

高层建筑施工
培训丛书

.2

高层建筑施工测量

● 王载梅 林则政 编著
湖南科学技术出版社



高层建筑施工
培训丛书

2

王载梅 林则政 编著
湖南科学技术出版社

TU974
W546

高层建筑施工测量



高层建筑施工培训丛书之二

高层建筑施工测量

编 著：王载梅 林则政

责任编辑：殷 健 谢 颖

出版发行：湖南科学技术出版社

社 址：长沙市展览馆路3号

印 刷：湖南省新华印刷二厂

厂 址：邵阳市双坡岭

邮 编：422001

(印装质量问题请直接与本厂联系)

经 销：湖南省新华书店

出版日期：1996年7月第1版第1次

开 本：850×1168毫米 1/32

印 张：5.25

插 页：4

字 数：134,000

印 数：1—3,100

征订期号：地科 184—42

ISBN7—5357—1803—5/TU·62

定 价：7.50元

前 言

本书根据高层建筑施工特点和施工规范要求，全面、系统地介绍了高层建筑施工测量的工作内容和具体方法。其主要内容有：高层建筑施工测量的特点与基本要求，施工测量前的各项准备工作，施工测量的基本工作，建筑场地施工控制网的测设，建筑物的定位和基础放线，高层建筑标高的控制和轴线竖向投测，变形观测与竣工测量。本书着重结合国内高层建筑施工测量实例进行阐述，通俗易懂，适用性较强。可供建筑施工人员使用，也可作为大专院校土建专业师生的参考书。

全书共分七章，一、二、三章及附录由湖南大学林则政编写，四、五、六、七章由湖南大学王载梅编写。由于水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1996年1月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 施工测量的任务与高层建筑施工测量的特点	(1)
第二节 高层建筑施工测量的基本内容	(3)
第三节 高层建筑施工测量的基本要求	(4)
第四节 测量误差的基本知识	(7)
第二章 施工测量前的准备工作	(23)
第一节 熟悉和审核图纸	(23)
第二节 根据施工部署制定测设方案	(30)
第三节 测量仪器的配备和检校	(32)
第四节 校核红线桩和水准点	(49)
第五节 建筑场地的平整测量	(52)
第三章 施工测量的基本工作	(65)
第一节 水平距离、水平角和高程的测设	(65)
第二节 直线和坡度的测设	(72)
第三节 点的平面位置测设	(77)
第四节 圆曲线的测设	(84)
第四章 建筑场地上控制网的测设	(100)
第一节 建筑场地平面控制网布网原则、布网形式和精度要求	(100)
第二节 场地平面控制网的测设	(105)
第三节 场地标高控制网布网形式、布网原则和测设精度要求	(110)
第四节 标高控制网测设成果的调整计算	(113)

第五章 建筑物的定位和基础放线	(120)
第一节 建筑物的定位放线.....	(120)
第二节 高层建筑矩形控制网的测设与放线.....	(124)
第三节 基础放线.....	(126)
第六章 高层建筑标高控制和竖向投测	(128)
第一节 高层建筑标高控制.....	(128)
第二节 高层建筑轴线投测.....	(131)
第七章 变形观测与竣工测量.....	(137)
第一节 变形观测特点及基本措施.....	(137)
第二节 沉降观测.....	(138)
第三节 位移观测.....	(143)
第四节 倾斜观测.....	(144)
第五节 竣工测量.....	(147)
附录	(151)
参考文献	(159)

第一章 绪 论

第一节 施工测量的任务与高层建筑 施工测量的特点

一、施工测量的任务与特点

施工测量的主要任务，就是根据建筑物、构筑物的设计图，如建筑物的总平面图、立面图、剖面图、基础大样图等，按照设计要求，通过测量工作的定位、放线和检查，将其平面位置和高程标定到施工的作业面上，为工程的开挖与砌筑提供依据。工程竣工后，为了今后的管理维护、改建或扩建的需要，还要进行竣工测量，编绘竣工图。对一些高大或特殊的建筑物，为了监视它的安全性和稳定性，检验设计理论和施工质量，在施工中和工程建成后，还要定期进行变形观测，掌握变形规律。

施工测量是直接为工程施工服务的，它既是施工的先导，又贯穿于整个施工过程。施工测量的成果不仅是进行施工及施工检查的一项准绳，而且还是验证竣工工程的位置、标高和相互间的关系尺寸是否合乎设计要求的重要依据。

施工测量也遵循“由整体到局部，先控制后碎部”的原则，首先建立施工控制网，测设建筑物的主轴线，然后根据主轴线再进行建筑物的细部放样工作。

施工测量有以下的特点：

施工测量的精度主要取决于建筑物的大小、结构和施工方法，而不取决于设计图的比例尺大小。一般而言，高层建筑物的精度要求高于低层建筑物，金属结构建筑物高于钢筋混凝土结构和砖石结构建筑物，装配式建筑物高于非装配式建筑物。因此，应根

据不同的施工对象来选用测量的仪器和方法，使之既能保证工程质量，又能避免人力和物力的浪费。

施工放样的质量将直接影响到建筑物的尺寸和位置，对能否按设计施工起着重要的作用。因此，测量人员必须熟悉设计图上的有关尺寸和高程，放样数据要反复核对。对于重要的测设工作，如建筑物的定位桩、主要轴线和高程点的测设，要经过专门检查复核后才能施工。此外，还应了解施工方案和进度安排，掌握现场情况，使测量工作与施工进度密切配合。

施工场地内的工种繁多、支架林立、交通频繁、材料堆积、场地变动大、干扰多，这些都给测量工作造成困难。因此，必须注意人身和仪器的安全，各种测量标志应埋设在稳固、安全、醒目、便于使用和保存的地方，如有损坏，应及时恢复。

二、高层建筑施工测量的特点

1. 高层建筑由于层数多、高度高、结构复杂，因此，测量精度要求高，一般要求达到毫米级。

2. 高层建筑的施工，对竖向偏差的控制要求较严，高度越高，要求就越严。如钢筋混凝土高层装配式框架结构，要求各层柱身的竖向容许偏差不大于 5mm，全高累计竖向容许偏差不大于 20mm。因此，保证轴线竖向投测的精度和采取相适应的测设方法，成为高层建筑施工测量中的关键。

3. 建于城市繁华地段的高层建筑，四周房屋密集，施工场地的周边范围狭小，高层建筑竖向投点高度往往超过普通经纬仪的测视范围。因此，需使用激光经纬仪（或激光铅直仪）等专用仪器进行测设。

4. 高层建筑的平面、立面造型新颖且复杂多变，测量的难度较大。因此，选用的仪器与测量放线的方法，也要因地制宜，灵活多变。

5. 高层建筑的工程量大、工期长，又多为分期施工，因此，为保证工程的整体性和各局部施工的精度要求，应测设足够精度

的平面控制网和高程控制网，并使主要控制网点能稳固地保存至工程竣工，能够交给建设单位继续使用。

6. 由于采取立体交叉作业，施工项目多，为保证工序间的相互配合与衔接，施工测量应与各方面密切配合，事先制定切实可行的与施工同步的测量放线方案。

7. 为防止施工测量的差错而造成损失，必须在施工的各个阶段以及主要部位做好验线工作。

第二节 高层建筑施工测量的基本内容

一、施工测量的准备工作

1. 熟悉和校核图纸。对图内有关尺寸和数据应进行检核，对多边形或圆弦形建筑的四周边长是否交圈（闭合）进行核算。

2. 根据工程的施工部署，制定切实可行的测设方案。

3. 掌握定位依据，对规划红线的桩位和给定的水准点进行实地校测。

4. 对选用的测量仪器进行检验与校正。

5. 场地平整测量：按竖向规划对整个场地进行平整测量工作。

二、场地控制网的测设

1. 根据平面控制网的布网原则，结合工程的整体布局与施工现场的具体条件，合理地布设满足精度要求的平面控制网。

2. 平面控制网的测设：不同形式的平面控制网的测设方法与精度要求。

3. 根据高程控制网的布网原则，布设场地的高程控制网并进行高程测量，对水准网的观测成果进行调整计算。

三、建筑物的定位放线和基础放线

1. 根据确定的定位依据和条件，进行建筑物的定位。

2. 建立矩形控制网，测设建筑物的轴线控制桩。
3. 建筑物的基础放线。

四、高层建筑的标高控制和竖向投测

1. 根据规定的精度要求，进行 ± 0.000 以下和 ± 0.000 以上的标高传递。
2. 根据高层建筑物竖向控制的精度要求，结合施工场地的具体条件，选择合适的仪器和方法，进行高层建筑的轴线投测。

五、变形观测与竣工测量

1. 确定变形观测的基准点、工作基点和建筑物上的变形观测点。
2. 沉降观测：除高层建筑自身的沉降观测外，还包括施工塔吊基座的沉降观测以及地基回弹等观测。提供沉降观测的成果资料。
3. 建筑物的位移观测。
4. 建（构）筑物的竖向倾斜观测。
5. 竣工测量：在每一局部工程完成后，即进行竣工测量，提出该工程的竣工测量成果。随着各局部工程的相继竣工，根据竣工测量成果编绘竣工总图。

第三节 高层建筑施工测量的基本要求

一、施工测量工作的基本要求

1. 遵守国家法令、政策和各项制度与技术规程，明确为工程施工服务。
2. 施工测量须有统一性、系统性和准确性的严格要求。在复杂的立体交叉平行流水建筑安装施工过程中，为做好施工测量的工作，必须有统一的领导组织以及一套完整的科学管理办法。

3. 遵守先整体后局部和高精度控制低精度的测量工作基本原则。即先建立场地整体的平面控制网和高程控制网，然后以控制网为依据，进行建筑物的定位、放线和标高测设。

4. 施工测量的原始依据，如设计图纸、测量起始点的点位及有关数据等，须进行严格的审核，核对无误后方准使用。如发现错误和疑点，须提请有关方面更正。

5. 在测量精度满足工程需要的前提下，尽量选用科学、简捷的施测方法，力争做到省工、省时、省费用。任何现场的测量工作，必须有可靠的校核条件，以保证准确性。测量成果无论超限与否，均须注明实测与检查数据。

6. 计算工作应采取两人分算，或一人独立计算两次。测设数据的计算，经校核无误后方可使用。

7. 在进行施工控制测量、主体工程定位及主要轴线测设工作之前，须编制测设方案。一般工程定位必须有定线图表，内容包括：测设依据、测设方法、测设数据、标点布置、标桩规格、精度和工作进度等。

8. 建立一切定位、放线工作要经自检、互检合格后，方可提请主管部门进行验线的工作制度。

9. 在施工现场建立的重要标桩，如平面和标高控制网点、建筑物矩形控制网点和主要的轴线桩，应做好必要的保护设施，交由施工及保卫人员负责保护。

10. 凡隐蔽工程施工完毕后，应及时进行竣工测量，否则不得回填。

11. 施工测量需与施工紧密配合，应派人参加工地必要的调度和生产会议，了解施工计划及对测量工作的要求，以便做好配合工作。

12. 施工测量既要及时做好现场施工所需要的准确点线，又必须有细致的、系统的、完备的测量记录，并于竣工后提交足够的测量资料。

13. 高层建筑的施工测量，为保证施测人员和测量仪器的安

全，应制定安全规程，并严格遵守执行。

二、施工测量验线工作的基本要求

1. 验线工作应从审核测设方案开始，在各主要阶段施工前，均能提出预防性的要求，以真正做到防患于未然。

2. 验线的依据必须是正确、有效的原始资料和数据。

3. 验线所用的仪器和钢尺，要按计量法有关规定进行检定。

4. 必须独立验线，即验线人员、所用仪器和测法，要尽量与放线工作不同。

5. 验线的精度应符合规范的要求：①所用仪器应符合验线的精度要求，并校正完好。②严格按照技术规程进行作业，观测误差必须在限差范围以内，并采取措施消除或减小系统误差的影响。③验线本身要先行附合（或闭合）校核。

6. 验线的主要部位：①原始桩位与定位条件。②主轴线及其控制桩。③原始水准点、引测的标高点 and ± 0.000 标高线。④测量放线中精度最弱的点位。

7. 验线成果与原测量放线成果之间的误差处理：①若两者之差不超过 $1/\sqrt{2}$ 倍限差，则可认为测设工作优良。②若两者之差不超过或等于 $\sqrt{2}$ 倍限差，则可认为测设工作合格。③若两者之差超过 $\sqrt{2}$ 倍限差，则不予验收。

三、高层建筑施工测量人员应满足的基本要求

施工测量人员担负着定位放线等工作，是施工的先行者，又是在整个施工过程中参加施工的一支专业队伍。施工测量的进度和精度，对保证施工进度和工程质量起着重要作用。因此，测量人员应充分认识本职工作的重要性和严肃性。高层建筑的施工测量又是一门复杂的技术工作，为此，施工测量人员应满足以下基本要求：

1. 坚守工作岗位，并具有良好的团结、协作精神。

2. 严格遵守施工测量的各项制度和技术规程。

3. 掌握施工测设的各项基本工作的原理和方法,并能对不同的工程采用不同的测设方法。

4. 能熟练地掌握经纬仪、水准仪等常规测量仪器的使用与检校方法,并能掌握激光铅直仪、激光经纬仪等光电仪器的使用方法。对钢尺量距的改正计算应熟练掌握。

5. 能看懂设计图纸,能结合测量放线工作核审图内的有关尺寸和数据,并能编制施测示意图表。

6. 了解并掌握不同工程类型、不同施工方法对施工测量的不同要求。

7. 熟悉误差理论,能针对误差产生的原因采取有效措施,并能对各种观测数据进行处理。

8. 能针对施工现场的不同情况,灵活解决施工测量中的有关问题。

第四节 测量误差的基本知识

测量误差是客观存在的。设观测值为 l ,被观测对象(观测量)的真值为 X ,观测值和真值往往是不相等的,它们之间存在着差值,这是由于观测值中含有测量误差的缘故。测量误差 Δ 可定义为:

$$\Delta = X - l \quad (1-1)$$

测量误差 Δ 通常称为真误差,例如观测三角形三个内角之和与 180° 之差就是这样的误差。

测量误差产生的原因,主要是由于测量仪器本身不尽完善,观测者感官鉴别能力的局限性以及外界自然条件的瞬间变化的影响。上述三方面的因素综合起来称为观测条件,观测条件好,测量误差就会小些,观测成果的质量就高些;反之,测量误差就大些,观测成果的质量就差些;如果观测条件相同,观测成果的质量也相同。因此,观测条件相同的各次观测,称为等精度观测;观测条件不同的各次观测,称为非等精度观测。

掌握测量误差基本知识的目的是：①指导测量工作的实施，以保证观测质量符合实际的要求；②提供处理观测数据的理论和方法。

一、测量误差的分类

测量误差按其特性可分为系统误差和偶然误差两类：

1. 系统误差

在相同的观测条件下，对某量进行一系列的观测，若误差出现的符号和数值大小保持不变或按一定规律变化，这种误差称为系统误差。

例如用名义长为 30m 而实际长为 30.005m 的钢尺量距，每量一尺段就有一 0.005m 的误差，其量距误差的符号不变，且与所量距离的长度成正比。因此系统误差具有累积性。

观测值偏离真值的程度称为观测值的准确度，系统误差对观测值的准确度有较大的影响。因此，必须采取适当的处理方法，消除或减少系统误差的影响。处理的方法通常有以下三种：

(1) 检校仪器，把仪器的系统误差降低到最小程度。

(2) 对观测成果进行改正。如对量距成果进行尺长改正及温度改正等。

(3) 采取适当的观测方法，使系统误差在成果计算中自行消除或削弱。如在水准测量时，采用前、后视距离相等的观测方法；在水平角测量时，采用盘左、盘右观测取平均值的方法。

2. 偶然误差

在相同的观测条件下，对某量进行一系列的观测，若误差出现的符号和数值大小均不一致，从表面上看没有任何规律，这种误差称为偶然误差。偶然误差是由人力所不能完全控制的因素（如眼睛的分辨能力、仪器的极限精度、气象因素）共同引起的误差，它的产生是一种随机现象。因此，偶然误差有时又称为随机误差，或者说偶然误差是一个随机变量。例如在厘米分划的水准尺上估读毫米数的读数误差，用望远镜瞄准目标的瞄准误差等。

偶然误差是不可避免的。在相同的观测条件下观测某一量，所出现的大量偶然误差具有统计的规律，或称之为具有概率论的规律。归纳起来，偶然误差具有以下特性：

- (1) 误差的大小不超过一定的界限；
- (2) 小误差出现的机会比大误差多；
- (3) 绝对值相等的正、负误差出现的机会大致相同；

(4) 误差的平均值随观测次数的无限增多而趋近于零，即偶然误差具有抵偿性。用公式表示为：

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0 \quad (1-2)$$

式中： $[\Delta] = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n$ ，表示误差的总和， n 为观测次数。

观测值之间的离散程度，称为观测值的精（密）度，它主要取决于偶然误差的影响。观测值的精度愈高，表示偶然误差的取值范围愈小，观测值之间的差异或离散程度愈小。反之，表示观测值离散程度愈大，观测值的精度愈低。为提高观测值的精度，通常对偶然误差采取以下的处理方法：

(1) 提高仪器等级，使观测值的精度得到有效的提高，从而限制了偶然误差的大小。

(2) 进行多余观测，使观测值的个数超过未知量必须观测的个数。例如距离采用往返丈量，若往测属于必要观测，则返测就属于多余观测；又如一个三角形的内角观测，其中两个内角属于必要观测，第三个内角属于多余观测。有了多余观测，可以发现观测值中的错误，以便将其剔除或重测。由于观测值中的偶然误差不可避免，有了多余观测，观测值之间必然产生差值（不符值、闭合差）。根据差值的大小可以评定测量的精度，差值如果大到一定的程度，就认为误差超限。差值如果不超限，则按偶然误差的规律加以处理，称为闭合差的调整，以求得最可靠的数值（观测值的平差值）。

必须指出，由于系统误差和偶然误差在观测过程中是同时发生的，观测值的精度高并不说明准确度也高，只有消除或削弱系

统误差的影响，使偶然误差处于主导地位后，精度才具有精确度的意义，即精度高同时也表示准确度高的意思。

二、观测值的算术平均值及最或然误差

1. 算术平均值

设某量的真值为 X ，对该量进行 n 次等精度观测，观测值分别为 $l_1, l_2, \dots, l_n$ ，其算术平均值为：

$$L = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n} = \frac{[l]}{n} \quad (1-3)$$

根据公式 (1-1)，可得

$$\Delta_1 = X - l_1$$

$$\Delta_2 = X - l_2$$

.....

$$\Delta_n = X - l_n$$

将上列等式两边相加并各除以 n ，则

$$\frac{[\Delta]}{n} = X - \frac{[l]}{n}$$

$$\text{即} \quad L = X - \frac{[\Delta]}{n}$$

偶然误差的第四特性为：

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0$$

由此得

$$\lim_{n \rightarrow \infty} L = X$$

上式说明，当观测次数无限增加时，观测值的算术平均值趋近于该量的真值。但实际上观测次数总是有限的，算术平均值不等于真值，但与其它各单一观测值相比，它更接近真值。因此，通常把观测值的算术平均值称为最可靠值、最或然值、似真值。

2. 观测值的最或然误差

算术平均值（最或然值）与观测值之差称为最或然误差，以 v 表示，即

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= L - l_1 \\ v_2 &= L - l_2 \\ &\dots\dots\dots \\ v_n &= L - l_n \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

将上列等式两边相加并顾及公式 (1-3), 则

$$[v] = n \frac{[l]}{n} - [l] = 0$$

即 $[v] = 0$ (1-5)

由上式可知, 一组观测值的最或然误差的总和应为零。这一特性可以校核算术平均值及最或然误差的计算是否正确。

三、衡量精度的标准

测量工作中通常是以中误差作为衡量精度的标准。

1. 中误差

在相同的观测条件下, 对某量进行 n 次观测, 观测值分别为 $l_1, l_2, \dots, l_n$, 其相应的真误差为 $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ 。则各观测值真误差 Δ_i 平方的平均值再开平方的结果, 称为观测值中误差, 以 m 表示, 即

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (1-6)$$

上式表明, 观测值中误差 m 并不是各观测值的真误差, 它只与各真误差的大小有关。它的特点是突出了较大误差与较小误差之间的差异程度, 使较大误差对观测结果的影响明显地表现出来。理论证明, 按上式计算的中误差 m , 约有 70% 的置信度代表着误差列的取值范围和观测列的离散程度。因此, 中误差是衡量观测列或观测列中任一观测值精度的可靠标准。

例如: 甲乙两组分别在同一条件下对已知真值的角度各进行 5 次观测, 各次观测的真误差分别为:

甲组: $+4''$ 、 $-3''$ 、 $-2''$ 、 $+5''$ 、 $-4''$

乙组: $-6''$ 、 $+1''$ 、 $+2''$ 、 $-8''$ 、 $-1''$

根据公式 (1-6) 算得两组观测值的中误差为: