

# 桥门式起重机检验中的几个问题及分析

孟 滨 刘全威 (湖北特种设备检验检测研究院襄阳分院, 湖北 襄阳 441000)

**摘要:** 在我国工业高速发展的背景下, 起重机械在工业中的运用越来越多, 相应的起重机械事故的数量也在提升。起重机械法定检验制度是国家对起重机械管理的安全兜底和技术兜底, 检验人员技术水平和检验质量的提高, 是自身职责的需求, 也是对检验风险的一种有效规避。检验员在检验过程会遇到各种各样的问题, 本文主要分析了桥门式起重机检验中常见的几个问题, 并进一步阐述了问题的应对方法。

**关键词:** 桥门式起重机; 起重机检验; 问题; 思考

桥门式起重机是现代工业重要的生产工具, 它全面提高了工业生产效率, 同时也降低了企业的人力成本和安全风险。但是, 桥门式起重机使用仍然存在安全风险, 来自设备的状况、人员行为、安全管理水平等因素。近些年来, 造成 30 人以上死亡的起重机特别重大事故就发生两起, 安全形势不容乐观。国家将部分起重机械纳入《特种设备目录》, 由各级市场监督管理局对其监督管理。起重机在投入使用前和投入使用后均需经过法定检验, 检验结论是监管部门重要监管依据, 也是提升起重机械安全状况重要手段。因此, 如何提升检验质量和检验效率, 如何在现行标准和检规的框架内快速精准的发现起重机的安全隐患, 是检验员们需要认真思考的问题。笔者从实际工作出发, 结合自身理解, 将起重机械检验过程中可能忽视的几个问题, 或者说值得思考的几个问题, 进行了总结, 希望能对检验人员的检验工作提供一些参考。

## 1 桥门式起重机检测中的几个问题

### 1.1 选型不适用

起重机选型是否正确关系到起重机能否正常使用。企业在选用起重机时, 会考虑额定起重量、跨度、起升高度等参数, 但容易疏忽起重机工作级别要求。笔者在检验中, 偶见低工作级别的起重机, 使用在负荷大、吊装频繁的工作环境。这种情况容易导致起重机频繁故障, 如驱动电机烧坏、起动电阻损坏、甚至金属结构变形等。另外, 还有一些企业存在使用普通桥门式起重机吊装熔融金属的情况, 也有用普通电动葫芦调运熔融或炙热金属的情况发生, 存在很大安全风险。

### 1.2 轨道基础不合格

部分小型企业安装桥门式起重机时, 由于专业知识的匮乏或者资金的欠缺, 车间设计图纸没有经过专业的计算, 或者未按图施工, 造成起重机轨道基础不稳, 钢结构强度不够等问题。在长期超负荷压力下, 起重机的轨道基础产生变形, 可引起起重机啃轨、脱轨、整机倾覆等情况。

### 1.3 安全保护装置故障

安全保护装置失效, 是桥门式起重机检验很常见的问题。车间的起重机大多工况恶劣, 起重机的大小车限位、起升限位、起重量限制器等保护装置容易失效。加

之安全保护装置本身属于易损件, 部分企业为了图方便, 对于损坏的安全装置不予及时维修更换, 致使起重机长期带病作业, 一旦发生突发情况易造成人身伤亡财产损失。

### 1.4 接地保护故障

接地保护其作用是将电气设备不带电的金属部分与接地体之间作良好的金属连接, 降低接点的对地电压, 避免发生漏电时人体触电危险。接地保护的原理涉及的电学知识较深奥, 对安装人员和检验人员的理论水平和实操能力要求较高, 也是起重机检验项目中较为复杂的一项。起重机械用电环境复杂, 很多起重机械安装人员没有完全掌握要求, 导致很多使用中的起重机接地保护不完善。

## 2 问题的分析

### 2.1 选型问题

使用单位对起重机的选型出现错误, 一般是提高工作级别使用的情况, 也就是低工作级别的起重机在高强度使用环境中。这种情况除了直接影响起重机使用寿命外, 其他问题表现为起重机故障率高, 使用维护费用高昂。起重机选型错误实际上是个根源性的问题, 此类问题的整改就是整机更换, 整改难度大、费用高。如何发现此类问题是检验员的难点。

表 1 起重机使用等级

使用等级	U0	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9
使用频繁程度	很少使用				不频繁使用	中等频繁使用	较繁忙使用	频繁使用	特别频繁使用	

表 2 起重机载荷状态等级和载荷谱系数

载荷状态等级	载荷谱系数	说明
Q1	0.125	很少起升额定载荷, 经常起升较轻载荷
Q2	0.125-0.25	较少起升额定载荷, 经常起升中等载荷
Q3	0.25-0.5	有时起升额定载荷, 较多起升较重载荷
Q4	0.5-1	经常起升额定载荷

表 3 起重机整机的工作级别

载荷状态等级	载荷谱系数	起重机使用等级									
		U0	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9
Q1	0.125	A1	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2	0.125-0.25	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8

Q3	0.25-0.5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8
Q4	0.5-1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8	A8

对于起重机的工作级别划分的问题,参考 GB/T 3811-2008《起重机设计规范》的内容来说明。规范根据起重机的 10 个使用等级(表 1)和 4 个载荷状态级别(表 2),将整机的工作级别划分为 A1-A8 共 8 个级别。使用等级和载荷状态两个参数反映的是对起重机使用需求,应表现为不同的起重机工作级别(见表 3)。对企业来说在选用起重机工作级别上“大带小”,资源上有浪费,但安全有保障;“小带大”则埋下了事故隐患。

判断起重机选型是否正确,检验员需掌握《表 1~3》的要求,同时也要结合企业的生产状况来判断。现场检验时,应观察起重机使用工况、查阅起重机出厂资料、查阅故障记录和维修记录、往年的检测报告等,综合现场检验发现的问题,才对起重机工作级别选用是否合理作出判断。笔者曾经检验过某车桥厂的一台工作级别为 A3 的电动单梁起重机,这台起重机工作范围内无超过 80% 额载的重物,但使用在流水线作业 24h 三班倒生产线上。每次定检该台设备时都有很多整改项,工人们也反映该设备故障频发。最近一次检验时,发现起重机端梁出现裂纹的重大隐患。笔者根据这些情况,参考上述《表 1~3》,判断这台起重机载荷等级应当是 Q2 或 Q3,使用等级应该在 U5 以上,因此至少应采用 A5 工作级别的起重机,企业接受建议且更换了同样额定起重量的工作级别为 A5 起重机,使用情况大大改善,维护次数和维修成本均大幅下降。

普通电动葫芦用于吊装熔融金属,这种类型问题容易发现。检验员只需通过查看合格证等相关资料,结合现场实物,来判定即可。

## 2.2 轨道基础问题

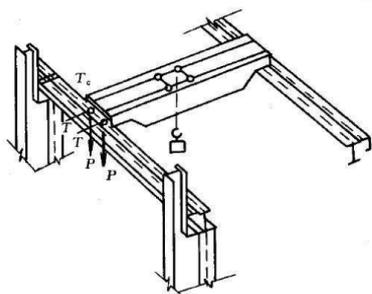


图 1 起重机梁受力图示

轨道基础的问题也属于根源性问题,它最终可能导致起重机出现故障或者事故。但从归属性上讲,轨道基础属于厂房建设的内容。桥式起重机的轨道基础主要包含:立柱、牛腿、起重机行车梁(吊车梁)等。起重机载荷通过轨道传递给起重机行车梁,起重机行车梁由牛腿支撑,牛腿再将受力传递给柱,最终传递到厂房基础上。厂房的设计建设是否合格,决定了起重机能否安全的吊运载荷。

起重机轨道基础的每一项受力结构,都应当进行相应的受力计算。如铺设大车轨道的起重机梁,其受力包括竖向载荷 P,横向水平载荷 T,纵向水平载荷 Tc。

竖向载荷为:

$$P_{\max} = \alpha_1 * \gamma_Q * P_{k, \max}$$

$P_{k, \max}$ - 起重机最大轮压标准值,可在起重机规格中查得;  $\alpha_1$ - 竖向轮压动力系数, A1-A5 软钩起重机,  $\alpha_1=1.05$ , A6-A8 取  $\alpha_1=1.1$ ;  $\gamma_Q$ - 可变荷载分项系数,一般情况下取  $\gamma_Q=1.4$ 。

考虑到起重机梁上的走道载荷,积灰载荷,轨道,制动机构,支撑和梁自重,可近似的将轮压乘以荷载增大系数,即:

$$P_{\max} = \eta_1 * \alpha_1 * \gamma_Q * P_{k, \max}$$

$\eta_1$  的取值如下表 4:

表 4

类型	实腹式起重机梁			桁架式起重机梁
	跨度 6m	跨度 12m	跨度 18m 以上	
$\eta_1$	1.03	1.05	1.07	1.06

横向水平载荷设计值为:

$$T = \alpha_2 * \gamma_Q * T_1, T_1 = c(Q+g)/n$$

$\alpha_2$ - 横向水平制动力系数, A1-A5 取 1, A6-A8 查询表格可得; Q- 起重机额定起重重量; g- 小车自重; n- 起重机大车总轮数。

根据 GB 50009-2001《建筑结构荷载规范》, C 参数取值见下表 5:

表 5

类型	软钩起重机			硬钩起重机
	$Q \leq 100kN$	$150kN \leq Q \leq 500kN$	$Q \geq 750kN$	
c	0.12	0.1	0.08	0.2

纵向水平载荷设计值为:

$$T_c = \gamma_Q * T_2$$

$T_2$ - 起重机每个制动轮的纵向水平制动力,取  $T_2 = 0.1F_{\max}$ ;  $F_{\max}$ - 吊车每个制动轮的最大轮压。

在复核牛腿、柱和起重机行车梁受力情况时,应利用上述内容对竖向、横向和纵向受力的进行计算。对连接板、过渡板、竖板、螺栓等复核时,应结合 GB 50017-2003《钢结构设计规范》、GB 50009-2001《建筑结构荷载规范》、GB50205-2001《钢结构工程施工质量验收规范》的要求。

现行检验规则明确指出,轨道基础不在检验范围内。涉及轨道基础的项目,只有 TSGQ 7016-2016《起重机械安装改造重大修理监督检验规则》C5.1 项:“审查是否有经过起重机械施工单位盖章确认的安装基础验收合格证明。”只要求施工方提供纸质材料证明,无实质性的检验要求。如果轨道基础不合格,引发起重机事故,理论上讲检验人员是不需承担责任的。但是 2007 年铁岭清河特殊钢厂铁水包坠落事故和 2016 年当阳矸石电厂压力管道爆裂事故,两起事故都有检验人员入刑,在现实中事故相关方想完全免责很难。笔者认为检验人员针对该项目,只把控“安装基础验收合格证明”材料,风险很大。在检验过程中,如果发现轨道基础用料明显单薄、施工质量粗糙、型材质量低劣,应当对使用单位提出明确的整改要求。

### 2.3 安全保护装置问题

安全保护装置的检验相对容易,简单的操作就能发现问题。检验意见书下达后,整改难度小,但也有些企业安全意识淡薄,屡次采用价格低质量次的产品。检验人员对此应当引起重视,除了敦促企业加强隐患整改,要用提高维保质量的手段来持续保持安装保护装置的功能,也要做好检验资料和整改证明材料的留存,尽量避免检验责任风险。

另外,安全装置安装的正确性也是检验关注点之一。有些起重机保护装置很齐全,若仔细检查的话,就会发现很多装置形同虚设。有的起重重量限制器限额数据设置错误无限载功能;有的夹轨器提升不到位无法有效夹住轨道;有的设置了锚定装置却没有锚孔;有的大小车限位开关和撞弓不能有效接触;起升限位开关无效等等。检验人员检验时如果只关注安全保护装置的有无,不按检验规程规定方法测试到位,就可能遗漏掉这些问题。

### 2.4 接地保护的检验

检验人员在测量起重机的接地电阻前,首先应明确企业使用的配电网络类型。根据电网保护线的来源,确定接地系统的型式。低电压配电系统有3种接地型式:TN系统、TT系统、IT系统。而起重机使用单位一般多采用的是TN系统和TT系统,这里主要讨论这两种系统。

TN系统的特征是:①供电变压器的中性点直接接地;②起重机地面电源的PE线,一直连接至供电变压器,整个线路连贯没有间断。

TT接地系统特征是:①供电变压器的中性点直接接地;②连接起重机械的金属结构的保护接地PE线独立于电源的中性点(如连接了接地极)。

实际检验中,往往把供电变压器输出的PE线出现中断的配电系统看成了TN系统,起重机总电源处的PE线实际是“断头线”,该接地PE线除了连接起重机的金属结构,又通过厂房钢结构等接地极接地,那此时的接地系统实际是TT系统。接地保护的检验主要包含:金属结构之间是否可靠连接、防护电器的设置和接地电阻的测量。

起重机的整个金属结构需要接地保护,另所有的电气设备外壳、金属导线管、金属支架以及金属线槽均应实施等电位联结,并可靠接地保护。实际检验过程中,常发现起重机的保护PE线连接在钢轨上,把钢轨做为保护导线的部分,这是错误的方法。保护导线必须为电缆、集电导线或滑触线。接地回路的轨道连接、车轮连接、滚轮连接、链条连接、铰链连接、销轴连接等都不是可靠连接,应当采取导线跨接或直接敷设接地导线。

在TN配电系统中,应对每一处的重复接地进行接地电阻测量,且重复接地电阻不大于 $10\Omega$ (测量时切记把接地线与重复接地体断开)。当为TT系统时,须设置漏电保护装置(剩余电流保护装置),合理选择保护装置的容量,使漏电保护器的动作电流与金属结构的接地电阻的乘积不大于 $50V$ ,且电气设备的外露可导电部

分及接地装置的接地电阻不大于 $4\Omega$ 。

当下检验机构多采用钳形接地电阻仪进行接地电阻测量,因为钳形接地电阻仪测量快速、简便,且能应用于传统方法无法测量的场合。但应注意在采用钳形接地电阻测量仪时,必须要构成测量回路。在测量接地系统的重复接地电阻时,可以不设置辅助接地极,但PE线如果存在断线的情况,则必须辅助接地极构成测量回路。图2是钳形接地电阻仪的使用示例。在A点测量时,所测的支路未形成回路,钳形接地电阻仪显示“OL”。在B点测量时,所测的支路是金属导体形成的回路,钳形接地电阻仪显示“ $10.01\Omega$ ”或金属回路的电阻值。只有在C点测量时,才是正确测量支路下的重复接地电阻值。

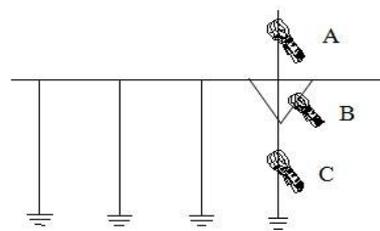


图2 钳形接地电阻仪测试

### 3 结束语

桥门式起重机检验的目的,是为了督促使用单位提升起重机安全状况和维护保养水平,降低起重机的使用风险,减少起重机相关事故。以上几个问题只是桥门式起重机检验诸多问题的代表,还有很多问题都有探讨的空间。检验人员不能局限于检规标准的框架,应当善于总结和思考,重点关注常见的问题、危险的问题和根源性的问题,减少起重机使用安全隐患,帮助企业提高起重机安全管理水平。

### 参考文献:

- [1] 赵国. 起重机械电气安全技术检验 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2008(12).
- [2] 何才厚. 起重机械电气安全技术检验要求读解 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2016(1).
- [3] TSGQ7016-2016. 起重机械安装改造重大修理监督检验规则 [S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2016.
- [4] GB/T3811-2008. 起重机设计规范 [S]. 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, 2009.
- [5] GB50017-2003. 钢结构设计规范 [S]. 中华人民共和国建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2003.
- [6] GB50009-2001. 建筑结构荷载规范 [S]. 中华人民共和国建设部, 国家质量监督检验检疫总局, 2001.
- [7] GB14050-2008. 系统接地的形式及安全技术要求 [S]. 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, 2009.
- [8] 毕军. 浅谈起重机械的接地保护及检验 [J]. 低碳世界, 2018(8).