

隧道富水程度遥感定量判释评估应用

卓宝熙

(铁道专业设计院, 北京 100020)

摘要: 本文列举分析了国内外由于未查明隧道水文地质条件给隧道施工和治理而产生问题的若干实例, 指出水文地质勘测工作的重要性, 叙述了利用遥感手段确定隧道富水程度与地面勘测方法的区别。重点介绍利用“遥感定量判释应用模式”评估隧道富水程度的思路, 具体方法与步骤以及应用“隧道遥感富水程度估算经验公式”时应注意的问题。

关键词: 隧道; 富水程度; 遥感定量评估

中图分类号: U 452. 11

我国是多山国家, 铁路修建中隧道工程占很大工作量, 一般山区铁路的隧道总长度约占全长的20% ~ 30%, 有的高达40%以上^[1]。

众所周知, 铁路新线建设中, 长隧道和地质复杂隧道是关键工程部分, 它投资密集、施工难度大、建设周期长, 通常是整条铁路线的控制工程。长隧道施工前, 必须查明隧道地区的工程地质、水文条件, 否则, 将会给施工带来极大的困难: 例如, 日本上越新干线的中山隧道, 因涌水导致竖井两次被淹; 意大利和奥地利边境的格林萨斯隧道在施工中遇到岩溶坍塌, 被迫停工达两个月之久; 前苏联贝加尔-阿穆尔干线上的北穆隧道, 因挖开含水层, 曾发生25000m³/h的水沙泥浆的喷出^[2]; 我国大瑶山隧道的班古坳竖井, 当开挖水平导坑时, 因掘开含水构造, 致使掌子面涌出水泥沙, 抽排无效, 使竖井被淹^[3]; 南岭隧道、军都山隧道都曾因地下水作用形成泥石流^[4], 给隧道施工和治理工作带来了许多麻烦。因此, 隧道地质勘测, 历来受到重视。尤其是隧道地区的水文地质条件, 由于勘测工作不细或失误, 又缺乏必要的预测预报手段, 一旦施工中出現突然大量涌水, 其后果是不堪设想的。因此, 对隧道地区的工程地质条件尤其是水文地质条件进行正确评价至关重要。而隧道水文地质问题又是勘测中的难点, 常规的勘测手段进行水文地质勘测, 由于观察视野的限制,

以及地形、交通等条件的制约, 要想查明隧道通过地区的水文地质条件是十分困难的, 不但需投入大量人力、物力和财力, 而且周期长、劳动强度大。即使如此, 也很难查明水文地质条件和富水情况。往往由于未能查明隧道的工程地质条件, 经常出现勘测设计资料与施工实际情况相差较大, 以致造成事故或影响施工进度^[5], 造成施工的被动。因此, 找出一种既操作简便又能准确地确定隧道富水区的方法, 对保障隧道施工具有重大意义。

1 确定隧道富水程度的遥感新方法

对于隧道洞身富水程度的确定, 一般是通过地面调查和勘探所收集的水文地质资料, 采用水文地质对比法、回归分析法、水均衡法、地下水动力学法、解析法以及模拟法等计算得出的^[6]。但由于隧道水文地质情况极为复杂, 而各种水量计算公式都具有一定局限性, 计算出的富水程度往往难以准确反映客观实际情况。

运用遥感图像判释获得隧道通过地区的地形地貌、地层岩性、地质构造、地表水系、植被、人类活动等情况, 结合该区降水量及隧道埋深等因素确定不同地段的相对富水程度和分区的方法速度快、效率高。

依据《铁路工程水文地质勘测规范》的规定, 隧

收稿日期: 2002-09-03。

作者简介: 卓宝熙(1934-), 男, 汉族, 铁道专业设计院副总工程师, 中国工程勘察大师, 教授级高工, 从事工程地质遥感、地质灾害遥感工作。

道洞身富水程度分为 4 个区, 即: 强富水区、中等富水区、弱富水区和贫水区, 分区标准是按隧道洞身每天单位长度可能最大涌水量 $q_n(m^3/d \cdot m)$ 进行划分。 $q_n > 10$ 为强富水区, $10 \geq q_n \geq 1$ 为中等富水区, $1 > q_n \geq 0.1$ 为弱富水区, $q_n < 0.1$ 为贫水区^[6]。根据遥感技术的特点, 为了便于操作, 我们参照“规范”中 4 个区的划分规定, 提出 3 个区的划分, 即: 富水区、弱富水区和贫水区, $q_n > 10$ 为富水区, $10 \geq q_n \geq 0.1$ 为弱富水区, $q_n < 0.1$ 为贫水区。

2 建立全新的评估隧道富水程度的遥感定量判释应用模式

遥感在隧道勘测中的应用, 必须突破传统的“遥感定性判释应用模式”, 建立起全新的“遥感定量判释应用模式”。主要以遥感地质判释为基础, 将其定性判释成果以及其他影响隧道富水程度的因素定量化, 并以分数的形式代入“隧道遥感富水程度估算经验公式”中, 估算出隧道的富水程度, 从而提高了估算隧道富水程度的可靠性, 为遥感技术的应用开辟了一条新的途径。

3 隧道富水程度评估的方法与流程

- (1) 沿隧道位置两侧一定范围内进行室内遥感图像详细判释, 编制隧道遥感工程地质判释图、隧道遥感水文地质判释图、隧道遥感工程地质纵断面图以及隧道地区大型节理图和大型节理等丰度图。
- (2) 现场验证隧道遥感工程地质判释图、隧道遥感水文地质判释图、隧道遥感工程地质纵断面图; 现场量测节理, 并确定节理丰度值与相应地段节理发育程度的对应关系等。

- (3) 根据隧道遥感工程地质判释图、隧道遥感水文地质判释图、隧道遥感工程地质纵断面图、隧道地区大型节理图、大型节理等丰度图以及隧道地区的降水量、隧道埋深等, 从表 1 中查阅各因素的富水程度分数。为了更准确地选定各要素的分数, 在查阅表 1 时, 可分别参考各要素富水程度分数详细分数划分参考表(见表 2~9)。
- (4) 将各要素富水程度分数代入“隧道遥感富水程度估算经验公式”(以下简称“估算经验公式”)中, 计算出富水程度分数 H 值。遥感估算经验公式为:

$$H = H_d + H_y + H_z + H_{dl} + H_j + H_{js} + H_{hg} + H_m$$

- 式中: H_d = 地形地貌富水程度分类;
 H_y = 岩石富水程度分数;
 H_z = 褶曲构造富水程度分数;
 H_{dl} = 断裂富水程度分数;
 H_j = 节理富水程度分数;
 H_{js} = 降水量富水程度分数;
 H_{hg} = 河沟富水程度分数;
 H_m = 隧道埋深富水程度分数。

- (5) 根据“估算经验公式”计算富水程度分数 H 的分数值, 然后以分数值确定富水程度的等级。分数值与富水程度等级的关系如下:
- ①按 4 个区划分时, $H > 80$ 分时为强富水区, $80 \geq H \geq 65$ 为中等富水区, $65 \geq H \geq 50$ 为弱富水区, $H < 50$ 分时为贫水区。
- ②按 3 个区划分时, $H > 80$ 分为富水区, $80 \geq H \geq 50$ 为弱富水区、 $H < 50$ 分为贫水区。

表 1 隧道洞顶地形地貌富水程度分数(H_d) 详细划分的参考表
Tab. 1 Detailed reference grades (H_d) of the topographical factor of the tunnel area for the watery degree

地形地貌富水程度分数(H_d)	0	1 ~ 5	6 ~ 10	11 ~ 15	16 ~ 20
地形地貌 (d)	陡峻地形, 分水岭地段。	中等陡峻地形 可根据陡峻程度及切割程度确定分数。	平缓地形 可根据缓坡坡度陡峻确定分数, 坡度缓者, 分数高。	平原 可结合地下水、泉水、植被、耕地等情况确定。	槽谷、低洼地 可结合地下水、泉水、植被、耕地等情况确定。

表 2 隧道埋深范围内岩性富水程度分数(H_y)详细划分的参考表
Tab. 2 Detailed reference grades (H_y) of the lithological factor within the tunnel depth for the watery degree

岩石富水程度 分数(H _y)	0	1 ~ 5	6 ~ 10	11 ~ 15	16 ~ 20
岩性(y)	泥岩, 页岩等。	岩浆岩中的深成岩、浅成岩和部分喷出岩等。可根据岩脉侵入情况、挤压程度等确定, 一般情况下, 采用中值。	包括混合岩、变质岩中的片麻岩、石英岩、千枚岩等。可根据岩脉侵入情况及挤压程度等确定。另外, 片麻岩分数可低些, 石英岩、千枚岩分数可高些, 片岩可根据其成分不同而有所差别。	岩浆岩中的玄武岩、沉积岩中的砂、砾岩、变质岩中的大理岩等。一般大理岩分数可取高些, 砂砾岩可根据颗粒大小、胶结结构情况确定。	石灰岩、白云岩、石膏、岩盐等。可根据其岩溶发育程度确定。岩溶较发育, 可给高分, 中等发育给中等分, 经微发育, 可给低分。

表 3 褶皱构造富水程度分数(H_z)详细划分的参考表
Tab. 3 Detailed reference grades (H_z) of the folds for the watery degree

褶皱构造富水 程度分数(H _z)	1 ~ 5	6 ~ 10	11 ~ 20
褶皱构造(z)	单斜地层。根据岩层挤压破碎程度确定其分数高低。	背斜地层。背斜地层的分数视不同情况而有较大差别, 根据背斜顶部地层软弱及纵横断裂发育情况、隧道埋深等确定其分数。隧道位于背斜顶部附近, 因张性节理发育, 分数可给高些。如果背斜顶部断裂规模大, 穿过洞身明显影响隧道工程时, 则按断裂给分。	向斜地层。根据其岩性软硬及其纵横断裂发育程度、规模大小及隧道埋深确定其分数。如断裂规模大, 穿过洞身明显影响隧道工程则按断裂给分。

表 4 断裂构造富水程度分数(H_{dl})详细划分的参考表
Tab. 4 Detailed reference grades (H_{dl}) of the faults for the watery degree

断裂构造富水 程度分数(H _z)	0 ~ 20	21 ~ 30	31 ~ 50
	小断裂(L< 10km)	中等断裂(L= 10 ~ 100km)	大断裂、区域性大断裂(L> 100km)
断裂构造 (dl)	压性断裂, 断裂带较窄(< 10m)、胶结好时, 为阻水断裂, 上盘附近分数可给低些或不给分。如导水性能良好, 或为张性断裂, 分数可给高些。	压性断裂, 断裂带不甚宽(10 ~ 20m)、胶结好时, 为阻水断裂, 上盘附近分数可给高些, 下盘附近可给低些或不给分。如导水性能良好, 或为张性断裂, 分数可给高些。	压性断裂, 断裂带较宽(31 ~ 50m)、胶结好时, 为阻水断裂, 上盘附近分数可给高些, 下盘附近可给低些或不给分。导水性能良好, 或为张性断裂, 分数可给高些。
	扭性断裂取中值或以上	扭性断裂取中值或以上	扭性断裂取中值或以上

表 5 节理构造富水程度分数(H_j)详细划分的参考表
Tab. 5 Detailed reference grades (H_j) of the joints for the watery degree

节理构造富水 程度分数(H _z)	0 ~ 10	11 ~ 20	21 ~ 30	31 ~ 50
	节理不发育(F< 80)	节理较发育(F= 80 ~ 155)	节理发育(F= 156 ~ 230)	节理很发育(F> 230)
节理构造(j)	不同发育程度节理分数的确定, 应根据其形成原因、规模大小、张闭、充填情况确定其分数。此外, 还应考虑隧道埋深情况确定其分数, 埋深越深, 影响越小, 特别是岩浆岩的原生节理, 到深处影响更小。			

表 6 降水量富水程度分数(Hjs)详细划分的参考表

Tab. 6 Detailed reference grades (Hjs) of the precipitation for the watery degree

降水量富水程 度分数(Hjs)	0	1 ~ 10	11 ~ 20	21 ~ 30	31 ~ 50
	干旱带(年降水量 < 200mm)	少水带(年降水量为 200 ~ 400mm)	过渡带(年降水量为 401 ~ 800mm)	多水带(年降水量为 801 ~ 1600mm)	丰水带(年降水量为 > 1600mm)
降水量 (js)	降水对隧道富水程度的影响, 只有当隧道顶部岩石导水良好的情况下, 才能起重要影响。故降水量每一档分数高低的确定应结合隧道上方导水通道情况以及隧道埋深等情况来确定其分数。				

表 7 隧道洞顶河沟、泉富水程度分数(Hhg) 详细划分的参考表

Tab. 7 Detailed reference grades (Hhg) of the ditches ang springs over the tunnel for the watery degree

隧道洞顶河沟富 水程度分数(Hhg)	0 ~ 10	11 ~ 20
	季节性水流河沟	常年性水流河沟、泉水
河沟、泉 (hg)	分数的确定可根据河沟与隧道的交角情况、距离 远近、隧道上方通道导水情况、隧道埋深等综合 考虑。	分数的确定可根据河沟与隧道交角情况, 距离远 近, 河沟流量。隧道上方通道导水情况。隧道埋 深等综合考虑。

表 8 隧道埋深富水程度分数(Hm) 详细划分的参考表

Tab. 8 Detailed reference grades (Hm) of the tunnel depth depth under the ground surface for the watery degree

隧道埋深富水 程度分数(Hm)	- 30 ~ - 21	- 20 ~ 11	- 10 ~ 1	0	备 注
	> 1000m	401 ~ 1000m	201 ~ 400m	< 200m	
埋深 (m)	隧道埋深和以上几个要素对隧道富水程度的影响正好相反, 起到减少隧道富水程度的作用, 所给的分数是负分数。一般情况下(深大断裂带导水良好者、岩溶发育者、向斜具承压水者除外) 隧道埋深越深, 富水程度越小。但埋深与负分数的关系, 只是假定, 这方面的经验还不多, 有待积累经验。				应结合岩石裂隙通 道情况确定分数

4 隧道富水程度评估的应用分析

4. 1 隧道富水程度的估算

对于上述遥感定量分析, 我们列举了西康铁路秦岭隧道和南昆铁路家竹箐隧道富水程度估算的应用。

(1) 西康铁路秦岭隧道富水程度的估算

秦岭隧道, 地形陡峻, 岩性以混合片麻岩和混合花岗岩为主, 有背斜和单斜地层, 节理从不发育到很发育, 降水量 600 ~ 800mm, 埋深 300 ~ 600m。

我们按秦岭隧道 线平行导坑实测统计计算涌水的段落, 进行了相应地段的遥感估算, 其结果及其对比情况见表 10^[7]。根据对比结果统计, 估算经验公式计算的富水程度的正确率达 77%。在 9 个段落的经验公式评估中有 2 个段落不准确。其中 DK 64 + 366 ~ DK 67 + 290 位于隧道进口端, 施工实测为贫水区, 遥感估算经验公式算出的为弱富水区, 也就是说遥感估算的水量偏多, 分析其原因, 是节理和降水量的分数确定过高。另外, DK 69 + 070 ~ DK 76 +

287 位于分水岭地段, 估算经验公式算出的为弱富水区, 而施工实测为贫水区, 遥感估算的水量也偏高, 分析其原因是节理分数定高了, 主要是对于深部节理贯通性较差缺乏认识, 因此未把其他因素的分数相应降低, 故得出的富水程度较高。

表 9 隧道遥感富水程度估算经验公式与
施工实测富水程度对比详表

Tab. 9 Contrast of the results from the experence formula of the remote sensing judgment with the measurment under construction for the watery degree		富水程度评价		长度
区段 序号	区 段	估算经验公式	施工实测	(km)
1	DK 64+ 366 ~ DK 67+ 290	弱富水区(55)	贫水区	2. 924
2	DK 67+ 290 ~ DK 67+ 800	弱富水区(60)	弱富水区	0. 51
3	DK 67+ 800 ~ DK 68+ 095	贫水区(40)	贫水区	0. 295
4	DK 68+ 095 ~ DK 69+ 070	富水区(90)	富水区	0. 975
5	DK 69+ 070 ~ DK 76+ 287	弱富水区(75)	贫水区	7. 217
6	DK 76+ 287 ~ DK 77+ 530	弱富水区(65)	弱富水区	1. 243
7	DK 77+ 530 ~ DK 80+ 724	富水区(85)	富水区	3. 194
8	DK 80+ 724 ~ DK 81+ 700	弱富水区(70)	弱富水区	0. 976
9	DK 81+ 700 ~ DK 82+ 814	贫水区(45)	贫水区	1. 114

根据“估算经验公式”估算出的各段富水程度分数(H)值如下:

$$1、DK64+366 \sim DK67+290 \quad H = 5+10+5+10+20+15+0+(-10) = 55$$

$$2、DK67+290 \sim DK67+800 \quad H = 10+10+5+5+10+15+10+(-5) = 60$$

$$3、DK67+800 \sim DK68+095 \quad H = 5+10+5+0+10+15+0+(-5) = 40$$

$$4、DK68+095 \sim DK69+070 \quad H = 5+10+5+30+20+15+10+(-5) = 90$$

$$5、DK69+070 \sim DK76+287 \quad H = 0+10+5+30+20+20+10+(-20) = 75$$

$$6、DK76+287 \sim DK77+530 \quad H = 0+10+5+20+10+30+10+(-20) = 65$$

$$7、DK77+530 \sim DK80+724 \quad H = 5+10+10+20+15+30+10+(-15) = 85$$

$$8、DK80+724 \sim DK81+700 \quad H = 5+10+5+20+10+20+10+(-10) = 70$$

$$9、DK81+700 \sim DK82+814 \quad H = 5+10+0+0+0+10+20+0+0+0 = 45$$

上述估算的富水程度分数值按 3 个区划分富水等级。即 $H > 80$ 分为富水区, $80 \geq H \geq 50$ 为弱富水区, $H < 50$ 为贫水区。

(2) 南昆铁路家竹箐隧道富水程度的评估

该隧道通过地区, 地形较陡峻, 局部地段为中等陡峻, 岩层包括灰岩、白云岩、砂页岩、玄武岩等, 隧道通过亦资孔向斜之东南翼, 节理从较发育至很发育, 降水量 1100~1400mm, 隧道埋深从 10~400m。

隧道中有两段(IDK580+300~IDK580+700 和 IDK581+600~IDK582+400) 用“估算经验公式”进行估算。

1) DK580+300~IDK580+700 的富水程度估算。根据该段各因素情况查表得: $H_d = 10$, $H_y = 40$ (为可溶岩与非可溶岩互层), $H_z = 10$, $H_d = 0$, $H_j = 20$, $H_{js} = 30$, $H_{hg} = 10$, $H_m = 0$ 。将各因素分数代入公式:

$H = H_d + H_y + H_z + H_j + H_{js} + H_{hg} + H_m = 10 + 40 + 10 + 20 + 30 + 10 + 0 = 120$, 总分数超过 100, 但实际上由于该处隧道的水主要是通过岩溶渗入, 节理作用不大, 可忽略不计或降低分计算, 如忽略不计, 则总分为 100, 按 3 个区划分, 该段确定为富水区, 如按 4 个区划分, 则为强富水区。

2) IDK581+600~IDK582+400 的富水程度估

算。本段各因素情况与 IDK580+300~IDK580+700 的情况相同, 只不过隧道埋深小些, 但其 H_m 仍等于 0, 计算结果总分也是 100, 如按 3 个区划分, 该段确定为富水区, 如按 4 个区划分, 则为强富水区。上述两段估算的富水程度分区经现场施工验证, 分别为富水区或强富水区, 证实遥感估算的富水程度完全正确。

4.2 估算中的若干问题分析

(1) 上述公式只是概略估算的经验公式, 式中只考虑有普遍意义的影响因素, 许多因素如风化节理、植被、人类活动等, 在公式中均未考虑, 主要是这些因素影响范围或影响程度有限, 作为整个段落的富水程度估算意义不大。例如, 风化节理一般在 15m 以下很少见到, 故对隧道水文地质条件影响深度有限; 植被覆盖率高低, 虽然对地表水下渗有影响, 但也不是影响富水程度的主要因素, 可结合其他因素适当考虑。总之, 这些因素除特殊情况外, 一般对富水程度影响不大或只在有限影响范围内受到影响, 故在公式中未予考虑。

(2) 因素分数的确定应准确。各因素分数选定的准确与否直接影响到富水程度的准确与否, 在确定分数时, 不能生搬硬套参考表, 只有具有丰富的水文地质评价经验的人才能准确确定分数值。同时还要要求遥感判释和调查资料要详细、准确, 否则确定的分数仍然不准。

(3) 确定分数时应全面考虑各因素之间的制约关系。在确定某要素分数时, 应同时考虑其他因素, 以全面确定各因素的分数。因素的选择应考虑主导因素。例如, 在考虑隧道埋深时, 在以节理裂隙为通道的岩石中, 考虑隧道埋深意义较大, 但像导水断层、深层岩溶、具有承压水的向斜构造等的富水程度与隧道埋深并非完全成比例关系, 而是由这些现象的结构特征所决定的。又如, 当某一地区通向隧道的水流主要是由节理裂隙为通道, 但节理裂隙又不发育时, 在确定分数时, 不但节理分数给低些, 其他分数也应给低些, 如果只是节理分数给低些, 其他分数不相应给低些, 则所计算出的富水程度分数就不准确, 分区不准。再如岩溶发育地区, 节理分数则可降低分数或不计。

(4) 对隧道水文地质有明显影响的大断裂应单独划分段落。在各个段落富水程度的评价中, 凡在该段落中断裂规模较小, 对隧道水文地质条件影响不大者, 可将其分数计入估算经验公式中, 如果断裂规

模较大, 而且能确认其对隧道水文地质条件有明显影响者, 则可将该断裂所形成的水文地质条件单独划分为富水程度段落, 其范围可按断裂规模大小、破碎带宽度、导水性能等确定, 一般可按断裂带外侧两侧各 10 ~ 50m 左右为界。

5 结语

我国 1988 年已建成的隧道中有 80% 在施工中遇到突水灾害, 涌水量达 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 以上者 31 座, 另据统计运营隧道中尚有 1300 余座有渗水漏水病害, 占隧道数的 30% 左右^[8]。由此可见, 如何确定隧道的水文地质及富水程度, 是非常重要的一个问题。

本文提出的隧道富水程度遥感综合评估, 是一种简便和实用的方法, 特别适用于隧道水文地质条件的判断和富水程度的确定, 但其无法确定具体涌水量。不过, 可以通过分区情况反推出大致的涌水量。根据西康线秦岭隧道和南昆线家竹箐隧道的实际应用, 认为富水程度评估的准确度是可信的。

其所得出的不同地段的相对富水程度对施工部门是很有用的, 其效果不亚于地面勘测方法提供的成果, 可与地面方法互为补充。

隧道水文地质条件受各种因素的影响, 较为复杂, 相互制约, 用量化数据表达难度较大, 也是该成果应用的关键。

上述确定富水程度分数(H)的估算经验公式, 是初步建立的估算公式, 积累的资料也还有限, 实际应用中也还会出现不少问题, 尤其是一些影响因素的分数值的确定, 以及经验公式中各种因素的取舍

组合等, 还要在实践中不断予以完善。

本成果所建立的“遥感定量判释应用模式”以及所提出的“隧道遥感富水程度估算经验公式”等内容, 有悖于传统的“遥感定性判释应用模式”, 是一种全新概念, 开辟了遥感技术创新途径。

其成果在铁路新线隧道水文地质勘测和隧道施工超前预报中得以应用。对降低勘测成本, 提高勘测质量, 改善劳动条件, 加速勘测效率等, 起到重要作用。对公路、水利、采矿等的隧道工程和地下工程等的水文地质条件评价, 具有重要意义。

参考文献

[1] 卓宝熙编著. 工程地质遥感判释与应用. 北京: 科学出版社, 2002. 455.

[2] 常纪春. 利用红外遥感技术预测预报隧道施工水害的可行性. 铁道建设, 1993, (2): 42 ~ 46.

[3] 王宇明. 遥感技术在大瑶山隧道的应用效果. 铁路航测, 1998, (3): 32.

[4] 符华兴, 朱智. 南岭隧道用长管棚法通过严重岩溶地段. 铁道工程学报, 1988, (4): 96.

[5] 卓宝熙, 王宇明, 王英武. 遥感技术在长隧道勘测中的应用. 国家遥感中心编. 遥感在规划、管理和决策中的应用与发展论文集. 北京: 测绘出版社, 1985. 71.

[6] 卓宝熙, 史振凯. 隧道富水程度遥感综合评估方法的探讨. 铁路航测, 1998, (3): 6 ~ 7.

[7] 毛建安, 石中平, 毕焕军. 秦岭隧道涌水量的综合勘察与预测算法的综合运用. 铁道工程学报, 1998, (1): 97.

[8] 石文慧. 当代铁路隧道发展趋势及地质灾害防治. 铁道工程学报, 1996, (2): 57.

Quantitative Interpretation and Evaluation of the Watery Degree in Tunnel by Remote Sensing

ZHUO Baoxi

(Railway Professional Design Institute, Beijing 100020, China)

Abstract: This paper will show the importance of hydrogeologic survey in tunnel by presenting examples of troubles in tunnels' construction and administration caused by unascertained hydrogeologic conditions. A new approach named as Quantitative Remote Sensing Interpretation Application Model was put forward and the differences of this model from the traditional Qualitative Remote Sensing Interpretation Application Model in evaluating the degrees of water enrichment in tunnels were described in this paper. The core

of applying this model to evaluate the water enrichment in tunnels is to assess the enrichment degrees using the empirical formula for remote sensing evaluating water enrichment degree in tunnel with quantitative remote sensing interpretation. This method is based on the remote sensing geological interpretation. It quantifies the interpretations and the factors affecting the water enrichment in tunnels, brings them into empirical formula in form of fractions, and obtains the enrichment degrees according to the derived fractions from the formula.

As a focal point, this paper introduced the detail approach and steps in applying the empirical formula for remote sensing evaluating water enrichment degree in tunnel, illustrated by the two examples from qinling tunnel of Xi'an- Ankang railway and Jiazhujiang tunnel of Nanning- Kunming railway. The construction has proofed these assessments and demonstrated that the predicted enrichment degrees were little different from the real ones.

The paper also presented some noticeable problems encountered in application of the empirical formula for remote sensing evaluating water enrichment degree in tunnel.

In the conclusion, the paper pointed out that the empirical formula for remote sensing evaluating water enrichment degree in tunnel was a new application model which was different largely from the traditional qualitative remote sensing interpretation application ones. This model made the water enrichment evaluation more reliable and its processing was more simple and feasible. No similar report on this kind of method has been found in recent data retrievals. This achievement can be applied in the hydrogeologic evaluation and predictions before tunnel constructions for railways, highways, and water conservancy works. It has beneficial effects on lowering the surveying cost, heightening the surveying quality, raising the surveying efficiency and improving labor conditions.

Key words: tunnel; watery degree; quantitative evaluation by remote sensing