



中华人民共和国国家标准

GB/T 14560—2016
GB/T 14560—2011

履带起重机

Crawler cranes

2016-02-24 发布

2016-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 技术要求 3

5 试验方法 11

6 检验规则 25

7 使用说明书与标志 26

8 包装、运输和贮存 26

附录 A（资料性附录） 起重机主要结构示意图 28

附录 B（资料性附录） 起重机臂架组合主要形式 30

附录 C（规范性附录） 履带平均接地比压计算方法 31

附录 D（规范性附录） 结构试验方法 32

附录 E（规范性附录） 检验项目 38

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 14560—2011《履带起重机》，与 GB/T 14560—2011 相比主要技术变化如下：

- 增加了“主臂、副臂和最低稳定起升速度”的术语(见 3.1、3.2 和 3.9)；
- 修改了“变幅副臂”术语(见 3.2.1, 2011 年版的 3.1)；
- “超起机构”术语修改为“超起装置”(见 3.6, 2011 年版的 3.6)；
- 增加了“额定起重量图表”的要求(见 4.2.1.3)；
- 删除了“起重机主要部件的质量相对于公称值的误差不应大于 3%”的要求和相应试验方法(见 2011 年版的 4.2.1.6 和 5.3.2)；
- 删除了“起重机在主臂工况下, 起升机构、变幅机构和回转机构中任意两个机构应能同时工作”的要求(见 2011 年版的 4.2.1.7)；
- 修改了“爬坡能力”的要求(见 4.2.1.11, 2011 年版的 4.2.1.12)；
- 增加了“载荷试验”的要求(见 4.2.1.13)；
- 删除了“最短主臂工况下起吊最大起重量或最长主臂工况下起吊相应额定起重量时, 发动机熄火持续 15 min, 载荷或臂架端部下降距离不应超过 15 mm 或主臂变幅油缸活塞杆的回缩量不超过 2 mm”的要求(见 2011 年版的 4.2.1.14)；
- 修改了“履带平均接地比压计算”的要求(见 4.2.1.14 和附录 C, 2011 年版的 5.5.6)；
- 修改了“司机耳旁噪声”的要求(见 4.2.2, 2011 年版的 4.2.2)；
- 修改了“整机抗倾覆稳定性”的要求(见 4.2.3, 2011 年版的 4.2.3)；
- 修改了“起重机可靠性试验时间和试验方法”(见 4.2.4.2 和 5.16, 2011 年版的 4.2.4.2 和 5.16)；
- 增加了“焊缝探伤”要求(见 4.2.5)；
- 增加了“臂架头部侧向位移”的要求和试验方法(见 4.2.7 和附录 D)；
- 增加了“多卷扬同步单钩作业”的要求(见 4.4.1.6)；
- 删除了“气动系统”的要求(见 2011 年版的 4.6)；
- 删除了“起重机操纵手柄动作方向的表和布置图”(见 2011 年版的表 2 和图 1)；
- 修改了“超载保护装置”的要求(见 4.8.3, 2011 年版的 4.9.4)；
- 增加了“设置安全监控管理系统”的要求(见 4.8.4.5)；
- 修改了“最高起升速度和最低稳定起升速度”的试验方法(见 5.3.3.1 和 5.3.3.2, 2011 年版的 5.3.4.1 和 5.3.4.4)；
- 修改了“额定载荷试验、动载荷试验的试验工况和一次循环内容”(见表 2 和表 3, 2011 年版的表 3 和表 4)；
- 删除了“可靠性试验后的性能复试”要求(见 2011 年版的 5.16.5)；
- 删除了“工业性试验”(见 2011 年版的 5.18)；
- 删除了“行驶状态下的结构试验”(见 2011 年版的表 C.1 序号 7)；
- 删除了“参考文献”(见 2011 年版的“参考文献”)。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国起重机械标准化技术委员会(SAC/TC 227)归口。

本标准负责起草单位：中联重科股份有限公司。

本标准参加起草单位：太原科技大学、浙江三一装备有限公司、徐工集团工程机械股份有限公司建

GB/T 14560—2016

设机械分公司、辽宁抚挖重工机械股份有限公司。

本标准主要起草人：杨武、罗凯、徐格宁、彭继文、孙影、张玉柱、王宪国。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 14560—1993、GB/T 14560—2011；

——GB/T 13330—1991。

履带起重机

1 范围

本标准规定了履带起重机的技术要求、试验方法、检验规则、使用说明书与标志、包装、运输和贮存。本标准适用于以内燃机为动力的液压式履带起重机(以下简称“起重机”)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 3323—2005 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 3766 液压系统通用技术条件
- GB/T 3811 起重机设计规范
- GB 5226.2 机械安全 机械电气设备 第32部分:起重机械技术条件
- GB 6067.1 起重机械安全规程 第1部分:总则
- GB/T 6974.1 起重机 术语 第1部分:通用术语
- GB/T 6974.2 起重机 术语 第2部分:流动式起重机
- GB/T 7935 液压元件 通用技术条件
- GB 8918 重要用途钢丝绳
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 10051.1 起重吊钩 第1部分:力学性能、起重量、应力及材料
- GB/T 10051.2 起重吊钩 第2部分:锻造吊钩技术条件
- GB 12265.3 机械安全 避免人体各部位挤压的最小间距
- GB 12602 起重机械超载保护装置
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB 15052 起重机 安全标志和危险图形符号 总则
- GB/T 19418 钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南
- GB 20062 流动式起重机 作业噪声限值及测量方法
- GB/T 20118 一般用途钢丝绳
- GB/T 20303.2 起重机 司机室 第2部分:流动式起重机
- GB 20891 非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(中国第三、四阶段)
- GB/T 21457 起重机和相关设备 试验中参数的测量精度要求
- GB/T 21458 流动式起重机 额定起重量图表
- GB/T 22358 土方机械 防护与贮存
- GB 23821 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离
- GB/T 24809.2—2015 起重机 对机构的要求 第2部分:流动式起重机
- GB/T 24817.2 起重机械 控制装置布置形式和特性 第2部分:流动式起重机
- GB/T 24818.2 起重机 通道及安全防护设施 第2部分:流动式起重机

GB/T 14560—2016

GB/T 26472 流动式起重机 卷筒和滑轮尺寸
GB/T 28264 起重机械 安全监控系统
JB/T 4198.1 工程机械用柴油机 技术条件
JB/T 5946 工程机械 涂装通用技术条件
JB/T 8727 液压软管 总成
JB/T 9737 流动式起重机 液压油 固体颗粒污染等级、测量和选用
JB/T 10559—2006 起重机械无损检测 钢焊缝超声检测
YB/T 5359 压实股钢丝绳

3 术语和定义

GB/T 6974.1、GB/T 6974.2 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主臂 main boom

与转台铰接,用于支撑载荷提升,可以变幅的构件。

3.2

副臂 jib

与主臂端部连接,以增加臂架长度和辅助起升的构件。

3.2.1

变幅副臂 luffing jib

在作业过程中,可以改变与主臂夹角的副臂。

3.2.2

固定副臂 fixed jib

在作业过程中,不可以改变与主臂夹角的副臂。

3.3

主臂桅杆 main boom mast

与转台铰接,钢丝绳通过其头部的滑轮组能使主臂变幅的构件。

3.4

副臂桅杆 fly jib mast

与主臂端部或附近部件铰接,用于支撑副臂的构件。

3.5

超起桅杆 superlift mast

一端与转台铰接,另一端通过连接件与主臂和超起配重连接,能改变臂架工作幅度、提高起重性能的构件。

3.6

超起装置 superlift device

通过增设超起桅杆、超起平衡重和辅助机构,改善构件受力状况及整机稳定性,从而提高起重性能的装置。

3.7

超起工况 superlift operating mode

带有超起装置的起重机作业工况。

3.8

标准工况 standard operating mode

不带超起装置的起重机作业工况。

3.9

最低稳定起升速度 minimum stable lift speed

起升机构能持续稳定运行的最低速度。

4 技术要求

4.1 工作条件

4.1.1 工作环境温度为一20℃~+40℃,工作场地海拔一般不应超过1 000 m。

4.1.2 工作风速要求如下:

a) 臂架长度不大于50 m时,风速不应超过14.1 m/s;

b) 臂架长度大于50 m时,风速不应超过9.8 m/s。

注:均为3 s瞬时风速。

4.1.3 在下列风速时,应将整个臂架放倒在地面上:

a) 主臂工况:主臂长度不小于50 m,风速大于或等于21 m/s时;

b) 副臂工况:主臂加副臂组合长度不小于50 m;风速大于或等于15 m/s时。

4.1.4 工作地面应坚实、平整,地面倾斜度不应大于1%。若制造厂允许回转平面的倾斜度更大,应提供相应的额定起重量图表。

工作过程中支撑地面不应下陷。必要时根据不同地面允许的静载荷采取相应措施,以满足工作地面的承载要求。地面或支撑面的承载能力应大于起重机当前工况下最大接地比压。

注:超过上述范围时,应与用户协商解决。

4.2 整机

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 300 t以上起重机宜带超起机构,带超起和不带超起的起重机结构形式参见附录A,起重机常见臂架组合形式参见附录B。

4.2.1.2 起重机的设计计算应符合GB/T 3811的有关规定。

4.2.1.3 起重机的额定起重量图表应符合GB/T 21458的规定。

4.2.1.4 起重机应具有在规定条件下的带载行走性能。

4.2.1.5 起升、变幅、回转和行走等机构的运行应平稳,其运行速度与设计值的相对误差不应大于5%。

4.2.1.6 起重机的主要外形尺寸误差不应大于1%。

4.2.1.7 起升机构卷扬钢丝绳的单绳微动速度不应大于5 m/min。

4.2.1.8 在没有人为干预的情况下,空载行走状态的起重机以最低稳定速度前进或后退行走20 m,其跑偏量不应大于±250 mm。

4.2.1.9 起重机作业过程中液压油箱内的相对温升不应超过40℃,且最高油温不应超过80℃。

4.2.1.10 主臂、副臂、桅杆等有后倾可能时,应设置防后倾装置。

4.2.1.11 空载、带基本臂的起重机在平整、坚实、干燥的地面上直线行驶时,设计爬坡能力应满足:

——最大起重量为450 t及以下的起重机不带超起装置时不应小于15%,带超起装置时不应小于5%;

——最大起重量大于450 t的起重机不带超起装置时不应小于10%,带超起装置时不应小于5%。

GB/T 14560—2016

4.2.1.12 发动机的技术要求应符合 JB/T 4198.1 的规定,排气污染物排放限值应符合 GB 20891 的规定。

4.2.1.13 起重机在空载和额定载荷各工况下,应动作平稳、无异响或抖动。工作速度达到技术文件的要求。制动可靠且在任何提升操作条件下载荷均不应出现明显的反向动作。

在动载和静载试验过程中或试验结束后,起重机的结构件不应产生裂纹、永久变形、油漆剥落。零部件不应产生对起重机的性能与安全有影响的损坏,连接处无出现松动或损坏。

4.2.1.14 起重机的履带平均接地比压计算见附录 C。

4.2.2 噪声

起重机在正常工作条件下运行时,司机耳旁噪声和机外辐射噪声声功率级限值应符合 GB 20062 的规定。

4.2.3 整机抗倾覆稳定性

4.2.3.1 起重机在进行静态稳定性试验过程中,应不倾覆。

4.2.3.2 起重机在进行抗后倾覆稳定性试验时,分别测量或计算臂架一侧倾覆线上的总载荷,不应小于起重机总质量重力的 15%。

4.2.4 可靠性

4.2.4.1 可靠性试验时,起重机的作业率不应低于 85%。

4.2.4.2 可靠性试验时,最大起重量小于 800 t 的起重机可靠性试验总时间不应超过 350 h;最大起重量等于或大于 800 t 的起重机,可靠性试验总时间不作规定。

4.2.5 焊接

4.2.5.1 结构件的焊缝质量应满足机械性能设计计算的要求,焊缝缺陷质量分级应符合 GB/T 19418 中的“B”级。

4.2.5.2 主要受力构件的对接焊缝,应进行探伤检测。射线探伤时,不应低于 GB/T 3323—2005 中的质量等级 II 级;超声波探伤时,不应低于 JB/T 10559—2006 中质量等级 1 级。

4.2.6 涂装

起重机涂装技术要求应符合 JB/T 5946 的规定。

4.2.7 臂架头部侧向位移

臂架头部最大侧向位移(附录 D 的测试工况),应满足下列要求:

- a) 臂架组合的头部侧向水平位移不应大于整个臂架组合长度的 2%;
- b) 单个臂架的水平侧向位移不应大于单个臂架长度的 2%。每个臂架的水平侧向位移不包括由连接部件变形(倾斜或扭转)所引起的水平位移。

如果主臂上只安装了一节副臂,应满足式(1)(见图 1)。

$$Z_j \leq 0.02L_j + Z_b + \tan Z'(L_j \cos \beta) + \tan \theta (L_j \sin \beta) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Z_j ——副臂头部侧向水平位移(需测量),单位为毫米(mm);

L_j ——副臂长度,单位为毫米(mm);

Z_b ——主臂头部侧向水平位移(需测量),单位为毫米(mm);

Z' ——臂架倾斜角,单位为度($^{\circ}$);
 β ——副臂与主臂夹角,单位为度($^{\circ}$);
 θ ——臂架扭转角度,单位为度($^{\circ}$).

$\tan Z'$ 计算见式(2)。

$$\tan Z' = (Z_b - Z_1) / (L_1) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Z_1 ——在主臂头部下方的距主臂头 L_1 处的主臂侧向水平位移(需测量),单位为毫米(mm);

L_1 ——主臂沿 Y 轴任意投影长度,单位为毫米(mm)。

$\tan \theta$ 计算见式(3)。

$$\tan \theta = (Z_b - Z_2) / (L_2) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Z_2 ——副臂撑杆顶部侧向水平位移(需测量),单位为毫米(mm);

L_2 ——副臂撑杆沿 Y 轴投影长度,单位为毫米(mm)。

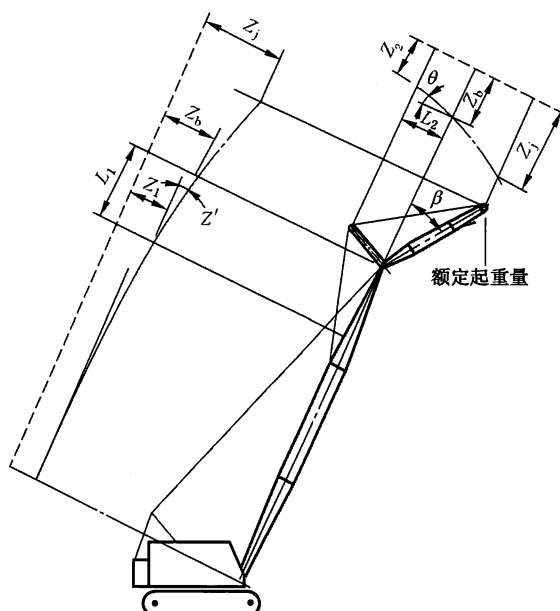


图 1 侧向位移计算示意图

4.3 结构

4.3.1 一般要求

起重机结构件材料和结构型式应满足使用过程中的强度、刚性、稳定性、防腐和有关安全性方面的要求。选用新材料应进行工艺验证。

4.3.2 臂架

4.3.2.1 起重机臂架材料的选择应符合 GB/T 3811 的规定。

4.3.2.2 当臂架截面高度大于 2 m 时,臂架的上表面应设置臂架的安装、拆卸、维修和保养的通道及安全防护设施,通道及安全防护设施应符合 GB/T 24818.2 的规定。

GB/T 14560—2016

4.3.3 下车

履带的张紧程度应可调。对于具有伸缩平移功能的履带架,其伸缩运动应平稳。

4.3.4 司机室

4.3.4.1 司机室应符合 GB/T 20303.2 的规定。

4.3.4.2 司机室工作面上的照度不应低于 50 lx。

4.4 机构及零部件

4.4.1 起升机构

4.4.1.1 起重作业时,载荷起升或下降动作应平稳,载荷在任何位置均能可靠停稳。

4.4.1.2 载荷在空中停稳后,再次启动提升载荷时,在任何提升操作条件下,载荷均不应出现明显的反向动作。

4.4.1.3 严禁起重机带载自由下降,应通过动力来控制载荷的下降速度。若采用动力下降,可参考 GB/T 24809.2—2015 中 4.2.6 的要求。

4.4.1.4 起升机构宜配置卷筒旋转指示器或监视装置,将其设置在操作人员易于观察的位置。

4.4.1.5 起升机构应设置常闭式制动器,制动器的制动力矩不应小于 1.5 倍的最大工作扭矩。

在紧急状态下制动不应导致结构、钢丝绳、卷筒及机构的损害。

4.4.1.6 对于采用多卷扬同步单钩作业的起重机,应具有同步功能。

4.4.2 变幅机构

臂架变幅采用卷扬机构时,卷扬机构应设置常闭式制动器,制动器的制动力矩不应小于 1.5 倍的最大工作扭矩。

4.4.3 卷筒

4.4.3.1 多层缠绕的卷筒,应有防止钢丝绳从卷筒端部滑落的凸缘,凸缘超出最外层钢丝绳的高度不应小于钢丝绳直径的 1.5 倍。

4.4.3.2 起升卷筒的容绳量应满足:

- a) 当采用制造厂推荐的穿绳法和钢丝绳尺寸时,能完成制造厂规定的任何工况下的起重作业;
- b) 吊具下降到制造厂规定的最低极限位置时,钢丝绳在卷筒上的剩余安全圈(不包括固定绳端所占的圈数)至少应保持 2 圈。

4.4.3.3 变幅卷筒的容绳量应满足:

- a) 当采用制造厂推荐的穿绳法和钢丝绳尺寸时,臂架在 0°到最大仰角的所有位置上都应能使臂架准确变幅;
- b) 臂架下降到制造厂规定的最低极限位置时,钢丝绳在卷筒上的剩余安全圈(不包括固定绳端所占的圈数)至少应保持 2 圈。

4.4.3.4 卷筒绳槽表面和绳槽棱边应光洁平滑,不应损伤钢丝绳的表面。

4.4.3.5 卷筒的卷绕直径与钢丝绳公称直径的比值应符合 GB/T 26472 的规定。

4.4.3.6 卷筒宜设置钢丝绳不跳出卷筒,甚至在钢丝绳松弛状态时也不能跳出卷筒的防护装置。

4.4.4 滑轮

4.4.4.1 滑轮轮槽应是光滑的,且表面不应有可能造成钢丝绳损坏的缺陷。

4.4.4.2 滑轮上应配备防止钢丝绳脱槽的保护装置,该装置表面与滑轮最外缘间的间隙不应超出钢丝绳直径的 $1/3$ 或 10 mm 中较小值。

4.4.4.3 所有滑轮的支承处均应设有润滑装置。

4.4.4.4 起重作业时人手可触及的滑轮组,应设置滑轮罩壳。对可能滑落到地面的滑轮组,其滑轮罩壳应有足够的强度和刚度。

4.4.4.5 起升滑轮和变幅滑轮的卷绕直径与钢丝绳公称直径的比值应符合 GB/T 26472 的规定。

4.4.5 钢丝绳

4.4.5.1 钢丝绳的选择应符合 GB/T 3811 的规定。起升钢丝绳宜选用阻旋转的钢丝绳。

4.4.5.2 钢丝绳应符合 GB 8918、GB/T 20118 和 YB/T 5359 的规定。

4.4.5.3 钢丝绳端部的固定和连接应符合 GB/T 3811 的规定。

4.4.6 吊钩和吊钩滑轮组

4.4.6.1 吊钩的选用应符合 GB/T 10051.1 的规定。吊钩的制造、质量及检验应符合 GB/T 10051.2 的规定。

4.4.6.2 吊钩应设置防脱装置。吊钩滑轮组应设置挡绳装置。

4.4.7 回转机构

4.4.7.1 回转机构应能随着起重机正常工作的要求而启动或停止,启动和停止应平稳。

4.4.7.2 回转机构宜设置回转自由滑转系统,该系统应具有减少或消除由起升载荷重心与钢丝绳不在同一条铅垂线上而引起的对臂架产生的侧向力的功能。

4.4.7.3 回转机构应设置制动器,制动器的制动力矩不应小于 1.25 倍的最大工作扭矩,最大工作扭矩包括风载荷和允许的倾斜载荷。制动器在所有允许的回转位置应都能起作用。

4.4.8 行走机构

4.4.8.1 行走机构应具有向前和向后行走及单侧转向和原地转向的功能。

4.4.8.2 起重机以最高运行速度行走时,应保证启动和制动时的安全。

4.4.9 超起装置

4.4.9.1 超起系统应设置检测超起配重(不含配重小车)离开地面状况的装置,采用超起配重小车时应能显示超起配重利用率。

4.4.9.2 超起配重采用液压油缸提升时,提升油缸应具有单独调整功能,保证超起配重底板的水平度。

4.4.9.3 在操作位置,应有让操作人员方便了解在特定工况下所需匹配的超起配重重量的提示装置或措施。

4.5 液压系统

4.5.1 一般要求

4.5.1.1 液压系统的设计、制造、安装和配管等的技术要求应符合 GB/T 3766 的规定。

4.5.1.2 液压元件应能保证在最大工作压力(包括超载试验时的压力)和最大运行速度时,正常工作而不失效。液压元件的技术要求应符合 GB/T 7935 的规定。

GB/T 14560—2016

4.5.1.3 平衡阀与被控元件之间应采用刚性连接,且间距尽量短。

每个液压回路都应有压力限制装置以防止超压,限制压力值不应超过最大工作压力的 110%。

4.5.1.4 每个液压回路应配有一个显示压力的装置或一个压力检测接口。

4.5.1.5 液压钢管末端有接头时,其安全系数不应小于 2.5。

4.5.1.6 液压系统中,液压油固体颗粒污染等级应符合 JB/T 9737 的规定。

4.5.1.7 起重机在正常工作时(包括性能试验过程),液压系统不应有渗漏油现象。

4.5.2 液压软管

4.5.2.1 液压软管的技术要求应符合 JB/T 8727 的规定,其安全系数不应小于 4。

4.5.2.2 液压软管最小弯曲半径应符合软管制造厂的规定。

4.5.2.3 当液压软管的工作压力大于 5 MPa 或温度高于 50 ℃,且与操作人员距离小于 1 m,又没有其他遮挡时,应采取保护措施以免软管失效对操作人员造成伤害。

4.5.3 液压油缸

4.5.3.1 承载液压油缸(如支腿油缸、桅杆顶升油缸)应装有与之采用刚性连接的安全装置(如液压锁、平衡阀等),以防止因液压管路意外破裂而导致安全事故。

4.5.3.2 两并联同步油缸应设置防过载液压阀,当一个油缸失效时,另一个油缸可避免过载。

4.5.3.3 液压油缸的端口和阀(如保护阀)之间的焊接或装配连接件,爆破压力与工作压力的安全系数不应小于 2.5。

4.5.4 液压油箱

液压油箱应有满足液压系统正常工作的有效容积。液压油箱的结构至少应满足如下要求:

- 良好的密封性能,密封效果应符合 4.5.1.7 的要求;
- 应设置降低液压系统颗粒污染的过滤器和检测最高、最低油位的装置;
- 应设置排放口和清洗孔以便于液压油箱内部清洗。

4.6 电气系统

4.6.1 电气系统应符合 GB 5226.2 的规定。

4.6.2 采用无线遥控操作方式的起重机,无线遥控的电气系统应具有监控和故障自诊断功能,在任何非正常工作状态下应能实现自动关闭、停止工作,并应具有抗同频干扰信号的能力。

4.6.3 起重机要求多点控制时,应有互锁功能,每一控制点均应设置紧急停止开关。

4.7 操纵系统与控制系统

4.7.1 操纵手柄、操纵踏板、按钮、指示器及信号等装置应安装在便于操纵或观测的位置,并在其附近配置清晰的符号及图形标识,以说明它们的用途和操纵方向。操纵手柄的动作方向与被操纵机构的运动方向应符合 GB/T 24817.2 的规定。

4.7.2 操纵手柄和操纵踏板的操纵力及行程应符合表 1 的规定。

表 1 操纵手柄和操纵踏板操纵力及行程

项目		操纵力 N	操纵行程 mm
操纵手柄	安装在控制台上	≤50	—
	安装在地板上	≤160	≤260
操纵踏板		≤225	≤260
注 1：由于载荷变化而影响操纵力的大小时，应在额定起重量下测量。			
注 2：行程是指从空挡(中间位置)到前、后或左、右位置移动的直线距离。			

- 4.7.3 操纵手柄或按钮动作应灵活、不互相干扰。各操纵手柄和操纵踏板在中位时，不得因振动而离位。
- 4.7.4 起重机应设置紧急停止装置。当遇到紧急情况时，紧急停止装置的按钮应保持在接通位置，直到紧急情况解除。
- 4.7.5 起重机处于非工作状态时，控制系统应能可靠地防止起重机意外启动。
- 4.7.6 为防止误操作，控制系统中应设有附加的保护装置(如钥匙开关)。
- 4.7.7 起重机开始作业时应有音响报警，警示起重机附近的人员。
- 4.7.8 支腿操纵机构应设置在使操作人员能清楚地看见活动支腿运动方向，否则，应有音响报警。

4.8 安全要求

4.8.1 一般要求

起重机应按照 GB 6067.1 的要求设置相应的安全防护装置。

4.8.2 限制运动行程与工作位置的安全装置

4.8.2.1 起升高度限位器

起重机应配置起升高度限位器。当取物装置上升到设计规定的上极限位置时，应能立即切断起升动力源。在此极限位置的上方，还应留有足够的空余高度，以适应上升制动行程的要求。

4.8.2.2 下降深度限位器

起重机应配置下降深度限位器。当取物装置下降到设计规定的下极限位置时，应能立即切断下降动力源，确保在卷筒上缠绕的钢丝绳满足 4.4.3.2 的要求。

4.8.2.3 变幅限位器

起重机应配置变幅限位器。臂架在极限位置时，控制系统应自动停止变幅向危险方向动作，并确保在卷筒上缠绕的钢丝绳满足 4.4.3.3 的要求。

4.8.2.4 防后倾装置

起重机的防后倾装置可吸收钢丝绳或吊具因故障突然释放载荷造成的冲击，防止臂架或桅杆向后运动。

4.8.2.5 角度限制器

起重机应设置角度限位器。角度限位器可有效限制主臂、副臂的最大、最小工作角度。

GB/T 14560—2016

4.8.2.6 水平显示器

水平显示器应安装在起重机的司机室中或操作者附近的视线之内。水平显示器的显示误差不应大于 $\pm 0.1^\circ$ 。

4.8.3 防超载的安全装置

起重机应配置力矩限制器,力矩限制器的技术要求应符合 GB 12602 的规定并至少具备以下功能:

- a) 操作中能持续显示额定起重量或额定起重力矩、实际起重量或实际起重力矩、载荷百分比,并应通过指示灯显示载荷状态:
 - 绿灯亮:表示实际起重量或实际起重力矩小于实际幅度所对应的相应额定起重量或额定起重力矩的 90%;
 - 黄灯亮:表示实际起重量或实际起重力矩在实际幅度所对应的相应额定起重量或额定起重力矩的 90%~100%之间,同时蜂鸣器断续报警;
 - 红灯亮:表示实际起重量或实际起重力矩大于实际幅度所对应的相应额定起重量或额定起重力矩的 100%,同时蜂鸣器连续报警;
- b) 报警消音功能;
- c) 显示工作幅度、臂架仰角;
- d) 当实际起重量在 100%~110%额定起重量之间时,自动停止起重机向危险方向的动作;
- e) 允许强制作业功能,打开强制作业开关,起重机应允许在额定起重量的 100%~110%之间操作,工作速度应满足:
 - 电控系统:速度小于最大允许工作速度的 15%;
 - 液控系统:速度小于最大允许工作速度的 25%;
- f) 在达到起升高度、下降深度、超载、角度限位等极限状态时,应显示相应的报警指示。即使打开强制作业开关,上述报警指示不应自动解除。

4.8.4 安全防护装置

4.8.4.1 故障显示装置

起重机应设置故障显示装置,故障显示方式应使用文字、图形或语音等。故障显示装置至少应具有以下功能:

- a) 故障显示:
 - 控制系统通讯故障;
 - 超载保护装置系统故障。
- b) 报警功能:
 - 机油压力过低;
 - 水温过高;
 - 液压滤清器堵塞。

4.8.4.2 三色指示灯报警装置

应在司机室外明显位置设置三色(绿色、黄色、红色)指示灯报警装置。三色指示灯指示起重机实际载荷状况应符合 4.8.3a) 的规定。

4.8.4.3 警示灯

起重机应设置臂架顶端警示灯。

4.8.4.4 风速仪

起重机臂长超过 50 m 时应设置风速仪。起重机风速仪的安装应符合 GB 6067.1 的规定。

4.8.4.5 安全监控管理系统

起重机应设置符合 GB/T 28264 规定的安全监控管理系统。

4.8.4.6 防护装置

4.8.4.6.1 控制装置位置的设计应确保安全距离符合 GB 12265.3 和 GB 23821 的规定。

4.8.4.6.2 在正常工作或维修时,为防止异物进入或防止其运行对人员可能造成危险,应设置保护装置。起重机上外露的、有可能伤人的零部件,如开式齿轮、链轮、链条等,均应装设防护罩/栏。

4.8.4.6.3 防护罩/栏应牢固可靠。防护罩/栏应能承受一个 90 kg 重的力而不会发生永久变形。

4.8.4.6.4 如果安全通道只可能带个人保护装置(如安全带)和/或移动通道系统(如移动平台或移动梯子),应在说明书中提供选择、安装及安全使用的说明。

4.8.4.7 安全警示标志

应在起重机的可能发生危险的部位或工作区域设置明显可见的安全警示标志,安全警示标志应符合 GB 15052 的规定。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 根据试验工况,起重机应装上设计规定的全部工作装置。

5.1.2 燃油箱内应有 1/3~2/3 之间的油量,液压油箱的油面应在油面指示器规定的刻度范围内。

5.1.3 地面应坚实、平整,倾斜度不大于 0.5%。

5.1.4 作业性能试验时,风速不应大于 8.3 m/s;结构试验时,风速不应大于 4 m/s。

5.1.5 试验时的环境温度在 -20℃~+40℃ 之间。

5.1.6 试验载荷应标定准确,相对于标定值的误差应符合 GB/T 21457 的规定。

5.1.7 在不影响试验效果的情况下,试验项目可按试验内容和载荷情况相互穿插或组合进行。

5.2 试验准备

5.2.1 资料

试验时,应准备试验大纲和试验记录等。

5.2.2 测量精度

试验中参数的测量精度应符合 GB/T 21457 的规定。

5.3 主要参数测定

5.3.1 主要尺寸

测定项目为(见图 2):

- a) 主臂长度和副臂长度;
- b) 最大起升高度;

GB/T 14560—2016

- c) 卸去臂架后的起重机外廓尺寸：总长(L)、总宽(B_2)和总高(H)；
- d) 履带的相关尺寸：履带长度(L_3)、履带接地长度(L_4)、履带宽度(B_1)和两履带总宽(伸/缩)(B_2/B)。

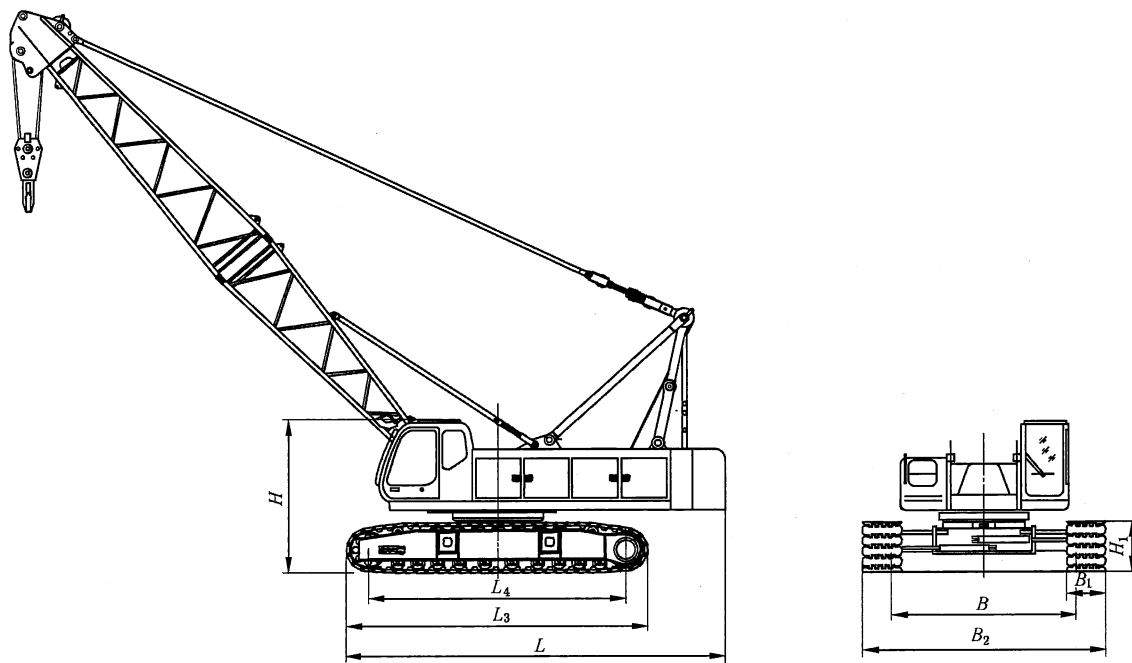


图2 起重机外形尺寸

5.3.2 操纵力及操纵行程

操纵手柄和操纵踏板的操纵力：测量点为操纵手柄和操纵踏板中央点。

操纵手柄和操纵踏板的操纵行程：测量操纵手柄和操纵踏板中央点的直线移动距离。

5.3.3 工作参数

5.3.3.1 最高起升速度

基本臂为 70° 仰角、空载工况时，测量吊钩通过 2 m(主钩)行程所需要的时间，计算起升速度。试验重复 3 次，取其平均值作为最高起升速度。

5.3.3.2 最低稳定起升速度

最长主臂、额定载荷工况时，测量吊钩通过 1 m(副钩)行程所需要的时间，计算起升速度。试验重复 3 次，取其平均值作为最低稳定起升速度。

5.3.3.3 最高回转速度

基本臂为 70° 仰角、空载工况时，以最高速度左、右回转，测量回转 360° 所需要的时间，试验重复 3 次，计算回转速度，取其平均值作为最高回转速度。

5.3.3.4 变幅时间

基本臂、空载工况时，测量臂架在 0° 至最大仰角范围内以最高速度全程起臂、落臂所需要的时间，

试验重复 3 次,取其平均值作为变幅时间。

5.4 外观检查

外观检查一般为目测检查,这种检查应不拆卸任何零部件或打开遮蔽物,可包括某些必要的手动操作。同时还应检查全部必备的证书是否提供并经过审核。

目测检查不少于如下项目:

- a) 焊缝质量;
- b) 表面涂装质量;
- c) 主臂上的维修通道;
- d) 司机室地面防滑、门窗定位、安全玻璃使用、第二出口;
- e) 安全防护装置;
- f) 防止钢丝绳跳出卷筒的装置;
- g) 滑轮的防止钢丝绳脱槽装置;
- h) 滑轮支承处的润滑装置;
- i) 起重作业时人手可触及的滑轮组的滑轮罩壳;
- j) 吊钩的标记和防脱装置。吊钩滑轮组的挡绳装置;
- k) 液压管路、线束的敷设及保护;
- l) 操纵件的操作、标牌和标志;
- m) 安全防护装置;
- n) 液压油油位;
- o) 起重机标牌和额定起重量图表。

5.5 行走性能试验

5.5.1 最高行走速度

试验工况为:

- 空载;
- 基本臂为 45°仰角;
- 起升和回转制动器均处于制动工况。

分别测量起重机以最高速度前进和后退各 20 m 所需的时间,计算起重机的最高行走速度。

试验重复 3 次,分别取前进或后退 3 次试验的平均值作为起重机的最高行走速度。

5.5.2 跑偏量

试验工况为:

- 空载;
- 基本臂为 45°仰角;
- 起升和回转制动器均处于制动工况。

起重机在没有人工干预的情况下,以最低稳定速度前进和后退行走各 20 m 的跑偏量。

试验重复 3 次,取最大值作为起重机的跑偏量。

5.5.3 行走制动功能

试验工况为:

- 空载;

GB/T 14560—2016

——基本臂为最大仰角；

——起升和回转制动器均处于制动工况。

起重机在低速挡行走状态，以允许最高速度行走，能够可靠制动，试验重复 3 次。

5.5.4 履带架伸缩功能

履带架可以伸缩的起重机，履带架距离由最小调整到最大，再由最大调整到最小，观察履带架伸缩平稳性，试验重复 3 次。

5.6 空载试验

5.6.1 试验目的

检查起重机各机构能否在规定的工作范围内正常动作，各种指示和限位装置是否能工作正常。

5.6.2 试验方法

分别进行吊钩起升及下降、过放、回转、变幅和臂架防后倾的功能试验，试验方法如下：

a) 吊钩升降

基本臂、主臂+固定副臂或主臂+变幅副臂的臂架组合时，起升吊钩，当吊钩达到设计规定的极限位置时高度限位器报警，并自动停止吊钩起升动作。操作强制开关后可继续向相同方向动作。试验重复 3 次。

b) 起升卷筒上钢丝绳过放

吊钩以低速下降，当起升卷筒上缠绕的钢丝绳还剩 2 圈时(除固定绳尾的圈数外)下降深度限位器报警，并自动停止向危险方向运动。操作强制开关后可继续向相同方向动作。试验重复 3 次。

c) 回转

基本臂分别以高速和低速进行全程范围内左右各回转 360°，左右回转过程各制动 1 次。试验重复 3 次。

d) 变幅

主臂+变幅副臂或主臂+固定副臂时，分别对主臂、副臂和桅杆进行全程范围内的变幅，变幅到中间位置时制动 1 次。幅度达到设计规定的上下限制位置时，变幅限位器报警，并自动停止变幅。操作强制开关后可继续向相同方向动作。试验重复 3 次。

e) 防后倾

对主臂+变幅副臂和超起装置的臂架组合形式，分别操作主臂、变幅副臂或桅杆的防后倾装置。臂架或桅杆的后倾角度到限制位置时，系统自动报警，并自动停止向危险方向运动，可向安全方向动作。试验重复 3 次。

5.7 额定载荷试验

5.7.1 试验目的

验证起重机各机构在起吊相应工况 100% 额定起重量的试验载荷时的性能。

验证超载保护装置、三色指示灯和安全监控管理系统的报警功能。

5.7.2 试验方法

5.7.2.1 起吊额定载荷

额定载荷试验的臂架组合、试验工况和试验循环内容见表 2。

每种工况按表 2 规定的一次循环内容重复试验 3 次。

表 2 额定载荷试验

类别	臂架组合	序号	试验工况	一次循环内容
标准 工况	基本臂	1	最大起重量、相应工作幅度	载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		2	最大工作幅度、相应额定起重量	
	中长主臂	3	最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在升降过程中各制动 1 次
		4	最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	最长主臂	5	最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在升降过程中各制动 1 次
		6	最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	基本臂+最短副臂*	7	最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		8	最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
	中长主臂+中长副臂*	9	最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		10	最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
	最长主臂+最短副臂*	11	最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		12	最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次

表 2 (续)

类别	臂架组合	序号	试验工况	一次循环内容
标准 工况	最长主臂+最长副臂 ^a	13	最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		14	最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
超 起 工 况	基本臂	15	最大起重量、相应工作幅度	载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		16	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	
	中长主臂	17	最小工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在升降过程中各制动 1 次
		18	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	最长主臂	19	最小工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在升降过程中各制动 1 次
		20	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	基本臂+最短副臂 ^a	21	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		22	相应的超起配重、超起配重回转半径、最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
	中长主臂+中长副臂 ^a	23	相应的超起配重、超起配重回转半径、最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		24	相应的超起配重、超起配重回转半径、最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次

表 2（续）

类别	臂架组合	序号	试验工况	一次循环内容
超起工况	最长主臂+最短副臂 ^a	25	相应的超起配重、超起配重回转半径、最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地，起臂至最小工作幅度，再落臂至最大工作幅度，再将载荷下降到地面，在起、落臂过程中各制动 1 次
		26	相应的超起配重、超起配重回转半径、最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度，在作业区范围内左右回转 360°，在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后，再下降到地面，载荷在下降过程中制动 1 次
	最长主臂+最长副臂 ^a	27	相应的超起配重、超起配重回转半径、最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地，起臂至最小工作幅度，再落臂至最大工作幅度，再将载荷下降到地面，在起、落臂过程中各制动 1 次
		28	相应的超起配重、超起配重回转半径、最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度，在作业区范围内左右回转 360°，在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后，再下降到地面，载荷在下降过程中制动 1 次
^a 副臂分为固定副臂和变幅副臂。				

5.7.2.2 带载行走

5.7.2.2.1 标准工况试验

中长主臂、最小工作幅度，臂架位于行走方向的正前方，起吊带载行走时相应工况 100% 额定起重量的试验载荷，载荷起升到离地高度 500 mm 左右，起重机以最低稳定速度直线前进和后退行走各 20 m。
前进或后退行走过程中各制动 1 次。试验重复 3 次。

5.7.2.2.2 超起工况试验

相应的超起配重、超起配重回转半径、中长主臂、最小工作幅度，臂架位于行走方向的正前方，起吊带载行走时相应工况 100% 额定起重量的试验载荷，载荷起升到离地高度 500 mm 左右，起重机以最低稳定速度直线前进和后退行走各 20 m。
前进或后退行走过程中各制动 1 次。试验重复 3 次。

5.7.2.3 安全装置验证

在试验过程中，验证超载保护装置、三色指示灯和安全监控管理系统的报警功能。

5.8 动载荷试验

5.8.1 试验目的

验证起重机的各机构在起吊相应工况 110% 额定起重量时各机构和制动器的功能。
验证超载保护装置、三色指示灯和安全监控管理系统的报警功能。
在试验过程中或试验结束后，检查起重机的零部件是否产生对起重机的性能与安全有影响的损坏，连接处是否出现松动或损坏。

GB/T 14560—2016

5.8.2 试验方法

5.8.2.1 起吊 110%额定载荷

动载荷试验的臂架组合、试验工况、试验循环内容见表 3。
每种工况按表 3 规定的一次循环内容重复试验 3 次。

表 3 动载荷试验

类别	臂架组合	序号	试验工况	一次循环内容
标准 工 况	基本臂	1	110%最大起重量、相应工作幅度	载荷起升到最大起升高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		2	最大工作幅度、相应 110%额定起重量	
	中长主臂	3	最小工作幅度、相应 110%额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		4	最大工作幅度、相应 110%额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	最长主臂	5	最小工作幅度、相应 110%额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		6	最大工作幅度、相应 110%额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	基本臂+最短副臂 ^a	7	最大工作幅度及相应 110%额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		8	最小工作幅度、相应 110%额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
	中长主臂+中长副臂 ^a	9	最大工作幅度及相应 110%额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		10	最小工作幅度、相应 110%额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次

表 3 (续)

类别	臂架组合	序号	试验工况	一次循环内容
标准 工况	最长主臂+最短副臂*	11	最大工作幅度及相应 110% 额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		12	最小工作幅度、相应 110% 额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
	最长主臂+最长副臂*	13	最大工作幅度及相应 110% 额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		14	最小工作幅度、相应 110% 额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
超起 工况	基本臂	15	最小工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		16	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	
	中长主臂	17	最小工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		18	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	最长主臂	19	最小工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		20	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	基本臂+最短副臂*	21	最大工作幅度及相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次

表 3 (续)

类别	臂架组合	序号	试验工况	一次循环内容
超起工况	基本臂+最短副臂 ^a	22	相应的超起配重、超起配重回转半径、最小工作幅度、相应 110% 额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
	中长主臂+中长副臂 ^a	23	最大工作幅度及相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		24	相应的超起配重、超起配重回转半径、最小工作幅度、相应 110% 额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
	最长主臂+最短副臂 ^a	25	最大工作幅度及相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		26	相应的超起配重、超起配重回转半径、最小工作幅度、相应 110% 额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
	最长主臂+最长副臂 ^a	27	最大工作幅度及相应的超起配重、超起配重回转半径、相应 110% 额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
		28	相应的超起配重、超起配重回转半径、最小工作幅度、相应 110% 额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升至最大高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次

^a 副臂分为固定副臂和变幅副臂。

5.8.2.2 带载行走

5.8.2.2.1 标准工况试验

中长主臂、最小工作幅度,臂架位于行走方向的正前方,起吊带载行走时相应工况 110% 额定起重量的试验载荷,载荷起升到离地高度 500 mm 左右,起重机以最低稳定速度直线前进和后退行走各 20 m。

试验重复 3 次。

5.8.2.2.2 超起工况试验

相应的超起配重、超起配重回转半径、中长主臂、最小工作幅度、臂架位于行走方向的正前方,起吊带载行走时相应工况 110%额定起重量的试验载荷,载荷起升到离地高度 500 mm 左右,起重机以最低稳定速度直线前进和后退行走各 20 m。

试验重复 3 次。

5.8.2.3 起升机构制动性能

基本臂、最小工作幅度时,起吊相应工况 110%额定起重量的试验载荷,载荷起升到离地 3 m 高处停留至少 5 min,起升机构未见打滑。

5.8.2.4 安全装置验证

在试验过程中,验证超载保护装置、三色指示灯和安全监控管理系统的报警功能:

- a) 试验载荷在相应工况 100%~110%额定起重量之间时,额定起重量限制装置应连续报警,并自动停止向危险方向运动,允许向安全方向动作,操作强制开关后可继续向相同方向动作;
- b) 试验载荷超过相应工况 100%额定起重量时,三色指示灯的红灯亮,并报警。

5.9 静载荷试验

5.9.1 试验目的

验证起重机及其各部分结构的承载能力。

在试验过程中或试验结束后,检查起重机的结构件是否产生裂纹、永久变形、油漆剥落;零部件是否产生对起重机的性能与安全有影响的损坏,连接处是否出现松动或损坏。

5.9.2 试验方法

在标准工况和超起工况时分别进行如下试验:

起重机在基本臂、基本臂+最短副臂组合,臂架处于最不利的方向,起吊相应工况额定起重量最大值的 1.25 倍试验载荷,载荷起升到离地高度 200 mm 左右,停留 10 min 后,再下降到地面。

5.10 整机抗倾覆稳定性试验

5.10.1 试验目的

验证起重机的静态稳定性、抗后倾覆稳定性。

5.10.2 静态稳定性

5.10.2.1 基本臂

臂架处于起重机稳定性最不利位置,臂架仰角处于产生最大倾覆力矩的工作幅度、起吊相应工况 $(1.25P_Q + 0.1F)$ 的试验载荷。慢速起升载荷到一定的离地高度,停留 10 min。

注 1: P_Q ——由起重机制造厂规定的在不同幅度下起重机的额定起重量的重力。

注 2: F ——将主臂质量或副臂质量换算到主臂端部或副臂端部的质量重力。

5.10.2.2 最长主臂

臂架处于起重机稳定性最不利位置,臂架仰角处于产生最大倾覆力矩的工作幅度、起吊相应工况

GB/T 14560—2016

($1.25P_Q + 0.1F$)的试验载荷。慢速起升载荷到一定的离地高度,停留 10 min。

5.10.2.3 最长主臂+最长副臂(含固定副臂或变幅副臂)

臂架处于起重机稳定性最不利位置,臂架仰角处于产生最大倾覆力矩的工作幅度、起吊相应工况($1.25P_Q + 0.1F$)的试验载荷,分别对不同的臂架组合形式进行试验。慢速起升载荷到一定的离地高度,停留 10 min。

5.10.3 抗后倾覆稳定性

按设计工况配置对基本臂进行试验。臂架位于最大仰角,分别处于起重机的正侧方、正前方和正后方,吊钩和其他取物装置放在地面上。

当试验条件不具备时,可采用计算法。

5.11 密封性能试验

在空载试验、额定载荷试验、动载荷试验和静载荷试验过程中或试验结束后 15 min 内,检查液压油箱、油泵、油马达、液压油缸、液压阀、管接头、油堵等连接部位有无渗漏。

5.12 噪声测量

司机室内噪声和机外辐射噪声功率级的测量方法应符合 GB 20062 的规定。

5.13 发动机排气污染物测量

发动机排气污染物的测量方法按 GB 20891 的规定进行。

5.14 液压油固体颗粒污染测量

在 5.5~5.11 规定的试验结束后,检查液压油箱中液压油的固体颗粒污染,检测方法按 JB/T 9737 的规定进行。

5.15 结构试验

5.15.1 试验目的

验证起重机在起吊相应工况的试验载荷时主要结构件的应力、测试应力的安全判别、结构动特性测试和结果处理方法。

5.15.2 试验方法

起重机的结构试验方法见附录 D。

5.16 可靠性试验

5.16.1 试验目的

评定起重机在规定条件和预定的时间内强化作业状态下的工作能力、考察起重机在作业时整机和零部件的可靠性、主要零部件的耐磨性、整机基本性能的稳定程度和液压油的温度等。

5.16.2 一般要求

5.16.2.1 起重机应在规定的时间内完成表 4 规定的循环次数。规定的试验时间包括作业时间和有效停机时间,不包括臂架和超起装置的安装时间。如果样机超出规定时间,则不计可靠性指标。

5.16.2.2 试验期间,样机若出现致命故障,如:主要结构件永久性变形、重要焊接开裂、翻车等,本次试验应终止,不计可靠性指标。

5.16.2.3 试验完成后,应对关键焊缝进行探伤检测。

5.16.2.4 操作要求如下:

- 操作人员应严格执行使用说明书规定的操作规程,应平稳操作,确保设备和人身安全;
- 按使用说明书的要求完成每日(班)的正常保养;
- 试验期间不允许带故障作业;
- 试验样机每天作业时间一般不少于 8 h。

5.16.3 试验方法

可靠性试验的臂架组合、循环次数、试验工况、一次循环内容和试验总时间见表 4。

表 4 可靠性试验

类别	臂架组合	循环次数						试验工况	一次循环内容
		A	B	C	D	E	F		
标准 工况	基本臂	50	40	30	15	5	5	最小工作幅度、最大起重量	载荷起升到最大起升高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		50	40	30	15	5	5	最大工作幅度、相应额定起重量	
	中长主臂	200	150	35	20	10	5	最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次 载荷起升到最大起升高度后,再下降到地面,载荷在升降过程中各制动 1 次
		200	150	35	20	10	5	最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	最长主臂	100	80	35	20	15	5	最小工作幅度、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在升降过程中各制动 1 次
		100	80	35	20	15	5	最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	最长主臂+最长副臂	200	150	35	25	15	5	最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度(固定副臂工况)/副臂起臂至最小工作幅度(变幅副臂工况),载荷起升至最大高度后,再下降到地面。载荷在下降过程中制动 1 次
	带载行走	100	80	50	20	10	5	中长主臂、最小工作幅度、臂架位于行走方向的正前方、相应额定起重量	试验载荷起升到离地高度 500 mm 左右,起重机以最低稳定速度直线前进和后退行走各 20 m

表 4 (续)

类别	臂架组合	循环次数						试验工况	一次循环内容
		A	B	C	D	E	F		
超起工况	基本臂	100	40	30	15	5	5	最小工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升到最大起升高度后,再下降到地面,载荷在下降过程中制动 1 次
		100	40	30	15	5	5	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	
	中长主臂	100	80	35	20	10	5	最小工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在升降过程中各制动 1 次
		100	80	35	20	10	5	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	最长主臂	100	80	35	20	15	5	最小工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升到臂架可以回转的离地高度,在作业区范围内左右回转 360°,在左右回转过程中各制动 1 次、2 次。 载荷起升到最大高度后,再下降到地面,载荷在升降过程中各制动 1 次
		100	80	35	20	15	5	最大工作幅度和相应的超起配重、超起配重回转半径、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度,再落臂至最大工作幅度,再将载荷下降到地面,在起、落臂过程中各制动 1 次
	最长主臂+最长副臂	100	80	35	30	15	5	相应的超起配重、超起配重回转半径、最大工作幅度、相应额定起重量	载荷起升离地,起臂至最小工作幅度(固定副臂工况)/副臂起臂至最小工作幅度(变幅副臂工况),载荷起升至最大高度后,再下降到地面。载荷在下降过程中制动 1 次
	带载行走	100	80	50	20	10	5	相应的超起配重、超起配重回转半径、中长主臂、最小工作幅度、臂架位于行走方向的正前方,相应额定起重量	试验载荷起升到离地高度 500 mm 左右,起重机以最低稳定速度直线前进和后行走各 20 m
试验总时间/h		350	350	350	—	—	—	—	

注 1: A——最大起重量 $P<150\text{ t}$ 的起重机;B——最大起重量 $150\text{ t}\leq P_{Q_{\max}}<300\text{ t}$ 的起重机;C——最大起重量 $300\text{ t}\leq P_{Q_{\max}}<800\text{ t}$ 的起重机;D——最大起重量 $800\text{ t}\leq P_{Q_{\max}}<1\,600\text{ t}$ 的起重机;E——最大起重量 $1\,600\text{ t}\leq P_{Q_{\max}}<3\,000\text{ t}$ 的起重机;F——最大起重量 $P_{Q_{\max}}\geq 3\,000\text{ t}$ 的起重机。

注 2: 副臂分为固定副臂和变幅副臂,试验时按起重机的实际配置确定,原则上优先变幅副臂。

5.16.4 作业率计算方法

作业率按式(4)计算。

$$R = \frac{T_1}{T_1 + T_2} \times 100\%$$

.....(4)

式中：

- R ——作业率；
- T₁ ——总作业时间,单位为小时(h)；
- T₂ ——故障排除总时间,单位为小时(h)。

6 检验规则

6.1 分类

起重机的检验分出厂检验和型式检验。

6.2 出厂检验

起重机应逐台进行出厂检验,检验合格后由质量检验部门签发产品合格证。
出厂检验项目及各项缺陷等级见附录 E,载荷试验时至少应选取 3 个工况。

6.3 型式检验

6.3.1 进行型式检验的样机应是出厂检验的合格产品,型式检验项目见附录 E。检验样机采用随机方法抽取 1 台,抽样基数不限。

6.3.2 凡属下面情况之一者,应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型时；
- b) 产品停产 3 年后恢复生产时；
- c) 已定型或批量生产的产品,如主要结构、工艺和材料有较大改变,可能影响产品性能时,应对相应试验进行补充试验；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有重大差异时；
- e) 当国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

属于 a)、b)和 e)的情况时,应按表 E.1 规定的项目进行检验;属于 c)、d)两种情况时,可仅对受影响的项目进行检验。

6.3.3 起重机的合格判定见表 5。

首次样机不合格,允许对其缺陷项目进行修复、调试或更换易损件后,重检其缺陷项目。如重检仍不合格,应重新抽取样机。第二台样机再不合格,则判样机不合格。制造厂应对该型号的产品进行整改,整改完成后再进行型式检验。

表 5 合格判定表

缺陷等级	缺陷数量及组合			
	1	2	3	4
致命	1	0	0	0
关键	0	2	1	0

GB/T 14560—2016

表 5 (续)

缺陷等级	缺陷数量及组合			
	1	2	3	4
重要	0	1	2	3
一般	0	0	2	4
注 1: 在四组组合中,任一组合的判定数被达到,则产品或样机为不合格。				
注 2: 重复的检验项目其故障只计算一次。				

7 使用说明书与标志

7.1 使用说明书

使用说明书应符合 GB/T 9969 的规定。使用说明书的主要内容至少应包括以下内容:

- a) 安全说明;
- b) 技术特性说明;
- c) 使用、操作说明;
- d) 装配、起吊、拆卸和运输的说明;
- e) 故障分析与排除说明;
- f) 维修和保养说明。

7.2 标志

7.2.1 起重机标志和各种指示信息应包含中文。

7.2.2 应在起重机机身明显位置固定标牌,标牌应符合 GB/T 13306 的规定。

7.2.3 标牌应至少包括以下内容:

- a) 产品型号和名称;
- b) 最大起重量;
- c) 额定功率;
- d) 出厂编号;
- e) 生产日期;
- f) 制造厂名称。

8 包装、运输和贮存

8.1 包装

8.1.1 起重机应按使用说明书规定的运输图要求进行解体,被解体的部件要有识别标志,以免发生混淆。

8.1.2 解体后的零部件应按照 GB/T 13384 的规定进行包装。包装时应合理摆放垫木,下车、履带、配重、吊钩滑轮组、臂架臂节等基本处于水平状态,并使机件的表面不受损伤。

8.1.3 起重机应至少附有如下随行文件:

- a) 产品合格证;

- b) 使用说明书;
- c) 装箱单;
- d) 随机备件和随机工具清单。

8.2 运输

8.2.1 整机分解后的外形尺寸、重量应符合运输条件。

8.2.2 主要运输部件应在明显位置设置永久性的质量(重量)标识。

8.2.3 在运输过程中,应将固定起重机的机械锁止装置或液压锁止装置锁止。

8.2.4 驾驶员在运输前或运输中,应检查部件是否处于运输状态。应有措施保证起重机其他装载零件已锁定。

8.3 贮存

起重机贮存应符合 GB/T 22358 的有关规定。

GB/T 14560—2016

附录 A
(资料性附录)
起重机主要结构示意图

A.1 不带超起装置的起重机主要结构示意图见图 A.1。

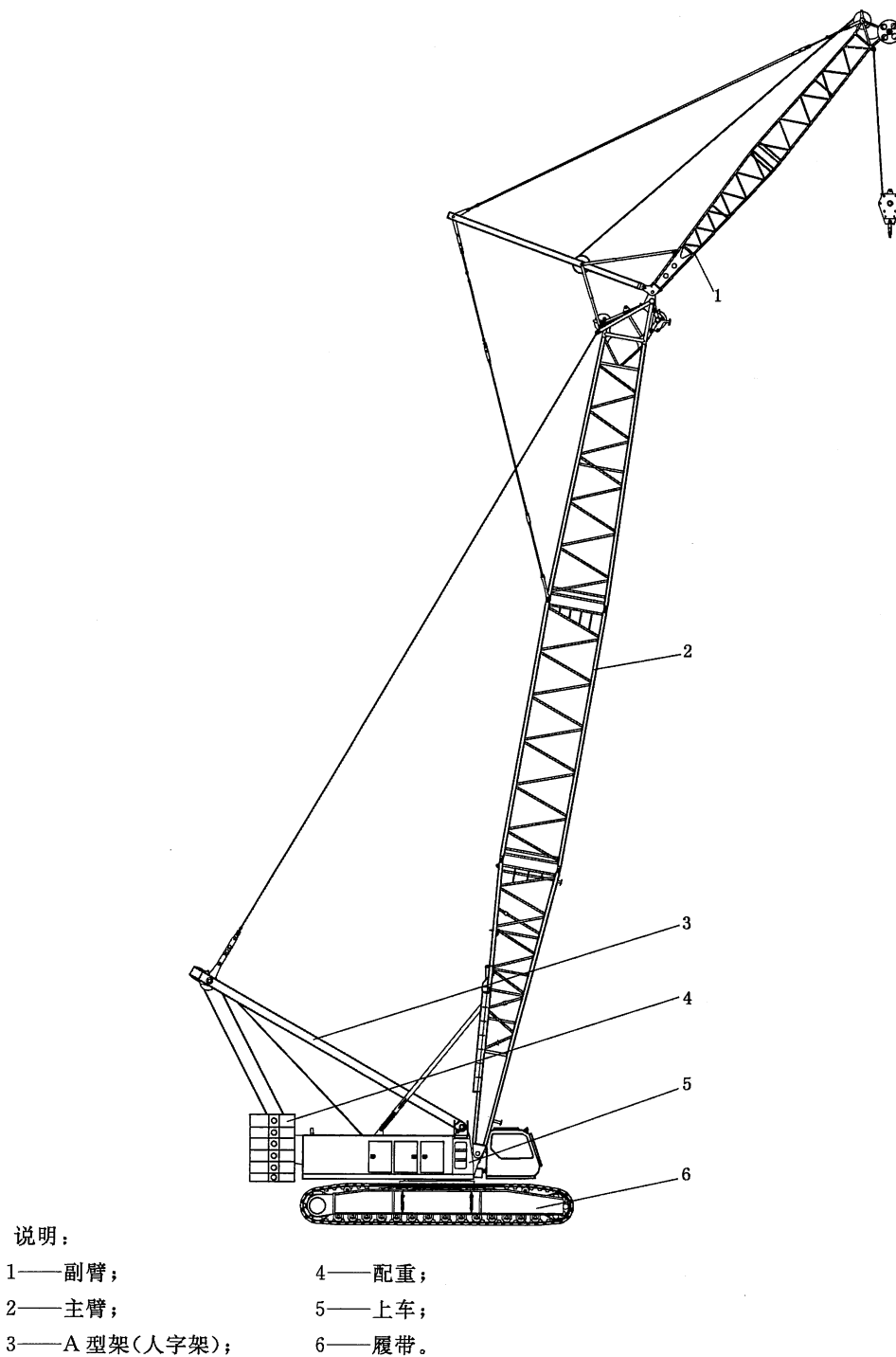
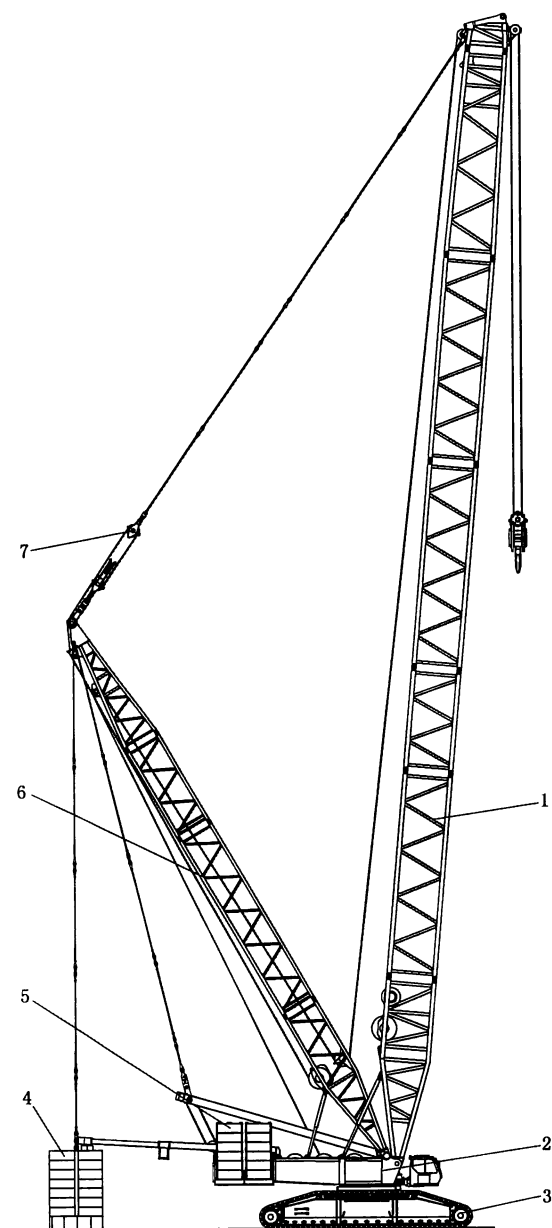


图 A.1 不带超起装置的起重机

A.2 带有超起装置的起重机主要结构示意图见图 A.2。



说明：

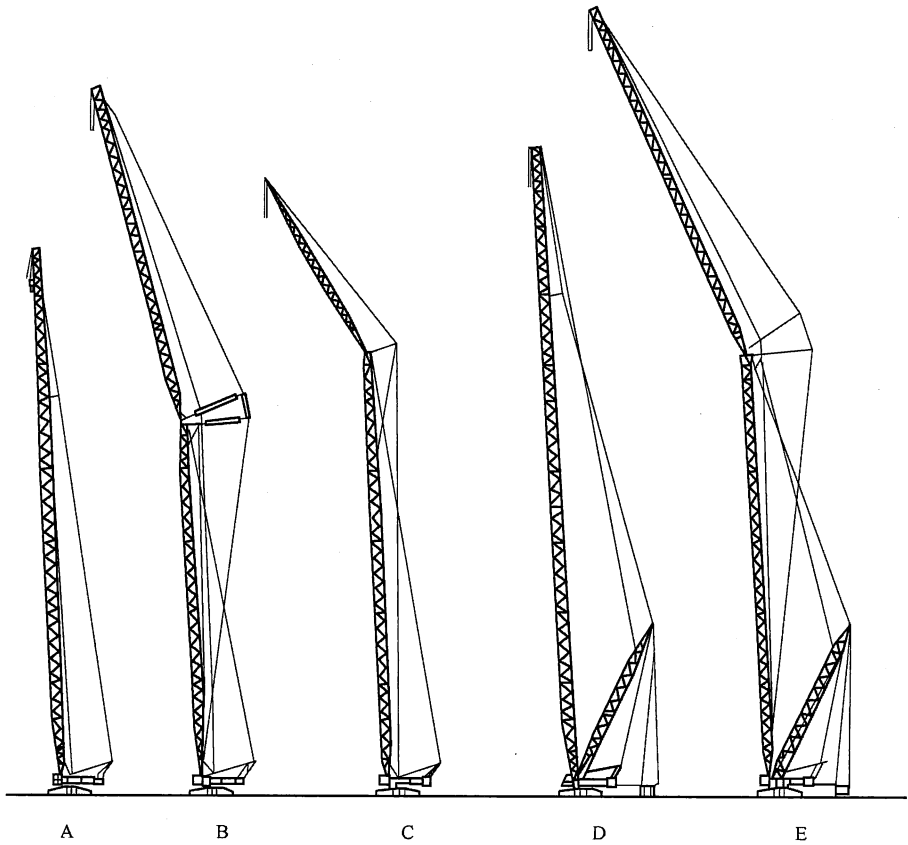
1——臂架；
2——上车；
3——履带；
4——超起配重；

5——配重；
6——超起桅杆；
7——滑轮装置。

图 A.2 带有超起装置的起重机

附录 B
(资料性附录)
起重机臂架组合主要形式

起重机臂架组合主要形式示意图见图 B.1。



- 说明：
- A——主臂结构的起重机；
 - B——主臂+变幅副臂结构的起重机；
 - C——主臂+固定副臂结构的起重机；
 - D——带超起配重的臂架结构的起重机；
 - E——主臂+变幅副臂和超起配重的臂架结构的起重机。

图 B.1 臂架组合示意图

附 录 C
(规范性附录)

履带平均接地比压计算方法

履带平均接地比压计算方法如下：

- a) 履带接地长度为驱动轮和从动轮的中心线间的距离 L_4 (见图 2)。
- b) 接地面积按式(C.1)计算。

$$A = L_4 \times 2B_1 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- A ——履带接地面积,单位为平方毫米(mm^2)；
- L_4 ——履带接地长度,单位为毫米(mm)；
- B_1 ——左或右侧履带板宽度(见图 2),单位为毫米(mm)。

- c) 平均接地比压按式(C.2)计算。

$$T = \frac{W \times g}{A} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

- T ——履带平均接地比压,单位为兆帕(MPa)；
- W ——起重机(最短工作主臂时)的设计自重,单位为千克(kg)；
- g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2)。

附录 D
(规范性附录)
结构试验方法

D.1 结构应力测试

D.1.1 测试工况及载荷

- D.1.1.1 结构应力测试工况及测试项目见表 D.1。
D.1.1.2 在加载和测试过程中,回转机构或转台应制动或锁定在规定的位

表 D.1 结构应力试验工况及载荷

序号	试验工况		试验目的	被测结构	测试项目
	臂架组合	载荷			
1	基本臂	P_{Qmax}	验证主要结构件的强度和刚性	基本臂、转台、底架、变幅支架、臂架拉杆	结构静应力
2		$1.25 P_{Qmax}$			
3	中长主臂	P_Q	验证中长主臂的强度和刚性	中长主臂	结构静应力
4	最长主臂	P_Q ϕP_Q (侧载)	验证最长主臂的强度和刚性	最长主臂	结构静应力、臂架头部侧向位移
5	基本臂+最短副臂、相应的工作幅度	P_Q	验证基本臂+副臂不同组合的强度和刚性	主臂、副臂、转台	结构静应力
6		$1.25 P_Q$			
7	最长主臂+最长变幅副臂相应的工作幅度	P_Q ϕP_Q (侧载)	验证最长主臂+副臂不同组合的强度和刚性	主臂、副臂、转台	结构静应力、臂架头部侧向位移
8	最大起重力矩工况	P_Q	验证主要结构件的强度和刚性	基本臂、转台、底架、变幅支架、臂架拉杆	结构静应力
9	安装工况	安装状态下的自重载荷	验证各结构件的安装强度	主臂、副臂、变幅支架、臂架拉杆	结构静应力

注： P_{Qmax} ——最大起重量； P_Q ——不同幅度下的额定起重量； ϕ ——侧载系数。

- D.1.1.3 侧载试验时,侧载系数取 2%。
D.1.1.4 在施加侧向载荷,测试臂架头部侧向位移工况时,应保证空载状态下,与回转平台相连臂架根部轴线的倾斜度在 0.25% 以内。
D.1.2 测试点的规定
D.1.2.1 应力测试点的选择
D.1.2.1.1 在结构受力分析的基础上,确定危险应力区,危险应力区包括以下 3 种类型:

- a) 均匀高应力区:该区应力达到屈服应力时,会引起结构件的永久变形;
- b) 应力集中区:该区内屈服应力的出现不会引起结构件整体的永久变形,但应力集中会影响结构件的疲劳寿命,如孔眼、锐角、焊缝、铰点等断面剧变处;
- c) 弹性屈曲区:如受压杆的弹性屈曲,从应力看,该区的最大应力并没有达到材料的屈服点,但因发生挠曲或过大变形而导致结构的破坏。

D.1.2.1.2 桁架结构的弦杆和腹杆,应在节间中部对称贴应变片,最后以平均应力来评定该节间的安全度。

D.1.2.1.3 在应力集中区内贴的应变片,应尽可能贴在高应力点上。

承受弯矩最大的断面同时作用有集中载荷时,应考虑在下列两个位置贴片:

- a) 应变片贴在集中载荷作用处或集中载荷处 20 mm 范围之内;
- b) 应变片贴在集中载荷作用处 20 mm 范围之外,复合应力最大处或其他危险部位。

如:支腿伸出段的根部和臂架伸出段的根部的应力测定。

D.1.2.1.4 受压杆件的贴片,应贴在杆件的中部或在其可能屈曲部位。

D.1.2.2 二向应力的测试

结构承受二向应力状态,如果预先能用某些方法(如脆性涂料法)确定主应变方向时,则可沿主应变方向贴上互相垂直的两个应变片。如果主应变的方向无法确定,则应贴上由 3 个应变片组成的应变花。关于应变花的数据处理见 D.1.4.2b)。

D.1.2.3 测点编号

根据选择好的测试部位和确定的测试点,绘制测点分布图,对贴片统一编号,并指明应变片或应变花的贴片位置。

D.1.3 试验程序

D.1.3.1 检查和调整样机,使之处于正常工作状态。

D.1.3.2 接好应变检测系统,调试应变片和检查有关仪器,合理选择灵敏系数,消除一切不正常现象。

D.1.3.3 测量消除自重影响的应变片基准读数 ϵ_0 。

对于需要测量自重应力的结构件,应消除自重影响,记录零应力状态的读数。如无法消除自重影响,即不测零应力状态。处理数据的办法参见 D.1.4.1 的规定。

D.1.3.4 空载应力状态,测量结构件在自重作用下应变 ϵ_1 。

空载应力状态点将起重机调整到表 D.1 所规定的测试工况,工作幅度为测试起重机相应载荷作用下的工作幅度。吊钩放置地上。回转机构或转台应制动或锁住。

如果零应力状态应变基准应变读数 ϵ_0 无法读出,可以取空载状态作为初始状态,应变仪调零。

D.1.3.5 负载应力状态,测量负载作用下的应变 ϵ_0 。

负载应力状态是起重机按表 D.1 所规定的测试工况进行加载,其工作幅度允差不大于 $\pm 1\%$ 。

D.1.3.6 卸载至空载应力状态,检查各应变片的回零情况,如果某测点的应变片读数与原数据 ϵ_1 偏差超过 $\pm 0.03\sigma_s/E$ (式中: σ_s ——材料屈服极限; E ——材料弹性模数),认为该测点数据无效,应查明原因,按原测试程序重新测量,直到合格。

由风载荷作用造成的应变偏差是属于正常现象,测试时应尽可能选择良好天气,减少风载的影响。

D.1.3.7 每次试验应重复做 3 次,比较测试数据有无重大差别。如果误差超过 10 倍的微应变,则应查明原因,并重新测试,直至稳定。

D.1.3.8 观察结构是否有永久变形或局部损坏。如果出现永久变形或局部损坏,应立即终止试验,进行全面检查和分析。

GB/T 14560—2016

D.1.3.9 试验数据、观察到的现象、试验说明应随时记录。

D.1.4 应力测试数据的处理和安全判别方法

D.1.4.1 计算两个测试状态的应力

空载应力(自重引起的应力) σ_1 按式(D.1)计算。

$$\sigma_1 = E(\epsilon_1 - \epsilon_0) \quad \text{.....(D.1)}$$

负载应力 σ_2 按式(D.2)计算。

$$\sigma_2 = E(\epsilon_2 - \epsilon_1) \quad \text{.....(D.2)}$$

式中:

σ_1 ——空载应力(不测空载应力时,用计算应力代替),单位为兆帕(MPa);

σ_2 ——负载应力,单位为兆帕(MPa);

ϵ_0 ——零应力状态应变仪读数;

ϵ_1 ——空载应力状态应变仪读数;

ϵ_2 ——负载应力状态应变仪读数。

注: ϵ_0 、 ϵ_1 、 ϵ_2 均带正负号,拉应力为正,压应力为负。

结构最大应力取下述两种情况的较大者:

a) 空载应力最大,见式(D.3)。

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 \quad \text{.....(D.3)}$$

b) 空载应力与负载应力之代数和最大,见式(D.4)。

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_2 \quad \text{.....(D.4)}$$

式中:

$\sigma_{\max}$ ——最大应力,单位为兆帕(MPa)。

注: σ_1 和 σ_2 各带自己的正负号。

D.1.4.2 二向应力状态的数据处理

对于承受二向应力弹塑性材料,按变形能(第四)强度理论计算。其当量单向应力计算如下:

a) 当主应力(变)的方向已知,并测得了两个方向的主应力时,当量单向应力按式(D.5)计算。

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2} \quad \text{.....(D.5)}$$

式中:

σ' ——当量单向应力,单位为兆帕(MPa);

σ_x ——最大主应力,单位为兆帕(MPa);

σ_y ——最小主应力,单位为兆帕(MPa)。

主应力可由两个方向的主应变值按式(D.6)、式(D.7)计算。

$$\sigma_x = \frac{E(\epsilon_x + \mu\epsilon_y)}{1 - \mu^2} \quad \text{.....(D.6)}$$

$$\sigma_y = \frac{E(\epsilon_y + \mu\epsilon_x)}{1 - \mu^2} \quad \text{.....(D.7)}$$

式中:

E ——材料的弹性模数,屈服极限小于 500 N/mm² 时,取 $E=2.1 \times 10^5$ N/mm²,屈服极限等于或高于 500 N/mm² 时的高强度合金钢,如没有提供 E 和 μ 的数值,应取样实测 E 和 μ 的数值;

- ϵ_x ——最大主应变；
 ϵ_y ——最小主应变；
 μ ——泊松比。
- b) 主应力(变)的方向未知,可用直角应变花测得三个方向的线应变,当量单向应力按式(D.8)计算。

$$\sigma' = \frac{E}{2} \left[\frac{\epsilon_a + \epsilon_c}{1 - \mu} + \frac{\sqrt{2}}{1 + \mu} \sqrt{(\epsilon_a - \epsilon_b)^2 + (\epsilon_b - \epsilon_c)^2} \right] \dots\dots\dots (D.8)$$

式中：
 ϵ_a ——a 应变片的应变；
 ϵ_b ——b 应变片的应变；
 ϵ_c ——c 应变片的应变。

应变花的贴片方式如图 D.1 所示。

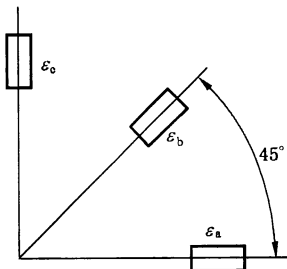


图 D.1 贴片方式

- c) 对于脆性材料,可采用最大应变(第二)强度理论求得当量应力,按式(D.9)计算。
- $$\sigma_x = E\epsilon_x \dots\dots\dots (D.9)$$

D.1.4.3 测试应力值的安全判别方法

- D.1.4.3.1 根据表 D.1 给定的测试工况和载荷进行测试,测得结构的最大应力,应满足下列分类给出的安全判据,各危险应力区的安全系数见表 D.2 。
- D.1.4.3.2 焊缝的许用应力应符合 GB/T 3811 的规定。
- D.1.4.3.3 结构件钢材的许用应力见表 D.3。

表 D.2 结构强度安全系数

试验工况	安全系数最小值 n		
	均匀高应力区 n_I	应力集中区 n_{II}	弹性屈曲区 n_{III}
作业状态工况(表 D.1 序号 1、3、4、5、7、8)	1.48	1.1	1.6
安装工况(表 D.1 序号 9)	1.3	1.05	1.5
静载荷试验工况(表 D.1 序号 2、6)	1.22	— ^a	1.4
^a 仅观察结构变形情况,对安全系数取值不作要求。			

表 D.3 结构件钢材的许用应力

钢材强度	拉、压、弯 $[\sigma]$	剪切 $[\tau]$	承压 $[\sigma_{cd}]$	压杆弹性屈曲 $[\sigma_{cr}]$
$\sigma_s/\sigma_b < 0.7$	σ_s/n	$[\sigma]/\sqrt{3}$	$1.4[\sigma]$	σ_{cr}/n
$\sigma_s/\sigma_b \geq 0.7$	σ_{Fs}/n			

注 1: $\sigma_{Fs} = 0.5\sigma_s + 0.35\sigma_b$ 为假想屈服极限。

式中:

σ_s ——材料的屈服极限,单位为牛每平方米(N/mm^2);

σ_b ——材料的抗拉强度极限,单位为牛每平方米(N/mm^2);

σ_{cr} ——欧拉屈曲临界应力,单位为牛每平方米(N/mm^2)。

注 2: 当 $\sigma_{cr} \leq \sigma_p$ 时,取:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(Kl/r)^2}$$

当 $\sigma_{cr} \geq \sigma_p$ 时,取:

$$\sigma_{cr} = \sigma_s - \left[\frac{\sigma_p(\sigma_s - \sigma_p)(Kl/r)^2}{\pi^2 E} \right] = \sigma_s - \left[\frac{(\sigma_y - \sigma_{cr})(\sigma_s - \sigma_p)(Kl/r)^2}{\pi^2 E} \right]$$

式中:

K ——受压杆件长度系数,参见 GB/T 3811;

r ——惯性半径,单位为毫米(mm);

l ——受压杆件几何长度单位为毫米(mm);

σ_p ——材料的比例极限应力,单位为牛每平方米(N/mm^2);

σ_y ——材料屈服应力,单位为牛每平方米(N/mm^2);

σ_{cr} ——材料残余应力,单位为牛每平方米(N/mm^2);

E ——材料的弹性模数,单位为牛每平方米(N/mm^2);

屈服极限小于 $500 N/mm^2$ 时,取 $E = 2.1 \times 10^5 N/mm^2$,屈服极限等于或高于 $500 N/mm^2$ 时的高强度合金钢,如没有提供 E 的数值,应取样实测 E 的数值。

D.1.4.3.4 在起重机行走中,转台承受较大的运行冲击载荷,自重引起的应力是其主要载荷,因此,给出转台的自重应力安全系数如下:

- a) I 类——均匀高应力区的自重应力安全系数按式(D.10)计算。

$$n_I = \sigma_s / \sigma_r \quad \text{或} \quad n_I = \sigma_s / \sigma' \quad \dots\dots\dots (D.10)$$

式中:

σ_r ——结构件中被测部位测出的最大拉应力,单位为兆帕(MPa);

注:对于单向应力:塑性材料 $\sigma_r = \sigma_{max}$;脆性材料 $\sigma_r = \sigma_x$ 。

σ' ——当量单向应力,单位为兆帕(MPa);

n_I ——I 类安全系数。

- b) II 类——应力集中区的自重应力安全系数按式(D.11)计算。

$$n_{II} = \sigma_s / \sigma_r \quad \text{或} \quad n_{II} = \sigma_s / \sigma' \quad \dots\dots\dots (D.11)$$

式中:

n_{II} ——II 类安全系数。

- c) III 类——弹性屈曲区,对于弦杆和腹杆等受压元件的自重应力安全系数按式(D.12)计算。

$$n_{III} = 1 / [\sigma_{ra} / \sigma_{cr} + (\sigma_{rm} - \sigma_{ra}) / \sigma_s] \quad \dots\dots\dots (D.12)$$

式中:

σ_{ra} ——由一个截面上若干个测点的应变读数确定的平均应力,单位为兆帕(MPa);

- σ_{rm} ——压杆被测截面上最大的计算压应力,单位为兆帕(MPa);
 σ_{cr} ——受压杆发生屈曲的临界压应力(见表 D.3),单位为兆帕(MPa);
 n_{III} ——Ⅲ类安全系数。

d) Ⅳ类——板的局部屈曲区。

对板可能产生局部屈曲部位,一般要求对所有的试验工况(包括超载试验工况),Ⅳ类区域的应变片读数,都应回到空载时的读数。

D.2 结构动特性测试

D.2.1 测试项目如下:

- a) 起重机结构件危险应力区危险点的动态应力;
- b) 司机室的振动特性。

D.2.2 测试方法如下:

- a) 额定载荷在正常操作起升离地或以额定速度下降制动时,测试动应力和振动特性;
- b) 起重机最长主臂工况下,臂架仰角在 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 之间,空载,作变幅运动时产生的振动。

D.2.3 动特性的限值如下:

- a) 按 D.2.1a) 各部位的最大应力点由振动产生的最大应力不应超过许用应力;
- b) 司机室操纵台和座椅处的水平方向和垂直方向加速度应小于 $0.2 g$ 。

D.3 试验报告

D.3.1 试验过程中应进行记录和数据整理。对不正常现象,应有实况记录,并做出分析意见。

D.3.2 对试验中发现的个别部位的应力、合成应力超出规定值时,虽然没有发现破坏或不正常的现象,报告中应特别指出,并提出分析意见,做出结构是否可正常工作的明确结论。

GB/T 14560—2016

附 录 E
(规范性附录)
检验项目

检验项目见表 E.1。

表 E.1 检验项目表

序号	检验项目		技术要求	试验方法	缺陷等级				检验类别	
					致命	关键	重要	一般	型式	出厂
1	主要参数测定	主要尺寸	4.2.1.6	5.3			√		●	●
2		操纵力	4.7.2					√	●	
3		操纵行程	4.7.2					√	●	
4		起升速度	4.2.1.5				√		●	●
5		最低稳定起升速度	4.2.1.5				√		●	●
6		回转速度	4.2.1.5				√		●	●
7		变幅时间	4.2.1.5				√		●	●
8	外观检查	焊缝质量	4.2.5	5.4		√			●	●
9		涂装质量	4.2.6				√		●	●
10		主臂上的维修通道	4.3.2.2				√		●	●
11		司机室	4.3.4			√			●	●
12		钢丝绳不跳出卷筒的装置	4.4.3.6			√			●	●
13		防止钢丝绳脱槽装置	4.4.4.2			√			●	●
14		滑轮的支承处润滑装置	4.4.4.3				√		●	●
15		人手可触及的滑轮组的滑轮罩壳	4.4.4.4				√		●	●
16		吊钩标记、防脱装置和吊钩滑轮组的挡绳装置	4.4.6			√			●	●
17		液、电路的敷设及保护	4.5.1.1 4.6.1					√	●	●
18		操纵件的操作、标牌和标志	4.7.1					√	●	●
19		安全防护装置	4.8.4		√				●	●
20		液压油油位	4.5.4				√		●	●
21		起重机标牌和额定起重量图表	4.2.1.3 7.2				√		●	●
22	行走性能试验	行走速度	4.2.1.5	5.5			√		●	
23		跑偏量	4.2.1.8				√		●	●
24		行走制动性能	4.4.8.2			√			●	
25		履带伸缩性能	4.3.3					√	●	
26		履带平均接地比压	4.1.4			√			●	

表 E.1 (续)

序号	检验项目		技术要求	试验方法	缺陷等级				检验类别	
					致命	关键	重要	一般	型式	出厂
27	空载试验	载荷升降平稳性	4.2.1.13	5.6		√			●	●
28		起升高度限位器功能	4.8.2.1		√				●	●
29		下降深度限位器功能	4.8.2.2		√				●	●
30		变幅制动性能	4.2.1.13		√				●	●
31		变幅限位器功能	4.8.2.3			√			●	●
32		回转制动性能	4.2.1.13		√				●	●
33		防后倾装置功能	4.8.2.4		√				●	●
34	额定载荷试验	载荷升降平稳性	4.2.1.13	5.7		√			●	●
35		起升制动性能	4.2.1.13		√				●	●
36		载荷再次启动提升时的制动性能	4.4.1.2				√		●	●
37		变幅平稳性	4.2.1.13			√			●	●
38		变幅制动性能	4.2.1.13		√				●	●
39		回转启动和停止性能	4.4.7.1		√				●	●
40		回转制动性能	4.2.1.13				√		●	●
41		带载行走性能	4.2.1.4		√				●	●
42		带载行走制动性能	4.4.8.2		√				●	●
43		超起装置 ^a	配重离地检测装置 配重利用率检测装置					√	●	●
44			配重油缸单独调整					√	●	●
45		电气系统	无线遥控功能				√		●	●
46			多点控制互锁功能		√				●	●
47		液压系统密封性	4.5.1.7	5.11			√		●	●
48		力矩限制器的显示和报警性能	4.8.3	5.7	√				●	●
49		故障显示功能	4.8.4.1				√		●	●
50		三色指示灯报警装置功能	4.8.4.2				√		●	●
51		安全监控管理系统	4.8.4.5				√		●	●
52	动载荷试验	载荷升降平稳性	4.2.1.13	5.8		√			●	●
53		起升制动性能	4.2.1.13		√				●	●
54		载荷再次启动提升时的制动性能	4.4.1.2			√			●	●
55		变幅平稳性	4.2.1.13			√			●	●
56		变幅制动性能	4.2.1.13		√				●	●
57		回转启动和停止性能	4.4.7.1			√			●	●
58		回转制动性能	4.2.1.13				√		●	●
59		带载行走性能	4.2.1.4		√				●	●

GB/T 14560—2016

表 E.1 (续)

序号	检验项目		技术要求	试验方法	缺陷等级				检验类别	
					致命	关键	重要	一般	型式	出厂
60	动载 荷 试 验	液压系统密封性	4.5.1.7	5.11			√		●	●
61		力矩限制器的显示和报警性能	4.8.3	5.8	√				●	●
62		故障显示功能	4.8.4.1				√		●	●
63		三色指示灯报警装置功能	4.8.4.2				√		●	●
64		安全监控管理系统	4.8.4.5				√		●	●
65		对起重机性能与安全有影响的损坏	4.2.1.13		√				●	●
66		连接处松动或损坏	4.2.1.13			√			●	●
67	静载 荷 试 验	起升制动性能	4.2.1.13	5.9	√				●	●
68		变幅制动性能	4.2.1.13		√				●	●
69		液压系统的密封性	4.5.1.7	5.11			√		●	●
70		结构件裂纹、永久变形、油漆剥落	4.2.1.13	5.9	√				●	●
71		对起重机性能与安全有影响的损坏	4.2.1.13		√				●	●
72		连接处松动或损坏	4.2.1.13			√			●	●
73		故障显示器功能	4.8.4.1				√		●	●
74	整机 抗倾 覆稳 定性 试验	静态稳定性	4.2.3.1	5.10	√				●	●
75		抗后倾覆稳定性	4.2.3.2		√				●	●
76	噪声 测量	司机耳旁的噪声	4.2.2	5.12	√				●	
77		机外辐射噪声	4.2.2		√				●	
78	发动机排气污染物测量		4.2.1.12	5.13	√				●	
79	液压油固体颗粒污染测量		4.5.1.6	5.14		√			●	●
80	结构试验		4.2.1.13	5.15	√				●	
81	臂架头部侧向位移		4.2.7	5.15	√				●	
82	可靠性 试验	作业率	4.2.4.1	5.16	√				●	
83		液压油温度	4.2.1.9				√		●	
注：√——缺陷等级；●——应检项目。										
a 适用于具有带超起装置的起重机。										