

附录 A 激光断面仪检测隧道断面方法

1. 仪器

隧道激光断面仪主要由三大部分组成:检测主机、掌上电脑、数据处理软件。

主要技术参数:

- (1)检测半径:1~45m;
- (2)检测点数:自动检测,一般为35个点/断面;
- (3)测距精度:优于 $\pm 1\text{mm}$;
- (4)测角精度:优于 0.01° ;
- (5)方位角范围: $30^\circ \sim 330^\circ$ (仪器测头垂直向下为 0°),连续测量 $60^\circ \sim 300^\circ$;
- (6)手动测头转动方位角范围: $0^\circ \sim 350^\circ$;
- (7)定位测量方式:具有垂直向下激光定心标志、测距功能。

2. 检测方法

采用隧道激光断面仪对隧道断面检测前,先采用经纬仪或全站仪按一定间距(根据检测任务要求,一般情况下初期支护为10m,二次衬砌为20m)放出隧道中线点和该点的地面高程,同时在隧道边墙上放出对应横断面点。

使用隧道激光断面仪对隧道断面检测步骤:

- (1)将隧道激光断面仪放于所需检测断面的隧道中线点上,安装并调整好仪器,使仪器对中。
- (2)在仪器安装好并对中归零后,测取仪器高度并记录(仪器高为相对地面的高度)。
- (3)在掌上电脑的软件主界面中选择“测量断面”。
- (4)再选“新测”,输入所测量断面的桩号并设置好所量测断面的起始和终止测量角度及所需量测的点数等参数。
- (5)最后选“测量”,隧道激光断面仪软件控制测头自动完成断面的测量并将角度及斜距等参数保存在文件中,在现场可以看到所测的断面轮廓线。

提示栏中显示检测完的信息时即可退出,数据自动保存在掌上电脑中,然后进行下一个断面检测。检测断面数据带回室内进行处理,以减少在隧道内的时间,减少对施工影响。

3. 检测数据处理

现场检测完成后,回到室内将掌上电脑的测量数据传输到计算机上,采用该仪器提供的台式机后处理软件对数据进行处理。

首先打开编辑好的标准断面曲线,将测量的断面曲线导入到标准断面中。

其次编辑导入的曲线,量测时仪器是在隧道中线上,所以 x 坐标值为零, z 值为仪器高(此处是相对路面设计高程),利用隧道现场量测时的地面高程 H_1 、隧道该点的路面设计高程 H_2 和在现场所量测到的仪器高计算出 Z_1 值: $Z = Z_1 - (H_2 - H_1)$,并输入此值,然后输入量测的一些相关信息(如测量时间、测量单位和测量人等),即完成当前断面的编辑。

最后根据图表中的标准曲线和实测曲线,判断隧道断面是否侵入衬砌限界,在哪些部位存在侵界。同时在图的下方给出该断面的相关信息,包括侵界最大值、侵界面积等。根据该图表能很清晰地对该横断面进行了解判断。

附录 B 地质雷达检测隧道支护(衬砌)质量方法

1. 地质雷达法适用范围

地质雷达法适用于探测隧道支护(衬砌)厚度,背后的回填密实度,内部钢架、钢筋等分布的情况。

2. 地质雷达主机的技术指标

- (1)系统增益不低于 150dB;
- (2)信噪比不低于 60dB;
- (3)模/数转换不低于 16 位;
- (4)采样间隔一般不大于 0.2ns;
- (5)信号迭加次数可选择或自动迭加;
- (6)数据的触发和采集模式为距离/时间/手动;
- (7)具有点测与连续测量功能;
- (8)具有手动或自动位置标记功能;
- (9)具有现场数据处理功能。

3. 地质雷达天线的选择

- (1)应选择有屏蔽功能的天线;
- (2)垂直分辨率应高于 2cm;
- (3)最大探测深度应大于 2m(应选用 500MHz 的天线)。

4. 现场检测

(1)隧道施工检测时,测线布置应以纵向布置为主,横向布置为辅。两车道隧道测线应分别在隧道的拱顶、左右拱腰、左右边墙共布置 5 条测线,三车道隧道应在隧道的拱腰部位增加两条测线,遇到衬砌有缺陷的地方应加密测线。

(2)交工验收检测时,测线布置应以纵向布置为主,横向布置为辅。两车道隧道测线应分别在隧道的拱顶、左右拱腰共布置 3 条测线,三车道隧道应在隧道的拱腰部位增加两条测线,遇到衬砌有缺陷的地方应加密布置测线。

(3)每 5~10m 测线应有一个里程标记。

5. 介质参数的界定

(1)检测前应对衬砌混凝土的介电常数或电磁波速做现场标定,且每座隧道应不少于 1 处,每处实测不少于 3 次,取平均值为该隧道的介电常数或电磁波速。对于特长隧道,应增加标定点数。

(2)标定方法

- ①钻孔实测;
- ②在已知厚度部位或材料与隧道相同的其他预埋件上测量;
- ③在洞口或洞内避车洞处使用双天线直达波法测量。

(3)求取参数时应具备的条件

①标定目标体的厚度一般不小于 15cm,且厚度已知;

②标定记录中界面反射信号应清晰、准确。

(4)标定结果的应按下式计算

$$\varepsilon_r = \left(\frac{0.3t}{2d} \right)^2$$

$$v = \frac{2d}{t} \times 10^9$$

式中: ε_r ——相对介电常数;

v ——电磁波速,m/s;

t ——双程旅行时间,ns;

d ——标定目标物体的厚度,m。

6. 仪器操作要求

(1)测量人员必须事先经过培训,了解仪器性能及工作原理,并且具备一定的图像识别经验后,才可以进行仪器操作;

(2)测量前应正确连接雷达系统,确保处于正常连接状态,并在检测前进行试运行,确保主机、天线及输入输出设备运行正常;

(3)测量前应在衬砌表面准确标记隧道里程桩号;

(4)测量(采集雷达图像)时,应确保天线与衬砌表面密贴(空气耦合天线除外);

(5)测量(采集雷达图像)时天线移动速度应平稳、均匀,其值宜为 3~5km/h;

(6)测量记录应包括测线位置、编号、天线移动方向、标记间隔以及天线类型等;

(7)当需要分段测量时,相邻测量段接头重合长度不应小于 1m;

(8)应随时记录可能对测量产生电磁影响的物体(如渗水、电缆、铁架及预埋管件等)及其位置;

(9)测量过程中应严格遵守相关的安全操作规定。

7. 数据处理

(1)数据处理前应检查原始数据是否完整,信号是否清晰,里程记录是否正确;

(2)应使用正式认证的软件或经过鉴定合格的软件进行数据处理与解释;

(3)数据处理过程中应选择正确的滤波方式,从而根据数据图像对隧道衬砌质量作出正确的分析与解释。

8. 数据解释

(1)雷达数据解释时,应根据现场记录,分析可能存在干扰的预埋管件等刚性构件的位置,准确地去区分衬砌内部缺陷异常与预埋管件异常;

(2)雷达数据解释完后,必须现场打孔验证。

9. 衬砌背部回填密实度的主要判释特征

(1)密实:反射信号弱,图像均一旦反射界面不明显;

(2)不密实:反射信号强,图像变化杂乱;

(3)空洞:反射信号强,图像呈弧形且反射界面明显。

10. 衬砌内部钢架、钢筋、预埋管件的分布主要判释特征

(1)钢架、预埋管件:反射信号强,图像呈分散的月牙状;

(2)钢筋:反射信号强,图像呈连续的小双曲线形。

地质雷达法检测隧道支护(衬砌)质量时雷达天线的选择

地质雷达技术是一种先进的无损检测技术,其特点是快速、无损、连续检测,并以实时成像方式显示地下结构剖面,探测结果一目了然,分析、判读直观方便。其探测精度高、样点密、工作效率高,因而在隧道工程质量检测中得到推广应用。

(1)地质雷达天线所发射的电磁波具有频率越低,分辨率越低,探测的深度越深;频率越高,分辨率越高,探测的深度越浅的特性。因此在隧道衬砌检测时能否适当地选择地质雷达天线的中心频率直接影响检测结果的准确性。

(2)在对衬砌的质量进行检测时,由于外界各种因素的干扰影响(比如隧道衬砌的含水率、实际操作过程中雷达天线和衬砌的紧贴程度等),从而使实际检测中雷达天线探测的有效深度大大降低。以800兆和500兆屏蔽雷达天线为例,通过实践一般认为在衬砌混凝土中,800兆的天线一般的有效深度为60cm以内,而500兆的有效深度为100cm以内(超过以上深度,雷达图像分辨率太低,不能作出正确的判释)。

(3)隧道喷射混凝土的设计厚度一般为8~26cm,理论上讲采用800兆和500兆的天线都可以,但是由于800兆的天线本身的探测深度有限,想要通过所采集的雷达图像清楚地判释出围岩内部的缺陷还是比较困难,另外,目前隧道开挖施工中,超挖现象十分普遍,超挖过大时施工单位常采用片石回填,甚至用石棉瓦填塞,由于填塞物有一定的厚度,这时采用800兆的天线,就难以发现隐藏在深处的空洞。如果隧道出现过塌方,在对塌方段施工质量检测时,采用800兆天线,显然满足不了工程要求。故建议对初期支护施工质量的检测宜选用500兆天线。

(4)隧道二次衬砌混凝土设计厚度一般为35~55cm,在二次衬砌施工中一般都是采用泵送模筑混凝土工艺,致使二次衬砌混凝土与初期支护混凝土之间结合比较紧密,在实际的检测中如选用800兆天线所采集的雷达图像所反映出来的介质反射面不明显,加之二次衬砌中钢筋、预埋件等物体的干扰,因此要通过雷达图像正确地判释和分辨出二次衬砌与初期支护之间的分层,还是比较困难的,从而无法正确地判释出二次衬砌的厚度。800兆的天线本身的探测深度有限,更是无法对二次衬砌背部的初期支护情况作出判断,故在实际检测中建议宜选用500兆天线。

(5)当需要对钢筋的分布、数量做准确检测时,500兆天线虽然可以看到钢筋,但由于其分辨率不够高,无法清晰反映钢筋的数量及分布,此时宜选用800兆天线。800兆天线可以清晰地以双曲线形式反映出钢筋的位置及分布,数据采集时道间距要选择1cm或2cm。故建议对钢筋检测时选用800兆屏蔽天线。

附录 C 全站仪非接触隧道变形量测方法

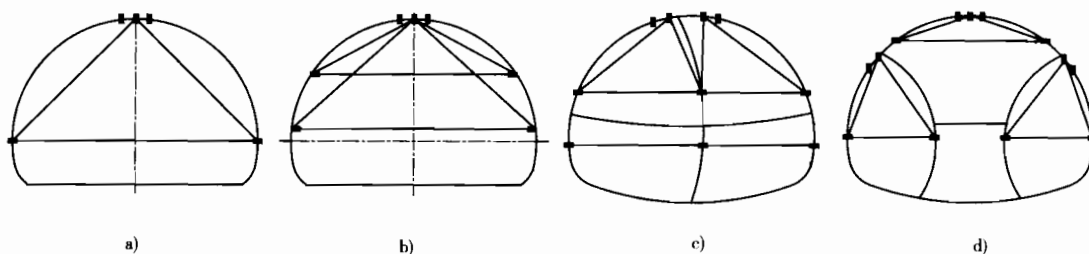
全站仪非接触隧道变形量测包括隧道周边收敛和拱部沉降两项内容。

1. 仪器

全站仪应选择适合隧道变形观测且具有膜片反射功能的仪器。要求测量精度测角为 $2''$ 以内,测距精度为 $\pm(2\text{mm}+2\text{ppm})$ 以内;由于隧道内粉尘比较严重,能见度低,因此反光膜片建议采用 $50\text{mm}\times 50\text{mm}$ 或 $70\text{mm}\times 70\text{mm}$ 规格的电影片;选择聚光效果好的强光手电作为照明工具。

2. 测点布置

应结合隧道不同的开挖方法布置测点。台阶法施工时,原则上每个台阶布置 1 条水平收敛测线,在拱顶和拱(墙)脚分别布置沉降测点;CD 法、CRD 法、双侧壁导坑法施工时,原则上在每个开挖部分分别布置测点。收敛测点与沉降测点可共用。布置形式如附图 1 所示。



附图 1 隧道变形量测测点布置示例

a) 拱顶测点和 1 条水平收敛测线;b) 台阶法拱顶测点和 2 条水平收敛测线;c) CD 或 CRD 法拱顶测点和测线示例;
d) 双侧壁导坑法拱顶测点和测线示例

3. 基准点布置

建立全站仪自由设站坐标系的基准点(后视点)要稳固不动,基准点应布置在已施作的二次衬砌边墙上。基准点的高度距地面 1m 左右,以不影响通视为宜。

4. 测站布置

采用自由设站时不需要对中,由于固定测站比不固定测站的观测精度高,因此测站位置应大致固定。测站的位置不能距测点断面太近,否则仪器光轴与膜片入射角过大而影响回复反射的性能;也不能太远,否则不能满足所用膜片尺寸的最大测程。建议测站与测点断面距离应大于 25m ,这时光轴与膜片的入射角可控制在 30° 以内;采用 $70\text{mm}\times 70\text{mm}$ 膜片时测程应控制在 $30\sim 50\text{m}$ 之间,采用 $50\text{mm}\times 50\text{mm}$ 膜片时应控制在 $20\sim 30\text{m}$ 之间。

5. 观测频率

量测的频率应根据测点距掌子面的距离及位移速率分别按附表 1 和附表 2 确定,出现异常情况或不良地质时,应增大量测频率。

按距掌子面距离确定的量测频率

附表 1

量测断面距掌子面距离(m)	量测频率	量测断面距掌子面距离(m)	量测频率
$(0\sim 1)B$	2 次/d	$(2\sim 5)B$	1 次/(2~3)d
$(1\sim 2)B$	1 次/d	$> 5B$	1 次/7d

注: B 为隧道开挖宽度。

按位移速度确定的量测频率 附表 1

位移速度(mm/d)	量测频率	位移速度(mm/d)	量测频率
≥ 5	2次/d	0.2~0.5	1次/3d
1~5	1次/d	< 0.2	1次/7d
0.5~1	1次/(2~3)d		

6. 测量步骤

6.1 沉降量测

- (1) 选择适宜的位置架设仪器,仪器架设好后进行调平。
- (2) 开机进入对边测量模式,并选择对边测量(A-B,A-C)方式:测量 A-B,A-C,A-D……如附图 2 所示。

(3) 照准基准点,按[观测]。此时显示仪器到基准点的水平距离 H_D 。

(4) 照准测点,按[观测]。此时,仪器自动显示基准点到测点的水平距离(d_{HD})、高差(d_{VD})、倾斜距离(d_{SD})、方位角(方向)。

- (5) 重复第(4)步观测下一测点。

6.2 相对收敛量测

- (1) 收敛量测使用的也是对边测量模式。
- (2) 进入对边测量模式,并选择对边测量(A-B,A-C)方式。
- (3) 照准测点(B),按[观测]。此时显示仪器到测点(B)的水平距离 H_D 。
- (4) 照准测点(C),按[观测]。此时,仪器自动显示测点(B)到测点(C)的水平距离(d_{HD})、高差(d_{VD})、倾斜距离(d_{SD})、方位角(方向)。
- (5) 退出再重新进入边测量模式量测测点(B)与测点(D)的距离。
- (6) 现场量测时,除了量测水平方向的收敛位移外,应尽可能量测斜测线的位移,以便于结合拱部沉降值,校核量测数据。

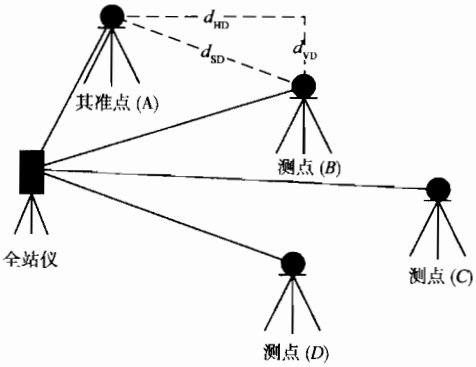
7. 注意事项

- (1) 测点必须布置在同一断面。
- (2) 基准点和观测点的保护,要保持反光贴膜干净,必要时先包裹起来,需要测量时再取下。
- (3) 防止施工过程中对测点造成的损坏,保持数据的完整性。
- (4) 相对收敛的变形观测不需要对准基准点。
- (5) 在喷射混凝土施工作业完成后,及时读取初值。

8. 监控量测数据分析处理

- (1) 监控量测数据的分析处理应包括数据校核、数据整理及数据分析。
- (2) 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。
- (3) 每次观测后应及时对观测数据进行整理,包括观测数据计算、填表制图、误差处理等。

附表 3 ~ 附表 5 分别为隧道变形量测现场原始记录表、隧道拱部沉降监测数据处理表、隧道相对收敛监测数据处理表。



附图 2 对边测量示意图

隧道变形量测量现场原始记录表

里程:

测量仪器:

[illegible]

复核:

隧道拱部沉降监测数据处理表 附表 4

断面类型： 里程：

日期	距掌子面距离 (m)	位 置			备注(施工工序、围岩情况、 现场情况等)
		高差(mm)	下沉值(mm)	速率	

计算： 复核：

隧道相对收敛监测数据处理表

附表 5

断面类型:

里程:

日期	距掌子面距离 (m)	位 置			备注(施工工序、围岩情况、 现场情况等)
		斜距(mm)	相对收敛(mm)	速率	

计算:

复核:

附录 D 地质雷达隧道超前地质预报探测方法

1. 地质雷达法适用范围

地质雷达法适用于探测隧道掌子面前方的溶洞、裂隙、破碎带及岩性、产状的改变。并初步判断溶洞、裂隙内是否含水。

2. 地质雷达主机的技术指标

- (1) 系统增益不低于 150dB;
- (2) 信噪比不低于 60dB;
- (3) 模/数转换不低于 16 位;
- (4) 采样间隔一般不大于 2ns;
- (5) 信号迭加次数可选择 128 次或 256 次;
- (6) 数据的触发和采集模式为手动;
- (7) 具有点测与连续测量功能;
- (8) 具有手动或自动位置标记功能;
- (9) 具有现场数据处理功能。

3. 地质雷达天线的选择

- (1) 应选择屏蔽或非屏蔽的中低频率的天线;
- (2) 垂直分辨率应高于 50cm;
- (3) 最大探测深度应大于 20m(宜选用中心频率为 100MHz 或 50MHz 的天线)。

4. 现场检测

(1) 用雷达做隧道超前预报时,当放炮清渣完成后,应检查掌子面及顶部是否有松动的石块,如有要及时排除,确保人员和设备的安全。

(2) 超前预报探测时,测线布置应在掌子面处距地面 1.5m 位置从左向右水平布置一条剖面,探测时要将天线竖立,将天线底部紧贴掌子面。

(3) 探测完毕后要测量实际剖面长度(第一个测量点处的天线中心点到最后一个测量点处天线中心点的距离)。

5. 介质参数的界定

(1) 只有对探测介质的介电常数或电磁波速度做准确标定,探地雷达才能准确确定掌子面前方异常点的距离。第一次探测时可以按照附表 6 的参考值进行设定,并在随后的掘进中予以标定。

几种典型介质的介电常数及电磁波速度

附表 6

介 质	电导率(S/m)	相对介电常数	速度(m/ μ s)
干花岗岩	$10^{-8} \sim 10^{-6}$	5	134
湿花岗岩	0.001 ~ 0.01	7	113
干灰岩	$10^{-8} \sim 10^{-6}$	7	113

续上表

介 质	电导率(S/m)	相对介电常数	速度(m/μs)
湿灰岩	0.01 ~ 0.1	8	106
干砂岩	$10^{-6} \sim 10^{-5}$	2 ~ 5	212 ~ 134
湿砂岩	$10^{-4} \sim 0.01$	5 ~ 10	134 ~ 95
干页岩	0.001 ~ 0.01	4 ~ 9	150 ~ 100
饱和页岩	0.001 ~ 0.1	9 ~ 16	100 ~ 75
黏性干土	0.01 ~ 0.1	4 ~ 10	150 ~ 95
黏性湿土	0.001 ~ 1	10 ~ 30	95 ~ 54

(2) 标定方法

- ①在探测的雷达剖面上读出异常反射物(溶洞、裂隙等)的电磁波走时 t ;
- ②当掘进到异常反射物的位置时,记录下掘进深度;
- ③用(4)所列公式计算出电磁波的速度,并将其用到以后的超前预报中。

(3) 求取参数时应具备的条件

- ①标定目标体的厚度一般不小于 3m;
- ②标定记录中界面反射信号应清晰、准确。

(4) 标定结果的应按下式计算

$$\varepsilon_r = \left(\frac{0.3t}{2d} \right)^2$$

$$v = \frac{2d}{t} \times 10^9$$

式中: ε_r ——相对介电常数;

v ——电磁波速, m/s;

t ——双程旅行时间, ns;

d ——标定目标物体的厚度, m。

6. 仪器操作要求

(1)测量人员必须事先经过培训,了解仪器性能及工作原理,并且具备一定的图像识别经验后才可以对仪器进行操作;

(2)测量前应正确连接雷达系统,确保其均处于正常连接状态,并在检测前进行试运行,确保主机、天线及输入输出设备运行正常;

(3)测量(采集雷达图像)时,应尽量让天线与掌子面表面密贴;

(4)测量(采集雷达图像)时,天线移动距离应尽量准确,一般一次移动 10cm(道间距为 10cm);

(5)测量(采集雷达图像)时,要采用点测方式,叠加次数建议选择 128 次;当一点的信号采集完成后,天线移动到下一个测量点,当天线放好后,进行下一点的采集;

(6)测量记录应包括测线位置、编号、天线移动方向、道间距以及天线类型等;

(7)应随时记录可能对测量产生电磁影响的物体(如渗水、电缆、脚手架、台车等)及其位置;

(8)测量过程中应严格遵守相关的安全操作规定。

7. 数据处理

(1)数据处理前应检查原始数据是否完整,信号是否清晰,里程记录是否正确;原则上一个剖面的采集道数要多于 30 道。

(2)数据处理与解释的软件应使用正式认证的软件或经过鉴定合格的软件;软件一定要有波形显示方式。最后出探测结果报告时尽量用波形图,这样可以更好地反映细节。

(3)数据处理过程中应选择正确的滤波方式,从而根据数据图像对掌子面前方作出正确的分析与解释。必须采用的滤波方式有去直流漂移、增益、带通滤波;可选的滤波方式有水平滤波、数据平均(平滑)等。

8. 数据解释

(1)雷达数据解释时,应根据现场记录(特别是地质记录及工程物探报告)进行分析解释;

(2)雷达数据解释完后,如果怀疑前方有含水溶洞或裂隙、有较严重的破碎带等,要及时通知施工单位用超前钻进行验证。

9. 雷达图像的主要判释特征

(1)溶洞:如果溶洞较小(小于掌子面的宽度),图像反映为类似双曲线;如果溶洞尺寸很大(大于掌子面宽度),图像中就会有较强反射面。

(2)破碎带:反射信号强,图像变化杂乱。

(3)裂隙:反射信号强,有明显的反射界面。

(4)含水(夹泥)的溶洞或裂隙:图像上有明显的双曲线或反射界面,但在双曲线或反射界面后部,图像突然很干净,几乎没有任何反射信号,此时很可能会含水。

地质雷达法隧道超前预报时雷达天线的选择

地质雷达技术是一种先进的无损检测技术,其特点是快速、无损、连续检测,并以实时成像方式显示地下结构剖面,探测结果一目了然,分析、判读直观方便。其探测精度高、样点密、工作效率高,因而广泛应用于考古、工程地质勘察、隧道工程质量检测等众多行业和领域。

(1)地质雷达天线所发射的电磁波具有频率越低,分辨率越低,探测的深度越深;频率越高,分辨率越高,探测的深度越浅的特性。因此在隧道超前预报时能否适当的选择地质雷达天线的中心频率直接影响检测结果的准确性。

(2)在对隧道做超前预报时,根据探测深度要求和掌子面的施工空间,建议选择 100 兆屏蔽天线或 100 兆、50 兆非屏蔽天线。高于 100 兆的天线探测距离过浅,实际应用时探测频率太高,影响现场施工;低于 50 兆的天线尺寸太大,不利于现场操作。通过实践一般认为在正常围岩中,100 兆天线可以解释 20~30m,50 兆天线可以解释 30~40m。

(3)使用 100 兆屏蔽天线时,因天线较重,现场采集不太方便,但隧道内的台车、脚手架等的干扰信号较少,图像解释较简单;用 100 兆或 50 兆非屏蔽天线时,天线较轻,现场移动方便,但隧道内的台车、脚手架等会反映到雷达图像中,图像解释时要注意区分。总之,两种天线各有利弊,探测单位根据自身的设备状况选用即可。

参考文献

- [1] 交通运输部基本建设质量监督总站,交通专业人员资格评价中心.公路水运工程试验检测人员过渡考试大纲.2010年版.北京:人民交通出版社,2010.
- [2] 中华人民共和国行业标准.JTG F80/1—2004 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程.北京:人民交通出版社,2004.
- [3] 中华人民共和国行业标准.JTG F60—2009 公路隧道施工技术规范.北京:人民交通出版社,2009.
- [4] 中华人民共和国行业标准.JTG/T F60—2009 公路隧道施工技术细则.北京:人民交通出版社,2009.
- [5] 中华人民共和国行业标准.JTG D70—2004 公路隧道设计规范.北京:人民交通出版社,2004.
- [6] 中华人民共和国行业标准.JTJ 026.1—1999 公路隧道通风照明设计规范.北京:人民交通出版社,2000.
- [7] 交通部令2004年第3号.公路工程竣(交)工验收办法.
- [8] 交公路发[2010]65号.公路工程竣(交)工验收办法实施细则.
- [9] 中华人民共和国行业标准.TB 10223—2004 铁路隧道衬砌质量无损检测规程.北京:中国铁道出版社,2004.
- [10] 中华人民共和国行业标准.JGJ/T 23—2001 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程.北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [11] 中华人民共和国行业标准.TB 10120—2002 铁路瓦斯隧道技术规范.北京:中国铁道出版社,2002.
- [12] 中华人民共和国行业标准.铁路隧道超前地质预报技术指南(铁建设[2008]105号).北京:中国铁道出版社,2008.
- [13] 中华人民共和国行业标准.TB 10121—2007 铁路隧道监控量测技术规程.北京:中国铁道出版社,2007.
- [14] 蒋树屏.公路隧道建设技术的发展//2009年全国公路隧道学术会议.兰州:2009.
- [15] 长安大学.公路隧道施工围岩稳定性及支护效果监控量测技术的研究.西安:2009.

责任编辑: 沈鸿雁 曲乐 王文华

封面设计: 飛亞景設計
TEL: 010-84935333

公路水运工程试验检测人员考试用书

公共基础

公路工程试验检测人员考试用书

材料

公路

桥梁

► 隧道

交通安全设施及机电工程

ISBN 978-7-114-08422-5



网上购书/www.jtbook.com.cn

定价: 36.00元