

儀 器 零 件 講 義

北京鋼鐵學院機械零件教研組 合編
北京石油學院機械零件教研組

1960年1月

目 錄

緒 論	1
§ 1. 仪器制造业发展概况	1
§ 2. 仪器零件课程的性质及任务	1
§ 3. 仪器的用途和分类	2
§ 4. 仪器构造的特点	2
§ 5. 仪器的设计原则	3
第一章 公差与配合	4
§ 1. 互换性概念	4
§ 2. 基本定义	5
§ 3. 精度等级及其选择	5
§ 4. 配合种类及其选择	7
§ 5. 表面光洁度及其选择	9
第二章 仪器制造中应用的材料	13
§ 1. 概 述	13
§ 2. 金属材料	13
§ 3. 非金属材料	24
第三章 零件的联接	30
§ 1. 焊 接	30
§ 2. 钎 焊	33
§ 3. 胶 接	38
§ 4. 腻 接	41
§ 5. 铆 接	41
§ 6. 塑造联接	44
§ 7. 压合联接	45
§ 8. 弯折联接	46
§ 9. 螺纹联接	48
§ 10. 销钉联接和速拆联接	66
第四章 直线运动导轨	69
§ 1. 概 述	69
§ 2. 滑动摩擦导轨	70
§ 3. 滚动摩擦导轨	73
§ 4. 弹性摩擦导轨	75
第五章 迴轉运动导轨	76
§ 1. 概 述	76
§ 2. 圆柱支承	76
§ 3. 圆锥	77

§ 4. 球面支承	89
§ 5. 滚动摩擦支承	92
§ 6. 弹性摩擦支承	98
§ 7. 液体或气体摩擦支承	100
§ 8. 减少或气体摩擦承	100
第六章 弹性元件	102
§ 1. 概 述	102
§ 2. 弹簧的材料和许用应力的选择	103
§ 3. 螺旋弹簧	109
§ 4. 片 簧	119
§ 5. 盘 簧	122
§ 6. 双金属弹簧	132
§ 7. 弯管弹簧 (波顿管)	135
§ 8. 皱纹管	137
§ 9. 膜片和膜盒	140
第七章 摩擦传动和挠性体传动	142
§ 1. 摩擦传动	142
§ 2. 挠性体传动	144
第八章 齿轮传动	146
§ 1. 概 述	146
§ 2. 齿轮啮合原理	147
§ 3. 齿轮的强度计算	162
§ 4. 圆锥齿轮传动	165
§ 5. 蜗轮传动	168
§ 6. 摆线啮合钟表用啮合和梢形啮合	172
§ 7. 特殊传动	177
§ 8. 齿轮传动中力矩和效率的计算	179
§ 9. 仪器制造中齿轮传动的特点及设计方法	181
§ 10. 齿轮的结构	183
§ 11. 消除齿轮传动空程误差的方法	183
第九章 典型机构	190
§ 1. 正切与正弦机构	190
§ 2. 撥桿机构	191
§ 3. 曲柄連桿机构	193
§ 4. 凸輪机构	195
§ 5. 馬尔他机构	199
第十章 调速器和阻尼器	203
§ 1. 调速器	203
§ 2. 阻尼器	210
第十一章 限动器、定位器及棘輪机构	214

§ 1.	限动器.....	214
§ 2.	定位器.....	220
§ 3.	棘輪机构.....	223
第十二章	軸和联軸器.....	227
§ 1.	軸.....	227
§ 2.	撓性軸.....	227
§ 3.	联軸器.....	230
第十三章	示数裝置.....	242
§ 1.	概 述.....	242
§ 2.	标 尺.....	242
§ 3.	指 針.....	245
§ 4.	标尺指針示数裝置的誤差.....	246
第十四章	仪器的外壳.....	248
§ 1.	概 述.....	248
§ 2.	外壳的种类.....	249
§ 3.	外壳設計中的几个問題.....	250
第十五章	仪器設計方法概述.....	254
§ 1.	仪器的設計步驟.....	254
§ 2.	仪器使用要求分析.....	254
§ 3.	仪器的簡图設計.....	254
§ 4.	仪器的技术設計.....	255
§ 5.	仪器工作图和装配图的繪制, 試制与試驗.....	256

緒 論

§1 仪器制造工業發展概况

仪器制造业的发展是与一个国家的科学、技术、工业、特别是机器制造业的发展有着密切的联系。仪器对国民經济、科学和技术的发展起着巨大的作用。人們可以利用仪器来观察、记录、报告、計算、統計、操縱以及遙远控制等等，以代替人們繁杂而費时的的工作。例如在冶金、动力和化学工业中应用仪器来自动調节和控制生产过程，这样就大大地提高了劳动生产率和改善了劳动条件，給国家創造很大的財富。

在机器制造业中应用仪器，使生产设备自动化，就可給我們帶來巨大的經济效果。作为机器制造工业組成部分的仪器制造工业已逐漸形成社会主义工业中的独立部門。在我国发展国民經济的第二个五年計划中，就規定了仪器制造工业是整个机器制造工业中四个发展重点之一。

人类在生产和科学研究中很早就应用了各种仪器。我国古代文化发展最早，对仪器的发明創造，曾有过輝煌的貢獻。三国时魏国博士馬鈞創制了指南車；晋書所載的記里鼓車中所采用的輪系与现代汽車上里程計所用的輪系在原理上完全相同。此外，在公元一世紀，天文学家張衡（公元78~139年）发明了渾天仪与地动仪。这种仪器都是用銅制造得非常精細的，代表了当时我国仪器制造的高度水平。

宋朝以后，由于殘酷的封建統治和近百年来受到帝国主义的侵略，使我国科学技术的发展受到严重的阻碍。在解放前国民党反动統治时期，更是一向不注意发展祖国的仪器制造工业。仅有的一些私营仪器制造厂，也是厂小、工人少、设备差、产品也不固定，並且品种很少。

解放后，在党和政府的正确领导下，在苏联专家无私的帮助下，經過短短的十年，我国已先后建成了許多完全现代化的仪器制造厂，如哈尔滨量具刀具厂、哈尔滨电表仪器厂、西安热工仪器厂等，並且已經能够生产許多热工仪表、光学机械仪器、金属和非金属材料試驗机、試驗室仪器、气象仪器、精密机械、示数仪器和电子仪器等。特别是在大跃进中，我国制造出許多过去从未制造过的，达到世界水平的仪器。祖国人民的智慧得到了充分的發揮；祖国的仪器制造业正在飞速的前进。

偉大的苏联人民在仪器的設計制造方面获得了卓越的成就。天才的学者罗蒙諾索夫（М.В. Ломоносов 1711~1765年）是苏联仪器制造的奠基者。他曾經研究和設計过光学仪器及精密仪器，其中包括航海鐘表。其他如俄国发明家庫里宾（И.П. Куаибин, 1735~1818年），曾經設計和制造过望远镜，光学电报机、探照灯与最复杂的机构；偉大的俄国学者門捷列夫（Д.И. Менделеев, 1834~1907年）在重量振动方面有其經典著作。尤其是最近兩年來，苏联在征服宇宙方面的飞跃（发展）和所取得的光輝成就，充分地說明了苏联仪器制造的高度水平。无疑地，苏联的仪器制造工业走在世界的最前列。

§2 仪器零件課程的性質及其任务

仪器零件課程是介于普通基础課（数学、理論力学、材料力学和机械原理等）与仪器專

业課之間的基础課程。在这門課程中，討論用于仪器中的各种典型零件和部件的構造和計算方法，为以后的专业課学习中和科学研究中所遇到的仪器設計工作打下基础。

§3. 仪器的用途和分类

任何一个科学試驗或技术实验之目的是在于測定或比較客觀現象上的某些因素的价值，把这些价值引入仪器中，經過其内部的技术处理后轉变成因可供人們了解其中性質、質量 and 数量的讀数或相似的表示。从事这种工作的器具，我們統称之为仪器。

由于仪器在用途上的不同，其結構有的是很簡單的，但有的是非常复杂的。例如一个蒸汽压力計是非帶簡單的仪器，它只由彈簧管受力的大小轉变为指針的讀数；但一架計算机的構造則不象溫度計或压力計那样簡單了，它不但結構复杂，而且因素和操縱也复杂得多了。多种因数引入仪器后，就可引出数学答案来。

仪器的用途既是有关科学研究和生产方面的，因此我們也可以把仪器合分为二大类：即实验性仪器和工程性仪器。而所有的工程性仪器几乎全是改进和发展自实验性仪器。因此实验性仪器可說具有双重作用的，一方面为求出科学研究上的結果，另一方面則作为工程性仪器的先导。

仪器除这二种性質上的不同外，还可依其用途的不同而分成下列四类：

1. 測量仪器——对已存在的未知值表示出相对的比較值或絕對值。例如溫度計，压力計和分厘卡等以及与以上作用相似的仪器或量具均屬之。

2. 控制仪器——接受、傳送或应用已决定了的物理数据，使机构的終点或中間工作部分能自动地去調整或操縱机器的动作来达到和符合要求中的作业数据。例如冷藏机的恒温器，原动机的調整器以及飞机的自动导航仪等均屬此类。自动化軋鋼厂所用的操縱机构亦是以本类仪器作为主体的。

3. 記錄仪器——仪器結構中具有自动机构，可随未知值的变化情况而自动地記錄其在單位時間內或某一过程內的变化的相对值或絕對值。这类仪器除表示出要求的未知值外，还具有一定程度的控制作用，亦即控制类仪器的初級部分。例如摄影机、自动記錄的各种压力計和溫度計等均屬此类。

4. 計算仪器——綜合一切已知值或假定值，解出其答案来。例如算术或数学計算机等。本类仪器有时是控制仪器的主要部分。

此外，仪器仪表有时也按动力来分类，如电动仪表、气动仪表和气动液压仪表等。

有时仪器也按構成原理来分类，如电气仪器、机械仪器和光学仪器。

通常按照用途又可把仪器分为医疗仪器、試驗室仪器、热工仪器等等种类繁多不一而足。而且在各种工程和各种用途中又有各自的詳細分类法，在此不一一例举。

§4. 仪器構造的特点

从構造上看仪器与机器並沒有截然不同的地方，但因为仪器和机器使用目的不同因而在構造上是有一些区别的。机器的使用主要是为了作功或产生动力与傳遞动力。产生动力或傳遞动力的結果还是为了作功。而仪器的使用目的是为了观察現象、測定数量、檢驗質量或計算数值等等，目的不是为了作功。

对于机器来说，无论是产生动力的原动机，传递动力的传动机或直接作功的工作机械，满足一定的强度和刚度要求是具有首要意义的。但对于仪器表来说，因为它不作功，往往强度是不成问题的，而主考虑的是精确度问题，其次考虑刚度问题，并且考虑刚度问题在实际上也为了满足精度的要求。

在生产作业线上应用的仪器仪表往往就是机器的附件，因此在设计仪器时在构造上应该合于机器的要求。

仪器的构造原理与组成部分是因仪器种类的不同而异的。有的很简单，如压力计；有的很复杂，如计算机。但仪器的工作条件方面，却有共同之点，这就是应力小、运动少、常受振动及较大的温度变化等。这些条件在设计仪器时是要充分考虑到。

§5 仪器的设计原则

仪器的设计原则大体如下：

1. 保证仪器的质量，使成为优良产品。
2. 保证结构施工工艺的简单性——注意零件的形状，零件的种类要少，材料便于施工以及零件的标准化等等。
3. 便于使用，容易拆装和修理。
4. 注意零件和部件的互换性。
5. 成本要低——提高质量，降低成本要决定于各方面的因素。如设计的合理性、施工的方法、施工组织的管理、材料的使用、人工的多少、水电运输等一切的开支。
6. 保证仪器工作的可靠与耐久——这决定于结构是否合理、零件的尺寸和加工、零件的材料和热处理、仪器所受的动载荷和温度变化等。
7. 结构简单和紧凑——它可以使成本降低，安装与保养容易，但是过于紧凑会使安装困难。
8. 尽量减少零件、部件和材料的种类和数目。这是降低成本、提高工艺性的好方法。
9. 减轻仪器的重量——采用新的结构和先进的生产方法，在不影响强度和耐久性的条件下，减轻零件、外壳和部件的重量。这对节约金属、提高生产率和降低成本均有好处。
10. 考虑结构的大小及形状——仪器的结构的大小影响安装、重量和生产方法等。在设计时应考虑这些条件，定出合理的结构大小。仪器的形状与生产制造方法有关，一般说来愈简单愈好，并在可能的条件下，要考虑美观。

第一章 公差与配合

§1. 互换性概念

用任何加工方法制造任何零件，要得到尺寸完全准确是非常困难的，甚至于不可能。产生制造误差的主要原因是以下一些因素：

- 1) 机床不准确。这是由于机床中零件及部件的加工和装配不准确引起的；
- 2) 所选择的加工工艺方案不合理；
- 3) 切削工具和夹具的不准确；
- 4) 刀具的磨损；
- 5) 机床——零件——刀具系统的弹性变形；
- 6) 热变形及内应力；
- 7) 测量及测量工具不准确；
- 8) 被加工材料的不均匀性，毛坯刚度及尺寸变动等等。

以上这些原因引起了尺寸、形状、表面光洁度及各表面相互位置的误差。这些误差在几个零件相互配合时就显得特别重要。现代工业技术要求配合零件能有互换性，也就是要求任何配合不需要将配合零件经过另外的加工或挑选就能彼此装配起来，并且配合质量又能符合产品技术条件的要求。消除了选择装配现象就能大大的加速装配过程，使装配过程易于进行流水作业，结果就降低了生产的成本。此外，由于零件的互换性就有可能制造备用零件，以便迅速的更换机件中任何损坏的零件。

为了得到具有互换性的零件，就必须使零件的尺寸误差限制在一定的、为机械机构所允许的、并由设计师在图纸上所规定的范围以内。

必须指出，不只单个零件需要有互换性，即使整个部件，如滚动轴承，离合器等同样都是可以互换的。

然而在有些情况下，互换性的条件使得制造零件时要求过高的精度，结果在实际上并不经济，有时甚至不可能。因而零件百分之一百地能互换（即完全互换）不一定是恰当的。这就需要一种不完全互换，或者叫做有限互换性来做补充。此外，采用有限互换还可能由于下列原因：生产规模小，不可能合理地利用应有的设备；零件形状特别复杂，难于加工或度量；零件非常大或非常小，而要求极高的精度等等。

有限互换可以有以下这些：

1) 选择装配，或叫分组装配。即一批零件与另一批零件中不是任意拿出一个都能满足要求地配合起来，而只能把这两批零件分成若干组，相应的组之间，所有的零件都具有互换性。这种方法是能够在保证一定的配合特性下放宽零件加工时的公差，但是却增加了装配时的工作量。显然，这只在综合经济利益上有利的场合下才采用。

2) 装配时，须加以附加的调整以补偿误差。

3) 应用统计原理，即一批零件中佔据最不利的尺寸的零件，为数极少，因此我们可以适当地放大公差。这样，在产生不太大比例（例如10%）的废品的前提下，多数零件仍然是合格的。在不少场合下，虽然这样会有一些废品，但由于放大了零件加工时的公差，总的制造费用仍然是降低的。此外还有其他的一些有限互换，这里不作一一列举。

§2. 基本定义

以下基本定义适用于光滑圆柱体的配合，以及平行平面的配合。

零件制造时不能准确地做成指定的尺寸，所以规定一个最大极限尺寸和一个最小极限尺寸，零件可以做成这二个尺寸间的任何尺寸。这个指定尺寸称为公称尺寸(或名义尺寸)，对制成零件量得的尺寸称为实际尺寸。

最大极限尺寸和公称尺寸的差称为上偏差，最小极限尺寸和公称尺寸的差称为下偏差；最大极限尺寸和最小极限尺寸的差称为公差，公差也等于上偏差和下偏差的差。

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，二者的差称为间隙。这样的配合称为动配合。孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸的差称为最大间隙。孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸的差称为最小间隙。

轴的实际尺寸大于孔的实际尺寸时，二者的差称为过盈。这样的配合称为静配合。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。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。

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，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，即可能做成动配合，也可能做成静配合。

区别两种配合制度：基孔制和基轴制。

孔的极限尺寸为一定，与不同极限尺寸的轴配合，以得到各种配合性质，称为基孔制配合。基孔制配合中的孔称为基准孔。基准孔下偏差为零，上偏差即为公差；因此它的最大极限尺寸等于公称尺寸与公差之和，最小极限尺寸等于公称尺寸。

轴的极限尺寸为一定，与不同极限尺寸的孔配合以得到各种配合性质的，称为基轴制配合。基轴制配合中的轴称为基准轴。基准轴的上偏差为零，下偏差即为公差；因此它的最大极限尺寸等于公称尺寸，最小极限尺寸等于公称尺寸与公差的差。

基孔制的优点主要是便于利用标准的制孔刀具，如钻头、铰刀、剃刀等，因而降低了制造成本。基孔制在机械制造部门内得到广泛的应用。

基轴制的主要优点是 可以直接利用冷拉材料，不同的配合由不同的孔径得到，这就可以减少长轴的加工。必须指出，在精密机械制造中，制造精密的轴比制造精密的孔要困难，并且广泛应用了轧制材料和标准线材，因此除基孔制外基轴制在精密机械制造部门中也得到广泛的应用。

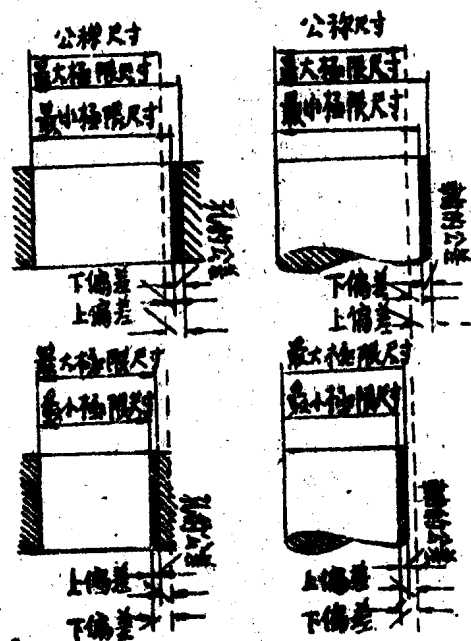


图1-1

料，不同的配合由不同的孔径得到，这就可以减少长轴的加工。必须指出，在精密机械制造中，制造精密的轴比制造精密的孔要困难，并且广泛应用了轧制材料和标准线材，因此除基孔制外基轴制在精密机械制造部门中也得到广泛的应用。

§3. 精度等级及其选择

零件实际尺寸制造的准确程度称为精度。精度分成若干级，称为精度等级。

精度等級分为10級*：1、2、2a、3、3a、4、5、7、8、9。不同的精度等級，規定不同的公差大小。

按規定：基孔制中的孔用字母 A 来表示，基軸制中的軸用字母 B 来表示，而基孔制中的軸和基軸制中的孔用具有配合意义的字母来表示(下面一节还要講到)字母旁的数字指数代表了精度等級。一般二級精度为簡便起見，数字指数都作省略。例如，在軸上标注的符号为 $\phi 30C_7$ ，这就代表軸的直径公称尺寸为30毫米，配合特性为基孔制三級精度滑配合。

在設計机器或仪器时，选择精度等級是一件非常重要的工作。設計者所規定的精度等級首先应保証机构、机器或仪器的使用精度。但是还应考虑到其他很多条件，如配合的性質、設備的能力、工艺問題以及零件的制造成本等。

显然精度等級定低就不能保証机器或仪器的工作性能，而精度定高就会造成生产成本的显著增加，因为生产成本的增加要比精度等級上升快得多，参看图1-2。

因此选择精度时，除应考虑工作質量外，还应使所选精度接近“最經濟的加工精度”，亦即要使要求的精度与生产的可能性尽可能相适应，参考表1-1。

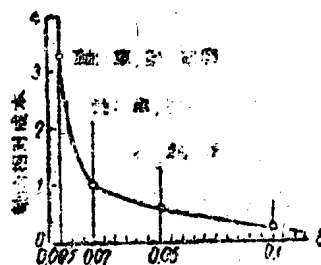


圖1-2

表1-1 不同加工方法的平均經濟加工精度 (苏OCT标准推荐的)

精度級	加工方法 (括号內所示是精度級的可能变化范围)
1	精細磨削，研磨 (比一級更准确)
2	在机床上車或鏜的精細加工，精磨，精銑 (1~2a)，精拉 (1~2)
2a	細拉 (2~3)，精密压鑄 (2a~3)
3	車，鏜，鉋，刨——精加工，粗銑 (2a~3a)，精銑 (2a~4)，压鑄 (3~3a)，在校正模中冲孔。
3a	粗磨 (3~4)，精細的塑料零件 (到18毫米) 冷冲並經最后校正
4	車，鏜，鉋，刨——細加工 (3a~4)，粗銑 (3a~5)，压模中的塑料鑄件 (到100毫米)，切断及銑削的長度尺寸 (4~5)，直径大于厚度二倍的冲孔，拉延工——在模中校正，深拉延工
5	車，鏜，鉋，刨——粗加工，鑽 (4~7)，塑料零件 (在压模中)，冲孔及在模子中的深拉延工
7, 8, 9	切断，荒車，非大型零件的焊接 (9)，有色及黑色金屬的热压，鋼及鉄鑄件，在复杂形狀模子中挤拉，冷冲孔，不經机械加工的粗塑料零件等等

要把精度等級定得十分恰当是很困难的，这必需有丰富的經驗，並要参考类似机器或仪器中同样配件所采用的精度，用“对照法”比照以往經驗予以決定。

1級精度用得較少，按1級精度制造的例子有活塞銷与連桿及活塞孔的配合，精密机床主軸中的滾珠軸承配合等。

2級精度能保証配合的一致性和精密裝配。例如，发动机曲拐軸和軸承襯套等均按2級

* 根据蘇聯公差制度分为10級；如根据我國最近公佈的公差制度，則分为12个等級。

精度制造。机器制造中的重要結合广泛地采用2級精度。

2a級和3級精度用于机器和制造中的精密結合，在机器制造中3級精度可保証中等精度装配。例如，軸承座和軸承襯套沿寬度的結合即按3級精度制造。

4級和5級精度可能有較大的間隙和过盈，故适用于过盈或間隙即使过大也不致发生危險的地方，例如，螺釘孔、鉚釘孔、在安装时鉸的孔、冲压零件的結合等。

7、8、9級精度应用在非配合尺寸上，即用在限制零件大小和重量的尺寸或作为热加工工序間的公差。

§4. 配合種類及其選擇

配合这种代表相結合零件的裝配性質或結合性質。配合分三类，共12种：

1. 靜配合类三种：

有热配合 (Гр)、压配合 (Пр) 和輕压配合 (Пл)。

2. 过渡配合类四种：

有固配合 (Г)、牢配合 (Т)、紧配合 (Н) 和密配合 (П)。

3. 动配合类五种：

有滑配合 (С)、紧动配合 (Д)、轉配合 (Х) 輕动配合 (Л) 和松动配合 (Ш)。

在仪器制造中經常采用的配合仅仅是以上的一部分，如表1—2所列。

表1—2

仪器制造中建議采用的各种配合

基 孔 制					
各种配合特性	精度等級	配 合			OCT
		名 称	符 号		
			孔	軸	
靜 配 合	2	固 配 合 牢 配 合 紧 配 合	A	Г Т Н	1012
动 配 合		滑 配 合 紧 动 配 合 轉 配 合	A	С Д Х	1012
靜 配 合	3	压 配 合	A ₃	ПрI ₃	1069
动 配 合	3	滑 配 合 轉 配 合	A ₃	C ₃ X ₃	1013
	3a	滑 配 合	A _{3a}	C _{3a}	HKM 1017
	4	滑 配 合 轉 配 合	A ₄	C ₄ X ₄	1014
	5	滑 配 合	A ₅	C ₅	1015

基 軸 制					
靜 配 合	1	紧 配 合 密 配 合	B ₁	H ₁ П ₁	HKM 1021
	2	牢 配 合 紧 配 合 密 配 合	B	Т Н П	1022
动 配 合		轉 配 合		Х	

不同的配合，在裝配時所採用的裝配方法是不同的，大致如表1-3所示。實際上，所須採用的裝配方法還與零件大小有關。

表1-3 各種配合的裝配方法

配合種類	配合符號	裝配方法及裝配性質
靜配合	熱配合 (Горячая)	ГР 此種配合在裝配前須將軸套加熱，並將軸冷卻
	壓配合 (Прессовая)	ПР 相配合的兩機件須用壓力機壓入
	輕壓配合 (Легкопрессовая)	ПЛ 相配合的兩機件須用壓力機輕輕壓入
過渡配合	固配合 (Глухая)	Г 裝配時也是用壓力機壓入，但須另由鍵、銷子等零件固定以防鬆動
	牢配合 (Тугая)	Т 裝配時用手鎚打入
	緊配合 (Напряженная)	Н 裝配時用手鎚輕輕打入
	密配合 (Плотная)	П 裝配時用木鎚打入
動配合	滑配合 (Скольжения)	С 配件之間加入潤滑油後可以用手轉動
	緊動配合 (Движения)	Д 兩配合件可以轉動，但無甚間隙
	轉配合 (Ходовая)	Х 滑動配合，但間隙較小
	輕動配合 (Легкоходовая)	Л 滑動配合，間隙適中
	松動配合 (Широкоходовая)	Ш 滑動配合，具有顯著的間隙

三大類配合的應用，根據基本特性甚易選擇。配件需要有相對運動（移動或轉動），自然要用動配合。若沒有相對運動，則可用靜配合或過渡配合，前者用在無需拆卸的場合，而後者則用在需要拆卸的機構中。

至於每一類配合中究應選用何種配合座則是相當困難的。靜配合和動配合可以根據計算找出配合座來（計算的方法在“機器零件”課程中講授），此外也可以根據經驗來選定。對過渡配合來說我們只能憑經驗來選定。需要有足夠牢的結合，但在機構使用過程中需常常拆卸的配合始採用過渡配合。在選用時可以根據：對中心重合度的要求、是否經常拆卸以及載荷性質來選擇。一般原則如下：對於較常拆卸的部件，比較不易拆開的部件以及較易損壞的部件（如滾珠軸承等）應選用較松的過渡配合；對中心重合度要求高的部件，則應選用較緊的配合。

憑經驗選定配合的方法稱為對照法。採用對照法需要根據各種配合的特徵及使用的要求比照已知的典型機構應用的實例選定，有時甚至還要經過試驗來選定。

表1-4所列是儀器製造中的各種配合特性以作選擇配合時的參考。

表1-4 儀器製造中推薦採用的各種配合特性

名稱	符號	特性和使用性	理論間隙
固配合	Г	適用於聯接後能獲得沒有鬆動，在裝配零件時採用很大的壓力只有在大修時才把零件拆開。為了達到完全沒有鬆動，還須採用附加的固定工具（如銷子、鍵等）。特別在工作時要受到很大的振動，衝擊的地方經常採用此種配合	8.5%
牢配合	Т	適用於象固配合聯接一樣的緊配合零件，但可以經常拆開或在壓合時零件不變形（薄壁零件，輕質材料等）	32%

續表1-4

名 称	符 号	特 性 和 使 用 性	理 論 間 隙
紧 配 合	H	适用于紧密联接,在装配或拆开时不需很大的力,只要用手锤即可进行。在仪器制造业中常采用这种静止配合,来绝对防止发生转动和位移,这种静止配合常用来配合各种齿轮、拨盘、接合器和定位圈以及其他要求准确对准中心的零件	57%
滑 配 合	C	适用于要求纵向移动而无转动的联接,以及要装配容易而间隙最小的精密零件配合紧动配合	100%
紧动配合	Д	适用于周期性低速运动的零件,零件间不应有显著的间隙	保証間隙
轉 配 合	X	适用于有中等轉速的零件,其間隙內可以涂抹潤滑油	保証間隙
压 配 合	ΠP1 ₃	适用于能够受很大应力后无专门紧固的传递动力的零件。建議把零件分組后使用。用于压合小軸,厚壁套管,定位銷等	保証过盈
滑 配 合	C ₃	适用于精度要求不高,要有相对移动的零件,其目的与滑配合(C)相同,但对装配質量要求不高。 用在目的与滑配合(C ₃)相似,但公差要求不高,以便在自动机床和六角机床上进行加工	100%
轉 配 合	X ₃	适用于要求易于转动而精度不高的零件	保証間隙
滑 配 合	C ₄ C ₅	适用于不重要的亦没有任何特殊要求的零件	100%
轉 配 合	X ₄	适用于要求有較大結構和工艺間隙的联接	保証間隙

注:未标明精度等級的为2級精度。

§5. 表面光潔度及其選擇

零件在加工过程中,由于工具的颤抖,工具和零件表面的摩擦,屑末形成过程中一部分金屬的撕裂等等,而使零件表面形成切削痕迹。表面光潔度就是指微觀不平正的尺寸特征,它决定了表面的粗糙程度,而不以获得光潔度的方法而轉移。

在现代机器和仪器制造业中,零件表面光潔度具有重大的意义,因为表面光潔度的好坏会对零件的强度、耐磨性、耐蝕性和装配性等产生显著的有利的或有害的影响。

按照苏联国家标准“ГОСТ 2789—51”表面光潔度用两种偏差表示,一个是按微觀粗糙的平均平方根(均方根)偏差 $H_{c.r}$ 来表示,另一个是按微觀粗糙度的平均高度 $H_{c.p}$ 来表示。

1. 表面粗糙度的均方根偏差 $H_{c.r}$ 等于曲线上各点至中線距离的平均平方之平方根数(參看圖1-3),即:

$$H_{c.r} = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L h^2 dL}, \quad (1-1)$$

式中: h ——曲线上各点至中線的距离;

L ——被測量曲線的宽度。

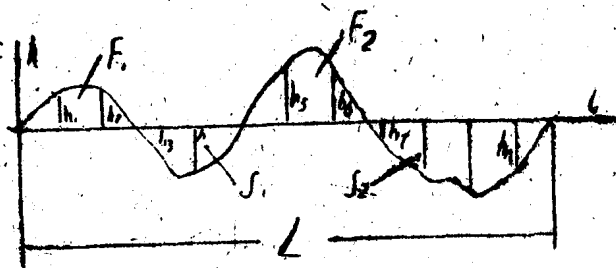


圖1-3

为了簡單起見,上式中的积分可以用等距离 n 个点上的高度($h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$)的平方总和来代替,即:

$$H_{c.r} \cong \sqrt{\frac{1}{n} (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + \dots + h_n^2)}, \quad (1-2)$$

图1-3中之中線是指能使該線兩側的曲線所含的面积彼此相等的直線，即：

$$F_1 + F_2 + \dots + F_n = S_1 + S_2 + \dots + S_n. \quad (1.3)$$

2. 表面糙度的平均高度 H_{cp} 等于表面各处于由入部分之底到凸出部分之頂的距离 H 的算术平均值(参看图1-4)，即：

$$H_{cp} = \frac{1}{n}(H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n). \quad (1.4)$$

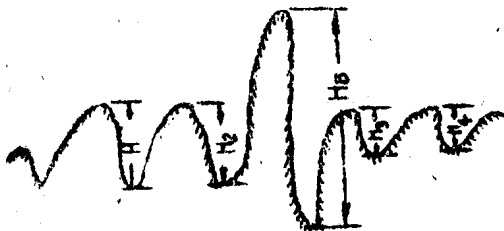


圖1-4

在确定 H_{cp} 时，曲線上与其他峯谷有明显区别特别突出的个别高度 H_0 之值不应考虑在内。

根据上述两种偏差数值，即可制訂出光洁度分級标准。在标准中将光洁度分为14級，在必要时級中又可分若干等。在仪器制造业中經常应用的是其中的一部分，如表1-5所示。

表1-5 仪器制造业中建議采用的光洁度等級

等 級	符 号	H_{CK}	H_{cp}
		微 米	
3	▽3	—	大于40至63
4	▽▽4	—	大于20至40
5	▽▽5	大于3.2至6.3	大于10至20
6	▽▽6	大于1.6至3.2	大于6.3至10
7	▽▽▽7	大于0.8至1.6	大于3.2至6.3
8	▽▽▽8	大于0.4至0.8	大于1.6至3.2
9	▽▽▽9	大于0.2至0.4	大于0.8至1.6
10	▽▽▽▽10	大于0.1至0.2	大于0.5至0.8
11	▽▽▽▽11	大于0.05至0.1	大于0.25至0.5
12	▽▽▽▽12	大于0.025至0.05	大于0.12至0.25

由于零件的表面光洁度对机器或仪器的質量起着重要的作用，因此正确地选择零件的光洁度是十分重要的。

光洁度的等級是根据結合的工作条件及在使用时对该表面的要求而决定的。在一般情况下，选择光洁度等級所应考虑的原则如下：

- (1) 在同一零件上，工作面应比非工作面光洁。
- (2) 摩擦面的速度愈高，所受單位压力愈大，則应愈光洁。
- (3) 动配合中配合間隙愈小，靜配合中結合可靠性要求愈高，則应用較高的光洁度。
- (4) 受周期載荷的表面及可能会发生应力集中的內圓角和凹槽处应較光洁。

根据上述原则，同时比照以往应用实例(参看表1-4)便可选定合理的光洁度等級。另外，在选择时还应注意尽量使所选的光洁度等級与尺寸精度等級相符合(参看表1-6)。

選擇表面光潔度的一般說明

表1-6

光潔度等級	參 考 性 質 的 使 用 性
▽3	粗加工表面，不建議採用作為零件的最後加工
▽▽4	懸臂，襯套，联轴器，壓墊蓋，旋扭等零件的自由表面；螺釘，釘鉚等的通孔
▽▽5	懸臂，襯套，滑塊，環，蓋子等與其他表面相連，但不作為配合的、而對外觀提出足夠要求的表面
▽▽6	在黑色金屬和合金上按2級精度鉋直徑大於180毫米的滾珠軸承孔，滾珠軸承孔的支承面，與軸承座圈相連接的零件端面。外表高質量的表面和基準面。精度不高的齒輪工作面
▽▽▽7	在有色金屬和合金上按2級精度在黑色金屬和合金上按1級精度鉋直徑小於180毫米的滾珠軸承孔。標準精度的齒輪工作面
▽▽▽8	在有色合金上按1級精度鉋滾珠軸承孔。滾珠軸承座圈的基準表面。高精度內輪的工作表面。配H和H級滾珠軸承的軸表面。
▽▽▽9	配A, B, C級滾珠軸承的軸表面，導軌的承導面，滾珠軸承的配合表面，精度不高的滾珠軸承的座圈滾道，最後精度齒輪的工作面
▽▽▽▽10	摩擦用表面其加工與儀器之導軌工作準確性有關，凹槽的表面等，表面多經過氮化或滲碳
▽▽▽▽11	高級精度的滾珠軸承的工作表面（A級型），摩擦機件的工作表面（儀器之導軌等）
▽▽▽▽12	快速和迴轉的高精度滾珠軸承表面

表1-7

根据精度等级和配合选表面光洁度

精度等級 和配合		公 称 直 徑 (毫米) (从...到...)											
		1	3	6	10	18	30	50	80	120	180	260	
		光 洁 度											
二 級	A	▽▽▽8				▽▽▽7				▽▽6			
	Г	▽▽▽9		▽▽▽8		▽▽▽7				▽▽6			
	Т												
	П	▽▽▽9		▽▽▽8				▽▽▽7				▽▽6	
	С			▽▽▽8		▽▽▽7				▽▽6			
	Х	▽▽▽8		▽▽▽7				▽▽6					
	Л												
三 級	A ₄	▽▽▽7		▽▽6									
	ПpI ₃	— ▽▽▽7											
	C ₃												
	X ₃	▽▽▽7											
	Ш ₃												
四 級	A ₄	▽▽6		▽▽5									
	C ₄												
	X ₄												
	Ш ₄												
五 級	A ₅	▽▽5					▽▽4						
	C ₅												
	X ₅												
七 級	A ₇	▽▽4				▽3							
	B ₇												
八 級	A ₈	▽▽4				▽3							
	A ₈												

第二章 仪器制造中应用的材料

§1. 概 述

正确选择零件材料是设计仪器时的最重要问题之一，因为仪器的质量和制造成本，在很大程度上决定于各零件材料选用的正确程度。

选择材料的基本原则：

(一) 根据仪器的用途和工作条件，以及零件在仪器中的作用等来确定该零件的材料所应具备的特性。由于各种仪器的用途不同，即使起同样作用的零件，它的材料方面的要求也可能会极不相同。例如用于飞机仪表中的零件，它就要求材料的比重小，但这个要求对于一般实验室等处用的仪器是不必要的。由于零件在仪器中所起的作用不同，它对材料方面的要求也可能不同。例如用于电器测量仪表中的游丝，有时同时起导电体的作用，这时就要求材料具有良好的导电性；而对于不要求起导电作用的游丝，材料的导电性良好与否就不是重要的特性了。由于仪器的工作条件不同，有时要求零件材料具有特殊的性质。例如在那些使用过程中易受磁场影响，海水、酸浸蚀的仪器中，防磁和防蚀的合金就用得很多。此外有些仪器零件还对材料的线膨胀系数、绝缘性、导电性等有特殊要求。

在根据具体要求确定了零件材料应该具有的特性以后，就可以按照这些要求来选取材料。在具体选取材料时，必须同时考虑到经济性，使选取的材料能保证制造零件的成本最低。

(二) 在选取材料时，应尽量使零件的制造成本最低。材料的价格是决定零件成本的重要因素之一，因此在选择材料时应注意：有色金属及其合金要比黑色金属贵；合金钢要比碳钢贵。此外，制造零件的成本的高低还要取决于其他许多因素，例如生产类型（大量生产、成批生产、小批生产或单件生产），工艺过程等。因此，为了降低制造零件的成本，就需要根据具体情况全面考虑影响零件制造成本的那些主要因素。另外，在选择材料时应尽可能地避免采用我国特别缺乏的材料，尽量就地取材。

应用在仪器制造中的材料其种类很多，总起来说可分为两大类：

- 1) 金属材料；
- 2) 非金属材料。

下面就仪器制造中常用材料作一简要的介绍，以作设计仪器时的参考。

§2. 金属材料

金属材料在仪器制造中应用得最广，通常把金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属指铁和铁合金，黑色金属又分为铸铁和钢两大类，而钢又分为碳钢和合金钢。有色金属指铁和铁合金以外的金属及其合金。仪器制造中常用的是铜合金、铝合金、镁合金、镍合金及其他常用的合金。

(一) 黑色金属

1. 钢

根据化学成份，钢可分为碳钢和合金钢两类。根据应用，钢可分为结构钢、工具钢、特殊钢三类。根据品质，钢可分为普通钢、优质钢和高级优质钢三类。

碳钢按其质量的要求分为普通品质的碳钢和优质的碳钢。