

● 广播电视中专教材

互换性与测量技术基础 教学参考书

北京市广播电视中等专业学校 编



冶金工业出版社

广播电视中专教材
互换性与测量技术基础
教学参考书

北京市广播电视中等专业学校 编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街崇文门北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 7 3/4 字数 198 千字

1987年6月第一版 1987年6月第一次印刷

印数00,001~7,100册

统一书号: 15062·4595 定价1.35元

前 言

本书分两部分，第1部分为习题解答，第2部分为公差标准汇编。

习题解答与北京广播电视中专编写的《互换性与测量技术基础学习指导书》一书配套使用，是对该书习题的解答。此习题解答主要供本课程辅导教师作为教学参考用，对广播电视中专学生，可在独立完成习题后与本解答对照以检查其正确性。为开阔解题思路，本书又举了些例题，可供参考。

本书第2部分为公差标准表格汇编。近几年公差标准修订较多，一些手册中还是旧的公差标准，已过时。为此，本书汇集了已颁布的最新公差标准；考虑到新、旧标准的过渡，还汇集了新、旧标准对照表，及少量旧标准；另外考虑到公差标准的发展，还汇集了部分国际标准。本资料主要供中等专业学校教师教学参考用，也可供学生在学习本课程及进行机械零件设计、毕业设计时查阅；还可作为工程技术人员的参考资料。

本书约请北京钢铁学院崔绍良、王吉生同志编写和审稿。

限于水平，书中错误及不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

北京市广播电视中等专业学校

一九八六年八月

目 录

第1部分 习题解答

第1章	互换性的基本概念	1
第2章	测量技术基础	5
第3章	尺寸公差与圆柱结合的互换性	18
第4章	形状和位置公差	25
第5章	表面粗糙度	39
第6章	量规与光滑工件尺寸的检验	42
第8章	键和花键结合的互换性	46
第9章	螺纹结合的互换性	48
第10章	圆柱齿轮传动的互换性	54
第11章	尺寸链	63

第2部分 公差标准表格汇编

第1章	互换性的基本概念	68
表2-1-1	标准尺寸 (GB2822—81)	68
第2章	测量技术基础	74
表2-2-1	各级量块的允许偏差	74
表2-2-2	各等量块的极限误差	75
表2-2-3	成套量块的尺寸	76
表2-2-4	使用量块和量仪测量时允许对 20°C 的温度 偏差, $\pm^\circ\text{C}$	76
表2-2-5	常用材料的线膨胀系数, $10^{-6}/^\circ\text{C}$	76
第3章	尺寸公差与圆柱结合的互换性 (GB1800~ 1804—79)	77
表2-3-1	标准公差数值	77
表2-3-2	轴的基本偏差数值	78
表2-3-3	孔的基本偏差数值	82
表2-3-4	轴的极限偏差	86

表2-3-5	孔的极限偏差	104
表2-3-6	基孔制优先、常用配合	123
表2-3-7	基轴制优先、常用配合	125
表2-3-8	未注公差尺寸的极限偏差, mm	126
表2-3-9	新、旧国标公差等级对照表	129
表2-3-10	新、旧国标对照 (尺寸1~500 mm)	129
表2-3-11	滚动轴承的负荷 (GB275—84)	131
表2-3-12	安装向心轴承和角接触轴承的轴公差带 (GB275—84)	131
表2-3-13	安装向心轴承和角接触轴承的外壳孔公差带 (GB275—84)	132
表2-3-14	安装推力轴承的轴公差带(GB275—84)...	133
表2-3-15	安装推力轴承的外壳孔公差带 (GB275—84)	133
表2-3-16	轴和外壳孔的形位公差(GB275—84).....	134
表2-3-17	与滚动轴承配合件表面的粗糙度 (GB275—84)	135
第4章	形状和位置公差 (GB1184—84)	136
表2-4-1	直线度、平面度未注公差值	136
表2-4-2	同轴度、对称度未注公差值	138
表2-4-3	直线度、平面度公差值	140
表2-4-4	圆度、圆柱度公差值	141
表2-4-5	平行度、垂直度、倾斜度公差值	142
表2-4-6	同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差 值	143
表2-4-7	位置度系数	144
表2-4-8	直线度、平面度公差等级应用	144
表2-4-9	圆度、圆柱度公差等级应用	144
表2-4-10	平行度、垂直度、倾斜度公差等级应用.....	145
表2-4-11	同轴度、对称度、跳动公差等级应用.....	145

第5章 表面粗糙度 (GB1031—83)	146
表2-5-1 轮廓算术平均偏差 R_a 数值	146
表2-5-2 微观不平度十点高度 R_z 和轮廓最大高度 R_y 的数值	146
表2-5-3 轮廓微观不平度的平均间距 S_m 和轮廓单峰平均间距 S 的数值	147
表2-5-4 轮廓支承长度率 t_p 和轮廓水平截距 C	147
表2-5-5 R_a 、 R_z 、 R_y 的取样长度 l 与评定长度 l_n 的选用值	147
表2-5-6 尺寸公差等级与评定参数 R_z 的上限	148
表2-5-7 表面光洁度与孔、轴公差等级的对应关系	148
表2-5-8 表面粗糙度分级 (GB1031—68)	149
表2-5-9 加工方法、光洁度等级与 R_a 值	150
表2-5-10 机械加工表面的特征、经济加工方法及应用举例	152
表2-5-11 轴和孔的表面粗糙度参数推荐值	152
表2-5-12 表面粗糙度参数 R_a 值的标注 (GB131—83)	154
表2-5-13 粗糙度高度方向其它参数 R_y 、 R_z 的标注 (GB131—83)	154
表2-5-14 表面光洁度等级与评定参数 R_a 、 R_z 的数值对照	155
第6章 量规与光滑工件尺寸的检验	156
表2-6-1 光滑极限量规尺寸公差 T 和位置要素 Z (GB1957—81)	156
表2-6-2 量规测量面的表面粗糙度	158
表2-6-3 推荐的量规最大尺寸	158
表2-6-4 光滑量规的结构型式	158
表2-6-5 锥柄测头塞规外形尺寸	161

表2-6-6	通端测头外形尺寸	162
表2-6-7	止端测头外形尺寸	163
表2-6-8	手柄的外形尺寸	163
表2-6-9	锥柄测头单头塞规外形尺寸	164
表2-6-10	锥柄测头外形尺寸	165
表2-6-11	套式塞规外形尺寸	165
表2-6-12	套式塞规测头外形尺寸	166
表2-6-13	双头塞规用手柄外形尺寸	167
表2-6-14	通端塞规用手柄外形尺寸	168
表2-6-15	止端塞规用手柄外形尺寸	168
表2-6-16	套式塞规用螺钉外形尺寸	169
表2-6-17	套式塞规用销子外形尺寸	169
表2-6-18	片形双头塞规外形尺寸	170
表2-6-19	片形双头卡规外形尺寸	170
表2-6-20	片形单头塞规外形尺寸	171
表2-6-21	圆片形单头卡规外形尺寸	172
表2-6-22	检验孔用工作量规尺寸的上下偏差 (机20~29—56)	173
表2-6-23	检验轴用工作量规尺寸的上下偏差 (机20~29—56)	176
表2-6-24	安全裕度及计量器具不确定度允许值 (GB3177—82)	179
表2-6-25	比较仪的不确定度	179
表2-6-26	千分尺和游标卡尺的不确定度	180
表2-6-27	指示表的不确定度	180
表2-6-28	常用计量仪器的测量极限误差	181
第7章	角度公差和圆锥结合的互换性	183
表2-7-1	一般用途圆锥的锥度与锥角 (GB157—83)	183
表2-7-2	特殊用途圆锥的锥度与锥角	

(GB157—83)	184
表2-7-3 锥角公差 (ISO1947—1973)	184
表2-7-4 圆锥长度为100mm的圆锥直径公差 T_D 而产生的最大圆锥角度偏差 (ISO1947—1973)	187
表2-7-5 一般用途棱体的角度与斜度 (GB4096—83)	189
第8章 键和花键结合的互换性	190
表2-8-1 平键和键槽公差国家标准 (GB1095—79)	190
表2-8-2 圆柱轴用矩形花键公称尺寸 (ISO14—1982)	192
表2-8-3 花键孔和花键轴的公差 (ISO14—1982)	193
表2-8-4 花键键宽的对称度公差 (ISO14—1982)	193
表2-8-5 花键分度积累误差和平行度公差推荐值	193
表2-8-6 花键定心表面的同轴度公差推荐值	194
表2-8-7 各种定心的表面粗糙度推荐值	194
第9章 螺纹结合的互换性	195
表2-9-1 普通螺纹基本尺寸 (GB196—81)	195
表2-9-2 内、外螺纹的基本偏差 (GB197—81)	198
表2-9-3 内螺纹小径公差 (T_{D1})	199
表2-9-4 外螺纹大径公差 (T_d)	200
表2-9-5 内螺纹中径公差 (T_{D2})	201
表2-9-6 外螺纹中径公差 (T_{d2})	202
表2-9-7 螺纹旋合长度	204
表2-9-8 普通螺纹偏差表 (GB197—81)	205
表2-9-9 丝杠螺距公差 (JB2886—81)	221
表2-9-10 丝杠的螺旋线公差 (JB2886—81)	221
表2-9-11 丝杠牙型半角的极限偏差 (JB2886—81)	221
表2-9-12 丝杠的大径、中径和小径公差 (JB2886—	

	81)	222
表2-9-13	丝杠全长上中径尺寸变动量的公差 (JB2886—81)	223
表2-9-14	丝杠中径跳动公差 (JB2886—81)	223
表2-9-15	分螺距误差的每转内等分数 (JB2886— 81)	223
表2-9-16	丝杠螺母的大径和小径公差 (JB2886— 81)	224
表2-9-17	非配作螺母中径的上偏差 (JB2886— 81)	225
表2-9-18	丝杠和螺母的表面粗糙度 (JB2886— 81)	225
表2-9-19	螺母与丝杠配作的推荐径向平均间隙 (JB2886—81)	225
第10章	圆柱齿轮传动的互换性 (JB179—83)	226
表2-10-1	周节累积公差 F_p 及 K 个周节累积公 差 F_{pk}	226
表2-10-2	周节极限偏差 $\pm f_{pt}$	227
表2-10-3	齿圈径向跳动公差 F_r	228
表2-10-4	齿形公差 f_f	229
表2-10-5	径向综合公差 $F_{f'}$	230
表2-10-6	径向一齿综合公差 $f_{f'}$	231
表2-10-7	基节极限偏差 $\pm f_{pb}$	232
表2-10-8	公法线长度变动公差 F_w	233
表2-10-9	接触斑点	233
表2-10-10	齿向公差 F_{β}	233
表2-10-11	中心距极限偏差 $\pm f_a$	234
表2-10-12	齿厚极限偏差	234
表2-10-13	齿坯公差	235
表2-10-14	齿坯基准面径向和端面跳动公差	235

第 1 部分 习题解答

第 1 章 互换性的基本概念

1-1 试计算下列各轴、孔的极限尺寸（指出最大、最小实体尺寸）、极限偏差、尺寸公差，极限间隙（或极限过盈）及配合公差，画出尺寸公差带图和配合公差带图，说明配合类别。

- (1) 孔 $\phi 25^{+0.033}_0$ ，轴 $\phi 25^{-0.02}_{-0.041}$ ；
- (2) 孔 $\phi 40^{+0.007}_{-0.018}$ ，轴 $\phi 40^0_{-0.016}$ ；
- (3) 孔 $\phi 20^{+0.021}_0$ ，轴 $\phi 20^{+0.048}_{+0.035}$ 。

解 将答案列入表1-1-1中。

1-2 根据下表中的已知数值，求空格中的数值，并画出公差带图。

解 表中括号内为已知数值：

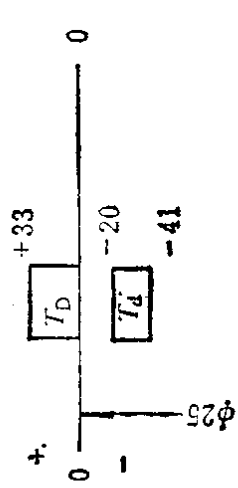
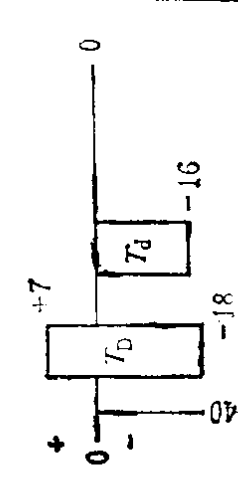
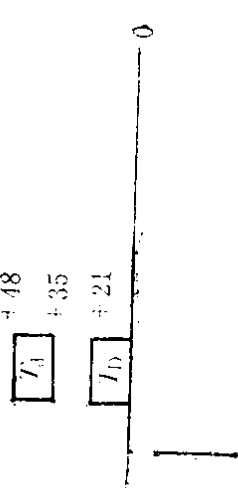
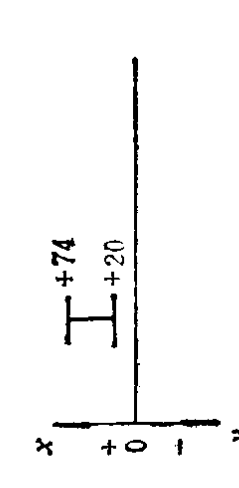
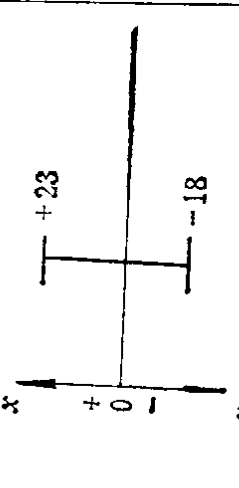
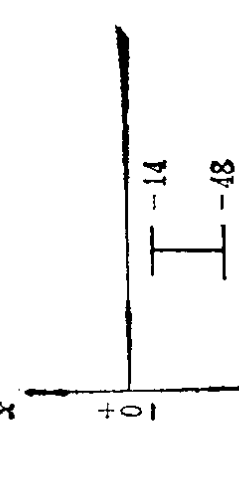
基本尺寸	最大极限尺寸	最小极限尺寸	上偏差	下偏差	公差	尺寸标注
孔 $\phi 8$	(8.04)	(8.025)	+0.04	+0.025	0.015	$\phi 8^{+0.04}_{+0.025}$
孔 $\phi 18$	18.017	18.016	+0.017	+0.016	0.001	$(\phi 18^{+0.017}_{+0.016})$
轴 $\phi 60$	59.938	59.874	(-0.062)	-0.126	(0.064)	$\phi 60^{-0.062}_{-0.126}$
轴 $\phi 50$	49.95	49.88	(-0.05)	(-0.12)	0.07	$\phi 50^{-0.05}_{-0.12}$

1-3 已知某轴的基本尺寸 $d = \phi 20\text{mm}$ ，尺寸公差为 $T_d = 21\mu\text{m}$ ，上偏差 $es = -20\mu\text{m}$ ，若用适当的测量器具在几个不同的位置上测得其局部实际尺寸分别为19.962，19.963，19.957，

表 1-1-1

项 目	(1)		(2)		(3)	
	孔	轴	孔	轴	孔	轴
基本尺寸	$\phi 25$		$\phi 40$		$\phi 20$	
上 偏 差	+0.033	-0.02	+0.007	0	+0.021	+0.048
下 偏 差	0	-0.041	-0.018	-0.016	0	+0.035
最大极限尺寸	25.033	24.98	40.007	40	20.021	20.048
最小极限尺寸	25	24.959	39.982	39.984	20	20.035
最大实体尺寸	25	24.98	39.982	40	20	20.048
最小实体尺寸	25.033	24.959	40.007	39.984	20.021	20.035
孔 (轴) 公差	0.033	0.021	0.025	0.016	0.021	0.013
最 大 间 隙 (或最小过盈)	+0.074		+0.023		-0.014	
最 小 间 隙 (或最大过盈)	+0.02		0.018		-0.048	

续表 1-1

项 目	(1)		(2)		(3)	
	孔	轴	孔	轴	孔	轴
基本尺寸	$\phi 25$		$\phi 40$		$\phi 20$	
配合公差	0.054		0.041		0.034	
配合类别	间隙配合		过渡配合		过盈配合	
尺寸公差带图	 a		 b		 c	
	 d		 e		 f	

19.971, 19.964, 19.956mm, 试判断其合格性, 并画出尺寸公差带图, 说明合格与否的理由 (轴线形状误差忽略不计)。

解 据本题已知条件, 可求得下偏差 $ei = es - T_d = -20 - 21 = -41 (\mu m)$ 。

极限尺寸为: 最大极限尺寸 $d_{max} = 20 + (-0.02) = 19.98mm$

最小极限尺寸 $d_{min} = 20 + (-0.041) = 19.959mm$

由已知的六个局部实际尺寸中有两个小于最小极限尺寸, 即 19.957, 19.956, 其实际偏差为 $19.957 - 20 = -0.043$, $19.956 - 20 = -0.044$, 因此本工件不合格。其公差带图如下 (图1-1-1)。

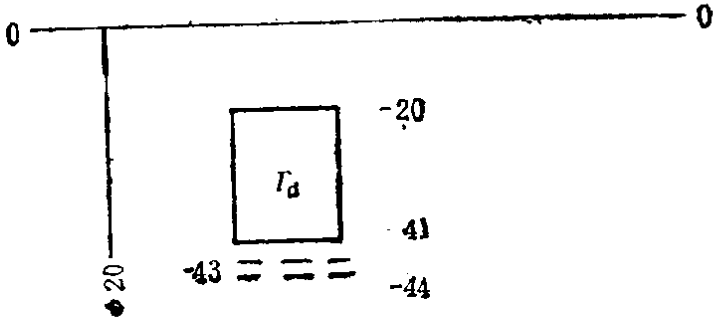


图 1-1-1

第2章 测量技术基础

2-1 量块的“等”和“级”怎样划分?使用时它们之间有何区别?

答 为了满足不同应用场合对量块精度的不同要求,量块按其制造精度,即中心长度对其公称尺寸的极限偏差,分为0、1、2、3、4共五个级别,其中0级最高,精度依次降低,4级最低。量块按其检定精度,即中心长度的测量极限误差,可分为1、2、3、4、5、6共六等,其中1等精度最高,精度依次降低,6等最低。

量块分级的主要依据是其中心长度的极限偏差和两测量面的平行度。分等的主要依据是其中心长度的测量极限误差和两测量面的平行度。

量块按级使用时,按刻在量块上的公称尺寸。即把公称尺寸作为工作尺寸,该尺寸内包含了量块尺寸的制造误差。量块按等使用时,根据量块经检定后检定书中所给出的实测中心长度,即把实际尺寸作为工作尺寸,该尺寸内不包含量块的制造误差,但包含检定时较小的测量误差。因此在精密测量时,量块按“等”使用要比按“级”使用更精确。

按等使用的量块要先检定得出修正值,要按公称尺寸加上修正值,即按得出的实际尺寸来使用。这比按级使用虽然麻烦一些,但可排除量块制造误差的影响,即可以用制造精度稍低及使用中实际尺寸已偏离公称尺寸较大的量块,进行精度较高的测量,从而得到较好的经济效益。例如,按级使用公称尺寸为30 mm的2级量块,中心长度的允许偏差为 $\pm 0.6\mu\text{m}$ 。若此量块按4等量块的要求检定,得出修正值为 $+0.4\mu\text{m}$,则其中心长度的实际尺寸为30.0004 mm。按等使用(即按30.0004 mm看待)时,其误差只是中心长度的极限测量误差 $\pm 0.3\mu\text{m}$ 。显然,后者的使用精

度比前者精度为高。

2-2 试从83块一套的量块中，同时组合尺寸29.875和48.98mm。

解

$$\begin{array}{rcl} & 29.875 & \\ -) & 1.005 & \dots\dots\dots \text{第一块的尺寸} \\ \hline & 28.87 & \\ -) & 1.37 & \dots\dots\dots \text{第二块的尺寸} \\ \hline & 27.5 & \\ -) & 7.5 & \dots\dots\dots \text{第三块的尺寸} \\ \hline & 20 & \dots\dots\dots \text{第四块的尺寸} \end{array}$$

$$29.875 = 1.005 + 1.37 + 7.5 + 20$$

$$\begin{array}{rcl} & 48.98 & \\ -) & 1.48 & \dots\dots\dots \text{第一块的尺寸} \\ \hline & 47.5 & \\ -) & 6.5 & \dots\dots\dots \text{第二块的尺寸} \\ \hline & 41 & \\ -) & 40 & \dots\dots\dots \text{第三块的尺寸} \\ \hline & 1 & \dots\dots\dots \text{第四块的尺寸} \end{array}$$

$$48.98 = 1.48 + 6.5 + 40 + 1$$

2-3 什么是阿贝原则？游标卡尺、高度游标卡尺、深度游标卡尺、外径千分尺等量具是否符合阿贝原则？

答 在长度测量中，为使测量误差最小，应将仪器上的标准量(刻线尺、测微螺杆等)放在被测量的延长线上。也就是说阿贝原则是指量具或仪器的标准量与被测量应位于同一条直线上的原则。

外径千分尺、深度游标卡尺符合阿贝原则；游标卡尺、高度游标卡尺不符合阿贝原则。

2-4 测量误差按性质可分为哪三类？各有何特征？

答 测量误差按其特性可分为系统误差、随机误差和粗大误差三种类型。

系统误差是指在同一条件下，多次测量同一量值时，误差的大小和符号保持不变，或在条件改变时，其值按一定规律变化的误差。前者称为定值系统误差，例如量块检定后的实际偏差。后者称为变值系统误差，例如分度盘偏心所引起的按正弦规律周期变化的测量误差。系统误差出现的方向和大小都有一定的规律，在很多情况下，可用理论计算和实验方法求得，并可用加修正值的办法，从测量结果中予以消除。例如量块按等使用，修正了标准量值不准确引起的误差就是典型的例子。

随机误差是指在同一条件下，多次测量同一量值时，误差的大小和符号以不可预定的方式变化的测量误差。随机误差主要是由测量中一些偶然因素或不稳定因素引起的。例如温度波动或测量力不恒定引起的测量误差；测量器具中零、部件配合的不稳定性，零件表层油膜的不均匀，摩擦力的变化等引起的也属随机误差。随机误差不能用实验方法加以修正，但经分析明确了误差来源后，可设法减小它的影响。并可用数学统计方法，估算出它对测量结果的影响。

粗大误差是指超出在规定条件下预计的测量误差，即明显歪曲测量结果的误差。造成粗大误差的原因，有主观上的原因，如读数不正确、操作不正确；也有客观上的原因，如外界突然振动。在正常情况下，测量结果中不应该含有粗大误差，故在分析测量误差和处理数据时应设法剔除粗大误差。

系统误差与随机误差不是绝对的，在一定条件下，可以相互转化。例如使用量块时，若没有检定出量块的尺寸偏差，而按名义尺寸使用，则量块的制造误差属于随机误差；如果量块已检定，按检定所得的中心长度来使用，那么量块的制造误差就属于系统误差。

2-5 如何处理三类测量误差？

答 系统误差的数值往往较大，因此从测量数据中揭露与消除系统误差，是提高测量准确度的重要措施。定值系统误差一般不影响测量误差的分布规律，它不能通过等精度测量列的数据处

理来揭露，而只能用不等精度测量来揭露。如果在改变测量条件进行不等精度测量后，测量结果没有差异，则表示不存在系统误差；如果有显著差异，则表示存在系统误差。这种方法叫做实验对比法。例如用比较仪测量零件时，按级使用的量块的尺寸偏差，使测量结果产生系统误差，这种系统误差只能用级别更高的量块进行对比时才能发现。变值系统误差会影响测量误差的分布规律，它可以通过测量列的数据处理来揭露，常用的方法是残差观察法，即将测量列按测量顺序排列(或作图)，观察各残差的变化规律，若各残差大体上正负相同，又没有显著变化，则不存在变值系统误差；若各残差有规律地递增或递减，且在测量开始与结束时符号相反，则存在线性系统误差；若各残差的符号有规律地周期变化，则存在周期性系统误差。

消除系统误差最常用的方法有修正法、抵消法和半周期法。修正法即把测量值加上相应的修正值，得到不含有系统误差的测得值。例如按等使用量块以及量具、量仪进行检定后对刻度尺、量具的校准等。抵消法即要求进行两次测量，以使两次读数时出现的系统误差大小相等、符号相反，取两次测量值的平均值作为测量结果，即可消除系统误差。例如在工具显微镜上测量螺纹螺距时，分别测出左、右牙面的螺距，然后取平均值作为测得值，以抵消测量时安装不正确引起的大小相同而符号相反的系统误差。半周期法，当周期系统误差为按正弦函数规律变化时，可采用半周期法来消除，即每隔半个周期进行一次测量，取两次读数的平均值，即能有效地消除周期性系统误差。

从理论上讲，系统误差是可以完全消除的。但由于许多因素的影响，实际上只能减少到一定限度。例如采用修正法，由于修正值本身也包含有一定误差，因此系统误差不可能完全消除。一般来说，系统误差若能减小到使其影响仅相当于随机误差的程度，则可认为已经被消除。

为了减少随机误差的影响，可以采用多次重复测量，一般为5~15次，取多次测量的算术平均值作为测量结果，以提高测量