

Study on Rock Grading of Tunnel Surrounding Rocks in the Expansion and Construction of Highway Tunnels

Jun Lin Tianbao Zhang Jun Liu

Zhejiang Institute of Communication, Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

By comparing and analyzing the differences and similarities between the classification of tunnel surrounding rock in “Code for Geological Investigation of Highway Engineering (JTJ064-98)” and “(JTG C20-2011)”, it is found that the classification of surrounding rock in the new and old specifications does not strictly correspond one-to-one. The new specification has higher requirements for the quality of surrounding rock at the same level, and a combination of qualitative judgment and quantitative calculation is used to determine the classification of surrounding rock, which is more reasonable. The collection and analysis of existing tunnel survey, design, construction, monitoring and other data reflect the changes in geological conditions. This has a guiding significance for the layout of survey work and rock classification in the construction and expansion of highway tunnels. Taking a certain expressway as an example, the classification of surrounding rock in tunnel expansion and reconstruction is compared with the actual category of surrounding rock in existing tunnels. Based on the analysis of existing tunnel data, the classification of surrounding rock divided by geological mapping, drilling, geophysical exploration and other mutually verified survey methods is more consistent with reality. This article summarizes the tunnel surveying technology and rock mass classification points for the reconstruction and expansion project, which can be used as a reference for similar projects.

Keywords

reconstruction and expansion; tunnel surrounding rock; survey specification; geophysical prospecting

改扩建高速公路隧道围岩分级研究

林军 张天宝 刘骏

浙江数智交院科技股份有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘要

通过对比分析《公路工程地质勘察规范》(JTJ064-98)版与(JTG C20-2011)版对隧道围岩分级划分的异同点,发现新老规范中国岩等级并非严格对应关系。新规范对同级别围岩质量要求更高,并且采用定性与定量相结合的方法来确定围岩分级,使得新规范在围岩评价方面更加合理。收集分析既有隧道的勘察设计、施工、监测等资料,其反映的地质条件变化,对改扩建高速公路隧道勘察工作量布置与隧道围岩分级划分均有指导意义。以某高速公路为例,通过改扩建隧道围岩分级与既有隧道实际围岩类别对比。在分析既有隧道资料的基础上,采用地质调绘、钻探、物探等互相验证的勘察方法划分的围岩级别与实际更相符。本文总结了改扩建工程隧道勘察技术及围岩分级注意点可供类似项目参考。

关键词

改扩建; 隧道围岩; 勘察规范; 物探

1 引言

随着国民经济的快速发展,高速公路建设已进入高速发展期。由于沿海经济发展和建设新兴产业带的需要,对于早期建成的高速公路已很难满足交通量日益增长的需求,则近年来公路改扩建工程不断增多,隧道改扩建等关键词方兴未艾,但目前我国仍缺少隧道改扩建围岩的相关规范及行业标准^[1]。

隧道改扩建工程因既有勘察、施工资料丰富,对改扩

建隧道围岩分级具有重要的参考意义,但由于早期建成隧道的围岩划分标准及设计标准的不同,改扩建隧道围岩分级划分不能简单的工程类比既有隧道围岩类别比例,辩证分析围岩级别具有指导意义。

本文在对比分析新老勘察规范对隧道围岩分级要求的基础上,总结改扩建工程勘察思路及技术要点,并对改扩建隧道围岩级别进行划分对比,为类似工程提供参考。

2 隧道围岩划分方法

根据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)、《公路隧道设计规范》(JTG3370.1-2018)等国标规定公路隧道围岩级别的综合评判宜采用初步分级及详细分级。

【作者简介】林军(1991-),男,中国安徽人,硕士,工程师,从事公路工程勘察研究。

(1) 根据岩石的坚硬程度和岩体的完整程度两个基本因素的定性特征和定量的岩体基本质量 BQ, 进行初步分级。
 (2) 在岩体基本质量分级基础上, 考虑修正因素的影响, 修正岩体基本质量指标值, 得出基本质量指标修正值 [BQ], 再结合岩体的定性特征进行综合评判, 确定围岩的详细分级。

3 引用勘察规范的对比

既有隧道依据的勘察规范为《公路工程地质勘察规范》(JTJ064-98), 改扩建新建隧道依据的勘察规范为《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011), 下文分别简称“98版、2011版”。将98版规范附表G隧道围岩分类表和2011版规范附表F公路隧道围岩分级表对比, 从岩石强度、岩体完整性、岩层厚度对应的异同点发现Ⅵ类与Ⅰ级、Ⅱ类与Ⅴ级、Ⅲ类与Ⅳ级围岩基本对应; Ⅰ类与Ⅵ级围岩等级完全对应。Ⅴ类与Ⅱ级围岩不对应, 2011版对岩石强度、岩体完整性、层状岩体层厚等均提高, 且要求地质构造及结构面的影响小, 并细分了岩体要求。则Ⅱ级围岩质量明显高于98版的Ⅴ类围岩。Ⅳ类与Ⅲ级围岩不对应, 2011版对岩石强度范围缩小, 完整性基本相同, 但构造影响小且层厚要求大于薄层。则Ⅲ级围岩质量要比98版的Ⅳ类围岩好^[2]。

假设围岩岩性相同, 给定岩石强度、岩体完整程度等参数, 采用98版和2011版规范对围岩进行判别, 如表1。

表1 规范对围岩类别定性定量判定对比表

岩石强度 Rc/MPa	岩体完整性 Kv	98版围岩类别	2011版定性级别	2011版定量计算 BQ	2011版围岩级别
20	0.6	Ⅳ	Ⅲ~Ⅳ	310	Ⅳ
35	0.6	Ⅴ	Ⅲ	355	Ⅲ
65	0.6	Ⅴ	Ⅱ	445	Ⅱ

对比分析发现98版、2011版勘察规范围岩分级最大变化点在于: ①老版围岩分为6个类别, 新版为6个围岩级别, 围岩等级由好至差, 数字编号顺序相反, 判别依据相同, 主要包括岩石强度、岩体完整程度、岩层厚度以及是否存在软弱结构面。②98版是定性分类, 2011版是定性、定量相结合的分级为主, 且围岩分级的差异主要集中在Ⅴ~Ⅳ类围岩与Ⅱ~Ⅲ级围岩不对应, 其中Ⅲ类和Ⅳ级、Ⅱ类和Ⅴ级围岩基本对应; Ⅵ类和Ⅰ级、Ⅰ类和Ⅵ级围岩是完全对应关系。③相同的围岩类别, 两规范判定存在差异性, 同一级别围岩, 新规范判别的条件对围岩质量要求更高, 且需要定性判断与定量 BQ 计算均满足要求。

4 改扩建工程隧道勘察方法讨论

目前尚未见专门的改扩建高速公路勘察规范, 对于改扩建高速公路勘察, 仅《公路工程地质勘察规范》第9章规定查明以下内容: 原有隧道的水文地质和工程地质条件; 原

有隧道工程的运营状况及有无因地质问题造成变形破坏的现象, 并分析研究其原因, 提出工程地质建议 [6]。结合浙江省内多条改扩建高速公路山岭隧道的勘察经验总结, 改扩建隧道勘察除满足规范的基本要求外, 可从以下方面进一步提高勘察成果质量。

4.1 原隧道资料的收集分析

在改扩建工程勘察设计前期, 应充分收集原隧道勘察、设计、竣工、检测养护等相关资料。尤其注意收集隧道地质预报、施工监测报告、施工竣工报告, 包括其施工过程中因岩性变化、构造破碎带影响、节理密集发育、涌水量等地质条件变化导致的围岩变更资料。改扩建隧道与既有隧道基本位于相同的山体内, 距离不远, 这些资料能够反应隧道山体围岩的真实地质情况, 尤其特殊的地质变化。分析这些资料能够掌握原有隧道的水文地质和工程地质条件, 同时可关注到地表调查无法看到的地质问题, 编制勘察事先指导书时能有有效的指导改扩建隧道工程的钻探、物探、水文地质试验等勘察工作量的布置, 利于选择针对性强且有效的勘察方法。

4.2 新建隧道勘察工作量布置要点

山岭隧道勘探点的数量及位置应根据具体的地质调查成果、地质条件及物探成果进行分析确定。沿洞身轴线布置物探纵向测线, 在隧道进出洞口或横洞位置布置物探横向测线, 钻孔布置在隧道洞壁外侧不小于5m, 物探异常区域宜布置钻孔验证。

结合既有隧道的勘察成果先分析, 对隧道不同埋深段可结合老路资料分析布置钻孔。

- (1) 进出洞口段: 一般需布置钻孔查明洞口边仰坡覆盖层厚度。
- (2) 洞身沟谷段: 既有隧道和新建隧道穿越相同沟谷时, 既有隧道位于沟谷内已施工的钻孔, 可投影至新建隧道利用。物探纵断面测试成果一般在沟谷内呈现低阻异常, 可布置钻孔验证, 查阅竣工资料对应路段是否存在地质变化。
- (3) 洞身深埋段: 对位于山脊处物探显示低阻异常位置应加强地质调绘或采用综合物探测试方法, 提高解译的可靠性^[3], 必要时结合钻孔进行验证。
- (4) 连续变更段: 既有隧道存在重大变更路段或连续变更路段时, 应重点分析施工变更地质原因, 结合物探测试分析低阻异常位置, 加强地质调绘, 必要时布置勘探孔, 多种勘察方法佐证判断。

5 工程案例

以某高速公路改扩建工程1座长隧道为例, 介绍改扩建隧道在收集分析原隧道勘察设计、竣工变更等资料基础上的围岩划分情况。

5.1 隧道简介

既有隧道为分离式单洞两车道隧道, 长约1831m, 洞身岩性为白垩系西山头组, 中风化凝灰岩, 青灰色, 块状构

造,岩质较坚硬,岩体较完整~完整;局部夹凝灰质粉砂岩,紫红色,岩质较软,呈中厚层状,设计围岩以V类围岩为主。改扩建隧道位于既有隧道两侧约30m新建分离式单洞三车道隧道,长约1871m,岩性与既有隧道相同。

5.2 改扩建隧道勘察分析

分析既有隧道竣工资料:地质变化情况主要如下:①凝灰岩夹泥质粉砂岩夹层,岩质较软,围岩变差;②受地质作用影响,岩石蚀变强烈,岩体破碎,拱部岩石破碎,易坍塌。③凝灰岩夹泥质粉砂岩,节理密集发育,岩体破碎,发育节理密集带,顶部有股状,片状地下水流出。④发育断层,呈构造角砾岩夹断层泥状,宽约5m,有股状流水。⑤原隧道施工过程中存在多处V类围岩变更为IV类或III类围岩,其中围岩连续最大变差变更长约300m,此段变更约占隧道全长的20%。

改扩建隧道资料分析:沿线布置大地电磁法物探测线纵断面1条,隧道进出口布置钻孔,隧道洞身结合物探异常点布置钻孔。此隧道洞身布置2个钻孔,最深孔深约126m,既验证物探的准确性,又查明了洞身岩性变化。物探异常点主要存在两处,电阻率低,横向不连续,梯度变化较大,低阻纵向向下延伸,推测为断层破碎带含水。

钻孔揭露岩性为青灰色凝灰岩夹紫红色凝灰质粉砂岩,揭露粉砂岩夹层有两层,且位于洞身。凝灰质粉砂岩为较软岩,相对凝灰岩为软夹层,较破碎,对围岩稳定性不利,易产生掉块。粉砂岩为层状构造,岩石单轴抗压强度随岩层角度变化明显^[4],影响围岩等级。

既有隧道竣工资料验证:改扩建隧道此段物探低阻异常处对应既有隧道施工时因开挖存在粉砂岩夹层,且受地质作用影响,岩石蚀变强烈,拱部岩石破碎,易坍塌,围岩级别连续降级变更达161m。

综上所述,此段钻孔与既有隧道竣工资料均能佐证物探测试成果的可靠性,大地电磁法测试成果能够定性反映此段岩体的变化,对隧道围岩分级具有重要指导作用。

5.3 围岩分级成果对比

通过上述围岩判别方法,充分收集分析既有隧道勘察资料情况,对既有隧道勘察围岩类别划分与竣工资料揭示实际围岩类别进行对比发现,此隧道设计围岩等级以V类围岩为主,施工过程中根据地质变化进行围岩等级变更,其中II类围岩相较设计减少8m,围岩等级变好;III类、IV类围岩的变更量较大,III类围岩变更量高达117%,则隧道围岩变好或变差的变更均存在;V类围岩减少275m,围岩质量变差,此类围岩变更量大占比23.5%。

结合原隧道勘察围岩分级资料,分级特点是以定性判断、连续大段、粗略的围岩类别划分,则导致施工阶段变更量较大。竣工资料显示实际围岩等级以IV类、V类围岩为主。

本改扩建隧道工程结合竣工围岩变更记录、全断面物探纵断面成果、钻孔、地质调绘成果等综合勘察方法,依据2011版规范进行定性、定量的围岩分析,改扩建隧道围岩等级划分以III级围岩为主,可达70%。

通过上述98版、2011版公路勘察规范对比,2011版规范对围岩质量要求更高,围岩质量要比老规范高一个等级,则既有隧道竣工显示以IV类、V类围岩为主,对应2011版规范对围岩质量要求则以III级、IV级围岩为主。改扩建隧道围岩等级划分主要为III级,与既有隧道竣工围岩比例基本相同,且定性判断与定量BQ计算均满足要求,则相较既有隧道围岩类别划分更合理。

6 结论

(1)通过98版、2011版公路勘察规范对隧道围岩等级的划分依据对比发现,围岩划分既有继承也有发展。围岩类别和围岩等级不是严格意义的一一对应关系,其中V~IV类围岩与II~III级围岩不对应;III类和IV级、II类和V级围岩基本对应;VI类和I级、I类和VI级围岩是完全对应关系,则改扩建隧道围岩级别不能简单套用既有隧道围岩类别。

(2)既有隧道围岩类别划分以定性为主,改扩建隧道围岩分级以定性判别,结合定量BQ值计算分析为主,隧道围岩等级划分更合理。

(3)项目前期收集分析既有隧道勘察设计报告、竣工变更资料具有重要价值。尤其是对隧道围岩不利的地质变化记录对改扩建隧道从前期地质调绘、勘探孔布置、围岩等级划分均有指导意义。

(4)勘察技术在不断提高,应采用钻探、物探、调绘、室内试验、原位测试等综合性的勘察方法,既能够验证物探成果的可靠性,又能动态的调整勘察方法,从而更加准确的查明隧道围岩情况。

参考文献

- [1] 宋战平,张泽坤,程昀,等.既有公路隧道改扩建技术研究动态及展望[J].地下空间与工程学报,2023.8(4):17-19.
- [2] 徐春明,汪春桃,吴家铭.高速公路改扩建工程勘察技术要点概述[J].中外公路,2020.10(40):1-4.
- [3] 黄小年,郭高峰,张本涛.综合物探技术在隧道勘察中的应用研究[J].公路,2022.10(5):22-25.
- [4] 沙鹏,赵逸文,高书宇,等.隧道层状岩体质量评价的BQ分级改进[J].工程地质学报,2020.28(5):942-950.