

化工工人技术理论培训教材



测量与误差

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

化工工人技术理论培训教材

测 量 与 误 差

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

测量与误差/化学工业部人事教育司、化学工业部教育培训中心组织编写. -北京:化学工业出版社,1997 化工工人技术理论培训教材
ISBN 7-5025-1757-X

I. 测… II. ①化… ②化… III. ①技术测量-技术培训-教材②公差-技术培训-教材 N. TG8

中国版本图书馆 CIP 数据核字第 12747 号

测量与误差

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑:王丽娜

责任校对:顾淑云

封面设计:于 兵

*

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
新华书店北京发行所经销
北京市联华印刷厂印刷
三河市延风装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 4 1/2 字数 121 千字

1997 年 1 月第 1 版 1997 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数:1—5000

ISBN 7-5025-1757-X/G · 443

定 价:8.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买化工版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要，提高工人的技术理论水平和实际操作技能，我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求，组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中，遵循了“坚持标准，结合实际，立足现状，着眼发展，体现特点，突出技能，结构合理，内容精炼，深浅适度”的指导思想，以“等级标准”为依据，以“计划和大纲”为蓝图，从有利于教师教学和方便工人自学出发，力求教材内容能适应化工生产技术的发展和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容，在编制教学计划和划定大纲时，在充分理解等级标准的基础上，吸取了国外职业教育的成功经验，对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解，作为理论教学的基本单位，称之为“单元”。在计划和大纲中，168 个工种按五个专业大类（及公共课）将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动，把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起，分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册：《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

AB CB 24

有机化工类单元教材共 7 册：《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应（一）》、《有机化学反应（二）》、《有机化学反应（三）》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册：《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表（一）》、《化工分析仪表（二）》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册：《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册：《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册：《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写》、《标准化基础知

识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容，以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

本套教材的组织编写，得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心

1996年3月

内 容 提 要

本书共分两个单元：常用量具单元和测量与误差单元。其中常用量具单元主要介绍了线纹类量具、游标类量具、测微类量具、指示类量具、角度类量具及其他常用的塞尺、量规等的构造、原理、使用方法及使用的注意事项。而测量与误差单元则对测量中存在的随机误差、系统误差、粗大误差产生的原因、特征、判别及消除方法做具体介绍，同时介绍了误差的合成及近似数计算与数据处理的基本方法。

本书主要用于初中以上文化程度的在岗检修钳工的技术理论培训，使工人具有“工人技术等级标准”中对本工种关于“常用量具”和“测量与误差”单元提出的基本技术要求，并为检修中对工件尺寸的准确测量及减小测量误差影响打下基础。

目 录

常用量具 (检 022)	1
第一章 基础知识	2
第一节 常用量具在检修中的作用	2
第二节 量具常用的名词术语	2
第三节 长度和角度计量单位的定义及换算方法	3
第二章 线纹类量具	6
第一节 钢直尺	6
第二节 钢卷尺	7
第三章 游标类量具	11
第一节 概述	11
第二节 游标卡尺	12
第三节 深度游标卡尺	18
第四节 高度游标卡尺	20
第五节 齿厚游标卡尺	22
第四章 测微类量具	24
第一节 测微类量具的种类、名称、工作原理	24
第二节 外径千分尺	25
第三节 内径千分尺	29
第四节 内测千分尺	32
第五节 深度千分尺	33
第五章 指示类量具	36
第一节 指示类量具工作原理及其分类	36
第二节 百分表	36
第三节 杠杆百分表	40
第四节 内径百分表	44

第六章 角度类量具	48
第一节 直角尺	48
第二节 万能角度尺	52
第三节 水平仪	58
第七章 其他常用量具	63
第一节 塞尺	63
第二节 检验平尺	64
第三节 光滑量规	66
第四节 锥度量规	69
第五节 螺纹量规	70
第八章 计量器具选择	74
第一节 计量器具的选择原则	74
第二节 计量器具和测量方法正确选用的具体步骤和实例	78
参考资料	79
测量与误差 (检 024)	81
第一章 测量的基础知识	82
第一节 测量的基本概念	82
第二节 测量的四大要素	82
第三节 测量方法的分类	82
第二章 测量误差概念和分类	85
第一节 误差公理	85
第二节 测量误差的定义及表示方法	86
第三节 测量误差的来源和分类	88
第四节 精密度、正确度、准确度	89
第三章 随机误差	92
第一节 随机误差产生原因、分布规律及其特性	92
第二节 随机误差分布特征的评价	94
第三节 算术平均值原理	96
第四节 测量的实验标准偏差	98
第五节 测量的随机不确定度	105

第六节 直接测量的数据处理	107
第四章 系统误差	111
第一节 系统误差的来源、特征和对测量结果的影响	111
第二节 定值系统误差的发现和消除	112
第五章 粗大误差	117
第一节 粗大误差产生的原因及特性	117
第二节 判别和消除粗大误差的准则	117
第六章 误差的合成	122
第一节 系统误差的合成	122
第二节 随机不确定度的合成——方和根法	124
第三节 测量总不确定度的合成	125
第七章 近似数计算与数据处理	127
第一节 有效数字和近似数	127
第二节 近似数修约规则和舍入误差	128
第三节 近似数的运算	129
参考资料	131

常 用 量 具

(检 022)

吉化公司重型机器厂 李振祥 编
吉化公司职教处 姬淑珍 审

第一章 基础知识

第一节 常用量具在检修中的作用

常用量具是指化工设备检修过程中普遍使用的测量工具。它是保证量值准确统一和产品质量的重要手段之一。由于这些量具具有结构简单、使用方便等特点，因此得到广泛的应用。

只有熟练掌握常用量具的基本知识，如量具名称、规格、结构原理、测量误差等并能正确合理的使用和及时维护保养，才能做到准确的测量。这对提高检修质量，降低检修成本有着重要作用。

在化工设备检修中，常用的量具有：

1. 线纹类量具：如钢直尺和钢卷尺等。
2. 游标类量具：如游标卡尺、游标高度尺和游标深度尺等。
3. 测微类量具：如千分尺、内径千分尺和深度千分尺等。
4. 指示类量具：如百分表、内径百分表和杠杆百分表等。
5. 角度测量用量具：如直角尺、万能角度规和水平仪等。
6. 其他常用量具：如塞尺和各种量规等。

第二节 量具常用的名词术语

1. 刻线距离——刻度尺上相邻两条刻线之间距离。
2. 分度值——刻度尺上相邻两条刻线所代表的长度单位数值。
3. 测量范围——量具所能测量的最小值到最大值的范围。
4. 示值范围——量具所能显示的最低值到最高值的范围。
5. 测量力——在接触测量过程中，量具测头和被测量件表面接触时产生的机械力。
6. 示值稳定性——在外界条件不变的情况下，对同一被测量连续多次重复测量（一般5~10次），量具示值变动的最大差值。有时也叫

示值变化、示值变差和示值重复性等。

7. 示值误差——量具的标称值和示值之间的差值。

8. 传动放大比（放大倍数）——测量仪的指针沿直线或角度的位移与引起此位移的长度之比。

9. 灵敏度——计量器具对被测量变化的反应能力。

10. 回程误差——在相同条件下，计量器具正、反行程在同一点上得到测量值之差的绝对值。

11. 准确度等级——根据计量器具准确度高低所划分的等别和级别。

12. 计量器具——用以直接或间接测出被测对象量值的量具、仪器、仪表和计量装置等统称计量器具。

第三节 长度和角度计量单位的定义及换算方法

一、长度计量单位定义及换算

1. 计量单位制与符号

我国现在的长度计量单位采用国际单位制，其国际符号是(SI)。基本单位的中文名称和符号为“米”，国际符号为“m”。米是光在真空中($1/299792458$) s (秒) 时间间隔内所经路径的长度。

2. 常用的长度计量单位换算

(1) “千米”符号为“km”， $1\text{km}=1000\text{m}=10^3\text{m}$ 。

(2) “分米”符号为“dm”， $1\text{dm}=0.1\text{m}=10^{-1}\text{m}$ 。

(3) “厘米”符号为“cm”， $1\text{cm}=0.01\text{m}=10^{-2}\text{m}$ 。

(4) “毫米”符号为“mm”， $1\text{mm}=0.001\text{m}=10^{-3}\text{m}$ 。

(5) “微米”符号为“ μm ”， $1\mu\text{m}=0.001\text{mm}=0.000001\text{m}=10^{-6}\text{m}$ 。

二、角度的计量单位及换算

1. 角度的定义

由两条直线或两个平面相交，即组成角。角的大小用一定的计量单位表示即称为角度。如图 1-1 (a)、(b) 所示。

2. 角度的计量单位和符号

角度的计量单位有两种：

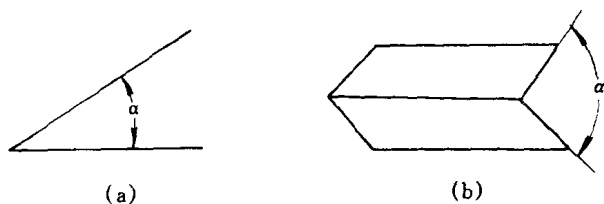


图 1-1 角度

(1) 弧度：在一个圆内，两条半径间夹角在圆周上所截取的弧长恰好等于半径的长度时，定义为一弧度，符号为“rad”。一圆周角等于 2π 弧度，即 $360^\circ = 2\pi\text{rad}$ 。 $1\text{rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57.295779^\circ = 57^\circ 17' 45''$ 。

(2) 角度：单位符号为度 (°)、分 (′) 和秒 (″)。把一圆周角分成 360 等份，每一等份为 1 度；把 1 度分成 60 等份，每 1 等份为 1 分；把 1 分再分成 60 等份，每一等份为 1 秒。

3. 角度和弧度的换算关系

$$360^\circ = 2\pi\text{rad} = 6.283185\text{rad}$$

$$1^\circ = \frac{1}{57.296}\text{rad} = 0.017453\text{rad}$$

$$1' = \frac{1}{3438}\text{rad} = 0.000291\text{rad}$$

$$1'' = \frac{1}{206265}\text{rad} = 0.000005\text{rad}$$

为了方便，表 1-1 列出了角度与弧度的换算表。

表 1-1 角度与弧度的换算

角度	弧 度	角度	弧 度	角度	弧 度	角度	弧 度
1″	0.000005	6″	0.000029	20″	0.000097	2′	0.000582
2″	0.000010	7″	0.000034	30″	0.000145	3′	0.000873
3″	0.000015	8″	0.000039	40″	0.000194	4′	0.001164
4″	0.000019	9″	0.000044	50″	0.000242	5′	0.001454
5″	0.000024	10″	0.000048	1′	0.000291	6′	0.001745

续表

角度	弧 度	角度	弧 度	角度	弧 度	角度	弧 度
7'	0.002036	2°	0.034907	20°	0.349066	120°	2.094359
8'	0.002327	3°	0.052360	30°	0.523599	150°	2.617994
9'	0.002618	4°	0.069813	40°	0.698132	180°	3.141593
10'	0.002909	5°	0.087266	50°	0.872665	200°	3.490659
20'	0.005818	6°	0.104720	60°	1.047198	250°	4.363323
30'	0.008727	7°	0.122173	70°	1.221730	270°	4.712389
40'	0.011636	8°	0.139626	80°	1.396263	300°	5.235988
50'	0.014544	9°	0.157080	90°	1.570796	360°	6.283185
1°	0.017453	10°	0.174533	100°	1.745329		

第二章 线纹类量具

第一节 钢 直 尺

一、钢直尺的构造和用途

钢直尺为普通测量长度量具，可用于确定两点（位置）间的距离，粗略地测量工件的长、宽、高、深、厚等几何尺寸。

钢直尺一般由矩形钢片制成，两边刻有线纹。钢直尺的全长分为150、300、500、1000、1500、2000（mm）等几种。尺的方形一端为工作端，另一端为半圆形，附悬挂孔。其外形如图 2-1 所示。

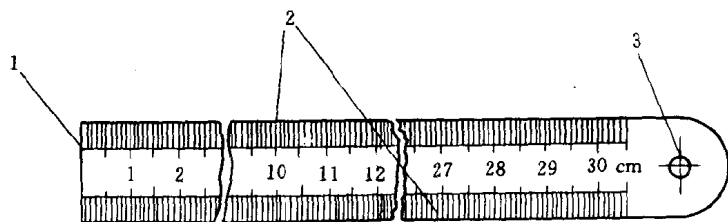


图 2-1 钢直尺示意图

1—工作端；2—侧边；3—悬挂孔

钢直尺的分度值为 1mm，也有的在起始 50mm 内加刻 0.5mm 的分度。

二、钢直尺的精度

钢直尺的全长、厘米分度，毫米分度、半毫米分度的允许误差不应超过表 2-1 的规定。

钢直尺任一中间线纹到尺的工作端或末端线纹的允许误差，不应超过表 2-2 的规定。

表 2-1 钢直尺的允许误差

标称长度/mm	全长允差/mm	厘米分度允差/mm	毫米、半毫米允差/mm
150	± 0.10	± 0.08	± 0.05
300	± 0.10	± 0.08	± 0.05
500	± 0.15	± 0.08	± 0.05
1000	± 0.20	± 0.08	± 0.05
1500	± 0.27	± 0.08	± 0.05
2000	± 0.35	± 0.08	± 0.05

三、钢直尺的使用方法和注意
事项

- 1. 钢直尺必须经常保持良好状态，不能锈蚀，损伤或弯曲，尺的端边和长边应保持相应垂直。
- 2. 测量时其位置应根据形状确定，如测量矩形工件时，应使钢直尺端边与工件的一边垂直。

表 2-2 钢直尺任一中间线纹到
工作端或末端线纹的允许误差

尺寸范围/mm	允差/mm
>1~300	± 0.10
>300~500	± 0.15
>500~1000	± 0.20
>1000~1500	± 0.27
>1500~2000	± 0.35

- 3. 测量圆柱形工件时，应使钢直尺的刻线面与圆柱体轴线平行。
- 4. 测量圆柱形工件外径或孔径时，应使钢直尺靠着工件一边并来回移动该尺，然后求得最大读数值，即为实际测量结果。

第二节 钢 卷 尺

一、钢卷尺的种类、规格和构造

钢卷尺为普通测量长度用量具，按其结构不同可分为自卷式卷尺，制动式卷尺，盒式摇卷尺和架式摇卷尺四种，其中对 5m 以下（包括