

企业计量检测 技术与解答

QIYE JILIANG JIANCE JISHU YU JIEDA

梁春裕 赵家贵 赵小燕 编著



中国计量出版社



企业计量检测技术与解答

梁春裕 赵家贵 赵小燕 编著

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

企业计量检测技术与解答/梁春裕等编著. —北京: 中国计量出版社, 2006. 9
ISBN 7-5026-2505-4

I. 企… II. 梁… III. 企业管理—计量 IV. F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 104965 号

内 容 提 要

本书以问答形式详细介绍了企业计量检测中所涉及的计量检测理论和长度、角度及工程参数检测, 力学参数检测, 热电参数检测和新技术应用等方面内容。

本书兼顾了理论与实践, 普及与提高, 一般与重点的关系, 可供计量管理、计量检测人员学习参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

[http: // www. zgjl. com. cn](http://www.zgjl.com.cn)

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1168 mm 16 开本 印张 19.75 字数 480 千字

2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价: 48.00 元

前 言

中国企业经历多年改革,体制、观念已发生巨大的变化。随着我国加入 WTO 以及 ISO 9000 国际标准的深入贯彻,企业的经营理念、管理方法不断更新,追求高质量,节能降耗增加效益,占领国际市场已是企业不懈的目标。

企业计量检测,顾名思义即企业计量检定,检验,测量、测试等,然而为提高质量、节约能源、增加效益提供全面计量保证,它应覆盖企业以测量为基础的全方位的检测活动,显然这比企业计量概念的内涵要拓宽很多。本书为适应当前的形势,从现实企业实际需要出发,站在计量检测这个视角,为企业计量检测工作提供基础知识和方法。

本书分五章,第一章为技术基础部分,第二、三、四章分别为长度、角度、力学参数、热电参数检测,第五章为新技术应用。本书编写思路有以下特点:

(1) 按企业经营及质量的全面计量保证要求研讨企业计量检测的内容,归纳为四类:计量检定(校准),量值测定,检验,量值(参数)监控等。如量块、千分尺、热电偶检定(校准)为计量检定(校准);企业水、电、油消耗及铜、铝产出量的计量属于量值测定;产品零部件是否合格的检测属于检验;煤气罐安全压力的测量控制、热处理炉温的测量控制以及环境参数监控等属于量值(参数)监控。

(2) 鉴于计量检测覆盖企业全方位的检测活动,测量的内容、场合与条件、技术要求,较企业计量都有很大不同。因此,在技术基础一章中,除了单位和单位制、测量误差及不确定度、计量器具选择原则外,对计量器具动态特性知识进行了介绍,增加了计量检测系统的组成和性能的讨论,增加了自动测量的篇幅,还增加了控制图技术介绍;为有助于理解从企业全方位研究计量检测问题,专门介绍了 ISO 9000 国际标准对企业计量检测要求,可以看到本书研讨内容与思路同国际标准要求相吻合。

(3) 企业检测内容繁多,涉及知识面较宽,本书尽量抓住重点,对各物理参数测量方法进行了归纳介绍,从长度、角度、力学参数、热电参数检测加以介绍。还对新技术应用做了简要介绍。以问答形式编写,突出实用,但受篇幅所限,在内容上不能面面俱到介绍。

本书读者对象是企业从事检测的计量,质量,工艺,设计技术及管理人员,以及高等院校相关专业师生。

本书第一、二章由梁春裕编写,第三、四、五章由赵家贵、赵小燕编写。

本书在编写过程中得到多方关心与帮助,中国计量出版社给予了大力支持指导,在此一并表示感谢。

特别应提到的是辽宁省计量院李健心同志为此书编写付出大量心血,并承担了对一、二章的审稿、誊写、输入微机等工作。不幸的是,她没能看到此书出版就离开了我们,只愿本书能为我国企业计量检测工作进步起到一定作用,算是对她英灵的告慰。

由于书中内容涉及面较广,编者的水平有限,书中或有疏漏,敬请读者提出批评指正。

编 者

2006 年 7 月 30 日

目 录

第一章 技术基础部分

1.1 单位和单位制	(1)
1.2 企业计量检测内容及分类	(6)
1.3 国际标准对企业计量检测的要求	(9)
1.4 计量检测系统结构和组成	(11)
1.5 计量检测系统的特性	(38)
1.6 测量误差及不确定度的评定	(65)
1.7 计量器具(测量设备)选择原则	(87)

第二章 长度、角度及工程参数计量检测

2.1 长度计量检测一般问题	(92)
2.2 尺寸检测	(96)
2.3 角度与表面粗糙度检测	(121)
2.4 螺纹与齿轮检测	(132)
2.5 形位误差检测	(147)

第三章 力学参数检测

3.1 质量的检测	(160)
3.2 力的检测	(180)
3.3 功率的检测	(190)
3.4 转速的检测	(197)
3.5 速度的检测	(199)
3.6 流速的检测	(202)
3.7 流体压力的检测	(204)
3.8 流量的检测	(210)
3.9 物位的检测	(224)
3.10 粘度的检测	(230)
3.11 振动的检测	(231)
3.12 声、噪声的检测	(235)

第四章 热电参数检测

4.1 温度的检测	(239)
4.2 湿度的检测	(258)
4.3 电流的检测	(265)
4.4 电压的检测	(269)
4.5 电场强度的检测	(275)
4.6 阻抗的检测	(278)
4.7 时间和频率的检测	(293)

第五章 新技术应用

5.1 智能仪表	(297)
5.2 多传感器技术	(300)
5.3 软测量技术	(302)
参考文献	(307)

第一章 技术基础部分

计量检测技术应用广泛，覆盖各学科领域。计量检测对象种类繁多，涉及物理学各个方面，要掌握计量检测技术，需要比较广泛的知识。

本章“问题”是属于计量检测技术中的共性问题，包括单位和单位制、企业计量检测内容及分类、国际标准对企业计量检测工作的要求、计量检测系统的组成、计量检测系统特性、测量误差及不确定度的评定、测量器具的选择等。

1.1 单位和单位制

【问题 1.1-1】何为单位制和国际单位制。

（解答）单位制是指，为给定量制按给定规则确定的一组基本单位和导出单位为单位制。

基本单位是可以任意选定的，由于基本单位选择不同，所组成的单位制也不一样。例如曾通行的英制及米制，又如，在米制中派生出的以厘米、克、秒为基本单位的 CGS（厘米·克·秒）制，以米、千克、秒、安培为基本单位的 MKSA（米、千克力、秒、安培）制，以米、千克力、秒为基本单位的 MKGFS（米、千克力、秒）制等，所以，在世界范围内曾通行和正在通行的单位制是很多的。

所谓国际单位制是指二战之后，各国深切感到多种单位制并存给国际间贸易往来和文化交流造成极大不便，于是 1948 年第九届国际计量大会起草了“国际实用单位制”，并在 1954 年第十届国际计量大会上，在征询意见基础上进行了修正，于 1960 年第十一届国际计量大会正式通过并命名为国际单位制，以国际通用符号 SI 表示。

【问题 1.1-2】简述国际单位制（SI）的构成及内容。

（解答）国际单位制构成，如表 1-1 所列。

表 1-1 国际单位制构成及内容



【问题 1.1-3】国际单位制有哪几个基本单位，如何定义的。

（解答）国际单位制共有 7 个基本单位，见表 1-2，定义如下：

表 1-2 SI 的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克 (公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安 [培]	A
热力学温度	开 [尔文]	K
物质的量	摩 [尔]	mol
发光强度	坎 [德拉]	cd

注:

1. 圆括号中的名称, 是它前面的名称的同义词, 下同。
2. 无方括号的量的名称与单位名称均为全称。方括号中的字, 在不致引起混淆、误解的情况下, 可以省略。去掉方括号中的字即为名称的简称。下同。
3. 本标准所称的符号, 除特殊指明外, 均指我国法定计量单位中所规定的符号及国际符号。下同。
4. 人民生活和贸易中, 质量习惯称为重量。

1. 米 (m)

米是光在真空中于 $1/299\,792\,458\text{ s}$ 的时间间隔内所经路径的长度。

2. 千克 (公斤) (kg)

千克是质量单位, 它等于国际千克原器的质量。

3. 秒 (s)

秒是与铯-133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 $9\,192\,631\,770$ 个周期的持续时间。

4. 安 [培] (A)

安培是电流单位。在真空中, 截面积可忽略的两根相距 1 米的无限长平行圆直导线内通以等量恒定电流时, 若导线间相互作用力在每米长度上为 2×10^{-7} 牛顿, 则每根导线中的电流为 1 安培。

5. 开 [尔文] (K)

开尔文是热力学温度单位, 等于水的三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。

6. 摩 [尔] (mol)

摩尔是一系统的物质的量, 该系统中所包含的基本单元数与 0.012 千克碳-12 的原子数目相等。

使用摩尔时, 基本单元应予指明, 可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子, 或是这些粒子的特定组合。

7. [坎德拉] (cd)

坎德拉是一光源在给定方向上的发光强度, 该光源发出频率为 $540 \times 10^{12}\text{ Hz}$ 的单色辐

射，且在此方向上的辐射强度为 $1/683 \text{ W/sr}$ 。

【问题 1.1 -4】何谓导出单位，国际单位制中规定了哪些导出单位。

（解答）导出单位是用基本单位以代数形式表示的单位。这种单位符号中的乘和除采用数学符号。例如速度的 SI 单位为米每秒（ m/s ）即为导出单位。属于这种形式的单位称为组合单位。

在导出单位中，对于某些常用的，为使用方便国际计量大会赋予并通过了专门名称和符号，称为具有专门名称的 SI 导出单位，例如热和能量的单位用焦耳（J）代替牛顿米（ $\text{N} \cdot \text{m}$ ）。其他详见表 1-3 和表 1-4。

SI 单位弧度和球面度称为辅助单位，它们是具有专门名称和符号量纲一的量的导出单位。在许多实际情况中，用专门名称弧度（rad）和球面度（sr）分别代替数字 1 是方便的。例如角速度的 SI 单位可写成弧度每秒（ rad/s ）。

综上，用 SI 的基本单位和具有专门名称的 SI 导出单位或（和）SI 辅助单位以代数形式表示的单位，称为组合形式的 SI 导出单位。

基本单位和导出单位属于一贯制单位，简言之导出单位都是根据该量的定义式由基本单位直接得出，换言之从该量的量纲式用基本单位符号替换量纲符号直接得到，关于量纲参见【问题 1.1 -7】。例如速度量的量纲定义式是长度量除以时间量，量纲为 LT^{-1} ，则导出单位为 m/s 。

表 1-3 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	单位名称	符号	用 SI 基本单位和导出单位表示
[平面] 角	弧度	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
立体角	球面度	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
频率	赫[兹]	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
力重量	牛[顿]	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
压力，压强；应力	帕[斯卡]	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
能[量]；热量；功	焦[耳]	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
功率；辐[射能]通量	瓦[特]	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
电荷[量]	库[仑]	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
电压，电动势，电位，（电势）	伏[特]	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
电容	法[拉]	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
电阻	欧[姆]	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
电导	西[门子]	S	$1 \text{ S} = 1 \text{ A/V}$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
磁通[量]密度，磁感应强度	特[斯拉]	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
电感	亨[利]	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$
光通量	流[明]	lm	$1 \text{ lm} = \text{cd} \cdot \text{sr}$
[光] 照度	勒[克斯]	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$

表 1-4 由于人类健康安全防护上的需要而确定的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	单位名称	符号	用 SI 基本单位和导出单位表示
[放射性] 活度	贝可 [勒尔]	B _q	1 B _q = 1 s ⁻¹
吸收剂量 比授 [预] 能 比释动能 剂量当量	戈 [瑞] 希 [沃特]	Gy sv	1 Gy = 1 J/kg 1 sv = 1 J/kg

【问题 1.1-5】为了构成 SI 单位的十进倍数与分数单位，国际单位制设定多少词头，它们的名称、符号、简称是如何规定的，使用方法又有哪些主要规定。

（解答）为了得到 SI 单位的十进倍数与分数单位，国际单位制规定了 20 个词头，其量级为 10⁻²⁴ ~ 10²⁴，它的名称（中、英文）及符号见表 1-5，它的中文符号是它的简称。

表 1-5 用于构成十进倍数和分数单位的词头

因数	词头名称		符号
	英文	中文	
10 ²⁴	yotta	尧 [它]	Y
10 ²¹	zeta	泽 [它]	Z
10 ¹⁸	exa	艾 [可萨]	E
10 ¹⁵	Peta	拍 [它]	P
10 ¹²	tera	太 [拉]	T
10 ⁹	giga	吉 [咖]	G
10 ⁶	mega	兆	M
10 ³	kilo	千	k
10 ²	hecto	百	h
10 ¹	deca	十	da
10 ⁻¹	deci	分	d
10 ⁻²	centi	厘	c
10 ⁻³	milli	毫	m
10 ⁻⁶	micro	微	μ
10 ⁻⁹	nano	纳 [诺]	n
10 ⁻¹²	pico	皮 [可]	p
10 ⁻¹⁵	femto	飞 [母托]	f
10 ⁻¹⁸	atto	阿 [托]	a
10 ⁻²¹	zepto	仄 [普托]	z
10 ⁻²⁴	yocto	幺 [科托]	y

对于词头符号的使用有以下主要规定：

词头符号与紧接的单位符号应作为一个整体对待，它们共同组成一个新单位，即十进倍数或分数单位，并具有相同的幂次，而且还可以和其他单位构成组合单位。词头不得重复使用，如 nm 不能写成 mμm。

词头的选用应使 SI 倍数单位使用方便,其数值处于实用范围。一般应使量的数值处于 0.1~1 000 之间。例如 $1.2 \times 10^4 \text{ N}$ 可写成 12 kN,又如 0.003 94 m 可写成 3.94 mm。

组合单位的倍数单位一般只用一个词头,并尽量用于组合单位中的第一个单位。如力矩单位 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 不宜写成 $\text{N} \cdot \text{km}$;通过相除构成的组合单位,其词头一般都应加在分子的第一个单位之前,但质量单位除外。例如摩尔热力学单位 kJ/mol ,不宜写成 J/mmole 。质量能单位可以写成 kJ/kg 。

摄氏温度单位摄氏度,角度单位度、分、秒与时间单位日、时、分等不得用 SI 词头构成倍数单位。

词头 h (百), da (十), d (分), c (厘) 一般用于某些长度面积和体积单位。

SI 单位的十进倍数和分类单位,是由 SI 词头和 SI 单位组成的 SI 单位的十进倍数和分数单位,亦属于国际单位制单位,但不属于一贯制单位。如 cm 厘米, μF (微法), mN (毫牛) 等。

【问题 1.1-6】我国选定的非国际单位制单位有哪些。

(解答)我国法定计量单位全面采用了国际单位制,只在并用单位和制外单位方面,根据国情作了适当的增删,这些单位统称为国家选定的非国际单位制单位,如表 1-6 所列。

表 1-6 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	1 min = 60 s
	[小] 时	h	1 h = 60 min = 3 600 s
	天 [日]	d	1 d = 24 h = 86 400 s
平面角	[角] 秒	($''$)	1 $''$ = ($\pi/648\,000$) rad (π)
	[角] 分	($'$)	1 $'$ = 60 $''$ = ($\pi/10\,800$) rad
	度	($^\circ$)	1 $^\circ$ = 60 $'$ = ($\pi/180$)
体积	升	L, (l)	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
质量	吨	t	1 t = 10 ³ kg
	原子质量单位	u	1 u $\approx$ 1.660 565 5 $\times$ 10 ⁻²⁷ kg
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min = (1/60) s ⁻¹
长度	海里	n mile	1 n mile = 1 852 m (只用于航行)
速度	节	kn	1 kn = 1 n
			mile/h = (1 852/3 600) m/s
能	电子伏	eV	1 eV $\approx$ 1.602 189 2 $\times$ 10 ⁻¹⁹
级差	分贝	dB	
线密度	特 [克斯]	tex	1 tex = 1 g/km
面积	公顷	hm ²	1 hm = 10 ⁴ m ²

注:

1. 平面角度单位度、分、秒的符号,在组合单位中应采用 ($^\circ$)、($'$)、($''$) 的形式。例如,不用 $^\circ/\text{s}$ 而用 ($^\circ$)/s。
2. 升的符号中,小写字母 l 为备用符号。
3. 公顷的国际通用符号为 ha。

【问题 1.1-7】什么叫量纲，有什么作用。

（解答）自然界中许多现象、物体和物质具有可以定性区别和定量确定的属性，如路程的远近、物体的轻重、山的高矮等，称这些属性为量。自然界中存在各种各样的量，为了认识和研究它们之间的关系，总是有几个被约定地认为彼此独立的量，称为基本量。而其余的则用基本量，通过物理定义的函数关系所确定，称为导出量，这些保持确定关系的量的总和构成了量制。不难知道，选定基本量不同，量制也不同。

目前国际单位制的量制是以对应 7 个基本单位的量为基本量，其余皆应用这些量按函数关系所定义。例如，以长度、质量和时间为基本量的量制中，该三量表示为 L, M, T ，而力的量由牛顿第二定律定义，力 = 质量 × 加速度，则有 MLT^{-2} 。这些用基本量的幂乘积表示的各量的表达式，称为量纲。设导出量 Q 由基本量 $A_1, A_2, \dots, A_7$ 导出，其量纲表达式为：

$$\dim Q = \Theta = A_1^\alpha A_2^\beta \dots A_7^\eta$$

式中， $\dim Q$ ——导出量 Q 的量纲符号，亦可用正体大写字母表示。 $A_1, A_2, \dots, A_7$ 为基本量量纲， $\alpha, \beta, \dots, \eta$ 为量纲指数。

国际单位制中，规定 7 个基本量的量纲为 L, M, T, I, Θ, N ，和 J ，则任何量的量纲一般表达式为：

$$\dim Q = \Theta = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\epsilon N^\zeta J^\eta$$

量纲式中，全部量纲指数为零，则量纲等于 1，称为无量纲量，例如，线性变形、摩擦因数、马赫数、折射率等。

研究量纲的实际意义，在于定性（不是定量的）地研究量与量之间关系。

例如，尺寸高、宽，光波波长，虽性质不同，均属于同类量，量纲均为 L ；速度量纲 V 表示它与基本量 L 和 T 间关系。

任何量的物理表达式，等号两边必须具有相同的量纲式，这是检验物理表达式正确与否的有效工具。

在一贯制单位制中，若导出量量纲式已经推出，用单位符号代替量纲符号，就得出导出单位符号。

例：试求力的量纲表达式和单位表达式

因为：

$$\text{力} = \text{质量} \times \text{加速度} = \text{质量} \times \frac{\text{长度}}{[\text{时间}]^2}$$

设 M, kg ——质量量纲及单位符号； L, m ——长度量纲及单位符号； T, s ——时间量纲及单位符号。由物理定义可知力的量纲表达式为 $\dim F = MLT^{-2}$ ，则力的单位可由量纲式中量纲符号换为单位符号即得： $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

1.2 企业计量检测内容及分类

【问题 1.2-1】怎样理解计量检测的含义，企业计量检测包含哪些内容。

（解答）企业计量检测简称企业计测，即企业计量检定、检验和测试。它覆盖了企业以

测量为基础全方位的检测活动。

在此，暂且不在词义上纠缠，现从实际需要去探讨研究企业计量检测的职责。

企业最高宗旨，是不断提高产品质量，占领市场，争取最大效益。企业计量检测要为实现这一宗旨提供保证，有以下内容：

(1) 检定（校准）：开展校准（检定），保证企业测量的量值具有溯源性。例如量程为 75 ~ 100 mm 一级千分尺，允许示值误差 ± 0.004 mm，需检定判断示值是否在允许的示值误差范围内，作出合格与否的结论。又如检定尺寸 10 mm 的 3 等量块，要选用合适的校准装置测出量块实际尺寸供使用，并给出检定极限误差为 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 作为示值误差。

此项工作是特殊的检测活动，它的突出特点是以所有的计量器具（测量设备）为检测对象。检定形式有两种：上面例中为前一种情况，为验证受检计量器具示值是否在规定的示值误差范围，判断检定对象合格否；后一种情况，为标定量具示值，并明确给出示值误差，（检定极限误差）。

总而言之，检定（校准）、进行量值传递是保证计量器具（设备）的示值误差在允许范围之内，使所有检测量值都能溯源到国家基标准上，实现量值准确。

(2) 量值测定：以确定量值为目的的检测活动。如企业水、煤、电、油、气消耗量的的计量，它只要求以一定准确度确定出被测量的大小，即完成了检测任务。

(3) 产品零部件检验：如加工零部件检验，图 1-1 所示，为轴径加工中检验；又如外构件及终端产品是否合格的判断测量等；

(4) 生产环境工艺条件保证：

如图 1-2 所示，对铝电解工艺要求温度为 945 ± 10 °C 的测量控制；又如管道流体压力测量控制；又如图 1-3 所示尼龙盐烘干温度最佳状态为 120 ± 4 °C 的测量控制。

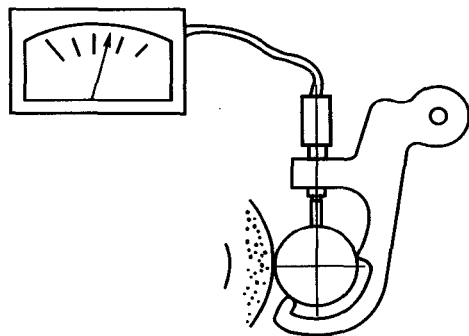


图 1-1 外径磨削加工中检验

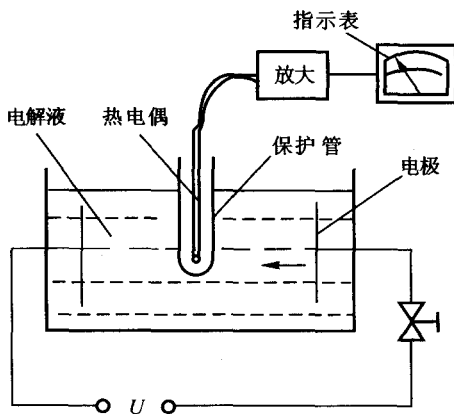


图 1-2 铝电解液温度控制

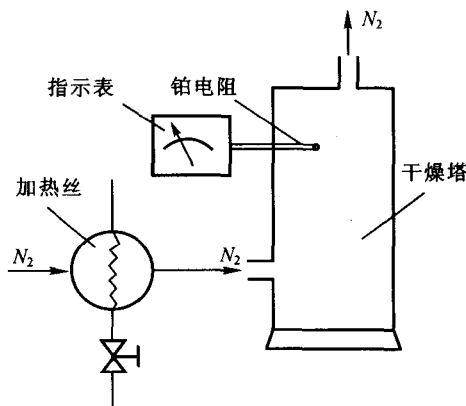


图 1-3 干燥塔温度控制

(5) 经济核算和经营条件保证：如资源、能源消耗、产出量的计量。

(6) 安全监测：如对煤气储存大罐内压力要求 1 ± 0.04 kPa 进行监测；又如图 1-4 所示，为安全供应过热蒸气，要求对锅炉内水温为 $(100 \pm 4)^\circ\text{C}$ 进行监测等。

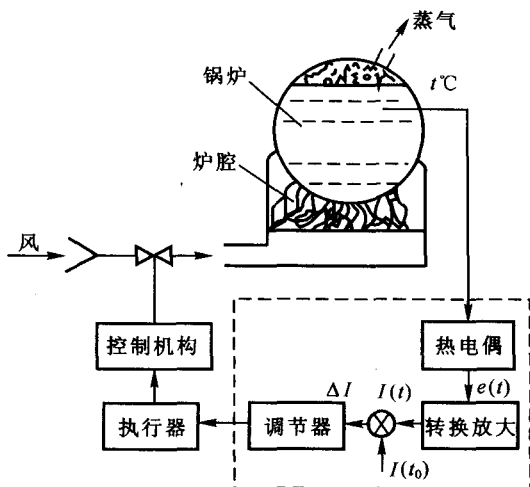


图 1-4 过热蒸气温度自动控制

(7) 其他方面计量检测：

如售后服务，仲裁计量要求的测量等。

【问题 1.2-2】企业计量检测怎样分类。

（解答）分析上面所述计量检测在企业中所承担的工作内容可知，计量检测活动都是以测量为基础。无论是哪一方面计量检测活动，都要先确定被测对象的具体量值，再根据后续活动中该量值的作用与功能不同，来区分计量检测活动的分类。如电耗计量，轴径检验，热处理炉温度测量控制等，先要测定耗电量，轴径尺寸及炉内温度。第一种情况，测定耗电量值后检测活动即结束，量值被直接送去经济核算；与前者不同，轴径尺寸测出后，还要根据该轴径量值相对标称值的偏差是否落在允许公差范围内，判断轴径质量是否合格，检测活动才算结束。因此，这种检测不仅要获取被测量量值，而且该量值还要同允许范围相比较，对被测对象作出评价结论；第三种情况，与前两者还不相同，测出温度后，不仅要判断温度是否在要求范围内，如果超出，还要控制温度恢复到要求范围内，并要连续监测。这种检测要连续监测被测量量值，并同规定的范围相比较，作为控制对象的依据。

根据对被测量值作用与功能的不同，企业计量检测分为四类：

(1) 计量检定（校准）：此项工作是特殊的检测活动，它以所有的计量器具（测量设备）为检测对象，保证其示值误差在允许范围之内，使所有检测量值都能溯源到国家基标准上，以实现量值统一。

(2) 量值测定：以确定量值大小为目的计量检测活动。该类计量检测，只要求以一定准确度确定被测量大小即可，如水、电等资源、能源消耗及产出量的计量。

(3) 检验：测定对象量值，并根据该量值是否落在规定的公差（或允许误差）范围内，以判断是否合格的计量检测活动。

例如, 产品设计规定轴径尺寸为 $\phi 50 \begin{smallmatrix} +0.005 \\ -0.002 \end{smallmatrix}$, 检测加工出的轴径是否合格。此类计量检测活动, 不仅要测定被测量的具体大小, 同时还要判断是否在规定的公差(允差)范围内, 作出是否合格的结论。

对这类检测, 测量误差同被测量的公差(允差)有一定关系要求。若测量误差太大, 则检验的误判率升高, 会将不合格品误判为合格品, 或将合格品误判为废品。

企业中产品检验就属于这类计量检测活动, 是在企业中所占比重最大的检测活动。现代化生产中越来越多采用自动检验以及生产过程检验, 如图 1-1 所示, 这样, 测量仪器仪表(设备)的动态特性就不容忽视了。

(4) 量值(参数)监控: 监测量值, 并能根据监测信息, 将量值调整控制在允许范围内的计量检测活动。

例如要求热处理加热炉炉温保持在 $(1\ 500 \pm 30)^\circ\text{C}$ 内, 于是通过测量, 人为地或者采用带负反馈的自动调节装置, 控制炉温在要求的范围内。生产工艺条件监控, 环境条件监控及安全监控都属此类。现代化生产中, 此类计量检测活动比重越来越大, 要求越来越高, 对提高生产效率起到重大作用。

量值监控已经越来越多地采用于自动控制技术, 由此对测量仪器仪表(设备)的动态特性有所要求, 要应用自动控制原理进行研究。

【问题 1.2-3】企业计量检测有什么特点, 研究计量检测有哪些注意事项。

(解答) 企业计量检测包括企业全部检测活动。从这个视点出发, 企业计量检测同通常研究的企业计量相比有如下特点:

(1) 地点环境: 企业计量检测不仅在实验室进行, 更多是在生产现场进行;

(2) 检测对象: 除检定(校准)计量器具(测量设备)外, 还包括对产品零部件参数、环境条件参数、工业参数、以及安全、经营条件参数等的检测。这些对企业生产、经营正常运行都具有重要作用。

(3) 受检参数性质: 参数有静态的, 更多是动态的。特别是随着生产现代化程度不断提高, 自动测量, 加工中检验不但成为重要的发展趋势, 而且计量检测器具的动态特性也成为企业计量检测研究的重要内容。目前, 发达国家已逐渐将动态测量纳入到计量检测范畴, 作为重点关注对象。

综上所述可知, 研究计量检测活动应注意以下几点: ① 着眼点要侧重在生产现场; ② 计量器具(测量设备)动态特性不可忽视; ③ 计量检测与自控原理相结合, 需要了解自控原理知识; ④ 计量检测参数量大、面杂, 涉及更广泛的物理知识。

1.3 国际标准对企业计量检测的要求

【问题 1.3-1】简述 ISO 9000 现象。

(解答) 随着全球性自由贸易的发展, 市场竞争愈加剧烈, 对产品质量的要求越来越高, 各国政府及工业组织乃至公司、企业都不遗余力地提高产品质量, 以期占领市场, 保证自身的生存和发展。为适应这种潮流要求, 国际标准化组织在总结全面质量管理经验的基础上制定并发布了 ISO 9000《质量管理和质量保证》系列标准, 该系列标准对从生产全过程建立质量保证体系, 提供指南性要求, 达到不断改进质量的目的等方面都做了明确规定。

这一全新的科学的质量管理方法，得到了世界上许多国家的高度重视和普遍采用，形成全球性贯彻推行热潮，甚至某些国家和地区把供应商是否采用 ISO 9000 系列标准，并获得第三方质量体系认证作为开展自由贸易的一个条件。世界上，包括我国在内，质量体系认证工作迅速发展，并极大推动了全球化的质量管理和质量保证的活动，这就是所谓 ISO 9000 现象。

【问题 1.3 - 2】简要介绍 ISO 9000 标准中对计量检测工作的具体要求。

（解答）ISO 9000 系列标准将计量检测工作摆在十分重要的位置上，体现如下：

（1）在系列标准的 22 项要素中，有一项专题要素，专门论述《测量和试验设备的控制（检验、测量和试验设备）》，提出控制要求、要点，并从供方自身及提供产品服务的机构，提供测试服务的厂外机构，提出测量控制要求。而且明确提出：①“对产品开发、制造、安装和服务中的全部测量系统进行必要控制，以保证根据测量数据所作出的决策或活动的正确性”；②“对计量器具、仪器、探测设备、专门的试验设备以及有关计算机软件都应进行控制”；③在流程型工业中，“很多原材料、工艺和产品的信息均通过测量获取，这些测量的手段包括位于或临近工艺装置的测量仪器和试验室中的试验设备”都要控制。

（2）为了实现对测量和试验设备的控制，制定了“测量管理体系，测量过程和测量设备的要求”标准（ISO 10012），并对测量设备实施计量确认，并把测量作为过程加以控制。

（3）在 ISO 9000 系列标准中，22 项的要素中有六项要素涉及对计量检测的要求。可以说，在企业中从产品设计、开发、生产、销售全过程，都渗透有计量检测工作职责。

质量用各项参数量的指标评价，评价结论正确性，依赖于测量数据的准确性。因此，质量保证必须建筑在计量保证的基础上，健全完善的计量检测工作。

【问题 1.3 - 3】ISO 10012：2003 标准对企业计量检测工作有什么具体要求和新的内容。

（解答）该标准 ISO 10012：2003 已转化为 GB/T 19022—2003《测量管理体系测量过程和测量设备的要求》国家标准，对测量及测量设备有明确而严格要求，体现现代企业管理计量检测工作的思想，要点如下：

（1）标准定义“测量设备”，包括所有的测量器具、标准器、标准物质和辅助设备，以及进行测量所必须的资料。而且要求必须具备预期使用所要求的计量特性（如准确度、稳定性、量程和分辨力）。同时还指出“本术语既包括测试和检验过程中使用的，也包括校准中使用的设备”。

可以看出，标准所定义的测量设备，与本书探讨的计量检测工作覆盖内容相吻合。

（2）测量设备要实施计量确认。标准中所谓计量确认是指“确保测量设备符合预期使用要求的一组操作”，具体包括，校准和（检定），必要的调整与维修及随后的再校准，与设备预期使用计量要求比较，以便知道是否满足要求。之外还有封印和标签等。而预期使用要求，是根据产品和顾客要求而定出的，包括最大允许误差，量程，分辨力等。

可见计量确认程序，保证测量设备同使用要求的密切结合。

（3）把测量作为过程加以控制，这是新概念，意味着测量不单纯是用测量设备测量对象、量值的单行动，而是包含有资源（包括测量设备、软件、规范、人员），活动（包括有关操作），影响（造成测量后果的所有影响因素）内容。作为过程控制，要用闭环管理方式，使测量过程运行平稳，测量不确定度始终控制在预先规定的要求之内。因此，要采用统计技术方法进行监控，就像对生产过程进行质量监控一样。

(4) 采用量值溯源方式, 使测量结果具有溯源性。所谓量值的溯源性是指通过连续比较链, 使测量结果能与国家计量基准联系起来的特性。目前, 实现量值具有溯源性有两种途径: 量值传递和量值溯源。

量值传递就是目前我国现行的计量检定制度, 自上而下地按照国家检定系统表的规定逐级将国家基准量值传递到现场工作测量设备上; 检定按规程进行, 时间间隔、项目、测量范围必须按国家有关部门或地方有关部门的有关技术法规或规范确定。

而标准推荐的量值溯源方式, 则是自下而上地进行, 企业可根据自身需要选择校准(检定)单位, 校准项目以及时间间隔不受检定规程限制, 不一定逐级按准确度传递。体现了企业自主性、灵活性和实用性, 并具有很大优越性。

1.4 计量检测系统结构和组成

【问题 1.4-1】什么叫计量检测系统, 它由哪些环节组成。

(解答) 测量的目的就是将测量感知、转化、处理, 变成易于观测的指示量, 并显示或记录下来。

现以加工有机玻璃自动测厚为例说明, 如图 1-5 所示。用高压薄膜式差压气动量仪, 经过电气转换器, 在电感指示表上指示有机玻璃厚度变化情况。这里, 气动量仪根据流体力学原理感知有机玻璃板厚度微小变化量 Δh , 导致气室压力变化, 转换成针阀位移 f 。电感变换器又将位移 f 转换成电压量 e , 最后电感测微仪将电压量 e 转换成指针位移 S , 表征被测对象厚度变化 Δh 。可见, 完整的测量是由若干级转换环节构成, 可画成方框图, 如图 1-6 所示。由此, 为了实现测量, 由若干功能不同的转换环节逐级递接构成一个紧密的系统, 称为计量检测系统, 或叫测量链。

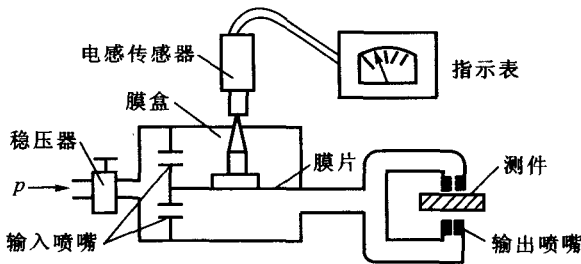


图 1-5 有机玻璃厚度加工中测量

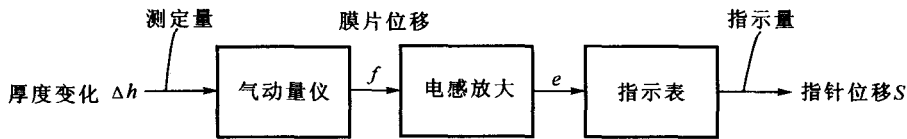


图 1-6 有机玻璃板厚度自动测量方框图

为了研究方便, 将计量检测系统各转换环节按性质区分为三类:

(1) 传感器: 处在系统的始端, 直接感受被测量变化的转换环节, 也叫系统的输入部