

工业测量方法手册

〔日〕内藤 正主编
中国标准出版社

工业测量方法手册

〔日〕内藤 正 主编

《工业测量方法手册》翻译组 译

中国标准出版社

内 容 提 要

本手册对工业测量方面的各种测量原理、测量方法、测量器具以及测量时的注意事项进行了全面论述。对每个常用的物理量和化学量从建立计量基准、标准直到在工厂进行测量的方法、设备都给予了较详细的介绍。

本书可供各级计量部门、工矿企业、大专院校和科研单位从事计量测试工作的有关人员使用。

译者的话

《工业测量方法手册》是一本综合性大型工具书。本手册对工业测量方面的各种测量原理、测量方法、测量器具以及测量时的注意事项进行了全面论述。对每个常用的物理量和化学量从建立计量基准、标准直到在工厂进行测量的方法、设备都给予了较详细的介绍。对于计量学和测试技术方面国际上普遍采用的最新技术在相应的章节中均有反应。

本书对读者学习计量学和测试技术的有关知识，了解有关的测量方法，查阅有关的数据均有很大帮助。因此，本书可供在各级计量部门、工矿企业、大专院校和科研单位从事计量测试工作的有关人员参考。

本手册由日本从事计量、测试科研、教学、生产的近 50 名专家教授集体编写而成。由青山学院大学教授内藤正主编。

参加本手册翻译的有中国计量科学研究院等单位的同志，名单如下：

翁瑞琪 (译 1.1~1.4、
5.3~5.4、5.6)

刘智敏 (译 1.5)

张凤翔 (译 1.6、7.4)

李长锁 (译 2.1~2.2)

张绍田 (译 2.3)

袁先富 (译 2.4~2.7、
5.1~5.2、6.4、
7.5、)

孙瑞娴 (译 3.1、附录 1)

徐爱娣 (译 3.2~3.3、3.5)

杨益森 (译 3.4)

宋永林 (译 4.1、4.2)

房景富 } (译 5.5)
韩慧文 }

谢纪绩 (译 5.7)

廉育英 (译 5.8)

陈惠钊 (译 5.9、6.3)

黄美超 (译 6.1~6.2)

高维坚 (译 7.1~7.3)

夏国泰 (译 8.1~8.5)

张晋纯 } (译 9.1~9.4、
薛君敖 } 10.1~10.5、
12.1~12.5)

王金玉 (译 11.1~11.2、

附录 2)

本手册由袁先富、张国枢、张昭田校对，袁先富总校。

原书附录翻译时只取了两个，并根据最新资料译出。

由于译者水平有限，如有错误或不当之处，请批评指正。

1982年8月

11154/57

原 书 序 言

目前生产事业一般均广泛应用工业测量技术。最近对与人类社会和自然环境有关的各种量的测量，要求更加迫切了。

测量从古代起就与人类社会生活同样得到关注，先人们已作过很多有创见性的工作。当今的工业化社会，如果没有测量技术就谈不到从原子能开发到宇宙、海洋开发，也谈不到作为安全和公害防范措施的环境测量、生物测量等领域。不但要求众多的技术人员具备测量技术和工业测量知识并且还能有效地运用。

工业测量技术的特点是，可以充分地利用电测技术的进步，利用自动控制理论和利用半导体元件的检测器以及利用计算机测量技术等。

从上述观点来看，出版本书是很有意义的。不仅象计量、测试控制技术人员，而且包括各工业部门一般的技术人员以及理工科的学生等都可作为读者对象，通过本书使他们能理解和掌握工业测量技术的基础和应用的有关事项，在各自的车间或教室容易有效地运用这些技术。

本书具有如下特点：

(1) 以新的观点将工业测量的技术内容分为 350 项，对每个项目分别进行了简单明了的说明，编辑时注意到编成一本容易查找的手册。

(2) 积极地收集了过去工业测量中没有采用过的技术并在第 12 章中进行分类整理，试图作到系统化，以充分揭示出目前工业测量的特点。

(3) 附录中收录了最新的国际单位制的单位、名词等。

在进行具体编辑过程中负担各项分类整理的各位编委先生们作出了很大努力，对此深表感谢。

最后，由于各种事情延长了本书的预订出版时间。对此深表歉意。同时，对从计划到出版这段时间内一直很热心的朝倉書店的各位先生深表谢意。

内藤 正

1976 年 8 月

目 录

1. 测量方法基础

1.1	单位、术语	(1)
1.1.1	单位制	(1)
1.1.2	日本工业标准 (JIS)	(5)
1.2	测量仪器的构成	(7)
1.2.1	检测部分	(7)
1.2.2	变换部分	(8)
1.2.3	传输部分	(9)
1.2.4	指示部分	(10)
1.3	测量方式	(10)
1.3.1	直接法、间接法	(10)
1.3.2	偏移法、零点法、自动平衡法	(10)
1.4	各物理定律、效应	(12)
1.4.1	欧姆定律	(15)
1.4.2	克希霍夫定律	(15)
1.4.3	费来明定律	(16)
1.4.4	法拉第感应定律	(17)
1.4.5	热力学定律	(18)
1.4.6	伯努利方程	(19)
1.4.7	各种物理效应	(20)
1.5	误差	(24)
1.5.1	误差的种类	(24)
1.5.2	精度、灵敏度	(26)
1.5.3	精度的表示法	(27)
1.5.4	溯源性(traceability)	(28)
1.5.5	误差论	(29)
1.5.6	误差的传播	(35)

1.6	自动控制	(37)
1.6.1	传递函数	(37)
1.6.2	动力学的表达	(41)
1.6.3	稳定理论	(45)
1.6.4	设计方法(动态特性补偿法)	(47)

2. 机械量的测量方法

2.1	长度、角度标准	(50)
2.1.1	长度标准	(50)
2.1.2	角度标准	(51)
2.2	长度、位移的测量法	(53)
2.2.1	用测量器具的机械测量法	(53)
2.2.2	用各种量规的测量方法	(57)
2.2.3	用电动测微计的测量方法	(57)
2.2.4	气动测微计	(60)
2.2.5	利用射线的测量方法	(60)
2.2.6	用显微镜的光学测量方法	(63)
2.2.7	用标准尺的测量方法	(65)
2.2.8	利用光波干涉的测量方法	(66)
2.3	角度测量法	(68)
2.3.1	机械式测量方法	(68)
2.3.2	光学式测量方法	(71)
2.3.3	重力式测量方法	(73)
2.3.4	角度块测量方法	(74)
2.4	形状、位置的测量方法	(76)
2.4.1	表面粗糙度与表面波度的测量	(76)
2.4.2	直线度与平面度测量	(80)
2.4.3	圆度与圆柱度的测量	(84)
2.4.4	球度的测量	(86)
2.4.5	线与面的轮廓度测量	(87)
2.4.6	平行度、垂直度及倾斜度的测量	(89)
2.4.7	位置的精密测量	(91)
2.5	自动测量的方式	(93)

2.5.1	质量管理和质量保证系统	(93)
2.5.2	自动化因素与自动化效率	(95)
2.6	自动测量机	(97)
2.6.1	自动检查、选择机	(98)
2.6.2	机械控制仪器	(103)
2.6.3	带数据处理装置的测量仪器	(110)
2.6.4	复合自动测量机	(113)
2.7	机械量测量的误差因素及消除措施	(117)
2.7.1	关于标准器	(117)
2.7.2	关于被测工件	(118)
2.7.3	关于测量仪器	(119)
2.7.4	关于人员 (工作人员和计划人员)	(121)
2.7.5	关于环境	(122)

3. 力学量的测量

3.1	质量	(125)
3.1.1	质量基准	(125)
3.1.2	杠杆	(126)
3.1.3	弹簧秤	(130)
3.1.4	天平	(131)
3.1.5	杠杆秤	(132)
3.1.6	台秤	(134)
3.1.7	起重用的秤	(136)
3.1.8	运输重量秤	(138)
3.1.9	重量计	(139)
3.1.10	定量秤	(140)
3.2	力	(141)
3.2.1	力的单位	(141)
3.2.2	用重力平衡的测力计	(143)
3.2.3	弹性测力计	(144)
3.2.4	弹性检定器	(147)
3.2.5	塑性变形测力计	(149)
3.2.6	压电效应测力计	(150)

3.2.7	磁应变测力计	(151)
3.2.8	应变引起电阻变化的测力计	(152)
3.2.9	流体压力测力计	(153)
3.3	功率	(155)
3.3.1	有效功率的测量	(155)
3.3.2	吸收功率计	(156)
3.3.3	传动功率计 (转矩计)	(161)
3.3.4	反作用功率计	(166)
3.4	时间、转速、速度、加速度	(167)
3.4.1	时间基准	(167)
3.4.2	时间测量法的分类	(169)
3.4.3	钟	(171)
3.4.4	瞬时摄影	(172)
3.4.5	计数器	(173)
3.4.6	旋转速度的测量法	(174)
3.4.7	晶体管型电容转速表	(176)
3.4.8	频闪式转速表	(178)
3.4.9	电子计数式转速表	(179)
3.4.10	发电机式转速表	(182)
3.4.11	涡流式转速表	(184)
3.4.12	利用机械机构的转速表	(185)
3.4.13	利用流体作用的转速表	(187)
3.4.14	物体的运动速度	(188)
3.4.15	波动的传播速度	(190)
3.4.16	加速度计	(192)
3.5	振动与冲击	(193)
3.5.1	概要	(193)
3.5.2	振动的测量方法	(194)
3.5.3	冲击加速度的测定	(199)
3.5.4	机械式振动仪	(201)
3.5.5	电学式振动仪	(203)
3.5.6	简易式振动仪	(205)

4. 电学量的测量方法

4.1 电测仪器	(207)
4.1.1 电单位、溯源性	(207)
4.1.2 标准器	(212)
4.1.3 标准仪器	(216)
4.1.4 检流计	(219)
4.1.5 电位计	(221)
4.1.6 电位差计	(223)
4.1.7 电桥	(227)
4.1.8 指示电测仪表	(229)
4.1.9 数字式测量仪器	(235)
4.1.10 积算电表	(238)
4.1.11 记录仪	(240)
4.1.12 放大器	(241)
4.2 电学量的测量方法	(244)
4.2.1 电压的测量	(244)
4.2.2 电流的测量	(248)
4.2.3 功率的测量	(250)
4.2.4 相位角测量方法	(251)
4.2.5 频率、时间测量方法	(253)
4.2.6 电阻测量法	(255)
4.2.7 静电容测量法	(261)
4.2.8 电感测量	(265)
4.2.9 磁测量	(266)
4.2.10 电子运算回路	(270)

5. 流程量的测量方法

5.1 温度的测量	(273)
5.1.1 温度测量的标准(单位与温标)	(273)
5.1.2 实用温度计的种类和选择	(279)
5.1.3 热电温度计	(281)
5.1.4 电阻温度计	(296)

5.1.5	辐射温度计	(304)
5.1.6	液体温度计	(312)
5.1.7	压力式温度计	(318)
5.1.8	温度测量时的注意事项	(321)
5.1.9	特殊的温度测量法	(327)
5.2	湿度的测量	(332)
5.2.1	湿度与露点	(332)
5.2.2	各种湿度计的种类和选择	(335)
5.2.3	干湿球湿度计	(337)
5.2.4	露点湿度计	(340)
5.2.5	其他湿度计	(342)
5.2.6	湿度测定的注意事项	(342)
5.3	热量的测量	(343)
5.3.1	热量测量的基础	(343)
5.3.2	实用量热计	(346)
5.4	热流量的测量	(350)
5.4.1	热流量测量的基础	(350)
5.4.2	热传导率及温度传导率的测量	(352)
5.4.3	热迁移率的测量	(357)
5.4.4	发射率的测量	(357)
5.5	压力和真空测量	(360)
5.5.1	压力和真空的单位与标准	(360)
5.5.2	压力计和真空计的种类和选择	(361)
5.5.3	重锤式压力计	(361)
5.5.4	液体压力计	(363)
5.5.5	弹性压力计	(367)
5.5.6	电阻式压力计	(373)
5.5.7	压电式压力计	(373)
5.5.8	磁致伸缩压力计	(374)
5.5.9	其他压力计	(374)
5.5.10	压力测量的注意事项	(379)
5.5.11	麦克劳真空计	(381)
5.5.12	导热式真空计	(383)

5.5.13	其他真空计	(384)
5.5.14	高压的测量方法	(387)
5.6	液位的测量	(390)
5.6.1	液位测量方法的分类	(390)
5.6.2	直接测量法	(390)
5.6.3	电导率式测量法	(394)
5.6.4	静电容量式测量法	(396)
5.6.5	浮子式测量法	(397)
5.6.6	置换式测量法	(399)
5.6.7	差压式测量法	(401)
5.6.8	超声波测量法	(403)
5.6.9	射线测量法	(406)
5.6.10	液位测量方面的注意事项	(408)
5.7	流速和流量的测量	(411)
5.7.1	测量流速的方法	(411)
5.7.2	流速计	(413)
5.7.3	皮托管	(415)
5.7.4	热式流速计	(417)
5.7.5	流量计和流量测量方法的种类	(418)
5.7.6	用容器的方法	(420)
5.7.7	容积式流量计	(421)
5.7.8	浮子式流量计	(424)
5.7.9	用节流机构的方法	(426)
5.7.10	涡轮流量计	(429)
5.7.11	电磁流量计	(432)
5.7.12	超声波流量计	(435)
5.7.13	旋涡流量计	(437)
5.7.14	其他型式的流量计	(439)
5.8	密度和浓度的测量	(441)
5.8.1	密度测量的基础(单位)	(441)
5.8.2	密度计的分类	(443)
5.8.3	液体密度的测量	(445)
5.8.4	固体密度的测量	(446)

5.8.5	浓度计的基础(单位)	(448)
5.8.6	浓度测量法的分类	(448)
5.8.7	液体浓度的测量	(449)
5.8.8	射线浓度计	(451)
5.9	粘度的测量	(452)
5.9.1	粘度测量的基础	(452)
5.9.2	粘度计的分类及其主要特征	(456)
5.9.3	细管粘度计	(457)
5.9.4	旋转粘度计	(459)
5.9.5	落体粘度计	(461)
5.9.6	振动粘度计	(463)
5.9.7	平行平板粘度计	(464)
5.9.8	粘度测量和粘度计管理上的注意事项	(465)

6. 成分分析

6.1	概述	(476)
6.1.1	浓度和单位	(476)
6.1.2	浓度的标准和标准物质	(476)
6.1.3	测定时的安全措施	(477)
6.1.4	取样装置	(482)
6.2	气体分析	(486)
6.2.1	热传导率法	(486)
6.2.2	密度法	(489)
6.2.3	气相色谱法	(491)
6.2.4	质谱分析法	(497)
6.2.5	溶液导电率法	(501)
6.2.6	磁化率法	(503)
6.2.7	电离导电法	(506)
6.2.8	电极电位法	(510)
6.2.9	电解电流法	(512)
6.2.10	红外线吸收法	(514)
6.2.11	紫外线吸收法	(519)
6.2.12	光干涉法	(521)

6.2.13	火焰光度法	(522)
6.2.14	化学发光法	(524)
6.2.15	溶液比色法	(526)
6.2.16	反应热法	(528)
6.2.17	气体体积减少法	(530)
6.2.18	气体水分计	(530)
6.3	液体分析	(534)
6.3.1	密度法	(534)
6.3.2	射线法	(538)
6.3.3	声速法	(541)
6.3.4	沸点法	(542)
6.3.5	质量分析法	(543)
6.3.6	气相色谱法	(544)
6.3.7	液相色谱法	(545)
6.3.8	核磁共振法	(547)
6.3.9	电导率法	(549)
6.3.10	电极电位测定法	(552)
6.3.11	极谱法	(555)
6.3.12	介电常数法	(559)
6.3.13	可见光吸收散射法	(561)
6.3.14	比色法	(564)
6.3.15	折射率法	(567)
6.3.16	旋光度法	(568)
6.3.17	红外线吸收法	(569)
6.3.18	连续滴定法	(573)
6.4	固体分析	(577)
6.4.1	原子吸收光谱法	(577)
6.4.2	火焰光度法	(578)
6.4.3	荧光X射线法	(579)
6.4.4	湿度计	(581)

7. 环境测量

7.1	法规	(587)
-----	----	---------

7.1.1	关于大气污染法规中环境标准和排放标准	(588)
7.1.2	关于水质污浊法规中环境标准和排放标准	(591)
7.1.3	有关噪声的法规	(593)
7.1.4	有关振动的法规	(596)
7.1.5	环境的测量与计量法	(598)
7.1.6	环境测量的注意事项	(599)
7.2	大气污染物质的测量	(602)
7.2.1	二氧化硫浓度计	(602)
7.2.2	氧化氮浓度计	(608)
7.2.3	一氧化碳浓度计	(612)
7.2.4	碳氢化合物浓度计	(613)
7.2.5	氟及氯化氢浓度计	(614)
7.2.6	氟化氢浓度计	(615)
7.2.7	氧化剂浓度计	(617)
7.2.8	恶臭物质的测量	(618)
7.2.9	煤尘及浮游粉尘计	(620)
7.3	水质污浊物质的测量	(628)
7.3.1	氢离子浓度计	(628)
7.3.2	电导率计	(629)
7.3.3	溶解氧计 (DO计)	(631)
7.3.4	生化需氧量、化学需氧量、有机碳总量、总需氧量	(633)
7.3.5	浮游物质浓度计	(638)
7.3.6	油成分计	(640)
7.3.7	氰计	(642)
7.3.8	苯酚浓度计	(644)
7.3.9	重金属类的测量	(645)
7.4	噪声的测量	(648)
7.4.1	噪声的基础	(649)
7.4.2	噪声测量仪	(653)
7.4.3	噪声测量法	(657)
7.5	振动的测量	(666)
7.5.1	振动的种类	(666)
7.5.2	振动的测量和记录	(667)

7.5.3	公害振动标准	(668)
7.5.4	公害振动计	(669)
7.5.5	振动的分析	(670)
7.5.6	振动分析器	(671)
7.5.7	地震的测定	(673)

8. 试验检查法

8.1	材料试验法	(677)
8.1.1	静载试验法	(677)
8.1.2	冲击试验法	(681)
8.1.3	疲劳试验法	(685)
8.1.4	蠕变试验法	(689)
8.1.5	硬度试验法	(693)
8.1.6	其他试验法	(696)
8.2	射线无损检查法	(700)
8.2.1	射线的基本事项	(700)
8.2.2	用射线检查缺陷	(704)
8.2.3	应用射线的测量	(710)
8.3	使用超声波的方法	(712)
8.3.1	超声波的基本事项	(712)
8.3.2	超声波探伤法	(717)
8.3.3	硬度测定法	(721)
8.4	利用电磁现象的方法	(721)
8.4.1	用电磁现象探伤的种类	(721)
8.4.2	电磁感应法(涡流探伤法)	(724)
8.4.3	磁力探伤法	(727)
8.4.4	硬度测定法	(730)
8.5	图象方法	(731)
8.5.1	图象测量的基本事项	(731)
8.5.2	工业电视	(734)
8.5.3	红外线摄影机	(741)

9. 数据传输法

9.1 信号传输的方法	(747)
9.1.1 机械传输法	(747)
9.1.2 电传输法	(749)
9.2 调制制式	(752)
9.2.1 调幅制 (AM)	(753)
9.2.2 调频制 (FM)	(755)
9.2.3 脉宽调制 (PWM)	(757)
9.3 数据信息通道	(759)
9.4 数据传输用装置	(761)
9.4.1 取样装置	(761)
9.4.2 A-D 变换器	(762)
9.4.3 D-A 变换器	(768)

10. 数据处理法

10.1 记录方法	(771)
10.1.1 描笔式记录仪	(771)
10.1.2 数字打印机	(773)
10.1.3 巡回检测装置	(775)
10.1.4 磁带数据记录器	(776)
10.1.5 瞬态记录器	(778)
10.2 电子计算机	(779)
10.2.1 电子计算机系统	(780)
10.2.2 程序设计	(781)
10.2.3 输入数据的准备	(783)
10.3 信息处理法	(785)
10.3.1 流动平均法	(785)
10.3.2 相关法	(786)
10.3.3 相关函数	(789)
10.3.4 快速傅里叶变换 (FFT)	(792)
10.3.5 双谱法	(795)
10.3.6 反谱 (cepstrum)	(796)