


机械工程基础与通用标准实用丛书

极限与配合

中国机械工程学会

机械工程基础与通用标准实用丛书编委会

 中国计划出版社

TG801-65
L690


Today ◆ Standard

中国机械工程学会

机械工程基础与通用标准实用丛书编委会

极限与配合

刘巽尔 主编

 中国计划出版社

10 2360

图书在版编目(CIP)数据

极限与配合/中国机械工程学会,机械工程基础与通用标准实用丛书编委会编. —北京:中国计划出版社,2004.5

(机械工程基础与通用标准实用丛书)

ISBN 7-80177-293-8

I. 极... II. ①中...②机... III. ①尺寸公差—基本知识 ②配合—基本知识 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 017974 号

机械工程基础与通用标准实用丛书

极限与配合

中国机械工程学会

机械工程基础与通用标准实用丛书编委会

☆

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906413 63906414)

新华书店北京发行所发行

三河市汇鑫印务有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 13 印张 225 千字

2004 年 5 月第一版 2004 年 5 月第一次印刷

☆

ISBN 7-80177-293-8/TH·003

定价:30.00 元

标准走市场经济有序
发展的技术基础是提
高经济增长质量和效
益的技术支撑

何光远

二〇〇〇年
四月廿三日

原机械工业部部长、中国机械工程学会荣誉理事长何光远题词

编者的话

《极限与配合》系列国家标准是机械设计、制造、检验中应用最为广泛的互换性基础标准之一,也是最为重要的几何精度标准。我国的《极限与配合》系列标准首次发布于1959年,是根据原苏联标准(ГОСТ)制定的。随着科学技术的进步和生产力水平的提高,此系列标准进行了多次适时的修订,为我国经济建设的发展,特别是机械工业的发展,发挥了重要的促进作用。

进入20世纪90年代以来,国际标准化组织(ISO)经过多年的酝酿,成立了产品尺寸和几何技术规范与检验的技术委员会(TC213),统一负责原极限与配合、技术制图和表面特征及其计量学有关的标准化工作,统称为产品几何技术规范(GPS)。在我国,全国产品尺寸和几何技术规范与检验标准化技术委员会成立后,按照采用国际标准的原则,对《极限与配合》系列标准进行了制定、修订和修改,使我国的标准体系开始向国际标准(ISO)体系转变,加快了向国际标准靠拢、与国际接轨的步伐。

本书从机器和机械的零件几何要素和几何精度出发,系统地分析了近20项现行的、特别是1997年之后发布的10余项《极限与配合》系列标准的技术内容,概略地介绍了机械零件的几何要素及精度的概念与表达方法,互换性与标准化的关系;极限制与配合制,标准公差和基本偏差的数值系列及其计算方法,公差带和配合的选用原则;讲述了光滑极限量规和普通计量器具的检验,测量不确定度及其评定,以及计量器具的选择;圆锥公差的给定方法和数值,以及影响圆锥配合的因素;阐述了圆锥量规的公差与技术要求,尺寸链的几种形式及其计算方法,以及统计尺寸公差的分布特性及在配合中的应用等技术要点,并利用大量示例帮助读者进一步加深对标准技术内容的理解。

本书可供从事机械工程设计、制造、检验和标准化工作的技

术人员及高等院校机械工程学科的师生学习和参考。书中不足之处,敬请读者不吝指正。

编者
2004年1月

编 审 委 员 会

名誉主任: 陆燕荪(原机械工业部副部长、中国机械工业联合会特别顾问、中国机械工程学会荣誉理事长)

李忠海(国家标准化管理委员会主任、中国机械工程学会副理事长)

主任: 宋天虎(中国机械工程学会副理事长兼秘书长、中国机械工业联合会副会长,教授级高工)

副主任: 邢 敏(中国机床总公司总裁,教授级高工)

王金弟(中国机械工业联合会标准工作部主任)

强 毅(机械工业生产力促进中心主任,教授级高工)

委 员: (以姓氏笔画为序)

于振凡 方效良 王 利 王为国 王世刚

王建中 王金弟 刘巽尔 孙晓岩 朱晓滨

邢 敏 余庭和 张 锦 张民安 张明圣

张咸胜 李安民 李建春 李晓滨 李维荣

杨东拜 汪 恺 陈玉国 陈俊宝 陈超志

明翠新 林江海 胡觉凡 赵占京 徐 萍

郭连庄 顾孟洁 顾洪洁 黄 雪 强 毅

路增林 熊才启 谭湘宁

总 策 划: 徐 萍 王建中

技术顾问: 汪 恺 余庭和 刘巽尔

总 主 编: 黄 雪 杨东拜

编辑委员会

主任：徐萍

副主任：孙晓岩 朱晓滨

编辑：(以姓氏笔画为序)

方效良 王曼宁 孙晓岩 朱晓滨

胡若莹 崔贺贤 傅立谚

序

机械是现代社会进行生产和服务的五大要素(即人力、资金、能量、材料和机械)之一,能量和材料的生产也必须有机械的参与。任何现代产业和工程领域都需要应用机械,诸如发电设备、农业机械、冶金矿山机械、轻工纺织机械、交通运输机械、仪器仪表和自动化装置,乃至人们日常生活中普遍应用的自行车、钟表、照相机以及品类繁多的家用电器等。各个工程领域的发展,都要求机械工程有与之相适应的发展,都需要机械工程提供所必需的机械。机械工程在各方面不断提高的需求的压力下获得发展动力,同时又从各个学科和技术的进步中获得改进和创新的能力。

机械设计是机械产品研制的第一道工序,是装备制造业的基础软件。设计和制造的质量与水平,直接关系到产品的质量、性能、研制周期、市场竞争力和整个企业的技术经济效益。机械设计的理论与方法,来源于科学理论的指导和实践经验的总结。机械工程的基础与通用标准是机械设计与制造的基石,是广大机械工程师、工艺师所必备的规范性知识和基本工作指南。

由中国机械工程学会组织编写的《机械工程基础与通用标准实用丛书》,以先进性、实用性、系统性和权威性为特色,密切跟踪和及时反映了国际国内科技进步和相关标准制定、修订的最新成果及其动向,为我国机械工程领域的广大科技工作者深入理解和全面贯彻相关标准提供了系统、准确、简明和实用的规范性手册。

丛书重点选入 2000 年以后制定、修订的最新标准,集中反映了我国机械工程领域标准化的最新成果和国际标准化的现实水平。丛书在结构上按专业体系对现行标准进行系统提炼和有机

整合,对标准的应用难点和贯彻要点进行扼要阐述,力求在深度和广度上更好地满足标准使用者的需求。

我相信,由《机械制图》、《极限与配合》、《形状和位置公差》、《螺纹及其联结》、《表面结构》、《键与花键》、《紧固件》、《渐开线圆柱齿轮》、《抽样检验》和《产品运输包装》等构成的这套丛书的出版,对提高机械工程和产品的开发、设计、创新和市场竞争能力将起到积极的作用,对我国当前振兴装备制造业,实现从制造大国走向制造强国的宏图也将起到有效的推动作用。

原机械工业部副部长
中国机械工业联合会特别顾问
中国机械工程学会荣誉理事长

陆燕萍

目 录

序

编者的话

- 1
- 1
- 2
- 3
- 6
- 6
- 17
- 43
- 44
- 45
- 85
- 94
- 97
- 97
- 107
- 123
- 123
- 133
- 142
- 151
- 153
- 155
- 155
- 158
- 161
- 162

第一章 概 论

- 第一节 要素与精度
- 第二节 精度的表达
- 第三节 互换性与标准化

第二章 圆柱结合的极限与配合

- 第一节 词汇
- 第二节 极限制
- 第三节 配合制
- 第四节 大尺寸的标准公差和基本偏差
- 第五节 公差带和配合的选择
- 第六节 小尺寸的孔、轴公差带
- 第七节 一般公差

第三章 孔、轴尺寸的检验

- 第一节 光滑极限量规检验
- 第二节 普通计量器具检验

第四章 圆锥结合的极限与配合

- 第一节 术语及定义
- 第二节 圆锥公差
- 第三节 圆锥配合
- 附录 I 圆锥的锥度和锥角系列
- 附录 II 棱体的角度和斜度系列

第五章 圆锥量规

- 第一节 圆锥量规的种类及用途
- 第二节 圆锥量规的公差
- 第三节 圆锥量规的技术要求
- 第四节 圆锥量规的检验

162	第五节 莫氏与公制圆锥量规
169	第六章 尺寸链计算与统计尺寸公差
169	第一节 术语及定义
172	第二节 尺寸链的形式
175	第三节 计算方法
181	第四节 计算示例
189	第五节 统计尺寸公差

第一章 概 论

第一节 要素与精度

任何机器或机械都是由一定数量和类型的零件组成的,这些机械零件的外形都是由一定的尺寸和几何形状构成的。构成零件几何特征的点、线、面称为“几何要素”,简称“要素”。

根据几何要素在机器或机械中的功能,可以分为结合要素、传动要素、导引要素、支承要素和结构要素等几类。

结合要素是形成“配合”的一对包容面和被包容面,如形成圆柱配合的内、外圆柱面,形成圆锥配合的内、外圆锥面,形成螺纹配合的内、外螺旋面,形成花键配合的内、外花键面等。传动要素是形成“传动”的一对要素,如形成齿轮传动的两互啮表面,形成螺旋传动的内、外螺旋面。导引要素是规范零件运动方向或位移的要素,如导轨表面、凸轮表面等。支承要素多指机座底面、箱体与箱盖的贴合面等。结构要素是构成机器外形的要素和工艺要素,如工艺孔、维修孔等。

在上述各类要素中,最常用、最基本的是结合要素。包容面和被包容面相结合,既要求具有一定的松紧程度,又要求一批结合的松紧程度的差异必须控制在一定的允许范围之内,这就是配合的两项要求。为了满足配合的这两项要求,必须规定包容面和被包容面的结合尺寸的允许界限,称为极限。规定了尺寸的极限,就是规定了尺寸的允许变动,即尺寸的公差。尺寸公差表达了对尺寸的精度要求。

精度设计是在机械设计过程中,继系统设计和参数设计之后的最重要的阶段。系统设计,又称一次设计,是确定机械的基本工作原理和总体布局,主要是运动学的设计,如传动系统、位移、速度、加速度等。参数设计,又称二次设计,是确定机械各零件要素的各几何参数的标称值(或公称值),以保证系统的能量转换和工作寿命。精度设计,又称三次设计,是确定机械零件要素的各几何参数的允许误差(公差),所以亦称公差设计。因为无论用何种方法制造,零件的实际要素总不可能具有理想的形状和位置,一批零件的尺寸也不可能完全相同。也就是说,制造误差是必然存在的。零件要素的误差一定会对其功能产生不同程度的影响,所以,规定零件要素的几何参数的公差,即进行精度设计,是保证实现零件功能要求的重要手段。从机器的功能来看,规定要素几何参数的公差又是完全允许的,因为任何表达机器功能要求的技术性能指标都有一定的允许变动范围,相应地也就允许组成机器的各零件要素有一定误差。功能要求越高,允许的误差越小;功能要求越低,允许的误差可以越大。

一般地说,零件要素的任何一个几何参数的误差都会以不同的方式影响其功能要求。例如,图 1-1 所示的法兰盘,直径尺寸 d_1 的变动受到零件的重量、装配空间和直径尺寸 ϕD 及螺孔直径尺寸 ϕD_1 的制约;螺孔直径尺寸 ϕD_1 的变动受螺母直径尺寸和螺母压力的制约(图中未示出螺母);孔径尺寸 ϕD_2 的变动受相配轴的直径尺寸及配合松紧要求的制约(图中未示出与孔相配的轴);圆角半径尺寸 r 的变动受螺母尺寸和法兰盘疲劳强度要求的制约,等等。此外,法兰盘装配端面的平面度误差, ϕD_2 孔轴线对端面的垂直度误差, $6 \times \phi D_1$ 均布

螺孔的位置误差等也对其装配和使用功能有影响而应予以限制。

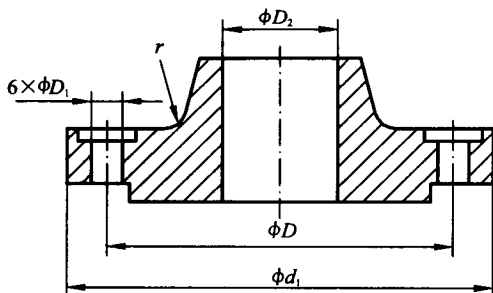


图 1-1 法兰盘

几何参数的公差不仅与零件的功能有关,而且直接影响生产的经济性,所以,进行精度设计应该遵循“经济地满足功能要求”的原则。

第二节 精度的表达

在零件设计图样上规定几何要素的精度要求,可以采取不同的表达形式:

1. 规定极限值

对于线性尺寸和角度尺寸,可以规定其允许的最大值和最小值,称为最大极限尺寸和最小极限尺寸,完工零件的实际尺寸应不超出此两极限尺寸值。两极限尺寸所确定的实际尺寸允许变动范围就是尺寸公差。所以,严格地说,对于线性尺寸和角度尺寸,进行尺寸精度设计不是规定尺寸公差,而是规定尺寸极限。

2. 规定公差带

对于几何要素的形状和位置精度,可以规定其形状或位置公差带,即规定实际要素允许变动的区域,这是以某种几何区域来表达几何精度的形式。根据不同的实际情况,形状和位置公差带可以是平面区域,也可以是空间区域,并且应从形状、大小、方向和位置等四个方面作出相应的限定。

3. 规定评定参数及其允许值

对于零件的表面精度(主要是表面粗糙度),可以规定其适当的评定参数(如算术平均偏差 R_a)及其允许值。通常,只给出最大允许值。必要时,也可以同时给出最大和最小允许值。

根据经济地满足功能要求的原则,以上述某种形式确定零件要素的几何精度以后,必须用适当的方式在图样上进行标注,作为加工、检测和验收的依据。

几何精度在零件设计图样上的标注,通称公差标注。公差标注主要有两种方法,即采用“一般公差”和进行“单独标注”。

一般公差就是各种加工设备在正常条件下能够保证的公差,亦称常用精度或经济精度。由于零件多数参数采用一般公差就可以满足其功能要求,因此对于采用一般公差的精度要求不需要在零件设计图样上逐一单独标注,可以只在图样或技术文件中以适当的方式作出统一规定,所以一般公差又通称“未注公差”。采用一般公差表示要素的几何精度,具有设计

省时、图样简明和重点明确等优点,而且由于一般公差是在正常情况下可以保证达到的精度,因此只要在供需合同中明确列出,通常都不需检验。而且,如果实际要素的误差超出规定的一般公差的要求,那么只有当它影响零件的功能要求时,才给予拒收。所以,采用一般公差还可以减少检验费用和供需双方不必要的争议。当然,采用一般公差的前提是生产部门必须对所有加工设备的正常精度进行实际测定,并定期进行抽样检查和维修,以确保其精度得到维持。

当要素的功能要求高于一般公差的精度时,应在零件图样上以适当的方式逐一进行单独标注,通称“注出公差”。例如在基本尺寸后面加注上、下偏差或公差带代号,用框格形式标注形位公差等。

当要素的功能要求低于一般公差的精度时,通常也不需要单独标注,除非其较大的公差对零件的加工具有显著的经济效益,才采用单独标注的方法。由此可见,一般公差的要求不是在任何情况下都需要满足的。

第三节 互换性与标准化

由零件图样表达的设计要求,需要通过实际生产来实现,而不同的生产力水平,要求有与之相适应的生产方式。在当前全球化大生产的条件下,按照专业协作的原则进行生产是提高产品质量、降低生产成本,从而提高经济效益的必由之路。

在生产力水平低下的情况下,社会的主要经济形态是自然经济,一家一户或一个手工业工场就可以完成某些产品的全部生产过程。但是,随着生产力的发展和对产品质量要求与复杂程度的提高,科学技术的进步,大量生产的出现,特别是商品市场的发展,就不可能也不应该只由一个工厂来完成某一产品的全部生产过程,必须组织专业化的协作生产。

在不同工厂、不同车间,由不同工人生产的相同规格的零件或部件,可以不经选择、修配或调整,就能装配成满足预定使用功能要求的机器或仪器,零件或部件所具有的这种性能称为互换性。能够保证产品具有互换性的生产,就称为遵循互换原则的生产。

由此可见,互换性表现为对产品零件、部件装配过程中三个不同阶段的要求:

- 1) 装配前,不需选择;
- 2) 装配时,不需修配和调整;
- 3) 装配后,可以满足预定的使用功能的要求。

显然,为了使零部件具有互换性,首先应对其要素提出适当的、统一的要求,因为只有保证了对零部件要素的要求,才能实现其可装配性和装配后满足与要素的几何参数(尺寸、形状等)有关的功能要求。这就是零件或部件的几何精度的互换性。

要全面满足对产品使用功能的要求,仅仅保证零部件具有几何精度的互换性是不够的,还需要从零部件的物理性能、化学性能、力学性能等各方面提出要求。这些在更广泛意义上的互换性,可称为广义互换性。

有时,常常把仅满足可装配性要求的互换称为装配互换;把满足各种使用功能要求的互换称为功能互换。

具有互换性的产品可以在使用过程中迅速更换易损零部件,从而保持其连续可靠地运转,给使用者带来极大的方便,获得充分的经济效益。

互换程度的提高同时也给制造过程带来极大的方便。例如,可以迅速更换磨损了的刀具,保证加工过程的持续性;自动和半自动机床上原材料装夹的稳定与可靠;设备维修中易损零部件的更换等,都是以具有互换的特性为前提的。所以,互换性也大大提高了制造过程的经济效益。

对于不同的产品和某种产品的不同生产阶段,是否应具有互换性或应该在何种范围内和何种程度上具有互换性,还需进行具体的分析。例如滚动轴承,作为由专业化工厂生产的高精度标准部件,它与其他零件具有装配关系的各尺寸应该具有完全的互换性。但其内、外圈和滚子等零件相互装配的尺寸,由于精度要求极高,如果也要求其具有完全的互换性,就会给制造带来极大的困难,所以往往只有不完全的互换性,即采取选择装配的方法,才能取得较好的经济效果,而又不影响整个轴承的使用。又如,对于单件或小批量生产的大尺寸零件,常常采用配制的方法而不按互换的原则来生产,以实现更高的经济效益。

由此可见,互换性是对重复生产零件的要求。只要按照统一的设计进行重复生产,就可以获得具有互换性的零件。所以精度设计(公差设计)和互换性是两个完全不同的概念,对于精度设计的要求是“合理”,而实现互换的方法则是“统一”。无论是否要求互换,零件的精度设计必须合理,即经济地满足功能要求。而只有重复生产、分散制造、集中装配的零件才要求互换。

为了在更加广泛的范围内和更加高级的程度上实现互换性生产,还需要在不断总结生产实践经验和充分理论分析的基础上进行各种标准化的工作。标准化就是对重复性事物进行科学的简化、选优、协调和统一。所有工程科学技术上的各种标准都是在一定生产条件下,使用要求与生产经济性的暂时相对的统一。它可以在一定条件下,以尽可能少的规定,满足尽可能多的不同需要。因此,标准化程度的提高,有利于设计工作量的大量减少和设计质量的大幅提高。现在,标准化对于实现互换性生产、促进科学技术水平提高的作用,已经被越来越多的人所认识。

极限与配合系列国家标准是机械行业精度标准中最为重要、应用最广的基础标准。自1979年起,随着改革开放政策的实施,我国的技术标准开始从原苏联标准(GOCT)体系向国际标准(ISO)体系转变,并陆续制定、修订了一大批国家标准,以适应经济发展的需要,从而在加速技术进步以及国际技术交流与合作方面,发挥了重要的促进作用。

进入20世纪90年代以来,国际标准化组织(ISO)经过多年的酝酿,成立了“产品尺寸与几何技术规范与检验(dimensional and geometrical product specification and verification)”技术委员会(TC213),统一负责原“极限与配合(limits and fits)”技术委员会(TC3)、“技术制图(technical drawing)”技术委员会的“尺寸和公差注法(dimensioning and tolerancing)”分技术委员会(TC10/SC5)和“表面特征及其计量学(surface texture and its metrology)”技术委员会(TC57)有关尺寸、形状、位置和表面结构的标准化工作,并统称为“产品几何技术规范(geometrical product specification)”,简称“GPS”,并制定、修订了一系列国际标准。我国的“全国产品尺寸与几何技术规范标准化技术委员会”成立后,也开始对20世纪80年代以来制定、修订的国家标准进行了一次全面的审查,并在此基础上按照采用国际标准的原则着手进行新一轮的制定、修订工作。极限与配合系列国家标准也作了相应的修订。

本书简明扼要地讲述了有关圆柱结合的极限与配合、光滑工件尺寸的检验、圆锥结合的极限与配合、圆锥量规、尺寸链计算和统计尺寸公差等主要国家标准的基本结构、技术内容、

应用原则及应用实例,并对要素与精度的概念、精度的表达,以及互换性与标准化等进行了概略介绍。本书主要涉及的标准如表 1-1 所列。

表 1-1 本书涉及的主要标准

序号	标准名称	标准编号
1	极限与配合 基础 第 1 部分:词汇	GB/T 1800.1—1997
2	极限与配合 基础 第 2 部分:公差、偏差和配合的基本规定	GB/T 1800.2—1998
3	极限与配合 基础 第 3 部分:标准公差和基本偏差数值差	GB/T 1800.3—1998
4	极限与配合 标准公差等级和孔、轴极限偏差表	GB/T 1800.4—1999
5	极限与配合 公差带和配合的选择	GB/T 1801—1999
6	极限与配合 尺寸至 18mm 孔、轴公差带	GB/T 1803—2003
7	一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差	GB/T 1804—2000
8	光滑极限量规	GB/T 1957—1981
9	产品几何量技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第 1 部分:按规范检验合格或不合格的判定规则	GB/T 18779.1—2002
10	光滑工件尺寸的检验	GB/T 3177—1997
11	产品几何量技术规范(GPS) 圆锥的锥度与锥角系列	GB/T 157—2001
12	产品几何量技术规范(GPS) 棱体的角度与斜度系列	GB/T 4096—2001
13	圆锥公差	GB/T 11334—1989
14	圆锥配合	GB/T 12360—1990
15	技术制图 圆锥的尺寸和公差注法	GB/T 15754—1995
16	圆锥量规公差与技术条件	GB/T 11852—1989
17	莫氏与公制圆锥量规	GB/T 11853—1989
18	尺寸链 计算方法	GB/T 5847—1986
19	统计尺寸公差	JB/T 9184—1999

注:Geometrical Product Specification(GPS)原译“产品几何技术规范”,后改译为“产品几何量技术规范”。

