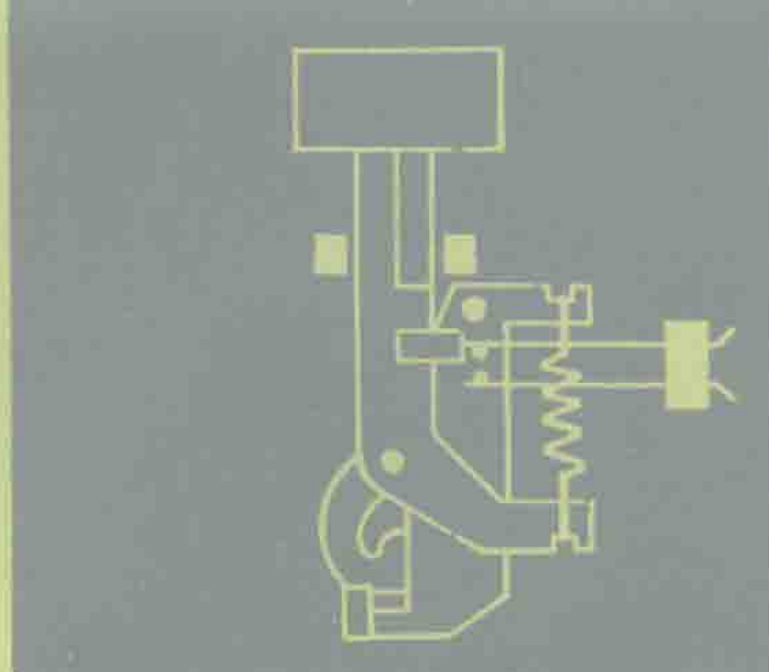


仪器机构及其应用

陈国华编著

上海科学技术出版社



陈国华编著

仪器机构及其应用

上海科学技术出版社



仪器机构及其应用

陈国华 编著

上海科学技术出版社

内 容 简 介

本书对仪器机构的基本概念、类型、工作原理、应用, 以及必要的设计计算作了较详细的阐述。有实用的参考价值。内容包括以机械为主, 综合机、电、光等技术的仪器仪表和电子设备的有关机构。如调节机构、测微放大机构、计数机构、解算机构、同步机构、机电量转换机构、减振机构、延时机构、缓冲机构、调速机构、快锁机构以及定位和限位机构。以机构的功能分章, 便于机构的查找和选用。

本书供从事仪器仪表结构、电子设备结构和自动控制装置的设计和应用的技术人员参考, 也可供大专院校有关专业的师生参考。

仪器机构及其应用

陈国华 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

本书在上海发行所发行 江苏扬中印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12 字数 281,000

1986 年 3 月第 1 版 1986 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—4,200

统一书号: 15119·3427 定价: 2.00 元

前 言

在生产过程和科学试验中,仪器是探测、度量、计算、记录、指示和调节以至控制各种技术参数的不可缺少的工具。它在工业、农业、国防和科学技术现代化建设的各个技术领域中,都有极其广泛的应用。

仪器机构是仪器仪表、电子设备以及自动化装置中的重要组成部分。机构的优劣直接影响仪器产品的性能指标和使用可靠性。

现代的仪器仪表,正在由指示式向数字显示式或自动打印、记录等方向发展,由被动的测量向主动的控制和自动调整生产或测试过程的方向转化。因此,对仪器机构的要求,不仅要具有良好的功能,而且要具有先进的、灵巧的设计和合理的技术经济。

科研和生产对仪器的性能、可靠性等要求越来越高,单纯的机械式机构已不能完全适应,仪器机构的概念也已超出纯机械的范畴。在仪器机构的设计中不仅应用了机械学科的原理,而且还应用了电学、光学以及流体力学等多种学科的原理。因此由这些作用原理来实现某种功能的机构,已不是单纯的机械功能机构,而是一种具有综合技术的功能机构,这种机构可称之为仪器功能机构。

仪器功能机构具有两个主要特点:

1. 具有学科的综合性和机构的综合性。这就是说,这种机构在设计原理方面具有机、电、光等学科的综合性;在结构组成方面包含一种或多种机械机构,也包含电、磁、光等元器件或组件。

2. 具有预定的运动规律、能量转换和信号转换的关系,并可用各种形式(机械的、电的、光的或流体的)来复现或模拟某种技术参量。

本书试图从上述特点出发,参考国内外有关资料和机构实例进行讨论和编写。目的是为了在四个现代化建设中抛砖引玉,向从事仪器结构设计和制造的有关工程技术人员提供一本比较实用的参考书。

由于水平有限,错误和不妥之处难免,请读者批评指正。

作者

一九八三年

目 录

第一章 调节机构	1
§ 1-1 概述	1
一、基本概念	1
二、设计原则	1
§ 1-2 螺旋调节机构	6
一、基本类型和传动误差	6
二、一般微动螺旋机构	9
三、差动测微螺旋机构	10
§ 1-3 组合式微动调节机构	10
一、螺旋杠杆组合微调机构	10
二、螺旋摆杆组合微调机构	12
三、螺旋斜面组合微调机构	13
四、齿轮齿条、齿轮杠杆组合微调机构	14
五、蜗轮凸轮组合微调机构	15
六、行星轮系微调机构	18
§ 1-4 摩擦调节机构	18
一、能够粗、细调节的摩擦调节机构	21
二、变回转运动为直线移动的摩擦调节机构	23
三、球端摩擦微调机构	22
四、同轴滚珠摩擦微调机构	23
五、索带摩擦调节机构	24
第二章 测微放大机构	25
§ 2-1 概述	25
一、基本概念	25
二、基本类型及其原理	25
§ 2-2 杠杆式测微放大机构	27
一、机械杠杆式测微放大机构	27
二、机-光杠杆式测微放大机构	36
§ 2-3 杠杆齿轮式测微放大机构	37
一、杠杆式卡规机构	37
二、杠杆式千分尺机构	38
三、杠杆式千分表机构	38
四、奥氏测微仪和哈特里转速表机构	38
五、膜盒式压力表机构	38
六、压力式温度计机构	38

七、其他测微仪机构	39
§ 2-4 齿轮式测微放大机构	40
一、齿轮式百分表机构	40
二、齿轮式千分表机构	41
§ 2-5 电动传感器式测微放大机构	41
一、电感传感器式测微放大机构	41
二、差动变压器传感器式测微放大机构	43
三、电容传感器式测微放大机构	45
四、霍尔元件传感器式测微放大机构	48
第三章 计数机构	50
§ 3-1 概述	50
§ 3-2 间歇运动计数机构	50
一、计入机构	50
二、进位机构	51
三、复零机构	53
四、间歇运动计数机构的应用	54
§ 3-3 连续运动计数机构	56
一、单级行星齿轮系计数机构	56
二、多级行星齿轮系计数机构	59
三、少齿差行星摆轮计数机构	60
四、定轴差动齿轮系计数机构	61
第四章 解算机构	64
§ 4-1 概述	64
§ 4-2 加法机构	64
一、齿条式差动加法机构	65
二、锥齿轮式差动加法机构	66
三、连杆式差动加法机构	68
§ 4-3 乘法机构	68
一、杠杆式乘法机构	68
二、摩擦盘式乘法机构	71
§ 4-4 平方和开方机构	71
一、杠杆式平方机构	72
二、摩擦盘式平方机构	72
三、凸轮式开方机构	72
§ 4-5 三角函数机构	73
一、正(余)弦机构	73
二、正切和正割机构	75
§ 4-6 微分和积分机构	77
一、微分机构	77

二、积分机构	78
三、积分机构的各种型式和运算功能	78
§ 4-7 函数记录机构	80
一、 $x-y$ 函数记录机构	80
二、光线振子函数记录机构	82
第五章 同步机构	84
§ 5-1 概述	84
一、基本概念	84
二、同步机构的基本类型	84
三、同步机构的伺服控制	87
§ 5-2 跟踪同步机构	90
§ 5-3 随动同步机构	92
§ 5-4 脉冲信号同步机构	94
第六章 机电量转换机构	97
§ 6-1 概述	97
一、基本概念	97
二、磁性材料	97
三、磁路结构及其计算	102
§ 6-2 磁电式机构	109
一、磁电系仪表测量机构	109
二、磁电式力矩器	110
三、传真机记录机构	112
四、磁电式车速表机构	112
五、磁电式测振传感器	113
六、磁电式转速传感器	114
§ 6-3 电磁式机构	115
一、数字打印机电磁控制机构	115
二、穿孔带传动电磁控制机构	116
三、电磁式力矩器机构	116
四、电磁摆机构	118
五、磁浮支承机构	119
§ 6-4 磁感应式机构	120
一、磁感应式力矩器机构	121
二、永磁感应式车速表机构	123
第七章 减振、延时、缓冲机构	124
§ 7-1 概述	124
一、阻尼减振机构的运动特性及其设计计算	124
二、阻尼减振机构的阻尼计算步骤	125
§ 7-2 阻尼减振机构	126
一、空气阻尼减振机构	126

二、液体阻尼减振机构	128
三、磁感应阻尼减振机构	130
§ 7-3 阻尼延时机构	134
一、空气阻尼延时机构	134
二、磁感应阻尼延时机构	135
§ 7-4 阻尼缓冲机构	135
第八章 调速机构	139
§ 8-1 概述	139
§ 8-2 离心制动式调速机构	139
一、径向作用离心制动式调速机构	140
二、轴向作用离心制动式调速机构	143
§ 8-3 离心开关式调速机构	145
一、控制激磁绕组的离心开关式调速机构	146
二、控制转子绕组的离心开关式调速机构	146
§ 8-4 介质阻尼式调速机构	147
§ 8-5 擒纵式调速机构	149
一、有固有振荡擒纵式调速机构	150
二、无固有振荡擒纵式调速机构	151
第九章 快锁机构	156
§ 9-1 概述	156
§ 9-2 转轴和转盘快锁机构	156
一、径向快锁机构	156
二、轴向快锁机构	160
§ 9-3 功能开关快锁机构	161
一、单功能开关快锁机构	161
二、多功能开关快锁机构	163
§ 9-4 箱柜结构快锁机构	164
一、机柜和控制台的门锁机构	164
二、插箱快锁机构	167
三、插件快锁机构	168
四、机箱机盒快锁机构	169
第十章 定位和限位机构	173
§ 10-1 概述	173
§ 10-2 定位机构	173
一、刚性定位机构	173
二、弹性定位机构	176
三、互锁定位机构	179
§ 10-3 限位机构	181
一、直线运动和摆动的限位机构	181
二、连续转动的限位机构	183

第一章 调节机构

§ 1-1 概 述

一、基本概念

仪器是用来对各种技术参数进行探测量度、感受转换、计算处理、记录显示和调节控制的工具。这些技术参数有各种物理量和化学量。如几何量、机械量、热工量、电磁量、光学量、声学量、时间频率计量以及无线电参数计量等等。

调节机构则是仪器在测量和数据传递过程中,用以调节或控制各种被测参数的大小、强弱、变化规律、精确度或使之接近某一确定值的装置。

调节机构通常是利用螺旋、杠杆、齿轮、凸轮和摩擦轮等机械传动的机械位移量(线位移和角位移)与被测参数建立一定的比例关系进行着数据传递的。因此,对调节机构的要求,应使之具有运动平稳、操作方便、精确灵敏等性能。

二、设计原则

1. 适当选择传递比(D/R)

对于定量调节或连续调节的调节机构,其指示器(如指针)和调节器(如旋钮或手轮)之间有一定的运动关系。假定以 D 表示指示器的移动量(或转动量),以 R 表示调节器的转动量(或移动量),则 D/R 称为调节机构的传递比。这种比例关系对调节性能有一定的影响,其影响关系如图 1-1 所示。

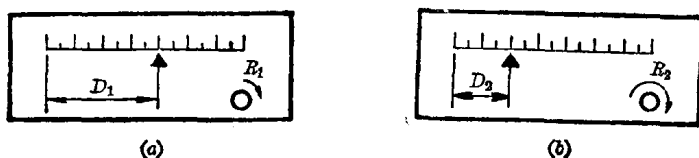


图 1-1 D/R 值对调节量的影响

(a) D/R 较大; (b) D/R 较小

当 D/R 值较大时,调节旋钮略微动一下,指针就会有较大范围的移动,出现明显的指示效应(图 1-1a);而当 D/R 值较小时,调节旋钮即使转动较大的范围,指针的移动也并不显著(图 1-1b)。

D/R 值较大的调节机构,由于调节时间短,调节精度难以控制,所以适用于粗调和快调。而 D/R 值较小的调节机构则相反,适用于精调。设计时,要根据使用场合和精度要求选择合适的 D/R 值,并且按相应的传动比来设计调节机构。

2. 合理确定转值和比例尺

转值,就是调节机构指示器上指针每转一周或刻度盘一圈所代表的物理量。通常以 A 表示。如一个刻度盘等分为 100 个分划,每一分划代表 10 m,则其转值为 $A=1000 \text{ m/r}$ 。

若已知某一机件(指针、刻度盘或手轮)的转值为 A , 转数为 N , 则它所复现的物理量 x 为: $x = AN$ 。

转值的单位可根据被测对象而定。对于距离测量是 km/r 、 m/r 、 mm/r 等; 对于力的调节是 N/r ; 对于电感调节是 H/r 或 mH/r 等等。

比例尺是指单位长度或单位转角所代表的物理量。以 M 表示。所以比例尺又分线位移比例尺(记为 M_l)和角位移比例尺(记为 M_a)。

若调节器或指示器的比例尺(M_l 或 M_a)及其实际调节位移量(直线 L 或转角 θ)已知, 则它所复现的物理量 x 为: $x = M_l L$ 或 $x = M_a \theta$ 。

比例尺的单位也是根据研究对象而定。如: km/度 ; m/mm ; N/rad 等等。

转值与比例尺有如下的关系:

若调节机构的调节器和指示器两者中之一是作线位移计量的, 则它们的转值与比例尺的关系为 $A = M_l L / N$; 若两者均作角位移计量, 则它们的转值与比例尺的关系为 $A = M_a \theta / N$, 或 $A = 360 M_a$ (因 $N = \theta / 360$)。就调节器或指示器本身而言, 它的转值与其角位移比例尺的关系亦为 $A = 360 M_a$ 。

引入转值和比例尺概念的目的, 是为了在设计调节机构传动链时, 便于进行运动学分析。因为传动链的传动比与转值和比例尺有密切关系。

现在以图 1-2 所示的调节机构导出转值与传动比的关系。假定齿轮 1、2 的转值分别为 A_1 和 A_2 。当齿轮 1 转 N_1 转, 则齿轮 2 有确定的转数 N_2 。因为它们所反映的物理量相等, 所以有

$$A_1 N_1 = A_2 N_2$$

根据传动比定义则有

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

可见, 调节机构的传动比等于从动轮转值与主动轮转值之比。根据转值所确定的传动比, 则可设计齿轮应有的齿数。

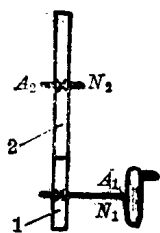


图 1-2 转值与传动比关系

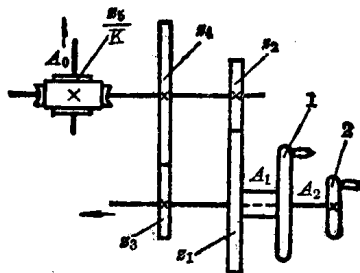


图 1-3 有两个输入转值的调节机构

同理可求具有多种转值和多级传动的调节机构的传动比。图 1-3 是具有快速粗调和慢速细调的指挥仪跟踪系统的调节机构。手轮 1 和 2 分别有不同的输入转值 A_1 和 A_2 ($A_1 > A_2$), 通过蜗杆蜗轮副 z_0/K (K 是蜗杆头数), 由输出轴传至指示器, 该输出轴有共同的预定转值 A_0 。

当要快速捕捉目标时, 用手轮 1 以大转值 A_1 进行调节。这时调节机构传动链的传动比为

$$i = \frac{A_0}{A_1} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_5}{K}$$

当捕获目标以后,马上进入精确跟踪,这时需用手轮2以小转值 A_2 操纵。传动链的传动比则为

$$i = \frac{A_0}{A_2} = \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_5}{K}$$

确定手轮大转值的条件是使捕捉目标所需的时间尽可能最短。而确定手轮小转值的条件则是使跟踪误差为最小。

把调节器(旋钮或手轮)的旋转运动转换为指示器(指针)的直线位移运动的调节机构也是常用的。如频率调节机构、测量显微镜纵向测微机构和阀门调节机构等。兹举两例说明此类调节机构的转值计算。

图1-4为简单测距仪的调节机构。假设其测量范围为0~15000m,测量精度要求 ± 5 m,螺杆1与螺母2之间存在回差为 ± 0.05 mm。试计算螺杆的有效长度和螺杆的转值。

根据精度要求,比例尺应为

$$M = 5/0.05 = 100 \text{ m/mm}$$

于是得螺杆的有效长度为

$$l = 15000/100 = 150 \text{ mm}$$

若选择螺杆的螺距为5mm,则螺杆每一转时,与螺母固连的指针3移动5mm。所以螺杆的转值为

$$A = 100 \times 5 = 500 \text{ m/r}$$

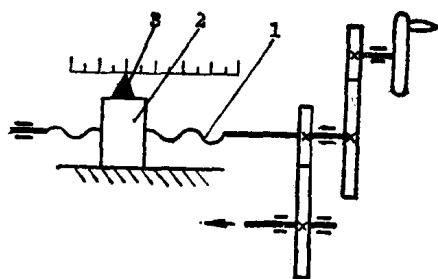


图1-4 旋转运动变直线位移的调节机构

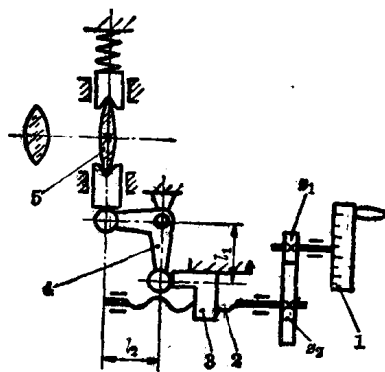


图1-5 由齿轮、螺杆和杠杆组合的调节机构

图1-5是光学测距仪补偿器的调节机构。传动链是由齿数为 z_1 和 z_2 的两个齿轮、螺距为 P 的螺杆2和螺母3,以及臂长为 l_1 和 l_2 的杠杆4组成。假定透镜5移动1mm相当于手轮上的刻度转过 n 个分划,试求手轮1的转值。

手轮转一转引起透镜5的位移量为

$$e = \frac{1}{i} P \lambda (\text{mm})$$

式中 i ——齿轮副的传动比, $i = \frac{z_2}{z_1}$;

P ——螺杆螺距, mm;

λ ——杠杆的臂长比, $\lambda = \frac{l_2}{l_1}$ 。

所以手轮的转值为

$$A = \frac{1}{\lambda} P \lambda n \text{ 分划/转}$$

手轮转值的设计要注意两点:

① 在一定调节范围内, 若手轮的转值大, 则要调到某个测量值时, 手轮转动的范围小(或转数少), 所需的调节时间短, 但调节精度低。若手轮的转值小, 则要调到同样的测量值时, 手轮转动的范围大(或转数多), 所需的调节时间长, 但调节精度高, 容易控制。因此要根据使用场合和要求进行合理设计。欲要在短时间内调到某个较大的粗略测量值时, 要设计大转值的手轮; 反之, 欲要得到精确调节时, 则要尽量减小手轮的转值。

② 系统的动态参数对调节精度有一定的影响。这种动态参数主要是指系统折算到手轮轴上的负载力矩和惯性力矩。因此, 在设计调节机构时应尽量减小这种影响, 以避免或减少操纵手轮时产生不均匀性而引起调节误差。为此, 手轮的转值不宜设计过大。

3. 要符合人机工程学原理

人机工程学指出工程技术设计应适应人体的各种要求, 以使人机系统工作效能达到最高限度, 给操作人员提供不易产生疲劳、避免或减少误差的良好工作条件。所以调节机构的设计应考虑与人体功能有关的问题。

对于定量和连续调节的调节机构, 其调节器一般都采用手轮或旋钮。这些调节器在仪器设备中的安放位置、旋转半径、转动速度、负载力矩和旋转方向等, 都与人体功能有密切的关系。因此在设计时要全面考虑, 以便使得人在操作中感到习惯、舒适、不易疲劳和调节精度容易控制。

① 调节器的安装位置 调节器应放在人手活动最灵敏、反应最快、用力最合适和辨别力最好的位置。

一般, 调节器的适宜位置应该设在以肩为圆心, 半径为 61 cm 的球形区域内; 若允许躯干运动, 则球形区域半径可达 76 cm。

最常用的调节器应设在以肘为圆心, 半径为 36 cm 的圆球区域内; 若允许肘运动, 则圆球区域的半径可达 40 cm。

若有多个调节器时, 它们的排列位置对操作者的影响是: 纵向排列比横向排列容易分辨; 排列于右侧比排列于左侧容易分辨。

② 调节器的大小 调节器的大小, 必须使操作者感到方便和舒适。

当操作时需要转好几圈的摇把, 其旋转半径以 2~5.1 cm 为宜; 若要快速转动, 其旋转半径为 3 cm 左右; 若需把仪表指针调到指定的刻度上, 用直径为 7 cm 的旋钮为佳; 用于雷达目标跟踪操作的摇把, 其旋转半径以 5.1~7.6 cm 较合适。

③ 手轮半径与载荷力矩的关系 手轮或旋钮的调节均匀性和平稳性, 主要取决于其半径和负载力矩的大小。

手轮上的总负载力矩等于摩擦力矩与驱动系统按相应的加速度运动所需的力矩之和,

$$M = M_f + J \varepsilon$$

式中 M ——手轮上的总负载力矩, $N \cdot m$;

M_f ——系统折算到手轮轴上的摩擦力矩, $N \cdot m$;

J ——系统折算到手轮轴上的转动惯量, $\text{kg}\cdot\text{m}^2$;

ε ——转动手轮的角加速度, rad/s^2 。

一般, 用于转动力矩为 $2.3\sim 4.6\text{ N}\cdot\text{m}$ 的手轮, 其半径大约为 $12.5\sim 20\text{ cm}$ 。半径为 2 cm 的有棱边的旋钮, 适宜的转动力矩为 $0.52\text{ N}\cdot\text{m}$, 最大不超过 $1\text{ N}\cdot\text{m}$ 。半径为 $1.25\sim 2.5\text{ cm}$ 的旋钮, 其调节力不宜超过 10 N 。

在一定载荷力矩作用下的手轮, 其半径的较佳值可按图 1-6 选择。

调节机构的调节器, 其操纵力一般应尽可能小。但是用力太小对调节精确度不易控制, 因为操作人员不能从操纵力中感受控制量大小的反馈信息。所以, 若调节精度要求较高的调节器, 应具有一定的调节阻尼力。比如, 对于调节仪表指针到指定位置的手轮, 当其直径为 10 cm 时, 宜有 130 N 左右的阻尼力; 直径较小的跟踪操纵手轮, 宜有 2 N 左右的阻尼力。当然, 对于只要求快速调节而调节精度不高的手轮, 其操纵力则愈小愈好。对于直径较大的手轮, 其操纵力可能很小, 但是可从动作幅度的大小来取得控制量大小的反馈信息。

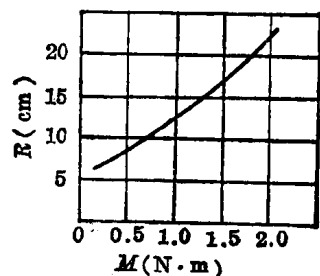


图 1-6 载荷力矩与手轮半径的关系

④ 手轮转速与功率关系 当手轮转速从零变到人所能及的最大值时, 人所发挥出的有效功率则从零变到某一个最大值后, 再变小到零。其变化规律遵循如下表达式:

$$P = \frac{4P_{\max}}{\omega_{\max}^2} (\omega_{\max}\omega - \omega^2) \quad (1-1)$$

式中 P ——人给予系统的功率, $\text{N}\cdot\text{m}/\text{s}$;

$P_{\max}$ ——人给予系统的最大功率, $\text{N}\cdot\text{m}/\text{s}$;

ω ——手轮的转速, rad/s ;

$\omega_{\max}$ ——手轮的最大转速, rad/s 。

由式 1-1 可见, 欲得 $P = P_{\max}$, 则必使

$$\frac{4(\omega_{\max}\omega - \omega^2)}{\omega_{\max}^2} = 1$$

$$(2\omega - \omega_{\max})^2 = 0$$

即

所以

$$\omega = \frac{1}{2} \omega_{\max}$$

即是说, 当手轮的转速等于最大转速的一半时, 手发挥的功率最大。

一般, 人操纵手轮所能发挥的最大功率平均不超过 $100\sim 150\text{ N}\cdot\text{m}/\text{s}$ 。转动手轮的最大转速不超过 $3\sim 4\pi/\text{s}$, 即 $6\pi\sim 8\pi\text{ rad}/\text{s}$, 或近似为 $18\sim 24\text{ rad}/\text{s}$ 。

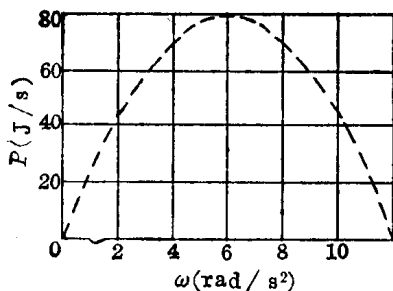


图 1-7 手轮转速与人发挥的功率的关系

举例: 假定某系统, 人操纵手轮的最大转速为 $\omega_{\max} = 12\text{ rad}/\text{s}$, 人给予系统的最大功率为 $P_{\max} = 80\text{ N}\cdot\text{m}/\text{s}$ 。于是我们可以在 ω 所允许范围内取适当的值, 代入式 (1-1) 则有相应的 P 值, 按此函数关系可作出如图 1-7 所示的曲线。由图可见, 手轮的转速为 $6\text{ rad}/\text{s}$ (即 $\omega_{\max}/2$) 时可发挥最大功率。

⑤ 手轮转速与载荷力矩关系 把式(1-1)两边都除以 ω , 便得手轮转速与所能克服的载荷力矩 M 的关系式:

$$M = \frac{4P_{\max}}{\omega_{\max}} (\omega_{\max} - \omega)$$

或

$$\omega = \omega_{\max} - \frac{M \omega_{\max}^2}{4P_{\max}} \quad (1-2)$$

按人的操作能力, 对最大转速和最大功率假定取如下极限值: $\omega_{\max} = 24 \text{ rad/s}$, $P_{\max} = 150 \text{ N} \cdot \text{m/s}$ 。代入式(1-2)则有

$$\omega \approx 24 - M \quad (1-3)$$

式(1-3)就是根据人操纵手轮可能达到的最大转速和所能发挥出的最大功率的条件下, 导出手轮转速 ω 与所能克服的系统载荷力矩 M 的关系式。如果已知系统折算到手轮的载荷力矩 M , 则可用式(1-3)求得手轮合适的转速 ω 。

但是, 手轮的负载力矩有一定的范围, 不能超过人体力所能及的极限值。由式(1-3)可见, 要使其有意义, 必须是: $24 - M > 0$, 于是有 $M < 24 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。也就是说, 系统折算到手轮的载荷力矩, 最大不能超过 $24 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。这是设计手控调节机构的力学原则。

综上所述, 调节机构的设计, 要根据调节对象的性质、调节参数、量程范围、精度要求和指示方式等, 正确地选择指示器和调节器之间的传递比(D/R)和转值的大小。同时要根据人体功能要求, 合理地确定操作位置、转动速度和载荷力矩。这样才能获得较优的机构设计和理想的调节效果。

§ 1-2 螺旋调节机构

螺旋调节机构在仪器中应用广泛。其主要作用是将旋转运动变为直线运动。常用的有读数调节机构、精密位移微调机构、力传递调节机构和一般的驱动机构。

螺旋机构的优点是: 降速传动比大、结构紧凑、传动精确、工作平稳、牵引力大和能自锁等。缺点是传动效率较低、磨损较快。

一、基本类型和传动误差

(一) 螺旋调节机构的基本型式

螺旋调节机构由螺杆、螺母和支承三个基本构件组成。根据三者的组合可得图 1-8 所示的四种基本型式:

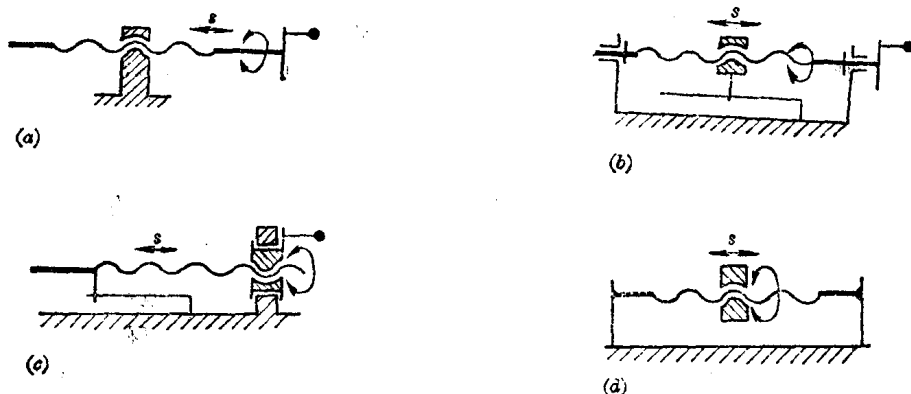


图 1-8 螺旋调节机构的基本型式

- ① 螺母固定, 螺杆转动并移动(图 1-8a);
- ② 螺杆转动, 螺母移动(图 1-8b);
- ③ 螺母转动, 螺杆移动(图 1-8c);
- ④ 螺杆固定, 螺母转动并移动(图 1-8d)。

上述四种基本型式, 在调节过程中, 其螺杆和螺母的理论相对位移量均可表达为:

$$s = \frac{nP}{2\pi} \varphi \quad (1-4)$$

式中 s ——螺杆(或螺母)的位移量;

P ——螺距;

n ——螺线头数(大多数取单头);

φ ——螺杆和螺母的相对转角。

(二) 螺旋调节机构的传动误差

螺旋调节机构的传动误差包括运动误差和空回误差。运动误差是指螺杆与螺母间实际相对位移与理论相对位移之差。空回误差是指螺杆(或螺母)改变转动方向时, 螺母(或螺杆)位移的滞后量。这两种误差, 对精密传动(尤其对读数传动)的精度都有影响, 设计时需考虑。

产生运动误差的原因, 主要是由螺纹中径误差、螺距误差、螺牙半角误差和螺杆螺母的累积误差以及有关配合件的形状和位置误差所引起。

产生空回误差的原因, 则是配合间隙的存在。这主要是由螺纹中径误差、螺牙半角误差和有关配合件的配合间隙所引起。

因此, 为保证螺旋调节机构的传动精度, 需要正确选择结构型式、提出合理的加工精度和设法消除配合间隙。从式(1-4)可见, 如果螺距 P 存在误差, 则对运动误差有直接影响, 为此要尽量克服螺距误差。对于造成空回误差的配合间隙, 可以采用如下两种方法来消除:

1. 径向调整法

- ① 采用开槽螺母。拧紧螺钉使螺母径向抱紧螺杆。
- ② 采用弹性收管螺母(带有锥面的径向开口螺母)。外加螺母拧紧, 使其收缩而抱紧螺杆。

2. 轴向调整法

- ① 采用刚性双螺母(两个不等螺距 P_1 和 P_2 的螺母)。将该两螺母轴向相对旋紧, 从而消除轴向间隙。
- ② 采用弹性压紧双螺母。在两个螺母之间放入压簧, 使两螺母产生相反的轴向位移, 从而消除轴向间隙。
- ③ 采用塑料螺母(聚乙烯或尼龙作成的螺母)。用金属压圈压紧, 使塑料螺母产生弹性变形而消除间隙。

(三) 设计要求

1. 螺纹类型的选择

螺纹类型及其应用范围列于表 1-1, 供选择。

2. 螺杆螺母材料的选择

螺杆螺母的材料应具有良好的耐磨性和工艺性。螺杆和螺母选用不同的材料, 且螺杆的硬度比螺母的高, 目的是减少磨损。螺杆螺母材料可参考表 1-2 选择。

表 1-1 仪器常用螺纹类型及其应用范围

螺纹类型	螺距 (mm)	应用范围
普通螺纹 (GB193-81)	0.5~0.75	读数、测微螺旋机构
	0.5~1	载荷较小、摩擦力矩对调节工作影响不大的螺旋机构
特种细牙螺纹 (JB2539-79)	0.35~1	光学仪器
光学仪器用目镜螺纹 (Y84-62)	1.5~2	转动角度不大($<360^\circ$)而有相当大轴向移动的管形薄壁零件的调节。主要用于光学仪器目镜上的螺旋调节机构

表 1-2 螺栓螺母材料的选择

应用范围	材 料	
	螺 杆	螺 母
一般传动	A5; Y40Mn; 45; 50	QSn6.5-0.4; ZQSn10-1;
读数、测微机构(要求热处理后有较好的尺寸稳定性)	9Mn2V; CrWMn; 38CrMoAlA; T12 或 GCr15; GCr15SiMn	ZQSn6-6-3; 黄铜; 耐磨铸铁; 聚乙烯; 尼龙
载荷较大的重要传动(要求耐磨性好, 要进行热处理)	T10; T12; 65Mn; 40Cr; 40WMn; 18CrMnTi	ZQA19-4; 45; ZHA166-6-3-2; 球墨铸铁

3. 螺栓螺母的尺寸比例

为保证螺栓有足够刚度, 其长径比一般为 $L/d \leq 25$ 。螺栓螺纹部分的长度 L_w 在保证螺母工作行程 L_g 的基础上, 尽量取短些。一般为 $L_w \geq L_g + H$ (H 为螺母高度)。为减少磨损和提高传动精度, 螺母的高度一般取螺栓直径的 1.5~2.5 倍。

4. 螺距公差的选择

螺距误差(包括单个螺距误差和螺距累积误差)影响螺旋调节机构的传动精度。所以在设计时, 要根据使用场合对螺距误差提出一定的公差要求。表 1-3 所列的公差值供参考。

一般, 螺母的螺距误差对传动精度影响不大, 所以在螺旋调节机构中, 对螺栓的精度要求比螺母高一些。

表 1-3 螺距误差的公差

单个螺距误差的公差 (μm)	螺距累积误差的公差(μm)				应用范围
	螺杆螺纹部分的有效长度(mm)				
	≤ 25	>25 ~ 100	>100 ~ 300	>300 , 每增加 300 须加上数值	
± 2 ± 3	2 5	3 6	5 9	2 3	精密机构
± 6 ± 12	9 18	12 25	18 35	5 10	较精密机构
± 25	35	50	70	20	一般传动

二、一般微动螺旋机构

1. 螺母不动, 螺杆转动并移动的微动螺旋机构

中、低精度的经纬仪、水平仪和平板仪常用的微动机构(图 1-9)、显微镜目镜微动机构(图 1-10)以及千分卡螺旋机构(图 1-11), 均属此类机构。通过压圈 3 调整螺杆 1 与开槽螺母 2 的配合松紧程度来消除间隙。图 1-9 的活动顶针 6 是为了消除螺杆 1 在旋进时产生影响调节精度的旁向分力。弹簧 7 的作用是使被调装置始终压向螺杆端部。

上述微动机构的特点是: 在不动的读数分划筒 5 上刻有测定手轮 4(与螺杆固连)整转数的粗读分划线; 而在手轮上则刻有测定分转数的精读分划线。

粗读分划线是按手轮每一转, 螺杆前进一个螺距 P 的移动量的关系刻制的。

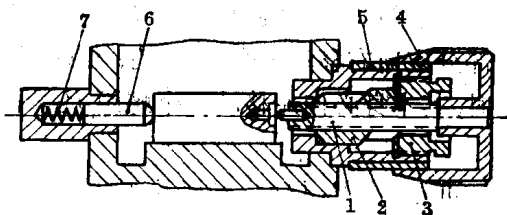


图 1-9 微动螺旋机构

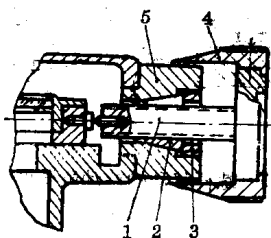


图 1-10 显微镜目镜微动机构

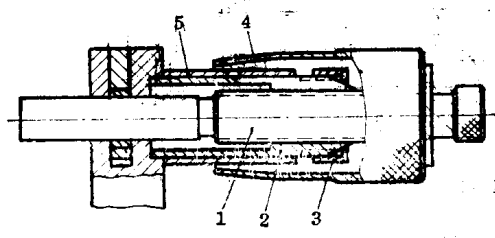


图 1-11 千分卡螺旋机构

精读分划线是根据微动机构的最小微动量 $s_{\min}$ 刻制, 其关系是

$$s_{\min} = P \frac{\Delta\varphi}{360^\circ}$$

式中 $\Delta\varphi$ 是人手轻微转动手轮的最小转角, 称为人手的灵敏度。当手轮直径为 $\phi 15 \sim \phi 60$ 时 $\Delta\varphi$ 为 $1^\circ \sim 15'$ 。手轮直径愈大, 灵敏度愈高, 但手轮太大会使结构增大。减小螺距也可以提高灵敏度, 但螺距太小, 加工困难, 易磨损。

2. 螺杆转动, 螺母移动的微动调整机构

图 1-12 的显微镜纵向测微螺旋机构和图 1-13 的移动拖板微动螺旋机构均属此类机构。两图中, 转动与螺杆 2 固连的手轮 1, 螺母 3 带动工作台或拖板 4 作移动。

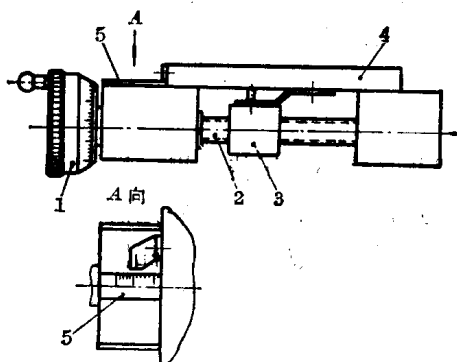


图 1-12 显微镜纵向测微螺旋机构

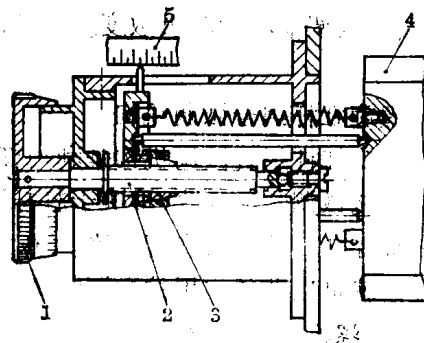


图 1-13 拖板微动螺旋机构