

# 特种设备安全与节能技术进展二

——2014年全国特种设备安全与节能学术会议论文集(下)

沈功田 李光海 吴 蒙 沈永娜 主 编  
林树青 主 审



 中国质检出版社



# 特种设备安全与节能技术进展二

——2014年全国特种设备安全与节能学术会议论文集

(下)

沈功田 李光海 吴 茉 沈永娜 主编  
林树青 主审

中国质检出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

特种设备安全与节能技术进展二:2014年全国特种设备安全与节能学术会议论文集.下/沈功田等主编.  
—北京:中国质检出版社,2015.8  
ISBN 978-7-5026-4165-8

I. ①特… II. ①沈… III. ①设备安全-中国-学术会议-文集 ②设备-节能-中国-学术会议-文集 IV. ① X93-53  
② TB4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 123541 号

中国质检出版社出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 [www.spe.net.cn](http://www.spe.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 889×1194 1/16 印张 28.5 字数 940 千字

2015 年 8 月第一版 2015 年 8 月第一次印刷

\*

定价 140.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

# 2014年全国特种设备安全与节能学术会议

## 组 织 机 构

### 一、组织委员会

主 席：武津生 宋继红 林树青  
副主席：王越薇 高继轩 沈功田  
成 员：王晓雷 姚泽华 张建荣 沈 钢 钱夏夷 舒文华 邹定东 宋绪鲜  
梁广炽 丁克勤 李光海

### 二、顾问委员会

张 纲(国务院参事) 刘人怀(院士) 张钟华(院士) 庞国芳(院士)  
李天初(院士) 钟群鹏(院士) 潘际奎(院士) 李鹤林(院士)  
林宗虎(院士) 高金吉(院士) 陈学东 郭元亮

### 三、技术委员会(排名不分先后)

主 席：寿比南  
副主席：沈功田 贾国栋 谢铁军 姚泽华 张建荣  
成 员：丁克勤 于国欣 王 志 王福绵 王华明 牛卫飞 尹献德 邓阳春  
业 成 冯月贵 刘 明 刘爱国 刘 磊 汤晓英 成德芳 孙云波  
李 宁 李伟忠 何仁洋 沈 勇 张志毅 张晓斌 张路根 陈 克  
陈 杰 罗伟坚 罗晓明 郑 宁 赵鹏华 杨 力 武星军 胡 滨  
胡 军 侯旭东 夏锋社 党林贵 钱夏夷 梁广炽 曹怀祥 盛水平  
董亚民 董君卯 韩立柱 曾钦达 谢常欢 赖春阳 窦文宇 缪春生  
樊 琨 薛季爱 张东平 邹 萍 汪艳娥 史红兵 于在海 徐金海  
罗志群 苏 强 王 也 伏喜斌 赖跃阳 孙书成 叶伟文 陈家斌  
祝学军 蒋 俊 黄 冀 郭伟灿 马溢坚 曾钦达 姚 钦 赵尔冰  
韩建军 曹光敏 陈定岳 黄 凯 郑 凯 刘大宝 程义河 要万富  
张 勇 邢谷贤 赵 丁 张一平 苏立鹏 张 海 胡玉龙 胡立权  
徐洪涛 杨 虎 韩绍义 王 森 邱志梅

### 四、工作委员会(排名不分先后)

主 席：沈功田  
副 主 席：姚泽华 张建荣 沈 钢 丁克勤 李光海  
成 员：钱夏夷 舒文华 邹定东 宋绪鲜 梁广炽 丁树庆 于 滨 王伟雄  
赵小兵 王晓桥 王骄凌 王从军 刘 明 安克健 吴遵红 邢友新  
朱光艺 孙仁凡 李 丁 李力新 李文广 杨 勇 杨玉山 邹少俊  
邹建华 冯宝琪 唐卫国 唐余余 汪 洋 张元榕 陈志刚 钟海见  
郑 炯 赵世良 赵东辉 赵秋洪 胡 智 高 俊 高增明 郭 凯

# 2014年全国特种设备安全与节能学术会议

## 支持单位

### (共64家单位)

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 中国特种设备检测研究院           | 湖北特种设备检验检测研究院     |
| 中国特种设备安全与节能促进会        | 湖南省特种设备检验检测研究院    |
| 中国特种设备检验协会            | 陕西省锅炉压力容器检验所      |
| 中国锅炉水处理协会             | 云南省特种设备安全检测研究院    |
| 江苏省特种设备安全监督检验研究院      | 甘肃省特种设备检验研究院      |
| 上海市特种设备监督检验技术研究院      | 黑龙江省特种设备检验研究院     |
| 重庆市特种设备检测研究院          | 新疆维吾尔自治区特种设备检验研究院 |
| 沈阳市特种设备检测研究院          | 贵州省特种设备检验检测院      |
| 深圳市特种设备安全检验研究院        | 海南省锅炉压力容器与特种设备检验所 |
| 全国锅炉压力容器标准化技术委员会      | 内蒙古自治区特种设备检验院     |
| 全国索道与游乐设施标准化技术委员会     | 内蒙古自治区锅炉压力容器检验研究院 |
| 《中国特种设备安全》杂志社         | 广州市特种机电设备检测研究院    |
| 中国机械工程学会压力容器分会        | 广州市特种承压设备检测研究院    |
| 中国机械工程学会无损检测分会        | 杭州市特种设备检测院        |
| 中国仪器仪表学会设备结构健康监测与预警分会 | 南京市锅炉压力容器检验研究院    |
| 中国腐蚀与防护学会承压设备专业委员会    | 南京市特种设备安全监督检验研究院  |
| 广东省质量技术监督局            | 武汉市特种设备监督检验所      |
| 北京市特种设备检测中心           | 武汉市锅炉压力容器检验研究所    |
| 天津市特种设备监督检验技术研究院      | 西安市特种设备检验检测院      |
| 山东省特种设备检验研究院          | 济南市特种设备检验研究院      |
| 广东省特种设备检测院            | 长春特种设备检测研究院       |
| 辽宁省安全科学研究院            | 大连市锅炉压力容器检验研究院    |
| 河北省锅炉压力容器监督检验院        | 大连市特种设备监督检验所      |
| 河北省特种设备监督检验院          | 宁波市特种设备检验研究院      |
| 河南省锅炉压力容器安全检测研究院      | 厦门市特种设备检验检测院      |
| 河南省特种设备安全检测研究院        | 温州市特种设备检测中心       |
| 福建省特种设备检验研究院          | 北京市朝阳区特种设备检测所     |
| 浙江省特种设备检验研究院          | 安庆市特种设备监督检验中心     |
| 四川省特种设备检验研究院          | 成都市特种设备检验院        |
| 安徽省特种设备检测院            | 浙江省联合特种设备研究院      |
| 江西省锅炉压力容器检验检测研究院      | 绍兴市特种设备检测院        |
| 广西壮族自治区特种设备监督检验院      | 乌海市特种设备检验所        |

# 序

2014年全国特种设备安全与节能学术会议于11月22日至24日在广东召开,会议由特种设备科技协作平台和国家质检总局科技委特种设备安全与节能专业技术委员会共同举办。这是继2012年全国特种设备安全与节能学术会议后,成功召开的第二届全国性特种设备科技盛会。

本届会议的主题是“推进科技创新,引领特检未来”。旨在通过学术会议,交流最新特检科技成果,培育科技创新环境,提升特检科技水平,进一步促进特种设备安全与节能事业发展。学术会议得到了平台55家理事单位、中国特种设备安全与节能促进会、中国特种设备检验协会、中国锅炉水处理协会、全国锅炉压力容器标准化技术委员会、全国索道与游乐设施标准化技术委员会、中国特种设备安全杂志社、中国机械工程学会压力容器分会、中国机械工程学会无损检测分会、中国仪器仪表学会设备结构健康监测与预警分会和中国腐蚀与防护学会承压设备专业委员会等64家单位支持。

本届学术会议共500多名特检科技工作者相聚一堂,260余篇科技论文进行了会议交流。大会设立了青年优秀论文奖,旨在表彰在科研上取得优秀成果的青年科技人员,从而鼓励更多的青年人积极投身于特种设备科技事业中。本次会议共有91篇论文参加青年优秀论文评选,最终有33篇论文脱颖而出。其中一等奖论文5篇,二等奖论文9篇和三等奖论文19篇。学术会议还特别邀请中国工程院刘人怀院士等国内知名专家就特种设备安全与节能科研前沿问题作了专题报告。

本论文集为2014年全国特种设备安全与节能学术会议论文集。会议共收到论文短摘要296篇,会议现场实际收到论文全文265篇。经同行专家评审、编审人员审核、出版社校核和作者修改,共收录论文188篇。收录的论文内容涵盖锅炉、压力容器、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施、场(厂)内专用机动车辆、大型常压储罐等设备的设计、制造、检验检测、使用和安全监察等环节的安全和节能技术研究及应用。论文集分上、下两册,共七篇,上册包括锅炉篇、管道篇、容器篇和综合篇,下册包括电梯篇、起重机篇及游乐设施和场(厂)车篇。

本届学术会议的成功召开和论文集的及时顺利出版得到了国家质检总局科技司、特种设备安全监察局、科技委特种设备安全与节能专业技术委员会和特种设备科技协作平台领导的大力支持,会议组委会和64家支持单位做了大量宣传和精心

组织工作,论文评审专家付出了很多辛勤工作,在此,一并表示衷心的感谢。同时,感谢参与论文编辑工作的柯为杰、万强、胡西洋和陆新元等研究生以及王宝轩博士。最后,对中国质检出版社的领导和编辑表示感谢,他们严谨的工作态度保证了本论文集的顺利出版。

为鼓励更多特种设备相关科技人员积极参与学术交流,本书收录的论文水平会高低不等。由于在论文征集、评审和编辑出版过程中时间较紧迫,书中的疏漏或不妥之处在所难免,敬请专家和广大读者批评指正。

编 者

2015年4月于北京

# 目 录

## 电 梯 篇

关于电梯曳引能力的检验方法研究与案例分析 .....	王娟 孟鹏 李俊婷( 3 )
电梯复合曳引钢带应用及其检验技术 .....	张新杰 李秋生 陈刚( 7 )
对电梯曳引力和平衡系数的研究及相关影响 .....	刘德勇( 11 )
防爆电梯曳引机和控制柜防爆性能检验检测及判定 .....	蒋漳河 梁峻 李世光 张迎新 王新华( 16 )
基于多因素的曳引式乘客电梯安全指数研究 .....	刘宏伟( 23 )
轿厢上行超速保护装置与封星技术探讨 .....	赵军( 27 )
液压电梯系统节能仿真研究 .....	孙荣耀 高航 滕洋( 31 )
模糊自适应 PID 在液压电梯速度控制中的仿真研究 .....	杨林 王国华 刘磊( 38 )
基于直线电机电梯模型的研究与设计 .....	刘钊 於浩 周青 李奇( 44 )
直线电机在楼宇交通系统中的应用展望 .....	朱广慧( 53 )
PSD 在高层电梯导轨不平顺度测量中的应用研究 .....	周朋飞 徐洪涛( 58 )
RFID 射频识别技术在无障碍电梯中的应用 .....	徐琦 徐伟铭 尹传仁( 63 )
大数据在电梯设计中应用的探讨 .....	尹传仁 魏晓( 67 )
应急驱动装置技术要求的研究 .....	鄂立军( 70 )
应用于电梯钢丝绳安全检测的机器视觉技术 .....	刘华冠 张旭升 李杨( 76 )
自动扶梯与倾斜式自动人行道非操纵逆转保护装置的原理与试验方法的选择 .....	李敬涛 周辉 陈刚( 80 )
一种自动扶梯安全性能动态检测仪的研究与开发 .....	易晓兰 许林( 84 )
一种基于工况模拟的自动扶梯超速和逆转保护装置检测方法及多功能检测仪的 研发 .....	梁敏健 戚政武( 91 )
基于自动扶梯自动人行道简易测量工具的研究与设计 .....	樊晓松 刘钊 万智 赵斌 谢振宇 魏钢( 98 )
地铁车站火灾情况下利用电梯疏散的可行性研究 .....	刘小畅 王化南 梁晓 黄文和( 104 )
电梯安全风险定量评价方法 .....	王向阳 杨国斌 张仲( 110 )
电梯能效评价方法及节能技术探讨 .....	向丽( 116 )
电梯能量回馈节能技术中的电能质量控制研究 .....	王俊龙 许林( 122 )
浅谈电梯节能技术的发展、评价和推广 .....	刘佳璐 张彦朝( 126 )
基于物联网技术的电梯安全监控系统研究 .....	陈飞 张金杨( 130 )
电梯层门结构承载能力计算及结构优化 .....	彭启凤 傅倩倩 李平平 黄国健( 135 )
电梯顶部空间测试仪的研究 .....	张安国 嵇宇航( 139 )
电梯轿厢与面对轿厢入口的井道壁距离测量 .....	王国华 杨林( 144 )



测量电梯运行里程科学意义的探讨	滕逸飞 高俊 徐洪涛 高炯 周朋飞 郭佳静	(149)
电梯运行中振动问题的动力学研究	徐宗震 张安国	(153)
基于 FMECA 技术的电梯关键零部件研究	张绪鹏 雷闽 邱志梅	(159)
基于 IVS/IOT 的电梯物/人智能监控系统设计研究	张金杨 张磊	(163)
基于大样本检验数据统计的电梯风险预评估方法研究	谢超 刘英杰 王新华 李刚 胡胜文 陈国华 蔡文杰	(170)
基于信息融合的电梯制动器智能监控与诊断系统	刘磊	(176)
基于整机运行参数修正的长期服役电梯安全评估方法	李刚 武星军 刘英杰 李中兴 林创鲁	(180)
一种电梯空载平衡系数测试装置开发与应用研究	王伟雄 刘英杰 宋月超 武星军 王新华 谢超 李中兴 李刚	(188)
一种防止电梯机房、井道进水损毁电气控制系统的“水感传感器”的研发	於浩 樊晓松 文武 周青	(195)
基于 Android 系统电梯施工企业移动管理平台设计	夏艳光 王从军 汪海	(200)
激光位移传感器测量电梯导轨垂直度	王忠泽 陈琳 高航	(206)
一种电梯施工单位智能管理系统的研究与应用	汪海 吴小红 王从军 夏艳光	(214)
轿厢上行超速保护装置的研究与应用	李桂平 刘德民 陈志浩	(221)
防止电梯夹人(物)的对策	要万富	(232)
关于电梯召回制度建设的浅见	聂玉同 张绪鹏	(235)
浅谈电梯检验行业的未来	赵耀 王国华	(239)
我国内地和香港电梯法规标准体系和管理模式的比对研究	陈辰 薛艳梅 王小轮 雷闽	(242)
一种可手动松开单组制动装置的鼓式制动器	黄东凌 肖演锋	(248)

## 起 重 机 篇

我国起重机械制造行业发展状况及竞争力分析	吴莱 沈功田 吴占稳	(255)
浅谈起重机械金属结构	蒋振宇 席慧敏 霍建霖	(261)
浅议起重机械金属结构安全评估方法	张伟刚 王家文 陶景	(267)
桥式起重机金属结构裂纹形成阶段寿命的估算	程永恒 苏静农	(271)
电磁制动电机动态制动力矩的试验研究	苏文胜 王欣仁 百坚毅 顾旭波	(275)
基于仿真与实测在役岸边集装箱起重机结构疲劳状态评估方法及其应用	葛森 王洲 鄂立军 闫石	(281)
基于仿真技术的带裂纹起重机焊缝强度因子研究	冯月贵 胡静波 庆光蔚 王会方	(286)
浅谈基于 PLC 的变频调速技术在大型起重机上的应用	赵峰 姜国勇	(292)
施工升降机运行产生振动与噪声的分析	李芳龙 张申生	(299)
起重机上拱度测量装置	江涛 李剑 杨蕾璟 付华	(302)
简易升降机用电动葫芦锥形转子电机轴断裂分析	吴文祥 曹光敏 张志坚 龚徐科 潘忠强	(307)
塔式起重机焊接热影响区对其使用性能的影响	于洋 臧小惠	(312)
轮胎式集装箱门式起重机半自动化改造安全性评价与研究	程红星 易炳刚 刘兴锋	(315)
基于计算流体动力学的门式起重机动态防风结构优化	庆光蔚 胡静波 倪大进	(321)
架桥机安全监控管理系统	陈敏 黄国健 刘金 李臻春 彭启凤 王新华	(327)
基于模糊数学的桥式起重机安全评估量化研究	谢方 王铮 成波 田寒 刘治宏	(332)

基于单片机控制的桥式起重机轨距偏差测量装置设计 .....	李鹏 马学文 于国欣(340)
通用桥式起重机驾驶员操作可靠度研究 .....	刘治宏 蒋青 成波 徐俏媚 谢方(345)
全状态起重机械电流检测仪的研制 .....	王继业 魏井君 勉智 贺义峰 徐位伟 黎振东(354)
基于 RCM 分析的起重机械定期检验项目研究 .....	张华民 张志斌(360)
电动葫芦寿命试验智能测控系统研制 .....	陆忠华 祝虎(365)
环轨冶金葫芦自动吊运系统的研究与设计 .....	臧小惠(371)
对起重机吊钩钢丝绳断绳防坠落机构的研究 .....	闫宾 刘德民 陈志浩(375)
大型起重机械结构健康监测系统研究 .....	黄国健 王东辉 刘金 刘奕敏 王新华(382)
浅析起重机械电气控制系统检验问题 .....	姜国勇 赵峰(387)
一起塔式起重机吊钩坠落事故的分析 .....	徐李荣 檀昊(391)

### 游乐设施与场(厂)车篇

数字图像散斑非接触视频过山车高空轨道三维振幅测量方法 .....	沈勇 葛森 鄂立军 张虎(399)
某地区场(厂)内专用机动车辆事故统计与分析 .....	陆榕(405)
光纤光栅舞台钢结构安装和使用过程检测新技术 .....	鄂立军 葛森 王洲 芮妮欣(409)
大型游乐设施安全压杠失效模式分析 .....	金卫良 贾国梁(413)
基于电阻应变传感器的游乐设施安全监控系统 .....	刘运胜(417)
内燃防爆叉车非电气设备防爆检验探讨 .....	梁峻 王新华 蒋漳河 柯研 胡胜文 郑培奖(421)
基于纵向稳定性的叉车载荷分布计算研究 .....	刘奕敏 谢小鹏 黄国健 王幸平 王新华(427)
基于 PLC 的自动送料叉车控制过程要求 .....	谷欣(432)
叉车虚拟仿真系统在培训考核中的问题及对策 .....	王海青(435)
游乐设施控制系统安全性能等级评价方法 .....	李加申 马宁 郑志涛(439)

# 电 梯 篇



# 关于电梯曳引能力的检验方法研究与案例分析

王娟,孟鹏,李俊婷

山东省特种设备检验研究院,济南 250101

**摘 要:** 对检规和标准中关于电梯曳引能力的相关要求进行分析,通过对曳引驱动的工作原理进行理论分析,为检规相关曳引能力检验项目、检验方法和检验内容的设置提供了理论依据。针对两起典型的关于电梯曳引能力检验不合格的案例进行了详细分析,得出结论:由于曳引绳在曳引轮上的包角太小或曳引绳在曳引轮槽中的当量摩擦系数不足导致曳引力不足;电梯平衡系数过大,不能满足空载轿厢在最高层时钢丝绳不打滑的曳引条件,导致钢丝绳打滑,轿厢冲顶;曳引钢丝绳在绳槽内没有适当润滑,导致曳引绳在曳引轮槽中的当量摩擦系数过大,曳引能力过大,导致了在电梯空载曳引力试验过程中轿厢冲顶。

**关键词:** 曳引能力检验;曳引力不足;曳引力过大;钢丝绳打滑;轿厢冲顶

## Case Analysis and Study on Methods of Testing About Elevator Traction Capacity

Wang Juan, Meng Peng, Li Junting

Shandong Special Equipment Inspection Institute, Jinan 250101

**Abstract:** An analysis about the relevant requirements on the elevator traction capacity in the inspection regulations and standards was made. Through theoretical analysis of the working principle of the traction drive, and provides a theoretical basis for the inspection regulations related traction capacity of inspection items, inspection method and inspection content setting. Two typical unqualified cases of elevator traction capacity were analyzed, arrive at the conclusion: due to traction rope angle package on traction wheel is too small or the equivalent friction coefficient the traction rope in traction wheel groove insufficient, traction force is insufficient; Elevator equilibrium coefficient is too large, cannot meet the traction condition that no-load car at the top when the rope is not slip, cause the rope slipping, car top; The traction steel wire rope without proper lubrication in the rope groove, leading to excessive equivalent friction coefficient of traction rope in traction wheel slot, cause the traction capacity is too large, resulting in the car top during the elevator no-load traction testing.

**Keywords:** Traction capacity inspection; Insufficient traction force; Too large traction force; The wire rope slip; the car top

## 1 研究目的、工程背景

在曳引式驱动电梯的监督检验和定期检验中,关于电梯曳引能力的检验是非常重要的内容。在GB 7588《电梯制造与安装安全规范》中,对于电梯的曳引能力应满足的条件有明确的规定,为了检验电梯的曳引能力,电梯检规在几个不同的方面规定了检验项目、检验的内容与检验的要求,并明确了曳引能力是否符合要求的检验合格判定条件。本文对于曳引电梯曳引能力的检验内容在理论上进行了研究,并结合在实际检验过程中遇到的两个检验案例,进行了具体的分析。本文对于理解电梯的曳引能力和如何掌握曳引能力的检验方法有着重要的指导意义。

## 2 研究方法、技术路线

列出GB 7588《电梯制造与安装安全规范》中钢丝绳曳引应满足的条件,对电梯检规中关于电梯曳引



能力的相关检验项目进行总结分析,通过对曳引驱动的工作原理进行理论分析,对检规相关曳引能力检验项目、检验方法和检验内容的设置提供了理论依据。针对两起典型的关于电梯曳引能力检验不合格的案例,进行了详细分析。

案例一:一台电梯轿厢装载 125%额定载荷的情况下,钢丝绳打滑,轿厢下行,曳引轮与钢丝绳之间曳引力不足;另一台电梯平衡系数过大,对重侧重量过大,不能满足空载轿厢在最高层时钢丝绳不打滑的曳引条件,从而导致钢丝绳打滑,轿厢冲顶。

案例二:空载曳引力试验,将上限位开关、极限开关和缓冲器柱塞复位开关短接,以检修速度将空载轿厢提升,当对重压在缓冲器上后,继续使曳引机按上行方向旋转,结果轿厢继续上行冲顶,并导致安全钳动作。

## 2.1 标准规范中关于电梯曳引能力的相关要求

在曳引式电梯监督检验和定期检验中,关于电梯曳引能力的检验是非常重要的内容。关于钢丝绳曳引,GB 7588《电梯制造与安装安全规范》中 9.3 条规定钢丝绳曳引应满足以下 3 个条件<sup>[1]</sup>:

- (1) 轿厢装载至 125%额定载荷的情况下应保持平层状态不打滑;
- (2) 必须保证在任何紧急制动的状态下,不管轿厢内是空载还是满载,其减速度的值不能超过缓冲器(包括减行程的缓冲器)作用时减速度的值;
- (3) 当对重压在缓冲器上而曳引机按电梯上行方向旋转时,应不可能提升空载轿厢。

在 TSG T7001—2009《电梯监督检验和定期检验规则——曳引与强制驱动电梯》(以下简称检规)中,明确规定了相应检验项目、检验内容、检验方法和判断标准<sup>[2]</sup>(见表 1)。

表 1 检规中对于曳引能力的相关检验项目

检验项目	检验内容与要求
空载曳引力试验	当对重压在缓冲器上而曳引机按电梯上行方向旋转时,应当不能提升空载轿厢
上行制动试验	轿厢空载以正常运行速度上行时,切断电动机与制动器供电,轿厢应当被可靠制停,并且无明显变形和损坏
下行制动试验	轿厢装载 1.25 倍额定载重量,以正常运行速度下行至行程下部,切断电动机与制动器供电,曳引机应当停止运转,轿厢应当完全停止,并且无明显变形和损坏
静态曳引试验	对于轿厢面积超过相应规定的载货电梯,以轿厢实际面积所对应的 1.25 倍额定载重量进行静态曳引试验,对于轿厢面积超过相应规定的非商用汽车电梯,以 1.5 倍额定载重量做静态曳引试验,历时 10min,曳引绳应当没有打滑现象

在定期检验中,以上项目都是 B 类项,在安装监督检验中,下行制动试验和静态曳引试验为 A 类项,可见对于曳引能力的检验,检规的要求是非常高的。

## 2.2 关于曳引能力的理论分析

为了弄清楚检规制定以上检验项目的原因和各检验项目之间的关系,先从曳引驱动的工作原理谈起。

图 1 为曳引驱动的钢丝绳受力简图,由欧拉公式可知,在轿厢装载和紧急制动工况时,曳引驱动应满足:  $T_1/T_2 < e^{f\alpha}$ , 其中,  $\alpha$ ——曳引绳在曳引轮上的包角;  $f$ ——曳引绳在曳引轮槽中的当量摩擦系数,与曳引轮的绳槽形状和曳引轮材料等因素有关。

为保证电梯在各种运行情况下都满足以上的条件,也就是保证  $T_1/T_2$  的最大值应满足  $T_1/T_2 < e^{f\alpha}$ 。  $T_1/T_2$  的最大值出现在两种工况:一是载有 125%额定载荷的轿厢位于最低层站,此时应满足  $T_1/T_2 < e^{f\alpha}$ ,另外一种情况是空载轿厢位于最高层站,此时应满足  $T_2/T_1 < e^{f\alpha}$ 。针对这两种工况,检规规定了下行制动试验、静态曳引试验和上行制动试验。在安装监督检验过程中下行制动试验、静态曳引试验都是 A 类项,是截止点的项目。

GB 7588《电梯制造与安装安全规范》还规定,在轿厢滞留工况时,也就是当对重压在缓冲器上而曳引机按电梯上行方向旋转时,应不可能提升空载轿厢。这是十分重要的安全条件,是当电梯越程后不发生撞顶事故的最后保障。此时  $T_2$  只剩下曳引钢丝绳的重量,此时应满足  $T_1/T_2 < e^{f\alpha}$ ,轿厢不能再向上提升。因此,检规规定了空载曳引力试验,当对重压在缓冲器上后,继续使曳引机按上行方向旋转,观察是否出现曳引轮与曳引绳产生相对滑动现象,或者曳引机停止旋转。

### 3 实验结果及分析

案例一:一台电梯轿厢装载 125% 额定载荷的情况下,钢丝绳打滑,轿厢下溜,曳引轮与钢丝绳之间曳引力不足;另一台电梯平衡系数过大,对重侧重量过大,不能满足空载轿厢在最高层时钢丝绳不打滑的曳引条件,从而导致钢丝绳打滑,轿厢冲顶<sup>[3]</sup>。

本案例中所涉及两台电梯基本情况如下:

曳引式病床电梯,额定载重量 1 600 kg,额定速度为 1.0 m/s,7 层 7 站,并联控制,两台电梯参数完全相同。现场检验时发现,北梯轿厢已经冲顶,南梯正常运行。北梯轿厢冲顶导致安全钳误动作,对重压在缓冲器上,对重防护已经损坏变形,轿厢冲顶过程及原因不详。

现场进行平衡系数的试验,试验结果:北梯平衡系数测试数值为 0.55,南梯平衡系数为 0.43,现场查看对重块数量,北梯比南梯多了 4 块。

现场进行 1.25 倍额定载试验,轿厢在一层平层位置,加入 1.25 倍额定载荷,电梯检修向上运行,南梯钢丝绳打滑,轿厢下行,曳引轮与钢丝绳之间曳引力不足,不能正常运行;北梯运行正常。

结合图 1 所示,来对南梯曳引力不足和北梯轿厢冲顶进行曳引能力分析。

载有 125% 额定载荷的轿厢位于最低层站,此时应满足  $T_1/T_2 < e^{f\alpha}$ ,也就是能满足:轿厢装载至 125% 额定载荷的情况下应保持平层状态不打滑,且能以正常运行速度运行的曳引能力要求。本案例南梯轿厢在一层平层位置,加入 1.25 倍额定载荷,电梯检修向上运行,钢丝绳打滑,轿厢下溜,证明曳引轮与钢丝绳之间曳引力不足,不能正常运行,即此时  $T_1/T_2 > e^{f\alpha}$ ,原因为:曳引绳在曳引轮上的包角  $\alpha$  太小或曳引绳在曳引轮槽中的当量摩擦系数  $f$  不足导致曳引力不足。北梯在同样大小包角  $\alpha$  和当量摩擦系数  $f$  的情况下,没有出现 125% 额定载荷钢丝绳打滑的情况,原因是北梯对重侧重量大于南梯,  $T_2$  值增大,满足了  $T_1/T_2 < e^{f\alpha}$  的曳引条件。

空载轿厢在最高层时,此时应满足  $T_2/T_1 < e^{f\alpha}$ ,北梯由于平衡系数过大,对重侧重量过大,导致  $T_2/T_1 > e^{f\alpha}$ ,不能满足空载轿厢在最高层时钢丝绳不打滑的曳引条件,从而导致钢丝绳打滑,轿厢冲顶。

案例二:空载曳引力试验,当对重压在缓冲器上后,继续使曳引机按上行方向旋转,结果轿厢继续上行冲顶,并导致安全钳动作。

本案例中所涉及电梯基本情况如下:

曳引式客梯,额定载重量 1 150 kg,额定速度为 2.5 m/s,23 层 23 站,集选控制。

现场进行空载曳引力试验,将上限位开关、极限开关和缓冲器柱塞复位开关短接,以检修速度将空载轿厢提升,当对重压在缓冲器上后,继续使曳引机按上行方向旋转,结果轿厢继续上行冲顶,并导致安全钳动作。

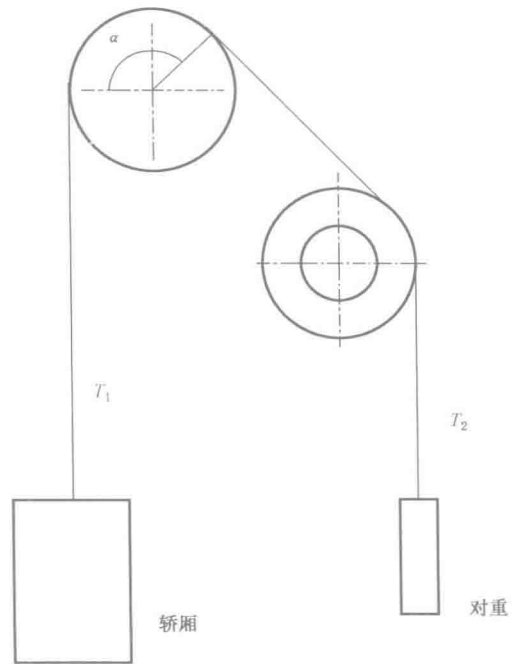


图 1 曳引驱动钢丝绳受力简图



结合图 1 所示,来对空载曳引力试验轿厢冲顶进行曳引能力分析。

轿厢侧钢丝绳拉力为  $T_1$ ,对重侧钢丝绳拉力为  $T_2$ ,当对重压在缓冲器上而曳引机按电梯上行方向旋转时,此时  $T_2$  只剩下曳引钢丝绳的重量,此时应满足  $T_1/T_2 > e^{f\alpha}$ ,曳引轮与曳引绳产生相对滑动现象,轿厢不能再向上提升。而此案例中电梯轿厢冲顶,曳引轮与曳引绳没有产生相对滑动现象,此时  $T_1/T_2 < e^{f\alpha}$ , $e^{f\alpha}$  过大,也就是曳引能力过大导致。

由于完全同型号,曳引驱动系统完全相同的另一台电梯检验正常,因此排除了曳引绳在曳引轮上的包角  $\alpha$  过大的原因,也排除了绳槽形状、绳槽材料的原因。现场查看钢丝绳以及其绳槽情况,钢丝绳及绳槽表面干燥不润滑,曳引轮下方及四周遍布黑色的铁屑粉末,得出结论,曳引钢丝绳在绳槽内没有适当润滑,从而导致曳引绳在曳引轮槽中的当量摩擦系数  $f$  过大,导致曳引能力过大,从而导致了在电梯空载曳引力试验过程中轿厢冲顶。

通过对两起典型案例的分析,得出结论。

案例一:一台电梯曳引绳在曳引轮上的包角  $\alpha$  太小或曳引绳在曳引轮槽中的当量摩擦系数  $f$  不足导致曳引力不足。另一台电梯平衡系数过大,对重侧重量过大,不能满足空载轿厢在最高层时钢丝绳不打滑的曳引条件,从而导致钢丝绳打滑,轿厢冲顶。

案例二:曳引钢丝绳在绳槽内没有适当润滑,从而导致曳引绳在曳引轮槽中的当量摩擦系数  $f$  过大,导致曳引能力过大,从而导致了在电梯空载曳引力试验过程中轿厢冲顶。

## 4 结论

曳引式驱动电梯,对于曳引能力的要求应满足:轿厢装载至 125% 额定载荷的情况下应保持平层状态不打滑;轿厢空载在最高层站时,应保持平层状态不打滑;当对重压在缓冲器上而曳引机按电梯上行方向旋转时,应不可能提升空载轿厢。曳引能力一般与曳引绳在曳引轮上的包角  $\alpha$ ,曳引绳在曳引轮槽中的当量摩擦系数  $f$ ,曳引钢丝绳在绳槽内的润滑情况等因素有关。在电梯监督检验和定期过程中,应严格按照检规要求,进行 125% 额定载荷的超载下行制动试验;进行空载上行制动试验;进行空载曳引力试验。并严格判定这三项试验的试验结果,只有这三项关于曳引能力的试验完全满足检规的要求,才能证明电梯的曳引能力是符合要求的,缺一不可,此三项内容全部是检验过程中的 A 类和 B 类项目,因此在现场检验中检验人员应引起足够的重视。

## 参考文献

- [1] GB 7588—2003 电梯制造与安装安全规范.
- [2] TSG T7001—2009 电梯监督检验和定期检验规则——曳引与强制驱动电梯.
- [3] 王娟等,从一起电梯安全质量案例来分析相关的责任主体[J].中国特种设备安全,2014,(7):26-30.



# 电梯复合曳引钢带应用及其检验技术

张新杰,李秋生,陈刚

济南市特种设备检验研究院,济南 250002

**摘 要:** 电梯复合曳引钢带相比传统钢丝绳具有众多优点,因此该项新技术在电梯曳引系统中使用越来越广泛。本文简单介绍了复合曳引钢带的产生和优点,以及当前的应用现状,然后在复合曳引钢带制造厂家和其它检验机构的检验技术方法之上,进一步归纳总结复合曳引钢带的检验技术,希望对电梯检验人员提高复合曳引钢带的检验水平有所帮助。

**关键词:** 电梯;复合曳引钢带;检验

## The Application and Inspection Technology of Elevator Compound Traction Steel Tape

Zhang Xinjie , Li Qiusheng , Chen Gang

Jinan Special Equipment Inspection Institute, Jinan 250002

**Abstract:** Elevator compound traction steel tape compared with the traditional steel wire rope has many advantages, so the new technology is used in elevator traction system more and more widely. This article simply introduces the generation and the advantages and the current application status of the compound traction steel tape. Then on the basis of the inspection technology method of the elevator compound traction steel tape manufacturers and other inspection institute, give a further general inspection method, wish to improve the inspection level of compound traction steel tape of the elevator inspection personnel.

**Keywords:** Elevator; Compound traction steel tape; Inspection

## 0 引言

2013年中国电梯产销量比2012年有较大幅度的增加,达到55万台,截止到2013年底,中国电梯保有量已达到300万台。从2014年上半年来看我国电梯产销量仍然保持稳健增长,增长幅度保持在10%以上。电梯保有量、年产量、年增长量均位列世界第一<sup>[1]</sup>。在电梯数量激增,新技术不断应用的背景之下,电梯安全监管和检验形势日益严峻。

我们在电梯检验过程中会经常遇见使用复合曳引钢带的电梯,不少检验人员对这种新的曳引系统感到比较陌生,同时TSG T7001—2009《电梯监督检验和定期检验规则-曳引与强制驱动电梯》中没有具体的复合曳引钢带检验方法。因此本文试图探讨一下复合曳引钢带当前的应用现状以及检验机构目前的检验技术方法,希望对检验人员提高电梯复合曳引钢带的检验水平有所帮助。

## 1 电梯复合曳引钢带的产生和优点

电梯钢丝绳由钢丝、绳股和绳芯组成。钢丝是钢丝绳的基本单元,要求高强度高韧性,绳股由钢丝捻成,绳股缠绕可以存储润滑油的纤维绳芯,构成电梯钢丝绳。复合曳引钢带结构相当于将钢丝绳的绳股拆开均布于高分子复合材料包裹的带中,该高分子复合材料可以保护钢丝,防锈和防磨损。如图1所示为钢丝绳到复合曳引钢带的演变过程。

作者简介:张新杰,1986出生,男,助理工程师,硕士,主要从事特种设备检验和检验技术的研究。