

ICS 27.140

P 59

备案号: J2311—2017



中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5742 — 2016

---

# 水电水利地下工程施工测量规范

Specification of construction survey for hydroelectric  
and hydraulic underground works

2016-12-05 发布

2017-05-01 实施

---

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

# 水电水利地下工程施工测量规范

Specification of construction survey for hydroelectric  
and hydraulic underground works

**DL / T 5742 — 2016**

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2017 年 5 月 1 日

国家能源局

公 告

2016 年 第 9 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）有关规定，经审查，国家能源局批准《煤层气集输设计规范》等 373 项行业标准，其中能源标准（NB）66 项、能源/石化标准（NB/SH）29 项、电力标准（DL）111 项、石油标准（SY）167 项，现予以发布。

上述标准中煤层气、生物液体燃料、电力、电器装备领域标准由中国电力出版社出版发行，煤制燃料领域标准由化学工业出版社出版发行，煤炭领域标准由煤炭工业出版社出版发行，石油天然气领域标准由石油工业出版社出版发行，石化领域标准由中国石化出版社出版发行，锅炉压力容器标准由新华出版社出版发行。

附件：行业标准目录

国家能源局

2016 年 12 月 5 日

## DL / T 5742 — 2016

附件:

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
172	DL/T 5742— 2016	水电水利地 下工程施工 测量规范			2016-12-05	2017-05-01
...						

## 前 言

本规范根据《国家能源局关于下达 2012 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2012〕326 号）的要求编制。

本规范在编写过程中，编写组进行了专题研究，充分总结分析了地下工程施工测量经验，收集了相关文献资料，广泛征求了有关单位和专家的意见。

本规范的主要技术内容是：平面控制测量、高程控制测量、联系测量、贯通测量、开挖工程施工测量、混凝土工程施工测量、施工期变形测量和竣工测量。

本规范由中国电力企业联合会提出。

本规范由电力行业水电施工标准化技术委员会归口。

本规范主编单位：中国葛洲坝集团股份有限公司

中国长江三峡集团公司

本规范主要起草人员：晏春波 杨国兴 罗 琛 邱章云  
唐亿阶 杨生春 雷 勇 刘宇签  
冯昌幸 孔令红 刘运兵 陈光焰  
王义兵 陈桂华 张志伟

本规范主要审查人员：梅锦煜 席 浩 许松林 汪 毅  
宗敦峰 李志谦 吴新琪 楚跃先  
周厚贵 郭光文 孙来成 郑桂斌  
吴国如 吴义航 余 英 王文涛  
吴高见 向 建 张祖义 朱镜芳  
陈振华 朱明星 吕芝林 康明华  
陈 宏

本规范在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

## 目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	平面控制测量	3
3.1	地面平面控制测量	3
3.2	地下平面控制测量	4
4	高程控制测量	9
4.1	地面高程控制测量	9
4.2	地下高程控制测量	9
5	联系测量	11
5.1	一般规定	11
5.2	平面联系测量	11
5.3	高程联系测量	12
5.4	资料整理	13
6	贯通测量	14
6.1	一般规定	14
6.2	贯通误差设计与估算	14
6.3	贯通误差测定与调整	17
6.4	资料整理	17
7	开挖工程施工测量	18
7.1	开挖测量	18
7.2	支护测量	20
7.3	资料整理	20
8	混凝土工程施工测量	21
8.1	一般规定	21
8.2	混凝土施工测量	21

8.3 结构埋件施工测量 .....	22
8.4 资料整理 .....	22
9 施工期变形测量 .....	23
9.1 一般规定 .....	23
9.2 收敛监测 .....	24
9.3 拱顶沉降 .....	25
9.4 地表沉降及底板回弹 .....	26
9.5 数据处理 .....	27
10 竣工测量 .....	28
10.1 一般规定 .....	28
10.2 竣工断面测量 .....	28
10.3 混凝土形体测量 .....	29
10.4 结构埋件竣工测量 .....	29
10.5 资料整理 .....	30
本规范用词说明 .....	31
引用标准名录 .....	32
附：条文说明 .....	33

## Contents

1	General provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	Horizontal control survey .....	3
3.1	Ground horizontal control survey .....	3
3.2	Underground horizontal control survey .....	4
4	Vertical control survey .....	9
4.1	Ground vertical control survey .....	9
4.2	Underground vertical control survey .....	9
5	Connection survey .....	11
5.1	General rules .....	11
5.2	Horizontal connection survey .....	11
5.3	Vertical connection survey .....	12
5.4	Data processing .....	13
6	Breakthrough survey .....	14
6.1	General rules .....	14
6.2	Design and estimation of the breakthrough errors .....	14
6.3	Breakthrough error measurement and adjustment .....	17
6.4	Data processing .....	17
7	Excavation works survey .....	18
7.1	Excavation survey .....	18
7.2	Supporting survey .....	20
7.3	Data processing .....	20
8	Concrete works survey .....	21
8.1	General rules .....	21
8.2	Concrete works survey .....	21



8.3	Construction survey for the embedded structure parts .....	22
8.4	Data processing .....	22
9	Deformation survey during construction .....	23
9.1	General rules .....	23
9.2	Convergence monitoring .....	24
9.3	Crown settlement monitoring .....	25
9.4	The surface settlement and base slab heave .....	26
9.5	Data processing .....	27
10	Finish construction survey .....	28
10.1	General rules .....	28
10.2	Finish survey for the sections .....	28
10.3	Finish survey for the concrete structure shape .....	29
10.4	Finish survey for the embedded structure parts .....	29
10.5	Data processing .....	30
	Explanation of wording in this specification .....	31
	List of normative standards .....	32
	Addition: Explanation of provisions .....	33



## 1 总 则

**1.0.1** 为满足水电水利地下工程施工需要，统一水电水利地下工程施工测量技术要求，确保水电水利地下工程施工测量质量，特制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于水电水利地下工程施工测量。

**1.0.3** 本规范以中误差作为衡量精度的标准，以 2 倍中误差作为限差。

**1.0.4** 应建立健全质量保证体系，按照体系文件的要求进行测量作业。

**1.0.5** 从事水电水利地下工程施工测量的单位，应持有相应工程等级的施工测量资质证书，从事施工测量的专业作业人员应持证上岗。

**1.0.6** 施工测量人员遵守的准则应符合《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173 的相关规定。

**1.0.7** 施工测量人员应根据图纸、地形地质等条件的变化进行优化设计，调整施工测量方案。

**1.0.8** 施工测量所使用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检定，并在其检定有效期内使用。在测前或测后应进行检校的仪器、量具，应按相关规定进行自检。应加强仪器和量具的维护保养、定期检修。

**1.0.9** 地下工程施工测量除应符合本规范的规定外，还应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 支导线 open traverse

由已知控制点出发，不附和、不闭合于任何已知点的导线。

### 2.0.2 附和导线 connecting traverse

起止于两个已知控制点的导线。

### 2.0.3 闭合导线 closed traverse

起止于同一已知控制点的导线。

### 2.0.4 基本导线 primary traverse

布设到地下工程开挖面的支导线、附和导线或闭合导线。

### 2.0.5 施工导线 working traverse

以基本导线点为起算点布设的支导线。

### 2.0.6 贯通测量 break through survey

地下工程施工中和贯通后的测量。前者是为确保地下工程掘进能按设计准确贯通而进行的控制测量；后者是在地下工程贯通后，测定实际的横向、纵向和竖向贯通误差。

### 2.0.7 贯通测量误差 error of break 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。

### 2.0.8 收敛监测 convergence monitoring

测定地下工程施工及使用过程中产生的变形。

### 3 平面控制测量

#### 3.1 地面平面控制测量

**3.1.1** 控制网的建立可采用全球导航卫星系统（GNSS）测量、三角形网测量、导线（网）测量等方法。

**3.1.2** GNSS 网和地面三角形网按二、三、四等划分；导线（网）按二、三、四等和一级划分；高于上述等级要求时，应进行专门的技术设计。

**3.1.3** 控制网设计的等级应满足工程设计、施工精度要求。

**3.1.4** 控制网的坐标系统宜与工程首级施工控制网的坐标系统一致。也可根据需要，建立与规划设计阶段的坐标系统有换算关系的施工坐标系统。

**3.1.5** 控制网的坐标系统在施工区内投影长度变形应不大于  $\pm 2.5\text{cm/km}$ 。

**3.1.6** 各级加密控制网点相对于首级控制网点的点位中误差不应超过  $\pm 10\text{mm}$ 。

**3.1.7** 在每个地下工程的进洞口（包括支洞口）附近宜埋设不少于 3 个相互通视的平面控制点及 2 个高程控制点；采用 GNSS 观测时，宜选择观测条件良好、与设计洞口在同一高程面上的联系测量控制点。

**3.1.8** 控制网选点和埋设、GNSS 测量、地面三角形网测量、导线（网）测量、控制网的维护管理及资料整理执行《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173 的相关规定。

### 3.2 地下平面控制测量

**3.2.1** 地下控制点宜埋设于施工干扰小、便于设站、安全稳固、易保存的位置。测线与障碍物的距离应不小于 20cm。平面控制点宜与高程控制点共用。

**3.2.2** 地下控制点可埋设地标或强制归心标墩，地标顶面宜低于洞内地面 20cm~30cm。控制点应采取保护措施。

**3.2.3** 地下平面控制采用导线测量方法建立，导线布设为基本导线和施工导线。基本导线可布设单导线或双导线。

**3.2.4** 单向开挖长度小于 2km 的隧洞，基本导线可采用单导线；单向开挖长度大于 2km 且小于 6km 的隧洞，基本导线宜布设为闭合（附合）导线；单向开挖长度超过 6km 的隧洞，基本导线宜采用双导线。

**3.2.5** 导线布设为基本导线时，应符合下列技术要求：

1 采用单导线时，需估算导线终点的横向误差，其结果应满足贯通中误差的要求。

2 采用双导线时，宜由 3 对~4 对基本导线点形成闭合环，每个环由 4 条~6 条边构成。

3 双导线闭合环应满足以下限差要求：

1) 双导线闭合环的多边形角度闭合差按下式计算：

$$w \leq 2 m_{\beta} \sqrt{n} \quad (3.2.5-1)$$

式中：w——角度闭合差；

$m_{\beta}$ ——测角中误差；

n——多边形内角的个数。

2) 两期都进行观测过的角，较差按下式计算：

$$\Delta \leq 2\sqrt{2} m_{\beta} \quad (3.2.5-2)$$

式中：Δ——较差。

4 基本导线边长宜近似等长；直线段不宜小于 200m，曲线

段不宜小于 50m。基本导线等级根据隧洞相对开挖长度，按表 3.2.5-1 中的要求选取。

表 3.2.5-1 洞内导线测量等级要求

测量等级	适用长度 $L$ (km)	测角中误差 (")	边长相对中误差
二等	$9 \leq L \leq 20$	1.0	1/100 000
三等	$4 \leq L < 9$	1.8	1/55 000
四等	$2 \leq L < 4$	2.5	1/40 000
一级	$L < 2$	5.0	1/20 000

注：导线长度大于 20km 时，应进行专门的技术设计。

5 基本导线测量的主要技术要求应符合表 3.2.5-2 的规定。

表 3.2.5-2 洞内导线测量的技术要求

等级	测角中误差 (")	导线全长 相对闭合差	方位角闭 合差 (")	测回数		
				0.5"级仪器	1"级仪器	2"级仪器
二等	1.0	1/100 000	$\pm 2.0 \sqrt{n}$	6	9	—
三等	1.8	1/55 000	$\pm 3.6 \sqrt{n}$	4	6	10
四等	2.5	1/40 000	$\pm 5.0 \sqrt{n}$	3	4	6
一级	5.0	1/20 000	$\pm 8.0 \sqrt{n}$	—	2	2

注：表中  $n$  为测站数。

6 基本导线水平角观测除应符合《国家三角测量规范》GB/T 17942 和《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173 的相关规定外，还应符合下列规定：

- 1) 宜采用三联脚架法观测。
- 2) 测站只有两个方向时，应观测左、右角。奇数测回观测导线前进方向的左角，偶数测回观测导线前进方向

的右角。左、右角的测回数为总测回数的一半；观测右角时，以左角起始方向为准变换度盘位置，也可用起始方向的度盘位置加上左角的概值在前进方向配置度盘。采用仪器自动观测时，不考虑奇偶数测回，先测左角，后测右角。

- 3) 宜选择通风良好、施工干扰小的施工环境实施观测。
- 4) 观测前应先将仪器开箱放置一段时间，使仪器温度与当前环境温度一致。
- 5) 人工观测时，应确保洞内目标清晰；仪器自动观测时，应减少光源干扰。

7 基本导线距离测量应符合《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173 的相关规定。

8 基本导线延伸前，应检测延伸采用的已知点。

9 基本导线左角和右角分别取中数后相加，与  $360^\circ$  的差值不应超过本导线等级测角中误差的 2 倍。

**3.2.6** 基本导线复测宜从起算控制点开始，复测精度等级应与原洞内导线相同，复测方法及技术要求宜与原来的测量方法保持一致。基本导线在下列情况下应进行复测：

- 1 隧洞由支洞进入主洞之前。
- 2 隧洞贯通之前。
- 3 发现控制点不稳定或有被碰撞的迹象时。
- 4 遇到明显地震。
- 5 其他情形。

**3.2.7** 布设施工导线时，应符合下列规定：

1 施工导线点宜 50m 布设一点，相互距离大于 200m 应与基本导线附合。

2 施工导线点测量应采用支导线的方法从基本导线直接测设。水平角和边长均采用正倒镜观测 2 个测回，角度测回间互差应小于  $\pm 9''$ ，边长测回间互差应小于  $\pm 5\text{mm}$ 。



**3.2.8** 隧洞单向开挖长度大于 8km 时,应加测方位精度不低于 8" 的陀螺定向边。加测一条陀螺定向边时,宜在导线全长的 2/3 处加测;加测 2 条或 2 条以上陀螺定向边时,宜均匀分布。

**3.2.9** 陀螺经纬(全站)仪定向测量应符合下列规定:

1 陀螺经纬(全站)仪的一测回测量陀螺方位角的中误差不大于  $\pm 10''$ 。

2 陀螺经纬(全站)仪定向宜采用半自动或全自动定向方法,也可采用手动逆转点法、中天法等。

3 地下定向边的两端点应为基本导线点。选点应避免淋水、避风和便于观测,否则应采取防护措施。

4 测定仪器常数的地面已知边宜与地下定向边的平面位置相接近。

5 陀螺经纬(全站)仪一次定向应采用“地面已知边—地下定向边—地面已知边”的测量程序。

6 同一边任意两测回测量陀螺方位角的互差不应大于  $\pm 25''$ ;测前、测后两测回测定的陀螺经纬(全站)仪常数较差不应大于  $\pm 15''$ 。

7 两条陀螺定向边方位角之差的角值与全站仪实测角的较差应小于  $\pm 10''$ 。

8 隧道贯通前同一定向边陀螺方位角的测量应独立进行三次,三次定向陀螺方位角的较差应小于  $12''$ ,陀螺方位角的平均值中误差应小于  $\pm 8''$ 。

9 陀螺经纬(全站)仪的悬挂带零位超过  $\pm 0.5$  格时,应及时进行校正;观测中的测前、测后零位平均值大于 0.05 格时,应进行零位改正。

10 地面、地下同次观测应由同一观测者进行。

11 地面观测时,仪器、三脚架和电源部分应避免阳光直射,并宜在温度变化较小、天气晴朗和无风的时间段进行。

**3.2.10** 导线(网)测角中误差按下式估算:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}} \quad (3.2.10)$$

式中： $m_{\beta}$ ——测角中误差（″）；

$\Delta$ ——左、右角之和与  $360^{\circ}$  之差（″）；

$n$ ——各导线对应的测站数。

**3.2.11** 导线（网）距离观测、边长归算和测边精度评定、平差计算、内业计算数字取位按《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173 的相关规定执行。

**3.2.12** 地下平面控制测量完成后应整理以下资料：

- 1 技术设计书。
- 2 计量仪器检定证书及检验资料。
- 3 地下导线测量资料、计算成果和平面图。
- 4 平差计算成果和精度评定资料。
- 5 原始观测记录手簿（含电子版）。
- 6 技术总结。

## 4 高程控制测量

### 4.1 地面高程控制测量

**4.1.1** 控制网的建立可采用几何水准测量、电磁波测距三角高程测量等方法。

**4.1.2** 控制网等级可划分为二、三、四等；高于上述要求时，应进行专门的技术设计。

**4.1.3** 各级加密高程控制点相对于首级高程控制点的中误差，对混凝土建筑物应不大于 $\pm 10\text{mm}$ ，对土石建筑物应不大于 $\pm 20\text{mm}$ 。

**4.1.4** 控制网应布设为闭合环线、附和路线或结点网时，不得布设水准支线。

**4.1.5** 控制网的高程系统应与工程首级施工控制网的高程系统一致。

**4.1.6** 控制网选点和埋设、几何水准测量、电磁波测距三角高程测量、外业成果整理与平差计算等，按《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173 的相关规定执行。

### 4.2 地下高程控制测量

**4.2.1** 地下高程控制测量可采用水准测量或电磁波测距三角高程测量等方法，其测量等级应按表 4.2.1 的要求选取。

表 4.2.1 地下高程控制测量等级要求

部位	等级	每千米高差中误差 (mm)	洞室相向开挖长度 $L$ (km)
洞内	三等	$\leq 4.5$	$8 \leq L \leq 20$
	四等	$\leq 5.5$	$L < 8$

注：洞室相向开挖长度大于 20km 时，应进行专门的技术设计。

**4.2.2** 地下高程测量的主要技术要求及观测限差应按《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173 的相关要求执行。

**4.2.3** 施工导线点的高程测量应采用电磁波测距三角高程测量的方法，可直接测量高差，按正倒镜观测 2 个测回施测。

**4.2.4** 在洞内进行三角高程测量时，应符合《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173 的相关规定。

**4.2.5** 地下高程控制点应进行定期检测和复测。

**4.2.6** 地下控制测量完成后应整理以下资料：

- 1 技术设计书。
- 2 计量仪器检定证书及检验资料。
- 3 高程测量资料、计算成果和平面图。
- 4 平差计算成果和精度评定资料。
- 5 原始观测记录手簿（含电子版）。
- 6 技术总结。

## 5 联系测量

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 有竖井的长隧洞工程应进行联系测量。对于高度大于 40m 的竖井，联系测量应进行专门的技术设计，主要内容应包括精度估算、选择测量仪器和工具、确定观测方法及限差要求等。

**5.1.2** 联系测量前，应对控制点进行校核。

**5.1.3** 联系测量在同阶段、同时期应至少独立进行两次测量，应取加权平均值或算术平均值作为最终成果。

### 5.2 平面联系测量

**5.2.1** 平面联系测量可采用三角形联系测量方法、导线法及陀螺经纬（全站）仪和垂准仪联合定向法。三角形联系测量可采用垂准仪投点配合全站仪或悬挂钢丝垂球配合全站仪的方式。

**5.2.2** 三角形联系测量应符合下列规定：

1 联系三角形应按图 5.2.2 布设，两垂线之间的距离  $a$  宜选择最大值。

2 边长往返各测量 3 次，读数应估读到 0.1mm，边长丈量中误差应小于  $\pm 0.8\text{mm}$ 。

3 角度测量应使用  $\pm 2''$  级及更高精度的仪器按方向观测法观测 4 个测回；角度观测的中误差在地面应小于  $\pm 4''$ ，地下应小于  $\pm 6''$ 。

4 垂线间距离的观测值与按余弦定理计算的同一距离之间的较差应小于  $\pm 2\text{mm}$ 。在地面及地下的垂线间距离观测值较差不大于  $\pm 2\text{mm}$ 。

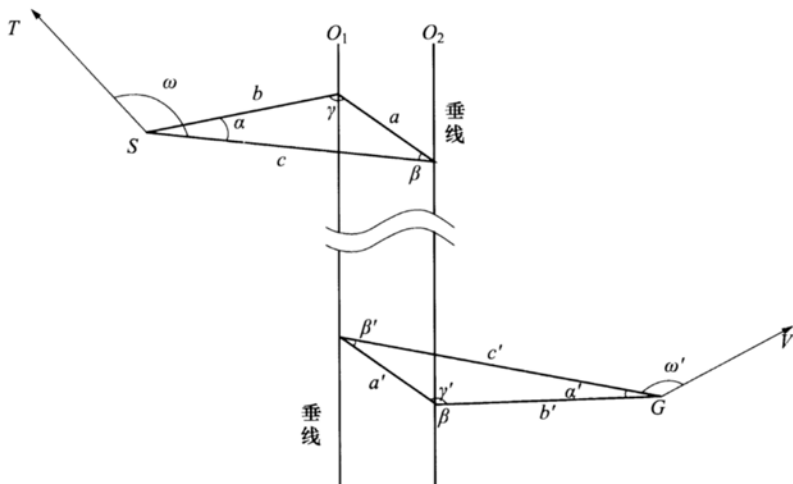


图 5.2.2 三角形联系测量示意图

**5.2.3** 垂准仪投点应符合下列规定：

- 1 垂准仪的支承台架应与操作平台分离。
- 2 投点时，在互为  $120^\circ$  的三个方向投点后取三角形重心。
- 3 应至少 3 次独立测定投点坐标，坐标互差应小于  $\pm 2\text{mm}$ 。

**5.2.4** 采用导线测量方法时，垂直角应小于  $\pm 30^\circ$ 。

**5.2.5** 陀螺经纬（全站）仪和垂准仪联合定向法采用垂准仪定位、陀螺仪定向，垂准仪一测回垂准测量标准偏差应小于  $1/100\,000$ ，陀螺经纬（全站）仪的一测回测量陀螺方位角的中误差应不大于  $\pm 10''$ 。

### 5.3 高程联系测量

**5.3.1** 高程联系测量可采用悬挂钢尺法或电磁波测距法。

**5.3.2** 作为高程传递的高程控制点不应少于 2 个。

**5.3.3** 悬挂钢尺法传递高程应满足下列要求：

- 1 悬挂钢尺用的重锤质量应与钢尺检定时质量相同；应在

井上和井下安置两台水准仪同时读数。

2 每次应独立观测 3 个测回，每个测回应变动仪器高度，3 个测回测得井上、井下水准点的高差较差应小于 $\pm 5\text{mm}$ 。

3 各测回测定的高差应进行温度和尺长改正、钢尺垂曲改正及钢尺自重张力改正。

**5.3.4** 采用电磁波测距法传递高程应符合下列规定：

1 应保证竖井内成像清晰。

2 在竖井内上、下部位量取温度和气压，取平均值进行气象改正。

3 观测值应进行加、乘常数改正。

4 用水准仪测定地面高程控制点至反射棱镜中心、井下高程控制点至全站仪中心的高差。

5 光电测距应独立测量不少于 3 次，其互差应小于 $\pm 3\text{mm}$ 。

## 5.4 资 料 整 理

**5.4.1** 联系测量完成后应整理以下资料：

1 技术设计书。

2 计量仪器检定证书及检验资料。

3 平面和高程联系测量原始观测记录手簿（含电子版）、计算成果和平面图。

4 平差计算成果和精度评定资料。

## 6 贯通测量

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 地下工程测量应编制贯通测量设计书，主要内容应包括贯通误差预计、选择测量仪器和工具、确定观测方法及限差要求、绘制贯通测量设计图等。

**6.1.2** 在贯通工程两工作面间的距离接近 50m 时，应对两端控制导线进行复测。

**6.1.3** 贯通后，应在贯通点处测量实际贯通误差，并将两端导线、高程连接起来，计算各项闭合差，并进行精度分析，编写总结报告。

### 6.2 贯通误差设计与估算

**6.2.1** 地下工程相向开挖中线的贯通限差应不大于表 6.2.1 中规定的限差。

表 6.2.1 贯通测量限差

相向开挖长度 $L$ (km)	限差 (mm)	
	横向	高程
$L < 5$	$\pm 100$	$\pm 70$
$5 \leq L < 9$	$\pm 150$	
$9 \leq L < 14$	$\pm 300$	
$14 \leq L \leq 20$	$\pm 400$	

注：相向开挖长度大于 20km 的地下工程，贯通误差应进行专门的设计。



**6.2.2** 控制测量对贯通中误差的影响值应不大于表 6.2.2 中规定的限值。

**表 6.2.2 控制测量对贯通中误差的影响值限值**

相向开挖 长度 $L$ (km)	中误差 (mm)			
	横向		高程	
	地面	地下	地面	地下
$L < 5$	$\pm 25$	$\pm 40$	$\pm 20$	$\pm 30$
$5 \leq L < 9$	$\pm 37$	$\pm 60$		
$9 \leq L < 14$	$\pm 75$	$\pm 120$		
$14 \leq L \leq 20$	$\pm 100$	$\pm 170$		

注：相向开挖长度大于 20km 的地下工程，贯通误差应进行专门的设计。

### 6.2.3 贯通测量横向误差估算：

1 洞外控制测量误差在贯通面上产生的横向误差按式 (6.2.3-1) 估算：

$$M^2 = m_j^2 + m_c^2 + \left( \frac{L_j \cos \theta \times m_{aj}}{\rho} \right)^2 + \left( \frac{L_c \cos \varphi \times m_{ac}}{\rho} \right)^2 \quad (6.2.3-1)$$

式中后两项可由式 (6.2.3-2) 计算得出：

$$m_{dw} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{m_G}{\rho} \times L \quad (6.2.3-2)$$

式中： $m_j$ 、 $m_c$ ——洞外控制点点位中误差 (")；

$m_{aj}$ 、 $m_{ac}$ ——洞口控制点后视边方位角中误差 (")；

$\varphi$ 、 $\theta$ ——联系角 (°)；

$L_j$ 、 $L_c$ ——联系边测量相对中误差 (")；

$m_{dw}$ ——洞外定向中误差 (")；

$m_G$ ——定向边方向误差 (")。

$\rho$ ——常数，206 265"；

$L$ ——导线总长度。

2 洞内导线测量误差在贯通面上产生的横向误差按下列公式估算：

$$m_{y\beta} = \pm \frac{m_{\beta}}{\rho} \sqrt{\sum R_x^2} \quad (6.2.3-3)$$

$$m_{yL} = \pm \frac{m_L}{L} \sqrt{\sum d_y^2} \quad (6.2.3-4)$$

$$M'_y = \pm \sqrt{\frac{m_{y\beta}^2 + m_{yL}^2}{n}} \quad (6.2.3-5)$$

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（mm）；

$m_{\beta}$ ——测角中误差（″）；

$\rho$ ——常数，206 265″；

$R_x$ ——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（mm）；

$L$ ——导线总长度（m）；

$\frac{m_L}{L}$ ——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（mm）；

$n$ ——导线组数。

6.2.4 贯通测量高程误差可按式（6.2.4）估算：

$$m_h = \pm \sqrt{m_{hj}^2 + m_{hc}^2 + m_{h1}^2 + m_{h2}^2} \quad (6.2.4)$$

式中： $m_{hj}$ 、 $m_{hc}$ ——两端进洞高程控制点高程中误差（mm）。

$m_{h1}$ 、 $m_{h2}$ ——洞内两端高程控制中误差（mm）。

### 6.3 贯通误差测定与调整

**6.3.1** 隧洞贯通后，应对贯通误差进行测定。高程贯通误差以实测高程差值为准，水平方向贯通误差可按式（6.3.1-1）计算：

$$f = \pm \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (6.3.1-1)$$

式中： $\Delta x$ 、 $\Delta y$  ——分别从隧洞进、出口的导线控制点测量贯通点的坐标差值。

一般以中线作为  $x$  轴，当贯通面位于直线段时，则：

$$f_h = \Delta x, \quad f_z = \Delta y \quad (6.3.1-2)$$

当贯通面位于曲线段时，则：

$$f_h = f \cos \varphi, \quad f_z = f \sin \varphi \quad (6.3.1-3)$$

其中：
$$\varphi = \arctan \frac{\Delta y}{\Delta x} - \alpha_g$$

式中： $\alpha_g$  ——贯通面方向的坐标方位角；

$f_h$  ——贯通面横向贯通误差；

$f_z$  ——贯通面纵向贯通误差。

**6.3.2** 贯通误差的调整应在未衬砌地段进行，宜取最大长度，并依据线路长度按比例调整，后续施工应以调整后的中线、腰线作为依据。

### 6.4 资料整理

**6.4.1** 施工过程中应及时整理下列资料：

- 1 贯通测量技术设计书。
- 2 贯通误差的实测结果和贯通误差调整的说明或平差资料。
- 3 闭合差计算、精度分析和技术总结。

## 7 开挖工程施工测量

### 7.1 开挖测量

**7.1.1** 施工放样测站点测设时，宜选择 2 个以上的施工导线点自由设站，后视边长度不宜小于 30m。设站检核点坐标的较差应小于检查点相对于基本导线点中误差的  $2\sqrt{2}$  倍。

**7.1.2** 高程放样宜采用电磁波测距三角高程测量方法。放样点与测站点间高差较大时，应采用正倒镜测量，取平均高差值计算高程。

**7.1.3** 钻爆法开挖轮廓放样点的点位限差相对于洞室轴线宜为  $\pm 50\text{mm}$ 。

**7.1.4** 掌子面开挖放样宜标定中线、腰线和开挖轮廓线的特征点；分层开挖的大型洞室掌子面宜增加开挖轮廓线的特征点放样密度。

**7.1.5** 开挖轮廓线上放样的特征点应放样下钻方向点；轮廓线上放样的非特征点可间隔两点放样下钻方向点。

**7.1.6** 大型洞室中下层台阶爆破钻爆开挖，应每个钻孔放样。预裂和光面爆破钻孔放样点位误差应不大于  $\pm 20\text{mm}$ 。

**7.1.7** 在竖井开挖前应测量竖井中心及开挖轮廓点，竖井为多边形时应测设角点。

**7.1.8** 在竖井井口应测量轴线控制点。竖井在井口成型、井台形成及挖深过程中，应进行井的中心、角点或轮廓的检查。

**7.1.9** 斜井开挖放样应布设近井控制点，并按基本导线技术要求施测。采用导井开挖施工时，宜采用激光指向仪测量，扩挖阶段宜采用全站仪测量。

**7.1.10** 开挖施工过程中,宜经常检测超欠挖情况,根据需要在施工部位标明桩号和高程。

**7.1.11** 采用激光指向仪指导隧洞掘进施工,应符合下列要求:

1 激光指向仪可安装在隧洞中线或腰线。隧洞掘进中,应校核激光指向仪的安装位置和指向,并校核开挖掌子面的轮廓点和特征点。

2 激光指向仪的安装位置距离工作面不宜小于 50m,不应大于 200m;距离贯通面或终点较近时,应改用全站仪放样。

**7.1.12** 采用全断面掘进机(TBM 或盾构)施工时,应符合下列要求:

1 应利用基本导线点测量掘进机安装测量控制点。

2 掘进机安装完成或始发前,应测量掘进机结构特征点上的参考点,计算掘进机轴线、刀盘切口里程、切口处平面偏差、切口处高程偏差、纵向坡度、横向旋转角等初始姿态参数,以建立掘进过程中人工导向系统。

3 隧道设计轴线、掘进机的初始姿态参数等数据应由不同的测量人员独立复核并比对无误,方可输入导向系统软件,作为自动导向系统的初始值。

4 自动导向系统的测站坐标应由基本导线点采用导线测量的方法测量。

5 搬站时,确认自动导向系统处于正常工作状态后,掘进机停止掘进,记录保存搬站前后掘进机的姿态参数,比对搬站前后掘进机的姿态参数,各项较差小于限差值,搬站成果合格;否则,查找原因更正,必要时重测。

6 搬站距离根据现场生产和通视条件决定,观测视线不能过于贴近洞壁和设备。掘进机的姿态数据跳动较大时,应及时搬站。

7 自动导向系统各个单元应设置保护装置,减少水、粉尘、油、烟及其他设备对测量结果的影响。

**8** 根据现场掘进的实际情况，应采用人工导向方法对自动导向系统按一定的频度检核校正。

## **7.2 支 护 测 量**

**7.2.1** 锚杆开孔位置测量放样允许误差为 $\pm 100\text{mm}$ ，角度允许偏差为 $\pm 3.0^\circ$ 。

**7.2.2** 钢拱架、管棚等安装测量允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ 。

**7.2.3** 喷锚作业前应标定需处理的欠挖位置，位置允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

**7.2.4** 支护工程设计对允许偏差值有要求时，执行设计要求。

**7.2.5** 锚索应每孔放样，测量放样允许误差为 $\pm 50\text{mm}$ ；在多种锚杆、锚索交替时，应准确标注。

**7.2.6** 锚杆、锚索的设计开孔位置位于岩体里面或处于悬空状态时，应放样其法线方向与实际岩壁的交点作为开孔点。

## **7.3 资 料 整 理**

**7.3.1** 地下工程开挖在施工过程中应及时收集、整理下列资料：

- 1** 明挖部分的原始地形图、测量数据。
- 2** 隧洞轮廓点、线的放样计算、记录资料。
- 3** 开挖工程量测量资料。
- 4** 开挖工程量计算图、表。

**7.3.2** 地下工程开挖竣工后应整理下列资料：

- 1** 开挖测量方案、专项技术设计书。
- 2** 控制网测量、复测成果资料。
- 3** 隧洞轮廓点线的放样、开挖检测资料。
- 4** 开挖竣工断面图、竣工工程量计算表。

## 8 混凝土工程施工测量

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 混凝土测量作业宜以测量控制点作为设站点。

**8.1.2** 混凝土工程平面测量可采用极坐标、轴线交会、方向线等方法测设，高程测量可采用电磁波测距三角高程或几何水准施测。

**8.1.3** 平面基准垂直传递可采用激光垂准仪或光学垂准仪施测，高程垂直传递可采用电磁波测距或悬挂钢带尺的方法。

**8.1.4** 使用的全站仪精度不低于 $\pm 2''$ 、 $\pm (2\text{mm} + 2\text{mm/km})$ ，水准仪精度不低于 $\pm 3\text{mm/km}$ ，垂准仪精度不低于 1:40 000。

**8.1.5** 在洞室作业过程中，应经常将仪器镜头及反射棱镜、条码尺上的水雾擦拭干净。当洞室内水汽或粉尘浓度较大时，应停止测量作业。

### 8.2 混凝土施工测量

**8.2.1** 混凝土衬砌轮廓点放样及模板测量的点位限差应按表 8.2.1 中的规定执行。

**表 8.2.1 洞室内混凝土衬砌轮廓点放样及模板测量的点位限差**

建筑物名称	点位限差 (mm)	
	平面	高程
地下厂房及引流、导流、泄水建筑物的主体结构	$\pm 20$	$\pm 20$
一般地下结构物（井、孔洞）及普通隧洞衬砌等	$\pm 25$	$\pm 20$

注：点位限差均相对于邻近基本控制点而言。

**8.2.2** 混凝土施工前，应对控制点（或中线点）进行复测检查并

适当加密，检测成果与原测成果的较差应不大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

**8.2.3** 在混凝土施工前，应对洞室断面进行验收测量。

**8.2.4** 地下洞室衬砌前应进行贯通测量；实际贯通误差宜在未衬砌地段调整，调整段的衬砌均应以调整后的中线和高程进行放样。未贯通前，进行衬砌施工时，应提高控制测量精度。

**8.2.5** 混凝土衬砌轮廓放样点相对于竖井轴线的测量限差应小于 $\pm 20\text{mm}$ 。

**8.2.6** 盾构机衬砌环测量应在盾尾内管片拼装和衬砌环完成壁后注浆两个阶段进行，内容宜包括衬砌环中心坐标、底部高程、水平直径、垂直直径和前端面里程，测量误差应小于 $\pm 10\text{mm}$ ；其他偏差测定误差应小于 $\pm 5\text{mm}$ 。

### **8.3 结构埋件施工测量**

**8.3.1** 结构埋件的安装定位测量限差应为安装容许偏差的0.5倍。

**8.3.2** 垂准测量方法可采用正、倒垂引张线法或光学、激光垂准仪法。

**8.3.3** 基础结构埋件中心点相对定位轴线的测量偏差应不大于 $\pm 5\text{mm}$ ，高程应不大于 $\pm 3\text{mm}$ 。

**8.3.4** 结构埋件施工测量的其他技术要求应按《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173的规定执行。

### **8.4 资料整理**

**8.4.1** 混凝土工程施工测量过程中应整理下列测量资料：

- 1 衬砌前的验收断面图及外业数据资料。
- 2 专项测量技术方案。
- 3 控制测量资料。
- 4 测量放样资料。
- 5 验收资料。
- 6 单项工程竣工后，整理竣工资料。



## 9 施工期变形测量

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 施工期变形测量项目及内容见表 9.1.1。

**表 9.1.1 施工期变形测量项目及内容**

序号	测量项目	测量内容	备注
1	洞室净空变形	收敛监测	
2	洞室顶拱沉降	垂直位移	
3	地表沉降	垂直位移	针对“洞室埋深小于洞室开挖宽度 2.5 倍的浅埋段”
4	洞室底板回弹	垂直位移	

**9.1.2** 变形测量断面和测点应布设在有代表性的地段及围岩质量差、不稳定的块体等部位；在洞口和分叉处等特殊工程部位，应设置测量断面。

**9.1.3** 变形测量点首次观测应在掘进后或下一循环掘进之前及时实施，不得超过 24h。

**9.1.4** 变形测量点首次应连续观测 2 次，取平均值作为初始值。周期观测频次按设计要求执行；遇到异常情况或不良地质时，应增加观测频次。

**9.1.5** 每期观测完成后，应及时整理观测数据。当观测结果接近预警值或异常变化时，应及时通报。

**9.1.6** 变形测量实施单位应根据设计要求或工程特点，编制变形测量实施细则。

## 9.2 收敛监测

9.2.1 收敛监测可采用收敛计或全站仪实施测量。

9.2.2 收敛测点应埋设牢固。

9.2.3 收敛测点宜布置在断面上的特征部位，并对称布设。

9.2.4 收敛监测基线布置根据不同的施工方法和地质情况确定，可按照表 9.2.4 的规定进行布置。

表 9.2.4 收敛监测基线数布置

地质地段 开挖方法	一般地段	特殊地段
全断面开挖法	一条水平测线	
台阶开挖法	每台阶一条水平测线	每台阶一条水平测线、两条测斜线
分部开挖法	每分部一条水平测线	每分部一条水平测线、两条测斜线

9.2.5 采用收敛计量测应符合下列规定：

1 收敛计的量测精度等级应高于 0.1mm；首次使用收敛计观测前，应先进行“对零”。

2 宜固定观测人员和收敛计；采用 2 台以上收敛计观测时，应作比较修正。

3 每测次量测前应检查测点有无损坏、松动，并将灰尘擦拭干净。

4 量测前，应采取措施，减少环境温度对量测精度的影响。

5 基线每测次重复测读 3 次，观测值取 3 次的平均值；当 3 次观测值较差大于 0.5mm 时，应重新观测。

9.2.6 采用全站仪量测应符合下列规定：

1 全站仪标称测角精度不低于 2"，测距精度不低于 2mm+2mm/km。

2 测点的平面点位中误差不大于±3.0mm，高程中误差不大于±1.0mm。

3 测点应采用带保护装置、具有反光效应的靶标，同一断面的测点埋设朝向一致。

4 同次量测应使用同一台测量仪器。

5 量测主要技术要求应符合表 9.2.6 的规定。

表 9.2.6 全站仪自由设站法量测主要技术要求

仪器精度等级		测回数	测回差 (mm)		
测角	测距		$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$
2"	2mm+2mm/km	4	4	4	2
1"	2mm+2mm/km	2	3	3	1.5
0.5"	1mm+1mm/km	1			

### 9.3 拱 顶 沉 降

9.3.1 拱顶沉降监测可采用几何水准或全站仪极坐标法。

9.3.2 拱顶沉降监测基准点可利用稳定的施工水准点，也可另行布设在变形区域以外稳定的位置。监测基准点布设应不少于 1 组，每组不少于 3 个点。

9.3.3 拱顶沉降测点和收敛测点宜布设在同一断面。当洞室跨度大时，应增设测点。

9.3.4 采用几何水准的主要技术要求应符合下列规定：

1 几何水准路线闭合差应符合表 9.3.4-1 的规定。

表 9.3.4-1 几何水准路线闭合差要求

等级	往返较差、附和或环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)
一等	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$
二等	$0.30\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$

注：表中  $n$  为测站数。

## 2 几何水准观测技术要求应符合表 9.3.4-2 的规定。

表 9.3.4-2 几何水准观测的主要技术要求

等级	水准仪 等级 型号	水准 尺	视线 长度 (m)	前后视 的距离 较差 (m)	前后视 的距离 较差累积 (m)	视线离 地面最 低高度 (m)	基本分划、 辅助分划 读数较差 (mm)	基本分划、 辅助分划所 测高差较差 (mm)
一等	DS05	钢瓦	15	0.3	1.0	0.5	0.3	0.4
二等	DS05	钢瓦	30	0.5	1.5	0.5	0.3	0.4

注：数字水准仪观测不受基、辅分划读数较差指标的限制，但测站两次观测的高差较差，应满足表中相应等级基、辅分划所测高差较差的限值。

3 变形测量使用的水准仪视准轴与水准管轴的夹角、补偿式自动安平水准仪的补偿误差，以及水准尺上的米间隔平均长与名义长之差等检校项目，应按《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897、《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898 的规定执行。

4 起始点高程，宜采用施工区原有高程系统。

## 9.4 地表沉降及底板回弹

9.4.1 地表沉降及底板回弹测点可采用钻孔埋设，锚固牢靠。

9.4.2 地表沉降测点宜在开挖前布设。地表沉降监测断面应按表 9.4.2 的要求布置；断面上的监测点横向间距宜为 2m~5m，监测范围不应小于洞室埋深与洞室开挖宽度之和；地表有控制性建筑物时，监测范围应适当加宽。

表 9.4.2 地表沉降监测断面间距布设要求

洞室埋深与开挖宽度	断面间距 (m)
$2B < H_0 < 2.5B$	20~50
$B < H_0 < 2B$	10~20
$H_0 < B$	5~10

注： $H_0$  为洞室埋深， $B$  为洞室开挖宽度。

**9.4.3** 回弹测点和收敛测点宜布设在同一断面上。

**9.4.4** 地表沉降及底板回弹监测应采用几何水准方法。

## **9.5 数 据 处 理**

**9.5.1** 每次观测后应立即对观测数据进行校核，如有异常，应及时补测。

**9.5.2** 每次观测后应及时整理资料并报送。

**9.5.3** 测量数据分析宜包括以下内容：

1 监测成果的可靠性。

2 根据量测值绘制时态曲线，包含变形量和时间关系曲线、位移速率变化时空关系曲线、收敛量与开挖掌子面距离的空间变化关系曲线等。

**9.5.4** 根据工程需要，应收集、整理以下资料：

1 变形测量实施细则。

2 监测成果统计表。

3 测点位置分布图。

4 温度、位移相关曲线图，时间、位移相关曲线图，位移速率、时间、位移量曲线图。

5 其他影响因素的相关曲线图。

6 变形测量报告。

## 10 竣工测量

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 竣工测量应包括以下内容：

- 1 开挖、支护竣工断面测量。
- 2 混凝土形体测量。
- 3 金属结构、机电设备埋件竣工测量。
- 4 其他需要竣工测量的项目。

**10.1.2** 竣工测量精度不应低于施工测量放样精度。

**10.1.3** 竣工测量应根据施工的进度，按竣工测量的要求，逐步收集整理竣工资料。应在单项工程完工后，再进行全面的竣工测量及资料整理工作。

### 10.2 竣工断面测量

**10.2.1** 隧洞开挖、喷锚支护及混凝土浇筑完成后应及时测绘竣工断面。

**10.2.2** 竣工断面测量应符合以下技术要求：

1 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。

2 断面布设：断面的布设可根据轴线布设，也可根据高程布设；复杂部位可参照设计图布设。断面间距可根据工程部位和地形复杂程度，在 3m~10m 范围内选择。一般直线段宜 5m~10m 一条，曲线段宜 3m~5m 一条，结构变化的应适当增加断面，有特殊要求的部位按设计要求执行。

3 断面测量点的位置，应能反映开挖、喷锚支护和混凝土浇

筑现状及其建筑限界控制点、设计指定位置的断面点。断面上每个测点的桩号相对测设的断面桩号，对土石方开挖允许偏差为 $\pm 100\text{mm}$ ，对混凝土衬砌工程允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

4 断面测点间距应以能正确反映断面形状为原则，测点间图上距离应不大于 $2\text{cm}$ ，地形变化处应加密测点。

5 断面测量时测点的精度要求应符合表 10.2.2 的规定。

表 10.2.2 断面测量时测点的精度要求

断 面 类 别	测点相对于洞室轴线的限差 (mm)	
	平面	高程
石方工程收方断面	$\pm 100$	$\pm 100$
混凝土工程收方断面	$\pm 50$	$\pm 50$
喷锚支护收方断面	$\pm 50$	$\pm 50$

10.2.3 竣工断面图的比例尺，可根据工程部位范围大小在 $1:50\sim 1:500$ 之间选择。地下厂房等大洞室的断面，其比例尺应选用 $1:500$ 或 $1:200$ ；抗力体排水洞等小洞室的断面，其比例尺应选用 $1:50$ 或 $1:200$ ；探洞、地质缺陷断面图，应视面积大小确定比例尺。

10.2.4 大断面洞室采用分层开挖时，宜分层实施竣工断面测量。

10.2.5 有地质缺陷的部位，应测绘地质缺陷地形图或适当加测竣工断面。

### 10.3 混凝土形体测量

10.3.1 混凝土形体测量可测量断面点或散点，测点的密度宜根据建筑物形体特征确定。

10.3.2 竖井、斜井等孔、洞的竣工测量应随施工进度分层实施。

### 10.4 结构埋件竣工测量

10.4.1 整理结构埋件测量的基准点的复核、检测资料。

**10.4.2** 结构埋件竣工验收测量精度应不低于安装放样的精度。

## **10.5 资 料 整 理**

**10.5.1** 施工测量竣工资料宜包括以下内容：

- 1** 开挖、支护竣工断面图。
- 2** 混凝土建筑物竣工形体资料。
- 3** 竣工工程量计算数据、图表及说明。
- 4** 结构埋件安装竣工验收资料。
- 5** 施工期变形测量设备埋设及测量资料。
- 6** 施工测量所依据的工程图纸、文件及其他数据资料。

**10.5.2** 竣工测量资料整理应符合下列要求：

- 1** 竣工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，并附上说明。
- 2** 竣工纵、横断面图，应注明断面桩号、断面中心桩坐标、比例尺，并附有断面布置示意图。
- 3** 混凝土工程形体测量资料，应提供三维坐标的数据文件。
- 4** 施工期变形测量资料齐全。
- 5** 整理后的竣工资料应建立会签制度。



## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897

《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898

《国家三角测量规范》GB/T 17942

《水电水利工程施工测量规范》DL/T 5173

中华人民共和国电力行业标准

水电水利地下工程施工测量规范

**DL / T 5742 — 2016**

条 文 说 明

## 目 次

3	平面控制测量	35
3.1	地面平面控制测量	35
3.2	地下平面控制测量	36
4	高程控制测量	39
4.2	地下高程控制测量	39
5	联系测量	40
5.2	平面联系测量	40
6	贯通测量	41
6.1	一般规定	41
6.2	贯通误差设计与估算	41
6.3	贯通误差测定与调整	41
7	开挖工程施工测量	43
7.1	开挖测量	43
8	混凝土工程施工测量	44
8.1	一般规定	44
8.2	混凝土施工测量	44
8.3	结构埋件施工测量	45
9	施工期变形测量	46
9.1	一般规定	46
9.2	收敛监测	46
9.3	拱顶沉降	46
9.4	地表沉降及底板回弹	46
10	竣工测量	47
10.1	一般规定	47
10.5	资料整理	47

### 3 平面控制测量

#### 3.1 地面平面控制测量

**3.1.1** 全球导航卫星系统 (GNSS) 测量是本规范平面控制网建立的首选方法。

**3.1.5** 平面控制网的坐标系统在施工区内投影长度变形主要表现为坐标反算的边长值与实测值不一致。一般规范, 如《工程测量规范》GB 50026—2007 中规定工程控制网的边长每公里长度变形不大于 2.5cm, 而《高速铁路工程测量规范》TB 10601—2009 规定坐标系统的投影长度变形值不宜大于 10mm/km。

本规范中认为, 投影变形对贯通误差的影响与地下隧洞所处投影带的位置及地下隧洞轴线与中央子午线的夹角有关。因此, 投影长度变形对贯通误差有较大影响时, 建立独立坐标系, 把边长投影变形值控制在一定范围内, 以满足长距离隧洞施工的贯通误差设计。

**3.1.7** 洞口附近用于联系测量的平面控制点如果采用 GNSS 观测, 宜尽量选择与设计洞口在同一高程面上, 这主要是为了减小垂线偏差对贯通误差的影响。

由  $i$ 、 $j$ 、 $k$  三点组成的角度  $\beta_j$ , 以法线为基准的角度和以垂线为基准的角度之差为:

$$\Delta\beta_j = (-\xi_j \sin A_{jk} + \eta_j \cos A_{jk}) \tan \alpha_{jk} - (-\xi_j \sin A_{ji} + \eta_j \cos A_{ji}) \tan \alpha_{ji} \quad (3-1)$$

式中:  $\xi_j$ 、 $\eta_j$  ——测站  $j$  垂线偏差在南北方向和东西方向的分量;

$A_{ji}$ 、 $A_{jk}$  ——方位角;

$\alpha_{ji}$ 、 $\alpha_{jk}$ ——高度角，当用于联系测量的平面控制点选择与设计洞口在同一高程面上时， $\alpha_{ji}$ 和 $\alpha_{jk}$ 均接近于零， $\Delta\beta_j \approx 0$ ，垂线偏差对贯通误差的影响基本消除。

### 3.2 地下平面控制测量

3.2.4 采用单导线形式时，估算导线终点的横向误差公式如下：

#### 1 支导线形式：

$$m_1^2 = \frac{7.8348m_\beta^2}{s}L^3 + 11.7522m_\beta^2L^2 + \frac{m_d^2}{s}L \quad (3-2)$$

#### 2 闭合（附合）导线形式：

$$m_1^2 = \frac{0.1225m_\beta^2}{s}L^3 + 0.7345m_\beta^2L^2 + \frac{0.2500m_d^2}{s}L \quad (3-3)$$

式中： $m_1$ ——导线端点的点位中误差（"）；

$m_\beta$ ——测角中误差（"）；

$m_d$ ——测距中误差（mm）；

$L$ ——导线总长度（km）；

$s$ ——导线平均边长（km）。

关于隧洞单向开挖长度限制的说明：

按常规 2"级全站仪和三等导线精度进行估算，则有： $m_\beta = 1.8''$ ， $m_d = 2\text{mm}$ ， $s = 0.3\text{km}$ 。

#### 1 支导线形式：

支导线终点的点位中误差应小于贯通误差限制值，则 $m_1$ 应小于或等于 $\pm 40\text{mm}$ ，按式(3-1)推算可得导线长度 $L$ 应小于 $2.5\text{km}$ 。

#### 2 闭合（附合）导线形式：

闭合（附合）导线最弱点中误差应小于相应贯通误差限制值，则 $m_1$ 应小于或等于 $\pm 60\text{mm}$ ，按式(3-2)推算可得导线长度 $L$ 应小于 $6.5\text{km}$ 。

因未考虑导线形状等误差影响，导线长度要求应适当从严，故支导线形式隧洞单向开挖限制为 2km，闭合（附合）导线形式隧洞单向开挖限制为 6km。

**3.2.5 2** 布设双导线主要是为了增加网的多余观测量，增加导线的闭合检核条件，提高网的整体强度和精度。双导线的主要布设形式见图 3-1。

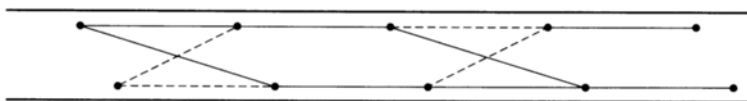


图 3-1 双导线布设示意

**3** 每当双导线向前延伸一个环节，需对闭合环多边形的角度闭合差、两期重复观测角较差、导线端点中误差进行计算和检核，双导线应按导线网平差模型进行平差。

**4** 导线边长直线段不宜小于 200m 的要求，是基于仪器观测前后觇标的对中误差对测角精度的影响不大于 1/2 的测角中误差推算而得。导线边长曲线段不宜小于 50m，是根据水电工程中隧洞最小曲线半径及导线边距洞壁不小于 0.2m 等参数估算而得。确保照准清晰的条件下，基本导线平均边长宜尽量长。

**6** 基本导线水平角观测前，将仪器开箱放置在地下洞室内一般 20min 左右即可。

**8** 洞内导线点延伸前，应至少检查前 3 个导线点的角度、边长等相对位置关系，在确保起算点稳定的情况下进行。

**3.2.6** 洞内导线复测后，可采用式 (3-3) 进行稳定性分析和评定：

$$\Delta_{xc} = \pm 2\sqrt{m_{yc}^2 + m_{fc}^2} \quad (3-4)$$

式中： $\Delta_{xc}$ ——复测坐标（高程）与原测坐标（高程）较差的限差（mm）；

$m_{yc}$ ——原测坐标（高程）中误差（mm）；

$m_{fc}$ ——复测坐标（高程）中误差（mm）。

**3.2.7** 由于施工导线为直接放样开挖轮廓线的依据，必须保证其正确性，因此要进行多次重复测量，以确保不出现粗差。

**3.2.9** 目前 10"级的自动陀螺全站仪已在水电地下工程中使用。对于超长隧洞，洞内可增设高精度的陀螺定向边，以检核洞内导线的方位。

自动陀螺全站仪一次定向标称精度为 $\pm 10''$ ，每条陀螺边独立观测 3 个测回，两条陀螺边共观测 6 个测回，则两条陀螺边归算到同一条定向边的中误差为 $\pm 4.1''$ ，如陀螺经纬仪仪器常数测定误差也为 $\pm 4.1''$ 时，则定向误差 $= \pm 4.1'' \times \sqrt{2} = \pm 5.8''$ 。陀螺边连接角的测角误差按四等（ $\pm 2.5''$ ）计算，则起始边的方向误差为 $\pm 6.3''$ 。三次独立定向后的地下导线起始边的平均值中误差 $= \pm 6.3 / \sqrt{3} = \pm 3.6''$ 。因此，采用三次独立定向后可达到较高的精度。



## 4 高程控制测量

### 4.2 地下高程控制测量

**4.2.1** 地下高程控制测量宜选择电磁波测距三角高程测量方法。

## 5 联系测量

### 5.2 平面联系测量

**5.2.1** 导线法较适用于井口大、深度浅（深度小于 30m）的竖井进行联系测量。

**5.2.2** 联系三角形呈直伸三角形有利于提高测量精度，锐角 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\alpha'$ 、 $\beta'$ 宜小于  $1^\circ$ 。

## 6 贯通测量

### 6.1 一般规定

**6.1.2** 根据施工方要求，及时将贯通工作面间的剩余距离书面报告给施工技术负责人，并进行警示性提醒。

### 6.2 贯通误差设计与估算

**6.2.1** 本规范表 6.2.1 中所选取的精度指标主要基于两个方面考虑：一是地下工程的纵向贯通误差对工程的影响不大，而横向贯通误差的影响比较显著，故只规定横向贯通误差；二是水电水利工程的长隧洞主要是引水发电，故对横向贯通误差要求稍严格，高程贯通误差要求稍放宽。

**6.2.2** 平面控制测量总误差  $m_z$  对横向贯通误差的影响主要来源于洞外控制测量误差和洞内导线测量误差，考虑洞外观测条件较好，取洞外控制测量误差在贯通面上的影响为  $\sqrt{\frac{1}{4}}m_z$ ，则洞内导线测量误差在贯通面上的影响为  $\sqrt{\frac{3}{4}}m_z$ 。

**6.2.3 1** 洞外控制测量误差在贯通面上产生横向误差的主要因素是洞口联系边的测量误差和洞外控制点的坐标误差。

**6.2.4** 影响贯通测量高程误差的因素有两端进洞控制点高程误差和洞内两端高程控制测量误差。

### 6.3 贯通误差测定与调整

**6.3.1** 在贯通面附近加设一临时桩，分别从两端的导线控制点和

高程控制点测定其三维坐标。反映测角误差影响的方位角贯通误差可采取将仪器架设在临时桩上，观测该临时桩与两端导线控制点的夹角，然后将两端导线连通的方法求出方位角闭合差。

**6.3.2** 在未衬砌地段选取一段控制导线，将方位角闭合差平均分配到导线观测角度上，以调整后的各导线方位角推算各导线边的坐标增量并计算坐标增量闭合差，将坐标增量闭合差按边长比例改正，计算调整后的导线控制点坐标。

## 7 开挖工程施工测量

### 7.1 开 挖 测 量

**7.1.1** 洞室中控制点受围岩收敛、放炮震动、机械设备碾压或碰撞等影响，可能会发生位移。

**7.1.9** 激光指向仪不要用于控制开挖边线，因为激光指向仪控制边线，易出现超欠挖，影响进度和经济效益。激光指向仪是在全站仪不具备免棱镜测距功能时，才用于控制扩挖边线。

**7.1.12 2** 掘进机结构特征点上的参考点应布置在与掘进机掘进轴线相对位置不变动的位置；点间尽可能拉大距离，提高刀盘切口姿态量测的精度；所有人工测点应在同一测站量测。

**6** 视线过于贴近洞壁和设备，旁折光对测角、测距的影响较大，会导致掘进机的姿态数据跳动较大。

## 8 混凝土工程施工测量

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 为保证测量精度，一般以测量控制点为设站点，直接进行测量或据此进行加密控制测量。

**8.1.3** 采用电磁波测距的方法进行高程垂直传递，在隔河岩水电站、三峡水利枢纽、向家坝水电站等工程建设中均有成功应用。

**8.1.5** 仪器镜头、反射棱镜及条码尺上的水雾和洞室内水汽或粉尘对测量精度有直接影响，可能会造成测量精度下降，甚至出现错误。

### 8.2 混凝土施工测量

**8.2.1** 混凝土放样及立模验收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。

**8.2.3** 在衬砌施工前，要对洞室的实际开挖断面进行测绘，并与设计图尺寸进行对照，据实将超欠挖情况向施工单位反馈，便于施工单位对于不符合设计要求的断面进行处理或设计变更，否则将影响衬砌厚度和隧洞净空。

**8.2.4** 进行贯通测量的目的是了解贯通情况进行贯通误差调整测量。为了使地下工程满足结构界限条件，隧道贯通后或二次衬砌施工前应进行线路中线调整测量，利用中线调整测量后的成果作为下一道工序的施工依据。

**8.2.6** 管片拼接完成后与盾尾脱离前测定衬砌环姿态，主要是为

管片拼装机提供衬砌环拼装偏差的修正参数；与盾尾脱离后测定衬砌环姿态，主要是提供衬砌环安装初始位置偏差的修正参数。

### 8.3 结构埋件施工测量

**8.3.1** 结构埋件施工测量作业的一般流程如下：

- 1 计算、复核放线数据。
- 2 测量埋件平面和高程控制点。
- 3 现场测量放样，在埋件埋设部位或埋件固定架上标定轴线方向、桩号（或距离）及高程。
- 4 埋件安装过程中检查测量，调整纠偏。
- 5 验收测量。

**8.3.2** 正、倒垂引张线法即利用直径为 0.15mm~0.20mm 的高强度不锈钢丝，一端固定在安装轴线标志的中心，另一端的重锤或球状浮子置于液体容器中，形成一条基准线，在待观测点上安置具有刻度分划的钢板尺或其他标尺，读取数值。光学、激光垂准仪法除按正常的步骤操作外，每次观测应多方向旋转照准，取多方向平均值为最后观测成果。

## 9 施工期变形测量

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 结构物在施工期的变形监测是建设项目的必要环节，其具体监测要求一般由设计单位提出，并由测量单位制订详细的监测方案。

**9.1.6** 变形测量实施细则是现场作业、检查验收的依据，必须报监理、业主，经审核批准后实施。

### 9.2 收敛监测

**9.2.1** 本条列出了收敛测量的两种方法。因收敛测点埋设于洞室拱腰和拱顶位置，高于地面，采用收敛计量测操作很不方便，而采用全站仪自由设站量测法操作简单快捷，故具体应用时，应根据洞室高度选用不同的监测方法。

### 9.3 拱顶沉降

**9.3.4** 精密水准法的主要技术要求，是参考了现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897、《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898 的相关要求制定的。

### 9.4 地表沉降及底板回弹

**9.4.1** 本条给出了埋设要求，作业时，可根据工程类型、监测周期长短以及精度要求合理选择。



## 10 竣 工 测 量

### 10.1 一 般 规 定

**10.1.1** 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。

**4** 其他需要竣工测量的项目是指交通廊道、排水廊道、母线廊道形体测量等。

**10.1.2** 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。

**10.1.3** 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，例如地下厂房的垂直孔洞（如母线竖井、通风竖井等）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。

### 10.5 资 料 整 理

**10.5.1** 对于混凝土建筑物竣工形体资料，除了要求提供经整理后测绘的断面图、表格之外，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。