

长度计量测试丛书

大尺寸测量

胡林 编著



中国计量出版社

长度计量测试丛书

第八分册

大尺寸测量

胡林 编著

长度计量测试丛书编委会审订

中国计量出版社

(京) 新登字 024 号

图书在版编目 (CIP) 数据

大尺寸测量/胡林编著。—北京：中国计量出版社，

1994.10

(长度计量测试丛书/梁晋文主编)

ISBN 7-5026-0704-8

I. …大 I. 胡… II. ①长度测量②长度量仪 IV. TH7

11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 03642 号

长度计量测试丛书

第八分册

大 尺 寸 测 量

胡 林 编 著

长度计量测试丛书编委会审订

责任编辑 刘瑞清

◆◆

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

◆◆

开本 787×1092/32 印张 6.625 字数 146 千字

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—3 000

ISBN 7-5026-0704-8/TB·446

定价 6.00 元

前 言

长度计量测试丛书是根据计量出版社关于按学科分类组编丛书的总体计划，由中国计量测试学会几何量专业委员会配合计量出版社组织编写的。

党的十二大提出：到本世纪末，力争使全国工农业总产值翻两番。为实现此宏伟目标，必须首先发展机械工业，因为机械工业是国民经济的装备部，应当适当超前。而标准化和计量测试仪器与技术则是机械工业发展的基础和先决条件，因此必须更超前于机械工业。在计量测试学科领域中，长度的计量测试是重要的一个方面。随着机械产品愈益向精密方向发展，介绍长度计量测试方面的知识及其科研成果与经验，以便为机械工业未来的发展打好基础、积蓄力量、创造条件，实为当务之急。这就是组织这套丛书的目的。

翻两番，振兴经济必须依靠科学技术进步，科学技术需要大量学有专长的专业人才去掌握。目前，我国计量测试领域内很多职工缺乏必要的科学知识和操作技能，熟练工人和科学技术人员严重不足，为适应未来经济发展的需要，现在必须立即着手培养计量专业的人才，提高现有计量测试人员的科学技术水平。近年来更有大批青年新同志参加工作，他们是发展计量测试科学技术的重要力量，迫切需要系统地学习一些计量基础知识，以便结合工作实践更快地提高技术水平，促进计量科学技术的进步。这套丛书主要是针对这部分人员编写的，当然也可以作为计量测试短训班的教材或参考

资料，并可供大专院校师生及有关工程技术人员和科研工作者参考。

丛书比较全面地将长度计量测试领域中所涉及的基础理论、基本知识和实用技术等进行了深入浅出的阐述。重点放在计量测试技术的实际运用方面，同时也简要地对有关技术的发展动向作些介绍。

整套丛书共有二十个分册，每一分册独立论述一个专题。为照顾系统性和便于读者学习，有些内容在不同的分册中有些重复，但侧重点各不相同，这样就把丛书的系统性和分册的独立性统一起来，读者可根据自己的需要选择学习。

本丛书在组编过程中，得到计量出版社的全面支持，还得到各计量部门、有关大专院校、科研机构、工矿企业和广大计量工作者的支持和关心，我们在此深表谢意。

限于我们的经验和水平，这套丛书可能存在不少缺点和错误，我们衷心欢迎广大读者给予批评指正。

长度计量测试丛书编辑委员会

长度计量测试丛书编委会

主 编：梁晋文

副主编：许金钊 徐孝恩

编 委：（按姓氏笔划排列）

王 轶 等 许金钊 朱 桂 兰

刘瑞清 何 贡 陈林才

李继桢 李隆铸 庚以深

林洪梓 费业泰 徐孝恩

黄生耀 黄福芸 梁晋文

目 录

绪论	(1)
第一章 大尺寸的直接测量	(6)
一、用长度端面量块测量大尺寸	(6)
二、用游标量具测量大尺寸	(18)
三、用内径测微尺测量内尺寸	(32)
四、用外径千分尺和测微表式卡规测量外尺寸	(49)
五、用大型通用量仪测量大尺寸	(60)
六、大尺寸测量器具的选择	(65)
第二章 大尺寸的量规检验	(69)
一、大尺寸量规的种类和结构	(69)
二、大尺寸量规的正确使用	(80)
三、大尺寸量规的检定	(82)
第三章 大尺寸的间接测量	(85)
一、绕测法	(85)
二、弓高弦长法	(98)
三、辅助基准法	(109)
四、其他测量方法	(114)
第四章 大尺寸的动态测量	(139)
一、检测数显装置	(139)
二、光栅式大尺寸测量仪	(141)
三、感应同步器式大直径测量仪	(144)
四、双坐标模板数字自动测量机	(150)
五、光电盘式大直径测量仪	(154)
第五章 新技术在大尺寸测量中的应用	(158)
一、单频激光干涉测长	(158)

二、双频激光干涉测长.....	(161)
三、激光瞄准大尺寸测量装置.....	(170)
四、长距离不等臂激光干涉仪.....	(177)
五、大尺寸无导轨测量.....	(180)
六、非接触式大尺寸三坐标测量系统.....	(200)

绪 论

随着科学技术和工业生产的迅速发展，许多产业部门对重型机器和装备的需求越来越多。而要获得高质量的重型机器和装备，首先要使组成它们的零件，特别是具有精密配合要求的关键零件（这些零件往往是大尺寸零件，如巨型透平机主轴等），在制造精度上达到设计要求。要制造出高精度的大尺寸零件，如 IT 7 以上的巨型钢制主轴，是很不容易的事，除了加工误差的影响外，测量误差的大小对零件的制造也起着重要的作用。因此，探索大尺寸测量误差的规律，研究和改进大尺寸测量的方法，从而确保大尺寸零件的可靠精度，是重型机器制造行业广大计量工作者面临的重要课题。

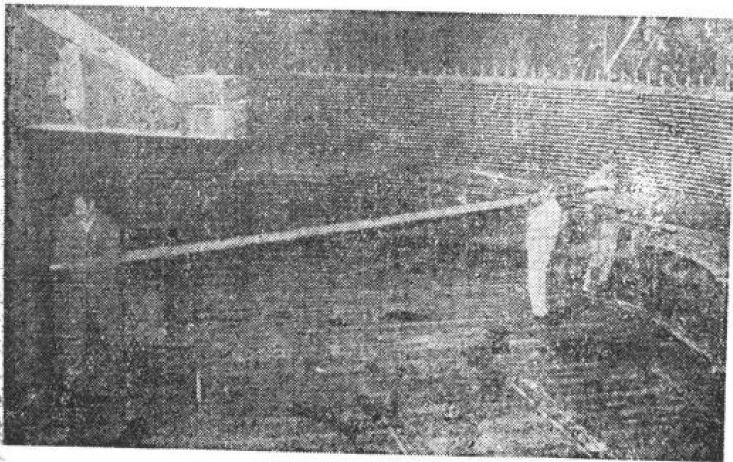


图 1 内径 16m 以上水轮发电机定子的间接测量

所谓大尺寸，通常是指基本尺寸在 500mm 以上的尺寸。在重型机器制造中，许多配合尺寸和重要尺寸超过 500 mm、1 000 mm 甚至超过 10 000 mm，如葛洲坝水电站低水头水轮发电机定子和转子的尺寸达 16 m 以上，如图 1 所示。

大尺寸测量有以下特点：

1. 温度误差对测量结果影响显著

在大尺寸测量中，影响测量精度的主要因素有：温度误差（由温度变化引起被测尺寸的热变形和测量误差）、量具误差、量具或被测件因自重而引起的力变形误差、对准误差、读数误差等等。其中，以温度误差对测量结果的影响最显著。由物体的线膨胀公式可知，温度误差的大小，除了与量具和被测件的线膨胀系数及二者对标准温度 20℃ 的偏差大小有关外，还与被测工件的尺寸大小成线性关系。

图 2 表示尺寸为 500~3 150 mm 时，温度变化 1~10℃ 引起的尺寸变化，与标准公差 IT 6~IT 8 的对比关系。

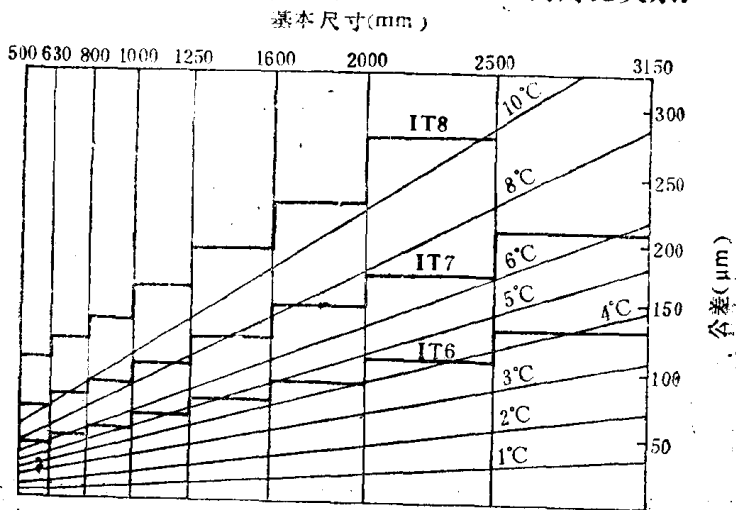


图 2 尺寸为 500~3 150 mm 时，温度变化的影响

为了减少温度误差对测量结果的影响，应使量具和被测件的线膨胀系数尽可能接近；尽量避免用轻金属（如铝合金等）制造的量具来测钢制工件；要通过等温，使量具与工件的温度尽量相近。采用以上措施，可以使温度误差对测量结果的影响降低到允许范围以内。

2. 量具笨重，操作不便，影响测量准确度

对大尺寸工件的测量，目前仍主要采用机械式量具，如大尺寸接杆式内径千分尺、带千分表的卡规等等。图3所示

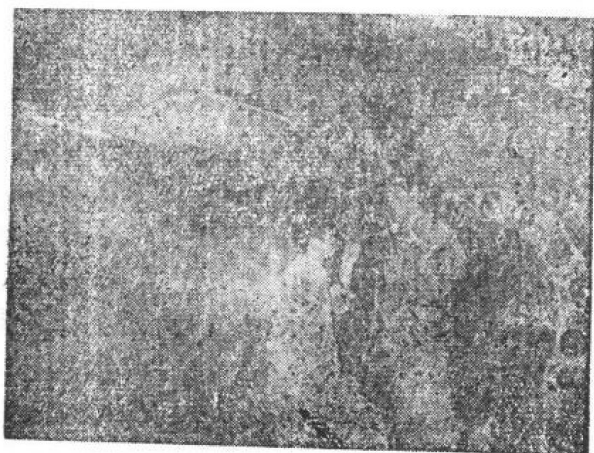


图3 用带千分表卡规测大尺寸

为用带千分表卡规测大尺寸零件的轴径。这些量具体积大，重量也大，往往需要数人同时操作（如图1）或借助起吊装置进行测量（如图3）。由于握持部位的不同，量具因自重而引起的变形误差的大小也就不同。加上操作不便，要校正测量部位和判断量具与工件的接触情况，都比较困难。此外，用这些笨重的量具进行人工测量，操作者很容易疲劳，难于测准，这也影响测量准确度。

3. 孔的测量准确度一般比轴的测量准确度高

测量大尺寸孔径，一般用的是结构轻便、刚性较好、操作也较方便的内径千分尺，或经校准过的带指示表的内径量杆。而测量大尺寸轴径，常用自重大、易变形、操作不便、找正也困难的外径大卡规或大千分尺。显然，在尺寸相同的情况下，大孔测量准确度要比大轴的测量准确度高，这与中小尺寸内外径测量的情况正好相反。

4. 在很多情况下，大尺寸的测得值常小于其真值，且分散性较大

大量试验结果表明，不论是大尺寸的孔或轴，其测得值多小于其真值，即测量误差是非对称分布的，且偏向数值减小的方向，这主要是由于测量过程中操作麻烦、费时，长时间握持容易引起量具发热变形所致。此外，因为测量时要靠操作者的感官来判断正确的测量位置和量具与工件的接触情况后再进行读数，往往带有一定的主观随意性，故对大尺寸进行重复测量时，其测得值的分散性较大。

5. 大尺寸测量多为现场在位测量，条件较差，影响测量准确度

大尺寸零件体积庞大，重量也大，装卸、搬运困难，也难以将它们放置在精密的测长仪器（如测长机、三坐标测量仪等）上，在计量室恒温条件下进行精测。实际测量时，大多是采用普通机械式量具，在现场条件下进行在位测量。现场的测量环境一般是比较差的，如温度的变化，冲击、振动的影响等都经常存在。加上用普通机械式量具进行人工测量本身的测量误差较大，且测量值的重复性亦差，故难于进行高准确度测量。

为了解决大尺寸工件在位进行高准确度测量的困难，人们作了大量工作，如国内一些重型机器厂应用光栅、磁栅、

感应同步器作检测元件制成的各种对滚式大直径测量仪，可以自动地对大尺寸直径进行在位测量，且能数字显示测量结果，其测量准确度一般都较高。随着激光、微机等新技术的飞跃发展，为大尺寸现场高准确度检测找到了新的手段，开辟了广阔的前景。

本书主要介绍有关大尺寸测量的各种方法，即直接测量、间接测量、动态测量以及新技术在大尺寸测量中的应用等内容，并对某些大尺寸测量的测量误差进行系统分析。

第一章 大尺寸的直接测量

直接测量法是大尺寸工件测量的基本方法。所谓直接测量，就是被测工件的尺寸数值或偏差值，可在测量过程中直接得出，而不需任何几何关系的计算。例如用钢尺、卷尺、卡尺、千分尺、测长机等测量尺寸并得出结果，均属直接测量。

直接测量又可分为直接比较测量和微差比较测量。直接比较测量是指在测量过程中，被测尺寸的数值可用测量器具直接与被测尺寸比较确定，如用钢尺、卷尺、卡尺进行的尺寸测量。但在大尺寸测量中，很多测量器具常采用微差比较法进行测量。在用微差比较法进行测量时，测量器具的示值只表示被测尺寸与某一标准量值（如量块的尺寸、千分尺校对棒的长度尺寸）的微小偏差值。测量前，要先用标准量值（尺寸）来调整测量器具的零位，以测得的偏差值再加上调整零位的标准值作为测量结果。

直接比较测量法的测量准确度，通常较微差比较测量法为低，故后者在直接测量中应用得更普遍。

一、用长度端面量块测量大尺寸

（一）量块的基本知识

长度端面量块（简称量块）在机械制造中应用很广，它除了作为长度标准进行尺寸传递外，还可用于计量器具的调整和直接用来测量高精度工件的内、外尺寸。

量块的形状主要为长方形平行六面体，如图 1-1 所示。

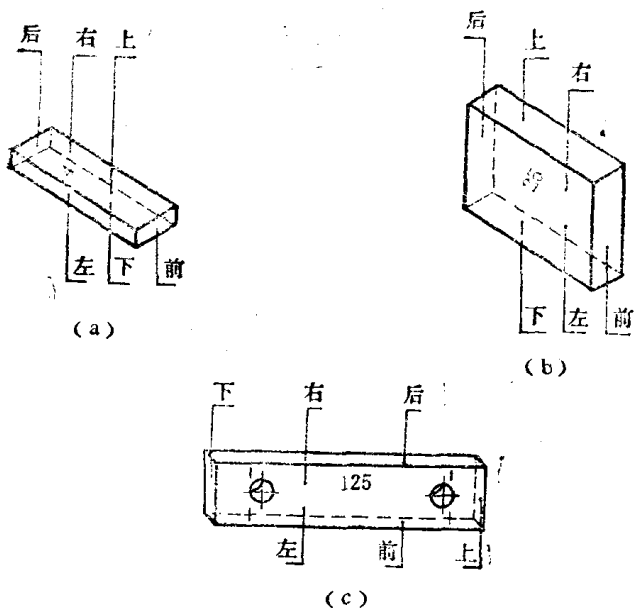


图 1-1 量块的测量面

它有上、下两个测量面和四个非测量面（侧面）。标称尺寸大于 10 mm 至 1000 mm 的量块截面尺寸为 35×9 mm。小于 10 mm 的量块为 30×9 mm。

根据量块的国家标准 (GB 6093—85)，量块按制造精度共分 5 “级”，即 00, 0, 1, 2, 3 级（另外还有一个校准级——K 级）。分级的依据是量块制造时的长度极限偏差和长度变动量的允许值（见表 1-1），长度变动量是指在量块测量面的垂直方向上，最大长度与最小长度之差。00 级精度最高，其余依次渐低。

对量块进行检定，得出修正值（与实际偏差值大小相等、符号相同），使用时按实际尺寸计值，即标称尺寸加修正值，这样量块的尺寸精度将得到提高。不同的检定方法，有不同的检定精度，其所得的修正值的可靠性也不一样。量

表 1-1

标称长度 (mm)		要求的等级												
		00		0		K		1		2		3		
		长度极限 偏差 ±	长度 变动量	长度极限 偏差 ±	长度 变动量	长度极限 偏差 ±	长度 变动量	长度极限 偏差 ±	长度 变动量	长度极限 偏差 ±	长度 变动量	长度极限 偏差 ±	长度 变动量	
大于	到	允 许 值 (μm)												
10	10	0.06	0.05	0.12	0.10	0.20	0.05	0.20	0.20	0.16	0.45	0.30	1.0	0.50
25	25	0.07	0.05	0.14	0.10	0.30	0.05	0.30	0.30	0.16	0.60	0.30	1.2	0.50
50	50	0.10	0.06	0.20	0.10	0.40	0.06	0.40	0.40	0.18	0.80	0.30	1.6	0.55
75	75	0.12	0.06	0.25	0.12	0.50	0.06	0.50	0.50	0.18	1.00	0.35	2.0	0.55
100	75	0.14	0.07	0.30	0.12	0.60	0.07	0.60	0.60	0.20	1.20	0.35	2.5	0.60
150	150	0.20	0.08	0.40	0.14	0.80	0.08	0.80	0.80	0.20	1.60	0.4	3.0	0.65
200	200	0.25	0.09	0.50	0.16	1.00	0.09	1.00	1.00	0.25	2.00	0.4	4.0	0.70
250	250	0.30	0.10	0.60	0.16	1.20	0.10	1.20	1.20	0.25	2.40	0.45	5.0	0.75
300	300	0.35	0.10	0.70	0.18	1.40	0.10	1.40	1.40	0.25	2.80	0.5	6.0	0.80
400	400	0.45	0.12	0.90	0.20	1.80	0.12	1.80	1.80	0.30	3.60	0.5	7.0	0.90
500	500	0.50	0.14	1.10	0.25	2.20	0.14	2.20	2.20	0.35	4.40	0.6	9.0	1.0
600	600	0.60	0.16	1.30	0.25	2.60	0.16	2.60	2.60	0.4	5.00	0.7	11.0	1.1
700	700	0.70	0.18	1.50	0.30	3.00	0.18	3.00	3.00	0.45	6.00	0.7	12.0	1.2
800	800	0.80	0.20	1.70	0.30	3.40	0.20	3.40	3.40	0.5	6.50	0.8	14.0	1.3
900	900	0.90	0.22	1.90	0.35	3.80	0.22	3.80	3.80	0.5	7.50	0.9	15.0	1.4
900	1000	1.00	0.25	2.00	0.40	4.20	0.25	4.20	4.20	0.6	8.00	1.0	17.0	1.5

注: K 级为校准级, 其技术指标允许值相同于 00 级, 长度极限偏差相同于 1 级。

表 1-2

标称长度 (mm)		等 的 要 求											
		1		2		3		4		5		6	
大于	到	测量的总不确定度 \pm	长度变动量	测量的总不确定度 \pm	长度变动量	测量的总不确定度 \pm	长度变动量	测量的总不确定度 \pm	长度变动量	测量的总不确定度 \pm	长度变动量	测量的总不确定度 \pm	长度变动量
允 许 值 (μm)													
10	100	0.02	0.05	0.06	0.10	0.11	0.16	0.22	0.30	0.6	0.5	2.1	0.5
10	25	0.02	0.05	0.07	0.10	0.12	0.16	0.25	0.30	0.6	0.5	2.3	0.5
25	50	0.03	0.06	0.08	0.10	0.15	0.18	0.30	0.30	0.8	0.55	2.6	0.55
50	75	0.04	0.06	0.09	0.12	0.18	0.18	0.35	0.35	0.9	0.55	2.9	0.55
75	100	0.04	0.07	0.10	0.12	0.20	0.20	0.40	0.35	1.0	0.6	3.2	0.6
100	150	0.05	0.08	0.12	0.14	0.25	0.20	0.50	0.40	1.2	0.65	3.8	0.65
150	200	0.06	0.09	0.15	0.16	0.30	0.25	0.60	0.40	1.5	0.7	4.4	0.7
200	250	0.07	0.10	0.18	0.16	0.35	0.25	0.70	0.45	1.8	0.75	5.0	0.75
250	300	0.08	0.10	0.20	0.18	0.40	0.25	0.80	0.50	2.0	0.8	5.6	0.8
300	400	0.10	0.12	0.25	0.20	0.50	0.30	1.00	0.50	2.5	0.9	6.8	0.9
400	500	0.12	0.14	0.30	0.25	0.60	0.35	1.30	0.60	3.0	1.0	8.0	1.0
500	600	0.14	0.16	0.35	0.25	0.70	0.40	1.40	0.70	3.5	1.1	9.2	1.1
600	700	0.16	0.18	0.40	0.30	0.80	0.45	1.60	0.70	4.0	1.2	10.4	1.2
700	800	0.18	0.20	0.45	0.30	0.90	0.50	1.80	0.80	4.5	1.3	11.6	1.3
800	900	0.20	0.20	0.50	0.35	1.00	0.60	2.00	0.90	5.0	1.4	12.8	1.4
900	1 000	0.22	0.25	0.55	0.40	1.10	0.60	2.20	1.00	5.5	1.5	14.0	1.5