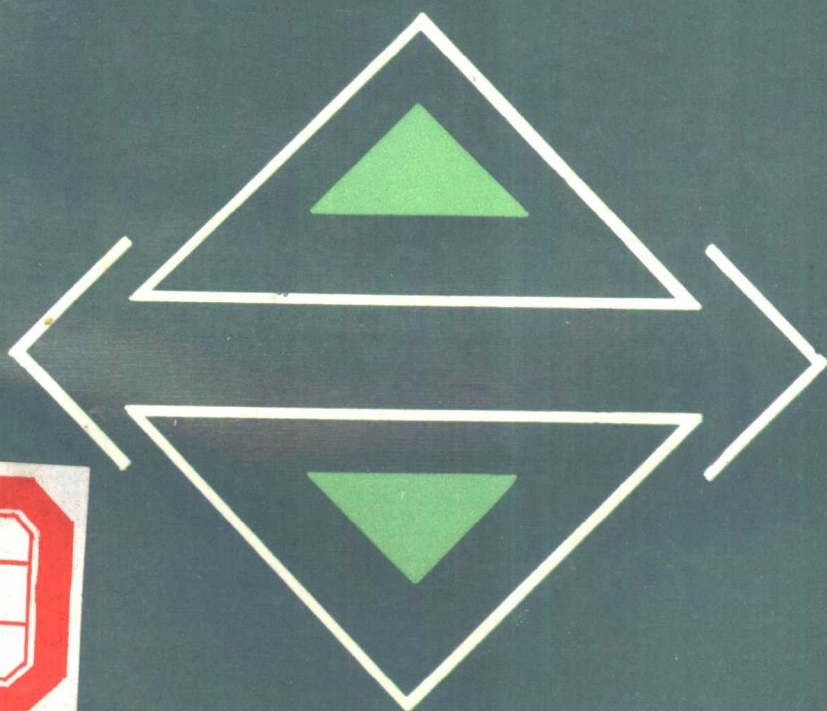


机械制造中的 大尺寸测量手册

〔苏〕 А. Д. 鲁比诺夫 著



机械工业出版社

机械制造中的大尺寸 测量手册

〔苏〕 A.Д. 鲁比诺夫 著

何 贡 花国梁 译



机械工业出版社

内 容 提 要

本手册系统地介绍了大尺寸的直径、长度和形状误差的检验方法,测量方法,测量误差计算,各种测量器具及其调整和使用,以及根据被测尺寸的大小、精度和测量条件选择测量器具的方法。手册中列有大量数表可供查用。

本手册可供从事几何量测试的工程技术人员和工人使用,也可供测量器具设计人员和大专院校有关专业师生参考。

Контроль Больших Размеров в Машиностроении Справочник

А. Д. Рубинов

Издательство «Машиностроение»

1982 Г.

机械制造中的大尺寸测量手册

〔苏〕 А. Д. 鲁比诺夫 著

何 贡 花国梁 译

责任编辑 贺篪鑫

封面设计 刘 代

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张 8 1/4·字数 181 千字

1987年8月北京第一版·1987年8月北京第一次印刷

印数 0,001—3,300·定价:1.95 元

统一书号:15033·6535

前 言

机器和部件制造的高质量取决于必要的技术检测，首先是制件几何参数（长度、直径、形状和位置误差）的测量方法和测量器具。

大尺寸（大于500到大约35000mm）几何参数的测量，是测量技术中最复杂的领域之一。测量不大的尺寸和中等尺寸，有很多各式各样的测量器具（其中大多数是国产的），而测量大尺寸的成批生产的测量器具则非常少。苏联、捷克、民主德国、英国以及其它一些国家，都在大尺寸测量技术这个领域里作了许多工作。一部分研究成果已写在个别小册子、论文、技术报告和书籍里，但很少是出自工厂的广大工作人员之手。

这本手册概括了线性大尺寸的测量方法和测量器具，其中包括形状和位置误差的测量方法和测量器具。

手册中介绍了大量苏联生产的测量器具，也介绍了作者所领导的列宁格勒精密机械与光学研究所（ЛИТМО）及其它一些单位的研究成果。

手册的第一章介绍了检验直径和长度用的量规。第二、三、四章阐述了直径和长度的测量方法、测量器具和测量误差的计算，以及各种测量器具的调整与使用。第五章提出了一个最迫切的问题，就是怎样根据被测尺寸的大小和精度以及测量条件，来选择大尺寸的测量器具。第六、七章介绍了形状和位置误差的测量方法和测量器具。

作者希望手册中的内容，对设计和使用大尺寸制件几何参数测量器具的广大工程技术人员能有所裨益。在编制测量器具选用方面的部门资料和工厂资料（标准、指导性资料），以解决生产中的计量保证问题时，可利用手册中的测量误差数据和测量器具的选择资料。

作者对Б.Н.伊万诺夫、Б.Е.科斯契奇、Н.И.诺维可夫、В.А.特里金和Р.В.雅基宁为本书提供了他们的研究成果资料表示感谢。

目 录

前言

第一章 直径和长度的检验	1
1.1 量规的类型和结构	1
1.2 用量规检验工件	6
1.3 量规的检定	7
第二章 直径和长度的直接测量	10
2.1 长度端面量块	10
2.2 内径测微尺	15
2.3 千分尺和测微表式卡规	58
2.4 游标量具	97
2.5 长度刻线量具和测量仪器	102
2.6 光学测量方法和测量仪器	110
2.7 其它测量方法和测量器具	117
第三章 直径和长度的间接测量	120
3.1 一般概念	120
3.2 以辅助基准为起测点的测量	121
3.3 围绕测量法	134
3.4 按圆周要素测量的跨板式仪器	148
3.5 光学测量方法和测量仪器	161
3.6 其它测量方法	168
第四章 加工过程中直径和长度的测量	170
4.1 滚轮式仪器	170
4.2 测微表式仪器	174
4.3 其它测量方法和测量器具	178
第五章 直径和长度的测量方法和测量器具的选择	182

5.1 测量方法和测量器具的选择原则	182
5.2 公差和允许测量误差	182
5.3 极限测量误差	189
5.4 测量器具和测量条件选择的推荐	191
第六章 形状误差的测量	204
6.1 直线度和平面度误差的测量方法和测量器具	204
6.2 圆度误差的测量方法和测量器具	233
6.3 纵截面内轮廓误差的测量方法和测量器具	241
第七章 位置误差的测量	245
7.1 平行度误差的测量	245
7.2 垂直度误差的测量	248
7.3 同轴度误差的测量	250
7.4 对称度误差、轴线相交度误差、径向跳动和 端面跳动的测量	253
参考文献	255

第一章 直径和长度的检验

1.1 量规的类型和结构

在大批量生产条件下，对线性尺寸大于 500mm 到大约 35000mm 的工作，通常是采用极限量规来进行检验。

苏联国家标准 ГОСТ 13810—68 规定了如下的量规名称和代号：

1) 通端工作量规 (ПР) 和止端工作量规 (НЕ)。工作量规是供工人在加工过程中检验工件尺寸用的。

2) 检验新的工作卡规通端和止端的校对量规 (分别为 К-ПР 和 К-НЕ)。

3) 检验工作卡规通端磨损和止端磨损的校对量规 (分别为 К-И 和 КИ-НЕ)。

检验员检查工件尺寸时，通常是采用已磨损的通端工作量规和新的止端工作量规。

工作量规按用途可分为检验内尺寸量规 (图 1.1, 图 1.2) 和检验外尺寸量规 (图 1.3)。

量规按结构可分为不可调整的量规和可调整的量规。前者所必需的尺寸要求由加工过程来保证；后者所必需的尺寸要求靠测杆 (图 1.2a, e)、测头 (图 1.2б, e, 图 1.3ж) 或测爪 (图 1.2в, 图 1.3з) 的位移来达到，或者是用更换测头的方法来达到 (图 1.2б, в, e, 图 1.3ж, и)。

此外，检验内尺寸的量规可分为：

1) 用钢板制成的板规 (薄片、平板) (图 1.1a~в)；

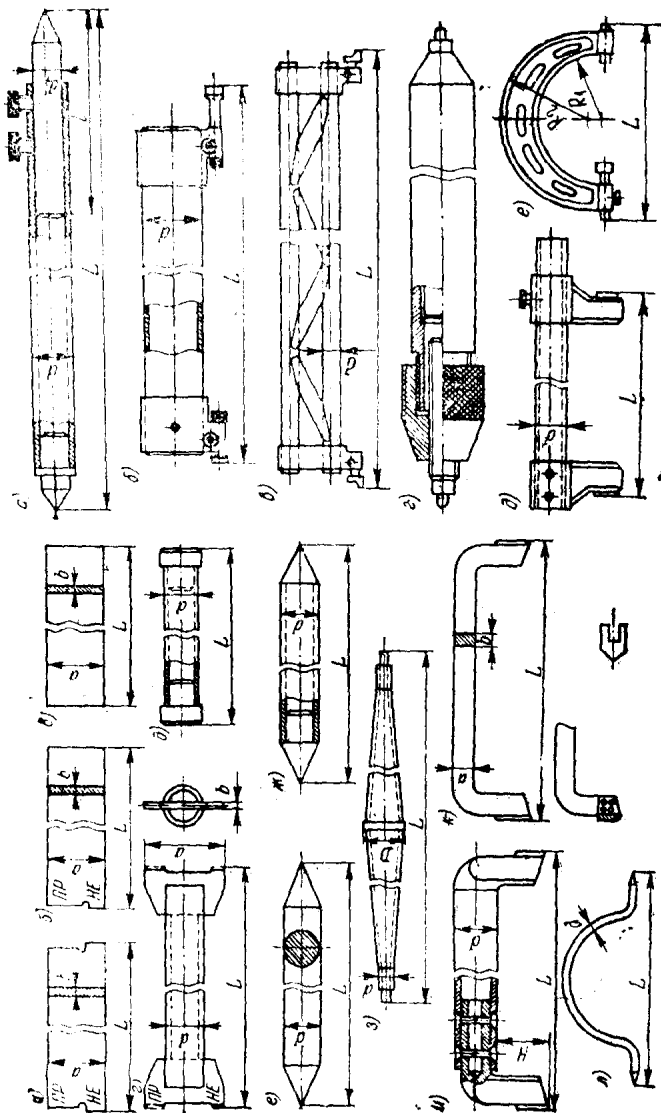


图 1.2

图 1.1

HP—通端 HE—止端

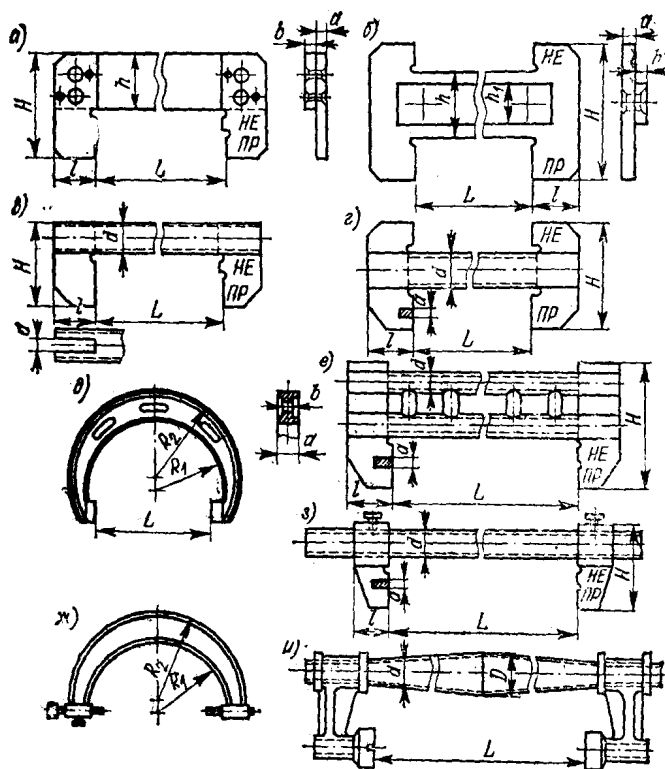


图 1.3

2) 杆式量规(内径规), 实心的截面有圆形、方形和六边形(图1.1e), 空心的截面有圆形(图1.1z、d、ж)和圆锥形(雪茄形), 焊接钢板的厚度为0.5~0.8mm(图1.1з);

3) 带可移动的测爪的量规(图1.1u、к);

4) 检验孔的卡规型量规(图1.1a), 测量中心线上有小轴或带测头的圆杆。

检验外尺寸的量规可分为：

- 1) 检验直径用的弓形卡规 (图1.3*б, ж*)；
- 2) 检验长度用的直线型卡规 (图1.3*а~г, е, з, у*) (直线型卡规也可用来检验薄圆盘和圆环之类零件的直径)。

卡规可用以下材料制造：

板料(图1.3*а, б, д, ж*)，圆管 (图1.3*в, г, з*)，双管 (图1.3*е*)，雪茄型管 (图1.3*у*)。

用量规检验工件，必须保证测爪与工件表面呈点接触，万不得已时也要线接触。因此量规的测爪应作成球形的、圆柱形的或平面的。

为了隔绝操作者的手温、量规通常都要配上绝热手柄。

量规的主要结构尺寸列于表1.1和表1.2。

表1.1 孔用量规的主要结构尺寸

(mm)

图号	分图号	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>
1.1	<i>а, б, в</i>	500~1000	30~50	5~8	—
		1000~1500	50~70	8~12	—
	<i>г, д</i>	500~1000	30~50①	5~8①	17~25
		1000~1300	50~70①	6~8①	25~32
		1300~2000	60~80①	8①	30~45
		2000~3000	70~90①	8~10①	40~45
	<i>е</i>	500~750	—	—	16~18
		750~1000	—	—	20
	<i>ж</i>	500~1000	—	—	17~25
		1000~2000	—	—	25~32
		2000~3000	—	—	35~41
	<i>к</i>	1500~2500	20~25	6~10	—
	<i>л</i>	500~1000	—	—	20~22
		1000~1250	—	—	22~25
		1250~2000	—	—	25~28

(续)

图号	分图号	L	d	D	H
1.1	s	1500	30	48	—
		2000	30	56	—
		2500	30	64	—
		3000	30	72	—
		3500	30	80	—
	u	500~1500	30	—	60
		1500~2000	33	—	80
		2000~3000	41	—	100
1.2	a	500~1000	20~22	$d_1=16$	$l=400$
		1000~2000	22~25	$d_1=16$	$l=650$
		2000~3000	32	$d_1=18$	$l=1200$
	b	1000~3000	50	—	—
	c	2000~3000	30~50	—	—
	d	500~2000	32~34	—	—
	e	500~1000	$R_1=0.5L-85, R_2=0.5L-20$		

① 只对图1.1e所示量规。

表1.2 轴用量规的主要结构尺寸

(mm)

图号	分图号	L	d	H	h	h ₁	a	b
1.3	a	500~1200	—	90~145	40~56	—	8	6
	b	500~1000	—	80~145	40~60	20~30	4~5	4
		1000~2500	—	80~175	45~70	20~30	5	4
	c	500~1500	26~33	80~160	—	—	6~12	—
		1500~3000	35~50	160	—	—	6~18	—
	e	500~1250	25~32	55~150	—	—	6~10	—
		1250~2000	32~35	100~200	—	—	8~10	—
		2000~3000	40	140~160	—	—	6~12	—
		3000~5000	50	140~160	—	—	10~15	—

(续)

图号	分图号	L	d	H	h	h ₁	a	b
	0, ж	500~1500	$R_1 = 0.5L + 20, R_2 = 0.5L + 85$					
	e	1000~2500	20~32	100~160	—	—	6~10	—
		2500~3500	25~34	160~200	—	—	8~12	—
	з	500~2000	25~34	80~160	—	—	8~12	—
	и	1500~3500	30	$D = 48 \sim 80$				

注：对所有量规， $l = (30 \sim 40) \text{ mm}$ 。

1.2 用量规检验工件

检验工件的尺寸时，过端量规要能在自身重量或外加负荷的作用下，自由地通过工件，而止端量规则不能通过。检验时要消除量规测爪相对被检工件表面的偏斜和阻滞。

在检验开始前，要将被检工件放置在温度稳定的地方，放置时间不少于24h。然后工作量规要和工件一起（靠近工件）放在金属平台上或机床的床身或台座上，也可将量规就放在工件上面，直到量规与工件的温度相同为止。等温放置的时间大体上如表1.3所列。

表1.3 检验前工作量规与被测工件等温的时间 (h)

最大被检尺寸(mm)	平板形和雪茄形	其它形状
≤ 1000	1	1.5
$> 1000 \sim 2500$	1.5	2.5
$> 2500 \sim 3500$	2	4

若在工件刚加完工就马上检验，或者在等温不充分的情况下检验，则将引起误差，而且误差的大小很难估计。在检验

过程中, 握持量规必须要有隔热衬垫。

1.3 量规的检定

按ГОСТ 17320—71的规定, 量规的检定包括外观检查, 测量面的表面粗糙度检测和确定量规的工作尺寸。

在工作表面上作外观检查时, 不得有有损外观和影响使用性能的缺陷, 在非工作表面的防锈镀层上以及打标记的表面上, 也有同样的外观检查要求。量规测量表面的粗糙度可用粗糙度样板作对比检查。

对检验公差等级为7~11级和12~17级的工件的量规, 测量面的轮廓算术平均偏差 R_a 值分别不得大于0.40 和0.80 μm 。

检定量规工作尺寸所用的测量器具列于表1.4。

检定量规之前, 要用航空汽油将量规洗净擦干, 然后将

表1.4 检定量规工作尺寸的测量器具

量 规 用 途			检定量规工作尺寸的测量器具
被检尺寸类别	被检工件的公差等级	被检尺寸 (mm)	
内尺寸	8~17	>500~3500	ИЗМ型测长机(按ГОСТ 10875—76)或外国公司的类似测长机
	11~17	>500~1200	对ГОСТ 17320—71提出的线性尺寸测量器具
	12~13	>630~1000	МРИ型杠杆千分尺(按ГОСТ 4381—69)
	14~17	>6300~2000	
外尺寸	8~17	>500~2000	5等量块
	12~17	>500~1200	线性尺寸测量器具
		>500~3500	内径测微尺(按ГОСТ 10—75)

注: 检验内尺寸>500~2000mm的8级工件的量规, 在测长机上用5等量块作比较测量; 检验尺寸>500~3500mm的9~17级工件的量规, 在测长机上按刻度作直接测量。

量规放在进行检定的金属平台上面，停放时间按表1.3规定。当在测长机上测量时，应将量规放在测长机上定温，直到量规的尺寸停止变化为止。

检定场所的空气温度对标准温度（20℃）的允许偏差列于表1.5。

表1.5 按ГОСТ 17820—71检定量规时空气温度偏离
20℃的允许偏差

量规公称尺寸 (mm)	被检工件的公差等级					
	8	9	10~11	12~13	14~15	16~17
	温度偏离20℃的允许偏差(℃)					
>500~630	1	2	4	4	7	10
>630~800	1	2	2	4	6	10
>800~1000	1	2	2	4	6	9
>1000~1250	1	2	2	3	5	8
>1250~1600	1	1	2	3	4	7
>1600~2000	1	1	2	2	4	6
>2000~2500	—	—	—	2	4	5
>2500~3150	—	—	—	2	3	5

对检验8级、9~13级和14~17级工件的量规检定时，允许的温度变化分别为每小时不得超过0.3、0.5和1.0℃。

尺寸大于1000mm的量规的测量要在两种支承位置上进行，即在艾利点上（距量规两端的距离为量规全长的0.2倍的两点），和靠近两端点的两支承位置上。两种支承情况的尺寸偏差都不得超过允许值。

用量块检定卡规的工作尺寸，可用两种方法来进行。第一种方法是组合量块试塞卡规，以求得其实际尺寸。第二种方法是把量块当作校对量规来使用，其尺寸按ГОСТ 13810—

68的规定。校对量规K-ПP和K-HE应能通过被检量规，而K-И和KИ-HE不能通过，否则被检量规不合格。

对检验工件尺寸的弧形卡规，量块组内应有具有圆柱形测量面的侧边保护量块。应在使用该卡规检验工件的位置上进行检定。

量规检定时，握持量规必须用隔热垫衬。

第二章 直径和长度的直接测量

2.1 长度端面量块

一般概念

长度端面量块是将尺寸从基准光波波长传递到工件的媒介。

量块有基准量块和工作量块之分。尺寸从500到1000mm的基准量块用于检定和调整测长机、千分尺、测微表式卡规和其它仪器，而工作量块则用于直接测量有很高测量精度要求的工件的内、外线性尺寸。

按ISO 9038-73，端面量块的外形为矩形正六面体，有两个相互平行的测量表面，其截面面积为 $35 \times 9\text{mm}$ （尺寸大于10mm的量块）。端面量块以成套形式提供，其中的尺寸按0.001, 0.1mm等等的差值递增，尺寸 $\geq 500\text{mm}$ 的量块属第9套，包括10个尺寸（100, 200, 300, ……1000mm）和两块50mm的护块。

量块的基本特性是粘合性，也就是将一块量块贴附到另一块量块上面时，其测量面之间互相牢固联结的性能。量块所要求的长度（差值按0.001mm区分），可通过研磨来达到。尺寸 $\geq 100\text{mm}$ 的量块上有两个孔，以使用夹紧装置和闭销将量块联接起来。为了预防量块测量表面的磨损，组成的量块组要用两块保护量块（护块），护块分别安置在量块组两边的最外面。

用量块测量内尺寸、外尺寸和划线时，要同时配用特殊