



施工机械 故障分析与排除

王荣祥 唐贵德 任效乾 主编

冶金工业出版社

施工机械 故障分析与排除

王荣祥 唐贵德 任效乾 主编

北 京
冶金工业出版社
1999

内 容 提 要

本书详细论述了土建、铁路、公路、桥梁、隧道、港口、机场和水利等工程中常用的主要施工机械发生故障的现象、原因,以及排除和预防故障的技术措施,并简要地阐明了施工机械的现代化管理要点及修理方法。

本书可供广大工程技术人员、企业管理人员日常工作使用,也可作为科研设计人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

施工机械故障分析与排除/王荣祥等编著. —北京:
冶金工业出版社,1999.10

ISBN 7-5024-2377-7

I. 施… II. 王… III. ①建筑机械故障分析
②建筑机械-维修 IV. TU607

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第19789号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)

责任编辑 林 聪 美术编辑 王耀忠 责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波
北京源海印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1999年10月第1版,1999年10月第1次印刷

850mm×1168mm 1/32;9印张;242千字;282页;1-3000册

20.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64013877

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

设备是现代化建设的重要物质基础。随着科学技术的不断发展，现在的设备构成与过去相比已有所不同。近几年来，我国已出现了许多自动化的、大型的、成套的、连续生产和机电一体化先进设备。这对设计、制造、管理和维修人员提出了更高的要求。能不能管好、用好、修好设备，已成为能否加速国民经济发展的重大问题，引起了各行各业的密切关注。

现代化设备管理是一门新科学；设备故障管理是它的核心部分。设备管理在工业企业管理系统中虽然是个子系统，但就其业务本身而言，却是一个完整的系统。在这个系统中，纵向管理方面包括设备规划、设计、制造、安装、调试、监测、维修、改造直至报废的全过程管理；在横向管理方面涉及企业的生产计划、工艺技术、财务供销、安全环保等部门；在设备管理部门内，又包括技术、经济、组织三方面工作。所有这些环节都是相互联系，相辅相成的，不能只强调某一方面或某一环节的工作，必须进行综合管理才能获得良好的经济效益。因而，现代设备管理是一门综合管理科学。实践证明，设备故障管理及技术改造，不但关系着服役设备的寿命长短，也关系着新设备设计制造的完善及更新换代问题。长期以来，这一工作及理论研究未被置于应有的重要地位，实是一种不正常现象。我们广收经验编写此书，也正是为加强设备管理研究尽张目之责。

认真做好设备的维护检修工作，可避免零部件的过度磨损，保证设备经常处于良好的工作状态，杜绝在生产中发生恶性事故；这不但是项复杂的技术工作，而且是重要的管理工作和经济工作。做好这项工作可使企业获得显著的经济效益和社会效益。

本书由太原重型机械学院王荣祥、任效乾与金川有色金属公司唐贵德主编。天津大学王任大、中国电子工程设计院王任中、太原重型机械学院李捷和王守信参加了部分编写工作。此外，还得到了许多高等院校、科研院所和工矿企业行业同仁的无私援助，在此一并致谢。

由于编著者水平所限，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

王荣祥 唐贵德 任效乾

1999年5月

目 录

第一章 施工机械故障管理概论.....	1
第一节 施工机械故障管理的重要性.....	1
第二节 施工机械产生故障的原因.....	4
第三节 机械故障的现代化检测.....	6
第四节 施工机械的现代化维修	12
第二章 通用动力机械	17
第一节 交流电动机和直流电机	17
第二节 柴油发动机和汽油发动机	28
第三节 液压泵和液压马达	38
第四节 空气压缩机	43
第五节 供排水及冷却系统水泵	51
第六节 焊接设备	58
第七节 通风机	64
第三章 钻孔及桩工机械	68
第一节 凿岩机械	68
第二节 凿岩台车	73
第三节 潜孔钻机	76
第四节 牙轮钻机	79
第五节 桩柱成孔钻机	88
第六节 压拔桩柱机械	92
第四章 岩土铲装机械.....	101
第一节 机械式挖掘机（电铲）.....	101
第二节 液压式挖掘机.....	112
第三节 轮胎式装载机（含铲运机）.....	120

第四节	装运机·····	128
第五节	铲斗式装岩机·····	130
第六节	自行式铲运机·····	136
第七节	抓岩机·····	141
第五章	平整压实机械·····	145
第一节	推土机·····	145
第二节	自行式平地机·····	148
第三节	压路机·····	151
第四节	夯实机械·····	154
第六章	石料和混凝土机械·····	158
第一节	破碎机械·····	158
第二节	筛分机械·····	163
第三节	混凝土搅拌机·····	166
第四节	混凝土输送泵·····	169
第七章	输送提吊机械·····	173
第一节	胶带输送机·····	173
第二节	刮板输送机·····	176
第三节	提升(卷扬)机械·····	178
第四节	起重机械·····	187
第五节	窄轨牵引电机车·····	196
第六节	散装水泥车·····	199
第八章	施工机械修理技术·····	213
第一节	零件的焊修·····	213
第二节	零件的粘补修理·····	236
第三节	金属零件刷镀修理·····	248
第四节	发动机主要零件的修理·····	255
第五节	结构件及传动件的修理·····	262
第六节	修理中的装配工艺·····	270
主要参考文献	·····	282

第一章 施工机械故障管理概论

第一节 施工机械故障管理的重要性

机械设备是现代化施工生产的重要基础，它们的配备情况和运行状态直接影响到企业的生产能力、施工质量、能源消耗、生产成本和劳动生产率。因此，机械设备运用管理的模式和水平，直接关系到企业的经济效益和国民经济的发展水平。

机械设备运用管理是企业管理的一个重要组成部分；它运用故障物理学、摩擦磨损理论、设备诊断技术、可靠性理论、工程经济学、系统论、信息论和控制论等，研究企业机械设备的施工组织、工程技术和经济效益问题；故障分析与排除在机械设备运用管理中占有不可取代的显著地位。

随着科学技术的进步，工业设备的工作参数（载荷、速度、温度）、工作效能（生产率、功率、效率）和自动化程度越来越高。设备的结构愈复杂，自动化程度和生产效率愈高，发生故障造成的损失也愈大。从使用角度看，总希望设备不出故障，可靠度能达到 100%。事实上，绝对可靠的机械设备是没有的；可靠性要求过高，会增加成本，很不经济。因此，一般设备可看成是个可修复系统；生产施工实践中，要求在发生故障后能够迅速修复。

众所周知，机械设备是企业施工生产的物质基础。机械设备运用管理的目的是补偿设备在施工中的损耗，加强维持简单再生产的必要手段。设备管理和维修不仅是一项技术工作，而且大量涉及企业管理和经济工作，例如设备投资的决策，修复成本的核算，折旧和技改基金的合理使用等，都是设备管理的主要内容。

各种机械设备在生产施工中处于不断地损耗状态。这种损耗使设备逐渐失去使用价值，需要及时给予补偿，否则生产就要受到损失，甚至无法维持简单再生产。机械设备损耗的快慢，使用寿命的长短，则取决于设计、制造、选型、维护修理及改造更新等多环节工作的质量。所以，科学的设备管理应是“设备一生”的“综合管理”。

各个国家的生产实践都证明，机械设备管理耗资巨大，直接影响着国民经济的发展。改造更新旧设备需要占用国家产出的大量新设备；设备维修则要消耗大批的人力、物力和财力。据统计，世界发达国家的设备维修费一般为资产原值的3%~7%。我国现有工交企业约40万个，固定资产达8000亿元，其中机械设备占60%~70%，约有5000多亿元，维修费每年为350多亿元。这些数据说明，设备的运用管理消耗着大量的社会财富。若能加以改进，就有可能将节省的大批劳动力和大量财力物力，转用于发展国民经济。运行设备通过技术检测和故障分析，进而排除故障和修理改造，就能恢复或提高技术性能，其费用比购买同类型设备的费用低得多；是节约更新资金、提高企业设备现代化水平的重要途径之一。在我国国民经济发展的现阶段，企业设备更新欠账多，资金不足，又无足够的新型设备供选择和更新，因此加强现有设备的故障管理，科学地进行维修和技术改造，对实现我国的现代化建设目标具有重要的战略意义。

近年来，由于各个企业对设备管理的重视和不断探讨，以及随着科学技术和工交生产的迅速发展，设备管理模式也在进步，目前在行业中已形成了“设备综合管理”理论。它与传统的设备管理理论不同，其主要区别见表1-1。

表 1-1 传统的设备管理与设备综合管理的区别

项 目	传统的设备管理	设备综合管理
管理目标	为生产施工服务，确保完成生产计划	保证完成生产计划，追求最低的设备寿命周期费用和最高的经济效益

续表 1-1

项 目	传统的设备管理	设备综合管理
管理范围	主要是设备的后期管理,其设计、选型、维修、技改等各个环节脱节	管理设备的一生,既加强设备的后期管理,也注意设备的前期管理,形成设备管理系统工程
管理业务之间的关系	设备管理工作中的技术、经济、组织工作三者联系不紧密	在设备一生的管理过程中,注重技术、经济、组织三者之间的紧密联系,并不断以价值工程观点进行协调
技术管理	注重设备维修技术管理,但只考虑技术可行性,很少考虑经济合理性	在选择设备维修和技术改造方案时,要进行技术经济可行性分析,注重分析设备的可靠性和维修性,并力求设备寿命周期费用的经济性
经济管理	经济管理处于从属地位,不考虑设备前期与后期管理的经济联系	认为技术和经济同样都是可行性分析的重要组成部分,在设备前期工作中,就考虑到设备维修费用等经济因素
组织管理	专业人员管理和操作人员管理相结合	专业人员管理和操作人员管理相结合,且技术管理和经济管理相结合
信息管理	局限于统计工作的范围,为企业的上级管理部门服务,对施工生产少有反馈及促进	重视信息反馈及管理,对设备的技术性能和管理费用进行分析,作为提高设备可靠性、维修性和改进管理工作的依据
维修计划管理	全部设备统一实施计划预修,按修理周期结构进行各种维护修理,容易产生维修过剩或失修现象	运用 ABC 分析法将设备分类,根据不同情况分别采用预防维修和事后维修;经常检测运行设备的技术状态,注重实施针对性修理,提高经济效益

续表 1-1

项 目	传统的设备管理	设备综合管理
维 修 与 技 术 改 造 的 关 系	设备维修与技术改造脱节,力求恢复设备原来性能,但往往使设备性能日渐恶化	设备维修与技术改造相结合,通过现代化检测手段,分析设备性能信息反馈,科学地改造设备的不合理之处,提高其技术性能
维 修 实 施 管 理	以组织企业内部维修力量为主,往往形成“小而全”的修理设施,而且修理质量低劣,成本较高,经济效益较差	重视设备检测和维修专业化,加强横向协作,发挥各自的优势,组织信息联网反馈,以工业化的科学生产方式组织实施设备维修

第二节 施工机械产生故障的原因

一、机械设备故障的典型模式

机械设备在运行状况下,其零部件或系统丧失了规定性能,称为设备故障。判断设备是否处于故障状态,首先要明确设备应保持的规定性能的具体内容,即必须有具体的判别标准。

当机械设备发生故障时,首先呈现的是故障现象。故障现象是故障过程的结果。每种故障都有其主要特征,称为故障模式。施工机械在实际工作中常见的故障模式为:①异常振动;②异常声响;③油质劣化;④绝缘失效;⑤严重磨损;⑥材质疲劳;⑦构件破裂;⑧过度变形;⑨腐蚀剥落;⑩渗漏堵塞;⑪松弛移位;⑫其他异常。不同类型的设备,其各种故障模式所占的比例也不同,根据国内外一些设备运行记录资料统计,大致情况如表 1-2 所列。

表 1-2 不同类型设备各种故障模式所占比例 (%)

故障模式	静止设备	回转设备	往复设备
异常振动	0	30.4	3.1
异常声响	1.1	11.4	6.5
油质劣化	3.6	3.1	4.3
绝缘失效	3.2	2.1	4.5
严重磨损	7.4	19.8	17.8
材质疲劳	6.8	8.6	8.2
构件破裂	18.3	8.4	16.9
过度变形	2.6	2.8	2.1
腐蚀剥落	35.8	4.3	17.5
渗漏堵塞	12.5	2.5	9.8
松弛移位	1.5	3.3	3.5
其他异常	7.2	3.3	5.8
合 计	100	100	100

二、设备产生故障的原因

当机械设备的工作条件和环境条件等方面的能量积累一旦超过某一界限时,就会产生故障。产生故障的原因有硬件方面的,也有软件方面的,或者是硬件与软件不匹配等。设备故障的发生受空间、时间、设备内部和外界多因素的影响。可能是某一种因素起主导作用,也可能是几种因素综合作用的结果。故障现象、故障机理和故障诱因三者密切相关。但是,这种关系及其发生发展过程十分复杂,而且没有固定规律可循。比如,故障模式相同,但发生故障的原因和机理不一定相同;同一诱因也可能引起两种以上的失效机理。一般说来,任何一种故障损坏,只有当故障件的材料所承受的载荷(包括机械载荷、热载荷、腐蚀及综合载荷等),超过了它所允许的承载能力,或材料性能过度降低时才会发生。通过长期的对设备故障的检测和鉴定,产生故障的原因大致可以归纳如下:

1. 设计有错误

比如构件应力过高，应力集中现象严重，材料、配合和润滑方式选用不当，对使用条件和环境影响因素考虑不周等等。

2. 选用的材料有缺陷

比如材料不符合技术条件，铸、锻件有隐患，热处理产生变形或热处理有缺陷等等。

3. 构件制造有缺陷

比如构件的切削和压力加工有缺陷，装配不合理，热处理不合乎要求，焊接和电镀有缺陷，存在预应力和热应力等等。

4. 设备违章运行

比如设备过载、过热和润滑不良，产生松脱振动、腐蚀、漏水、漏气和漏电，操作失误和维护修理不当等等。

机械设备故障主要产生原因的比例如图 1-1 所示。

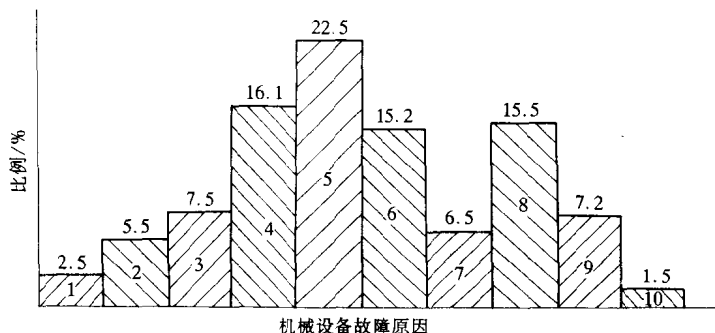


图 1-1 机械设备故障原因比例

1—原设计不良；2—制造装配不良；3—超载和过热；4—自然磨损；

5—润滑不良；6—维护保养不良；7—操作不熟练；8—违章作业；

9—修理质量不良；10—原因不明

第三节 机械故障的现代化检测

施工设备在运转中一旦出现异常征兆，就会随之发出相应的

信息，例如振动、噪声、温度、应力、油质、磨损微粒和电磁变化等。采用科学的监测或检测手段，就可以得知这些信息的量化数据，从而对设备进行故障诊断。主要的监测方法有：振动和噪声监测、油液监测、温度监测、X 射线监测、超声与声发射监测、应力应变监测和气体泄漏监测等。施工现场采用何种监测方法，要根据不同设备和目的，以及经济上的可行性加以选择。

一、设备的振动监测与诊断

振动是诊断设备运行状态的重要信息。不同的设备运行状态会产生不同的振动；将这些振动信号进行处理后，就可以从中提取需要的有用信息，作为故障诊断的依据。

设备的振动诊断可分为三个步骤：一是总的振动强度测定，用以判定设备运行是否存在问题；二是频谱分析，以进一步判断问题发生在什么环节上；三是对指定的零部件（例如轴承、齿轮箱和传动轴等），采取适用的特殊技术进行深入分析。在进行设备运行状态诊断时，一般总是先进行强度测定，发现问题后再采用第二步和第三步。

目前最常用的设备振动检测方法是电测法，即用振动传感器将振动量转换成电量（电压、电流）再用电子仪器对电量进行测量和分析。用于现场日常设备检测工作的振动检测系统，由传感器联带一个手持式振动仪组成，可直接读出 $10\sim 10000\text{Hz}$ 频率范围内的振动值，将测量结果与一般技术标准或设备的规范参考值作比较，即可判断设备运行状态有无异常。

随着诊断技术的发展，现已出现更先进的、以计算机为基础的设备故障诊断系统。它由多功能信号处理机、台式计算机和故障诊断软件包等组成（见图 1-2）。系统中的多功能信号处理机不仅具有通常的频谱分析功能，还具有倒频谱分析、相位分析、概率统计、传递函数分析、模态分析以及曲线拟合等诸多功能。这些功能为设备故障诊断提供了丰富的信息。

对所获取的设备振动信号进行分析研究时，目前最常用的方法是光谱分析。这种方法的特点是在频域范围内对振动信号进行

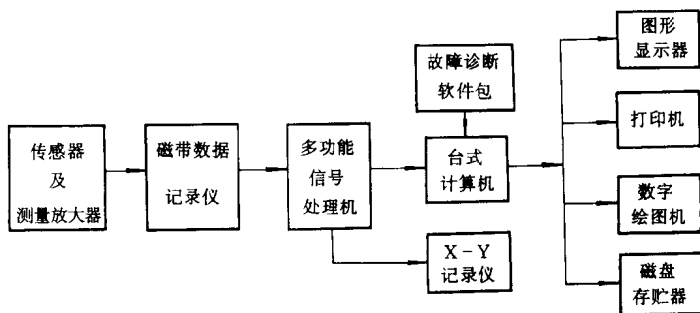


图 1-2 故障诊断系统框图

处理，以获得复杂信号的频率结构和各个频率成分的强度。这样就可以对一个振动系统的特征作较深入的分析，根据功率频谱上在特定频率成分段是否出现尖峰值来判定是否存在故障；根据故障特征频率及其各种谐频可提示故障的部位、能量强度及频谱形态，即可说明故障性质和严重程度等。

频谱分析的基础是傅利叶变换，将一个时域信号转变为频域信号再用各种专用快速傅氏变换 (FFT) 分析仪来完成。近年来还出现了“倒频谱”分析技术。这种方法是对信号的功率频谱取对数后再进行傅利叶变换而得到的输出值。它对振动信号中的复杂周期成分，特别是谐频、边频成分比较敏感，易于识别，特别适用于轴承、传动轴和齿轮等回转零件的故障诊断。

二、设备的红外测温诊断

任何物体，只要它的温度不低于绝对零度，都存在热辐射现象，即产生一种看不见的、具有强烈热效应的红外线辐射波，波长范围为 $0.75 \sim 1000 \mu\text{m}$ ，频率范围在 $3 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{14} \text{Hz}$ 之间。设备运行状态是否正常，往往在温度变化上反映出来；测量温度参数或红外线辐射波参数，即可分析设备运行是否存在异常现象。

设备的温度参数一般不能直接测量，必须借助于某些物质与温度变化有关的物理特性间接地进行测量，如热膨胀、电阻、热

电效应、辐射能量等，更新的技术还有微波测温和激光测温等。目前常用的仪器有热敏探测器、光电探测器、红外测温仪和热象仪等。

当采用接触方式测量设备或构件温度时，测温元件与被测对象应有良好的热接触，通过传导和对流达到热平衡来进行测温。这种方法可用于测量物体内部的温度分布，但对于运动体、小目标或热容量小的被测对象，其测量误差较大。用于接触式测量方法的测量仪表主要有水银温度计、压力温度计、双金属温度计、各种电阻温度计和热电偶等。

非接触式测量的测温元器件与被测对象不接触，而是通过接受热辐射能量实现测温。由于测温元件不破坏被测对象的温度场，不必与被测对象达到热平衡，并有动态特性好等优点，可用于测量运动体、小目标、热容量小或温度变化迅速的被测对象的表面温度，也可测量温度场的温度分布。但它易受物体辐射率和环境状况的影响，在高精度测量中受到限制。非接触式测量常用的仪器有红外辐射温度计、全辐射温度计、比色温度计和光学高温计等。

三、设备的润滑油样分析

机械设备离不开润滑油；各个运转机件润滑工作面的润滑油，携带着设备运行状态的大量信息，可用以提示机器中零件磨损的类型、部位和程度，进行工况监控和故障诊断。目前进行润滑油样分析时常采用光谱分析法、铁谱分析法和磁塞检查法。

油样光谱分析法，是利用原子吸收或发散光谱不同来分析润滑油中散落的各种金属的成分和含量，判断磨损的零件及其磨损程度的方法。这种方法对有色金属构件比较适用。常采用的监测分析仪器是标准光谱分析仪。这种方法的局限性较大，不能获得磨损颗粒的形貌细节，所分析的磨粒一般只能小于 $10\mu\text{m}$ 。

油样铁谱分析法，是利用在磁力作用下不同大小的磨粒所移动距离不同的原理，根据油样中磨粒沉淀的状况来判断零件磨损程度的方法。采用光电显微镜可以观察残渣的形貌和色泽，可提

供磨粒的数量、粒度、形态和成分等信息。铁谱分析所使用的仪器价格比较低廉，提供的信息比较丰富，应用很广泛。但它对于非铁磁材料不够敏感，且需要熟练的操作人员和严格遵守一定的操作步骤，才能使分析结果具有可比性。这种方法适用于检测粒度为 $10\sim 50\mu\text{m}$ 的磨损颗粒。

磁塞检查法，是用磁性塞头插入润滑系统的管路内收集油中的磨粒，靠人眼直接观察磨粒的大小、数量和形态，以判断设备零件磨损状态的方法。这种方法适用于磨粒大于 $50\mu\text{m}$ 的油样检测。一般来说，设备零件磨损后期通常出现较大尺寸的磨粒，该方法即成为重要的检测手段。

在进行润滑油样分析时，对于各种不同的磨损颗粒的特征，可作如下区分：

1. 正常滑动磨损磨粒

这种磨粒是机械设备正常滑动状态下的磨粒，是剪切混合层（厚度约为 $1\mu\text{m}$ 的薄层）的疲劳剥落碎片，其尺寸在 $0.5\sim 15\mu\text{m}$ 范围内或更小。

2. 切削磨损磨粒

这是一种非正常磨损磨粒，其形状如同切屑；是因较硬杂物颗粒进入润滑工作面而产生的。这种磨粒的尺寸范围较大，一般为 $2\sim 100\mu\text{m}$ 。

3. 滚动疲劳磨粒

这是由运转的滚动轴承产生的疲劳磨粒。主要分为疲劳剥落碎片、层状疲劳磨粒和球状疲劳磨粒三种。前两种磨粒的尺寸范围为 $1\sim 5\mu\text{m}$ ，在滚动轴承的整个运转期间都会产生，当数量增加时即可作为轴承故障的初期预报。球状疲劳磨粒的尺寸范围为 $5\sim 20\mu\text{m}$ ，当其大量增加时，即可断定已是滚动轴承产生故障。

4. 滚滑疲劳磨粒

这是由啮合齿轮节圆附近出现滚动疲劳和滑动擦伤所产生的磨粒。这种磨粒呈贝壳状，具有粗糙的条纹表面和锯齿形的周边，其宽度与厚度之比为 $4:1$ 至 $10:1$ 之间。