

TSG

特种设备安全技术规范

TSG 51—2023

起重机械安全技术规程

Regulation on Safety Technology for Lifting Appliances

国家市场监督管理总局发布
2023年5月23日

前 言

2020年4月,国家市场监督管理总局特种设备安全监察局(以下简称市场监管总局特种设备局)向中国特种设备检测研究院技术法规研究所(以下简称中国特检院法规所)下达了制定《起重机械安全技术规程》(以下简称本规程)的起草任务书。根据任务书的要求,中国特检院法规所组织成立起草工作组,于2020年7月在上海召开起草工作组首次工作会议,在多年研究成果的基础上,研讨确定本规程的制定原则、结构框架、主要内容、基本要求,明确任务分工和时间进度等。之后,根据起草工作进度,起草工作组分别在北京、河南长垣、山东泰安等地以及采用在线方式,召开多次专题研讨会议和起草工作会议,形成本规程的征求意见稿。2022年4月25日,市场监管总局特种设备局发布公告,将本规程向社会公开征求意见。根据征求到的意见和反馈的问题,起草工作组对本规程内容做了进一步修改、完善,形成送审稿。2022年8月,本规程提交市场监管总局特种设备安全与节能技术委员会起重机械分委会审议。根据专家审议意见,起草工作组对送审稿进行修改、完善后形成报批稿。依据规定程序,2023年5月23日,本规程由市场监管总局批准发布。

本规程是在原有的《起重机械安全监察规定》(国家质检总局令第92号)、《起重机械安全技术监察规程——桥式起重机》(TSG Q0002—2008)、《起重机械型式试验规则》(TSG Q7002—2019)、《起重机械安装改造重大修理监督检验规则》(TSG Q7016—2016,含第1号修改单)、《起重机械定期检验规则》(TSG Q7015—2016)等基础上,整合优化形成的起重机械综合性安全技术规范。本规程明确了起重机械的基本安全要求,补充了设计要求,优化了制造、改造、安装、修理和使用管理要求,进一步优化了型式试验、监督检验和定期检验的检验程序、项目、内容和要求,以及常用术语含义等,为更好地指导和规范起重机械安全工作提供了重要依据和支撑。



标准·资料·工具·教程·执考

致力于为广大土木从业者提供专业标准、图集、工具,最实用的
土木施工、监理、执考等资料,努力打造土木人实用的工具性网站。

收藏本站网址或者关注公众号【土木百科】
时刻掌握土木行业最新动态及规范标准

PC端网址: www.topmgo.com



移动端: 扫码浏览更随心



公众号: 土木百科

免责声明: 本站所有资料均收集自互联网和网友分享如有侵犯到您的版权请及时联系我们进行删除

目 录

1 总则	(1)
2 设计	(1)
3 制造和改造	(18)
4 安装和修理	(21)
5 使用管理	(23)
6 检验	(25)
7 附则	(35)
附件 A 起重机械设计专项要求	(38)
附录 a 安装安全监控管理系统的大型起重机械目录	(64)
附件 B 起重机械产品合格证	(65)
附录 ba 起重机械设备代码编号方法	(66)
附录 bb 起重机械产品数据表（以桥式起重机为例）	(67)
附件 C 起重机械检验类型、项目、内容、方法和要求	(73)
附录 ca 起重机械检验类型对照表	(109)
附录 cb 起重机械检验项目对照表	(114)
附件 D 起重机械检验意见通知书	(117)
附件 E 起重机械型式试验报告	(118)
附件 F 起重机械型式试验证书	(129)
附录 f 起重机械型式试验证书编号说明	(131)
附件 G 起重机械安装改造重大修理监督检验报告	(132)
附件 H 起重机械定期(首次)检验报告	(136)
相关规章和规范历次制(修)订情况	(140)

起重机械安全技术规程

1 总 则

1.1 目的

为了保障起重机械的安全使用,预防和减少事故,保护人民生命和财产安全,促进经济社会发展,根据《中华人民共和国特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》,制定本规程。

1.2 适用范围

本规程适用于《特种设备目录》范围内的起重机械。

起重机械的生产(设计、制造、安装、改造、修理,下同)、使用和检验检测等应当符合本规程的规定。

房屋建筑工地和市政工程工地用起重机械的安装、使用的监督管理,由建设行政主管部门依照有关法律、法规的规定执行。

1.3 信息化管理

起重机械生产单位、使用单位、检验检测机构和监管机构应当按照特种设备信息化管理要求,搭建信息化平台或者在相应的信息化平台上及时填报有关信息。

2 设 计

2.1 基本要求

主要包括设计文件、金属结构、工作机构、主要零部件、控制系统(电气、液压、气动)、司机室、通道、平台、梯子、栏杆、安全保护装置、特殊用途起重机等。

设计总要求如下:

- (1)符合法律法规、安全技术规范的规定和相关标准的要求;
- (2)符合使用条件和合同的要求;
- (3)应当考虑在其预期生命周期不同阶段所预见到的危险,采用相应措施,消除或者减小其风险;
- (4)应当考虑其在所有预定工况下具有足够的强度、刚度和稳定性;
- (5)设计文件应当明确起重机械设计使用年限;
- (6)设计文件应当正确、完整、统一。

起重机械设计应当符合本规程 2.1~2.9 条以及《起重机械设计专项要求》(见附件 A)的规定。

2.2 设计文件

主要包括设计任务书、设计图样、设计计算书、安装及使用维护保养说明等。

2.2.1 设计任务书

设计任务书至少包括设计依据、产品功能、使用环境和主要技术参数等内容。

2.2.2 设计图样

设计图样至少包括总图、主要结构件图、主要零部件图、装配图、控制系统原理图、图样明细表、外购件明细表和标准件明细表等,制图、审核、批准等签字应当齐全。

2.2.3 设计计算书

设计计算书应当至少包括以下内容:

- (1)载荷和载荷组合的分析与计算;
- (2)整机结构和主要结构件及其连接的强度、刚度与稳定性设计计算。存在整机倾覆可能的,进行自由独立状态下的整机抗倾覆稳定性计算,包括受载平面内和侧向两个方向的抗倾覆稳定性计算;
- (3)工作机构部件的设计计算或者选型计算,主要包括电动机、减速器、制动器、联轴器、钢丝绳、吊具、卷筒、滑轮、链条、链轮、曳引轮、车轮、螺杆(螺母)、齿轮齿条副、开式齿轮、齿形带、回转支承等;
- (4)电气系统的设计计算或者选型计算,主要包括低压电器元件(如断路器、接触器、熔断器等)、电缆、变频器、电阻器等;
- (5)液压系统的设计计算或者选型计算,主要包括液压系统的动力元件、执行元件、控制元件、储能元件、液压辅件等;
- (6)气动系统的设计计算或者选型计算,主要包括气动系统的动力元件、执行元件、控制元件、储能元件、气动辅件等;
- (7)安全保护装置的设计计算或者选型计算,主要包括起重量限制器、起重力矩限制器、防坠安全器、抗风防滑装置、安全钳、下行超速保护装置、高度限制器等;

(8)根据起重机械使用等级、载荷状态和使用条件等,明确设计使用年限。

2.2.4 安装及使用维护保养说明

安装及使用维护保养说明应当满足安装、使用、修理、维护保养等工作的需要,至少包括以下内容:

- (1)产品概述;
- (2)主要技术性能参数、用途、对使用环境的要求及其设计使用年限;

- (3) 总图、控制系统原理图等；
- (4) 安装说明及其要求；
- (5) 贮存、运输、维护保养的说明以及易损件更换清单；
- (6) 使用操作规程，对司机、指挥等作业人员的要求；
- (7) 基础荷载图(轮压等)或者基础载荷参数，大车运行轨道要求，流动式起重机作业场地的承载能力和刚度要求，履带起重机地面水平度要求；
- (8) 安全注意事项，至少包括安全警示标志的位置，风险防范以及避免误操作说明，对可能造成环境污染的物品处理说明等。

2.3 主要金属结构

主要包括主要结构件、主要结构件材料、主要结构件设计、焊接、静态刚度、螺栓和销轴连接、结构件表面处理等。涉及升降机和机械式停车设备设计专项要求见本规程附件 A 中 A1。

2.3.1 主要结构件

主要结构件包括主梁、端梁、支腿、小车架、标准节、臂架、门架、象鼻架、人字架、货厢、钩梁、桅杆、立柱、横梁、纵梁等。

2.3.2 主要结构件材料

(1) 主要结构件的材料选择应当考虑在预定工作环境下结构的重要性、载荷特征、应力状态、连接方式、工作环境温度、腐蚀、磨损、冲击、疲劳、脆性老化、焊接性能及钢材厚度等因素。

(2) 主要结构件应当采用镇静钢，力学性能不低于 GB/T 700—2006《碳素结构钢》要求的 Q235 或者 GB/T 699—2015《优质碳素结构钢》要求的 20 钢；

(3) 在 T 形、十字形和角形焊接的连接节点中，当板件钢材厚度大于 40mm，并且沿板厚方向有较高撕裂拉力(包括较高约束拉应力)作用时，该部位板件钢材应具有厚度方向抗撕裂(Z 向)性能的合格保证，其沿板厚方向断面收缩率应当不小于 GB/T 5313—2010《厚度方向性能钢板》规定的 Z15 级允许限值；钢板厚度方向承载性能等级，应当根据节点形式、板厚、熔深或者焊缝尺寸、焊接时节点拘束度以及预热、后热情况等综合确定；

(4) 厚度大于 50mm 的钢板用于焊接承载构件并且作拉伸、弯曲等受力构件时，需要增加横向取样的拉伸和冲击韧性的检验，并且符合设计要求。

2.3.3 主要结构件设计

(1) 设计时，应当合理选用材料、结构型式和构造措施，符合结构件在运输、安装和使用过程中的强度、刚度、稳定性和其他有关安全性方面的要求；露天工作的起重机械结构应当有防止积水的措施；

(2) 优先采用主要结构件最优化设计、轻型新材料选择、结构联接方式优化等有效的轻量化措施，减轻起重机械自重，减小外形尺寸，减小吊运盲区，扩大使用范围；

(3) 设计文件中，应当注明材料牌号，必要时还应当注明材料的力学性能、化学成分以及其他的附加保证项目的要求；应当注明所要求的焊缝形式、尺寸、焊缝质量等级以及对焊接作业的要求。

2.3.4 焊接

2.3.4.1 焊接材料

焊接所采用的焊条、焊丝和焊剂应当保证焊缝与母材综合机械性能相当。

2.3.4.2 焊接连接设计与构造要求

(1) 应当选择合理的焊缝形式，并且对焊接质量提出要求，以符合强度与疲劳的设计要求；

(2) 动载比较严重和受力比较复杂的焊接连接，应当采取措施减小或者消除焊接内应力；

(3) 由疲劳强度控制的焊接连接，应当采用降低疲劳应力的措施，如改善焊接接头形式、降低应力集中等级等。

2.3.4.3 焊缝质量

2.3.4.3.1 外观

主要结构件焊缝的外观应当没有目测可见的裂纹、气孔、固体夹杂、未熔合和未焊透等缺陷。关键焊缝表面质量应当达到 GB/T 19418—2003《钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南》中规定的 B 级，并且在设计文件中予以明确，其余焊缝应当达到 C 级。

2.3.4.3.2 无损检测

主要结构件焊缝质量需要采用一种或者多种无损检测进行检查时，相应检测方法以及要求如下：

(1) 射线检测 (RT) 达到 GB/T 37910.1—2019《焊缝无损检测 射线检测验收等级 第 1 部分：钢、镍、钛及其合金》中规定的质量等级 2 级；

(2) 超声波检测 (UT) 达到 JB/T 10559—2018《起重机械无损检测 钢焊缝超声检测》中规定的 1 级；

(3) 磁粉检测 (MT) 达到 GB/T 26952—2011《焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级》中规定的 1 级；

(4) 渗透检测 (PT) 达到 GB/T 26953—2011《焊缝无损检测 焊缝渗透检测 验收等级》中规定的 1 级。

2.3.5 静态刚度

起重机械主要受力结构的弹性变形不应当导致以下情况：

- (1)起重机械或者小车与周围物体、结构发生碰撞；
- (2)小车运行机构在承受试验载荷时，不能正常运行，不能可靠起、制动；
- (3)对起重机械和小车轨道产生过大的横向力或者妨碍起重机械正常运行；
- (4)机构传动装置引起部件磨损增加、性能下降、过度振动或者制动失效等；
- (5)影响原结构设计、计算模型的有效性。

2.3.5.1 桥式起重机、门式起重机(架桥机除外)静态刚度

(1)低定位精度(注 2-1)要求的桥式起重机、门式起重机，或者具有无级调速控制特性的桥式起重机、门式起重机，或者采用低起升速度和低加速度能够达到可接受定位精度的桥式起重机、门式起重机，主梁跨中位置的静态刚度要求不大于 $S/500$ (注 2-2)；

(2)使用简单控制系统就能够达到中等定位精度的桥式起重机、门式起重机，主梁跨中位置的静态刚度要求不大于 $S/750$ ；需要高定位精度的桥式起重机、门式起重机，主梁跨中位置的静态刚度要求不大于 $S/1000$ ；

(3)主梁有效悬臂长度位置的静态刚度不大于 $L_1/350$ 或者 $L_2/350$ (注 2-3)。

注 2-1：定位精度要求的实现取决于不同调速控制系统的完善程度和不同静态刚度指标的互补性匹配，而可接受定位精度是指低等与中等之间的定位精度。

注 2-2：S——跨度，m。

注 2-3： L_1 、 L_2 ——有效悬臂端长度，m。

2.3.5.2 架桥机静态刚度

架桥机主梁跨中位置的静态刚度不大于 $S/400$ (注 2-4)，架桥机导梁(简支)跨中位置的静态刚度不大于 $S'/600$ (注 2-5)；对于铁路车辆式架桥机，隧道内架梁的架桥机以及定点起吊的架桥机主梁跨中位置的静态刚度不大于 $S/300$ 。

非导梁过孔式架桥机，设计时应当控制过孔时架桥机悬臂端静态刚度，使架桥机能够在设计规定的支承跨度和纵向坡度条件下顺利过孔；对于起重小车在主梁悬臂作业时，架桥机悬臂端静态刚度应当不大于 $L/350$ (注 2-6)。

注 2-4：S——主梁的支承跨度，m。

注 2-5：S'——导梁支承跨度，m。

注 2-6：L——悬臂端有效长度，m。

2.3.5.3 塔式起重机刚度

在额定载荷作用下，塔式起重机起重臂根部连接处的水平静位移应当不大于 $1.34H/100$ (注 2-7)；额定载荷作用下启制动时，司机室水平振动加速度应当小于 $0.2g$ (注 2-8)。

注 2-7：H——塔式起重机最大独立状态下起重臂根部连接处至塔式起重机基准面的垂直距离，m。

注 2-8：g——重力加速度， m/s^2 。

2.3.5.4 轮胎式起重机和铁路起重机臂架端部位移

在相应工作幅度起升额定载荷、只考虑箱形伸缩臂架变形时,臂架端部在变幅平面内垂直于臂架轴线方向的静位移应当不大于 $0.1L_C^2/100$ (注 2-9); 当 $L_C \geq 45\text{m}$ 时, 式中系数 0.1 值可适当增大。

注 2-9: L_C ——臂架长度, m。

2.3.5.5 履带式起重机臂架头部位移

桁架臂在对应工作幅度起吊额定载荷, 在臂架头部施加数值为 2% 额定载荷的水平侧向力时, 不同臂架组合的臂架头部侧向水平位移应当不大于整个臂架组合长度的 2%, 单个臂架的侧向水平位移应当不大于单个臂架长度的 2%。

箱型臂在相应工作幅度起吊额定载荷, 并且在臂架端部施加数值为 5% 额定载荷的水平侧向力时, 臂架头部在回转平面内的水平静位移应当不大于 $0.07L_C^2/100$; 当 $L_C \geq 45\text{m}$ 时, 式中系数 0.07 取值为 0.1~0.15。

2.3.5.6 铁路起重机底架刚度

在相应工作幅度起升额定载荷, 并且在臂架端部施加数值为 5% 额定载荷的水平侧(切)向力时, 臂架端部在回转平面内的水平(侧向)静位移应当不大于 $0.07L_C^2/100$ 。

2.3.6 螺栓和销轴连接

- (1) 螺栓和销轴的连接应当满足静强度和疲劳强度的设计要求;
- (2) 高强度螺栓的连接应当在设计文件中注明所用高强度螺栓连接副的性能等级、规格、连接类型, 螺栓副的排列数量、排列方式、拧紧力矩及摩擦型连接摩擦面抗滑移系数值等;
- (3) 高强度螺栓连接处钢板表面应当平整、无焊接飞溅、无毛刺、无油污;
- (4) 设计布置高强度螺栓时, 留有必需的施拧空间;
- (5) 承受交变载荷、动载以及连接面滑动将导致严重后果的螺栓连接应当进行预紧, 确保连接面不会分离, 并且有防止螺栓连接松动的措施;
- (6) 采用销轴连接时, 应当有可靠的轴向定位或者防脱措施; 连接销轴轴端采用焊接挡板时, 挡板的厚度和焊缝应当有足够的强度, 挡板与销轴应当有足够的重合面积。

2.3.7 结构件表面处理

金属结构件在涂装前应当进行表面预处理; 主要结构件应当达到 GB/T 8923.1—2011《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分: 未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》中规定的 $S_a2 \frac{1}{2}$ 级或者 S_t3 级, 其他结构件应当达到 S_a2 级或者 S_t2 级。

2.4 主要工作机构

主要包括起升机构、运行机构、回转机构、变幅机构、臂架伸缩机构等。涉及爬

升机构、传动机构、存取交换和循环机构等专项设计要求见本规程附件 A 中 A2。

2.4.1 起升机构

(1) 按照规定的使用方式应当能够平稳地起升和下降额定载荷，并且可靠地悬停；

(2) 应当采取必要的措施保证钢丝绳(或者链条)正常工作；

(3) 采用钢绞线悬挂承载的液压提升装置作为起升机构的提升系统时，钢绞线不应当出现缠绕、交叉、错位，以及钢绞线之间受力不均等现象；夹具应当具备常闭式的锁定功能，牢固锁定承载的钢绞线，并且具有可靠的自锚性能、良好的松锚性能；应当装设电气互锁装置，保证每根钢绞线上、下两组夹具在运动过程中至少保持 1 组夹具处于闭合状态，实现制动。

2.4.2 运行机构

按照规定的使用方式应当能够使整机和小车平稳地启动和停止。

2.4.3 回转机构

按照规定的使用方式应当能够平稳地启动和停止。

2.4.4 变幅机构

对于动臂变幅的，动臂变幅机构在起升机构悬吊额定载荷时，应当能够使臂架提升、下降或者保持静止，但对不允许带载变幅的变幅机构应当能够使臂架保持静止；对于牵引小车变幅的，小车轮应当有轮缘或者设有水平导向轮，但对偏心牵引的小车只能采用水平导向轮。

2.4.5 臂架伸缩机构

(1) 伸缩机构应当能够在操作者控制下使臂架各外伸臂段平稳地伸缩到规定的臂长，并且可靠地支撑各伸出臂段；

(2) 单缸插销伸缩机构每节臂的臂长选择不应当少于 2 个臂位；

(3) 单缸插销伸缩机构应当能够根据伸缩缸的载荷状态控制油缸的工作压力，缸销、臂销油缸应当有机械互锁装置。

2.5 主要零部件

主要包括卷筒、滑轮、吊具、车轮、减速器、制动器等。涉及钢丝绳、起重用短环链以及升降机和机械式停车设备专用零部件等专项要求见本规程附件 A 中 A3。

2.5.1 卷筒

(1) 铸铁卷筒材料的力学性能应当不低于 GB/T 9439—2010《灰铸铁件》中的 HT200，铸钢卷筒材料的力学性能应当不低于 GB/T 37400.6—2019《重型机械通用技术条件 第 6 部分：铸钢件》中的 ZG270~500；卷筒不得有影响使用性能的铸造缺陷，如裂纹、缩孔、夹渣等；焊接卷筒材料的力学性能应当不低于 GB/T 700—2006

中的 Q235B，焊接卷筒的重要焊缝不得有裂纹、未焊透和未熔合等缺陷；

(2) 焊接卷筒体的环向对接焊缝和纵向对接焊缝经外观检查合格后，应当做无损检测，环形对接焊缝进行不少于 50% 检验，用射线检测时其验收等级不低于 GB/T 37910.1—2019 中的 2 级，用超声波检测时其验收等级不低于 JB/T 10559—2018 中的 1 级；纵向对接焊缝进行 20% 的检验，并且至少保证卷筒两端各 160mm 范围内做检验，用射线检测时其验收等级不低于 GB/T 37910.1—2019 中的 3 级，用超声波检测时其验收等级不低于 JB/T 10559—2018 中的 2 级；

(3) 卷筒在机械加工之前，应当消除内应力；

(4) 只缠绕一层钢丝绳的卷筒，应当有绳槽；多层缠绕的卷筒，应当采用排绳装置或者便于钢丝绳自动转层缠绕的凸缘导板结构等措施；多层卷绕的卷筒，应当有防止钢丝绳从卷筒端部滑落的凸缘；当吊具处于工作位置最高点时，凸缘应当超出最外面一层钢丝绳，超出高度应当不小于钢丝绳直径的 1.5 倍（塔式起重机则为 2 倍）；

(5) 塔式起重机起升卷筒及动臂变幅卷筒均应当配置防钢丝绳脱出卷筒的装置，该装置与卷筒侧板顶部之间的间隙应当不大于钢丝绳直径的 20%。

2.5.2 滑轮

(1) 滑轮应当有防止钢丝绳脱出绳槽的装置或者结构，在滑轮罩的侧板和圆弧顶板等处与滑轮本体的间隙应当不超过钢丝绳直径的 0.5 倍；

(2) 人手可触及的滑轮组，应当装设滑轮罩壳；对可能摔落到地面的滑轮组，其滑轮罩壳应当具有足够的强度和刚度；

(3) 铸铁滑轮材料的力学性能应当不低于 GB/T 9439—2010 中的 HT200，铸钢滑轮材料的力学性能不低于 GB/T 37400.6—2019 中的 ZG270~500，焊接滑轮或者轧制滑轮材料的力学性能不低于 GB/T 1591—2018 中的 Q355B；

(4) 冶金桥式起重机的滑轮不允许采用铸铁滑轮或者尼龙滑轮。

2.5.3 吊具

起重机械吊具分为不可拆分吊具与可拆分吊具，包括吊钩、集装箱吊具、抓斗、起重电磁铁、真空吸盘、夹钳等。

2.5.3.1 吊钩

(1) 不得采用铸造吊钩；

(2) 锻造吊钩材料的力学性能应当不低于 GB/T 714—2015《桥梁用结构钢》中的 Q345qD；叠片式吊钩材料的力学性能应当不低于 GB/T 1591—2018《低合金高强度结构钢》中的 Q355B，当环境温度低于-20℃时应当不低于 Q355D；

(3) 锻造吊钩表面应当光洁，无裂纹、折叠等缺陷；锻造吊钩内部应当无裂纹、白点等影响使用安全的缺陷，超声波检测质量等级应当不低于 GB/T 37400.15—2019《重型机械通用技术条件 第 15 部分：锻钢件无损探伤》中的 II 级；锻造吊钩的缺

陷不允许补焊；

(4) 叠片式吊钩各钩片应当采用正火状态钢板；各钩片表面应当无锈蚀和氧化皮，无表面裂纹和内部开裂，有缺陷的钩片不得使用；钩片叠装时必须贴紧，各钩片间的缝隙应当不大于 0.5mm；钩片主要受力面上不允许有焊接现象；叠片式吊钩的缺陷不允许补焊；

(5) 使用条件或者操作方法可能会导致物品意外脱钩时，吊钩应当装设防物品意外脱钩的装置。

2.5.3.2 集装箱吊具

(1) 旋锁应当选用屈服极限不低于 450MPa 的优质钢材制造；旋锁热处理加工后，头部工作面硬度不低于 320HB，应当进行无损检测，不得有裂纹，不得修补；

(2) 应当有完善的安全保护和信号显示装置，确保吊具与集装箱间联系可靠、联锁有效；

(3) 应当有可靠的联锁保护装置(如转锁装置安全联锁、伸缩装置安全联锁、吊具着箱联锁、伸缩止挡及其限位等)，并且设有联锁发生故障时的保护措施；

(4) 应当装设减摇装置；

(5) 吊具本体的各动作与整机的升降控制应当有安全联锁，当所吊运集装箱下部离开接触的承载面(如地面、车辆承载面等)后吊具转锁不能转动。

2.5.3.3 抓斗

(1) 应当具有足够的强度、刚度以及良好的抓取性能，具有防脱绳、防磨绳和安全限位措施；

(2) 主要结构件材质的力学性能应当不低于 GB/T 700—2006 中的 Q235B；抓斗各部件铰轴材质的力学性能不低于 GB/T 699—2015 中的 45 钢，并且进行调质处理；

(3) 各铰点、滑轮等部位应当转动灵活，不得有卡阻、碰擦等影响运转的现象。

2.5.3.4 起重电磁铁

(1) 起重电磁铁应当提供至少相当于 2 倍额定载荷的拉脱力，电控永磁铁和起重永磁铁应当提供至少相当于 3 倍额定载荷的拉脱力；

(2) 应当装设一个自动报警装置来监控起重电磁铁的供电电源，当供电电源出现故障时，应当发出光或者声音报警；采用蓄电池作为供电电源时，在电源达到释放额定载荷等级前至少 10min 发出报警；

(3) 起重电磁铁采用起重机械主电源作为电源出现故障(如停电)时，应当有一个备用电池自动供电，其提供的电流应当能够保持起重电磁铁吸附额定载荷至少 15min，并且能够控制所吸附的额定载荷缓慢落地；

(4) 起重电磁铁和电控永磁铁系统应当有一个指示器，显示起重电磁铁是否通电；

(5) 载荷的释放应当由双动作控制来操纵。

2.5.3.5 真空吸盘

(1) 在所有预计的倾斜角度下真空吸盘的设计, 应当能够吸起至少相当于 2 倍的额定载荷;

(2) 动力式真空吸盘应当装有压力测量装置, 来显示真空的工作范围和下落范围; 非动力式真空吸盘应当装有指示器, 到达工作范围结束点时显示给作业人员; 有关作业人员在正常工作位置, 应当能够清晰看见测量装置或者指示器显示的内容;

(3) 应当装设自动报警装置, 在真空损失不能补偿的情况下, 达到下落范围时应当能够发出光或者声音的自动报警; 当真空吸盘出现电源故障时, 报警设备应当仍能运行;

(4) 如果出现电源故障, 真空吸盘应当能够保持载荷 5min;

(5) 载荷的释放应当由双动作控制来操纵。

2.5.3.6 夹钳

(1) 依靠摩擦支持载荷的夹钳支持力, 应当至少达到 2 倍的额定载荷;

(2) 如果夹钳通过摩擦来夹持, 夹紧机构的设计应当确保夹持力在载荷变形(如表面挤压、弹性和塑性变形)时仍然保持夹紧力; 通过液压或者气压维持载荷的夹钳, 应当装设一个装置来补偿降至工作压力之下的压力;

(3) 不是自动闭合的夹钳, 释放载荷应当由双动作控制来操控。

2.5.4 车轮

车轮与轨道的材料以及选型应当有合适的匹配。

车轮踏面和轮缘内侧不得有气孔、夹渣、裂纹等缺陷, 车轮踏面和轮缘内侧面上的缺陷不允许补焊。

2.5.5 减速器

(1) 减速器设计使用年限应当与该机构工作级别中所对应的使用等级一致; 允许在起重机械设计使用年限内更换减速器的, 减速器设计使用年限可以小于该机构的设计使用年限;

(2) 减速器的选用应当校核输出轴的最大输出扭矩和强度以及输入轴的强度; 三点支撑的减速器应当校核支承铰轴的强度;

(3) 优先采用具有大传动比、减量化的轻型减速器, 减轻传动系统自重, 减小传动系统外形尺寸;

(4) 优先采用寿命长、服役期免维护或者少维护的高性能减速器。

2.5.6 制动器

(1) 动力驱动的起重机械(液压缸驱动除外), 其起升、变幅、运行、回转机构都应当装设可靠的制动装置; 在运行机构、回转机构的传动装置中有自锁环节的特殊措施, 能够确保不发生超过许用应力的运动, 可以不用制动器;

(2)需要控制下降制动距离的起重机械,其制动距离一般可控制为不大于 1min 内稳定起升距离的 1/65;

(3)制动器应当便于检查、调整,制动衬片应当能够方便更换,常闭式制动器弹簧应当是压缩式的;

(4)具有制动功能的电动机,制动应当平稳、可靠,制动面保证接触良好,制动环磨损后可以调节和更换;制动部分的装配应当保证电动机起动及制动时的轴向窜动为 1.5mm~3mm,并且保证运转时制动环不与制动面相擦;

(5)起升机构每一套独立的驱动装置应当装设至少一个工作制动器;工作制动器应当是机械常闭式,制动轮(盘)应当装在与传动机构刚性联接的轴上。而吊运熔融金属、易燃易爆化学品或者危险品的起升机构,每套驱动系统应当至少装设两套独立工作制动器;

(6)一般起升机构(通常为 M5 级及以下级别)工作制动器的制动安全系数不低于 1.5,重要起升机构(通常为 M6 级及以上级别)不低于 1.75;吊运熔融金属、易燃易爆化学品或者危险品的起升机构,每个工作制动器的制动安全系数不低于 1.25,如两套驱动系统彼此有刚性联系,则每个工作制动器的制动安全系数不低于 1.10;驱动系统采用行星差动减速器的,每个工作制动器的制动安全系数不低于 1.75;具有液压制动作用的液压传动起升机构,制动安全系数不低于 1.25;机械式停车设备升降运动制动器的制动安全系数不低于 1.75;

(7)安全制动器的安全系数不低于 1.5,对于架桥机安全制动器的安全系数不低于 1.75;

(8)安全制动器应当装设手动释放装置;

(9)防爆环境使用的起重机械应当采用防爆型制动器,腐蚀环境使用的起重机械应当采用防腐型制动器;

(10)施工升降机吊笼载有 1.25 倍额定载荷以额定速度向下运行,或者吊笼载有额定载荷以超速保护装置的动作速度向下运行的情况下,制动器均应当能够使吊笼停止,曳引式施工升降机的制动器应当能够使曳引机停止运转。

2.6 主要控制系统

主要包括电气系统、液压系统、气动系统等。涉及电气防护、安全监控管理系统、升降机和机械式停车设备等专项要求见本规程附件 A 中 A4。

2.6.1 电气系统

电气系统应当保证电气设备性能准确、安全、可靠,能够防止由于电气设备本身失效引起的危险,或者由于机械运动等损伤导致电气设备产生的危险,在紧急情况下能够切断动力电源或者停机过程中保留动力电源,停机后切断动力电源。

安全监控管理系统是起重机械电气控制系统的一部分，非独立产品，安装安全监控管理系统的大型起重机械见《安装安全监控管理系统的大型起重机械目录》（见附录 a）。

2.6.1.1 设备选择与防护

电气设备及电器元件应当与供电电源和工作环境以及使用工况相适应，并且符合各自的产品标准，或者具有等价的安全性。

电气设备应当有防止固体物和液体侵入的防护措施；如果电气设备安装处的实际环境存在污染物（如灰尘、酸类物、腐蚀性气体、盐类物等）时，应当提高电气设备的适应性，保证设备在设计使用年限内的正常使用；防护等级应当符合设计文件和相关产品标准的要求。

2.6.1.2 供电电源及开关

(1) 起重机械应当由专用馈电线供电，有触电危险的供电主滑触线应当涂有安全色，并且在适当的位置装设安全警示标志或者带电状态的指示灯；

(2) 电源进线端应当装设切断起重机械总电源的电源开关，电源开关可以是隔离开关、与开关电器一起使用的隔离器或者是具有隔离功能的断路器；总电源回路应当装设总断路器，总断路器的控制应当具有电磁脱扣功能，其额定电流应当大于起重机械额定工作电流，电磁脱扣电流整定值应当大于起重机最大工作电流；总断路器的断弧能力应当能够断开在起重机械上发生的短路电流；总断路器的出线端不应当与起重机械无关的其他设备连接；

(3) 多台起重机械共用同一供电线时，每台起重机械均应当装设一个独立的电源开关；使用两个或者多个引入电源时，每个电源都应当装设电源开关以及联锁保护装置；

(4) 起重机械上应当装设总线路接触器，能够分断所有机构的动力回路；起重机械上所设总断路器能够远程分断所有机构的动力回路时，可以不设总线路接触器。

2.6.1.3 信号

起重机械上应当有指示总电源分合状况的信号，必要时还应当设置故障信号或者报警信号；信号指示应当装设在司机或者有关人员视力、听力可及的范围。

起重机械（悬挂式控制装置或者无线遥控装置除外）应当有警示音响信号，并且在起重机械工作区域内能够清楚地听到。

2.6.1.4 操作装置

2.6.1.4.1 急停开关

每台起重机械应当装设一个或者多个不能自动复位的急停开关，能够停止所有运动的驱动机构，并且设置在各个操作控制站以及其他可能要求引发紧急停止功能的位置。

急停开关动作时，不应当切断可能造成物品坠落的动力回路（如起重电磁铁、真空吸盘等吸持装置）。

2.6.1.4.2 控制系统布置

控制系统的布置应当避免发生误操作的可能性；各操纵装置操纵方便、灵活、准确、可靠，并且设有清晰直观的表示用途和操作方向的指示标牌或者标识。

2.6.1.5 制动器控制

(1)与电动机同时控制的制动器，控制制动器的线路应当装设保护装置，出现故障时能够迅速切断电动机和制动器的电源；如果电动机与制动器连接的导线长度不大于 5m，可以不装设此保护装置；

(2)与电动机分开控制的制动器，制动器的控制要采取预防措施，防止启动和制动时出现任何失控的运动；电动机通电时制动器不得抱闸，短暂过渡状态除外；如果有电气制动，机械制动应当在电气制动之后动作；

(3)装设安全制动器的起升机构，正常作业时工作制动器动作后，安全制动器延时动作，其延时动作时间可调；如果出现异常情况发生紧急制动，安全制动器应当立即动作；

(4)系统意外断电时，如果制动器动作会引起机械设备损坏、倾翻的情况，应当采取措施保证意外断电时制动器动作过程的安全。

2.6.1.6 电气设备布置

电气设备的固定应当牢固可靠、易于操作与维护保养，采取防松、防震、防坠落等措施；电气设备的布置应当确保留有足够的逃生通道。

2.6.1.7 电线电缆

(1)应当采用铜芯电线电缆，相对移动部位应当采用多股铜芯软电缆（注 2-10）；采用的电线电缆应当适合其工作条件，并且保证足够的机械强度；

(2)多层布置的桥式起重机或者门式起重机，下层起重机应当采用电缆或者安全滑触线供电；

(3)采用移动电缆供电时，应当采取防止电缆过分受力的措施或者使用承载电缆。

注 2-10：特殊的电缆除外，如光缆、视频电缆、专用的通讯电缆、PROFIBUS 电缆等。

2.6.1.8 绝缘

电气设备之间、电气设备与起重机械结构之间，应当有良好的绝缘性能，绝缘电阻应当符合以下要求，同时符合设计文件要求：

(1)主回路、控制回路、电气设备的相间绝缘电阻和对地绝缘电阻不小于 $1.0\text{M}\Omega$ ；

(2)防爆起重机主回路、控制电路、所有电气设备的相间绝缘电阻和对地绝缘电阻不小于 $1.5\text{M}\Omega$ ；

(3)绝缘起重机应当设有 3 道绝缘（即吊钩与钢丝绳动滑轮组之间、起升机构与小

车架之间、小车架与桥架或者门架之间)，其每道绝缘在常温状态(温度 20℃～25℃，相对湿度≤85%)下绝缘电阻不小于 1.0MΩ；应当配置不间断的绝缘监测系统，具有自动声光报警功能，报警装置与电源总开关联锁，当绝缘失效时自动声光报警装置应当发出报警信号；在非工作状态以及 GB/T 3805—2008《特低电压(ELV)限值》中环境状况 3 下，小车架上的感应电压，交流的不超过 33V、直流的不超过 70V。

2.6.1.9 照明和插座

照明回路的电源不应当受起重机械动力电源总开关切断的影响；可移动式照明应当是安全电压。

维修插座馈电电路应当有过电流保护；插座应当有电压、电流标识。

2.6.2 液压系统

(1) 液压系统应当设有防止过载和冲击的安全装置；采用溢流阀时，溢流阀的最高工作压力不大于最大工作压力的 1.1 倍，并且不大于液压泵的额定压力；

(2) 液压系统应当防止系统背压对制动器的意外控制和零部件损坏；

(3) 液压元件应当能够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；液压系统的执行元件在运行过程中，特别是在最小稳定速度运行时，不能出现明显的抖动、爬行现象；

(4) 平衡阀与被控元件(油缸、泵等)的连接应当是刚性连接；如果与平衡阀的连接管路过长，在靠近压力管路接头处应当装设自动保护装置；

(5) 采用油缸支撑起重作业的流动式起重机在密封性能试验时，载荷稳定后的 15min 内变幅液压油缸和垂直支腿液压油缸的回缩量应不大于 2mm，载荷下沉量不大于 15mm；

(6) 采用液压系统的集装箱正面吊运起重机在额定载荷试验时，吊具下沉量在 10min 内不大于 150mm；

(7) 采用液压支腿的铁路起重机在密封性能试验时，10min 内活塞杆回缩量不大于 2mm 和设计文件的要求。

2.6.3 气动系统

气动系统应当设有防止过载和冲击的安全装置。

气动元件应当能够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；气动系统的执行元件在运行过程中，特别是在最小稳定速度运行时，不能出现明显的抖动、爬行现象。

2.7 司机室、通道、平台、梯子、栏杆

主要包括司机室、通道与平台、梯子与栏杆等。

2.7.1 司机室

(1) 司机室的结构应当能够承受起重机械在工作期间或者维修时所有作用在其上的工作载荷；安装在起重机械上的司机室应当与起重机可靠连接，当司机室用减振器或者其他隔振装置安装在起重机械上时，应当装设防止司机室坠落的辅助固定装置；

(2) 司机室所有支撑结构应当使用不燃材料；司机室的隔板、陈设和连接件应当使用阻燃材料；

(3) 司机室应当具有符合结构要求、满足操作安全和作业要求的视野；司机室窗户应当采用安全玻璃或者与其等效的材料，并且应当易于清洗；

(4) 司机室顶部存在坠落物危险时，应当装设有效的防护；司机室内地板应当采用防滑的非金属隔热材料覆盖，并且在合适位置配备灭火器；

(5) 在室外或者在没有暖气的室内操作的起重机械(除气候条件较好外)，宜采用封闭式司机室；在高温、高湿、有尘、有毒或者有害气体等环境下工作的起重机械，应当采用能够提供清洁空气、密封性能良好的封闭司机室；在有暖气的室内工作的起重机械司机室，或者在室内仅作辅助性质工作、较少使用的起重机械司机室，可以是敞开式，敞开式司机室应当设置高度不小于 1m 的护栏；

(6) 司机室应当有安全出入口；应当有措施防止司机室门在工作时被意外打开，司机室的拉门和外开门应当通向同一高度的水平平台；司机室外无平台时，一般情况下司机室门应当向里开；流动式起重机司机室回转门应当向外开，滑动门应当向后开；

(7) 操作指示器应当显示醒目，并且安装在司机方便观察的位置；指示器和报警灯以及急停开关按钮，应当装设清晰永久的易识别标志；报警灯应当具有适宜的颜色，危险显示应当用红色；

(8) 塔式起重机司机室不应当悬挂在起重臂上；当臂架俯仰摆动或者臂架以及物品坠落会影响司机室安全时，司机室不应当设置在起重臂架的下方；如果司机室安装在回转塔身结构内，则应当保证司机的视野开阔；用司机室地板的活动门作为司机室通道时，应当利用司机室顶部或者侧面的备用活动门作为紧急出口；用司机室顶部的活动门作为司机室通道时，活动门应当向上开启。

2.7.2 通道与平台

(1) 起重机械上所有操作部位以及要求经常检查和维护保养的部位(包括臂架顶端的滑轮和运动部分)，凡离地面垂直距离超过 2m，都应当通过通道、斜梯(楼梯)、平台或者直梯到达，平台应当装设护栏；不论起重机械在什么位置，通道、斜梯(楼梯)、平台都应当有安全入口；如起重机械的臂架可以放到地面或者人员可以到达的部位，或者设有其他构造能够进行直观检查的，则臂架上可以不设有通道；

(2) 起重机械在正常停机位置时，应当有人员进出司机室的安全通道；紧急状态下，应当有人员出入司机室的应急措施；

(3) 通道、斜梯和平台的净空高度应当不低于 1.8m；运动部分附近的通道和平台

的净宽度应当不小于 0.5m；如果设有扶手或者栏杆，在高度不超过 0.6m 的范围内，通道的净宽度可以减至 0.4m；固定部分之间的通道净宽度应当不小于 0.4m；起重机械结构件内部很少使用的进出通道，其最小净空高度可以为 1.3m，但此时通道净宽度应当增加到 0.7m；只用于维护保养的平台，其上面的净空高度可以减到 1.3m；

(4)任何通道基面上的孔隙，包括人员可能停留区域之上的走道、驻脚台或者平台底面上的狭缝或者空隙，其尺寸应当不能使直径为 20mm 的球体通过；当缝隙长度等于或者大于 200mm 时，其最大宽度为 12mm；

(5)通道区域应当远离裸露动力线，上方距离应当不小于 2m，左右距离应当不小于 1m，下方距离应当不小于 0.5m；通道靠近裸露动力线时，应当对这些动力线加以保护；通道离下方裸露动力线的高度低于 0.5m 时，应当在这些区域采用实体式地板；

(6)塔式起重机的起重臂在截面高度小于 0.85m，或者属于快装式塔式起重机，或者变幅小车上设有与小车一起移动的挂篮时，可以不在起重臂上设有走道；

(7)塔式起重机采用正置式三角形起重臂，起重臂截面内净空高度不小于 1.8m 时，走道及扶手应当装设在起重臂内部，至少一边设有扶手，扶手安装在走道上部 1m 处；当起重臂截面内净空高度小于 1.8m 时，走道及扶手应当沿着起重臂架的一侧装设，扶手安装在走道上部；

(8)塔式起重机采用倒置式三角形起重臂，起重臂截面内净空高度不小于 1.8m 时，或者当起重臂是格构式并且起重臂截面内净空高度不小于 1.5m 时，起重走道及扶手应当装设在起重臂内部，并且至少一边装设扶手，扶手安装在走道上部 1m 处；其他情况走道及扶手应当装设在起重臂的上部，并且扶手装设在走道上部 1m 处的外侧。

2.7.3 梯子与栏杆

(1)凡高度差超过 0.5m 的通行路径应当做成斜梯或者直梯；高度不超过 2m 的垂直面上可以设脚踏板，脚踏板两侧应当设有扶手；

(2)斜梯的倾斜角不宜超过 65°，特殊情况下，倾斜角也不应当超过 75°(超过时按照直梯设计)；斜梯两侧应当设有栏杆，主要斜梯栏杆的间距应当不小于 0.6m，其他斜梯可取为 0.5m；斜梯的一侧靠墙壁时，可以只在另一侧装设栏杆，栏杆高度不小于 1m；

(3)梯级踏板表面应当防滑；梯级的净宽度应当不小于 0.32m，单个梯级的高度取为 0.18m~0.25m，斜梯上梯级的进深应当不小于梯级的高度，连续布置的梯级，其高度和进深均应当为相同尺寸；

(4)直梯两侧撑杆的间距应当不小于 0.40m，两侧撑杆之间梯级宽度应当不小于 0.30m，梯级的间距应当保持一致，取为 0.23m~0.30m，梯级离开固定结构件至少为 0.15m，梯级中心 0.1m 范围内应当能够承受 1200N 的分布垂直力而无永久变形；

(5)装设在结构件内部的直梯,如果结构件的布置能够保证直径为 0.6m 的球体不能穿过,则可以不装设护圈;其他存在从高处有跌落危险的直梯,从高度 2.0m 直梯处开始应当装设护圈,护圈直径为 0.6m~0.8m;

(6)除非提供有其他合适的把手,直梯的两边撑杆至少要比最上一个梯级高出 1.0m,当空间受限制时此高出的高度也应当不小于 0.8m;

(7)起重机械上用于进行起重机械的安装、拆卸、试验、修理和维护保养,并且高于地面 2m 的工作部位,或者通往离地面高度 2m 以上的操作室、维护保养部位的通道,或者在起重机械上存在跌落高度大于 1m 的危险通道及平台都应当装设栏杆;

(8)栏杆的垂直高度不低于 1m,栏杆下部应当有高度不低于 0.1m 的踢脚板,在踢脚板与手扶栏杆之间有不少于一根的中间横杆,其与踢脚板或者栏杆的距离不得大于 0.5m;对净高不超过 1.3m 的通道,栏杆的高度可以为 0.8m;在栏杆上的任意点任意方向应当能够承受的最小力为 1000N,并且无永久变形;栏杆开口处应当有防止人员跌落的保护措施;沿建筑物墙壁或者实体墙结构设有的通道,允许用扶手代替栏杆,扶手的中断长度(如为让开建筑物的柱子、门孔)应当不超过 1m;

(9)无法设置栏杆时,应当装设护绳(如钢丝绳、链条),其高度不宜低于 1m;护绳任意位置应当能够承受 5kN 的外力;

(10)应当对机械式停车设备进行隔离,防止外部人员从出入口以外的部位进入;带地坑的停车设备,应当在出入口处设置门(栅栏门)。

2.8 安全保护装置

主要包括起重量限制器、起重力矩限制器、防坠安全器等。涉及起升高度限制器、抗风防滑装置等专项要求见本规程附件 A 中 A5。

2.8.1 起重量限制器

起升机构应当装设起重量限制器,起重量限制器动作时应当能够停止向不安全方向的动作。

2.8.2 起重力矩限制器

起重量随幅度变化的起重机械应当装设起重力矩限制器,起重力矩限制器动作时应当能够停止向不安全方向的动作。

2.8.3 防坠安全器

- (1)应当设有吊笼超速运行时防止吊笼坠落的防坠安全器;
- (2)防坠安全器不应当借助于电气、液压或者气动装置来动作;防坠安全器或者其制停装置应当安装在吊笼上并且由吊笼超速来直接接触;
- (3)防坠安全器应当能够使载有 1.3 倍额定载荷的吊笼停止并且保持停止状态;
- (4)防坠安全器停止吊笼时的制动距离和减速度应当符合相关产品标准的要求;