

《国家水准测量规范》 说 明

国家测绘总局编

792

测绘出版社

《国家水准测量规范》

说 明

国家测绘总局编

测 绘 出 版 社

《国家水准测量规范》说明
国家测绘总局编
(只限国内发行)

*

测绘出版社出版
三河县水利局印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 毫米 1/32 · 印张 $1\frac{3}{4}$ · 字数 38 千字

1974 年 12 月 第一版 · 1985 年 11 月 第五次印刷

印数 24,001~34,000 册 · 定价: 0.42 元

统一书号: 15039·新 12

目 录

第一章 总 则	1
1. 精度估算公式	1
2. 基本精度指标的规定	5
3. 国家水准网的密度和精度	12
4. 关于采用正常高系统的问题	13
5. 一等水准路线复测年限的规定	15
第二章 技术设计、选点与埋石	16
1. 关于合并甲、乙型基本水准标石 并增加标石埋设密度的问题	16
2. 季节性冻土地区的埋石	17
3. 观测距离埋石的时间	18
第三章 水准仪、水准标尺及其检验	20
1. 各等水准测量所使用的仪器	20
2. 关于室内检验方法	22
3. 关于补偿式自动安平水准仪的检验	23
4. 检验项目的修改	23
5. 检验方法的一些改进	25
第四章 水准观测	30
1. 关于一等水准测量由双路线(双转点)观测 改为单路线(单转点)观测的问题	30
2. 水准测量中一些主要限差的试证	32
3. 关于一等水准测量在土质坚硬条件下 允许使用尺台的问题	38
第五章 跨越障碍物的水准测量	39

1. 跨河水准测量测回数 and 测回互差 (高差之差)的规定	39
2. 关于取消原细则中对测回高差中误差 的限差规定问题	44
3. 取消原细则中上、下半测回加入 i 角、地球弯曲差、折 光差改正后高差之差(即 δh)的限差规定, 并从而取消近 标尺设置远(B)桩观测的有关规定	45
4. 光学测微法跨河水准测量每组观测中, 各次照准标志线的读数互差的限差	45
5. 经纬仪倾角法的跨河水准测量	46
第六章 外业成果的记录与整理	49
1. 一、二等水准观测记录五位数的规定	49
2. 野外水准测量成果需加入正常重力位水准面不平行的 改正	49

第一章 总 则

本章叙述了布设国家高程控制网的总的原则。它包括采用的高程系统；高程起算的基准面；高程控制网的等级划分；布网方案；复测年限；各等水准测量的总的精度要求以及精度估算的公式。同时对标定各等水准点的水准标石的类型也作了原则的规定。

同原细则比较，本章把各等水准测量的一些具体技术规定放在第二章“技术设计、选点与埋石”中，以便于技术设计时的使用。同时也使总则部分重点突出。对各等水准测量的精度估算公式和总的精度要求本规范都作了较大的修改，对高程控制网的密度作了必要的调整，并对采用的高程系统进一步予以明确，对于一等水准路线的复测年限也作了一些变动。下面仅就主要修改加以说明：

1. 精度估算公式

精度估算的目的在于：一是对水准测量精度作出评定；二是给水准网平差提供确定路线权的参考数据。因此，在水准测量中进行必要的精度估算是不可缺少的。目前对水准测量精度估算的公式很多。原细则规定在外业工作结束后，要用拉列曼公式估算每公里高差中数的偶然中误差 η 与系统中误差 σ_s 。在实际工作中除了采用拉列曼公式以外，还较多地采用了鲁列公式，也还有一些其他的公式。但是这些公式在推导中都有着基本的共同点。这就是：它们都

以往返测高差不符值 Δ 为估算的基础。在短距离中认为偶然误差影响占主导地位，因此利用测段往返测高差不符值 Δ 推求 η ；在长距离中认为系统误差影响占主导地位，因此利用节长往返测高差不符值推求 σ 。我们知道影响水准测量精度的因素很多，且其性质和变化规律又是复杂的。有的系统误差影响着往返测高差中数，但在往返测高差不符值中却反映不出来（如路线倾斜方向大致不变时的大气垂直折光等影响）；又有的系统误差在往返测高差中数里即可得到消除和减弱，但在往返测高差不符值中却有反映（如尺台、尺桩及脚架的垂直位移等影响）。因此，用节长往返测不符值 Δ 来估算系统中误差 σ ，并不能客观地反映高差中数实际所包含的系统误差。

其次，由于这些公式在计算时需要按不符值积累情况，把水准路线分节。实际计算表明，由于分节长度没有什么严格标准，在很大程度上取决于人的主观因素，因此计算 η 、 σ 的结果带有一定的任意性，尤其是对 σ 的计算更是如此，甚至采用鲁列公式计算时，还会产生虚数结果。为了说明这个问题，下面我们把两条一等水准路线，按不同分节长度、不同公式计算的结果列于表 1-1：

表 1-1

路 线 名	拉 列 曼 公 式				鲁 列 公 式	
	长分节(90公里)		短分节(40公里)		中 分 节	
	η	σ	η	σ	η	σ
甲	± 0.38	± 0.03	± 0.32	± 0.09	± 0.39	$\pm 0.02i$
乙	± 0.44	± 0.04	± 0.37	± 0.10		

注：i 表示虚根。

从表列数值可以看出分节长度不同，计算结果出入比较大，特别是 σ 的结果竟相差2~3倍，更是靠不住。至于对一个作业小组来说，一个外业季节完成的水准路线只不过数百公里，在这样少量的观测结果中，按不符值积累分节，也不过只有几节，因此用来计算系统中误差意义也是不大的。

综上所述，我们认为按拉列曼或类似公式，用往返测不符值来计算 η 和 σ 有其不合理的一面，尤其是对系统中误差 σ 的估算意义是不大的。但事物总是一分为二的。我们知道在水准测量中大部分偶然误差都能反映在短距离（如一测段）的往返测不符值里，即使是系统误差，在长距离（如闭合环线）中也不可能总是保持同一符号和大小，即也有其偶然性一面。可以认为水准测量误差的系统性是相对的，偶然性则是绝对的、普遍的。因此利用测段的往返测不符值推求水准测量的每公里的偶然中误差，和利用环线闭合差推求每公里的全中误差（即偶然误差和系统误差的综合影响），又在一定程度上可以反映水准测量误差的实际情况。根据以上分析，本规范采用下面两个简单公式用来估算水准测量的精度。

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

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{ww}{F} \right]} \quad (2)$$

式中： n ——测段数；

R ——测段长，以公里计；

Δ ——测段往返测高差不符值，以毫米计；

N ——水准环数；

F——水准环线周长，以公里计；

w——水准环线经过正常水准面不平行改正后，计算的水准环闭合差，以毫米计。

按式(1)计算的结果 M_{Δ} 可称为水准测量往返测高差中数的每公里偶然中误差。按式(2)计算的结果 M_w 可称为水准测量往返测高差中数的每公里全中误差。

下面我们来推导这两个公式：

水准测量单程观测高差的偶然中误差与距离的平方根成正比。令一公里单程高差之权为 1，则一个测段单程观测的权为 $\frac{1}{R_i}$ ，而往返测高差不符值 Δ_i 可视为测段往返测的真误差，其相应的权应为 $\frac{1}{2R_i}$ 。设一条水准路线有 n 个测段，则由 n 个测段往返测高差不符值可以计算每公里单程高差的偶然中误差（相应于单位权的观测中误差）为：

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} [\Delta\Delta / R]}{n}}$$

而往返测高差中数的每公里中误差为：

$$M_{\Delta} = \frac{\mu}{\sqrt{2}} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{R} \right]}$$

至于公式(2)的推导，根据同样理由，设水准路线每公里往返测高差中数之权为 1，则水准环线往返测高差中数的权为 $\frac{1}{F_i}$ ，而 W_i 可视为具有权为 $\frac{1}{F_i}$ 的水准环线高差中数的真误差。当有 N 个水准环线闭合差 w 时，计算每公里往返测高差中数的中误差（相当于单位权的观测中误差）应为：

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{ww}{F} \right]}$$

必须指出，用上述两个公式估算水准测量每公里偶然中误差和全中误差也并不是严格的。特别是用式(2)计算每公里的全中误差，由于环线闭合差还受重力异常的影响和水准标尺一米真长误差的影响（各区段不使用同一对水准标尺时），所以估算结果总是偏大。但是用它们估算水准测量精度要比拉列曼等公式简便些，而且计算结果不受计算者主观因素影响，因而没有任意性。

如何才能正确估算水准测量中每公里的系统中误差 σ ，是一个极为复杂的问题。因此本规范对 σ 的大小不作规定。但希望有生产单位算和研究单位能对此作进一步探讨和分析，以期得到合理解决。

2. 基本精度指标的规定

为了确定水准路线的合理密度和规定各等水准测量的各项限差，都要求我们对各等水准测量的基本精度指标作出合理的规定。然而这个问题的解决一点也不能离开实践，也就是说只有根据大量的实测资料，按正确方法进行统计和分析，才可能找出一个大体上足以表示水准测量精度的指标。

以往有不少单位对个别地区的水准测量精度进行过统计和分析，这对我们确定水准测量基本精度指标是有帮助的。这次为了修改原细则的需要，在有关单位的大力协助下，我们对各等水准测量精度又进行了比较大规模的统计和分析。现将统计情况分别叙述如下：

(1) 对一等水准测量实测精度的统计，用了各种不同地理条件的五个大测区，每个测区选择三条水准路线，总

路线 号	测 区	仪 器 类 型	测 段 数	分段数 右左中	路线长 (公里)	右 路 线			
						$\Sigma \Delta$ (毫米)	拉列曼公式		M_{Δ} (毫米)
							η	σ	
1			142	5 5 5	598.8	-30.12	± 0.40	± 0.05	± 0.41
2	A	S_{05}	98	5 4 5	510.8	-1.29	± 0.38	± 0.07	± 0.44
3			101	4 3 3	495.1	-30.74	± 0.41	± 0.07	± 0.44
4			99	5 4 5	521.3	-3.26	± 0.52	± 0.05	± 0.50
5	B	S_{05}	99	8 5 7	583.1	-13.95	± 0.46	± 0.07	± 0.49
6			89	4 5 6	453.1	-10.32	± 0.47	± 0.03	± 0.48
7			154	6 6 6	765.6	+6.72	± 0.40	± 0.04	± 0.39
8	C	S_{05}	152	4 4 4	750.2	-32.61	± 0.43	± 0.05	± 0.44
9			134	8 3 3	683.0	-17.24	± 0.41	± 0.07	± 0.44
10			49	3 2 2	459.5	+23.15	± 0.35	± 0.03	± 0.36
11	D	S_{05}	108	4 3 3	519.0	+14.78	± 0.44	± 0.04	± 0.45
12			248	6 6 5	1182.8	-21.20	± 0.52	± 0.04	± 0.53
13			108	3 5 5	611.6	-1.02	± 0.47	± 0.04	± 0.48
14	E	S_{05}	136	4 7 6	723.1	-54.03	± 0.45	± 0.07	± 0.48
15			117	4 4 5	500.9	+0.40	± 0.48	± 0.07	± 0.48
					$\Sigma 9357.9$		* ± 0.444	± 0.052	± 0.458

注：* 为以路线长为权的权中数。

长近万公里，分为单、双路线按拉列曼公式和本规范采用的公式(1)计算每公里高差中数的中误差，其结果列于表

表1-2

左 路 线				右 左 双 路 线			
$\Sigma \Delta$ (毫米)	拉列曼公式		M_{Δ} (毫米)	$\Sigma \Delta$ (毫米)	拉列曼公式		M_{Δ} (毫米)
	η	σ			η	σ	
+12.52	± 0.37	± 0.05	± 0.38	-8.74	± 0.36	± 0.05	± 0.36
+ 7.87	± 0.37	± 0.06	± 0.42	+3.38	± 0.37	± 0.04	± 0.40
+25.73	± 0.40	± 0.04	± 0.40	-2.57	± 0.38	± 0.02	± 0.38
-20.08	± 0.42	± 0.09	± 0.47	-11.71	± 0.42	± 0.02	± 0.41
+18.32	± 0.41	± 0.04	± 0.40	+ 2.19	± 0.40	± 0.04	± 0.40
-25.53	± 0.40	± 0.07	± 0.44	-17.94	± 0.41	± 0.05	± 0.42
- 1.23	± 0.38	± 0.03	± 0.37	+ 2.70	± 0.37	± 0.03	± 0.36
+ 8.01	± 0.44	± 0.06	± 0.45	-12.37	± 0.39	± 0.03	± 0.38
-29.99	± 0.39	± 0.04	± 0.39	-23.68	± 0.39	± 0.02	± 0.38
-50.79	± 0.34	± 0.06	± 0.38	-13.82	± 0.28	± 0.02	± 0.29
-12.35	± 0.39	± 0.02	± 0.39	+ 1.20	± 0.36	± 0.02	± 0.36
-99.00	± 0.48	± 0.06	± 0.50	-59.78	± 0.44	± 0.03	± 0.45
+ 6.09	± 0.48	± 0.03	± 0.48	+ 2.51	± 0.44	± 0.03	± 0.44
- 3.89	± 0.45	± 0.03	± 0.48	-28.94	± 0.39	± 0.06	± 0.42
-24.92	± 0.41	± 0.07	± 0.42	-12.27	± 0.41	± 0.06	± 0.42
	± 0.415	± 0.053	± 0.431		± 0.392	± 0.051	± 0.396

1-2;

由表 1-2 可以看出：单、双路线精度比较，就其权平

均值而言，双路线 η 值比右路线 η 值高 13%，比左路线 η 值高 6%，平均约高 10% 左右。各相应路线的 η 与 M_{Δ} 权平均值基本相符，而 M_{Δ} 值稍有偏大。在表中 15 条水准路线的 30 个单路线 M_{Δ} 值中，仅有一个超出 ± 0.50 毫米，为 ± 0.53 毫米。本规范对一等水准测量规定用单路线观测，但缩短视距以提高精度。因此规定 ± 0.50 毫米为一等水准测量的基本精度指标是完全可行的。

另外，由于现已完成的一等水准测量闭合环数目很少，而环线周长较大，因此不便于作 M_w 的估算。本规范根据 M_w 约为 M_{Δ} 的二倍规律（见下面说明），对 M_w 规定不得超过 ± 1.00 毫米。

关于系统中误差的问题，我们在前面水准测量精度估算公式说明里已述及，而表 1-2 中的 σ 数值也只能看作参考数据，因此本规范不把 σ 作为基本精度指标来规定，外业中也不必进行 σ 的估算。然而我们又不能忽视系统误差对水准测量成果的影响。实践表明，系统误差的消除或减弱主要靠完善的作业方法和选择良好的观测条件等必要措施加以解决。因此，本规范建议内业计算单位仍应分别估算水准测量中的偶然误差和系统误差。这不仅对评定成果质量加以相互比较是必要的，而且能使我们进一步认识系统误差产生的原因和它对水准测量成果的影响，从而给外业提供改进措施，以期更有效地消除或减弱系统误差的影响，这是有实际意义的。

(2) 对二等水准测量实测精度的统计，我们选择了不同地理条件的测区，共 22 条水准路线，全长近 6000 公里，总测段数为 985 个。按本规范公式(1)计算每公里高差中数的偶然中误差，其结果列于表 1-3：

表 1-3

路线号	测区	所用仪器类型	路线长 (公里)	测段数	M _Δ (毫米)	路线号	测区	所用仪器类型	路线长 (公里)	测段数	M _Δ (毫米)
1	A	S ₁	140.7	30	±0.59	14	D	S ₀₅	192.2	37	±0.38
2		S ₀₅	170.0	23	±0.94	15		S ₀₅	308.6	40	±0.84
3		S ₀₅	271.8	36	±0.70	16		S ₀₅	172.4	24	±0.89
4		S ₁	166.9	29	±0.88	17		S ₀₅	158.7	26	±0.88
5	B	S ₀₅	261.8	43	±0.76	18	E	S ₁	526.2	66	±0.68
6		S ₀₅	332.8	55	±0.88	19		S ₁	322.9	64	±0.64
7		S ₀₅	152.2	31	±0.68	20		S ₁	440.5	56	±0.97
8		S ₁	262.9	42	±0.83	21		S ₀₅	413.1	63	±0.76
9	C	S ₁	182.5	38	±0.57	22		S ₁	401.6	65	±0.63
10		S ₁	256.8	36	±0.68	Σ5654.5 Σ985* ± 0.701					
11		S ₁	270.9	67	±0.72						
12		S ₁	129.7	33	±0.46						
13		S ₁	119.1	58	±0.56						

注：* 以测段数为权取权中数。

由表中可以看出： M_{Δ} 的数值变化于 ± 0.38 — ± 0.97 之间，以测段数为权，取平均值为 ± 0.70 。因此取 M_{Δ} 不大于 ± 1.0 毫米作为二等水准测量的基本精度指标是完全可行的。

另外，为了评定水准环线的精度，并能合理地确定水

表 1-4

序 号	测 区	水 准 环 个 数 n	M_w (毫米)
1	A	48	± 1.82
2	B	55	± 1.65
3	C	60	± 1.83
		$\Sigma 163$	$\pm 1.77^*$

注：* 为以水准环个数为权的平均值。

准环线闭合差的限差。我们选择了各种不同地理条件的测区，共 163 个二等水准环，按本规范的公式 (2) 计算每公里高差中数的全中误差 M_w ，其结果列于表 1-4：

由表中可以看出： M_w 的数值变化在 ± 1.65 — ± 1.83 之间，以各测区环数为权，取平均值为 ± 1.77 ，把该表数值同表 1-3 数值相比较，可以发现按环线闭合差算得的全中误差和按测段往返测不符值算得的偶然中误差，约有两倍的关系。这是因为按环线闭合差计算高差中数的全中误差是包括偶然误差和系统误差两种影响在内，同时在环线闭合差中还包含目前没有估算的部分理论闭合差（重力异常改正项）在内，所以有这种两倍关系是可以理解的。因此，我们规定二等水准测量环线按本规范公式 (2) 计算每公里高差中数的全中误差不大于 ± 2.0 毫米是比较适宜的。

(3) 对三等水准测量实测精度的统计，选择不同地理条件测区的 37 条水准路线，全长达 5000 余公里，均用 S_3 型水准仪施测，按本规范公式 (1) 计算每公里高差中数的偶然中误差，其结果列于表 1-5：

由表中可以看出： M_Δ 数值变化于 ± 1.4 — ± 3.4 之间， $M_\Delta < \pm 3.0$ 的占统计总数的 86% 强， $M_\Delta > \pm 3.1$ 的占 14% 弱，以测段数为权，取平均值为 ± 2.52 。如果在作业中能严格执行操作规定，我们规定三等水准测量，按本规范公式 (1) 计算每公里高差中数的偶然中误差，不大于 ± 3.0 毫米是可以达到的。

另外，我们还在不同地理条件的测区，选择 50 个三等水准环线，按本规范公式 (2) 计算每公里高差中数的全中误差，其结果是： $M_w = \pm 4.9$ 毫米。这一数值与表 1-5 计算的平均 M_Δ 值同样反映了近似两倍的关系。因此，规定

表 1-5

路线号	所用仪器	路线长 (公里)	测段数	M_{Δ} (毫米)	路线号	所用仪器	路线长 (公里)	测段数	M_{Δ} (毫米)
1	S ₃	107.7	15	± 1.4	20	S ₃	61.3	10	± 2.0
2	S ₃	35.4	6	± 1.4	21	S ₃	70.8	13	± 1.6
3	S ₃	37.7	6	± 3.2	22	S ₃	51.4	10	± 2.1
4	S ₃	30.7	7	± 2.8	23	S ₃	80.4	14	± 2.2
5	S ₃	75.8	13	± 1.6	24	S ₃	87.8	19	± 2.2
6	S ₃	44.1	8	± 2.3	25	S ₃	107.2	19	± 1.8
7	S ₃	34.1	5	± 2.0	26	S ₃	230.2	37	± 2.8
8	S ₃	39.7	6	± 1.8	27	S ₃	415.2	41	± 1.4
9	S ₃	99.5	16	± 2.6	28	S ₃	483.1	79	± 3.1
10	S ₃	40.1	5	± 1.5	29	S ₃	321.8	44	± 3.4
11	S ₃	61.4	10	± 1.6	30	S ₃	396.0	59	± 3.2
12	S ₃	129.9	7	± 2.4	31	S ₃	99.8	16	± 3.0
13	S ₃	253.9	35	± 2.8	32	S ₃	116.7	18	± 2.6
14	S ₃	153.4	25	± 2.8	33	S ₃	166.1	26	± 2.6
15	S ₃	116.3	19	± 2.5	34	S ₃	95.2	16	± 2.4
16	S ₃	189.8	34	± 2.6	35	S ₃	94.2	20	± 2.6
17	S ₃	129.0	20	± 3.4	36	S ₃	140.2	25	± 2.2
18	S ₃	125.0	17	± 2.8	37	S ₃	157.1	30	± 3.0
19	S ₃	124.9	23	± 2.3			$\Sigma 5046.9$		$* \pm 2.52$

注：* 以测段数为权取中数。

三等水准环线按本规范公式(2)计算每公里高差中数的全中误差，不大于 ± 6.0 毫米，是适宜的。

(4) 对四等水准测量的实测精度，据我们接触到的一些实测资料来看，由于采用的仪器，基本上与三等水准测量相当，作业方法也没有多大区别，尽管其视距长度有所放宽，精度随之有所降低，但实际表明四等水准测量精度仍与三等水准测量精度出入不大。因此，我们规定，四等水准测量按本规范公式(1)计算每公里高差中数的偶然中

误差 M_{Δ} 不大于 ± 5.0 毫米是有保证的。

3. 国家水准网的密度和精度

作为国家高程控制的水准网，为适应有关各方面任务的
需要，不但要具有一定的精度，而且也要有足够的密度。

根据我国二十余年来一等水准路线布设的经验，今后
一等水准路线构成较小环形不仅是需要，而且也具备了可
能的条件。因此，考虑到一等水准路线应起到高程控制网
的骨干作用，又要用来解决有关的生产和科研问题，本规
范权衡需要和可能两个方面，对一等水准环线规定在平原、
丘陵地区周长为 1000~1500 公里。现有的二等水准路线
在平原、丘陵地区布设周长约在 500~750 公里范围内，本
规范即按此作出规定。

按本规范规定，一等环线周长 1500 公里，二等附 合
路线最长可能达到 450 公里，三、四等水准附合路线规
定的最大长度分别为 200 公里和 80 公里，根据这些最大长
度 L 求各等级水准路线中最弱点相对于高等级水准点高差
的全中误差 $\frac{1}{2}M_w\sqrt{L}$ ，计算结果列于表 1-6；

表 1-6

等 级	M_w (毫米)	L (公里)	$\frac{1}{2}M_w\sqrt{L}$ (毫米)
一	± 1.0	1500	± 19.4
二	± 2.0	450	± 21.2
三	± 6.0	200	± 42.4
四	± 10.0	80	± 45.0