

铁路工程施工技术指南

TZ

TZ 324—2010

铁路预应力混凝土连续梁（刚构）
悬臂浇筑施工技术指南

www.docin.com

2010-03-31 发布

2010-03-31 实施



151133323

定 价： 15.00 元

铁道部经济规划研究院 发布

铁路工程施工技术指南

铁路预应力混凝土连续梁（刚构）
悬臂浇筑施工技术指南

TZ 324—2010

主编单位：中铁三局集团有限公司

批准部门：铁道部经济规划研究院

施行日期：2010年3月31日

www.docin.com

中国铁道出版社

2010年·北京

关于发布《铁路桥梁钻孔桩施工技术规范》 等三项铁路工程施工技术规范的通知

经规标准〔2010〕42号

为提高铁路桥梁工程施工技术水平,满足铁路工程建设需要,根据铁道部《铁路工程建设标准管理办法》(铁建设〔2004〕143号)和《关于印发2007年铁路工程建设标准编制计划的通知》(铁建设函〔2006〕1112号)的要求,经铁道部同意,铁道部经济规划研究院组织完成了《铁路桥梁钻孔桩施工技术规范》(TZ 322—2010)、《铁路移动模架制梁施工技术规范》(TZ 323—2010)、《铁路预应力混凝土连续梁(刚构)悬臂浇筑施工技术规范》(TZ 324—2010)的编制工作,现予发布,自发布之日起在铁路工程建设中推荐使用。施工企业应发挥自己的技术和管理优势,在上述施工技术规范基础上,研究制定更具体和系统的高标准企业施工标准,确保工程质量。

各单位在使用过程中应结合工程实践,认真总结经验,积累资料。对使用中发现需要修改和补充之处,请将意见或建议及时反馈给我院。

以上技术规范由铁道部经济规划研究院组织中国铁道出版社出版发行。

铁道部经济规划研究院
二〇一〇年三月三十一日

铁路工程施工技术规范 铁路预应力混凝土连续梁(刚构) 悬臂浇筑施工技术规范

TZ 324—2010

中国铁道出版社出版发行
(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

出版社网址:<http://www.tdpress.com>

中国铁道出版社印刷厂印

开本:850 mm×1 168 mm 1/32 印张:2.875 字数:69千字

2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

统一书号:15113·3323 定价:15.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部联系调换

发行部电话:路(021)73170,市(010)51873172

前 言

本技术指南是根据铁道部《关于印发 2007 年铁路工程建设标准编制计划的通知》（铁建设函〔2006〕1112 号）的要求进行编制的。

为适应大规模高标准铁路建设需要，全面落实质量、安全、工期、投资效益、环境保护、技术创新“六位一体”建设管理要求，统一铁路混凝土连续梁（刚构）悬臂浇筑技术要求，规范施工管理和现场作业行为，在总结工程实践经验的基础上编制本技术指南。

本技术指南在编制过程中，进行了深入的调查研究，广泛征求了有关方面的意见，重点对施工过程中的工艺措施和质量控制目标作出规定，体现了该领域的新技术、新材料、新工艺、新方法，是铁路混凝土连续梁（刚构）悬臂浇筑施工的指导性技术文件。

本技术指南严格按照标准编制程序编制，分别对编制大纲、征求意见稿、送审稿组织路内外专家进行了审查。根据铁道部《铁路工程建设标准管理办法》（铁建设〔2004〕143 号）关于铁路工程建设标准体系调整的要求，为鼓励技术创新、促进技术进步，指导施工企业根据自身技术、装备、管理水平和市场定位需要制定技术要求更高、针对性更强、内容更为具体的企业标准。

本技术指南共分 8 章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、0 号梁段、悬臂浇筑梁段、边跨非对称梁段、合龙梁段、施工保障措施等。

在执行本技术指南过程中，希望各单位结合工程实践，认真总结经验，积累资料，如发现需要修改和补充之处，请及时将意

见及有关资料寄交中铁三局集团有限公司(太原市迎泽大街269号, 邮政编码: 030001), 并抄送铁道部经济规划研究院(北京市海淀区北蜂窝路乙29号, 邮政编码: 100038), 供今后修订时参考。

本技术指南主编单位: 中铁三局集团有限公司。

本技术指南参编单位: 中铁四局集团有限公司。

本技术指南主要起草人: 吴士民、薛吉岗、赵德学、张克治、杨智巍、宋富荣、秦林。

目次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	3
3.1	一般规定	3
3.2	实施性施工组织设计	5
3.3	挂 篮	6
3.4	梁体施工	8
3.5	人员培训及技术交底	10
3.6	施工前测量	10
4	0号梁段	12
4.1	施工流程	12
4.2	墩旁托(支)架	14
4.3	临时支座及梁墩固结	16
4.4	永久支座安装	18
4.5	模板安装	19
4.6	钢筋及预应力管道安装	21
4.7	混凝土施工	23
4.8	预应力施工及压浆	28
5	悬臂浇筑梁段	33
5.1	施工流程	33
5.2	挂篮及模板安装	33
5.3	线形控制	35
5.4	钢筋及预应力管道安装	38
5.5	混凝土施工	38
5.6	预应力施工及压浆	39

5.7 挂篮前移及拆除	39
6 边跨非对称梁段	41
6.1 施工流程	41
6.2 支架及预压	41
6.3 永久支座及模板安装	43
6.4 钢筋及预应力管道安装	44
6.5 混凝土施工	44
6.6 预应力施工及压浆	44
6.7 支架拆除	45
6.8 悬臂浇筑施工方法	46
7 合龙梁段	47
7.1 施工流程	47
7.2 合龙口临时锁定	48
7.3 吊架施工及模板安装	49
7.4 混凝土施工	50
7.5 预应力施工及体系转换	50
8 施工保障措施	52
8.1 质量保证措施	52
8.2 安全保证措施	54
8.3 环境保护和水土保持措施	56
本技术指南用词说明	57
《铁路预应力混凝土连续梁(刚构)悬臂浇筑施工技术指南》 条文说明	58

1 总 则

- 1.0.1** 为指导铁路预应力混凝土连续梁(刚构)施工,统一主要技术要求,加强施工管理,保证工程质量,制定本技术指南。
- 1.0.2** 本技术指南适用于铁路预应力混凝土连续梁(刚构)的施工。
- 1.0.3** 铁路预应力混凝土连续梁(刚构)施工应严格执行设计文件,全面贯彻设计意图,达到设计要求的安全使用功能。
- 1.0.4** 铁路预应力混凝土连续梁(刚构)施工应有健全的质量保证体系,对施工质量实施全过程控制。
- 1.0.5** 铁路预应力混凝土连续梁(刚构)施工应编制专项施工方案,明确安全保障措施,并按有关规定经审批后实施。
- 1.0.6** 铁路预应力混凝土连续梁(刚构)施工应做好环境保护和水土保持工作,并做到安全文明施工。
- 1.0.7** 设计单位应根据锚口、喇叭口及管道摩阻等实测数据,调整预应力筋张拉控制有关参数。
- 1.0.8** 监理单位应加强对梁段悬臂浇筑和线形监测等的全面监控,对预应力张拉、合龙段施工等重要工序进行旁站监理。
- 1.0.9** 施工中采用的机械设备、工程材料、试验及检测仪器等应符合现行有关标准的规定。
- 1.0.10** 参加铁路预应力混凝土连续梁(刚构)施工的各类人员应经培训合格后方可上岗。特种作业人员必须经专门培训并考试合格后持证上岗。
- 1.0.11** 铁路预应力混凝土连续梁(刚构)施工应严格实行逐级技术交底制度,技术交底应采用书面形式并签字确认。
- 1.0.12** 铁路预应力混凝土连续梁(刚构)施工除应符合本技术指南的有关规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 连续梁 continuous beam

沿梁长方向有三处或三处以上由支座支承的梁。

2.0.2 连续刚构 continuous rigid frame

梁与中间墩刚性连接的连续梁结构。

2.0.3 悬臂浇筑法 cast-in-place cantilever method

在桥墩两侧设置工作平台，平衡地逐段向跨中悬臂浇筑混凝土梁体，并逐段施加预应力的施工方法。

2.0.4 挂篮 form traveler

用悬臂浇筑法浇筑斜拉、刚构、连续梁等混凝土梁时，用于承受施工荷载及梁体自重，能逐段向前移动经特殊设计的主要工艺设备。主要组成部分有承重系统、提升系统、锚固系统、行走系统、模板及支架系统。

2.0.5 托架 corbel

墩顶梁段及附近梁段施工时，利用墩身预埋件与型钢或万能杆件拼制连接而成的支架。

2.0.6 支架 falsework

墩（台）顶梁段及附近梁段施工时，根据墩（台）高度、承台型式和地形情况分别支承在地面上、承台上的用型钢或万能杆件等拼制的支架。

2.0.7 施工荷载 construction load

施工阶段为验算桥梁结构或构件安全度所考虑的临时荷载，如结构重力、施工设备、人群、风力、拱桥单向推力等。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 连续梁（刚构）悬臂浇筑的一般施工方法（图3.1.1）如下：

- 1 墩顶梁段与桥墩实施临时固结（连续刚构墩顶梁段与桥墩整体浇筑）形成T构施工单元。
- 2 采用挂篮在T构两侧按设计梁段长度，对称浇筑混凝土。
- 3 在梁段混凝土达到设计要求的强度、弹性模量及养护龄期后施加预应力。
- 4 将挂篮前移进行下一梁段施工，直到T构两侧全部对称梁段浇筑完成。
- 5 边跨非对称梁段一般采用支架法现浇施工。
- 6 按设计要求合龙顺序进行合龙梁段现浇施工。
- 7 实现梁体结构体系转换，使全桥连接成为连续结构（刚构）。

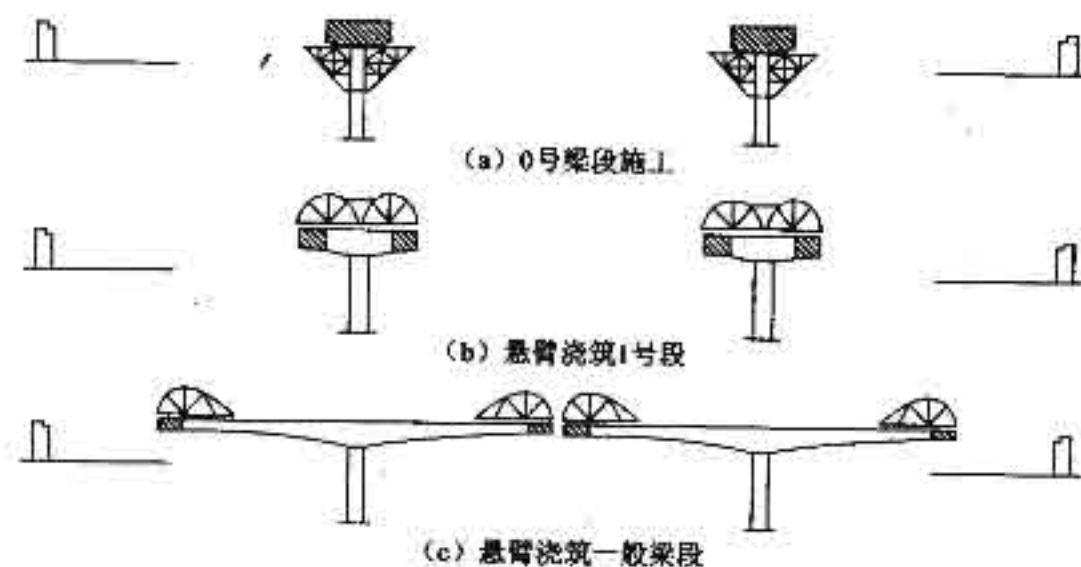


图 3.1.1

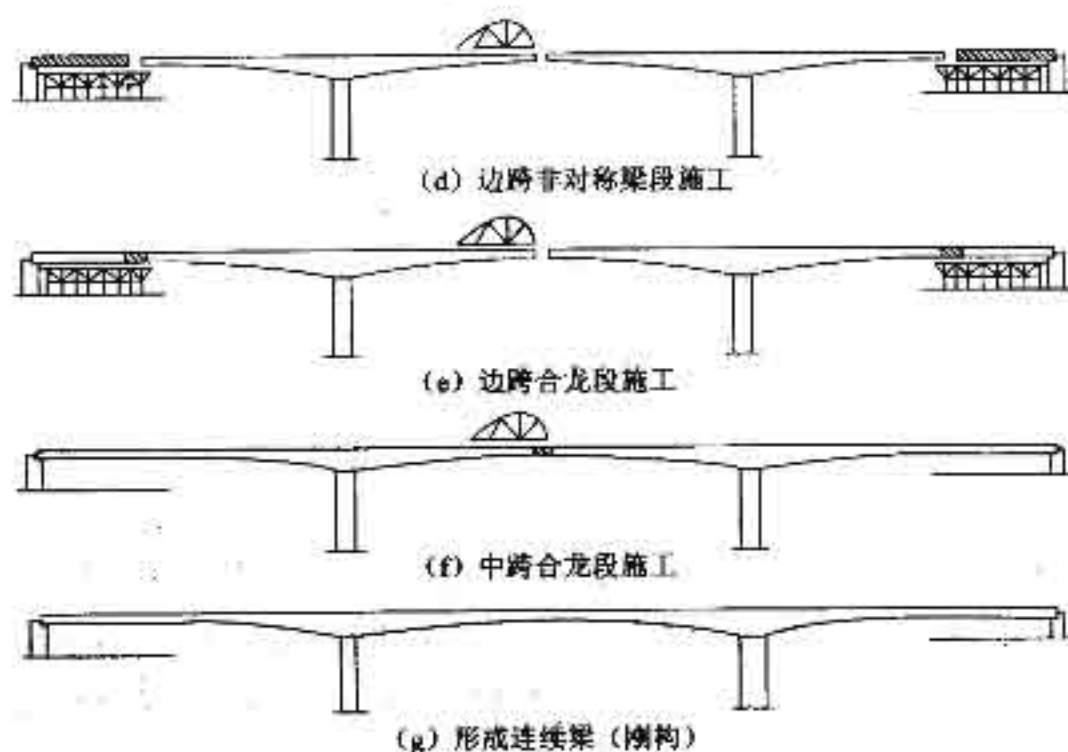


图 3.1.1 连续梁(刚构)悬臂浇筑施工方法示意图

3.1.2 悬臂浇筑施工方法适用于跨越江河、深谷、交通道路、桥位地质不良等条件下的高墩、大跨度混凝土连续梁(刚构)。

3.1.3 连续梁(刚构)悬臂浇筑施工流程如图 3.1.3 所示。

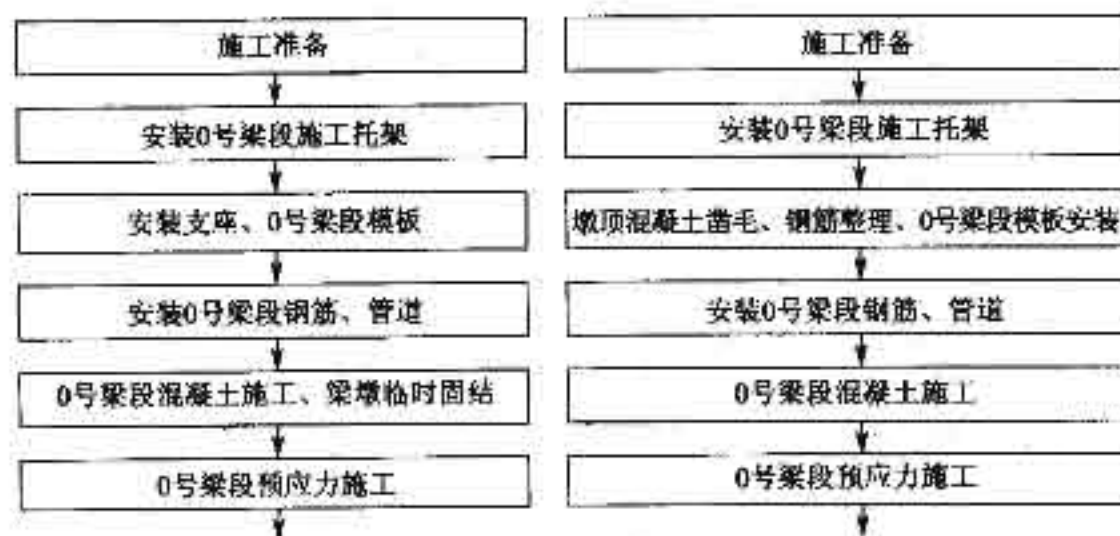


图 3.1.3



图 3.1.3 连续梁(刚构)悬臂浇筑施工流程图

3.1.4 连续梁(刚构)悬臂浇筑施工,应根据设计要求达到的混凝土强度、弹性模量及养护龄期,确定预施应力时间和施工循环周期。

3.2 实施性施工组织设计

3.2.1 连续梁(刚构)施工前,应根据招投标文件、施工合同、设计文件、有关技术标准的要求,结合全桥每一墩台的高度及周围地形、地质、水文、交通等条件,编制全桥实施性施工组织设计。

3.2.2 实施性施工组织设计应明确下列内容:

1 全桥施工平面布置图和按每一T构及边跨非对称梁段划

分的施工区段图 (图 3.2.2)。

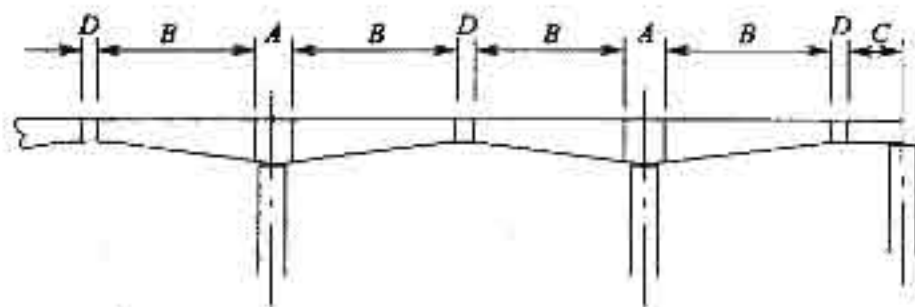


图 3.2.2 悬臂浇筑施工区段示意图

A—0 号梁段 (墩顶及安装挂篮前梁段); B—对称悬臂浇筑梁段; C—边跨非对称梁段; D—合龙梁段。

2 每一 T 构的 0 号梁段 (含墩顶梁段及安装挂篮前悬臂梁段) 及悬臂浇筑梁段、边跨非对称梁段和合龙梁段的施工方案及施工进度计划。

- 3 每一施工区段现浇梁体的混凝土数量、供应及浇筑方法。
- 4 每一施工区段现浇梁体的其他工程材料、构配件数量。
- 5 每一施工区段的机械设备及主要工具配备数量。
- 6 每一施工区段的施工人员分工种配备数量。
- 7 每一施工区段的施工辅助工程材料备料数量。
- 8 每一施工区段的水、电供应方案。
- 9 冬、夏期及大体积混凝土施工方案及质量保证措施。
- 10 施工安全和环境保护、水土保持措施。

3.3 挂 篮

3.3.1 悬臂浇筑挂篮设计应符合下列规定:

1 挂篮结构必须经过设计计算, 具有足够的强度、刚度和稳定性。因 0 号梁段设计较短须采用联体挂篮进行首批悬臂梁段施工时, 除应对挂篮联体结构强度及刚度进行设计计算外, 尚应检算联体挂篮解联加长等施工工况的稳定性, 并须编制施工工艺和安全操作细则。

2 挂篮模板的结构形式、几何尺寸, 应能适应梁段长度及高度、腹 (隔) 板厚度等变化和与已浇筑梁段紧密搭接要求。

3 挂篮应设有纵向走行设备和抗倾覆稳定设施。挂篮安装、走行及浇筑梁段混凝土等各种工况的抗倾覆安全系数不得小于 2。挂篮锚固系统、限位系统等结构安全系数均不得小于 2。

4 挂篮重量必须符合设计要求, 当设计无要求时, 挂篮重与梁段混凝土重之比值宜为 0.3 ~ 0.5。

5 挂篮应设有调控前吊杆高低设备和调整模板前端高程设备。

6 梁体混凝土采用蒸气养护时, 蒸气养护设备应与挂篮同时设计并计入挂篮总重量。

3.3.2 挂篮应根据实际可能发生的荷载及其最不利组合进行设计, 应考虑的主要荷载如下:

- 1 最大现浇节段梁段重量。
- 2 挂篮自重。
- 3 最大梁段模板重量。
- 4 施工机具重量及振捣器振动力。
- 5 施工人群荷载。
- 6 平衡重重量。
- 7 冬期施工防寒设施重量。

3.3.3 挂篮使用前, 应对制作及安装质量进行全面检查, 应进行走行性能试验并按设计要求进行静载试验。当设计对静载试验无要求时, 应按 1.2 倍最大施工荷载进行静载试验, 消除挂篮在加载状态的非弹性变形并测量挂篮的弹性变形值, 以便合理设置悬臂浇筑梁段的立模高程。

3.3.4 挂篮静载试验应模拟最大现浇梁段施工荷载分布情况, 分级进行加载。每级加载完毕 1 h 后, 测量挂篮变形值。测点宜布置在前后支点、上下横梁、后横梁等部位的两侧及中部相应位置。全部加载完毕后, 宜每隔 1 h 测量一次每个测点变形值, 连

续预压 4 h, 当最后测量时间段的两次变形量之差小于 2 mm 时即可结束。按分级加载的相同重量逐级卸载并测量各级卸载后的变形量。根据加、卸载实测数据, 绘制各测量点位的加、卸载过程变形曲线, 通过分析计算挂篮在各阶段荷载作用下的变形值。

3.4 梁体施工

3.4.1 梁体所用原材料的品种、规格、质量应符合设计要求和现行有关标准的规定, 使用前应按有关规定进行试验检验。经过检验合格方可使用。

3.4.2 预应力筋张拉设备应配套标定、配套使用。使用前应对张拉千斤顶吨位、压力表最大读数、高压油泵额定压力等进行全面检查。

3.4.3 预应力筋及锚夹具及连接器的品种、规格、质量应符合设计要求和现行有关标准的规定。使用前应按有关规定进行试验检验, 经过检验合格方可使用。

3.4.4 梁体钢筋、预埋件的品种、规格、数量、位置、间距和加工、连接、安装质量等应符合设计要求和现行有关标准的有关规定。

3.4.5 钢筋的下料长度应根据钢筋弯曲角度、直径和接头方式经计算确定。采用搭接接头时, 钢筋下料长度 = 直段长度 + 斜段长度 + 搭接长度 + 弯钩增加长度 - 弯曲伸长值。

3.4.6 钢筋表面有严重麻坑、斑点的, 应截除不用。对于钢筋表面能用锤敲击剥落的铁锈、浮皮等必须清除干净。

3.4.7 钢筋切断时, 对有劈裂、缩头或严重弯头的应切除不用, 焊接钢筋断口不得有马蹄形。

3.4.8 钢筋弯曲成型时, 应按设计要求弯曲角度一次弯曲成型, 不得弯过头后再反弯过来。钢筋弯曲点处不得有裂纹。

3.4.9 梁体混凝土的配合比设计、拌和、运输、浇筑、养护、拆模和新旧混凝土接缝施工等应符合设计要求和现行标准的有关

规定。

3.4.10 大体积混凝土应采取综合措施防止混凝土产生温度裂缝。

3.4.11 梁体混凝土冬、夏期施工应符合现行混凝土工程有关标准的规定。

3.4.12 梁端模板拆除后应对梁端接缝面的混凝土进行凿毛。接缝面凿毛应在距混凝土外缘 2~3 cm 以内进行, 并使接缝面露出 75% 以上新鲜混凝土面。凿毛时的混凝土强度为: 人工凿毛不小于 2.5 MPa, 机械凿毛不小于 10 MPa。

3.4.13 梁体预应力管道安装和预应力施工及封锚(端)等除应符合设计要求和现行有关标准的规定外, 尚应符合下列规定:

1 当采用抽拔胶管成孔时, 胶管必须具有足够的强度及刚度, 在拉力作用下不被拉断且管壁径向收缩不大于 2 mm, 去消拉力后无残余变形, 必要时应插入芯棒或充满压力水增强刚度, 胶管外径与设计孔道直径偏差应在 ± 2 mm 内, 胶管接头宜设于梁段中间, 接头处应使用长度不小于 30 cm 的铁皮管套接紧密, 铁皮套管两端应密封确保不漏浆。胶管长度应不小于“梁段长度 + 1 m”的长度。

2 胶管成孔抽拔时间应根据水泥品种、水胶比、养护方法及气温等通过试验确定, 宜在混凝土抗压强度 0.4~0.8 MPa (约为 100~200 温度小时) 进行抽拔为宜。

3 预应力筋张拉前, 应根据实测锚圈口及喇叭口和管道摩阻损失, 经设计单位确认后, 再对设计预应力筋张拉控制应力进行调整, 并报监理单位确认。

4 预应力筋张拉理论伸长值应按实测预应力筋弹性模量和预应力管道摩阻计算, 经设计单位确认后作为与预应力筋张拉实际伸长值对比的依据。

3.4.14 梁体施工机械设备及主要工具选配应符合下列规定:

1 机具设备进场后, 除应检查确认其种类、性能、数量等

是否与施工组织设计的配备计划相符外,尚应对主要机具状态进行全面检查,按规定进行必要的试运转及试运行,合格后才能使用。

2 高墩梁体施工使用的起重机械和泵送混凝土机械,应按最大负荷及吊(运)距,检查确认起重机械的起重高度、回转范围,混凝土泵的最大实际排出量、最大输送压力及最大输送距离等性能。

3.4.15 0号梁段施工托架、边跨非对称梁段施工支架、合龙梁段施工吊架、合龙口临时锁定支拉撑架,必须经过设计计算,具有足够的强度、刚度和稳定性,托、支、吊架的长度及宽度等尚应满足模板安装和施工操作要求。

3.5 人员培训及技术交底

3.5.1 连续梁(刚构)悬臂浇筑施工前,应对参加施工的各类人员进行技术培训和交底,使其了解和掌握梁体结构特点、施工方法及程序、质量标准及操作要求、高处作业特点及安全注意事项等内容。

3.5.2 连续梁(刚构)悬臂浇筑施工前,应进行现场施工技术交底。现场技术交底工作,应由工程技术人员按分部或分项工程,采取工前讲解和工中指导相结合方法进行。

3.5.3 施工技术交底必须编制书面交底资料。交底资料应直观、明确、有指导性,附有必要的图、表及说明。内容应包括:负责施工的工程名称及范围,梁体结构尺寸,钢筋、管道预埋件位置、尺寸及施工要求,中线及高程测量放样控制桩测控数据,工程施工流程和分项工程施工质量标准及操作工艺要求,施工安全技术操作注意事项等。

3.6 施工前测量

3.6.1 梁体施工前应做好高程控制网和平面坐标控制网的复核

测量,布设加密控制点。

3.6.2 梁体施工前应对全桥墩台顶面中线、高程进行贯通测量检查,划线标定每一墩台和支座的中心位置及纵、横向中心线,测定每一墩台支承垫石顶面高程和确定支座顶面高程。

3.6.3 0号梁段施工前应测量检查桥墩预埋(留)连接件(孔)的位置、规格、尺寸、数量等情况,发现与设计要求不符或可能影响托(支)架安装质量的应及时采取措施纠正。

3.6.4 0号梁段托(支)架安装前,应进行托(支)架中线、高程及支点位置等施工放样测量。施工放样测量必须进行独立测量复核,确认无误后方可进行安装施工。

4 0号梁段

4.1 施工流程

4.1.1 0号梁段（包括墩顶梁段和安装挂篮前的悬臂梁段），应采用在托（支）架上立模现浇施工，如图4.1.1所示。

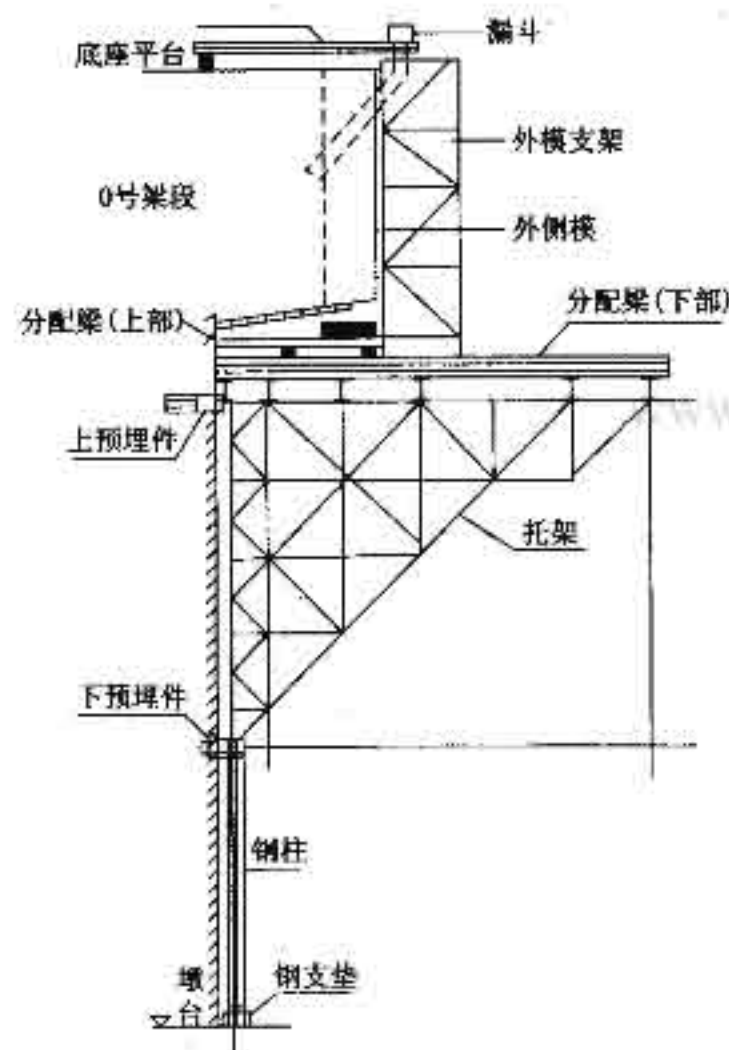


图4.1.1 0号梁段施工方法示意图

4.1.2 0号梁段施工流程如图4.1.2所示。



图4.1.2 0号梁段施工流程图

4.1.3 0号梁段混凝土应连续浇筑一次成型。当梁体高度大、混凝土数量多或梁体结构复杂，需要竖向分层浇筑时，施工缝位置应经设计单位确认。外模宜一次安装就位，内模可按混凝土浇筑要求分段安装。先浇筑底板及腹、隔板下部混凝土，再浇筑上部腹、隔板及顶板混凝土。

4.2 墩旁托(支)架

4.2.1 0号梁段施工常用的托(支)架形式如图4.2.1所示。类型选择时应根据桥墩高度、墩台断面大小、基础情况及梁体悬臂长度、墩旁地形、地质、水文、交通和现有常备定型材料等情况,经综合比选后确定结构形式。

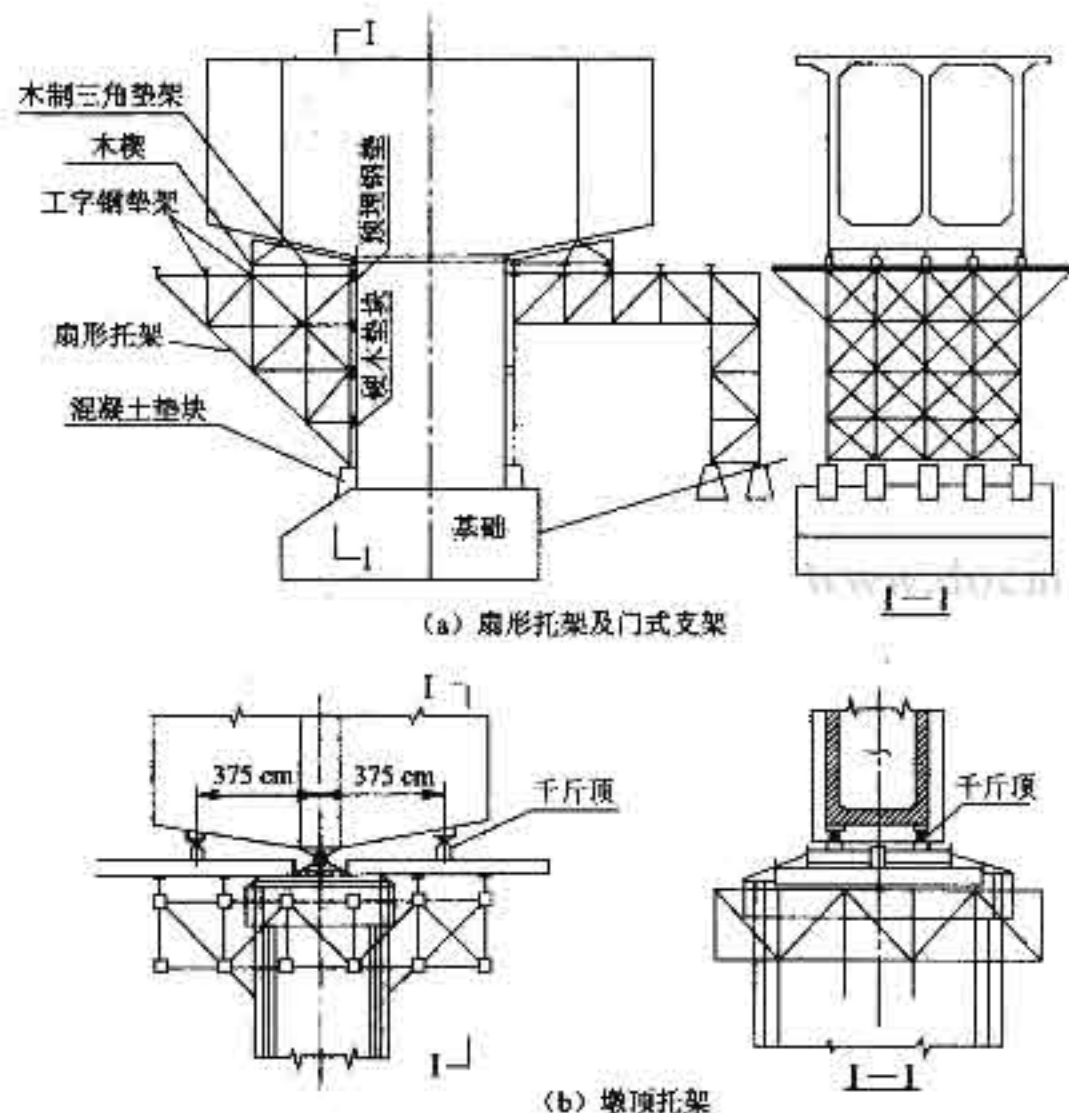


图4.2.1 0号梁段常用托(支)架示意图

4.2.2 0号梁段托(支)架设计应符合下列规定:

1 托(支)架设计时应按下列荷载的最不利组合确定最大

荷载:现浇梁体、模板及支架的重量,施工荷载(含振动力),风荷载,水中施工时的流水压力,冬期施工时的雪荷载及保温养护设施荷载。

2 托(支)架强度检算时,构件应力安全系数不小于1.3。

3 托(支)架刚度检算时,应考虑单个构件刚度与整体刚度的协调,梁体腹板处的纵梁或杆件间距应适当加密,保证梁体局部平整度。

4 托(支)架稳定性检算时,应重点检算横向稳定性,并应考虑洪水及漂流物的冲击作用,稳定安全系数应大于1.5。

5 托(支)架与桥墩的连接方式应经设计计算确定,并应绘制连接件(孔)在桥墩上预埋(留)布置详图。

6 采用墩旁扇形托架并利用桥墩基础(承台)作支承时,应检算桥墩基础(承台)的局部强度及基底应力,必要时应采取对桥墩基础(承台)进行加固。

7 采用门式支架时,支墩基础类型、埋深、结构形式及尺寸等,应根据支架结构形式、跨度、地基承载力等工况,经设计计算确定;在旱地采用浅埋式明挖基础时,尚应考虑地面浸水时对地基承载力的影响。支墩基础必须具有足够承载力,应同时做好地面防、排水设施设计。

8 托(支)架结构应根据选用的常备式钢脚手架或型钢的种类、规格、力学性能等,经设计计算确定;托架上的分配梁,应适当加密、合理搭接,以保证在梁体混凝土浇筑和施工荷载不均匀作用下不发生突变。

9 托(支)架与梁体模板之间或分配梁之间,应设置底模板高程调整装置和底模板卸落装置。当采用钢楔块(图4.2.2)时,其尺寸及位置应与托(支)架分配梁尺寸及位置相匹配。

4.2.3 墩旁托架必须按照托架设计图及设计要求安装,不得随意改变托架结构、尺寸、位置。

4.2.4 墩旁扇形托架支承在桥墩承台(基础)上时,安装前应

对支承点位进行测量、清理、找平。安装时应按设计要求将托架与桥墩拉紧、靠实，上下游托架顶面高差不应大于 10 mm。



图 4.2.2 组合式钢楔块结构示意图

4.2.5 墩旁门式支架，支墩基础必须按设计要求施作。旱地浅埋式明挖基础，基坑回填应及时、密实、填满，防止积水降低基底承载力。

4.2.6 托（支）架安装时，杆件的栓接板面及栓孔应保持洁净、干燥、平整，连接螺栓应按设计要求施拧到设计预紧力。

4.2.7 使用碗扣式钢管脚手架拼装墩旁支架时，应严格掌握可调底托和顶托的调整范围，留在立杆内长度不应少于 30 cm；严格控制竖杆的垂直度和剪力撑及扫地杆的间距和数量。

4.2.8 托（支）架在浇筑 0 号梁段混凝土前须进行预压，预压荷载应不小于最大施工荷载的 1.2 倍，以检验托（支）架的整体承载能力和消除托（支）架的非弹性变形，并观测弹性变形量。

4.2.9 托（支）架预压方法应符合设计要求。当设计无要求时，应使加载位置和顺序尽可能与梁体混凝土施工加载情况相一致。预压加载可按施工荷载的 60%、100% 和 120% 分三级加载。各级加载后静停 1 h 测量竖向及横向变形值。第三级加载后静停 24 h 开始分级卸载，并逐级观测弹性变形值。

4.3 临时支座及梁墩固结

4.3.1 混凝土连续梁临时支座（临时固结支座）既要求能在永久支座不承受压力情况下承受梁体压力和施工过程中不平衡弯矩，又要求在承受荷载情况下容易拆除，宜采用在桥墩顶面永久

支座两侧对称设置临时支座方式支撑悬臂浇筑梁体，如图 4.3.1—1 所示。当因桥墩长度较短或 0 号梁段悬臂较长时，可采用在桥墩纵向两侧设置临时支墩支撑悬臂浇筑梁体，如图 4.3.1—2 所示。其抗倾覆稳定系数不得小于 1.5。

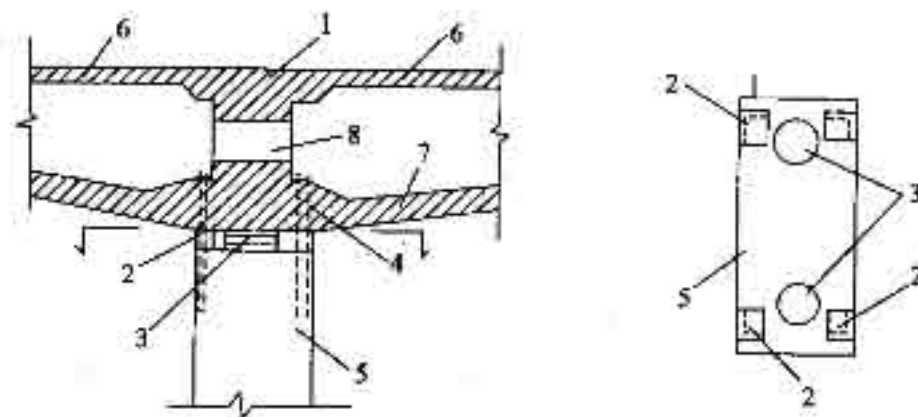


图 4.3.1—1 墩顶临时支座布置示意图

1—悬浇箱梁；2—临时铺固支库；3—支撑垫石及永久支座；4—临时支墩预埋临时锚固钢筋；5—桥墩；6—梁体顶板；7—梁体底板；8—通道。

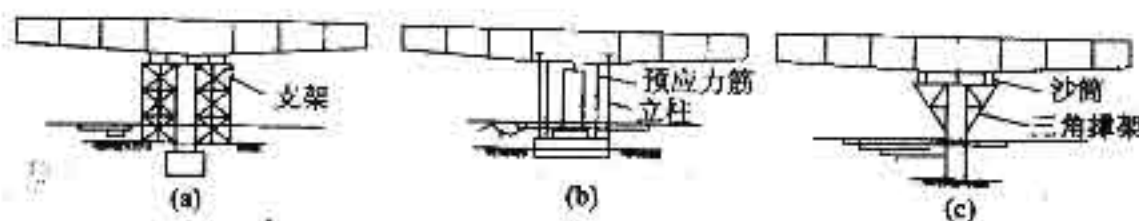


图 4.3.1—2 墩侧临时支承措施示意图

4.3.2 连续梁墩顶临时支座，应对称设置在永久支座两侧的箱梁腹板处。每一桥墩上设置临时支座的数量、承载能力及结构尺寸等，应根据梁底宽度及腹板数量经设计计算确定（一般设置 4 个临时支座）。

4.3.3 墩顶临时支座应在 0 号梁段立模前安装完毕，每一墩顶的各临时支座顶面高程应符合设计要求。

4.3.4 墩顶临时支座可采用强度等级不小于 C40 钢筋混凝土块或在上下两块钢筋混凝土块中间夹垫厚度约为 10 cm 硫磺砂浆结构。

4.3.5 墩顶临时支座，应按设计要求设置钢筋或型钢使其与梁、墩相连接，如图 4.3.5 所示。桥墩施工时应按设计要求准确预埋竖向连接钢筋、设置水平钢筋网，确保墩顶梁段与桥墩的临时固结符合设计要求。

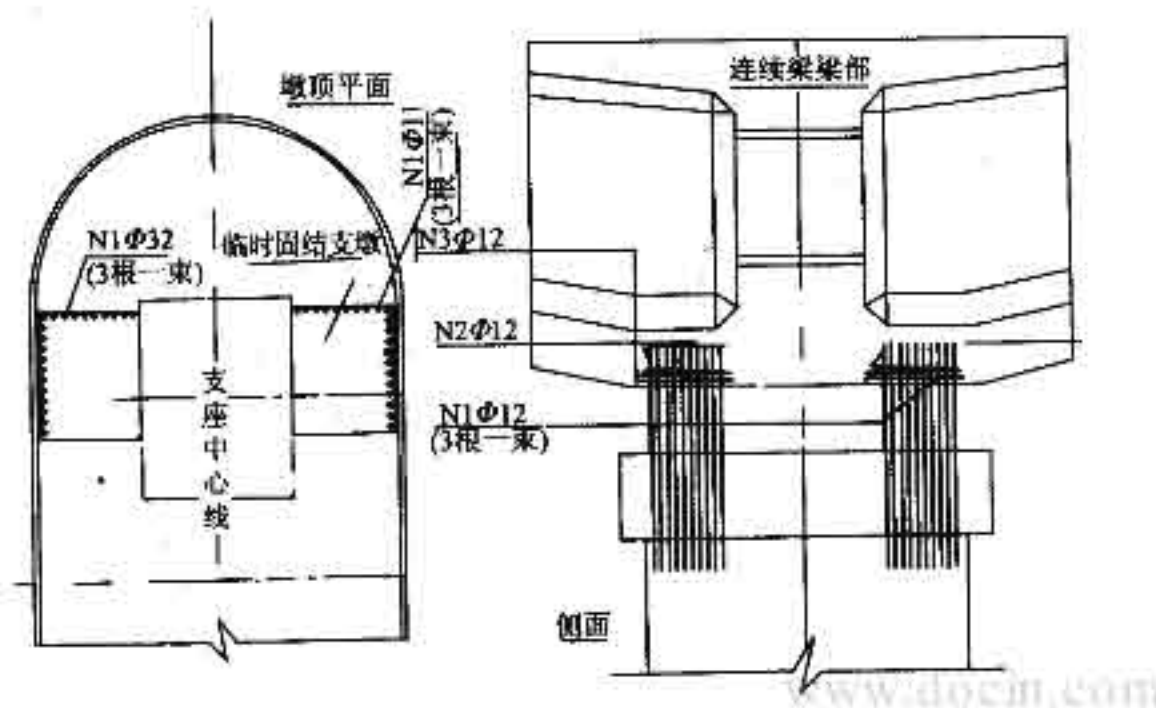


图 4.3.5 梁墩临时固结示意图

4.3.6 墩顶梁段与桥墩的临时固结，当设计采用在桥墩内设置锚固钢筋与梁体实施预应力张拉连接时，桥墩施工时应按设计要求准确定位预埋竖向连接钢筋，竖向连接钢筋安装的隔离套管应严密不漏浆。

4.4 永久支座安装

4.4.1 连续梁永久支座应在底模安装前安装。固定支座和活动支座（包括纵向、横向及多向活动支座）安装位置及方向和坡道上的支座安装方法应符合设计要求。

4.4.2 支座安装前应进行检查，确认规格、类型和外观质量。

4.4.3 支座安装前现场应检验的项目包括：

盆式橡胶支座：支座型号，适用温度，支座组装后的整体高度，上下座板螺栓孔中心距，橡胶承压板及密封圈外露面和钢件表面缺陷等外观质量。

钢支座：支座型号，性能，组装后全高，上下座板（上下摆）螺栓孔中心距，支座部件不加工面及机加工面的外观缺陷，涂装质量及受力接触面润滑涂油情况。

4.4.4 支座安装前，应对支座安装范围的支承垫石顶面进行凿毛清理，使其露出 75% 以上新鲜混凝土面，并应将支承垫石预留锚栓孔清理干净，做到无泥土、杂物和积水、雪、冰等。

4.4.5 支座安装时，上座板顶面高程应符合设计要求和现行铁路桥涵工程施工质量验收标准的规定，永久支座与临时支座顶面高差允许值为 $0 \sim -2 \text{ mm}$ （永久支座不得高于临时支座）。

4.4.6 支座上座板与梁底钢板必须平整密贴无空隙，并应上紧连接螺栓。支座下座板与支承垫石间应用设计要求的材料，坐浆或灌浆垫实。

4.4.7 纵向活动支座安装时，上下座板横向应对正安装，纵向应根据支座施工与设计安装温差、梁体混凝土未完成收缩徐变量及梁体弹性压缩量计算预设偏移量，并应采取措施将其临时固定，防止梁体浇筑过程中发生错位。

4.4.8 支座锚栓的规格、质量、埋置深度和外露长度，均应符合设计要求和相关标准规定。支承垫石锚栓孔填料的种类和质量标准应符合设计要求，支座和锚栓位置调整准确后，应立即进行锚栓固结施工。

4.5 模板安装

4.5.1 模板及支架应经过设计计算，具有足够强度、刚度及稳定性。模板结构应简单、牢固，便于安装、拆卸和周转使用。板面应平整、光洁，接缝应平齐、严密。底模与支座及侧模之间的缝隙应采取封堵严密，严防漏浆。

4.5.2 0号梁段的内模（包括孔洞模）、外侧模（包括堵头模、端模、悬臂板底模）及支架的尺寸、形状，应在安装前进行全面检查。对分段、分块制作的模板，其组合长度及高度等也应进行详细检查。

4.5.3 0号梁段的模板宜在墩下拼装成块后吊运到墩顶进行安装，以减少高空作业时间，提高模板拼装质量。

4.5.4 0号梁段底模安装必须按照模板设计结构图和梁体设计线形施作。永久支座周边底模应与支座上座板顶面等高设置。模板底梁（分配钢梁）的位置、规格、数量应严格按照设计要求设置，不得随意变更。模板底梁使用楔块垫平时，楔块应有保险措施，保证浇筑混凝土时不发生松脱。底模的卸落，可采用楔块、千斤顶、砂箱等措施。当采用组合式楔块时（图4.2.2），其尺寸应与施工托（支）架结构相匹配。

4.5.5 内、外模位置应按梁体结构尺寸、高程并考虑预留施工拱度进行安装。内模与底模间应设置支拉杆牢固定位，防止浇筑混凝土时内模下移或上浮。

4.5.6 端模与外侧模连接，宜采用侧模夹端模形式安装。端模（包括悬臂端堵头模板）的预应力管道位置应按设计要求准确设置。模板的焊接板缝应打光、磨平，非焊接板缝及端模板与预应力管道间、底模与支座及侧模间缝隙较大时，应嵌入弹性材料塞缝并使表面封帖平整。一般模板接缝表面应对接平顺，非焊接板缝较小时应使用胶带贴封严密，防止浇筑混凝土时漏浆。

4.5.7 模板安装与钢筋安装应配合进行，妨碍钢筋连接及安装的模板应待钢筋安装完后进行安装。模板安装还应与混凝土浇筑工作相配合，必须按高度分两次或多次浇筑成型时，宜将外模一次安装到位，内模按浇筑要求分阶段安装，以方便插入式振捣器进行振捣。

4.5.8 模板安装精度应高于梁体要求精度。模板间支拉紧固件安装，必须按照模板及支架结构设计要求安装齐全、牢固且松紧

适度，保证混凝土浇筑过程中模板不变位、不变形、不松动。模板与施工操作平台应分别设置，不得连为一体。

4.5.9 模板与混凝土接触面应全部涂刷脱模剂，底板和顶板等部位的底部模板，应在安装钢筋前涂刷脱模剂。脱模剂的选用应符合下列规定：拆模时不黏附混凝土和对混凝土表面无污染、无侵害，对钢模板无侵蚀，对木模及其他吸附性模板能起防止板面隆起、开裂等保护作用，能够长期储存不变质，涂刷后有效时间较长。钢模板宜选用具有防锈作用、不含水分的脱模剂。木模板宜选用石蜡油类、机油类或滑石粉-洗衣粉混合液作脱模剂。胶合板模板宜选用石蜡油类脱模剂。脱模剂应涂刷均匀，且不得漏涂。不应使用废机油作脱模剂，以免黏结在混凝土上影响美观。

4.6 钢筋及预应力管道安装

4.6.1 钢筋的品种、规格、数量及施工应符合设计要求和现行标准的有关规定。

4.6.2 采用预制钢筋网片或骨架安装时，宜按下列方法制作：底板钢筋分上下层制成网片，腹板钢筋制成骨架，顶板及悬臂板钢筋分上下层制成网片，锚头垫板与螺旋钢筋焊成整体。钢筋网片或骨架应有足够的连接强度和刚度，保证在吊、运过程中不松脱、不变形。

4.6.3 钢筋网片或骨架宜按下列程序进行安装：

1 底板下层钢筋网片安装应使用符合设计要求或不低于梁体混凝土强度及耐久性能的垫块。垫块应错开放置在底模与钢筋间。

2 底板管道定位钢筋网片安装。

3 底板上层钢筋网片安装，应采用L形钢筋将上下层钢筋网片按设计要求间距布置卡住并将上下层钢筋网片支承焊牢。

4 腹板钢筋骨架插入底板钢筋网片定位后，安装腹板根部倒角钢筋，安装腹（隔）板的竖向预应力钢筋（包括螺母、

垫板、螺旋钢筋、注浆管、套管等),安装底(腹)板纵向预应力筋的锚头垫板(垫板、螺旋钢筋、注浆管、定位网片等)、然后穿入预应力筋成孔管道。

5 顶板及悬臂板下层钢筋网片安装定位后,安装腹板上部的倒角钢筋。

6 顶板管道定位钢筋网片和锚头垫板及螺旋钢筋等安装,穿顶板预应力管道。

7 顶板及悬臂板上层钢筋网片安装,采用L形钢筋将上下层钢筋网片按设计要求间距布置卡住并将上下层钢筋网片支承焊牢。

8 0号梁段的两端,应按设计要求位置、规格、数量和埋入及外露长度设置梁段间连接钢筋。

4.6.4 锚头垫板端面应与螺旋钢筋的中轴线垂直焊接并与预留管道垂直安装,锚头垫板与端模板固定宜采用螺钉代替直钉,以防振捣混凝土时松动而造成锚头垫板偏斜。

4.6.5 钢筋的连接方式和弯曲型式应符合设计要求和相关标准的规定。

4.6.6 钢筋的交叉点应靠紧焊牢。当采用绑扎搭接时,相邻绑扎点的铁丝扣,绑扎方向应呈八字形,铁丝扣头应弯入内侧,不得伸入钢筋保护层中。

4.6.7 箍筋除设计有特别要求者外应与主筋垂直设置,箍筋末端弯钩应向内弯曲,弯钩接合处应沿梁体纵向方向交错布置。

4.6.8 钢筋保护层厚度应符合设计要求。混凝土振捣时可能发生位移处(竖直面、倾斜面、圆弧面等)应将垫块与钢筋绑牢。梁体底面及侧面的钢筋垫块不应少于4个/ m^2 。

4.6.9 梁体预埋件位置、规格、数量等应符合设计要求,并应与梁体钢筋或模板连接牢固,防止混凝土浇筑振捣时发生变位。

4.6.10 预应力管道定位钢筋间距应符合设计要求,并应与梁体钢筋连接牢固,以确保管道在混凝土浇筑和振捣过程中不弯沉、

不上浮、不旁移。当设计对定位钢筋间距无要求时,对金属波纹管不宜大于0.8 m,对橡胶抽拔管不宜大于0.5 m,对曲线管道还应适当加密。

4.6.11 预应力管道的成孔方法和管道材料的性能及安装位置应符合设计要求。当设计对成孔方法和材料无要求时,除应符合本技术指南第3.4.13条有关规定外,尚应符合下列规定:

1 采用金属波纹管成孔时,接头管应采用大一号的同类波纹管套接,长度不应小于30 cm。接头位置宜避开预留管道弯曲处,接头管两端应使用密封胶带封闭严密,防止漏气、漏浆。

2 管道波纹管安装前,应进行通孔检查,发现管壁变形、局部障碍等可能影响预应力筋穿通缺陷时,应及时调整或截除不用。

3 先安装的下部管道,当位于其上方的钢筋安装完毕时,应再次对管道位置进行全面检查,发现局部弯沉及横向变位时应及时调整,保证预留管道位置符合设计要求和线形平顺。

4 0号梁段梁体结构复杂,钢筋、管道密集、重叠交叉、间距较小,一般不宜全部采用橡胶抽拔管方法成孔,可采用金属波纹管与橡胶抽拔管间隔设置方式成孔。避免全部采用抽拔胶管成孔时容易产生周围混凝土松动和局部损伤,从而引起管道间互相通气和串浆,影响管道压浆质量。

4.7 混凝土施工

4.7.1 0号梁段混凝土施工除应符合现行有关标准的规定外,尚应符合本节的规定。

4.7.2 0号梁段采用一次浇筑混凝土方式施工时,应符合下列规定:

1 应采取适当的缓凝措施,保证梁体混凝土在最先浇筑的混凝土初凝前全部浇筑完毕。梁体混凝土浇筑方法应符合设计要求,当设计无要求时,应从悬臂端开始向桥墩位置方向浇筑,并

应按0号梁段全部平面面积等高水平分层,进行纵、横向对称连续浇筑。

2 内模应定位牢固,保证混凝土浇筑振捣过程中不下沉、不上浮。

3 底板混凝土浇筑完毕,应及时安装底板混凝土顶面反压模板或采取其他有效措施,防止隔、腹板混凝土下沉致底板顶面隆起。

4 浇筑混凝土时,洒落在浇筑区以外待浇筑区的混凝土应及时清理干净。

4.7.3 0号梁段采用竖向分二次浇筑混凝土方式施工时,尚应符合下列规定:

1 水平施工缝处内模宜按混凝土满模浇筑高度立模,以方便施工缝凿毛和清理。

2 第二次安装内模时,应保持第一次所立模板紧贴混凝土不松动,以防止第二次浇筑混凝土时下溢影响混凝土表面质量。第二次所立模板应与既有模板板面平齐、接缝严密。

3 新、旧混凝土接缝施工应符合下列规定:

- 1) 接缝表面松弱层应凿除、清理干净,露出不少于75%的新鲜混凝土面。
- 2) 接缝面及附近的钢筋和模板上黏附的水泥砂浆应清理干净。
- 3) 接缝面凿毛时,混凝土应不低于下列强度:人工凿毛2.5 MPa,机械凿毛10 MPa。
- 4) 接缝面混凝土强度达到2.5 MPa以上时方可进行模板安装和混凝土浇筑。
- 5) 浇筑混凝土前,应将接缝面混凝土充分润湿但不应有积水。

4.7.4 混凝土浇筑振捣应实行分区质量责任制,保证混凝土振捣质量,并应符合下列规定:

1 0号梁段钢筋密集、结构复杂,应选用插入式振捣器振捣或采用附着式振捣器辅助振捣方式进行振捣施工。

2 附着式振捣器的作用深度一般在250 mm左右,其设置间距、振动时间应根据振捣器功率、混凝土坍落度大小和模板坚固程度等因素经过试验确定。一般情况下,间距可按1~1.5 m设置,待入模混凝土面高于振捣器安装位置时方可开动振捣器。当混凝土表面呈水平面、不下沉及不出现气泡时应即停止振捣。安装附着式振捣器时,电动机轴线应呈水平状态。

3 插入式振捣器振捣混凝土时应符合下列规定:

1) 振捣器应缓慢自然垂直插入混凝土中,避免触碰模板、钢筋、管道、预埋件。振捣器与模板间距离宜为10~20 cm。

2) 振捣器插点应均匀排列,插点距离(图4.7.4)不应大于振动作用半径(R)的1.5倍。振动作用半径与振捣器功率、混凝土坍落度大小有关,应经过试验确定(一般为30~50 cm)。

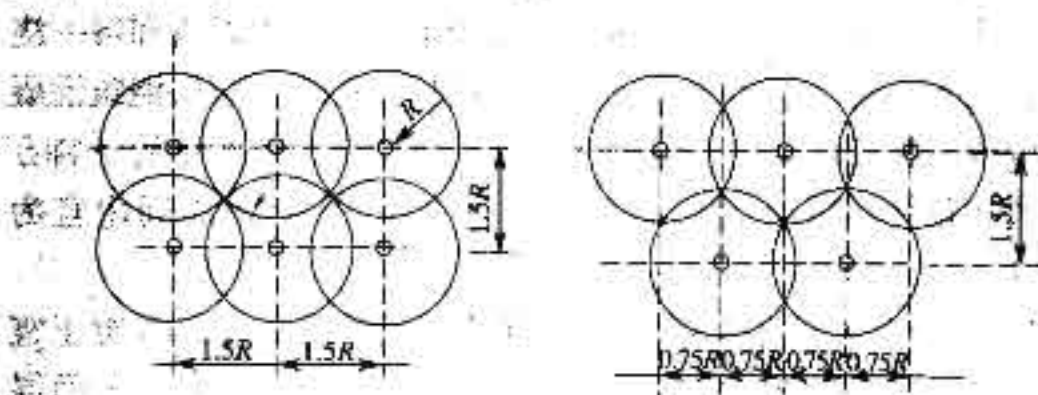


图4.7.4 振捣器插点距离示意图

3) 振捣过程中应将振捣器上下抽动几次,以使混凝土层上下振捣均匀。

4) 掌握好混凝土振捣时间,防止欠振或过振。每一插点可按下列表征判定停止振捣时间:混凝土表面呈水平及出

现浮浆并将模板边角部位填满、混凝土不再显著下沉及出现气泡。

- 5) 振捣器应快插慢拔。混凝土振捣完毕, 振捣器应缓慢拔出, 以便插孔闭合不留空隙和防止出现砂浆柱 (只有水泥砂浆没有粗骨料) 而影响混凝土匀质性。

4.7.5 底板混凝土浇筑应符合下列规定:

1 底板混凝土应采用混凝土输送管、溜管、串筒等直接下料到工作面, 混凝土自由落体高度不应大于 2 m。

2 底板钢筋、管道密集, 应采用插入式振捣器进行振捣, 必要时底板顶面尚应使用平面振捣器进行振捣, 确保混凝土振捣密实和表面平整。

3 当底板顶面不设置反压模板时, 应采取有效措施防止在底板与隔、腹板根部相连接处因水泥浆外溢而发生麻面、蜂窝、漏筋等缺陷。

4.7.6 0 号梁段腹板高度大、厚度小, 钢筋、管道密布, 混凝土入模困难, 应制订专项混凝土下料及振捣方案。为保证顶板模板、钢筋、管道不受水泥浆沾污、混凝土入模时不离析和每一浇筑层顶面处于同一水平面上, 宜采用通长储料槽按每层浇筑混凝土数量均匀配置混凝土, 通过储料槽下面均匀设置的串筒下料方法施作, 每一浇筑层厚度不应大于 50 cm, 下料串筒间距宜为 1.3 ~ 1.5 m。

4.7.7 顶板厚度较小, 钢筋、管道密集且纵横重叠, 混凝土宜分两层入模、分层振捣, 防止发生隔空假实现象 (管道下面混凝土空洞不实而表面混凝土假实现象)。混凝土浇筑时, 应先将顶板与腹板相连部位的混凝土填满捣实, 然后从两侧悬臂向中间对称浇筑混凝土, 并应使用平板振捣器将顶层混凝土分块辅助振捣密实平整。

4.7.8 0 号梁段的墩顶梁段与悬臂梁段分界处托架刚度不同, 为确保 0 号梁段整体质量, 在梁体混凝土浇筑前, 应对悬臂梁段

范围预加与悬臂梁段现浇混凝土重量相等的荷载, 使托架充分变形。混凝土浇筑时应从悬臂端向桥墩对称浇筑混凝土。

4.7.9 混凝土连续刚构墩顶梁段混凝土应与桥墩整体浇筑, 梁体与墩身施工缝位置应符合设计要求。当设计无具体要求时, 应设置在梗肋底下方 0.5 ~ 1.0 m 范围内。接缝面混凝土凿毛、清理, 应符合第 4.7.3 条有关规定。

4.7.10 0 号梁段混凝土养护应符合现行有关标准的规定。在梁体混凝土浇筑前, 应根据不同季节及可能发生的气温变化情况等工作, 制订专项养护方案并做好混凝土养护的各项准备工作, 保证混凝土浇筑完毕后, 能够及时对混凝土外露面进行严密覆盖, 实行保温保湿养护和对梁体混凝土的温度进行监控。梁体拆模后, 当环境温度低于 5℃ 或高温天气时, 梁体内、外暴露表面应喷涂混凝土养护剂。夏期施工时尚应对可能受到日晒部位采取防晒措施, 以防日晒后发生裂纹影响混凝土养护质量。混凝土养护剂宜选用清亮透明型, 以防对梁体外观产生不利影响。

4.7.11 梁体混凝土拆模时间及方法应根据不同养护方式 (自然养护、蒸汽养护、电热养护等)、不同季节及环境变化情况确定。既要考虑混凝土强度又要考虑环境条件对混凝土质量的影响。拆模时混凝土强度应符合设计要求。当设计无要求时, 非承重模板拆模时应达到 2.5 MPa, 承重结构及悬臂梁拆模时应达到 100% 设计强度。

4.7.12 梁体混凝土在下列情况下不得拆模:

1 混凝土内部温度最高时及开始降温以前。

2 混凝土内部与表层之间的温差、混凝土表层与环境之间的温差大于 15℃ 时。

3 大风天气及气温急剧变化时。

4 寒冷季节及环境温度低于 0℃, 表层混凝土温度未降至 5℃ 以下时。

5 炎热或大风干燥天气, 没有采取边拆边盖边洒水措施或

边拆边喷涂养护剂时。

4.8 预应力施工及压浆

4.8.1 预应力筋制作、搬运、存放应符合下列规定：

1 预应力筋下料长度应符合设计要求。当设计无要求时，预应力筋下料长度可按下列公式计算：

$$L = l + 2l_1 + n(l_2 + l_3) + 2l_4 \quad (4.8.1)$$

式中 L ——下料长度；

l ——锚具支承板间管道长度；

l_1 ——工作锚具厚度；

l_2 ——张拉千斤顶长度；

l_3 ——工具锚具厚度；

l_4 ——长度富余量（可取 100 mm）；

n ——单端张拉为 1，两端张拉为 2。

2 预应力筋下料应在保持预应力筋顺直情况下采用机械切割，且不应损伤和污染其表面。不得使用电、气焊切割。

3 预应力筋下料后应逐根理顺梳整编束，每隔 1~1.5 m 绑扎一道 18~22 号铁线，保证预应力筋束顺直不扭转、不松散。

4 预应力筋编成束后，应编号分类存放。搬运时支点距离不得大于 3 m，端部悬出长度不得大于 1.5 m，搬运时不得在地上拖拉。存放和搬运过程中，应保持清洁、干燥避免受水浸淋、锈蚀、污染和遭受机械及电火花损伤。

4.8.2 预应力筋穿入前，应检查预应力管道是否通畅并观察有无串孔现象。预应力管道宜用压力水冲洗并用高压风吹干。预应力筋可采用人工或机械方式穿束，预应力筋束前端应扎紧并裹缠胶布或套装弹头型壳帽。采用蒸气养护的，养护完成前不得安装预应力筋；非蒸气养护的，当未采取防腐蚀措施时，预应力筋安装后至压浆的间隔不应超过下列规定：

1 空气平均相对湿度大于 70% 或盐分过大时 7 d。

2 空气平均相对湿度 40%~70% 时 15 d。

3 空气平均相对湿度小于 40% 时 20 d。

4.8.3 预应力筋张拉顺序和方法应符合下列规定：

1 预应力筋张拉顺序应符合设计要求。当设计无具体要求时，应按先纵向、再竖向、后横向顺序进行预应力筋张拉。预施应力完成后应及时压浆。竖向和横向预应力筋张拉滞后纵向预应力筋张拉不宜大于 3 个悬浇梁段。

2 纵向预施力筋应两端同步且左右对称张拉，最大不平衡束不得超过 1 束。张拉顺序应为先腹板再顶板后底板，从外向内左右对称进行。预施应力过程中应保持两端的伸长量基本一致。

3 竖向预施力筋应左右对称单端张拉，宜从已施工端顺序进行。为减少竖向预应力损失，竖向预应力筋应采用两次张拉方式，即在第一次张拉完成 1 天后进行第二次张拉，弥补由于操作和设备等原因造成的预应力损失，并且采取措施切实保证压浆质量。

4 横向预应力筋应在梁体两侧交替单端张拉，宜从已施工端顺序进行。每一梁段伸臂端的最后 1 根横向预应力筋，应在下一梁段横向预应力筋张拉时进行张拉，防止由于梁段接缝两侧横向压缩不同引起开裂。

5 当采用夹片式锚具时预应力筋的张拉方法为：

0→初始应力（终张拉控制应力的 10%~20%，测预应力筋伸长值并作标记，测工具锚夹片外露量）→张拉控制应力（各期规定值，测预应力筋伸长值，测工具锚夹片外露量）→静停 5 min，校核到张拉控制应力→主油缸回油锚固（油压回零，测总回缩量，测工作锚夹片外露量）→副油缸供油卸千斤顶。

6 预应力筋张拉完成锚固后，应在锚口处的预应力筋上作标记，观察是否断、滑丝，经复查符合相关标准规定后，应用机械切割多余预应力筋头，切断处距锚具外端不宜小于 30 mm。

4.8.4 预应力筋张拉施工尚应符合下列规定：

1 预应力筋张拉应在梁段混凝土强度达到设计值的 95%、弹性模量达到设计值的 100% 后进行,且必须保证张拉时混凝土的龄期不小于 5 d。

2 预应力筋张拉前,应清除锚垫板上的混凝土,检查疏通压浆孔;检查锚垫板是否与预应力管道垂直,不垂直时应加楔形垫板改正;检查锚垫板处混凝土质量,如有蜂窝、空洞等缺陷时应采取措施补强。

3 预应力筋张拉前,应进行张拉控制应力调整计算及确认,并计算每一束(根)预应力筋的理论伸长值,作为张拉时与预应力筋的实际伸长值比对依据。实际伸长值与理论伸长值的差值,不得大于理论伸长值的 $\pm 6\%$,超出规定范围时应停止张拉锚固查明原因,确保预应力控制应力符合设计要求。预应力筋实际伸长值应包括初始应力后的实测伸长值和初始应力时的推算伸长值。

4 预应力筋张拉前,应进行油泵及千斤顶排气。将油泵空转 1~2 min 使油缸进、回油 1~2 次,排出千斤顶及油管中的空气,以保证张拉时压力平稳。

5 预应力筋张拉时应采取预应力筋张拉应力与预应力筋伸长值双控措施,以油压表控制应力为主进行锚固。张拉至初始应力值时应在预应力筋上标记位置,作为测量伸长值起始点。两端同时张拉时,张拉过程中应保持两端伸长量基本一致,测量伸长值应两端同时进行。

6 预应力筋应按设计要求进行一端或两端张拉。

7 未压浆的锚头不得敲击振动和脚踩手攀,防止发生断丝和安全事故。

4.8.5 孔道压浆方法应符合设计要求并应在预应力筋终拉后 24 h 内完成,特殊情况时必须在 48 h 内完成。竖向预应力孔道应从最低点开始压浆。同一孔道压浆,应连续进行一次完成压浆。因故中断压浆不能连续施工时,应用高压水冲洗干净后重新

压浆。

4.8.6 孔道压浆尚应符合下列规定:

1 压浆时,浆体温度应在 $5^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间。冬期压浆过程中及压浆后 3 d 内,梁体混凝土温度不应低于 5°C ,否则应采取预热、保温措施。夏期压浆当气温高于 35°C 时,应在夜间气温较低时进行压浆。

2 压浆前应使用高强度水泥浆封闭锚具孔隙,覆盖层厚度不应小于 15 mm。

3 孔道压浆应采用强度等级不低于 42.5 级的低碱硅酸盐水泥或低碱普通硅酸盐水泥拌制水泥浆,并按设计要求配制。

4 拌制水泥浆时,应先放入水和外加剂,后加入水泥使用转速不低于 1 000 r/min 搅拌机进行搅拌,搅拌不少于 5 min。水泥浆应随拌随用,置于带有搅拌功能的储浆罐中的浆体应继续搅拌,从拌制到压入孔道的时间间隔不应超过 40 min。水泥浆拌制均匀后,应经孔格不大于 $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 筛网过滤后方可压入孔道。

5 孔道压浆顺序应自下而上进行。

6 水泥浆试件应在压浆地点随机取样制作 3 组,2 组标准养护进行抗压和抗折强度试验,1 组随梁体进行同条件养护。

7 水泥浆终凝后,方可卸拔压浆及出浆阀门。

8 同一孔道压浆应使用活塞式压浆泵连续进行,一次完成。互相串通的孔道应同时进行压浆。

4.8.7 梁体封锚(端)应符合下列规定:

1 封锚(端)处混凝土表面应凿毛和清理干净,并对锚具进行防锈处理。

2 封锚(端)前应对锚具与锚垫板表面及外露预应力筋按设计要求进行防水处理。

3 锚穴内应按设计要求设置钢筋网,可利用原锚板螺孔拧入带钩的连接螺钉,将钢筋网与锚垫板连接。

4 封锚（端）混凝土性能和强度等级应符合设计要求。封端混凝土填充宜分两步进行，即先用较干硬的混凝土填充至距离锚穴顶 2 cm 左右，并捣固密实，然后再用正常稠度混凝土填满抹平。封端混凝土养护结束后，应对周边新旧混凝土接缝按设计要求进行防水处理。

5 封端混凝土自然养护时应采用保湿、保温材料覆盖混凝土表面，保持混凝土充分潮湿。当环境温度低于 5℃ 或高温露天暴晒时，混凝土表面应喷涂养护剂并采取保温、防晒措施。

5 悬臂浇筑梁段

5.1 施 工 流 程

5.1.1 悬臂浇筑梁段一般采用独立挂篮在 T 构两侧对称进行施工。当设计 0 号梁段长度较短不能满足独立挂篮安装要求时，应采用联体挂篮进行首批梁段施工。在首批梁段施工完成后按独立挂篮进行施工。

5.1.2 悬臂浇筑梁段采用独立挂篮施工时，施工流程如图 5.1.2 所示。

5.2 挂篮及模板安装

5.2.1 挂篮安装准备工作应符合下列规定：

1 0 号梁段顶（底）板施工时，必须按挂篮施工设计要求精确预埋预留孔和预埋件。挂篮安装前应进行测量检查，确认符合要求后方可进行挂篮拼装。

2 挂篮吊装前应调试、准备好吊装机具，清理好 0 号梁段顶面。

3 挂篮吊装前应精确测设、标明精梁的中线和高程控制点、挂篮滑轨和支座位置。

4 挂篮安装前，宜由设计、制造



图 5.1.2 悬臂梁段施工流程图

和施工单位对各个构件的外观尺寸及质量进行一次联合检查, 确认合格后才能进行吊装。

5.2.2 一般挂篮安装流程如图 5.2.2 所示。

5.2.3 挂篮安装应符合下列规定:

1 挂篮应在 0 号梁段的纵向预应力筋压浆完成后对称进行安装, 并应按施工工艺设计要求及时在主桁架尾部采取稳定措施保证后续的施工安全。挂篮的支座必须用钢板调平。

2 当主梁 0 号梁段长度不能满足独立挂篮拼装要求时, 应采用联体挂篮浇筑首批梁段。联体挂篮的连接结构应经过设计计算, 连接结构应在解联后的独立挂篮的基础上进行设计改装。挂篮安装前应编制联体挂篮安装时连接、加长及解体施工工艺设计和安全操作细则, 挂篮安装及解联时应严格按其要求进行施工。

3 挂篮组装完毕, 应全面检查安装质量和复核挂篮中线、高程。挂篮使用前, 应按本技术指南第 3.3.3 ~ 3.3.4 条规定进行走行性能和静载试验。

4 挂篮四周应设置操作平台及围栏, 操作平台下应设置安全网, 人员上下应有安全扶梯。

5 挂篮吊、安装除应符合现行《铁路桥涵工程施工安全技术规程》(TB 10303) 的规定外, 尚应符合下列规定:

1) 挂篮安装前, 应根据施工现场环境、起重机械性能、位置和吊重物件情况等, 编制实施性吊装方案和操作安全技术细则, 并对施工作业人员进行技术交底。

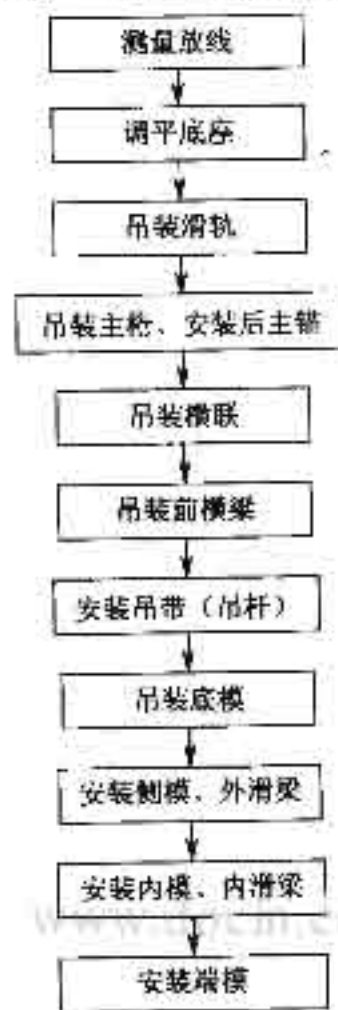


图 5.2.2 一般挂篮安装流程图

2) 吊装每一个构件前, 必须计算确定出构件的吊装重心。吊装时应使吊钩和理论重心在同一竖直线上。

3) 6 级及以上大风和雷雨、大雾及能见度差的天气, 不得进行挂篮吊装作业。

4) 起重吊装作业必须由专职人员统一指挥, 高处作业人员应系牢安全带, 戴好安全帽。

5) 主桁吊装到位后, 必须首先安装后锚。各吊带吊杆连接销轴和插销必须按规定安装齐全, 并由专人检查确认合格后方可进行下一道工序施工。

5.2.4 挂篮模板安装应符合下列规定:

1 底模和底模支架宜采取在墩下施工平台上拼装成整体, 然后用滑轮组提升到位安装。安装在底模支架上的底模顶面高低位置应由底模支架的吊杆(带)进行调整。对斜腹板桥梁, 随着悬臂浇筑梁段延伸需逐渐加宽底模时, 底模支架的外部纵梁应设计为可移动式, 以便使用加条方法调整底模宽度。

2 挂篮外侧模宜采用桁架式, 并宜按悬臂节段的高度分成两节。内侧模一般也应采用桁架式钢模, 内顶模应采用可调宽度的组合钢模, 外侧模和内侧模之间用拉杆固定位置。起吊安装时, 用塔吊或吊车平稳吊装外侧模放到外滑梁上、吊装内侧模到内滑梁上, 就位后安装滑梁下滚轮; 拼装立模时用千斤顶(螺旋杆)和拉杆调整定位。接缝处应用密封胶条贴封严密。

3 梁段变高度模板安装, 应按悬浇梁段模板设计规定的调整方法进行施作。梁体侧模因梁段高度分段变化, 外侧模下部多余的模分可割除或拆除, 内侧模一般宜采用木模抽条的方法进行调整。

4 封端模板因梁高、预应力管道位置不同及拆模时易损坏等原因, 一般宜采取木模重新改制方法进行调整。

5.3 线形控制

5.3.1 混凝土连续梁(刚构)悬臂浇筑施工, 在施工全过程应

对每一施工梁段的中线、高程及预拱度等,进行严格监测和控制,以保证成桥线形与内力状态符合设计要求。

5.3.2 梁体悬臂浇筑施工前,应根据结构设计参数和每一梁段计划施工进度、施工时环境温度、混凝土龄期和所用挂篮的结构类型及重量等施工技术参数,进行悬臂浇筑梁段施工预拱度计算,作为每一梁段立模高程计算依据和全桥桥梁线形控制依据。

5.3.3 确定施工预拱度时应考虑下列因素:

- 1 设计预拱度。
- 2 在荷载作用下已施工梁段的变形。
- 3 挂篮在荷载作用下的弹性变形。
- 4 由混凝土预施应力和收缩、徐变引起的挠度。
- 5 由施工时温度变化引起的挠度。

5.3.4 梁体施工前,应制定线形控制工作计划和措施,以便及时进行每一梁段的施工监测和全桥施工联测工作,并根据梁段施工线形误差,及时进行预拱度计算和采取跟踪调整预拱度措施,保证全桥施工线形符合设计要求和有关施工质量验收标准的规定。

5.3.5 在每一梁段悬臂浇筑施工过程中,应跟踪监测挂篮走行前后、混凝土浇筑前后和预应力筋张拉前后六种工况时已施工及在施工梁段的高程(挠度)变化情况,与理论计算值进行比较分析,合理调整确定下一施工梁段的施工立模高程。

5.3.6 梁体施工过程中,应在悬臂浇筑梁段前端顶面设置高程测量桩,如图 5.3.6 所示。高程测量桩应设置在每一梁段的前端顶面边缘约 0.2 m 范围内,并宜在桥梁中心处及两侧共预设 5 个钢质测量桩(桩顶应高出混凝土面 5~10 mm)。同时应在挂篮前端模板顶面设置临时测量点,作为浇筑混凝土过程中监测挂篮变形和监控混凝土横桥向对称平衡浇筑使用。

5.3.7 挂篮模板立模高程调整时,主要调整待施工梁段前端模板高程,模板后端须与已施工梁段紧密、牢固连接为一体。当已

施工梁段前端高程偏差较大时,应分次逐步调整待施工梁段前端模板高程,以保持梁体顶面及底面平顺无明显凸凹变化。

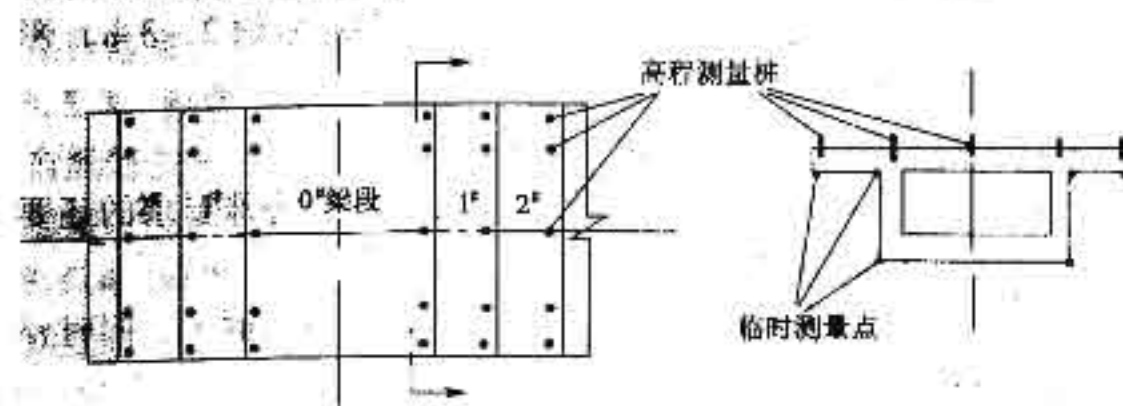


图 5.3.6 高程测量桩布置图

5.3.8 悬臂浇筑 n 号梁段合龙侧(前端)施工立模高程 H_n 应考虑下列因素计算确定:

$$H_n = A_n + B_n + C_n \pm D_n$$

式中: A_n —— n 号梁段前端设计高程;

B_n —— n 号梁段前端计算挠度;

C_n —— n 号梁段前端预计挂篮变形值;

D_n —— n 号梁段前端高程调整值,包括考虑模板间隙、托架沉降、 $(n-1)$ 号梁段高程偏差调整值、计算与实际挠度差值调整值等。

5.3.9 梁段温度变化影响值测定,宜选择先行施工的较大悬臂端(如悬臂长度达 70% 及合龙口两侧梁端)进行定时定点观测。可在梁段混凝土养生期间保持施工荷载不变情况下,连续进行一昼夜高程随气温变化情况观测,为确定施工立模高程及合龙口临时锁定时间和采取措施减小气温对合龙梁段混凝土质量影响提供依据。

5.3.10 相邻 T 构悬臂梁段的中线、高程联测及监控,应在距合龙口 2~3 个梁段时开始进行,以保证将合龙口两侧悬臂端中线及高程偏差控制在允许范围内。

5.3.11 悬臂梁段中线、高程测量监控工作,应重视气温变化的影响。中线、高程测量工作宜在早晨日出前的固定时段进行,以避免由于梁体变形与气温变化不同步(变形滞后约2~3h)影响测量结果评估。

5.3.12 梁段中线测量应符合下列规定:

1 对于特大桥应编制专项的测量方案,有特殊要求的还要建立专项的测量控制网。

2 用三角形控制网把中线引测到0号梁段顶面上,同时要定期进行复测。

3 挂篮组装完毕,在浇筑混凝土前应全面检查安装质量和挂篮中线,符合设计要求方可浇筑梁段混凝土。

5.3.13 梁段高程测量应符合下列规定:

1 应用经过校定的钢尺和高精度水平仪把高程引测到0号梁段顶面方便测量的位置,测量精度不低于四等水准测量的规定。

2 待浇梁段挂篮前端模板立模高程,应根据第5.3.8条的规定计算确定,各测点高程测量偏差不应大于2mm。

3 挂篮模板安装完毕,在浇筑混凝土前应全面检查各部位纵、横向高程并测核挂篮各部位变形量,符合设计立模高程方可浇筑梁段混凝土。

4 梁段混凝土浇筑过程中,应跟踪监测模板前端高程变化情况,当发生大于允许偏差时应及时进行调整纠正。

5.4 钢筋及预应力管道安装

5.4.1 钢筋加工、连接及安装应符合本技术指南第4.6.1~4.6.10条的规定。

5.4.2 预应力管道安装应符合本技术指南第4.6.11条的规定。

5.5 混凝土施工

5.5.1 悬臂浇筑梁体混凝土施工应符合本技术指南第4.7.1~

4.7.10条的规定。

5.5.2 混凝土的浇筑方向应从梁段前端开始,在根部与已浇筑梁段连接。

5.5.3 桥墩两侧梁段混凝土浇筑应对称、平衡施工,两侧施工荷载的实际不平衡偏差不应大于设计允许值,保证T构平衡稳定。

5.5.4 混凝土拆模应符合本技术指南第4.7.11~4.7.12条的规定。

5.6 预应力施工及压浆

5.6.1 预应力筋制作、搬运、存放应符合本技术指南第4.8.1条的规定。

5.6.2 预应力筋安装应符合本技术指南第4.8.2条的规定。

5.6.3 预应力筋张拉应符合本技术指南第4.8.3~4.8.4条的规定。

5.6.4 预应力孔道压浆应符合本技术指南第4.8.5~4.8.6条规定。

5.6.5 梁体封锚(端)应符合本技术指南第4.8.7条规定。

5.7 挂篮前移及拆除

5.7.1 挂篮前移前应做好下列准备工作:

1 测量标出已施工梁段的中线及高程,并宜按间距不大于0.5m测量标出移位位置横向标线,以观测和保证T构两侧挂篮同步对称前移。

2 铺设滑道或安放滚轮箱等走行设施。

3 对挂篮的结构状态和各部位连接情况应进行详细检查并做好记录,对发现的缺陷应及时整改、纠正。

4 解除挂篮主桁架后锚和前支点处的锚固,拴好安全绳及地锚。

- 5 安装并调试前移动力装置。
- 5.7.2 挂篮前移应符合下列规定：
- 1 桥墩两侧挂篮必须在梁段的纵向预应力筋张拉完毕后同时对称移动，并应设专人指挥。
 - 2 挂篮前移应根据不同移动方式（滑动式、滚轴式、支架滚轮等）、驱动动力（倒链、千斤顶和液压驱动走行）的操作要求进行，并保持主桁处于水平状态。挂篮前移不得使用卷扬机钢丝绳作为牵引动力。
 - 3 挂篮移动速度不宜大于 0.1 m/min ，就位时中线偏差不应大于 5 mm 。
 - 4 挂篮移动时后端应有牢固可靠的防倾覆、防溜走的保护措施。
- 5.7.3 挂篮拆除应按设计要求进行。T 构两侧荷载偏差不得大于设计允许值。
- 5.7.4 挂篮拆除一般应在浇筑梁段的位置拆除，也可退到 0 号梁段进行拆除。拆除顺序一般为：底模—内、外侧模—滑梁—吊带—前横梁—横联—主桁架—滑动装置—走行轨道—钢枕—清理场地。

6 边跨非对称梁段

6.1 施 工 流 程

6.1.1 边跨非对称梁段的施工方法应符合设计要求。

6.1.2 边跨非对称梁段采用支架现浇的施工流程如图 6.1.2 所示。

6.1.3 边跨非对称梁段采用悬臂浇筑方法施工时，施工流程如图 5.1.2 所示。

6.2 支架及预压

6.2.1 支架法一般适用于地基条件较好、跨越旱地或浅水河流且桥墩高度较低的边跨非对称梁段现浇施工。遇高墩、深水、深谷以及地质不良等不适合搭设满布式支架的工况时，可采用墩（台）旁托架或悬吊式支架施工。

6.2.2 支架结构应为钢结构，所用材料应符合现行有关标准的规定。

6.2.3 支架基础必须具有足够承载力，不得出现不均匀沉降。

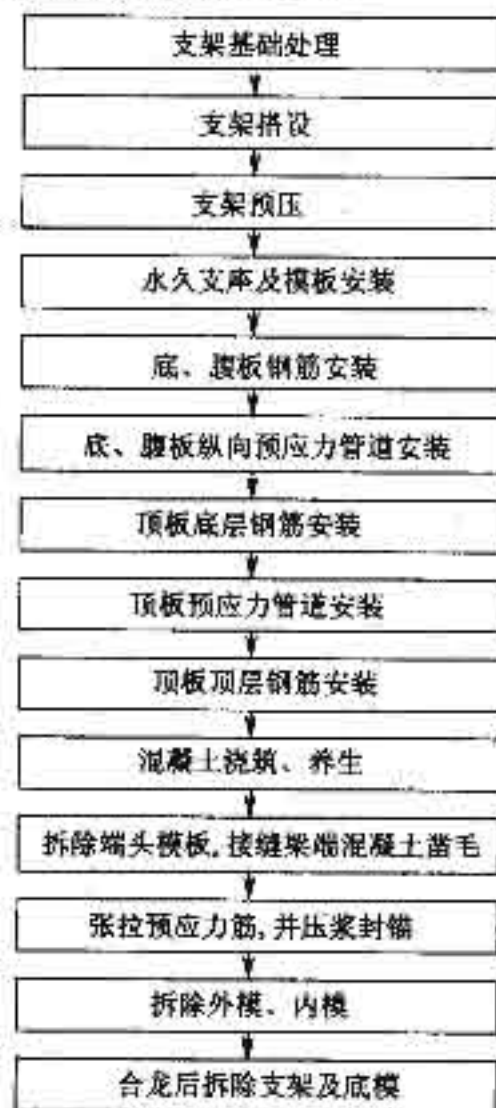


图 6.1.2 边跨非对称梁段采用支架现浇施工流程图

支架基础类型、面积和厚度应根据支架结构型式、受力情况、地基承载力等条件确定。旱地采用浅埋基础时，应同时做好地面的防、排水设施。

6.2.4 支架结构应经过设计计算具有足够的强度、刚度和稳定性。支架设计时，构件应力安全系数应不小于1.3，稳定安全系数应大于1.5。采用悬吊式支架时，应对与其连接的桥墩（台）进行抗拉强度检算，梁段较长的支架尚应考虑梁体纵向预应力筋张拉时对支架受力的影响。支架的长度和宽度，应满足模板安装等施工作业要求。

6.2.5 支架应预留施工拱度，在确定施工拱度值时，应考虑下列因素：

- 1 支架承受全部荷载时的弹性变形。
- 2 加载后由于构件接头挤压所产生的非弹性变形挤压值。
- 3 由于恒载及静活载作用结构所产生的挠度。
- 4 由于支架基础下沉而产生的非弹性变形。

6.2.6 为便于支架的拆卸，应根据结构型式、承受的荷载大小拆除底模及需要的卸落量，在支架适当部位设置相应的楔块、砂筒或千斤顶等落模设备。

6.2.7 支架安装完毕，经检查验收符合设计要求后，方可进行模板安装。

6.2.8 底模安装完成后应对支架进行静载预压，以检验支架及地基的强度和稳定性，消除支架的非弹性变形和地基的沉降变形，测量出支架的弹性变形。

6.2.9 支架预压荷载应符合设计要求，当设计无要求时，应不小于最大施工荷载的1.1倍。预压加载部位及顺序应与边跨梁段施工时支架实际受力状况相匹配。

6.2.10 支架预压可采用砂袋加重或水箱加重等方法进行加载。预压加载可按照预压总荷载的60%、100%、110%分三次加载。每级加载完毕1h后进行支架的变形观测，测点布置在边跨段的

两端、 $\frac{L}{4}$ 、 $\frac{L}{2}$ 、 $\frac{3}{4}L$ 处（ L 为跨长），横桥向根据截面的结构形式，宜将测点布置在边跨截面的底、顶板中间位置和腹板中间位置。支架预压荷载全部加载完毕后，宜每6h测量一次每个测点变形值。

6.2.11 支架预压过程中，应对支架及基础进行沉落量观测。支架预压荷载全部加载完毕后，最后两次沉落量观测平均值之差不大于2mm时，即可终止预压卸除预压荷载。

6.2.12 预压荷载卸除时，应按预压加载时的分级逐步卸载，并在卸载的过程中进行沉降量观测，分级卸载观测点应与加载时观测点相同。根据加、卸载实测数据，绘制各测量点位的加、卸载过程变形曲线，计算支架的弹性变形。

6.2.13 当采用悬吊式支架时除应符合上述有关规定外，尚应符合下列规定：

1 悬吊式支架结构和与桥墩（台）及悬浇梁体连接方法应符合设计要求。

2 悬吊式支架连接的桥墩（台）和悬浇梁体，在其施工时，应按支架连接设计要求精确预埋（留）与支架连接的预埋件（预留孔）。

6.3 永久支座及模板安装

6.3.1 支座进场后应按本技术指南第4.4.2~4.4.3条规定项目进行检查验收，合格后方可安装使用。

6.3.2 支座安装除应符合本技术指南第3.6.1条和第4.4.1条的规定外，尚应符合下列规定：

1 边跨端支点梁段施工时，应设置临时支座或对永久支座采取保护措施，以保护永久支座在边跨合龙施工中不遭破坏。

2 顶梁拆除临时支座或调整永久支座位置时应符合本技术指南第7.5.4条的规定。顶梁高度不得大于5mm。顶梁时应两

侧同步施作,两侧梁底顶落高差不得大于1 mm。

3 永久支座安装尚应符合本技术指南第4.4.4~4.4.8条的有关规定。

6.3.3 梁体模板安装应符合本技术指南第4.5节的有关规定。

6.4 钢筋及预应力管道安装

6.4.1 钢筋安装时,钢筋的品种、规格、材质应符合设计要求。上、下层钢筋间宜使用L形钢筋将上、下层钢筋网片按设计间距卡住并支撑焊牢。

6.4.2 钢筋安装尚应符合本技术指南第4.6.1~4.6.9条的有关规定。

6.4.3 预应力管道安装应符合本技术指南第4.6.10~4.6.11条的有关规定。

6.5 混凝土施工

6.5.1 梁体混凝土施工应符合本技术指南第4.7.1~4.7.9条的有关规定。

6.5.2 梁体混凝土养护应符合本技术指南第4.7.10条的有关规定。

6.5.3 梁体混凝土拆模应符合本技术指南第4.7.11~4.7.12条的有关规定。

6.6 预应力施工及压浆

6.6.1 预应力筋制作、搬运、存放应符合本技术指南第4.8.1条的规定。

6.6.2 预应力筋安装应符合本技术指南第4.8.2条的规定。

6.6.3 预应力筋张拉应符合本技术指南第4.8.3~4.8.4条的规定。

6.6.4 预应力孔道压浆应符合本技术指南第4.8.5~4.8.6条

规定。

6.6.5 梁体封锚(端)应符合本技术指南第4.8.7条的规定,并应严格控制封端后的梁体长度,保证梁端缝宽度符合设计要求。

6.7 支架拆除

6.7.1 支架拆除时间,应在边跨合龙施工完毕后,根据设计要求混凝土强度等级、混凝土养护时间和混凝土与环境之间的温差等天气情况决定。

6.7.2 拆除现场必须设警戒区域,张挂醒目的警示标志。警戒区域内严禁非操作人员通行和在支架下方施工。地面应设监护人员,并配备良好的通讯设备。

6.7.3 支架拆除应严格按照设计要求进行,当设计无具体要求时,应从梁体挠度最大处的支架节点开始按横桥向同步卸落,然后逐步向两端对称、均匀的卸落相邻支架节点,并应符合下列规定:

1 在支架开始拆除前,应明确规定落架设备的每一次卸落量。

2 落架应分级对称循环进行,宜按先跨中后两边的顺序进行循环落架。

3 拆除悬吊式支架时,应先制订拆架专项措施,并严格按照其规定进行落、拆架施工作业,确保施工安全。

4 拆除满布式支架时,应遵循自上往下、后搭先拆原则进行施工,拆除作业不应采用猛烈敲打、强扭等方法,拆除的构配件应采用捆吊等方法运输,严禁抛掷。

5 参加拆除支架施工人员,必须戴安全帽、拴安全绳。

6.7.4 支架卸落过程中,应注意观察梁端支架变形情况,发现集中荷载节点出现异常情况时,应立即停止落架并及时采取加固措施保证安全。

6.7.5 强风、雨、雪等特殊天气及夜间,不应进行支架拆除作业。

6.8 悬臂浇筑施工方法

6.8.1 边跨非对称梁段在次边跨合龙后进行悬臂浇筑施工时,边跨悬臂浇筑梁段施工应符合本技术指南第5章的有关规定。

6.8.2 边跨非对称梁段在次边跨未合龙工况下进行悬臂浇筑施工时,除应符合本技术指南第5章的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 应在T构非施工端设置配重,配重可采用水箱加重或砂袋加重等方法,配重重量应符合设计要求,当设计无要求时应与边跨悬臂浇筑梁段施工荷载相同。

2 配重加载应与边跨悬臂浇筑梁段施工同步进行,T构两端施工荷载的实际不平衡偏差不得大于设计允许数值。

6.8.3 边跨悬臂浇筑梁段在混凝土浇筑和预应力张拉过程中,应严格按设计要求进行线形控制。

6.8.4 边跨非对称梁段的端支点梁段应在支架上现浇施工。

7 合龙梁段

7.1 施工流程

7.1.1 混凝土连续梁(刚构)合龙梁段的施工顺序,必须符合设计要求,以确保连续梁(刚构)结构体系转换后梁体内力及变形符合设计要求。合龙梁段施工流程如图7.1.1所示。

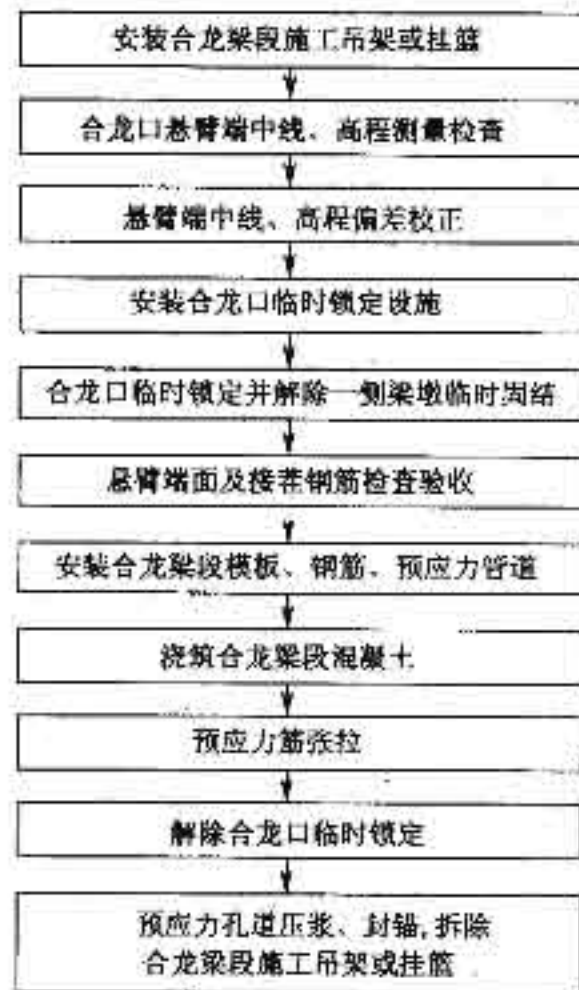


图 7.1.1 合龙梁段施工流程图

7.1.2 相邻T构梁体悬臂端中线、高程,应在距合龙口2~3个梁段施工时开始贯通测量控制,以保证合龙口的两悬臂端中线、高程偏差控制在允许范围内。

7.1.3 合龙梁段施工前,应对两悬臂端的中线、高程进行测量检查,当发现两悬臂端中线和高程及其相对偏差大于15 mm时,应采取措施实施纠正。合龙口纠偏措施应经设计单位和监理单位同意。

7.1.4 纠偏措施须待合龙梁段预应力筋张拉完毕才能解除。

7.2 合龙口临时锁定

7.2.1 混凝土连续梁的合龙口临时锁定力,必须大于解除合龙口任何一侧梁墩临时固结后各墩全部活动支座的摩擦力,以保证合龙梁段混凝土从开始浇筑至纵向预应力筋实施张拉过程中,不承受任何挤拉外力,避免引起混凝土开裂。

7.2.2 混凝土连续梁(刚构)合龙口临时锁定方法,应符合设计要求。

7.2.3 合龙口临时锁定,应在合龙口最大、悬臂端高程符合设计要求和相关规定时进行锁定。由于梁体收缩变形滞后于最低环境温度约为2~3 h,故一般宜在一日之晨进行锁定。锁定前,应先将刚性支撑的一端与梁端预埋件焊(栓)接,到计划锁定时,再对称、快速地将刚性支撑的另一端与梁体预埋件焊(栓)接。当设计采用支拉共同锁定方法时,刚性支撑联锁后,应将临时预应力筋按设计要求张拉力值尽快张拉,形成支-拉锁定结构将合龙口锁定。

7.2.4 混凝土连续梁合龙口临时锁定后,应立即将合龙口一侧的梁墩固结及支座临时锁固约束解除,使梁的一侧能在合龙口临时锁定装置连接下沿支座自由伸缩。

7.2.5 合龙口临时锁定设施,应在合龙梁段纵向预应力孔道压浆前拆除。梁体预应力筋张拉时,用作临时锁定的永久预应力

束,张拉时间应符合设计要求。当设计无要求时,应在其他纵向预应力筋张拉完毕再补充张拉到设计值。设于梁体内部的刚性支撑,应在浇筑混凝土时在其中部留出长宽约10 cm缺口,以便在梁体预应力孔道压浆前,从预留缺口切断刚性支撑,然后用与梁体同等级混凝土封闭缺口。

7.3 吊架施工及模板安装

7.3.1 合龙梁段施工可采用支架、悬臂挂篮或另设施工吊架做施工作业平台。采用支架施工时,应符合本技术指南第6.2节的有关规定。利用挂篮施工时,须按合龙梁段结构要求对挂篮及模板进行改制,使其适应与合龙口两端梁段搭接需要。

7.3.2 合龙梁段采用吊架施工时除应符合本技术指南第3.4.15条的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 施工吊架的支点,应设置在梁体腹板上,且宜设在距悬臂端不小于50 cm处。

2 施工吊架结构,应根据选用的型钢类型、规格、力学性能等经设计计算确定,并应便利安装和拆除,吊架承载力检算时,构件应力安全系数应不小于1.3,稳定安全系数应不小于1.5。

3 施工吊架安装时,必须按吊架结构安装设计要求进行施工,梁体横向应同时对称进行结构件安装,并应按照先锚固梁体上面承重梁后,再安装下部结构件进行施工,确保吊架安装施工安全。

4 施工吊架拆除时间应符合设计要求,当设计无要求时,应在合龙梁段全部纵向预应力筋张拉完毕和混凝土达到设计要求强度等级后进行拆除。拆除施工一般应遵循先下后上、先外后内的顺序进行,并应做好警戒区域内安全防护工作和拆除作业人员安全保护工作。

7.3.3 模板设计、安装除应符合现行标准的有关规定外,合龙

梁段模板与两悬臂端梁体表面搭接长度不应小于 30 cm, 搭接缝必须紧密、牢固, 搭接缝内应设置弹性胶条, 以防止振捣混凝土时漏浆。附着式混凝土振捣器及其他施工荷载, 应对称、均衡布置。

7.4 混凝土施工

7.4.1 合龙梁段混凝土浇筑前, 应全面检查模板及支(吊)架、钢筋及预应力管道、钢筋保护层垫块及模板紧固件等安装情况。

7.4.2 合龙梁段混凝土浇筑前, 应在合龙口两端悬臂预加压重稳定悬臂。每一悬臂端预压重量应符合设计要求, 当设计无要求时可按合龙梁段现浇混凝土重量之半加载, 并应于混凝土浇筑过程中按等量换重方式逐步撤除。为调整合龙口悬臂端高程、高差所加压重, 应在合龙梁段预应力筋张拉完毕后才能拆除。

7.4.3 合龙梁段应按设计要求采用微膨胀混凝土, 混凝土强度等级宜较设计要求提高一级。

7.4.4 合龙梁段混凝土应在一天中气温最低时间段内快速、连续浇筑。

7.4.5 合龙梁段混凝土浇筑完成后应加强保湿保温养护, 控制梁体内外温差, 并应将合龙梁段及两悬臂端部 1m 范围进行覆盖洒水, 降低日照温差影响。拆模后, 除梁体顶面外的其他混凝土表面, 应及时喷涂混凝土养护液对混凝土进行保护, 梁体顶面仍应继续覆盖洒水保湿养护。

7.4.6 梁体混凝土施工尚应符合本技术指南第 4.7.11~4.7.12 条的规定。

7.5 预应力施工及体系转换

7.5.1 混凝土连续梁(刚构)合龙梁段混凝土达到设计要求条件时, 应及时进行预应力筋张拉, 预应力筋张拉顺序及张拉力值

必须符合设计要求。合龙口临时锁定利用永久预应力筋作为临时预应力筋时, 其补充张拉施工应符合设计要求, 当设计无要求时应在其他纵向预应力筋全部张拉完毕再进行补充张拉到设计锚固吨位。

7.5.2 混凝土连续梁(刚构)合龙梁段纵向预应力筋全部张拉完毕, 应立即解除相应 T 构全部永久活动支座的临时锁定设施, 实现连续梁结构体系转换。

7.5.3 混凝土连续梁(刚构)合龙梁段纵向预应力筋全部张拉完毕, 拆除相应 T 构梁墩临时固结设施和临时支座时, 应对称、均匀施作, 并应观测墩顶梁体高程及应力和永久支座受力状态变化情况, 发现异常情况时应立即停止作业, 查明原因, 保证施工安全。

7.5.4 混凝土连续梁(刚构)永久支座安装位置和方向应符合设计要求。当合龙梁段全部按设计要求施工完毕形成连续梁体系之后, 发生永久活动支座预偏量大于允许值等情况, 必须顶起梁体进行调整施工时, 应根据有关规定制订专项顶梁施工方案, 并应征得设计单位和监理单位同意后进行施工, 严防梁体破损。

7.5.5 混凝土连续梁(刚构)合龙梁段预应力筋张拉应符合本技术指南第 4.8.1~4.8.4 条的有关规定。

7.5.6 混凝土连续梁(刚构)合龙梁段预应力筋孔道压浆应符合本技术指南第 4.8.5~4.8.6 条的有关规定。

7.5.7 混凝土连续梁(刚构)合龙梁段预应力筋封锚应符合本技术指南第 4.8.7 条的有关规定。

8 施工保障措施

8.1 质量保证措施

8.1.1 混凝土连续梁（刚构）悬臂浇筑施工作业环节多、影响工程质量因素多，施工单位应建立健全施工质量管理体系及质量检查制度，编制好实施性施工组织设计及悬臂施工工艺设计，做好对施工人员的操作技术培训及施工技术交底工作。施工技术交底应执行交、接方责任人签认制度。

8.1.2 0号梁段施工托架、边跨非对称梁段施工支架、合龙梁段施工吊架、悬臂浇筑梁段施工挂篮等辅助工程设施，必须经过设计计算具有足够的强度、刚度和稳定性。应充分做好梁体线形监测各项准备工作，保证梁体施工全过程能够及时、准确进行各梁段中线、高程及预拱度监控。测量工作应实行二次独立测量复核制，复核无差错方可进行施工。

8.1.3 梁体混凝土施工前，应对施工托、支架和挂篮进行加载预压，消除其塑性变形和测定其弹性变形值，并检验承载力；合理设置各悬臂浇筑梁段施工预拱度，保证梁体结构线形符合设计要求。

8.1.4 钢筋（包括预应力筋和预埋钢件）加工成型、接头连接、布置位置等，均应符合设计要求和相关技术标准规定，钢筋保护层垫块应按本技术指南有关规定设置稳固。

8.1.5 预应力管道应按设计要求的规格、数量、位置精心施工，做到位置准确、线形平顺、定位牢固，保证在混凝土浇筑、振捣过程中不移位、不弯沉。

8.1.6 预应力筋张拉顺序和方法必须符合设计要求。预应力筋

施工张拉力值，应严格按照实测锚口、喇叭口预应力损失和管道摩阻值对设计张拉力值进行调整后的数值进行张拉锚固，并应尽快进行孔道压浆。

8.1.7 梁体合龙应在低温时段进行施工，合龙梁段施工顺序必须符合设计要求。合龙口临时锁定结构及预应力，应经过设计计算，具有足够强度和刚度，保证能够抵消温度力对合龙梁段混凝土的挤、拉不利影响。合龙梁体预应力筋张拉，应按设计要求张拉顺序施工，保证全部梁体体系转换符合设计要求。

8.1.8 施工前应做好工程材料、构配件及主要机具设备进场检查验收和试验检验工作，经检验合格后方可用于工程施工。

8.1.9 施工现场工程技术人员，应全面了解、掌握设计文件及设计要求，备齐并熟悉有关工程质量验收标准等技术规范，做到准确、及时地指导工程施工作业。

8.1.10 每次梁体混凝土浇筑前，施工及监理单位均应对模板及支架、钢筋及预埋件、预应力管道及定位钢筋等高程、尺寸、位置、表面质量、安装牢固性、钢筋与模板间距离及垫块设置数量、牢固程度等进行全面检查、验收，对梁段模板的平、立面位置和横桥向位置应会同测量人员共同检查确认，全部符合设计要求方可进行混凝土浇筑施工。

8.1.11 混凝土连续梁（刚构）悬臂浇筑梁段施工线形测量控制工作，应设专业小组负责，做到测量方法统一、测量数据真实并具有代表性及可比性，以便进行计算、分析，通过对每一梁段调整、控制立模高程减少误差积累，保证相邻T构顺利合龙和梁体线形符合设计要求。

8.1.12 混凝土配合比应根据设计要求和施工工艺等经试验确定。梁体预应力施工前，施工单位应做好预应力筋张拉操作工艺技术交底。

8.1.13 挂篮走行轨道中线应与桥梁中线重合，就位偏差应不大于5 mm，为确保挂篮走行轨道位置的准确性，梁体竖向预应力

筋安装时应严格控制其纵横向偏差在3 mm以内。

8.1.14 各悬臂浇筑梁段施工过程中,梁段顶面的材料、机具设备等施工荷载的数量及位置,应符合施工线形控制的要求。

8.1.15 曲线梁段平面位置,应采用梁段施工测量(宜采用支距法)和全桥三角控制网测量相结合的方法,对每一梁段的起、终点的平面曲线坐标进行测控,误差应不大于5 mm。

8.1.16 悬臂浇筑梁段高程测量的水准点,应尽可能设在岸边稳固地点。水准点如设置在0号梁段顶面或桥墩顶面时,在悬臂梁段延伸浇筑过程中应定期进行复核测量,发现桥墩下沉影响线形控制时应及时对与线形控制有关的高程测量数据进行修正。

8.2 安全保证措施

8.2.1 混凝土连续梁(刚构)悬臂浇筑施工安全工作,必须认真贯彻执行现行《铁路桥涵工程施工安全技术规程》(TB 10303)的有关规定。

8.2.2 高空作业的安全保障设施如安全网、安全梯、防护栏等,必须设置齐全、完善,挂篮四周侧面及底部,应全部挂满安全网。

8.2.3 建立健全安全生产岗位责任制和岗前安全教育制度,严格执行安全专人检查和安全技术培训及考试制度,人员安全防护不到位和安全技术考核不合格者不得独立上岗工作。从事高处作业人员应按规定进行体格检查,体检合格者方可上岗工作。上班工作前,严禁饮酒,并应有足够睡眠。

8.2.4 挂篮走行应以千斤顶或倒链作动力,不应使用卷扬机钢丝绳牵引。

8.2.5 挂篮前移前,尾部锚固装置如后锚梁、压紧器、限位器等应及时安装到位,并由专人进行检查验收。模板滑梁吊杆应进行检查,防止因吊杆损坏造成掉模事故。

8.2.6 悬臂浇筑施工过程中,必须安排专人经常检查挂篮后端

锚固螺杆、前后吊杆(带)、前支点等关键承力杆件的良好情况,并加强起重千斤顶、倒链、钢丝绳等机具设备的维修养护,发现异常应及时修理或更换。应有专人负责监控T构两侧施工荷载的平衡度,保证悬臂浇筑施工安全。

8.2.7 挂篮中动力、照明电线路必须符合现行安全用电有关标准的规定,并由专业电工进行敷设和应经常检查、整理,消除漏电、短路隐患。施工使用的电气设备,应有可靠的漏电保护设施。雷区施工应设置防雷击设施。

8.2.8 每套挂篮都应配备消防器材,以防止由于电焊作业等原因可能引燃防雨及防晒篷布和安全网等而发生的火灾。

8.2.9 位于同一T构上的两套挂篮移位,必须同步对称进行,行走速度不应大于0.1m/min,中线偏差不应大于5 mm,两套挂篮位移距离差不应大于40 cm,移动挂篮时后部应有稳定及防溜保护措施。

8.2.10 采用起重机整片(体)吊装0号梁段钢筋时,吊体重量、起吊高度、起重机位置及回转角度等,必须经过准确计算,防止吊装事故发生。吊装挂篮主桁架杆件在0号梁段上面就位时,必须用倒链临时固定后方可松、摘吊钩。更换临时后锚时,应先做好锚固,然后再拆除临时锚固措施。

8.2.11 悬臂梁段底板与腹板钢筋分片(块)吊装和混凝土分层浇筑及拆除挂篮时,必须对称均衡进行施作,保证T构两侧的不平衡总重量不大于设计要求限值。

8.2.12 挂篮拆除时,必须按照其拆除工艺设计程序进行施作。凿除砂浆临时支座拆除时,施工人员应配带口罩,防范通电熔化过程中发生的有害刺鼻气体。

8.2.13 雨季施工时,应根据当地气象预报及施工现场具体情况,制订防、排洪措施,对处于洪水可能淹没地段的机械、设备、材料等,更需采取防洪措施保证安全度洪,暴雨前后及降雨时应加强检查。

8.3 环境保护和水土保持措施

8.3.1 混凝土连续梁（刚构）悬臂浇筑施工前，应根据设计要求并结合桥梁墩台所处环境位置等实际情况，对施工中可能发生的环境破坏及不利影响，在桥梁施工组织设计中提出具体预防措施。

8.3.2 施工中生产及生活所需临时用地，应结合当地土地利用规划统筹考虑，尽量做到不占或少占耕地和保护原有地形地貌及植被。

8.3.3 施工机械停放、保养、修理场地，工程材料存放及加工场地，混凝土拌和场地等，均宜远离居民区并应位于下风区设置。应尽量推广采用清洁生产工艺，采取适当的防尘、防噪声措施，减小对周围环境的影响。

8.3.4 粗、细骨料装卸，混凝土拌和等作业，应采用湿式操作法和将可能产生扬尘的设备（混凝土拌和站等）密封起来，以防扬尘散发污染空气环境。

8.3.5 清洗施工机械设备发生的废水、废油以及生活污水，不得直接排入河流、湖泊及其他水域中，也不得排放于饮用水源附近的土地上，防止污染水质和土地。对上述废水、废油和污水，应采取过滤池、沉淀池、隔油池、化粪池，并添加适量消毒剂等办法进行处理，达到排放标准方可向外排放。

8.3.6 做好完（竣）工工地恢复工作，及时清除施工临时设施和工地生活设施，对污水池（沟）、垃圾场（站）及厕所等，尚应做好消毒灭菌工作，并应用净土填埋、填平压实。

本技术指南用词说明

- 1 表示很严格，非这样作不可的用词：
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作的用词：
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作的用词：
正面词采用“宜”；
反面词采用“不宜”。
- 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

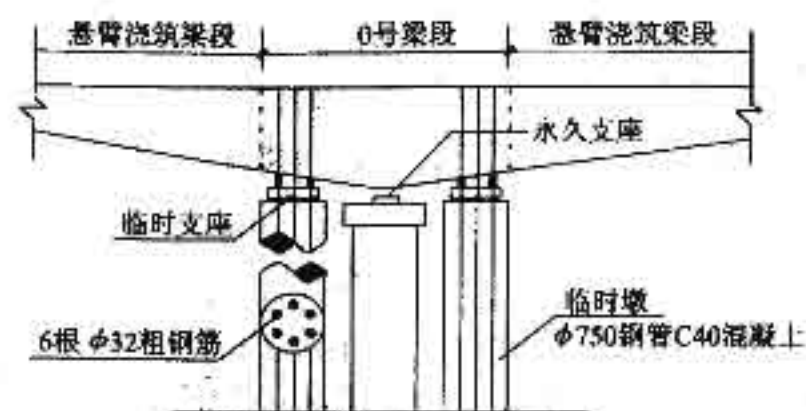
《铁路预应力混凝土连续梁（刚构） 悬臂浇筑施工技术指南》 条文说明

本条文说明系对条文的编写依据、存在的问题以及执行中应注意的事项予以说明。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

3.1.1 预应力混凝土连续梁（刚构）悬臂浇筑施工前，当遇桥墩纵向长度较短或0号梁段的悬臂梁段较长等工况时，应采用在桥墩前后对称设置临时支墩、支座支承悬臂梁体方式进行施工（图4.3.1—2）。秦（皇岛）沈（阳）客运专线跨阜锦公路混凝土连续梁大桥，采用钢管混凝土临时支墩，并在支墩混凝土中预埋 $\phi 32$ mm 精轧螺纹钢与0号梁段实施预应力筋张拉连接，形成支-拉型临时T构（说明图3.1.1）。武（昌）广（州）客运专线麻塘里混凝土连续梁大桥，采用在钢管混凝土临时支墩上部设置支承平台方案形成T构支承两侧梁体。

边跨非对称梁段，也有采用悬臂浇筑方法施工部分梁段的，详见本技术指南条文说明6.8。

3.3.1 悬臂浇筑施工使用的挂篮，是利用已施工梁段作挂靠、能承担待施工梁段模板及梁体重量等施工荷载和能沿梁顶滑道移动的悬臂梁式空中施工设备，主要结构一般包括承重系统、平衡系统、模板系统、走行系统、操作平台。常用挂篮按承重主梁的结构形式划分主要有：平衡桁架式挂篮、平弦无平衡重式挂篮、弓弦桁架式挂篮、菱形桁架式挂篮、三角形组合梁式挂篮、滑动斜拉式挂篮，如说明图3.3.1—1所示。



说明图3.1.1 墩侧临时支、拉措施示意图

1 承重系统，包括主桁梁和悬吊系统。主桁梁是挂篮的主要受力结构，可用型钢、万能杆件、贝雷桁架等拼制成型。悬吊系统的作用，是将底模和侧模吊架、操作平台的自重及其上的荷载传递到主桁梁上，一般是用分节段连续并钻有锁孔的16 Mn钢带或精轧螺纹钢筋等组成。

2 平衡系统，位于主桁梁后部，分为压重式、全锚式和半压重半锚固式，主要作用是平衡挂篮前移和浇筑梁体混凝土时产生的倾覆力矩，保证施工安全。

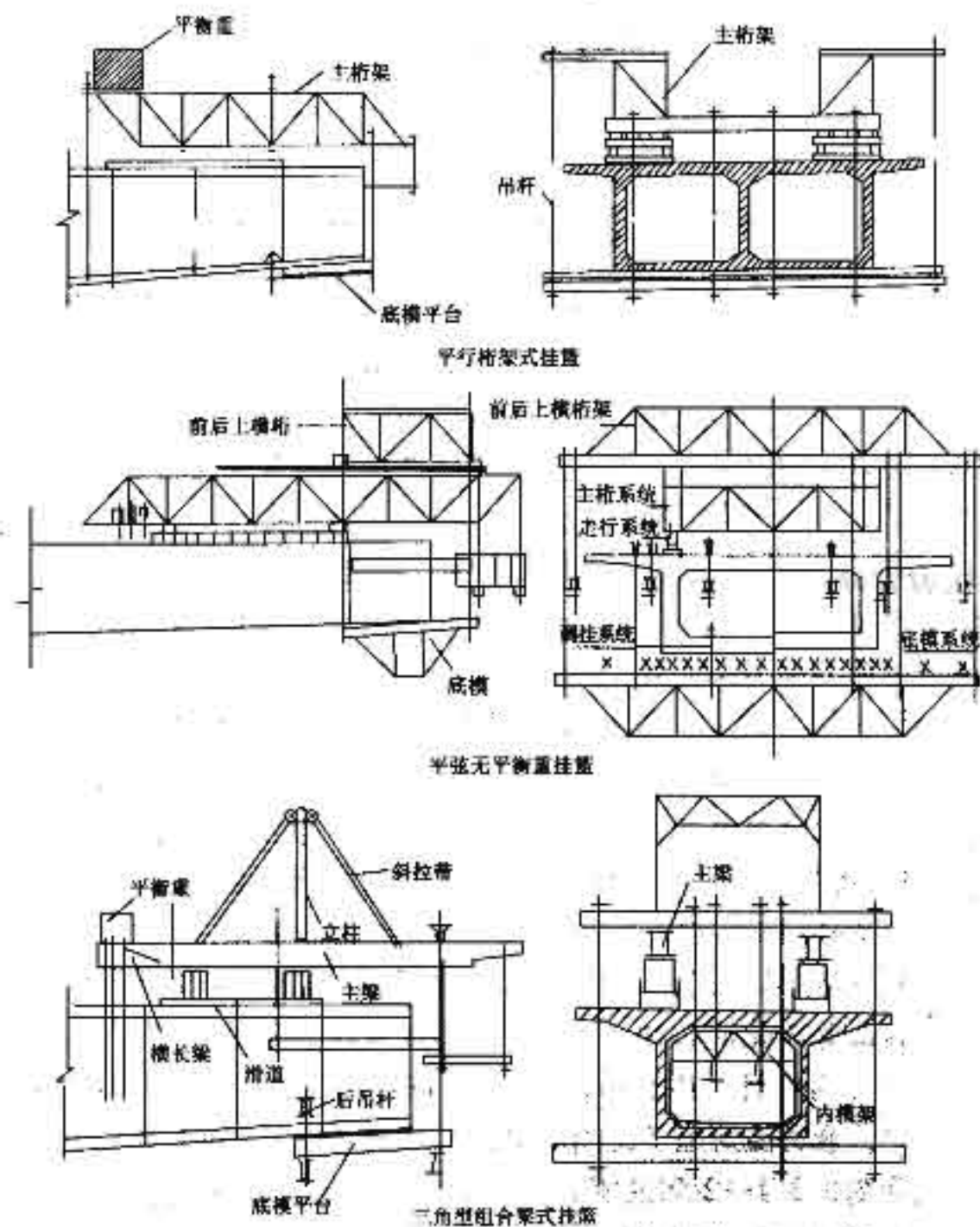
3 模板系统，包括底模及侧模吊架和梁段模板等，是直接承受悬浇梁体重量及施工荷载结构，也是钢筋及预应力管道安装、混凝土浇筑等施工作业平台。

4 走行系统，包括移动装置和动力设施，是支承主桁梁通过滚、滑移设施使挂篮沿桥梁纵向移动设备。

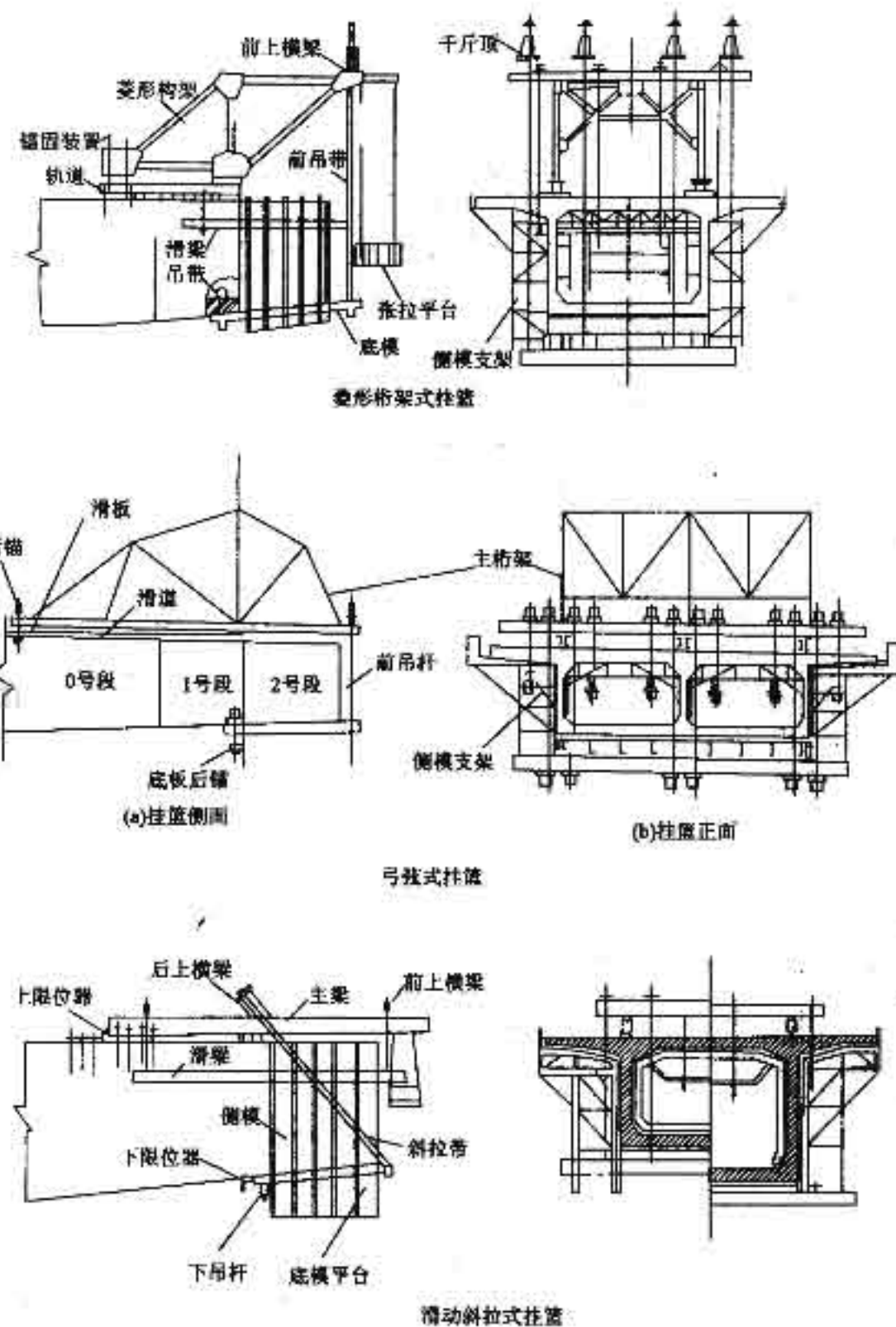
5 操作平台，主要用作张拉梁体纵向和横向预应力筋、压浆、封锚等作业。

侯（马）月（山）铁路海子沟（63+2×84+63）m混凝土连续梁，悬臂浇筑施工使用的斜拉式挂篮结构及构件规格、数量如说明图3.3.1—2和说明表3.3.1所示。该型挂篮重量轻（每套总重量34 t）、结构简单、刚度大、非弹性变形小，故加工、运输、安装、拆卸等均较方便、且因重量轻工作量小，可节省大

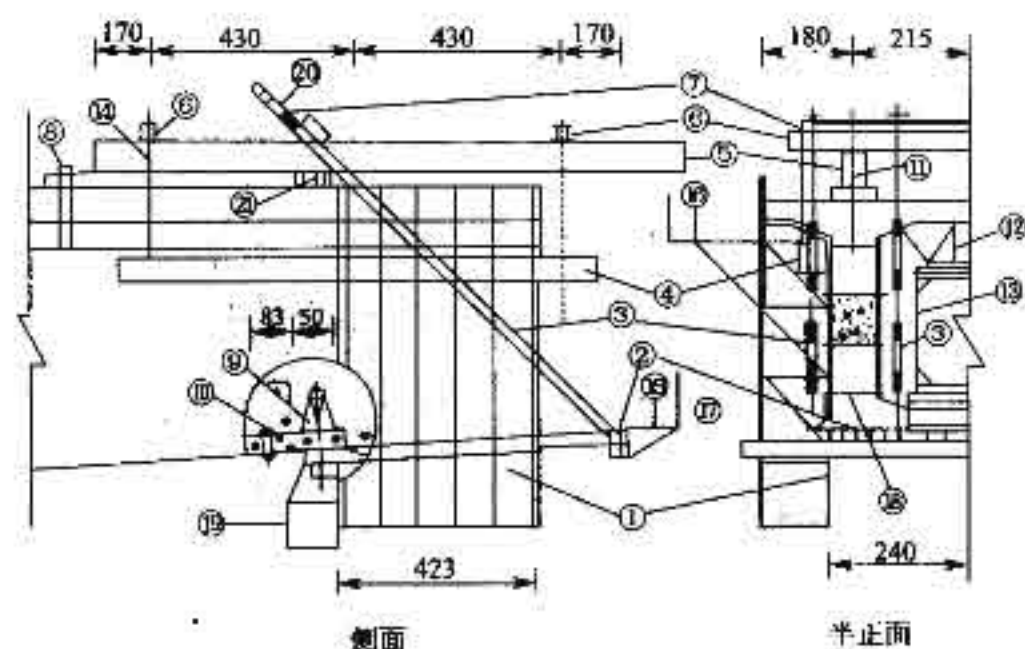
量施工费用。该型挂篮曾在武广客运专线跨武（汉）九（江）铁路南环线连续梁特大桥、株洲湘江公路大桥、乐天溪公路大桥等施工中使用，均取得满意的技术经济效益。



说明图 3.3.1—1



说明图 3.3.1—1 常用挂篮结构型式示意图



说明图 3.3.1—2 斜拉式挂篮结构示意图

说明表 3.3.1 斜拉式挂篮构件规格与数量 (每套)

编号	构件名称	规格	单位	数量
1	外侧模	型钢与钢板焊成, 高 658 cm, 宽 423 cm	套	2
2	底模	型钢与钢板焊成, 长 530 cm, 宽 480 cm	个	1
3	斜拉带	钢板制成, 长 730 ~ 854 cm	条	4
4	滑梁	型钢与钢板焊成, 长 960 cm	根	2
5	主导梁	由 2 根 56 号工字钢做成, 长 12 m	根	2
6	挂侧模横梁	型钢与钢板焊成, 长 6.8 m	根	2
7	挂斜拉带横梁	型钢与钢板焊成, 长 6.1 cm	根	1
8	上限位器	钢板制成	套	2
9	后锚系统	螺栓及千斤顶组成	套	2
10	下限位器	方钢及螺栓组成	套	2
11	压片总成	钢板与二联螺母等组成	套	12
12	内模桁架	型钢与螺栓组成	套	1
13	内模桁架	万能杆件拼装	套	1
14	滑梁吊杆	45 号钢, M44 螺杆, 长 2 m	根	4

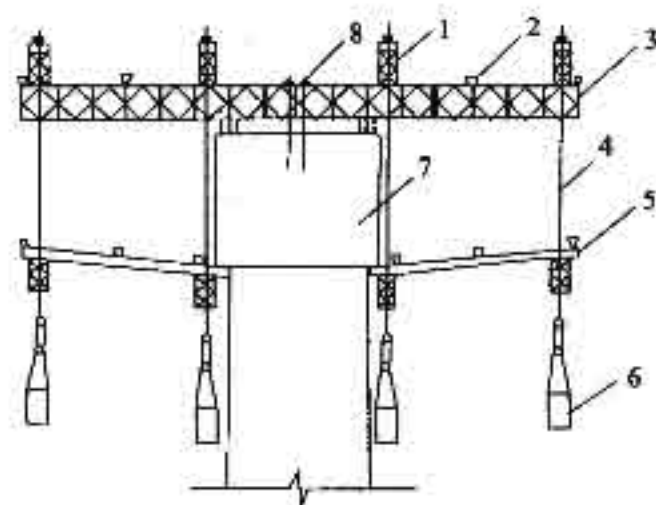
续说明表 3.3.1

编号	构件名称	规格	单位	数量
15	前工作平台	三角支架及步板, 面积 1.3×8 (m)	个	1
16	侧工作平台	角钢焊成, 面积 1.4×4.3 (m)	个	2
17	可拆式板	钢板焊成	块	4
18	对拉螺栓	$\phi 16$ mm	根	$1/0.8 \text{ m}^2$
19	后吊篮	$\phi 48 \times 3$ (m) 钢管拼装, 6 m 长	个	1
20	螺旋千斤顶	32 t	个	12
21	木墩	$200 \times 200 \times 500$ (mm)	个	12

3.3.3、3.3.4 挂篮按 1.2 倍最大施工荷载进行加载试验是参考襄渝铁路二线流水河大桥等施工经验确定的, 加载试验方法, 应符合逐渐分级、连续加载和同重量分级卸载基本要求。襄渝铁路二线流水河连续刚构大桥施工时, 设计要求按 1.2 倍施工荷载对挂篮进行预压试验, 预压时按 50%、75%、100%、120% 分四级加载, 前三级加载完毕分别持荷 30 min 后进行变形测量, 最后一级加载完毕持荷 60 min 后进行变形测量, 变形稳定后按 100%、75%、50%、0 分级卸载。该桥三角形挂篮采用在墩下对挂篮的主桁架进行加载预压, 既将二片主桁架水平放置在平台上, 后端用 $\phi 32$ mm 精轧螺纹钢筋锁定, 在前支点位置用钢垫块使两片主桁架分开, 然后在前端上横梁位置用千斤顶加载对拉进行预压试验。

挂篮加载试验在墩上进行时, 可采用砂袋加重、水箱加重 (说明图 3.3.4) 等方法, 分级进行加 (卸) 载试验。

3.4.3 锚具和连接器是预应力筋的配套连接装置, 是保证预应力筋的拉力传递到混凝土上的永久性连接装置。夹具又称工具锚, 是保证千斤顶等张拉设备的张拉力传递到预应力筋的临时性锚固装置。锚、夹具和连接器的质量是影响混凝土连续梁 (刚构) 预应力施工质量的重要因素之一, 因此在使用前, 必须按现行《铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器技术条件》(TB/T 3193) 的规定进行检查试验。



说明图 3.3.4 挂篮水箱法试压示意图

1—横桁梁；2—观测点；3—纵桁梁；4—吊杆；
5—底篮；6—水箱；7—0号梁段；8—后锚固。

3.4.10 大体积混凝土的定义，目前国内外解释不尽一致，本技术指南是指现行《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB 10424—2003)规定的最小尺寸等于或大于1 m、或易由温度应力引起裂缝的混凝土结构。大体积混凝土施工，应按设计要求和混凝土施工技术条件等，制订专项施工技术方案，防止混凝土温度裂缝发生。防止大体积混凝土发生温度裂缝的基本措施，主要是降低混凝土的水化热、降低混凝土的入模温度及浇筑温度（振捣完毕距混凝土面50~100 mm深处温度）、降低混凝土内部与表面温差和进行严格的保湿、保温养护。

3.4.13 预留预应力管道的形状和内横截面积应符合设计要求，管道的内横截面积一般不应小于预应力筋净截面积的2~2.5倍，以便利预应力筋穿通和增强管道压浆浆体对预应力筋的防腐保护，对长度超过70 m的预留管道尚应通过穿束试验确定其面积比，以保证穿束和压浆顺利施工。

采用抽拔胶管成孔时，抽拔胶管时混凝土强度，是参考衡（阳）广（州）铁路复线白面石武水大桥施工经验和以往施工经验编制的，试抽拔制孔胶管时间（ H ）可按下式计算，也可参考

说明表 3.4.13—1 确定。

$$H = \frac{100}{T} \quad (\text{说明 3.4.13—1})$$

式中 H ——由混凝土浇筑完毕至抽拔胶管时间（h）；

T ——现浇梁体所处环境温度（℃）。

说明表 3.4.13—1 试抽拔胶管时间参考表

环境温度（℃）	抽拔时间（h）	环境温度（℃）	抽拔时间（h）
30 以上	3	20 ~ 10	5 ~ 8
30 ~ 20	3 ~ 5	10 以下	8 ~ 12

引起混凝土连续梁（刚构）预应力钢筋应力损失的因素很多，包括钢筋与管道之间的摩阻、锚头变形、钢筋回缩及松弛、混凝土弹性压缩及收缩徐变、钢筋与锚圈口及喇叭口的摩阻、预应力钢筋张拉程度及方法的影响等。虽然现行《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》(TB 10002.3—2005)对设计阶段预应力损失计算方法作出比较详细的规定，但因影响因素很多，为确保混凝土连续梁（刚构）桥的工程质量，本技术指南条文规定应根据施工单位实测预应力钢筋与锚圈口、喇叭口和管道摩阻损失值，对设计单位提供的预应力钢筋张拉控制应力进行适当调整，并应经过设计单位和监理单位确认，据以实施预应力钢筋张拉锚固。经历几十年后张法制梁实践，铁路后张法制梁预应力钢筋与锚口及管道之间的摩阻损失测算方法，几经变化。本技术指南附录后张法制梁孔道摩阻试验方法，系根据《客货共线铁路桥涵工程施工技术指南》(TZ 203—2008)附录转列。

现行《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)锥形锚具预应力损失测定方法转列如下，供参考试用。

1 锚圈口摩阻损失的测定

用油压千斤顶测定时，可在张拉台上或用一根直孔道钢筋混凝土柱进行。两端均用锥形锚时，其步骤如下：

- 1) 两端同时充油, 油表数值均保持 4 MPa, 然后将甲端封闭作为被动端, 乙端作为主动端, 张拉至控制吨位。设乙端控制吨位为 N_0 时, 甲端相应吨位为 N_1 , 则锚圈口摩阻力:

$$N_0 = N_2 - N_1 \quad (\text{说明 3.4.13—2})$$

克服锚圈口摩阻力的超张拉系数:

$$n_0 = \sqrt{\frac{N_2}{N_1}} \quad (\text{说明 3.4.13—3})$$

测试反复进行 3 次, 取平均值。

- 2) 乙端封闭, 甲端张拉, 同样按上述方法进行 3 次, 取平均值。

- 3) 两次的 N_0 和 n_0 平均值, 再予以平均, 即为测定值。

2 孔道摩阻损失的测定

用千斤顶测定曲线孔道摩阻时, 测试步骤如下:

- 1) 梁的两端装千斤顶后同时充油, 保持一定数值 (约 4 MPa)。
- 2) 甲端封闭, 乙端张拉。张拉时分级升压, 直至张拉控制应力。如此反复进行 3 次, 取两端压力差的平均值。
- 3) 仍按上述方法, 但乙端封闭, 甲端张拉, 取两端 3 次压力差的平均值。
- 4) 将上述两次压力差的平均值再次平均, 即为孔道摩阻力的测定值。如两端为锥形锚, 上述测定值应扣除锚圈口摩阻力。

预应力筋张拉理论伸长值 ΔL (mm) 可按下列公式计算:

$$\Delta L = \frac{P_p L}{A_p E_p} \quad (\text{说明 3.4.13—4})$$

式中 L ——预应力筋的长度 (mm);

A_p ——预应力筋的截面面积 (mm^2);

E_p ——预应力筋的弹性模量 (N/mm^2);

$$P_p \text{——预应力筋平均张拉力 (N); } P_p = \frac{P (1 - e^{-(kx + \mu\theta)})}{kx + \mu\theta},$$

当预应力筋为直线时 P_p 取张拉端的拉力值;

P ——预应力筋张拉端的张拉力 (N);

x ——从张拉端至计算截面的孔道长度 (m);

θ ——从张拉端至计算截面曲线孔道部分切线的夹角之和 (rad);

k ——孔道每米局部偏差对摩擦的影响系数, 可按说明表 3.4.13—2 计算;

μ ——预应力筋与孔道壁的摩阻系数, 可按说明表 3.4.13—2 计算。

说明表 3.4.13—2 系数 k 及 μ 值表

孔道成型方式	k	μ 值		
		钢丝束、钢绞线、光面钢筋	带肋钢筋	精轧螺纹钢
预埋铁皮管道	0.003 0	0.35	0.40	—
抽芯成型孔道	0.001 5	0.55	0.60	—
预埋金属螺旋管道	0.001 5	0.20 ~ 0.25	—	0.50

南昆铁路清水河连续刚构大桥施工时, 采用下列公式计算每一束钢绞线理论伸长值:

$$\Delta L = \frac{\sigma_k}{E} (L - 1/2 KL^2 - 1/2 \mu \theta L_c) 100 + \delta$$

(说明 3.4.13—5)

式中 σ_k ——张拉平均应力, $\sigma_k = \sigma_k' [1 - 1/2 (KL + \mu\theta)]$;

σ_k' ——锚下控制应力;

K ——孔道偏差系数;

μ ——孔道曲线摩阻系数;

θ ——孔道弯曲角度;

L_c ——孔道曲线段长度;

δ ——混凝土弹性压缩修正值；

(1) 预压测试方法

说明图 4.2.9—1 墩顶托架设置示意图



(2) 顶压步骤

千斤顶回油，取下千斤顶 2 h 之后再次测量 $a-a'$ 之间距离 S''_1 ，测出 $b-b'$ 之间距离 S''_2 。

(3) 数据整理分析

说明图 4.2.9—3 托架顶压示意图

用 $S'_1-S''_1$ 、 $S'_2-S''_2$ 分别等于 $a-a'$ 、 $b-b'$ 点之间的弹性

变形值。

以上结果为两个托架变形值总和，再将以上数值除以 2，即近似等于单个托架的变形值。此时托架本身的非弹性变形值经预压已消除，弹性变形量在立模时调整。

4.3.4 混凝土连续梁墩顶临时支座采用两块钢筋混凝土块夹置硫磺砂浆块时，硫磺砂浆块应在下层混凝土块强度达到 10 MPa 时立模浇筑成型，并在浇筑时埋入一段做成 ω 形的 3 kV 电阻丝，电阻丝两端应伸出硫磺砂浆块外面一定长度，以便拆除临时支座时接通 36 V 直流电源（接电后可在 15 min 内使硫磺砂浆软化）。上层混凝土块应在硫磺砂浆凝固后立模浇筑。

硫磺砂浆可按下列重量比配制：硫磺：水泥：石英砂：石墨：聚硫乙胶 = 48:5.5:40:5:1.5。按该配合比配制的硫磺砂浆抗压强度大于 40 MPa，且可通过试验调增石英砂含量取得更高的抗压强度。

硫磺砂浆熬制时，应采用间接加热法在 135 ~ 140℃ 加热熬制硫磺，当其完全融化脱水后将干燥的石英砂均匀地加入液态硫磺中，搅拌均匀后再加入石墨、水泥，并升温至 150 ~ 155℃ 搅拌均匀，排出气泡，最后将聚硫乙胶缓慢均匀地加入硫磺砂浆中，并注意使温度控制在 150 ~ 160℃，防止温度过高导致聚硫乙胶发生分解，待硫磺砂浆液体浓度均匀、颜色一致、泡沫消失时，即可浇筑使用。浇筑入模时，硫磺砂浆温度应控制在 140 ~ 150℃，注意防止不密实、分层及顶面凹陷现象。

硫磺砂浆通电软化时间、配合比及熬制方法等，是根据某高速公路东周水库特大桥施工经验资料（详见铁道标准设计 2003.3）编制的，掺加石墨可减小硫磺的收缩，聚硫乙胶可减小硫磺砂浆在冷却、凝固过程中形成的体积收缩应力，经改善后的硫磺砂浆，耐热稳定性、黏结强度及冲击性能均大幅提高。

4.4.1 ~ 4.4.8 永久支座安装除应符合本节规定外，尚宜按照下列规定施作：

(1) 盆式橡胶支座检查时，应在安装前拆开包装检查，不得

随意松动上下座板的临时连接螺栓，以保证按工厂组装状态进行安装。

(2) 坡道上的桥梁支座安装方法，必须符合设计要求，当采用可调整纵向坡度的盆式橡胶支座时，下座板应水平安装，上座板采用松紧支座两侧顺桥向的临时连接螺栓调整纵坡使其符合设计要求，调整纵坡后的上下座板，顺桥向的水平投影应重合，偏差不应大于 0.5 mm。

(3) 支座上下座板与梁底支承钢板及墩台支承垫石间应密贴无空隙。上座板与梁底支承钢板间有空隙时，应采用压力注浆的方法将空隙填满。下座板与支承垫石的空隙，应使用设计要求的材料坐浆或重力注浆垫实；当设计对垫层材料无要求时，可采用不低于 M50 无收缩干硬性水泥砂浆坐浆垫实，或采用其他不低于支撑垫石混凝土强度等级垫层材料垫实。

(4) 下座板与支承垫石间空隙采用坐浆方法垫实施工时，砂浆垫层必须夯实，垫层顶面应平整、坚实与下座板密贴，下座板周边的垫层砂浆，应砸实整修成不陡于 1:1 的斜面，并应覆盖保湿保温养护不少于 24 h。

(5) 下座板与支承垫石间空隙采用重力注浆方法垫实施工时，调整下座板高度应使用铁楔在下座板四周支垫稳固，压浆前应在下座板四周设置坚固、严密、不漏浆的临时挡板，并预留进出浆口。压力注浆时，应从支座中心部位开始向四周压注，直到出浆口全部出浆为止，注浆压力不应小于 1.0 MPa。压浆完毕，应在垫层材料达到设计强度 70% 后拆除临时挡板和支承铁楔，并用与垫层相同强度等级的干硬性砂浆将拆除铁楔的空洞填实。

(6) 混凝土连续梁的纵向活动支座下座板的锚栓孔，宜在桥梁体系转换完毕，支座位置及预留偏移量调整准确后，进行填实锚固。

4.7.4 混凝土振捣工作，是影响混凝土均匀密实、提高强度和耐久性的重要因素。混凝土经过适当的振捣，在激振力作用下可以排出气泡使混凝土组成材料分布均匀密实和在模板内充填良

好、棱角完整、内实外光,但不可过振,否则会使混凝土中水泥浆上升、粗集料下沉,出现分层离析、麻面,降低混凝土质量。因此,应根据混凝土和结构的特点,选择适宜的振捣设备和制定适当的操作工艺,防止发生欠振和过振情况,确保梁体混凝土质量。在混凝土浇筑过程中,应经常观察模板、支架、钢筋、预埋件及预应力管道位置情况,如发现模板变形、移位或明显漏浆时,应立即暂停下料和振捣,迅速查明原因及时处理,尽快恢复混凝土浇筑作业。

4.7.11 梁体混凝土模板拆除、模板接装、接缝混凝土凿毛施工时,混凝土强度应以与梁体结构同条件养护的混凝土试件的抗压强度为准。

4.8.4 预应力筋张拉时,一般分两步进行:先进行初始应力张拉(一般按10%~20%张拉控制应力)使松紧及弯直程度不一定相同的预应力筋调整一致,然后再按张拉控制应力进行锚固张拉。初始应力张拉时预应力筋伸长值,因预先制作的预应力筋束松紧及弯直程度不一致,不宜采用测量方法测定,而应采用由10%~20%张拉控制应力级推算伸长值计入预应力筋实际伸长值。

4.8.5 压浆工艺一般分为一次压浆、二次分端压浆和真空辅助压浆。

(1) 一次压浆

由进浆口一端向出浆口一端进行,待出浆口流出的浆体稠度与压入端一致时,关闭出浆口阀门。压浆最大压力不宜超过0.6 MPa,关闭出浆口后,应在不小于0.5 MPa压力下保压不少于5 min,然后关闭进浆口阀门。竖向预应力筋孔道压浆压力宜控制在0.3~0.4 MPa。

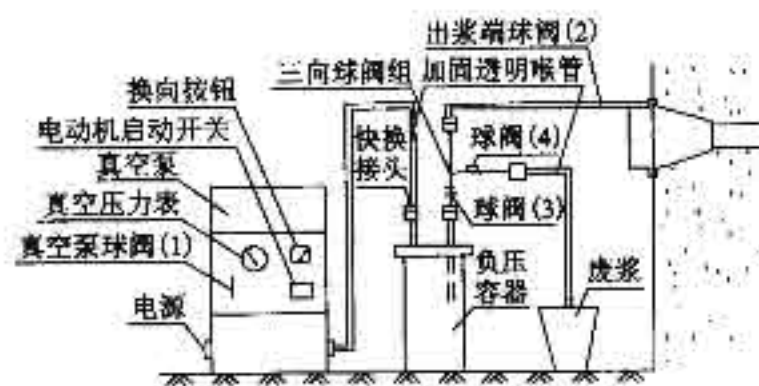
(2) 二次分端压浆

第一次由甲端压入,待另一端(乙端)阀门流出的浆体稠度与压入端一致时,关闭乙端阀门,当压力达到0.6 MPa后,关闭甲端阀门。等待30 min后,打开甲端阀门,由乙端进行第二

次压浆,待甲端阀门有浓浆溢出后,关闭甲端阀门,待压力达到0.6 MPa时再关闭乙端阀门。

(3) 真空辅助压浆

压浆前在管道一端用真空泵将管道真空度抽到 $-0.06 \sim -0.1$ MPa之间,待真空度压力稳定后开启另一端进浆口阀门,以0.7 MPa的压力进行压浆。当抽真空端的透明胶管内有水泥浆流出时,关闭抽真空阀及真空泵,打开排浆阀继续压浆,待出浆口流出的浆体稠度与压入端一致时,关闭出浆口阀门,继续以0.7 MPa的压力保压不少于3 min,然后关闭压浆口阀门,使管道内维持正压力直至水泥浆凝固。真空辅助压浆设备如说明图4.8.5-1所示。

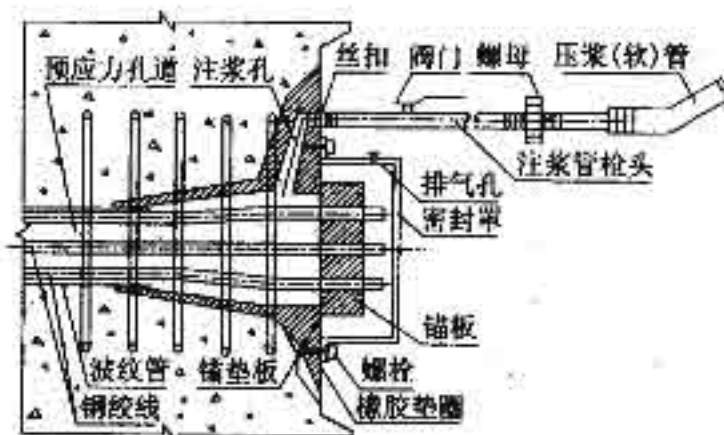


说明图 4.8.5-1 真空辅助压浆设备示意图

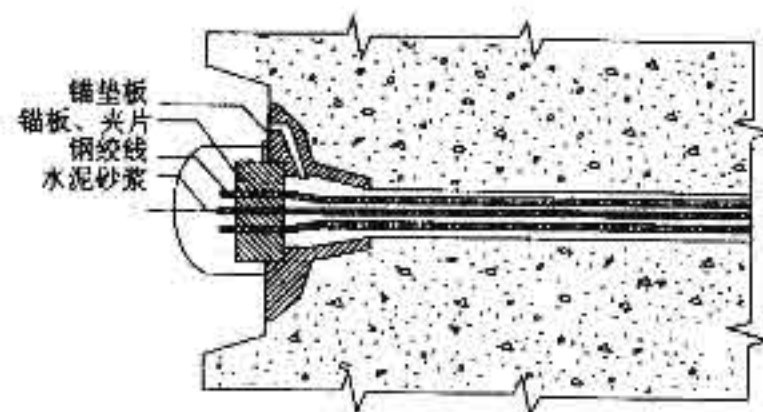
真空辅助压浆工艺,可提高管(孔)道压浆的饱满度和密实度,尤其对管(孔)道高、低、弯曲等关键部位,可减小浆体自身形成的压头差,便于浆体充盈整个管(孔)道,而且真空辅助压浆过程是连续、快速的过程,从而缩短了压浆时间,应推广使用。压浆前封锚,有条件时应采用与锚具相配套的密封罩封闭锚具孔隙(说明图4.8.5-2),密封罩应在浆体初凝后拆除。采用高等水泥浆封锚时(说明图4.8.5-3),必须将锚垫板及夹片、外露钢绞线全部封严,宜在24 h后压浆。

4.8.6 梁体预应力管道压浆浆体性能,《铁路后张法预应力混凝土

梁管道压浆技术条件》(TB/T 3192—2008)规定如说明表 4.8.6 所示,当设计对压浆浆体性能无具体要求时,应遵照办理。



说明图 4.8.5—2 密封罩封锚示意图



说明图 4.8.5—3 水泥砂浆封锚示意图

说明表 4.8.6 浆体性能指标

序号	检验项目		指标
1	凝结时间 (h)	初凝	≥ 4
2		终凝	≤ 24
3	流动度 (s)	出机流动度	18 ± 4
4		30 min 流动度	≤ 30
5	泌水率 (%)	24 h 自由泌水率	0
6		3 h 毛细泌水率	≤ 0.1

续表 4.8.6

序号	检验项目		指标
7	压力泌水率 (%)	0.22 MPa (当孔道垂直高度 ≤ 1.8 m 时)	≤ 3.5
8		0.36 MPa (当孔道垂直高度 > 1.8 m 时)	
9	充盈度		合格
10	7 d 强度 (MPa)	抗折	≥ 6.5
11		抗压	≥ 35
12	28 d 强度 (MPa)	抗折	≥ 10
13		抗压	≥ 50
14	24 h 自由膨胀率		0 ~ 3
15	对钢筋的锈蚀作用		无锈蚀
16	含气量 (%)		1 ~ 3

4.8.7 梁体封锚时,聚氨酯防水涂料施工应符合设计要求,如设计无具体要求时可参照下列方法施作:

1 基层应平整、清洁、干燥,油污及铁锈应清理干净。

2 涂布底层时, 将聚氨酯甲、乙组份和二甲苯按重量比 1:1.5:2 配合, 用电动搅拌器搅拌均匀后涂刷于基层表面, 待干燥固化 4 h 以后, 再进行面层涂料施工。

3 涂布面层时,将聚氨酯甲、乙组份和二甲苯按重量比1:1.5:0.3配合,用电动搅拌器搅拌均匀后分3~5度涂刷,每一度涂布后,宜干燥固化5h后,再涂刷下一度,后一度的涂刷方向应与前一度的涂刷方向垂直。

4 聚氨酯防水涂料成膜厚度不应小于 1.5 mm, 根角部位应较平面涂布厚度增加 0.5 mm。

梁体封锚微膨胀混凝土施工,可参照本技术指南第 7.4.3 条条文说明施作。

5.3.1 混凝土连续梁（刚构）桥施工监测的目的及任务，就是根据桥梁施工实际工况跟踪监测取得的真实施工结构参数，运用预控制技术及时进行施工阶段线形计算，对梁体结构的未来状态作出预测，确定每一悬浇梁段立模高程，并在施工过程中依据施工监测成果，对施工偏差进行分析、识别、预测后对下一施工梁段的立模高程进行调整，以此来保证每一悬浇梁段和合龙梁段的两悬臂端中线及高程偏差符合相关规定，保证成桥线形和结构内力状态符合设计要求。

5.3.3 拟施工梁段前端挂篮变形值，包括在荷载作用下已施工梁体的变形（也称成桥梁体刚性变形）和挂篮在荷载作用下的弹性变形两部分。浇筑第 n 号梁段时，挂篮前端变形值 F_n ，可根据实测挂篮高程数据资料，按下式计算后经综合比对分析确定。

$$F_n = \Delta h_n - \left(\frac{l_n - 1 + l_n}{l_n} \Delta h_{n-1} - \frac{l_n}{l_{n-1}} \Delta h_{n-2} \right)$$

（说明 5.3.3）

式中 Δh_n ——是梁段模板前端定位高程与浇筑混凝土后高程的差值，包括已施工梁体的变形引起的竖向变形值和挂篮的弹性变形值；

Δh_{n-1} 、 Δh_{n-2} ——第 n 号梁段浇筑混凝土后，第 $n-1$ 号及 $n-2$ 号梁段前端竖向变形值；

l_n 、 l_{n-1} ——悬浇梁段长度。

5.3.4 大跨径、多孔数混凝土连续梁（刚构）桥，需经历一个漫长而又复杂的施工及体系转换过程才能建成，施工中许多偏差需根据理论计算值不断进行修正、调整，才能保证全桥设计线形和内力状态符合设计要求。施工监控是一项“施工—监测—识别—修正—预告—施工”的循环过程，此项工作不仅是桥梁施工技术工作的重要组成部分，而且是实施难度相对较大的部分，对保证桥梁结构施工质量和成桥线形及内力状态符合相关规定标

准及设计要求，以及对保证桥梁安全顺利施工都是至关重要的。因此，在梁体施工前，应制订线形控制工作计划及措施，成立监测小组（最好由设计、监理、施工三方组成），负责施工全过程跟踪监控工作，以保证在施工全过程使桥梁结构变形及内力状态，始终控制在设计容许范围内。梁体施工线形偏差调整措施，一般均采用调整悬臂浇筑梁段的预拱度方法进行调整，必要时可由设计单位决定采用改变预应力筋的张拉顺序或改变预应力筋的张拉力值进行跟踪调整。

5.3.7、5.3.8 每一悬臂浇筑梁段的立模高程，都是根据该梁段的设计高程及施工预拱度设计值、已施工梁段的实际高程偏差值等多项参数，经过分析识别、修正计算后预设的，在施工过程中发现实际高程与预设高程的偏差超过设计容许值时，应及时进行调整。如遇特殊情况，已施工梁段发生实际高程与设计高程偏差较大时，宜按每一次调整值不大于 50 mm，在以后施工梁段逐步调整，以保证梁体线形平顺美观。

5.3.11 梁体变形滞后于温度变化 2~3 h 和悬臂端随气温升、降而下挠、上翘现象，是根据南昆铁路喜旧溪河连续刚构大桥施工测量结果编制的。另外，据黄石长江公路大桥施工时观测，气温变化 1℃ 主桥（梁跨 245 m）悬臂端产生约 3 mm 竖向变位（详见 1996.11“公路”）。铁一院设计主跨 112 m 单线铁路混凝土连续梁桥时，经计算求得每降温 1℃ 时将产生 4 040 kN 拉力（详见铁道标准设计 2005.11）。

5.7.4 拆除挂篮时应注意下列事项：

（1）挂篮拆除前，应先对挂篮进行一遍详细的安全、质量检查，确认挂篮的各部件状态良好、挂篮的各部件已经按拆除状态调整好之后方可进行拆除。

（2）挂篮拆除前，应编制拆除操作细则及作业指导书，并对操作人员进行岗前培训。

（3）拆除挂篮前，应进行安全操作技术交底，做好临边施工

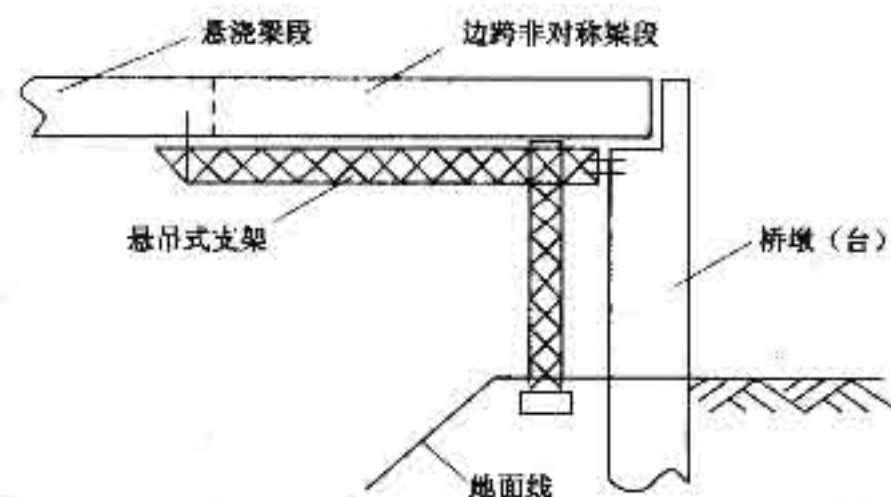
防护。

(4) 高处作业人员必须配戴好安全带、安全帽,穿好防滑鞋。

(5) 起重吊装必须由专人统一指挥,构件拆下后应及时运走,堆码整齐。

6.1.1 边跨非对称梁段施工方法有两种,一种为支架浇筑法,一种为悬臂浇筑法(端头梁段仍需采用支架浇筑法),施工时选用何种方法应以设计要求为准,设计无要求时应根据桥台(墩)附近地形场地情况、成本投入等因素综合考虑后选取,目前边跨非对称梁段施工大多采用支架浇筑法。

6.2.1 在高墩、深水、深谷或地质不良等不适于搭设满布式支架工况下,边跨非对称梁段长度较短时,可采用墩(台)旁托架(图4.2.1)施工,当边跨非对称梁段较长时,则宜采用悬吊式支架施工。侯(马)月(山)铁路海子沟混凝土连续梁大桥,边跨非对称梁段长23.2 m,采用单柱悬吊式支架(说明图6.2.1)现浇施工,支架后端与桥墩(台)顶部铰接,前端通过吊杆与悬浇梁体连接,共同承受23.2 m现浇梁段的施工荷载。



说明图 6.2.1 悬吊式支架示意图

6.2.9 目前铁路桥梁及公路桥梁相关规范及书籍对支架预压荷载取值的表述均不够统一,在实际施工中支架预压有采用等载预

压的,也有采用超载预压的,采用超载预压时超载系数也不统一。本条根据《铁路桥涵工程施工质量验收标准》(TB 10415—2003)第9.5.2条的规定,采用1.1倍最大施工荷载预压。

6.3.2 混凝土连续梁(刚构)边跨端支点梁段的永久支座安装,应考虑边跨梁段较长时,受环境温度影响发生伸缩对永久支座产生不利影响的问题。襄渝铁路二线牛角坪混凝土连续刚构特大桥(主桥跨度100 m+192 m+100 m),边跨非对称梁段及合龙梁段全长5.95 m,采用在悬吊式支架上一次整体浇筑梁体混凝土方法施工时,将底模纵梁的边墩端支撑在边墩墩顶可滑动的临时支座上,使现浇梁段可随同边跨悬臂浇筑梁段自由伸缩,有效地保护永久支座在边跨合龙施工时不遭受损坏和防止边跨合龙时梁体混凝土产生裂纹。

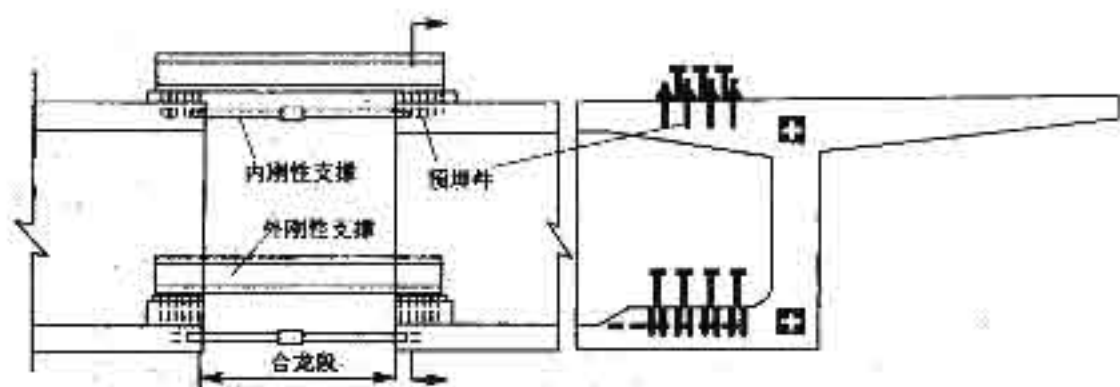
6.8.1~6.8.4 目前国内边跨非对称梁段采用悬臂浇筑方法施工的较少,本节是参考长江埠—荆门铁路汉江连续梁特大桥和南宁—昆明铁路喜旧溪连续刚构大桥施工方法编制的。两桥都采用次中跨先行合龙后再悬臂浇筑非对称梁段4 m,端支点梁段长度分别为3.6 m和3.5 m仍采用支架法现浇施工。

7.2.1 混凝土连续梁(刚构)合龙梁段施工,应遵循“合龙口又拉又撑、混凝土低温浇筑”两项原则,保证合龙梁段混凝土从开始浇筑至张拉预应筋过程中不承受任何挤、拉外力,以免引起混凝土开裂。南昆铁路清水河大桥(主跨128 m)和黄石长江公路大桥(主跨245 m),为克服混凝土连续刚构合龙时因气温较高对合龙梁段混凝土质量的不良影响,在设置合龙口支拉撑架之前,先对两侧悬臂端面使用千斤顶施压,增大悬臂端面间距,相当于降低合龙温度(详见桥梁建设1999.3)的施工方法值得借鉴。

7.2.2 混凝土连续梁(刚构)合龙口临时锁定方式常用有四种,可根据梁跨及合龙口挤、拉应力大小、施工现场型钢材料情况等施工条件选用:

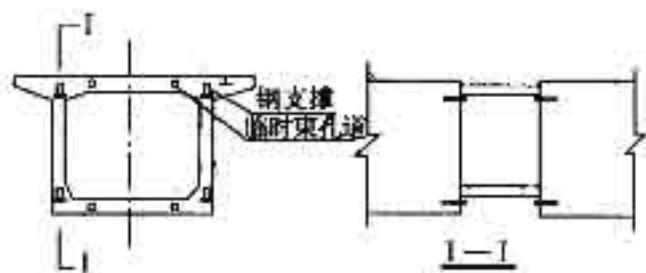
(1) 在梁体内、外设置刚性支撑锁定方式如说明图7.2.2—1

所示,即在箱梁顶、底板的顶面预埋钢板,将体外刚性支撑焊(拴)接其上,并在箱梁顶、底板中沿纵向设置体内刚性支撑、共同锁定。



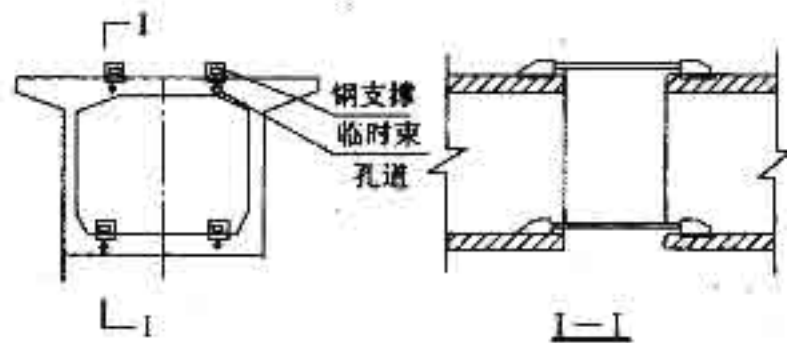
说明图 7.2.2—1 梁体内外刚性支撑示意图

(2) 在梁体内设置刚性支撑和利用永久预应力筋进行临时张拉共同锁定方式,如说明图 7.2.2—2 所示。



说明图 7.2.2—2 梁体内设临时支撑及张拉临时束锁定示意图

(3) 在梁体外设置刚性支撑和利用梁体永久预应力筋进行临时张拉共同锁定方式,如说明图 7.2.2—3 所示。



说明图 7.2.2—3 梁体外设临时支撑、加体内临时束锁定示意图

(4) 在梁体外设置刚性支撑进行支拉锁定方式。

混凝土连续梁(刚构)合龙口临时锁定方式应按设计要求施作,是因为各地环境温度不同、桥梁跨度不同、桥墩高低不同、施工荷载不同、梁体收缩徐变不同等原因,致合龙口悬臂端面之间的相对位置(间距、高差和转角)和合龙口拉压轴力不同,需由设计单位根据桥梁具体工况综合考虑各项因素影响,经计算确定合龙口轴力和临时锁定结构强度,决定合龙口临时锁定方式。合龙口临时锁定质量,是影响合龙梁段混凝土施工质量的关键因素,必须认真按设计要求做好。常用的四种临时锁定方式中,在梁体外设置刚性撑架锁定方式,既方便施工操作又能保证梁体结构均匀受力,现在铁路及公路混凝土连续梁施工中普遍采用。南(宁)昆(明)铁路喜旧溪连续刚构大桥合龙口临时锁定,采用在梁体外设置钢轨撑架和在梁体内临时张拉预应力筋临时锁定方式。梁体外设置刚性撑架设计实例,详见《时速 250 km 客运专线铁路有砟轨道预应力混凝土连续梁(双线)》(通桥〔2005〕2261—Ⅷ),可供设计梁体外刚性撑架参考。

7.4.3 微膨胀混凝土即补偿收缩混凝土,可在混凝土硬化后产生不大的压应力,从而补偿抵消混凝土收缩防止开裂。微膨胀混凝土在限制条件下,可提高混凝土强度 10% 左右和提高抗渗性、抗冻性。施工时应注意下列事项:

- (1) 新、旧混凝土结合面应充分湿润,并应至少保湿 12 h。
- (2) 微膨胀混凝土凝结时间较短,应及时进行抹面、整修。
- (3) 微膨胀混凝土浇筑完毕,应立即进行保湿保温养护,

养护时间应不少于 14 d。

另外,微膨胀混凝土配合比选定时,必须严格控制自由膨胀率,因有试验资料表明,当自由膨胀率超过 0.1% 时,混凝土强度将显著下降。

7.5.4 混凝土连续梁(刚构)合龙梁段全部按设计要求施工完毕形成连续体系之后,当发生永久活动支座预偏量大于允许值等

情况,需顶起梁体进行调整施工时,可参照《客货共线铁路桥涵工程施工技术指南》(TZ 203—2008)顶推施工连续梁的落梁规定施作:

(1) 支座安装应以高程控制为主,反力作为校核。

(2) 梁体顶升高度不得大于设计要求限值,设计无要求时不得大于 5 mm。当需加大起顶高度时,应采用相邻桥墩交替升高方法施作,但相邻桥墩各顶点高差不应大于 5 mm,下落高度不应大于 10 mm,同一墩、台两侧梁底顶、落高差不应大于 1 mm。

(3) 顶升桥梁的起顶反力值,不得大于容许反力值的 1.1 倍,并应考虑梁体“变形滞后”现象,即当千斤顶行程及油压达到预计数值梁体未上升时,应适当等待观察,不可操之过急继续加大起顶反力值。

(4) 梁体顶升千斤顶,应采用双顶单泵形式,确保两台千斤顶同步运行,并应在每个千斤顶上设置截流阀,与油泵上的截流阀共同对顶、落梁过程进行双控。

(5) 梁体顶落高度较大时,应设置保险设施紧随梁体升降,保证施工安全,并应有专人观察梁体受力等情况,发现异常应立即叫停顶落梁作业,查明原因及时处理。

顶升混凝土连续梁(刚构)时,应考虑“梁体变形滞后”现象,防止顶梁时操之过急继续加大顶力损坏梁体。在西(安)延(安)铁路狄家河混凝土连续梁顶升梁体施工时,曾发生千斤顶行程和油压达到设计值后,梁体滞后 10~15 min 才开始缓慢上升情况。