

測量与量仪的 准确 度

韋 席 著

机械工業出版社

測量与量仪的准确度

韋席著

李 慎 安 譯

薛祉鎬校

机械工業出版社

1958

出版者的話

在机械制造中，广泛使用着各种量仪，特别是用作为尺寸检查的。测量工作在机械制造中以及科学技术研究与实验工作中是不可少的一环。而且，随着工业水平的日益提高，对测量结果以及量仪的准确度方面也提出了更高的要求。保证量仪的准确，一致与正确使用，已引起国内机械制造厂的广泛注意，这本书的出版，将有助于这一工作的开展。

这本书主要分析了各种误差的性质，它们的综合计算与提高准确度的方法，如何正确地处理与认识测出的结果，如何认识量仪的准确度以及提高其准确度，量仪的设计制造中有关准确度方面的问题，此外，对误差理论也作了较扼要的说明，同时，举了一些例子作为具体应用的补充说明。

这本小书讲得比较简单，没有涉及较高的数学计算，偏重于实用。中级水平的工程技术人员即可以看懂它。

它的主要读者对象是：精密测量工作人员，精密仪器的使用者，计量技术人员以及工厂中搞技术检查的技术员，同时，也可作为仪器制造与设计方面的工程技术人员的参考。

西德 Kurt Rantsch 著 'Genauigkeit von Messung und Meßgerät' (Carl Hanser Verlag, München 1950 年第一版)

* * *

NO. 1784

1958 年 5 月第一版 1958 年 5 月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字数 66 千字 印张 $3\frac{1}{2}$ 0.091— 3,000 册

机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业许可证出字第 008 号 定价(10) 0.55 元

目次

第一章 导言	5
第二章 系統誤差	9
I 概論	9
II 尺寸实体之誤差	10
a) 塊規的誤差(10)——b) 刻綫尺的誤差(11)	
III 指針式量仪之誤差	12
IV 綜述与举例	13
V 比較測量中量值之修正	15
第三章 偶然誤差	17
I 概論	17
II 平均值及中值	19
III 不可靠性識別值	19
IV 不可靠性識別值本身的不可靠性	23
V 不可靠性識別值之意义	25
VI 綜述	29
第四章 温度影响	31
I 概論	31
II 对标准温度的換算	33
III 精密測量室	37
第五章 誤差之扩展	42
I 系統誤差之扩展	42
a) 概論(42)——b) 計算法則(42)——c) 举例(45)	
II 偶然誤差之扩展	52
a) 概論(52)——b) 計算法則(52)——c) 举例(54)	
第六章 量仪之不准确度	58

409596

測量与量仪的准确度

韋席著

李 慎 安 譯

薛祉鎬校

机械工業出版社

1958

出版者的話

在机械制造中，广泛使用着各种量仪，特别是用作为尺寸检查的。测量工作在机械制造中以及科学技术研究与实验工作中是不可少的一环。而且，随着工业水平的日益提高，对测量结果以及量仪的准确度方面也提出了更高的要求。保证量仪的准确，一致与正确使用，已引起国内机械制造厂的广泛注意，这本书的出版，将有助于这一工作的开展。

这本书主要分析了各种误差的性质，它们的综合计算与提高准确度的方法，如何正确地处理与认识测出的结果，如何认识量仪的准确度以及提高其准确度，量仪的设计制造中有关准确度方面的问题，此外，对误差理论也作了较扼要的说明，同时，举了一些例子作为具体应用的补充说明。

这本小书讲得比较简单，没有涉及较高的数学计算，偏重于实用。中级水平的工程技术人员即可以看懂它。

它的主要读者对象是：精密测量工作人员、精密仪器的使用者、计量技术人员以及工厂中搞技术检查的技术员，同时，也可作为仪器制造与设计方面的工程技术人员的参考。

西德 Kurt Rantsch 著 'Genauigkeit von Messung und Meßgerät' (Carl Hanser Verlag, München 1950 年第一版)

* * *

NO. 1784

1958 年 5 月第一版 1958 年 5 月第一版第一次印刷

787×1092 1/32 字数 66 千字 印张 3 1/2 0.001—3,000 册

机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业许可证出字第 008 号 定价(10) 0.55 元

目次

第一章 导言	5
第二章 系統誤差	9
I 概論	9
II 尺寸实体之誤差	10
a) 塊規的誤差(10)—— b) 刻綫尺的誤差(11)	
III 指針式量仪之誤差	12
IV 綜述与举例	13
V 比較測量中量值之修正	15
第三章 偶然誤差	17
I 概論	17
II 平均值及中值	19
III 不可靠性識別值	19
IV 不可靠性識別值本身的不可靠性	23
V 不可靠性識別值之意义	25
VI 綜述	29
第四章 温度影响	31
I 概論	31
II 对标准温度的換算	33
III 精密測量室	37
第五章 誤差之扩展	42
I 系統誤差之扩展	42
a) 概論(42)—— b) 計算法則(42)—— c) 举例(45)	
II 偶然誤差之扩展	52
a) 概論(52)—— b) 計算法則(52)—— c) 举例(54)	
第六章 量仪之不准确度	58

409596

I 概論	58
II 測量准确度与讀数准确度	60
III 單个量仪的不准确度	63
IV 一批量仪之不准度	68
a) 立式阿貝測長儀(69)——b) 工具顯微鏡(70)——c) 測角 顯微鏡(71)——d) 帶顯微鏡的角度水平儀(75) (即光学象 限儀——譯者注)	
第七章 測量結果之不可靠性	77
I 概論	77
II 量值与測量結果	78
III 正确性与可复性	80
IV 測量方法的誤差与溫度影响	82
V 被測件与測量裝置的影响	84
VI 測量的不可靠性与公差	85
第八章 觀察誤差理論	87
I 平均值与單个值的散布性	87
II 平均值与平均值的散布性	90
III 平方散布性的計算	91
IV 平均誤差	94
V 誤差之扩展	95
VI 誤差或然率	96
附录	106
I 使用字母表	106
II 重要公式表	108
III 插圖索引	110
IV 中德名詞对照表	111

第一章 导言

任何測量都是一种比較，而且是兩個同类量的比較。此种比較均基于測定工作人員个人的感觉（如触觉或视觉），并基于所使用測量器具的特性（如固定式量規或指示性的量具）。

对于所有的人來說，其感觉并不完全一样完善或一样熟練，因此，不同的測量工作人員，測量同一被測件，并不能得到完全一样的量值；而且同一个測量工作人員，对于同一被測件进行多次重复比較时，也常不能得到同样的終結：由于主觀因素的影响，形成各个量值間的差数。

用同类的量仪来測量同一零件时，常不能得出完全一样的量值。而且用同一个量仪，对同一零件进行多次重复的測量时，也常不能得到完全相同的示值：由于測量器具構造上的影响，形成量值間的差数。

在同样情况下，对同样的被測件进行重复的多次測量，所得量值之差，乃由于不可控制的与不可避免的个人的以及屬於測量器具構造上的原因所造成（注意程度上的改变，对小数的不同估計；測量压力的变化，彈性的滯后作用，油層地位变化等等）。我們称之为〔偶然誤差〕或〔观察誤差〕；虽然有各种不同原因，我們無法將这种誤差分析成为那一部分由于个人，那一部分由于構造原因；因为每次重复測量时，各个誤差原因的作用部分是不同的。

用同一測量仪器，在同样条件下，对同一被測件进行多

次重复的測量，即令得到的量值十分接近，但認為这些量值就是〔正确的〕，这仍是沒有保証的。在同一来源的一批被測量件上，即使得到很接近的結果，对測出的量值的正确性而言，仍然也是沒有保証的。

量值在正确性方面的偏差，不能通过利用同样方法来重复測量而得知，只能通过对測量方法以及該測量方法中所用的尺寸实体[●]的重新檢查，才能知道；这乃是由于〔系統誤差〕之影响。

在同样条件下，系統誤差对測量的影响恒不变；所以我們在知悉它的对測量影响的原因后，可通过修正量来消除它；我們因此亦称之为〔可控制誤差〕。

此外，环境条件对量值之影响有特殊重要的意义。其中特别是溫度，它的影响常起着决定性的作用，对这，我們常不够有力地引起重視（參閱第31頁）。

由于測量工作人員不可能完全正确地觀察，标准尺寸实体以及所用量仪，不可能完善無疵，且有环境的影响，因此我們決不可能測得被測量件的〔真值〕，而是任何一量值多多少少的存在着誤差：一个沒有誤差的測量永远是不可能的。

在所設計的測量仪器上面，使不熟練的測量人員或是受过訓練的熟練測量人員都能与有經驗的檢定工程师一样能得到同样正确的結果，这乃是設計者們所致力目标。这样的目的，是極不容易达到的。事实常常是这样，一个頗熟練的測量工作人員，用相当簡單的測量方法所能得到的測量結果的准确度，而为一不熟練的測量工作人員，用最好的測量設

● 尺寸实体系指一切体现尺寸的物体，例如塊規以其端面間長度体现，綫紋尺以其刻綫来体现，千分尺上的絲杆以其螺距来体现。——譯者

备所达不到。不是什么人使用量仪都会一样适当；只有通过練習与經驗才能得到好的工作結果，好的匠师不是自天而降这一句諺語，在这里也是适用的。

在測量試驗室中應該選擇热爱这一有价值的工作、而且具有高度的責任感的人員，他們也必需是在工作中具有精密的鑒別能力，此外，必須具有不可影响的客觀性，而且应仔細、有耐心；这都是不可缺少的先决条件。測量技術員除以上这些性格上的条件必需滿足外，还必需要求这样的前提：除了精密的感觉与手的可靠性外，尚必需有好的眼睛。他的視力不仅应十分銳敏——無論是用工具或是不用工具——，而且应有很好的目測能力。对角度与綫段必需要能相当可靠地憑估計来对分，三等分或十等分。这一些条件要是在生理上沒有优越的条件，全憑練習也是不可能达到的。因此在選擇測量助理員时，常需要对其工作中最重要的感觉器官，如眼睛与触觉，予以考試。

此外，一个好的測量技術員也應該能計算。掌握簡單的几何学与平面三角学的演算以及可靠的掌握数字計算、对数表与計算尺的应用都是同样必需的。也要求对誤差公式真正理解，并熟悉关于微分計算与微量計算中的基本原則的某些常識。一个具备了以上的条件的測量技術員，在必需知識的获得上，將不致有困难。

一个測量技術員的工作，決不是像一个外行的、只看外表的人所想像的那樣容易。長時間的精神緊張以及必要的高度的注意力，比在机器上的工作要来得易使人疲倦，無論在什么地方，人的工作效率，常与其是否舒适有很大关系，在測量實驗室的工作更是如此。除了必需要求實驗室內布置

要按工作技術原則外，還特別應注意，使室內環境均稱。在實驗室內所用的傢俱，應比較好而使得能保證一定的舒適，為此還必需是每一儀器應有其專門的儀器桌等。

為要得到可靠的量值，仔細而且正確的使用與保養儀器，乃是一很明顯的前提。隨儀器所一起附來的使用說明書是儀器製造廠仔細編訂的，這種技術文件不應該保存在採購部門或是管理部門的卷宗內。儀器的使用說明書是測量技術員的手頭參考文件，永遠應該同儀器放置一起，以方便於保證操作的正確以及在特別的情況下翻閱。

在使用高級量儀時，絕對不能粗暴地操作；所有儀器部件在其活動範圍內，應能平滑地運動，特別是，當測量時被測量件與儀器機械式接觸的情況下，應該仔細地注意測量壓力的大小：變形與壓扁——特別是在薄壁被測件上——常較我們所簡單想像者為大。如果測量壓力不能保持穩定，則準確的測量全然是不可能的。

在儀器使用過後，恒應在其所有鋼質的測量面上，以及導軌面上薄薄地塗上一層油脂以防止銹蝕的危險。儀器的清潔以及經常不斷地護養，為保證高精度儀器長期使用的重要前提之一。

量值的正確性與可靠性，比起較快地得到量值來說，是更為重要的問題。因此，對任何一種測量，都應有充分的時間以使用必需的謹慎——但不是過份的——來進行讀數。雖然如此，不僅在儀器的製造上，而且在其使用上，都包含有人工的缺陷，所以沒有誤差的測量全然不可能。

第二章 系統誤差

I 概 論

任何測量均為一種比較。

我們以一標準件來與被測量的大小，被測件，相比較。標準件乃表示一理想的被測件，而且首先假定它是沒有誤差的。

我們在进行尺寸比較時，即是以被測件實際上所具有的尺寸，被測件的 [實際尺寸]，來與被測件所應具有的尺寸，[應有尺寸]，例如標準件所體現的尺寸，相比較。

在被測件實際尺寸與其應有尺寸間之差，即是被測件的誤差。

$$\text{誤差} = \text{實際尺寸} - \text{應有尺寸}$$

按這一規則，誤差的大小及其符號即已確定了：當被測件大於標準時，其誤差為正；當被測件小於標準時，其誤差為負。

$$\text{實際尺寸} = \text{應有尺寸} + \text{誤差}$$

對應有尺寸（為一理想，這種理想總是不可能完全達到的）來說，被測件的實際尺寸恒有一誤差，它恒是錯誤的。誤差在個別情況下也有時等於零。

$$\text{應有尺寸} = \text{實際尺寸} - \text{誤差}$$

一個被測件的應有尺寸（被測件所必需滿足的規定）恒是沒有誤差的，也恒是 [正確的] —— 與其是否可由一個標準完全體現出來無關。我們可簡單地寫成：

誤差 = 錯誤的減正確的

作为对一量值或一测量器具的說明，我們常用另一概念来代替誤差，即加在量值上的「修正量」。修正量的数值与誤差的数值相等，而其符号則相反。

为了避免錯誤，常必需給出这一誤差是指什么，也就是說要說明什么东西有这个誤差。

至于修正量也同样是这样，常必需申述是指什么。

II 尺寸实体之誤差

前面各节所述的一般公式在其运用中，可能造成理解上的困难；因此，下面將举数例說明。

a) 塊規的誤差

塊規为技术测量的标准，特别是在工厂的測量中。塊規的長度一般都是假定它为正确的。作为一个应有尺寸的实体來說，塊規并不是全然沒有誤差的。由于其制造厂的極限制造准确度以及測量准确度，每一塊規恒有一誤差，由于它十分小，以至于在一般情况下就可不予計算（对塊規來說，也有不同等級的精确度！）。每个塊規的長度刻在塊規上；刻出的数值也就是尺寸的应有長度。

一个塊規的誤差即为其真正長度，实际長度（为用最高可靠性的測量方法所得出的，例如在光波干涉比較仪上所測出的），对于其刻写長度，应有長度，間的差：

長度誤差 = 实际長度減应有長度

塊規的修正量乃等于其誤差，但符号相反：

長度修正量 = 負的長度誤差

塊規長度的修正基本上可用兩種方法實現：

1. 由長度的改變。

如果塊規尺寸誤差是正的——即塊規太長——，則塊規可通過修整加工來修正其尺寸。如果塊規尺寸誤差是負數——即塊規太短——，則塊規不能借改變其長度來進行修正（雖然可以鍍一層金屬，如鍍鉻）。一般也用下面的方法來實現塊規修正。

2. 刻字的改變。

把塊規的實際尺寸代替其不曾保有的應有尺寸刻于塊規上；即把塊規上原刻尺寸加以修正。在一般情況下往往是加注誤差值，也就是通過這一注明，其〔實際長度〕可由其應有長度與長度的誤差和得出。

修正了的數值為塊規的實際值。一套塊規的誤差我們也可以不必單個地將其在每塊上刻出，而可用一總表的形式寫出。

塊規長度的誤差表乃是塊規上刻寫數字的修正表，同時也是使用這套塊規所得到的量值的修正表。

b) 刻綫尺的誤差

在尺寸比較中，除了使用塊規之外，往往也使用刻綫尺，特別是在長度測量儀器中。在精密的刻綫尺上，一般在其每一根刻度上均注有數字；刻度綫上所注的數字乃表示該綫與零綫間，以標準長度單位所表示的距離。所標注的數字乃為這一刻度的應有值。刻度的實際值是與之有出入的，因刻度綫的每一刻劃在其位置上均不免有小量的誤差；刻度綫與所注的數字，嚴格的完全一致是決不可能的。

刻綫尺的誤差(每一根刻度綫对其零位綫間距离的誤差)等于其实际距离(实际上已刻出的距离)减去其标注数字所表明的应有距离(所拟定的距离):

長度誤差 = 实际長度 - 应有長度

刻綫尺的修正量等于其誤差, 但符号相反:

長度的修正量 = 負的長度誤差

刻綫尺的修正仅能通过修正其标注的数值来实现, 因刻綫相互間的位置是不能重新更动的。

对于标注数值的修正, 似可以通过刻写其实际自零位綫的距离来实现。这里我們也可以讓刻綫尺的修正由一应有距离与一距离誤差之和来表示其实际尺寸。

修正了的标注数字, 給出刻度的实际值。实际上刻度綫的修正, 恒是把对刻綫应有距离的誤差, 列成一表的形式給出的。

刻綫尺分度的誤差表乃是刻綫尺标注数字的修正表, 同时也是所讀取量值的修正表。

III 指針式量仪之誤差

对指針式(或指示式——譯者)量仪來說, 其情况与尺寸实体一样, 無論其指示是由于一刻度盤相对于一标记来移动或是标记相对于刻度盤移动来表現; 这种移动無論其为用手动来造成或是在仪器中自动地出現, 意义都是一样。

一仪器的示值相当于一尺寸的标志; 此示值乃是其測杆对其原始位置的移量, 它相当于尺寸的長度。

在使用指針式仪器进行測量时, 必需区分开指示的誤差与在仪器上对正長度的誤差。示值的誤差乃是其实际示值

(測杆在对正一个長度时所給出的示值)与应有示值(測杆在对正这一長度时所应給出的示值)之差:

示值的誤差 = 实际示值减应有示值

一个对正誤差乃等于測杆的实际对正(它所給出的示值)与測杆的应有对正(它所应給出的示值)之差:

对正誤差 = 实际对正减应有对正

使用指針式仪器的測量中, 对正的实际值等于示值的应有值; 仪器应指示出对正的实际值。反之在測杆的对正中, 示值的实际值等于对正的应有值; 对正应与示值相应。

因为一般來說, 誤差等于 [实际减应有], 故由

1. 对正的实际值 = 示值的应有值
2. 对正的应有值 = 示值的实际值
3. 对正的誤差 = 負的示值誤差

这里也一样, 量值的誤差等于示值(标志)的誤差, 量值的修正量即为示值誤差的負值。

示值的誤差表乃量值的誤差表; 量值的修正量等于示值誤差反其符号。

IV 綜述与举例

在各种尺寸实体与量仪中, 長度誤差或对正誤差与标志誤差或示值誤差之間是有区别的。

我們或者把長度和对正当作 [正确的], 把标志或示值当成 [錯誤的]; 或者把标志和示值当成 [正确的] 而把長度或对正当作 [錯誤的]。長度的誤差为長度; 数值的誤差为数值。長度仅能以長度(例如塊規的鍍銘), 数值仅能以数值(例如誤差表的数值)来进行修正。各按其誤差之来源改变其