



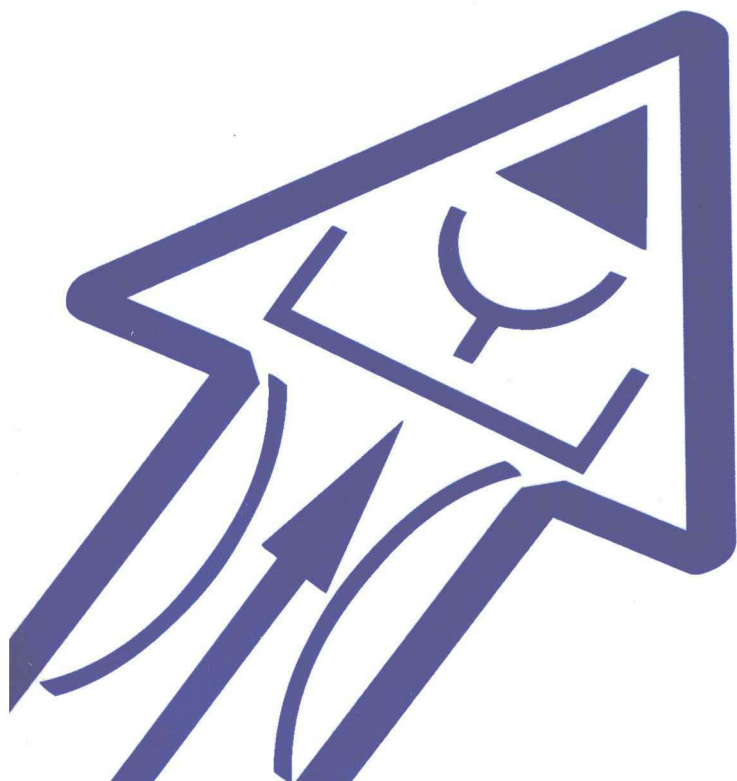
面向2030

中国机械工程技术路线图丛书

流体动力传动与控制技术 路线图

FLUID POWER TRANSMISSION AND CONTROL TECHNOLOGY ROADMAP

本书编著 中国液压气动密封件工业协会
丛书组编 中国机械工程师学会



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



面向2030

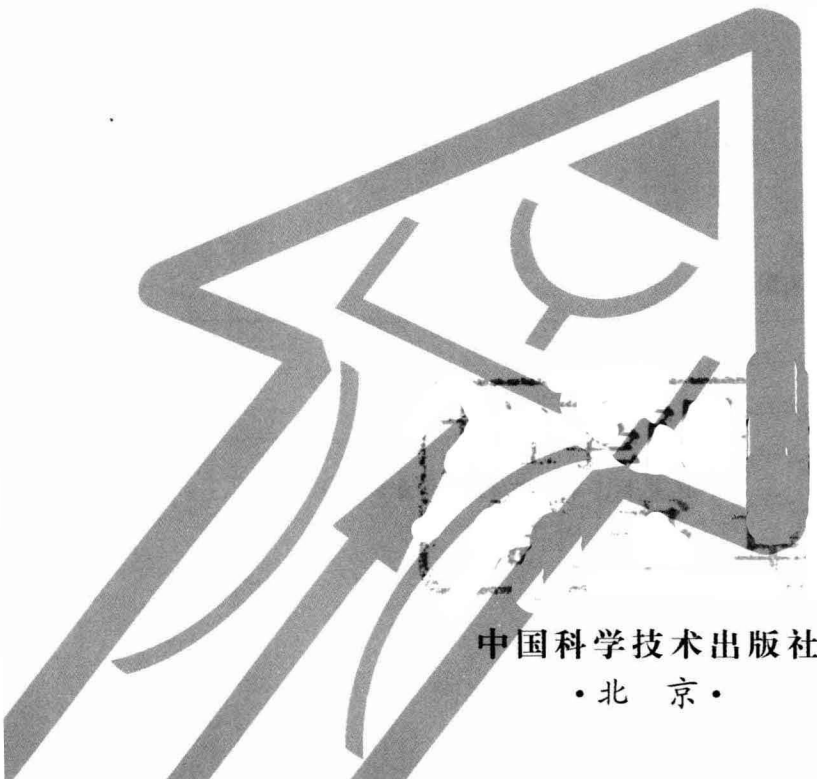
中国机械工程技术路线图丛书



流体动力传动与控制技术 路线图

FLUID POWER TRANSMISSION AND CONTROL TECHNOLOGY ROADMAP

本书编著 中国液压气动密封件工业协会
丛书组编 中国机械工程学会



中国科学技术出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

流体动力传动与控制技术路线图/中国液压气动密封件工业协会编著.
—北京: 中国科学技术出版社, 2012. 10
ISBN 978 - 7 - 5046 - 6229 - 3

I. ①流… II. ①中… III. ①液压传动系统 - 流体动力学 - 研究
IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 239262 号

选题策划 吕建华
责任编辑 赵 晖 夏凤金
封面设计 赵 鑫
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 科学普及出版社发行部
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
投稿电话 010 - 62176522
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm × 1092mm 1/16
字 数 150 千字
印 张 7.75
印 数 1 - 2000 册
版 次 2012 年 10 月第 1 版
印 次 2012 年 10 月第 1 次印刷
印 刷 北京九歌天成彩色印刷有限公司

书 号 ISBN 978 - 7 - 5046 - 6229 - 3/TH · 60
定 价 42.00 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)

丁培璠 王玉明 王立鼎 王至尧 王国彪 尤 政

卢秉恒 包起帆 冯培恩 邢 敏 朱剑英 朱森第

任洪斌 任露泉 关 桥 杨海成 李元元 李仁涵

李圣怡 李忠海 李培根 李敏贤 李新亚 沙宝森

宋天虎 陆大明 陈 钢 陈超志 林尚扬 林忠钦

屈贤明 赵振业 胡正寰 柳百成 钟志华 钟 掘

钟群鹏 徐志磊 徐滨士 高金吉 郭东明 曾广商

雷源忠 蔡惟慈 谭建荣 熊有伦 黎 明 潘云鹤

潘健生

秘 书 田利芳

本书编写委员会

主 任 沙宝森

副主任 曾广商 王玉明

委 员 (按姓氏笔画排序)

马文星 王长江 王玉明 王雄耀 孔祥东 闫清东
杜长春 杨补春 李 鲲 李耀文 邹铁汉 沙宝森
陈 鹰 赵 彤 郭洪凌 黄人豪 黄 兴 程晓霞
焦宗夏 曾广商

本书编撰组

组 长 李耀文

成 员 (按章节排序)

徐 兵 孔祥东 陈惠卿 魏 巍 刘春宝 蔡茂林
谭 锋 贾晓红 张 波 张 杰

序 言

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施。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、世界机械工程技术及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和产业的创新发展，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，我认为还是比较准确的。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和政策环境的支持，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。美国总统科技顾问委员会（PCAST）2011年6月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，4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倍增计划，实现研发投入占GDP 3%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，也需要从事技术应用创新的工程师，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。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王康' (Wang Kang), written in a cursive style.

2011年8月

摘 要

流体动力传动与控制技术路线图面向未来 20 年流体动力传动与控制技术发展方向、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、市场实现之间的关系，选择了制约流体动力产业发展并必须实现突破的关键技术，确定了液压、液力、气动、橡塑密封、机械密封和填料静密封等六个行业未来研发的目标、应用前景和市场定位；按照时间序列给出了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。

全书共七章，第一章分析了流体动力传动与控制技术发展的国内外环境、重大科技问题；第二章到第六章确定了液压传动与控制、液力传动与控制、气压传动与控制、橡塑密封、机械密封和填料静密封技术路线图；第七章论述了实施流体动力传动与控制技术路线图的措施。

中国工程院院士、教授、研究员、博士等 30 多名行业专家参与了路线图的制定工作，并广泛征集了各方面专家的意见和建议，使本技术路线图更具现实的指导性和权威性。

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。

流体动力传动与控制技术路线图的时间跨度为 2011—2030 年。

Abstract

Fluid Power Transmission and Control Technology Roadmap is oriented to the development of the corresponding technologies for the next twenty years. Combining with the requirement of the domestic economic development, the correlation between development environment, technical researching and marketing has been analyzed in this roadmap. Then the key technologies which are restricting the development of fluid power industry and requiring a breakthrough are selected. Whereafter, the development targets, the application prospects and the market orientations in industries such as the hydraulic, and hydrodynamic, pneumatic, rubber plastic sealing, machinery sealing and packing sealing are determined in the roadmap. Finally, the roadmap chronologically presents the main points of the development focus, routes and implementation time, and also shows the different phases and goals for the process of technological innovation.

The book consists of seven chapters: the first chapter has given both the foreign and domestic development environment and the key issues for fluid transmission and control technology; from the second chapter to the sixth chapter, the technical routes in industries such as the hydraulic, and hydrodynamic, pneumatic, rubber plastic sealing, machinery sealing and packing sealing are determined; the seventh chapter describes the implementations for the fluid power transmission and control technology roadmap.

More than 30 industry experts, such as academician from Chinese Academy of Engineering, professors, researchers, and Ph. D candidates, have participated in the formulation of the roadmap. Also opinions and suggestions from experts in various fields have been extensively collected, to enhance the practical 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 provides technical guidance for personnel training.

The span of the fluid power transmission and control technology roadmap is from 2011 to 2030 years.

目 录

引 言	1
第一章 流体动力传动与控制技术发展态势	3
第一节 概述	3
第二节 国际流体动力传动产业和技术发展趋势	4
第三节 我国国民经济重点领域市场需求	6
第四节 我国流体动力传动工业发展态势	9
第五节 流体动力传动与控制技术重大科技问题	13
第二章 液压传动与控制技术	17
第一节 概述	17
第二节 关键技术	19
第三节 技术路线图	48
第三章 液力传动与控制技术	51
第一节 概述	51
第二节 关键技术	52
第三节 技术路线图	57
第四章 气压传动与控制技术	59
第一节 概述	59
第二节 关键技术	65
第三节 技术路线图	69
第五章 橡塑密封技术	71
第一节 概述	71
第二节 关键技术	75
第三节 技术路线图	79

第六章 机械密封和填料静密封技术	81
第一节 概述	81
第二节 关键技术	84
第三节 技术路线图	98
第七章 实现路线图的措施	100
第一节 实现路线图的关键要素	100
第二节 实现路线图的措施保障	102
索 引	105
后 记	106

引 言

流体动力传动与控制技术是既古老又年轻，既传统又现代的用于机器驱动、传动和控制的技术。它的应用和发展极大地改变了机器的形态、结构，促进了各类主机和重大装备的工作原理、结构的改变和性能的提高，已经并继续在影响和改变着我们的工作和生活方式。未来 20 年，流体动力传动与控制技术将沿着机械工程技术“绿色、智能、超常、融合、服务”的五大趋势，不断吸收新技术、新材料和新工艺，在为主机服务的过程中，得以继续完善、提高和发展。

流体动力传动与控制技术路线图是以时间序列系统描述技术创新过程中技术、产品与市场之间互动关系的一种规划方法。它通过研究流体动力传动与控制技术创新的方向和态势，确定影响未来主导产品（产业）的关键技术及其发展路径，为科学制定研发计划、有效组织产品研发、合理配置创新资源提供支撑。

制定流体动力传动与控制技术的目的是确定流体动力传动与控制技术发展方向，为企业制定发展规划和政府决策提供依据，为人才培养提供技术指导。

制定流体动力传动与控制技术路线图的方法是围绕流体动力传动与控制技术未来 20 年技术发展方向，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，确定流体动力传动与控制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节点的发展重点、技术发展路径、实现时间等要素，提出流体动力传动与控制技术创新过程的不同阶段和任务目标以及实现措施。

流体动力传动与控制技术路线图选择了液压、液力、气动、橡塑密封、机械密封和填料静密封等六个领域，未来 20 年制约中国工程技术发展并必须实现突破的关键技术以及实现途径和措施。

在流体动力传动与控制技术路线图制定过程中，有中国工程院院士、教授、研究员、博士等 30 多位行业专家参与了制定工作，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指导性和权威性。

本次流体动力传动与控制技术路线图的制定遵循以下原则：①具有前瞻性与可操作性，希冀成为政府决策和企业制定发展战略和规划的依据；②把握先进制造技

术“绿色、智能、超常、融合、服务”的方向，实现流体动力产业跟踪、提高、创新、跨越的发展目标；③以技术为切入点，紧密结合流体动力产业和学科发展、产业应用相衔接；④时间跨度为2011—2030年。

第一章 流体动力传动与控制技术 发展态势

第一节 概述

利用流体介质传递或转换和控制能量的技术称为流体动力传动与控制技术。流体动力传动与控制技术（下称流体动力技术）包括液压、液力、气动传动与控制技术和密封技术，广泛应用于机械装备、石化、电力、能源、冶金、矿山、交通运输、电子、轻工、工程机械、农业机械、航空航天、海洋工程、舰船和军工等领域，是支撑国民经济各领域主机和装备的关键技术。

应用流体动力技术生产液压、液力、气动、密封产品的企业构成了流体动力产业。流体动力产业是装备制造业的基础性产业，产业关联度高、技术资金密集，是各类主机行业产业升级、技术进步的重要保障和国家综合实力的重要体现，是我国从制造大国向制造强国转变成功与否的标志性产业。

未来 20 年是我国流体动力产业发展的黄金关键期和机遇期。我国信息化、工业化、城镇化、市场化、国际化快速推进，装备制造业由大变强的转变，战略性新兴产业的发展，人类征服深空、深海、深地的进展所形成的巨大市场需求，是未来 20 年流体动力与控制技术发展的市场驱动力。

为满足主机紧凑化、轻量化、组合化、集成化、系统化、精细化、智能化、网络化、大型化、极端化的需求，为我国重大装备自主化提供高性能、高可靠性、长寿命的流体动力产品，是未来 20 年流体动力与控制技术创新的源动力。

国家对装备制造业发展战略的调整以及政府各部门发布的一系列中长期发展规划，为流体动力产业发展提供了前所未有的政策发展环境。

可以预见，流体动力传动与控制技术将沿着“可靠、高效、绿色、智能、融合、服务”的发展方向，在未来 20 年为我国石化、水电、风电、核电、冶金、矿山、交通运输、电子、工程农机、航空航天、舰船和军工等国家重点领域的发展做出更大的贡献。

未来 20 年流体动力发展也面临着严峻的挑战：