前　言

本标准是根据国家经贸委电力司《关于确认 1999 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力［2000］22 号文）的安排，由中国葛洲坝水利水电工程集团有限公司负责制订的。

2000 年 5 月组建本标准编写组并开始编写工作，同年 7 月召开座谈会，编写组在广泛听取三峡工程各参建单位意见的基础上进行了资料收集和调研，于同年 12 月完成初稿。2001 年 4 月召开统稿会，同年 6 月形成征求意见稿。在收集到全国各有关院校、设计单位和施工单位的反馈意见后进行了修改，2001 年 10 月编写组邀请专家进行审查讨论后再次做了修改。2002 年 2 月形成送审稿，2002 年 6 月召开送审稿审查会，2002 年 8 月形成报批稿。

本标准正文内容共十六章，主要内容包括：总则、平面控制测量、高程控制测量、地形测量、测量放样准备、开挖填筑与混凝土工程测量、金属结构与机电设备安装测量、地下工程测量、疏浚与梁堤测量、附属工程测量、施工期变形监测、竣工测量及资料整编。

本标准的附录均为资料性附录。

本标准由电力行业水电施工标准化技术委员会提出、归口并负责解释。

本标准的主编单位：中国葛洲坝水利水电工程集团有限公司、中国水利水电第四工程局、中国长江三峡工程开发总公司。

本标准的参编单位：中国水利水电第十四工程局、中国水利水电第十二工程局。

本标准主要起草人：彭荷生、荣燮阳、刘纬、王飞进、吴光富、周建华、茅健生、樊哲林、焦素朝、吕国亮、李兴明、朱顺全、张勇、韩效华、周寿彭。

1 范　　围

本标准规定了水电水利工程施工测量的基本内容与技术标准。

本标准适用于中型及中型以上水电水利工程的施工测量工作。小型水电水利工程的施工测量工作可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过在本标准中的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用本标准，但是鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本均适用于本标准。

GB/T7929 1∶500、1∶1000、1∶2000 地形图图式

GB 12897 国家一、二等水准测量规范

GB 12898 国家三、四等水准测量规范

GB 15967 1∶500、1∶1000、1∶2000 地形图航空摄影测量数字化测图规范

GB/T 16818 中、短程光电测距规范

GB/T 17160 1∶500、1∶1000、1∶2000 地形图数字化规范

GB/T 17942 国家三角测量规范

GB 50026 工程测量规范

GB 50167 工程摄影测量规范

CJJ8 城市测量规范

CJJ73 全球定位系统城市测量技术规程

DL/T 5123 水电站基本建设工程验收规程

DL/T 5178 混凝土坝安全监测技术规范

JGJ3 钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规定

SL 60 土石坝安全监测技术规范

SL 197 水利水电工程测量规范（规划设计阶段）

SL233 水利水电建设工程验收规范

3 总　　则

3.0.1　为统一水电水利工程施工阶段测量技术要求，确保测量成果质量，满足水电水利工程施工要求，适应水电建设发展需要，特制定本标准。

3.0.2　本标准以中误差、限差作为衡量测量精度的标准，以 2 倍中误差作为限差。

3.0.3　施工测量主要精度指标见表 3.0.3。

表 3.0.3　施工测量主要精度指标　　mm

项　目		内　容	精度指标		精度指标所相对的基准
			平面位置限差	高程限差	
混凝土建筑物		轮廓点放样	±（20～30）	±（20～30）	邻近基本控制点
土石料建筑物		轮廓点放样	±50	±50	邻近基本控制点
机电设备与金属结构安装		安装点放样	±（2～10）	±（2～10）	建筑物安装轴线和高程基点
土石方开挖		轮廓点放样	±（50～150）	±（50～150）	邻近基本控制点
地形测量		地物点、地物点	±（1.0～1.5）（图上）	±2/3 基本等高距	邻近图根点
施工期变形监测		监测点	±（6～10）	±（6～10）	工作基点
隧洞贯通	相向开挖长度小于 5km	贯通面	横向±100 纵向±100	±50	从两端洞口点分别测量贯通点在横向、纵向和高程方向上的差值
	相向开挖长度 5km～10km	贯通面	横向±150 纵向±150	±75	

3.0.4　本标准规定全站仪、光电测距仪的测距标称精度可以用每千米测距中误差的形式表示，也可用测距标称精度表达式 $m_D=$

$\pm(a+bD)$ 的形式表示。

3.0.5 施工平面控制网坐标系统应与规划勘测设计阶段的平面坐标系统一致，也可根据需要建立与规划勘测设计阶段的平面坐标系统有换算关系的施工平面坐标系统。

3.0.6 施工高程控制网应与规划勘测设计阶段的高程系统相一致，并可根据需要与邻近国家水准点进行联测，其联测精度不应低于四等水准测量的要求。对相对高程精度要求高的工程部位可单独建立专用的高精度高程控制网。

3.0.7 施工测量人员应遵守的准则为：

1 在各项施工测量工作开始之前，应熟悉设计图纸，了解有关规范、标准及合同文件规定的测量技术要求，选择合理的作业方法，制定测量实施方案。

2 对所有观测数据，应使用规定的手簿随测随记。文字与数字应力求清晰、整齐、美观，不得任意撕页，记录中间也不得无故留下空页。对取用的数据均应由两人独立进行检查，确认无误后方可取用。对采用电子记录的作业应遵守相关规定。

3 施工测量成果资料应进行检查、校核、整理、编号，分类归档，妥善保管。

4 现场作业，必须遵守有关安全操作规程，注意人身和仪器安全，禁止违章作业。

5 用于施工测量的仪器和量具应定期送交具有计量检测资质的专业机构进行全面的检定，并在其检定有效期内使用。对于要求在测前或测后也应进行检校的仪器、量具，可参照相应的规定进行自检。

4 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准：

4.0.1

施工测量 construction survey

在工程施工阶段进行的测量工作。

4.0.2

施工放样 setting out；construction layout

工程施工时，把设计的建筑物或构筑物的平面位置、高程测设到实地的测量工作。

4.0.3

安装测量 installation survey

为建筑工程中的构件或机电设备的安装所进行的测量工作。

4.0.4

竣工测量 finish construction survey

工程竣工时，对建筑物建基面、过流部位或隐蔽工程的形体等的实地平面位置、高程进行的测量工作。

4.0.5

变形测量 deformation survey

对建筑物、构筑物及其地基或一定范围内岩体及土体的位移、沉降、倾斜、挠度、裂缝等所进行的测量工作。

4.0.6

三角高程测量 trigonometric leveling

根据已知点高程及两点间的垂直角和距离确定所求点的高程的方法。

4.0.7

放样测站点 setting out station

测量放样时架设仪器的点。

4.0.8

放样点　setting out point

将建筑物设计轴线、特征点或轮廓点测设到实地上的点。

4.0.9

隔点设站法　setting station between two points

在光电测距三角高程测量时，将仪器设置在两高程控制点（或过渡点）中间，分别对两点进行观测的方法。

4.0.10

贯通测量误差　error of holing through survey

测量贯通点在贯通面上产生的横向、纵向和高程方向上的差值。

5 平面控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 平面控制网是施工测量的基准，必须从网点的稳定、可靠、精确及经济等各方面综合考虑决定。

5.1.2 建立平面控制网，可采用三角控制测量、各种形式的边角组合测量、导线测量及 GPS 全球定位系统等测量方法。平面控制测量方法的选择，应因地制宜，根据工程规模及放样点的精度要求确定，做到技术先进、经济合理。

5.1.3 平面控制网可布设成测角网、测边网、边角组合网、GPS 网和导线网等类型。其中，测角网、测边网、边角组合网和 GPS 网的等级划分为二、三、四等，导线网划分为三、四等。各类型、各等级的平面控制网均可选为首级网，其适用范围见表 5.1.3。

表 5.1.3 各工程类型首级平面控制网适用范围

工程类型	控制网等级	
	混凝土建筑物	土石建筑物
大型水电水利工程	二等、三等	三等、四等
中型水电水利工程	三等、四等	四等

注：有特殊要求的水电水利工程混凝土建筑物控制网也可选用一等，但应进行专门技术设计。

5.1.4 平面控制网的布设梯级可根据地形条件及放样需要决定，以 1～2 级为宜，但最末级平面控制网相对于首级网的点位中误差不应超过±10mm。

5.1.5 本标准主要以点位中误差来衡量平面控制网的精度，控

制网观测等级的选择仅作参考。首级网点的点位中误差应满足表5.1.5的要求。

表5.1.5 首级平面控制网点的点位中误差 mm

工程类型	点位中误差
大型水电水利工程	±（5～7）
中型水电水利工程	±（7～10）

5.1.6 首级平面控制网的起始点应选在坝轴线或主要建筑物附近。对于长隧洞引水式水电水利工程的平面控制网，也可在首级网的统一控制系统中于大坝区和厂房区分别设立起始点，以保证在统一的控制系统中各区的相对严密性。

5.1.7 首级平面控制网一般为独立网，应利用规划勘测设计阶段布设的测图控制点，对于起算数据，在条件方便时，可与邻近的国家三角点进行联测，其联测精度不低于国家四等网的要求。

5.1.8 平面控制网的观测数据可不做高斯投影改正，可不进行方向改化，仅将边长投影到测区选定的高程面上，采用平面直角坐标系统，在平面上直接进行计算。

5.2 技术设计

5.2.1 平面控制网的技术设计应在全面了解工程建筑物的总体布置、工区的地形特征及施工放样精度要求的基础上进行。设计前应收集下列资料：

1 施工区现有地形图和必要的地质资料。

2 规划勘测设计阶段布设的平面和高程控制网成果。

3 枢纽建筑物总平面布置图。

4 有关的测量规范和合同文件资料。

5.2.2 平面控制网布设前，应在收集资料的基础上初步确定网点位置，对多种网形结构进行精度优化设计、可靠性分析，确定

最佳布网方案。

5.2.3 对于引水式水电水利工程的平面控制网，在引水隧洞控制区域内，可以加测 GPS 方位角，以控制点位的横向误差。

5.2.4 布设测角网的技术要求如下：

1 测角网宜采用近似等边三角形、四边形、中心多边形等图形组成。三角形最小内角不宜小于 30°，如受地形限制，个别角不应小于 25°。

2 测角网的起始边应采用光电测距仪测量，倾角应满足下列要求：

1）二等起始边倾角不宜超过 5°；

2）三等起始边倾角不宜超过 7°；

3）四等起始边倾角不宜超过 10°；

4）当起始测距边倾角超过以上规定时，天顶距的观测精度或水准测量的精度应专门计算。

3 各等级测角网的主要技术要求见表 5.2.4。

表 5.2.4 测角网技术要求

等级	边长 m	起始边相对中误差	最弱边相对中误差	测角中误差（″）	三角形最大闭合差（″）	测回数	
						1″级	2″级
二等	500 ～ 1500	≤1：300000	1：150000	±1.0	±3.5	9	
三等	300 ～ 1000	≤1：200000（首级） ≤1：130000（加密）	1：100000	±1.8	±7.0	6	9
四等	200 ～ 800	≤1：120000（首级） ≤1：80000（加密）	1：60000	±2.5	±9.0	4	6
注：个别特殊地形条件，其边长限制可适当放宽。最弱边相对中误差仅作参考。							

5.2.5 布设测边网的技术要求如下：

1 测边网也应重视图形结构。当图形欠佳时，应选择性地加测对角线边长或采取其他措施加以改善。

2 对于四等以上测边网，应在边长相差较大的三角形中，以相应等级测角网的测角精度观测一个较大的角度（接近 100°）作为校核。校核公式参见 5.7。

3 测边网中的每一个待定点上，不应少于一个多余观测值，不允许布设无多余观测的单三角锁。

4 各等级测边网的布设技术要求见表 5.2.6。

5 测距边的倾角可按 5.2.4-2 的要求并放宽 3°～4°。

5.2.6 布设边角组合网的技术要求如下：

1 边角组合网的测角与测边的精度匹配宜符合下列要求：

$$\frac{m_\beta}{\sqrt{2}\rho} \approx \frac{m_S}{S} \text{ 或 } \frac{m_r}{\rho} \approx \frac{m_S}{S} \qquad (5.2.6)$$

式中：

m_β、m_r——相应等级控制网的测角中误差、方向中误差，（″）；

m_S——测距中误差，m；

S——测距边长，m；

ρ——常数，$\rho = 206265''$。

2 各站仪器高、棱镜高（觇牌高）的丈量误差对于二、三等网不应超过±1mm，四等网不应超过±2mm。

3 四等网可以用不同时段的单向测距代替往返测距。

4 各等级边角组合网的技术要求见表 5.2.6。

表 5.2.6 边角组合网、测边网技术要求

等级	边长 m	测角中误差（″）	平均边长相对中误差	测距仪标称精度 mm/km	测回数				
					边长	水平角		天顶距	
						1″级	2″级	1″级	2″级
二等	500～1500	±1.0	1：250000	±2	往返各 2	9		4	
三等	300～1000	±1.8	1：150000	±3	往返各 2	6	9	3	4
四等	200～800	±2.5	1：100000	±5	往返各 2	4	6	2	3
注：光电测距仪一测回的定义为照准 1 次，测距离 4 次。									

5.2.7 三、四等导线网的布设应符合以下规定：

1 当导线网作为首级网时，应布设成环形节点网，各导线环的长度不应大于表 5.2.7 中规定导线总长的 0.7 倍。

2 加密导线宜以直伸形状布设，并附合于首级网点上。各导线点相邻边长不宜相差过大，导线点最弱点的点位中误差不超过计划±10mm。

3 光电测距附合（闭合）导线技术要求见表 5.2.7。

表 5.2.7 光电测距附合（闭合）导线技术要求

等级	附合或闭合导线总长 km	平均边长 m	测角中误差（″）	测距中误差 mm	全长相对闭合差	方位角闭合差（″）	测距仪标称精度 mm/km	测回数			
								边长	水平角		天顶距	
									1″级	2″级	1″级	2″级
三等	3.2	400	±1.8	±5	1：55000	$\pm 3.6\sqrt{n}$	±3	往返各 2	6	9	3	4
	3.5	600		±5	1：60000							
	5.0	800		±2	1：70000							
四等	1.8	300	±2.5	±7	1：35000	$\pm 5\sqrt{n}$	±5	往返各 2	4	6	2	3
	3.0	500		±5	1：45000							
	3.5	700		±5	1：50000							

注：表中数据是按照直伸附合导线中点（最弱点）的点位中误差不超过计划±10mm 的要求计算的。

5.3 平面控制网选点、埋设及标志

5.3.1 平面控制网点应选在通视良好、交通方便、地基稳定且能长期保存的地方。视线离障碍物（距上、下和旁侧）不宜小于 1.5m，并避免视线通过吸热、散热较快和强电磁场干扰的地方（如烟囱、高压线等）。

5.3.2 对于能够长期保存、离施工区较远的首级网点，应考虑图形结构且便于加密；而直接用于施工放样的控制点则应考虑方便

放样，靠近施工区并对主要建筑物的放样区组成有利的图形。控制网点的分布应做到坝轴线下游的点数多于坝轴线上游的点数。

5.3.3 首级平面控制网点和主要建筑物的主轴线点应埋设具有强制归心装置的混凝土观测墩。加密网点中不便埋设具有强制归心装置的混凝土标墩时，可埋设钢架标、地面标。

5.3.4 各等级控制网点周围应有醒目的保护装置，以防止车辆或机械的碰撞。有条件时可建造观测棚。

5.3.5 观测墩上的照准标志可采用各式垂直照准杆、平面觇牌或其他形式的精确照准设备。照准标志的形式、尺寸、图案和颜色应与边长和观测条件相适应，其图样参见附录 B。

5.3.6 强制归心装置的顶面应埋设水平，其不平度应小于 4′。照准标志中心线与标墩标心中心的偏差不得大于 1.0mm。

5.4 水 平 角 观 测

5.4.1 水平角观测前，必须对精密测角仪器进行检验和校正。检验项目和检验方法按 GB/T 17942 的有关规定执行。

5.4.2 水平角观测应遵守下列规定：

1 观测应在成像清晰、稳定的条件下进行。晴天的日出、日落和中午前后，如果成像模糊或跳动剧烈，不应进行观测。

2 观测过程中，应待仪器温度与外界气温一致后开始观测，应用测量伞遮阳。

3 仪器照准部旋转时，应平稳匀速；制动螺旋不宜拧得过紧；微动螺旋应尽量使用中间部位。精确照准目标时，微动螺旋最后应为旋进方向。

4 观测过程中，仪器气泡中心偏移值不得超过一格。当偏移值接近限值时，应在测回之间重新整平仪器。

对于二等平面控制网，目标垂直角超过±3° 时，应在瞄准目标后读定气泡的偏移值，进行垂直轴倾斜改正。有纵轴倾斜补偿器的全站仪或电子经纬仪可不受本条的限制。

5.4.3 水平角观测一般采用方向观测法，光学经纬仪一测回操作步骤如下：

1 将仪器盘左位置照准零方向标志（即第 1 方向），按水平度盘位置配置公式配置测微器和度盘位置。

2 顺时针方向旋转照准部 1～2 周后精确照准零方向，旋转测微器使其格线吻合，读定度、分、秒读数，再次旋转测微器使其格线吻合，读定秒数。

3 顺时针方向旋转照准部，精确照准第 2 方向，按 5.4.3-2 方法进行读数；继续顺时针方向旋转照准部依次进行第 3，4，…、n 方向，最后闭合至零方向。当方向数小于 4 个时，可不闭合至零方向。

4 纵转望远镜，逆时针方向旋转照准部 1～2 周后，精确照准零方向，按 5.4.3-2 方法进行读数。

5 逆时针方向旋转照准部，按上半测回观测的相反次序依次观测至零方向。

5.4.4 水平方向观测应使各测回读数均匀地分配在度盘和测微器的不同位置上。

1 标称精度为 1″ 的光学经纬仪第 k 测回零方向的水平度盘位置的配置值计算公式为：

$$r_k=\frac{180^\circ}{m}(k-1)+i(k-1)+\frac{i}{2m}(k-1)+\frac{i}{4m} \qquad (5.4.4\text{-}1)$$

2 标称精度为 2″ 的光学经纬仪第 k 测回零方向的水平度盘位置的配置值计算公式为：

$$r_k=\frac{180^\circ}{m}(k-1)+\frac{i}{2}(k-1)+\frac{i}{2m}(k-1)+\frac{i}{4m} \qquad (5.4.4\text{-}2)$$

式中：

r_k——第 k 测回零方向水平度盘位置的配置值；

m——三角网等级规定的测回数；

k——测回序号，k=1，2，…，m；

i——水平度盘最小间隔分划值，i=4′ 或 i=10′ 。

水平方向观测，若采用全站仪或电子经纬仪作业时，可不作度盘配置。

5.4.5 若测站观测方向数超过 6 个时，应分组进行观测。分组观测应包括两个共同方向（其中一个为共同零方向），其两组共同方向观测角之差，不应大于同等级测角中误差的 2 倍。两组观测值按等权观测进行测站平差。水平角方向观测法技术要求见表 5.4.5。

表 5.4.5 水平角方向观测法技术要求 （″）

等　级	仪器标称精度	光学测微器两次重合读数差	两次照准读数差	半测回归零差	一测回中 2C 较差	同方向值各测回互差
二等、三等、四等	±1	1	4	6	9	6
三等、四等	±2	3	6	8	13	9
注：当两观测方向的垂直角差值超过±3° 时，则该两方向之间不进行 2C 值比较，各方向 2C 只按同方向、相邻测回进行比较，其差值仍应符合本表规定。						

5.4.6 水平角观测误差超过表 5.4.5 要求时，应在原来度盘位置上进行重测，并符合下列规定：

1 上半测回归零差或零方向 2C 超限时，该测回应立即重测，但不计重测测回数。

2 同测回 2C 较差或各测回同一方向值较差超限，可重测超限方向（应联测原零方向）。一测回中重测方向数超过测站方向总数的 1/3 时，该测回重测。

3 若测错方向、读错、记错、气泡中心位置偏移超过 1 格或个别方向临时被挡，均可随时进行重测。

4 重测必须在全部测回数测完后进行。当重测测回数超过测回总数的 1/3 时，该站应全部重测。

5.4.7 观测导线水平角应遵守下列规定：

1 观测方向数为 2 个时，采用左、右角观测法或全圆方向观测法；当观测方向数超过 2 个时，应采用方向观测法，其观测

测回数和观测限差与相应等级的三角测量相同。

2 采用左、右角观测法时，奇数测回观测左角，偶数测回以前进方向为起始方向观测右角。配置度盘始终以观测左角时的起始方向为准。左角和右角分别取中数后相加，与 360° 的差值不应超过该等级测角中误差的 2 倍。

3 如果导线较长，且导线通过地区有明显的旁折光影响时，应将总的测回数分为昼、夜，各观测一半。

4 对于短边导线，应采用三联脚架法观测。

5.4.8 观测手簿的记录、检查和观测数据的划改应遵守下列规定：

1 水平角观测的秒值读、记错误，应重新观测，度、分读、记错误可在现场更正。但同一方向盘左、盘右不得同时更改相关数字。

2 天顶距观测中，分的读数在各测回中不得连环更改。

5.4.9 水平角观测结束后，其测角中误差按下列公式计算：

1 三角网测角中误差：

$$m_\beta = \pm\sqrt{\frac{[\omega\omega]}{3n}} \qquad (5.4.9\text{-}1)$$

2 导线（网）测角中误差的计算方法分两种情况。

1）按左、右角闭合差计算：

$$m_\beta = \pm\sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}} \qquad (5.4.9\text{-}2)$$

2）按导线方位角闭合差计算：

$$m_\beta = \pm\sqrt{\frac{1}{N}\left[\frac{f_\beta f_\beta}{n}\right]} \qquad (5.4.9\text{-}3)$$

以上三式中：

m_β ——测角中误差，（″）；

ω ——三角形闭合差，（″）；

Δ——左、右角之和与 360° 之差，（″）；

f_β ——附合导线（或闭合导线）的方位角闭合差，（″）；

n——三角形个数、各导线对应的测站数或计算 f_β 的测站数；

N——附合导线或闭合导线环的个数。

5.5 光 电 测 距

5.5.1 全站仪或测距仪标称精度表达式为：

$$m_D=\pm\ (a+bD) \qquad (5.5.1)$$

式中：

a ——固定误差，mm；

b ——比例误差系数，mm/km；

D ——测距长度，km。

测距前应根据距离测量的精度要求，按式（5.5.1）正确地选择仪器型号。

5.5.2 测距作业技术要求见表 5.5.2。

表 5.5.2 测距作业技术要求

等级	测距仪标称精度 mm/km	测距限差			气象数据			
		一测回读数较差 mm	测回间较差 mm	往返或光段较差 mm	温度最小读数 ℃	气压最小读数 Pa	测定时间间隔	数据取用
二等	±2	2	3	$2\sqrt{2}(a+bD)$	0.2	50	每边观测始末	每边两端平均值
三等	±3	3	5		0.2	50	每边观测始末	每边两端平均值
四等	±5	5	7		1.0	100	每边测定一次	测站端观测值

注 1：光电测距仪一测回的定义为照准 1 次，测距离 4 次。

注 2：往返较差必须将斜距化算到同一高程面上后方可进行比较。

5.5.3 测距仪及辅助工具的检校遵照 3.0.7-5 执行。

5.5.4 测距作业应注意以下事项：

1 测距前应先检查电池电压是否符合要求。在气温较低的条件下作业时，应有一定的预热时间。

2 测距时应使用相配套的反射棱镜。未经验证，不得与其他型号的相应设备互换使用。

3 测距应在成像清晰、稳定的情况下进行。雨、雪、雾及大风天气不应作业。

4 反射棱镜背面应避免有散射光的干扰，镜面不得有水珠或灰尘沾污。

5 晴天作业时，测站应用测伞遮阳，不宜逆光观测。严禁将仪器照准部的物镜对准太阳。架设仪器后，测站、镜站不得离人。迁站时仪器应装箱。

6 当观测数据出现分群现象时，应分析原因，待仪器或环境稳定后重新进行观测。

7 通风干湿温度计应悬挂在测站（或镜站）附近，离开地面和人体 1.5m 以外的阴凉处，读数前必须通风至少 15min；气压表要置平，指针不应滞阻。

8 距离测量人工记录时，每测回开始要读、记完整的数字，以后可读、记小数点后的数。厘米以下数字不得划改。米和厘米部分的读、记错误，在同一距离的往返测量中，只能划改一次。

5.5.5 测距边的归算应遵守下列规定：

1 经过气象、加常数、乘常数（必要时顾及周期误差）改正后的斜距，才能化为水平距离。

2 测距边的气象改正按仪器说明书给出的公式计算。

3 测距边的加、乘常数改正应根据仪器检定的结果计算。

4 光电测距边长和高程的各项改正值计算方法参见附录 C。

5.5.6 测距边的精度评定，按下列公式计算：

一次测量观测值中误差：

$$m_D = \pm\sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \qquad (5.5.6\text{-}1)$$

对向观测平均值中误差：

$$m_{\bar{D}} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{\frac{[Pdd]}{n}} \qquad (5.5.6\text{-}2)$$

任一边的实际测距中误差：

$$m_{Si} = m_D\sqrt{\frac{1}{P_{Di}}} \qquad (5.5.6\text{-}3)$$

式中：

d ——各边往返测水平距离的较差，mm；

n ——测边数；

P ——各边距离测量的先验权，令 $P=1/m^2_D$，m_D 可按测距仪的标称精度计算；

P_{Di} ——第 i 边距离测量的先验权。

5.6 全球定位系统（GPS）测量

5.6.1 施工平面控制网原则上均可利用 GPS 定位技术采用静态方式进行测量。尤其是引水式隧洞工程的控制测量和长距离引水工程的控制测量等更具有优越性。

5.6.2 GPS 网按相邻点的平均距离和精度划分为二、三、四等。在布网时，可以逐级布设、越级布设或布设同级全面网。

5.6.3 各等级 GPS 网相邻点间弦长精度，应按下式计算：

$$\sigma = \pm\sqrt{a^2 + (bD)^2} \qquad (5.6.3)$$

式中：

σ ——标准差（基线向量的弦长中误差），mm；

a ——固定误差，mm；

b ——比例误差，mm/km；

D ——相邻点间距离，km。

5.6.4 各等级 GPS 网的主要技术指标见表 5.6.4。相邻点最小距离可为平均距离的 1/2～1/3；最大距离可为平均距离的 2 倍～3 倍。

表 5.6.4 各等级 GPS 网的主要技术指标

等级	平均边长 m	仪器标称精度		平均边长相对中误差
		a mm	b mm/km	
二等	500～2000	≤5	≤1	1：250000
三等	300～1500	≤5	≤2	1：150000
四等	200～1000	≤10	≤2	1：100000

5.6.5 GPS 网的技术设计还宜符合 5.3 的有关规定。

5.6.6 GPS 网宜布设为全面网，当需要增加骨架网加强控制网精度时，可布设常规网与 GPS 网的混合网。

5.6.7 GPS 网的点与点之间不要求通视，但需考虑常规测量法加密及施工放样时的应用，每点应有一个以上的通视方向。

5.6.8 GPS 网应由一个或若干个独立观测环构成，也可采用附合路线构成，各等级 GPS 网中每个闭合环或附合路线中的边数见表 5.6.8。非同步观测的 GPS 基线向量边，应按所设计的网图选定，也可按软件功能自动挑选独立基线形成环路。

表 5.6.8 闭合环或附合路线边数的规定

等　级	闭合环或附合路线的边数 条
二等	≤6
三等	≤8
四等	≤10

5.6.9 布设 GPS 网时，应与施工平面控制网中的已有控制点（尤其是起算点）进行联测，联测点数不得少于 3 个（中、小型建筑

物 GPS 控制网点联测数不少于 2 个）。且最好能均匀分布于测区中，以便取得可靠的坐标转换参数。

5.6.10 为了求得 GPS 网点的高程，网中应有分布均匀、密度适当的若干个高程联测点，联测应采用不低于四等水准的测量或与其精度相当的方法进行，联测的高程点数量按高程拟合曲面的要求决定。若工程所在部位已有二等或三等、四等水准网点，则可用 GPS 方法选择水准网点中若干个点进行 GPS 观测，以求得施工区域的高程异常值。

5.6.11 GPS 网点的选点、埋石除了应遵守 5.3 的规定外，还应注意以下两点：

1 点位应选在便于安置 GPS 接收机设备、视野开阔的地方，被测卫星的地平高角度应大于 15° 。

2 点位应远离大功率无线电发射源（如电视台、微波站等），其距离不得小于 200m；并应远离高压电线，其距离不得小于 50m。

5.6.12 GPS 接收机的选择，可根据 GPS 网的等级、精度要求决定，对于二、三等 GPS 网的观测，应采用双频接收机，其标称精度不低于±（5mm+2mm/km），同步观测的接收机不少于 3 台。对于四等网的观测，可采用标称精度不低于±（10mm+2mm/km）的单频接收机，同步观测的接收机数量不少于 2 台。

5.6.13 GPS 观测应遵守下列规定：

1 各等级 GPS 静态测量作业的基本技术要求见表 5.6.13。

表 5.6.13 各等级 GPS 静态测量作业的基本技术要求

等级	卫星高度角（°）	有效卫星数颗	观测时段数个	时段长度 min	数据采样间隔 s	几何强度因子 PDOP
二等	≥15	≥5	≥2	≥120	15	<5
三等	≥15	≥5	≥2	≥90	15	<6
四等	≥15	≥4	≥2	≥60	15	<8

2 施测前应依照测区的平均经、纬度和作业日期编制 GPS

卫星可见性预报表，根据该表进行同步观测环图形设计及观测时段设计，编制出作业计划进度表。

3 GPS 网测量不观测气象元素，只记录天气情况。

4 GPS 天线定向标志线，应指向正北，对于定向标志不明显的天线，按统一规定的记号安置天线并指向正北。天线安装需严格对中，每时段观测前后各量取天线高一次，两次较差不大于 3mm。

5.6.14 GPS 外业记录应遵守下列规定：

1 记录项目应包括下列内容：

1）测站点名、观测日期、天气情况、时段号。

2）观测时间，包括开始与结束时间。

3）接收机类型及其号码、天线号码。

4）天线高量测值。

2 原始观测值和记事项目，应按规定在现场记录，字迹清楚、整齐、美观。

3 外业观测记录各时段观测结束后，应及时将每天外业观测记录结果录入计算机硬盘或软盘。

4 接收机内存数据文件在传输到机外存储介质上时，不得进行任何编辑、修改。

5.6.15 GPS 数据处理应符合下列规定：

1 GPS 网观测数据的质量检验，应包括下列内容：

1）计算任一三边同步环的坐标分量相对闭合差及全长相对闭合差，其值应满足表 5.6.15 的规定。

表 5.6.15 同步环坐标分量及环线全长相对闭合差的规定

等 级	限 差 类 型	
	坐标分量相对闭合差	环线全长相对闭合差
二等	2.0×10^{-6}	3.0×10^{-6}
三等	3.0×10^{-6}	5.0×10^{-6}
四等	6.0×10^{-6}	10.0×10^{-6}

2）异步环坐标分量闭合差和全长闭合差应符合下式的规定：

$$|W_x|,\ |W_y|,\ |W_z| \leqslant |2\sqrt{n}\,\sigma| \qquad (5.6.15\text{-}1)$$

$$|W| \leqslant |2\sqrt{3n}\,\sigma| \qquad (5.6.15\text{-}2)$$

3）复测基线的长度较差应符合下式的规定：

$$d_S \leqslant |2\sqrt{2}\sigma| \qquad (5.6.15\text{-}3)$$

以上三式中：

W_x、W_y、W_z ——异步环坐标分量闭合差；

n ——异步环边数；

σ ——基线向量的弦长中误差；

W ——异步环全长闭合差，$W=\pm\sqrt{W_x^2+W_y^2+W_z^2}$；

d_S ——基线的长度较差。

2 GPS 网的平差处理规定：

1）基线概算中，起算点坐标的误差应保证在 20m 以内。

2）在各项质量检验符合要求后，以所有独立基线组成 GPS 空间向量网，并在 WGS-84 坐标系统中进行三维无约束平差。在无约束平差中，基线向量的改正数（$V_{\Delta x}$、$V_{\Delta y}$、$V_{\Delta z}$）绝对值均不应大于 3σ。

3）在无约束平差确定有效观测量的基础上，在施工平面控制网的坐标系下进行二维约束平差。约束平差中，基线向量的改正数与无约束平差结果的同名基线相应改正数的较差（$d_{V_{\Delta x}}, d_{V_{\Delta y}}, d_{V_{\Delta z}}$）均不应超过 2σ。

4）对于部分基线边因误差超限或因故不能按 GPS 测量方法进行施测时，在平差处理时可以用其他方法测量的边长数据不低于相应精度要求代替，其原则是应使平差计算精度更高。

5）在 GPS 网平差后，各等级控制网的点位中误差应满足表 5.1.5 的规定。

5.7 成果的验算和平差计算

5.7.1 平差计算前，应对外业观测记录手簿、平差计算起始数据再次进行全面检查校对。如用电子手簿记录时，应对输出的原始记录进行校对。

5.7.2 控制网各项外业观测结束后，应进行各项限差的验算。

1 测角网。

1）极条件自由项的限值：

$$\overline{w_j} = \pm 2\frac{m_\beta}{\rho}\sqrt{\Sigma\cot^2\beta} \qquad (5.7.2\text{-}1)$$

2）边（基线）条件自由项的限值：

$$\overline{w_D} = \pm 2\sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2}\Sigma\cot^2\beta + \left(\frac{m_{S_1}}{S_1}\right)^2 + \left(\frac{m_{S_2}}{S_2}\right)^2} \qquad (5.7.2\text{-}2)$$

3）方位角条件自由项的限值：

$$w_f = \pm 2\sqrt{m_{\alpha_1}^2 + m_{\alpha_2}^2 + nm_\beta^2} \qquad (5.7.2\text{-}3)$$

4）固定角条件自由项的限值：

$$w_g = \pm 2\sqrt{m_g^2 + m_\beta^2} \qquad (5.7.2\text{-}4)$$

式中：

m_β——相应等级的测角中误差，（″）；

m_{α_1}、m_{α_2}——起始边方位角中误差，（″）；

m_g——固定角的角度中误差，（″）；

n——推算路线所经过的测站数；

β——求距角；

m_{S_1}/S_1、m_{S_2}/S_2——起始边边长相对中误差；

ρ——常数，$\rho = 206265''$。

2 边角组合网和测边网。

1）边角组合网条件自由项限值：

按角度平差：

$$W_S = \pm 2\sqrt{m_\beta^2[\delta\delta] + m_S^2[\delta_S\delta_S]} \qquad (5.7.2\text{-}5)$$

按方向平差：

$$W_S = \pm 2\sqrt{m_r^2[\delta\delta] + m_S^2[\delta_S\delta_S]} \qquad (5.7.2\text{-}6)$$

2）观测角与边长计算所得角值的限差：

$$W_T'' = \pm 2\sqrt{2\left(\frac{m_S}{S}\rho\right)^2(\cot^2\alpha + \cot^2\beta + \cot\alpha\cot\beta) + m_\beta^2} \qquad (5.7.2\text{-}7)$$

式中：

m_r、m_β——相应等级规定的方向中误差和测角中误差，（″）；

δ、δ_S——求距角正弦对数的秒差和条件方程式中边长改正数系数；

m_S/S——各边的平均测距相对中误差；

α、β——除观测角外的另两个角。

3）测边网角条件（包括圆周角条件与组合角条件）自由项的限值计算参见附录 D。

3 导线网。

1）导线方位角条件自由项限值：

$$W_s = \pm 2\sqrt{nm_\beta^2 + m_{\alpha_1}^2 + m_{\alpha_2}^2} \qquad (5.7.2\text{-}8)$$

2）导线闭合图形的自由项限值：

$$W_p = \pm 2m_\beta\sqrt{n} \qquad (5.7.2\text{-}9)$$

式中：

n——导线测站数；

m_β——相应等级导线规定的测角中误差，（″）；

m_{α_1}、m_{α_2}——附合导线两端已知方位角的中误差，（″）。

5.7.3 测角网、测边网按等权进行平差。边角组合网和导线网的定权可根据情况从下列三种方法中选择：

1 根据先验方差定权，即令角度观测值的权 $P_\beta=1$，则：

$$P_S=\frac{m_\beta^2}{m_S^2} \qquad (5.7.3\text{-}1)$$

或

$$P_S=\frac{2m_r^2}{m_S^2} \qquad (5.7.3\text{-}2)$$

式中：

m_r——方向中误差，（″）；

m_β——测角中误差，（″）；

m_S——可取用仪器的标称精度；

P_S——测距边观测值的权。

2 先分别按测角网和测边网单独平差求得各自的方差估值 m_β（或 m_r）、m_S，然后按式（5.7.3-1）、式（5.7.3-2）定权。

3 对于精度较高且有两种以上观测元素的控制网，宜用方差分量估计原理定权。

5.7.4 各等级平面控制网均应采用严密的平差方法。平差所用的计算程序应该是经过鉴定或验算证明是正确的程序。

5.7.5 评定三角网平差后的精度，一般应包含单位权中误差、各边边长中误差、各边方向中误差、各待定点点位中误差、各点点位误差椭圆元素和待定点间的相对精度。

5.7.6 内业计算数字取位要求见表 5.7.6。

表 5.7.6　内业计算数字取位要求

等　级	方向观测值、方向改正数、方位角值（″）	边长值、长度改正数、坐标值 mm
二等	0.01	0.1
三等、四等	0.1	1.0

5.7.7　平面控制测量结束后，应对下列资料进行整理归档：

1　平面控制网图及技术设计书。

2　平差计算成果资料。

3　外业观测记录手簿。

4　仪器检验资料。

5　技术总结。

5.8　平面控制网的维护管理

5.8.1　平面控制网建成后，在使用阶段应加强维护管理，包括以下两方面的工作：

1　对控制网进行复测，发现和及时改正可能发生的位移。

2　随着工程的进展及时扩展、加密网点以满足放样的需要。

5.8.2　平面控制网建成后，在下列情况下应进行复测：

1　平面控制网建成一年以后。

2　开挖工程基本结束、进入混凝土工程和金属结构、机电安装工程开始之时。

3　处于高边坡部位或离开挖区较近的控制点，应适当增加复测次数。

4　发现网点有被撞击的迹象或在其周围有裂缝或有新的工程活动时。

5　遇明显有感地震。

6　利用控制网点作为起算数据进行布设局部专用控制网时。

5.8.3　控制网复测可根据情况，采用全网复测或局部网点复测

方式，复测的精度不宜低于建网时的精度。

5.8.4 复测时采用的固定点（或拟稳点），应根据点位的可靠性及在网中的位置决定，复测网平差时可多选几个固定点（或拟稳点），通过观察改正数的大小及分布逐步淘汰位移点或增加固定点，正确鉴别网点的位移情况。

5.8.5 随着工程的进展，应根据放样的需要逐步加密、补充控制点，使施工放样直接在控制点或其加密点上进行，以提高轮廓点放样的精度及其可靠性。

6 高程控制测量

6.1 一般规定

6.1.1 高程控制网是施工测量的高程基准，其等级划分为二、三、四等，各等级高程控制网均可选为首级网。选择时应根据工程规模、范围大小和高程放样精度高低来确定，其适用范围见表6.1.1。

表6.1.1 首级高程控制网等级选择

工程规模	首级高程控制网等级	
	混凝土建筑物	土石建筑物
大型水电水利工程	二等	三等
中型水电水利工程	三等	四等
注：对于有特殊要求的水电水利工程，可布设一等水准路线网作为首级高程控制网。		

6.1.2 高程控制测量的精度应满足以下要求：最末级高程控制点相对于首级高程控制点的高程中误差，对于混凝土建筑物应不超过±10mm；对于土石建筑物应不超过±20mm。在施工区以外布设较长距离的水准路线时，应按GB 12897和GB 12898规定的相应等级精度指标进行设计。对于水工隧洞高程控制网的要求遵照第11章的规定。

6.1.3 首级网和加密网应布设成闭合环线、附合路线或节点网，不允许布设水准支线。首级网宜与邻近国家水准点联测，其联测精度不宜低于四等水准测量的技术要求。

6.1.4 高程控制点的点位选择和标石埋设应遵守下列规定：

1 宜均匀布设在大坝轴线上下游的左右岸，不受洪水、施

工影响，便于长期保存和使用方便的地点。高程控制点的密度要求在每一个单项工程的部位至少有 2 个高程点。

2 可现浇混凝土标石或埋设预制标石，可在已裸露的基岩上或混凝土墙体上钻孔埋设金属标志，也可设置在平面控制点标志上。

6.1.5 对于首级高程控制点，必须待标石稳定后才能进行水准测量。各等级高程控制点宜统一编号。高程控制点标志及标石埋设图参见附录 E。

6.1.6 高程控制测量所使用的仪器和量具的检校遵照 3.0.7-5 执行。

6.1.7 高程控制网建成以后，应加强维护管理。随着工程进展及时加密网点，以满足施工的需要。宜每年复测一次，当发现网点有被撞击的迹象或其周围有裂缝时应及时复测。

6.2 水准测量技术要求

6.2.1 各等级水准测量的主要技术要求见表 6.2.1。

表 6.2.1 各等级水准测量的技术要求

等级	偶然中误差 m_Δ mm/km	全中误差 m_w mm/km	仪器标称精度 mm/km	水准标尺类型	观测方法	往返观测次数 次	观测顺序		往返测较差和线路闭合差 mm	
							往测	返测	平丘地	山地
二等	±1	±2	±0.5 ±1	因瓦尺	光学测微法	1	奇数站：后前前后 偶数站：前后后前	奇数站：前后后前 偶数站：后前前后	$\pm 4\sqrt{L}$	$\pm 0.6\sqrt{n}$
三等	±3	±6	±1 ±3	因瓦尺或黑红面尺	光学测微法或中丝读数法	1	后前前后		$\pm 12\sqrt{L}$	$\pm 3\sqrt{n}$
四等	±5	±10	±3	黑红面尺	中丝读数法	1	后后前前		$\pm 20\sqrt{L}$	$\pm 5\sqrt{n}$

注：n 为水准路线单程测站数，每千米多于 16 站时按山地计算闭合差限差；L 为闭合或附合线路长度，km；仪器标称精度为每千米水准测量高差中数的偶然中误差。

6.2.2 各等级水准测量测站的主要技术要求见表 6.2.2。

6.2.3 水准测量所使用的仪器及水准尺的技术要求见表 6.2.3。

6.2.4 水准测量路线跨越江河、湖泊、洼地、山谷，当测站视线长度超过表 6.2.2 的要求时，按表 6.2.4 的要求执行。当超过表 6.2.4 的要求时按 GB 12897 和 GB 12898 的规定执行。

表 6.2.2 各等级水准测量测站的技术要求

等级	仪器标称精度 mm/km	视线长度 m	前后视距较差 m	前后视距累积较差 m	视线离地最低高度 m	基辅分划或黑红面读数较差 mm	基辅分划或黑红面所测高差较差 mm	上下丝读数之平均值与中丝读数之较差 mm
二等	±0.5 ±1	≤50	≤1	≤3	下丝读数≥0.3	≤0.4	≤0.6	1cm 刻划尺≤3.0 5mm 刻划尺≤1.5
三等	±1	≤100	≤2	≤5	三丝能读数	光学测微法≤1.0 中丝读数法≤2.0	光学测微法≤1.5 中丝读数法≤3.0	
	±3	≤75						
四等	±3	≤100	≤3	≤10	三丝能读数	≤3	≤5	
注：使用双摆位自动安平水准仪时不计算基辅分划读数差。								

表 6.2.3 仪器及水准尺的技术要求

仪器标称精度 mm/km	视准轴与水准管轴夹角 i （″）	自动安平水准仪安平精度（绝对值）（″）	水准尺类型	每米间隔平均长与名义长之较差 mm
±0.5，±1	≤15	≤0.2	因瓦尺	≤0.1
±3	≤20	≤0.5	黑红面尺	≤0.5

表 6.2.4 跨河水准测量测站的技术要求

等　级	仪器标称精度 mm/km	视线长度 m	仪器高变换次数 次	两次高差较差 mm
二等	±0.5，±1	≤100	1	≤1.5
三等	±1，±3	≤200	1	≤6
四等	±3	≤200	1	≤7

6.2.5 使用数字水准仪进行等级水准测量，应符合表 6.2.1、表 6.2.2、表 6.2.3 及表 6.2.4 的相应规定。

6.2.6 水准测量应注意下列事项：

1 水准观测应在标尺成像清晰、稳定时进行，并用测伞遮阳，避免仪器被曝晒。因瓦水准尺应使用尺撑固定，不宜用手扶代替尺撑。

2 应将尺垫安置稳妥，防止碰动，测站通知迁站时，后尺尺垫才能移动。严禁将尺垫安置在沟边或壕坑中。

3 一测站观测时，不得再次调焦，旋转仪器的倾斜螺旋和测微螺旋时，其最后均为旋进方向。

4 测段的往测与返测，测站数均应为偶数，否则应加入标尺零点差改正。由往测转向返测时，两标尺必须互换位置，并应重新安置仪器。

5 因测站观测限差超限，在迁站前发现可立即重测。若迁站后发现，则应从水准点或间歇点（须经检测符合限差）起始，重新观测。

6 往返测高差较差超限时应重测。二等水准重测后，应选用两次异向合格的结果。三、四等水准重测后，也可选用两次异向合格的结果。重测结果与原往返测量结果分别比较，其较差均不超限时，应取三次结果的平均数。

7 使用自动安平水准仪时，读数前应按一下自动摆的按钮。

6.3 光电测距三角高程导线测量

6.3.1 高程控制测量中可以用光电测距三角高程导线测量代替三、四等水准测量；在跨越江河、湖泊及障碍物传递高程时可代替二等水准测量。

6.3.2 光电测距三角高程导线测量的技术要求见表 6.3.2。

6.3.3 天顶距观测采用经纬仪（或电子经纬仪、全站仪）用中丝法或三丝法进行。盘左位置和盘右位置分别照准同一目标读数

为一测回，用水平丝照准目标时均精确照准两次，各读数两次，且两次读数较差不应大于 3″ 。

表 6.3.2 光电测距三角高程导线测量的技术要求

等级	仪器标称精度		最大视线长度		斜距测回数	天顶距				仪器高棱镜高丈量精度 mm	对向观测高差较差 mm	隔点设站两次观测高差较差 mm	附合或环线闭合差 mm
						测回数		指标差较差 (″)	测回差 (″)				
	测距精度 mm/km	测角精度 (″)	对向观测 m	隔点设站 m		中丝法	三丝法						
三等	±2	±1	700	300	3	3	2	8	5	±2	$\pm 35\sqrt{S}$	$\pm 8\sqrt{S}$	$\pm 12\sqrt{L}$
	±5	±2			4	4	3						
四等	±2	±1	1000	500	2	2	1	9	9	±2	$\pm 45\sqrt{S}$	$\pm 14\sqrt{S}$	$\pm 20\sqrt{L}$
	±5	±2			3	3	2						

注：S 为斜距 km；L 为线路总长，km。斜距观测一测回为照准一次，测距离 4 次。

6.3.4 天顶距观测的限差比较方法与重测规定。

1 测回差的比较：同一方向各测回各丝所测的天顶距互相比较。

2 指标差互差的比较：仅在同一测回内各方向，按同一根丝所计算的指标差进行互相比较。

3 重测规定：若一水平丝所测某方向的天顶距或指标差互差超限，则此方向须用中丝重测一测回。三丝法若在同方向一测回中有两根水平丝所测结果超限，则该方向须用三丝法重测一测回，或用中丝法重测两测回。

6.3.5 斜距采用测距仪或全站仪进行观测。测站上一目标一测回的观测步骤如下：

1 凉置仪器、棱镜、空盒气压计、通风干湿温度计至少 15min，通风干湿温度计应安挂在阴凉处并尽量与仪器同高，空盒气压计要置平，指针不应滞阻。

2 精密整平仪器和棱镜，量取并记录仪器高（隔点设站法

可不量取）和棱镜高。

3 照准前视（或后视）棱镜，测斜距 4 次，并读取气象数据，记录斜距、温度和气压值。

6.3.6 采用全站仪进行光电测距三角高程导线测量时，可以直接测量斜距、平距和高差，其测量技术要求见表 6.3.2 和表 6.3.6，但表 6.3.2 中斜距和天顶距测量要求应按表 6.3.6 中斜距和高差测量要求执行。

表 6.3.6 全站仪测量斜距和高差的测回数要求

等 级	仪器标称精度		斜距和高差的测回数	
	测距精度 mm/km	测角精度（″）	盘左	盘右
三等	±2	±1	3	3
	±5	±2	4	4
四等	±2	±1	2	2
	±5	±2	3	3
注：一测回为照准一次，测距离和高差 4 次。				

测站上一目标斜距和高差用盘左盘右各测一测回的操作步骤如下：

1 同 6.3.5-1。

2 同 6.3.5-2。

3 打开仪器菜单，输入测站号、测点号、仪器高、棱镜高、温度、气压。

4 盘左位置精确照准测点棱镜中心或觇牌（觇牌标志中心应与棱镜中心同心），按 4 次测距键和记录键（或手工记录 4 次斜距值和高差值）。

5 盘右位置观测方法同 6.3.6-4。

6.3.7 光电测距三角高程导线测量还应遵守下列规定：

1 高程路线应起迄于高一级的高程点，并组成附合路线或闭合环。

2 隔点设站观测时，前、后视线长度宜尽量相等，最大距离差不宜大于 40m，并应变换一次仪器高度，观测两次。

3 当视线长度大于 500m、照准目标有困难时，宜使用不小于 40cm×40cm 的特制觇牌。

4 全站仪观测斜距和高差时，当温度变化超过 1℃时，宜在测回间重新输入温度后再进行观测。

5 视线通过江河、湖泊、沼泽和沙漠时，若往返观测高差较差超限，应分析原因，在排除可能发生粗差的条件下，可将限差放宽到原限值的 $\sqrt{2}$ 倍。

6 当三角高程导线的长度短于估算的最短水准路线长度的 1/2 时，可将附合、闭合限差放宽到原限值的 $\sqrt{2}$ 倍。

6.4 跨河光电测距三角高程测量

6.4.1 当光电测距三角高程导线测量路线跨越江河、湖泊，其视线长度超过表 6.3.2 的规定时，按 6.4.1 规定执行。跨河光电测距三角高程测量的技术要求见表 6.4.1。

表 6.4.1 跨河光电测距三角高程测量的技术要求

等级	仪器标称精度		最大视线长度 m	天顶距					斜距				仪器高、棱镜高测量精度 mm	往返观测数	往返测高差较差 mm
	测距精度 mm/km	测角精度 (″)		测回数		两次读数差 (″)	指标差较差 (″)	测回差 (″)	测回数	一测回读数间较差 mm	测回中数间较差 mm	往返较差 mm			
				中丝法	三丝法										
二等	±2	±1	600	6	3	2	8	4	4	5	7	$2\sqrt{2}(a+bS)$	±1	2	$\pm 25\sqrt{S}$
三等	±4	±2	1000	5	3	3	8	5	4	10	15		±2	1	$\pm 35\sqrt{S}$
四等	±5	±2	1200	4	2	3	9	9	4	10	15		±2	1	$\pm 45\sqrt{S}$

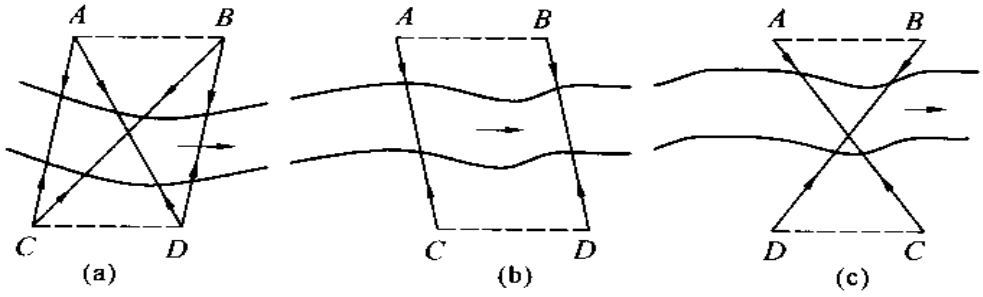
注：a 为固定误差，mm；b 为比例误差，mm/km；S 为斜距，km。

6.4.2 地点和图形选择要求如下：

1 宜选择在水准路线附近的河面最窄处，同岸的两点间距离为 10m～20m，且两点大约等高，与对岸点的高差宜尽量小。

2 视线距水面的高度不得低于 3m。不能满足要求时，应建造满足高度要求的牢固观测台。

3 跨河光电测距三角高程测量的图形见图 6.4.2。其中，二等测量时选用图 6.4.2（a）所示的大地四边形布设场地，三、四等测量时选用图 6.4.2（b）所示的平行四边形或图 6.4.2（c）所示的等腰梯形布设场地。



虚线—不观测天顶距和距离，用同等级水准测量测定两点高差；

箭头—天顶距和距离需观测的方向

（a）大地四边形；（b）平行四边形；（c）等腰梯形

图 6.4.2 跨河光电测距三角高程测量布置图（$\overline{AB} \approx \overline{CD} \leqslant 20\text{m}$，$\overline{AC} \approx \overline{BD}$）

6.4.3 二等跨河光电测距三角高程测量的步骤如下：

1 按图 6.4.2（a）布设过河场地，*A*、*D* 点埋设固定的混凝土水准标石，*B*、*C* 点埋设简易水准标石（也可打入截面 5cm×5cm、高 50cm 的木桩，中间钉颗铁钉）。

2 制作两块尺寸不小于 40cm×40cm 的特制觇牌，精确安装在反射棱镜上。

3 按二等水准要求测量同岸两点（*A*、*B* 点和 *C*、*D* 点）之间的高差，并变换一次仪器高度再观测一次。

4 在 *A* 点观测对岸 *C*、*D* 上觇牌的天顶距 Z_{AC}、Z_{AD}，中丝法测完 6 测回后测距离 S_{AC}、S_{AD}，测完 4 测回距离后搬至 *B* 点设

站。同样方法在 B 点测量天顶距 Z_{BC}、Z_{BD} 和距离 S_{BC}、S_{BD}。B 站测完后，仪器和觇牌相互调岸，分别在 C 点和 D 点测量 Z_{CA}、Z_{CB}、S_{CA}、S_{CB}、Z_{DA}、Z_{DB}、S_{DA}、S_{DB}。这样完成一组往返测。

5 选择有利时段用同样的方法完成第二组往返测。

6.4.4 三、四等跨河光电测距三角高程测量，按图 6.4.2（b）或图 6.4.2（c）所示的图形布设过河场地。水准标石埋设、特制觇牌制作、同岸两点高差测量（只用三等水准测量即可）、天顶距和距离测量的方法均参照 6.4.3 进行。

6.4.5 跨河光电测距三角高程测量应注意下列事项：

1 宜选择成像清晰和风力小的阴天进行观测。

2 天顶距观测时，垂直微动螺旋照准目标时最后应为旋进方向。距离测量时，测站和镜站在每测回间应重新观测气象元素。

3 往、返观测应尽量在较短时间间隔内完成。三、四等跨河光电测距三角高程测量，在条件许可时，用两台仪器同时对向观测，即仪器架 A 点观测 C 点，对岸仪器架 D 点观测 B 点，待天顶距和距离测完后，A 点的仪器搬到 B 点观测 D 点，D 点的仪器搬到 C 点观测 A 点。二等跨河光电测距三角高程测量用两台仪器同时观测时，两台仪器均在同一岸同时观测对岸，观测完后仪器和觇牌相互调岸进行返测。再选一时段完成第二组往返测。

6.4.6 跨河视线长度超过表 6.4.1 的规定或采用其他方法进行测量时，按 GB 12897 和 GB 12898 的规定执行。

6.5 外业成果整理与平差计算

6.5.1 高程测量观测、记录及计算数字取位要求见表 6.5.1。

表 6.5.1　观测、记录及计算数字取位要求

等级	天顶距观测读数与记录取位（″）	测段高差取位 mm	水准点高程取位 mm	天顶距各测回平均数取位（″）	各测站高差值取位 mm	往测或返测高差总和取位 mm	水准尺观测读数与记录取位 mm	测段距离中数取位 km	往测或返测距离总和取位 km
二等	0.1			0.01			0.1、0.05	0.1	0.01
三等	1			0.1			1	0.1	0.01
四等	1			0.1			1	0.1	0.01

6.5.2　采用电子记录时按相关规定执行。

6.5.3　采用手工记录时，应使用规定的手簿，用铅笔记录，并统一编号，记录的文字与数字，应清晰端正，不得潦草模糊，所有的项目应填写齐全。记录的文字与数字不得涂改或擦去，对有错误的数字（只限于分米、米和度、分的读数）与文字，可用单线划去，在其上方写出正确的数字与文字，并在备注栏中注明原因。对需重测的记录用单线划去，并注明原因及重测结果记于何处。

6.5.4　水准测量外业验算的内容如下：

1　检查观测手簿，计算概略高程（由两人独立进行）。

2　计算每千米水准测量高差中数的偶然中误差 M_Δ：

$$M_\Delta = \pm\sqrt{\frac{1}{4n}\left[\frac{\Delta\Delta}{R}\right]} \qquad (6.5.4\text{-}1)$$

式中：

Δ——测段往返测高差不符值，mm；

R——测段长，km；

n——测段数。

3　当高程路线闭合环较多时，还需按环闭合差计算每千米水准测量高差中数的全中误差 M_W：

$$M_w = \pm\sqrt{\frac{1}{N}\left[\frac{WW}{F}\right]} \qquad (6.5.4\text{-}2)$$

式中：

W——经各项改正后的水准环闭合差或附合路线闭合差，mm；

F——计算 W 时相应的路线长度（环线周长），km；

N——附合路线或闭合环个数。

6.5.5 光电测距三角高程导线测量、跨河光电测距三角高程测量的外业验算内容如下：

1 检查观测记录手簿。

2 对所测斜距进行气象、加常数和乘常数改正。

3 若斜距和天顶距分别观测时，应对天顶距观测值进行归算，改正为测距时的天顶距。天顶距归算及高差计算公式见附录F。

4 根据相邻点间高差，计算往返测高差及附合路线或闭合环的闭合差。

5 跨河光电测距三角高程测量时，由各推算路线计算出的高差较差不应超过 $\pm 2M_\Delta\sqrt{NS}$，各环线的闭合差不应超过 $\pm 2M_w\sqrt{2S}$［N 为相应过河图形的高差计算路线数，对于图 6.4.2（a）、图 6.4.2（b）、图 6.4.2（c）分别为 4、2、2；S 为跨河视线长度，单位为 km］。

6 高程精度估算公式参见附录 G。

6.5.6 二、三、四等高程网的平差计算应按条件观测平差法或间接观测平差法进行，并计算出单位权高差中误差和各点相对于起算点的高程中误差。

6.5.7 高程控制网测量计算完成后应整理归档下列资料：

1 技术设计书。

2 仪器计量检定证书资料。

3 高程控制网络图和点位说明资料。
4 高程控制网概算资料。
5 平差计算成果和精度评定资料。
6 原始观测记录手簿或软盘（附说明）。
7 技术总结。

7 地 形 测 量

7.1 一 般 规 定

7.1.1 施工阶段的地形测量一般在施工场地范围内进行，主要用于场地布置、土地征购、工程量计算、建基面验收，以及场内交通的新建、改建工程等。

7.1.2 测图比例尺除建基面验收应采用 1∶200 外，其他可根据工程性质、设计及施工要求在 1∶500～1∶2000 范围内选择。

7.1.3 精度要求较低的地形图可按小一级比例尺地形图的精度施测，或采用小一级比例尺地形图放大。

7.1.4 地形测量所采用的平面坐标系统、高程系统应与施工测量采用的平面坐标系统、高程系统一致。在远离工程枢纽的测区，也可采用国家的或独立的平面坐标系统，但高程系统宜与施工区的高程系统一致。

7.1.5 同一测区相同比例尺地形图不得采用两种基本等高距，地形图基本等高距的选择见表 7.1.5。

表 7.1.5 地形图的基本等高距

地形类型	地面倾角（°）	基本等高距 m			
		1∶200	1∶500	1∶1000	1∶2000
平地	<2	0.2	0.5	0.5、1	1
丘陵地	2～6	0.5	0.5、1	1	1
山地	6～25	0.5	1	1	2
高山地	≥25	—	1	2	2

7.1.6 地形图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差与等高线及高程注记点相对于图根点的高程中误差要求见表 7.1.6。

表 7.1.6 地形图精度规定

地形图上地物点点位中误差 mm		等高线高程中误差 基本等高距		高程注记点高程中误差 基本等高距
平地、丘陵地	山地、高山地	平地、丘陵地	山地、高山地	±1/3
±0.5	±0.75	±0.5	±1	
注：森林、隐蔽等特殊困难地区，可将表中的规定放宽 0.5 倍。				

7.1.7 图廓格网线和控制点展点误差不应超过图上±0.2mm，图廓对角线和控制点间的长度误差不应超过图上±0.3mm。

7.1.8 地形图可采用正方形或矩形分幅。地形图图式应以 GB/T7929 为依据。

7.1.9 采用地面立体摄影测量成图应遵照 GB 50167 或 SL 197 的规定。

7.2 图根控制测量

7.2.1 图根点测量宜在施工区各等级控制网点下进行。

7.2.2 图根点的精度以相对于邻近控制点的中误差来衡量。其中，点位中误差不应超过图上±0.1mm；高程中误差不应超过测图基本等高距的±1/10。

7.2.3 图根点的密度根据地形、采用的仪器和测量方法确定，其基本要求见表 7.2.3。

表 7.2.3 每幅图图根点数量要求

测图比例尺	每幅图图根点数量 个	
	采用测距仪、全站仪测量	采用平板仪、经纬仪测量
1∶200	3	6
1∶500	4	8
1∶1000	5	10
1∶2000	5	15

7.2.4 图根点平面位置可在施工区各等级平面控制点上采用各

种交会法、各种类型的导线及光电测距坐标法等方法测量，也可采用 GPS 测量。

7.2.5 图根点的高程可采用光电测距三角高程测量或 GPS 测量。

7.3 地形图的测绘要求

7.3.1 地形图应真实反映地貌、地物形状。采用图解法成图、数字化成图或坐标法成图时，地物点、地形点最大视线长度要求见表 7.3.1。

表 7.3.1 测量地物点、地形点的最大视线长度要求 m

测图比例尺	图解法成图				数字化成图或坐标法成图	
	视距最大长度		光电测距最大长度		光电测距最大长度	
	地物点	地形点	地物点	地形点	地物点	地形点
1∶500	—	70	80	150	400	600
1∶1000	80	120	160	250	600	800
1∶2000	150	200	300	400	800	1000

7.3.2 地形点的密度根据地形、地物变化的复杂程度确定，一般为图上 1cm～3cm。地形点的高程注记一般记至分米，当基本等高距为 0.5m 时应注记至厘米。

7.3.3 1∶200 比例尺的建基面竣工地形测量应注意以下几点：

1 测站点或图根点的点位中误差不应超过图上±0.15mm。

2 测图方法宜采用全站仪坐标法或经纬仪加钢尺量距法，不得采用视距法。

3 碎部点测绘应符合下列规定：

1）在建基面开挖到设计高程、浮渣清理干净后及时进行。

2）当量距的倾角大于 3° 时，应在距离中加入倾斜改正值。

3）施测范围宜超出开挖边线 2m～3m。

4）建基面上的重要地物（如钻孔、断层、深坑、挖槽等）均应测绘在图上。

5）超过 60° 的斜坡可用示坡线表示。地形变化复杂地段应加密测点。

6）图上应绘出建筑物填筑分块线，并需注明工程部位名称及分块号。

7.3.4 1∶500～1∶2000 地形图测绘的内容和要求参见附录 A。

7.4 数字化成图

7.4.1 数字化成图的数据采集主要有三种方法：

1 用全站仪采用坐标法或光电测距仪配经纬仪在野外采集。

2 通过现场摄影测量，用坐标量测仪、解析测图仪或全数字地面摄影测量系统在室内采集。

3 原有地形图的数字化。

7.4.2 数字化测图的图根控制测量应遵守 7.2 的规定，但图根点的密度可适当放宽，每幅图的图根点数不宜少于 3 点。

7.4.3 数字化成图用全站仪或光电测距仪配经纬仪在野外采集数据时，应根据不同的地形、地物在现场输入属性编码,也可以在现场绘制草图，待数据处理时再输入属性编码。当采用数字化成图或坐标法成图时，其光电测距最大视线长度要求见表 7.3.1。

7.4.4 通过摄影测量和原有地图数字化采集数据时应执行 GB 15967 和 GB/T 17160 的规定。

7.4.5 数据采集所生成的数据文件应及时存盘备用，其数据文件的格式应满足绘图软件的要求。

7.4.6 数字化成图的数据处理应使用经过检验的软件。

7.4.7 数字化成图的地形图应将各种不同类型地形、地物、控制点等要素分层存放。

7.4.8 数字化成图输出的地形图应进行现场调绘、检查。当因测点密度不够而造成的地形图等高线失真时，应对测点密度不够的部位进行补测。

7.5 水下地形测量

7.5.1 水下地形测量应满足工程的施工设计、工程量计算及竣工验收的要求。

7.5.2 平面坐标系统和高程系统、图幅分幅和等高距的选择应与陆地上地形图一致，便于相互衔接。

7.5.3 测深点定位可根据不同情况和条件选择以下方法：

1 测角前方交会法：交会边长度不大于 1km，交会角α宜在 20°～150°之间，交会方向不少于 3 个。

2 自动跟踪全站仪极坐标法：适用于水面较宽、精度要求较高的水域。

3 GPS 实时差分定位方法：适用于范围广阔的江、河、湖泊，定位中误差不应超过±1m。

7.5.4 水深测量应符合下列规定：

1 根据水深和流速选择测深工具。常用的测深工具有：

1）测深杆：一般用于水深小于 5m、流速小于 1m/s 的水域。

2）测深锤：一般用于水深小于 15m、流速小于 2m/s 的水域。

3）铅鱼式测深锤：一般用于水深小于 20m、流速小于 3m/s 的水域，锤重一般为 15kg～20kg。

4）回声测深仪：一般用于水深大于 3m、流速大于 3m/s、面积较大的水域。

2 测深点宜按断面布设，断面方向应与水流方向（或岸线）垂直，断面间距一般为图上 1cm～3cm。测点间距宜为图上 1cm～2cm。测点密度：河道纵向稍稀，横向稍密；中间可稍稀，岸边

应稍密。

3　测深点的高程中误差：水深小于等于 20m 时，高程中误差为±0.2m；水深大于 20m 时，高程中误差为±0.01H（H 为水深值，单位为米）。

4　测深前应对所选择的测深工具进行检查校正。当使用回声测深仪测深时，测前和测后均应对测深仪进行检查校正。

7.5.5　水下地形图宜采用数字化成图方法。

7.5.6　水下地形图上应标明水边线高程和测绘日期。

8 测量放样准备

8.1 一般规定

8.1.1 测量放样准备的内容包括收集测量资料、制定放样方案、准备放样数据、选择放样方法、测设放样测站点和检验仪器测具。

8.1.2 应对施工测量人员进行技术交底，明确测量技术要求和质量标准，并有书面技术交底记录。

8.2 收集测量资料与制定放样方案

8.2.1 测量放样前应具有施工区已有的平面和高程控制网成果资料。

8.2.2 根据现场控制网点是否稳定完好等情况，对已有的控制网点资料进行分析，以确定全部或部分检测控制网点。

8.2.3 已有控制网点不能满足精度要求时应重新进行布设；已有的控制网点密度不能满足放样需要时应进行加密。

8.2.4 测量放样必须按正式设计图纸、文件、修改通知进行。

8.2.5 根据有关标准对测量的技术要求制定测量放样方案，测量放样方案应包括控制网点检测与加密、放样依据、放样方法、放样点精度估算、放样作业程序、人员及设备配置等内容。

8.3 放样数据准备

8.3.1 应将施工区域内的平面控制点、高程控制点、重要轴线点、加密点等测量资料绘制成简明图表；将设计图纸中各单项工程部位的工程坐标、轴线方位、形体尺寸等几何数据编制成放样数据手册，供放样人员查阅、使用。

8.3.2 测量放样前应根据设计图纸中有关数据及使用的控制点

成果计算放样数据，必要时还需绘制放样草图，所有数据必须经两人独立计算校核。采用计算机程序计算放样数据时，必须核对输入数据和数学模型的正确性。

8.3.3 应准备格式规范的放样手簿用于记录现场放样所取得的测量数据，放样记录手簿应设有如下栏目供放样时填写：

1 工程部位名称、放样日期、仪器型号、仪器出厂编号。

2 放样负责人姓名、观测员姓名、记录员姓名及检查员姓名。

3 放样所使用的控制点名称、坐标值和高程值及所依据的设计图纸编号。

4 放样过程中的实测资料。

8.3.4 为满足信息化的要求，宜建立控制网点数据库、地形图数据库和工程量数据库。

8.4 选择放样方法和测设放样测站点

8.4.1 应根据放样点的精度要求和现场允许的作业条件，选择技术先进和有可靠校核条件的放样方法。

8.4.2 应利用邻近基本控制点作为放样测站点进行测量放样，也可以利用基本控制点先测设放样测站点后再进行测量放样。在对放样点做精度估算时应考虑放样测站点的测设误差。

8.4.3 测设放样测站点的要求如下：

1 采用全站仪坐标法测设放样测站点时：

1）放样测站点应能与至少两个已知点通视，以保证放样时有校核方向。

2）测距边边长应小于已知后视边长，测距边应做相应的改正。

2 采用边角后方交会（自由设站）法测设放样测站点时：

1）组成两（多）组交会图形分别进行坐标计算，测站点位之差应小于 $M_P/\sqrt{2}$（M_P 为轮廓放样点相对于

邻近基本控制点的限差）。

2）观测边长应小于已知边长，测距边应做相应的改正。

3 采用测角前方交会法测设放样测站点时：

1）组成两（多）组交会图形分别进行坐标计算，测站点位之差应小于 $M_P/\sqrt{2}$。

2）交会角 50°～120°，交会边长不超过 400m。

4 采用轴线交会法测设放样测站点时：

1）放样测站点偏离轴线不应超过 $M_P/\sqrt{2}$。

2）除轴线点外观测的控制点宜对称分布在轴线两侧。

3）两（多）组交会图形分别进行坐标计算，测站点位之差应小于 $M_P/\sqrt{2}$。

5 采用测角后方交会法测设放样测站点时：

1）选择控制点组成后方交会图形时，宜使测站点位于已知点组成的三角形内。

2）交会方向数不少于 4 个，交会方向尽可能位于各象限。

3）两（多）组交会图形分别进行坐标计算，测站点位之差应小于 $M_P/\sqrt{2}$。

8.4.4 几种常用的测设放样测站点平面位置方法的点位精度估算公式参见附录 H。

8.4.5 高程放样可采用水准测量或光电测距三角高程测量进行，其要求如下：

1 对于高程放样中误差要求不超过±5mm～±10mm 的部位，宜采用水准测量法；

2 采用光电测距三角高程测量测设高程放样控制点时，应使用往返观测成果。

3 采用经纬仪替代水准仪进行土建工程高程放样时：

1）放样点离高程控制点距离不得大于 50m。

2）采用正、倒镜置平读数，并取正、倒镜读数的平均值进行计算。

4　布设高程线路或高程放样时均应采用附合、闭合或变换仪器高度等方法进行校核。

8.4.6　高层建筑物、竖井的高程测量可采用光电测距三角高程测量或钢带尺竖直传递高程的方法进行。光电测距三角高程测量的高差计算参见附录 C 和附录 F，钢带尺竖直传递高程的计算公式参见附录 I。

8.4.7　采用具有平行玻璃板测微器的水准仪进行高程放样时，其视线高的计算方法参见附录 J。

8.5　仪器和测具的检验

8.5.1　用于施工测量的仪器和辅助工具的检定遵照 3.0.7-5 执行。

8.5.2　仪器内设参数不得随意改动，若发现仪器有异常现象或受到剧烈震动，应及时进行检定。

8.5.3　用于精密测量的全站仪、经纬仪、水准仪应经常检查以下项目：全站仪和经纬仪的三轴误差、竖盘指标差、光学对点器的偏心差、水准仪的 i 角。

8.5.4　测具应按下列项目进行检验：

1　钢带尺应通过检定建立尺长方程式。用于精密传递高程与使用钢带尺进行测量放样时，参见附录 I 的公式计算和改正。

2　水准标尺应测定红黑面常数差和标尺零点差。标尺标称常数差与实测常数差超过 1.0mm 时，应采用实测常数差；标尺零点差超过 0.5mm 时，应进行标尺底面的修理或在高差中改正。

3　塔尺应检查底面及连接处误差。

4　对中杆应检查其棱镜中心与对中杆底端是否在同一铅垂线上。若对中杆尖部磨损严重，则应更换对中杆尖部或在高差中加入磨损量改正。

5　垂球应检查垂球尖与吊线是否同轴。

9 开挖、填筑及混凝土工程测量

9.1 一 般 规 定

9.1.1 开挖、填筑及混凝土工程测量内容包括：施工区原始地形图或断面图测绘；放样测站点的测设；开挖、填筑及混凝土工程轮廓点的放样；竣工地形图及断面图测绘；工程量计算；已立模板、预制构件的检查、验收测量等。

9.1.2 放样测站点是开挖、填筑及混凝土工程轮廓点放样的工作基点，可采用各种交会方法、导线测量方法或GPS定位方法进行测设。

9.1.3 放样测站点的点位限差要求见表9.1.3。

表9.1.3 放样测站点的点位限差 mm

项 目	点位限差	
	平 面	高 程
混凝土浇筑工程	±15	±15
土石料开挖、填筑工程	±35	±35
注：放样测站点的点位限差是相对于邻近基本控制点而言的。		

9.1.4 轮廓放样点的点位限差见表9.2.1、表9.3.1和表9.3.2。

9.1.5 各种曲线、曲面轮廓点的放样，应根据设计要求及模板制作情况合理确定放样点的位置和密度。曲线的起点、终点、折线的折点均应放出，曲面预制模板宜增放模板拼缝位置点。轮廓放样点的间距要求见表9.1.5。

表9.1.5 轮廓放样点的间距要求 m

建筑物类型	相邻点间最大距离	
	直线段	曲线段
混凝土建筑物	5～8	3～6
土石料建筑物	10～15	5～10

9.1.6 建筑物轮廓点的放样可根据其精度要求采用各种交会方法、极坐标法、直角坐标法、正倒镜投点法或 GPS 实时动态定位（RTK）等方法进行。

9.1.7 每次测量放样作业结束后，应及时对放样点进行检查，确认无误后填写测量放样交样单或测量检查成果表。

9.2 开挖工程测量

9.2.1 开挖轮廓放样点的点位限差见表 9.2.1。

表 9.2.1 开挖轮廓放样点的点位限差 mm

轮廓放样点位	点位限差	
	平面	高程
主体工程部位的基础轮廓点、预裂爆破孔定位点	±50	±50
主体工程部位的坡顶点、非主体工程部位的基础轮廓点	±100	±100
土、砂、石覆盖面开挖轮廓点	±150	±150
注：点位限差均是相对于邻近基本控制点而言的。		

9.2.2 开挖工程放样应测放出设计开挖轮廓点，并用明显标志加以标定。

9.2.3 开挖工程高程放样可采用光电测距三角高程测量进行。

9.2.4 开挖施工过程中，应经常在预裂面或其他适当部位以醒目的标志标明桩号、高程和开挖轮廓点。

9.2.5 开挖部位接近竣工时应及时测放基础轮廓点和散点高程，并将欠挖部位及尺寸标于实地；必要时，在实地以适当密度标出开挖轮廓点以备验收之用。

9.2.6 分部工程开挖竣工时，应及时测绘竣工地形图或断面图。

9.2.7 对有地质缺陷的部位，还应详细测绘地质缺陷地形图。

9.3 填筑与混凝土工程测量

9.3.1 填筑及混凝土建筑物轮廓放样点的点位限差见表 9.3.1。

表 9.3.1 填筑及混凝土建筑物轮廓放样点的点位限差 mm

建筑物类型	建筑物名称	点位限差	
		平面	高程
混凝土建筑物	主要水工建筑物（坝、厂房、船闸、升船机）、泄水建筑物的主体结构、各种导墙、坝体内的重要结构物（井、孔洞、正垂孔、倒垂孔）等	±20	±20
	其他（面板堆石坝的面板、副坝、围堰、心墙、护坦、护坡、挡墙等）	±30	±30
土石料建筑物	碾压式坝（堤）与土石坝的上下游边线、心墙、填料分界线、防渗墙轴线及坝（堤）内各种设施（观测孔、基础钻孔等）	±50	±50
注：点位限差均相对于邻近基本控制点而言。			

9.3.2 高层建筑物混凝土浇筑及预制构件拼装的竖向测量放样点的点位限差见表 9.3.2。

表 9.3.2 竖向测量放样点的点位限差 mm

项目	相邻两层中心线偏离限差	相对基础中心线的限差
厂房、开关站等各种混凝土建筑物的构架、立柱	±3	±20
闸墩、栈桥墩、船闸、厂房、升船机等的侧墙	±5	±25

9.3.3 混凝土预制构件拼装及高层建筑物中间平台的同一层水平度测量限差为±3mm。

9.3.4 混凝土建筑物轮廓放样点的点位以距设计线 0.2m、0.5m 或 1.0m 为宜；土石方填筑轮廓放样点的点位以设计位置为宜。

9.3.5 混凝土建筑物的高程放样，宜区别结构部位，满足各自不同的精度要求。

1 对于连续垂直上升的建筑物，除了有结构变化的部位（如牛腿、廊道、门洞等）外，高程放样的精度可低于平面位置的放样精度。

2 对于溢流面、斜坡面及形体特殊的部位，其高程放样的精度宜与平面位置放样的精度一致。

3 对于混凝土抹面层、有金属结构及机电设备埋件的部位，其高程放样的精度宜高于平面位置的放样精度。

9.3.6 特殊部位的模板架设定位后，应利用已放样的轮廓点进行检查，其平面位置（包括垂直度）检查精度为±3mm，高程检查精度为±2mm。

9.4 放样点的检查

9.4.1 所有放样资料应由两人独立进行计算和编制；若使用计算机程序计算放样资料时，必须校对程序和输入数据的正确性。

9.4.2 选择放样方法时，应考虑检核条件。没有检核条件的方法（如极坐标法、两点前方交会法、三方向后方交会法等）必须在放样后采用异站的方法进行检查。

9.4.3 对轮廓放样点进行检核的方法可根据不同情况而异，但应简单易行，以发现错误为目的。检核结果应记入放样手簿。外业检核以自检为主，放样与检核尽量同时进行，必要时可另派小组进行检查。对于放样时已利用多余条件自检合格的，可不再进行检核。

9.4.4 对于建筑物基础块（第一层）的轮廓放样点，必须采用同精度的、相互独立的方法进行全部检核，检核点与放样点的较差不应大于$\sqrt{2}M_P$（M_P为放样点相对于邻近基本控制点的限差）。

9.4.5 对于同一部位轮廓放样点的检查可采用简易方法检核，如丈量相邻点之间的长度、点与已浇筑建筑物边线的相对尺寸及检视同一直线上的诸点是否在同一直线上。

9.4.6 对于形体复杂或结构复杂的建筑物，检核和放样宜采用同一组测站点。

9.4.7 模板检查验收时，若发现检查结果超限或存在明显系统误差，应及时对可疑部分进行复测、确认。

9.5 断面测量和工程量计算

9.5.1 工程开工前，必须实测工程部位的原始地形图或断面图；施工过程中应及时测绘不同材料的分界线，并定期测绘收方地形图或断面图；工程竣工后，必须实测竣工地形图或竣工断面图。各阶段的地形图和断面图均为工程量计算和工程结算的依据。

9.5.2 断面间距可根据用途、工程部位和地形复杂程度在 5m～20m 范围内选择。有特殊要求的部位按设计要求执行。

9.5.3 地形图和断面图的比例尺，可根据用途、工程部位范围大小在 1∶200～1∶1000 之间选择。主要建筑物的竣工地形图或断面图，其比例尺应选用 1∶200，地质缺陷地形图应视面积大小确定比例尺。收方图的比例尺以 1∶500 或 1∶200 为宜，大范围的收方图的比例尺可选用 1∶1000。

9.5.4 断面测量时测点的精度要求见表 9.5.4。

表 9.5.4 断面测量测点的精度要求 cm

断面类别	测点相对于测站点的限差	
	平面	高程
原始、收方断面	±10	±10
土石方工程竣工断面	±5	±5
混凝土工程竣工断面	±2	±2

9.5.5 断面测点间距应以能正确反映断面形状、满足面积计算精度要求为原则，测点间图上距离应不大于 3cm，地形变化处应加密测点。断面宽度应超出工程部位边线 5m～10m。

9.5.6 在实测的地形图上截取断面数据绘制断面图时，断面图的比例尺应不大于地形图的比例尺。

9.5.7 施工过程中应定期测算已完成的工程量，工程量的计量应以测量收方的工程量计算成果为依据。

9.5.8 工程量的计算应符合下列规定：

1 用于工程量计算的地形图或断面图是现场实测的。

2 面积计算方法可采用解析法或图解法。当采用求积仪量测计算面积时，应在同一图纸上测量一块标准面积以确定图纸的伸缩系数。解析法计算面积的公式如下：

$$A=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left[X_i(Y_{i+1}-Y_{i-1})\right] \qquad (9.5.8\text{-}1)$$

或

$$A=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left[Y_i(X_{i-1}-X_{i+1})\right] \qquad (9.5.8\text{-}2)$$

式中：

A——所求多边形之面积，m^2；

n——多边形的顶点个数；

i——顶点按顺时针方向的连续编号（1，2，3，…n）；

X_i、Y_i——第 i 个顶点的坐标值，m。

当 $X_{i-1}=X_0$ 时，则 $X_0=X_n$；$Y_{i-1}=Y_0$ 时，则 $Y_0=Y_n$；

$X_{i+1}=X_{n+1}$ 时，则 $X_{n+1}=X_1$；$Y_{i+1}=Y_{n+1}$ 时，则 $Y_{n+1}=Y_1$。

9.5.9 土石方工程收方，应根据实测的各种材料分界线分别计算各类材料的方量。

9.5.10 混凝土填筑块收方，基础部位应根据基础开挖竣工图计算，基础以上部位可直接根据水工设计图的几何尺寸及部位的实测平均高程进行计算。

9.5.11 对同一区域土石方挖填工程量进行两次独立测量，计算的土方方量差值不超过 7%或石方方量差值不超过 5%时，可取其两次独立测量计算量的平均值作为最后值。

9.5.12 对同一区域混凝土填筑工程量进行两次独立测量计算的方量差值不超过 3%（不包括规则几何体部分）时，可取两次独立测量计算量的平均值作为最后值。

9.6 资 料 整 理

9.6.1 每次测量放样作业结束后，作业组应及时整理测量放样记录手簿、放样计算数据资料、测量放样通知单、测量放样交样单或测量检查成果表，并按工程项目或工程部位归档保存。

9.6.2 每次测量收方工作完成后，应及时将收方地形图、断面图、工程量计算表及外业数据资料整理保存。

9.6.3 单项工程竣工后，应及时整理竣工测量记录手簿、各种竣工图表、使用的设计图纸和测量技术总结。

9.6.4 由电子记录器或计算机输出的野外观测记录、计算资料等应及时整理，装订成册或整齐地贴于有关手簿或计算用纸上，并加注必要的说明。

9.6.5 有条件的单位宜建立工程测量数据库。

10 金属结构与机电设备安装测量

10.1 一 般 规 定

10.1.1 水电水利工程金属结构与机电设备安装测量工作内容包括：测设安装专用网或安装轴线与高程基点；安装点的放样；安装竣工测量等。

10.1.2 金属结构与机电设备安装轴线和高程基点应埋设稳定的测量标志，一经确定，在整个施工过程中不宜变动。

10.1.3 安装放样点测量限差见表 10.1.3。

表 10.1.3 安装放样点测量限差 mm

安装测量项目		测量限差			
		平面	垂直度	高程	水平度
压力钢管	始装节管口中心定位	±5		±5	
	与蜗壳、阀门伸缩节等有连接的管口中心定位	±10		±10	
	其他管口中心定位	±15		±15	
平面闸门	主轨与反轨定位	±2	±2		底坎±2
	侧轨定位	±3	±2		
弧形门、人字门	弧形门定位	±2		±2	底坎±2
	人字门定位	±2	±2	±3	
水轮发电机	座环安装中心定位	±3		±3	±0.2
	机坑里衬安装及蜗壳安装中心定位	±10		±5	±0.5

注 1：测量限差均相对于安装轴线和高程基点而言。
注 2：当工程要求高于本表时应遵守有关技术文件规定。

10.1.4 应根据安装测量精度要求选择相应的测量仪器设备及配套器具。

10.2 安装专用控制网、安装轴线点及高程基点的测设

10.2.1 大坝、厂房、船闸、机组和各种泄水建筑物的金属结构与机电设备安装的安装专用控制网或安装轴线点及高程基点均应由等级控制点进行测设，相对于邻近等级控制点的点位（平面和高程）限差为±10mm。

10.2.2 安装专用控制网或安装轴线应随着安装部位逐渐形成及时分层布设，测设之前应对起算点的稳定性进行检测，并根据安装测量的精度要求进行精度估算，确定布设方案。

10.2.3 在安装项目较多且各安装结构单元之间相对精度要求高的部位，应布设安装专用控制网。对其他相对独立的结构单元宜布设安装轴线。

10.2.4 安装专用控制网内及安装轴线点间相对点位限差应不超过±2mm。高程基点间的高差测量限差应不超过±2mm。

10.2.5 对于每一个独立的安装单元，安装轴线点不得少于 3 点，高程基点不得少于 2 点。

10.2.6 独立安装单元的距离测量或竖直传高时用的钢带尺必须是经过检定的。对于超过钢尺整尺段长度而又无法分段丈量的水平距离，可以采取高精度测距仪或全站仪用“差值法”进行测量。

10.3 安 装 点 的 放 样

10.3.1 安装点线的测放必须以安装轴线和高程基点为基准，组成相对严密的局部控制系统。

10.3.2 方向线测设时后视距离必须大于前视距离，宜用具有细、直、尖特点的测针等工具作为照准目标。经纬仪或全站仪投点应采用正倒镜两次定点取平均值。

10.3.3 测量距离 30m 以内宜采用钢带尺量距，测量时每次读数估读至 0.1mm。钢带尺量距值必须进行倾斜、尺长、温度、

拉力及悬链改正。距离测量相关技术要求见表 10.3.3。不便用钢带尺量距或量距超过 30m 时，宜采用测距仪或全站仪“差值法”施测，其仪器的测距标称精度不得低于±（3mm+2mm/km）。

表 10.3.3 钢尺距离测量的技术要求

测量时拉力	温度读记 ℃	距离测量次数 次	同测次测量		边长测量相对精度
			读数次数 次	较差 mm	
与鉴定钢带尺时相同	1.0	2	2	1	1:10000

10.3.4 铅垂投点的顶底点传递限差见表 10.3.4。

表 10.3.4 顶底点传递限差

高度 m	限差 mm
≤20	±1.0
20～40	±1.5
≥40	±2.0

10.3.5 安装点的高程测量应根据金属结构与机电设备安装设计对高程的精度要求，采用满足精度要求的水准测量方法。

10.3.6 高精度的水平度测量应使用在底部装配有球形接触点的因瓦水准尺或钢板尺。钢板尺应镶嵌在木制或铝合金型材中，并装有安平水准器。

10.3.7 刻划安装点标志的误差应小于 0.3mm。

10.4 安装放样点的检查

10.4.1 每次放样完成后，必须对放样点之间的相对尺寸关系进行检核，并与前一次的放样点进行比对。

10.4.2 宜采用与放样时不同的方法对放样点进行检核，其检核较差应不超过相应放样限差的 $\sqrt{2}$ 倍。

10.5 资 料 整 理

10.5.1 每次安装放样后，应填写安装测量交样单并附点位分布示意图及必要的说明。

10.5.2 每次安装测量验收后，应填写安装测量验收单。

10.5.3 单项工程竣工之后，应将安装测量资料整理归档，必要时编写安装测量技术总结。

11 地下工程测量

11.1 一般规定

11.1.1 地下工程测量的基本内容包括：

1 地下工程贯通测量的技术设计。

2 建立地面和地下平面与高程控制网。

3 地下工程的轴线、坡度、高程和开挖断面的放样。

4 贯通测量误差的确定与调整。

5 测绘地下工程的纵横断面，并计算开挖、浇筑或喷锚工程量。

6 整理中间验收及竣工验收资料。

11.1.2 贯通测量技术设计应在开工前进行，其测量限差应遵照下述规定：

1 相向开挖长度在 10km 以内时，贯通测量限差应满足表 11.1.2-1 的规定；相向开挖长度大于 10km 时，应做专门技术设计。

2 计算贯通中误差时，可取表 11.1.2-1 中限差的一半作为贯通中误差，并按表 11.1.2-2 的原则分配。

3 上、下两相向开挖的竖井的贯通限差为±200mm。

4 通过竖井贯通时，应把竖井定向作为一个独立因素参与贯通中误差的分配。

表 11.1.2-1 贯通测量限差

相向开挖长度（含支洞在内） km	限差 mm		
	横向	纵向	竖向
<5	±100	±100	±50
5～10	±150	±150	±75

表 11.1.2-2　贯通中误差分配原则

相向开挖长度（含支洞在内）km	中误差 mm								
	横向			纵向			竖向		
	洞外	洞内	贯通面	洞外	洞内	贯通面	洞外	洞内	贯通面
<5	±30	±40	±50	±30	±40	±50	±15	±20	±25
5～10	±45	±60	±75	±45	±60	±75	±20	±30	±40

11.1.3　地面和地下控制测量误差在贯通面上的影响应根据不同的布网形式按下列公式计算：

1　地面控制按导线布设时，可用下式计算地面控制测量误差在贯通面上的横向误差影响：

$$M_y = \pm\sqrt{\frac{m_{y\beta}^2 + m_{yL}^2}{n}} \qquad (11.1.3\text{-}1)$$

$$m_{y\beta} = \pm\frac{m_\beta}{\rho}\sqrt{\sum R_x^2}$$

$$m_{yL} = \pm\frac{m_L}{L}\sqrt{\sum d_y^2}$$

式中：

$m_{y\beta}$——由于测角中误差所产生在贯通面上的横向中误差，m；

m_{yL}——由于测边中误差所产生在贯通面上的横向中误差，m；

m_β——导线测角中误差，（″）；

m_L/L——导线边长相对中误差；

R_x——导线点至贯通面的垂直距离，m；

d_y——导线边在贯通面上的投影长度，m；

n——测量组数；

ρ——常数，$\rho = 206265''$。

2　地面控制按三角网（含测角网、测边网、边角组合网）

布设时，视贯通面的数量和技术条件可分别用以下方法进行计算：

1）以一端洞口点的坐标及其起算方向为起算数据，计算另一端洞口点的点位误差椭圆，取其在贯通面上的投影长度作为地面控制测量误差在贯通面上的横向误差。其点位误差椭圆计算公式为：

$$\tan 2\varphi = \frac{2Q_{xy}}{Q_{xx} - Q_{yy}} \qquad (11.1.3\text{-}2)$$

$$R_a^2 = \frac{1}{2} m_0^2 \left[Q_{xx} + Q_{yy} + \sqrt{(Q_{xx} - Q_{yy})^2 + 4Q_{xy}^2} \right] \qquad (11.1.3\text{-}3)$$

$$R_b^2 = \frac{1}{2} m_0^2 \left[Q_{xx} + Q_{yy} - \sqrt{(Q_{xx} - Q_{yy})^2 + 4Q_{xy}^2} \right] \qquad (11.1.3\text{-}4)$$

投影在贯通面上的横向中误差为：

$$M_y = m_0 \sqrt{Q_{xx} \cos^2\theta + Q_{yy} \sin^2\theta + Q_{xy} \sin 2\theta} \qquad (11.1.3\text{-}5)$$

式中：

φ——长半径方位角，（°）；

m_0——单位权中误差，.（″）；

R_a——点位误差椭圆长半径，mm；

R_b——点位误差椭圆短半径，mm；

θ——贯通面方位角，（°）；

Q——各端点相对起算点的坐标权系数。

2）当地下工程较为复杂且贯通面有多个时，可分别计算相邻洞口点的相对误差椭圆，取各自在贯通面方向的投影长度作为地面控制测量误差在横向贯通面上的影响值。其相对点位误差椭圆计算公式为：

$$\tan 2\varphi = \frac{2Q_{\Delta x\Delta y}}{Q_{\Delta x\Delta x} - Q_{\Delta y\Delta y}} \qquad (11.1.3\text{-}6)$$

$$R_a = \frac{1}{2}m_0{}^2\left[Q_{\Delta x\Delta x} + Q_{\Delta y\Delta y} + \sqrt{(Q_{\Delta x\Delta x} - Q_{\Delta y\Delta y})^2 + 4Q_{\Delta x\Delta y}{}^2}\right] \qquad (11.1.3\text{-}7)$$

$$R_b = \frac{1}{2}m_0{}^2\left[Q_{\Delta x\Delta x} + Q_{\Delta y\Delta y} - \sqrt{(Q_{\Delta x\Delta x} - Q_{\Delta y\Delta y})^2 + 4Q_{\Delta x\Delta y}{}^2}\right] \qquad (11.1.3\text{-}8)$$

式中：

$$Q_{\Delta x\Delta x} = Q_{x_2x_2} - 2Q_{x_1x_2} + Q_{x_1x_1}$$

$$Q_{\Delta y\Delta y} = Q_{y_2y_2} - 2Q_{y_1y_2} + Q_{y_1y_1}$$

$$Q_{\Delta x\Delta y} = Q_{x_2y_2} - Q_{x_2y_1} - Q_{x_1y_2} + Q_{x_1y_1}$$

3　地面控制采用 GPS 测量时，同样是用两相邻洞口点的局部点位误差椭圆在贯通面上的投影来计算。

4　洞内导线测量误差对贯通横向中误差的影响 M'_y，其计算方法同 11.1.3-1。具体估算示例参见附录 K。

5　竖井定向测量引起的贯通横向中误差按下式计算：

$$m_{y0} = m_0\frac{D_x}{\rho} \qquad (11.1.3\text{-}9)$$

式中：

m_0——井下基边的定向中误差，（″）；

D_x——井下基边至横向贯通面的垂直距离，mm。

6　洞外、洞内控制测量误差对贯通横向中误差总的影响按下式计算：

$$m_u = \pm\sqrt{M_y{}^2 + M'_y{}^2 + M_{y0}{}^2} \qquad (11.1.3\text{-}10)$$

11.1.4　洞外和洞内高程控制测量误差对贯通竖向中误差的影

响按下式计算：

$$M_h = \pm\sqrt{m_h^2 + m_h'^2} \qquad (11.1.4)$$

$$m_h = \pm M_\Delta \sqrt{L}$$

$$m_h' = \pm M_\Delta' \sqrt{L'}$$

式中：

m_h、m_h'——洞外、洞内高程测量中误差，mm；

M_Δ、M_Δ'——洞外、洞内 1km 路线长度的高程测量高差中数中误差，mm；

L、L'——洞外、洞内两相邻洞口间水准路线的长度，km。

11.1.5 工程开工之前，应根据隧洞的设计轴线拟定平面和高程控制略图，按表 11.1.2-1 和表 11.1.2-2 所规定的精度指标用上述公式进行精度估算，以便确定洞外和洞内控制等级和作业方法。

11.2 洞 外 控 制 测 量

11.2.1 洞外平面控制网可布设成测角网、测边网、边角组合网、GPS 网或导线网。洞外高程控制网可布设成水准测量路线或光电测距三角高程导线。洞外控制网的等级选择见表 11.2.1。

表 11.2.1 洞外控制网等级选择

隧洞相向开挖长度（含支洞在内） km	平面、高程控制网等级
<5	三等、四等
5～10	二等、三等

11.2.2 测角网、测边网、边角组合网、GPS 网的等级确定后，控制测量的技术要求按照第 5 章的有关规定执行。控制网边长应投影到隧洞进、出口的平均高程面上。

11.2.3 洞外光电测距基本导线技术要求见表 11.2.3。

表 11.2.3 洞外光电测距基本导线技术要求

相向开挖长度 km	贯通横向中误差 mm	导线全长 km	最短平均边长 m	测角中误差（″）	测距中误差 mm	全长相对闭合差	方位角闭合差（″）
<5	±30	3.0	35	±1.8	±5	1：35000	$\pm 3.6\sqrt{n}$
			50	±2.5		1：31500	$\pm 5.0\sqrt{n}$
		5.4	200	±2.5	±5	1：51500	
			120	±1.8		1：53500	$\pm 3.6\sqrt{n}$
		10.0	770	±1.8	±5	1：95000	
			680		±2	1：91000	
5～10	±45	11.2	375	±1.8	±5	1：67500	$\pm 3.6\sqrt{n}$
			340		±2	1：65500	
		14.0	825	±1.8	±5	1：86000	
			780		±2	1：85000	
			230	±1.0	±5	1：86000	$\pm 2.0\sqrt{n}$
			190		±2	1：80500	
		16.4	365	±1.0	±5	1：100000	
			320		±2	1：95500	
		21.0	780	±1.0	±5	1：130000	
			725		±2	1：125000	

注 1：导线按直伸附合导线的形式，并以其中点（最弱点）的点位中误差作为“要求的横向中误差”。

注 2：本表数据在综合取舍时考虑的是目前生产单位中的普遍情况，不符合本表情况时可自行计算。

11.2.4 应在每个洞口（进洞口、出洞口、支洞口）附近埋设至少 2 个洞外高程控制点。高程控制测量技术要求按第 6 章的有关规定执行。

11.2.5 宜选择洞口附近的控制点作为进洞的洞口控制点（或进洞控制点），或者宜用图形强度较好的图形加密洞口控制点。布设洞口控制点时应考虑有利于施工放样和便于向洞内传递等因素。

11.2.6 进洞控制点应埋设混凝土观测墩，洞外其他控制点可因地制宜埋设简易标石。

11.3 洞内控制测量

11.3.1 洞内平面控制测量宜布设光电测距导线，导线分为基本导线和施工导线。

11.3.2 由洞口控制点向洞内测设导线时，起始方向连接角测角中误差不应超过±1.8″。

11.3.3 施工导线点的布设应满足施工放样的需要，宜 50m 左右埋设一点，并每隔数点与基本导线附合。

11.3.4 光电测距基本导线和施工导线宜沿洞壁两侧布设，主要拐角点可埋设观测墩或插入洞壁的金属观测架，并及时算出各导线点的里程、高程以及偏离轴线的数值。

11.3.5 导线边长应进行投影改正。洞内基本导线宜进行两组独立观测，导线点的两组坐标值较差不得大于中误差的 $2\sqrt{2}$ 倍，合格后取两组的平均值为最后成果。若只进行一组观测，则应同时观测导线的左、右角或组成闭合线路。

11.3.6 洞内光电测距基本导线的测量技术要求见表 11.3.6。

表 11.3.6 洞内光电测距基本导线技术要求

相向开挖长度 km	支导线端点横向中误差 mm	导线全长 km	最短平均边长 m	测边中误差 mm	测角中误差 (″)
<5	±40	1.0	50	±5	±2.5
		1.6	180	±5	±2.5
		2.0	335	±5	±2.5
			185	±5	±1.8
		2.52	360	±5	±1.8
			315	±3	±1.8
5～10	±60	3.0	220	±3	±1.8
			250	±5	±1.8
			70	±3	±1.0
		5.0	335	±5	±1.0
			315	±3	±1.0

注 1：本表数据是按支导线端点的点位中误差计算的。

注 2：实际情况与本表不符的，可具体计算。

11.3.7 洞内高程控制可采用四等水准测量，也可采用同等精度的光电测距三角高程测量，对于支线线路应进行两组独立观测。洞内高程控制标石宜与基本导线标石合一。

11.3.8 在洞内使用光电测距仪时，应特别注意仪器的防护，仪器及反射镜面上的水珠或雾气应及时擦拭干净，以免影响测距精度。

11.3.9 隧洞贯通后应及时进行贯通测量误差的确定、调整和分配。

11.3.10 对于洞内的平面和高程控制点，应定期进行检查复核。

11.4 施工放样与断面测量

11.4.1 洞内开挖轮廓放样点相对于洞室轴线的限差为±50mm。混凝土衬砌立模放样点相对于洞室轴线的限差为±20mm。

11.4.2 开挖放样以施工导线标定的轴线为依据，在隧洞的直线段可采用简易的串线放样法，两吊线间距不应小于 5m，其延伸长度应小于 20m。曲线段应使用仪器放样。

11.4.3 洞内开挖放样应在开挖掌子面上标定中线、腰线和开挖轮廓线，必要时还需标出钻孔位置。对分层开挖的地下厂房等大断面洞室进行放样时，可只标定设计开挖轮廓线和中心线。有条件时，可在腰线和中线位置安装激光指向仪。

11.4.4 应及时测绘开挖竣工断面和混凝土衬砌（或喷锚支护）竣工断面，并计算开挖工程量和混凝土衬砌工程量。断面间距在直线段为 5m，在曲线段为 3m，对结构变化或特殊部位应适当加测断面。断面测点相对于洞室轴线的测量限差为：开挖竣工断面±50mm；混凝土衬砌竣工断面±20mm。

11.4.5 斜井的开挖放样可用坡面经纬仪直接测定轴线和平行腰高。若用经纬仪架设在轴线上按真伪倾角法测定平行腰高时，

各点的垂直角α' 可按下式计算：

$$\alpha' = \arctan(\tan\alpha \cdot \cos\theta) \qquad (11.4.5)$$

式中：

α ——斜井的设计垂直角；

θ ——斜井轴线至照准点方向的水平夹角。

11.4.6 竖井的开挖与衬砌测量放样可用重锤、激光投点仪或光学投点仪进行，开挖轮廓放样点相对于竖井中心线的测量限差为±50mm，混凝土衬砌轮廓放样点相对于竖井中心线的测量限差为±20mm。

11.4.7 隧洞在混凝土衬砌过程中，根据需要可在两侧墙上埋设一定数量的铜质（或不锈钢）永久标志，并测定高程、里程等数据，以便检修和监测使用。

11.5 资 料 整 理

11.5.1 在施工过程中应及时整理下列资料：

1 开挖和混凝土衬砌工程量计算图、表。

2 轮廓放样点放样计算、记录资料。

11.5.2 地下工程竣工后应整理下列资料：

1 贯通测量技术设计书。

2 控制测量平差计算成果。

3 洞轴线控制点与控制网联测的平差资料及进洞关系平面图。

4 洞内导线和高程计算成果和平面图。

5 开挖和混凝土竣工断面图、竣工工程量计算表。

6 贯通误差的实测结果和贯通误差调整的说明。

7 技术总结。

12 疏浚与渠堤测量

12.1 疏 浚 测 量

12.1.1 疏浚工程的平面控制可采用三角测量、导线测量以及全球定位系统（GPS）等方法进行测量，控制点点位限差为±100mm；高程控制宜采用四等水准测量或光电测距三角高程测量方法，其高程限差为±50mm。

12.1.2 根据疏浚工程施工总平面布置图，测绘挖槽区及吹填区（包括排水系统）的地形图或纵横断面图。

12.1.3 疏浚区域的水尺设置应注意以下几点：

1 水尺测量应视工程施工需要和所处河道地形而定，宜设置在河岸稳定、明显易见且无回流的河段。水面比降小于1/10000 的河段，每千米设置一组水尺；水面比降大于 1/10000 的河段，每 0.5 千米设置一组水尺。

2 每组水尺必须由两支或两支以上的水尺组成，相邻两水尺应至少有 0.1m 的重合。

3 水尺高程联测精度应不低于四等水准测量的精度，并应测出水尺零点高程，水尺刻度应能直接表示高程。

12.1.4 疏浚施工放样点的精度要求见表 12.1.4。

表 12.1.4 疏浚放样点的点位限差 m

项 目	放样点位限差
疏浚开挖岸边线	±0.5
疏浚开挖水下边线及中心线	±1.0
各种管线安装	±0.5
疏浚机械定位	±1.0
注：放样点位限差是相对于邻近控制点而言的。	

12.1.5 挖槽的施工放样应在横断面上设置 5 点标志（中心线点、两岸上、下开口线点），标志纵向间距为 50m～100m，弯道处宜适当加密。

12.1.6 挖槽放样标志应根据水深、流速进行设置，可选择明显易见的立式标杆或浮标标志。

12.1.7 横断面的布设方向应垂直于河道中心线，弯曲河道应避免断面相交，若无法避免时宜以其中的一条断面为主，其余与之相交的断面只测至交点为止。湖泊、港湾水域的疏浚工程横断面应按设计要求布设，并测至设计开口线外 30m～50m 或根据实际情况而定。

12.1.8 横断面的间距宜在 20m～50m 之间选用，以能正确指导施工和工程量计算为原则。

12.1.9 水深测量点的密度，以能显示出水下地形特征为原则，技术要求按照第 7 章执行。

12.1.10 水下地形图的平面系统、高程系统、图幅分幅及等高距应与陆上地形图相一致。

12.2 渠 堤 测 量

12.2.1 渠堤工程的平面控制可利用已有控制点、图根点建立施工导线，导线点宜与渠堤的起讫桩、转折桩相结合，点位宜埋设稳定的标石，施工导线宜按四等导线的精度进行测量。

12.2.2 渠堤的高程控制不低于四等水准的精度，其高程标点可与平面控制共用标点。

12.2.3 渠堤中心桩（百米桩、千米桩及加桩）的平面位置测量放样限差（相对于邻近控制点）为±200mm，高程测量限差（相对于邻近控制点）为±50mm。所有中心桩应测有桩顶和地面高程。中心桩间距应视地形变化确定，直线段为 30m～50m，曲线段为 10m～30m。

12.2.4 横断面应垂直于渠堤的中心线，每一断面的测量范围

宜超出挖、填区外边线 3m～5m，断面点之间的密度应能反映渠堤的实际地形和满足工程量计算的需要。

12.2.5 纵断面比例尺水平为 1：1000～1：5000，竖直为 1：100～1：500；横断面比例尺水平为 1：200～1：500，竖直为 1：100～1：500。

12.2.6 在有水工建筑物（水闸、渡槽、桥涵等）的渠堤地段布设平面和高程控制时，应埋设至少 3 个施工控制点。

12.3 资 料 整 理

12.3.1 工程竣工应整理和提交下列资料：

1 施工控制网点成果表及略图。

2 竣工纵、横断面图和竣工工程量计算表。

3 竣工测量记录、计算资料及必要的说明。

13 附属工程测量

13.1 一般规定

13.1.1 附属工程测量内容主要有：筛分、拌和及皮带供料系统测量；缆机、塔机及桥机测量；围堰与戗堤施工测量。

13.1.2 位于施工区内的附属工程的控制测量可直接利用施工区已建的控制网点或其加密点；远离施工区的附属工程的控制测量可单独建立控制网。

13.1.3 水电水利工程中的交通运输、送电及管道等线路工程测量，应结合实际执行相应的专业标准。

13.2 筛分、拌和及皮带供料系统测量

13.2.1 筛分、拌和及皮带供料系统的测量，应先利用邻近的控制点测设系统的主轴线，然后以主轴线为基准测设辅助轴线和测量放样点。

13.2.2 筛分、拌和及皮带供料系统测量放样点的限差见表 13.2.2。

表 13.2.2 筛分、拌和及皮带供料系统测量放样点的限差 mm

项目	限差	
	平面	高程
拌和楼、筛分楼、制冷、制热系统的主轴线点（相对于邻近基本控制点）	±30	±20
辅助轴线（相对于主轴线）	±5	
立柱基础定位点（相对于辅助轴线）	±5	±5
立柱垂直度（相对于立柱基础点）	1/2000	
同层水平度		±（3～5）
皮带机机头、机尾衔接点	±20	±10
皮带机供料线各支撑点间相对偏差	±50	±10

13.2.3 与筛分楼或拌和楼相连的砂石骨料或混凝土皮带运输系统的中心线应由筛分楼或拌和楼的中心线定出。

13.2.4 高架供料线各立柱的倾斜值测量限差为±20mm，各立柱不应出现连续同向的倾斜值。

13.2.5 筛分、拌和及皮带供料系统的高程控制点精度不应低于四等水准精度。

13.3 缆机、塔机及桥机测量

13.3.1 缆机、塔机和桥机的测量放样点的精度要求如下：

1 两岸缆机中心线、轨道中心线放样点相对于邻近控制点的限差为±50mm。

2 两岸缆机中心线、两岸轨道中心线的间距测量限差为±100mm。

3 两岸缆机中心线、两岸轨道中心线的不平行度测量限差为±1′。

4 同岸轨道中心线间距的测量限差为±3mm。

5 缆机主、副塔后拉锚索定位点相对于邻近控制点的测量限差为±30mm。

6 塔机基础中心定位点相对于邻近控制点的测量限差为±30mm。

7 轨道纵向水平度测量的限差为±2mm，相邻两轨水平度的测量限差为±1mm。

8 基础和机座的高程可用四等水准精度进行测量。

13.3.2 塔机、桥机轨道中心线间距和同岸缆机轨道中心线间距测量应使用经检定过的钢尺。两岸缆机中心线间距和两岸轨道中心线间距测量应使用满足精度要求的全站仪或光电测距仪。

13.4 围堰与戗堤施工测量

13.4.1 围堰、戗堤施工开始前应收集或实测施工区域内陆上

和水下地形图或断面图。测量技术要求应符合第 7 章的规定。

13.4.2 围堰、戗堤轴线放样点相对于邻近控制点的测量限差为±30mm，边（坡）线、填料分界线的放样点相对于邻近控制点的测量限差为±100mm。

13.4.3 围堰、戗堤进占时应在两岸测设明显的轴线方向标记，其水中部分可用浮标标记。为便于夜间施工，也可安装激光准直仪，用可见红光指示围堰和戗堤的轴线。

13.4.4 在戗堤进占过程中，应根据施工需要及时进行轴线、桩号及高程测量。

13.4.5 在围堰填筑过程中，应及时测量各种填料分界线，并用明显标志加以区分。

13.4.6 围堰填筑完毕时应实测围堰横断面，绘制竣工横断面图，在图上绘出各种填料实测分界线和原始地形线，并以竣工横断面图为依据计算分类填筑工程量。

13.5 资 料 整 理

13.5.1 附属工程施工阶段应整理下列资料：

1 开工前的原始地形、断面资料。

2 测量时所采用的控制测量数据。

3 测量放样所依据的设计图纸。

4 签收的放样单、验收单等质量记录。

13.5.2 收集整理竣工测量资料。

14 施工期变形监测

14.1 一 般 规 定

14.1.1 本章内容适用于水电水利工程施工期变形监测。水工建筑物的运行期安全监测应执行 DL/T5178 和 SL 60。

14.1.2 施工期变形监测的项目包括边坡监测、堆石体监测、结构物监测和基础稳定性监测。

14.1.3 各监测项目监测点测量中误差见表 14.1.3。

表 14.1.3 变形监测点测量中误差 mm

监 测 项 目	监测点测量中误差	
	平 面	高 程
边坡监测	±（3～5）	±（3～5）
堆石体监测	±5	±5
结构物监测	根据相应的设计要求	
基础稳定性监测		±3
注：监测点测量中误差均相对于工作基点而言。		

14.1.4 变形监测的基准点、工作基点，宜利用施工测量控制网中较为稳定的三角点和水准点，也可建立独立的、较为稳定的基准点、工作基点（平面和高程），其施测精度不应低于四等网的精度要求。

14.1.5 变形监测观测周期按设计要求执行。遇特殊情况（汛期、雨季、异常变化、特殊要求等）应适当加密观测。首次应连续观测 2 次，并取其平均值作为初始值。

14.1.6 监测工作实施前应编写专业技术设计报告，按技术要求进行施工与观测作业。观测所用的测量仪器设备应按照 3.0.7-5 与 8.5 的要求进行检定和检校。

14.2 选点与埋设

14.2.1 基准点、工作基点的选点与埋设应遵守下列要求：

1 基准点必须建立在变形区以外稳固的基岩或坚实土基上。若基准点选在土基上，对土基基础应进行基础加固处理。工作基点宜靠近观测区，其位置的选择应注意使其与监测点构成对观测精度有利的观测图形并有较好的通视条件。

2 平面控制基准点、工作基点应建造具有强制归心标盘的混凝土标墩。

3 垂直位移的基准点至少要布设一组，每组不少于 3 个固定点，应埋设不锈钢或铜质水准标心。

4 标石结构按照 DL/T5178 进行设计。

14.2.2 监测点的布置与埋设应遵守下列要求：

1 监测点应选埋在变形幅度大、变形速率快的部位，以能正确反映变形体的变形为原则进行布设。监测点标石应与变形体牢固结合，宜建造具有强制归心标盘的混凝土标墩，并在旁边埋设水准标心。

2 滑坡监测点应沿滑坡走向布设；高边坡的监测点应呈断面布设。

3 土石围堰变形监测点的密度应根据变形特征和设计要求确定：在河床深槽地段宜隔 20m～30m 布设一点，在一般地段宜隔 50m～80m 布设一点。

4 山体或建筑物裂缝监测点应埋设在裂缝的两侧，标志的型式应根据要求进行专门设计。

5 采用视准线法观测时，中间监测点标石埋设不得偏离两端点准直线方向±20mm。

14.3 水平位移观测

14.3.1 根据监测项目的形体和地形条件，水平位移可采用前

方交会法、视准线法、精密全站仪坐标法进行观测。

14.3.2 采用前方交会法观测的技术要求见表 14.3.2，测角和测边测回数分别见表 5.2.4、表 5.2.6。

表 14.3.2 前方交会法观测的技术要求

精度要求 mm	测角前方交会			测边前方交会			边角前方交会			
	测角中误差（″）	交会边长 m	交会角（°）	测距中误差 mm	交会边长 m	交会角（°）	测角中误差（″）	测距中误差 mm	交会边长 m	交会角（°）
±3	±1.0 ±1.8	≤200	30～120 60～120	±2	≤500	70～110	±1.8	±2	≤500	40～140 60～120
±5	±1.8 ±2.5	≤250	40～140 60～120	±3	≤500	60～120	±2.5	±3	≤700	40～140

14.3.3 采用视准线法（活动觇牌法和小角度法）观测的技术要求见表 14.3.3。

表 14.3.3 视准线法观测的技术要求

精度要求 mm	活动觇牌法				小角度法				
	视准线长度 m	测回数	两次照准读数差 mm	测回间方向值之差 mm	视线长度 m	测回数	测角中误差（″）	半测回读数差（″）	测回差（″）
±3	≤300	3	3.5	3.0	≤500	3	1.0	3.5	2.5
±5	≤500	3	5.0	4.0	≤600	3	1.8	4.5	3.0

14.3.4 视准线观测之前，应测定活动觇牌的零位差、固定觇牌同轴误差，按 GB/T 17942 的要求对经纬仪（视准仪）进行检验校正。

14.3.5 活动觇牌法一测回的观测程序如下：

1 在视准线一端点安置经纬仪或视准线仪、在另一端点上安置照准标志、在监测点上安置活动觇牌。仪器凉置 15min 后精确整平，盘左位置后视另一端点，精密照准标志后固定照准部。

2 司仪员指挥司觇员旋转微动螺旋，使活动觇牌标志中心与视准线重合后，通知司觇员读数一次。

3 司觇员根据司仪员指令再一次旋转活动觇牌微动螺旋，当听到司仪员读数指令时再读数一次。

4 纵转仪器望远镜，盘右位置精确照准端点标志后固定照准部。

5 按 14.3.5-2 和 14.3.5-3 操作获得盘右位置时的两次读数。

14.3.6 固定觇牌小角度法观测时可不变换水平度盘位置。若观测方向的垂直角不超过±1°，可不进行盘右观测，一测回观测程序如下：

1 在视准线一端点上安置经纬仪、在另一端点上安置照准标志、在监测点上安置固定觇牌。凉置仪器 15min 后整平仪器并精确照准另一端点标志，读取水平角读数。

2 旋转仪器水平微动螺旋照准监测点上的固定觇牌标志中心，读取水平角读数。

3 反方向旋转水平微动螺旋使视准线离开固定觇牌标志，再顺时针旋转水平微动螺旋，精确照准固定觇牌标志中心，读取水平角读数。

4 旋转仪器水平微动螺旋照准端点标志，读取水平角读数。

14.3.7 固定觇牌小角度法观测，当观测方向垂直角超过±1°时，应进行盘左和盘右位置观测。当观测方向垂直角超过±3°时，每测回间应重新整平仪器。

14.3.8 采用精密全站仪坐标法观测时，各测回均应后视起始方向，其技术要求见表 14.3.8。观测时温度、气压的读取与输入以及使用特制觇牌的要求，应遵照 6.3.6 和 6.3.7 的规定。

表 14.3.8 精密全站仪坐标法观测的技术要求

精度要求 mm	最大边长 m	测距中误差 mm	测角中误差 (″)	测回数	
				盘左	盘右
±3	700	±2	±1	2	2
±5	1000	±3	±1	3	3
注：照准 1 次测坐标 4 次为一测回。					

14.4 垂直位移观测

14.4.1 对于边坡、堆石体、建筑物的基础的垂直位移观测，宜采用国家二等水准测量进行，每测站高差中误差为±0.15mm，往返附合较差或环线闭合差为$\pm 0.6\sqrt{n}$（n 为测站数）。

14.4.2 对于有些只需要采用三、四等水准测量就可以达到监测目的的项目，可以采用能满足相应精度要求的光电测距三角高程测量方法进行观测。

14.5 计算与资料整理

14.5.1 观测资料的检查、计算和整理应包括下列内容：

1 外业观测资料的检查，测站平差和平均值的计算。

2 平差计算求得未知数的最或是值。

3 位移量计算，编制累计位移量一览表。

4 绘制位移量与相关因素的关系曲线。

14.5.2 成果分析应包括下列内容：

1 评定观测精度。

2 分析观测成果是否符合正常变化规律。

3 对异常观测值和异常变化，应认真分析原因，辨别真伪。

4 重点部位应与其他观测资料进行综合分析。

5 寻找影响位移的相关因素。

6 编写年度观测资料分析报告。

15 竣 工 测 量

15.1 一 般 规 定

15.1.1 竣工测量是一项贯穿于施工测量全过程的基础性工作。它所形成的竣工测量数据文件和图纸资料，是评定和分析工程质量以及工程竣工验收的基本依据。竣工测量资料必须是实际测量成果。

15.1.2 竣工测量包括下列主要项目：

1 测绘主体建筑物基础开挖建基面的 1∶200～1∶500 竣工地形图（或高程平面图）。

2 测绘主体建筑物关键部位与设计图同位置的开挖竣工纵、横断面图。

3 测绘地下工程开挖、衬砌或喷锚竣工断面图。

4 测量建筑物过流部位或隐蔽工程的形体。

5 测量建筑物各种主要孔、洞的形体。

6 测绘外部变形监测设备埋设、安装竣工图。

7 收集、整理金属结构、机电设备埋件安装竣工验收资料。

8 其他需要竣工测量的项目（例如测绘高边坡部位的固定锚索、锚杆立面图和平面图、测绘施工区竣工平面图等）。

15.1.3 竣工测量的施测精度不应低于施工测量放样的精度，其精度指标可参照各章节的相应规定执行。

15.1.4 竣工测量应随着施工的进展，按竣工测量的要求，逐渐积累采集竣工资料。待单项工程完工后，进行一次全面的竣工测量。

15.1.5 对于需要竣工测量的部位应事先与设计、监理、施工

管理单位协商、确定竣工测量项目。

15.2 土石方工程

15.2.1 主体工程开挖至建基面时，应及时实测建基面地形图，亦可测绘高程平面图，比例尺一般为 1∶200，图上应标有建筑物开挖设计边线或分块线。

15.2.2 开挖竣工断面测量的技术要求（包括主体工程建基面和地下洞室开挖）应符合下列规定：

1 断面间距：直线段 5m～10m，曲线段 3m～5m。

2 断面方向：横断面垂直于建筑物轴线，纵断面重合或平行于建筑物轴线。

3 竣工断面的测点精度（相对于断面中心线）不大于图上 1mm。

4 断面位置：首先应在设计断面位置布设断面，然后在建筑物结构变化处布设断面，最后按断面间距布设断面。

15.2.3 土石方单项填筑工程竣工时，应测绘建筑物的高程平面图或纵、横断面图，其比例尺不应小于施工详图比例尺。

15.2.4 在土、石坝的心墙、斜墙、坝壳填筑过程中，每上料二层，须进行一次边线测量并绘成图表作为竣工备用。在填筑过程中应正确测绘各种不同填筑材料的分界线。

15.3 混凝土工程

15.3.1 混凝土工程需要形体测量的过流部位有：溢洪道、泄水坝段的溢流面、机组的进水口、蜗壳锥管、扩散段、闸孔的门槽附近、闸墩尾部、护坦曲线段、斜坡段、闸室底板及闸墙等。

15.3.2 过流部位的形体测量，可采用光电测距仪极坐标法或免棱镜全站仪坐标法测量散点的三维坐标。散点的密度可根据建筑物形体特征确定：水平段可稀，曲线段、斜坡段宜密。

15.3.3 过流部位的形体测量也可采用断面法（沿着某一条结

构线或轴线）、采用光电测距仪测量断面点的三维坐标，用解析法建立断面数据文件，并与设计数据进行比较，计算尺寸差值。

15.3.4 对于电梯井、倒垂孔等孔、洞竣工测量，应随施工进展根据立模放样点逐层进行形体测量。

15.3.5 竣工测量的成果除了整理绘制成果表外，还必须按解析法的要求计算各测点的三维坐标。在提供成果时，除提供图纸外，还应提供坐标实测值。

15.4 金属结构与机电设备安装工程

15.4.1 在金属结构、机电设备安装工程竣工测量实施前，施工测量人员应对安装测量的基准点进行复核、检测。

15.4.2 金属结构、机电埋件安装定位后，应由施工测量人员以安装基准点为依据，以不低于安装放样时的精度进行竣工验收测量。

15.4.3 金属结构、机电埋件安装体的定位和最后安装偏差的数据，由安装测量人员向质检部门提供。

15.5 资 料 整 理

15.5.1 应整理归档的竣工测量资料包括下列项目：

1 竣工测量技术方案、测量记录手簿、技术总结。

2 主体建筑物开挖建基面竣工地形图和纵、横断面图。

3 土石方填筑竣工图。

4 过流部位及主要孔、洞的形体测量资料。

5 施工场地竣工地形图。

15.5.2 根据需要，部分资料还应整理成数据文件、图形文件和数据比较文件。

16 资 料 整 编

16.0.1 水电水利工程施工测量的资料整编工作应结合工程管理部门的相关规定，在工程开始时就应建立资料整编的管理制度和操作办法。

16.0.2 资料整编应符合下列要求：

1 竣工图的整编应与设计平面布置相对应，图表按竣工资料管理部门的统一图幅规格选用，分类装订成册，并附必要的文字说明。

2 竣工地形图应该注明图幅的坐标系统、高程系统、测图方法、比例尺、制图日期等基本数据。对于竣工纵、横断面图，必须注明断面桩号、断面中心桩坐标、比例尺，并附有断面布置示意图。

3 混凝土工程的过流部位或隐蔽部位的竣工资料，应提供记录三维坐标的数据文件。

4 竣工地形图绘制完成后，应提供数据文件、图形文件和数据比较文件。

5 施工期变形监测资料，除应提供原始观测数据文件外，还应提供观测成果分析资料及其相关电子文件。

6 整编后的竣工资料应进行会签。

16.0.3 应整编下列施工测量资料：

1 测量控制网布置图，原始观测手簿，概算和平差计算资料，控制点坐标及高程成果表。

2 测量专用控制网、安装轴线点测设和检测资料。

3 开工前的原始地形图或断面图。

4 主体建筑物开挖竣工建基面地形图和纵、横断面图。

5 土石方填筑竣工平面图或断面图。

6 混凝土建筑物过流部位、隐蔽部位及各种重要孔、洞的竣工形体测量资料。

7 施工期变形监测资料。

8 施工场地竣工地形图或平面图。

9 施工测量所依据的工程设计图纸、文件及其他数据资料。

10 各阶段、各项目的施工测量技术方案、测量放样通知单、记录手簿、放样交样单、验收成果表和技术总结。

11 测量仪器的计量检定证书资料。

附 录 A
（资料性附录）
1∶500～1∶2000 地形图测绘内容与取舍原则

地形图应表示出测量控制点、居民地和垣栅、工矿建（构）筑物及其他设施、交通及附属设施、管线及附属设施、水系及附属设施、境界、地貌和土质、植被等各项地物、地貌要素以及地理名称注记等，并着重显示与水利水电工程施工有关的各项要素。

地物、地貌的各项要素的表示方法和取舍原则，除应按 GB/T 7929 执行外，还应符合下列有关规定：

A.1 测量控制点的测绘应符合下列规定：

1 测量控制点是测绘地形图和工程测量放样的主要依据，在图上应精确表示。

2 各等级平面控制点、导线点、图根点、水准点等测量控制点，应以展点或测点位置为符号的几何中心位置，按图式规定符号表示。

A.2 居民地和垣栅的测绘应符合下列规定：

1 居民地的各类建筑物、构筑物及主要附属设施，应准确测绘实地外围轮廓并如实反映建筑结构特征。

2 房屋的轮廓应以墙基外角为准，并按建筑材料和性质分类，注记层数。1∶500 和 1∶1000 比例尺测图，房屋应逐个表示，临时性房屋可舍去；1∶2000 比例尺测图可适当综合取舍，图上宽度小于 0.5mm 的小巷可不表示。

3 建筑物和围墙轮廓凸凹在图上小于 0.4mm，简单房屋在图上小于 0.6mm，可用直线连接。

4 1∶500 比例尺测图，房屋内部天井宜区分表示；1∶1000 比例尺测图，图上 6mm^2 以下的天井可不表示。

5 测绘坦栅应类别清楚，取舍得当。城墙按城基轮廓依比例尺表示，城楼、城门、豁口均应实测；围墙、栅栏、栏杆等可根据其永久性、规整性、重要性等综合考虑取舍。

A.3 工矿建（构）筑物及其他设施的测绘应符合下列规定：

1 图上应准确表示工矿建（构）筑物及其他设施的位置、形状和性质特征。

2 工矿建（构）筑物及其他设施依比例尺表示的，应实测其外部轮廓并配制符号或按图式规定依比例尺符号表示；不依比例尺表示的，应准确测定其定位点或定位线，用符号表示。

A.4 交通及附属设施的测绘应符合下列规定：

1 图上应准确反映陆地道路的类别和等级，附属设施的结构和关系；正确处理道路的相交关系及与其他要素的关系；正确表示水运和海运的航行标志，河流和通航情况及各级道路的通过关系。

2 铁路轨顶（曲线段取内轨顶）、公路路中、道路交叉处、桥面等应测注高程，隧道、涵洞应测注底面高程。

3 公路与其他双线道路在图上均应按实宽依比例尺表示。公路应在图上每隔 15cm～20cm 注出公路技术等级代码，国道应注出国道路线编号。公路、街道按其铺面材料分为水泥、沥青、砾石、条石或石板、硬砖、碎石和土路等，应分别以混凝土、沥、砾、石、砖、渣、土等注记于图中路面上，铺面材料改变处应用点线分开。

4 铁路与公路或其他道路平面相交时，铁路符号不中断，而将另一道路符号中断。城市道路为立体交叉或高架道路时，应测绘桥位、匝道与绿地等；多层交叉重叠，下层被上层遮住的部分不绘；桥墩或立柱视用图需要表示；垂直的挡土墙可绘实线而不绘挡土墙符号。

5 路堤、路堑应按实地宽度绘出边界，并应在其坡顶、坡脚适当测注高程。

6 道路通过居民地不宜中断，应按真实位置绘出。高速公路应绘出两侧围建的栅栏（或墙）和出入口，注明公路名称，中央分割带视用图需要表示。市区街道应将车行道、过街天桥、过街地道的出入口、分隔带、环岛、街心花园、人行道与绿化带等绘出。

7 跨河或谷地等的桥梁，应实测桥头、桥身和桥墩位置，加注建筑结构。码头应实测轮廓线，有专有名称的加注名称，无名称的注“码头”，码头上的建筑应实测并以相应符号表示。

A.5 管线及附属设施的测绘应符合下列规定：

1 永久性的电力线、电信线均应准确表示，电杆、铁塔位置应实测。当多种线路在同一杆架上时，只表示主要的。城市建筑区内电力线、电信线可不连线，但应在杆架处绘出线路方向。各种线路应做到线类分明，走向连贯。

2 架空的、地面上的、有管堤的管道均应实测，分别用相应符号表示，并注记传输物质的名称。当架空管道直线部分的支架密集时，可适当取舍。地下管线检修井宜测绘表示。

A.6 水系及附属设施的测绘应符合下列规定：

1 江、河、湖、海、水库、池塘、泉、井等及其他水利设施，均应准确测绘表示，有名称的加注名称。根据需要可测注水深，也可用等深线或水下等高线表示。

2 河流、溪流、湖泊、水库等水涯线，宜按测图时的水位测定，当水涯线与陡坎线在图上投影距离小于 1mm 时以陡坎线符号表示。河流在图上宽度小于 0.5mm、沟渠在图上宽度小于 1mm（1∶2000 地形图小于 0.5mm）时，用单线表示。

3 水位高及施测日期视需要测注。水渠应测注渠顶边和渠底高程；时令河应测注河床高程；堤、坝应侧注顶部及坡脚高程；池塘应测注塘顶边及塘底高程。

A.7 境界的测绘应符合下列规定：

1 图上应正确反映境界的类别、等级、位置以及与其他要

素的关系。

2 县（区、旗）和县以上境界应根据勘界协议、有关文件准确清楚地绘出，界桩、界标应测坐标展绘。乡、镇和乡级以上国营农、林、牧场及自然保护区界线视需要测绘。

3 两级以上境界重合时，只绘高一级境界符号。

A.8 地貌和土质的测绘应符合下列规定：

1 图上应正确表示地貌和土质的形态、类别和分布特征。

2 自然形态的地貌宜用等高线表示，崩塌残蚀地貌、坡、坎和其他特殊地貌应用相应符号或用等高线配合符号表示。

.3 各种天然形成和人工修筑的坡、坎，其坡度在 70° 以上时表示为陡坎，70° 以下时表示为斜坡。斜坡在图上投影宽度小于 2mm，以陡坎符号表示。当坡、坎比高小于 1/2 基本等高距或在图上长度小于 5mm 时，可适当取舍。

4 梯田坎坡顶及坡脚宽度在图上大于 2mm 时，应实测坡脚。当 1∶2000 比例尺测图梯田坎过密、两坎间距在图上小于 5mm 时，可适当取舍。梯田坎比较缓且范围较大时，也可用等高线表示。

5 坡度在 70° 以下的石山和天然斜坡，可用等高线或用等高线配合符号表示。独立石、土堆、坑穴、陡坡、斜坡、梯田坎、露岩地等应在上、下方分别测注上（或下）方高程及量注比高。

6 各种土质按图式规定的相应符号表示，大面积沙地应用等高线加注记表示。

A.9 植被的测绘应符合下列规定：

1 地形图上应正确反映出植被的类别特征和范围分布。对耕地、园地应实测范围，配制相应的符号表示。大面积分布的植被在能表达清楚的情况下，可采用注记说明。同一地段生长有多种植物时，可按经济价值和数量适当取舍，符号配制不得超过三种（包括土质符号）。

2 旱地包括种植小麦、杂粮、棉花、烟草、大豆、花生和

油菜等的田地，经济作物、油料作物应加注品种名称。有节水灌溉设备的旱地应加注“喷灌”、“滴灌”等。一年分几季种植不同作物的耕地，应以夏季主要作物为准配置符号表示。

3 田埂宽度在图上大于 1mm 的应用双线表示，小于 1mm 的用单线表示。田块内应测注有代表性的高程。

A.10 要求对各种名称、说明注记和数字注记准确注出。图上所有居民地、道路（包括市镇的街、巷）、山岭、沟谷、河流等自然地理名称及主要单位名称等，均应进行调查核实，有法定名称的应以法定名称为准正确注记。

A.11 地形图上各种要素配合表示，应符合下列规定：

1 当两个地物中心重合或接近、难以同时准确表示时，可将较重要的地物准确表示，次要地物移位 0.3mm 或缩小 1/3 表示。

2 独立性地物与房屋、道路、水系等其他地物重合时，可中断其他地物符号，间隔 0.3mm，将独立性地物完整绘出。

3 房屋或围墙等高出地面的建筑物，直接建筑在陡坎或斜坡上且建筑物边线与坎坡上沿线重合的，可用建筑物边线代替坎坡上沿线；当坎坡上沿线距建筑物边线很近时，可移位间隔 0.3mm 表示。

4 悬空建筑在水上的房屋与水涯线重合，可间断水涯线，房屋照常绘出。

5 水涯线与陡坎重合，可用陡坎边线代替水涯线；水涯线与坡脚线重合，仍应在坡脚将水涯线绘出。

6 双线道路与房屋、围墙等高出地面的建筑物边线重合时，可用建筑物边线代替路边线。道路边线与建筑物的接头处应间隔 0.3mm。

7 境界以线状地物一侧为界时，应离线状地物 0.3mm 在相应一侧不间断绘出；以线状地物中心线或河流主航道为界时，应在河流中心线位置或主航道线上每隔 3cm～5cm 绘出 3～4 节符

号，主航道线用 0.15mm 粗的黑实线表示；不能在中心线绘出时，国界符号应在其两侧不间断地跳绘，国内各级行政区划界可沿两侧每隔 3cm～5cm 交错绘出 3～4 节符号。相交、转折及与图边交接处应绘符号以示走向。

8　地类界与地面上有实物的线状符号重合，可省略不绘；与地面无实物的线状符号（如架空管线、等高线等）重合时，可将地类界移位 0.3mm 绘出。

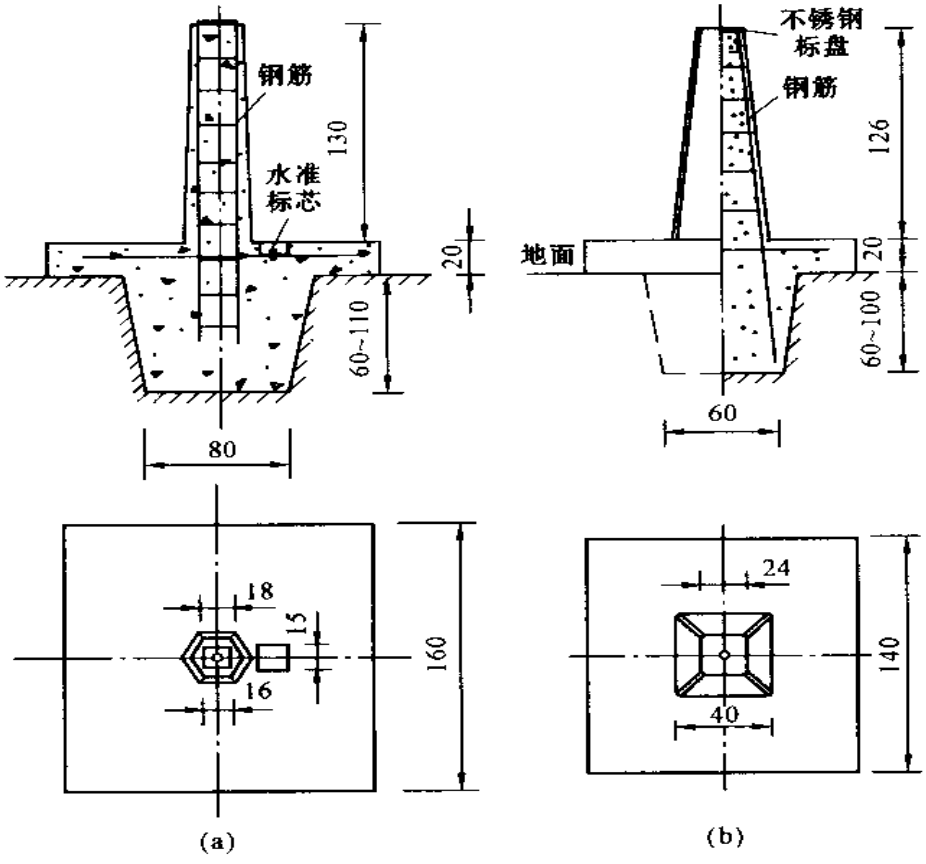
9　等高线遇到房屋及其他建筑物时，双线道路、路堤、路堑、坑穴、陡坎、斜坡、湖泊、双线河以及注记等均应中断。

附 录 B
（资料性附录）
平面控制点标墩与标志

B.1 控 制 点 标 墩

B.1.1 混凝土标墩结构见图 B.1。

B.1.2 钢架标结构见图 B.2。



（a）六边形；（b）梯形

图 B.1 混凝土标墩（单位：cm）

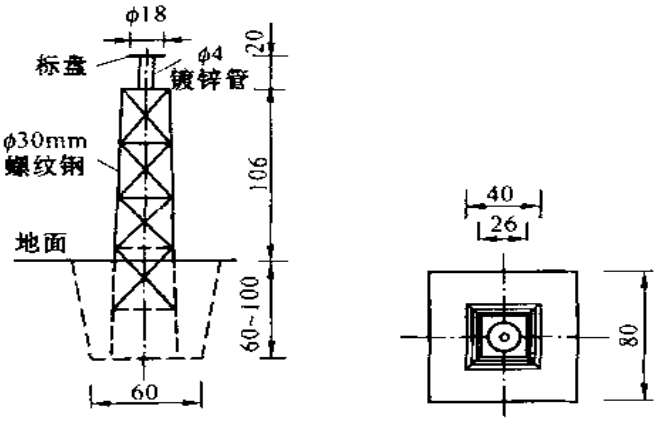
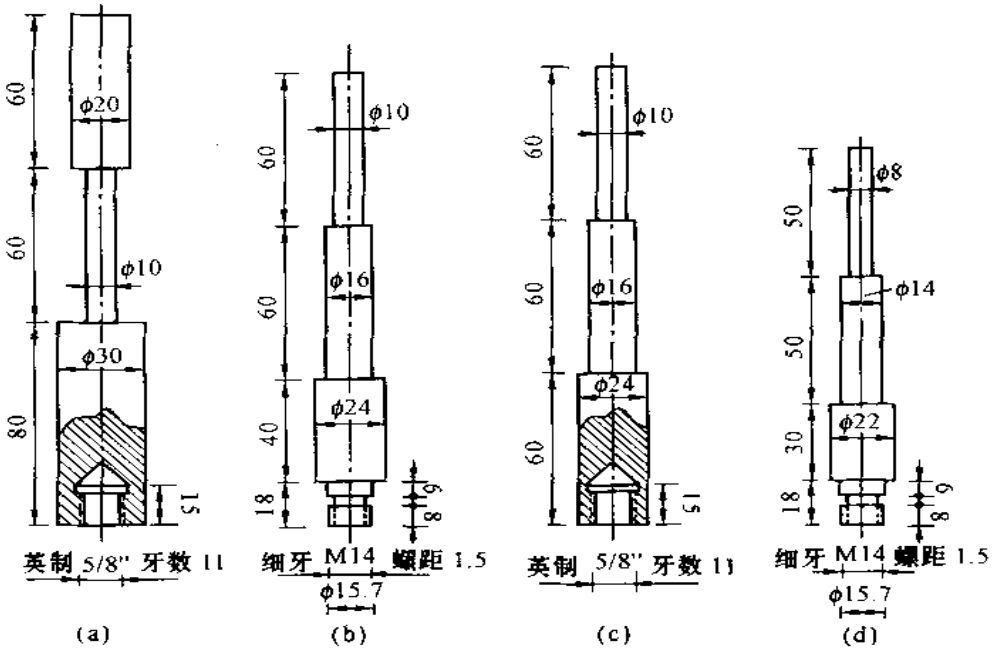


图 B.2　钢架标（单位：cm）

B.2　照准标志

B.2.1　照准标志结构见图 B.3。标杆 3 个不同直径部分分别涂上不同颜色（红、白、黑）的油漆。



（a）粗型；（b）中型Ⅰ；（c）中型Ⅱ；（d）微型

图 B.3　照准标杆结构图（单位:mm）

附 录 C
（资料性附录）
光电测距边长和高差各项改正值计算公式

C.1 加乘常数改正值的计算

$$\Delta S = a + bS \tag{C.1}$$

式中：

ΔS——加、乘常数改正值，mm。

a——由测距仪检定求得的加常数值，mm；

b——由测距仪检定求得的乘常数系数，mm/km；

S——斜距观测值，km。

C.2 水 平 距 离 的 计 算

用高差计算水平距离：

$$D = \sqrt{S'^2 - h^2} \tag{C.2}$$

用天顶距计算水平距离：

$$D = S'\sin Z - \frac{1-K}{4R}S'^2 \sin 2Z \tag{C.3}$$

或

$$D = S'\sin(Z - f) \tag{C.4}$$

$$f = (1-K)\frac{S'}{2R}\rho$$

式中：

D ——测站与镜站平均高程面上的平距，m；

S' ——经气象、加常数和乘常数改正后的斜距，m；

h ——测站与镜站之间的高差，m；

Z ——天顶距观测值，（°）；

K ——大气折光系数，在 0.08～0.14 之间或实测确定；

R ——测区地球曲率半径或取平均曲率半径 6369000m；

ρ——常数，$\rho = 206265''$；

f ——地球曲率与大气折光对天顶距的改正值，（″）。

C.3 边长投影计算

$$D_0 = D\left(1 - \frac{H_m}{R}\right) \qquad (C.5)$$

$$H_m = \overline{H} - H_r$$

式中：

D_0——投影后的边长值，m；

D ——经各项改正后的平距，m；

H_m——投影面高程与测距边两端平均高程之差，m；

R ——测区地球曲率半径或取平均曲率半径 6369000m；

$\overline{H}$ ——测距边两端点高程的平均值，m；

H_r——测区选定的投影面的高程，m。

C.4 地球曲率和大气折光对高差的改正计算

$$\Delta h = (1 - K)\frac{D^2}{2R} \qquad (C.6)$$

式中：

Δh ——高差的改正值，m；

K ——大气折光系数，在 0.08～0.14 之间或实测确定；

D ——测站与镜站平均高程面上的平距，m；

R ——测区地球曲率半径或取平均曲率半径 6369000m。

附 录 D
（资料性附录）
测边网角条件自由项限值计算

D.1 在独立的测边网中，每一个中点多边形、大地四边形或扇形都存在一个几何条件（相当于测角网中的极条件），为使此条件和惯用的三角网中的条件方程式相接近，采用以圆周角条件（对于中点多边形）和组合角条件（对于大地四边形和扇形）来建立条件方程式，自由项限值按下式计算：

$$W_j = \pm 2m_S\sqrt{[a_i a_i]} \qquad (D.1)$$

式中：

W_j ——自由项限值；

m_S ——观测边的平均测距中误差；

a_i ——条件方程式系数。

D.2 中点多边形圆周角条件方程式系数 a 的计算：

辐射边系数的计算公式：

$$a_{2i-1} = \frac{\sin(\alpha_i + \beta_{i-1})\rho}{S_{2i-1}\sin\alpha_i \cdot \sin\beta_{i-1}} \qquad (D.2)$$

外围边系数的计算公式：

$$a_{2i} = \frac{\rho}{S_{2i-1}\sin\alpha_i} \qquad (D.3)$$

式中：

α、β——三角形内角，（°）；

S——三角形边长，m；

ρ——常数，$\rho = 206265''$。

编号方法如图 D.1 所示：辐射边为奇数编号，外围边为偶数编号；

角按顺时针方向编号，先α_i后β_i再γ_i（中心角）。

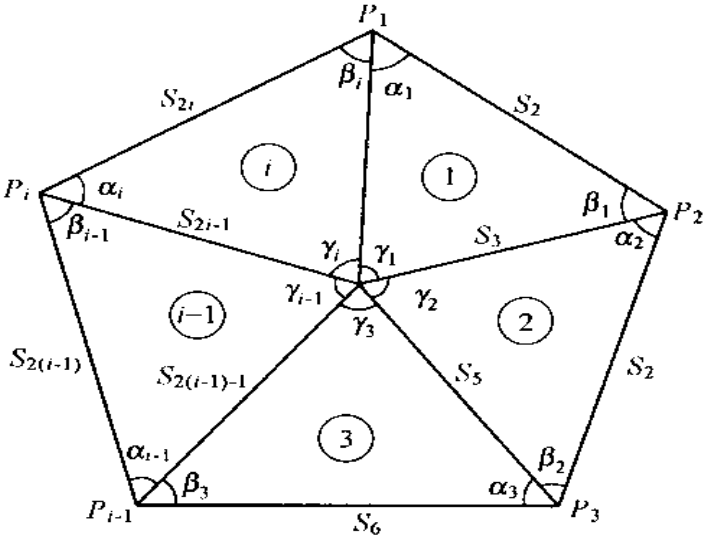
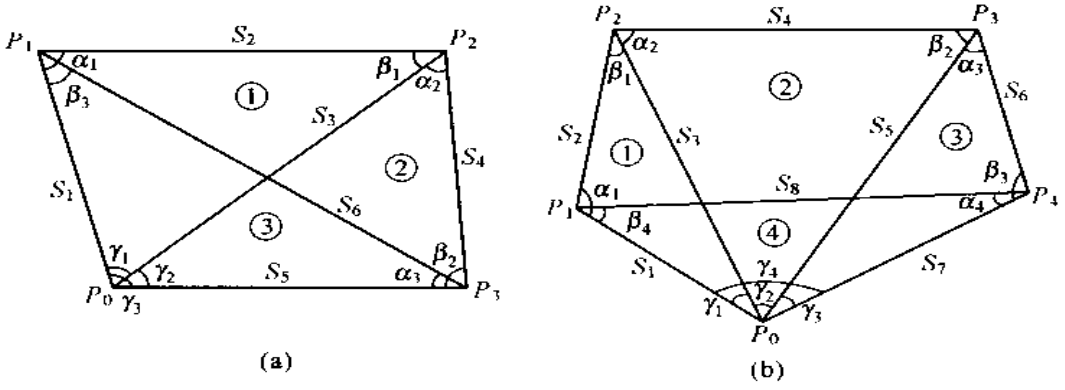


图 D.1　中心多边形

D.3　对于大地四边形或扇形，可以看作是折叠的中点三边形（n=3）或四边形（n=4），如图 D.2 所示。组合角条件方程式系数计算仍采用上述中点多边形系数计算公式，但图形编号时要把重叠三角形放在最后，并且 3 个角度作为负值即可。大地四边形系数和扇形系数的计算公式分别见表 D.1 和表 D.2。



（a）大地四边形；（b）扇形

图 D.2　大地四边形和扇形

表 D.1　大地四边形系数 a_i 计算公式表

辐射边系数	外围边系数
$a_1=\dfrac{\sin(\alpha_1+\beta_3)\rho}{S_1\sin\alpha_1\sin\beta_3}$	$a_2=\dfrac{\rho}{S_1\sin\alpha_1}$
$a_3=\dfrac{\sin(\beta_1+\alpha_2)\rho}{S_3\sin\alpha_2\sin\beta_1}$	$a_4=\dfrac{\rho}{S_3\sin\alpha_2}$
$a_5=\dfrac{\sin(\beta_2+\alpha_3)\rho}{S_5\sin\alpha_3\sin\beta_2}$	$a_6=\dfrac{\rho}{S_5\sin\alpha_3}$
注：α_3、β_3 在计算时按负值代入。	

表 D.2　扇形系数 a_i 的计算公式表

辐射边系数	外围边系数
$a_1=\dfrac{\sin(\alpha_1+\beta_4)\rho}{S_1\sin\alpha_1\sin\beta_4}$	$a_2=\dfrac{\rho}{S_1\sin\alpha_1}$
$a_3=\dfrac{\sin(\beta_1+\alpha_2)\rho}{S_3\sin\alpha_2\sin\beta_1}$	$a_4=\dfrac{\rho}{S_3\sin\alpha_2}$
$a_5=\dfrac{\sin(\beta_2+\alpha_3)\rho}{S_5\sin\alpha_3\sin\beta_2}$	$a_6=\dfrac{\rho}{S_5\sin\alpha_3}$
$a_7=\dfrac{\sin(\beta_3+\alpha_4)\rho}{S_7\sin\alpha_4\sin\beta_3}$	$a_8=\dfrac{\rho}{S_7\sin\alpha_4}$
注：α_4、β_4 在计算时按负值代入。	

D.4　检核计算方法如下：

1　根据观测边长计算各中心角γ_i，再计算闭合差 W。

对于中心多边形：$W_m=\gamma_1+\gamma_2+\cdots+\gamma_i-360°$　　(D.4)

对于四边形：$W_f=\gamma_1+\gamma_2-\gamma_3$　　(D.5)

对于扇形：$W_s=\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3-\gamma_4$　　(D.6)

式中：

W ——圆周角闭合差；

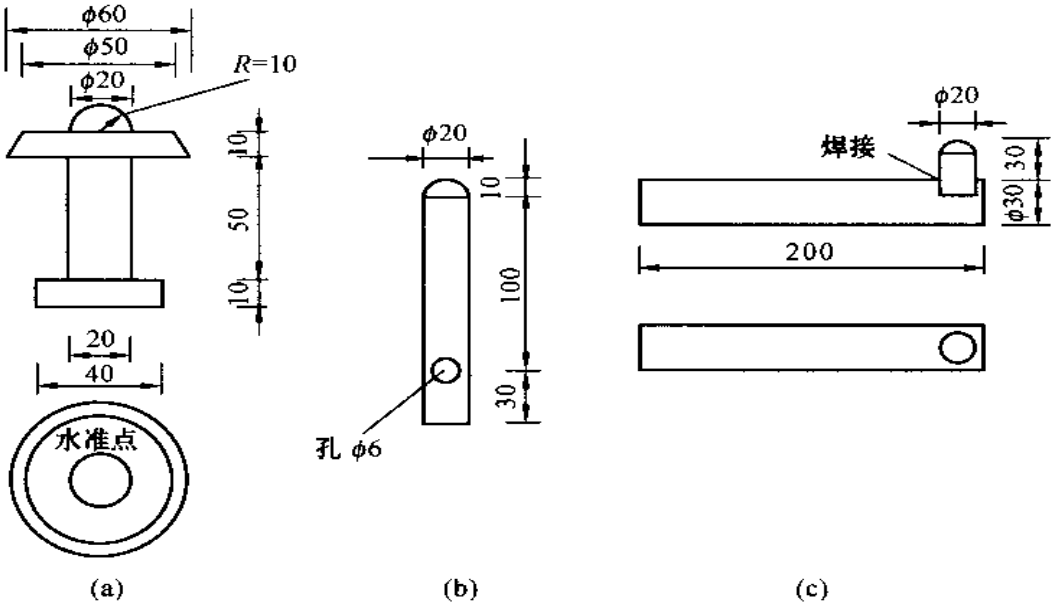
γ ——辐射角。

2　计算各系数 a_i 和 W_j。

3　若 $W_m<W_j$ 即为满足要求。

附 录 E
（资料性附录）
高程控制点标志及标石埋设图

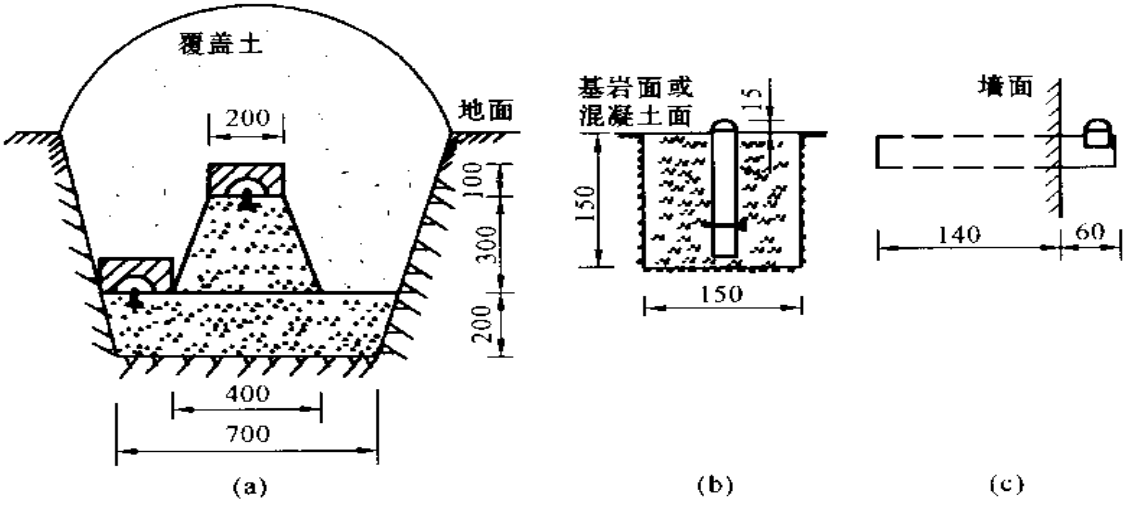
E.1 金属水准标志见图 E.1。



（a）铸铜或铸铁；（b）不锈钢或铜；（c）φ30 螺纹钢（焊接球头标志）

图 E.1 金属水准标志（单位：mm）

E.2 标石埋设图见图 E.2。



（a）混凝土水准标石；（b）基岩面或混凝土面上水准标石；（c）墙上水准标石

图 E.2　标石埋设图（单位：mm）

附 录 F
（资料性附录）
天顶距归算及高差计算公式

F.1 天顶距归算公式：

$$Z_{ij}=Z'_{ij}+\frac{[(V'-V)+(I-I')]\sin Z'_{ij}}{S_{ij}}\rho \qquad (F.1)$$

式中：

Z_{ij}——归算到测距时的天顶距，（°）；

Z'_{ij}——测站点 i 到照准点 j 的天顶距观测值，（°）；

I' ——观测天顶距时的仪器高，m；

V' ——观测天顶距时的觇牌高，m；

I——观测距离时的仪器高，m；

V——观测距离时的棱镜高，m；

S_{ij}——距离观测值，m；

ρ ——常数，$\rho=206265''$ 。

F.2 高差计算公式：

$$h=S\cos Z+(1-K)\frac{S^2}{2R}\sin^2 Z+I-V \qquad (F.2)$$

式中：

h——经气象、加常数和乘常数改正计算后的高差；

S——经改正后的斜距，m；

Z——归算到测距时的天顶距，（°）；

K——大气折光系数，在 0.08～0.14 之间或实测确定；

R——测区地球曲率半径或取平均曲率半径 6369000m；

I——测距时的仪器高，m；

V——测距时的棱镜高，m。

附 录 G
（资料性附录）
光电测距三角高程精度估算公式

光电测距三角高程测量（单向观测）的高差精度估算公式：

$$m_h = \pm\sqrt{(m_S \sin\alpha)^2 + \left(\frac{S m_\alpha \cos\alpha}{\rho}\right)^2 + \frac{D^4}{4R^2}m_k^2 + m_i^2 + m_v^2} \quad \text{（G.1）}$$

式中：

m_h——高差中误差，m；

m_S——光电测距边边长中误差，m；

α——垂直角，（°）；

S——光电测距边边长（斜距），m；

m_α——垂直角测角中误差，（″）；

ρ——常数，$\rho = 206265''$；

D——水平距离，m；

R——测区地球曲率半径或取平均曲率半径 6369000m；

m_k——大气折光系统测量误差；

m_i——仪器高测定误差，m；

m_v——棱镜高测定误差，m。

附 录 H
（资料性附录）
测设测站点平面位置方法的精度估算公式

H.1 全站仪坐标法测设测站点方法如图 H.1 所示，测站点的精度估算公式（忽略垂直角的影响）为：

$$M_P = \pm\sqrt{m_S^2 + \left(\frac{Sm_\beta}{\rho}\right)^2} \qquad \text{(H.1)}$$

式中：

M_P——测站点的点位中误差，m；

m_S——测距中误差，m；

S——测距边边长（平距），m；

m_β——水平角观测中误差，（″）；

ρ ——常数，$\rho = 206265''$ 。

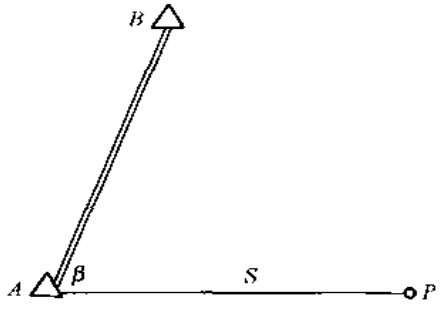


图 H.1 全站仪坐标法示意图

H.2 边角后交法测设测站点的方法如图 H.2 所示，测站点的精度估算公式为：

$$M_P = \pm\sqrt{\left(1+\frac{\sin^2\beta}{K^2-\sin^2\beta}\right)m_S^2 + \left(1+\frac{\cos\beta}{\sqrt{K^2-\sin^2\beta}}\right)^2\frac{S^2m_\beta^2}{\rho^2}} \qquad \text{(H.2)}$$

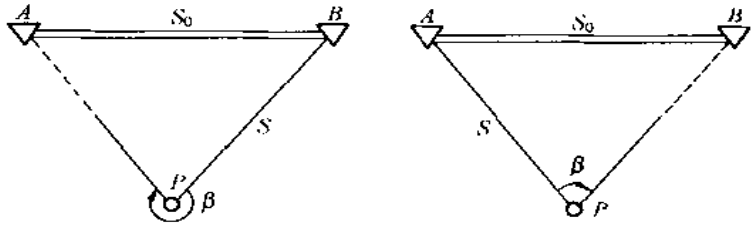


图 H.2 边角后交法示意图

式中：

M_P——测站点的点位中误差，m；

β ——以测边为起始方向顺时针观测另一已知点方向的右角，（°）；

K——已知点间边长 S_0 与所测边长 S 的比值；

m_S——测距中误差，m；

m_β——水平角观测中误差，（″）；

S——测距边边长，m；

ρ——常数，$\rho = 206265''$。

H.3 测角前方交会法测设测站点方法如图 H.3 所示，测站点的精度估算公式为：

$$M_P = \pm \frac{m_\beta}{\rho} \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} \qquad \text{(H.3)}$$

式中：

M_P——测站点的点位中误差，m；

m_β——水平角观测中误差，（″）；

a、b——交会边长，m；

ρ ——常数，$\rho = 206265''$；

β_1、β_2——水平观测角，（°）。

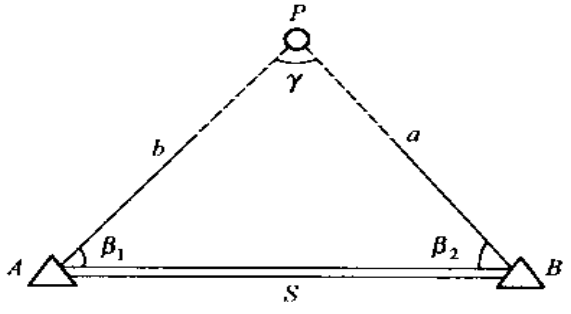


图 H.3 测角前方交会法示意图

H.4 对称轴线交会法测设测站点方法如图 H.4 所示，测站点沿轴线（y）方向上的精度估算公式为：

$$M_{Py}=\pm\frac{1}{\sqrt{2}}\frac{Sm_\beta}{\rho\sin^2\beta} \qquad (H.4)$$

式中：

M_{Py}——测站点沿轴线方向上的中误差，m；

S ——对称交会的两已知点至交会轴线的垂直距离 S_C 和 S_D 的平均值，m；

m_β——水平角观测中误差，（″）；

ρ ——常数，$\rho=206265''$；

β ——水平观测角β_1、β_2的平均值，（°）。

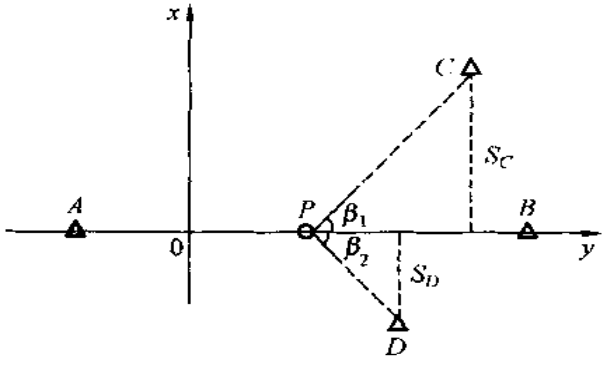


图 H.4 轴线交会法示意图

H.5 测角后方交会法测设测站点方法如图 H.5 所示，测站点的精度估算公式为：

$$M_P=\pm\frac{m_\beta b_2}{\rho\sin(\beta_1+\beta_2)}\sqrt{\frac{b_1^2}{S_1^2}+\frac{b_3^2}{S_2^2}} \qquad (H.5)$$

式中：

M_P——测站点的点位中误差，m；

m_β——水平角观测中误差，（″）；

b_1、b_2、b_3——交会边边长，m；

S_1、S_2——已知边边长，m；

ρ——常数，$\rho = 206265''$；

β_1、β_2——水平观测角，（°）。

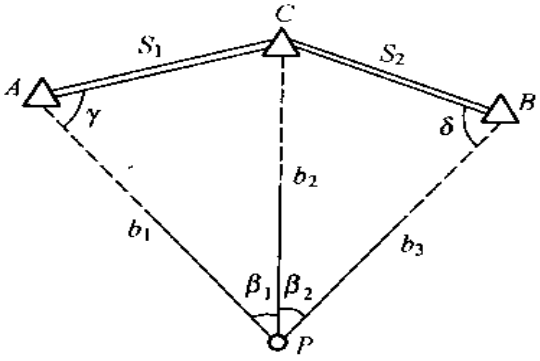


图 H.5　测角后方交会法示意图

附 录 I
（资料性附录）
钢带尺传递高程和长度的计算公式

I.1 钢带尺传递高程。由上往下传递高程（钢带尺零刻划在下端）的方法如图 I.1 所示，由 A 点传递到 B 点的高程计算公式为：

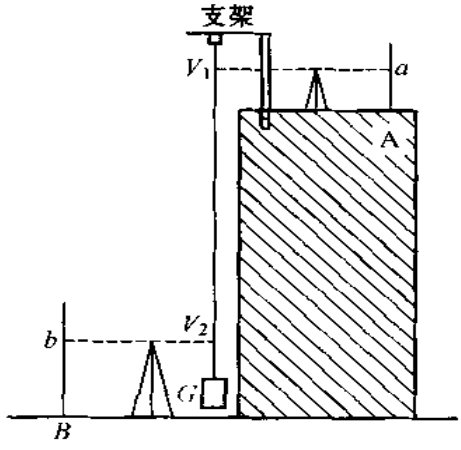


图 I.1 用钢带尺传递高程示意图

$$H_B = H_A + (a-b) - L + \Delta t + \Delta l + \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 \qquad (I.1)$$

$$\Delta t = (t - t_0)\,\alpha L$$

$$L = V_1 - V_2$$

$$\Delta l_1 = \frac{\gamma L^2}{2E}$$

$$\Delta l_2 = \frac{L(Q - Q_0)}{FE}$$

$$\Delta l_3 = \frac{W^2 L^3}{24 Q_0^2}$$

式中：

H_B、H_A——分别为待求点高程和已知点高程，m；

a、b——高处水准仪对已知点 A 上的标尺 A 的读数、低处水准仪对待求点 B 上的标尺读数，m；

L——高处、低处两水准仪对钢带尺的读数差，m；

Δt——温度改正数，m；

Δl——钢带尺检定尺长改正数，mm；

Δl_1——钢带尺自重伸长改正数，mm；

Δl_2——加重伸长改正数，mm；

Δl_3——垂曲改正数（钢带尺检验为悬链状态时），mm；

t——传递高程时的平均温度，℃；

t_0——检定钢带尺时的温度，℃；

α——钢带尺膨胀系数，$\alpha=1.25\times10^{-5}$/℃；

γ——钢的密度，$\gamma=7.8\times10^3$kg/m^3；

E——钢的弹性模量，$E=2\times10^{10}$kg/m^2；

Q——传递高程时钢带尺下端挂锤质量，kg；

Q_0——钢带尺检验时的拉力，kg；

F——钢带尺的横截面积，m^2；

W——钢带尺单位长度质量，kg/m；

V_1、V_2——分别为高处水准仪、低处水准仪对钢带尺的读数，m。

I.2 钢带尺测量和放样长度的计算公式。若钢带尺的尺长方程式为：

$$L = l + \Delta l + \alpha l\,(t - t_0) \qquad \text{(I.2)}$$

则用该钢带尺测量一段长度时，该段长度真实值 L_1 的计算式为：

$$L_1 = l_1 + \frac{\Delta l}{l} l_1 + \alpha l_1 (t - t_0) - \Delta l_h \qquad \text{(I.3)}$$

用该钢带尺放样一段长度 L_2 时，钢带尺上应读取的长度值 l_2 的计算式为：

$$l_2 = (L_2 + \Delta l_h) / \left[1 + \frac{\Delta l}{l} + \alpha(t - t_0)\right] \qquad (I.4)$$

式中：

L——钢带尺检定后真实长度值，m；

l——钢带尺的名义长度值，m；

Δl——钢带尺的尺长改正数，m；

α——钢带尺的膨胀系数，$\alpha = 1.25 \times 10^{-5}$/℃；

t——丈量或放样距离时的温度，℃；

t_0——钢带尺检定时的温度，℃；

L_1——用钢带尺丈量一段长度时，经各项改正后的真实长度值，m；

l_1——用钢带尺丈量一段长度时，钢带尺上读取的长度值，m；

Δl_h——倾斜改正数，m；

L_2——要求放样的距离，m；

l_2——放样要求距离 L_2 时，钢带尺上应读取的长度值，m。

另外，对于以下两种情况还需考虑垂曲改正数的影响：

（1）钢带尺的尺长方程式是在平台上检验求得的，用该钢带尺进行悬空放样长度时。

（2）钢带尺的尺长方程式是悬空检验求得的，用该钢带尺水平平铺放样长度时。

附 录 J
（资料性附录）
用具有平行玻璃板的水准仪进行高程放样的计算公式
（以威尔特 N3 水准仪为例）

J.1 视线高（H_e）计算：

尺子正立时：

$$H_e = H + A + \alpha - M \tag{J.1}$$

尺子倒立时：

$$H_e = H - A + \alpha - M \tag{J.2}$$

J.2 高差计算：

后尺正立、前尺倒立时：

$$h_{基} = A_{后} + A_{前} + \alpha_{后} - \alpha_{前} \tag{J.3}$$

$$h_{辅} = A_{后} + A_{前} + \alpha_{后} - \alpha_{前} - 2K \tag{J.4}$$

后尺倒立、前尺正立时：

$$h_{基} = -(A_{后} + A_{前}) + \alpha_{后} - \alpha_{前} \tag{J.5}$$

$$h_{辅} = -(A_{后} + A_{前}) + \alpha_{后} - \alpha_{前} - 2K \tag{J.6}$$

前尺倒立、后尺倒立时：

$$h_{基或辅} = A_{前} - A_{后} + \alpha_{后} - \alpha_{前} \tag{J.7}$$

J.3 基辅常数差之误差的计算：

尺子正立时：

$$\delta = (A_{基} + \alpha_{基}) + K - (A_{辅} + \alpha_{辅}) \tag{J.8}$$

尺子倒立时：

$$\delta = A_{辅} - A_{基} + \alpha_{基} - \alpha_{辅} - K \tag{J.9}$$

式中：

δ——基辅常数值之误差，mm；

H——起始点高程，mm；

A——水准尺的厘米分划读数，mm；

α——测微鼓读数，mm；

M——平行玻璃板在垂直位置时测微鼓的读数，mm；

h——高差，mm；

K——基辅常数差（N3 水准仪的 K 值为 3015.5），mm。

附 录 K
（资料性附录）
洞内导线贯通误差估算示例

K.1 按一定比例尺绘制导线平面布置图及投影关系图，如图K.1、图K.2所示。

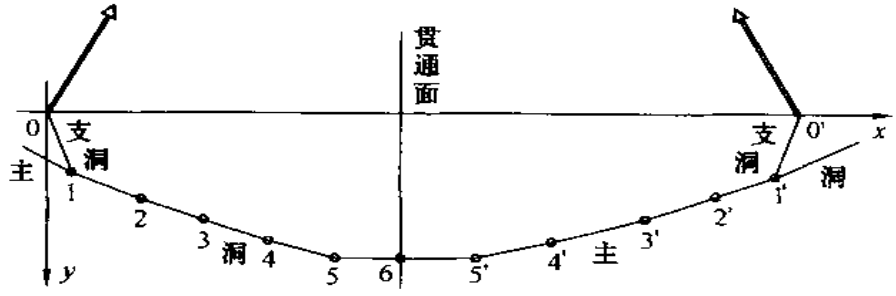


图 K.1 两端开挖至贯通面的导线平面布置图

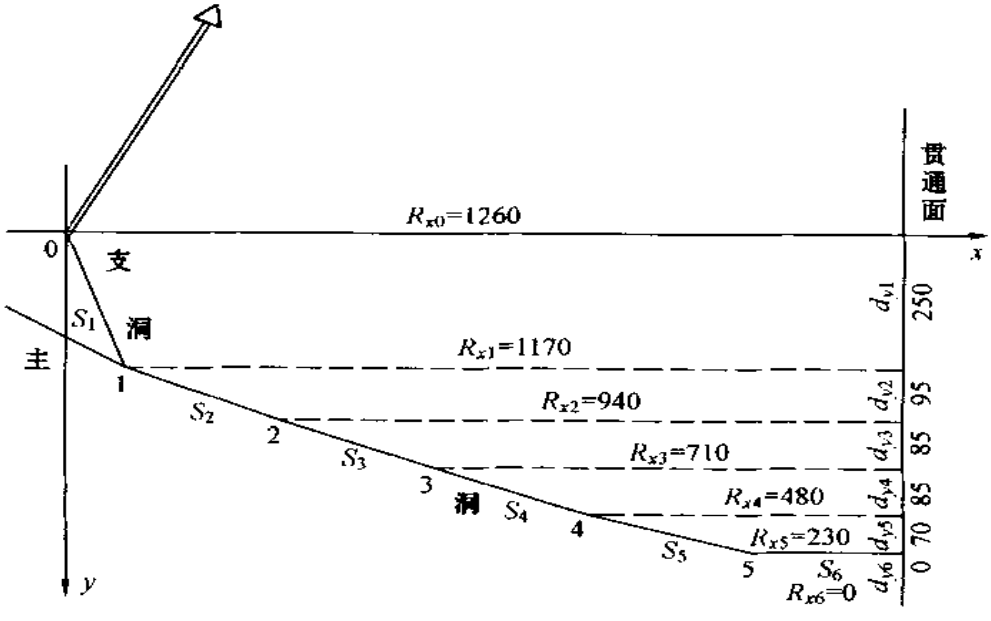


图 K.2 一端开挖导线至贯通面的投影（曲线隧洞）关系略图

K.2　在图上量取 R_{xi}、d_{yi}，列于表 K.1

表 K.1　　m

点号	0	1	2	3	4	5	6	5′	4′	3′	2′	1′	0′
R_{xi}	1260	1170	940	710	480	230	0	260	550	870	1110	1330	1420
d_{yi}	250	95	85	85	70	0	0	70	90	90	80	260	

K.3　按下式计算贯通面上的横向中误差：

$$M_{y\beta}=\pm\frac{m_\beta}{\rho}\sqrt{\sum R_x^2} \tag{K.1}$$

$$M_{yL}=\pm\frac{m_L}{L}\sqrt{\sum d_y^2} \tag{K.2}$$

$$M'_y=\pm\sqrt{\frac{m_{y\beta}^2+m_{yL}^2}{n}} \tag{K.3}$$

式中：

$m_{y\beta}$——由于测角中误差所产生的在贯通面上的横向中误差，m；

m_β——测角中误差，m；

ρ——206265″；

R_x——导线点至贯通面的距离，m；

m_{yL}——由于测边中误差所产生的在贯通面上的横向中误差，m；

m_L/L——导线边相对中误差；

d_y——导线边在贯通面上的投影长度，m；

M'_y——洞内导线测量在贯通面上所产生的总的横向中误差，m；

n——导线组数。

设 m_L/L=1/40000、m_β =±2.5″、n=2，由表 K.1 计算出 $\sum R_x^2$ =10771900，$\sum d_y^2$ =185975，则 $m_{y\beta}$=±0.0398m；m_{yL}=±0.0108m；M'_y=±0.0292m。

水电水利工程施工测量规范

条 文 说 明

1 范　　围

中型以上规模的水电水利工程是指大型、特大型或超大型规模的水电水利工程。小型水电水利工程的施工测量技术要求一般低于本标准规定的技术要求，但仍可参照本标准执行。

3 总　　则

3.0.2　测量精度评定的标准有中误差、平均误差及或然误差，测量专业人员习惯以中误差、限差（2 倍或 3 倍中误差）来衡量测量精度，其他工程专业中则常用偏差和允许偏差来评定工程质量。根据或然理论及统计表明，大于 2 倍中误差的偶然误差出现的概率约为 5%，而大于 3 倍中误差的偶然误差出现的概率仅为 0.3%。在实际工作中由于观测次数有限，故本标准取中误差的 2 倍为限差。

3.0.3　表 3.0.3 中的精度指标采用限差概念，有利于在执行本标准时消除目前很多相关专业人员对“中误差”概念及相应指标的误解。具体各项指标相对数值是在综合考虑目前水电水利工程施工测量的技术发展现状和日益提高的工程质量要求的基础上确定的，是可行的。

3.0.5　水电水利工程的设计是在规划勘测设计阶段有关测绘资料的基础上进行的，因此强调施工测量坐标系统应与规划勘测设计阶段坐标系统相一致。但为了施工的方便或其他需要可建立相应换算关系的施工坐标系统。

3.0.6　要求高程控制网应与规划勘测设计阶段一致的原因同上条。

3.0.7　本条为根据多年实践经验的常规要求总结，是作为一名合格的施工测量人员应遵守的准则。

4 术语和定义

本标准仅对与水电水利工程施工测量工作密切相关的几个通用测量术语做了释义，涉及的测量专业其他术语可参照其他有关标准、规范。

5 平面控制测量

5.1.1 网点的稳定性是指网点标志及其基础的稳定程度。可靠性是指观测值的或真程度、网点图形条件对观测值之间关系的约束能力。精确性是指施工控制网要满足规定的精度标准。

5.1.2 边角组合测量可以理解为既可以对边、角全测，也可以只测部分边、角。

5.1.3 根据不同规模的工程、不同材料的建筑物的施工测量精度要求选择首级网的类型和等级。

5.1.4 针对控制网的加密，为防止加密梯级过多，故对末级网的点位精度做出限制是必要的。

5.1.5 首级网点的点位中误差是相对于首级网的起算数据的。

5.1.6 因为引水式水电水利工程的厂房和大坝是两个相距甚远的局部施工区，它们之间没有精密的联系，只是由长隧洞相连接，只需保证两个局部施工区内部相对的严密性即可，故可以分别设立起始点。但本条还强调：分别设立的起始点必须是首级网中的点，不能是相互之间毫无联系的起始点。

5.1.8 因为水电水利工程的施工区一般较小，可以对施工控制网按其测区选定的高程平面来进行数据处理，没有必要进行高斯投影。

5.2.3 过去长隧洞控制区一般采用导线布网或者三角锁布网，当隧洞过长时，其横向误差就会迅速积累，这对于隧洞贯通是极为不利的。现在可以采用 GPS 方法来控制横向误差。

5.2.4 本标准对二、三、四等三角网的测角中误差采用了与 GB/T 17942 相同的精度。GB/T 17942 中各等级三角观测的测回数是根据施工测量部门大量的试验统计资料和有关规定确定的，但是水电水利工程的施工控制网的边长较国家规范规定的长度要短得

多，加之照准设施精致、观测墩具有强制对中装置等因素都有利于提高测角精度，实践证明：适当减少测回数不会明显增大测角误差。

表 5.2.4 中起始边相对中误差的规定是参照 CJJ8 提出的。由于本标准主要是以点位中误差来作为精度衡量指标的，故对最弱边相对中误差的规定仅作参考。

关于起始边倾角的限值，首先认为垂直角测角中误差引起的边长相对中误差不应超过要求的中误差的 1/5，即 $m_D/S \leqslant T/5$。由斜距换算平距的公式 $D=S\cos\alpha$，微分得 $d_D=d_\alpha$（$S\sin\alpha/\rho$），转化为中误差形式为 $m_D=m_\alpha S\sin\alpha/\rho$，$m_D/S=m_\alpha\sin\alpha/\rho$。若规定测角中误差 m_α，则α角的限值可按$\alpha\leqslant\sin^{-1}(\rho T m_\alpha/5)$计算。再根据表 1 列出的各等级控制网边长的相对测距中误差和 m_α可算出：对于二等网，$\alpha\leqslant 7.3°$，取 5° 作为限值；对于三等网，$\alpha\leqslant 8.3°$，取 7° 作为限值；对于四等网，$\alpha\leqslant 10.8°$，取 10° 作为限值。

表 1　各等级控制网边长相对中误差所要求的天顶距测角中误差 m_z（″）

等　级	m_S/S \ γ	2°	5°	7°	10°	15°	20°
二等	1∶250000	6.7	2.7	1.9	1.3	0.9	0.7
三等	1∶150000	11.1	4.5	3.2	2.2	1.5	1.1
四等	1∶100000	16.7	6.7	4.8	3.4	2.2	1.7

5.2.5　由于测边网中各边是独立测定的，平差后的边长精度（纵向误差）基本是均匀的。但其方向精度（横向误差）则受到传算路线中角度误差的影响。而角度误差与图形有关，因此强调必须重视测边网的图形结构，选择一些较大的角度，以相应等级的三角测量的角度观测精度进行观测，以校核边长观测的精度。

对测边网的大角与小角限值的理论分析如下：

设γ角为等腰三角形的顶角，则经过推导整理得测边误差与角度误差的关系为 $m_\gamma^2=\rho\sqrt{b}m_S\cot\beta/S$，现以不同的测边相对

中误差和不同的γ角代入，可得按边长计算的角度中误差，其结果见表 2。

由表 2 可知：γ=60° 时，其测角中误差基本相当于各等级三角网的测角中误差。现以 60° 为标准角度，以标准角度误差的 2 倍为极限，因此本标准规定测边网内角不应大于 100° 。

由于非起始测距边的相对中误差比起始边的相对中误差要低，经过计算后确认其倾角的限值相对可放宽 3°～4° 。

表 2　等腰三角形中由测距中误差引起的测角中误差 m_γ　（″）

m_S/S / γ	1∶250000（二等）	1∶150000（三等）	1∶100000（四等）
30°	0.54	0.90	1.35
40°	0.73	1.22	1.84
50°	0.94	1.57	2.35
60°	1.17	1.94	2.92
70°	1.41	2.36	3.54
80°	1.69	2.82	4.24
90°	2.02	3.37	5.05
100°	2.41	4.01	6.01
110°	2.89	4.81	7.21

5.2.6　在边角组合网中，要求边长测量精度与测角精度基本匹配，目的是使控制点的点位误差椭圆接近圆形。表 5.2.6 中边角组合网的角度观测精度要求是参照 GB/T 17942 的规定。表 5.2.6 中平均边长相对中误差是按照式（5.2.6）计算并经取舍得到的。

二等：$\frac{m_S}{S} \approx 1.0'' / (\sqrt{2} \times 206265'') \approx \frac{1}{290000}$，取 $\frac{1}{250000}$；

三等：$\frac{m_S}{S} \approx 1.8'' / (\sqrt{2} \times 206265'') \approx \frac{1}{160000}$，取 $\frac{1}{150000}$；

四等：$\frac{m_S}{S} \approx 2.5'' / (\sqrt{2} \times 206265'') \approx \frac{1}{117000}$，取 $\frac{1}{100000}$。

上述平均边长相对中误差的取值将计算值做了放宽，是考虑到目前各施工单位拥有较多精度为±（3mm+2mm/km）的测距仪。

表 5.2.6 中关于边角组合网、测边网的天顶距观测测回数的规定是根据测距边归算的要求确定的。测距边边长归算对天顶距观测精度的要求可按下式计算：

$$m_z = \frac{\sqrt{2}\rho}{5T\sin\alpha}$$

式中：

m_z ——边长归算所要求的天顶距测角中误差，（″）；

ρ ——常数，$\rho = 206265''$；

α ——垂直角，°；

T ——要求的测距相对中误差分母。

按该式计算的结果见表 1。

根据国家测绘局和广东省测绘局的试验，实地取样统计得 2″ 级仪器一测回的天顶距测角中误差为±2.18″，实际观测精度取一测回中误差为±3″是可以达到的，由此计算得各等级测边归算要求的天顶距观测的测回数如下：

二等：要求 m_z 平均为±1.34″，2″ 级仪器，$n \approx 5$（DJ_2）（采用 1″ 仪器测 4 测回）；

三等：要求 m_z 平均为±1.9″，2″ 级仪器，$n \approx 3$（DJ_2）（采用 2″ 仪器测 4 测回）；

四等：要求 m_z 平均为±2.2″，2″ 级仪器，$n \approx 2$（DJ_2）（采用 2″ 仪器测 3 测回）。

5.2.7 要求采用三、四等导线网作为平面控制网的首级网时，导线应布置成环形节点网的理由是作为首级网的导线（网）不具有附合条件，但是若将导线布置成单闭合环则又显得薄弱，故布置成环形节点网较好。

关于导线各节点间的长度规定的理论根据参考了河南省测绘

科学研究所王树声对各种环形导线网的精度进行大量计算后的结论（见 1989 年第 1 期《工程勘测》《环形导线网的精度设计》一文）。

5.4.2 因为电子经纬仪或全站仪一般均装有纵轴传感器，其灵敏度高于照准部水准管，并能对水平度盘读数自动进行纵轴倾斜改正，故仪器气泡偏离即使接近限值时，测回间也不必重新整置仪器。

5.4.4 因为用电子经纬仪或全站仪测角时是对全度盘进行扫描后读数的，不存在度盘刻划不均匀的问题，故对于采用具有纵轴倾斜传感器校正的电子经纬仪进行方向观测时，可以不进行度盘和测微器的配置。

5.4.5 关于表注的理论根据如下：

仪器视准轴误差 C 和横轴倾斜误差 i 对同一方向 $2C$ 值的影响为：

$$L-R=2C/\cos\alpha+2i\tan\alpha$$

式中：

L——盘左观测值；

R——盘右观测值；

α——观测方向的垂直角。

则两观测方向（其垂直角分别为α_1和α_2）$2C$ 的较差$\Delta 2C$ 为：

$$\begin{aligned}\Delta 2C&=\left(\frac{2C}{\cos\alpha_1}+2i\tan\alpha_1\right)-\left(\frac{2C}{\cos\alpha_2}+2i\tan\alpha_2\right)\\&\approx C\frac{\alpha_1^2-\alpha_2^2}{\rho^2}+2i(\tan\alpha_1-\tan\alpha_2)\\&\approx 2i\tan\Delta\alpha\end{aligned}$$

设 i=15″，则$\Delta\alpha$对$\Delta 2C$ 的影响情况见表 3。

表 3　$\Delta\alpha$对$\Delta 2C$ 的影响情况计算表

$\Delta\alpha$	3°	5°	10°	15°
Δ2C	1.6″	2.6″	5.3″	7.0″

由表 3 可以看出：当 $\Delta\alpha$ 超过±3° 时，由于 i 角的影响，不同方向间 $2C$ 较差经常出现超限的现象，因此按同方向、相邻测回比较是合理的。

5.4.7　采用三联脚架法的优点是可以减少对中误差。

5.4.9　关于水平角测量中误差的计算：式（5.4.9-2）适合于导线条数很少（有时甚至只有一条导线时）的情况；式（5.4.9-3）适合于导线条数较多的情况。实践资料证明，导线条数较多时两者基本接近。

5.5.1　测距仪标称精度的表达式采用 $m_D=\pm(a+bD)$而未采用 $m_D=\pm\sqrt{a^2+(bD)^2}$ 的原因是：根据对测距仪的误差因素分析和实测资料回归分析，上述两公式的固定误差 a 比较接近，而比例误差 b 相差比较显著，水电水利工程平面控制网平均边长一般在 1km 左右，固定误差 a 占主要地位，采用前一公式估算较为直观。

5.5.4　本条（1）～（7）款的要求是参照 GB/T 16818 的有关条款制定的。

5.5.5　由于各种型号的测距仪所有的气象参考点以及红外波的波长都不同，故规定测距边的气象改正要按仪器说明书给出的公式计算。

5.6.2　为了与 5.1.3 的规定相对应，本条将 GPS 网的等级也划分为二、三、四等，即可以用各等级的 GPS 网代替相应等级的三角网、测边网或边角组合网，其精度衡量的指标为平差后网点的点位中误差和基线平均边长的相对中误差。

5.6.3　GPS 相邻点的弦长精度公式中的固定误差 a 和比例误差

b，即为 GPS 接收机厂家给出的精度公式中 a、b 的含义。

5.6.4　各等级 GPS 网的平均距离与表 5.2.4 的规定相比有所加长，这是因为适当增加 GPS 网点基线的长度并不会明显降低基线长度的测量精度。表 5.6.4 中规定的平均边长相对中误差与表 5.2.6 中的规定一致，目的是保证网点的点位中误差满足表 5.1.5 的要求。

5.6.15　在实际作业中，同步环中各条基线单独解算时，由于基线间不能做到完全严格地同步，即使在同步图形中各条基线处理时对应的起算点坐标也不是从同一起算点导出的，而是各自端点 C/A 码伪距的单点定位值，因此可能产生较大的同步环闭合差。例如：一个等边形的三边形同步环各基线处理时，采用各自端点 C/A 码伪距定位值作为起算点，若起算点坐标分量误差为 ±20m，则可能引起基线各分量 $\pm 1\times10^{-6}$ 的相对误差，三边形坐标分量闭合差则可达 $\pm\sqrt{3}\times10^{-6}$，但顾及同步环闭合差理论上应为零的条件，仍对采用同一数学模型处理的单基线解算产生的同步环闭合差做了容许的限差规定；相应地对同步环坐标分量闭合差也做了放宽。

为了对同步环闭合差的整体做出检验，本条还规定了同步环路线全长相对闭合差的限差，取简单的误差传播模型，并假设各分量闭合差精度相当，则全长相对闭合差应是各分量闭合差的 $\sqrt{3}$ 倍。为了凑成相应的整数，表 5.6.15 对不同等级的这一限差规定分别取 1.5 倍～1.7 倍。

复测基线的长度较差限差公式（5.6.15-3）是采用基线向量的弦长中误差σ通过误差传播定律的简单推导而得到的。而基线解算中，地面起算点误差应小于 20m 的要求是通过用公式$\Delta b/b\approx\Delta S/S$ 估算（即当卫星距地距离 r 取平均约 20000km，要求$\Delta b/b$ 小于 1×10^{-6} 时）得出的。

为检验无约束平差的基线观测量是否包含粗差和减少弃真概率，取 3 倍中误差作为限值是适当的。

无约束平差的基线向量各分量的改正数反映了 GPS 网基线本身的内部符合精度，是不受起始数据误差影响的。约束平差后，同名基线在约束平差和无约束平差中的两类改正数较差太大，则说明起算数据误差引起了 GPS 网的变形，变形超过一定的限度，就会明显降低 GPS 网的精度，因此必须加以限制。限制的依据是由起算数据误差引起的 GPS 网的最大变形，原则上不应超过本条关于 GPS 网平均边长相对中误差的要求。

用非 GPS 测量的部分边长数据代替不合格的 GPS 基线边进行平差计算的处理办法是葛洲坝集团公司测绘总队等单位在生产中取得的、并经检验行之有效的经验。

5.7.2 测角网各种自由项的验算限值公式，均抄自国家或其他测量专业规范，无需进行推证。此次制订时，考虑到计算机的普遍使用，取消了以对数形式表示的限值公式。

观测角与边长计算所得角值的限差规定推证如下：

由余弦定理知：$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$

将其微分得：

$$d_\gamma = \rho\left[-\cot\beta\frac{\mathrm{d}a}{a} - \cot\alpha\frac{\mathrm{d}b}{b} + (\cot\alpha + \cot\beta)\frac{\mathrm{d}c}{c}\right]$$

化为中误差形式：

$$m_\gamma = \rho\sqrt{\cot^2\beta\left(\frac{m_a}{a}\right)^2 + \cot^2\alpha\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + (\cot\alpha + \cot\beta)^2\left(\frac{m_c}{c}\right)^2}$$

令：$\dfrac{m_S}{S} = \dfrac{m_a}{a} = \dfrac{m_b}{b} = \dfrac{m_c}{c}$

则由测边相对误差 $\dfrac{m_S}{S}$ 引起的角度误差为：

$$m_\gamma = \rho\frac{m_S}{S}\sqrt{2(\cot^2\alpha + \cot^2\beta + \cot\alpha\cdot\cot\beta)}$$

若再考虑观测角误差 m_β 的影响就得到式（5.7.2-7）。

测边网角条件（包括圆周角条件及组合角条件）自由项限值计算公式的推导如下：

已知圆周角条件方程式的形式为：

$$V_{r_1}+V_{r_2}+\cdots+V_{r_n}+W=0$$

中心角与边长改正数的关系式为：

$$V_{r_i}=\frac{\rho''}{n_i}(-\cos\alpha_i V_{S_{2i-1}}+V_{S_{2i-1}}\cos\beta_i V_{S_{2i-1}})$$

将后式代入前式，进行归纳并整理后就获得了各系数 a_i 的计算公式，然后按协方差传播律求出闭合差的中误差，取 2 倍中误差作为限值，即得：$W_j=\pm 2m_S\sqrt{[a_i a_i]}$。对于四边形和扇形可按同样方法推导。

5.7.3 平面控制网平差时的定权问题，是根据最小二乘法和数理统计的基本理论得来的。我国各种规范均使用基本相同的定权公式。由于定权时使用的是先验方差，与实际情况可能有出入，故本标准提出了三种定权方法以供选择。

5.8.1 控制网建成后，由于网点周围的各种工程活动，往往会引起网点点位的移动或沉降。因此应适当对控制网进行检查、复测以确定网点的变化情况，保证各阶段使用网点成果的正确、可靠。另外，随着工程建设的进展，有些网点可能会被破坏、有些网点则可能会失去使用价值，更多的时候则需要在某些区域加密一些控制点以方便施工测量。

6 高程控制测量

6.1.1 水电水利工程首级高程控制网的确定，是根据工程建筑物的规模与建筑材料等在二、三、四等间选用，如此规定有助于在保证建筑物高程放样精度要求的基础上做到经济适用。

6.2.1～6.2.6 规定引自 GB 12897 和 GB 12898。对于数字水准仪的使用，本标准只要求要符合相应的规定而没有规定其操作程序，是因为目前出厂的高精度数字水准仪已将等级水准测量的各项限差及平差计算程序装在仪器内，可自动进行记录、计算和相应提示。

6.3.2 在研究和分析全国各有关单位进行光电测距三角高程测量实验和生产作业实测成果的基础上，并结合有关理论计算资料规定了光电测距三角高程测量的技术要求。表 6.3.2 中关于最大视线长度的规定可以根据光电测距三角高程测量高差精度的估算公式

单向：$m_h^2 = m_S^2 \cos^2 Z + (Sm_Z / \rho)^2 \sin^2 Z + m_i^2 + m_v^2$

双向：$m_h = m_h(\text{单向}) / \sqrt{2}$

隔点设站：

$$m_h^2 = (\cos^2 Z_A + \cos^2 Z_B) m_S^2 + (Sm_Z / \rho)^2 (\sin^2 Z_A + \sin^2 Z_B) + 2m_v^2$$

估算得到。

估算公式中忽略了地球曲率和折光的影响。估算时设天顶距 Z=70°，仪镜高误差 m_i、m_v 为±1mm 和±2mm，测角精度 m_Z 分别为±1.0″ 和±2.0″，按边长 S 为 100m～1000m 计算其高程中误差 m_h，再取 $2m_h$ 与三、四等水准的附合、闭合限差±

$12\sqrt{L}$、$\pm 20\sqrt{L}$ 进行比较。得到的结果是：对向观测、边长为1000m 时，$2m_h < 20\sqrt{L}$（四等）；边长为 700m 时，$2m_h < 12\sqrt{L}$（三等）。隔点设站法：边长为 600m 时，$2m_h < 20\sqrt{L}$（四等）；边长为 300m 时，$2m_h < 12\sqrt{L}$（三等）。

黄河水利委员会、昆明勘测设计研究院、水电第四工程局、水电第十二工程局、水电第十四工程局、葛洲坝集团公司等单位的大量测试的数据表明，光电测距三角高程最大视线长度三等取700m（对向观测）、300m（隔点设站），四等取 1000m（对向观测）、500m（隔点设站）是合适的。天顶距观测的测回数，三等取 3 测回（1″ 级仪器）、4 测回（2″ 级仪器），四等取 2 测回（1″ 级仪器）、3 测回（2″ 级仪器）也是合适的。

在观测墩上观测时，用 30cm～50cm 的游标卡尺测定仪器、棱镜（觇牌）高，量取时只要保持游标卡尺的铅垂，可以达到 1mm 的量取精度。隔点设站用同样方法量取棱镜（觇牌）高，可不量仪器高。用带支架的对中杆架设棱镜时，直接读取对中杆刻度，再减去对中尖的磨损量，可以达到 1mm～2mm 的量取精度。用三脚架安置仪器时，仪器高的量取可用如下方法：设仪器架站点为 A，在 A 点附近的 3m～5m 处设一固定点 B，仪器水平视线时读取 B 点标尺（经校验的 2m 钢卷尺）读数 a，用同样方法或水准仪测定 A、B 两点高差 h，则 A 点的仪器高 H_i 为：$H_i=a+h$。读数 a 必须取正、倒镜读数的平均值，2m 钢卷尺要保持铅垂，这样也能达到 1mm～2mm 的量取精度。

对向观测（三等）较差规定为 $\pm 35\sqrt{S}$ 是根据生产实践经验总结的。葛洲坝集团公司测绘总队在清江水布垭工程中所做的光电测距三角高程导线、先后 3 次共 23 条边的观测资料分析结果：最长边 884m，最短边 197m，平均边长 600m，往返观测高差较差只 1 条边超过 $\pm 35\sqrt{S}$，环线闭合差均小于 $\pm 12\sqrt{L}$。从黄河水利委员会等单位观测的大量光电测距三角高程资料也证实，每边往返观测高差较差取 $\pm 35\sqrt{S}$ 是合适的。

四等光电测距三角高程每点设站往返观测较差$\pm 45\sqrt{S}$和隔点设站两次观测高差较差$\pm 14\sqrt{S}$引自 GB 12898。

附合或环线闭合差引自国家相应等级水准测量的规定。

采用全站仪（直接测量斜距、平距和高差）测量三角高程是现在生产中常用的方法，其工作效率比分别观测天顶距和斜距要高得多，精度也完全能满足相应等级的要求。每站往返高差较差、附合差或环线闭合差和最大视线长度规定均与光电测距三角高程导线测量的技术要求相同。

6.3.7 特制觇牌尺寸的制作方法可参照国家水准测量规范。对于高差起伏大的导线，在实施中导线的长度一般要远比按水准测量实施时的路线长度短，例如：边长 647m、高差 120m、按三等光电测距导线的闭合差为 9.6mm，放宽到$\sqrt{2}$倍后为 13.7mm，但三等水准测量约 100 站，线路长约 2.5km，按三等水准闭合差为 19mm。所以根据生产实践，对于高差起伏大的导线，附合或环线闭合差放宽至$\sqrt{2}$倍是可行的。

6.4.1 结合 GB 12897、GB 12898 的规定和近年来的全国各水电水利测绘单位进行的试验，特别是清江水布垭水电站和水口水电站的实测资料表明：用跨河光电测距三角高程测量代替相应的跨河水准测量是可行的。

对于二、三、四等跨河光电测距三角高程测量的最大视线长度规定为 600m、1000m 和 1200m，是参照国家水准测量规范的规定提出的。国内大多数水电水利工程所在地的河流宽度均在 1200m 以内，最大视线长度规定是合适的。跨河视线长度超过时按 GB 12897 和 GB 12898 的规定执行。

7 地 形 测 量

7.1.2 地形测图比例尺的选择反映了用图单位对地形图精度和内容的要求，直接关系到测图效率和经济效益问题。根据实践经验，采用 1∶500～1∶2000 比例尺测图可以满足各种用图的需要。

对于大中型水电水利工程，1∶500 是施工用图的基本比例尺。对于特大型工程（如三峡工程）可选择 1∶1000 为基本比例尺，对于建基面验收以及小范围内的特殊用图，则需要 1∶200 的特大比例尺地形图。

7.1.6 原国家城建总局科教设计局于 1981 年委托北京、上海等 10 个城市抽样检测 1∶500 地形图 54 幅，主要地物 2940 点，次要地物 2165 点，主要地物点间距 1708 边；1∶1000 地形图 10 幅，主要地物 579 点；1∶2000 地形图 16 幅，主要地物 1083 点，次要地物 942 点。依据其综合检测结果确定了表 7.1.6 中的相应规定。目前，水电水利工程的地形图主要是采用全站仪进行测量，因此地物点的点位中误差的实际精度比表 7.1.6 中的精度要高。

关于地形图等高线插求点的高程中误差，是以等高线插求点的高程相对于邻近图根点的高程中误差来衡量的，采用 GB 50026 编制组收集的 27 项工程的数据处理的经验公式来推求等高线插求点的高程中误差：丘陵地为±0.33 倍～±0.31 倍基本等高距；高山地为±0.65 倍～±1.05 倍基本等高距。所以规定平地、丘陵地的等高线中误差不超过±0.5 倍基本等高距，山地、高山地的等高线中误差不超过±1 倍基本等高距。

关于高程注记点的高程中误差，可按地形点的高程精度估算公式来计算，即使是用视距来测量地形点，其高程中误差也不会超过±1/3 倍基本等高距。

7.2.2 本条规定图根点的点位中误差不得超过图上±0.1mm；高程中误差不得超过基本等高距的 1/10。这是从图解精度来考虑的，因为人眼睛的分辨率为 0.1mm，小于 0.1mm 的误差已无法分辨。同时，图根点一般采用光电测距坐标法或各种交会法从施工控制网上进行加密布设而得，因此其最大点位误差和高程中误差不会超过±5cm，也就相当于 1∶500 测图的 0.1mm 值。

7.2.3 图根点密度是根据测图比例尺、视距或测距最大长度、测图时要有后视方向和检查方向等综合因素确定的。

7.2.4 GPS 快速静态定位方法速度快、精度高（点位中误差±2cm），当然可以作为图根控制点作业的一种方法，而且在不久的将来会成为主要的方法。

7.2.5 光电测距三角高程或 GPS 快速静态测量方法测定高程的精度均在±20mm 左右，可以满足图根点的高程精度要求。

7.3.1 限制视距或测距的最大长度是保证表 7.1.6 中地物点、地形点的精度所必需的条件。

7.3.3 1∶200 比例尺的建基面竣工地形图测量是水电水利工程的特殊要求，它仅限于范围小、精度要求高的建基面。为了保证工程质量，对建基面的开挖施工质量有严格的要求，相应地对建基面的竣工地形测量的精度也应有较高的要求。

7.4.5 目前应用的绘图软件较多且要求的数据格式各异，因此数据格式要与绘图软件相配套。

7.4.8 “现场调绘”实际上就是“现场核对”，以检查错误。由于计算机成图是按照其编写的程序自动进行的，地形点的所在位置及其密度是保证等高线质量的关键，若某些部位没有地形点或地形点密度不够或地形点的所在位置不是地形特征点，则也能绘出等高线，但此种等高线是失真的，因此要在现场补测补绘。

7.5.3 对于测角前方交会法提出交会边长和交会角的要求是从交会精度来考虑的。交会方向数要求不少于 3 个，这主要是防止出错，提高可靠性。目前 GPS 动态定位方法的定位精度已达到

±1.0m 以内，有的达到±0.2m。本标准要求 GPS 动态定位方法的定位误差不超过±1m，一方面与测深定位的软件有关，另一方面也与各单位购买更高精度仪器的经济能力和用图目的有关。

7.5.6 水下地形图上标明测绘日期及水边线高程是用图者的需要。

8 测量放样准备

8.1.2 技术交底是质量标准的内容，通过测量放样前的交底活动，能有效确保测量成果质量、提高作业效率。

8.2.2 目前多数大中型工程首级控制在施工进场前完成，但测量标志是否完好、资料是否可靠，施工测量前必须进行检核。这也是工程建设合同所要求的。

8.2.4 本条规定测量放样必须按正式设计图纸和文件进行，是因为有些工程存在图纸供应不及时。施工单位因施工紧张或经济效益的原因，往往口头通知测量人员放样，这削弱了测量工作的严肃性和可追溯性。

8.2.5 制定测量放样方案有助于规范测量行为，保证测量工作顺利进行。

8.3.1 将控制成果绘成图表、将设计重要数据信息编制成放样数据手册，这有助于正确使用控制点、现场查阅及时方便。

8.3.2 没有强调必须绘制放样草图，实际中可根据需要确定。

8.3.3 本条规范了测量记录内容，纠正随意记录或无记录现象。

8.3.4 根据现代工程建设特点，测量也应满足信息化的要求。

8.4.3 本条在确定测站点测设时两组或多组坐标值的限差为 $M_P / \sqrt{2}$ 。即结合现阶段测量放样的实际情况，认为放样点相对于邻近基本控制点的限差的两个主要误差来源中，“测站点的测设误差”和“通过测站点的放样误差”的影响各占 50%。

8.4.5 测距设备的普及为三角高程替代水准测量提供了较大的空间，传统的解析三角高程法和视距法已不适应施工放样的要求。精密高程放样中强调了采用水准测量法。

8.5.1 计量法规定测量放样仪器必须定期进行检定。检定单位是经省级计量部门授权具有检测资质的计量检定机构。目前大部

分仪器的检验周期为一年。

8.5.3 本标准鼓励在检定有效期内自检部分误差项目，如 2*C*、*i* 角、对中差、三轴差及测前和测后均要检查的项目。

9 开挖、填筑及混凝土工程测量

9.1.1 水电水利工程施工阶段的开挖、填筑及混凝土工程测量是指工程开工到竣工的整个施工过程中的测量。

9.1.3 表 9.1.3 中放样测站点的点位限差是按混凝土建筑物的轮廓放样点点位限差±20mm、土石料建筑物的轮廓放样点点位限差±50mm 的 $1/\sqrt{2}$ 倍控制的，即认为测站点的测设误差的影响最好不要超过放样点相对于邻近基本控制点的点位限差的50%，这样有助于在测站上放样时达到精度要求。

9.1.5 本条规定放样点的密度和必须放出的一些特征点，以便于施工和质量检查。

9.1.6 目前应用 GPS 的 RTK 方法进行混凝土建筑物施工测量放样仍处于积累经验的阶段。

9.2.1 工程的招标制中对土石方工程的超、欠挖均有较严的要求，由于测绘仪器功能不断完善，对于土石方工程施工测量的平面位置和高程中误差不超过±50mm 的要求是很容易达到的。

9.2.4～9.2.5 为检查开挖施工质量、处理欠挖部位提供指导。

9.2.7 本条是确认地质缺陷处理工程量的依据。

9.3.1 立模浇筑放样的点位限差主要是结合了多年来国内众多大、中型水电水利工程施工测量的实践总结和现阶段施工测量技术水平而规定的，相对于其他类似规范的相应指标有所提高，这符合工程质量不断提高的要求。

9.3.2 参照 JGJ 3 的规定，将施工允许偏差的 1/2 作为测量限差。

9.3.4 本条是为方便施工、质量检查、确保测量人员和仪器设备的安全而规定的。

9.4.1～9.4.7 这几条是保证放样点精度、减少粗差、防止错误的基本要求。

9.5.1　依据施工工序而必须进行的必要的测量工作，施工过程中测绘不同材料的平面位置和高程是指开挖过程中的土石分界线的测绘和填筑过程中的填料分界线的测绘，这是工程招投标制下工程承包商工程量计算和工程结算的需要。

9.5.6　本条是为保证断面图的展绘精度而规定的。

9.5.8～9.5.12　业主、监理和承包商非常重视工程量的测量，为此，本标准对工程量测量做了一些规定，有助于统一测量依据、认可测量方法和最后确定工程量。对同一区域的工程量进行两次独立测量计算结果的比较、认定的统一标准已得到众多建设单位、监理、承包商的认可。

9.6.1　“测量放样交样单”或“测量检查成果表”是测量放样的数据及质量记录，是指导施工和向质量检查或施工监理部门提供检查以及质量追溯的依据，应作为重要资料保存。

10 金属结构与机电设备安装测量

10.1.2 安装轴线及高程基点确定后，应固定并使之长期保存，这也是确保安装精度的措施之一。

10.1.3 关于安装精度指标，目前国内尚无明确的规定，表 10.1.3 的内容是根据有关安装规范中安装允许偏差的规定综合而成的。

10.2.1 本条提出的指标主要是根据多年来各单位的实践经验总结的。

10.2.2 分层布设时应注意先后层次的衔接，尽量以已完成部位的网点或轴线点为依据。许多工程的实践证明在布设之前对起算点进行检测是有必要的。

10.2.3 作为安装工程主要讲求各相对独立结构单元内的相对精度，实际作业中尽可能不布设安装控制网而只布设安装轴线，有助于提高测量作业效率。

10.2.4 本条是针对相对独立的安装单元内的相对精度而规定的。

10.2.5 对于安装轴线点和高程基点的数量要求，其目的一方面是便于检查、校核，另一方面是毁失后利于恢复。

10.2.6 所谓“差值法”是将测距仪架设在需要测量距离的两点延长线上，在相同的观测条件下，分别测定测站点到这两点的距离，两距离相减就得到所需距离。这种方法消除了测距仪或全站仪加常数及棱镜常数的误差影响，从而提高了距离量测的精度。

10.3.2 采用正倒镜分别后视两次投点可消除仪器视准轴和横轴误差。

10.3.4 铅垂投点是安装点细部放样的工作内容之一。应用时根据垂直构件的高度确定顶底点传递的测量限差。

10.3.6　本条是进行高精度水平度测量的必要措施。

10.4.1　依据各测量单位的实践经验，对安装放样点进行检查复核可极大地减少安装放样的差错率。

10.4.2　当检查复核方法与放样方法不同时更容易发现放样过程中存在的问题。

10.5.1～10.5.3　考虑到现行和将来的工程建设市场招投标体制的特点，不同的建设单位对安装测量的竣工资料要求各异，因此，本标准未对安装测量竣工资料做出统一规定。

11 地下工程测量

11.1.2 本条根据目前的仪器设备条件和水电水利工程长隧洞施工的需要，将隧洞相向开挖长度及其贯通误差按长度小于 5km 和 5km～10km 两级控制，经过估算完全能达到要求。将纵向误差和横向误差定为同一精度要求也是可行的。表 11.1.2-2 中，测量误差对贯通面的影响值只考虑了 3 个独立因素：1 个洞外测量误差和 2 个洞内为两相向开挖进行的测量误差。即洞外按贯通中误差的 $\sqrt{1/3}$ 、洞内按 $\sqrt{2/3}$ 进行误差分配。若要通过竖井定向贯通时，则应把竖井定向作为一个新增加的独立因素参加中误差的分配，这时洞外按贯通中误差的 $\sqrt{1/4}$ 、洞内按 $\sqrt{1/2}$ 、竖井定向按 $\sqrt{1/4}$ 进行误差分配。

11.1.3 计算导线测量误差对贯通误差的影响值的两种方法均是偏安全的、近似的方法。其中，第一种方法适合于只有一个贯通面的情况，其理论上是严密的，且计算简单、直观，用端点误差椭圆在贯通面方向的投影长度作为地面控制测量误差在横向贯通面上的影响值时，其处理方法是近似的也是比较安全的。第二种方法适合于有多个贯通面的情况，常采用一个已知点和一个已知方向作为一个地下工程地面控制网的起算数据，并将洞口点纳入控制网中，这时可用相邻两洞口点的相对误差椭圆在贯通面方向的投影长度作为地面控制测量误差对贯通面的横向影响值，其理论上也是严密的、近似的。

11.2.1 按相向开挖长度进行控制网等级选择是依据下列计算分析得出的：如图 1 所示，用 1 个等边三角锁（实际上一般都布成四边形重叠锁），按 6km 以上 3 条已知边、边长 2km 和 6km 以下 2 条已知边、边长 1km 分别进行估算（这里是直接将点位中误差当作贯通面上的横向中误差），其估算结果见表 4。

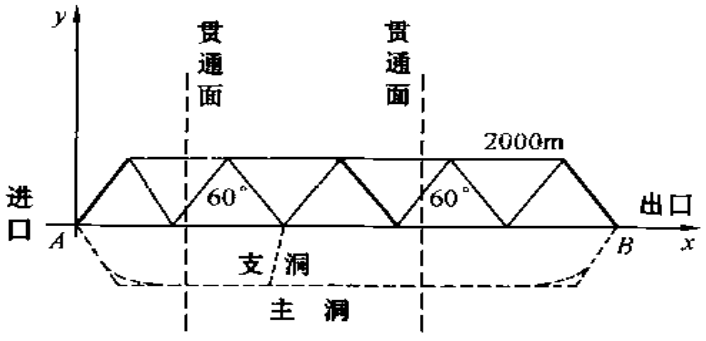


图 1　贯通误差预期值示意图

表 4　贯通误差预期值比较表

相向贯通间距 km	控制网等级	测角中误差（″）	方向中误差（″）	测角网贯通误差预期值 mm	边角组合网贯通误差预期值 mm	贯通误差允许值 mm
2	四等	±2.5	±1.77	±20	±17	±30
4				±51	±37	
4	三等	±1.8	±1.27	±34	±21	
6				±49	±24	±45
6	二等	±1.0	±0.71	±27	±13	
8				±37	±19	
10				±49	±26	

由表 4 看出：二等测角网在 10km 时点位中误差是±49mm，比允许的±45mm 稍大，三等测角网在 4km 时是±34mm，比允许的±30mm 也稍大，说明对于 10km 贯通间距的长隧洞布二等测角网、对于 4km 贯通间距的中长隧洞布三等测角网均可基本满足要求。

表 4 对采用边角组合网的情况也进行了估算，其结果表明边角组合网的精度比测角网的精度大大提高（估算时，二、三、四等边角组合网的边长精度分别按±（1mm+1mm/km）、±（2mm+2mm/km）和±（5mm+5mm/km）估算）。

11.2.2 对于测角网、测边网、边角组合网和 GPS 网的技术要求在参照第 5 章时应根据相应地下工程的贯通精度要求进行具体计算。

11.2.3 隧洞地面控制网采用光电测距导线时的具体技术要求要远比表 11.2.3（仅列出了部分参考情况）丰富。表 11.2.3 的数据是根据下列公式（未考虑起始数据的误差）计算的：

直伸附合导线终点 B 的闭合差中误差为：

$$M_B = \pm\sqrt{m_S^2 n + \left(\frac{m_\beta L}{\rho}\right)^2 \frac{(n+3)}{12}}$$

平差后导线中点（最弱点）K 的中误差为：

$$M_K = \pm 0.5\sqrt{m_S^2 n + \left(\frac{m_\beta L}{\rho}\right)^2 \frac{(n+6)}{48}}$$

导线全长相对闭合差为 M_B/L。

11.2.5 洞口点是将洞外控制（坐标、方向）传至地下的关键点，它的精度决定了地下控制的起算精度，因此本条做出的规定是保证满足贯通精度要求的必要措施。

11.2.6 隧洞控制网的过渡点的标石的埋设可以简化一些，对于洞口点（或支洞口）经常设站的点应埋设混凝土观测墩。

11.3.1 由于隧洞是通过不断掘进而形成的，而在施工过程中需要进行施工放样，因此施工导线必须随时建立，而基本导线只有在隧洞掘进至一定长度后，才能予以布置，且基本导线要服从贯通误差要求的需要，边长应有一定长度。

11.3.2 起始方向连接角的测角精度是按三等精度规定的。

11.3.3 施工导线必须跟着掘进面布设，过长会给掌子面放样带来困难，所以规定为 50m 左右。

11.3.6 表 11.3.6 是以洞内测量限差 ±40mm 和 ±60mm 为要求、按支导线端点误差求出的各种导线边长、测角精度、允许的

单向导线最大长度以及对应的相向贯通间距。实际使用时可根据下式自行计算调整：$M_B=\pm\sqrt{m_S^2n+\left(\frac{n+1.5}{3}\right)\left(\frac{m_\beta L}{\rho}\right)^2}$。当 M_B 不超过表 11.1.2-1 中贯通测量横向限差的一半（即横向中误差）时，即可认为满足要求。

11.3.10　由于围岩的变形及施工影响，大型洞室内的控制点必须定期检核，以防变动。

11.4.2　串线法是用目测来决定方向的，在 5m 以内目测两组垂线在一条直线上的精度约为±3′，在 20m 范围内延伸瞄准方向时其误差为：±20000×180/206265≈±17（mm），取 2 倍中误差为±34mm，可以满足开挖施工的精度需要。

11.4.4　测绘竣工断面是工程建设与竣工验收的需要，本条规定的测量精度指标与测量放样精度是适应的。

12 疏浚与渠堤测量

12.1.1 疏浚工程一般为沿着河道延伸的区域，其施工对平面、高程控制测量的精度要求较低，本条提出的控制测量精度是可以满足施工生产的。

12.1.3 施工性水尺一般只用于局部施工测量，水尺的测量能满足要求即可。

12.1.4 疏浚放样的精度，是根据设计要求和放样所达到的实际精度制定的。

12.2.1～12.2.2 渠堤工程的特点是：施工范围狭窄，平面位置精度要求不高，可采用低等级的三角网或导线联测。高程精度要求按四等水准测量即可，保证输水及挡水设计高程要求，应采用原有的勘测设计阶段水准系统的成果。

12.2.3 渠堤中心线点位误差不应超过±200mm，是指由附近的导线点放样渠堤的转折点时的点位误差。当转折点确定以后，两转折点的中心桩应保持在一直线上。施工阶段的断面间距是考虑能够精确计量而规定的。

12.2.6 对埋设控制点的数量要求是为了方便利于建筑物施工放样，并保证建筑物之间的相对精度而规定的。

13 附属工程测量

13.1.1 本条未将与水电水利工程有关的交通、送电及管道等线路工程的测量作为附属工程测量的内容，主要是由于其内容较多，且 GB 50026 及其他测量规范中已有规定。

13.2.2 表 13.2.2 中的指标是各生产单位多年来的实践经验总结。

13.2.4 各柱出现“连续同向倾斜”会增加倾倒的危险性，这本不属于测量专业的范围，但测量人员有责任注意提醒有关人员。

13.3.1 本条的指标是已建和在建工程中的经验总结，可能有些测量项目未在表中列出，同时部分项目的测量精度应服从生产中的具体设计要求。

13.4.1 施工前收集或测量施工区的陆上和水下地形图或断面图，一方面可作为竣工时工程量的计算依据，另一方面是为相关生产部门服务。

13.4.2 对土石围堰的填筑放样，轴线和边线（包括填料分界线）的精度分别为±30mm 和±100mm，可以满足生产施工。

13.4.6 因为各种填料在堰体结构中有各自特定的作用功能，故应控制好填料界线，同时在施工单价上也有差异。所以在竣工断面上要绘出各种填料分界线，并分类计算工程量。

14 施工期变形监测

14.1.2 对于结构物（专项工程设备安装和运行中设计要求变形监测的项目）的具体监测要求一般由设计提出。

14.1.3 表 14.1.3 中变形监测点测量中误差的规定是根据下列原则确定的：参照 GB 500026 有关精度指标进行适当调整；结合过去有关已建工程的监测设计要求；考虑了目前施工单位监测技术及设备水平。

14.1.4 由于施工测量控制网至少为四等精度，而变形监测所要得到的位移量是两期观测值（坐标、高程）的变化量，因此只要控制点是稳定的，控制点的误差对监测点位移量的大小的影响很小。实践也证明四等网的精度已可满足施工期变形监测基准点、工作基点的精度要求。

14.2.1 本条规定目的是确保基准点、工作基点的稳定、安全、可靠，以减少因为基准点、工作基点本身稳定性欠佳而对监测点观测误差的影响。

14.2.2 视准线监测点埋设时偏离基准线不大于 20mm 的规定，是由于受到活动觇牌游标尺长度的限制，目的是在可能的变形范围内仍能够在活动觇牌游标尺上读数。

14.3.2 表 14.3.2 中交会角γ及边长限值规定是由各方法的精度估算公式决定的。

测角前方交会（两观测角为α、β，交会角为γ）的精度估算

$$M_P = \pm\frac{m_\beta}{\rho}\cdot\frac{\sqrt{S_1^2+S_2^2}}{\sin(\alpha+\beta)}$$

若$S_1 \approx S_2 \approx S$，则有

$$M_P = \pm \frac{m_\beta}{\rho} \cdot \frac{\sqrt{2}S}{\sin\gamma}$$

式中 $\gamma = 180° - \alpha - \beta$。

测边前方交会（两观测边为 S_1、S_2，交会角为γ）的精度估算：

$$M_P = \pm \sqrt{\frac{m_{S1}^2 + m_{S2}^2}{\sin^2\gamma}}$$

若 $m_{S_1} \approx m_{S_2} \approx m_S$，则有

$$M_P = \pm \frac{\sqrt{2}m_S}{\sin\gamma}$$

边角前方交会（观测角为α、β，观测边为 S_1、S_2）的精度估算：

$$M_P = \pm m_S \sqrt{\frac{2S^4 + 2KS^2}{S^4\sin^2\gamma + 2KS^2(1+\cos^2\gamma) + K^2 2\sin^2\gamma}}$$

式中 $K = \left(\frac{\rho m_S}{m_\beta}\right)^2$；

$\gamma = 180° - \alpha - \beta$；

$S \approx S_1 \approx S_2$。

14.3.3 规定视线长度 S 和相应的测角中误差 m_β 的依据为：

对于小角度法，由测角中误差 m_β 引起的横向中误差 m_S 计算公式为 $m_S = m_\beta S/\rho$，依此公式分别按 m_S 为±3mm 和±5mm 的要求进行计算。

对于活动觇牌法，考虑到其照准精度比小角度法低一点，故将视准线长度适当缩短。

14.3.6 由于视准线的测点偏离基准线的距离不大于 20mm，同时工作基点与视准线测点基本上在一个高程面上，因此小角度观测法可不纵转望远镜，仅使用盘左或盘右位置测量小角。

14.3.7 若垂直角大于 3°，纵轴倾斜误差会显著影响水平角观测精度，且无法在度盘的两个位置读数中加以消除，因此遇到上述情况时，要读定水准气泡偏离值进行纵轴倾斜改正或重新整平水准气泡。

14.3.8 鉴于目前以 Leica TC2003 为代表的精密全站仪（其测距精度为±（1mm+1mm/km），测角精度为±0.5″）已开始用于高精度的测量作业中，直接用这种类型的全站仪进行变形点监测将比传统方法更优越简便。表 14.3.8 中的规定均已做了一定的保守估算，如对于 700m 的边长，测距中误差实际不到±2mm，1000m 边长的测距中误差也不到±3mm。当边长大于 500m 时，常规觇牌不易照准，特提出按 6.3.6 和 6.3.7 的规定制作觇牌；边长大于 700m 时增加到 6 测回，也是为了确保测角中误差的估算精度。

14.4.2 对于滑坡体垂直位移观测，测量人员不能达到或不安全的观测部位，可采用满足国家等级水准精度要求的光电测距三角高程法观测，主要适用于位移量数值比较大的对象。

14.5.1～14.5.2 相关规定是参照 DL/T 5178 的要求制定的。

15 竣 工 测 量

本章规定是根据 DL/T 5123、并参照 SL233 制定的。

15.1.1 本条强调竣工测量的重要性，防止重施工、轻资料采集和整理的倾向，保障工程竣工验收的顺利进行。

15.1.3 当竣工测量的精度不低于放样精度的要求时才可能反映出工程的质量。

15.1.4 逐渐积累竣工测量资料的方法是根据施工测量的实践经验总结出来的。实践证明，有些竣工资料从一开始就要注意采集，例如大坝上的垂直孔洞（倒垂孔、电梯井等）的形体竣工资料，可在每浇一层混凝土后以放样点为依据进行采集、整理，若要待施工全部完成后再进行形体测量就困难了。

15.1.5 本条主要针对需要竣工测量而未包括在 15.1.2 中的项目。

15.3.2 正确测绘不同材料的填筑分类线，既是工程结构的需要，也是正确计量和计价的需要。

15.4.3 对于混凝土工程过流部位形体测量的成果、资料，除了要求提供经整理后测绘的断面图、平面图、列表之外，还应提供二维、三维坐标的数据文件。因为通过坐标值的比较可以方便地说明建筑物的竣工尺寸及其偏差。

15.5.3 按惯例，过去许多水电水利工程的金属结构、机电埋件及安装工程，施工测量部门只负责安装轴线、安装基准点。安装单位根据安装轴线、安装基准点进行构件的安装、测量，安装工程竣工后其偏差值的测定，都是由安装工本身或由安装单位的测量人员完成的，其竣工资料也由安装单位向质检部门移交。本条明确规定安装轴线、安装基准点及安装体的定位和最终安装偏差数据的测设及其资料整理、移交均由施工测量部门负责，其目的是确保该部分竣工测量成果的质量。

16 资 料 整 编

施工测量资料是整个工程资料的重要组成部分，自然也应服从整个工程资料整编工作的要求。要做好资料整编工作，从工程开始至竣工的各阶段均应注意各方面资料的全面采集、收集和初步整理，故还应制定切实可行的制度、办法。整编的施工测量资料也是评定施工测量工作质量的主要依据。