

鐵路隧道 測量技術通則

鐵道部基本建設總局編

人民鐵道出版社

鐵 路 隧 道 測 量 技 術 通 則

鐵道部基本建設總局編

人 民 鐵 道 出 版 社

1 9 6 5 年 · 北 京

**鐵路隧道
測量技術通則**

鐵道部基本建設總局編

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府甲24號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第010號

新華書店北京發行所發行

各地新華書店經售

人民鐵道出版社印刷廠印

書號1968 開本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印張 $2 \frac{1}{8}$ 字數47千

1964年12月第1版

1965年2月第1版第2次印刷

印數4,000冊〔累〕8,000冊 定價(科五)0.26元

前 言

建国十余年来，我国新建成的铁路隧道长达450余公里，一公里以上的长隧道有50余座，在长隧道测量技术方面，积累了很多经验。我国今后待修的新线尚多，其中还有很多长隧道需要修建，隧道测量工作将相当繁重。为了对隧道测量有关的技术规定予以统一，以利今后进行工作，我局于1961年底开始组织有关单位，总结以往实际经验，并参考有关文献资料，编写此通则，现在定稿交付出版。

本通则系初次编写，难免有不尽妥当之处，希望在使用过程中随时总结经验，以便补充修正。

铁道部基本建设总局

1964年7月

目 录

第一章	总则	1
第二章	导线测量	6
第三章	三角测量	16
第四章	高程测量	31
第五章	竖井联系测量	35
第六章	施工放样及贯通实际误差的调整	42
附录 1	对角线四边形简化平差计算表.....	54
附录 2	导线适用范围表 (表 2) 编制说明.....	56
附录 3	各级三角网适用隧道换算长度表 (表 6) 编制说明.....	60
附录 4	各级水准导线适用长度表 (表 11) 编制说明.....	62
附录 5	竖井井下基边定向中误差表 (表 12) 编制说明.....	63

第一章 总 则

1 本通则系为铁路山岭隧道采用矿山法修建时进行控制测量和施工放样测量而编的。

2 铁路隧道进行测量之目的有二：

(1) 保证隧道在两个及两个以上开挖面的掘进中，施工作业中线及高程能够正确的贯通，并符合铁路线路平面及纵断面的技术条件。

(2) 保证隧道在开挖过程中不超出规定的开挖限界，所有建筑物在隧道贯通前正确的修建，并不侵入隧道所规定的限界。

3 测量负责人的基本职责是保证不发生任何原因的测量错误，质量良好地按时完成测量任务，提出测量成果书。

4 为了避免测量发生错误，测量工作应在不同的时间，细心地、独立地、互不联系地进行两组或两组以上的测量。三角网可作一组或两组。

5 测量负责人在测量前，对于使用的测量仪器及工具，应根据测量精度要求进行校正，使系统误差小于偶然误差。

6 所有测量误差的估算，应按本通则规定进行。

7 隧道贯通测量的极限误差，采用中误差的二倍（即 $2m$ ）。

8 隧道换算长度应按下列二种情况计算：

(1) 仅有二个工作面开挖之隧道，其换算长度为隧道设计长度另加洞口投点至洞口之距离。

(2) 在隧道中部增设有竖井、斜井或横洞等辅助开挖

面时，隧道的换算长度应为

$$L_{\text{换}} = \sqrt{L \times l}。$$

式中 L ——隧道设计长度另加洞口至投点之距离；

l ——隧道相邻开挖口间之最大距离。

在同一曲线之上之隧道群，应视为一整体，其换算长度亦应按上式计算之。

9 隧道施工中线，其相对两方向在贯通面处的横向极限误差定为：

隧道换算长度在 4 公里以下时，为 100 毫米；

隧道换算长度在 4～8 公里时，为 150 毫米；

隧道换算长度为 8～10 公里时，为 200 毫米；

隧道换算长度为 10～15 公里时，为 400 毫米；

隧道换算长度为 15～20 公里时，为 600 毫米。

换算长度超过 4 公里的曲线隧道，除沿切线进洞或沿测量导坑直线进洞外，贯通极限误差可以另增 100 毫米。

10 横向贯通误差由以下五种因素所组成：

(1) 洞外导线或三角网的测量误差对贯通面的影响。

(2) 洞内一端导线的测量误差对贯通面的影响。

(3) 洞内另一端导线的测量误差对贯通面的影响。

(4) 隧道中部仅有一个竖井或有二个竖井并不相邻时，由于竖井联系测量对于贯通面的影响。

(5) 隧道中部有二个以上相邻的竖井时，由于第二个竖井联系测量对于贯通面的影响。

以上五项作为等影响因素考虑。

11 洞外平面控制测量、洞内平面控制测量和竖井联系测量，由不同的单位负责测量时，各单位应按表 1 分配的横向中误差值，各自负责。

12 直线隧道的实际长度大于 600 米时，曲线隧道的实

际长度大于250米时,测量负责人应根据地形选点的情况和表1的规定,作出测角量长的精度估算后,方得开始测量工作。

表1

测 量 部 位	无 竖 井 时	有 一 个 竖 井 时	有 二 个 竖 井 相 时
洞外测量	$\pm \sqrt{\frac{m^2}{3}}$	$\pm \frac{m}{2}$	$\pm \sqrt{\frac{m^2}{5}}$
洞内测量	$\pm m \sqrt{\frac{2}{3}}$	$\pm \sqrt{\frac{m^2}{2}}$	$\pm m \sqrt{\frac{2}{5}}$
第一个竖井联系测量	0	$\pm \frac{m}{2}$	$\pm \sqrt{\frac{m^2}{5}}$
第二个竖井联系测量	0	0	$\pm \sqrt{\frac{m^2}{5}}$
全部隧道	$\pm m$	$\pm m$	$\pm m$

隧道实际长度如小于上列规定时,其平面控制的中线桩,可采用敷设中线方法敷设之。

13 由于测角误差而引起贯通面上的横向中误差,应按下式计算之

$$m_{x\beta} = \pm \frac{m_{\beta}^{\circ}}{\rho''} \sqrt{\sum R_j^2}$$

式中 m_{β}° ——导线点的测角中误差(如用三角网或闭合导线时,应为由闭合差计算的测角中误差);

$\sum R_j^2$ ——经纬仪导线直接测角的各点到贯通面的垂直距离的平方和;

ρ'' ——206,265'',可采用近似值206,000''。

14 由于量长误差而引起贯通面上的横向中误差,应按下列公式计算之

$$m_{x_l} = \pm \frac{m_l}{l} \sqrt{\sum d_i^2}$$

式中 $\frac{m_l}{l}$ ——导线量长或三角网最弱边的相对中误差；

$\sum d_x^2$ ——各导线边在贯通面上投影长度的平方总和。

15 由于测角及量长误差而引起贯通面上的横向中误差，应按下式计算之

$$m = \pm \sqrt{\frac{m_{x\beta}^2 + m_{x_l}^2}{n}}$$

式中 n ——测量组数。

计算时除导线或三角网的一条边符合在直线隧道中线上情况外，应将 $m_{x\beta}$ 与 m_{x_l} 的所得值进行对照比较，使二计算值不宜相差过大。但量长的相对误差，亦不应低于 $\frac{1}{2000}$ ，以免影响线路纵坡。

16 由于竖井联系测量的定向误差所引起贯通面上的横向中误差，应按下式计算之

$$m_{xo} = \pm \frac{m_o D}{\rho''}$$

式中 m_o ——井下基边的定向中误差；

D ——由井下基点至贯通面的垂直距离（米）。

17 由洞口投点转向洞内之测角和量长，最好在夜晚或阴天进行，以减少因光度不同所产生的误差。

18 相向开挖的隧道在估算洞外平面控制测量的测角精度时，应注意以下各点：

(1) 按点位误差估算时，可在隧道中部选择起算点，分别向两端洞口投点估算。

(2) 在三角网或闭合导线上，选择一条捷径的路线，以线路上各点至贯通面的垂直距离计算之。

19 水准导线两相向施工高程之贯通极限误差，定为70毫米。

20 水准导线相向施工高程的贯通误差，由以下四种因素所组成：

- (1) 洞外水准导线的高程误差。
- (2) 洞内水准导线的高程误差。
- (3) 第一竖井井深测量的高程误差。
- (4) 第二竖井井深测量的高程误差。

以上四项作为等因素影响考虑。

21 隧道控制测量，不论在洞内或洞外控制点上，均应埋设永久桩。

永久桩应采用混凝土包金属标志，必须埋置在稳固可靠的地层上，应用至工程竣工移交时不致变位。

22 洞外测量应在隧道每个洞口、横洞口、竖井口附近的线路中心线上设立一个永久桩，并在洞顶或离洞口较远的线路中心线上另设一个永久桩（三角测量的三角点可不在线路中心上），作为进洞之依据。

用坐标法控制的永久桩可以离开线路中线，但横向或纵向距施工中线理论坐标不宜超出100毫米。

洞口投点之永久桩，尽可能设在填挖交界稍高于路面标高处，倘施工必须挖除时，应由测量人员以洞外测量精度进行补点，作为进洞依据。

23 导坑的延伸开挖及衬砌的放样，应根据永久桩设立临时桩。临时桩可采用混凝土包木桩，木桩上钉一个小钉，应用至有关开挖及衬砌完工为止。

24 隧道贯通后，两相对施工中线间的实际偏差在规定的极限误差范围以内，则认为贯通是满意的。此项偏差应在未衬砌地段进行调整。

25 地表测量工作完成后，应提交以下资料，作为洞内施工测量的依据：

(1) 根据平差后的精度, 估算出贯通横向中误差的计算书。

(2) 洞外所有永久桩点位坐标计算书。

(3) 洞外平面控制的实测平面图以及洞内施工中线的理论位置。

(4) 所有平差计算资料。

(5) 曲线隧道实测后, 曲线函数值及始终点的实测里程。

(6) 基线的实测长度, 计算资料及测量误差的计算单。

(7) 各洞口水准基点及地表各水准标点的高程表, 并附水准导线示意图。

(8) 各相邻两洞口间(包括横洞口, 竖、斜井口及进出口), 水准基点高程误差计算单。

26 在隧道竣工后, 应提交接收单位的测量资料:

(1) 第25条中地表测量的精测资料。

(2) 洞内两向开挖横向贯通误差估算及实际贯通误差情况。

(3) 洞内水准测量高程贯通误差估算及实际贯通误差情况。

(4) 洞内导线测角量长及坐标计算实测资料。

(5) 隧道中线贯通误差的调整情况。

(6) 隧道完工后净空及永久桩的实测资料。

第二章 导线测量

(一) 用敷设中线法控制隧道中线

27 以正倒镜法延伸直线时, 每个桩点至少进测两次以

上，再以正倒鏡分中点 找其平均位置。工程经纬仪在 200 米距离所测正倒鏡两点之差，如超过 50 毫米时，应校正经纬仪。

在曲线上测设转鏡点时，亦应采用正倒鏡法敷设偏角，但敷设曲线中桩时，可以一次敷设之。

28 测量隧道中线时，导线之最小长度，直线地段不宜小于 100 米，曲线地段不宜小于 20 米。

量距时，每百米标至少往返各丈量一次，每两次丈量之差不得超过 50 毫米。在量距时，洞内洞外最好使用同一根钢尺。

29 洞外导线应在隧道的顶部定线。曲线隧道可以采用切线为洞外导线，并敷设曲线以校正之。洞外的曲线部份与切线的闭合差应不超出 50 毫米。

30 洞内外隧道中线敷设后，必须进行二次以上的校核其平均位置。

(二) 导线法控制隧道中线

31 测得的桩位应以坐标法表示之，为了计算方便，可将纵横坐标轴与隧道中线结合起来。但作贯通预计误差计算时，其坐标轴线可与贯通重要方向结合起来。

32 直线隧道应沿隧道中线敷设导线，以减少量距误差的影响。中部为长直线的隧道，亦应沿隧道中线敷设导线。中部为曲线的隧道，应沿切线敷设导线，可以不经过曲线顶点，亦可由曲线始点直接至曲线终点。

33 傍山隧道的导线，仍以沿隧道顶部地面进行导线测量为佳。如地形条件便利时，可以离开隧道洞顶，沿河选择洞外导线，惟此种导线不应离开隧道中线过远。

34 利用切线为导线时，在洞外可以不敷设曲线。如需

利用曲线来核对切线有无错误时，亦可敷设曲线，但不做为进洞依据。

表2
各级导线测量精度及其运用的隧道换算长度

洞 内 外	导 线 等 级	各级导线运用的隧道 换算长度 (公里)		测角 中 误差	导线边的最小 长度 (米)		导线边的 相对误差	
		直线隧道	曲线隧道		直地 线段	曲地 线段	直地 隧道	曲地 隧道
洞 外	1	5.0 公里以上	2.0 公里以上	$\pm 1''$	500	100	$\frac{1}{3500}$	$\frac{1}{6000}$
	2	3.0~5.0	0.7~2.0	$\pm 2''$	400	100	$\frac{1}{3000}$	$\frac{1}{5000}$
	3	1.5~3.0	0.5~0.7	$\pm 4''$	300	100	$\frac{1}{2500}$	$\frac{1}{4000}$
	4	< 1.5	< 0.5	$\pm 10''$	200	100	$\frac{1}{2000}$	$\frac{1}{3000}$
洞 内	1	3.0 公里以上	2.0 公里以上	$\pm 1.5''$	250	50	$\frac{1}{3500}$	$\frac{1}{6000}$
	2	2.0~3.0	1.3~2.0	$\pm 3''$	200	50	$\frac{1}{3000}$	$\frac{1}{5000}$
	3	1.0~2.0	0.8~1.3	$\pm 5''$	150	50	$\frac{1}{2500}$	$\frac{1}{4000}$
	4	< 1.0	< 0.8	$\pm 10''$	100	50	$\frac{1}{2000}$	$\frac{1}{3000}$

注：(1) 本表各级导线运用的隧道换算长度，系按测量内组计算，且未考虑竖井。

(2) 一、二级导线每组系按由闭合差计算的测角中误差。

(3) 本表洞外导线贯通中误差分配值，系按29毫米估算，洞内按41毫米估算。

35 曲线顶点的总偏角，经过测量后须加以修正。应以隧道两洞口四个投点方向角之差，作为设计曲线函数之依据。如图1所示，Y应等于方向角CD减去方向角AB。

36 为了便于测量负责人根据地形情况进行选点，可参

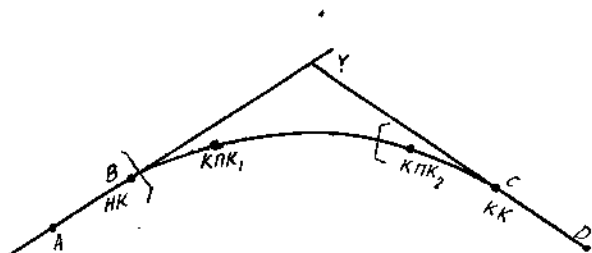


图 1

考表 2 进行安排测量工作。但测量之前仍需根据实际选点情况和贯通中误差的分配值，估算出测角量长所需的精度。

37 用一、二级导线控制隧道中线时，应在隧道中线之一侧增设旁点，组成多边形闭合环。

在旁点上仅测量多边形的内角，求角度闭合差，将闭合差以内角之个数平均分配之。

(三) 导线之测角

38 在隧道控制测量中，主要的测角方法是全圆测回

表 3

测角要求的精度	使用经纬仪的精度	测回数
$\pm 1.0''$	大型光学经纬仪 $0.2''$ 中型光学经纬仪 $1''$ 或 $2''$	9~12 12~16
$\pm 2.0''$	大型光学经纬仪 $0.2''$ 中型光学经纬仪 $1''$ 或 $2''$	4~6 6~8
$\pm 3.0''$	中型光学经纬仪 $1''$ 或 $2''$	4~6
$\pm 5''$	中型光学经纬仪 $1''$ 或 $2''$	2~4
$\pm 10''$	中型光学经纬仪 $1''$ 或 $2''$ 30° 经纬仪	2 4

法。但测角精度在 $10''$ 及 $10''$ 以下者，可用工程经纬仪以复测法施测。

39 在导线的所有转镜点上，不论是转折点或直线延伸点，均应进行测量其左角和右角，并记录其左角。

40 全圆测回法进行的测回数，可依据测角要求的精度、使用的经纬仪、气候条件和观测者的器官情况、熟练程度按表3选择之。

41 应用全圆测回法进行方向观测时，应当遵守下列限差的规定（表4）：

表4

仪器类型	半测回中起始方向与结束方向读数的差数	两倍照准差 $2C$ 的变动范围	各测回中同一方向最大最小之差
大型光学经纬仪（威尔特 T_3 ）	$5''$	$8''$	$5''$
中型光学经纬仪（威尔特 T_2 ）	$8''$	$10''$	$10''$

注：两倍照准差变动的范围，可在同一方向内将所有测回中的 $2C$ 作比较，最大最小 $2C$ 之差，不得超过规定的限差。

42 采用全圆测回法进行导线测角时，半测回中起始方向与结束方向读数的差数超限时，应立即重测该半测回；各测回中同一方向最大最小之差超限时，应按同度盘位置，补测一个测回至合格。

43 $2C$ 之绝对值，在检查威尔特 T_3 或 T_2 经纬仪和在测量中，均不应超出 $20''$ 。

44 为了消除度盘刻度不均的系统误差，全圆测回法的每个测回的起始方向，在水平度盘上应相错一个角度

$$\theta = \frac{180^\circ}{n},$$

式中 n ——测回数。

45 为了消除测微鼓刻度不匀的系统误差，全圆测回的每个测回的起始方向，必须应用测微鼓的全部分划间隔。

46 光学经纬仪测微鼓的隙动差，不应超过 2 秒。

47 一个角度经过多次测量以后，应取其算术平均值作为观测的结果。其算术平均值的中误差应以下列公式估算之

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum r^2}{n(n-1)}}$$

式中 n —— 测量次数；

r —— 算术平均值与各测回的观测值的差数。

48 闭合多边形的角度容许闭合差，应不超出下列公式的计算值。

$$f = 2m_B \sqrt{n}$$

式中 m_B —— 设计所需的测角中误差；

n —— 多边形内角的个数。

49 在测量完毕后，由闭合多边形的闭合差，推算角度实测的中误差。其式如下：

$$m_B = \pm \sqrt{\left[\frac{f^2}{n} \right] \frac{1}{N}}$$

式中 f —— 多边形中实测的角度闭合差；

n —— 多边形中观测角度的数目；

N —— 多边形的数目。

(四) 导线之量长

50 导线边的量长精度高于 $\frac{1}{2000}$ 时，须用鉴定过的普通钢尺。使用弹簧秤计算其下垂改正。测量气温，计算其温度改正及尺长改正。

51 用普通带状钢尺量距时，每一条导线边至少往返各

测量一次。其往返测量平均值之中误差，应按下式计算：

$$m = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}}$$

式中 d ——往返观测值的差数；

n ——为 d 的个数。

52 导线丈量需进行倾斜改正，测量倾斜在 $\frac{1}{30} \rightarrow \frac{1}{20}$ 以下时，其倾斜改正值可按下式计算之：

$$\Delta L = -\frac{h^2}{2l}$$

式中 h ——两点之高差（米）；

l ——量得的斜距离（米）。

53 用带状钢尺悬链测量时，应加下垂改正数值，依下列公式计算之：

$$\Delta L_a = \frac{q^2 \times L^3}{24P^2}$$

式中 ΔL_a ——下垂改正数（米）；

L ——卷尺的长度（米）；

q ——卷尺每米的重量（公斤）；

P ——测量时卷尺所受的拉力（公斤）。

（五）间接测量导线边长

54 复杂地形地段，导线边的量长可以采用间接丈量的方法，如小型的三角网，双对角线四边形，三角形等。

55 三角法的基线可设在河滩或公路边的平坦处，用普通钢尺丈量之，其精度在 $\frac{1}{10,000}$ 至 $\frac{1}{25,000}$ 之间。

56 三角法的扩大边应结合在隧道导线边上，其精度不得低于 $\frac{1}{6000}$ 。