

2024 年 第 19 号

国家铁路局关于发布铁道行业标准的公告 (工程建设标准 2024 年第 8 批)

现公布《铁路无缝线路设计规范》(TB 10015-2012)、《铁路工程测量规范》(TB 10101-2018)、《铁路工程地质钻探规程》(TB 10014-2012) 等 3 项工程建设标准的局部修订条文,自公布之日起实施。本局部修订的原条文同时废止。

国家铁路局

2024 年 8 月 19 日

(此件公开发布)

《铁路工程测量规范》TB 10101-2018

修 订 说 明

《铁路工程测量规范》TB10101-2018 发布实施以来，对指导我国铁路勘察设计及施工建造等阶段的测量工作发挥了重要作用。随着铁路隧道控制测量技术的不断发展，对隧道贯通允许误差、陀螺定向测量等提出了更高的要求。为进一步提升隧道控制测量水平，国家铁路局组织对《铁路工程测量规范》相关内容进行局部修订。

本次局部修订修改第 6.1.4 条、第 6.8.9 条、第 6.12.4 条。修订的主要内容如下：

- 1.调整了隧道贯通允许误差。
- 2.修订了隧道内陀螺定向测量技术要求。
- 3.完善了陀螺全站仪测量技术要求。

本次局部修订由国家铁路局科技与法制司负责解释。在执行过程中，希望各单位结合工程实践，认真总结经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见和有关资料寄交中铁二院工程集团有限责任公司（四川省成都市通锦路 3 号，邮政编码 610031），并抄送中国铁路经济规划研究院集团有限公司（北京市海淀区北蜂窝路乙 29 号，邮政编码：100038），供今后修订时参考。

本次局部修订主编单位为中国铁路工程集团有限公司、

中国铁路经济规划研究院有限公司。

主要起草人：梅熙、赖鸿斌、刘锦成、黄一昕、李学仕、王国祥、李涛、郑子天、谢威、麦春。

主要审查人：赵海、付建斌、郭胜、潘佩芬、何金学、金国清、马文静、谯生有、杜志刚。

TB 10101-2018 《铁路工程测量规范》局部修订条文

一、修改第 6.1.4 条。

正文修改为：隧道两相向开挖洞口施工中线在贯通面上的横向和高程贯通的允许误差应符合表6.1.4的规定。

表 6.1.4 隧道贯通允许误差

项 目	横向贯通允许误差							高程贯通允许误差
	L<4	4≤L<7	7≤L<10	10≤L<13	13≤L<15	15≤L<18	18≤L<20	
相向开挖隧道长度 (km)	L<4	4≤L<7	7≤L<10	10≤L<13	13≤L<15	15≤L<18	18≤L<20	
洞外贯通中误差 (mm)	30	35	40	45	48	50	55	22
洞内贯通中误差 (mm)	40	50	65	80	105	110	120	12
洞内外综合贯通中误差 (mm)	50	60	75	90	115	120	130	25
贯通限差 (mm)	100	120	150	180	230	240	260	50

条文说明修改为：隧道贯通误差限差是按竣工贯通隧道的实际横向贯通误差统计，并结合理论推导、模拟仿真计算得出。模拟计算是假设隧道相向开挖并在中部贯通。

(1) 洞外 (GNSS测量) 横向贯通中误差估算

GNSS测量对横向贯通误差的影响值由进洞联系测量测站点的点位误差与进洞联系测量后视边的方位误差引起的贯通误差构成。

1) 隧道洞外横向贯通误差影响值根据GNSS测量的洞口子网中联系边方位角误差和进洞联系测量测站点点位误差，并考虑到特长隧道采用双测站和双后视边的构网方式进行平面进洞联系测量。

2) 随着GNSS设备和基线解算软件的更新换代,以及目前大多采用多星座进行基线解算,洞外GNSS控制网测量精度逐渐提高,结合近年完成的贯通铁路隧道横向贯通误差的统计数据,进洞联系测量测站点的点位中误差一般小于10mm,进洞联系边的方位角中误差也大多小于1.0",甚至达到0.6"。

经理论推导和统计,相向开挖长度为15km~18km和18km~20km隧道由洞外GNSS控制网测量误差引起的横向贯通误差值分别取50mm和55mm,基本是原对应限差的 $1/\sqrt{2}$,即 $75\text{mm}/\sqrt{2}=53\text{mm}$ (取值为50mm)和 $80\text{mm}/\sqrt{2}=56\text{mm}$ (取值为55mm)。以此为基础,对相向开挖15km以下隧道洞外横向贯通中误差进行了适当调整。

(2) 洞内横向贯通中误差估算

洞内控制测量受测角误差、测距误差、对中误差、旁折光误差、陀螺观测方位角误差等影响,对洞内控制测量横向贯通误差的估算,根据相关研究成果,设计了添加多源观测误差的模拟仿真计算方法,对相向开挖15km以上隧道进行了20组仿真计算,取结果的平均值,给出了隧道洞内横向贯通中误差的推荐值。对相向开挖15km以下隧道洞内横向贯通中误差采用原推荐值。

(3) 高程贯通中误差估算

目前高程控制测量普遍采用数字水准仪。根据多年实际贯通误差统计资料，确定的铁路隧道高程贯通误差限差50mm是合理的。例如，洞内水准路线长度按不超过30km计算，二等水准测量误差为 $2\sqrt{30} = 10.9\text{ mm}$ ，取为12mm；则洞外高程测量误差为 $\sqrt{25^2 - 12^2} = 22\text{ mm}$ ，二等水准测量的水准路线长度可达到 $(22/2)^2 = 121\text{ km}$ ，洞内外水准路线总长度不超过150km。

本次修订对洞外、洞内贯通允许中误差进行了调整，适当降低了洞外贯通允许中误差，使洞外二等水准测量的水准路线允许长度得以增长，更能适应山区隧道洞外水准路线绕行的实际情况。目前，随着测量设备精度的不断提高，隧道洞内贯通测量精度也得到提高，能够满足隧道洞内贯通中误差降低需求。

二、修改第 6.8.9 条。

正文修改为：当隧道单向掘进每间隔3km或长度大于2km的斜井（横洞）进入正洞后，洞内平面控制网应采用标称精度不低于3.6"的陀螺仪施测1条陀螺方位边。当陀螺边方位角与洞内导线边坐标方位角之差大于11"时，应进行分析检查。

条文说明修改为：铁路隧道洞内环境存在粉尘、高温、高湿和施工等干扰，随隧道掘进、导线网布设的延伸，测角误差逐渐

累积，横向摆动越来越大，需采用高精度陀螺仪进行方向检核和纠正。目前国产及国外的陀螺仪定向精度可达到 3"左右，为保证陀螺定向精度与洞内控制网方位精度有合理的匹配关系，需采用不低于 3.6"的陀螺仪对导线测量方位角进行纠正。

根据相关研究成果，按照洞内测角精度、陀螺仪定向精度等指标，以加测陀螺方位的导线网在平差后横向坐标摆动量满足衬砌限界要求的限值（50mm）为条件，理论推导了在隧道单向掘进超过 3km 时，需要加测 1 条陀螺方位边；对斜井、横洞等辅助坑道在单向掘进超过 3km 时，同样需加测 1 条陀螺边。对长度超过 2km 的斜井、横洞等辅助坑道，在进入正洞后，需在进洞位置处加测 1 条陀螺边；对长度相对较短的辅助坑道，可以不加测陀螺边。

洞内边角控制网不长于 3km 加测精度不低于 3.0"的陀螺方位，对于 2km 以上隧道，洞内导线测量等级至少为三等，按导线边长 250m、2 组单导线计，导线方位误差为

$$1.8'' \times \rho \sqrt{(3000/250)^2} / \sqrt{2} = 4.4''$$

，其中不包含旁折光误差影响；陀螺定向方位误差为 3.0"，则导线方位与陀螺方位较差的

中误差为 $\sqrt{4.4^2 + 3.0^2} = 5.3''$ ，综合取导线与陀螺方位较差的限差为 11"。

三、修改第 6.12.4 条。

正文修改为：垂准仪与陀螺全站仪联合定向测量应满足下列要求：

1 井上、井下定向测量应与井上、井下趋近导线测量连续进行。

2 井下陀螺定向边不应少于 2 条，并应对井下定向边之间的角度进行检核。

3 垂准仪投点应符合下列规定：

1) 投影点的坐标应采用全站仪独立测量 2 次，各次坐标较差应小于 2mm。

2) 垂准仪应独立投点 3 次，每次投点应分别在 0°、90°、180°和 270°方向上观测，取对向连线交叉点作为投点结果，各次投点点位互差应小于 3mm。

4 陀螺定向测量应采用标称精度不低于 $\pm 2.6''$ 、 $\pm 3.6''$ 的陀螺全站仪。陀螺全站仪定向测量应符合下列规定：

1) 陀螺定向测量应采用“洞外已知边—洞内未知边—洞外已知边”的顺序施测。每条定向边测量不应少于三测回，宜独立定向测量两次。

2) 洞外应采用进洞联系边作为陀螺定向起算已知边，陀螺全站仪宜架设在进洞联系边测站点上测定仪器常数。

3) 测前、测后三测回测定的陀螺全站仪常数平均值较差，根据仪器精度不应大于 5''、7''。

4) 独立测回间的陀螺方位角较差, 根据仪器精度不应大于 7"、10"。

5) 陀螺定向边方位角应对向观测, 并进行子午线收敛角改正后取均值。

6) 两条陀螺定向边之间的角度与全站仪实测角度值较差, 根据仪器精度应小于 7"、9"。

5 全站仪测角精度不应低于 2", 测距精度不应低于 $2\text{mm}+2\times 10^{-6}\text{D}$ 。

6 陀螺全站仪作业注意事项:

1) 陀螺定向测量作业宜选择洞内外温差较小的时段进行, 作业期间环境温度变化不宜大于 5°C, 避免阳光直射。

2) 洞外已知边陀螺定向测量在洞内未知方位边定向测量前、后进行, 时间间隔不应超过 48h。

3) 一测回观测完毕后应关机, 停机时间不应小于 5min。

4) 仪器内外温差大于 5°C 或陀螺仪内部温度变化 $\geq 0.25^\circ\text{C}/\text{min}$ 时, 应待温度平衡后方可开始测量, 等待时间按照温差每 5°C 等待 30min 的比例确定。

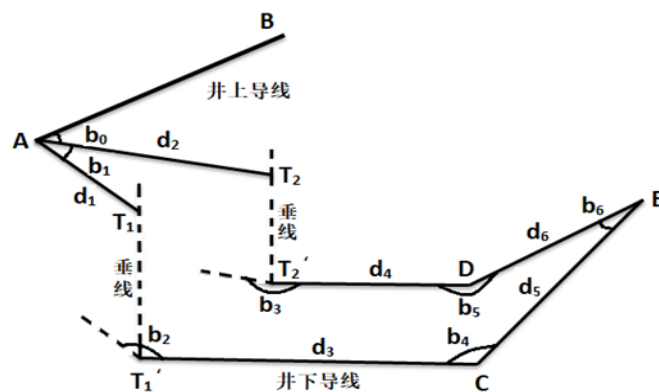
5) 在每测回陀螺定向测量开始和结束时应记录环境温度, 取测前、测后温度平均值作为该测回陀螺定向测量温度, 并进行陀螺定向值温度修正。

6) 每测回测量过程中应避免车辆行驶、风机运行等震动影响。

条文说明修改为: 根据定向仪器的精度不同, 每一定向边可

以进行一至二次独立定向工作，每一次定向测量不少于三测回，每一测回之间均重新安置仪器并重新开机。

联合定向法首先采用光学垂准仪，通过投点确定井上、井下在同一铅垂线上的点位，然后用陀螺仪分别进行井上、井下定向，根据陀螺定向成果，把井上导线的坐标和方位传递到井下导线。这种测量的方法如说明图 6.12.4。竖井联系测量一般按下列步骤进行：



说明图 6.12.4 井上、井下导线联测示意图

(1) 竖井投点：A、B 为井上已知导线点，C、D、E 为井下待求导线点。在井口选定 T1、T2 两个点位，用光学垂准仪在井上或井下投点，T1、T1' 在空间上为 2 个点，但投影到同一平面时就成为 1 个点；T2、T2' 情况相同。井上、井下导线通过投点连成一闭合环。

(2) 陀螺定向：定向时采用陀螺全站仪进行。由于井筒上下不宜安置陀螺仪，故井上选择 AB 为定向边，井下选择 CE 为定向边，进行陀螺定向观测。

(3) 导线测量：置镜 A、C、D、E 点，按设计精度，用

全站仪进行导线测量。

(4) 平差计算：根据导线测量及定向测量的数据，进行导线平差计算。坐标、方位从井上导线点 A、B 传递到井下导线点 C、D、E，其坐标成果用于指导施工。

垂准仪、陀螺全站仪联合定向法要求所采用的仪器、标牌和测距棱镜需互相配套，否则，加工异型连接螺杆。其加工精度对于纵轴不同轴误差小于 0.2mm。

现在陀螺全站仪已经在施工中得到应用，标称精度分别为 2.6"、3.6"。根据对铁二院、铁一院使用的标称精度 2.6"、中铁隧道局使用的标称精度 3.6"的陀螺仪测量数据统计，独立测回间

陀螺方位较差的限差按 $2\sqrt{2}m_{\sigma}$ (m_{σ} 为陀螺仪标称精度) 控制。

在定向边进行往返测量是提高测量精度、消除旁折光影响、提高定向可靠性的重要手段。

两条陀螺仪定向边夹角与全站仪测量角度较差限差根据误差传播理论计算得到。

陀螺全站仪的电子部件、传感器和灵敏部的工作性能都与温度有关，温度变化会造成悬带扭力零位变化、陀螺质心产生位移和重力矩变化，从而引起仪器常数变化，即所谓陀螺仪温漂。根据相关文献，温度变化 1°C，陀螺方位值变化达到 0.5"~1.6"。中铁二院、隧道局等单位购置的陀螺全站仪出厂前高低温测试数

据显示，从 $-20^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，仪器定向偏差达到 $12.7''$ ，因此，在复杂艰险山区铁路隧道进行陀螺定向需进行温度改正。

洞内外温差过大，温度改正也不可能将其全部消除，将造成洞内外仪器常数存在系统误差，测回间差值一般较大，此时测量结果不可靠。因此，需要优先选择环境温度变化较小的时间段进行测量。