



“十三五”国家重点出版规划项目  
出版规划项目

# 现代 机械设计手册

MODERN  
HANDBOOK  
OF MECHANICAL  
DESIGN

第4卷

## 第二版

秦大同 谢里阳 主编



化学工业出版社

“十三五”国家重点出版物  
出版规划项目

# 现代机械设计手册

第二版

第 4 卷

秦大同 谢里阳 主编

MODERN  
HANDBOOK  
OF  
MECHANICAL  
DESIGN



化学工业出版社

· 北京 ·

《现代机械设计手册》第二版是顺应“中国制造2025”智能装备设计新要求、技术先进、数据可靠的一部现代化的机械设计大型工具书，涵盖现代机械零部件及传动设计、智能装备及控制设计、现代机械设计方法三部分内容。第二版重点加强机械智能化产品设计（3D打印、智能零部件、节能元器件）、智能装备（机器人及智能化装备）控制及系统设计、现代设计方法及应用等内容。

《现代机械设计手册》共6卷，其中第1卷包括机械设计基础资料，零件结构设计，机械制图和几何精度设计，机械工程材料，连接件与紧固件；第2卷包括轴和联轴器，滚动轴承，滑动轴承，机架、箱体及导轨，弹簧，机构，机械零部件设计禁忌，带传动、链传动；第3卷包括齿轮传动，减速器、变速器，离合器、制动器，润滑，密封；第4卷包括液力传动，液压传动与控制，气压传动与控制；第5卷包括智能装备系统设计，工业机器人系统设计，传感器，控制元器件和控制单元，电动机；第6卷包括机械振动与噪声，疲劳强度设计，可靠性设计，优化设计，逆向设计，数字化设计，人机工程与产品造型设计，创新设计，绿色设计。

新版手册从新时代机械设计人员的实际需求出发，追求现代感，兼顾实用性、通用性、准确性，涵盖了各种常规和通用的机械设计技术资料，贯彻了最新的国家和行业标准，推荐了国内外先进、智能、节能、通用的产品，体现了便查易用的编写风格。

《现代机械设计手册》可作为机械装备研发、设计技术人员和有关工程技术人员的工具书，也可供高等院校相关专业师生参考使用。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

现代机械设计手册. 第4卷/秦大同, 谢里阳主编. —2版. —北京: 化学工业出版社, 2019.3  
ISBN 978-7-122-33382-7

I. ①现… II. ①秦… ②谢… III. ①机械设计-手册  
IV. ①TH122-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 267808 号

---

责任编辑: 张兴辉 王烨 贾娜 邢涛 项激 曾越 金林茹 装帧设计: 尹琳琳  
责任校对: 宋夏

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 中煤 (北京) 印务有限公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 118 $\frac{1}{2}$  字数 4029 千字 2019 年 3 月北京第 2 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 199.00 元  
京化广临字 2019—03

版权所有 违者必究

# 撰稿和审稿人员

手册主编

秦大同 (重庆大学)

谢里阳 (东北大学)

卷	篇	篇主编	撰稿人	审稿人
第1卷	第1篇	化学工业出版社组织编写	张红燕、刘梅、李翔、董敏	王建军
	第2篇	翟文杰(哈尔滨工业大学)	翟文杰	王连明
	第3篇	郑鹏(郑州大学) 方东阳(郑州大学)	郑鹏、方东阳、张琳娜、赵凤霞、 焦利敏、职占新、刘栋梁、吴江昊、 王敏、尹浩田、辛传福、武钰瑾	张爱梅
	第4篇	方昆凡(东北大学)	方昆凡、单宝峰、石加联、梁京、 夏永发、陈述平、崔虹雯、黄英	谭建荣
	第5篇	王三民(西北工业大学)	王三民、袁茹、高举、李洲洋	陈国定
第2卷	第6篇	吴立言(西北工业大学)	刘岚、李洲洋、吴立言	陈国定
	第7篇	郭宝霞 (洛阳轴承研究所有限公司)	郭宝霞、周宇、勇泰芳、张小玲、 秦汉涛、陈庆熙、张松	杨晓蔚
	第8篇	徐华(西安交通大学)	徐华、诸文俊、谢振宇、郭宝霞、 冯凯、张胜伦	朱均
	第9篇	王瑜(哈尔滨工业大学) 翟文杰(哈尔滨工业大学)	王瑜、翟文杰、郭宝霞	王连明
	第10篇	姜洪源(哈尔滨工业大学) 教宏瑞(哈尔滨工业大学)	姜洪源、教宏瑞、李胜波、王廷剑	陈照波
	第11篇	李瑰贤(哈尔滨工业大学) 郝振洁(陆军军事交通学院)	李瑰贤、郝振洁、孙开元、张丽杰、 徐来春、马超、李改玲、孙爱丽、 王文照、刘雅倩、赵永强	李瑰贤 孙开元
	第12篇	向敬忠(哈尔滨理工大学)	向敬忠、潘承怡、宋欣	于惠力 向敬忠
	第13篇	姜洪源(哈尔滨工业大学) 闫辉(哈尔滨工业大学)	姜洪源、闫辉	曲建俊 郭建华
第3卷	第14篇	秦大同(重庆大学) 陈兵奎(重庆大学)	张光辉、郭晓东、林腾蛟、林超、 秦大同、陈兵奎、石万凯、邓效忠、 罗文军、廖映华、张卫青、欧阳志喜	李钊刚
	第15篇	秦大同(重庆大学) 龚仲华(常州机电职业技术学院)	孙冬野、刘振军、秦大同、廖映华、 龚仲华	吴晓铃
	第16篇	秦大同(重庆大学)	秦大同、朱春梅、田兴林	孔庆堂
	第17篇	吴晓铃(郑州大学)	吴晓铃、刘杰、吴启东	陈大融
	第18篇	郝木明(中国石油大学)	郝木明、孙鑫晖、王淮维、刘馥瑜	陈大融

卷	篇	篇主编	撰稿人	审稿人
第4卷	第19篇	马文星(吉林大学)	马文星、杨乃乔、王宏卫、邹铁汉、宋斌、刘春宝、卢秀泉、王松林、宋春涛、曹晓宇、熊以恒、潘志勇、邓洪超、才委、何延东、赵紫苓、姜丽英、侯继海、王佳欣、魏亚宵	方佳雨 刘春朝 刘伟辉
	第20篇	高殿荣(燕山大学)	刘涛、吴晓明、张伟、张齐生、赵静一、高殿荣	高殿荣 姚晓先 吴晓明
	第21篇	吴晓明(燕山大学)	吴晓明、包钢、杨庆俊、向东	姚晓先
第5卷	第22篇	孟新宇(沈阳工业大学) 郝长中(沈阳理工大学)	孟新宇、刘慧芳、杨国哲、王剑、勾轶、谷艳玲、郝长中、王铁军、吴东生、杨青、高启扬	于国安
	第23篇	吴成东(东北大学) 姜杨(东北大学)	吴成东、姜杨、房立金、王斐、迟剑宁	贾子熙 丁其川
	第24篇	孙红春(东北大学)	王明赞、李佳、孙红春、胡智勇、叶大勇	林贵瑜
	第25篇	王洁(沈阳工业大学)	王洁、王野牧、谷艳玲、杨国哲、孙洪林、张靖	徐方
	第26篇	时献江(哈尔滨理工大学)	时献江、杜海艳、王昕、柴林杰	邵俊鹏
第6卷	第27篇	华宏星(上海交通大学)	华宏星、陈锋、湛勇、董兴建、黄修长、黄煜、焦素娟、蒋伟康、雷敏、李富才、刘树英、龙新华、饶柱石、塔娜、吴海军、严莉、张文明、张志谊	胡宗武 塔娜
	第28篇	谢里阳(东北大学)	谢里阳、王雷	赵少汗
	第29篇	谢里阳(东北大学)	谢里阳、钱文学、吴宁祥	孙志礼
	第30篇	何雪滋(东北大学)	何雪滋、张翔、张瑞金	颜云辉
	第31篇	盛忠起(东北大学) 朱建宁(大连交通大学)	盛忠起、谢华龙、许之伟、李飞、朱建宁、尤学文、韩朝建、徐超、葛亦凡、李照祥	卢碧红 隋天中
	第32篇	李卫民(辽宁工业大学)	李卫民、刘淑芬、赵文川、刘阳、刘志强、唐兆峰、宋小龙、于晓丹、邢颖	刘永贤
	第33篇	曾红(辽宁工业大学)	曾红、陈明	刘永贤
	第34篇	赵新军(东北大学)	赵新军、钟莹、孙晓枫	李赤泉
第35篇	张秀芬(内蒙古工业大学)	张秀芬、蔚刚	胡志勇	

《现代机械设计手册》第一版自 2011 年 3 月出版以来，赢得了机械设计人员、工程技术人员和高等院校专业师生广泛的青睐和好评，荣获了 2011 年全国优秀畅销书（科技类）。同时，因其在机械设计领域重要的科学价值、实用价值和现实意义，《现代机械设计手册》还荣获 2009 年国家出版基金资助和 2012 年中国机械工业科学技术奖。

《现代机械设计手册》第一版出版距今已经 8 年，在这期间，我国的装备制造业发生了许多重大的变化，尤其是 2015 年国家部署并颁布了实现中国制造业发展的十年行动纲领——中国制造 2025，发布了针对“中国制造 2025”的五大“工程实施指南”，为机械制造业的未来发展指明了方向。在国家政策号召和驱使下，我国的机械工业获得了快速的发展，自主创新的能力不断加强，一批高技术、高性能、高精尖的现代化装备不断涌现，各种新材料、新工艺、新结构、新产品、新方法、新技术不断产生、发展并投入实际应用，大大提升了我国机械设计与制造的技术水平和国际竞争力。《现代机械设计手册》第二版最重要的原则就是紧密结合“中国制造 2025”国家规划和创新驱动发展战略，在内容上与时俱进，全面体现创新、智能、节能、环保的主题，进一步呈现机械设计的现代感。鉴于此，《现代机械设计手册》第二版被列入了“十三五国家重点出版物规划项目”。

在本版手册的修订过程中，我们广泛深入机械制造企业、设计院、科研院所和高等院校进行调研，听取各方面读者的意见和建议，最终确定了《现代机械设计手册》第二版的根本宗旨：一方面，新版手册进一步加强机、电、液、控制技术的有机融合，以全面适应机器人等智能化装备系统设计开发的新要求；另一方面，随着现代机械设计方法和工程设计软件的广泛应用和普及，新版手册继续促进传动设计与现代设计的有机结合，将各种新的设计技术、计算技术、设计工具全面融入传统的机械设计实际工作中。

《现代机械设计手册》第二版共 6 卷 35 篇，它是一部面向“中国制造 2025”，适应智能装备设计开发新要求、技术先进、数据可靠、符合现代机械设计潮流的现代化的机械设计大型工具书，涵盖现代机械零部件及传动设计、智能装备及控制设计、现代机械设计方法及应用三部分内容，具有以下六大特色。

1. 权威性。《现代机械设计手册》阵容强大，编、审人员大都来自于设计、生产、教学和科研第一线，具有深厚的理论功底、丰富的设计实践经验。他们中很多人都是所属领域的知名专家，在业内有广泛的影响力和知名度，获得过多项国家和省部级科技进步奖、发明奖和技术专利，承担了许多机械领域国家重要的科研和攻关项目。这支专业、权威的编审队伍确保了手册准确、实用的内容质量。

2. 现代感。追求现代感，体现现代机械设计气氛，满足时代要求，是《现代机械设计手册》的基本宗旨。“现代”二字主要体现在：新标准、新技术、新材料、新结构、新工艺、新产品、智能化、现代的设计理念、现代的设计方法和现代的设计手段等几个方面。第二版重点加强机械智能化产品设计（3D 打印、智能零部件、节能元器件）、智能装备（机器人及智能化装备）控制及系统设计、数字化设计等内容。

（1）“零件结构设计”等篇进一步完善零部件结构设计的内容，结合目前的 3D 打印（增材制造）技术，增加 3D 打印工艺下零件结构设计的相关技术内容。



“机械工程材料”篇增加 3D 打印材料以及新型材料的内容。

(2) 机械零部件及传动设计各篇增加了新型智能零部件、节能元器件及其应用技术，例如“滑动轴承”篇增加了新型的智能轴承，“润滑”篇增加了微量润滑技术等内容。

(3) 全面增加了工业机器人设计及应用的内容：新增了“工业机器人系统设计”篇；“智能装备系统设计”篇增加了工业机器人应用开发的内容；“机构”篇增加了自动化机构及机构创新的内容；“减速器、变速器”篇增加了工业机器人减速器选用设计的内容；“带传动、链传动”篇增加并完善了工业机器人适用的同步带传动设计的内容；“齿轮传动”篇增加了 RV 减速器传动设计、谐波齿轮传动设计的内容等。

(4) “气压传动与控制”“液压传动与控制”篇重点加强并完善了控制技术的内容，新增了气动系统自动控制、气动人工肌肉、液压和气动新型智能元器件及新产品等内容。

(5) 继续加强第 5 卷机电控制系统设计的相关内容：除增加“工业机器人系统设计”篇外，原“机电一体化系统设计”篇充实扩充形成“智能装备系统设计”篇，增加并完善了智能装备系统设计的相关内容，增加智能装备系统开发实例等。

“传感器”篇增加了机器人传感器、航空航天装备用传感器、微机械传感器、智能传感器、无线传感器的技术原理和产品，加强传感器应用和选用的内容。

“控制元器件和控制单元”篇和“电动机”篇全面更新产品，重点推荐了一些新型的智能和节能产品，并加强产品选用的内容。

(6) 第 6 卷进一步加强现代机械设计方法应用的内容：在 3D 打印、数字化设计等智能制造理念的倡导下，“逆向设计”“数字化设计”等篇全面更新，体现了“智能工厂”的全数字化设计的时代特征，增加了相关设计应用实例。

增加“绿色设计”篇；“创新设计”篇进一步完善了机械创新设计原理，全面更新创新实例。

(7) 在贯彻新标准方面，收录并合理编排了目前最新颁布的国家和行业标准。

3. 实用性。新版手册继续加强实用性，内容的选定、深度的把握、资料的取舍和章节的编排，都坚持从设计和生产的实际需要出发：例如机械零部件数据资料主要依据最新国家和行业标准，并给出了相应的设计实例供设计人员参考；第 5 卷机电控制设计部分，完全站在机械设计人员的角度来编写——注重产品如何选用，摒弃或简化了控制的基本原理，突出机电系统设计，控制元器件、传感器、电动机部分注重介绍主流产品的技术参数、性能、应用场合、选用原则，并给出了相应的设计选用实例；第 6 卷现代机械设计方法中简化了繁琐的数学推导，突出了最终的计算结果，结合具体的算例将设计方法通俗地呈现出来，便于读者理解和掌握。

为方便广大读者的使用，手册在具体内容的表述上，采用以图表为主的编写风格。这样既增加了手册的信息容量，更重要的是方便了读者的查阅使用，有利于提高设计人员的工作效率和设计速度。

为了进一步增加手册的承载容量和时效性，本版修订将部分篇章的内容放入二维码中，读者可以用手机扫描查看、下载打印或存储在 PC 端进行查看和使用。二维码内容主要涵盖以下几方面的内容：即将被废止的旧标准（新标准一旦正式颁布，会及时将二维码内容更新为新标

准的内容)；部分推荐产品及参数；其他相关内容。

4. 通用性。本手册以通用的机械零部件和控制元器件设计、选用内容为主，主要包括机械设计基础资料、机械制图和几何精度设计、机械工程材料、机械通用零部件设计、机械传动系统设计、液压和气压传动系统设计、机构设计、机架设计、机械振动设计、智能装备系统设计、控制元器件和控制单元等，既适用于传统的通用机械零部件设计选用，又适用于智能化装备的整机系统设计开发，能够满足各类机械设计人员的工作需求。

5. 准确性。本手册尽量采用原始资料，公式、图表、数据力求准确可靠，方法、工艺、技术力求成熟。所有材料、零部件和元器件、产品和工艺方面的标准均采用最新公布的标准资料，对于标准规范的编写，手册没有简单地照抄照搬，而是采取选用、摘录、合理编排的方式，强调其科学性和准确性，尽量避免差错和谬误。所有设计方法、计算公式、参数选用均经过长期检验，设计实例、各种算例均来自工程实际。手册中收录通用性强、标准化程度高的产品，供设计人员在了解企业实际生产品种、规格尺寸、技术参数，以及产品质量和用户的实际反映后选用。

6. 全面性。本手册一方面根据机械设计人员的需要，按照“基本、常用、重要、发展”的原则选取内容，另一方面兼顾了制造企业和大型设计院两大群体的设计特点，即制造企业侧重基础性的设计内容，而大型的设计院、工程公司侧重于产品的选用。因此，本手册力求实现零部件设计与整机系统开发的和谐统一，促进机械设计与控制设计的有机融合，强调产品设计与工艺技术的紧密结合，重视工艺技术与选用材料的合理搭配，倡导结构设计与造型设计的完美统一，以全面适应新时代机械新产品设计开发的需要。

经过广大编审人员和出版社的不懈努力，新版《现代机械设计手册》将以崭新的风貌和鲜明的时代气息展现在广大机械设计工作者面前。值此出版之际，谨向所有给过我们大力支持的单位和各界朋友表示衷心的感谢！

主 编



## 第 19 篇 液力传动

### 第 1 章 液力传动设计基础

1.1 液力传动的定义、特点及应用 .....	19-3
1.2 液力传动的术语、符号 .....	19-4
1.2.1 液力传动术语 .....	19-4
1.2.2 液力元件图形符号 .....	19-7
1.3 液力传动理论基础 .....	19-8
1.3.1 基本控制方程 .....	19-8
1.3.2 基本概念和定义 .....	19-11
1.3.3 液体在叶轮中的运动 .....	19-12
1.3.3.1 速度三角形及速度的分解 .....	19-12
1.3.3.2 速度环量 .....	19-13
1.3.3.3 液体在无叶栅区的流动 .....	19-13
1.3.4 欧拉方程 .....	19-13
1.3.4.1 动量矩方程 .....	19-13
1.3.4.2 理论能头 .....	19-14
1.4 液力传动的工作液体 .....	19-14
1.4.1 液力传动油的基本要求 .....	19-14
1.4.2 常用液力传动油 .....	19-15
1.4.3 水基难燃液 .....	19-15

### 第 2 章 液力变矩器

2.1 液力变矩器的工作原理、特性 .....	19-17
2.1.1 液力变矩器的工作原理 .....	19-17
2.1.1.1 液力变矩器的基本结构 .....	19-17
2.1.1.2 液力变矩器的工作过程和变矩原理 .....	19-17
2.1.1.3 液力变矩器常用参数及符号 .....	19-18
2.1.2 液力变矩器的特性 .....	19-20
2.2 液力变矩器的分类及主要特点 .....	19-23
2.3 液力变矩器的压力补偿及冷却系统 .....	19-26
2.3.1 补偿压力 .....	19-26
2.3.2 冷却循环流量和散热面积 .....	19-27
2.4 液力变矩器的设计方法 .....	19-27

2.4.1 相似设计法 .....	19-27
2.4.2 统计经验设计方法 .....	19-29
2.4.3 理论设计法 .....	19-32
2.4.3.1 基于一维束流理论的设计方法 .....	19-32
2.4.3.2 CFD/CAD 现代设计方法 .....	19-43
2.4.4 逆向设计法 .....	19-47
2.5 液力变矩器的试验 .....	19-50
2.5.1 试验台架 .....	19-50
2.5.2 试验方法 .....	19-50
2.5.2.1 外特性试验 .....	19-50
2.5.2.2 液力元件内特性试验 .....	19-53
2.6 液力变矩器的选型 .....	19-54
2.6.1 液力变矩器的形式和参数选择 .....	19-54
2.6.2 液力变矩器系列型谱 .....	19-55
2.6.3 液力变矩器与动力机的共同工作 .....	19-55
2.6.3.1 输入功率 .....	19-56
2.6.3.2 泵轮特性曲线族和涡轮特性曲线族 .....	19-56
2.6.3.3 液力变矩器有效直径和公称转矩选择 .....	19-58
2.6.3.4 液力变矩器和动力机共同工作的输入特性曲线和输出特性曲线 .....	19-58
2.6.4 液力变矩器与动力机的匹配 .....	19-58
2.6.5 液力变矩器与动力机匹配的优化 .....	19-60
2.7 液力变矩器的产品型号与规格 .....	19-61
2.7.1 单级单相向心涡轮液力变矩器 .....	19-61
2.7.2 多相单级和闭锁液力变矩器 .....	19-104
2.7.3 可调液力变矩器 .....	19-114
2.8 液力变矩器传动装置 .....	19-116
2.9 液力变矩器的应用及标准状况 .....	19-124
2.9.1 液力变矩器的应用 .....	19-124
2.9.2 国内外标准情况和对照 .....	19-124



### 第3章 液力机械变矩器

3.1 液力机械变矩器的分类及原理	19-126
3.1.1 功率内分流液力机械变矩器	19-126
3.1.1.1 导轮反转内分流液力机械变矩器	19-126
3.1.1.2 多涡轮内分流液力机械变矩器	19-127
3.1.2 功率外分流液力机械变矩器	19-127
3.1.2.1 基本方程	19-127
3.1.2.2 用于特定变矩器的方程	19-131
3.1.2.3 分流传动特性的计算方法及实例	19-134
3.1.2.4 外分流液力机械变矩器的方案汇总	19-137
3.2 液力机械变矩器的应用	19-139
3.2.1 功率内分流液力机械变矩器的应用	19-139
3.2.1.1 导轮反转内分流液力机械变矩器	19-139
3.2.1.2 双涡轮内分流液力机械变矩器	19-141
3.2.2 功率外分流液力机械变矩器的应用	19-142
3.2.2.1 分流差速液力机械变矩器的应用	19-142
3.2.2.2 汇流差速液力机械变矩器的应用	19-145
3.3 液力机械变矩器产品规格与型号	19-146
3.3.1 双涡轮液力机械变矩器产品	19-146
3.3.2 导轮反转液力机械变矩器产品	19-158
3.3.3 功率外分流液力机械变矩器产品	19-159
3.3.4 液力机械变矩器传动装置产品	19-161



### 第4章 液力耦合器

4.1 液力耦合器的工作原理	19-164
4.2 液力耦合器特性	19-165
4.2.1 液力耦合器的特性参数	19-165
4.2.2 液力耦合器特性曲线	19-166
4.2.3 影响液力耦合器特性的主要因素	19-168
4.3 液力耦合器分类、结构及发展	19-170
4.3.1 液力耦合器形式和基本参数	19-170

4.3.1.1 形式和类别	19-170
4.3.1.2 基本参数	19-173
4.3.2 液力耦合器部分充液时的特性	19-173
4.3.3 普通型液力耦合器	19-174
4.3.4 限矩型液力耦合器	19-174
4.3.4.1 静压泄液式限矩型液力耦合器	19-177
4.3.4.2 动压泄液式限矩型液力耦合器	19-177
4.3.4.3 复合泄液式限矩型液力耦合器	19-188
4.3.5 普通型、限矩型液力耦合器的安全保护装置	19-189
4.3.5.1 普通型、限矩型液力耦合器易熔塞	19-189
4.3.5.2 刮板输送机用液力耦合器易爆塞技术要求	19-189
4.3.6 调速型液力耦合器	19-194
4.3.6.1 进口调节式调速型液力耦合器	19-198
4.3.6.2 出口调节式调速型液力耦合器	19-204
4.3.6.3 复合调节式调速型液力耦合器	19-212
4.3.7 液力耦合器传动装置	19-213
4.3.8 液力减速器	19-227
4.3.8.1 机车用液力减速(制动)器	19-227
4.3.8.2 汽车用液力减速(制动)器	19-228
4.3.8.3 固定设备用液力减速(制动)器	19-230
4.4 液力耦合器设计	19-232
4.4.1 液力耦合器的类比设计	19-232
4.4.2 限矩型液力耦合器设计	19-234
4.4.2.1 工作腔模型(腔型)及选择	19-234
4.4.2.2 限矩型液力耦合器的辅助腔	19-237
4.4.2.3 限矩型液力耦合器的叶轮结构	19-237
4.4.2.4 工作腔有效直径的确定	19-239
4.4.2.5 叶片数目和叶片厚度	19-239
4.4.3 调速型液力耦合器设计	19-239
4.4.3.1 叶轮强度计算	19-239
4.4.3.2 叶轮强度有限元分析简介	19-243



5.3.3 液黏传动的基本参数 .....	19-347	5.6 液黏调速装置 .....	19-347
5.4 液黏传动的工作液体 .....	19-347	5.6.1 平行轴传动液黏调速装置 .....	19-347
5.5 液黏调速离合器 .....	19-347	5.6.2 差动轮系 CST 液黏调速装置 .....	19-347
5.5.1 集成式液黏调速离合器 .....	19-347	5.7 硅油风扇离合器 .....	19-347
5.5.2 分离式液黏调速离合器 .....	19-347	5.8 硅油离合器 .....	19-347
5.5.3 液黏调速离合器运行特性 .....	19-347	5.9 液黏测功器 .....	19-347
5.5.4 液黏传动的摩擦副 .....	19-347	5.10 其他液黏传动元件 .....	19-347
5.5.5 液黏调速离合器的性能特点及应用 节能 .....	19-347	5.11 液黏传动在液力变矩器上的 应用 .....	19-347
5.5.6 液黏调速离合器常见故障与排除 方法 .....	19-347	5.12 国内外液黏元件标准情况与 对照 .....	19-347
5.5.7 国外液黏调速离合器的转速调控 系统 .....	19-347	参考文献 .....	19-348

## 第 20 篇 液压传动与控制

### 第 1 章 常用基础标准、图形

#### 符号和常用术语

1.1 基础标准 .....	20-3
1.1.1 液压气压系统及元件的公称压力 系列 .....	20-3
1.1.2 液压泵及液压马达的公称排量 系列 .....	20-3
1.1.3 液压元件的油口螺纹连接尺寸 .....	20-4
1.1.4 液压系统硬管外径系列和软管内径 系列 .....	20-4
1.1.5 液压缸、气缸内径及活塞杆外径 系列 .....	20-4
1.1.6 液压缸、气缸活塞行程系列 .....	20-4
1.1.7 液压元件清洁度指标 .....	20-5
1.1.8 液压阀油口、底板、控制装置和 电磁铁的标识 .....	20-7
1.1.9 液压泵站油箱公称容量 系列 .....	20-7
1.2 液压图形符号 .....	20-7
1.2.1 图形符号 .....	20-7
1.2.2 液压图形符号绘制规则 .....	20-16
1.3 常用液压术语 .....	20-19
1.3.1 基本术语 .....	20-19
1.3.2 液压泵的术语 .....	20-20
1.3.3 液压执行元件的术语 .....	20-20
1.3.4 液压阀的术语 .....	20-21
1.3.5 液压辅件及其他专业 术语 .....	20-23

### 第 2 章 液压流体力学常用

#### 计算公式及资料

2.1 流体力学基本公式 .....	20-25
2.2 流体静力学公式 .....	20-25
2.3 流体动力学公式 .....	20-26
2.4 阻力计算 .....	20-27
2.4.1 沿程阻力损失计算 .....	20-27
2.4.2 局部阻力损失计算 .....	20-28
2.5 孔口及管嘴出流、缝隙流动、液压 冲击 .....	20-30
2.5.1 孔口及管嘴出流计算 .....	20-30
2.5.2 缝隙流动计算 .....	20-31
2.6 液压冲击计算 .....	20-32

### 第 3 章 液压系统设计

3.1 设计计算的内容和步骤 .....	20-33
3.2 明确技术要求 .....	20-33
3.3 确定液压系统主要参数 .....	20-33
3.3.1 初选系统压力 .....	20-33
3.3.2 计算液压缸尺寸或液压马达排量 .....	20-34
3.3.3 作出液压缸或液压马达工况图 .....	20-35
3.4 拟订液压系统原理图 .....	20-35
3.5 液压元件的选择 .....	20-35
3.5.1 液压执行元件的选择 .....	20-35
3.5.2 液压泵的选择 .....	20-36
3.5.3 液压控制阀的选择 .....	20-37
3.5.4 蓄能器的选择 .....	20-37

3.5.5	管路的选择	20-37
3.5.6	确定油箱容量	20-38
3.5.7	过滤器的选择	20-38
3.5.8	液压油的选择	20-38
3.6	液压系统性能验算	20-38
3.6.1	系统压力损失计算	20-39
3.6.2	系统效率计算	20-39
3.6.3	系统发热计算	20-39
3.6.4	热交换器的选择	20-40
3.7	液压装置结构设计	20-41
3.8	液压泵站设计	20-45
3.8.1	液压泵站的组成及分类	20-45
3.8.2	油箱及其设计	20-46
3.8.3	液压泵组的结构设计	20-47
3.8.4	蓄能器装置的设计	20-50
3.9	液压集成块设计	20-51
3.10	全面审核及编写技术文件	20-55
3.11	液压系统设计计算实例	20-56
3.11.1	机床液压系统设计实例	20-56
3.11.2	油压机液压系统设计实例	20-58
3.11.3	注塑机液压系统设计实例	20-59

## 第4章 液压基本回路

4.1	概述	20-61
4.2	液压源回路	20-61
4.3	压力控制回路	20-63
4.3.1	调压回路	20-64
4.3.2	减压回路	20-65
4.3.3	增压回路	20-66
4.3.4	保压回路	20-67
4.3.5	卸荷回路	20-70
4.3.6	平衡回路	20-73
4.3.7	缓冲回路	20-74
4.3.8	卸压回路	20-78
4.3.9	制动回路	20-81
4.4	速度控制回路	20-82
4.4.1	调速回路	20-82
4.4.2	增速回路	20-86
4.4.3	减速回路	20-88
4.4.4	二次进给回路、比例阀连续调速回路	20-89
4.5	同步控制回路	20-90
4.6	方向控制回路	20-94
4.6.1	换向回路	20-94
4.6.2	锁紧回路	20-96

4.6.3	连续往复运动回路	20-97
4.7	液压马达回路	20-99
4.8	其他液压回路	20-101
4.8.1	顺序动作回路	20-101
4.8.2	插装阀控制回路	20-104
4.9	二次调节静液传动回路	20-105

## 第5章 液压工作介质

5.1	液压介质的分类	20-106
5.1.1	分组	20-106
5.1.2	命名	20-106
5.1.3	代号	20-106
5.1.4	H组(液压系统)常用工作介质的牌号及主要应用	20-106
5.1.5	常用工作介质与材料的适应性	20-108
5.2	工作介质的选择	20-109
5.2.1	根据工作环境选择	20-109
5.2.2	根据液压系统工作温度选择	20-109
5.2.2.1	液压系统的工作温度	20-109
5.2.2.2	工作介质的工作温度范围	20-109
5.2.3	根据工作压力选择	20-110
5.2.4	根据液压泵类型选择	20-110
5.2.5	工作介质黏度的选择	20-110
5.2.6	工作介质污染度等级的确定	20-110
5.2.7	其他要求	20-111
5.3	工作介质的使用	20-111
5.3.1	污染控制	20-111
5.3.2	过滤	20-112
5.3.3	补充工作介质	20-112
5.3.4	更换工作介质	20-112
5.3.5	工作介质的维护	20-112
5.3.6	工作介质的检测	20-112
5.3.6.1	工作介质理化性能检测	20-112
5.3.6.2	工作介质污染度检测	20-113
5.3.7	安全与环保	20-113
5.4	工作介质的贮存	20-113
5.5	工作介质废弃处理	20-113

## 第6章 液 压 泵

6.1	液压泵的分类	20-114
6.2	液压泵的主要技术参数及计算公式	20-114
6.2.1	液压泵的主要技术参数	20-114
6.2.2	液压泵的常用计算公式	20-115
6.3	液压泵的技术性能和参数选择	20-115



6.4 齿轮泵 .....	20-116	7.1 液压马达的分类 .....	20-180
6.4.1 齿轮泵的工作原理及主要结构特点 .....	20-116	7.2 液压马达的主要参数及计算公式 .....	20-180
6.4.2 齿轮泵拆装方法、使用注意事项 .....	20-117	7.2.1 主要参数 .....	20-180
6.4.3 齿轮泵产品 .....	20-118	7.2.2 计算公式 .....	20-181
6.4.3.1 齿轮泵产品技术参数总览 .....	20-118	7.2.3 液压马达主要技术参数概览 .....	20-181
6.4.3.2 CB型齿轮泵 .....	20-118	7.3 液压马达的结构特点 .....	20-182
6.4.3.3 CB-B型齿轮泵 .....	20-120	7.4 齿轮马达 .....	20-183
6.4.3.4 CBF-E型齿轮泵 .....	20-122	7.4.1 外啮合齿轮马达 .....	20-184
6.4.3.5 CBF-F型齿轮泵 .....	20-124	7.4.1.1 GM5型齿轮马达 .....	20-184
6.4.3.6 CBG型齿轮泵 .....	20-125	7.4.1.2 CM-C型齿轮马达 .....	20-186
6.4.3.7 P系列齿轮泵 .....	20-129	7.4.1.3 CM-G4型齿轮马达 .....	20-187
6.4.3.8 NB型内啮合齿轮泵 .....	20-131	7.4.1.4 CM-D型齿轮马达 .....	20-188
6.4.3.9 三联齿轮泵 .....	20-135	7.4.1.5 CMZ型齿轮马达 .....	20-189
6.4.3.10 恒流齿轮泵 .....	20-137	7.4.1.6 CMW型齿轮马达 .....	20-189
6.4.3.11 复合齿轮泵 .....	20-137	7.4.1.7 CMK型齿轮马达 .....	20-190
6.4.3.12 GPY系列齿轮泵 .....	20-139	7.4.1.8 CM-F型齿轮马达 .....	20-191
6.5 叶片泵产品 .....	20-139	7.4.1.9 CB-E型齿轮马达 .....	20-192
6.5.1 叶片泵的工作原理及主要结构特点 .....	20-139	7.4.2 摆线液压马达 .....	20-193
6.5.2 叶片泵产品 .....	20-141	7.4.2.1 BYM型齿轮马达 .....	20-193
6.5.2.1 叶片泵产品技术参数概览 .....	20-141	7.4.2.2 BM-C/D/E/F型摆线液压马达 .....	20-194
6.5.2.2 YB型、YB <sub>1</sub> 型叶片泵 .....	20-141	7.5 叶片马达 .....	20-197
6.5.2.3 YB-※车辆用叶片泵 .....	20-144	7.5.1 YM型液压马达 .....	20-197
6.5.2.4 PV2R型叶片泵 .....	20-144	7.5.1.1 YM型中压液压马达 .....	20-197
6.5.2.5 PFE型柱销式叶片泵 .....	20-149	7.5.1.2 YM型中高压液压马达 .....	20-199
6.5.2.6 YBX型限压式变量叶片泵 .....	20-154	7.5.1.3 YM※型低速大扭矩叶片马达 .....	20-200
6.5.2.7 V4型变量叶片泵 .....	20-158	7.5.2 BMS、BMD型叶片摆动马达 .....	20-202
6.6 柱塞泵产品 .....	20-160	7.6 柱塞马达 .....	20-203
6.6.1 柱塞泵的工作原理及主要结构特点 .....	20-160	7.6.1 斜盘式轴向柱塞式马达 .....	20-203
6.6.2 柱塞泵的拆装方法和注意事项 .....	20-162	7.6.1.1 ZM、XM型柱塞马达 .....	20-204
6.6.3 柱塞泵产品 .....	20-162	7.6.1.2 HTM(SXM)型双斜盘轴向柱塞马达 .....	20-205
6.6.3.1 柱塞泵产品技术参数概览 .....	20-162	7.6.1.3 $P_M^{FBQA}$ 型轻型轴向柱塞马达 .....	20-209
6.6.3.2 CY14-1B型斜盘式轴向柱塞泵 .....	20-163	7.6.2 斜轴式轴向柱塞马达 .....	20-212
6.6.3.3 A2F型柱塞泵 .....	20-166	7.6.2.1 A2F型斜轴式轴向柱塞马达 .....	20-212
6.6.3.4 ZB型斜轴式轴向柱塞泵 .....	20-171	7.6.2.2 A6V型斜轴式变量马达 .....	20-213
6.6.3.5 JB型径向柱塞泵 .....	20-172	7.6.3 径向柱塞马达 .....	20-214
6.6.3.6 A10V型轴向柱塞泵 .....	20-174	7.6.3.1 NJM型柱塞马达 .....	20-214
6.6.3.7 RK型超高压径向柱塞泵 .....	20-178	7.6.3.2 1JMD型柱塞马达 .....	20-218
6.6.3.8 SB型手动泵 .....	20-179		

7.6.3.3 JM※系列径向柱塞马达	20-219
7.6.4 球塞式液压马达	20-227
7.6.4.1 QJM 型径向球塞马达	20-227
7.6.4.2 QJM 型带制动器液压马达	20-231
7.6.4.3 QKM 型液压马达	20-237
7.7 曲轴连杆式径向柱塞马达	20-240
7.8 液压马达的选用	20-240
7.9 摆动液压马达	20-241
7.9.1 摆动液压马达的分类	20-241
7.9.2 摆动液压马达产品	20-242
7.9.2.1 YMD 型单叶片摆动马达	20-242
7.9.2.2 YMS 型双叶片马达	20-243
7.9.3 摆动液压马达的选择原则	20-245

## 第8章 液 压 缸

8.1 液压缸的类型	20-246
8.2 液压缸的基本参数	20-247
8.3 液压缸的安装方式	20-250
8.4 液压缸的主要结构、材料及技术要求	20-256
8.4.1 缸体和缸盖的材料及技术要求	20-256
8.4.2 缸体端部连接形式	20-257
8.4.3 活塞	20-262
8.4.3.1 活塞材料及尺寸和公差	20-262
8.4.3.2 常用的活塞结构形式	20-262
8.4.3.3 活塞的密封	20-262
8.4.4 活塞杆	20-266
8.4.5 活塞杆的导向、密封和防尘	20-269
8.4.5.1 导向套的材料和技术要求	20-269
8.4.5.2 活塞杆的密封	20-270
8.4.5.3 活塞杆的防尘圈	20-272
8.4.6 液压缸的缓冲装置	20-273
8.4.7 液压缸的排气装置	20-273
8.5 液压缸的设计计算	20-274
8.5.1 液压缸的设计计算	20-274
8.5.2 液压缸性能参数的计算	20-275
8.5.3 液压缸主要几何参数的计算	20-277
8.5.4 液压缸结构参数的计算	20-279
8.5.5 液压缸的连接计算	20-282
8.5.6 活塞杆稳定性验算	20-285
8.6 液压缸标准系列	20-285
8.6.1 工程液压缸系列	20-285
8.6.2 冶金设备用标准液压缸系列	20-294
8.6.2.1 YHG <sub>1</sub> 型冶金设备标准 液压缸	20-294

8.6.2.2 ZQ 型重型冶金设备液压缸	20-302
8.6.2.3 JB 系列冶金设备液压缸	20-307
8.6.2.4 YG 型液压缸	20-311
8.6.2.5 UY 型液压缸	20-318
8.6.3 车辆用液压缸系列	20-324
8.6.3.1 DG 型车辆液压缸	20-324
8.6.3.2 G※型液压缸	20-327
8.6.4 重载液压缸	20-329
8.6.4.1 CD/CG 型液压缸	20-329
8.6.4.2 CG250、CG350 等速重载 液压缸尺寸	20-343
8.6.5 轻载拉杆式液压缸	20-346
8.6.6 带接近开关的拉杆式液压缸	20-354
8.6.7 伸缩式套筒液压缸	20-355
8.6.8 传感器内置式液压缸	20-357
8.7 液压缸的加工工艺与拆装方法、注意 事项	20-358
8.8 液压缸的选择指南	20-362

## 第9章 液 压 控 制 阀

9.1 液压控制阀的分类	20-366
9.1.1 按照液压阀的功能和用途进行 分类	20-366
9.1.2 按照液压阀的控制方式进行 分类	20-366
9.1.3 按照液压阀控制信号的形式进行 分类	20-366
9.1.4 按照液压阀的结构形式进行 分类	20-367
9.1.5 按照液压阀的连接方式进行 分类	20-367
9.2 液压控制元件的性能参数	20-368
9.3 压力控制阀	20-368
9.3.1 溢流阀	20-368
9.3.1.1 普通溢流阀	20-368
9.3.1.2 电磁溢流阀	20-372
9.3.1.3 卸荷溢流阀	20-373
9.3.2 减压阀	20-373
9.3.3 顺序阀	20-376
9.3.4 溢流阀、减压阀、顺序阀的综合 比较	20-379
9.3.5 压力继电器	20-379
9.3.6 典型产品	20-381
9.3.6.1 直动型溢流阀及远程 调压阀	20-381

9.3.6.2	先导型溢流阀、电磁溢流阀	20-385
9.3.6.3	卸荷溢流阀	20-388
9.3.6.4	减压阀	20-392
9.3.6.5	顺序阀	20-400
9.3.6.6	压力继电器	20-404
9.4	流量控制阀	20-408
9.4.1	节流阀及单向节流阀	20-408
9.4.2	调速阀及单向调速阀	20-411
9.4.3	溢流节流阀	20-415
9.4.4	分流集流阀	20-415
9.4.5	典型产品	20-416
9.4.5.1	节流阀	20-416
9.4.5.2	调速阀	20-419
9.4.5.3	分流集流阀(同步阀)	20-425
9.5	方向控制阀	20-428
9.5.1	方向控制阀的工作原理和结构	20-428
9.5.2	普通单向阀	20-431
9.5.3	液控单向阀	20-432
9.5.4	电磁换向阀	20-436
9.5.5	电液换向阀	20-443
9.5.6	其他类型的方向阀	20-450
9.5.7	典型产品	20-453
9.5.7.1	单向阀	20-453
9.5.7.2	液控单向阀	20-456
9.5.7.3	电磁换向阀	20-460
9.5.7.4	电液换向阀	20-470
9.5.7.5	手动换向阀和行程换向阀	20-475
9.6	多路换向阀	20-482
9.6.1	多路换向阀工作原理、典型结构及性能	20-482
9.6.2	产品介绍	20-485
9.6.2.1	ZFS型多路换向阀	20-485
9.6.2.2	ZFS-※※H型多路换向阀	20-487
9.6.2.3	DF型多路换向阀	20-488
9.6.2.4	CDB型多路换向阀	20-489
9.7	叠加阀	20-491
9.7.1	叠加阀工作原理、典型结构及性能	20-491
9.7.2	产品介绍	20-493
9.8	插装阀	20-503
9.8.1	插装阀的工作原理和结构	20-504
9.8.2	插装阀的典型组件	20-506
9.8.3	插装阀的基本回路	20-510
9.8.4	插装阀典型产品	20-511
9.8.4.1	力士乐系列插装阀产品	

(L系列)	20-511	
9.8.4.2	威格士系列插装阀	20-529
9.9	液压阀的清洗和拆装	20-536
9.10	液压控制元件的选型原则	20-537
9.11	液压控制装置的集成	20-538
9.11.1	液压控制装置的板式集成	20-538
9.11.2	液压控制装置的块式集成	20-542
9.11.3	液压控制装置的叠加阀式集成	20-547
9.11.4	液压控制装置的插入式集成	20-549
9.11.5	液压控制装置的复合式集成	20-550

## 第 10 章

## 液压辅件与液压泵站

10.1	蓄能器	20-551
10.1.1	蓄能器的种类及特点	20-551
10.1.2	蓄能器在系统中的应用	20-552
10.1.3	各种蓄能器的性能及用途	20-552
10.1.4	蓄能器的容量计算	20-553
10.1.5	蓄能器的选择	20-553
10.1.6	蓄能器产品	20-553
10.1.6.1	NXQ型囊式蓄能器	20-553
10.1.6.2	NXQ型囊式蓄能器	20-555
10.1.6.3	HXQ型活塞式蓄能器	20-556
10.1.6.4	GXQ型隔膜式蓄能器	20-557
10.1.6.5	GLXQ型管路式蓄能器	20-558
10.1.6.6	CQP型非隔离式蓄能器(储气罐)	20-559
10.1.6.7	囊式蓄能器站	20-560
10.1.6.8	活塞式蓄能器站及氮气瓶组	20-561
10.1.7	蓄能器附件	20-562
10.1.7.1	CQJ型蓄能器充氮工具	20-562
10.1.7.2	CPU型蓄能器充氮工具	20-563
10.1.7.3	CDZs-D1型充氮车(氮气充压装置)	20-564
10.1.7.4	AQF型蓄能器安全球阀	20-566
10.1.7.5	AJF型蓄能器截止阀	20-567
10.1.7.6	AJ型蓄能器控制阀组	20-568
10.1.7.7	QFZ型蓄能器安全阀组	20-570
10.1.7.8	QF-CR型蓄能器气体安全阀	20-572
10.1.7.9	QXF型蓄能器充气阀	20-572
10.1.7.10	蓄能器固定组件	20-573
10.1.7.11	蓄能器托架	20-574
10.1.7.12	蓄能器卡箍	20-575
10.2	过滤器	20-575

10.2.1	过滤器的主要性能参数	20-576	10.6.5.1	KF型压力表开关	20-624
10.2.2	过滤器的名称、用途、安装、类别、形式及效果	20-576	10.6.5.2	AF6E型压力表开关	20-624
10.2.3	推荐液压系统的清洁度和过滤精度	20-577	10.6.5.3	MS型六点压力表开关	20-624
10.2.4	过滤器的选择和计算	20-577	10.6.6	测压、排气接头及测压软管	20-624
10.2.5	过滤器产品	20-578	10.6.6.1	PT型测压排气接头	20-624
10.2.5.1	WF型吸油滤油器	20-578	10.6.6.2	HF型测压软管	20-624
10.2.5.2	WR型吸油滤油器	20-578	10.7	空气滤清器	20-624
10.2.5.3	WU、XU型吸油滤油器	20-579	10.7.1	QUQ型空气滤清器	20-624
10.2.5.4	ISV型管路吸油过滤器	20-580	10.7.2	EF型空气过滤器	20-624
10.2.5.5	TF型箱外自封式吸油过滤器	20-582	10.7.3	PFB型增压式空气滤清器	20-624
10.2.5.6	TRF型吸回油过滤器	20-585	10.8	液位仪表	20-624
10.2.5.7	GP、WY型磁性回油过滤器	20-587	10.8.1	YWZ型液位计	20-624
10.2.5.8	RFA型微型直回式回油过滤器	20-589	10.8.2	CYW型液位液温计	20-624
10.2.5.9	SRFA型双筒微型直回式回油过滤器	20-591	10.8.3	YKZQ型液位控制器	20-624
10.2.5.10	XNL型箱内回油过滤器	20-594	10.9	流量仪表	20-624
10.2.5.11	ZU-H、QU-H型压力管路过滤器	20-596	10.9.1	LC12型椭圆齿轮流量计	20-624
10.3	热交换器	20-603	10.9.2	LWGY型涡轮流量传感器	20-624
10.3.1	冷却器的种类及特点	20-603	10.10	常用阀门	20-624
10.3.2	冷却器的选择及计算	20-603	10.10.1	高压球阀	20-624
10.3.3	冷却器产品的性能和规格尺寸	20-604	10.10.1.1	YJZQ型高压球阀	20-624
10.3.4	电磁水阀	20-616	10.10.1.2	Q21N型外螺纹球阀	20-624
10.3.5	GL型冷却水过滤器	20-617	10.10.2	JZFS系列高压截止阀	20-624
10.3.6	加热器	20-617	10.10.3	DD71X型开闭发信器蝶阀	20-624
10.4	液压站	20-619	10.10.4	D71X-16对夹式手动蝶阀	20-624
10.4.1	液压站的结构形式	20-619	10.10.5	Q11F-16型低压内螺纹直通式球阀	20-624
10.4.2	典型液压站产品	20-620	10.11	E型减震器	20-624
10.4.3	油箱	20-622	10.12	KXT型可曲挠橡胶接管	20-624
10.5	温度仪表	20-624	10.13	NL型内齿形弹性联轴器	20-625
10.5.1	温度表(计)	20-624	10.14	管路	20-625
10.5.1.1	WS※型双金属温度计	20-624	10.14.1	管路的计算	20-625
10.5.1.2	WTZ型温度计	20-624	10.14.2	胶管的选择及注意事项	20-625
10.5.2	WTYK型压力式温度控制器	20-624	10.15	管接头	20-625
10.5.3	WZ※型温度传感器	20-624	10.15.1	金属管接头 O形圈平面密封接头	20-625
10.6	压力仪表	20-624	10.15.2	锥密封焊接式管接头	20-625
10.6.1	Y系列压力表	20-624	10.15.3	卡套式管接头规格	20-625
10.6.2	YTXG型磁感式电接点压力表	20-624	10.15.4	扩口式管接头规格	20-625
10.6.3	Y※TZ型远程压力表	20-624	10.15.5	锥密封焊接式方接头	20-625
10.6.4	BT型压力表	20-624	10.15.6	液压软管接头	20-625
10.6.5	压力表开关	20-624	10.15.7	快换接头	20-625
			10.15.8	旋转接头	20-625
			10.15.9	螺塞	20-625
			10.15.10	法兰	20-625
			10.15.11	管夹	20-625
			10.15.11.1	钢管夹	20-625