

紧固件概论

FASTENERS BASICS

航天精工有限公司◎编著

CREATIVE

GLOBAL



国防工业出版社
National Defense Industry Press

紧 固 件 概 论

航天精工有限公司 编著

李英亮 主编

殷小健 王洪军 主审

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书重点介绍了紧固件的一般知识、紧固件用螺纹及其标准、紧固件结构和性能、紧固件材料、紧固件主要成型工艺方法、紧固件热处理、紧固件标印方法、紧固件表面处理、紧固件检测、紧固件试验、紧固件质量管理、紧固件包装与防护、紧固件数字化工厂实践、新型紧固件研究与标准制定、紧固件选用等内容。

本书由国内从事紧固件研制、生产、使用和管理且经验较丰富的工程技术人员、管理人员编写,凝聚了编者所在企业几十年紧固件领域科研、生产、管理的实践经验,消化、吸收了当前国内外紧固件行业发展的最新成果,对提升我国紧固件行业整体技术水平具有一定参考价值。

本书内容基本覆盖了紧固件科研、生产、使用、管理的相关基础知识、理论、方法及实践,可作为紧固件企业的专业培训教材和大中专院校相关专业的教科书,也可为各行业技术人员选用紧固件提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

紧固件概论 / 李英亮主编. —北京: 国防工业出版社, 2014. 1

ISBN 978 - 7 - 118 - 09052 - 9

I. ①紧... II. ①李... III. ①航空器 - 紧固件 IV. ①V229

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 243712 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
北京嘉恒彩色印刷责任有限公司
新华书店经售



*

开本 880 × 1230 1/16 印张 38 $\frac{3}{4}$ 字数 1225 千字
2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 180.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

编审人员名单

顾问委员会名单

名誉顾问	涂铭旌							
特邀顾问	孙小炎	隋明丽	司荣宁	姜招喜	张青春	张辉	朱瑞鑫	
主任	曹军							
副主任	陈立							
委员	杨廷西	张明蓉	吴从曙	侯安印	马建宁	付平	任胜君	
	梁鸿斌	刘蹇	江刚	姚建革	赵亮	姜占平		

审查委员会名单

主任	殷小健							
副主任	王洪军							
委员	陈桂芳	蒲国新	刘思明	胡隆伟	任金茹	申庆援	马玲	
	郭启义	赵国盟	韩碧勇	谢丹贤				

编写委员会名单

主编	李英亮							
委员	张彦德	刘诗定	许彦伟	胡庆宽	孙晓军	邹明奎	张庆辉	
	谢田	张晓斌	康元	王光富	许琳	朱永红	郑伟	
	彭南宁	王运兰	樊开伦	韩珍梅	詹兴刚	吴育照	代文彪	
	杨彪	安能	秦智礼	程全士	王诗成	何旭东	潘伦云	
	杨军	覃善举	许永春	刘娅婷	王亚妹	杨冬梅	李鹏翔	
	冯德荣	蒋忠伦	陈娟	梁新福	陈慧萍	伍卫东	杨凯	
	刘敏丽	赵侦	刘丽群	莫新建	王维斌	王修保	李文生	
	唐伟	古体明	徐珊珊	何建平				
特邀委员	何凤涛	周淑容	谭任邦	邹刚	朱李云	徐飞		
责任编辑	古体明(兼)							

序 一

应编者邀请为《紧固件概论》作序,我很高兴。这是一本由一家优秀企业主持完成的非常有意义的书籍。

本书的编者航天精工有限公司是一家年轻而又颇具经验的企业。2010年乘着航天科工集团专业重组的东风,航天精工有限公司组建成立;目前正在围绕打造“百亿精工”、“百年精工”和建设“国内第一、世界一流高端工业基础件企业”的战略目标体系,推行着一系列有效的集团化管控模式,焕发着前所未有的生机与活力。其下属的主要制造企业从事专业紧固件科研生产的时间都在35年以上,沉淀了丰富的紧固件科研生产技术积累和实践经验。

航天精工有限公司非常善于学习和总结,而且具有高度的社会责任感。公司认为写书、写文章是对思路的整理,也是把个人作用从企业内部延伸到企业外部,实现个人和企业社会价值最大化的机会,不仅鼓励员工钻研技术业务,也鼓励他们著书立说。目前,在紧固件行业还没有一部比较系统、全面地介绍紧固件的专业书籍,也还没有人下功夫要写这样一本书,航天精工有限公司感到自己有理由、有责任承担起这个任务,而且具备了必要的条件。于是就有了这本《紧固件概论》。编者希望通过这本书,加速行业人才成长,推动行业技术水平和管理水平提升,并给从事成套设备和工程系统研发的广大科技工作者提供一本比较系统的紧固件技术参考书,促进该行业发展。

本书的编审人员都来自科研生产一线,既有来自专业紧固件科研生产企业的工程技术人员和高级管理人员,也有来自紧固件使用单位的用户代表和工程技术人员,还有来自生产企业的具有较丰富的紧固件研发生产经验以及来自使用单位的具有较丰富的紧固件使用经验的人员。

在本书编写过程中,除了指定专人对相关部分进行审查外,还组织了专业会审、补充审查、专家会审,而且聘请了多位行业内外的资深专家担任顾问,负责对该书的编写提供咨询和指导。

本书总结了编者所在企业紧固件科研、生产和使用的经验,消化、吸收了当前国内外紧固件行业发展的最新成果,内容基本覆盖了紧固件科研、生产、使用、管理的相关基础知识、基础理论和基本方法,有一定的深度和广度,既有实践性和实用性,又具有先进性和完整性。

紧固件是基础件,但基础不等于简单。从行业整体看,紧固件设计制造所涉及的技术领域十分广泛,覆盖了单元设计技术、系统设计技术、创新设计技术、最优化结构技术、精细化工艺技术、数值模拟技术、特种材料应用技术、金属冷热成型技术、复合成型技术、成型与性能提高一体化技术、近净成型工模具技术、新型自锁结构与技术、新型密封结构与技术、自锁密封二合一结构与技术、表面处理技术、表面润滑用材料和润滑技术、智能化柔性网络制造技术、绿色制造技术、检测与试验技术、过程控制与保证技术、质量分析与综合评定技术、失效模式与分析技术等范畴。特别是航空、航天、舰船等领域的高性能紧固件,其设计条件非常严酷,而且常常涉及某些未知领域;生产工艺复杂,过程控制要求很高,一般都需要经过20多道工序才能完成。

紧固件是各行业广泛使用的基础件,工业、农业、能源、交通、信息、水利等行业中的各种装备和工程系统都离不开紧固件,城乡建设、国防建设、医药卫生以及现代服务业等行业中的各种装备和工程系统也都离不开紧固件。紧固件行业在国家整个工业体系中的基础性地位非常突出。要实现国民经济各行业的持续、稳定、科学发展,要实现中华民族的伟大复兴,要实现亿万华夏儿女心中的中国梦,紧固件行业有必要加速发展。

希望本书对紧固件及相关行业的发展产生积极的作用和影响。希望紧固件行业研制生产出更多、更好的紧固件产品。

中国工程院院士

四川大学教授

重庆文理学院教授

Handwritten signature of Cao Rongzhi in black ink, written in a cursive style.

二〇一三年四月

序 二

由于早期受苏联影响,我国航空航天企业在创建之初基本上都是按照“大而全”的模式建立起来的。这是一种适用于战时情况、便于在极端条件下确保军事装备生产供应的国防工业模式。例如,在一个飞机制造厂,除了飞机总装部门,几乎还包括了所有飞机零部件的生产车间以及所有的后勤服务部门。

一般来说,由于资源有限,总装制造厂对内部各个生产部门的重视程度和资源配置是不均等的。总体研究,总装车间和试验测试部门往往是受重视程度最高且资源配置最优先的,其次是成套或分系统生产车间,最不受重视的往往是生产紧固件之类小零件的车间。

正是这种违背社会分工原理的工业模式导致我国航空航天紧固件技术的发展放慢了脚步,不但难以满足航空航天企业自身需求,也与欧美企业拉开了巨大的差距。尽管我国是世界紧固件生产大国,有 6000 多家企业从事着总额 600 多亿元的紧固件生产,但是其中绝大部分是用于建筑、家装和普通机械等领域的低端产品,无法支撑我国高端装备制造业的发展。而在以航空航天紧固件为代表的高端产品中,目前全球市场 80% 以上的份额被 SPS - PCC 和 Lisi 等欧美企业所占据。

作为我国为数不多的以航空航天紧固件为核心主业的专业化制造企业,航天精工有限公司在成立之初就把自己的使命确立为:研制生产能够满足国内航空航天等高新技术领域需求的高端紧固件产品,为我国高端紧固件产业发展和世界紧固件事业做出应有的贡献。为了实现这个目标,航天精工有限公司制定了中长期发展战略,明确了专业化生产、产业化经营、资本化运作、国际化发展的经营理念,提出了以客户为中心、以六统一为基础、以持续创新为动力,信息链、供应链、价值链三链互动循环的运营管控模式,并构筑了营销网络、研发平台和制造基地三位一体的产业发展布局。

作为实施公司发展战略的主要力量,航天精工研究院在大力开展科技创新活动的同时,出于培养人才和促进技术交流的目的,组织公司内外专家和科技人员编写了《紧固件概论》。这本几乎耗时一年的著作,必将对我国高端紧固件产业的技术进步和人才培养做出有价值的贡献。

在此,我谨向所有编审人员表示崇高的敬意和衷心感谢!

航天精工有限公司董事长



二〇一三年四月

前 言

紧固件素有“工业之米”之称,是各行各业广泛采用的基础件。我国紧固件行业的规模和总量已经处于世界首位,且半数产品出口;但长期沿袭粗放型发展模式,技术创新能力薄弱,产品附加值低,总体上大而不强,出口产品也多为中低端产品,进一步的发展面临资源、环境等诸多压力。在这种形势下,推动紧固件行业产品结构调整,加速高端紧固件产品发展,对全行业的持续健康发展将具有极其重要的意义。

紧固件行业整体水平的提高应借鉴国际先进的技术和理念,积极采用新材料、新技术、新管理模式,不断创新与优化,努力在提高紧固件性能和保证产品质量上下大功夫,以最好的产品服务用户、服务社会。

作为我国主要的高端紧固件供应商之一,多年来的科研生产实践为航天精工有限公司在紧固件研发、制造、管理方面积累了丰富的经验。为了加速行业的人才培养、推动行业技术水平、管理水平的提升,并给从事成套设备和工程系统研发的广大科技工作者提供一本比较系统的紧固件技术参考书,2012年公司对本书的编写予以立项,邀请国内相关专家加盟成立了编写组,并作为一项重要的技术基础工作积极推动。在本书的编写过程中,编写组认真总结了公司几十年来的紧固件科研、生产经验,消化、吸收了当前国内外紧固件行业发展的最新成果,既注重先进性又注重实用性和完整性。

本书内容基本覆盖了紧固件科研、生产、使用、管理的相关基础知识、理论、方法及实践,可作为紧固件企业的专业培训教材和大中专院校相关专业的教科书,也可为各行业技术人员选用紧固件提供参考。

本书通篇共15章。第1章由李英亮、蒲国新、殷小健编写。第2章由张彦德、刘诗定、殷小健编写。第3章由许彦伟、胡庆宽、王洪军、李英亮编写。第4章由孙晓军、邹明奎、张庆辉、胡隆伟、赵国盟、李英亮编写。第5章由谢田、王光富、张晓斌、许琳、彭南宁、朱永红、张彦德、康元、韩珍梅、郑伟、申庆援、马玲、刘诗定、殷小健、李英亮编写。第6章由王运兰、樊开伦、胡隆伟编写。第7章由韩珍梅、许琳、李英亮编写。第8章由詹兴刚、吴育照、代文彪、杨彪、安能、秦智礼、杨军、郭启义、李英亮编写。第9章由程全士、王诗成、何旭东、潘伦云、杨军、覃善举、谭任邦、邹刚、朱李云、陈桂芳、李英亮编写。第10章由刘娅婷、王亚妹、许永春、杨冬梅、何凤涛、蒋忠伦、李鹏翔、冯德荣、陈娟、梁新福、陈慧萍、伍卫东、谭任邦、邹刚、朱李云、陈桂芳编写。第11章由杨凯、程全士、王诗成、覃善举、陈桂芳编写。第12章由胡庆宽、王修保、许彦伟、任金茹编写。第13章由刘敏丽、刘丽群、莫新建、王维斌、赵侦、王洪军、刘思明编写。第14章由李文生、唐伟、李英亮编写。第15章由周淑容、古体明、蒲国新、王洪军编写。附录由古体明、李英亮、王洪军编写。段东勋、朱利军、李旭参与了本书的各种协调。刘智昂、高鹿鹿、何洁、焦莎、黄孝庆、叶文君、吴家任、郑文斌承担了本书部分图形的绘制和部分手稿的

录入工作。冯欢、韩璐、王炎青、梁铠璐、柏璐对书稿整理提供了帮助。

本书由李英亮担任主编,负责总策划和总修改;由殷小健、王洪军担任主审,负责书稿的最终审定;由古体明负责书稿的汇总和整理。

航天精工有限公司董事长兼总经理曹军同志、副总经理陈立同志领导并参与了本书的策划和编写,不仅为本书编写的目标定调,在本书体系结构的最终形成和各部分内容的完善等方面也倾注了不少心血。

本书名誉顾问中国工程院涂铭旌院士,特邀顾问中国航天标准化研究所孙小炎研究员、中国航空综合技术研究所隋明丽研究员、中国航空综合技术研究所张辉高级工程师、中国航空工业集团公司沈阳发动机设计研究所司荣宁研究员、中国航空工业集团公司上海飞机制造有限公司朱瑞鑫研究员、国家标准件产品质量监督检验中心姜招喜高级工程师、国家标准件产品质量监督检验中心张青春高级工程师以及本书顾问委员会的其他各成员都以不同方式对本书的编写给予了大力的支持和帮助,并以不同的方式对本书进行了审查,提出了很多有益的意见和建议。

本书在编写过程中引用了很多文献著作,还从公共网络平台上转引了不少金石之言,有的列入了参考文献,有的因为我们的疏漏未能列入。在此,我们向所有让本书获益的文献作者表示衷心的感谢!

由于编者水平及经验所限,书中难免会有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

《紧固件概论》编写组

二〇一三年四月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.6.2 牙型	18
1.1 紧固件的概念	1	2.6.3 螺纹的基本标记	18
1.2 紧固件发展史	2	第 3 章 紧固件结构和性能	19
1.2.1 紧固件的出现与分化	2	3.1 概述	19
1.2.2 标准化及标准体系的发展 历程	2	3.2 螺栓、螺钉、螺柱	19
1.2.3 紧固件工业的发展	3	3.2.1 螺栓、螺钉的结构	19
1.3 紧固件分类方法	4	3.2.2 螺柱的结构	21
1.4 紧固件应用情况	6	3.2.3 螺栓、螺钉和螺柱的性能	22
1.5 紧固件标准体系	6	3.3 螺母	26
1.6 紧固件行业发展趋势	7	3.3.1 结构特点	26
第 2 章 紧固件螺纹及其标准	9	3.3.2 性能特点	33
2.1 概述	9	3.4 高锁螺栓	37
2.2 普通螺纹	9	3.4.1 高锁螺栓的结构	37
2.2.1 普通螺纹的基本牙型	11	3.4.2 高锁螺栓的性能	39
2.2.2 外螺纹的牙底形状	11	3.5 高锁螺母	39
2.2.3 螺纹的中径、单一中径和作用 中径	11	3.5.1 高锁螺母的结构	39
2.2.4 螺纹合格性判断原则	12	3.5.2 高锁螺母的性能	42
2.2.5 粗牙螺纹和细牙螺纹	13	3.6 铆钉	43
2.2.6 普通螺纹的公差与配合	13	3.6.1 普通铆钉	43
2.2.7 普通螺纹的标记	14	3.6.2 空心铆钉和半空心铆钉	45
2.3 MJ 螺纹	14	3.6.3 螺纹空心铆钉	45
2.3.1 概述	14	3.6.4 盲铆钉	46
2.3.2 牙型	15	3.6.5 环槽铆钉	47
2.3.3 螺纹首尾	16	3.6.6 高抗剪铆钉	49
2.3.4 MJ 螺纹的标记	16	3.7 垫圈	49
2.4 MR 螺纹	16	3.7.1 平垫圈	49
2.5 UN 螺纹	16	3.7.2 防松垫圈	49
2.5.1 概述	16	3.7.3 特殊用途垫圈	51
2.5.2 螺距	17	3.8 挡圈	51
2.5.3 螺纹精度等级	17	3.8.1 切制挡圈	51
2.5.4 UN 螺纹的标记	17	3.8.2 弹性挡圈	52
2.6 UNJ 螺纹	17	3.9 销	54
2.6.1 概述	17	3.9.1 圆柱销	54
		3.9.2 圆锥销	54
		3.9.3 销轴	54
		3.9.4 开口销	54

3.9.5	安全销	55	5.3.4	滚光	183
3.9.6	弹性圆柱销	55	5.3.5	钳工	184
3.9.7	槽销	55	5.3.6	拉削和推削	187
3.10	螺纹衬套	56	5.4	电加工	188
3.10.1	钢丝螺套	56	5.4.1	电火花成型加工	189
3.10.2	锁键型螺纹衬套	57	5.4.2	电火花线切割加工	206
3.11	卡箍	58	5.5	焊装	215
3.12	锁类	61	5.6	螺纹加工	218
			5.6.1	螺纹加工的各种方法	218
第4章	紧固件材料	65	5.6.2	螺纹的车削加工	220
4.1	概述	65	5.6.3	螺纹的滚压加工	222
4.2	结构钢	65	5.6.4	内螺纹加工	230
4.2.1	碳素结构钢	65	第6章	紧固件热处理	235
4.2.2	合金结构钢	67	6.1	概述	235
4.3	弹簧钢	69	6.2	结构钢紧固件的热处理	237
4.4	不锈钢	70	6.2.1	碳素结构钢紧固件的热处理	237
4.4.1	马氏体不锈钢	70	6.2.2	合金结构钢紧固件的热处理	240
4.4.2	奥氏体不锈钢	72	6.2.3	常见的质量缺陷及其防范	
4.4.3	铁素体不锈钢	73	措施	247	
4.4.4	奥氏体铁素体双相不锈钢	74	6.2.4	常用结构钢淬火时的临界	
4.4.5	沉淀硬化不锈钢	74	直径	247	
4.5	高温合金	75	6.3	弹簧钢紧固件的热处理	248
4.5.1	铁基高温合金	76	6.3.1	热处理的种类及目的	248
4.5.2	镍基高温合金	77	6.3.2	弹簧钢紧固件的热处理	
4.5.3	钴基高温合金	79	设备	248	
4.6	铝及铝合金	80	6.3.3	冷却介质的选用	248
4.7	铜及铜合金	82	6.3.4	控制要点及摆放要求	248
4.8	钛及钛合金	83	6.3.5	热处理工艺规范	248
4.9	钛铌合金	85	6.3.6	典型弹性紧固件的热处理	250
4.10	弹性合金	85	6.4	不锈钢紧固件的热处理	250
4.11	非金属	86	6.4.1	概述	250
4.11.1	橡胶	86	6.4.2	不锈钢紧固件热处理种类及	
4.11.2	塑料	93	目的	251	
第5章	紧固件主要成型工艺方法	96	6.4.3	不锈钢紧固件热处理主要	
5.1	概述	96	设备	251	
5.2	压力成型	96	6.4.4	奥氏体不锈钢紧固件的热	
5.2.1	压力成型基础	96	处理	252	
5.2.2	冷成型	97	6.4.6	马氏体不锈钢紧固件的热	
5.2.3	热成型	156	处理	252	
5.3	切削加工	167	6.4.7	沉淀硬化不锈钢紧固件的	
5.3.1	车削	167	热处理	256	
5.3.2	铣削	174	6.5	高温合金紧固件的热处理	259
5.3.3	磨削	177	6.5.1	高温合金概述	259

6.5.2	高温合金紧固件热处理的 种类	262	6.8.5	控制要点及摆放要求	287
6.5.3	高温合金紧固件热处理 设备	262	6.8.6	热处理工艺规范	288
6.5.4	冷却介质的选用	262	6.8.7	钛合金紧固件热处理后的 常见缺陷及预防措施	290
6.5.5	控制要点及摆放要求	262	6.8.8	典型零件的热处理	290
6.5.6	高温合金典型零件的热 处理	263	6.8.9	钛及钛合金的 β 转变温度 参数	291
6.5.7	高温合金的热处理工艺 规范	265	6.9	钛铌合金紧固件的热处理	291
6.5.8	高温合金紧固件热处理后的 常见缺陷及预防措施	268	6.9.1	钛铌合金紧固件产品热处理 种类及目的	291
6.6	铝及铝合金紧固件的热处理	269	6.9.2	热处理设备	291
6.6.1	变形铝合金的产品状态名称 及新旧代号对照	269	6.9.3	热处理工艺规范	291
6.6.2	铝及铝合金新旧牌号对照	269	6.9.4	退火质量控制规范	291
6.6.3	热处理状态代号及说明	270	6.10	弹性合金紧固件的热处理	292
6.6.4	铝及铝合金紧固件的热处理 种类及其目的	270	6.10.1	弹性合金紧固件的热处理 种类	292
6.6.5	热处理设备	272	6.10.2	弹性合金紧固件的热处理 设备	292
6.6.6	控制要点及摆放要求	273	6.10.3	冷却介质	293
6.6.7	进口变形铝合金的热处理 工艺规范	273	6.10.4	控制要点及摆放要求	293
6.6.8	国产变形铝合金的热处理 规范	277	6.10.5	弹性合金热处理的工序 安排	293
6.6.9	铝铆钉固溶与时效	279	6.10.6	弹性合金的热处理规范	293
6.6.10	铝合金热处理常见缺陷及 预防措施	280	第7章	紧固件标印方法	296
6.7	铜及铜合金紧固件的热处理	281	7.1	概述	296
6.7.1	铜的合金化	281	7.2	压印法	297
6.7.2	铜及铜合金紧固件热处理 类别及主要目的	281	7.2.1	凹形标记	297
6.7.3	热处理设备及热处理介质	282	7.2.2	凸形标记	297
6.7.4	控制要点及摆放要求	283	7.3	振动法	297
6.7.5	真空回火炉铜合金退火操作 规范	283	7.4	激光法	298
6.7.6	热处理工艺规范	283	7.5	油漆法和漆印法	298
6.7.7	典型零件的热处理	285	7.6	袋装法和标签法	299
6.8	钛合金紧固件的热处理	285	7.7	标印方法的选择	299
6.8.1	钛合金概述	285	7.8	标印位置的选择	299
6.8.2	钛合金紧固件的热处理种类 及热处理目的	286	7.9	标印字体的要求	300
6.8.3	热处理设备	287	7.10	标印注意事项	300
6.8.4	热处理介质	287	7.11	设备的结构与维护	300
			7.11.1	气动打标机	300
			7.11.2	激光打标机	301
			7.12	激光设备的危害性和防护	302
			7.12.1	对眼睛的伤害	302
			7.12.2	对皮肤的伤害	303
			7.12.3	对肺的伤害	303

7.12.4	激光设备的危害防护	303	8.10.3	电化学抛光	367
第8章	紧固件表面处理	304	8.11	喷砂与喷丸	368
8.1	概述	304	8.11.1	喷砂	368
8.2	单金属电镀	304	8.11.2	喷丸	369
8.2.1	电镀锌	304	8.12	废水处理	370
8.2.2	电镀镉	310	8.12.1	废水的来源	370
8.2.3	镀银	312	8.12.2	电镀废水的危害	370
8.2.4	电镀铜	315	8.12.3	废水分质的处理	370
8.2.5	镀镍	318	8.12.4	达标处理	371
8.2.6	镀铬	321	8.12.5	废水处理含量的测定 方法	371
8.2.7	电镀锡	325	8.12.6	大气污染物监测检测方法	372
8.2.8	镀金	327	第9章	紧固件检测	373
8.3	电镀合金	329	9.1	概述	373
8.3.1	镀铜—锌合金	329	9.2	常规检测	373
8.3.2	电镀锌—镍合金	331	9.2.1	几何要素检测	373
8.3.3	镀镉—钛合金	334	9.2.2	螺纹检测	380
8.3.4	镀镍—镉合金	336	9.2.3	紧固件外观检测	381
8.4	化学氧化	337	9.2.4	检测量具	382
8.4.1	钢制紧固件化学氧化	337	9.3	无损检测	389
8.4.2	铜和铜合金紧固件化学 氧化	340	9.3.1	概述	389
8.4.3	铝和铝合金紧固件化学 氧化	341	9.3.2	紧固件常用无损检测方法	389
8.5	磷化	342	9.3.3	荧光渗透检测	390
8.5.1	钢铁的磷化处理	342	9.3.4	磁粉检测	393
8.5.2	钛及钛合金的磷化处理	344	9.3.5	涡流检测	397
8.6	钝化	346	9.3.6	射线检测	401
8.6.1	耐蚀钢紧固件钝化	346	9.3.7	超声波检测	408
8.6.2	铜和铜合金紧固件钝化	348	9.3.8	无损检测的质量控制	418
8.7	阳极氧化	349	9.4	表面涂覆层检测	421
8.7.1	铝和铝合金紧固件硫酸 阳极氧化	349	9.4.1	常见涂覆层的检验项目	421
8.7.2	钛和钛合金紧固件阳极 氧化	354	9.4.2	涂覆层检验项目的检测 方法	423
8.8	涂铝	355	9.5	自动检测技术应用	432
8.8.1	喷涂铝	355	9.5.1	概述	432
8.8.2	离子气相沉积(IVD)	358	9.5.2	自动检测技术在紧固件 行业的应用	432
8.9	固体干膜润滑剂	360	9.6	紧固件常见外观缺陷及影响分析	433
8.9.1	二硫化钼型干膜润滑剂	360	9.6.1	裂缝	433
8.9.2	十六醇涂覆	365	9.6.2	凹痕	433
8.10	抛光	367	9.6.3	切痕	433
8.10.1	机械抛光	367	9.6.4	皱纹(折叠)	433
8.10.2	化学抛光	367	9.6.5	损伤	433

第 10 章 紧固件试验	442
10.1 概述	442
10.2 紧固件常用试验项目	442
10.2.1 紧固件力学性能试验项目 ...	442
10.2.2 紧固件金相试验项目	442
10.2.3 紧固件环境性能试验项目 ...	449
10.2.4 紧固件安装性能试验项目 ...	449
10.3 紧固件常用试验方法	449
10.3.1 紧固件常用力学性能试验方法	449
10.3.2 紧固件金相试验方法	461
10.3.3 紧固件环境试验方法	471
10.3.4 紧固件安装试验方法	476
10.4 紧固件失效分析	481
10.4.1 失效与失效分析	481
10.4.2 紧固件失效分析的目的及意义	481
10.4.3 紧固件失效分析	481
10.4.4 紧固件实用案例分析	491
10.5 紧固件试验管理实践	498
10.5.1 紧固件试验管理的目的	498
10.5.2 紧固件试验过程的控制与管理	499
10.5.3 试验人员	504
10.5.4 试验设备的管理	505
10.5.5 试验工装的管理	506
10.5.6 试验标样管理	509
10.5.7 试验样件管理	510
10.6 紧固件常用试验数据处理	510
10.6.1 试验数据的采集和记录	511
10.6.2 试验数据处理的方法	511
10.6.3 试验数据的检查与处理	512
10.6.4 试验数据的修约	513
10.6.5 测量不确定度的评定	515
10.6.6 测量不确定度的评定实例	518
第 11 章 紧固件质量管理	520
11.1 质量管理体系	520
11.1.1 质量管理发展史	520
11.1.2 质量管理基础知识	521
11.1.3 质量管理体系的建立和运行	523

11.1.4 紧固件质量管理体系标准及质量相关认证	526
11.2 特殊过程控制	527
11.2.1 特殊过程定义	527
11.2.2 特殊过程确认	527
11.2.3 特殊过程控制要求	528
11.2.4 紧固件常见特殊过程的主要工艺参数及检测项目	529
11.3 质量检验	529
11.3.1 质量检验概述	529
11.3.2 质量检验控制要求	531
11.3.3 产品质量评审	532
11.4 统计过程控制	533
11.4.1 SPC 的起源	533
11.4.2 SPC 技术原理	534
11.4.3 统计学的基本概念	534
11.4.4 SPC 控制图	535
11.4.5 控制图的判异准则	536
11.4.6 过程能力分析	537
11.4.7 提高过程能力指数的途径	538
11.4.8 SPC 的数据收集	538
第 12 章 紧固件包装与防护	539
12.1 概述	539
12.2 半成品生产过程防护	540
12.2.1 一般要求	540
12.2.2 冷锻工序紧固件的防护	541
12.2.3 热(温)锻工序紧固件的防护	541
12.2.4 机械加工工序紧固件的防护	542
12.2.5 精密加工工序紧固件的防护	542
12.2.6 冲压工序紧固件的防护	543
12.2.7 制螺纹工序紧固件的防护	543
12.2.8 热处理工序紧固件的防护	544
12.2.9 表面处理工序紧固件的防护	544
12.2.10 硫化、注塑工序非金属材料紧固件的防护	545
12.2.11 码放要求	545

12.3	成品内包装	545	13.6	协同电子商务与供应链系统应用 初探	569
12.3.1	一般紧固件或不油封紧 固件的内包装	545	13.6.1	协同电子商务与供应链 系统概念	569
12.3.2	碳钢、合金钢材料表面 经氧化处理的紧固件的 内包装	546	13.6.2	开展协同电子商务与供应 链管理的意义	570
12.3.3	重要的、贵重的、储存时间 较长的紧固件的内包装	546	13.6.3	协同电子商务与供应链 系统的建设路线	571
12.3.4	橡胶、非金属材料紧固件 的内包装	548	13.6.4	协同电子商务与供应链 管理的应用	572
12.3.5	紧固件装盒要求	548	第 14 章	新型紧固件研究与标准制定	574
12.4	成品外包装	549	14.1	概述	574
12.5	存储要求	551	14.2	新型紧固件概念研究	574
12.6	包装材料	551	14.3	新型紧固件技术研究	576
12.6.1	包装材料及技术要求	551	14.4	紧固件新标准制定	576
12.6.2	包装容器及其技术要求	552	14.4.1	新标准制定的基本原则	577
第 13 章	紧固件数字化工厂实践	556	14.4.2	新标准制定程序	577
13.1	概述	556	14.4.3	紧固件标准的构成要素	578
13.2	基础数据的建立与管理	556	14.4.4	主要技术要素的确定	579
13.2.1	产品数据编码的建立	557	14.5	新型紧固件产品研制	580
13.2.2	产品数据编码管理	558	第 15 章	紧固件选用	582
13.2.3	产品数据编码应用	558	15.1	概述	582
13.3	数字化设计与制造技术应用	559	15.2	选用原则	582
13.3.1	数字化设计与制造关键 技术	560	15.3	选用的一般要求	582
13.3.2	数字化设计与制造技术在 紧固件行业的应用	561	15.3.1	强度	582
13.3.3	数字化设计与制造技术在紧 固件行业中的发展方向	563	15.3.2	重量	583
13.4	试验信息管理系统应用	564	15.3.3	表面防护	583
13.4.1	试验信息管理系统的应用 背景	564	15.3.4	防松	583
13.4.2	试验信息管理的概念	564	15.3.5	装配空间	583
13.4.3	试验信息管理的业务 功能	564	15.4	几种典型紧固件的选用	583
13.4.4	试验信息管理系统在紧 固件行业的应用	565	15.4.1	螺栓选用	583
13.5	企业资源计划(ERP)系统应用	566	15.4.2	螺母选用	584
13.5.1	ERP 的概念与应用背景	566	15.4.3	垫圈选用	584
13.5.2	ERP 系统在紧固件行业的 建设路线	566	15.4.4	铆钉选用	585
13.5.3	ERP 系统在紧固件行业的 应用	568	15.4.5	复合材料连接紧固件选择	586
			附录 A	公英制常用单位转换表	588
			附录 B	航天精工有限公司产品企业标准 目录	589
			参考文献	603	

第1章 绪 论

紧固件之于工业,好比筋络之于人体。

——编者

1.1 紧固件的概念

说到紧固件,就会想到螺栓(俗称螺丝或螺丝钉)、螺母(俗称螺帽或螺丝帽)。螺栓、螺母几乎成了紧固件的代名词。实际上,紧固件种类很多,本书后面将会详细阐述。

紧固件素有“工业之米”之称,在人们的生产生活中有着十分重要的地位和作用。随便拆开一台机器,就会发现许多紧固件。美国《纽约时报周刊》2007年4月18日的“最佳选”特刊,将螺栓列为过去一千年来最重要的发明之一。中国 ARJ21—700 型飞机总设计师吴光辉先生也盛赞紧固件“数以万计、类以群分、连结构、接系统、小物大为”。2007年8月,台湾地区华航公司一架波音 737—800 型客机在日本冲绳降落后起火爆炸,后来的调查发现,一处螺栓—垫圈紧固件组松动并将客机油箱戳破,导致燃油外泄直接造成了本次事故。

那么,如何给紧固件下一个科学的定义呢?

在日常生活中,关于紧固件的解释很多,有的说:“紧固件是应用最广泛的机械基础件”,有的说:“紧固件是作紧固连接用且应用极为广泛的一类机械零件”,也有的说:“紧固件是用于机器零部件紧固和连接的标准件”,还有的说:“紧固件是将两个或两个以上的零件(或构件)紧固连接成为一件整体时所采用的一类机械零件的总称”……不一而足。

《现代汉语大辞典》将紧固件解释为:“用于使被连接的零件紧固连接的机械零件。”

《辞海》将紧固件解释为:“将两个或两个以上的零件(或构件)紧固连接在一起时所用的零件的统称。”

百度百科给紧固件下的定义(全国科学技术名词审定委员会审定公布)是:“用于连接和紧固零部件的元件。”

以上这些说法都包含有正确的方面,但都不完整。

一方面,“紧固件”一词不具体地指某一个零件,而是泛指用于紧固和连接的所有零件。

另一方面,紧固件不独立存在于人类的生产生活实践中,总是作为各种成套设备的组成部分存在。和其他机械、电器元件一样,紧固件也是构成产品的基本单元,它可以是一个一个的零件,也可以是由两个或两个以上的零件构成的组件。用“零件”来定义紧固件不准确。

又一方面,紧固件应用领域十分广泛,并不仅限于机器零部件的连接,用“机械零件”、“机械基础件”等机械行业特定的词语来定义紧固件不合适。

再一方面,紧固件包括标准紧固件和非标准紧固件两种类型。这一点,本书后面还会叙述。用“标准件”来定义紧固件也不恰当。

综上所述,这里给紧固件下一个定义:

紧固件是用于各种零部件连接和紧固的元件的总称。

卡箍类和锁类产品广泛用于各种系统安装结构中,但都不属于通常所讲的紧固件范畴;考虑到它们在

保持各连接单元处于固定位置这一功能上与紧固件具有相同性,编者把这两类产品作为特殊的紧固件在本书中也做了简单介绍。

1.2 紧固件发展史

1.2.1 紧固件的出现与分化

和其他科技发明一样,紧固件也是人类的发明,是人类智慧的结晶,是人们在认识自然、改造自然和征服自然的过程中逐步产生和发展起来的,是人类生产生活实践的直接产物。

有资料显示,公元前3世纪前后希腊科学家阿基米德第一次提出了螺旋线的描述。

16世纪前后,制钉工人开始生产带螺旋线的钉子,这些钉子能够更牢固地进行连接。

1780年左右,螺丝刀(螺纹旋具)在伦敦出现。工匠们发现用螺丝刀旋紧螺钉固定比用榔头敲打,得更好,遇上细牙螺钉时更是这样。

1797年,“车床之父”——亨利·莫兹利在英国发明了全金属制造的精密螺纹车床;次年,威尔金逊在美国制成了一种螺母和螺栓制造机。这两种机器都能生产通用的螺母和螺栓。可见螺栓和螺母作为紧固件在当时已经相当普及。

1936年,美国的亨利·M·飞利浦申请了十字槽螺钉钉头专利。这标志着紧固件技术有了重大进展。

……

作为紧固件的发展历史,还有很多东西需要进一步的考证。

有文字显示,大约在公元前3000年,世界上的第一辆战车就在美索不达米亚(西南亚地区)出现了。是否可以推断,那时候已经有了初期的紧固件呢?这些问题,就留给有兴趣的读者去解决吧!可以肯定的是,一些比螺栓、螺钉、螺母更简单的紧固件比如销钉、实心铆钉等的历史一定可以追溯到更早的历史时期。

随着科学技术的进步和紧固件用量的增加,人们逐渐认识到,很多紧固件产品可以为不同行业、不同系统通用;采用通用化、系列化和组合化的方式开展紧固件设计并以专业化的方式组织其生产,不仅有利于整合利用社会资源、降低紧固件产品的科研生产成本,而且有利于提高产品的质量和可靠性,更好地满足使用要求。于是,紧固件领域开始分化。大多数紧固件产品,以通用化、系列化和组合化的方式开展设计,以专业化的方式组织生产,出现了专业从事紧固件科研生产的行业,形成了多行业、多系统通用的紧固件产品及相应标准;少数专业性很强、不能或暂时不能进行通用化的紧固件产品仍由相关的专业厂按专用零部件的方式组织设计和生产,通常没有标准。普遍称已经制定了标准的紧固件为标准紧固件,称没有制定标准的紧固件为非标准紧固件。这一分化逐渐形成了非标准紧固件和标准紧固件共存的产品格局,使社会分工进一步细化,社会资源又一次得以优化组合。

与非标准紧固件产生分化开始,标准紧固件就成了整个紧固件行业发展的旗舰。非标准紧固件不断地转化为标准紧固件。标准紧固件产品和紧固件标准的种类、数量越来越多,标准化和标准的技术水平越来越高。标准化及标准体系的发展历程从侧面反映了紧固件行业的发展状况。

1.2.2 标准化及标准体系的发展历程

先进的工业国家很早就开展了标准化工作。

英国标准学会(Britain Standard Institute, BSI)于1901年成立,它是世界上最早的全国性标准化机构,是国际上具有较高声誉的非官方机构。BSI负责制定和修订英国标准,并促进其贯彻执行。它不受政府控制但得到了政府的大力支持。BSI最古老的标准——《BS 275—1927:铆钉尺寸》,至今仍在使用的当中。世界上最流行的标准(ISO 9001)也源自于英国标准,现在已经被150多个国家或地区的670000多个组织所采用。