

特种机电设备

失效分析 案例解析

副主编 陈 敏 李 刚 刘 金

何 山 彭启凤



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

序

加入 WTO 后,我国的产品直接面临国际市场的竞争,提高产品质量成为提高企业竞争力的关键因素;而产品失效分析则是定量评定产品质量的重要基础,也是保障产品可靠性的重要手段。特种机电设备是指涉及生命安全、危险性较大的电梯、起重机械、场(厂)内专用机动车辆等,是经济建设中不可或缺的机电设备,对推动经济社会发展、提高城市化水平具有举足轻重的作用。特种机电设备在服役过程中,因腐蚀、疲劳、断裂、磨损等因素的影响,导致设备失效,会存在十分严重的安全隐患。一旦发生事故,会给人们生命财产带来巨大损失,造成恶劣的社会影响。“安全第一,预防为主,综合治理。”失效分析是预防事故的重要手段,通过失效分析来分析特种机电设备失效的原因,为提高产品质量提供科学依据,减少与预防特种机电设备同类事故的重复发生,同时也能提供产品开发、技术改造信息,对促进安全生产、提高工作效率具有十分重要的意义。

三十多年来,广州特种机电设备检测研究院一直重视对特种机电设备进行失效分析,于 2012 年成立特种机电设备失效分析研究团队,获得了国家质量监督检验检疫总局多个科技计划项目的支持,取得了丰硕的成果。五年多来,研究团队成功对中船集团、广州港集团、广州日立电梯公司、广州地铁公司等数十家企业进行特种机电设备失效分析,积累了丰富的工程实践经验,引起了行业内的广泛关注。《特种机电设备失效分析案例解析》是该院数十年研究成果的结晶,其技术涉及无损检测、理化检测、在线监测、断裂力学等多个学科。

当前全国各地对特种机电设备失效分析工作尚未全面开展,很多地方对于特种机电设备失效结构或零部件缺少分析,难以从根本上解决工程实际问题。本书的出版,既改善了特种机电设备领域失效分析相关专著偏少的现状,也极大地丰富了失效分析的应用领域,是特种机电设备安全工程界和失效分析学术界都值得庆贺的一件大事!

中国振动工程学会常务理事

广东省力学学会副理事长

暨南大学力学与建筑工程学院教授

王瑞

2017 年 10 月

前 言

特种机电设备的失效关乎设备安全运行,是检验检测人员不得不考虑和解决的重要问题。对特种机电设备事故进行失效分析,其目的是找到失效的原因,避免同类事故的再次发生,同时提出改进措施,保障安全。

特种机电设备失效分析技术是结合特种机电设备服役环境的特殊性(载荷大、频率高、吨位重、价值高),通过传统失效分析技术,综合运用多学科知识,对失效部件进行测定分析和综合评价的集成技术。截至2016年底,全国特种设备总量达1200万台,其中机电设备保有量超过700万台。2016年,全国发生特种设备事故和相关事故233起,其中特种机电设备类事故187起,占特种设备事故总数的80%,比重较大。因此,重点对特种机电设备进行失效分析,是十分必要的。由于机电类特种设备安全监督起步较晚,因而当前较少对特种机电设备事故进行失效分析。这类宝贵经验的缺失是特种机电设备检验检测领域的一大缺憾,因此,本书的出版,顺应了加强特种设备安全工作的时代之需,为预防特种设备事故发生、保障人身和财产安全尽我们的一份责任。

多年来广州特种机电设备检测研究院将失效分析作为检验检测人员的必备技能。我们组织专业技术团队,经过五年多的努力,合力编撰了本书。作者均在机电类特种设备检验检测机构专门从事起重机械、电梯、场(厂)内专用机动车辆等特种机电设备的安全检验及科研工作,相关案例都是力学、机械、材料等专业的检验检测技术人员的一手资料。我们深切地希望本书的出版能够有益于特种机电设备行业的安全发展,有助于我国机电类特种设备失效分析技术的进步。

本书由广州特种机电设备检测研究院黄国健、江爱华组织编著,第1章由黄国健执笔,第2章由何山执笔,第3章由江爱华执笔,第4章由李刚执笔,第5章由陈敏执笔,第6章由刘金执笔,全书由彭启凤统稿。

本书的出版得到了广东省质量技术监督局、广州市质量技术监督局、广州特种机电设备检测研究院等各级领导的大力支持,对此表示衷心的感谢!本书技术成果得到了科技部质检公益性行业科技专项“基于光纤声发射传感器的大型起重机械局部损伤监测系统研究”(201010031-02)的资助;得到了国家质量监督检验检疫总局科技计划立项支持,分别为“基于裂纹扩展的大型造船门座式起重机结构剩余疲劳寿命评估关键技术研究”(2010QK086)、“大型塔式起重机金属结构损伤模式识别与风险分析方法研究”(2011QK320)、“基于物联

网的起重机金属结构健康监测与预警系统”(2012QK069)、“基于特征信号的电梯故障率统计关键技术研究”(2010QK080)、“大型造船用起重机焊接残余应力测试方法和分布规律的研究”(2010QK081)、“大型起重机械回转机构故障模拟实验平台设计及其关机技术研究”(2011QK323)、“自动扶梯/自动人行道运行状态记录和故障报警系统的研发”(2012QK065)和广州市“珠江科技新星”人才计划“基于物联网的起重机金属结构健康监测与预警系统”(2013J2200097)的资助;还得到了科研平台建设项目“广州特种机电设备检测研究院博士后科研工作站”(人社部发[2015]86号)、“广东省特种设备安全与节能行业工程技术研究中心”(广东省科技厅文件粤科函产学研字[2015]113号)、“广东省电梯物联网应用服务平台”(粤经信信息函[2014]1558号)、“广州市事故模拟仿真与物证溯源技术重点实验室”的资助,在此一并表示感谢。

由于我们水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者与同仁批评指正。

编写组

2017年10月

目 录

1 绪论	1
1.1 特种设备的作用及事故特点	1
1.1.1 特种设备及其作用	1
1.1.2 特种设备事故特点及规律	2
1.2 失效分析在安全生产中的地位和作用	3
1.2.1 失效诊断是安全生产工作中事故调查的核心	3
1.2.2 失效预测预防是安全生产工作的重要内容	3
1.3 机电类特种设备分类及其特点	6
1.4 特种设备事故处理法律法规	10
1.4.1 特种设备事故分类	10
1.4.2 特种设备事故处理规定	11
2 失效模式与基本实验技术	18
2.1 常见失效模式	18
2.1.1 按照产品失效的形态对失效进行分类	18
2.1.2 根据失效的诱发因素对失效进行分类	19
2.2 失效分析实验技术	20
2.3 断口分析	21
2.3.1 断口分析对于失效分析的意义	21
2.3.2 断口分析理论基础	22
2.3.3 断口分析思路与技术	26
2.4 材料质量分析	27
2.4.1 包装检验	27
2.4.2 标志检验	28
2.4.3 规格尺寸的检验	28
2.4.4 数量的检验	28
2.4.5 表面质量检验	29
2.4.6 内部质量检验的保证条件	29
2.4.7 化学成分检验	30
2.4.8 内部组织缺陷	30
2.5 无损检测与评价技术	31
2.5.1 无损检测质量控制要求	32
2.5.2 外观检验	33
2.5.3 表面无损检测技术	38

2.5.4	超声检测(UT)	45
2.5.5	声发射无损检测(AE)	46
2.5.6	超声波衍射时差检测技术(TOFD)	47
2.5.7	超声波相控阵检测技术	47
2.5.8	超声测厚	47
2.5.9	激光无损检测	48
2.5.10	红外无损检测	48
2.5.11	微波无损检测	49
3	失效分析	50
3.1	失效分析的思路	50
3.1.1	失效分析的原则	50
3.1.2	常用的失效分析思路及方法	51
3.2	失效分析的程序和计划	57
3.2.1	失效分析的程序	58
3.2.2	失效分析计划	60
3.3	防止失效的思路及失效分析的方法	62
3.3.1	防止失效的思路	62
3.3.2	失效分析反馈的思路	62
3.3.3	失效分析的辩证方法	63
3.3.4	研究失效分析应注意的内容	63
4	电梯典型事故案例分析	66
4.1	电梯系统构成概述	66
4.2	电梯主要系统及其组成	68
4.2.1	电梯曳引系统	68
4.2.2	轿厢系统	72
4.2.3	门系统组成及作用	74
4.2.4	电梯重量平衡与导向系统	77
4.2.5	电梯安全保护系统	80
4.2.6	电梯拖动系统	89
4.2.7	电梯控制系统	91
4.3	电梯不安全状态及主要故障形式	93
4.3.1	电梯不安全状态分析	93
4.3.2	电梯的主要故障形式	94
4.4	电梯典型事故案例分析	96
4.4.1	电梯“溜车”事故案例	96
4.4.2	电梯“蹲底”事故案例	98
4.4.3	电梯司机坠落电梯井道	98
4.4.4	违规操作致乘客坠入井道	98
4.4.5	电梯夹人事故	99

4.4.6	三角钥匙管理不当致老人坠入底坑事故	99
4.4.7	女孩遇险强行扒开电梯门事故	100
5	起重机械典型事故案例分析	101
5.1	起重机械主要零部件及工作特点	101
5.1.1	起重机械主要零部件	101
5.1.2	起重机械工作特点	103
5.2	起重机金属结构及其零部件失效分析案例	104
5.2.1	起重机用制动轮表面裂纹失效分析	104
5.2.2	起重机车车轮轴断裂失效分析	128
5.2.3	钢丝绳断裂失效分析	138
5.2.4	起重机车轮失效分析	144
5.2.5	装船机支腿缺陷失效分析	147
5.2.6	制动轮失效分析	149
6	场(厂)内专用机动车辆典型事故案例分析	153
6.1	场车简介	153
6.1.1	场车基本结构	153
6.1.2	叉车	154
6.1.3	非公路用旅游观光车	156
6.1.4	常见失效形式	157
6.2	场车典型失效案例分析	159
6.2.1	叉车故障规律	159
6.2.2	制动故障及其原因分析	160
6.2.3	转向机构故障及其原因分析	161
6.2.4	轮胎磨损故障及其原因分析	163
6.2.5	货叉故障及其原因分析	164
6.2.6	其他常见故障及其原因分析	166
6.2.7	特殊叉车常见故障及其原因分析	167
6.3	场车事故调查及处理	169
6.3.1	场车事故调查及处理概述	169
6.3.2	典型场车事故调查及处理案例	172
	参考文献	181

图 1-1 2016 年特种设备各类占比图(单位:万台/条)

安全生产是指在生产经营活动中,为了避免造成人员伤害和财产损失的事故而采取相应的事故预防和控制措施,使生产过程在符合规定条件下进行,以保证从业人员的人身安全与健康、设备和设施免受损坏、环境免遭破坏,保证生产经营活动得以顺利进行的系列活动。

1 绪论

1.1 特种设备的作用及事故特点

1.1.1 特种设备及其作用

特种设备是指涉及生命安全、危险性较大的锅炉、压力容器(含气瓶)、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施和场(厂)内专用机动车辆共八大类设备,同时,还包括设备主体附属的安全附件、安全防护装置和与安全保护装置相关的设施。为保障特种设备的安全运行,国家对各类特种设备,在生产、使用、检验检测三个环节都有严格规定,实行全过程监督。截至2016年底,全国特种设备总量达1 197.02万台(套),比2015年底上升8.81%。其中,锅炉53.44万台、压力容器359.97万台、电梯493.69万台、起重机械216.19万台、客运索道1008条、大型游乐设施2.23万台、场(厂)内专用机动车辆71.38万台,另有气瓶14 235万只、压力管道47.79万千米。2016年特种设备各类占比如图1-1所示。

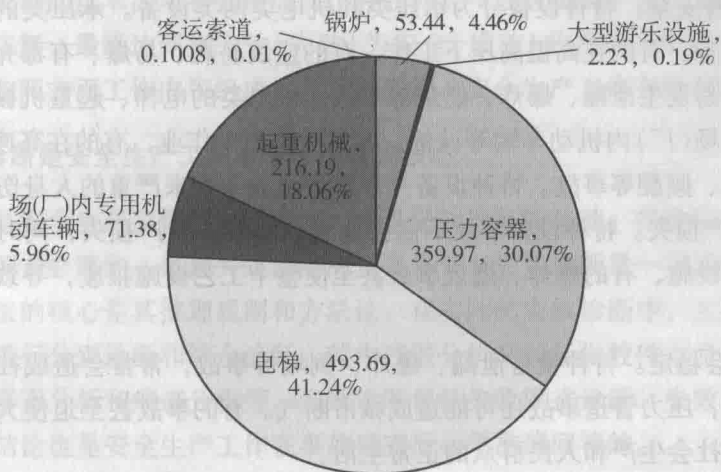


图1-1 2016年特种设备各类占比图(单位:万台(套))

安全生产是指在生产经营活动中,为了避免造成人员伤亡和财产损失的事故而采取相应的事故预防和控制措施,使生产过程在符合规定的条件下进行,以保证从业人员的人身安全与健康、设备和设施免受损坏、环境免遭破坏,保证生产经营活动得以顺利进行的有关活动。

特种设备是国民经济的重要基础设施,与社会、经济活动密切相关。特种设备安全工作作为安全生产工作的重要组成部分,直接关系到广大人民群众的生命、财产安全,关系到经济发展和社会稳定的大局。特种设备安全工作既有与一般安全工作相一致的共同属性,同时也具有其特有的工作特点,主要表现在以下几个方面:

(1)设备种类多。特种设备包括锅炉、压力容器(含气瓶)、压力管道、电梯、起重机械、场(厂)内机动车辆、客运索道、大型游乐设施等八大类设备,纳入安全监管范围的设备主体、重要元部件及安全附件,种类达三百多个品种,上万个型号。

(2)分布范围广。我国各类在用特种设备几乎囊括了国民经济的所有行业、领域,在我们的日常生活中也随处可见。

(3)服役数量大。截止到 2016 年底,全国各类在用特种设备数量达 1 197.02 万台(套),另有气瓶 14 235 万只、压力管道 47.79 万千米。

(4)增长速度快。我国各类特种设备的平均年增长速度达 10%。

(5)安全隐患多。设备更新缓慢,相当数量的特种设备长期(甚至超期)服役,“带病运行”,使得安全风险不断增加。

(6)事故损失惨重。特种设备通常承载易燃、易爆、有毒、有害物质,并且多处于高温、高压、高参数运行状态,一旦失效破坏,极易造成重大人员伤亡和财产损失,其危害后果十分惨重。

1.1.2 特种设备事故特点及规律

1.1.2.1 特种设备事故特点

(1)危及人身安全。特种设备分为承压类和机电类两类设备。承压类的锅炉、压力容器、压力管道设备,有的在高温高压下工作,有的盛装易燃、易爆、有毒介质,如果管理和操作不当,极易发生泄漏、爆炸、燃烧等事故。机电类的电梯、起重机械、大型游乐设施、客运索道、场(厂)内机动车辆等设备,有的在高空中作业,有的在高速下运行,容易发生坠落、倒塌、倾翻等事故。特种设备一旦发生事故会带来严重的人身伤亡。

(2)造成财产损失。特种设备事故不仅会造成设备本体财产损失,同时也可能损毁工程、房屋等建筑设施,有的爆炸、燃烧事故甚至使整个工艺设施报废,导致企业生产陷于瘫痪状态。

(3)影响社会稳定。特种设备泄漏、爆炸、倒塌等事故,常常会造成社区、工厂大面积停电或者停业,压力管道事故还可能造成城市断气。有的事故甚至迫使大量人员须疏散转移,常常危及社会生产和人民群众的正常生活。

1.1.2.2 特种设备事故规律

(1)非公有制经济企业事故(下称非公企业)数量高于其他领域。非公有制经济是我国社会主义市场经济的重要组成部分。但是,部分非公企业对安全生产工作不够重视,安全投入不足,管理混乱,有章不循,是目前事故多发的单位。非公企业的安全监管问题将是今后特种设备安全监察的重点。

(2)监管工作薄弱是造成事故率较高的因素。当前事故高发的设备主要是起重机械

械、气瓶、压力管道等设备,上述设备的安全监管工作起步较晚,基础薄弱,法规、规范还不完善,监管尚不到位,造成事故多发。加强薄弱环节安全监管,完善规章、规范,积极开展专项整治工作是防止事故多发的关键。

(3)特种设备多发生于人口密集和设备较为集中的地区。多年事故证明,特种设备使用地点人员越多,使用设备数量越集中,事故后果就越严重。设备危害与使用环境有着直接的联系,因此,要对重要场所和重点设备实行重大危险源监控。

(4)季节性影响比较明显。每到春夏之交,工农业生产进入高峰期,容易发生危化品泄漏、气瓶爆炸等事故。秋冬季节,由于建筑工地赶工,容易发生建筑起重机械倒塌、坠落等事故。特别是元旦、春节期间,集中供热疏于管理,容易发生锅炉爆炸、燃气管道泄漏中毒等事故。特种设备安全监察工作应当根据不同季节,有针对性地做出重点安排。

(5)一些事故往往具有一定的滞后性。在经济高速发展的背后,更容易隐藏被忽视的事故隐患,而当经济发展到一定阶段后,可能会连续发生较大的安全事故。当前我国经济已经连续多年高速发展,经济过热的背后也隐藏大量的安全隐患,更要清醒地认识到特种设备安全的重要性。

1.2 失效分析在安全生产中的地位 and 作用

安全生产工作的主要任务之一,是通过各种技术和管理活动,最大限度地减少或杜绝恶性及灾难性事故。而失效分析是对失效模式和原因进行分析、诊断,并提出补救措施和长效预测预防决策的技术活动和管理活动。失效分析—改进提高—再失效分析—再改进提高,如此循环往复,最终达到变失效(失败)为安全(成功)的目标。失效分析由失效诊断和失效预测预防两方面工作内容组成,而这两者都与安全生产工作有密切的关系。

1.2.1 失效诊断是安全生产工作中事故调查的核心

事故调查是安全生产工作的重要内容,也是失效诊断的基础。保护失效现场和收集背景材料是事故调查必需的,也是失效诊断的重要环节。失效诊断是一项系统工程,它的理论、技术和方法的核心是其推理规则和方法论。在实际的失效诊断中,主要从残骸、应力和环境等方面进行分别诊断和综合诊断。其中残骸分析又包括失效件本身的断口分析、裂纹分析、表面形态分析和痕迹分析等。失效诊断包括失效模式诊断、失效原因诊断和失效机理诊断,其结论也是安全生产工作在事故调查后必须准确回答的。

1.2.2 失效预测预防是安全生产工作的重要内容

失效预测是失效诊断的继续和发展,失效预防则是失效诊断和失效预测的最终目的和成果。大大小小的失效事故,都会造成程度不同的损害,甚至导致灾难性后果。因此,失效的预测预防是最大限度减少恶性事故的重要措施。失效预测预防与安全生产工作的最终目的是完全一致的,建议纳入安全生产工作的业务范围。一般来说,失效预测预防包括失

效分析的反馈、风险分析、适用性评价和完整性管理等。

(1) 失效分析的反馈是防止失效的基本方法。积极的失效分析，其目的不仅在于失效性质和原因的分析判断，更重要的是反馈到生产实践中去。由于失效原因涉及结构设计、材料设计、加工制造及装配使用、维护保养等方面，失效分析结果也要相应地反馈到这些环节。

在一般情况下，失效分析反馈可按图 1-2 所示的基本思路进行，即从失效分析的结论中获得反馈信息，据以确定提高失效抗力的途径(形成反馈试验方案)，并通过试验选择出最佳改进措施。反馈的结果可能是改进设计结构、材料、工艺和现场操作规程，也可能是综合性的改进。

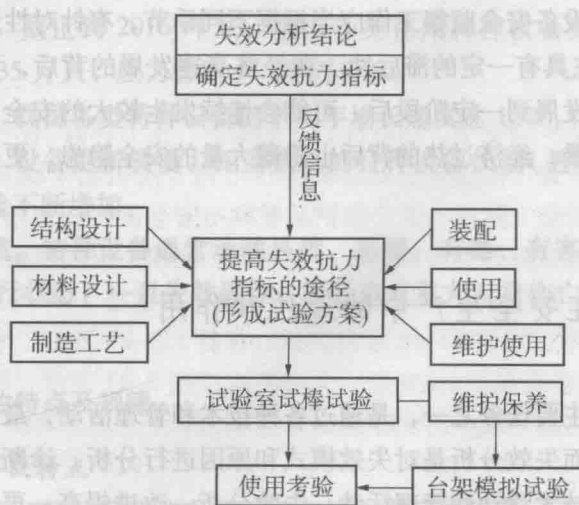


图 1-2 失效分析反馈的思路

(2) 风险分析是失效预测的科学方法。风险定义为失效概率和失效后果的乘积。风险分析中的失效概率评估是将以往的大量失效案例的统计分析基于可靠性理论的计算相结合进行的。风险分析中的失效后果分析(包括人员伤亡、财产损失及环境污染等)是失效分析涉及的内容。风险分析实质上是对失效的概率和失效产生的可能后果(如人员伤亡、经济损失等)的一种预测。

(3) 适用性评价是失效预测预防的可靠方法。适用性评价(见图 1-3)是对含有缺陷的构件或装备是否适合继续使用以及如何继续使用的定量评价，是以现代断裂力学、弹塑性力学和可靠性系统工程为基础的严密而科学的评价方法。

传统的失效分析基本上是事后分析，其预防作用在于明确失效机理，为以后防止同类失效的再次发生提供技术措施。适用性评价主要作为事前的分析，即失效的预防分析。适用性评价中的剩余强度评价的目的是评判构件在现有载荷下能否安全运行，而剩余寿命预测则用以确定构件检测时间或检测周期。这些工作是科学、经济、有效预防失效的措施。适用性评价的结果按以下 4 种情况区别对待。

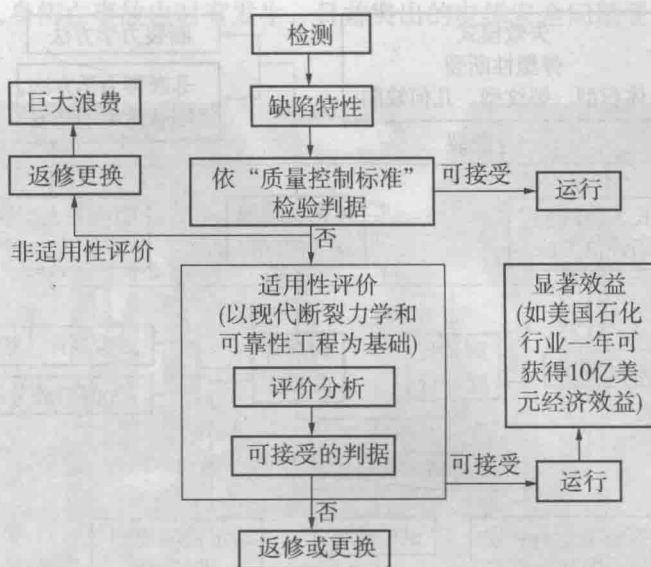


图 1-3 适用性评价流程图

①不会给安全生产造成危害的缺陷允许存在。

②对于含有虽不造成威胁但可能会进一步扩展的缺陷的结构，需要进行寿命预测，并允许在监控下使用。

③对于含有缺陷但在降低使用规格后能保证安全可靠性能要求的结构，可考虑降格使用。

④对于所含缺陷已对安全可靠性能构成威胁的结构或构件，必须立即采取措施。

含缺陷构件适用性评价是在缺陷检测的基础上进行的，包括剩余强度评价和剩余寿命预测，如图 1-4、图 1-5 所示。

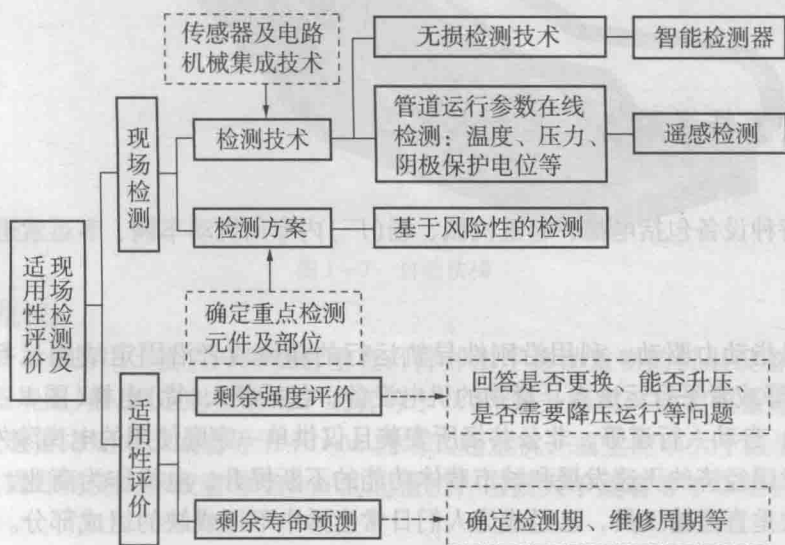


图 1-4 现场检测及适用性评价的关系

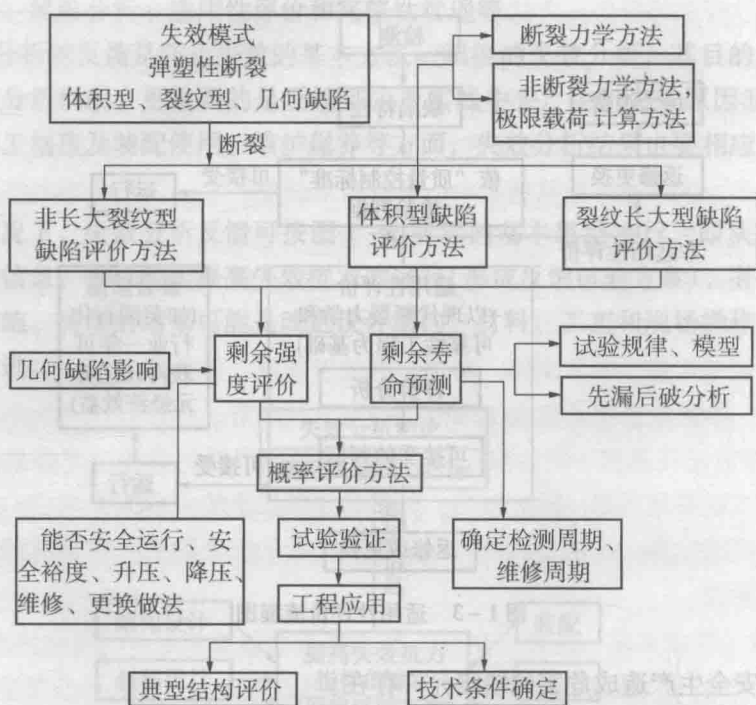


图 1-5 适用性评价的技术思路

含缺陷构件剩余强度评价是在缺陷检测的基础上,通过严格的理论分析、试验测试和力学计算,确定构件的最大允许工作压力(MAOP)和当前工作压力下的临界缺陷尺寸,为构件的维修和更换以及升降压操作提供依据。

含缺陷构件剩余寿命预测是在研究缺陷的动力学发展规律和材料性能退化规律的基础上,给出构件的剩余安全服役时间。剩余寿命预测结果可以为构件检测周期的制定提供科学依据。

1.3 机电类特种设备分类及其特点

机电类特种设备包括电梯、起重机械、场(厂)内专用机动车辆、客运索道、大型游乐设施等。

1. 电梯

电梯,是指动力驱动,利用沿刚性导轨运行的箱体或者沿固定线路运行的梯级(踏步),进行升降或者平行运送人、货物的机电设备,包括载人(货)电梯(图 1-6)、自动扶梯(图 1-7)、自动人行道等。非公共场所安装且仅供单一家庭使用的电梯除外。

伴随着我国经济的飞速发展和城市载体功能的不断提升,电梯作为商业、办公、住宅等建筑内部的垂直运输工具,已经成为人们日常生活中不可或缺的组成部分。近年来,我国电梯的保有量每年均以超过 20% 的速度迅速增长,电梯的年产量也已达到了世界总产量的 1/3,我国已经成为全球电梯的制造和使用大国。在给人们带来舒适与便捷的同时,

因电梯而引发的人身伤亡事故也时有发生，日益突出的电梯安全问题受到了社会各界前所未有的普遍关注。



图 1-6 载人(货)电梯

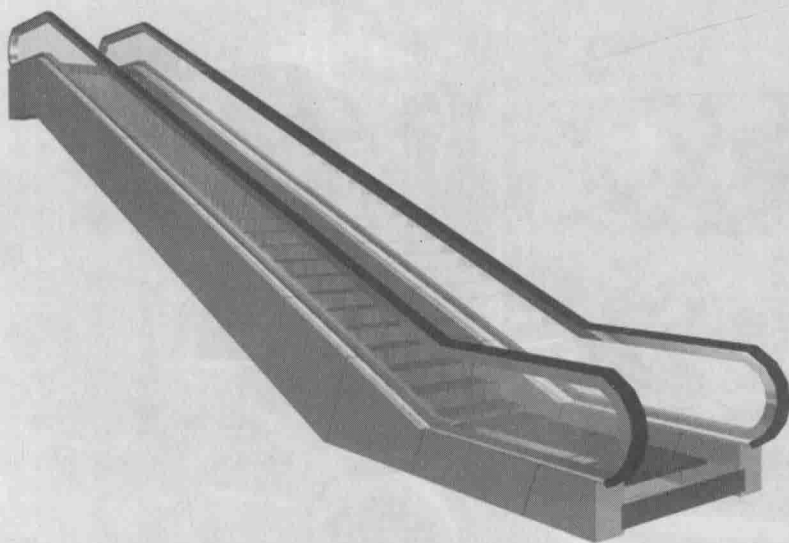


图 1-7 自动扶梯

2. 起重机械

起重机械，是指用于垂直升降或者垂直升降并水平移动重物的机电设备，如图 1-8 所示。其范围规定为：额定起重量大于或者等于 0.5 t 的升降机，额定起重量大于或者等于 3 t (或额定起重力矩大于或者等于 40 t·m 的塔式起重机，或生产率大于或者等于 300 t/h 的装卸桥)且提升高度大于或者等于 2 m 的起重机，层数大于或者等于 2 层的机械式停车设备。



图 1-8 起重机械

3. 场(厂)内专用机动车辆

场(厂)内专用机动车辆,是指除道路交通、农用车辆以外仅在工厂厂区、旅游景区、游乐场所等特定区域使用的专用机动车辆(见图 1-9)。



图 1-9 场(厂)内专用机动车辆

作为重物移动和大宗物料输送的重要基础设备,起重机械与场(厂)内机动车辆广泛地应用于国民经济的各个领域。随着经济的发展、产业规模的扩大,起重机械与场(厂)内机动车辆的应用范围越来越广,作用越来越大。同时,由于其本身所固有的较大危险性,以及操作不当、管理不善等原因所造成的恶性伤亡事故也时有发生,其年度事故数量已超过特种设备事故总数的 40%,安全形势不容乐观。

4. 客运索道

客运索道,是指动力驱动,利用柔性绳索牵引箱体等运载工具运送人员的机电设备,包括客运架空索道、客运缆车、客运拖牵索道等,如图 1-10 所示。非公用客运索道和专用于单位内部通勤的客运索道除外。

客运索道作为旅游观光的重要观赏、运输工具,极大地促进了旅游事业的蓬勃发展。但是,由于大多数客运索道的营运地点位置偏远、地形险峻、高度高、跨度大,一旦发生故障或事故,交通不便,救援十分困难,容易造成重大人员伤亡,社会影响极大。



图 1-10 客运索道

5. 大型游乐设施

大型游乐设施,是指用于经营目的、承载乘客游乐的设施,如图 1-11 所示的摩天轮。依据我国相关法律、法规的规定,实行国家安全监察的大型游乐设施范围为设计最大运行线速度大于或者等于 2m/s ,或运行高度距地面高于或者等于 2m 的载人大型游乐设施。

游乐设施作为供人们娱乐的器械或设备,具有高度惊险、刺激和娱乐的特点,因而广受游客(特别是青少年儿童)的喜爱。然而,高惊险的同时也带来了较大的风险,一旦酿成事故,极易产生恶劣的社会影响。

机电类特种设备是国民经济和人民生活的重要基础设施,必须采取特别的监管模式,以确保安全运行。



图 1-11 摩天轮

1.4 特种设备事故处理法律法规

1.4.1 特种设备事故分类

1. 特别重大事故

(1) 特种设备事故造成 30 人以上死亡, 或者 100 人以上重伤(包括急性工业中毒, 下同), 或者 1 亿元以上直接经济损失的;

(2) 600MW 以上锅炉爆炸的;

(3) 压力容器、压力管道有毒介质泄漏, 造成 15 万人以上转移的;

(4) 客运索道、大型游乐设施高空滞留 100 人以上并且时间在 48 小时以上的。

2. 重大事故

(1) 特种设备事故造成 10 人以上 30 人以下死亡, 或者 50 人以上 100 人以下重伤, 或者 5000 万元以上 1 亿元以下直接经济损失的;

(2) 600MW 以上锅炉因安全故障中断运行 240 小时以上的;

(3) 压力容器、压力管道有毒介质泄漏, 造成 5 万人以上 15 万人以下转移的;

(4) 客运索道、大型游乐设施高空滞留 100 人以上并且时间在 24 小时以上 48 小时以下的。