

高等学校教学用书



互 换 性 与 技 术 测 量

HUHUANXING YU JISHU CELIANG

华中工学院精密仪器教研室編

本书初稿是由华中工学院于 1958 年教育革命中采取教师、学生、工人“三结合”的方式编写成的。1959 年在教育革命进一步深入的基础上,又采取了学校、工厂和科学研究机关“三结合”的方式,对初稿作了改编和修改定稿工作。

本书力求贯彻理论联系实际、加强基础、反映近代等原则。在取材方面尽可能注意结合我国生产实际,书中比较详细地介绍了新颁布的公差与配合的国家标准。

本书包括:互换性概论,技术测量的基本知识,长度尺寸的测量,零件几何参数的精度,检查夹具及检验自动化,圆柱形零件的公差与配合,滚动轴承的公差与配合,圆锥体的公差与配合,角度与锥体的测量,螺纹的公差配合及检验,齿轮及蜗轮传动的互换性,齿轮与蜗轮传动的测量,单键与花键的公差配合及检验,尺寸链,以及孔的位置尺寸公差及其检验等十六章。

本书可作为高等工业学校机械制造专业的教学用书,也可供工厂技术人员参考。

互 换 性 与 技 术 测 量

华中工学院精密仪器教研室编

人民教育出版社出版 高等学校教材编辑部
北京宣武门内承恩寺 7 号
(北京市书刊出版业营业许可证出字第 2 号)

上海市印刷六厂印刷
新华书店上海发行所发行
各地新华书店经售

统一书号 15910·252 开本 787×1092 1/16 印张 29 1/8
字数 659,000 印数 1—22,000 定价 (4) 零 2.70
1960 年 10 月第 1 版 1960 年 10 月上海第 1 次印刷

序

在 1958 年教育大革命中,由师生共同参加编写教材的创举有着重大的革命意义和深远影响。这一创举为以后的教材编写工作树立了榜样,指出了方向。

当时,在我院由教师、工人、学生“三结合”组成的“公差战斗司令部”,在党支部的直接领导下,集体编写了一本“互换性与技术测量讲义”。这本讲义初步贯彻了党的教育方针,在联系生产实际与教学实际等方面均较为成功,本书即以该讲义为基础发展而成。

本书是与工厂及科学研究机关合作,由教研室集体分工写成。编写大纲是在访问了第一拖拉机厂、洛阳轴承厂、洛阳矿山机械厂、武汉市主要工厂的部分工程技术人员及学过本课程的学生和毕业同学后拟定的。在拟定编写大纲过程中,我们还得到了第一拖拉机厂苏联专家道钦科和勃力丘克同志的指导。

本书初稿于去年十二月写成后,由教师携稿至洛阳、北京、上海、哈尔滨、沈阳、长春、南京及武汉市有关工厂及科学研究机关请专人审查,并广泛征求工人和工程技术人员的意见,部分内容则逕由工厂和研究机关同志补写或修改。根据所搜集到的各方面意见,今年三月,全稿最后由教研室集体审查修订。

本书的编写以贯彻党的教育方针为指导思想,特别注意了联系我国实际、联系生产实际及联系教学实际,也注意了加强基础及反映近代等原则。但由于编者水平的限制,这些原则在书中还体现得不充分。

书中详尽地介绍了我国公差与配合国家标准(GB),对其他尚未制订颁布国家标准的部分,则介绍了苏联有关标准。

在技术测量方面,尽可能介绍国产仪器与量具。

在内容与系统方面我们也进行了一些调整,对公差与配合的选择,零件几何形状及相互位置误差的测量,特种验规和验规设计等都给予了较多的重视。此外根据测量工具发展情况,我们将检查夹具列入本书单独成为一章,并且对自动测量及新技术的应用也作了若干介绍。

在文字阐述方面力求明确易懂,例如,对零件各种几何参数的误差就是从测量观点讲述,避免单纯讲述几何意义。

本书是为高等工业学校机械制造类专业学生编写的,但也可供工厂技术人员参考。

“互换性与技术测量”与生产实际有着非常密切的联系,通过本门课程的学习,主要应使学生掌握公差配合与技术测量的基本知识,能正确选择公差配合,能独立进行一般测量工作。因此,在学习与讲授本课程时,最好根据各专业特点,结合有关生产设备实物及蓝图进行,并且应与其他教学环节,如实验及现场教学等配合。但为了减少本书篇幅,书中只附有圆柱形件的公差与配合表格,其他公差表及有关蓝图均未列入。

由于形势发展很快,特别是由于技术革新和技术革命运动的开展,促进了生产的大发展与科学研究水平的提高,教育革命也正在繼續深入,課程从体系到内容都应有新的綜合与划分。因此,本书写成后,深感有进一步修改的必要,但由于很多改革方案尚在酝酿阶段,又由于時間所限,在这方面尚未能如愿,只好留待以后进行。

在本书中虽然反映了我国互换性与技术测量发展中的一些情况,也包括了工厂工作的一些实际經驗,但很不完全。希望有关工厂、研究机关和兄弟学校能更广泛地协助我們,供給我們有关資料,提出修改补充意見,以便再版时列入,使本书能更好地反映我国社会主义建設的实际情况,更好地貫徹党的教育方針。

本书初稿由教研室李桂、王乃樑、張江陵、李光瀛、邓秀儒、陈志清等同志执笔。

本书在編写过程中得到了許多工厂与研究机关的大力支持。协助审查或修改初稿的有:第一拖拉机制造厂伍貽盛、葛义興、林可明、耿百誠、任克勤、魏天民、商鎮、郑光华、馬国和、皮作良、耿长青、馬荃兴、黄学全等同志;第一汽車制造厂桑仲迈、張明远、唐振声等同志;哈尔滨量具刃具厂李立人、王謝、湯尙信、張自揚、許正平、吳嘉齡等同志;上海光学仪器厂陈忠富、施孝义、孙光中等同志;第一机械工业部机械科学研究院时連琦、李安民等同志;国家計量局吳忠癸等同志;金属切削机床研究所汪星桥同志;沈阳第一机床厂胡秉政同志;南京軸承厂单友玉同志及上海市机械局机械产品設計公司徐忠义同志等。对本书初稿集体进行审查討論的有第一拖拉机厂許宏瑞、黃士方、張凤英、屈友全、万新宝、夏淑文及王桂根等同志。

本书全稿在修改后,未經工厂及研究机关原审稿人及有关同志校閱,若有錯誤与不妥之处由編者負責,并希讀者指正。

最后,謹向对本书編写工作給予帮助的单位 and 有关同志表示衷心的感謝。

华中工学院精密仪器教研室

1960年6月于武昌

目 录

序

第一章 机器制造中互换性概論	1
1-1. “互换性”的实质及其在机器制造中贯彻“多快好省”的意义	1
1-2. 互换性在机器制造中的发展簡史及解放后我国在互换性与技术測量方面的成就	4
1-3. 有关公差与配合的基本概念、名詞和定义	7
第二章 技术測量的基本知識	12
2-1. 概述	12
2-2. 长度单位的基准	13
2-3. 測量工具与測量方法的分类	15
2-4. 測量工具与測量方法的基本度量指标	17
2-5. 技术測量中产生測量誤差的因素	18
2-6. 概率(或然率)的基本概念及測量結果的数值处理	20
2-7. 測量工具的选择原則	27
第三章 长度尺寸的測量	31
3-1. 平面平行长度端面量具及其应用	31
3-2. 长度端面量具的檢定	34
3-3. 游标量具	37
3-4. 分厘量具	39
3-5. 机械量仪	41
3-6. 光学量仪	48
3-7. 电学量仪	54
3-8. 气动量仪	55
3-9. 机械制造中大尺寸測量	59
3-10. 机器制造中的小尺寸測量	69
3-11. 放射性同位素在技术測量中的应用	71
第四章 零件几何参数的精度	74
4-1. 概述	74
4-2. 宏观几何形状誤差	75
4-3. 中間几何形状誤差——表面波度	88
4-4. 微量几何形状誤差(表面光洁度)	90
4-5. 表面相互位置誤差	106
第五章 檢查夹具及檢驗自动化	127
5-1. 概述	127
5-2. 檢查夹具的主要組成部分	128
5-3. 典型檢查夹具	131
5-4. 檢查夹具的設計	148
第六章 圓柱形零件的公差与配合	156
6-1. 圓柱形零件公差与配合国家标准(GB)的构成	156
6-2. 公差与配合的选用	168
6-3. 苏联标准(ГОСТ, ОСТ)和国际标准(ISA)的公差与配合	184

(III)

04689

6-4. 直线非配合尺寸公差、铸件尺寸公差	188
第七章 滚动轴承的公差与配合	191
7-1. 概述	191
7-2. 滚动轴承的精度等级及其选择	191
7-3. 滚动轴承配合尺寸公差及与其相配零件的配合种类及特性	193
7-4. 滚动轴承与轴及机座孔配合的选择	194
7-5. 径向滚动轴承的间隙	198
第八章 验 規	202
8-1. 檢驗圆柱形零件的驗規	202
8-2. 檢查高度深度等直线尺寸的驗規	212
8-3. 檢查几何形状的驗規——样板	215
8-4. 檢驗表面相互位置誤差的驗規	219
第九章 圆锥体的公差与配合	226
9-1. 概述	226
9-2. 圆锥体配合中各参数之间的关系	228
9-3. 圆锥体公差及其标准	229
9-4. 自由角度及自由锥度公差	233
9-5. 锥度驗規	233
9-6. 锥体及角度公差在图纸上的标注	236
第十章 角度与锥体的測量	237
10-1. 概述	237
10-2. 角度与锥体的相对測量及其工具	237
10-3. 角度与锥体的绝对測量及其工具	243
10-4. 角度与锥体的間接測量	252
第十一章 螺紋的公差配合及檢驗	257
11-1. 螺紋的分类、使用要求及主要几何参数	257
11-2. 螺紋互换性的特点	259
11-3. 普通紧固螺紋的公差与配合	265
11-4. 圆柱管螺紋与圆锥管螺紋的公差	270
11-5. 梯形螺紋的公差	272
11-6. 圆柱螺紋的測量	275
第十二章 齿輪及蜗輪傳动的互换性	291
12-1. 概述	291
12-2. 运动精度	292
12-3. 工作平稳性精度	300
12-4. 齿的接触精度	303
12-5. 齿側間隙	306
12-6. 圆柱齿輪傳动公差标准	309
12-7. 蜗杆傳动的公差	317
12-8. 圆锥齿輪傳动的公差	327
第十三章 齿輪与蜗輪傳动的測量	337
13-1. 概述	337
13-2. 影响齿輪运动精度各参数的測量方法与測量工具	339
13-3. 影响工作平稳性精度的各参数的測量方法与測量工具	351
13-4. 影响齿的接触精度的参数的測量方法与量仪	356

13-5. 保証齒輪傳動所需側隙的齒輪各参数的測量方法与量儀·····	358
13-6. 檢查蝸杆傳動的方法·····	363
13-7. 檢查圓錐齒輪的工具及其測量方法·····	364
第十四章 單鍵与花鍵的公差配合及檢驗 ·····	367
14-1. 概述·····	367
14-2. 單鍵連接的公差与配合·····	368
14-3. 單鍵連接的檢驗·····	371
14-4. 花鍵的公差与配合·····	372
14-5. 花鍵的檢驗·····	380
第十五章 尺寸鏈 ·····	391
15-1. 基本概念·····	391
15-2. 用极大极小法解尺寸鏈·····	395
15-3. 用概率法解尺寸鏈·····	403
15-4. 分組裝配法·····	407
15-5. 修配法·····	410
15-6. 調整法·····	411
15-7. 平面及空間尺寸鏈的解法·····	417
15-8. 角度尺寸鏈·····	419
第十六章 孔的位置尺寸公差及其檢驗 ·····	421
16-1. 概述·····	421
16-2. 按直綫排列的孔間距离公差·····	422
16-3. 沿圓周排列的孔間距离位置尺寸公差·····	425
16-4. 孔間距离位置公差的标注·····	428
16-5. 孔間距离公差的坐标換算·····	431
16-6. 孔間距离位置尺寸的測量及孔距驗規·····	434
附录一 ·····	441
附录二 ·····	447
参考书 ·····	456

第一章 机器制造中互换性概論

1-1. “互换性”的实质及其在机器制造中贯彻‘多快好省’的意义

什么是“互换性”?

我们在日常生活中,就可以找到对这个问题的回答,例如:任何一个灯泡和任何一个灯头,不管它们分别由哪一个工厂制成,只要规格相同(同为插销式或螺旋式)都可装在一起;自行车和手表的零件坏了,也可以迅速换上一个新的。其所以能这样方便,这就是因为灯泡、灯头、自行车和手表的零件等都具有互换性。

现代机器中,大部分零件都可以互换。

机器制造中,零件的互换性就是指对规格大小相同的一批零件: 1) 在把它们装配到部件和机器中去时,不需要进行任何附加的选择、修配或调整; 2) 并且在装配好以后,在工作过程中,完全符合规定的技术要求及应用指标^①。

怎样才能使零件具有互换性?

假若制成的一批零件,它们的实际参数(尺寸、形状等几何参数及硬度、弹性等物理参数)都和理论参数绝对一致,即这些零件完全相同,那么,在装配时,从它们中间任取一件,效果都是一样的。也就是说,这些零件具有互换性。

但是,在生产中,要获得这样绝对准确和完全一致的零件是不可能的,因为影响零件实际参数的因素很多,而且这些因素多半还是变动的(例如机床的误差,刀具的误差,机床、刀具和工件在加工过程中的变形,刀具及机床的磨损,温度的影响等)。所以,即使在同一车床上,由同一工人、用同一把车刀,加工同样毛坯,车削出来的零件在尺寸、形状等方面还是不可能完全相同。现代的机器制造业可以做出高度准确的零件,但仍然有误差。

另外,从机器的使用和互换性生产要求看,也没有必要要求制成的零件绝对准确和完全一致。事实上,市面上卖的灯泡和灯头、自行车和手表的零件等,若仔细检查起来,就会发现它们的尺寸、形状等并不完全相同,但误差很小,彼此充分近似,故可互换。

由此可见,要使机器零件具有互换性,就应按一定的准确度来制造零件,也就是要把零件实际参数的误差限制在指定范围内,这样,就有了所谓“公差”。

“公差”就是合格零件实际参数允许的最大变动量。

互换性不仅决定于尺寸、形状等几何参数,也决定于其他一系列物理参数。而我们将要阐述的仅仅是几何参数的互换性。

^① 1957年3月在苏联举行的“列宁格勒第三届互换性、精度及检验方法”会议上,对名词“互换性”曾给予以下定义:

“机器制造中的互换性,是指借助于按照规定的几何、物理及其他质量参数的公差,来制造机器的各个组成部分,使机器能最好地满足使用和生产上的要求;由于互换性,机器的组成部分,可以单独制造,并且在更换时不需辅助加工及修配”。

几何参数的互换性用几何参数的公差来保证:有尺寸公差、几何形状公差和表面相互位置公差。公差的大小应根据具体情况决定。一般讲来,现代机器零件的公差都很小,都是以忽米和微米来计量。因此,用一般方法就感觉不出互换性零件之间有什么差别。

互换性在机器制造中究竟有什么作用?

我们从机器的使用、制造和设计等方面来讨论这个问题。

首先,从机器的使用看:若零件具有互换性,则零件在磨损或损坏后,可立即更换另一新的备件(例如汽车的活塞、活塞环、活塞销等就是这样的备件),使机器修理的时间和费用显著减少,保证了机器工作的连续性和持久性,这样就使得机器的使用价值大大提高。而在某些情况下,互换性所起的作用还很难用价值来计算,例如:在战场上,要求立即更换武器中用坏了的零件,使武器重新投入战斗;在发电厂,要求最迅速地排除机器故障,继续发电等,在这种情况下,互换性根本就是不可缺少的条件。

从机器的使用观点出发,由于要求更换损坏零件而引起的互换性,现在已广泛地应用到新机器的装配及零件的制造上了。

从机器的制造上看,可以说:互换性是提高生产水平和文明程度的强有力的手段。

在装配时,由于零件具有互换性,不需任何附加的挑选和修配。这样,就大大地减轻了装配工的劳动量,缩短了装配周期,并且可以使装配工作按流水作业的方式进行。例如长春第一汽车厂就是按这样的方式组织装配:将汽车底盘放在运输带上,运输带按一定的节奏移动,在每一工作位置上,工人给汽车装上一部分零件和部件。这样,在运输带的尽头,每隔几分钟就可开出一辆装成的汽车。假若没有互换性,要按这样的方式进行装配,保证这样高的生产率是不可能的。

装配的高生产率,当然必须要求零件制造的高生产率与之适应。

在制造时,由于对零件规定有公差,故同一部机器的所有零件可以同时分别由专门的工人、用专门的机床和工具来加工,用得极多的螺钉、螺母和滚动轴承等标准件还可集中由专门的车间或工厂来单独生产。由于产品单一、数量多、分工细,可采用高生产率的专用设备。这样,产量和质量必然会得到提高,成本也会大大降低。

现在,互换性的应用已经超出了机械加工的范围,对半成品、毛坯和原料等也要求互换性。

由于毛坯有互换性,故不经过特殊修配手续,即可把坯料迅速地装在机床夹具上,而且可以在一个机床上加工完毕后,沿传送装置自动送入另一调整好了的机床,继续进行加工,直到加工完毕送去装配,甚至还可自动装配包装出厂。在苏联等国就有很多这样的自动生产线和自动工厂。在我国全民大搞技术革新和技术革命的运动中,也出现了很多自动生产线与自动化车间。显然,工艺过程以至整个生产过程的自动化,都必须遵守互换性的原则。

总之,在制造方面,由于规定公差,保证互换性,就给生产专业化、协作化和自动化提供了可能性,并促进了它们的发展。

特别是在当前波澜壮阔的技术革新和技术革命的高潮中,在工农业持续大跃进的形势下,机械工业面临着一个要求产量大、品种多、质量好、成本低的局面。在党的领导下,通过群众运动的方式,大搞“三化”(系列化、标准化、规格化)已经成为生产实践中的客观需要,也就是说,使多种

多样的产品、零件、原材料分門別类地編成系列,再按其不同类型尺寸等适当地統一标准,以及規定出統一的制造方法和质量标准。这样就大大地簡化了設計和制造工作,又能根据需要按系列发展多种多样的品种,使組織产品和零件的生产专业化和协作有了条件。

标准化工作是由国家統一制訂的。标准化的零件和部件称为标准件。标准件都是按一定的規格制造,因而都具有互换性。

“三化”工作是贯彻党的社会主义总路綫的措施之一,是解放生产力,挖掘企业潜力的有效手段。互换性是标准化工作的一部分,而标准化工作,又扩大了互换的范围。

在机器設計时,由于尽量采用了按互换性原則設計和生产的标准零件和部件,因而可以大大簡化繪图、計算等工作,縮短設計周期。这对保証产品品种的多样化和产品結構性能的不断改进都起着极大的作用。

综上所述,在机器制造中,遵循互换性的原則,不仅能使我們又多又快地进行生产,而且能保証产品又好又省,所以互换性是机器制造中贯彻“多快好省地建設社会主义”的总路綫的重要方法之一。

但是,应该指出,并不是在任何情况下,互换性都是最有效的生产方式。由于情况不同,互换性的形式也有不同,有时,可以采用完全互换(絕对的互换),有时則应采用不完全互换(有限的互换)。

完全互换性就是前面已經講过的互换性。

当装配精度要求很高时,采用完全互换将使零件公差很小,加工困难,成本很高,甚至根本无法加工。这时,若将零件的制造公差适当地放大,使便于加工,而在零件完工后,再借測量儀器的帮助,按尺寸大小將它們分为若干組,使每組零件間的差別大大减小,装配时按相应組进行。这样做,既可保証装配精度和使用要求,又可解决加工困难,降低成本。这时,仅組內零件可以互换,組与組之間不可互换,故叫不完全互换(有限互换)。

完全互换以装配时无附加的选择、修配或調整为条件。

不完全互换則是在装配时有附加选择或調整,但无輔助的机械加工和鉗工修配。

若装配时,需要对零件进行修配,則零件已无互换性可言,叫做不互换或修配。

不仅零件要求互换性,部件或机构也要求互换性。例如滚动軸承就是具有互换性的部件。对这样的标准部件或机构来講,其互换性可分为两种:外互换与內互换。

外互换:把部件或机构作为一个整体看,它們和相配件間的互换性,叫外互换。例如:滚动軸承內环內徑 d 和軸的配合,外环外徑 D 和机座孔的配合。

內互换:是指部件或机构內部組成零件間的互换性。例如:滚动軸承內环外徑 D_2 、外环內徑 D_1 与滾珠(滾柱)直徑 d' 配合的互换性。

为了使用方便,滚动軸承的外互换是采用完全互换;至于其內互换,則因精度高,加工难,采用分組装配,为不完全互换。

不完全互换只限于厂內装配时采用,至于厂外协作,即使产量不大,甚至是单件生产,往往也要求完全互换。

究竟采用哪种方式生产:完全互换、不完全互换或者是修配,这要由产品精度要求、产品复杂

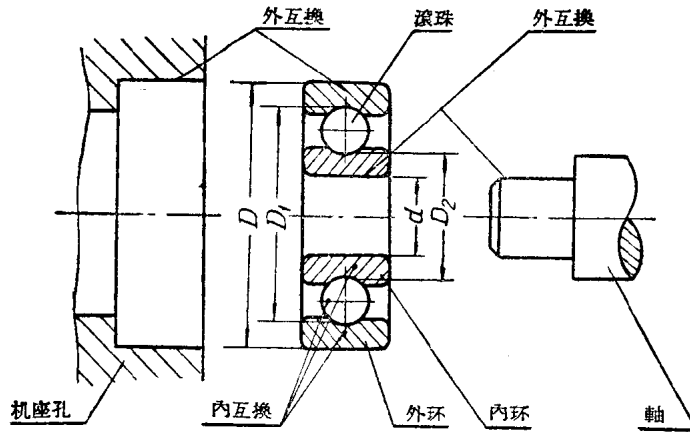


图 1-1.

程度、产量大小(生产规模)、生产设备、技术水平及其他一系列因素决定。

一般来讲,大量生产和成批生产都采用完全互换(这时设备条件多半要好些,有专用机床和工具),而在精度要求很高时,则采用不完全互换;对单件和小批生产,特别是对重型机器制造,则多半采用不完全互换或修配法(这时,多采用通用设备)。

应该指出:要获得精度最高的产品,往往并不是采用完全互换,也不是采用不完全互换,而是采用修配法,例如很多夹具和精密仪器通常都是用修配法制成的。

在确定对产品互换性程度的要求时,设备条件也是一个重要因素。例如:很多车辆厂加工车辆轮、轴,都是用精度很低的老式机床,故只好先把孔(或轴)做好,然后,根据孔(或轴)的实际尺寸加工轴(或孔),这叫做“对号入座”,完全没有互换性。但是由于充分地利用了旧设备,这样做也是符合“多、快、好、省”的。

总的说来,互换性是建立高速度生产的重要条件,但在我国全民大办工厂的形势下,机械工业必须大、中、小型相结合,土洋并举,用“两条腿走路”,因此不应片面地追求互换性。只有在党的领导下,贯彻为生产服务的方针,结合我国工业生产的实际,符合“多、快、好、省”精神,它才能促进工业生产的不断持续跃进,加速国民经济的飞跃发展。

1-2. 互换性在机器制造中的发展简史及解放后我国在互换性与技术测量方面的成就

机器制造业发展初期是没有什么互换性的,互配零件都是成对进行制造,此时,在工作图上只注一个没有公差尺寸,例如 $\phi 30$ 毫米(图 1-2)。若要得到松动配合,则工人在制造时,先尽量使孔和轴接近这个尺寸,然后进行试装,若太紧,就进行修配,直到符合要求为止。显然,在这种情况下,完全没有互换性,生产率很低。

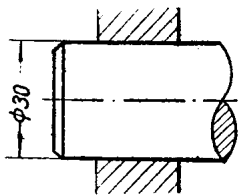


图 1-2.

后来,在实践中,机械装配工发现具有某一间隙的活动配合工作情况很好,为了继续得到这种间隙的配合,就把这个轴和孔当做标准,按照它们的尺寸分别制造精确的卡规(或环规)及塞规(图 1-3)。

这样的塞规和卡规叫做标准验规(量规)。

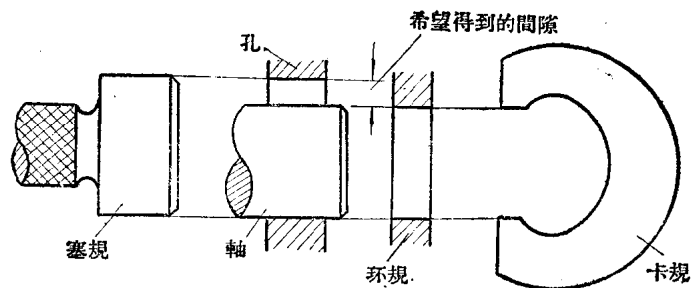


图 1-3.

有了标准驗規以后，互配零件即可分开单独制造，生产率大大提高，只要加工所得每一个孔均恰为塞規通过；每一个軸也都剛好为卡規通过，則这样的孔和軸装配在一起，必然可以得到所要求的間隙，从而可靠地保证了质量，而主要的是从此零件有了互换性。

所以，标准驗規的出現，就揭开了互换性发展史的第一頁。

世界上第一次利用标准驗規进行互换性生产的是 1760 年至 1770 年的俄国土里斯基 (Тульский) 兵工厂。

但标准驗規有一很大缺点，即对零件精度要求过高(驗規要紧密通过零件)，故其应用受到限制。

以后經驗証明，这样高精度的要求是不必要的。事实上，很多配合零件，不仅在最小間隙时工作得很好；在間隙較大时，工作情况也很好。既然允許間隙在一定範圍內变动，也就允許孔与軸实际尺寸在一定範圍內变动(图 1-4)，于是就按照孔、軸允許的最大和最小尺寸分别做成了两套驗規，叫**极限驗規**。其中，按最小孔徑和最大軸徑制成的驗規(塞規及卡規)叫“**过端**”，因为所有合格件均必須能让它通过；而按最大孔徑和最小軸徑制成的驗規叫“**止端**”，因为所有合格件均不应让它通过。工件只要能“过端”通过而“止端”通不过，就认为是合格件，装配时即可保证质量，达到互换性。

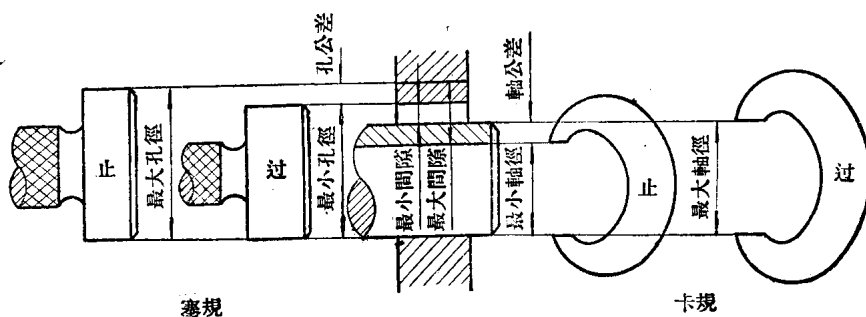


图 1-4.

极限驗規的出現，使零件不必按一个确定尺寸来加工，而是按由两个极限尺寸构成的范围，即按公差来制造。这样，对零件的精度就有了一个合理的要求，不象过去那样苛刻。故在十九世紀末叶，当极限驗規出現后，互换性生产便得到蓬勃发展，由軍火工业扩大到了—般机器制造

业。

关于公差与配合制度,則在十九世紀末和二十世紀初才出現。为了在全国範圍內实现互性換生产,必須建立全国統一的公差与配合标准,世界上第一个建立这样标准的是社会主义的苏联(1924~1925年)。这里还要指出,在資本主义生产方式下,是无法解决这个問題的,例如:直到現在,工业发达的美国,其公差与配合制度各企业仍不統一,一般工厂都有四套制度:标准局三套,工厂自己一套。其目的是为了促使购买各該企业产品的顧主,仍得向該企业繼續购买配換零件,以便从中榨取高額利潤。

下面談談中国的情况。

在我国,据傳 1910 年巩县兵工厂已开始使用驗規,而規模較大的互换性生产則开始于 1931 年的沈阳兵工厂和 1937 年的金陵兵工厂。

至于公差与配合制度,在旧中国也是非常混乱的,沒有全国統一标准。德国标准(DIN)、日本标准(JIS)、美国标准(ASA)以及国际标准(ISA)等在当时均有采用。这也反映了旧中国殖民地、半殖民地的社会本質和机器制造工业的极端薄弱。

1944 年,伪經济部中央标准局也曾頒布过所謂中国标准(CIS),这个标准完全借用 ISA,但当时根本行不通。

中华人民共和国成立后,才为我国机械工业的蓬勃发展,为互换性生产的发展开辟了广闊的前途。

由于苏联标准的完善和中苏經济合作的日益密切,1955 年第一机械工业部根据苏联标准(OCT)制訂了我国部頒公差与配合标准,这对促进我国公差与配合制度的統一和互换性生产的发展起了很大作用。在此基础上,并根据 1957 年 11 月社会主义陣营各国标准化組織莫斯科會議通过的关于社会主义国家統一公差与配合标准的決議,在 1959 年国家技术委员会頒布了公差与配合国家标准(GB)^①。

互换性的发展是与技术测量和精密测量仪器生产的发展分不开的。

在旧中国,不仅不能制造精密测量仪器,甚至这些仪器的使用也是很少的。

現在,不仅在我国大多数地区和工厂都已建立严格的計量檢定系統,保証了在全国範圍內的互换性,而且还拥有象哈尔滨量具刀具厂、成都量具刀具厂、上海光学仪器厂、云南光学仪器厂等具有世界先进水平的制造量具和测量仪器的企业。

1958 年大跃进以来,在党的“破除迷信、解放思想”的号召下,全国更有不少工厂制造出了大批精密量具量仪。例如:光波干涉仪,万能工具显微鏡,测长仪,光学比較仪,双管显微鏡,万能测齿仪等。这些高精度、复杂测量仪器的制成及成批生产不仅标志着仪器制造业的偉大成就,另一方面也标志着互换性与技术测量飞跃的发展。

在互换性与技术测量方面的科学研究工作,現也在逐漸加强。在 1955 年成立的國家計量局,第一机械工业部工具科学研究院(現已調整,另設立工具科学研究所)和 1957 年 3 月成立的“中国互换性与技术测量科学技术协会”以及很多工厂、学校在这方面都进行了一系列的工作。

^① GB 为 GUOJIA BIAOZHUN (国家标准)的縮写。

1-3. 有关公差与配合的基本概念、名词和定义

为了清楚、正确地理解公差与配合制度的内容,首先必须了解有关概念、名词和定义。在生产中这些名词的统一非常重要,所以大部分名词都在国家标准中作了规定^①。

我们先从两个零件的配合讲起。

两个相互配合在一起的零件,都叫配合件,其配合处的尺寸叫配合尺寸,配合处的表面叫配合表面。按照配合表面的相互位置,又可分为包容面和被包容面。

如图 1-5 所示,齿轮孔表面为包容面,轴的表面为被包容面。若轴上装上键,则键槽表面为包容面,键的表面为被包容面。在公差配合中,可将包容面统称为孔,将被包容面统称为轴。

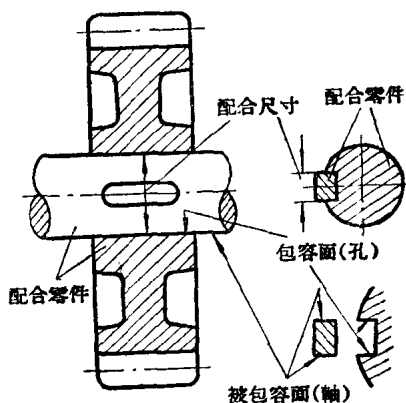


图 1-5.

不论零件是孔或轴,在制造时都不能准确地做成指定尺寸,故规定一个最大极限尺寸(A_{max})和一个最小极限尺寸(A_{min});零件可以做成这两个尺寸间的任何尺寸,这个指定的尺寸称为公称尺寸(A) (图 1-6)。

设计者在决定公称尺寸时,可以用计算方法,也可根据经验决定,但必须按规定,选用相近的标准公称尺寸。公称尺寸的标准化具有很大的经济意义,因为这样可以减少制造零件所必需的专用刀具和量具,例如:钻头、铰刀、塞规、卡规等。

根据极限尺寸,最大极限尺寸及最小极限尺寸,即可判断零件实际尺寸是否合格。

对制成零件量得的尺寸称为实际尺寸。

在图纸上,极限尺寸用极限偏差来表示比较方便。极限偏差分上偏差和下偏差(图 1-7)。

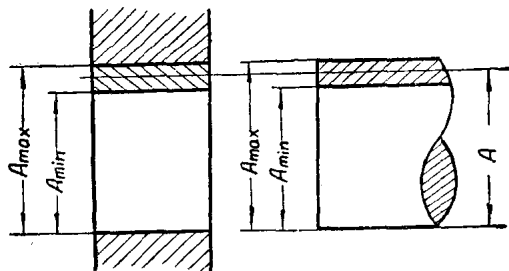


图 1-6.

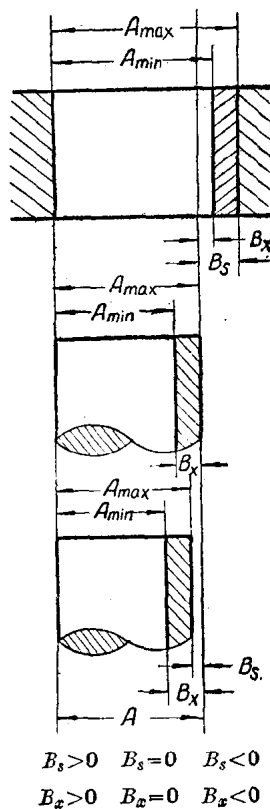


图 1-7.

① 见国标 (GB) 159-59~174-59。

最大极限尺寸和公称尺寸的差称为上偏差 (B_s), 以等式表示可写为:

$$B_s = A_{\max} - A_0 \quad (1-1)$$

最小极限尺寸和公称尺寸的差称为下偏差 (B_x), 亦可写成

$$B_x = A_{\min} - A_0 \quad (1-2)$$

极限尺寸可以大于、小于或等于公称尺寸, 因此极限偏差可以是正值、负值或零。

最大极限尺寸和最小极限尺寸的差称为公差 (B), 以等式表示, 可写为

$$B = A_{\max} - A_{\min} \quad (1-3)$$

因为最大极限尺寸总是大于最小极限尺寸, 故公差恒为正值。

由(1-1)~(1-2)

$$B_s - B_x = (A_{\max} - A) - (A_{\min} - A) = A_{\max} - A_{\min}$$

由此可见, 公差也等于上偏差减下偏差

$$B = B_s - B_x \quad (1-4)$$

例 1-1. 已知零件的公称尺寸 $A=50$ 毫米, 上偏差 $B_s=+0.008$ 毫米, 下偏差 $B_x=-0.008$ 毫米, 求最大极限尺寸 $A_{\max}$, 最小极限尺寸 $A_{\min}$ 及公差 B , 又若有一零件, 其实际尺寸为 49.995 毫米, 问是否合格?

解 求极限尺寸:

由(1-1)式

$$A_{\max} = A + B_s = 50 + 0.008 = 50.008 \text{ 毫米};$$

由(1-2)式

$$A_{\min} = A + B_x = 50 + (-0.008) = 49.992 \text{ 毫米};$$

显然

$$50.008 \geq 49.995 \geq 49.992,$$

故该零件实际尺寸合格。

求公差:

由(1-3)式

$$B = A_{\max} - A_{\min} = 50.008 - 49.992 = 0.016 \text{ 毫米},$$

或由(1-4)式

$$B = B_s - B_x = +0.008 - (-0.008) = 0.016 \text{ 毫米}。$$

在公差表内和图纸上, 一般只给出极限偏差, 因为由极限偏差就可求得公差大小, 也可决定零件的极限尺寸(公称尺寸已知)。

一定公称尺寸的轴装入相同公称尺寸的孔称为配合。因为轴和孔的尺寸不同, 装入后可以表现出不同的配合性质。孔的实际尺寸大于轴的实际尺寸时, 两者的差称为间隙。这样的配合称为动配合(图 1-8)。

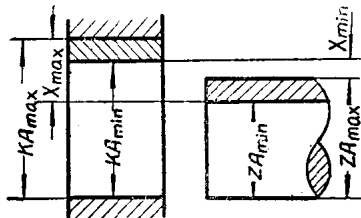


图 1-8. 动配合。

在动配合中, 间隙的作用在于: 贮藏润滑油、补偿温度引起的尺寸变化、弹性变形及制造与安装误差等。

间隙的大小决定动配合的配合性质, 即决定配合件相对运动的活动程度。

由于孔和轴的实际尺寸是变动的, 装配后所得实际间隙有大有小, 所以要规定最大间隙和最小间隙。孔的最大极限尺寸 ($KA_{\max}$) 和轴的最小极限尺寸 ($ZA_{\min}$) 的差称为最大间隙 ($X_{\max}$), 以式子表示, 即

$$X_{\max} = KA_{\max} - ZA_{\min} \quad (1-5)$$

孔的最小极限尺寸 ($KA_{\min}$) 和轴的最大极限尺寸 ($ZA_{\max}$) 的差称为最小间隙 ($X_{\min}$), 以式

子表示, 即

$$X_{\min} = KA_{\min} - ZA_{\max} \quad (1-6)$$

最大间隙与最小间隙的差称为间隙公差(BX), 以式子表示, 即

$$BX = X_{\max} - X_{\min} \quad (1-7)$$

由(1-5)式与(1-6)式, 可得

$$(X_{\max} - X_{\min}) = (KA_{\max} - KA_{\min}) + (ZA_{\max} - ZA_{\min})$$

或写为:

$$BX = BK + BZ \quad (1-8)$$

这个等式有很重要的意义。对一定的公称尺寸讲, 间隙公差 BX 表示配合精度, 即设计要求, 孔公差 BK 和轴公差 BZ 分别表示孔和轴的加工精度, 即工艺要求。通过公式(1-8)就把设计要求和工艺要求联系起来。若设计要求越高, 即 BX 越小, 则 $(BK + BZ)$ 也要越小, 即孔与轴加工精度要求越高, 加工越困难。正确解决这个等式也就是正确解决设计和制造的矛盾。

例 1-2. 已知 $A=50$ 毫米, $KA_{\max}=50.027$ 毫米, $KA_{\min}=50$ 毫米,

$ZA_{\max}=49.975$ 毫米, $ZA_{\min}=49.950$ 毫米。

求:

$X_{\max}$, $X_{\min}$, BK , BZ 及 BX 。

解 由(1-5), (1-6)得

$$X_{\max} = KA_{\max} - ZA_{\min} = 50.027 - 49.950 = 0.077 \text{ 毫米},$$

$$X_{\min} = KA_{\min} - ZA_{\max} = 50 - 49.975 = 0.025 \text{ 毫米};$$

由(1-3)

$$BK = KA_{\max} - KA_{\min} = 50.027 - 50 = 0.027 \text{ 毫米},$$

$$BZ = ZA_{\max} - ZA_{\min} = 49.975 - 49.950 = 0.025 \text{ 毫米};$$

由(1-7)

$$BX = X_{\max} - X_{\min} = 0.077 - 0.025 = 0.052 \text{ 毫米}。$$

而

$$BK + BZ = 0.027 + 0.025 = 0.052 \text{ 毫米}。$$

计算结果符合(1-8)式, 证明计算无误。

在实际生产中, 最可能得到的间隙不是最大间隙, 也不是最小间隙, 而往往是平均间隙($X_{\text{平均}}$)。因此设计者在设计动配合时, 应该考虑平均间隙的大小

$$X_{\text{平均}} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} = X_{\min} + \frac{BK + BZ}{2} = X_{\max} - \frac{BK + BZ}{2} \quad (1-9)$$

轴的实际尺寸大于孔的实际尺寸时, 两者的差称为过盈。这样的配合称为静配合(图 1-9)。

静配合用于零件的永久性坚固连接, 不允许配合零件之间有相对运动, 静配合的配合性质由过盈大小决定。过盈大, 则配合的紧固程度大, 可承受较大扭转力矩或轴向推力。因为在静配合中, 轴的尺寸做得比孔的尺寸大, 故装配时要加压力才能使轴进入孔中; 也可用使孔的温度升高或轴的温度降低, 即用热胀或冷缩的方法使轴进入孔中。

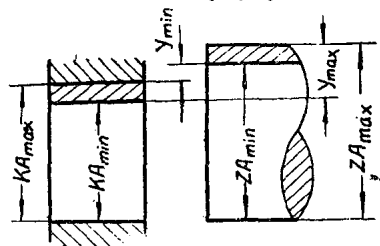


图 1-9. 静配合。

同样, 由于孔和轴的实际尺寸的变动, 装配后, 所得过盈也有大有小。

轴的最大极限尺寸和孔的最小极限尺寸的差称为最大过盈($Y_{\max}$), 以式子表示, 即

$$Y_{\max} = ZA_{\max} - KA_{\min} \quad (1-10)$$

轴的最小极限尺寸和孔的最大极限尺寸的差称为最小过盈 ($X_{\min}$), 以式子表示, 即

$$Y_{\min} = ZA_{\min} - KA_{\max} \quad (1-11)$$

最大过盈与最小过盈的差称为过盈公差 (BY), 以式子表示, 即

$$BY = Y_{\max} - Y_{\min} \quad (1-12)$$

同理可将

$$BY = BZ + BK \quad (1-13)$$

间隙公差和过盈公差统称为配合公差, 它表示配合的精度。

例 1-3. 已知 $A = 50$ 毫米, $KA_{\max} = 50.027$ 毫米, $KA_{\min} = 50$ 毫米,
 $ZA_{\max} = 50.052$ 毫米, $ZA_{\min} = 50.035$ 毫米。

求:

解 由(1-10)式

由(1-11)式

由(1-12)式

由(1-3)式

$$Y_{\max}, Y_{\min}, BK, BZ \text{ 及 } BY。$$

$$Y_{\max} = 50.052 - 50 = 0.052 \text{ 毫米};$$

$$Y_{\min} = 50.035 - 50.027 = 0.008 \text{ 毫米};$$

$$BY = 0.052 - 0.008 = 0.044 \text{ 毫米};$$

$$BK = 50.027 - 50 = 0.027 \text{ 毫米};$$

$$BZ = 50.052 - 50.035 = 0.017 \text{ 毫米}。$$

显然

$$0.027 + 0.017 = 0.044。$$

在实际生产中, 可能出现最多的是平均过盈 ($Y_{\text{平均}}$), 同样可得

$$Y_{\text{平均}} = Y_{\min} - \frac{BK + BZ}{2} = Y_{\max} - \frac{BK + BZ}{2} \quad (1-14)$$

除前述动配合和静配合以外, 还有一种介于这两种配合之间的过渡配合。

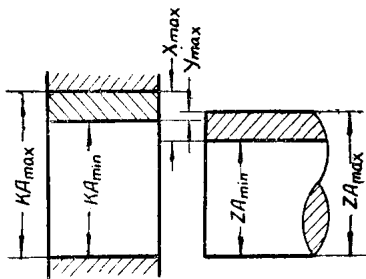


图 1-10. 过渡配合。

如果轴的最大极限尺寸大于孔的最小极限尺寸, 而轴的最小极限尺寸小于孔的最大极限尺寸, 则轴的实际尺寸可能大于也可能小于孔的实际尺寸。这样的配合称为过渡配合 (图 1-10), 即可能做成动配合, 也可能做成静配合。

标准中规定的过渡配合的过盈比静配合的过盈小, 过渡配合的间隙, 一般也比动配合间隙小。因此, 这种配合能保证配合零件有很好的同心度, 并且便于拆卸和装配。

例 1-4. 已知 $A = 50$ 毫米, $KA_{\max} = 50.027$ 毫米, $KA_{\min} = 50$ 毫米,
 $ZA_{\max} = 50.020$ 毫米, $ZA_{\min} = 50.003$ 毫米。

求:

解 由(1-5)式

由(1-10)式

$$X_{\max} \text{ 与 } Y_{\max}。$$

$$X_{\max} = KA_{\max} - ZA_{\min} = 50.027 - 50.003 = 0.024 \text{ 毫米};$$

$$Y_{\max} = ZA_{\max} - KA_{\min} = 50.020 - 50 = 0.020 \text{ 毫米}。$$

在前面, 我们绘了很多公差与配合的示意图。实际上, 公差数值与尺寸数值大小相比, 所差甚远, 不使用同一比例表示。为了清楚说明孔与轴的配合性质, 通常不绘出公称尺寸, 只绘出轴