



面向2030

中国机械工程技术路线图丛书

中国机械工程学会 主编

设备管理 与维修

路线图

EQUIPMENT MANAGEMENT AND MAINTENANCE ROADMAPS

中国机械工程学会设备与维修工程分会 编著



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS



面向 2030

中国机械工程技术路线图丛书

中国机械工程学会 主编

设备管理 与维修

路线图

EQUIPMENT MANAGEMENT AND MAINTENANCE ROADMAPS

中国机械工程学会设备与维修工程分会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

设备管理与维修路线图 / 中国机械工程学会设备与维修工程分会
编著. — 北京: 中国科学技术出版社, 2016.11

(中国机械工程技术路线图丛书)

ISBN 978-7-5046-7267-4

I. ①设… II. ①中… III. ①设备管理—技术发展—研究报告—
中国 IV. ①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 253729 号

策划编辑	吕建华 赵 晖
责任编辑	郭秋霞
装帧设计	中文天地
责任校对	刘洪岩
责任印制	张建农

出 版	中国科学技术出版社
发 行	中国科学技术出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编	100081
发行电话	010-62173865
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	235千字
印 张	12
版 次	2016年11月第1版
印 次	2016年11月第1次印刷
印 刷	北京盛通印刷股份有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-7267-4 / TB·100
定 价	60.00元



(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

丛书编委会

荣誉主任 路甬祥

主 任 周 济

副 主 任 张彦敏

委 员 (按姓氏笔画排序)

王玉明	王立鼎	王至尧	王国彪	王麟书	尤 政
卢 刚	卢秉恒	田利芳	包起帆	冯培恩	邢 敏
朱 胜	朱 荻	朱森第	任洪斌	任露泉	刘艳秋
关 桥	孙守迁	孙智慧	苏仕方	李元元	李圣怡
李晓延	李培根	李敏贤	李新亚	杨申仲	杨明忠
杨海成	吴国凯	吴锡兴	何加群	沙宝森	沈功田
宋天虎	陆 辛	陆大明	陈 钢	陈 强	陈超志
苑世剑	林尚扬	林忠钦	周 云	周 宇	屈贤明
赵有斌	胡正寰	柳百成	钟 掘	钟永刚	钟志华
钟群鹏	娄延春	徐小力	徐永昌	徐均良	徐志磊
徐滨士	高金吉	郭东明	黄卫东	葛晨光	曾广商
雷源忠	蔡惟慈	谭建荣	熊有伦	黎 明	潘云鹤
潘健生					

责任编辑 田利芳 刘艳秋 钟永刚

本书编委会

荣誉主任 高金吉

主 任 徐小力

副 主 任 (按姓氏笔画排序)

刘林祥 孙大森 杨申仲 张来斌

委 员 (按姓氏笔画排序)

马 彪 马汉元 王书茂 王永周 王华庆 王庆锋

王红军 乔文生 刘林祥 刘景元 许宝杰 孙大森

杨申仲 肖 颖 谷玉海 沈 红 张卫宁 张来斌

陈 庞 范 靖 柯昌洪 姚立新 敖立文 聂卫华

徐小力 高立新 黄 民 梁 伟 熊晓光

本书编撰组

组 长 杨申仲

成 员 （按章节作者排序）

徐小力	杨申仲	姚立新	孙大森	许宝杰	沈 红
杨 炜	肖 颖	王书茂	王庆锋	陈 庞	高立新
谷玉海	吴存洁	王华庆	聂卫华	乔文生	马汉元
梁 伟	敖立文	黄 民	王红军	马 彪	韩家兴
刘景元	熊晓光	李东进	黄克俭	王玉明	王永周
彭兴礼	范 靖	张卫宁	常英杰	柯昌洪	张来斌
刘林祥	林 京	罗立凤	杨士奇		

总 序

当今世界，科技创新日新月异，信息化、知识化、现代化、全球化发展势不可挡，新兴发展中国家快速崛起，国际经济和制造产业格局正面临新的大发展、大调整、大变革。我国制造业也将迎来新的发展战略机遇和挑战。

目前，我国制造业的规模和总量都已经进入世界前列，成为全球制造大国，但是发展模式仍比较粗放，技术创新能力薄弱，产品附加值低，总体上大而不强，进一步的发展面临能源、资源和环境等诸多压力。到 2020 年，我国将实现全面建设小康社会、基本建成创新型国家的目标，进而向建成富强、民主、文明、和谐的社会主义现代化国家的宏伟目标迈进。在人类历史上，大凡知识和技术创新，只有通过制造形成新装备才能转变为先进生产力。许多技术和管理创新也是围绕与制造相关的材料、工艺、装备和经营服务进行的。可以预计，未来 20 年，我国制造业仍将保持强劲发展的势头，将更加注重提高基础、关键、核心技术的自主创新能力，提高重大装备集成创新能力，提高产品和服务的质量、效益和水平，进一步优化产业结构，转变发展方式，提升全球竞争力，基本实现由制造大国向制造强国的历史性转变。

机械制造是制造业最重要、最基本的组成部分。在信息化时代，与电子信息等技术融合的机械制造业，仍然是国民经济发展的基础性、战略性支柱产业。工业、农业、能源、交通、信息、水利、城乡建设等国民经济中各行业的发展，都有赖于机械制造业为其提供装备。机械制造业始终是国防工业的基石。现代服务业也需要机械制造业提供各种基础设备。因此，实现由制造大国向制造强国的历史性转变，机械制造必须要先行，必须从模仿走向创新、从跟踪走向引领，必须科学前瞻、登高望远、规划长远发展。

中国机械工程学会是机械工程技术领域重要的科技社团，宗旨是引领学科发展、推动技术创新、促进产业进步。研究与编写中国机械工程技术路线图，是历史赋予学会的光荣使命。一段时间以来，机械工程学会依靠人才优势，集中专家智慧，充分发扬民主，认真分析我国经济社会发展、世界机械工程技术和相关科学技术发展的态势，深入研究我国机械行业发展的实际和面临的任务及挑战，形成了《中国机械工程技术路线图》。

《中国机械工程技术路线图》是面向 2030 年我国机械制造技术如何实现自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来的战略路线图。路线图力求引领我国机械工程技术 and 产业的创新发展，进而为我国建设创新型国家，实现由制造大国向制造强国的跨越，提升综合国力和国际竞争力发挥积极作用。

路线图的编写努力坚持科学性、前瞻性、创造性和引导性。科学性就是以科学发展观为指导，立足于科学技术的基础，符合科学技术和产业发展的大趋势。路线图不是理想主义的畅想曲，而是经过努力可以实现、经得起实践和历史检验的科学预测。前瞻性就是用发展的眼光看问题，不仅着眼于当前，而要看到 10 年、20 年后甚至更长远的发展。我们今天所面临的挑战和问题，很多都不是短期能够解决的，而是需要经过 10 年、20 年，甚至更长时间的持续努力才能根本化解。我们不仅要立足我国的发展，也要放眼世界的发展，对可能出现的科技创新突破、全球产业结构和发展方式的变革要有所估计。我们不仅要考虑已有的科学技术，还要考虑未来的科技进步与突破，如物理、化学、生物、信息、材料、纳米等技术的新发展，考虑它们对制造业可能产生的影响和可能带来的变化。对一些重要领域和发展方向、发展趋势要有一个比较准确的把握和判断。创造性就是根据我国国情进行自主思考和创新。路线图的编写是一个学习过程、研究过程、创造过程。我们既要学习借鉴国外的技术路线图，学习借鉴国外的成功经验和先进技术，又不完全照搬、不全盘模仿。路线图不仅要符合世界发展的大趋势，更要符合中国的实际国情。引导性就是要对机械制造技术和产业发展起引领和指导作用。路线图不是百科全书，也不同于一般的技术前沿导论，它是未来创新发展的行动纲领。路线图既要有清晰的基础共性、关键核心技术的提炼，同时也要有代表重大创新集成能力的主导性产业和产品目标，要适应企业行业的整体协调发展。路线图最终衡量的标准是先进技术是否能够转变成产业，是否能够占领市场。

《中国机械工程技术路线图》对未来 20 年机械工程技术发展进行了预测和展望。明确、清晰地提出了面向 2030 年机械工程技术发展的五大趋势和八大技术。五大趋

势归纳为绿色、智能、超常、融合和服务，我认为是比较准确的。这 10 个字不仅着眼于中国机械工程技术发展的实际，也体现了世界机械工程技术发展的大趋势，应该能够经得起时间的考验。八大技术问题是从小机械工程 11 个技术领域凝练出来的，是对未来制造业发展有重大影响的技术问题，即复杂系统的创意、建模、优化设计技术，零件精确成形技术，大型结构件成形技术，高速精密加工技术，微纳器件与系统（MEMS），智能制造装备，智能化集成化传动技术，数字化工厂。这些技术的突破，将提升我国重大装备发展的基础、关键、核心技术创新和重大集成创新能力，提升我国制造业的国际竞争力以及在国际分工中的地位，将深刻影响我国制造业未来的发展。

编写路线图，还要考虑如何为路线图的实施创造条件。如果没有政府的理解 and 政策环境的支持，没有企业积极主动的参与和有关部门的紧密合作，如果不通过扩大开放，改革体制，创新机制，为人才育成和技术创新创造良好的环境，促进企业为主体、以市场为导向、产学研用结合的技术创新体系的形成，如果没有一系列有力举措和实际行动，路线图所描绘和规划的目标就可能只是寓于心中的美好愿望和一幅美丽的图景。我认为，创新、人才、体系、机制、开放，是路线图成功实施的关键要素。

尤其值得关注的是，国际金融危机后，发达国家重视和重归发展制造业的势头强劲。2011 年 6 月美国总统科技顾问委员会（PCAST）向奥巴马总统提交的《确保美国在先进制造业中的领导地位》报告，就如何振兴美国在先进制造业中的领导地位提出了战略目标和政策的建议，建议联邦政府启动实施一项先进制造计划（AMI）。AMI 所建议的项目实施经费由商务部、国防部和能源部共同分担。项目基金最初每年 5 亿美元，四年后提高到每年 10 亿美元，并将在未来的 10 年里，实现美国国家科学基金委员会、能源部科学办公室和国家标准与技术院等三个关键科学机构的研究预算增倍计划，实现研发投入占 GDP3% 的目标。着力为先进制造技术创新和产业的振兴提供更有吸引力的税收政策，建设可共享的技术基础设施和示范工厂等，加强对基础、共性、关键技术创新的支持，吸引和培养先进制造的创造人才，培育支持中小制造企业创新和发展等。

政府在推动机械工业发展中具有关键作用。政府的政策支持是机械工程技术路线图顺利实施的重要保障。路线图向政府及各有关部门提出了一些具体建议，包括制订中国未来 20 年先进制造发展规划、设立科技专项、创新科研体制机制、改进税收政策和投融资等，希望得到各方面的理解和支持，共同为我国实现制造强国的目标而努力。

人才是实现制造强国之本，教育是育才成才之源。在通向路线图目标的种种技术路径上，既需要从事基础前沿研究的科学家，也需要从事技术创新的工程师，还需要更多的优秀技师、高级技工等高技能人才。我们不仅要提高人才培养的质量，更要注重优化人才结构，发展终身继续教育。

对于中国机械工程学会而言，组织编写完成《中国机械工程技术路线图》只是迈出了第一步。只有路线图的研究成果得到政府和社会的大力支持，只有吸引企业和广大科技工作者的积极参与，路线图的实施才能成为广泛、深入、创造性的实践，路线图的目标才可能实现。因此，宣传普及、推介实施路线图是学会下一步更加重要而紧迫的任务。此外，路线图的持续研究、及时补充完善与修改，要成为学会今后长期、持续性的工作，成为学会建设国家科技思想库的重要组成部分。

期望《中国机械工程技术路线图》经得起实践检验，期望中国机械工程技术取得创新突破，期望中国机械工业由大变强，期望中国尽快成为制造强国乃至创造强国！

是为序。



2011年8月

摘 要

《设备管理与维修路线图》重点分析面向 2030 年设备管理与维修技术发展方向、发展路径。结合我国经济社会发展需求，分析了发展环境、技术研发、市场实践之间的关系，提出了制约设备发展并必须实现突破的关键技术，确定了设备管理、监测检验、故障诊断、设备润滑、维护修理、更新改造等 6 个方面未来研发的目标、应用前景和市场定位；按照时间序列提出不同时间节点的发展重点、技术发展路径、实现时间等要素，提出了技术创新过程的不同阶段和任务目标。

全书共八章，第一章分析了设备管理与维修的现状与趋势；第二章至第七章确定了现代设备管理、监测检验、故障诊断、设备润滑、维护修理、更新改造等 6 项技术路线图；第八章论述了设备管理与维修路线图的实施要素。包括院士、教授、研究员、博士、高级工程师等在内的 40 多名行业专家参与了路线图制定工作，并广泛征集了领域内专家的意见和建议，使本技术路线图更具科学性、前瞻性、指导性和权威性。本技术路线图可为企业制定发展规划和政府决策提供依据，亦可为人才培养提供技术指导。

Abstract

The Roadmap of Equipment Management and Maintenance Technology is oriented to the development of the corresponding technologies for the next fifteen years. Combined with the requirement of the domestic economic development, the correlation between development environment, technical researching and marketing has been analyzed in the roadmap. Then the key technologies which are restricting the development of equipment and requiring a breakthrough are proposed. The development targets, the application prospects and the market orientations in industries such as the modern equipment management, detect and testing, fault diagnosis, lubrication, maintenance and repair, and renovation are determined in the roadmap. Finally, the roadmap chronologically presents the main points of the development focus, routes and implementation time, and shows the different phases and goals for the process of technologically innovation.

The book consists of eight chapters: the first chapter analyses the present situation and trend of equipment, and the major scientific and technological direction of equipment management and maintenance; from the second chapter to the seventh chapter, the technical route maps of the equipment management, detecting and testing, fault diagnosis, lubrication, maintenance and repair, and renovation are determined; the eighth chapter describes the key implementation elements of roadmap about the equipment management and maintenance. More than 40 industry experts, such as academician, professors, researchers, engineers, have participated in the formulation of the roadmap. Opinions and suggestions from experts in various fields have been extensively collected, to enhance the practical science, foresight, guidance and authority of this technology roadmap.

This technology roadmap can provide some scientific references for the entrepreneurial development planning and governmental decision, and also provide technical guidance for personnel training.

目 录

引 言	1
第一章 设备管理与维修现状和趋势	3
第一节 设备管理与维修发展现状	5
第二节 我国设备管理与维修展望	12
第二章 现代设备管理	23
第一节 全员生产维修程序化管理	24
第二节 设备信息化管理	28
第三节 现代设备管理路线图	38
第三章 监测检验	41
第一节 仪器仪表检测技术	41
第二节 智能工业监测技术	46
第三节 基于风险评估的检验技术	51
第四节 监测检验技术路线图	53
第四章 故障诊断	56
第一节 设备诊断技术	56
第二节 设备故障预报技术	67
第三节 远程故障预测预警技术	76
第四节 故障诊断技术路线图	81
第五章 设备润滑	84
第一节 工业用油润滑技术	84

第二节	润滑治漏技术	89
第三节	润滑油添加剂技术	91
第四节	设备润滑技术路线图	94
第六章	维护修理	97
第一节	设备维护保养技术	97
第二节	设备修理工艺技术	102
第三节	以可靠性为中心的维修技术	106
第四节	再制造修复技术	114
第五节	维护修理技术路线图	121
第七章	更新改造	125
第一节	设备更新技术	126
第二节	设备改造技术	131
第三节	更新改造技术路线图	139
第八章	设备管理与维修路线图实施	142
第一节	关键要素	142
第二节	保障措施	145
附 录		150
附录 1	全面推进应用 TPM 程序化管理	150
附录 2	锅炉点检作业表	151
附录 3	各种作业工艺表	152
附录 4	国内外仪器仪表产品不断开发和应用	155
附录 5	往复式压缩机可靠性维修应用案例	160
附录 6	推进我国流程工业装备在役再制造工程实施	164
附件 7	RBI 检验技术应用案例	169
附件 8	高端设备故障预报实践	170
附录 9	高端数控机床润滑用油	173
附录 10	常见设备润滑方式	174
附录 11	应用润滑油添加剂案例	176
后 记		178

引言

现代化工业生产设备越来越大型化、复杂化、自动化，近年来随着国民经济持续发展，设备投资越来越大，并且要求连续生产，如发生故障停机将对企业造成严重损失。现代化生产对设备的依赖程度越来越大，对全面掌握设备技术状况越来越迫切，同时设备对产品质量、安全环保、能耗等影响也越来越大。设备管理与维修技术的应用和发展也影响着机器的形态、结构，促进重大装备性能的提高。未来 15 年，设备管理与维修技术将沿着“安全可靠、高效、节能环保、智能、融合、服务”的六大趋势以及国际化需求，不断与新技术、新材料和新工艺融合，在为生产工程服务过程中，不断完善、提高和发展。

《设备管理与维修路线图》重点分析面向 2030 年，围绕设备管理与维修未来技术发展方向，结合我国经济社会发展需求，分析发展环境、技术研发和市场实现之间的关系，提出重点突破的薄弱环节和关键技术，分析了设备管理、监测检验、故障诊断、设备润滑、维护修理、更新改造等 6 个方面技术路线图，确定设备管理与维修技术未来研发的目标、应用前景和市场定位；按照时间序列给出不同时间的节点的发展重点、技术发展路径、实现时间等要素，提出技术创新过程的不同阶段和任务目标以及实现措施。为科学制定产品研发规划、合理配置设备资源提供支撑；同时为企业制定发展规划和政策决策提供依据，为人才培养提供技术指导。

在设备管理与维修路线图制定过程中，包括院士、教授、研究员、博士、高级工程师等在内的 40 多位行业专家参与了编制工作，并广泛征集了各方面专家的意见和建议，形成共识，增强了技术路线图的科学性、前瞻性、指导性和权威性。

本次设备管理与维修路线图的制定遵循了以下原则：①具有前瞻性与可操作性，

希望成为政府决策和企业制定发展战略和规划的依据；成为行业制定发展规划、高校及研究院所确定研究方向的依据；②把握先进制造技术“安全可靠、高效、节能环保、智能、融合、服务”的方向，实现装备制造业提高、创新、跨越及国际化的发展目标；③以技术为切入点，紧密结合现代设备学科发展，并与应用相衔接，比较正确提出设备管理与维修未来发展的关键性技术及预计实现的目标。

第一章 设备管理与维修现状和趋势

设备是指可供在生产或生活中长期使用，并在反复使用中基本保持原有实物形态和功能的劳动资料和物质资料的总称。它包括机床、炉窑、车辆、船舶、飞机、工程机械、工业设施等。设备管理是以设备为研究对象，根据企业生产经营的目标，应用一系列理论方法，通过采取一系列技术、经济、组织措施，对设备的物质运动和价值运动进行全过程科学管理，从规划设计、选型、购置、安装、验收、使用、保养、检验、维修、改造、更新直到报废，保持设备良好运行状态并不断提高设备的技术素质，使设备资产总和效益最大化，进而使企业获得最佳的经济效益。

现代企业要在市场竞争中立于不败之地，就必须能保证高效率、高质量、低成本生产，而效率、质量、成本在很大程度上受设备的制约。设备的技术状况直接关系到企业的生产水平；设备管理水平直接影响到企业的经营效益。因此，在现代企业中设备管理与维修已经成为关系到企业经济效益及企业生存发展的重要环节。企业中的产品、质量、生产、技术、物资、安全、能源、环保和财务管理，都与设备管理与维修有着紧密的关联。

1. 设备管理是工业生产运行的必备条件

设备一般占工业企业固定资产总值 60% 以上，是工业生产的物质技术基础。工业企业的劳动生产率不仅受员工技术和管理水平的影响，而且主要还取决于所使用的工具、设备的完善程度，因此设备管理直接影响企业生产过程各环节之间的协调配合。

2. 设备管理是提高经济效益的重要条件

随着生产的现代化发展，企业用在设备方面的费用（如能源费、维修费、固定资产折旧费等）越来越多，搞好设备的经济管理，提高设备技术水平和利用率，对降低成本意义重大。另外，设备的技术状态也影响企业的能耗和有害物的排放、停产损失、产品质量、原材料消耗、产品工时消耗等。而通过有效的设备管理方式，可以将生产过程中设备的各项费用降到最低，从而提高企业的经济效益。