

中等专业学校教学用书

公差、配合与技术测量

沈阳冶金机械专科学校
机械制造教研组

朱杭發 刘克明 編

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

公差、配合与技术测量

沈阳冶金机械专科学校机器制造教研组

朱杭發 刘克明 編

冶金工业出版社

內 容 提 要

本書第一部份叙述互换性的原理，公差与配合的基本概念，圆柱形连接的公差与配合制度以及其它典型连接的公差与配合。对于表面光洁度、几何形状精度和表面相互位置精度也做了必要的阐述。

第二部份叙述技术测量基础，各种常用的精密测量工具和仪器的构造原理及使用方法。

本書主要是为中等专业学校机器制造专业的学生编写的教材，也可供机器制造厂的工程技术人员作为参考。

公差、配合与技术测量

沈阳冶金机械专科学校机器制造教研组

朱杭發 刘克明 編

冶金工业出版社出版

(北京市灯市口甲 45 号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 093 号

冶金工业出版社印刷厂印刷 新华书店發行

1959年12月第一版

1959年12月北京第一次印刷

印数 7,520 册

开本 $850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32}$ · 300,000 字 · 印張 $13 \frac{14}{32}$ · 插頁 3

統一書号 15062 · 2018

定价 1.50 元

前 言

“互换性与技术测量”是在机器制造业发展到一定阶段上产生的一門科学，它的内容随着机器制造不断发展提出的新要求而不断补充并日趋完善。现在，这门年青的学科已经逐渐形成它自身独有的科学体系。

互换性与技术测量的实质和任务往往是由机器制造的发展水平和所面临的任务来决定的。在机器制造和仪器制造业发展到现阶段，互换性与技术测量的任务已经不仅仅是局限在几何参数上解决零件、部件的可配合性或可集合性的问题，而同时还要解决一系列与产品的使用指标有关的质量参数（如表面质量参数、电学参数以及其它物理参数）的互换性问题。然而在机器制造中，保证几何参数方面的互换性仍然是最基本的任务。本书仅仅阐述有关保证几何参数的互换性问题中的若干最基本的問題。

本书是根据中等专业学校机器制造专业的“公差、配合与技术测量”课程教学大纲编写的。为了便于学生复习和巩固，在每一章的后面都插入一些练习题，其中大部份是属于复习性的思考题，任课教师可以根据具体的教学情况加以补充和修改。为了使学生在做练习时方便起见，在本书最后附有一些常用的公差与配合的表格资料。

本书中所叙述的各种连接的公差与配合，主要是以我国和苏联的公差与配合标准作为依据，凡是我国尚未制订的公差与配合标准，一律都采用苏联的最新标准。在“齿轮传动的公差”一章中，除了介绍苏联最新的齿轮传动公差标准ГОСТ 1643—56外，对旧标准ГОСТ 1643—46也作了必要的阐述，这是考虑到我国目前大多数工厂仍然采用ГОСТ 1643—46的缘故。在“花键连接的公差与配合”一章中，主要以原苏联国家标准ГОСТ

1139—55 为依据,現在,这个标准已經被最新标准 ГOCT 1139—58 所代替,但是,目前还未收集到 ГOCT 1139—58 的表格資料,考虑到实用起見,本書仍然介紹原标准 ГOCT 1139—55 的資料。在本書的技术測量部份,把原来俗称的“千分尺”和“千分表”一律改称为“百分尺”和“百分表”,因为事实上过去所称的“千分尺”和“千分表”并不符合它們的讀数精度,从科学性和邏輯性来看,原来的俗称是不合理的,这是过去采用英制計量制度的残余影响。我国国务院已于 1959 年 6 月 25 日正式發布了关于統一我国計量制度的命令,确定公制为我国的基本計量制度,因此,使測量工具的名称更符合我国的計量制度是必要的。由于習慣势力很大,更改習慣的名称也不是很容易的,希望有关讀者給予支持。

由于編者水平所限,本書中有不恰当之处,希望讀者給予指正。

本書在付印前承孙魁武、魏光普、王世华等同志詳細审閱,提出了宝貴的意見,編者在此表示衷心的感謝。

編 者

1959 年 9 月

目 录

前言	5
第一篇 公差和配合	
第一章 緒 論	1
§1 互换性的概念	2
§2 互换性原则应用的技术经济意义	4
§3 实现互换性的必要条件及本课程的任务	5
§4 完全互换性和不完全互换性	9
第二章 公差与配合的基本概念	11
§1 有关公差的基本概念	11
§2 在图纸上标注尺寸公差的规则	15
§3 有关配合的基本定义和概念	16
§4 公差与配合的图解	20
第三章 加工精度	24
§1 尺寸精度	24
§2 几何形状精度	28
§3 表面相互位置精度	30
§4 表面光洁度	34
第四章 圆柱形连接的公差与配合	47
§1 公差与配合制度	47
§2 配合和精度级在图上的标注	59
§3 直径大于 500mm 到 10000mm 的公差与配合	64
§4 精度级与配合的应用	65
第五章 国际公差制度	79
§1 尺寸分段	79
§2 公差单位	80
§3 精度等级	80
§4 配合的构成和种类	81
§5 配合和公差等级在图纸上的标注	82
第六章 光滑量规的公差	87

§1 基本概念	87
§2 量規公差相對於被檢驗零件公差的位置	96
§3 量規尺寸計算	101
§4 量規的技術條件	106
§5 量規的修復與翻新方法	107
§6 檢驗直線尺寸的量規及其公差	108
§7 樣板及其公差	109
第七章 滚动軸承的公差與配合	114
§1 基本概念	114
§2 滚动軸承的精度和配合	116
§3 滚动軸承配合的選擇	120
第八章 鍵連接與花鍵連接的公差與配合	124
§1 鍵連接的基本概念	124
§2 鍵連接的公差與配合	125
§3 花鍵連接的基本概念	127
§4 花鍵連接的公差與配合	128
§5 花鍵連接的公差、配合在圖紙上的標注法	136
第九章 圓錐連接的公差與配合	138
§1 圓錐連接的基本概念	138
§2 對圓錐連接的基本要求	140
§3 圓錐連接的誤差	141
§4 圓錐連接的直徑公差和角度公差	145
§5 檢驗圓錐體用的量規	147
第十章 圓柱齒輪傳動的公差	152
§1 對齒輪傳動的要求	152
§2 圓柱齒輪公差標準	153
§3 關於運動誤差和周期誤差的概念	163
§4 齒輪公差新標準	166
第十一章 螺紋連接的公差與配合	185
§1 基本概念	185
§2 螺距誤差和牙形半角誤差與中徑的關係	190
§3 螺紋的製造精度	194

§4 公制緊固螺紋的公差範圍圖解	196
§5 檢驗螺紋用的量規	197
§6 螺紋量規的公差	202
第十二章 尺寸鏈的公差	206
§1 基本概念	206
§2 尺寸鏈中封閉環和組成環之間的關係	208
§3 尺寸鏈的解法	210
第二篇 技 術 測 量	
第十三章 技術測量基礎	217
§1 技術測量在機器製造中的作用	217
§2 長度計量單位	218
§3 保證計量單位統一的措施	220
§4 測量工具的分類	221
§5 測量方法的分類	222
§6 有關測量的術語及其定義	223
第十四章 端面量具	225
§1 塊規	225
§2 間隙規	235
第十五章 刻線量具	239
§1 簡單的刻線量具	239
§2 游標尺	241
§3 百分尺	247
第十六章 指示式儀器	255
§1 指示式儀器的用途和構造型式	255
§2 千分比較儀(米尼表)	256
§3 百分表(俗稱千分表)	257
§4 內徑百分表(俗稱內徑千分表)	262
§5 杠桿式卡規	264
§6 杠桿式百分尺	265
§7 光學比較儀	266
第十七章 檢驗角度和錐體用的量具和儀器	273
§1 角度塊規	278

§2 角尺	275
§3 量角器	276
§4 光学分度头	279
§5 正弦尺	282
§6 水平尺	284
第十八章 檢驗螺紋用的量具和儀器	287
§1 螺絲百分尺	287
§2 用三綫法測量螺紋的中徑	288
§3 螺距規	291
§4 工具顯微鏡	291
第十九章 檢驗齒輪用的量具和儀器	301
§1 齒厚游標尺	302
§2 切向測齒儀	305
§3 基節檢驗儀	306
§4 周節檢驗儀	308
§5 公法綫百分尺	310
§6 齒圈徑向跳動測定儀	312
§7 齒輪綜合檢驗儀	314
第二十章 檢驗表面光潔度用的儀器	318
§1 輪廓儀	319
§2 表面光潔度標準樣塊	320
§3 雙管顯微鏡	321
第二十一章 特种測量儀器	325
§1 投影儀	325
§2 電感應測微儀	327
§3 電接觸式量儀	329
§4 電容式量儀	330
§5 氣動式量儀	330
附录	332
参考文献	421

第一篇 公差和配合

第一章 緒 論

在發展国民經济中，机器制造工业的發展具有特殊重要的意义。机器制造业担负着以先进的技术装备来充实国民經济各部門的任务，它是对国民經济各部門进行技术改造的主导力量，是促进科学、技术进步的重要基础。

在机器制造中，产品质量問題从經济意义上来看是一个最重要的問題，它直接影响到国民經济各部門中新的机器装备的工作效率和使用寿命，因此，对于产品质量不仅仅要注意验收产品时成品在装配后的质量，而且还要注意产品在整个使用过程中的质量和它在長时期內保持精度的特性。

机器制造中的产品质量在很大程度上是由它的精度来确定的。所謂精度应当理解为所有影响成品（机器、仪器和其它設備）的使用性質的实际参数（如尺寸、形状、金屬表面層的物理机械性質等）与給定的参数相适应的程度。在解决产品质量問題时，应当同时考虑到提高劳动生产率和降低产品成本問題。在机器制造中，不断提高产品质量和劳动生产率，降低产品成本，是当前的一項極其重要的政治任务和经济任务，是具体貫徹党提出的“鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义的总路綫”的基本方向。关于提高产品质量和生产率以及降低产品成本問題是一項比較复杂的綜合性的問題，它和机器制造过程的各个阶段的工作（如設計、制造工艺、技术測量等）都有密切的关系，这些問題的全面解决有賴于从事机器制造的科学工

作者、設計師、工艺师以及其它工作人員不断革新和改进自己的工作。进一步掌握和提高关于精度、互换性和技术测量的科学水平具有重要的意义。

§1. 互换性的概念

任何机器或仪器都是由許多种类型的零件所組成的，在成批生产和大量生产的条件下，这些零件往往是在不同的車間甚至在不同的工厂中制造。由不同的車間或不同的工厂制造出来的零件能不能直接装配在一起而不需要任何补充加工或修配？装配好以后能不能滿足机器或仪器在使用上的要求？达到这些要求的方法和过程在經濟上是否合理？这一系列的問題是組織生产的最基本的原則問題。

如果組成机器或仪器的零件和部件可以不經选择和补充加工或修配就能装配到机器或仪器的一定位置上，并且滿足配合的要求，那么，我們認為这些零件和部件在尺寸上或几何上是具有互换性的。在尺寸上具有互换性的零件和部件是很多的，譬如，通常应用的螺絲扳子总是可以合适地套在尺寸相同的螺帽或螺栓头上；任何机器上的螺栓或螺帽总是可以用型式和尺寸相同的另外一些螺栓或螺帽来替换；机器上的滚动軸承损坏时，总可以用型式和尺寸相同的新滚动軸承直接換上而不需要任何补充加工或修配。

在不久以前，所謂互换性通常都被理解为仅仅是尺寸上或几何上的互换性而已，这种理解現在看来是不够全面的。現代有些机器需要在很高的温度、很高的工作速度和应力的情况下进行工作，同时对机器的精度和使用寿命的要求也大大提高了，仅仅在几何上保証互换性已經不能滿足要求了，因为机器和仪器的質量除了与几何精度有密切的关系以外，还取决于其它質量参数的精度。

在現代的机器制造中，保証表面質量方面的互换性具有重

大的意义。表面的粗糙度、金属表面的冷硬、残余应力以及其它物理机械性质（这些都是表面质量的基本参数）在很大程度上决定着机器的使用寿命以及机器在长时期使用过程中保持工作精度的特性。譬如，粗糙的零件表面总是比光滑的表面更容易磨损；机器零件的使用寿命与金属表面冷硬的程度也有关系，当机器零件在常温和变动载荷的情况下工作时，冷硬层愈大则其使用寿命愈长，例如，按适当的用量辗压出来的螺栓的疲劳强度比较经过磨削后的螺栓的强度大两倍以上；但是当零件在高温和变动载荷的情况下工作时，冷硬层愈小则其使用寿命愈长。

因此，为了提高机器的质量，除了应当保证几何上的互换性以外，同时还必须保证表面质量的互换性。

在仪器制造中，保证弹性、磁性、电学参数以及其它物理参数方面的互换性具有重要的意义。因为弹簧的特征不仅仅与它的尺寸有关，而且还取决于它的弹性的性质和弹性阻滞等方面的特性，这些参数不仅仅与弹簧的几何尺寸有关，而且还与弹簧所用材料的机械性质有关。

还在不久以前，机器内部的动力和运动的传递主要是靠机械传动来达到，而现在已经广泛地应用了其它方式的传动，如电力的、电子的、光学的、液压的、气压的传动以及这些传动方式的综合。譬如近代的程序控制机床内部就同时存在着机械的、液压的、电子的联系，依靠这些联系来传递脉冲、运动和动力以达到控制加工工艺过程的目的。在现代的仪器结构中，运用光学的、电子的和电磁的联系就更多了。现代的电子仪器是由很多电路系统和电器原件所组成的，虽然这些仪器在生产中已经广泛地开展了协作生产，但是在解决这些电器原件的互换性问题方面，目前做得还是不够的，一些复杂的电子机在装配以后还需要做一番调整工作，譬如，无线电探测装置的调整工作往往占了制造过程总劳动量的20—25%，如果所有电器原

4

件都具有互换性的話，这样复杂的調整工作就可以不必要了。

綜合上述情况，为了适应现在机器制造和仪器制造的發展，应当使互换性的概念进一步扩展，使它具有更加广泛的含义，从而为今后进一步开展互换性方面的工作指出方向。互换性的定义可以概述如下。

所謂互换性应当理解为机器的設計、制造和使用的原則，这个原則要求任意独立地制造出来的同名零件或部件，在滿足几何上、物理上以及其它質量参数的精度要求的前提下，保証有完全互相替换的可能性而不需要經過补充加工或修配，并且使部件或机器在工作过程中的使用指标符合經濟合理的要求。

§2. 互换性原則应用的技术經濟意义

在現代的机器制造中，互换性已經成为提高生产水平和促进技术进步的—种强有力的手段。

由于互换性原則在机器制造中的应用，大大地簡化了零件、部件的制造和装配过程，使得产品的生产周期显著縮短，这样，不但提高了劳动生产率，降低了制造成本，而且也保証了产品質量的稳定性。

現代的大批和大量的流水生产就是建立在互换性原則的基础上的。生产过程全盘机械化和自动化是促进技术进步、提高劳动生产率和改善劳动条件的最重要的方向。显然，要建立生产的自动作业綫、自动車間以至自动工厂，如果生产过程不是建立在互换性原則的基础上的話，那是不可想像的。

随着我国工业生产的發展以及工业水平的不断提高，我們除了要充分發揮原有綜合性的工厂的作用以外，还要在机器制造中按照产品种类建立一些专业分工的工厂，使企业走向专业化的道路，因为工业生产的专业化可以扩大同一类型产品的生产規模，从而可以組織比較先进的大量流水生产，可以使用生产率較高的專用設備，这样既可以大大提高劳动生产率，降低

产品成本，并且便于促进技术的改进与发展。但是专业化生产只有当零件、部件和产品都能够满足机器和仪器的使用要求，换句话说，只有当它们能够彼此互换的条件下才是有利的，因此互换性是实现工业生产专业化的首要条件之一。在我国，滚动轴承的生产已经专业化了，各个企业部门所需的滚动轴承都不必在本企业里制造，而是由专门的滚动轴承工厂供应，按照所需要的型式和尺寸买来的滚动轴承都可以直接安装到机床、汽车、拖拉机或其它机器上，而不需要再经过任何补充加工或修配，并且能满足装配质量的要求。

随着工业生产逐步向专业化方向发展，各企业部门之间的相互协作将更加密切，互换性也是保证企业间组织协作生产的重要基础。如果没有互换性，那么，协作就没有多大意义了。

互换性对于机器的维护和修理也有重大的意义。在使用过程中磨损和损坏了的零件或部件，可以简单而迅速地用具有互换性的备用零件或部件来更换，使得机器的小修过程可以不必在修理厂内进行，这对于农业机械和汽车、拖拉机的修理和维护来说是很重要的。在大的联合企业中，机器设备的及时而迅速地修理具有十分重要的意义，因为即使机器停工很短时间都会影响到一系列生产过程的节奏，影响国家计划的完成，使国家财富受到严重的损失。所以互换性对于为大企业服务的修配工厂来说也是必要的。

§3. 实现互换性的必要条件及本课程的任务

为了保证互换性，必须建立设计、制造工艺和使用之间的联系。正确地确定出制造精度（包括几何上的、物理上的以及其它质量参数的精度）与使用指标之间的关系具有特别重要的意义。因为，过高地提高制造精度要求通常都会使制造的劳动量增加，使产品成本提高，而且往往是不必要的；但是当制造精度要求过低时，往往又不能满足使用指标的要求。因此必须

对整个机器和仪器的使用指标科学地拟定出有根据的公差和偏差，然后根据这些公差和偏差规定出零件在尺寸上和其它质量参数方面的公差和偏差。只有这样才能使按规定的公差制造出来的零件，在装配到机器或仪器上以后，既能保证满足机器或仪器的使用要求，而同时又使零件的制造劳动量减少到最低限度，因而使机器或仪器的整个制造过程在经济上是合理的。要全面地解决这样的问题是一项非常复杂的任务，需要涉及到许多科学技术领域内的问题。

“公差、配合与技术测量”这门课程仅仅是研究在几何上保证互换性的若干最基本的问题。虽然互换性的含义是比较广泛的，但是，在机器制造中，保证几何上的互换性仍然是最基本的任务，因此，对于从事机器制造的设计师、工艺师、工艺技术人员以及其它工作人员来说，进一步掌握这门课程的知識也是非常必要的。

大家都知道，任何机器都是由许多各式各样的零件所组成的。机器上每一个零件在机器的工作过程中都有它一定的作用，不同的零件为了完成它所担负的任务往往在机器中需要占有不同的相对位置，有些零件在机器工作过程中需要沿着另一个零件作相对移动或转动（例如，在轴承上运转的轴就是这样的零件），而另外一些零件则需要和其它零件保持牢固的连接，使彼此之间不允许有相对运动（例如，机车轮和轴、联轴器和轴等），为了满足机器工作时对每个零件的不同要求，应当使不同的零件在连接时有不同的松紧程度，零件与零件之间连接的松紧程度的性质通常叫做配合。

机器中各零件之间的配合（即连接性质）对于保证机器的正常工作具有重要的意义。当其它条件相同时，机器的工作质量在很大程度上取决于各零件间的配合是否适当。例如，轴和轴承是任何机器上都有的重要组成部分，为了减少它们之间的摩擦与磨损，必须使它们的连接表面之间保证有一定的间隙，

以便儲放潤滑油，如果間隙太小，將會使軸承發熱以至燒壞；如果間隙太大，在機器工作過程中，將使軸產生過大的徑向偏擺以至產生撞擊現象，對於機床主軸來說，過大的徑向偏擺是絕對不能允許的。又譬如銑刀與心軸的配合，為了使銑刀便於裝卸，應當使它們之間有一定的間隙，但是如果間隙太大，銑刀就容易偏心，使切削過程不能保持均勻。再譬如機車輪和軸的配合，為了使它們之間能夠牢固地連接成一個整體，應當使它們之間的配合緊一些，換句話說，應當使軸的直徑在裝配以前比機車輪上孔的直徑大一些，如果兩者的直徑差太小，往往不能保證必要的連接強度，但是如果兩者的直徑差太大時，將有可能使材料內部產生過大的變形而損壞了材料的強度以致破壞。以上幾個例子主要是要說明機器中各零件之間的配合會嚴重地影響到機器的功能和正常的工作。因此，正確地規定零件之間的配合具有重要的意義。

為了達到所要求的配合，必須使互相連接的零件的尺寸之間保持一定的差數，以便達到所需要的松緊程度，這樣就要求零件的尺寸要達到一定的精度，當然，最理想的情況是使零件的連接尺寸達到像我們所希望那樣準確。然而，加工實踐已經告訴我們，任何零件，即使是在最精密的機床上，使用最精密的工具，由技術水平很高的工人進行操作加工，所得到的尺寸都不可能是絕對準確的。實際上，也沒有必要使零件的尺寸達到絕對準確，只要零件的尺寸不超出一定的範圍，同樣可以滿足配合的要求，並不影響機器的正常工作。因此，在製造零件時，實際上是允許它的尺寸在一定的範圍內變動，我們把零件尺寸所允許的變動範圍的大小叫做公差。一般的說來，對零件尺寸所規定的公差愈小，就愈容易滿足配合的一致性的要求，換句話說，可以使裝配質量提高，但同時卻將引起製造勞動力增大，可能使加工工序的數目增多，使生產周期延長，同時對生產設備（機床、刀具、夾具和量具等）的精度要求也提

高了。这样不但降低了产品的生产率，而且还显著地增加产品的成本，从经济上来看，这是不利的；反之，如果对零件尺寸所规定的公差比较大，那么，就可以减少制造的劳动量，提高生产率，降低产品成本，但是当公差规定得过大时，将使零件的配合性质极不一致，甚至不能满足机构上对零件的配合要求。由此可见，公差是影响配合质量，影响生产率和产品成本的一项极其重要的技术经济因素。

综合上述情况，不难看出，正确地规定连接零件的配合，合理地规定零件尺寸的制造公差是保证在经济合理的原则下满足产品质量的基本条件之一。

为了实现互换性，仅仅是合理地规定公差与配合还是不够的，还必须使全国各企业所采用的公差与配合统一起来，换句话说，必须制定出全国统一的公差与配合制度。按统一的公差与配合制度正确地规定连接零件的公差与配合是保证实现几何上的互换性的首要条件之一。在本课程的第一部份，将要研究有关“公差与配合”的问题。

为了使零件的尺寸保持在规定的公差范围以内，必须在零件加工过程的各个阶段对零件的尺寸进行系统的测量或检验，测量零件的过程是零件加工工艺过程的不可分割的部份，如果离开测量，那么零件的加工也就没有多少意义了。随着机器制造的发展，对零件的制造精度的要求也相应的提高了，因而对测量精度的要求也就不断提高；但是测量零件时，同样要考虑到测量的生产率和经济性的问题，所以，并不是在所有场合下都用最精密的测量工具或仪器进行测量，这就要求根据不同的测量对象和不同的精度要求，在既经济而又能达到必要的测量精度的原则下，运用不同的测量工具和测量方法来组织测量过程。为了实现互换性，还必须建立全国统一的计量制度，以便保证计量单位的统一和计量器具的一致与准确，否则要实现互换性也是不可能的。在本课程的第二部份将讨论有关技术测量