

# 第八章

# 高程控制测量



西南交通大学  
Southwest Jiaotong University

## 高程控制测量的任务：

在测区布设一批高程控制点，即水准点，用精确措施测定它们的高程，构成高程控制网。

## 高程控制测量的措施：

水准测量和三角高程测量。

高程基准面：大地水准面。

## 水准原点：

我国要求自**1989**年起一律采用“**1985 国家高程基准**”。以这个基准测定的青岛水准原点高程为**72.260m**。



# 高程控制测量

## 国家高程控制网

国家高程控制网是用**精密水准测量**措施建立的，所以又称国家水准网。国家水准网的布设也是采用从**整体到局部**，由**高级到低档**，分级布设逐层控制的原则。国家水准网分为一、二、三、四，**4**个等级。

第一节  
概述



西南交通大学  
Southwest Jiaotong University

# 高程控制测量

## 国家高程控制网

- **一等水准网**是沿平缓的交通路线布设成周长约**1500km**的环形路线。一等水准网是精度最高的高程控制网，它是国家高程控制的骨干，同步也是地学科研工作的主要根据。
- **二等水准网**是布设在一等水准环线内，形成周长为**500~750km**的环线。它是国家高程控制网的全方面基础。



# 高程控制测量

## 国家高程控制网

- **三等水准**一般布置成附合在高级点间的附合水准路线，长度不超出**200km**。
- **四等水准**均为附合在高级点间的附合水准路线，长度不超出**80km**。
- **三、四等级**水准网是直接为地形测图或工程建设提供高程控制点。

# 高程控制测量

## 工程建设中的高程控制网

按照由高级到低档分级布设的原则, 高程控制网的等级分为二、三、四、五等水准及图根水准。

视测区的大小, 各等级水准均可作为测区的首级高程控制。首级网应布设成环形路线, 加密时宜布设成附合路线或结点网。

独立的首级网, 应以不低于首级网的精度与国家水准点联测。

水准点应有一定的密度, 一般沿水准路线每  $1\sim 3\text{km}$  埋设一点, 埋设后应绘制点之记。水准观察须待埋设的水准点稳定后方可进行。

# 工程建设中的高程控制测量主要技术要求 表8-1

等级	每公里高差中误差 (mm)	路线长度 (km)	水准仪的型号	水准尺	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差	
					与已知点联测	附和路线或环线	平地 (mm)	山地 (mm)
二等	2	—	$DS_1$	因瓦	往返各一次	往返各一次	$4\sqrt{L}$	—
三等	6	$\leq 50$	$DS_1$	因瓦	往返各一次	往一次	$12\sqrt{L}$	$4\sqrt{n}$
			$DS_3$	双面		往返各一次		
四等	10	$\leq 16$	$DS_3$	双面	往返各一次	往一次	$20\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$
五等	15	—	$DS_3$	单面	往返各一次	往一次	$30\sqrt{L}$	—
图根	20	$\leq 5$	$DS_{10}$		往返各一次	往一次	$40\sqrt{L}$	$12\sqrt{n}$

注：① 结点之间或结点与高级点之间，其路线的长度、不应不小于表中要求的**0.7**倍；  
 ②  $L$ 为来回测段，附和或环线的水准路线长度 (km)； $n$ 为测站数。

## 第二节 三、四等水准测量措施

三、四等水准测量一般是在国家一、二等水准网（点）的基础上进行，常用作小地域的首级高程控制，以及工程建设地域的工程测量和变形观察的基本控制。

与一般（等外）水准测量相比它的精度更高，减弱观察误差的措施更多，一般需采用黑红双面水准尺。

三、四等水准路线一般尽量沿铁路、公路以及其他坡度较小、施测以便的路线布设。尽量防止穿越湖泊、沼泽和江河地段。水准点应选在土质坚实、地下水位低、易于观察的地方。凡易受淹没、潮湿、震动和沉陷的地方，均不宜作水准点位置。

水准点选定后，应埋设水准标石和水准标志，并绘制点之记，以便后来查寻。



## 第二节 三、四等水准测量措施

### 三、四等水准测量的主要技术要求 表8-2

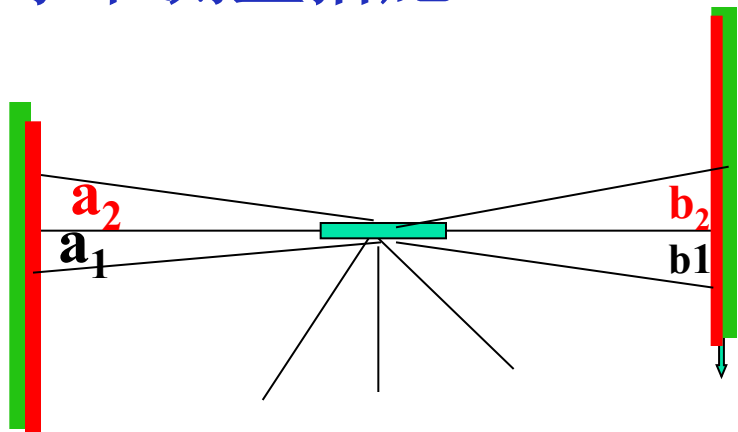
等级	仪器型号	视线长度 m	前后视较差 m	前后视累积差 m	黑红面读数差 mm	黑红面所测高差之差 mm
三	DS <sub>3</sub>	65 ( 80 )	3.0	6.0	2.0	3.0
四	DS <sub>3</sub>	80 ( 100 )	5.0	10.0	3.0	5.0

三、四等水准测量的观察应在通视良好、成像清晰稳定的情况下进行。下面介绍用DS3水准仪和双面水准尺进行三、四等水准测量的程序及其观察登记表

## 第二节 三、四等水准测量措施

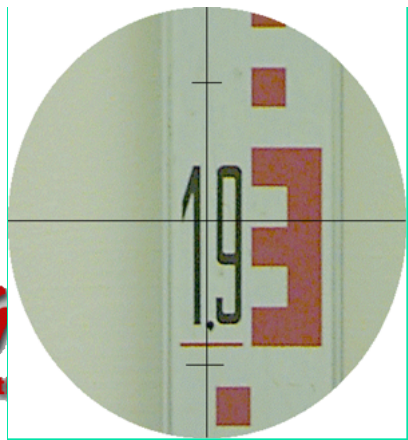
### 四等水准测量

每一测站上，按下列顺序进行观察：



- (1) 后视水准尺的黑面，读下丝、上丝和中丝读数。(1)、(2)、(3)
- (2) 后视水准尺的红面，读中丝读数。(4)
- (3) 前视水准尺的黑面，读下丝、上丝和中丝读数。(5)、(6)、(7)
- (4) 前视水准尺的红面，读中丝读数(8)。

以上的观察顺序称为**后-后-前-前**，即**黑-红-黑-红**，在后视和前视读数时，均**先读黑面再读红面**，读黑面时**读三丝读数**，读**红面**时**只读中丝读数**。



括号内数字为读数顺序。统计和计算格式见表8-3，其中括号内数字表达观察和计算的顺序，同步也阐明有关数字在表格内应填写的位置。

三、四等水准测量的观察登记表 表8-3

测站编号	测点编号	后尺	下丝	前视	下丝	方向及尺量	水准尺读数 (m)		K+黑 减红 (mm)	高差 中数 (m)	备注
			上丝		上丝		黑面	红面			
		后视距		前视距		黑面	红面	K+黑 减红 (mm)	高差 中数 (m)		
		视距差 $d$		$\Sigma d$							
		(1)	(5)	后	(3)	(4)	(13)			K <sub>7</sub> =4.687 K <sub>8</sub> =4.787	
		(2)	(6)	前	(7)	(8)	(14)				
		(9)	(10)	后-前	(15)	(16)	(17)	(18)			
		(11)	(12)								
1	BM1   Z1	1.891	0.758	后 7	1.708	6.395	0			+1.1340	
		1.525	0.390	前 8	0.574	5.361	0				
		36.6	36.8	后-前	+1.134	+1.034	0				
		-0.2	-0.2								





## 第二节 三、四等水准测量措施

### 四等水准测量的数据计算和检核

#### 1、测站上的计算和检核

##### (1)、视距计算

对于四等水准测量，前后视距差不得超出**5m**；对于三等水准测量，不得超出**3m**。

后视距离

$$(9) = (1) - (2)$$

前视距离

$$(10) = (5) - (6)$$

前、后视距差

$$(11) = (9) - (10)$$

前、后视距累积差

$$(12) = \text{本站 } (11) + \text{前站 } (12)$$

计  
算  
和  
检  
核

		(1)	(5)	后	(3)	(4)	(13)		K <sub>r</sub> =4.687 K <sub>s</sub> =4.787
		(2)	(6)	前	(7)	(8)	(14)		
		(9)	(10)	后-前	(15)	(16)	(17)	(18)	
		(11)	(12)						
1	BM1	1.891	0.758	后7	1.708	6.395	0	+1.1340	
		1.525	0.390	前8	0.574	5.361	0		
	Z1	36.6	36.8	后-前	+1.134	+1.034	0		
		-0.2	-0.2						



## 第二节 三、四等水准测量措施

### 四等水准测量的数据计算和检核

#### 1、测站上的计算和检核

##### (2)、同一水准尺红、黑面读数差的检核

$K$ 为水准尺红、黑面常数差，一对水准尺的常数差 $K$ 分别为**4.687**和**4.787**。对于四等水准测量，**红、黑面读数差**不得超出**3mm**；对于三等水准测量，不得超出**2mm**。

同一水准尺黑、红面中丝读数之差应等于该尺的尺常数 **$K$  (4.687和4.787)**。

$$\text{前尺 (13)} = (3) + K_1 - (4)$$

$$\text{后尺 (14)} = (7) + K_2 - (8)$$

计算和检核

		(1)	(5)	后	(3)	(4)	(13)	
		(2)	(6)	前	(7)	(8)	(14)	
		(9)	(10)	后-前	(15)	(16)	(17)	(18)
		(11)	(12)					
1	BMI	1.891	0.758	后7	1.708	6.395	0	+1.1340
		1.525	0.390	前8	0.574	5.361	0	
	Z1	36.6	36.8	后-前	+1.134	+1.034	0	
		-0.2	-0.2					

$K_7=4.687$

$K_8=4.787$

## 第二节 三、四等水准测量措施

### 四等水准测量的数据计算和检核

#### 1、测站上的计算和检核

##### (3)、高差的计算和检核

对于四等水准测量，黑、红面高差之差不得超出5mm；对于三等水准测量，不得超出3mm。

黑面高差:  $(15) = (3) - (7)$

红面高差:  $(16) = (4) - (8)$

黑红面所测高差之差  $(17) = (14) - (13) = (15) - (16) \pm 100$

上式中的100为两根水准尺红面的起始注记之差，单位为mm。

假如(17)符合要求，则计算高差中数

高差中数:  $(18) = \frac{1}{2} \{ (15) + (16) \pm 100 \}$

		(1)	(5)	后	(3)	(4)	(13)	K <sub>r</sub> =4.687 K <sub>s</sub> =4.787
		(2)	(6)	前	(7)	(8)	(14)	
		(9)	(10)	后-前	(15)	(16)	(17)	
		(11)	(12)				(18)	
1	BMI	1.891	0.758	后7	1.708	6.395	0	+1.1340
		1.525	0.390	前8	0.574	5.361	0	
	Z1	36.6	36.8	后-前	+1.134	+1.034	0	
		-0.2	-0.2					



## 第二节 三、四等水准测量措施

### 四等水准测量的数据计算和检核

#### 2. 总的计算和检核(观察结束后的计算与检核)

在手簿每页末或每一测段完毕后，应作下列检核：

##### (1) 视距的计算和检核

末站的  $(12) = \Sigma(9) - \Sigma(10)$

##### (2) 高差的计算和检核

当测站数为偶数时

$$\begin{aligned} \text{总高差} &= \Sigma(18) = \frac{1}{2} [\Sigma(15) + \Sigma(16)] \\ &= \frac{1}{2} \{ \Sigma[(3) + (4)] - \Sigma[(7) + (8)] \} \end{aligned}$$

当测站数为奇数时

$$\text{总高差} = \Sigma(18) = \frac{1}{2} [\Sigma(15) + \Sigma(16) \pm 100]$$

计  
算  
和  
检  
核

检 核	$\Sigma(9) = 185.2$	$\frac{1}{2} [\Sigma(15) + \Sigma(16)] = 3.7015$	总高差 = $\Sigma(18) = +3.7015$
	$-\Sigma(10) = 186.3$		
	$-1.1$	$\Sigma[(3) + (4)] = 32.791$	
	末站 $(12) = -1.1$	$-\Sigma[(7) + (8)] = 25.388$	
	总视距 = $\Sigma(9) + \Sigma(10)$	$+7.403 \times \frac{1}{2} = +3.7015$	
$= 371.5$			

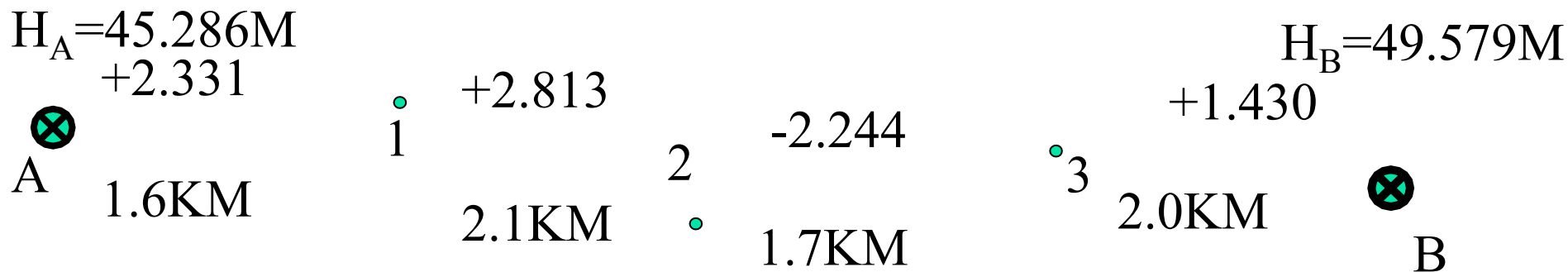


## 第二节 三、四等水准测量措施

### 三、四等水准测量的数据计算和检核

#### 2. 全路线测量成果的整顿

三、四等单一水准路线的成果整顿与一般水准测量相同  
(参见第二章)。



# 四等水准测量登记表8-3

测站编号	测点编号	后尺	下丝	前视	下丝	方向及尺号	水准尺读数 (m)		K+黑 减红 (mm)	高差 中数 (m)	备注
		上丝	上丝	上丝	黑面		红面				
		后视距		前视距		黑面	红面	(13)	(18)		
		视距差 $d$		$\Sigma d$						(3)	
		(1)	(2)	(5)	(6)	后	(3)	(4)	(13)		K <sub>f</sub> =4.687 K <sub>s</sub> =4.787
		(2)	(3)	(6)	(7)	前	(7)	(8)	(14)		
		(9)	(10)	(10)	(11)	后-前	(15)	(16)	(17)		
		(11)	(12)	(12)	(13)						
1	BM1   Z1	1.891	0.738	0.738	0.738	后 7	1.788	6.595	0	+1.1340	
		1.525	0.390	0.390	0.390	前 8	0.574	5.361	0		
		36.6	36.8	36.8	36.8	后-前	+1.134	+1.024	0		
		-0.2	-0.2	-0.2	-0.2						
2	Z1   Z2	2.746	0.867	0.867	0.867	后 8	2.530	7.319	-2	+1.8850	
		2.313	0.425	0.425	0.425	前 7	0.646	5.333	0		
		43.3	44.2	44.2	44.2	后-前	+1.884	+1.986	-2		
		-0.9	-1.1	-1.1	-1.1						
3	Z2   Z3	2.043	0.849	0.849	0.849	后 7	1.773	6.459	+1	+1.1880	
		1.502	0.318	0.318	0.318	前 8	0.584	5.372	-1		
		54.1	53.1	53.1	53.1	后-前	+1.189	+1.087	+2		
		+1.0	-0.1	-0.1	-0.1						
4	Z3   BM2	1.167	1.677	1.677	1.677	后 8	0.911	5.696	+2	-0.5055	
		0.655	1.155	1.155	1.155	前 7	1.416	6.102	+1		
		51.2	52.2	52.2	52.2	后-前	-0.505	-0.406	+1		
		-1.0	-1.1	-1.1	-1.1						

检 核	$\Sigma (9) = 185.2$ $-\Sigma (10) = 186.3$ $\quad\quad\quad -1.1$ 末站 (12) = -1.1 总视距 = $\Sigma (9) + \Sigma (10)$ $= 371.5$	$\frac{1}{2} [\Sigma (15) + \Sigma (16)] = 3.7015$ 总高差 = $\Sigma (18) = +3.7015$ $\Sigma [(3) + (4)] = 32.791$ $-\Sigma [(7) + (8)] = 25.388$ $+7.403 \times \frac{1}{2} = +3.7015$
--------	---	--

## 第三节 三角高程测量措施

### 定义

根据两点间的水平距离或斜距离以及竖直角来求出两点间的高差。三角高程测量又可分为经纬仪三角高程测量和光电测距（全站仪）三角高程测量。

### 优缺陷

这种措施较之水准测量灵活以便，但精度较低，主要用于山区的高程控制和平面控制点的高程测定。

### 经纬仪三角高程测量

利用平面控制测量中，已知的边长和用经纬仪测得两点间的竖直角来求得高差。

### 光电测距三角高程测量

用光电测距仪测得的斜距及竖直角来计算高差。其经常与光电测距（全站仪）导线合并进行，形成所谓的“三维导线”。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/146121111144010225>