

文章编号: 1009-6248 (2002) 02-0015-05

太行隧道围岩类别的再认识

陈新瑜¹, 陈广宇²

(1. 长安大学地质工程系, 陕西 西安 710054; 2. 西安高科建设公司, 陕西 西安 710061)

摘 要: 通过论证比较, 按照隧道围岩主要工程地质特征、围岩岩体结构及结构面特征、水文地质特征、围岩弹性纵波波速、变形系数、泊松比、内摩擦角、软化系数等指标, 重新划分和确定了围岩类别; 分析了产生围岩类别偏差的原因, 以期对同类工程勘察起到借鉴和参考作用。

关键词: 隧道; 围岩类别; 工程地质

中图分类号: 642 文献标识码: A

1 概况

太行隧道位于 310 国道陕西段境内的陕西省宝鸡市高家村乡太行村与宝鸡县甘峪乡李家楞村交界处, 全长 1 085 m, 属越岭中长隧道。采用喷锚构筑法原理设计和施工。

太行隧道 1998 年 9 月 20 日开工建设, 2000 年 11 月 28 日建成通车, 历时 26 个月, 施工期间因地质条件较差等其它原因, 多次发生塌方事故, 经多次围岩类别变更、加强初期支护及二次衬砌、打迈式锚杆补强等一系列措施, 才可以顺利贯通。

隧道围岩类别的划分, 是隧道设计的主要依据之一, 只有按照规范要求, 通过科学、详实的勘探工作, 综合分析, 正确划分围岩类别, 才能确保设计合理和施工顺利。

太行隧道施工期间, 作者曾多次去现场进行了参观和考察, 下面结合工程实际论述对太行隧道围岩类别划分的一点认识。

2 太行隧道原设计各段围岩岩性及围岩类别

太行隧道原设计各段围岩岩性及围岩类别见表 1。

3 施工期间出现的主要工程地质问题

太行隧道原设计 I 类围岩段呈块石碎石状镶嵌结构, 张性节理发育, 裂隙面常为泥膜或

收稿日期: 2001-07-04; 修回日期: 2002-02-07

作者简介: 陈新瑜 (1963-), 女, 讲师, 1988 年毕业于西安地质学院水工系, 主要从事工程地质和岩土工程的教学与科研工作。

表 1 太宁隧道各段围岩岩性及围岩类别

Tab. 1 Lithology and category of surrounding rock at each section of Tai-Ning tunnel

里程桩号	工程地质特征	岩体结构及结构面特征	水文地质特征	岩体波速 V_p (m/s)	围岩类别	长度 (m)
K183+ 941 ~ K184+ 256	岩性为第四系上更新统冲积黄土状粉质粘土, 呈硬塑状态, $W = 17.2\%$, $I_p = 13.5$, $a = 0.07\text{MPa}^{-1}$, $E = 22.0\text{MPa}$; 下部卵石土和中粗砂呈密实状态	粉质粘土无层理, 松散结构。卵石土、碎石土, 松散结构。中粗砂, 中密, 松散结构	岩体属渭河南岸二级阶地底部堆积层, 钻孔中未见地下水, 卵石土属透水的的天不含水层, 洞室因天然含水量而潮湿, 在雨季有滴水现象	粉质粘土 459 卵石 1764		315
K184+ 256 ~ K184+ 664	岩性为下白垩系砾岩夹砂岩、泥岩互层, 属软质岩, f_r 值分别为 12.19、14.80 和 1.78 MPa, 软化系数为 0.35、0.48 和 0.15, 内摩擦角为 42.72°、42.7° 和 35.5°; E 值为 2522、2096 和 1708 MPa, μ 值为 0.30、0.30 和 0.32	岩体属互层状碎块结构, 砂岩和砾岩相对坚硬完整, 泥岩相对软弱, 岩体极破碎, [BQ] = 60, 岩体基本质量等级属 类	水文地质结构属向东北倾斜的层状空隙含水层, 但软弱夹层-泥岩对地下水的赋存具制约作用, 且地形有利于自然排水, 对地下水赋存不利	1568		408
K184+ 664 ~ K184+ 682	岩性为下白垩系泥岩、砂岩, $f_r = 1.78\text{MPa}$, 软化系数为 0.15, 内摩擦角为 35.3°; $E = 1708\text{MPa}$, μ 值为 0.32	岩体为软弱的泥质结构, 薄层状构造, 层理、片理发育, 岩体极破碎, 结构体呈薄板状或板状, 结构面常为泥膜或泥质充填, [BQ] = 48, 岩体基本质量等级属 类	岩体对地下水具有阻水、隔水作用, 对地下水赋存具制约作用; 地下水对围岩具有泥化、软化作用	427		18
K184+ 682 ~ K184+ 964	同 K184+ 256 ~ K184+ 664 段	同 184+ 256 ~ K184+ 664 段	岩体倾向与地形坡面一致, 且软弱夹层对地下水的赋存具制约作用, 洞体仅有潮湿滴水现象	1568		282
K184+ 964 ~ K184+ 977	岩性为下白垩系砾岩、砂岩和泥岩, 岩质软硬不均	洞身位于风化层附近, 岩体呈角砾碎石状松散结构	隧道出口段, 产状与地形坡面相反, 属层状空隙含水水文地质结构, 但地形有利于自然排水, 洞室埋深小, 且软弱夹层的存在, 对地下水的赋存条件具有制约作用			13
K185+ 012 ~ K185+ 026	岩性为砂岩、砾岩、泥岩、卵石土和粘性土层, 地层复杂	洞身穿越各种地层接触面, 基岩风化严重, 岩体呈角砾松散结构				14
K184+ 977 ~ K185+ 012	岩性为断层破碎带中的岩屑、岩粉、碎屑、碎块和泥	岩体属散体结构, 节理裂隙密集无序	裂隙是降水直接渗入补给地下水的良好通道, 隧道通过时会有淋水情况			35

次生泥质物充填, 层间结合力较小, 且遇水极易软化。太宁隧道在施工期间, 因地质条件较差等其它原因, 小的坍塌经常不断, 并发生多次较大规模的塌方, 其中较大的塌方事故有: 2000 年 8 月 19 日 K184+ 726 ~ + 747 塌方、2000 年 8 月 12 日 K184+ 780 ~ + 796 塌方、2000 年 6 月 19 日 K184+ 800 ~ + 814 塌方、1999 年 6 月 6 日 K184+ 816 ~ + 930 塌方、1998 年 11 月 27 日 K184+ 908 ~ + 954 塌方, 共计 189 m 塌方段, 所幸均无人员伤亡。

由于太宁隧道本身围岩稳定性差, 自稳能力较低, 塌方的发生引起围岩进一步松动, 形成范围更大的松散渣体松动圈, 使二次开挖更加困难, 并增加了工期压力; 同时, 也因为塌方段处理后的围岩松动圈范围增大, 衬砌结构物所承受的压力超出了原设计压力, 引起局部二次衬砌不同程度的出现裂缝, 后经专家论证, 采用了施做迈式锚杆并注浆的补强处理方案^[1], 才抑制了裂缝的进一步发展, 确保了隧道安全。

太宁隧道原设计为: 地下水较为贫乏, 洞体仅有潮湿滴水现象。但实际情况是局部地段地下水量较大, 特别是 K184+ 228 ~ + 250、K184+ 305 ~ + 320、K184+ 340 ~ + 362、K184+ 409 ~ + 419 等段落因地下水量较大, 洞内出现大面积淋水, 因此, 在原防水板的基础上增设了排水板, 才满足了洞内防排水要求。

4 施工期间围岩波速测试、围岩类别验证及围岩类别的重新评定

4.1 施工期间围岩波速测试及围岩类别验证

为完善设计和指导施工, 在施工期间, 施工联合体委托专业人员进行了隧道围岩弹性纵波波速测试, 结果为围岩弹性纵波波速在 1 500 ~ 2 000 km/s 之间, 围岩类别按弹性纵波波速可划分为 Ⅲ类或 Ⅳ类^[2], 进一步划分还要取决于围岩其他工程地质条件。

4.2 太宁隧道围岩类别的重新评定

太宁隧道设计 Ⅲ、Ⅳ类围岩区段, 和实际并无多大出入; Ⅲ类围岩区段除 K184+ 726 ~ + 796 段 70 m 变更为按 I 类加强支护, 二次衬砌由 40 cm 变更为 60 cm 外, 其余全部变更为按 Ⅲ类(或 Ⅳ类加强)开挖和施做初期支护, 二次衬砌均按 40 cm 进行施工。从而确保了施工的顺利进行和运营安全, 由此看来, 原设计围岩类别偏高。作者认为造成原设计围岩类别偏高的原因有以下几点。

(1) 忽略了隧道围岩岩性为砾岩夹砂岩、泥岩互层的软硬相差较大的岩性特点。强度相对较低的软弱泥岩对强度相对较高的砾岩和砂岩的切割、分离, 使围岩的整体结构破坏, 稳定性降低。

(2) 没有预见到隧道开挖对水文地质条件的改变, 忽视了地下水对隧道围岩类别的影响。由于隧道的开挖松动, 增加了地下水通道, 使原来互无水力联系的层间水相互连通, 成为一体; 同时也改变了地下水的流向, 由原来沿隔水层顶面依水力坡降方向流动改变为向洞室汇集, 因此对围岩的软化和结构面的润滑作用进一步加剧, 根据规范要求, 围岩类别等级可适当降低 1 ~ 2 级。

(3) 利用隧道围岩物理力学性质指标时, 主要考虑了平均数, 而忽略了指标的离散性和不均匀性。

(4) 过分考虑经济因素, 主观上想减少工程建设投资概算总额, 在按围岩弹性纵波波速

划分围岩类别时就高不就低。

下表是根据各评价指标对太行隧道原设计 III 类围岩段围岩类别的重新判断评价。

表 2 太行隧道原设计 III 类围岩类别的重新判定^[1,3~5]

Tab.2 The new judgement for the surrounding rock category III of former design at Tai-Ning tunnel

围岩主要工程地质条件			变形系数 E (MPa)	泊松比 μ	内摩擦角 φ	岩体波速 V_p (m/s)	软化系数
主要工程地质特征	岩体结构及结构面特征	水文地质特征					
岩性为下白垩系砾岩夹砂岩、泥岩互层,属软质岩, f_r 值分别为 12、19、14、80、1.78MPa,节理发育	岩体属互层状碎块结构,砂岩和砾岩相对坚硬完整,泥岩相对软弱,岩体极易破碎,[BQ]=60,岩体基本质量等级属 II 类	虽然水文地质结构属向东北倾斜的层状空隙含水层,泥岩对地下水的赋存具制约作用,且地形有利于自然排水,对地下水赋存不利。但地下水分布不均匀,局部地段含水量较大。对围岩的危害程度较大	E 值分别为 2522、2096 和 1708 MPa,平均值为 2108	分别为 0.30、0.30 和 0.32,平均值为 0.31	分别为 42.72°、42.7° 和 35.5°,平均值为 40.31	1568	分别为 0.35、0.48 和 0.15,平均 0.33
类别划分	类(降低 1~2 级后为 II~III 类)		类或 II 类	类或 II 类	类	或 II 类	易软化

综合评价将原设计的 III 类围岩定为 II 类围岩较为科学合理。围岩类别从 III 类降为 II 类,反映了围岩开挖后稳定程度的降低,即围岩易坍塌,处理不当会出现大塌方,侧壁经常小坍塌,浅埋时易出现地面下沉(陷)或坍塌至地面的不稳定状态。这和施工中隧道围岩易坍塌,发生多次大塌方的实际情况是基本一致的。

5 结论

隧道围岩类别的划分,除了应考虑工程地质特征、岩体结构、水文地质特征及岩体波速等因素外,尚应考虑岩性差异对隧道围岩稳定状态的影响和隧道开挖后引起的水文地质条件改变而出现的一系列工程地质问题。即软弱夹层对隧道围岩的切割、分离作用和地下水向洞室汇集对围岩的软化及对结构面的润滑作用使围岩类别降低等因素,这样才能作出符合实际的判断。

参考文献:

- [1] 铁道部第二勘测设计院. 铁路隧道设计规范 (TBJ3-96) [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1996.
- [2] 铁道部第一勘测设计院. 铁路工程地质技术规范 (TBJ12-96) [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1996.
- [3] 交通部第一铁路设计院. 铁路工程地质手册 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1975.
- [4] 铁道部基本建设总局. 铁路隧道新奥法指南 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1988.
- [5] 谷德振. 岩体工程地质力学基础 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.

[6] 刘焕喜, 等. 可靠性数学在斜坡稳定性分析中的应用 [J]. 西北地质, 2001, 34 (2): 37-42.

The category re-distinguish of surrounding rock at Tai-Ning tunnel

CHEN Xin-yu¹, CHEN Guang-yu²

(1. College of Geological Engineering and Geometrics,
Chang an University, Xi an 710054, China; 2. Constructing
Company, Xi an Hi-Tech Group, Xi an 710061 China)

Abstract: The new classification for the surrounding rock has been made by demonstrating and comparing, according to the indices of characteristics of engineering geology, rock mass structure and structure plane, hydrogeology, velocity of longitudinal wave, coefficient of deformation, Poissons ratio, internal frictional angle and coefficient of softness. Then reasons for the deviation in classifying surrounding rock has been analyzed and the reference effect on the similar engineering investigation has been ensured.

Key words: tunnel; category of surrounding rock; engineering geology

《祁连、秦岭山系海相火山岩》简介

中国西北地区的秦岭、祁连山、天山、昆仑山、阿尔泰山、准噶尔界山等褶皱造山带中, 古生代和前寒武纪海相火山岩系十分发育, 类型繁多, 展布宽广, 是重要的成矿带及找矿远景区, 已发现多处具工业意义的块状硫化物铜-多金属矿床、金矿床及火山沉积铁锰矿床; 同时, 该区又是开展大陆造山带岩石圈-岩浆演化和地质矿产研究必须涉及的重要地质客体和理想地域。

《祁连、秦岭山系海相火山岩》一书的研究工作所涉及的范围主要为秦岭、祁连山系的早古生代(部分前寒武纪)浅变质海相火山岩系。研究内容包括海相火山岩分类命名、岩石组合特点、时代和层序、岩石地球化学特征及定量化分析、时空演化规律和区域构造环境分析、海相火山岩成因探讨及含矿性。研究工作的展开始终围绕区域构造-岩浆演化这一主线, 力求做到区域海相火山岩研究与区域含矿性分析紧密结合。

《祁连、秦岭山系海相火山岩》一书由中国地质大学出版社出版, 由西安地质矿产研究所著名学科带头人夏林圻、夏祖春等在 90 年代著。全书约 50 万字, 每册 25 元。现编辑部有少量存书, 需要者请与编辑部联系。

(本刊编辑部)