参数及数量,保证汽轮发电机基础具有良好的动力特性,隔振效率不宜低于 95%。汽轮发电机基础隔振装置的隔振弹簧宜采用圆柱螺旋弹簧。

E.0.4 弹簧隔振装置配置应与凝汽器的支承方式相匹配,隔振

装置应能承受凝汽器的真空吸力。凝汽器底部采用弹簧支承方式且凝汽器与低压缸喉部刚性连接时,隔振装置应能承受凝汽器冷态运行重量的 25%~30% 作为预拉力。当凝汽器与低压缸喉部设置伸缩节时,隔振装置应能承受全部的真空吸力,防止凝汽器热态运行引起汽轮机缸体向上拱起。

E.0.5 汽轮发电机组隔振体系宜采用有限元空间多自由度体系进行动力分析,并应考虑台座弹性变形的影响。结构动力分析时,应输入隔振装置的刚度和阻尼模型与参数,扰力作用点的位置可取在轴承座中心上。

E.0.6 汽轮发电机组隔振体系进行强迫振动计算时,机器不平衡力(扰力)应由设备制造厂商提供,缺乏资料时可用平衡品质等级计算确定。

1 运行状态平衡品质可按德国标准《机器基础 支承带转动部件的机器的柔性结构》DIN 4024—1—1988 的规定,按蒸汽轮机的转子平衡品质 G 为 2.5,降低一级的平衡品质至 G6.3 取用。

2 事故状态不平衡力应假定为运行状态下不平衡力的 6 倍。

3 假定各轴承上的扰力先按同一方向作用,然后按相反的方向作用。在 $0.95f_m \sim 1.05f_m$ 范围之内,假定扰力幅值保持不变。相邻轴承上的扰力取最大值,且方向相反。

4 短路力矩作用下的强迫振动分析,短路电流产生的荷载可采用等效荷载代替,等效荷载可采用 1.7 倍最大短路电流力矩的值。如果机器制造商未指定,最大短路电流力矩值可假定为 12 倍的额定扭矩。

E.0.7 台板的设计应满足制造厂商的标准要求。

E.0.8 当采用基础顶面扰力作用点(或控制点)的最大振动速度均方根值作为振动控制指标时,最大振动速度可按照现行国家标准《在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动,第 2 部分:50MW 以上,额定转速 1500r/min、1800r/min、3000r/min、3600r/min 陆地安装的汽轮机和发电机》GB/T 6075.2—2007 idt ISO 10816—2:

2001 的规定取值(表 E.0.8)。

表 E.0.8 汽轮机和发电机轴承座振动速度评价区域边界的推荐值

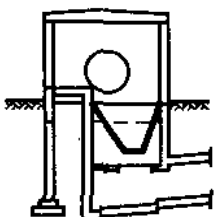
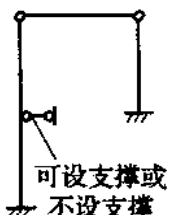
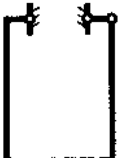
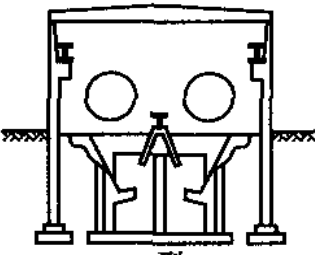
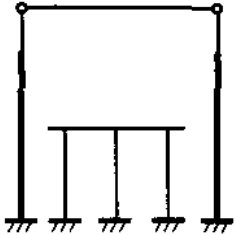
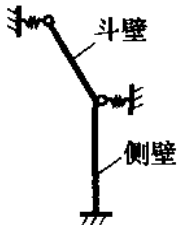
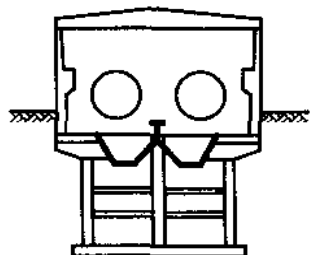

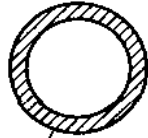
区域边界	轴转速(r/min)	振动速度均方根值(mm/s)
A/B	3000 或 3600	3.8

注:区域 A 为新投产的机器,区域 B 为可不受限制地长期运行。

附录 F 翻车机室和缝式煤槽的形式、 计算简图及侧壁计算公式

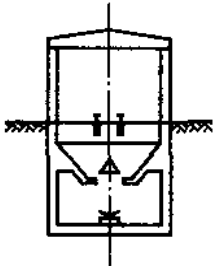
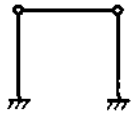
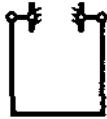
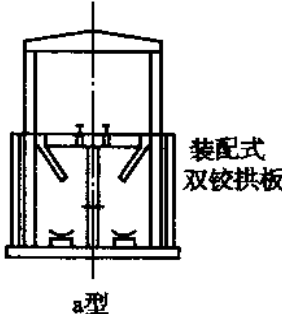
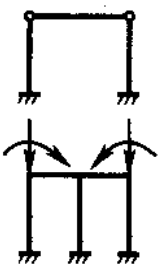
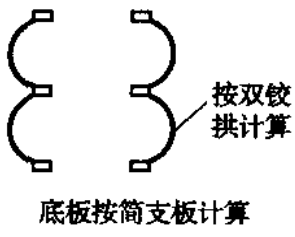
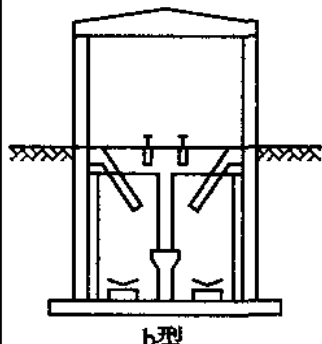
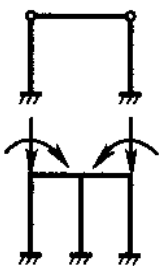
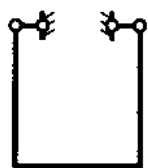
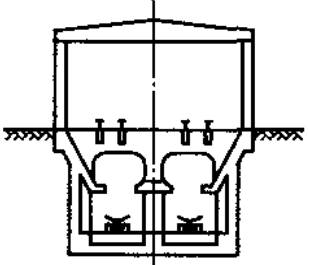
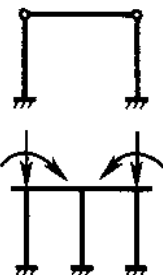
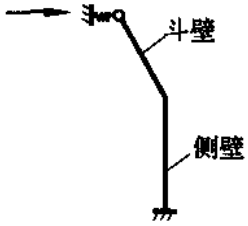
F.0.1 翻车机室形式与计算简图可按表 F.0.1 确定。

表 F.0.1 翻车机室形式与计算简图

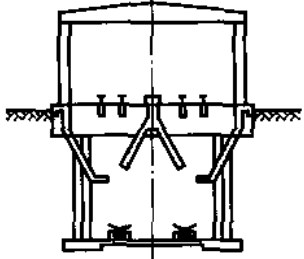
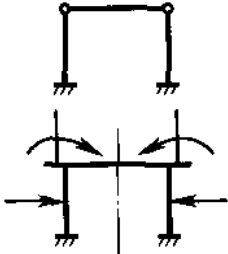
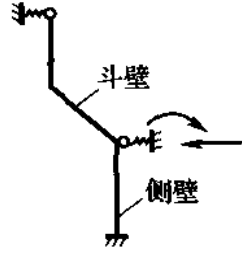
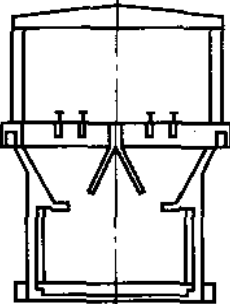
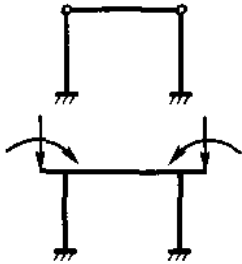
序号	结构形式	计算简图	
		门架、扶壁柱框架体系	侧壁、底板体系
1	1台转子式翻车机 	 可设支撑或不设支撑	 通道孔必须加强
2	2台转子式翻车机  a型		 斗壁 侧壁 底板按筒支板计算
3	2台转子式翻车机  b型		 筒壁按圆筒壳计算 底板按弹性地基上圆板计算

F.0.2 缝式煤槽形式与计算简图可按表 F.0.2 确定。

表 F.0.2 缝式煤槽形式与计算简图

序号	结构形式	计算简图	
		门架、扶壁柱框架体系	沟壁、底板体系
1	<p>单线、单路、双侧</p> 		
2	<p>单线、双路、单侧</p>  <p>a型 装配式双铰拱板</p>		 <p>按双铰拱计算 底板按简支板计算</p>
3	<p>单线、双路、单侧</p>  <p>b型</p>		
4			 <p>斗壁 侧壁</p> <p>底板可按两跨连续板计算</p>

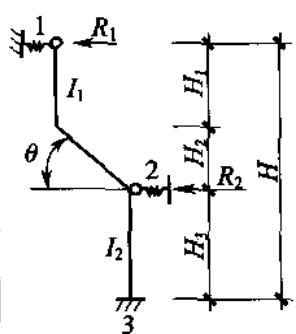
续表 F. 0. 2

序号	结构形式	计算简图	
		门架、扶壁柱框架体系	沟壁、底板体系
5	双线、双路、单侧  a型	 纵向柱间距6m~7m	 斗壁 侧壁 底板可按分离式计算
6	双线、双路、单侧  b型		斗壁、侧壁、底板可按 双向板或单向板计算

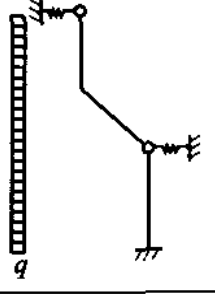
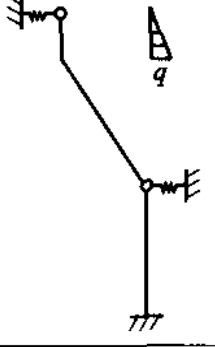
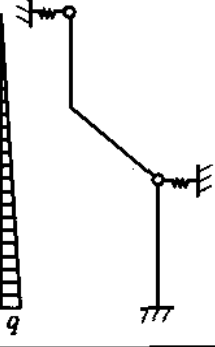
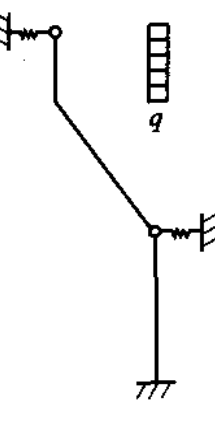
注：门架、扶壁柱框架体系计算简图也可以采用联解计算简图，底板也可以用其他简图计算。

F. 0. 3 翻车机室和缝式煤槽侧壁计算公式见表 F. 0. 3。

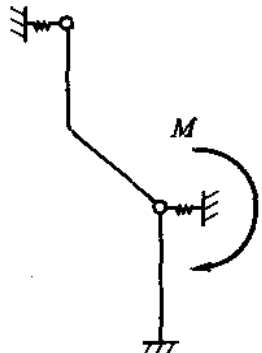
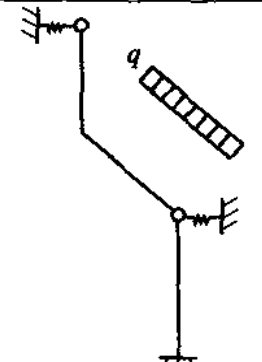
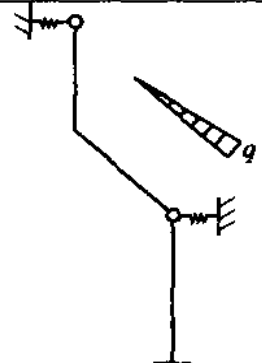
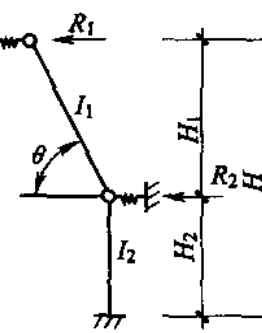
表 F. 0. 3 翻车机室和缝式煤槽侧壁计算公式

荷载简图	a_i 系数
	$\lambda_1 = \frac{H_1}{H}, \lambda_2 = \frac{H_2}{H}, \lambda_3 = \frac{H_3}{H}, \lambda_n = \lambda_1 + \lambda_2, m = \frac{1}{\sin\theta}, n = \frac{I_1}{I_2}$ $K_2 = \frac{1}{6} (3 - \lambda_3) \lambda_3^2,$ $K_1 = \frac{1}{3} \left[1 + \lambda_n^3 \left(\frac{m}{n} - 1 \right) + \frac{\lambda_1^3}{n} (1 - m) \right] + VC_1$ $K_3 = \frac{1}{3} \lambda_3^3 + VC_2, R_2 = \frac{a_1 K_1 - a_2 K_2}{K_2^2 - K_1 K_3} K_f, R_1 = \frac{-a_2 - K_2 R_2}{K_1}, V = \frac{EI_2}{H^3}$

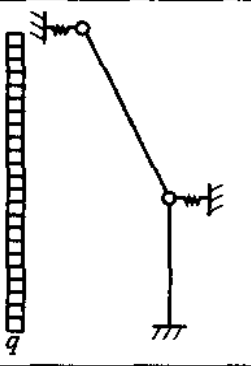
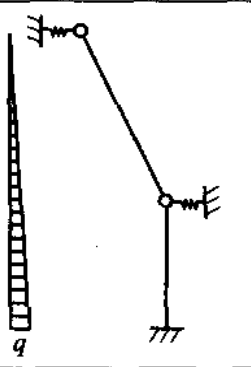
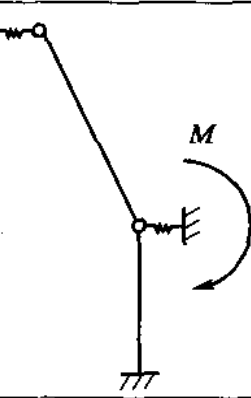
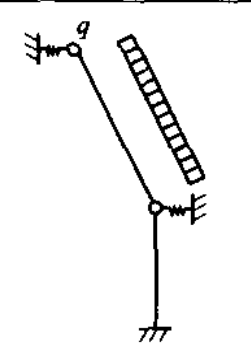
续表 F. 0. 3

荷载简图	a_i 系数
	$a_1 = -\frac{qH}{24}(3 - 4\lambda_n + \lambda_n^4)$ $a_2 = -\frac{qH}{8} \left[1 + \lambda_n^4 \left(\frac{m}{n} - 1 \right) + \frac{\lambda_1^4}{n} (1 - m) \right]$
	$a_1 = \frac{qH}{12}(\lambda_1^2 \lambda_3^2 + 3\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3^2 + 2\lambda_1 \lambda_3^3)$ $a_2 = \frac{qH}{6} \left[\frac{1}{5n} \lambda_1^4 + \frac{m}{n} \lambda_1 \lambda_2 (\lambda_1 + \lambda_2)^2 + \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 (3 + \lambda_1) + \lambda_1 \lambda_3 (1 - \lambda_2)^2 \right]$
	$a_1 = -\frac{qH}{30} \left(1 - \frac{5}{4} \lambda_n + \frac{\lambda_n^5}{4} \right)$ $a_2 = -\frac{qH}{30} \left[\frac{\lambda_1^5}{n} + \frac{m}{n} (\lambda_n^5 - \lambda_1^5) + (1 - \lambda_n^5) \right]$
	$a_1 = \frac{qH}{12}(3\lambda_1^2 \lambda_3^2 + 6\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3^2 + 4\lambda_1 \lambda_3^3)$ $a_2 = \frac{qH}{12} \left[6\lambda_1^3 \left(\lambda_3 + \frac{m}{n} \lambda_2 \right) + 9\lambda_1^2 \left(\lambda_3^2 + \frac{m}{n} \lambda_2^2 \right) + 4\lambda_1 \left(\lambda_3^3 + \frac{m}{n} \lambda_2^3 \right) + \frac{3}{2n} \lambda_1^4 + 12\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \left(1 + \frac{\lambda_1}{2} \right) \right]$

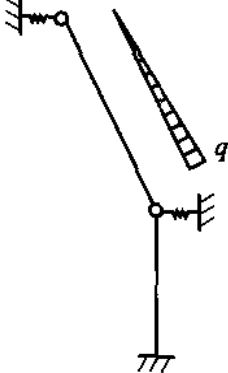
续表 F.0.3

荷载简图	a_i 系数
	$a_1 = -\frac{M}{2H} \lambda_3^2$ $a_2 = -\frac{M}{2H} \lambda_3 (2 - \lambda_3)$
	$a_1 = \frac{qH}{12} m^2 (3\lambda_2^2 \lambda_3^2 + 4\lambda_2 \lambda_3^3)$ $a_2 = \frac{qH}{12} m^2 \left[\frac{m}{2n} \lambda_2^3 (4\lambda_1 + 3\lambda_2) + 6\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 (1 - \lambda_1) + \lambda_2 \lambda_3 (6\lambda_2^2 + 9\lambda_2 \lambda_3 + 4\lambda_3^2) \right]$
	$a_1 = \frac{qH}{12} m^2 (\lambda_2^2 \lambda_3^2 + 2\lambda_2 \lambda_3^3)$ $a_2 = \frac{qH}{6} m^2 \left[\frac{m}{n} \lambda_2^3 \left(\frac{\lambda_1}{4} + \frac{\lambda_2}{5} \right) + \frac{1}{2} \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 (2\lambda_2 + 3\lambda_3) + \lambda_2 \lambda_3 (1 - \lambda_1)^2 \right]$
	$\lambda_1 = \frac{H_1}{H}, \lambda_2 = \frac{H_2}{H}, m = \frac{1}{\sin \theta}$ $n = \frac{I_1}{I_2}, K_1 = \frac{1}{3} \left[1 + \lambda_1^3 \left(\frac{m}{n} - 1 \right) \right] + VC_1$ $K_2 = \frac{1}{6} [\lambda_2^2 (2 + \lambda_1)], K_3 = \frac{1}{3} \lambda_2^3 + VC_2$ $R_2 = \frac{a_1 K_1 - a_2 K_2}{K_2^2 - K_1 K_3} K_1, R_1 = \frac{-a_2 - K_2 R_2}{K_1}, V = \frac{EI_2}{H^3}$

续表 F.0.3

荷载简图	a_i 系数
	$a_1 = -\frac{qH}{24}(3 - 4\lambda_1 + \lambda_1^4)$ $a_2 = -\frac{qH}{8} \left[1 + \lambda_1^4 \left(\frac{m}{n} - 1 \right) \right]$
	$a_1 = -\frac{qH}{30} \left(1 - \frac{5}{4}\lambda_1 + \frac{\lambda_1^5}{4} \right)$ $a_2 = -\frac{qH}{30} \left[1 + \lambda_1^5 \left(\frac{m}{n} - 1 \right) \right]$
	$a_1 = -\frac{M}{2H} \lambda_2^2$ $a_2 = -\frac{M}{2H} \lambda_2 (2 - \lambda_2)$
	$a_1 = \frac{qH}{12} m^2 (3\lambda_1^2 \lambda_2^2 + 4\lambda_1 \lambda_2^3)$ $a_2 = \frac{qH}{12} \left[\frac{3m^2}{2n} \lambda_1^4 + m^2 (6\lambda_1^3 \lambda_2 + 9\lambda_1^2 \lambda_2^2 + 4\lambda_1 \lambda_2^3) \right]$

续表 F.0.3

荷载简图	a_i 系数
	$a_1 = \frac{qH}{12} m^2 (\lambda_1^2 \lambda_2^2 + 2\lambda_1 \lambda_2^3)$ $a_2 = \frac{qH}{6} \left(\frac{m^3}{5\pi} \lambda_1^4 + m^2 \lambda_1 \lambda_2 \right)$

注:1 K_f 为反力系数,一般取 $K_f=0.8\sim 0.9$;

2 C_1, C_2 为柔性系数,见第 F.0.4 条,计量单位为 m/kN。

F.0.4 柔性系数 C_1, C_2 应符合下列规定:

1 柔性系数 C_1, C_2 ,可根据地面平台板与给煤机平台板的实际刚度在单位力作用下产生的变位进行计算(计算简图见图 F.0.4),计算公式为:

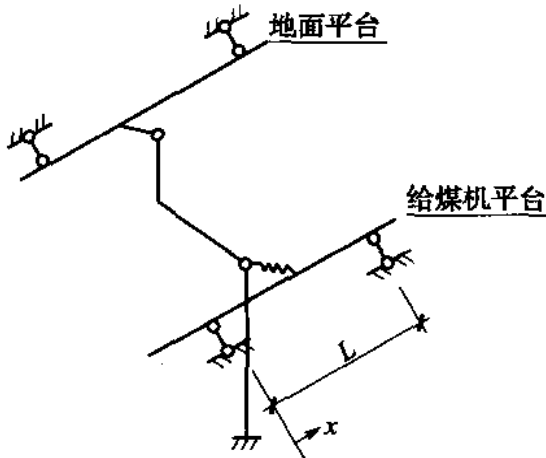


图 F.0.4 C_1, C_2 计算简图

$$C_1 = K_0 \frac{l^4}{EI_3} \quad (F.0.4-1)$$

$$C_2 = K_0 \frac{l^4}{EI_4} \quad (F.0.4-2)$$

式中: l ——平台板跨度(m);

E ——混凝土弹性模量(kN/m^2);

I_3 ——地面平台板截面惯性矩(m^4);

I_4 ——给煤平台板截面惯性矩(m^4);

K_0 ——在单位力作用下的变位系数,可按 5 跨连续梁公式计算(查表 F. 0. 4),也可按单跨梁近似计算。

表 F. 0. 4 K_0 变位系数

跨序位置	η_1	η_2	η_3	η_4	η_5
$x=0$	0	0	0	0	0
$x=1/2$	0. 00644	0. 00151	0. 00315	0. 00151	0. 00644

2 取 $x=0$ 、 $x=\frac{l}{2}$, 求解支承反力 R_1 、 R_2 , 最后计算弯矩 M_j 值。

附录 G 钢筋混凝土烟囱筒壁洞口强度计算

G. 0.1 烟囱钢筋混凝土筒壁在布置有孔洞处的截面,其筒壁厚度除应满足现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的要求外,还应对孔洞口截面进行局部应力复核。

$$\sigma_c = \sigma_{cw} + \sigma_{cf} \leq f_{ct} \quad (\text{G. 0.1-1})$$

$$\sigma_{cf} = 0.25b\sigma_{cw}/(rt)^{0.5} \quad (\text{G. 0.1-2})$$

式中: σ_c ——孔洞口两侧筒壁混凝土的压应力(MPa);

σ_{cw} ——孔洞口顶部以上不开孔截面在结构自重和风荷载作用下,受压区边缘混凝土压应力(MPa),计算方法可参考现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051;

σ_{cf} ——孔洞口两侧筒壁混凝土的附加压应力(MPa);

f_{ct} ——混凝土在温度作用下的轴心抗压强度设计值(MPa),可按现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 取值;

b ——孔洞口宽度(mm);

r ——孔洞口中部标高处筒壁截面的平均半径(mm);

t ——孔洞口范围筒壁截面的厚度(mm)。

G. 0.2 对烟道孔、安装孔等大孔洞,其四周应配置附加补强钢筋,补强钢筋配筋数量应按下面的计算要求确定。

1 孔洞口两侧的每一侧,配置的附加竖向钢筋总面积(mm^2)可取下列三式计算结果中的最大值。

$$A_{s1} = 0.65\mu \cdot t \cdot b \cdot \sigma_{sw} / f_{yt} \quad (\text{G. 0.2-1})$$

$$A_{s1} = 0.1H \cdot Q / [f_{yt} (r \cdot t)^{0.5}] \quad (\text{G. 0.2-2})$$

$$A_{s1} = 0.65\mu \cdot t \cdot b \quad (\text{G. 0.2-3})$$

2 孔洞口上部配置的附加环向钢筋总面积(mm^2)可取下列三式计算结果中的最大值。

$$A_{s2} = 0.3t \cdot b \cdot \sigma_{tw} / f_{yt} \quad (\text{G. 0. 2-4})$$

$$A_{s2} = 0.375H \cdot Q / (f_{yt} b) \quad (\text{G. 0. 2-5})$$

$$A_{s2} = 0.65\mu_0 \cdot t_0 \cdot H \quad (\text{G. 0. 2-6})$$

3 孔洞口下部配置的附加环向钢筋总面积(mm^2)可取下列二式计算结果中的最大值。

$$A_{s3} = 0.375H \cdot Q / (f_{yt} b) \quad (\text{G. 0. 2-7})$$

$$A_{s3} = 0.65\mu_0 \cdot t_0 \cdot H \quad (\text{G. 0. 2-8})$$

式中： σ_{sw} 、 σ_{tw} ——孔洞口顶部以上不开孔处截面在结构自重和风荷载作用下，受拉区和受压区边缘混凝土应力(MPa)，计算可按现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 规定的方法进行；

f_{yt} ——钢筋在温度作用下的抗拉强度设计值(MPa)，可按现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 取值；

H 、 b ——孔洞口的高度和宽度(mm)；

Q ——作用于孔洞口顶部截面处的风剪力(N)；

μ 、 μ_0 ——孔洞口范围筒壁截面的竖向、环向钢筋配筋率，可按现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的要求计算；

t_0 ——孔洞口范围筒壁截面的有效厚度(mm)。

4 孔洞口周围配置的附加补强钢筋应尽量配置在孔洞口边缘和筒壁外侧；附加补强钢筋的总截面面积一般不小于同方向被切断钢筋截面面积的 1.3 倍。矩形孔洞口转角处还应配置与水平方向成 45° 角的斜向补强钢筋，每个转角处按筒壁厚度每 100mm 不应小于 250mm^2 的比例配置，且总根数不少于两根。

所有附加补强钢筋伸出洞口边缘以外的长度，对烟道孔和安装孔等大孔洞，应符合图 G. 0. 2 所示要求；对其余小孔，附加补强钢筋伸出孔洞口边缘以外的长度为 $40d$ (非地震区) 和 $45d$ (地震区)， d 为附加补强钢筋的直径(mm)。

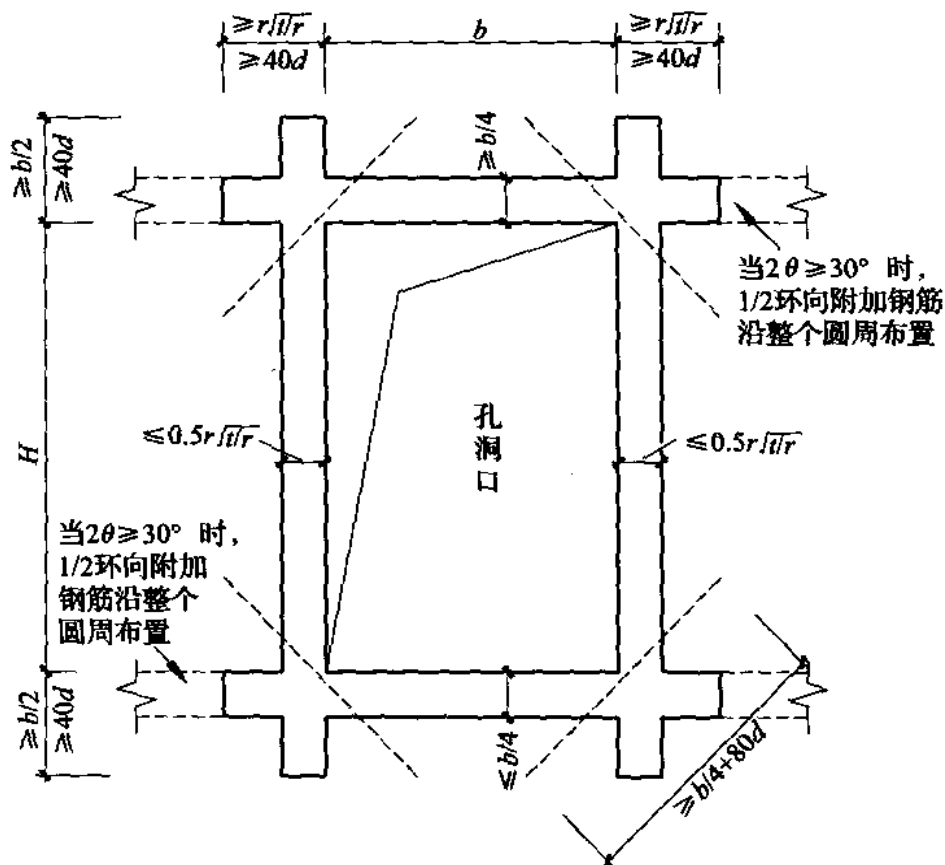


图 G.0.2 孔洞口附加补强钢筋的示意图
 θ —开孔半角; t —筒壁厚度; r —平均半径(孔中间标高处);
 d —钢筋直径; b —烟道孔宽度; H —烟道空高度

附录 H 管道支架荷载计算

H.1 风荷载计算

H.1.1 单层管横向风荷载应按式(H.1.1)计算确定。

$$W_1 = \mu_z \mu_s W_0 L D \quad (\text{H.1.1})$$

式中： W_1 ——管道支架横向风荷载标准值(kN)；

μ_z ——风压高度变化系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 取值；

μ_s ——管道风载体形系数，按表 H.1.1 查用；

W_0 ——基本风压(kN/m²)；

L ——管道跨距，管道两侧的管道跨距不等时，取平均值(m)；

D ——管道外径(包括保温层)(m)，多根管道一般取平均外径。

表 H.1.1 管道风载体形系数

管道根数	体型系数 μ_s
单根	0.6
双根	0.9
三、四根	1.2
大于或等于五根	1.4

注：1 上述 μ_s 值适用于 $\mu_z W_0 D^2 \geq 0.015$ 的情况；当 $\mu_z W_0 D^2 \leq 0.002$ 时，应乘以 1.7 后采用；当 $0.002 < \mu_z W_0 D^2 < 0.015$ 时，可按中间插入法计算；

2 当按多根管道计算的值小于按单根管道计算的值时，取单根管道计算的值。

H.1.2 对于跨越管架(图 H.1.2)，在纵向计算时，管道的纵向风荷载应按式(H.1.2)计算确定。

$$W_1 = \frac{1}{2} \mu_z \mu'_z W_0 l_h \Sigma D \quad (\text{H. 1. 2})$$

式中: W_1 ——作用于竖向弯管的风荷载标准值(作用在梁顶面)(kN);

μ'_z ——竖向弯管风荷载体型系数,可取 0.7;

l_h ——竖向弯管高度(m)。

注:1 上述 μ'_z 值适用于 $\mu_z W_0 D^2 \geq 0.015$ 的情况;当 $\mu_z W_0 D^2 \leq 0.002$ 时,应乘以 1.7 后采用;当 $0.002 < \mu_z W_0 D^2 < 0.015$ 时,可按中间插入法计算。

2 当有双层弯管时,下弯管纵向风荷载可参见式 H. 1. 2 计算,作用在下层梁顶面。

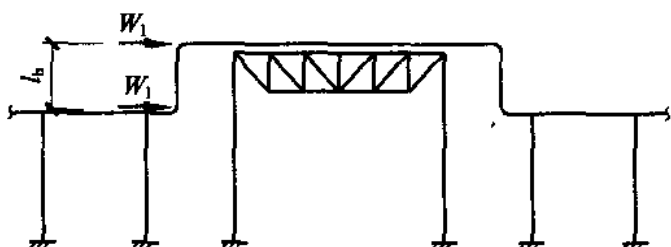


图 H. 1. 2 带竖向弯管的跨越式管架

H. 1. 3 多层多管横向风荷载可按式(H. 1. 3)计算(图 H. 1. 3-1)。

$$W_{ki} = \mu'_{si} W_k \quad (\text{H. 1. 3})$$

式中: W_{ki} ——考虑层间影响后某层管道风荷载标准值;

W_k ——按单层考虑时某层管道风荷载标准值,按式 H. 1. 1 计算;

μ'_{si} ——上、下层之间的影响系数,按图 H. 1. 3-2 查得。即按 s_1/D_1 查得 μ'_{s2} , s_1/D_2 查得 μ'_{s1} , 同理,按 s_2/D_2 查得 μ'_{s3} , s_2/D_3 查得 μ'_{s2} 。中间层管道影响系数等于上、下两层管道影响系数之和减去 1.0。 D_i 为每层的最大管直径, s_i 为最大管之间的净距,见图 H. 1. 3-1。

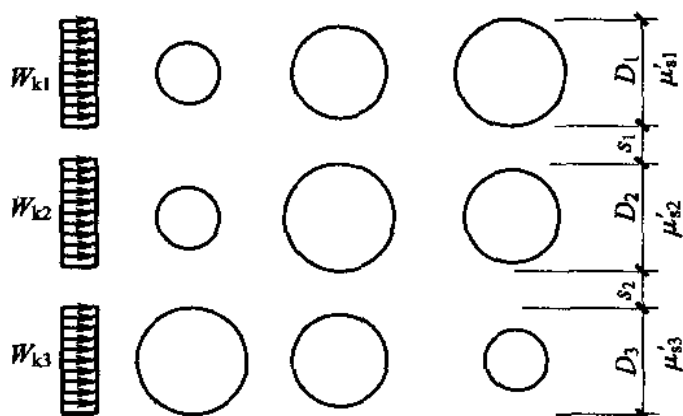


图 H. 1. 3-1 多层多管横向风荷载

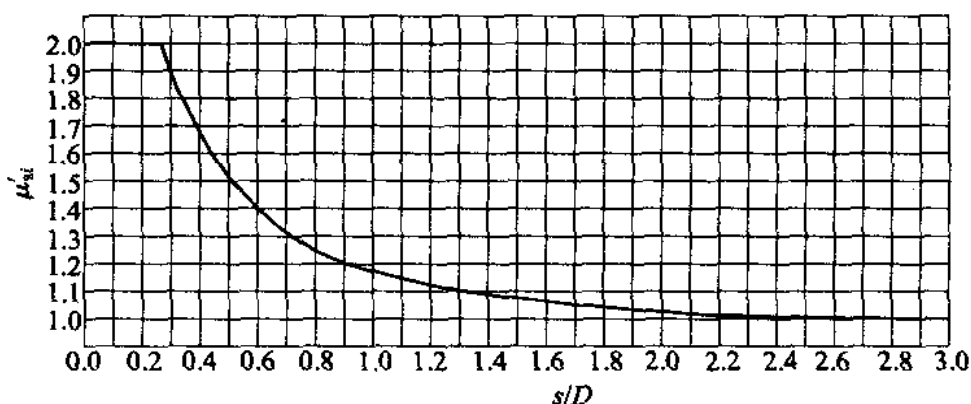


图 H. 1. 3-2 多层多管层间影响系数

H. 1. 4 管道支架构件表面风荷载可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 确定。

H. 2 冰雪荷载计算

H. 2. 1 寒冷地区,当管壁温度在 0°C 以下时应考虑冰雪荷载作用。

H. 2. 2 作用在管道上的雪荷载标准值应按式(H. 2. 2)计算确定。

$$S_k = \mu_r S_{k0} D \quad (\text{H. 2. 2})$$

式中: S_k ——作用在管道上的雪荷载标准值(kN/m);

μ_r ——管道积雪系数,可取 0.7;

S_{k0} ——基本雪压值(kN/m²);

D ——管道外径(包括保温层)(m)。

H. 2. 3 设有冷凝水排放阀处,在寒冷地区必须考虑阀门裹冰的

荷载,按集中荷载作用,由式(H. 2. 3)计算确定。

$$G_{ki} = \frac{\pi d_1^2}{4} \times 10 = 2.5\pi d_1^2 \quad (\text{H. 2. 3})$$

式中: G_{ki} ——冷凝水排放阀裹冰的荷载标准值(kN/m);

d_1 ——冷凝水排放管外直径(包括保温层)(m)。

H. 3 管道荷载计算

H. 3. 1 作用于管道支架上的管道荷载一般由工艺专业提供。

H. 3. 2 管道垂直荷载应符合下列规定:

1 作用于管道支架横梁上的垂直荷载,宜按均布荷载计算。在选择计算区段时,应考虑该区段的代表性,荷载可按式(H. 3. 2)进行计算(图 H. 3. 2)。

$$q_{tk} = \frac{\eta \sum_{i=1}^n F_{ki}}{L_1} \quad (\text{H. 3. 2})$$

式中: q_{tk} ——管道竖向均布荷载标准值(kN/m);

η ——不均匀系数,取 1.1~1.2;

F_{ki} ——某根管道的竖向荷载标准值(不含直径大于或等于 300mm 的液体管道的垂直荷载标准值)(kN);

L_1 ——管道计算区段长度(m);

n ——管道计算区段内的管道根数(应大于 4 根)。

2 当有较大管道(如直径大于或等于 300mm 的液体管道)、主要热管道作用在横梁上时,应按集中力计算。

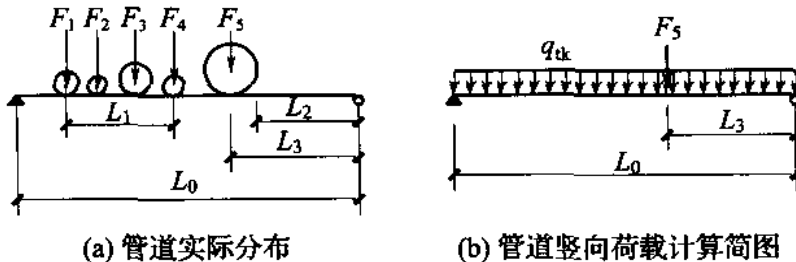


图 H. 3. 2 管道竖向荷载计算简图

L_0 —横梁计算长度; L_2 —预留管道位置; L_3 —集中荷载作用位置

H. 3.3 管道水平推力应符合下列规定:

1 活动管架承受管道膨胀时产生的摩擦力,固定管架承受管道补偿弹力和活动管架的反作用力。

2 活动管架(不包括支承有振动管道的支架和跨越式管架),当支承的管道符合下列条件之一时,管道的水平推力可以忽略不计:

- 1) 常温管道,介质的温度不超过 40°C ;
- 2) 管道根数在 10 根以上,其中介质最高温度 $T_{\max} \leq 130^{\circ}\text{C}$;
- 3) 主要热管重量与全部管道重量的比值 $\alpha \leq 0.15$ 。

注:1 上述温度应包括扫线时的温度;

2 上述规定对梁是指一根梁上的管道,对柱子为整个管道支架上的管道。

3 刚性管架水平推力标准值应按式(H. 3.3-1)计算确定。

$$F_m = K_j \mu' G_t \quad (\text{H. 3.3-1})$$

式中: F_m ——作用在刚性管架,由管道膨胀产生的摩擦力标准值(可以由工艺提供)(kN);

μ' ——摩擦系数,钢与钢滑动接触时采用 0.3;

G_t ——正常操作时作用在一榀管道支架横梁上的总垂直荷载标准值(kN);

K_j ——牵制系数(见表 H. 3.4)。

4 均布在刚性管架横梁上的水平推力按式(H. 3.3-2)计算确定。

$$q_m = F_m / L_0 \quad (\text{H. 3.3-2})$$

式中: q_m ——均布在刚性管架横梁上的水平推力标准值(kN/m);

F_m ——按式(H. 3.3-1)计算;

L_0 ——横梁计算长度(m)。

5 柔性管架水平推力为柱顶纵向位移产生的弹性力等效水平推力标准值 F_f 。

1) 钢筋混凝土结构柔性管架水平推力标准值按式(H. 3.3-3)计算确定。

$$F_1 = \frac{3E_c I \cdot \Delta l \cdot K_j}{H^3} n \quad (\text{H. 3. 3-3})$$

式中： F_1 ——作用在一榀柔性管架上的由柱顶变位产生的弹性力等效水平推力标准值(kN/m)；

$E_c I$ ——管道支架支柱刚度，其中 E_c 为混凝土弹性模量(kN/cm²)， I 为惯性矩(cm⁴)，钢筋混凝土支柱取 $0.85E_c I$ ；

H ——管道支架支柱高度(主动管管托底至基础顶面的距离，当双层管道支架时，为基础顶面至主动管所在横梁顶面的距离)；

n ——一榀管道支架柱子的根数(一般为 2 根)；

Δl ——主动管膨胀量，由工艺提供。

2) 钢结构柔性管架水平推力标准值按式(H. 3. 3-4)计算确定。

$$F_1 = \frac{3EI \cdot \Delta l \cdot K_j}{H^3} n \quad (\text{H. 3. 3-4})$$

式中： E ——钢的弹性模量(kN/cm²)。

H. 3. 4 管道的牵制系数及水平力作用点应符合下列规定：

1 管道与管道支架之间具有相互制约作用。管道对管道支架除作为荷载作用外，尚应考虑其对管道支架的约束作用。

2 当活动管架上敷设 3 根及 3 根以上管道时，活动管架纵向水平推力的牵制系数 K_j ，必须考虑由于每根管道水平推力不同时出现及各管道温度不同时升高等因素对管道支架变形或摩擦力产生的牵制影响，其牵制作用大小取决于主要热管所占的比例。

3 敷设单层管道的管道支架可采用如下的牵制系数：

1) 管道支架上支承 1 根~2 根管道时， $K_j = 1.0$ ；

2) 管道支架上支承 3 根管道时， K_j 按表 H. 3. 4 采用；

3) 单层管道支架上敷设大于或等于 4 根管道时，按图 H. 3. 4 采用。

表 H. 3. 4 单层管道支架上敷设 3 根管道时的牵制系数 K_j

$a = \frac{\text{主要热管重量}}{\text{全部管道重量}}$	牵制系数 K_j
$a < 0.5$	0.50
$0.5 \leq a \leq 0.7$	0.67
$a > 0.7$	1.0

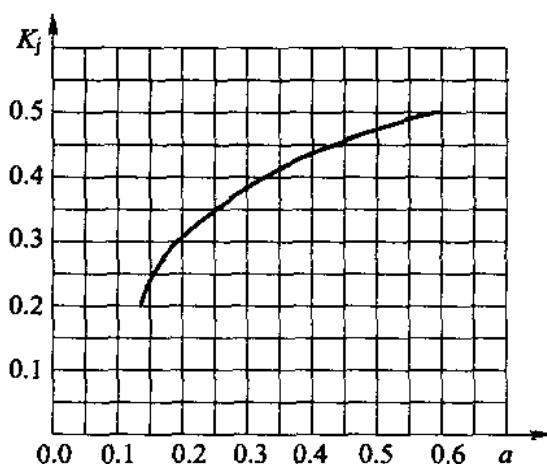


图 H. 3. 4 $n \geq 4$ 管道水平推力牵制系数

4 敷设双层管道的管道支架,按图 H. 3. 4 查取牵制系数 K_j 时, a 值尚应按下列规定采用:

对柱:全部热管中选定一根主要热管重量与上、下层全部管道总重量之比;

对梁:所计算的该层选定一根主要热管与该层上全部管道总重量之比。

H. 4 管道上的水平荷载作用点

H. 4. 1 纵向水平荷载作用时,中间活动管架水平推力作用点为梁顶支承点(图 H. 4. 1-1);固定管架水平推力作用点,挡板式在距梁顶 $e/3$ 处,焊接式在支承梁顶面(图 H. 4. 1-2)。

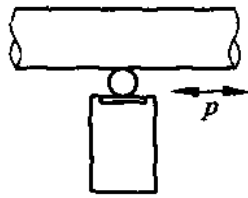


图 H. 4. 1-1 滚动支座

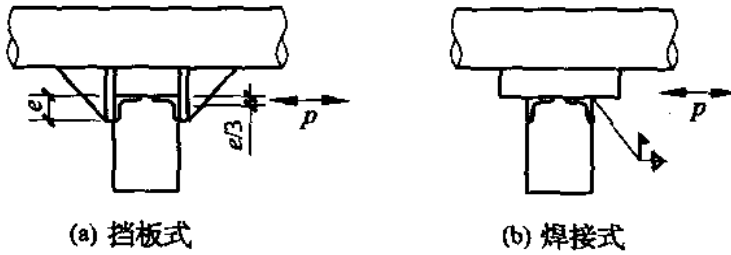


图 H. 4. 1-2 固定支座

H. 4. 2 横向水平荷载作用时,固定管架管道风荷载作用点位置取管道中心;中间活动管架管道风荷载作用点位置取支承梁顶面。

附录 J 理论计算周期调整系数

J.0.1 理论计算周期(按工程力学理论计算)的调整系数应符合下列规定:

1 主厂房:

- 1) 横向框架结构可取计算周期值的 0.8, 纵向框架结构可取计算周期值的 0.7。
- 2) 有抗震墙或抗震支撑可不作调整。

2 单层厂房:

由屋架与钢筋混凝土柱组成的排架, 有纵墙时取计算周期值的 0.8, 无纵墙时取计算周期值的 0.9。

附录 K 框架异形节点核芯区截面抗震验算

K. 0.1 本标准异形节点与常规节点的区别在于节点核芯上、下柱截面差别较大,节点核芯两侧梁截面差别也较大,且仅适用于图 K. 0.1 所示两种异形节点形式。

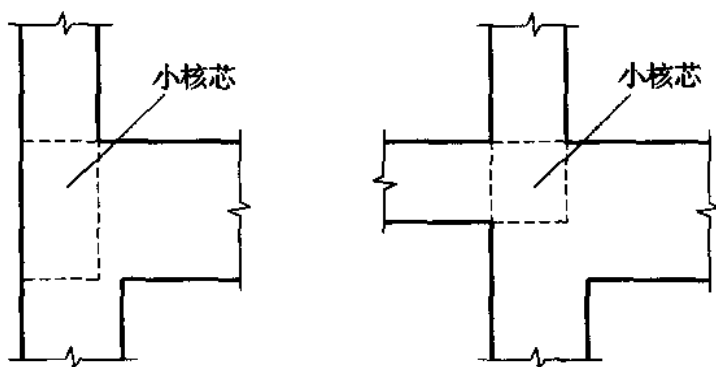


图 K. 0.1 异形节点

K. 0.2 一、二级框架梁柱异形节点核芯区组合的剪力设计值应按式(K. 0.2-1)确定:

$$V_j = \frac{\eta_{jb} M_{bL}}{h_{bL0} - a'_s} + \frac{\eta_{jb} M_{bR}}{h_{bR0} - a'_s} - \frac{\eta_{jb} \sum M_b}{H_c - h_b} \quad (\text{K. 0.2-1})$$

9 度时和一级框架结构尚应符合式(K. 0.2-2):

$$V_j = \frac{1.15 M_{bLua}}{h_{bL0} - a'_s} + \frac{1.15 M_{bRua}}{h_{bR0} - a'_s} - \frac{1.15 \sum M_{bua}}{H_c - h_b} \quad (\text{K. 0.2-2})$$

式中: V_j ——梁柱节点核芯区组合的剪力设计值;

h_{bL0} ——节点核芯区左侧梁截面有效高度;

h_{bR0} ——节点核芯区右侧梁截面有效高度;

a'_s ——梁受压钢筋合力点至受压边缘的距离;

H_c ——柱的计算高度,可采用上、下柱反弯点之间的距离;

h_b ——节点两侧截面较高梁的高度；

η_{jb} ——节点剪力增大系数，一级时取 1.35，二级时取 1.2；

$M_{bL}、M_{bR}$ ——节点左侧梁端和右侧梁端反时针或顺时针组合弯矩设计值；

$M_{bLua}、M_{bRua}$ ——节点左侧梁端和右侧梁端反时针或顺时针方向实配的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩，根据实配钢筋面积（计入受压钢筋）和材料强度标准值确定；

$\sum M_b$ ——节点左、右梁端反时针或顺时针方向组合弯矩设计值之和，一级时节点左、右梁端均为负弯矩，绝对值较小的弯矩应取零；

$\sum M_{bua}$ ——节点左、右梁端反时针或顺时针方向实配的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩之和，根据实配钢筋面积（计入受压钢筋）和材料强度标准值确定。

K.0.3 节点核芯区截面有效验算宽度应符合下列规定：

1 当 $b_b \geq b_c/2$ 时，可取 $b_j = b_c$ （其中 b_j 为节点核芯区的截面有效验算宽度， b_b 为梁的截面宽度， b_c 为框架上柱的截面宽度）；当 $b_b < b_c/2$ 时，可取 $b_b + 0.5h_c$ 和 b_c 的较小值（其中 h_c 为框架上柱的截面高度）。

2 梁、柱的中心线不重合有偏心距 e_0 ，当 e_0 不大于柱截面宽度的 1/4 时，核芯区的截面有效验算宽度采用 $0.5b_c + 0.5b_b + 0.25h_c - e_0$ 、 $b_b + 0.5h_c$ 和 b_c 的较小值。

K.0.4 节点核芯区组合的剪力设计值应符合下列规定：

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left(0.24 \eta_j \frac{A_{j*}}{A_{j\#}} f_c b_j h_j \right) \quad (\text{K.0.4})$$

式中： A_{j*} ——异形节点大核芯面积，大截面梁的梁高乘以下柱高度，当 $A_{j*}/A_{j\#} > 2$ 时，取 $A_{j*}/A_{j\#} = 2$ ；

$A_{小}$ ——异形节点“小核芯”面积，小截面梁的梁高乘以上柱高度；

h_j ——节点核芯区截面高度，可取验算方向上柱截面高度；

b_j ——节点核芯区截面宽度；

f_c ——节点混凝土的轴心抗压强度；

η_j ——直交梁对节点的约束影响系数，对两个方向有梁约束的中间节点，当梁的截面宽度均大于上柱截面宽度的 1/2 且框架次梁的截面高度不小于主梁（特指异形节点的小梁）截面高度的 3/4 时，取 $\eta_j = 1.5$ ；其他情况的节点，取 $\eta_j = 1.0$ ；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，取 0.85。

K.0.5 节点核芯区截面抗震受剪承载力，应采用式 (K.0.5) 验算。

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[0.08 \eta_j \frac{A_{小}^*}{A_{小}} f_c b_j h_j + 0.05 \eta_j N f_c b_j h_j + 0.8 \frac{f_{yv} A_{sv}}{S} (h_0 - a'_s) \right] \quad (\text{K.0.5})$$

式中： V_j ——节点水平截面中作用剪力；

N ——节点上柱底部考虑地震作用组合的轴向压力设计值，当 $N > 0.5 f_c b_c h_c$ 时，取 $N = 0.5 f_c b_c h_c$ ；

A_{sv} ——节点中一层水平箍筋沿受力方向箍肢的总截面面积；

S ——节点水平箍筋间距；

h_0 ——异形节点小梁的截面有效高度；

a'_s ——梁下部钢筋形心到梁下边缘的距离；

f_{yv} ——节点箍筋的屈服强度。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《钢结构设计规范》GB 50017
- 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
- 《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025
- 《动力机器基础设计规范》GB 50040
- 《烟囱设计规范》GB 50051
- 《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077
- 《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
- 《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229
- 《电力设施抗震设计规范》GB 50260
- 《碳素结构钢》GB/T 700
- 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 《在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动,第2部分:
50MW以上,额定转速 1500r/min、1800r/min、3000r/min、3600r/min
陆地安装的汽轮机和发电机》GB/T 6075.2
- 《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ/T 92
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 《火力发电厂辅助机器基础隔振设计规程》DL/T 5188
- 《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》CECS 102

中华人民共和国电力行业标准

火力发电厂土建结构设计
技术规程

DL 5022—2012

代替 DL 5022—1993

条文说明

修 订 说 明

本次修订系根据《国家能源局关于下达 2009 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技[2009]163 号)的安排,对《火力发电厂土建结构设计技术规定》DL 5022—1993 进行了修订。

修订规程中,标准编制组认真总结了火力发电厂工程的设计实践经验和 2008 年汶川地震中的震害经验,吸取了相关科研和新技术应用成果。本次修订共 11 章 10 个附录,第 2 章以后基本保持了《火力发电厂土建结构设计技术规定》DL 5022—1993 的编排顺序,本次修订的主要内容见前言。

与《火力发电厂土建结构设计技术规定》DL 5022—1993 9 章 9 个附录(正文共 415 条)相比,新版标准共 11 章 10 个附录(正文 552 条),增加了第 2 章术语和第 9 章空冷器支架,条文数量略有增加,主要增加在燃料及灰渣贮运建(构)筑物、空冷器支架章节,以及钢结构主厂房、烟囱、空冷器支架的抗震等章节。

2009 年 5 月,电力行业电力规划设计标准化技术委员会主持召开了电力行业标准《火力发电厂土建结构设计技术规程》送审稿审查会,通过了对本标准送审稿的审查。

《火力发电厂土建结构设计技术规定》DL 5022—1993 规定中列入《工程建设标准强制性条文》(电力工程部分)的共 17 条,本次修订依据送审稿审查意见调整为 13 条。

本标准是在《火力发电厂土建结构设计技术规定》DL 5022—1993 的基础上修订而成,上一版的主编单位是西北电力设计院,参编单位是华北电力设计院、东北电力设计院、华东电力设计院、西南电力设计院、中南电力设计院、河北省电力勘测设计院、江苏

省电力设计院、山西省电力勘测设计院、黑龙江省电力设计院、山东省电力设计院、河南省电力勘测设计院、湖南省电力勘测设计院、广东省电力勘测设计院、电力建设研究所,主要起草人是倪石泉、杨宗烈、丁志宏、姚德康、俞振安、蒋先川、朱道江、邱慧仙、庄文福、何若梅、钱永瑞、贾国平、黄英波、阎善章、张芳岂、李柄益、丁加良、陆卯生、宋景阳、文良谟。

目 次

1	总 则	(199)
3	荷 载	(201)
3.1	基本规定	(201)
3.2	屋面、楼(地)面活荷载	(204)
3.3	吊车荷载	(214)
3.4	风、雪荷载	(215)
4	主 厂 房	(216)
4.1	基本规定	(216)
4.2	钢筋混凝土框排架结构	(217)
4.3	钢框排架结构	(219)
4.4	屋面结构	(220)
4.5	外墙结构	(221)
4.6	煤斗及吊车梁	(222)
4.7	锅炉电梯井结构	(224)
5	地基与基础	(225)
5.1	基本规定	(225)
5.2	地基计算	(227)
5.3	软弱地基	(228)
5.4	山区地基	(230)
5.5	湿陷性黄土地基	(231)
5.6	基础	(233)
5.7	地下沟道	(234)
6	动力机器基础	(235)
6.1	汽轮机组和电机基础	(235)

6.2	辅助机器基础	(238)
7	燃料及灰渣贮运建(构)筑物	(241)
7.1	卸煤建(构)筑物	(241)
7.2	运煤廊道	(243)
7.3	碎煤机室	(244)
7.4	贮煤筒仓	(245)
7.5	干煤棚及封闭式煤场	(248)
7.6	干灰库	(248)
7.7	燃油建筑	(249)
8	烟囱与烟道	(251)
8.1	基本规定	(251)
8.2	烟囱计算	(252)
8.3	烟囱钢筋混凝土筒壁纵向裂缝控制措施	(252)
8.4	烟囱的防腐蚀措施	(253)
8.5	烟囱的构造措施	(256)
8.6	烟道	(256)
9	空冷器支架	(258)
9.1	基本规定	(258)
9.2	荷载及荷载组合	(260)
9.3	构造规定	(260)
10	管道支架	(262)
10.1	基本规定	(262)
10.2	荷载及荷载组合	(263)
10.3	结构计算	(263)
11	抗震设计	(264)
11.1	基本规定	(264)
11.2	地基与基础	(269)
11.3	地震作用和结构抗震验算	(269)
11.4	钢筋混凝土结构主厂房	(271)

11.5	钢结构主厂房	(274)
11.6	烟囱	(276)
11.7	集中控制楼和屋内配电装置楼	(276)
11.8	运煤廊道	(277)
11.9	贮煤筒仓	(278)
11.10	设备基础	(279)
11.11	管道支架	(279)
11.12	空冷器支架	(281)
附录 A	干煤棚及圆形封闭式煤场风荷载体型系数	(283)
附录 B	钢筋混凝土结构节点计算与构造	(284)
附录 C	工字形截面钢-混凝土组合梁抗扭计算	(285)
附录 D	施工及使用过程沉降观测	(286)
附录 E	汽轮发电机弹簧隔振基础设计	(287)
附录 H	管道支架荷载计算	(289)
附录 K	框架异形节点核芯区截面抗震验算	(290)

1 总 则

1.0.3 本次修订将适用范围由原规定机组单机容量 12MW~600MW 修改为 125MW~1000MW 机组,对 125MW 以下发电厂及燃机发电厂,其建(构)筑物单体规模相对较小,可按本标准 125MW 机组的规定执行。

变电、输电线路和水工建(构)筑物应执行专门的标准。发电厂变电架构应按照变电站建筑结构的有关规定执行。

1.0.4 结构、结构构件及连接的承载能力极限状态、正常使用极限状态及抗震设计,包括承载力及稳定、变形、疲劳、抗裂和耐久性等要求,应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计规范》GB 50017 及《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。有关防爆、防火、防腐蚀设计应执行国家或行业标准的特殊规定。

本标准修订时,考虑到现浇钢筋混凝土结构已在发电厂广泛采用的实际情况,总则中取消了针对装配式结构统一模数制的限制性规定。

1.0.6 本标准第 3 章按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定,新增了由永久荷载效应控制的组合,使承受以恒载为主的结构的安全度有所提高;混凝土统一取用抗压强度 f_c ,使以受压为主的混凝土结构的安全度有所提高,因此,取消了有关钢筋混凝土屋架、托架、钢筋混凝土炉架等安全等级定为一级的规定。烟囱的安全等级提高为一级,贮煤筒仓的安全等级调整为二级;另外,考虑到主厂房悬吊煤斗重量大的特点(其破坏会影响整个主厂房结构的安全),以及汽机房屋盖的破坏会危及汽轮发电机重要设备安全等因素,主厂房悬吊煤斗和汽机房屋架(面梁)的安

全等级比主厂房框排架结构提高一级。修改后的安全等级不低于现行国家标准的相关规定,并与相关行业标准协调一致。本条为强制性条文。

1.0.7 按照现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068的规定,设计使用年限是建(构)筑物地基基础和主体结构在正常设计、正常施工、正常使用和维护下所应达到的使用年限。

1.0.9 发电厂生产建(构)筑物在施工安装、大型设备检修及厂房使用功能分区上均具有特殊性,设计施工图文件中的设计条件和使用要求在指导施工、安装及运行维护,确保结构的安全使用方面是必不可少的。国家和行业相关的设计标准对结构材料性能有特殊规定或强制性规定的,应在施工图文件中明确,尤其是材料附加性能要求、抗震性能要求等。

3 荷 载

3.1 基本规定

3.1.1 发电厂特殊结构的荷载,如烟囪及烟道的平台积灰荷载、动力机器荷载、贮仓贮存及卸料荷载、卸煤建(构)筑物的火车及汽车荷载、管道支架荷载、空冷器支架平台荷载、场地堆载等,其荷载取值及荷载效应组合应按本标准相关章节中的规定执行。

3.1.2、3.1.3 荷载分类与现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定原则上一致,不同之处在于,本标准规定作用在厂房结构上的设备荷载和管道荷载(含自重)可按可变荷载考虑,在后面第 8 章动力机器基础、第 9 章卸煤建(构)筑物、第 12 章管道支架中另有规定者除外。

对于固定设备,当有条件确定其自重荷载不会被改变或移动时,也可按永久荷载考虑。

3.1.4、3.1.5 根据发电厂运行特点,将厂房设备和管道可变荷载分为正常运行荷载、非正常运行荷载以及偶然荷载。非正常运行荷载在结构使用期间一定会出现,但持续时间较短。结构设计时,应按照可变荷载的不同工况合理确定荷载取值,并分别进行荷载效应组合。

3.1.6 对设备和管道非正常工况的可变荷载,应根据工艺专业提供的荷载作用点位置及在结构单元的分布情况合理选用,不得盲目叠加。

对偶然荷载的代表值,由于实测资料缺乏,目前基本按照工程经验确定。如煤粉仓爆炸荷载、设备管道中泄爆门的泄爆荷载等由工艺专业以泄爆门动作压力为依据提出,电气设备动作荷载、短路电流荷载等由电气专业根据设备厂家资料及短路电流计算提

出,故本标准明确应按工艺专业提供的荷载资料采用。

本次修订时,参照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009,在可变荷载代表值中增加了频遇值。本条为强制性条文。

3.1.7 本次修订时,取消了主厂房框排架基本组合采用简化组合的规定;摒弃了“遇风组合”的旧概念;补充了主厂房内设备和管道非正常运行工况的活荷载的组合原则。

3.1.8 根据与现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 相协调的原则,本标准重新明确了基本组合的荷载分项系数,增加了永久荷载效应控制的组合分项系数,同时补充了贮煤筒仓中的煤、灰渣库中的灰渣等荷载的分项系数。本条为强制性条文。

3.1.10 本次修订新增了屋面、楼(地)面活荷载的组合值系数、频遇值系数的取值。对各种荷载系数的确定作如下说明:

1 考虑到汽机房屋面结构的重要性,本标准钢筋混凝土不上人屋面的活荷载标准值一直采用 1.0kN/m^2 ;将汽机房、集中控制室屋面活荷载的准永久值系数取为 0.2,除氧间、煤仓间、气力除灰楼等可能堆放安装机具和材料的屋面为 0.4,其余建筑屋面活荷载的准永久值系数与现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定一致,仍取 0。

2 汽机房运转层楼面和地下室顶板及灰渣泵房进口悬臂平台等,其楼面活荷载取值较大,原因是安装检修期间临时放置了设备,事实上经常作用在楼面上的活荷载不大,即楼面活荷载出现的累积持续时间短,其准永久值系数应取小值,故均取 0.5。

3 主厂房的厂用配电装置室、空调机房、主控制室(网络控制室、通讯室)、母线间、开关室楼板等,其楼面活荷载取值包括了盘柜设备荷载,且设备布置相对密集,其准永久值系数应取大值,故均取 0.7~0.8。

4 化学水试验室、各楼梯间的楼面活荷载准永久值系数参照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中民用建筑的规定,

均取 0.5。其他楼面活荷载一般取 0.6~0.7(其中取 0.7 者居多)。

5 关于组合值系数取值,现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 没有明确荷载组合值的确定方法,主要是在工程设计的经验范围内,偏保守地加以确定,本标准也是根据这一原则来修订的。根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001(2006 年版)表 4.1.1,民用建筑楼面中各项一般取值为 0.7,而书库、档案库、储藏室、电梯机房为 0.9;而在工业建筑楼面中,共列了 6 种厂房 31 类车间,只有一种车间(一般光学仪器装配车间,产品在装配桌上装配时)才取 0.7,其余取 1.0 的有 19 类车间,占 61%,取 0.8 的有 11 类车间,占 35.5%,结合发电厂特点,从安全角度出发,除个别组合值系数取 0.7 外,其他大部分取 0.8~1.0,以确保结构安全。

6 关于频遇值系数取值,参照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 工业厂房楼面频遇值系数略高于准永久值系数,并结合电厂实际情况提出了一个初步值。根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 编制说明,频遇组合系数在考虑短期组合时,可根据设计的不同要求,分别采用荷载的标准组合或频遇组合,增加的频遇组合系指永久荷载标准值、主导可变荷载的频遇值与伴随可变荷载的准永久值的效应组合,其实质类似于准永久组合,仅其中的主导可变荷载的取值小于标准值而大于准永久值,即采用频遇值。频遇值系数的取值在目前的条件下很难确定,而现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中关于频遇值组合在实际工程实践中如何运用也无指导性条文可循,列入可变荷载频遇值系数,暂时没有实际意义。

3.1.11、3.1.12 本次修订补充了设备和管道荷载组合值系数、频遇值系数取值的规定。主厂房内设备[如除氧器、加热器、工业水箱、原(粉)煤斗中的煤(煤粉)、粗细粉分离器]和管道荷载均属长期作用的持久性活荷载,其荷载性质接近于永久荷载,故其组合值

系数、频遇值系数、准永久值系数均取 1.0。

由于主厂房工艺设计和结构设计荷载系数存在部分重复,即工艺管道荷载标准值的取值中包含了 1.4 的荷载修正系数,而结构计算中荷载分项系数取 1.3 时,产生部分重复,因此,对于框排架荷载基本组合,可将管道荷载乘以折减系数 0.9。

3.1.13 本次修订新增了主厂房内粉煤斗爆炸荷载及其他可能发生的爆炸荷载、设备短路荷载的效应组合规定。

3.2 屋面、楼(地)面活荷载

3.2.2 本条“楼面活荷载可按 $2.0\text{kN}/\text{m}^2$ ”系参照《建筑结构荷载规范》GB 50009 中工业建筑楼面上无设备区域的操作荷载取值,供必要时进行楼面结构核算用。一般情况下楼面活荷载宜按本标准表 3.2.2 的规定采用。

本次修订时,主要设备补充了给煤机、螺旋输粉机。考虑到随着单机容量加大,工艺设备管道布置及荷载增加的因素,对主要设备和主要管道补充了“荷载量级相当”的概念。

对本标准表 3.2.2 的修订说明:

1 增加了屋顶水箱间、除尘设备间、空调机房、继电器室等项目。

2 表中 600MW 机组除氧器层及低压加热器层楼面活荷载系根据调查分析后确定的。据调查,国产 600MW 机组除氧器层荷载采用 $6\text{kN}/\text{m}^2 \sim 10\text{kN}/\text{m}^2$,而引进的几个 500MW、600MW 机组采用的楼面荷载为 $10\text{kN}/\text{m}^2 \sim 25\text{kN}/\text{m}^2$,同时考虑到除氧器层布置与大机组发电厂卧式高(低)压加热器楼面的设备、管道和保温材料堆放等荷载因素相似,而高压加热器层荷载普遍采用 $10\text{kN}/\text{m}^2$,故综合分析后将 600MW 级机组除氧器层荷载定为 $10\text{kN}/\text{m}^2$ 。

对于低压厂用电楼面活荷载,《火力发电厂土建结构设计技术规定》DL 5022—1993(以下简称原标准)300MW 级及 300MW 级

以下机组采用 4kN/m^2 。由于电气设备技术更新,除一部分直流盘柜尚可满足外,当采用组合电器等产品时,楼面荷载值 4kN/m^2 明显偏小。通过调查了解到,电气目前通常采用的 Domino 柜、UPS 主机柜、干式变压器柜等,其楼面荷载均为 10kN/m^2 左右,近年不少 300MW 及 600MW 机组电厂,特别是一些引进机组和涉外发电厂,低压厂用电楼面荷载均在 $10\text{kN/m}^2 \sim 15\text{kN/m}^2$ 。因此本标准将 600MW 级机组发电厂低压厂用电楼面活荷载定为 10kN/m^2 ,而对 125MW 及 200MW~300MW 级机组则增加了说明“由工艺提供,对一般盘柜可按表列 6kN/m^2 采用”。

3 根据调查,300MW 及 300MW 以下机组控制室楼面荷载,按原标准 4kN/m^2 采用,基本能满足要求。调查发现继电器盘比老式的质量大,蓄电池室则因新型产品系多层叠放等布置形式,若继电器室、蓄电池室楼面活荷载按 4kN/m^2 取值则普遍偏低。本次修订按实际调查进行了调整,将控制室楼面、继电器室、蓄电池室楼面及屋面分别取值,将继电器室、蓄电池室楼面活荷载按不同单机容量分为 6kN/m^2 、 8kN/m^2 、 10kN/m^2 三级;将 600MW 级机组控制室楼面活荷载取为 10kN/m^2 。

厂用配电装置室、集中控制室的楼面活荷载仅适用于电缆支承在其下部电缆夹层楼面的情况,当电缆支架系吊在其楼板下时,应按实际荷载考虑。

4 本标准表 3.2.2 中第 30 项其他生产建筑物屋面,是针对实际建设中位于主厂房区的其他生产建筑,如电气楼、生产辅助楼、控制楼等,因靠近主厂房且较低矮,安装中经常有保温材料和安装机具堆放,故作此项规定。

5 设置屋顶风机的汽机房屋面,应由工艺专业提供通风机检修堆放荷载,但不应将整个汽机房屋面活荷载取值提高,应设置检修通道解决。

将调查中收集到的 300MW~600MW 级机组容量发电厂荷载资料列表如下(见表 1~表 5),以便今后设计类似发电厂时对照。

表 1 平圩发电厂 2×600MW 机组(美国引进)

名 称	荷载值 (kN/m ²)	说 明
一、汽机房		
1. 6. 10m 中间层		
开关室楼面	10	
蓄电池室、直流设备室楼面	7. 5	
格栅楼面	5	
2. 13. 70m 运转层		
汽机基座顶板	30	
检修区域楼面	30	检修发电机时转子重 720kN
检修区域楼面	20	
格栅楼面	5	
3. 屋面	2	
二、除氧间		
13. 70m 运转层楼面	10	
6. 10m、19. 80m 高压加热器层楼面	5	格栅楼面
29. 00m、34. 50m 除氧器层楼面	5	
屋面	2	
三、煤仓间		
17. 00m 给煤机层楼面	10	
44. 60m 皮带层楼面	10	
皮带机头部传动装置楼面	10	
其他楼面	7. 5	
50. 60m 输煤除尘器层楼面	7. 5	
52. 667m 输煤转运站楼面	10	
屋面	2	
四、集控楼		
6. 10m 电气设备室楼面	7. 5	

续表 1

名 称	荷载值 (kN/m ²)	说 明
13.70m 控制室楼面	7.5	
19.20m 空调机设备室楼面	7.5	
屋面	2	

注:1 格栅楼面活荷载取 5kN/m²,钢筋混凝土楼板活荷载取 7.5kN/m²;

2 表中荷载不包括管道荷载,管道荷载只能由梁承受;

3 除氧间:6.10m、13.70m 及 19.80m 高压加热器的检修通道荷载按机务设计者提出拖运路线及具体荷载后设梁承受;

4 汽机间 13.70m 运转层:

设计荷载为 30kN/m² 范围内的楼板,除按均布活荷载 30kN/m² 考虑外,还需考虑 1/2 发电机转子重量作为集中荷载作用于梁的跨中,此时楼板仅考虑静荷载,且钢梁的容许应力提高 1/3;

设计荷载为 20kN/m² 范围内的楼板,除按均布活荷载 20kN/m² 考虑外,还需考虑 1/2 最大设备件重量(发电机转子除外)作为集中荷载作用于梁的跨中,此时楼板仅考虑静荷载,且钢梁的容许应力提高 1/3;

5 安装、检修设备时,设备按检修荷载布置图堆放和搬运,如高压加热器的检修通道设计荷载为 20kN/m²。

表 2 元宝山发电厂 1×600MW 机组主厂房设计活荷载(法国、德国)

名 称	荷载采用值(kN/m ²)		法国、德国提供 数值(kN/m ²)
	楼面	计算框架	
一、汽机房			
±0.000 地面检修场地	60.40	—	60
±0.000 地下室顶板	10	—	20
±0.000 钢盖板	5	—	10
13.000m 以下各层平台	10	—	10~20
13.000m 运转层检修场地	30	—	40
13.000m 运转层非检修场地	12	—	20
13.000m 运转层钢盖板	5	—	5

续表 2

名 称	荷载采用值(kN/m ²)		法国、德国提供 数值(kN/m ²)
	楼面	计算框架	
A、B排柱悬臂平台	6	—	4
二、除氧煤仓间			
±0.000、6kV 配电装置	10	10	10
4.400m 电缆夹层楼面	4	3	—
6.600m 管道层楼面	10	6	10
7.400m 继电器层楼面	10	7	10
13.000m 运转层楼面	10	6	5~40
20.000m 水箱层楼面	10	4	10
28.000m 给煤皮带层楼面	4	3	—
45.000m 皮带机头部楼面	10	—	—
45.000m 皮带层楼面	4	3	—
55.000m 除氧器层楼面	10	4	10
屋面	4	3	—
三、锅炉房			
±0.000 地面(磨煤机转子通道除外)	20	—	—
13.000m 楼面	8	6	5
20.000m 运转层楼面	10	8	10
28.000m 给煤皮带层楼面	6	3	5
屋面	4	3	5

表 3 大连及福州发电厂 2×350MW 机组设计活荷载(日本)

名 称	荷载值(kN/m ²)			
	板	梁	结构分析	地震计算
一、汽机房				
格栅及花纹钢板楼面	1.5	1.3	1.3	0.5
开关室楼面	5	4	4	0.5

续表 3

名 称	荷载值(kN/m ²)			
	板	梁	结构分析	地震计算
电气室楼面	5	4	4	0.5
蓄电池室楼面	5	4	4	0.5
运转层楼面	10	10	5	0.5
高(低)压加热器楼面	5	5	3	0.5
控制室楼面	3	1.8	1.8	0.8
办公室楼面	3	1.8	1.8	0.8
其他楼面	1.8	1.3	1.3	0.5
屋面	0.6	0.6	0.6	0.3
二、输煤系统				
碎煤机室楼面	1.5	1.3	1.3	0.5
转运站楼面	1.5	1.3	1.3	0.5
运煤栈桥楼面	1.5	1.3	1.3	0.5
三、除灰建筑楼面	1.5	1.3	1.3	0.5

注:1 表中荷载不包括管道荷载;

2 若设备实际荷载超过表中活荷载,应按设备实际荷载考虑。

表 4 江油发电厂 2×330MW 机组主厂房设计荷载(法国)

名 称	荷载值 (kN/m ²)	说 明
一、汽机房		
1. ±0.000		
集中检修地坪	40	
其他场地(包括地下室顶板)	20	
钢盖板	4	
2. 6.000m 中间层楼面	10	

续表 4

名 称	荷载值 (kN/m ²)	说 明
3. 12.000m 运转层		
汽轮发电机检修区域楼面及汽机基座平台	40	
其他区域楼面	20	
钢盖板	4	
4. 屋面	1	
二、煤仓间		
1. ±0.000 磨煤机地坪	40	
2. 12.000m 运转层楼面	6	
3. 22.000m 给粉机楼面	5	
4. 35.000m 煤斗层楼面	5	
5. 42.500m 皮带层楼面	5	
6. 42.500m 皮带机头部传动装置楼面	10	
7. 屋面	5	
三、锅炉房		
1. ±0.000 地坪	10	通过重件的地坪取 30kN/m ²
2. 12.000m 运转层楼面	—	法国设计,无荷载资料
3. 屋面	—	法国设计,无荷载资料
四、电气楼		
1. ±0.000 中、低压配电盘室楼面	10	
2. 4.500m 电缆夹层楼面	10	
3. 7.500m 开关室、蓄电池室楼面	10	
4. 12.000m 集中控制室楼面	10	

注:高压加热器、低压加热器及除氧器均布置在汽机房。

表 5 宝钢发电厂 2×350MW 机组(日本)主厂房荷载

名称	恒荷载(kN/m ²)			活荷载(kN/m ²)			管道荷载(kN/m ²)	设计荷载(kN/m ²)			计算柱轴力时	
	板	小梁	大梁	板	小梁	大梁		板	小梁	大梁	框架(kN/m ²)	基础(kN/m ²)
格栅板楼面	0.5	0.9	1.2	1.5	1.3	1.3	(2.5)	2	2.2 (4.7)	2.5 (5)	1.2 (2.7)	1.2 (2.7)
一般混凝土楼面	3.6	4.4	4.7	1.8	1.3	1.3	(2.5)	5.4	5.7 (8.2)	6 (8.5)	4.7 (6.2)	4.7 (6.2)
金属开关室楼面	3.6	4.4	4.7	10	10	10	—	13.6	14.4	14.7	14.7	11.7
电气室楼面	3.6	4.4	4.7	10	10	10	2.5	13.6	16.9	17.2	17.2	13.2
蓄电池室楼面	3.6	4.4	4.7	5	5	5	—	8.6	9.4	9.7	9.7	8.2
汽机房 6.000m 层楼面	3.7	4.5	4.8	10	10	10	2.5	13.7	17	17.3	6.3 (17.3)	6.3
汽机房 12.000m 层一般区域 楼面	3.7	4.5	4.8	10	10	10	2.5	13.7	17	17.3	6.3 (17.3)	6.3
汽机房 12.000m 层检修区域 楼面	3.7	4.5	4.8	20	20	20	2.5	23.7	27	27.3	6.3 (27.3)	6.3
中间室楼面	3.6	4.4	4.7	1.8	1.3	1.3	2.5	5.4	8.2	8.5	6.2	6.2
控制室楼面	4.4	5.2	5.5	3	1.8	1.8	—	7.4	7	7.3	7.3	6.3
屋面(有管道)	3.9	4.4	4.7	0.6	0.6	0.6	2.5	4.5	7.5	7.8	6.2	6.2
屋面(无管道)	3.9	4.4	4.7	0.6	0.6	0.6	—	4.5	5	5.3	4.7	4.7

注:1 重量大的主蒸汽管、冷却水管等,按实际荷载考虑;

2 设备运输、堆放产生的荷载按临时荷载考虑,计算时钢材的容许应力提高 1/3;

3 安装、检修主要设备时,按堆放布置图搁置;

4 括号内数值用于有管道荷载时。

6 对于单机组容量 1000MW 的发电厂,由于目前投运的装机台数不多,主厂房屋面、楼(地)面活荷载取值参考了已投运工程的设计取值,设计者可根据实际情况确定。表 6 列出了邹县发电厂四期、玉环发电厂 1000MW 机组的荷载资料。

表 6 邹县发电厂四期、玉环发电厂 1000MW 机组主厂房荷载标准值

名 称	荷载值(kN/m ²)	
	邹县	玉环
一、汽机房		
1. 中间层		
管道夹层	6	10
厂用配电装置楼面	10	10
蓄电池室、直流设备室楼面	—	10
格栅楼面	4	4
2. 运转层		
汽机基座顶板	40	40
检修区域楼面	20	20
检修区域楼面	检修大件荷载 ^① +10	20~40(按工艺资料)
格栅楼面	4	4
3. 屋面	1	1
二、除氧间		
1. 运转层楼面	10(加热器区域),6(其他区域)	15
2. 高低压加热器层楼面	12 ^② (加热器区域),5(其他区域)	10
3. 除氧器层楼面	10(除氧器区域),6(其他区域)	10
4. 屋面	2	4
三、煤仓间		
1. 给煤机层楼面	10(给煤机区域), 6(其他区域)	10 8(炉前平台)
2. 皮带层楼面	5	5

续表 6

名 称	荷载值(kN/m ²)	
	邹县	玉环
3. 皮带机头部传动装置 楼面	10	10
4. 输煤除尘器层楼面	布置在皮带层	10
5. 屋面	2	2
四、集控楼		
1. 控制室楼面	10	10
2. 电子设备室楼面	10	10
3. 电缆夹层	5	—
4. 空调机设备室楼面	4	7
5. 屋面	2	1

注:1 汽机房检修平台大件堆放荷载按机务所提大件摆放图确定,除高、中、低转子按支承点荷载采用外,其余均按照等效均布荷载采用;

2 邹县发电厂加热器采用双排布置,楼面活荷载取值考虑了此因素。

3.2.4 主控制室的楼面活荷载 4kN/m^2 仅适用于电缆支承在其下部电缆夹层楼面的情况,当电缆支架系吊在其楼板下时,应按实际荷载考虑。

本标准表 3.2.4-1、表 3.2.4-2 参照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 补充组合值系数、频遇值系数,有关补充说明如下:

1 修订后,表 3.2.4-1 中主控制楼、屋内配电装置项与《220kV~500kV 变电所设计技术规程》DL/T 5218—2005 相协调,并增加了 220kV~500kV 屋内 GIS 组合电器配电装置楼面项。

2 增加干灰库、脱硫建筑物等楼(屋)面荷载项;取消扒煤机、绞车房等不再使用的设备用房。

3 碎煤机室框架计算时,设备既按运行状态乘以设备动荷载系数,楼面活荷载又按安装时最大活荷载 $10\text{kN/m}^2 \sim 20\text{kN/m}^2$ 采

用,是不合理的组合。根据调查的实际情况,并考虑适当简化的原则,碎煤机室框架计算可按安装、运行检修两种工况分别进行荷载效应组合并取其最不利组合值。其中按运行检修情况(包括两台碎煤机运行及一台运行、一台备用或检修状态)组合时,楼面活荷载应按 $4\text{kN}/\text{m}^2$ 采用,因为该情况下楼面没有大量放置设备零部件及检修机具,楼面活荷载实际很小。

4 根据调查,运煤栈桥楼面安装、检修时,皮带卷均置于转运站,长皮带接头时,也是将皮带卷先放置于转运站的皮带机头部传动装置楼面上,然后沿皮带方向铺开滑下,安装时皮带托辊也不集中堆放在一起,因此,栈桥楼面活荷载不会很大。当皮带宽度小于 1.2m 时,楼面活荷载取值 $3\text{kN}/\text{m}^2$,皮带宽度为 $1.2\text{m}\sim 1.4\text{m}$ 时,其荷载增加至 $4\text{kN}/\text{m}^2$ 还是可行的;当皮带宽度大于 1.4m 时,则应按实际荷载考虑,建议皮带宽度 1.4m 时取 $5\text{kN}/\text{m}^2$,宽度 1.6m 时取 $6\text{kN}/\text{m}^2$ 。

3.2.6 300MW 级及 300MW 级以上机组,应根据工艺设备大件堆放的分布情况确定汽机房运转层检修区荷载取值。对重量较大的设备(如高、中、低转子)宜布置于汽轮发电机基础平台上。施工图还应附有检修部件的荷载分区图,供建筑装修时完成标志制作时用,并指导安装及运行检修时大件堆放。

3.3 吊车荷载

3.3.1 吊车荷载的标准值、组合值、频遇值和准永久值,以及吊车荷载的动力系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值。

3.3.2 汽机房、灰浆泵房、修配厂、检修间及引风机室等厂房吊车为轻级工作制,燃煤及除灰建筑的桥式抓斗吊车应按重级工作制设计,按照现行国家标准《起重机设计规范》GB/T 3811 的规定,一般情况下轻级工作制相当于 A1~A3 级,重级工作制相当于 A6 级、A7 级。

3.3.3 主厂房吊车的竖向荷载和水平荷载,当汽机房设两台吊车时,吊车梁及其支承牛腿的竖向荷载及水平荷载均按两台吊车额定起重量考虑,这主要是因为吊车抬吊发电机静子及吊车安装后均要做超载试验等情况。

3.4 风、雪荷载

3.4.1 发电厂风、雪荷载计算时,一般按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定执行,包括基本风压、基本雪压的确定,风振系数和阵风系数的取值和计算方法等。

3.4.2、3.4.3 风荷载体型系数当本标准有规定时,应按本标准执行。表 3.4.2 和表 3.4.3 根据 1977 年在北京进行的主厂房风洞试验结果《主厂房风载体型系数试验报告》、《露天悬吊锅炉风载体型系数试验报告》等制定,补充了汽机房为无天窗、除氧间低于汽机房屋面体型的风荷载体型系数。

3.4.4 新增了大型工艺设备和管道的风荷载体型系数。

3.4.5 运煤栈桥的风荷载体型系数取自原 87 版《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87。现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001(2006 年版)第 7 章修订时将其取消,为方便使用,本次修订收录到本标准。

3.4.6 空冷器支架整体结构分析应考虑挡风墙表面、冷凝器顶部蒸汽分配管道和管束表面、风机风筒表面、平台结构构件和支柱表面以及排气立管、相连的电梯楼梯的风荷载作用。本标准表 3.4.6 中的挡风墙风荷载体型系数取值参考了工程的设计经验数据和现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中类似的体型系数取值。

4 主 厂 房

4.1 基本规定

4.1.3 钢筋混凝土主厂房结构具有经济性好、维护方便等特点,一般情况下主厂房框排架主梁、主柱宜优先选用钢筋混凝土结构。主厂房主要承重结构采用组合结构工程的实例较少,20世纪80年代主厂房采用角钢焊接骨架的型钢混凝土结构、锅炉炉架采用钢管混凝土结构等均有工程实例,如姚孟发电厂主厂房、荆门发电厂锅炉等。

现浇钢筋混凝土梁板、预制钢筋混凝土梁板是传统的形式。近年来,钢梁-混凝土板组合梁结构在汽机房平台、框架各层楼(屋)盖应用上较为广泛,在管道、设备布置密集的区域,具有方便设计、施工和安装的优点。

4.1.5 温度伸缩缝间距的取值和温度应力的计算是一个非常复杂的问题,也缺乏实测和试验研究数据。考虑到现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010关于温度伸缩缝的间距一直沿用原有标准数值,因此本标准修订时也保留了原标准的数值。通过工程实践,75m长的现浇钢筋混凝土结构主厂房当施工中采取必要的措施,结构设计增加适量的温度钢筋时,能够满足设计标准的要求。

当有充分论证,采取有效措施(如设置后浇带、改变底层纵梁布置等)或经验算满足要求时,可适当增大温度伸缩缝的间距。

本次修订增加了钢结构主厂房纵向温度伸缩缝间距不宜大于150m的规定,主要参照了现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017,并结合发电厂的实际情况确定。

4.1.7 针对主厂房结构体系和荷载分布的复杂性,采用空间杆系

模型进行结构内力分析,能够更准确地反映结构实际受力和变形特征。目前钢结构主厂房空间分析软件及其应用技术比较成熟,而钢筋混凝土主厂房结构空间分析应用还存在进一步研究的必要,因此,可根据工艺设备和结构布置选择有代表性的框架进行平面计算,对空间计算结果进行平面分析验证。

4.1.8 理论分析及相关试验均表明:现浇钢筋混凝土楼板、钢梁-现浇钢筋混凝土组合楼板的空间作用十分明显,在空间计算模型中应予以考虑。

4.2 钢筋混凝土框排架结构

4.2.2 汽机房内一般均设置吊车,设置柱间支撑是增加厂房结构纵向刚度的需要。当纵向结构梁柱采用刚接时,是否设置柱间支撑可根据结构分析计算确定。

4.2.5、4.2.6 在主厂房框(排)架的汽机房外侧柱排架方向,其顶部通过屋面梁及钢支撑屋盖系统与框架相连,下部有平台相连,从柱所承受的荷载及上下柱的高度比来看,与单层厂房排架柱有较大差别,原标准上柱计算长度系数为 2.5,下柱为 0.9,与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的取值不同。本次修订取消了表 4.2.5 中汽机房无吊车的类型,并参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010,将下柱计算长度系数由 0.9 调整为 1.0。汽机房外侧柱在垂直排架方向,多采用梁柱刚接的框架结构或框架-支撑结构,故本条文表 4.2.5 中仅列出梁柱刚接的形式,其他形式可按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定取值。

除氧煤仓间框架柱的计算长度系数与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中框架结构的规定一致。

4.2.7 本条文针对屋内布置锅炉的外框架伸出柱的计算长度规定也适用于汽机侧。外煤仓框架伸出柱、内煤仓框架伸出柱均通过屋面梁及屋盖钢支撑系统与锅炉房外侧柱相连。在柱顶轴向压

力 N 作用下, 柱的弹簧刚度 C 可按下式计算:

$$C = \frac{3EI}{H^3} \left(1 - \frac{N}{N_{cr}} \right) \quad (1)$$

式中: N ——柱顶轴向力的总和;

N_{cr} ——悬臂柱的临界荷载, 可由欧拉公式求得。为了使计算

简化, 取 $1 - \frac{N}{N_{cr}} = K$ 为一固定值, 条文中取 $K = 0.3$ 。

柱底端固定, 柱顶为弹性支承(支承的弹簧刚度为 C)时, 柱稳定方程可用下式表示:

$$\eta = \frac{\left(\frac{\pi}{\mu_0} \right)^3}{\left(\frac{\pi}{\mu_0} \right) - \tan \left(\frac{\pi}{\mu_0} \right)} \quad (2)$$

根据式(2)编制了条文的表 4.2.7-2。可由 η 参数值查得柱底固定时柱的计算长度系数 μ_0 值。

外煤仓、内煤仓框架伸出柱及锅炉外侧柱的计算长度表示为两个因子的乘积[式(4.2.7-1)], 式中的调整系数 a 是考虑到框架伸出柱段下端为不完全固接的情况。

4.2.9 根据框架节点的平面有限元的应力分析, 梁支座处的最大弯矩设计值是在距柱中心线 $\frac{1}{3}b$ 处(b 为柱的断面高度), 在柱外边缘处趋于零。由杆系模型计算的梁支座最大弯矩 M_s 位于柱中心, 当梁支座弯矩设计值取距柱中心线 $\frac{1}{3}b$ 处的弯矩设计值 M_b 时, 经过大量的比较计算得知: M_b 值恰与柱中心线处的梁支座最大弯矩设计值 M_s 减去 $\frac{1}{3}Vb$ 后的值相同(V 为柱中心线处的梁支座剪力设计值), 误差在 1% 以内, 因此, 可采用式(4.2.9)来计算。

4.2.10 采用刚域简图进行内力分析比较符合结构的实际受力情况, 特别是结构的自振特性和变形可更接近实际。汽机基座采用刚域简图已应用多年, 发电厂主厂房节点刚域长度计算公式采用

了经专家鉴定的节点刚域简图研究成果,比较成熟,可在工程中应用。

4.2.12、4.2.13 新增了钢梁-钢筋混凝土板组合梁结构的计算规定。

4.2.15 本条及附录 C 根据《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》科研项目的“钢-混凝土组合梁抗弯剪扭的试验研究”成果编写,提供了计算方法和计算公式,适用于楼板钢-混凝土组合梁截面复合受扭的工字形截面梁。

4.2.16 条文修订时,取消了压型钢板与钢梁焊接的规定。对组合楼(屋)盖,栓钉或剪力件采用熔透压型板与钢梁焊接的形式,能够满足整体性连接的要求。对非组合楼(屋)盖,压型钢板应满足支承和搭接长度要求,并选用与压型钢板配套的专用连接件连接。

4.3 钢框排架结构

4.3.3 根据工程经验,条文中列出了发电厂钢结构主厂房常见的结构体系。常见的横向结构有梁柱铰接的中心支撑框架体系,也有采用梁柱刚接的框架-中心支撑结构体系。纵向结构多采用梁柱铰接的中心支撑框架体系。柱脚多为地脚锚栓连接,采用双向铰接或横向单向刚接的形式。

4.3.4 考虑到主厂房结构布置复杂、设备荷载较大和变化因素较多等特点,以及钢结构弹塑性设计和相关理论的应用研究尚缺乏经验,本次修订仍维持原标准的规定,结构内力按弹性阶段计算分析确定。

4.3.5 条文列举了主厂房常用的构件截面形式。

4.3.7、4.3.8 受厂房工艺设备及其检修的限制,主厂房横向柱间垂直支撑上、下贯通难度较大,厂房纵向柱间垂直支撑设在中部并上、下贯通一般容易实现,当无法上、下贯通时允许分层设于相邻柱间。大截面柱采用双肢支撑,对防止柱产生扭转有利。

4.3.9 设计应优先选择支撑中心线汇交于梁柱中心线交点。在

发电厂工程结构中,由于梁柱截面尺寸大导致支撑中心线难以交汇,设计时需要考虑偏心受力的影响。

4.4 屋面结构

4.4.1 在汽机房屋面梁的选用范围中,本次修订根据工程应用的实际情况,增加了实腹钢屋面梁、空间网架结构的内容。近年来主厂房天窗已被屋顶通风器、屋顶机械排风机等取而代之,因此取消了天窗架的内容。

通常的正放四角锥网架结构长宽比在 1.5 : 1.0 以内比较适合。汽机房屋盖平面长宽比约为 3 : 1,且为两边支承,汽机房网架可根据综合技术经济比较选用。

4.4.2 在燃煤发电厂中汽机房跨度一般均大于 18m。关于钢筋混凝土屋架和预应力钢筋混凝土屋架,由于其预制、吊装难度大,近十年来已无使用的记录,本次修订不再列入。汽机房屋面采用实腹钢梁有不少应用实例,与钢屋架相比,具有美观和设计制作简单的优点,但用钢量相对较大,特别是跨度较大时更为突出。

4.4.4 主厂房采用屋顶通风机机械排风已有多年运行和检修经验,使用初期有反映风机与轻型屋面发生共振现象的,主要原因是屋面采用了质量较轻的复合压型钢板,风机转速高、功率大。一些工程采取设置现浇板带的措施,工艺专业将风机功率及转速降低,取得了较好效果。

4.4.6、4.4.7 关于考虑厂房柱对屋架弦杆产生的附加拉力或压力的影响,原标准规定,汽机房屋架弦杆增加的内力值为屋架弦杆最大计算拉力或压力的 5%~10%,锅炉房为 8%~15%。现在采用计算机空间分析手段完全可以直接取得此数值,因此本次修订改为按整体结构分析确定。

调查研究表明,汽机房空间网架屋盖结构在国内发电厂发生过垮塌事故,其主要问题如下:计算模型与实际结构出入较大,未考虑网架结构设计边界条件对杆件内力影响较大而造成的网架支

承结构杆件设计内力偏差;缺少温度附加应力影响的考虑;采用满应力设计,未留出必要的安全储备;支座设计和连接薄弱;材料采购与安装环节管理疏漏;在高烈度地震作用下,设计受拉杆件内力变为压杆,造成结构整体失稳。因此本标准提出了相关要求。

4.4.9~4.4.14 这几条针对有檩体系屋盖,在原标准的基础上归纳和整理而成,同时也比较了国家相关标准的要求,加强了屋架下弦纵向水平支撑的设置,补充了跨度大于36m屋架纵向水平支撑和垂直支撑的设置要求。

4.4.16 针对凝汽器安装或检修抽管的空间需求,汽机房外侧柱局部调整柱距,需要设置屋架托架,本条提出了对应位置增设水平支撑和垂直支撑的要求,以确保屋盖系统的稳定性。

4.4.17 本次修订新增了实腹钢屋面梁的屋盖设置垂直支撑的要求。

4.5 外墙结构

4.5.1 近年来主厂房外墙围护结构,当承重结构为钢筋混凝土结构时,采用砌体结构和金属压型墙板的居多,大型墙板的选用减少,有些工程采用了砌体加外饰金属压型钢板,即由砌体承重兼保温、金属压型墙板外部修饰的围护结构。当承重结构采用钢结构时,外墙以采用金属压型墙板为主。对围护结构的选型应因地制宜,灵活掌握。

4.5.3 条文规定是针对结构沿外墙柱距、梁间距较大时,需要设置钢结构墙体骨架梁或立柱的情况。当墙体骨架梁或柱采用冷弯薄壁型钢时,应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的规定。

4.5.4 由于墙板安装后,螺栓及埋铁等外露铁件不便维护,考虑到钢材腐蚀的影响,因此应适当加大螺栓直径及埋铁的厚度。

4.5.5 扩建端山墙采用钢结构承重和轻型材料围护,主要是考虑扩建时拆卸方便。

4.5.7 本次修订针对汽机房大平台与主厂房联合的结构布置,提出了协调山墙、大平台和厂房柱基础沉降的要求,防止墙体、连接部位因差异变形过大而产生裂缝。

4.5.8 固定端山墙施工完成时,多数工程的扩建端山墙还没有封闭,固定端山墙的风荷载体型系数考虑了厂房一端敞开的影晌,即取固定端山墙迎风面和背风面的风荷载体型系数之和, $\mu_s = \pm 1.1$ 。

4.5.9 山墙柱平面内计算长度适用于柱与各层梁节点刚性形成的框架结构形式,平面外计算长度适用于柱底部固接、顶部铰接的结构形式。

4.6 煤斗及吊车梁

4.6.1 根据对主厂房煤斗的调查表明,采用钢结构煤斗是适宜的。钢结构煤斗施工方便,运行安全可靠,结构自重轻,对厂房框架结构抗震有利,已在工程中得到了广泛的使用。

4.6.2、4.6.3 煤斗的外形一般应根据工艺专业提出的要求确定。条文列举了煤斗出口段、侧壁的水平夹角的工艺技术规定。

4.6.5 为减轻发电厂因粉煤斗煤粉爆炸的事故损坏,原标准根据专家会议的建议,粉煤仓要能承受 10kN/m^2 的爆炸压力。现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229—2006 第 6.2.1 条第 5 款修订时,参考国内外标准提出,在粉煤斗上设置防爆门(设计动作压力 $1.0\text{kPa} \sim 10\text{kPa}$)的条件下,将爆炸压力提高到 40kN/m^2 。

4.6.10、4.6.11 本次修订提出煤斗外形过渡段及下部漏斗段宜设置内衬,以减少堵煤现象,内衬材料应选择不锈钢板、不锈钢复合钢板或其他阻燃材料。根据对单机容量为 200MW 及 200MW 以上的主厂房煤斗的调查,钢结构煤斗斗壁厚度一般都大于或等于 10mm。

4.6.12 支承煤斗的大梁,特别是支承圆筒仓的大梁,如相邻支承点之间的挠度差过大,则将给筒体和支座圈环梁带来过大的附加

应力。根据国内外一些经验,各支承点之间的挠度差不应超过3/16英寸,即5mm,本次修订仍维持不变。本次修订根据研究报告和工程应用经验,提出采用悬吊式煤斗的内容,吊点间的挠度差值可参见支承式煤斗。

4.6.14 确定煤斗外形应与主厂房框架结构相协调,留出施工安装上所需的间隙,避免发生安装困难和无法安装的情况,在连接做法上宜考虑有一定的灵活性措施。

4.6.17 本条旨在保护煤斗内侧外露螺栓和焊缝不受磨损。煤斗一般采用对接焊缝,但矩形煤斗的四角很难避免出现角焊缝,若不采取保护措施,则会造成焊缝被磨损。

4.6.18 煤斗内煤与内壁经常发生摩擦运行,油漆很快会被磨掉,故在煤经常流动的范围不必涂刷油漆。分离式内衬是指二次敷设的耐磨内衬。

4.6.20、4.6.21 本次修订补充了钢结构吊车梁的计算原则。明确了主厂房吊车梁可不进行疲劳验算。为检验吊车的起吊和运转能力,一般对新吊车都须进行超载(超过铭牌出力)试验,当试验荷载离端部较近时,吊车轮压可能超过设计值。此外,工程中的发电机静子重量大都超过吊车铭牌出力,故应根据工程吊装的实际情况进行验算。

4.6.24 钢吊车梁的抗扭能力较小,会发生轨道偏位等现象,一般采用整体调整吊车梁的做法,为方便起见,钢吊车梁与柱的连接应避免焊接。

4.6.26 有些工程吊车梁预留螺栓的位置不太理想,此外,吊车经长期运行后可能因各种原因发生卡轨等现象,需要调整轨道位置,有时螺栓位置也要移动,因此宜采用留孔埋置的做法,后灌部分可采用硫磺砂浆。

4.6.27 本条引自现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的相关规定,提高了钢吊车梁腹板与翼缘的焊接和拼接要求。

4.7 锅炉电梯井结构

4.7.2 小容量机组当两台锅炉设一部电梯时,可采用独立式电梯井。一台炉设一部电梯时,应优先采用与1台炉架相连的外依附式或内依附式结构形式。外依附式或内依附式电梯井的水平荷载由炉架承受,结构耗材量较少,其中外依附式电梯井的优点是不影响锅炉本体的工艺布置,与锅炉制造厂家联系配合简单,因而工程应用较多。

4.7.7 按照现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229—2006第5.3.1条的规定,主厂房电梯应能供消防使用,要求电梯的井底应设置排水设施,排水井的容量不应小于 2m^3 等。

5 地基与基础

5.1 基本规定

5.1.2 根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定,对火力发电厂各类建(构)筑物地基基础三个设计等级的划分进行了修订,甲级设计等级中增加了 220kV 以上的屋内配电装置楼、空冷器支架、跨度大于 30m 的厂房建筑、场地及地质条件复杂的建筑物;烟囱高度提高到 200m。

5.1.3 本次修订增加了空冷器支架的地基变形允许值,主要借鉴了实际工程经验。明确表 5.1.3 中锅炉基础地基变形允许值适用于“丌”形锅炉基础。对于塔式锅炉炉架基础的沉降,目前各工程实际控制较严格,尚缺乏相关研究。

本标准表 5.1.3 所列主厂房地基的变形允许值主要是从上部结构和设备管道适应地基变形方面考虑。关于主厂房地基的容许沉降量的确定,涉及不同的单机容量、不同地区、不同地质条件、不同的结构形式,就目前情况而言,还难以全面考虑。设计者可根据不同地区的设计经验,参照各地方标准和规范进行调整。

表 5.1.3 中汽轮发电机基础与框架基础、锅炉基础与框架基础之间的容许沉降差,其 0.005L 的数值主要是根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007,并综合工艺管道支吊架的适应能力。即使各建(构)筑物间设置有沉降缝,但这些部位高温高压管道较为集中,过大的差异沉降会造成管道接头拉开引发事故。

对常规布置的发电厂主厂房,实测沉降资料显示,当地基均匀且地基处理形式相同时,主厂房的主沉区在除氧煤仓间框架靠煤仓间部位,因而控制这部分的沉降量就能大致控制主厂房的沉降

量。表 5.1.3 中所列主厂房框架的天然地基及桩基的容许沉降量及汽机房外侧柱天然地基的容许沉降量,主要是根据部分火力发电厂的实测资料,根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 及上海市有关地基基础的设计规范确定的。

主厂房地基实测变形值反映了已建工程的实际状况,可作为今后工程设计的借鉴,故予以保留。表 7 汇集了 14 个发电厂的实测沉降值。

表 7 主厂房基础实测沉降汇总表

序号	基础形式	观测点 发电厂名称	汽机房外侧柱	主厂房框架	汽机基础	锅炉基础
			最大沉降量 (mm) 纵向倾斜 (‰)	最大沉降量 (mm) 横、纵向倾斜 (‰)	最大沉降量 (mm) 横、纵向倾斜 (‰)	最大沉降量 (mm) 横、纵向倾斜 (‰)
1	桩基	吴泾电厂 4号机	140	193	119	142
2		闵行电厂 8、9号机	42 0.7	39 2.0、1.0	15 0.5	45 1.3、1.5
3		望亭电厂 11、12号机	—	—	—	141 1.0、0.5
4		闸电 15、16号机	41 1.3	112 0.6	41 0.8、0.7	115 0.5、1.0
5		谏壁四期	—	40	21	—
6		镇海一期	37	73	57	77
7		吴泾电厂 5号机	26 0.5	41 1.0、0.6	22 0.5	37 1.2、0.5
8		闵行电厂 10、11号机	45	39	50	33
9		宝钢电厂	32 0.5	33 0.5	42 0.5	32 0.5
10		南京热电厂	6	5	4	6
11	天然基础	望亭电厂 11、12号机	74 0.5	161 3.0	158 1.8、0.5	—
12		谏壁四期	25	—	—	70
13		焦作一期 1号机	59 0.9	275 2.5	92 2.0	235 2.9
14		洛河一期	12	10	10	12

5.1.5 发电厂主要建(构)筑物与一般建(构)筑物多采用两种及两种以上的地基处理方案,在安全可靠的同时,也满足了经济合理的要求。

根据以往一些工程实例,主厂房各结构单元采用了不同的地基处理形式,只要合理控制主沉区及相邻基础的变形差异,实践证明是行之有效的。如框架和汽机基础和锅炉分别采用天然地基或桩基,或根据各部位沉降差异特点选择不同的桩长等。也有不少工程在同一单元混合使用钢筋混凝土桩和钢管桩,也取得了预期的效果。

5.1.6 本次修订新增了有关地基处理原体试验、施工监测和检测的原则性要求。

5.1.7 现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002第8.5.5条规定:“在同一条件下的试桩数量,不宜少于总桩数的1%,且不应少于3根”。由于发电厂(特别是大容量发电厂)总桩数较大,若按此规定试桩数量过多,因此条文确定试桩数量为工程总桩数的1‰~5‰,当工程地质均匀时取其下限,工程地质较为复杂时取其上限,但不应少于3根。

5.1.8 本条参照国家现行标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的规定,增加工程桩检测数量,同时区别不同桩型、不同检测项目的检测比例和要求。

工程桩施工与原体试验条件的差异,如工程桩的挤土效应差异、施工工艺调整、桩长变化、场地条件变化、高应变法抽样检测异常等。

5.1.9 本条按建筑物地基的设计等级对建筑物沉降观测作了相应规定,并强调将沉降观测资料作为工程质量检查的依据,有利于保证工程质量,积累工程资料。另外,对持力层为基岩、桩为嵌岩桩的甲、乙级建筑有经验时,也可不进行沉降观测。

需要进行沉降观测的丙级建筑物一般指需要进行地基变形计算,或需要进行施工变形检测的建筑物。

5.2 地基计算

5.2.1~5.2.3 按《建筑地基基础设计规范》GB 50007的要求,修

改了地基基础设计计算应遵守的原则,增加了桩基沉降验算的规定。按照规定:甲、乙级的建筑物均应按地基变形设计,因此本次修订取消了“主厂房可不按地基变形计算的地基承载力表”。第5.2.1条为强制性条文。

5.2.6 本条在原标准内容的基础上,增加了软土地基上的大面积堆载场地尚应验算地基稳定性的规定,是基于软弱地基堆煤场的沉降,导致邻近建筑物倾斜、地基滑移实际案例的考虑。本条为强制性条文。

5.2.7 根据主厂房吊车使用频率不高,最大吊重使用频率较低的实际情况,规定计算地基沉降时可不考虑吊重。

5.2.8 本条强调确定沉降计算经验系数的取值时应重视地方标准和地方经验的采纳。

5.3 软弱地基

5.3.2 本条基本保留了原标准的内容。第1款第2项系针对小型机组,对200MW以上主厂房,其框排架与汽机房平台、山墙等一般都采用大平台整体布置,无法设置沉降缝,对此建筑应注意协调减少相邻结构地基的沉降差异。

5.3.3 发电厂主要建(构)筑物常用的地基深层处理方案有预制桩(管桩、方桩)、灌注桩及钢管桩等。表8列举了近年来软弱地基几种比较成熟的浅层处理方法和适用范围。

表8 软弱地基常用的浅层处理方法和适用范围

处理方法	适用的软弱土层	一般适用建(构)物	备注
换填垫层法	软土厚度不大时,处理厚度0.3m~3m为宜	级配良好的砂砾石、碎石(卵石)垫层可用于主要建筑,其他可用于一般建筑	垫层下存在下卧层时,应进行验算
预压法(堆载预压、真空预压)	厚度较大的淤泥、淤泥质土、粉土、冲填土等软土	沿江、海新近吹填土、新近填土场地预处理。大面积煤场处理,低层、次要附属建(构)筑物	特别注意施工后沉降观测

续表 8

处理方法	适用的软弱土层	一般适用建(构)物	备 注
水泥土 搅拌法	正常固结淤泥、淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土、黏土以及无流动地下水的饱和砂土	次要或临建附属建(构)筑物、堆场及厂区场地、道路等	用于处理泥炭土、有机质土,塑性指数大于 25% 的黏土,地下水具有腐蚀性时应通过现场试验确定其适用性
强夯 置换法	强夯置换适于高饱和度粉土与软塑~流塑的黏性土,处理深度视土质条件不同,一般不宜超过 7m	适用于吹填砂土、回填土厂区初步地基处理;只适用于对变形要求不严的低层、次要附属建(构)筑物	用于次要、附属建(构)筑物时,应采用防止不均匀沉降的基础形式及措施
高压 注浆法	淤泥、淤泥质土,流塑、软塑、可塑黏土、素填土	既有建筑、新建建筑地基加固、深基坑、地下构筑物工程地基加固或防水	有较高有机质及大量植物根茎时;以及地下水流速过大或已涌水的工程应现场试验其适用性
强夯	强夯适于素填土、杂填土、低饱和度的黏性土	适于低层、次要附属建(构)筑物	注意强夯地基不均匀性,否则应采用防止不均匀沉降的基础形式及措施
碎石 振冲法	粉土、素填土、杂填土	一般用于附属建(构)筑物	—

5.3.4 在软弱地基采用锤击沉桩时,应结合工程具体情况,控制停止锤击的桩设计标高、锤击贯入度标准。摩擦桩以设计标高控制为主,以试桩时的贯入度进行校核;端承桩以贯入度控制为主。挤土桩设计可设置塑料排水板,加快孔隙水压消散,防止桩位偏移、上浮。

沿江、沿海地区的软弱地基上,桩基因基坑开挖出现问题较多,主要表现为:基坑内土体隆起造成基础变位、桩位偏移、上浮,以及对已有设施地基造成不良影响等,因此,软弱地基基础设计时,应对基坑的开挖提出要求。基坑开挖应满足桩周土的固结时间和沉桩后至开挖前足够的休止期,开挖方案应根据地质情况、排水条件、施工措施等因素确定,原则上应达到超孔隙水压力消散80%以上。当地下水位较高并采用大型挖土机械、阶梯挖土方案时,应有效降低地下水位,促进基坑内表土排水固结及基坑干燥或其他可靠的施工支护措施,尽快浇灌基础混凝土和回填基坑。

5.3.5 根据工程经验,煤场地基处理深度较大时可采用堆载预压、真空预压或水泥土搅拌桩,处理深度较浅时可选用强夯置换。对软土层较薄或砂性土层的地基,预计地基土固结速率能满足工期要求时,可不设置竖向排水体。

采用堆煤自预压方法可节省投资,但原煤需提早进场,压煤较多及控制时间长。温州发电厂二期工程煤场软弱地基处理采用该方法,为防止堆煤导致邻近建筑物受到影响,采取设置塑料排水板及土工布、煤场四周边缘采用水泥土搅拌桩加固、控制堆煤的速度和均匀性等提高稳定性的工程措施,使地基的沉降均匀发生,减小了土体的侧向变形,实施工期518天。煤场荷载施加过程需首先进行加载设计和地基沉降预测计算,与进煤、堆煤、发电厂用煤进行协调,避免加载设计与计划实施存在过大差异。

5.4 山区地基

5.4.1 根据发电厂工程的重要性,本次修订补充了应避开危险地段的规定。确因场地条件困难的滑坡、岩溶发育地段,则需对治理措施进行专门论证后确定。本条为强制性条文。

5.4.4 根据土岩组合地基上的设计经验,增加了有关重要建筑物在土岩组合地基上的地基设计规定。

当基岩面埋藏较浅时,可采用梁板跨越、褥垫法处理,当基岩

面埋藏较深和基岩面坡度较大(大于 10%)时只能采用桩基。对于岩溶、土洞发育的地基,根据重庆市有关地基基础的设计规范,增加了宜采用嵌岩桩和地下水疏导的规定,并要求桩的端部全断面放置在岩体中,以免桩受力后发生偏斜。钻孔灌注桩宜辅以施工勘探(超前钻)措施,以确定桩端持力层。

由于土岩组合地基桩端持力层(即停桩)判断难度大,岩溶地区的岩面凹凸不平且有石笋、石芽或漂石存在,若在施工时施加比较大的锤击力,容易发生桩头破坏或桩体产生偏斜,冲裂岩体使岩溶洞穴顶板受损,故未推荐打入预制(挤土)桩。

5.4.5 厂区场地平整可根据总平面规划,对建筑物地段直接按照压实填土地基的质量要求进行回填,可避免二次土方开挖。

5.4.7~5.4.9 建筑边坡工程设计存在复杂性和不确定性,条文只列出了原则性要求,目的在于强调建筑边坡设计的重要性。具体设计应遵守国家和相关行业的规范、规程。

本次修订取消了原标准中的岩石边坡坡度允许值表。原标准中岩石边坡坡度允许值表来源于铁道部门设计勘测施工经验,现已不能满足发电厂使用年限的要求。边坡开挖的坡度允许值应根据当地经验并参照同类土(岩)体的稳定坡度值确定,强调实践经验的重要,提出应由地质勘测部门提供边坡设计值。高边坡界限值 30m 和 15m 的划定,采用了现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定。

边坡及坡面常用的治理措施有:放缓边坡、挡墙、抗滑桩支挡、锚杆土钉墙、预应力锚索、注浆等加固措施,植物防护、砌体封闭防护、喷射混凝土防护、桩网锚喷防护等坡面防护,截水沟、坡内排水沟等排水措施。

5.5 湿陷性黄土地基

5.5.2 结合发电厂建(构)筑物的特点和使用要求,甲类建筑在原标准主厂房和烟囱的基础上,增加了空冷器支架、高度大于 50m

的筒仓、预应力筒仓、大跨度大直径封闭煤场、GIS 配电装置楼、翻车机室等荷载较大且对沉降敏感的构筑物。本次修订按照现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025—2004 第 3.0.1 条的规定,将表注中甲类建(构)筑物的高度界限由大于 40m 改为大于 50m。

5.5.3 为减少厂房各单元间的沉降差,不至于影响到主厂房设备与管道接口,主要设备地基采用与厂房相同的地基处理措施是合适的。

当主厂房采用非整片地基处理措施时,为防止设备管道渗漏造成室内地面设施的沉降,防水措施的要求较现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的规定有所提高。

根据工程经验,一些建在深厚自重湿陷性黄土场地的发电厂的甲类建筑,全部消除湿陷性确有困难时,如陕西蒲城发电厂一期 $2 \times 330\text{MW}$ 主厂房,经论证采用强夯整片地基处理、部分消除湿陷方案,同时加大处理范围和采取严格的防水措施,取得了成功经验。

5.5.4 乙类建筑物在自重湿陷性场地允许留有剩余湿陷量,但实际工程由于生产过程中经常受水浸泡,导致地基基础沉降,影响正常生产运行或正常使用,如化学水处理车间外、食堂、浴室等较为突出。提出防水措施的要求较现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的规定有所提高。

5.5.5 发电厂主要建筑(如主厂房、锅炉基础、烟囱、筒仓等)具有荷载大、基础埋置深度深和基础底面压力大的特点,岩土工程勘测在测定湿陷系数时,试验压力系按照土的饱和自重压力加附加压力的原则确定,当试验报告提供不同压力下的设计参数时,设计应根据基础底面实际压力正确选用。

5.5.6 根据发电厂运行经验,由于水池或管沟、管道等渗漏水形成局部汇集甚至引起地下水位上升,导致邻近建筑物和室内设施沉降变形的实例较多。如某电厂冷却塔附近地下水位上升,运行

多年后发生因管道漏水造成的锅炉基础、烟囱等地基下沉严重等。

5.5.7 根据工程经验推荐常用的三种方案,适用于处理深厚湿陷性黄土地基。具体应根据工程地质条件、处理深度、地基承载能力需要以及施工经验选用,并经现场试验确定。

5.5.8 本次修订参照相关标准和已有的工程经验,修改了强夯地基处理的宽度范围,具体设计范围还应根据地基应力扩散宽度需要,以及避免周围未处理土层湿陷时对建筑的影响。

当厂房可能连续扩建时,先期强夯处理的范围还应向扩建方向延伸,延伸长度应根据现场振动测试的安全距离确定。许多工程在扩建时改采用其他地基处理方法,回避了振动对老厂的影响问题。

5.6 基 础

5.6.2 发电厂的生产建(构)筑物,如主厂房、锅炉、输煤建筑等,受工艺布置限制,大多存在上部结构体型复杂、不等柱距、错层以及荷载分布不均匀等特点,因此采用弹性地基法分析基础内力更符合实际受力。

5.6.8 承台连系梁顶面宜与承台顶面位于同一标高。在一些结构布置复杂、基础荷载差异较大的结构(如主厂房、锅炉等),承台顶面标高相差较大,可按低位的承台顶面确定连系梁顶面标高,或将承台连系梁底面与承台底设置在同一标高。

5.6.9 当地下水或地基土及其他介质对基础混凝土有侵蚀性时,应根据腐蚀性等级的强弱采取防侵蚀的措施。

5.6.10 基础大体积混凝土施工的裂缝控制是大体积混凝土施工的重点,为降低混凝土内部的水化热,首先应严格控制原材料选择、骨料温度、混凝土入模温度和浇筑温度,可采取减少水泥用量和增加粉煤灰的措施,同时应加强隔热、保温措施,以控制基础大体积混凝土的内外温差(不宜超过 25°C);对于基础大体积混凝土施工,可采取分层或分块浇筑,合理设置水平或垂直施工缝,或在

适当的位置设置施工后浇带,改善基础边界约束作用等措施,也可采取一些预埋冷却水管通水降温的措施,以控制混凝土内部的温升幅度。

基础大体积混凝土与垫层之间设置滑动层,以降低混凝土底板与垫层间的约束力。滑动层的做法可采取在混凝土垫层上干铺二层沥青油毡或铺设 5cm 厚左右的黄砂或碎石。合理配置温度钢筋,能有效提高混凝土结构的抗裂性能。

5.7 地下沟道

5.7.1 本条对主厂房沟道布置提出了原则性意见。发电厂地下沟道要解决好排水和防止外部水倒灌的问题。在大型机组的沟道布置中,优先采用电缆架空布置,以减少厂房沟道数量。

5.7.2 本次修订将地下沟道的防水设计由原标准的三类改为两类,原第二类与第三类合并,根据发电厂的使用要求,补充了防水等级。沟、坑、隧道等地下沟道的防水措施可按照现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 选用。

5.7.6 针对沟盖板使用与检修开启翻转折断和裂缝现象较多的情况,本条提出了沟盖板应采用双面配筋。对于经常开启的盖板,有条件时可采用四边包角钢,以减少盖板的损坏。

5.7.7 伸缩缝间距应根据沟道和隧道的不同材料、环境、气候条件划分,本次修订补充了普通烧结砖的伸缩缝间距,本标准表 5.7.7 引自西北电力设计院编制的《火力发电厂及变电所地下沟道设计手册》(中国电力出版社,1999 年)。

5.7.8 本次修订增加了有防火要求沟道的设计规定。

6 动力机器基础

6.1 汽轮机组和电机基础

6.1.2 近年来,针对新型机组的基础设计以及原有机型基础的设计优化,开展了大量的数值模拟分析和实物模型试验,有些还作了运行实测,基础动力特性优化的成果显著,且积累了大量经验,本次修订增加了相关要求。

6.1.5 一般中间平台相对于顶板梁及柱子而言,其断面和参振质量都很小,导致振动较大。大量空间动力计算分析和模型试验结果表明,中间平台梁中点的振动往往比顶板扰力点处的振动还要大。汽机基础中间平台布置有发电机母线部分,上端通过 CT 与发电机出线连接,下边靠绝缘子支撑在中间平台上。中间平台振动过大,一是造成 CT 断线,二是造成封闭母线内支撑绝缘子断裂。这类事故曾发生过多起。事故的发生有多种原因,但与汽机基础中间平台振动大有内在关系。

为减小平台的振动,可采用基础中间平台与主体结构脱开布置,平台柱直接生根在基础的底板上,也可采用增加平台质量及刚度的措施。采取弹簧或橡胶隔振支座的中间平台,实际工程运用研究显示,中间平台的振动得到有效控制,与脱开布置形式相同,可减少一道施工缝,方便了施工。

6.1.6 条文中明确汽轮发电机基础动力性能、刚度和静力强度三者的重要程度。本次修订增加了在新型基础的选型过程中,应进行优化工作,在降低基础扰力作用点构件的最大振幅的同时,减小基础混凝土用量,做到基础的双目标优化的要求。

控制各横梁的静挠度,是为了保持轴系的平直,计算静挠度设备荷载(活荷载)应合理确定。

从振动要求来看,柱子以柔为好,其断面主要取决于强度及稳定性,但也不宜太小。柱断面只要在合理的范围内变化就对系统振幅的影响较小,仅对系统基频影响较大。但是如果柱断面很大或太小,对振幅就会产生不利影响。

根据国内已运行的机组基础的调查,一般柱子长细比均小于14,此柱子截面的控制值是合适的。

6.1.8 随着机组容量的增大,基础纵向长度相应增大,原标准的底板厚度限值 $1/15$ 不尽合理,修改为可取基础相邻柱之间净距的 $1/5 \sim 1/3.5$ 。

6.1.13 混凝土在硬化期间,由于水泥的水化作用,产生大量的水化热,当水化热衰减,表面散热量大于内部放出的水化热时,板表面温度开始下降,混凝土发生收缩。由于地基对混凝土温度收缩的约束,在板内产生很大拉应力。当拉应力超过混凝土抗拉设计强度时,便会出现裂缝。当基础底板设置在碎石土及风化基岩上时,底板下宜加设滑动隔离层。隔离层的做法一般为 $30\text{mm} \sim 50\text{mm}$ 的厚砂垫层或两层油毡。

6.1.15 实测数据显示,汽机设备振动对框架式基础底板的影响较小,本次修订时,地基承载力的动力折减系数 α_f ,当框架式基础位于低压缩性土,如密实的中粗砂、碎石土、基岩或端承桩时,可忽略振动对地基的影响,即修改为 α_f 取 1.0 ;当框架式基础地基为中、高压缩性土,如中密或稍密的粉细砂、黏土或摩擦桩时,为慎重对待振动可能引起的附加变形导致基础的不均匀沉降,维持原标准不变,即 α_f 仍取 0.8 。对大块式基础 α_f 统一取 0.8 。

6.1.17 本次修订将原标准中计算基础动内力的当量荷载简化计算方法取消,因现在使用较少,且现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 中亦有类似规定。本章中顶板活荷载取值也予以取消,按第4章的规定取用。

6.1.20、6.1.21 本次修订对原标准“只需计算扰力作用点的垂直方向的振幅”修改为计算三个方向的振幅。300MW、600MW 机组

的实际运行中,水平方向的振动是客观存在的。对 1000MW 上海汽机基座的设计研究发现,扰力作用点水平轴向的计算振幅远大于垂直方向的振幅,并非像以往的计算结果那样,总是垂直方向的振幅最大。因此,删去“只需计算扰力作用点的垂直方向的振幅 A_z ”的规定。

工程设计实践经验表明,阿尔斯通 600MW 汽机基座、1000MW 汽机基座(包括上海厂机型)可满足现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 的动力特性要求。

6.1.26 原标准总结了大量 200MW 级以下机组的基础设计和实践经验,在此基础上经过理论分析和计算比较提出了不做动力计算的条件。

6.1.29 按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定,与土壤直接接触的混凝土结构最低混凝土强度等级不小于 C25,故将最低强度等级改为 C25,基础上部混凝土强度等级也适当提高。高强微膨胀灌浆料强度高、流动性好,施工质量易保证并且使用方便,与细石混凝土相比优势明显,宜优先应用于二次灌浆层。二次灌浆层材料强度等级应采用比顶板高一强度等级,有利于二次灌浆层与主体结构的紧密结合,即在机器运行时不会发生二次灌浆层与主体结构的分层现象。

6.1.30 汽机基础因承受动力荷载,一般情况下不宜设置施工缝,但随着机组容量增大,施工工艺难以满足要求,本标准根据实际工程经验提出了施工缝的设置和处理要求。

6.1.31 本次修订在原标准基础上新增了底板、柱、中间平台配筋和钢筋连接的条款内容,顶板梁配筋沿用原标准。由于汽轮发电机基础结构的特殊性,条文借鉴了国外标准和已有工程经验,不是简单照搬钢筋混凝土框架房屋结构的配筋构造。汽轮发电机基础底板和柱的最小配筋率参考了美国土木工程学会的《大型汽轮发电机基座设计导则》。

6.1.32 汽轮发电机隔振基础在欧洲许多国家有多年的成功应用

经验,在国内也有工程应用实践。本标准附录 E 列出了汽轮发电机弹簧隔振基础按照德国《机器基础——支承带转动部件的机器的柔性结构》(第一部分)DIN4024(Part1)的设计方法。

6.2 辅助机器基础

6.2.2 随着机组容量的增大,有些辅机基础(尤其是磨煤机基础)不可避免地压在厂房基础或锅炉构架基础上。为了避免设备振动传递到厂房结构上,很多设备基础采用了隔振基础,取得了很好的效果。近年来汽动给水泵基础、碎煤机基础设计改变了传统的布置形式,而改用直接放置在楼盖上的隔振基础,因此,本条的适用范围中增加了放置在楼盖上的隔振基础。

1 到目前为止,发电厂的引风机、送风机基础不论电动机容量多大,绝大多数都采用大块式基础,因此,本次修订取消了原标准“当电动机容量为 2000kW 以上时,宜设计成墙式或构架式基础”的规定。

2 大容量机组的磨煤机基础多数都不可避免地压在主厂房基础上,防止磨煤机振动传递到厂房结构和影响仪器设备的最有效的措施是采用隔振基础。

3 大容量机组的电动、汽动给水泵的容量都超出 2000kW。电动给水泵基础多数采用大块式基础,汽动给水泵基础根据工艺布置和设备不同,分为高位和低位布置,高位布置一般采用框架式基础或布置在汽机平台上的弹簧隔振基础,低位可采用大块式基础。

4 碎煤机基础以往多采用直接放置在楼面上的形式,或与厂房楼面脱开的独立的墙式或构架式基础。近年来将碎煤机直接放置在楼面上的弹簧隔振基础居多,避免了设备对建筑物的振动影响。因此本款增加了“碎煤机基础宜做成放置在楼盖上的弹簧隔振基础”。以往有些碎煤机台座,工艺专业直接采用钢制平台,其质量很小,会引起碎煤机的较大振动,因此强调台座应有足够的刚

度和质量。研究表明:碎煤机隔振系统的总质量不宜过小,与设备扰力的比值宜大于 30,可以保证隔振平台台面上不出现大振幅。为满足隔振系统的质量要求,台座宜采用钢筋混凝土结构。

6.2.3 一些测试表明,钢球磨煤机基础直接压在主厂房框架基础上时,框架柱上测点的振幅有时大于靠近的基础测点上的振幅。这说明机器基础振动会通过厂房基础传递到其他结构上。有些发电厂已出现过钢球磨煤机的振动引起邻近结构较大振动的现象。一些文献指出,振动频率范围在 10Hz~50Hz 时,两个基础间垫 20mm 厚的橡胶板可减少 65%~90% 的传递振动,如垫 500mm 厚的粗砂垫层时,可减少 55%~85% 的传递振动。采用弹簧隔振基础,隔振效率可达 85%~95%。当钢球磨煤机附近有振动敏感的结构或设备时,应根据情况采取适当的隔振措施。

随着单机容量的增大,很多主要辅机基础无法避免压在主厂房基础上。这些基础的振动难免引起上部结构、设备和仪表的较大振动,从而影响正常运行和工作环境。不少发电厂已在这些辅机基础(如送风机、风扇磨煤机、中速磨煤机等)上采取弹簧隔振措施,并取得了满意的效果。因此本条中增加了采用弹簧隔振基础的内容。

6.2.5 基础设计中,很多设备基础与厂房框架柱基础的埋置深度不同,往往厂房柱基础深于设备基础。本条针对主要设备基础,对不同埋深的相邻基础的处理方法作了规定,避免基础间的相互影响。

6.2.7、6.2.8 原标准中未包括高转速、变转速设备基础的内容,本次修订中补充了这一部分内容,因此本条中取消了转速不大于 3000r/min 和不包括变转速设备基础的限制条件。

6.2.9 钢球磨煤机的大块式和墙式基础可不作动力计算,但设备基础压在主厂房基础上时,应考虑设备的水平荷载对厂房基础的影响,因此补充了钢球磨煤机轴承中心线处的定向水平当量荷载的计算方法。

6.2.10 表 6.2.10 中增加了环式碎煤机扰力计算的有关参数。据调查,不同厂家生产的环式碎煤机的偏心距有不同的值,基本在 0.6mm~1.0mm 范围内。

6.2.12 本条将大块式设备基础的简易计算方法与现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 协调统一。

6.2.13 本次修订补充了工作转速大于 3000r/min 的高转速、变转速设备基础的振动控制标准。

6.2.14 原标准中机器转速只限于 3000r/min,本次修订补充了转速大于 3000r/min 的机器的扰力计算公式。

6.2.15 本次修订补充了多个不同频率的扰力作用时,对验算点所产生的振动速度的计算公式。

6.2.18~6.2.21 本次修订修改和补充了有关大块式、墙式基础构造配筋的规定。

7 燃料及灰渣贮运建(构)筑物

7.1 卸煤建(构)筑物

7.1.2 当扶壁柱与给煤机平台线刚度比 $(K = \frac{E_c \cdot I_c \cdot L}{E_s \cdot I_s \cdot H})$ 大于 3 时,可不考虑扶壁柱的弹性变形对侧壁的影响。从表 9 中可以看出当柱截面为 $0.5\text{m} \times 1.8\text{m}$ 时,线刚度比 $K=3.14$ (大于 3),反力系数为: $k_f = 1 - (173.4 - 167.4)/173.4 = 0.965$ 。

在这种情况下,可以忽略扶壁柱的弹性变形对侧壁的影响。当柱截面高度选择在 $1.0\text{m} \sim 1.8\text{m}$ 范围内时,必须考虑对侧壁的影响。精确的计算较繁琐,为简化计算,选择一个考虑扶壁柱弹性变形对侧壁影响的支点反力系数 k_f 。支点反力可近似按下式计算:

$$\left. \begin{aligned} R_2 &= \frac{a_1 K_1 - a_2 K_2}{K_2^2 - K_1 K_3} k_f \\ R_1 &= \frac{-a_2 - K_2 R_2}{K_1} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中: k_f ——反力系数,一般取 $0.8 \sim 0.9$ 。

表 9 反力系数 k_f

柱 $b \times h(\text{m})$	0.5×1.0	0.5×1.2	0.5×1.5	0.5×1.8	0.5×2.0	0.5×2.2	∞
惯性矩 $I_c(\text{m}^4)$	0.078	0.134	0.260	0.440	0.600	0.700	∞
线刚度比 K	0.55	0.96	1.86	3.14	4.29	4.92	∞
支承反力 $R_2(\text{kN})$	142.8	155.7	164.3	167.4	169.4	170.3	173.4
反力系数 k_f	0.750	0.890	0.945	0.965	0.975	0.982	1.000

注:1 表中计算时,以荆门二期工程为例,给煤机平台板惯性矩 $I_s = 0.112\text{m}^4$,扶壁柱高 $H = 8.9\text{m}$,柱距 7.0m ;

2 当柱截面刚度很大,即扶壁柱变形为零时,支承反力 $R_2 = 173.4\text{kN}$ 。

扶壁柱与地面平台的连接处,因柱顶的弹性变形较小,故可不考虑柱对侧壁的影响。

7.1.4 东北电力设计院与大连理工大学曾合作对元宝山发电厂的ZFJ-100型翻车机进行了实测。经分析,翻车机大梁的竖向动力系数如表10所示。

表10 转子式翻车机的竖向荷载动力系数

测点号	第一车			第二车		
	A	B	β	A	B	β
1	10.0	21.0	2.100	3.6	8.0	2.222
2	8.0	17.6	2.200	3.4	7.6	2.235
3	5.2	11.0	2.115	2.0	4.4	2.200

注:表中A为车进入翻车机平台上就位静止状态下的记录波高,B为翻车过程中最大记录波高, β 为竖向荷载动力系数, $\beta=B/A$ 。

从表10中可以看出,各测点所得系数非常接近,在2.100~2.235之间,平均为2.179,设计中动力系数曾采用2.0,未发现明显问题,但经过实测,决定将转子式翻车机的竖向荷载动力系数改为2.5。

7.1.8 本条是关于地基模型假定的规定。当基础梁为刚性基础时,地基反力按直线分布法计算与弹性基床系数法计算所得的结果基本上是一致的,见表11。

表11 各种假定计算结果的比较(kN·m)

地基模型假定	砂质黏土特性(kPa)	最大正弯矩 M_{max}	最大正弯矩 M_{min}
地基反力按直线分布	地基承载力标准值 $f_k=260$	370.5	-446.5
基床系数法	基床系数 $k=12500$	372.0	-441.0
半空间弹性体假定	压缩模量 $E_s=18600$	416	-369.4

注:基础长为6.25m,堆取料机型号为DQ3025。

因为基础底面各点沉降按直线规律变化,故反力按直线分布进行计算是弹性基床系数法的极限情况。

7.2 运煤廊道

7.2.1 目前运煤栈桥钢桁架结构应用最为广泛,钢筋混凝土薄腹梁(跨度 $\leq 15\text{m}$)、钢筋混凝土拱形薄壳结构和预应力钢筋混凝土结构近年来已很少采用。空间钢网架结构应用也较少。

发电厂运煤栈桥分为封闭式和露天布置式,桥身承重结构形式多采用钢筋混凝土结构、钢结构梁或桁架结构;跨度超过 18m 时,以钢桁架结构为主。

栈桥支柱结构形式分为钢筋混凝土结构、钢结构,根据支柱高度和截面大小可采用实腹、空腹或格构式截面。布置在主厂房扩建端的栈桥,桥身承重结构和栈桥支柱均采用钢结构时,可减小对整体工程进度的影响。

7.2.2 钢筋混凝土栈桥伸缩缝最大间距沿用原标准不变。本次修订增加了全钢结构栈桥的伸缩缝最大间距。

7.2.4 由于滚轴或滑动支座设计构造的原因,支座能够承受的位移量是有限的。可以通过设置刚性跨增加结构的抗侧刚度和减少侧向变形值,或采用悬吊支承结构(悬吊支承结构一般能够适应较大的侧向变形)。当以上两种方式均不能满足要求时,可采用悬臂结构或设置双排支柱。

7.2.5 钢筋混凝土框架结构栈桥支柱,在垂直运煤皮带方向的,其受力性能近似于有侧移框架;在平行运煤皮带方向的,对于高架栈桥设置有刚性跨时,类似于排架结构,故取 $l_0 = 1.25H$ 。钢结构柱应按照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 有侧移、无侧移结构的规定确定。

7.2.6 钢筋混凝土栈桥支柱矩形截面高度 $H/25 \sim H/20$ 的取值是根据经验确定的建议值,最终应以结构计算及构造确定。

7.2.8 栈桥、地下运煤隧道超过 200m 时的安全出口设置是依据现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的规定。本条为强制性条文。

7.3 碎煤机室

7.3.1 本次修订补充了采用弹簧隔振基础的内容。

动扰力大于 46kN 的碎煤机如果直接搁置在楼盖梁上,则会使楼层梁的截面高度选择过大。根据经验,对于动扰力在 46kN 以下的各类碎煤机,大部分布置在楼板梁上时一般振动微量。对于动扰力 46kN 以上的各种类型的碎煤机,已趋向于采用弹簧隔振基础或独立式基础。

7.3.4、7.3.5 现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001(2006 版)第 4.6.1 条规定:“建筑设计动力计算,在有充分依据时,可将重物或设备的自重乘以动力系数后,按静力计算设计”。

原标准针对碎煤机直接支承在楼层梁的形式,应用了国内对常用 11 种产品(机器转速分别为 985r/min、740r/min、590r/min 三级)进行系列垂直振动计算的对比分析成果。对比分析采用振动计算法和动力系数法两种方法,梁结构承载能力按动力系数法计算结果大于或等于振动计算法,即两种计算方法的计算承载能力之比(λ)应大于或等于 1.0 为原则。通过系列的计算确定了碎煤机动力系数 β 的取值以及表 7.3.5 可不进行振动计算的高跨比。

设备动扰力与转速成正比,转速越高,动扰力越大。经计算对比发现,碎煤机转速 985r/min、740r/min 时宜取 $\beta=5.0$,转速 590r/min 时宜取 $\beta=4.0$ 。动力系数 β 不仅与碎煤机转速大小有关,也与结构竖向刚度 K 有关。系列计算的分析结果见图 1,结果显示:如果刚度取小,则即使动力系数 β 取 5,仍会发生 λ 值小于 1.0,垂直振幅超过最大允许振幅 0.08mm 的情况。

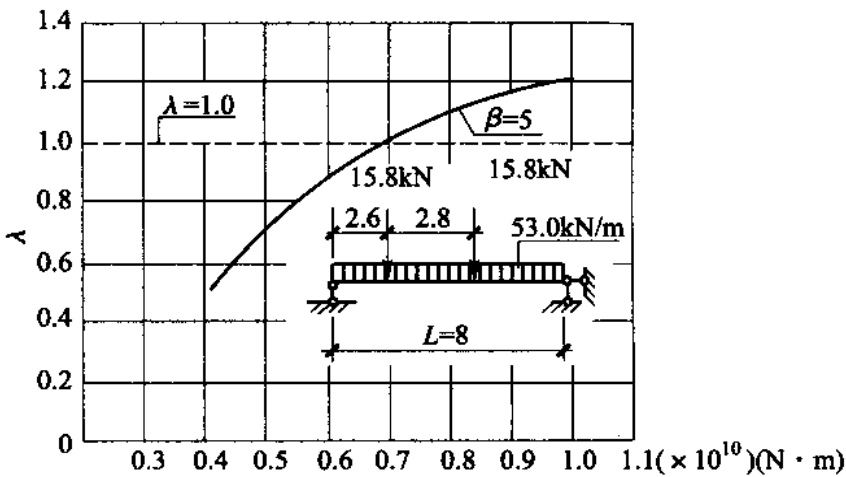


图1 结构刚度 K 与 λ 的关系

7.4 贮煤筒仓

7.4.2 针对电力系统大直径(直径大于或等于 21m)筒仓的工程应用,本次修订新增了仓壁宜采用预应力混凝土结构的规定。

7.4.3 在电力系统中,筒仓仓下支承结构绝大多数选用内柱与仓壁整体连接的共同支承的形式,也有选用与外仓壁非整体连接的内筒壁与内柱共同支承的形式。

整体连接:仓体与仓壁整体浇注,当直径大于 15m 时设置内柱,其结构变形互为影响,在连接范围内,仓壁不仅有薄膜内力,还有边缘效应的附加内力(弯矩和剪力)。其优点是整体性好,既可提高抗震能力,在地震动作用下结构破坏比非整体连接型低,又可降低造价,缺点是仓底筒身滑模较困难,计算比较复杂。

非整体连接:一是设置内筒壁和内柱,使外筒与内筒完全脱开,二是仓底结构与外筒壁柱铰接连接或完全脱开。外筒壁在仓底处只产生薄膜内力,受力简单,且仓底筒身便于滑模施工。前者在发电厂有应用,但通过模型试验发现,地震区采用这种连接形式由于内外筒刚度、自频不同,地震时会发生相互冲击而引起筒壁混凝土开裂(面积大),破坏严重,抗震性能较差。

7.4.7 本次修订新增了防爆、通风和温度监测的要求。

仓体结构承受的泄爆压力不应小于泄爆门动作压力,故应由工艺专业提供。

7.4.8 本次修订补充了抗裂设计要求。

7.4.9 根据给料机设备的不同,发电厂筒仓仓底分为缝隙式斗壁(通长缝隙式斗壁、圆环形缝隙式斗壁)或锥形斗壁,对称布置受力均匀。随着系统处理的加大,缝隙式通长斗壁落煤口面积明显增大,为了保证流煤畅通,解决好堵煤现象,斗壁角度取 $60^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 。

斗壁厚度取值是经验值,供设计者确定方案时用,最终应满足承载能力、变形及抗裂计算的要求。

7.4.10 本次修订取消了偏心卸料仓壁水平压力公式,与现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077 的计算规定相一致。

原标准假设在贮煤计算高度下部 $h_n/3$ 范围内, ΔP_b 为一常数;其上至贮煤计算高度的上端按直线变化渐减到零。现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077—2003 第 4.2.2 条条文说明认为取仓底压力增值 ΔP_b 计算公式及其沿圆周分布的假设有一定的局限性。

偏心值 $e < 0.2R_n$ 时,可不考虑偏心卸料影响的规定,沿用了原标准。

表 12 的数据系黄岛电厂筒仓模型试验的实测结果,筒仓内径 18m,仓顶高 56.65m,贮煤计算高度(h_n)与内径(d_n)之比 h_n/d_n 等于 1.26,因该值小于 1.5,所以为浅仓。卸煤口的形式采用两条缝隙式通长斗壁。模型仓的几何外形取黄岛电厂原型仓的 1/10。

表 12 A 型仓壁环向应力的分析比较

测点位置	最大实测值 P_{\max} (Pa)	最小实测值 P_{\min} (Pa)	实测环向应力
P-1	2830	1999	—
P-2	2813	2167	74655
P-3	2596	2116	—
P-4	8363	5365	164174

从表 12 可以看出,在流动状态下,由于偏心卸煤,使仓壁一侧压力增大为 P_{\max} ,另一侧压力减小为 P_{\min} 。由实测知该压力呈不均匀分布,随深度而增大,且因偏心距 e_0 不同而异,在仓壁底部的压力为最大,其曲线变化规律近似于用杨森公式所算得的结果。

通过黄岛电厂筒仓的模型试验说明,当偏心矩 e_0 大于 $0.2 R_n$ 时,不论深仓还是浅仓都应考虑偏心卸煤的不利影响。

7.4.11 大型发电厂筒仓的内直径(d_n)一般大于 15m,筒仓内贮煤计算高度(h_n)与内直径(d_n)之比大部分小于 1.5,均具有大型浅仓的特性。

通过黄岛电厂筒仓的模型实测说明煤对仓壁的冲击影响很大。在双侧或单侧卸煤时,流动状态压力在仓顶 $h_n/6$ 范围内出现峰值,煤对仓壁的摩擦力在实测中同时存在,因此大型浅仓具有浅仓、深仓的两重特性,所以在条文中规定了煤作用于仓壁单位面积上的水平压力(p_n)的计算要符合现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077 的规定,《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077—2003 第 4.2.6 条规定按浅仓、深仓分别计算,取二者中较大值。

对于大型浅仓,在 $h_n/3$ 范围内,如按浅仓公式计算水平压力,则其安全度不一定可靠。即使根据现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077 所规定的按深仓计算考虑修正系数 C_h 值 ($C_h=1.0\sim 2.0$),在 $h_n/6$ 范围内的水平压力仍小于实测值。从表 13 可以看出,在测点位置 P-1,相当于 $h_n/6$ ($1.8/6=0.3$) 范围内,实测流动压力比计算值大 2.24~2.35,大于 P-1 点 $C_h=1.5$,因此条文建议在大型筒仓的 $h_n/6$ 范围内,考虑煤的流动、冲击等因素,在计算环向拉力时,可乘以放大系数 $u=1.3$ 。

表 13 水平压力比值

测点位置	煤深 (m)	实测流动压力 (Pa)	深仓法计算值 (Pa)	浅仓法计算值 (Pa)	实测值/ 深仓值	实测值/ 浅仓值
P-1	0.3	1459	620	651	2.35	2.24
P-2	0.9	1488	1692	1952	0.88	0.76

续表 13

测点位置	煤深 (m)	实测流动压力 (Pa)	深仓法计算值 (Pa)	浅仓法计算值 (Pa)	实测值/ 深仓值	实测值/ 浅仓值
P-3	1.4	2783	2438	3036	1.14	0.92
P-4	1.8	4440	2953	3904	1.50	1.14
P-5 斗壁	2.3	7336	5545	7728	1.32	0.95
P-6 斗壁	2.3	8222	5545	7728	1.48	1.06

注:深仓法计算值即按现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077—2003中式(4.2.2-1)、式(4.2.2-2)计算,未乘以修正系数 C_v 、 C_h 。

7.5 干煤棚及封闭式煤场

7.5.1 干煤棚一般为两端开敞式。对位于沿海台风多发或环保控制严格的区域时,要求采用完全封闭的煤场。随着封闭式煤场结构在发电厂设置需求的增加,目前已应用的结构形式除传统的钢筋混凝土柱及轻型屋盖排架结构、网壳结构外,还有圆形煤场、球形煤场等结构可供选择,可通过技术经济论证确定。

7.5.3 整体式或分离式结构其经济性的优劣,与地基条件、环境条件、煤堆压力等有关,通常情况下各自的优势并不明显。整体式筒壳结构的下部筒壁受环境影响的温度应力较高,需在施工阶段采取一些措施。

圆形封闭式或球形封闭式煤场需应对、防范和处理煤自燃时对挡煤墙的损坏,在宁海发电厂的投产初期发生过煤自燃烧坏挡煤墙的事故。为防范自燃损坏,可在堆煤高度范围内设置防火内衬;另外,在挡煤墙设置测温设施实施监控也是有效的措施。

7.6 干灰库

7.6.1 本节仅适用于现浇混凝土圆形灰库。

7.6.3 本条适用于灰温度在 120°C 以下的干灰库。

灰库仓壁的内力主要以灰的侧压力产生的环向拉力为主。在拉力作用下,钢筋混凝土仓壁多为裂缝控制,在温度作用下受热一

侧混凝土膨胀或受冷一侧混凝土收缩,导致高温一侧混凝土产生挤压,从而产生温度作用。当 $\frac{N}{A} + \alpha_h \cdot \Delta T_1 \cdot E_h > 0$ 时(N 为灰压力作用的合力,拉力为正,压力为负; A 为截面面积; ΔT_1 为收缩计算温差),灰库仓壁混凝土始终处于开裂状态,高温侧混凝土不会产生挤压作用,也就是混凝土产生温度作用的约束条件不存在,不考虑温度作用;当 $\alpha_h \cdot \Delta T_2 \cdot E_h < \frac{N}{A} + \alpha_h \cdot \Delta T_1 \cdot E_h \leq 0$ 时(ΔT_2 为膨胀计算温差),在温度作用下混凝土由开裂状态到裂缝闭合再到产生挤压作用,此时应考虑部分温度作用;当 $\frac{N}{A} + \alpha_h \cdot \Delta T_1 \cdot E_h \leq \alpha_h \cdot \Delta T_2 \cdot E_h$ 时,混凝土始终处于连续状态,此时考虑全部温度作用,如只有温度作用的筒仓、预应力筒仓等。普通干灰库一般处在 $\alpha_h \cdot \Delta T_2 \cdot E_h < \frac{N}{A} + \alpha_h \cdot \Delta T_1 \cdot E_h \leq 0$ 时的受力状态,灰库底部灰压力作用大,温度作用较小,自下而上随着灰压力作用的减小,温度作用参与的比例逐渐增大,在顶部仍有较大的灰压力作用力,因此考虑裂缝的影响,温度作用参与的组合下组合值系数取 0.7,如果在特殊条件下采用预应力结构时,组合值系数取 1.0。

7.6.6 灰库直径较大,仓壁厚度相对较薄,采用平壁法计算即可满足要求。由于温度的扩散作用,灰库外表面的受热温度与环境温度差别较大,不能取环境温度作为灰库仓壁温度作用分析的依据,应取灰库仓壁表面的受热温度差,本条引用现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 中的平壁法用于计算各点的受热温度,具体计算公式参见现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051。

7.7 燃油建筑

7.7.1 本节的燃油库及油罐、卸油设施针对燃煤发电厂编制。燃料为轻柴油,用于点火和助燃用途,贮存于固定顶罐形式的钢制罐内,采用等离子点火技术后容量一般为 $300\text{m}^3 \sim 1000\text{m}^3$ 。

7.7.2 工艺专业根据油泵和油管道内油的液位确定环墙顶距地面的高度。油罐底部钢板一般不设置加劲肋,罐底部土体间过大的沉降或差异沉降可能导致罐底部变形、管道连接破坏等而引起泄漏。

地基允许沉降量采纳了工艺专业的建议,地基允许沉降差值参考了石油化工行业的标准。

8 烟囱与烟道

8.1 基本规定

8.1.1 在未建设烟气脱硫装置之前,经过数十年的不断摸索、研究和提高,烟囱设计已形成了一套安全有效、适合国情的适用标准。当设置了烟气脱硫装置,特别是石灰石-石膏湿法脱硫装置且不设烟气加热装置(GGH)时,烟气的渗透腐蚀性增强,腐蚀破坏加剧,对烟囱的防腐蚀设计要求提高。烟囱结构形式和排烟筒结构体系的选择对防止烟气腐蚀非常重要。

8.1.2 我国燃煤发电厂烟气脱硫装置近些年才发展起来,国家烟囱设计标准对此类防腐蚀措施无相关规定。本标准参考国外的研究成果和相关国际标准,以及国内投运的烟囱腐蚀状况调查资料,确定石灰石-石膏湿法脱硫处理后的烟气按强腐蚀性等级设计。在对投运机组的烟囱底部集水坑、烟道冷凝结露液排液管的腐蚀情况调查表明,烟道冷凝结露液 pH 值在 2.0 左右,验证了强酸腐蚀性的结论。对于石灰石-石膏湿法脱硫设置 GGH 时,烟气腐蚀性虽然明显降低,但目前 GGH 设备运行的实际情况不好,且烟囱检修、改造有难度,故仍按强腐蚀考虑。

未经脱硫处理的烟气腐蚀性等级在现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 中是按燃煤的含硫量指标确定的,可参照执行。

8.1.4 本次修订补充了排放脱硫处理烟气的排烟筒与锅炉匹配的配置要求。对排放强腐蚀性等级烟气的烟囱,烟囱设计需考虑运行后的检修维护条件。为避免由于烟囱维护修补造成机组长时间停运的经济损失,对大容量机组烟囱中的排烟筒所匹配的锅炉台数予以限制。

8.2 烟囱计算

8.2.1 一般情况下,烟囱的计算应按现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 及相应的土建专业规范执行。本次修订将高度不小于 200m 且单机容量不小于 200MW 机组的烟囱的安全等级提高为一级,高于原标准的要求,故取消了原标准中有关强度计算安全系数提高约 10% 的条文。

8.2.3~8.2.7 结合近些年来国内外工程的设计经验,本次修订补充完善了钢排烟筒和砖排烟筒基本自振周期的计算、荷载效应组合及截面验算等方面的设计要求。8.2.5 条钢内筒的荷载组合借鉴了美国《钢内筒设计与施工》ASCE 13-75 的相关要求。

钢排烟筒垂直截面的应力一般不需要验算。

8.2.8 发电厂烟囱的烟道接口开孔很大,完全按现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 根据经验采取构造措施进行加强的方法存在不足,故本条提出验算洞口周边局部应力的规定。

8.3 烟囱钢筋混凝土筒壁纵向裂缝控制措施

8.3.1 发电厂单筒式烟囱出现裂缝是普遍现象。按裂缝分布分析,主要由烟气温度所致,其次混凝土筒壁支承内衬处壁厚变化引起筒壁刚度变化,也会导致温度效应和环向钢筋应力增大。套筒式和多管式烟囱的钢筋混凝土外筒壁均未发现有裂缝。本次修订已将高烟囱的安全等级提高,仅保留了单筒式烟囱混凝土筒壁垂直截面在温度作用下筒壁环向钢筋加密的要求。

单筒式烟囱钢筋混凝土筒壁出现纵向裂缝的原因主要有以下几点,本节内容是据此提出的相应对策。

1 烟气设计温度取值偏低。通常机务专业提出的烟气设计温度是锅炉正常运行的温度,即干式除尘设备为 $130^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$,湿式除尘设备为 $90^{\circ}\text{C}\sim 110^{\circ}\text{C}$ 。实际上在它投运后的数十年间,由于煤种煤质变化、临时性喷油、偶然运行事故以及锅炉设备、除尘方式更改等原因,

可能使实际烟气温度高于设计值。烟气设计温度的取值应留有裕度。

2 温度应力的设计安全度偏低。现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 规定的按混凝土弹塑性模量考虑收缩和徐变影响的取值较低;按现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 要求计算筒壁内外自由温度变形时,考虑稳定和不考虑稳定传热方式差别的调整系数 1.25 偏小。

3 封闭空气隔热层失效。采用封闭空气层是出于经济的考虑。但调查发现,因烟囱内衬厚度一般仅半砖,灰缝又不密实,通缝导致烟气渗透现象严重,保温作用有限。

4 内衬、隔热材料的隔热效果差。当采用吸水率较高的内衬和隔热材料时,材料的保温作用大为降低,这些往往被设计者忽视,导致钢筋混凝土筒壁内外温差计算与实际取值相比偏小。

5 筒壁混凝土施工收缩的影响。混凝土施工收缩使烟囱产生纵向裂缝的影响较大,一些施工单位采取施工措施,如采用筒壁内外涂养生液的办法来减少收缩量,经验值得推荐。

8.3.2 本条的修订是参照现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051—2002第 7.5 节的规定。

8.3.3 烟囱钢筋混凝土筒壁在吊装平台标高处的筒壁厚度与筒壁直径尺寸相比较小,属于薄壁结构,而吊装平台的荷载较大且通过主梁传递的荷载相对集中,对混凝土筒壁产生的偏心影响不可忽视。根据多个烟囱工程的实践经验,采用在混凝土筒壁上留设不穿透的洞孔放置平台主钢梁是减少这种偏心影响的有效措施。

8.3.4 对套筒式和多管式烟囱的钢筋混凝土外筒壁设计计算,原来的设计都是将混凝土筒壁与排烟筒间的夹层温度按 10°C 取值。为了更准确地计算混凝土筒壁的温度作用,现按夏季和冬季不同的温度取值进行计算,将使计算结果更加安全和可靠。

8.4 烟囱的防腐蚀措施

8.4.1、8.4.2 第 8.4.1 条提出了烟囱防渗防腐措施选择的基本

要求。发电厂新型烟囱结构选型应进行专门技术经济论证,确保烟囱结构的安全耐久性和可靠性。烟囱结构选型技术经济比较时,应计入烟囱维护修补造成机组长时间停运的经济损失费用。

烟囱的运行条件指烟气负压或正压运行的分布情况,有正压力分布的排烟筒需增强其密闭性;烟温接近或低于烟气露点温度,烟气冷凝结露渗漏腐蚀也趋向严重,防渗、防腐蚀措施应采用较高的标准;机组的容量越大以及匹配锅炉的数量越多,检修停运的经济损失越大,防腐标准也应相应提高。

烟囱钢筋混凝土外筒壁与排烟筒分开布置的套筒式和多管式烟囱可以提供便利的检修维护条件,而单筒式烟囱因检修维护条件较差,需要采取更严格的防渗、防腐隔离措施。

本次修订与现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 相衔接,对于排放强腐蚀性等级烟气的烟囱提出了应采用套筒式或多管式结构,一旦出现烟气局部渗漏腐蚀,能提供维护修补的条件和避免大面积修补,避免危及主体结构安全。对于排放中等腐蚀性烟气,也把套筒式烟囱作为首选。

8.4.4、8.4.5 根据近几年火力发电厂石灰石-石膏湿法脱硫烟囱设计的工程实践及调查资料显示,以烟囱排烟筒或内衬防腐层渗漏、脱落造成的腐蚀最为严重,其次在烟道入口约 30m 和烟囱出口约 10m 段,烟气冲刷造成防腐层磨损、开裂的实例也较多。烟囱防渗、防腐蚀效果与设计选型、材料采购和施工质量密不可分,而采购材料的品质、施工质量保证程度等因素影响至关重要。

国内目前钢排烟筒采用的防腐措施有多种形式,如钛钢复合板、粘贴防腐砖(片)、防腐涂层(刚性、柔性)等。调查资料显示,排放强腐蚀性烟气且不设置 GGH 时,采用钛钢复合板、粘贴国外高品质防腐砖的排烟筒目前运行情况良好;粘贴碎玻璃经传统窑炉熔融制成的泡沫玻璃砖的出现的问题最多。玻璃钢复合排烟筒在国外有成熟应用经验,国内目前正在引进开发。由于各种防腐措施存在材料品质不同、施工质量差异以及缺乏实践经验等复杂因

素,目前难以提出系统的推荐方案,因此,本次修订在现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的基础上,仅提出排烟筒防腐层的选型原则。

当两台及两台以上锅炉匹配一个排烟筒时,维护检修的条件差,停机经济损失较大;对石灰石-石膏湿法脱硫不设 GGH 的情况,烟气运行温度大都在 $40^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间,烟气冷凝结露量较多、腐蚀性强,提高防腐措施可靠性是非常必要的。

8.4.6 对设 GGH 的情况,由于烟气运行温度在 $72^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间,烟气冷凝结露量相对较少,选用砖砌排烟筒的实例较多,且目前运行情况良好,也有采用整体浇筑内衬的形式。国内发电厂砖砌排烟筒一般采用分段支承结构。密闭性是要解决的关键问题。

以往未经烟气脱硫的常规烟囱渗漏腐蚀的调查资料提供了许多宝贵的经验和启示。

1 常规单筒式烟囱影响腐蚀性大小的主要因素是燃煤含硫量大小。调查资料证明,锅炉燃煤含硫量达 2.5% 以上时,常规单筒式烟囱的筒壁混凝土内表面侧的腐蚀深度达 $30\text{mm}\sim 40\text{mm}$,强度降低达 50% 以上;原煤含硫量低于 1.0% 时腐蚀很轻微,筒壁混凝土强度降低不明显。

2 烟气在烟囱内出现的正压对烟气腐蚀有强烈加速作用。即使烟气正压值只是 $40\text{Pa}\sim 100\text{Pa}$ ($4\text{mmH}_2\text{O}\sim 10\text{mmH}_2\text{O}$),这种加速作用也很明显。

3 由调查资料表明,湿式除尘方式在燃煤含硫量较高时腐蚀影响很明显,含硫量低于 1.0% 时则影响较小。

4 湿式除尘条件下单筒式烟囱的砖内衬和保温隔热材料的受热温度一般均低于烟气露点温度,故这两种材料均宜采用耐酸材料,并要求其吸水性尽可能低。为此采用憎水性材料比较合理。

5 多管式或套筒式烟囱如采用钢制排烟筒,则必须使钢排烟筒的受热温度高于烟气酸露点温度。所以应特别注意外部保温材料的设计和施工质量。

6 要注意烟气的渗漏。当采用不完全密实的内衬材料时,在烟气正压作用下会有大量烟气渗漏,其烟气渗漏量有时可达到烟气量的5%左右。因此在设计多管式或套筒式烟囱时,排烟筒材料选择要慎重,以免由于烟气渗漏而污染烟囱的内部检修空间。

8.5 烟囱的构造措施

烟囱构造章节在沿用原标准规定的基础上,增加了钢筋混凝土筒壁上、下洞孔间距离,钢排烟筒加劲肋的构造要求和外露金属构件的防腐蚀要求。

8.6 烟 道

8.6.1 以往烟道运行中发生问题较多,如侧壁裂缝、内衬墙向内倒塌、烟气渗漏、顶板防腐层脱落、结构腐蚀等。烟气经石灰石-石膏湿法脱硫处理后,烟道内基本上处于正压运行,近期脱硫改造工程由于旁路挡板门操作失误,导致烟道侧壁填充砖砌体向外垮塌事故。本次修订取消了烟道侧壁结构采用砖填充墙的形式。

8.6.3~8.6.5 烟道设计关键在于正确掌握烟气对烟道结构的各种作用。包括高温引起的结构温差作用、高温对材质的物理力学性能影响、烟气的压力和激振作用、积灰荷载及烟气的腐蚀性作用等。

做好烟道布置和选择好合适的烟道截面,可使气流平稳顺畅,振动作用小,并使积灰厚度限制在一定范围内,这需要机务、土建专业双方的密切配合。

条文中对温度伸缩缝间距、结构内外温差等都作了具体限制性规定。这些规定对保证烟道设计质量是必要的,但具体数值可根据工程情况予以适当增减。

8.6.6 据工程调查,有的烟道纵梁发现裂缝,为此建议在烟道纵梁内增设侧向温度构造钢筋。

8.6.8 烟道内的烟气压力按不小于 $\pm 2.5\text{kN/m}^2$ 取值,与现行国

家标准《烟囱设计规范》GB 50051 一致。水平烟道底板的积灰荷载主要是依据国家现行标准《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》DL/T 5121—2000 附录 F 进行了修改。从调查资料得知：

1 对不同发电厂湿式除尘器而言，烟道底板积灰厚度的变化幅度甚大(0.1m~3m)，其规律性难于找到。一般位于与烟囱交接处附近的烟道底板积灰最为严重。从烟道的纵横剖面来看，积灰厚度一般均呈曲线分布，并非在一定长度范围内整个底板上皆积灰很厚。积灰厚度与运行管理水平有关。

2 对于电除尘器，由于其除尘效率很高，一般积灰不多。但其除尘效率随运行时间的增长而逐渐降低。当电除尘器停止运行而锅炉继续运行时，积灰厚度有所增加。

3 积灰荷载应由工艺专业提供，一般可按本标准表 8.6.8 所列考虑。

9 空冷器支架

9.1 基本规定

9.1.2 空冷支架结构的规则性与结构柱网、平台悬挑形式、冷凝器的荷载分布、排气立管的荷载分布有密切关系,通常可以结合散热器布置、排气立管支承形式、风机台数和风扇直径等,调整支架柱网的布置,以确定合理的结构布置。

9.1.4 在已投产的工程中,空冷支架结构多采用钢桁架-支柱结构、钢框架-支撑结构和钢斜撑-支柱结构三种形式。以两段风机为一个柱距单元的布置,多采用钢桁架-支柱和钢斜撑-支柱结构;以一段风机为一个柱距单元的布置,多采用钢框架-支撑结构。小型机组也有采用钢筋混凝土框架结构体系的。

1 钢桁架-支柱结构:空冷平台采用正交钢桁架结构,支柱可采用钢筋混凝土管柱、钢管或钢管混凝土柱(图2),钢桁架与管柱柱顶为铰接支座。当采用钢桁架承重时,冷凝器A型支架荷载应作用于钢桁架上弦节点。

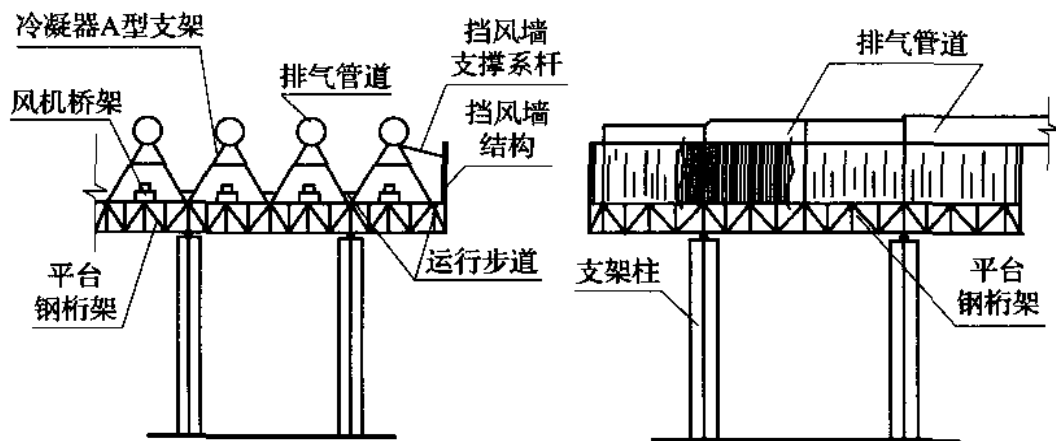


图2 钢桁架-支柱结构

2 钢框架-支撑结构:空冷平台支架为钢梁、钢柱加柱间支撑的结构形式(图 3),梁柱节点宜采用铰接形式。

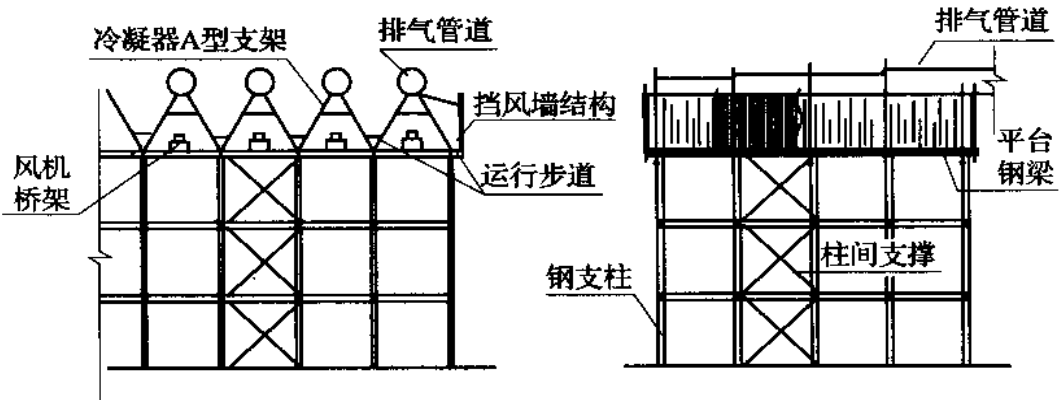


图 3 钢框架-支撑结构

3 钢斜撑-支柱结构:空冷平台支架为钢梁加斜撑的结构(图 4),梁柱节点为铰接形式。

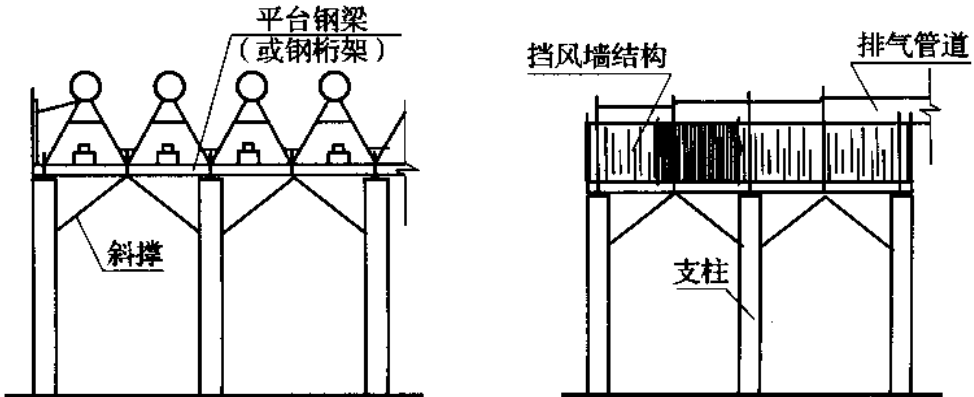


图 4 钢梁斜撑-支柱结构

9.1.5 露天结构对温度伸缩区段要求较严,对钢桁架-钢筋混凝土管柱结构伸缩缝间距参考了现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中排架结构 70m 的限制。全钢结构参考了现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定。

9.1.7 当电梯井架结构侧向有可靠支承时,对结构的稳定有利,因此,宜优先选用依附式结构。电梯井架也可与其相邻的楼梯结构形成整体,采用独立式结构。

9.1.8 空冷支架结构的变形容许值主要依据现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和工程经验确定。

9.1.9 空冷支架宜采用三维空间结构计算软件整体分析,宜建立整体模型计算分析,包括考虑挡风墙支架及冷凝器支架结构的空空间作用,以使计算模型能够代表结构的实际刚度。

9.2 荷载及荷载组合

9.2.3 各平台活荷载取值是根据工程经验确定的。

9.2.4 本条根据工程经验提供了空冷风机等效静荷载的取值,如设备供应商不能提供时,可按本条采用。

9.2.6 控制基础底面零应力区域,可以改善柱与基础的嵌固条件。

9.2.7 大直径管柱基础的实际嵌固条件尚缺乏相关研究。本条中管柱计算长度的确定综合了各工程的经验取值。有的工程计算将管柱的计算长度取为 $2.0H$ 是偏于保守的。管柱底部的约束条件与管柱底部受力、基础埋置深度、地基抗弯刚度有关。

9.3 构造规定

9.3.2 现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 规定了塔筒结构的构造配筋。根据实际工程经验,钢筋混凝土管柱多为计算配筋,且多以裂缝计算控制。

9.3.3 空冷平台钢结构防腐涂层维护条件较差,采用镀锌方案的耐久性可达 30 年以上。当有充分论证,也可选择采用重度防腐型的涂料防腐,但耐久年限不得少于 15 年。

9.3.4 国内投产的大多数空冷支架下方都布置有变压器等电气设施,发生火灾时,变压器上方的钢桁架或钢梁的防火间距尚无试验数据,采取可靠的消防措施防护是十分重要的。根据工程经验,邻近变压器的钢结构柱及柱间支撑结构可采取防火涂层、包覆等保护措施。

9.3.7 现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 中对需要验算疲劳的焊接、非焊接结构材料低温环境下冲击韧性有明确要求,以提高寒冷地区结构抗脆断能力。空冷支架的钢桁架为室外、间接承受动力荷载的钢结构,对于严寒地区环境温度远低于 -20°C 的焊接结构,即使无需验算疲劳,考虑低温环境下冲击韧性的合格保证也是必要的。

10 管道支架

10.1 基本规定

10.1.1 本次修订参照石化行业标准并结合火力发电厂的特点,对原标准的规定作了补充,增加了纵梁式管架的内容,将原标准中滑动和导向管架划分到活动管架范围内。

10.1.2 参照石化行业标准,当管道支架上敷设的振动管道重量占全部管道重量的 30% 以上时,管架可定为有振动的管道支架。有下列情况之一者应定义为振动管道:直径大于或等于 200mm 的蒸汽管道;往复泵送液体的管道;时停时开,扫线频繁的管道;活塞式压缩机输送气体的管道;生产过程中突然升温增压的管道(如紧急放空管道);使用“快速切断阀”的管道;温度大于 200℃ 的高压管道。因此,本次修订新增了有振动的管道支架。发电厂综合管道支架较多采用了纵梁式管架。

10.1.3 当管道重量较小、高度较低及管道膨胀量较大时,应按刚性管架设计;管道重量较大、高度较高(大于 6m)且管道膨胀量较小时,可采用柔性管架;半铰接管架适用于管道重量较大,主动管变形符合管架倾斜度要求的管架。

1 刚性管架:管道支架柱刚度相对较大,管道支架顶部的变形不能适应管道受热变形的要求,管道与管道支架顶部接触面产生相对位移,使得管架承受管道膨胀时产生的摩擦力。

2 柔性管架:管道支架柱刚度相对较小,管架顶部的变形能适应管道受热变形的要求,管道与管道支架顶部接触面无相对位移,使得管道支架承受柱顶变位时产生的水平推力。

3 半铰接管架:支柱下端与基础的连接,沿纵向为半铰接,沿横向为固定。

10.1.6~10.1.9 新增了纵梁式管架伸缩缝间距的规定,增加了管道支架的上部结构挠度、侧移以及地基差异沉降允许值的规定。

10.2 荷载及荷载组合

10.2.3 新增了有振动的管道支架的计算原则。管道的振动荷载应区分正常运行的振动荷载和瞬态的振动荷载,并合理采用。

10.2.4 现行石化行业标准中,荷载效应的基本组合采用了现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001(2006年版)第3.2.4条的简化组合,本标准不作规定,由设计者自行确定。

10.3 结构计算

10.3.4、10.3.5 这两条参照管道支架设计手册,修改并补充了各类管道支架柱计算长度系数的规定。

10.3.7 本次修订新增了管道支架基础底边与地基地面反力零值区尺寸的限制规定。

10.3.8 本次修订对管架构件允许长细比的规定作了修改和补充。

11 抗震设计

11.1 基本规定

11.1.1 与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 相比,本条文针对工业厂房增加了避免建(构)筑物完全丧失使用功能的原则要求。

11.1.2 本条在原条文“适用于 6 度至 9 度”表述的基础上修订而成,修改后与现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定保持一致,强调所有新建的建(构)筑物在 6 度和 6 度以上地区必须进行抗震设防,即使是次要建(构)筑物。本条为强制性条文。

11.1.3 按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定,建(构)筑物的抗震设防烈度一般可采用现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 的基本设防烈度或与设计基本地震加速度值对应的烈度值。国内多数发电厂均编制了《地震安全性评价报告》,因此,抗震设防烈度应符合其要求。

11.1.4 本次修订时,表 11.1.4 取消了“抗震措施设防烈度”的用语。抗震设防标准的主要变化包括:取消有关“对于损坏后不影响生产,不造成较大损失,且易于修复的建筑物可不设防”的条文;取消了框架节点和构件截面的抗震设计时“可按未调整的抗震等级采用”和“抗震等级为一级还需要提高一度设防时,抗震等级仍为一级”的规定。修改后抗震设防标准整体有所提高。

主厂房主要屋面层高度一般不超过 55m,本标准关于钢结构主厂房框排架的抗震等级的规定,依据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 第 8.1.3 条中房屋高度 $\leq 50\text{m}$ 的规定和工程实践经验进行了确定。

表注中规模很小的乙类工业建筑,一般指单层建筑且高度不超过 12m 的配电室、转运站配电室、屋内配电装置室、网络控制室、燃油和燃气电站的贮油和贮气设施、制氢站等,当采用了钢筋混凝土结构时,可按本地区设防烈度采取抗震措施,该条文符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260 的规定。

11.1.5 本次修订取消了表 11.1.5 中主控制楼、综合管道支架的规定,其抗震等级可按照变电所和构筑物的相关标准确定。运煤栈桥增加了按不同高度划分抗震等级的规定,7 度和 7 度以下且高度 30m 以下较原标准适当放宽,8 度且高度 30m 及 30m 以上适当提高。

表 11.1.5 中主厂房框架结构高度划分的界限,与现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260 的框架结构进行了对比,由原标准的 25m 和 35m 统一为 25m,更为严格,因为大中型机组主厂房结构多为乙类设防要求,煤斗对结构抗震也存在不利影响。国内不同容量机组主厂房煤仓间的主要屋面板顶高度一般可控制在 55m 以下,故表 11.1.5 中增加了高度上限的规定。表 11.1.5 明确了不包含在基本烈度 9 度区建设的主厂房框架结构,注 4 适用于基本烈度 8 度区乙类建筑需要提高一度按 9 度采取抗震措施的条件。

受工艺布置、运行和施工条件的限制,传统的钢筋混凝土主厂房框架在高烈度区仅沿结构纵向设置有抗震墙或抗震支撑,达不到框架-剪力墙抗震性能要求,故框架部分应按框架结构确定抗震等级。表 11.1.5 设防烈度 9 度系针对本地区抗震设防烈度 8 度,需要提高一度采取抗震措施的结构。本条为强制性条文。

11.1.6、11.1.7 这两条直接引用了现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223—2008 中的规定。第 11.1.6 条为强制性条文。

11.1.9 受工艺布置限制,主厂房结构楼层布置和抗侧力构件设置难以完全满足规则性要求,且荷载分布也极不均匀。钢结构具有结构延性好、抗震性能优和材料可再生利用的优势,故本标准提

出宜优先选用钢结构。

“常规布置的主厂房”指前煤仓双跨框排架布置,即双跨框架和排架组成的框排架结构,纵向(厂房长度方向)结构单元设置有剪力墙(或抗震支撑)(图 5)。本条中关于钢筋混凝土结构的选型原则是根据工程经验、震害资料和实验研究成果确定的。

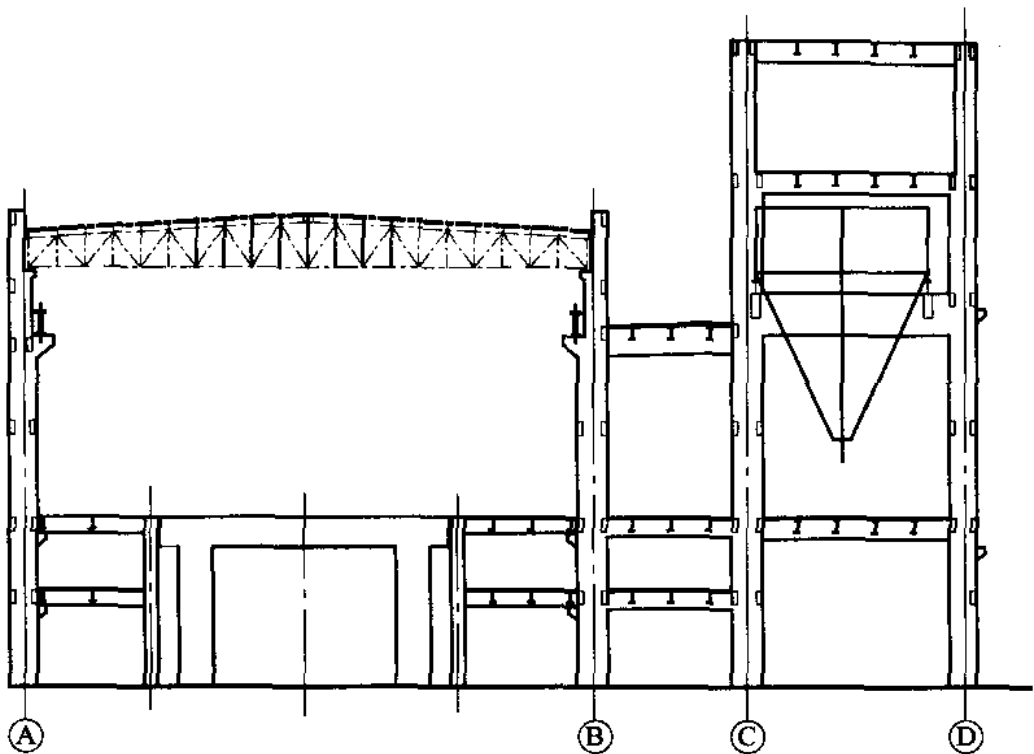


图 5 主厂房前煤仓双跨框排架布置示意图

根据工程设计经验,7度Ⅲ类场地及Ⅲ类场地以上采用钢筋混凝土结构时,由于抗震墙(或抗震支撑)设置的不规则,可能导致结构地震作用效应和变形局部加大,不能满足抗震设计要求,故本标准提出7度Ⅲ、Ⅳ类场地可采用钢结构。

根据汶川地震的震害调查,江油发电厂 $2 \times 330\text{MW} + 2 \times 300\text{MW}$ 燃煤机组分两期建设,主厂房钢筋混凝土结构均采用双跨框排架布置,抗震设防烈度为6度、7度,汶川地震遭遇8度地震作用,7度设防的主体结构(除汽机房的网架屋盖外)基本完

好,6度设防的厂房有轻度破坏。

2003年电力行业重点科技攻关项目《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》,针对常规布置主厂房拟动力抗震试验分析研究的总体评价如下:

1 单机容量为600MW双跨框排架布置的钢筋混凝土主厂房结构(图7),在7度抗震设防Ⅱ类场地研究条件下,厂房的横向结构模型在最大输入加速度 $0.05g$ 时基本处于弹性阶段;在最大输入加速度 $0.3g$,模型结构虽未达到承载力极限,但其整体位移角明显增大,裂缝加剧和出现塑性铰,结构已基本达到屈服状态,结构虽能满足“大震不倒”的设防要求,但整体富裕度不大,结构可满足7度抗震设防的目标。

2 横向框排架结构相对于纵向框架-剪力墙结构而言刚度偏小,应增大横向的刚度。结构存在错层、薄弱层、强梁弱柱等问题,对结构抗震不利。

3 设防烈度8度Ⅰ类场地以上时,不应采用常规布置的钢筋混凝土结构。

关于1000MW级的主厂房,其结构总高度、层高及设备管道荷载等较600MW机组有所增加,选择钢结构有其优越性。目前,6度、7度区采用钢筋混凝土结构有在建工程,但缺乏工程经验和实践检验,因此本标准提出了进行专门论证后确定。

11.1.10 本条依据工程经验、震害资料和实验研究成果,提出了能够实现的概念设计和结构体系的抗震设计要求,这些结构布置的要求可通过协商实现(如增设变形缝、调整层高、调整剪力墙的位置等)。应避免结构由于局部抗侧刚度突变或整体刚度偏小导致过大的塑性变形。

汶川地震中,江油发电厂检修场地布置的汽机房在结构单元的端部,主厂房A列柱地震时位移较大,尤其在检修跨,造成吊车梁错位和轨道断裂。

11.1.11 地震区主厂房采用现浇钢筋混凝土结构是出于加强结

构整体性和提高抗震性能的考虑。楼板采用二次(叠合)施工时,应采取措​​施保证楼板整体性。

11.1.12 支承煤斗的楼层,煤斗区域开孔较大导致楼层刚度削弱,不应取消剩余部分的现浇钢筋混凝土楼板,而应设法增强楼层刚度。在煤斗重心较高、支承连接部位承受倾覆弯矩有困难时,相邻楼层可设置水平支撑。

11.1.13 从历次地震的震害情况来看,轻型屋盖比重屋盖抗震性能好,无天窗的屋盖系统比有天窗的抗震性能好,一般利用山墙承重的厂房对抗震不利。

11.1.14 钢-混凝土组合楼盖在弹性和弹塑性情况下,符合空间协同工作原理的假定,完全满足框架空间计算对楼板平面内刚度的要求。《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》科研项目针对“钢-混凝土组合楼盖空间作用试验”研究表明,当楼板不开洞或开洞小时,设置在楼板平面内的水平支撑可以取消。

11.1.15 发电厂震害调查显示,由于汽机房屋面梁与支座、檩条与屋架(屋面梁)的连接不可靠,使屋盖在地震中发生倒塌,导致汽轮机关键设备损坏,修复难度大且需时较长,本次修编增加了本条。本条为强制性条文。

11.1.16 主厂房钢结构与锅炉刚架相互连接,其地震反应的相互影响作用十分复杂。国内早期少数发电厂(如山东石横、嘉兴电厂)采用主厂房-锅炉炉架的联合结构。在《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》科研项目中针对嘉兴电厂联合结构的研究表明:主厂房钢结构不能忽略锅炉炉架本身动力特性的影响,应建立主厂房和锅炉炉架的协同工作完整模型,真实反映联合结构的动力特性。由于联合结构设计实施存在技术难度,因此,本规程提出锅炉与主厂房结构体系间宜相互独立。

11.1.17 《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》科研项目的“减震耗能材料应用研究”子课题,研究开发了钢板消能器和铅合金消能器,提出了主厂房采用设置支撑消能器、煤斗支座加设消能器、

大型设备采用悬吊设计等消能减震措施。

11.1.18 对7度以上地区,降低煤斗、除氧器、加热器、锅炉给水泵、工业水箱等布置高度,对结构抗震有利。

11.2 地基与基础

11.2.1 本条建(构)筑物避开要求主要指发震断裂带的避让,边坡、边缘的避让等。不利地段应考虑可能产生的地震放大作用,增大系数应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010第4.1.8条的规定。本条为强制性条文。

11.2.5 震害表明,软弱地基存在震陷灾害,造成建(构)筑物地基沉降或不均匀沉降破坏。震陷的发生可用地基承载能力、平均剪切波速作为界限值。软弱土层的厚度对震陷的影响与层位有关,最不利条件是软弱土层与基础直接接触,本条根据发电厂的特点,提出了相应的抗震措施。

11.2.6~11.2.8 本次修订补充了液化土层中基础周边回填土、预制桩接头、桩长度和配筋的抗震设计要求。桩基抗震设计符合国家现行标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94和《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定。

11.2.9 抗拔桩接受拉主筋锚入承台的桩数沿用了原标准。本次修订增加了抗拔力桩通长配筋和钢筋锚固长度的规定,也符合现行国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的要求。

11.2.10 本次修订取消了桩基按抗震性能分类的构造措施。本条中关于各类桩的配筋构造措施的要求沿用了原标准的规定。

11.3 地震作用和结构抗震验算

11.3.1 本条规定主要依据工程经验和震害记录。本次修订借鉴了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的条文,同时作了以下调整:

- 1 原标准针对国内几次7度、8度地震的震害调查资料,发

现多条运煤栈桥主体结构均未有明显破坏,确定了“7度Ⅰ、Ⅱ类场地时运煤栈桥横向可不验算”的规定。由于大容量机组运煤栈桥的高度和跨度变化范围较大,本次修订取消了该规定;即使在6度时也可按高度和场地条件进行判断。

2 修改了烟囱的计算规定,使其与现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051一致。

另外,根据大量震害调查分析表明,位于地面以下的地下管沟、隧道、沉淀池、卸煤沟等地下建筑物有较好的抗震性能。

11.3.2 本次修订根据发电厂建筑物地震的宏观调查资料,并结合发电厂实际情况,补充了8度和9度地区的汽机房屋盖网架和9度时高度大于40m的建(构)筑物均应计算竖向地震作用。

11.3.3 本条基本维持了原标准。本条第2款增加了结构扭转计算规定;本条第3款针对发电厂主厂房结构的不规则问题,明确了8度Ⅱ至Ⅳ类场地采用时程分析法进行多遇地震下补充计算的规定。

11.3.4 本次修订根据发电厂结构存在层高变化大、错层等实际情况,新增了罕遇地震作用下薄弱层变形验算的规定。根据工程经验和试验研究的意见,钢筋混凝土和钢结构主厂房都不同程度地存在结构薄弱层,高地震烈度区应进行罕遇地震下薄弱层变形验算。

11.3.5 本条针对发电厂可变荷载类型与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011存在的区别,作出了相应规定。本次修订对原条文作了如下修订:为使主厂房框架楼面活荷载取用更符合实际,避免取值过大,主厂房框架按计算主框架用的楼面活荷载计算时,增加了含除氧煤仓间屋面、不含大件检修安装荷载的规定;强调工艺设备和管道荷载应取正常运行工况的数值;补充了雪荷载、吊车悬吊物的组合系数规定。本条为强制性条文。

11.3.6 屋顶通风器参照了天窗架的地震效应采取放大系数,计算表明:高振型的影响系数一般不超过1.35,本标准确定影响系

数为 1.5。震害调查表明,在强烈地震作用下,单层厂房突出屋面的天窗架的立柱和垂直支撑普遍遭到破坏,甚至 6 度区也有震害,目前发电厂汽机房天窗架结构已基本不采用,本次修订取消了相关内容。

11.3.7 主厂房屋架端部及支座的构件之间连接处,一般有多种因素产生的应力叠加及应力集中,因此,对结构计算分析效应应乘以不同增大系数。

唐山地震时,陡河电厂、唐山电厂的汽机房屋盖大面积塌落,汶川地震江油电厂二期汽机房网架整体垮塌,均与屋架支座处的杆件强度或连接不足有关,大量震害表明,节点的震害普遍较重。焊接连接的延性差,焊接施工受现场条件影响,规定了增大系数取大值。螺栓连接延性较好,而且施工的可靠性大一些,故增大系数略有区别。

汽机房屋盖不同于一般单层厂房的屋盖,受力比较复杂。另外,汽机房外侧柱的纵向刚度与主厂房 B、C 列框架纵向刚度相差较大,地震时容易引起屋盖结构扭转,因而规定了屋架支座与柱子连接处的地震作用效应乘以附加放大系数。

11.3.9 内部连接平台(如汽机房平台)、相邻连接结构[如锅炉前(侧)平台、运煤栈桥、烟道与烟囱连接部位等]在自身有一定抗震能力的条件下,要求沿结构或构件的纵向能滑动,其横向为简支,联结处能承担地震作用。

汶川地震中江油电厂的相关震害:支承汽机房平台钢筋混凝土梁的牛腿出现混凝土压碎现象、烟道与烟囱连接部位牛腿出现混凝土压碎现象、楼板钢梁移位、薄腹梁端部支座处有碎裂并钢筋外露等。

11.4 钢筋混凝土结构主厂房

11.4.1 本条强调结构布置应通过与工艺专业的协商,有效改善结构布置。

抗震研究表明,单方向、一端设置抗震墙的结构,结构刚度横向偏小造成两个主轴方向动力特性差异较大,前三阶振型以扭转为主振型,其中排架部分的侧移明显较大,应采取有效措施改进。汕头海门发电厂单机容量 1000MW 煤仓间(侧煤仓),8 度地震区采用了双向、分散布置的框架-抗震墙结构,改善了结构的抗震性能。

11.4.2 研究表明:主厂房结构属于布置复杂和质量分布严重不规则的结构体系,应采用空间体系进行结构整体分析。由于主厂房结构布置不规则和荷载分布复杂,也可选择荷载较大的代表性框架进行平面和空间分析的对比判断。

煤斗对框架的地震附加弯矩影响可按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 附录 H 的规定计算。

《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》科研项目的子课题“主厂房钢筋混凝土结构试验研究”提出:为保证“强柱弱梁”,对柱截面应提出更高要求,考虑楼板对梁柱刚度比的影响时,梁柱的线刚度比不宜大于 0.7。

11.4.4 125MW 及 125MW 以下的发电厂汽机房多采用加热器局部平台布置,平台与主厂房框排架柱相互独立布置,对框排架结构横向刚度没有影响。200MW 及 200MW 以上时汽机房多采用大平台布置,结构难以与框排架分开布置,平台与主厂房框排架柱多采用铰接连接,对整体结构的影响必须考虑。

滑动或滚动支座应保证双向自由变位,但运转层以上的防震缝宽度随着高度增加,使节点设计难度加大甚至难以实现。若将连接平台结构采用自重较轻的钢结构楼(屋)面板,且避免布置主要(重型)设备,可控制支座摩擦力不致过大,以减小平台两侧结构的相互影响。

对于软弱地基上的建筑物,由于地基沉降的不均匀(如华东电力设计院根据现场调查,有的工程的地基变位呈 U 形分布),导致预留防震缝宽度减小,因此,在软弱地基上宜将防震缝的宽度适当

加大。

11.4.5 汽机房平台的柱网定位受到工艺布置的限制,使山墙柱定位难于与屋面支撑节点位置相协调,为保证水平力的有效传递,本标准提出了山墙柱与屋面水平支撑节点间的连接构造要求。

11.4.6 主厂房采用高强度钢筋,可减少结构截面钢筋用量,尤其是节点钢筋密集区域,对方便混凝土浇筑施工和施工质量保证有利。

采用高强混凝土应充分考虑建设当地的施工条件。针对高强混凝土的研究成果表明,高强混凝土框架柱在 0.7~0.8 的设计轴压比时,可以基本满足有限延性($\mu_{\Delta} \leq 3$)的要求,但框架柱截面不宜减小,以避免“强梁弱柱”问题加重。主厂房高强混凝土柱在高轴压比下构件延性降低,应比普通混凝土轴压比限值适当降低。

11.4.7 主厂房框架柱的轴压比限值与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 相比有所放宽,本次修订也随之相应修改,轴压比限值降低 0.05。

11.4.9 抗震墙的厚度沿用了原标准取值。对大柱距(如 12m 柱距)取 1/30 柱中距时墙体偏厚,在以往的工程中有放大到 1/40 柱中距的情况。与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中按层高和抗震等级确定抗震墙厚度不同,本标准按柱距确定抗震墙厚度,更适用于发电厂主厂房。

11.4.10 《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》研究成果表明,适当提高煤斗大梁与柱节点“小核芯区”的抗裂和抗剪承载能力,能够改善异形节点的抗震性能。因此,本次修订增加了异形节点核芯区截面抗震验算规定和计算方法(见本标准附录 K)。

11.4.11 本次修订取消了预制钢筋混凝土楼板构造措施的条文。目前主厂房以采用现浇钢筋混凝土楼盖或钢梁-现浇钢筋混凝土板(组合)楼盖为主。

11.4.12、11.4.13 主厂房梁柱截面配筋抗震措施基本沿用了原标准。本次修订调整了箍筋加密范围、柱长边箍筋最大肢距与纵

筋最大间距的规定,参照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 按不同抗震等级区别对待规定;新增了设防烈度 9 度一级框架柱和一级框架短柱的抗震构造措施。另外,还增加了梁柱最大配筋率的规定。增加最大配筋率的目的是,要求设计者应控制梁柱配筋用量,防止梁柱节点区域钢筋过密,造成施工质量难以保证。主要设备指除氧器、煤斗等。

11.4.17、11.4.18 这两条为本次修订新增条文,主要参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关条文和工程经验。

11.5 钢结构主厂房

11.5.1 本条提出了原则性要求。结构布置在一些条件下需要服从工艺布置,如煤仓间底层磨煤机过轨吊检修区域、皮带层皮带运行区域、检修通道等区域抗侧力构件布置受到限制。根据工程经验,采取相邻跨就近增设柱间支撑、设置隅撑、加强楼面水平支撑、梁柱刚接等措施,提高结构抗侧刚度和承载力水平。

11.5.2 国内钢结构主厂房地震调查资料很少,但设计经验较多。自我国 20 世纪 80 年代宝钢自备电站第一座钢结构主厂房建成后,相继有多项国外引进机组建成投产,经多年设计研究和工程实践,组成了下面五种结构体系,仅后两种结构体系可满足框架-支撑体系双重抗侧力体系的要求:由汽机房-除氧煤仓间-锅炉炉架组成采用全铰接(包括柱脚)的联合结构体系,汽机房-除氧煤仓间楼层设水平支撑桁架,将水平荷载绝大部分传至锅炉钢架;由汽机房-除氧煤仓间组成采用全铰接加支撑(包括柱脚)结构体系(即铰接支撑框架体系),加强了垂直和水平支撑设置,与锅炉钢架架构相互独立;除氧-煤仓间横向结构组成的横向结构刚接框架加支撑的框架-支撑体系,纵向采用梁柱全部铰接加支撑的混合结构体系,柱脚单向刚接,与锅炉钢架架构相互独立,形成混合结构体系;除氧-煤仓间横向、纵向的框架及柱间支撑组成的框架-支撑结构

体系,柱脚全部为刚接,支撑设置数量相对较少;除氧-煤仓间结构组成的横向和纵向仅在支撑跨间梁与柱刚接,柱脚刚接连接,其他为铰接连接。

在横向结构中受工艺布置限制,煤仓间柱间支撑设置难以实现上下贯通,只能在隔一跨的汽机房增加柱间支撑,故条文提出在高烈度区宜采用框架-中心支撑体系,并提出采用铰接支撑框架体系时,应采取提高结构侧向抗力和耗能能力的措施。

另外,偏心支撑在发电厂缺乏应用实例,故本标准中没有将其列入。

11.5.3 《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》科研项目的子课题“钢结构抗震设计技术研究”的成果表明,发电厂主厂房结构在平面和竖向都具有不规则的特点,在地震作用下会产生扭转变形,应采用空间计算模型进行计算,并考虑扭转效应的影响。

1 空间计算的內力和位移明显大于平面计算结果。

2 钢-混凝土组合梁楼盖完全满足框架空间计算对楼板平面内刚度的要求。

3 长细比较大的支撑,稳定承载力较低,因受压退出工作的可能性较大,导致对结构刚度、传力路径和承载能力的错误判断。

11.5.4 横向柱间支撑设置在荷载较大的煤仓间且上下贯通布置受力最合理。当底层工艺检修设备限制不能上下贯通时,在邻近的汽机房大平台增加设置水平支撑时,相关联的梁柱构件应采取加强措施,以满足传递水平力的需要。

柱间纵向支撑设置对厂房抗震能力提高很重要。国外标准要求支撑中心间距不超过48m,发电厂纵向3个~4个柱间,支撑中心间距在40m~50m之间(12m柱距按3个柱间计算)。

11.5.5 本条补充了钢结构框架-支撑结构中的框架地震作用的取值规定。

本标准根据国内外发电厂工程经验引入了铰接支撑框架体系,并注意到相关标准对该结构体系的抗力设计要求高于框架-支

撑体系,国内实际工程中选用该体系,主要出于设备基础布置设计方便、运输方便和现场焊接连接少的考虑。美国标准规定,强震区框架-支撑体系中支撑框架结构中的梁柱节点不应采用铰接,主要是考虑铰接支撑框架体系非双重抗侧力体系和结构侧移增大的因素。

国内针对梁柱节点铰接支撑框架结构在 8 度区的应用进行了技术研究,提出了应提高结构的延性设计要求;对柱间支撑提出在满足强度、稳定计算的同时,应留有适当的冗余,强调这对于非双重抗侧力体系的铰接支撑框架来讲尤为重要;同时提出了横向应增加柱间支撑设置,避免煤仓间柱底产生较大拉力,不利于结构的稳定,结构纵、横方向均应尽可能增加柱间支撑的设置数量等要求。

根据工程经验,铰接支撑框架体系增加柱间支撑的设置数量,控制支撑杆件设计计算的应力比,可有效提高结构侧向抗力。应力比冗余的数值尚缺乏研究,具体可按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定并结合工程具体情况确定。

11.6 烟 囱

本节为本次修订新增内容。钢排烟筒具有抗震性能优于砌体排烟筒的特点,高烈度区应优先选用。砌体排烟筒或内衬需要采取拉结及加强措施,确保烟囱正常使用的安全可靠性。2008 年汶川地震曾发生烟囱内衬垮塌破坏。

11.7 集中控制楼和屋内配电装置楼

本次修订以集中控制楼取代了主控制楼,主控制楼多用于变电所,其抗震设计可按变电所建筑设计技术规定执行。

多层屋内配电装置的特点是各层层高不等,母线间横墙不封顶和楼面开孔面积较大等。

考虑到目前机组容量的加大和电压等级的提高,结合汶川地

震中砖混结构的不利震害,集中控制楼和配电装置楼对震后恢复发电厂发电十分重要,且厂房的柱距和跨度较以前都增大很多,因此本次修订取消了砌体结构的适用范围,优先采用现浇钢筋混凝土框架结构。

11.8 运煤廊道

11.8.1~11.8.3 国内 1993 年以前的十多年中发生的几次强烈地震中,离震中较近的 12 座发电厂的栈桥经历了 7 度~10 度地震的考验。运煤栈桥结构震害部位可归纳为下列各点:

- 1 相邻建(构)筑物间发生碰撞破坏。
- 2 预制构件破坏。
- 3 围护结构破坏。
- 4 栈桥框架支柱节点区破坏。

2008 年汶川地震,运煤栈桥发生了轻度破坏。宏观地震表明,栈桥结构的纵向抗震应适当加强,可在低端或中部设置刚性的纵向抗震结构(如抗震墙、抗震支撑)。

实践表明,栈桥结构与相邻建筑物的动力特性不同,其间有必要设防震缝。过去习惯采用栈桥搁置在相邻建筑物的做法,但栈桥高端的防震缝按高度计算,其数值较大,滑动或滚动支座设计难以实现,因此,根据震害资料和工程经验,补充了设有刚性跨或落地端栈桥的防震缝的设置规定。

11.8.4 栈桥本身在脉动实测下表现为整体振动,各处频率几乎相等。皮带设备运行虽对栈桥纵向有一定的影响,但影响不是很大,因而地震作用计算中可不考虑。根据实测,将栈桥分为下列几种计算方案:刚性桥面弹性支承的抗震计算方案,刚性桥面低端铰接弹性支承的抗震计算方案,弹性桥面弹性支承的抗震计算方案。

简化计算时,应协调栈桥的横向变形,使各相邻横向承重结构的刚度相近似,减少刚度的不均匀和避免扭转效应。按杠杆原理将重量分配到各横向结构上的分配原则是近似的。计算结果表

明,高端栈桥的支柱周期偏长。为安全起见,设计时宜将地震作用产生的内力适当加大。栈桥按整体计算可以弥补高端栈桥地震作用偏小的问题。

11.9 贮煤筒仓

11.9.1 筒仓的抗震能力主要取决于其支承结构。仓壁落地结构的水平刚度较大,相对安全,而柱承式结构的柱轴压比通常较高,底部刚度薄弱,结构延性较差。从对抗震有利的角度出发,筒仓结构宜优先选择筒壁承重或筒与柱联合承重的结构,不宜采用柱承式结构。

调查结果表明,柱承式筒仓震害较重,柱承式方仓最重,而筒承式圆筒仓最轻。筒承式圆筒仓的延性很好,抗扭性能较好,且具有足够的变形能力等。根据发电厂特点,直径较小时采用筒壁支承的圆筒仓,当直径超过 15m 时采用筒与柱联合支承的结构,完全可以满足工艺需求。

11.9.2 筒仓与相邻栈桥相连的共同工作机理相当复杂,且缺乏研究,宜在结构布置中用防震缝将两者分隔成独立的结构单元,以避免相互影响和碰撞。当分离式方案实施有困难、必须将栈桥支承于筒仓上时,连接处不应刚度过大,应通过减弱连接部位的刚度来减小两者的相互作用。

11.9.3 根据工程经验,仓顶以上皮带层及皮带转运层建筑两层布置时,以采用筒仓壁承重的结构为主,对抗震有利。当局部突出屋面布置时,一般为单层建筑,仓顶以上结构生根在仓顶梁上,筒仓震害表明:钢结构仓上建筑的震害最轻,钢筋混凝土仓上建筑的抗震性能次之,砖混结构震害较重。基于抗震性能的考虑,在地震区仓顶单层局部布置的建筑应优先选用钢结构及轻型围护结构。本次修订取消了仓顶砖混结构。

11.9.4 发电厂的筒承式和筒与柱联合支承的筒仓,筒壁孔洞对应最大圆心角一般不大于 50° ,同一水平截面内总开洞的最大圆

心角一般不大于 100° 。依据工程经验,筒壁可不进行抗震验算的规定。对于地基与基础、支承柱,还应进行抗震验算。

11.9.5 贮料是筒仓抗震计算中的主要荷载。地震时贮料的有效重量与振动时的有无耗能作用、充盈程度两个因素相关。西北电力设计院、同济大学及贵州工学院等单位对筒仓的试验表明,圆形筒仓中的散状贮料在动力作用下具有明显的耗能作用,且满仓时耗能作用愈加明显。因此,计算筒仓动力效应时贮料重量应取小于实际贮料的重量,贮料有效系数试验值为 $0.5\sim 0.7$,本条取值留有裕度。

11.9.6 支柱的地震剪力应乘以放大系数,考虑到筒仓外形可能导致的偏心扭转作用。

11.10 设备基础

11.10.1、11.10.2 由于设备本身的刚度很大,为计算简化起见可作为一刚体来计算地震作用,并验算与基础的连接。

对于高出地面的设备基础,除增加水平地震作用外,还将产生一个弯矩。对地面上的设备产生水平地震作用,可暂按设防烈度9度用 $0.4G$,8度用 $0.2G$;7度用 $0.1G$ 来确定。当8度、9度时,还应考虑竖向地震作用,其值按8度取 $0.1G$,9度用 $0.2G$ 确定(G 为设备的重力荷载)。

11.10.6 海城、唐山地震中,螺栓或地脚螺栓断裂将造成结构错位、倒塌等严重震害,应引起足够重视。高延性钢的延伸率较大,有较高的极限变位能力,特别是它的韧性、脆性转变温度较低,大大减小了螺栓冷脆断裂的几率。因此提出发电厂的重要设备的地脚螺栓采用高延性钢材的要求。

11.11 管道支架

11.11.1 根据海城、唐山及汶川地震震害调查,一般钢结构或钢筋混凝土结构支架均基本完好,说明以往设计中的选型和选材均

具有较好的抗震性能。

管道和管道支架相互支持,使整个管网实际上形成了空间体系,具有一定的抗震能力。因此,一般管道支架当为 6 度、7 度时可不作抗震验算,只要满足抗震构造措施要求即可。本次修订补充了需要进行地震作用计算的管道支架的具体要求。

11.11.2 本次修订新增了纵梁式管道支架计算简图。地震时管道支架不论是沿纵向或横向都是在约束条件下工作的,计算简图简单按悬臂构件考虑与实际是不相符的。

1 独立式管架各支架之间横向协同工作的能力差,故以单个管架作为横向计算单元。纵向是以固定支架为核心沿纵向的自由端补偿器方向作相对滑移的,故可取两补偿器间作为纵向计算单元。但因对管道强度应留有一定余地,也可按悬臂构件计算。

2 纵梁式管架结构单元划分宜与补偿器的布置协调,计算单元可取补偿器中至中距离,使管道及管道支架结构受力都很明确。当两者统一有困难时,计算单元可按结构单元确定。

11.11.3 本次修订修改了计算地震效应时管架的重力荷载代表值,增加了积灰荷载。

11.11.4 半铰接支架本身不能承受水平力,因而整体性较差,在强烈震动的情况下使用是不合理的。唐山地震后发现,两条半铰接支架的管线在柱脚处出现了裂缝,管道拐弯处的半铰接支架因地震也会导致长期歪斜。因此,本标准提出位于 8 度和 9 度的独立式支架中的中间支架,不宜采用半铰接型。

11.11.5 目前的支架抗震验算,只考虑杆件自身的弹性变形,而不考虑整体影响(即包括基础在内的整体变形影响)。

活动支架中的柔性支架和半铰接支架的管道都与管道支架有一定连接。因而管道和支架两者间可视为整体工作,这为准确分析计算单元内的总地震作用提供了条件。

由震害资料得知,在地震后发现管道滑动支座处,管道与管道支架间沿纵向出现相对位移,说明地震作用已超过两者间的摩擦

力,该支架所承担的最大地震作用就等于摩擦力,活动支架整体分析可依此作为参考依据。

11.11.6、11.11.7 这两条为本次修订新增内容。

11.12 空冷器支架

11.12.1 空冷支架结构与工艺设备布置密切相关,特别是排气管道布置的影响,需要实现结构刚度中心与质量中心重合,才能实现结构平面规则布置的要求。

11.12.3 正常运行时一般不需要人员巡视,正常运行时冷凝器间步道、风机桥步道可取现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001(2006年版)第4.2.2条无设备操作荷载。不考虑与雪荷载同时参与效应组合。

风机防护网和风机平台封板上的活荷载可不参与地震效应组合。

11.12.4 空冷支架结构有多种结构形式,由于设备质量主要集中在上部,在水平地震作用下,结构变形主要表现为整体平动与扭转,考虑到结构的抗震性,空冷支架宜采用规则的结构布置形式。尽量避免出现单侧悬挑或转角悬挑空冷凝凝器的布置形式,防止地震作用下对支架结构产生不利的扭转影响。柱顶节点连接部位是结构薄弱部位。结构采用空间整体分析,考虑扭转耦联效应与结构本身的抗震特性吻合。

11.12.5 空冷支架大跨度、长悬挑结构的竖向地震作用计算的要求比现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011适当提高,主要出于平台上设备重要性和结构荷载集中的考虑。

11.12.6 总结近年来工程设计的经验,300MW机组空冷支架钢桁架-支柱结构的平台高度一般为35m,8度(0.20g)时柱顶位移约40mm,约为 $H/790$;600MW机组平台高度一般为45m,7度(0.15g)柱顶位移约50mm,约为 $H/830$,8度(0.20g)柱顶位移约70mm,约为 $H/592$ 。其他结构形式位移相对较小,可以满足

$H/500$ 的要求。

罕遇地震的计算数据较少,本标准仅提出了参考数值。

11.12.7 本条参考了大跨度钢屋架支座的规定。钢桁架-支柱结构的钢桁架与柱顶连接部位是地震作用效应较为集中的部位,也是结构的薄弱部位,应采取加强措施。

11.12.8 钢筋混凝土管柱的轴压比限值取自国内相关试验研究的建议和工程经验。

11.12.9 本条仅针对钢桁架-支柱结构提出了抗震构造措施。

附录 A 干煤棚及圆形封闭煤场 风荷载体型系数

本附录为新增内容。表 A. 0. 2 提供了 5 种网壳干煤棚的风荷载体型系数取值, 分别取自中南电力设计院提供的湖南益阳电厂、江西丰城电厂、汉川电厂、嘉兴电厂、鸭河口电厂等工程研究成果, 可供设计参考。

圆形封闭式煤场风荷载体型系数根据国内相关风洞试验研究对比表明, 按照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001 (2006 年版) 表 7. 3. 1 中旋转壳顶的风荷载体型系数取值, 正压区和负压区的分布是一致的, 风洞试验的负压区风荷载体型系数小于规范要求, 正压区风洞试验结果大于规范要求; 正压区和负压区的风洞试验均小于 ECCS 标准的规定, ECCS 标准可以考虑挡煤墙高度和煤场直径变化等因素, 与风洞试验的一致性较好。

附录 B 钢筋混凝土结构节点计算与构造

本次修订针对二次施工需要设置牛腿、挑耳等,考虑到装配式结构很少采用,将原标准正文中部分钢筋混凝土结构节点计算与构造的内容编入本附录。

附录 C 工字形截面钢-混凝土组合梁 抗扭计算

本附录为新增内容,引用了《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》科研项目的“钢-混凝土组合梁抗弯剪扭的试验研究”课题成果。

附录 D 施工及使用过程沉降观测

建筑物的沉降观测必须在浇筑基础时开始观测,若沉降观测不是从浇筑基础时埋点观测,就不是完整的沉降观测资料。一般情况下基础面在地面以下,沉降观测点先建在基础面,而长期的沉降观测点设在地面以上,因此施工时必须注意。

建筑物竣工后的第一年内,每隔 2 个~3 个月观测一次,并控制每次观测的沉降量在 5mm~10mm 之间,当超过 10mm 时,应缩短观测间隔,以后可根据沉降速率决定观测间隔,如每次观测的沉降量小于 5mm 时,则可将观测间隔逐步延长至 4 个月,当每次观测的沉降量小于 3mm 时,则可将观测间隔延至 6 个月,直至达到稳定标准。

附录 E 汽轮发电机弹簧隔振基础设计

本附录为新增内容,主要引用了隔而固公司(GERB)以及国内相关的研究总结资料,目前国内已有工程应用实例。

台板应有足够的质量和刚度,一般可与常规基础顶台板的厚度一致。隔振装置的主要参数包括隔振器垂直刚度、水平刚度、阻尼系数以及竖向承载能力等。隔振装置的选配应确保其承载能力留有足够的余量,系统垂直方向固有频率应远离机器工作频率。

在美国《大型汽轮发电机机座设计导则》中指出,隔振器的弹簧有圆柱螺旋弹簧装置和板式弹簧装置,圆柱螺旋弹簧具有垂直和水平刚度,而板式弹簧装置可提供垂直刚度。在承受水平地震作用时,采用板式弹簧装置,基础台板需设置水平连杆与周围平台结构相连。

根据隔而固(GERB)公司的经验,凝汽器底部采用弹簧支承方式、缸喉部刚性连接是最经济的匹配。当凝汽器与低压缸喉部设置伸缩节时,隔振装置将要承受全部的真空吸力,防止凝汽器热态运行引起汽轮机缸体向上拱起。

平衡品质等级计算规定引自德国标准《机器基础——支承带转动部件的机器的柔性结构》(第一部分) DIN 4024(Part1)。强迫振动计算时,德国工程师按照经验,将扰力点模拟在轴承座中心上。台板的材料阻尼比取值为 0.03,计算模型建立隔振元件,输入刚度系数及阻尼。

《在非转动部件上测量和评价机器的机械振动,第 2 部分:50MW 以上,额定转速 1500r/min、1800r/min、3000r/min、3600r/min 陆地安装的汽轮机和发电机》GB/T 6075.2 中,给出了汽轮发电机组 A、B、C、D 四个评价区域,以及区域边界 A/B、B/C、C/D

均方根振动速度的判据(表 14)。

表 14 汽轮发电机组均方根振动速度

边 界 区	3000r/min 或 3600r/min
A/B	3.8mm/s
B/C	7.5mm/s
C/D	11.8mm/s

以运行状态区域边界 A/B 对应的振动速度均方根值作为振动计算控制标准,按单一频率(50Hz)分量的振动速度均方根值可转换成峰-峰位移值(即振幅值),与现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040规定值相比较,偏于严格。

附录 H 管道支架荷载计算

H.1 风荷载计算

简化了单层多管风荷载体型系数的取值方法。风荷载的计算是根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 提出的,对部分规范中未列出的风荷载体型系数,采取与类似对比分析的方法以求得合理取值。

H.2 冰雪荷载计算

新增了冰雪荷载的计算公式。

H.3 管道荷载计算

本次修订补充了管道垂直荷载计算简图和管道垂直均布荷载的计算公式。新增了管道水平推力的相关规定和计算方法,新增了管道牵制系数内容。

附录 K 框架异形节点核芯区截面抗震验算

本附录引用了《火力发电厂主厂房结构抗震设计技术》科研项目的“主厂房钢筋混凝土结构试验研究”课题成果。试验研究表明：异形边节点与异形中节点的初裂及抗剪承载能力取决于异形节点的“混凝土小核芯”尺寸、混凝土强度等级和配筋状况。有限元分析和试验结果均表明，轴压力对异形节点抗剪能力的有利作用应折减一半，与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定相同。覆盖于节点“小核芯”的直交梁对节点核芯区混凝土有很强的约束作用，能显著提高节点核芯区的抗裂和抗剪承载能力。

在模型试验和计算的基础上得出了节点“小核芯”尺寸的抗裂和抗剪承载能力公式，较现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011略有提高。为改善异形节点的抗震性能，可在节点域配置斜向交叉钢筋。

S/N:1580177·780



中华人民共和国电力行业标准
火力发电厂土建结构设计技术规程
DL 5022—2012

代替 DL 5022—1993

☆

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

北京世知印务有限公司印刷

850×1168 毫米 1/32 9.625 印张 244 千字

2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—8000 册

☆

统一书号:1580177·780

定价:78.00 元