

公路隧道围岩分类与支护优化设计

静天文 江玉生 李 晓 著

公路隧道围岩分类与 支护优化设计

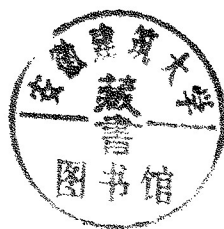


人民交通出版社

China Communications Press

静天文 江玉生 李 晓 著

公路隧道围岩分类与 支护优化设计



人民交通出版社
China Communications Press

内容提要

本书在简单介绍承德112线五条隧道的基本情况,针对五条隧道的具体特点,按照《公路隧道设计规范》(JTJ 026-90)中对隧道围岩分类的要求和国际上通常采用的隧道围岩Q-分类法,分别对五条隧道进行了现场围岩分类,并作出了相应的支护优化设计,最后根据五条隧道的工程实践,找出了公路隧道围岩分类与隧道围岩Q-分类法之间的关系,为进一步进行隧道围岩的快速分类与优化设计工作打下了基础。

本书可供从事隧道工程研究、设计、监理和相关专业的高等院校师生学习参考,特别是对从事隧道工程实践的工程技术人员有较高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

公路隧道围岩分类与支护优化设计/静天文,江玉生,李晓
著.-北京:人民交通出版社,2006.7
ISBN 7-114-06039-4

I.公... II.①静...②江...③李... III.①公路隧道-
围岩分类-研究②公路隧道-围岩-支撑-研究
IV.U459.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第061521号

书 名:公路隧道围岩分类与支护优化设计

著 作 者:静天文 江玉生 李晓

责任编辑:陈志敏

(czm@ccpress.com.cn 010-85285928)

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:http://www.ccpress.com.cn

销售电话:(010) 85285838, 85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京画中画印刷有限公司

开 本:889×1194 1/16

印 张:15.75

字 数:400千

版 次:2006年7月第1版

印 次:2006年7月第1次印刷

书 号:ISBN 7-114-06039-4

印 数:0001-1500册

定 价:65.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

作者简介



静天文，男，1962年出生，大学学历，高级工程师。1996年至1997年担任国道112线承德段公路改建工程建设指挥长；1998年担任承德交通勘察设计院副院长，主持了承秦出海公路测设任务；1999年至2001年担任河北省重点建设项目国道101线承德段公路建设指挥长；2003年担任张隆公路建设指挥部指挥长；2004年担任京承高速公路建管处总工程师，负责京承高速公路建设技术管理工作；2005年担任承德市公路工程管理处处长，负责承德市公路建设管理；2006年担任河北承德承唐高速公路管理处副处长、总工程师，负责工程建设和技术管理工作。



江玉生，1964年10月出生，博士，中国矿业大学（北京）岩土工程研究中心副主任，副教授。长期从事隧道工程、岩石力学与工程地质方面的研究与开发工作，特别是隧道围岩分类与稳定性分析、支护优化设计和隧道盾构/TBM开挖的理论与技术应用等。1998年获煤炭工业科技进步一等奖。1998年6月~11月在德国慕尼黑工业大学从事隧道工程与工程地质方面的研究工作，2002年2月~2003年12月，在新加坡DTSS隧道项目上从事盾构/TBM开挖隧道的研究和工程应用。在国内外发表论文20余篇，国际岩石力学学会和国际隧道协会会员，新加坡岩石力学与隧道学会会员。



李 晓，1961年11月出生，博士，中国科学院地质与地球物理研究所副研究员，地质工程与地质灾害学科带头人。主要从事工程地质与岩石力学领域的研究工作。2005年获国土资源部科技进步一等奖，1992年获能源工业部科技进步三等奖，1998年获中国地质学会“青年地质科技奖”。在国内外发表论文40余篇，获国家发明专利3项。中国岩石力学与工程学会理事，地面岩石工程专业委员会副主任委员，《岩石力学与工程学报》编委。

前言

随着我国国民经济的快速发展,公路建设的速度也越来越快,山区公路隧道的修建也越来越多。目前,公路隧道的设计和施工基本上是依据《公路隧道设计规范》和《公路隧道施工规范》等强制性规范条文进行的。就隧道的支护设计而言,首先是根据地质勘探资料,给出隧道沿线的围岩分类或围岩分级情况,然后根据不同的围岩分类/分级,确定一套适应于不同类别(级别)围岩的隧道支护方式,付之于隧道施工的实践。这样的过程,对隧道支护而言存在着如下问题:

- 地质勘探资料及其分析与总结的成果一般是建立在钻孔资料、物探资料和航测资料等基础上的。“一孔”之见的片面是显而易见的;物探资料的准确性,迄今为止仍受到质疑;而航测资料更是只对区域性的地理地质问题作出说明。建立在以上资料基础上的围岩分类/分级的结果,其可信性是不言而喻的。

- 国内公路隧道采用的围岩分类/分级方法,都将围岩分为六大类[参见(JTJ 026—1990)或(JTG D70—2004)],每一类/级中显然都覆盖了相当范围的围岩类别。而隧道的支护设计就是建立在此围岩分类/分级基础之上的。显然,这样的分类/分级是无法揭示隧道所穿越的围岩实际情况的,由此而进行的隧道支护设计也很难适应隧道工程实践对支护设计的要求。

- 公路隧道工程的实践提供给我们丰富而准确的隧道围岩信息,从而使我们的隧道围岩现场快速分类/分级成为可能,结合考虑国际上成熟的挪威岩土研究所的Q系统分类法(该法将围岩分类与支护设计密切联系在一起),在对隧道围岩进行快速科学的分类/分级之后,进行优化隧道支护结构设计是完全可能的,而隧道建设生产实践中系统进行了这些工作的工程项目或相关报告却非常少见。

承德市公路工程管理处、中国矿业大学(北京)岩土工程研究中心和中国科学院地质与地球物理研究所工程地质室的研究人员,针对以上这些问题,选择在承德市112线丰宁—陈栅子段公路改造工程中的五条隧道,即四道沟隧道、骆驼鞍隧道、铁营隧道、波罗诺隧道和蓝旗梁隧道,进行了隧道围岩现场快速分类/分级和隧道支护设计的优化研究工作。在充分考虑隧道围岩现场快速分类/分级的工程特性、Q分类法及其与隧道支护的紧密关系后,得出了国内公路隧道围岩分类/分级与Q隧道围岩分类法之间的对应关系,并在上述五条隧道的施工实践中进行了验证,取得了良好的技术经济效益。

目 录

第一部分 承德 112 线公路隧道围岩分类与支护优化

设计研究报告	1
1.1 隧道情况简介	1
1.2 隧道原设计的基本情况	1
1.2.1 四道沟隧道	1
1.2.2 骆驼鞍隧道	3
1.2.3 铁营隧道	5
1.2.4 波罗诺隧道	6
1.2.5 蓝旗梁隧道	8
1.3 隧道围岩分类	10
1.3.1 现场隧道围岩分类的必要性	10
1.3.2 国内外隧道围岩分类的基本情况	11
1.3.3 国内公路隧道围岩分类标准	12
1.3.4 Q 系统分类	14
1.3.5 现场工程工作	19
1.4 隧道优化设计内容	21
1.4.1 隧道支护衬砌的主要类型	21
1.4.2 隧道现行衬砌设计的主要依据	22
1.4.3 锚喷衬砌	22
1.4.4 隧道优化设计	25
1.5 研究工作内容	29
1.5.1 主要研究内容	29
1.5.2 研究、试验方法	29
1.5.3 技术路线	29
1.5.4 隧道围岩分类研究	29
1.6 结论	39
1.6.1 现场施工情况	39
1.6.2 Q 系统围岩分类与国内公路隧道围岩分类的关系	40
1.6.3 完成情况统计	41
附表	42

第二部分	四道沟隧道围岩现场分类报告	46
第三部分	骆驼鞍隧道围岩现场分类报告	70
第四部分	铁营隧道围岩现场分类报告	81
第五部分	波罗诺隧道围岩现场分类报告	146
第六部分	蓝旗梁隧道围岩现场分类报告	178
主要参考文献		240
致 谢		241

第一部分 承德 112 线公路隧道围岩分类与 支护优化设计研究报告

1.1 隧道情况简介

国道 112 线丰宁—陈栅子段改扩建工程,起点是丰宁县城,经滦平县至承德陈栅子,全长 125km,主体沿原国道 112 线旧址线路。全线涉及五条山岭隧道的建设,它们分别是四道沟隧道、骆驼鞍隧道、铁营隧道、波罗诺隧道和蓝旗梁隧道一号洞。另蓝旗梁隧道二号、三号洞是在原有旧铁路隧道的基础上扩建而成。其中四道沟隧道、骆驼鞍隧道、铁营隧道、波罗诺隧道均位于火成岩地层中,蓝旗梁隧道则位于沉积岩地层中。

国道 112 线丰宁—陈栅子段四道沟隧道位于丰宁大阁镇四道沟村与丰宁县庙沟交界处,隧道中心里程为 $K5 + 755$,净长 970m,单向纵坡 2.1%,最大埋深 172.6m。

国道 112 线丰宁—陈栅子段骆驼鞍隧道位于丰宁南关镇骆驼鞍村骆驼鞍梁处,隧道进出口在原国道 112 线旧路旁。隧道中心里程为 $K16 + 380$,净长 400m,单向纵坡 3%。

国道 112 线丰宁—陈栅子段铁营隧道位于南关镇骆驼鞍村与王营乡铁营村交界处,隧道中心里程为 $K22 + 767.5$,净长 1105m,单向纵坡 3%,最大埋深 120m。

国道 112 线丰宁—陈栅子段波罗诺隧道位于丰宁县波罗诺镇祁家村与滦平县大屯乡刘家沟村交界处,隧道中心里程为 $K80 + 800$,净长 920m,单向纵坡 2.6%,最大埋深 102.6m。

国道 112 线丰宁—陈栅子段蓝旗梁隧道位于滦平县张百湾镇蓝旗村与滦平县西地乡交界的蓝旗梁,中心里程为 $K115 + 915$,净长 930m,单向纵坡 3%,最大埋深 140m。

国道 112 线公路隧道围岩分类与支护优化设计研究课题组主要对四道沟隧道、骆驼鞍隧道、铁营隧道、波罗诺隧道和蓝旗梁隧道原有的隧道支护设计,根据其围岩的类别不同,进行了相应的优化设计工作,并根据国内公路隧道围岩分类的规范(JTJ 026—90)和国际上成熟的挪威岩土工程研究所提出的隧道围岩 Q-分类法现场对隧道围岩进行快速分类后,进一步优化相应的隧道支护设计以便对隧道施工及时提出改进建议,推进了围岩分类与隧道支护设计和施工的技术进步,取得了良好的技术、经济和社会效益。

1.2 隧道原设计的基本情况

1.2.1 四道沟隧道

国道 112 线丰宁—陈栅子段四道沟隧道位于丰宁大阁镇四道沟村与丰宁县庙沟交界处,隧

道中心里程为 K5 + 755, 净长 970m, 单向纵坡 2.1%, 最大埋深 172.6m。采用行车道 8.5m, 两侧 0.5m 的人行道, 有效净宽 9.5m, 有效净高 5m 的建筑限界。隧道设计采用净跨 9.7m, 净高 7.125m, 单心圆曲墙式衬砌断面。按“新奥法”原理设计, 施工实行全断面钻爆法开挖。原设计的基本情况如剖面图 1-1 和基本断面图 1-2 所示。

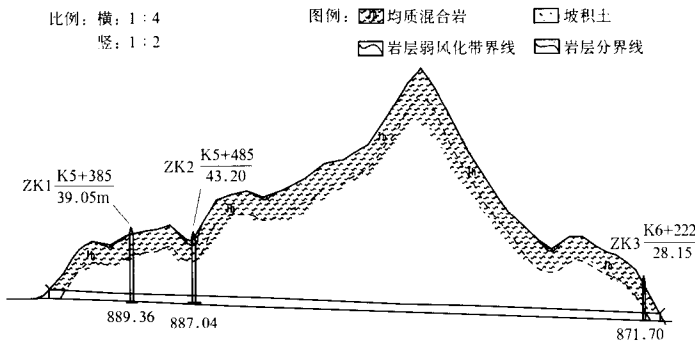


图 1-1 四道沟隧道剖面图

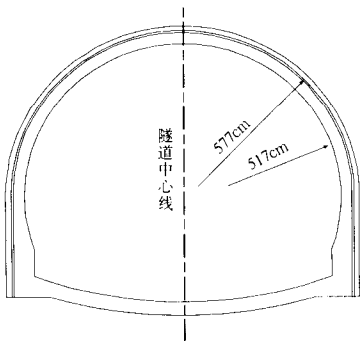


图 1-2 四道沟隧道标准断面图

四道沟隧道于 2004 年 8 月份开始施工, 历时 7 个月, 于 2005 年 3 月份隧道全面贯通。

1. 地形地貌及地层特征

隧道洞区山体走向 173°, 海拔高度 860~1100m; 山体坡度较为陡峭, 山体阴坡有 0.6~1.5m 的第四系覆盖层, 植被茂盛, 进出口段地形为山丘坡脚地形。

隧道所在山体岩性主要为第四系坡积层和斑状混合岩。第四系坡积层主要由松散的砂土和碎石土构成, 便于植物生长, 厚度 0.2~1.5m 之间。斑状混合岩呈灰白色, 矿物成分以灰白色长石为主, 约占 95% 左右, 含有少量的黑云母、角闪岩、石英; 粒状变晶结构, 块状构造。矿物颗粒大小很均匀, 原生岩质地坚硬, 类似花岗岩, 是由原来的变质岩经受注入、交代、重熔所产生的一种岩石。

2. 工程地质与水文地质概况

该地区的构造系主要位于太古代变质岩系中, 同时也切过了侏罗纪地层, 是由几条扭曲的断裂带组成, 构造变形剧烈。洞区均布在古老的结晶基底斑状混合岩地层之中, 该地层地表风化较强烈, 但深度不大, 在 2.2~9.6m 之间, 岩体破碎, 节理较发育; 从钻孔深部原生岩石来看, 深部岩体节理不发育。地表通过原有地质测量未发现任何断裂构造, 该区远离洞体处有一条近东西向断裂构造, 对洞体没有不利影响。洞区沟谷地表径流汇水面积较小, 水流短促, 影响洞体的地下水主要为岩体裂隙水, 大气降水补给, 对钢结构没有强腐蚀性。

隧道进口处下部岩石为均质混合岩, 地表风化较强烈, 风化深度为 9.6m。岩石因风化之故, 节理裂隙发育、强度低, 洞口开挖后岩石呈岩粉状、砂粒状和碎块状松散结构。

3. 设计洞区围岩分类

(1) 隧道里程 K5 + 270~K5 + 400, 岩石为均质混合岩, 岩石风化严重, 达全风化~强风化程度, 风化层深度达 9.6m 以上, 节理发育, 岩石强度很低。洞体开挖后岩石破碎呈砂粒状、碎块松散结构, 易坍塌, 侧壁经常小坍塌。围岩类别为 II 类, 开挖时应加强支护, 随挖随支, 喷浆、加钢筋网并加系统锚杆或钢支撑支护。

(2) 里程 K5 + 400~K7 + 240, 岩石为均质混合岩, 岩石地表风化层浅, 仅为 2.2m, 同

时远离洞体，原生岩石节理裂隙不发育，岩石整体强度高，洞体开挖后岩体呈大块体结构，拱部无支护时可产生小塌方掉块，侧壁基本稳定，爆破震动过大易坍塌。围岩类别为 V 类，开挖时稍加支护即可安全。

4. 设计隧道支护方式

Ⅲ类围岩：

Ⅲ类围岩的支护主要采用 $\phi 22$ 砂浆锚杆， $L = 3\text{m}$ ，纵、环向间距 1.2m ；格栅钢架（ $H = 8\text{cm}$ ），间距 2m ；C20 网喷混凝土，厚度 15cm ，TJ383BFP-1 复合防水卷材，预留变形量 7cm ，设仰拱，防渗等级不低于 S6 的 C25 模筑混凝土，厚度 35cm 。

Ⅳ类围岩：

Ⅳ类围岩的支护主要采用 $\phi 22$ 砂浆锚杆， $L = 2.5\text{m}$ ，纵、环向间距 1.2m ；C20 网喷混凝土，厚度 10cm ，TJ383BFP-1 复合防水卷材，预留变形量 5cm ，防渗等级不低于 S6 的 C25 模筑混凝土，厚度 35cm 。如图 1-3 所示。

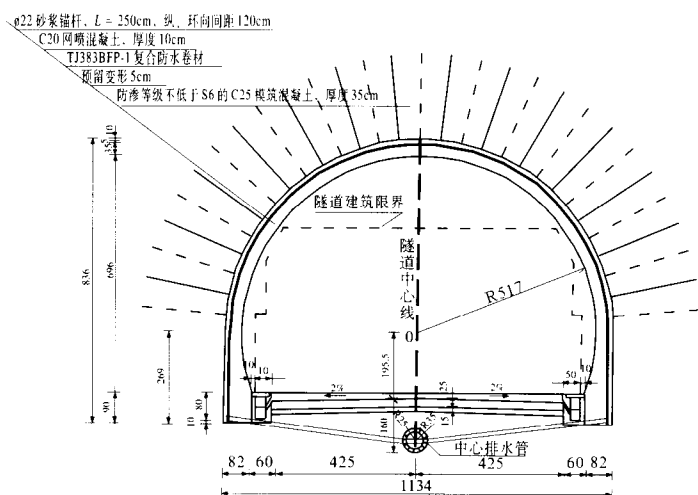


图 1-3 四道沟隧道Ⅳ类围岩设计复合衬砌图（尺寸单位：cm）

每延米工程数量表

工程项目	规格	单位	数量
开挖	坚石	m ³	85.1
锚杆	$\phi 22$ 砂浆锚杆	kg	87.0
喷混凝土	C20 网喷早强混凝土	m ³	2.3
钢筋网	$\phi 8$	kg	59.1
模筑混凝土	C25S6 防渗混凝土	m ³	8.7
超挖回填	C25S6 防渗混凝土	m ³	3.9
TJ383BFP-1 复合卷材		m ²	23.3

注：

1. 图中尺寸均以 cm 计；
2. 开挖已计入 5% 施工误差；
3. 拱部设系统锚杆，按梅花形布置；钢筋网纵向、环向均采用 $\phi 8$ 钢筋，网络间距为 $25\text{cm} \times 25\text{cm}$ ；
4. 超挖用与衬砌同级混凝土回填。

1.2.2 骆驼鞍隧道

国道 112 线丰宁—陈栅子段骆驼鞍隧道位于丰宁南关镇骆驼鞍村骆驼鞍梁处，隧道进出口在原国道 112 线旧路旁。隧道中心里程为 K16 + 380，净长 400m，单向纵坡 3%。采用行车道 8.5m，两侧 0.5m 的人行道，有效净宽 9.5m，有效净高 5m 的建筑限界。隧道设计采用净跨 9.7m，净高 7.125m，单心圆曲墙式衬砌断面。按“新奥法”原理设计，施工实行全断面钻爆法开挖。

骆驼鞍隧道于 2004 年 9 月 20 日开工，正常掘进到 2005 年 1 月 7 日，基本完成 370m 的隧道开挖。2005 年 4 月份贯通。图 1-4 是骆驼鞍隧道剖面图，图 1-5 为骆驼鞍隧道标准断面图。

1. 地形地貌及地层特征

隧道洞区山体走向 130° ，海拔高度 750~950m；山体陡峭，阴坡有 0.6~3m 的第四系覆盖层，植被较为茂盛，隧道进出口段地形为山丘坡脚地形。

隧道所在山体岩性主要为第四系坡积层和斑状混合岩。第四系坡积层主要由松散结构的粉

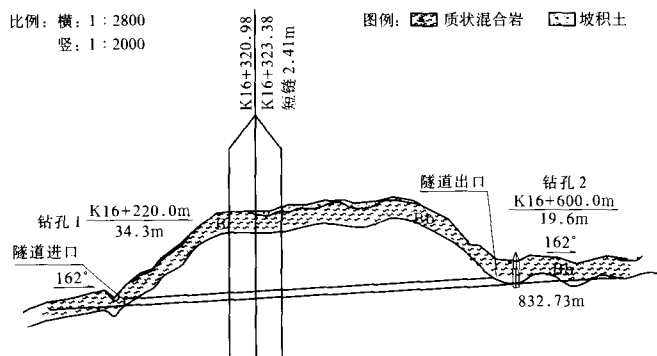


图 1-4 骆驼鞍隧道剖面图

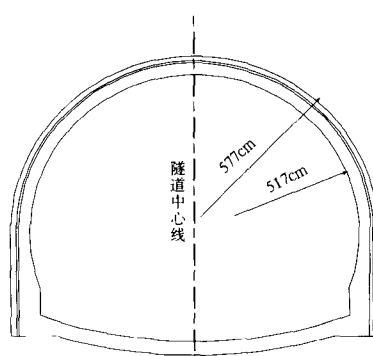


图 1-5 骆驼鞍隧道标准断面图

质粘土和碎石土构成，角砾成分为斑状混合岩。洞区岩体为太古界单塔子群的斑状混合岩，基体为角闪钾长变粒岩和石英矿脉。混合作用较为轻微，基体与脉体的界线清楚，岩体中的钾长石、钠长石晶体广泛发育粗大，可见角闪石、黑云母等晶体。

2. 工程地质与水文地质概况

本区位于中朝准地台内蒙地轴燕山台褶带，地质历史上受到多次构造旋回的强烈改造，构造变形剧烈，但穿过本地区的几条主要断裂带均对洞体没有直接不利影响，洞区沟谷地表径流汇水面积较小，水流短促，影响洞体的地下水主要为岩体裂隙水，大气降水补给，对钢结构没有强腐蚀性。

隧道进出口洞口均为太古界单塔子群的斑状混合岩，顶部岩层较为风化，裂隙及小断裂较为发育，岩体强度较低，洞口开挖后岩体呈碎石状松散结构，围岩易坍塌，施工支护不当会出现大坍塌，侧壁经常小坍塌；施工时应喷浆、加钢筋网并加系统锚杆。

3. 设计洞区围岩分类

(1) 里程 K16 + 100 ~ K16 + 200，里程 K16 + 570 ~ K16 + 580，围岩岩性为斑状混合岩，岩石较为风化，裂隙及小断裂发育，岩体强度低，洞口开挖后呈碎石状松散结构，围岩易坍塌，处理不当会出现大坍塌，侧壁经常小坍塌。围岩类别为Ⅱ类，开挖时使用超前小导管注浆加强支护，随挖随支，喷浆、系统锚杆加钢筋网并加格栅钢架支护。

(2) 里程 K16 + 200 ~ K16 + 220，里程 K16 + 550 ~ K16 + 570，围岩岩性为斑状混合岩，靠近岩石风化带，岩体整体强度稍低，完整性稍差，洞体开挖后岩体呈块状压碎结构，拱部无支护时可产生大的塌方掉块，侧壁有时失去稳定。围岩类别为Ⅲ类，开挖时应加强支撑，随挖随支，喷浆、加钢筋网并加系统锚杆支护。

(3) 里程 K16 + 220 ~ K16 + 560，围岩岩性为斑状混合岩，分布于岩石风化带 20m 以下，岩体整体强度高，洞体开挖后岩体呈块状镶嵌结构，拱部无支护时可产生小塌方掉块，侧壁基本稳定，爆破震动过大易坍塌。围岩类别为Ⅳ类，开挖时喷浆支护，局部加钢筋网或锚杆支护。

4. 设计隧道支护方式

Ⅳ类围岩：

Ⅳ类围岩的支护主要采用 $\phi 22$ 砂浆锚杆， $L = 3\text{m}$ ，纵、环向间距 1.2m，格栅钢架 ($H = 8\text{cm}$)，间距 2m；C20 网喷混凝土，厚度 15cm，TJ383BFP-1 复合防水卷材，预留变形量 7cm，防渗等级不低于 S6 的 C25 模筑混凝土，厚度 35cm，如图 1-6 所示。

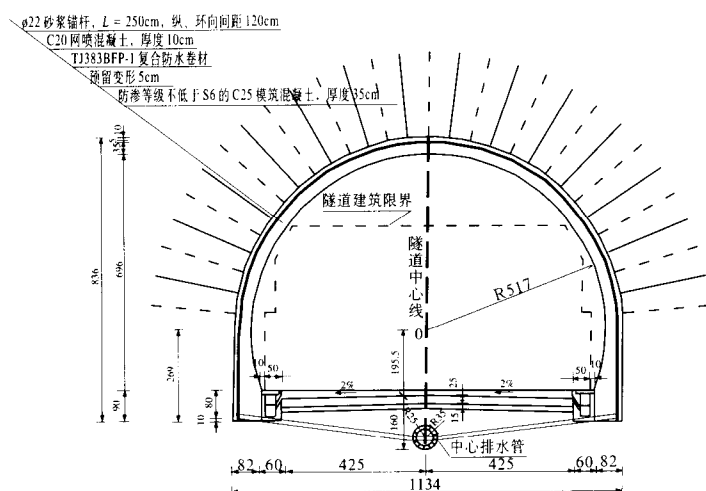


图 1-6 骆驼鞍隧道 IV 类围岩设计复合衬砌图 (尺寸单位: cm)

每延米工程数量表

工程项目	规格	单位	数量
开挖	坚石	m ³	85.1
锚杆	φ22 砂浆锚杆	kg	87.0
喷混凝土	C20 网喷早强混凝土	m ³	2.3
钢筋网	φ8	kg	59.1
模筑混凝土	C25S6 防渗混凝土	m ³	8.7
超挖回填	C25S6 防渗混凝土	m ³	3.9
TJ383BFP-1 复合卷材		m ²	23.3

注:

1. 图中尺寸均以 cm 计;
2. 开挖已计入 5% 施工误差;
3. 拱部设系统锚杆, 按梅花形布置; 钢筋网纵向、环向均采用 φ8 钢筋, 网络间距为 25cm × 25cm;
4. 超挖用与衬砌同级混凝土回填。

1.2.3 铁营隧道

国道 112 线丰宁—陈栅子段铁营隧道位于南关镇骆驼鞍村与王营乡铁营村交界处, 隧道中心里程为 K22 + 767.5, 净长 1105m, 单向纵坡 3%, 最大埋深 120m。采用行车道 8.5m, 两侧 0.5m 的人行道, 有效净宽 9.5m, 有效净高 5m 的建筑限界。隧道设计采用净跨 9.7m, 净高 7.125m, 单心圆曲墙式衬砌断面。按“新奥法”原理设计, 施工实行全断面钻爆法开挖。

铁营隧道于 2004 年 7 月开始施工, 于 2005 年 7 月完成上断面的开挖。图 1-7 是铁营隧道剖面图, 图 1-8 为铁营隧道标准断面图。

图例: 地质混合岩 坡积土

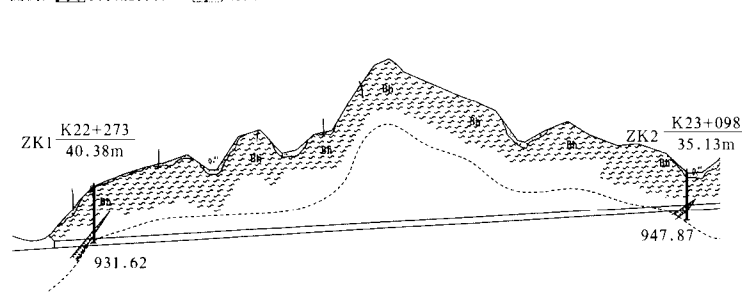


图 1-7 铁营隧道剖面图

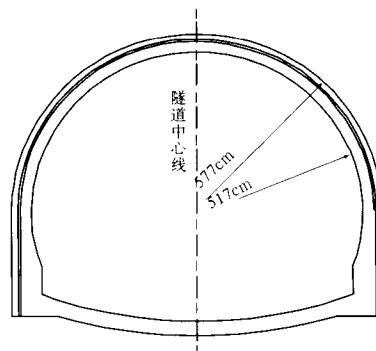


图 1-8 铁营隧道标准断面图

1. 地形地貌及地层特征

洞区山体整体走向 57°, 海拔高度 930~1050m, 高差 120m, 中低山地形, 山体较为陡峭, 阴坡植被茂盛, 第四系覆盖 1m 左右, 岩石出露少, 进出口地形为山丘坡脚地形。

隧道所在山体表层为第四系坡积层, 由松散结构的砂土、粉土和碎石土组成。洞体区岩性主要为斑状混合岩, 地表风化强烈, 呈砂粒状及碎块状, 产状不清, 岩石呈灰红色~粉红色, 是变质岩经受注入、交代、重熔等作用所形成的一种岩石。矿物成分主要为粉红色长石, 约占 95%, 含少量黑云母、角闪岩及石英。

2. 工程地质与水文地质概况

该区洞体均布置在古老结晶基底斑状混合岩地层之中，该地层地表由于严重风化破碎，节理裂隙较为发育，几条扭曲性质为主的断裂带对本区的地质构造有一定的影响。洞区沟谷地表径流汇水面积较小，水流短促，影响洞体的地下水主要为岩体裂隙水，大气降水补给，对钢结构没有强腐蚀性。

隧道进出口均为斑状混合岩，岩石风化严重，风化深度在30~40m，岩石因风化之故裂隙发育，为全风化~强风化，强度很低，洞口开挖后岩石呈砂粒状、碎石状松散结构，易坍塌，处理不当会出现大坍塌，侧壁经常小塌方掉块，施工时应喷浆、加钢筋网并加系统锚杆支护。

3. 设计洞区围岩分类

(1) 里程K22+220~K22+300，里程K23+050~K23+310，围岩岩性为斑状混合岩，岩石较为风化，裂隙发育，岩石和岩体强度低，洞口开挖后呈碎石状松散结构。围岩类别为Ⅱ类，开挖要随挖随支，喷浆、加钢筋网并加系统锚杆支护。

(2) 里程K22+300~K23+050，围岩岩性为斑状混合岩，分布岩石风化带20m以下，岩体整体强度高，洞体开挖后岩体呈块状镶嵌结构。围岩类别为Ⅳ类，开挖时喷浆支护，局部加钢筋网或锚杆支护。

4. 设计隧道支护方式

Ⅱ类围岩：

Ⅱ类围岩的支护主要采用 $\phi 22$ 砂浆锚杆， $L=3.5\text{m}$ ，纵、环向间距1.0m；格栅钢架（ $H=13\text{cm}$ ），间距1m；C20网喷混凝土，厚度20cm，TJ383BFP-1复合防水卷材，预留变形量10cm，设仰拱，防渗等级不低于S6的C25模筑混凝土，厚度40cm，如图1-9所示。

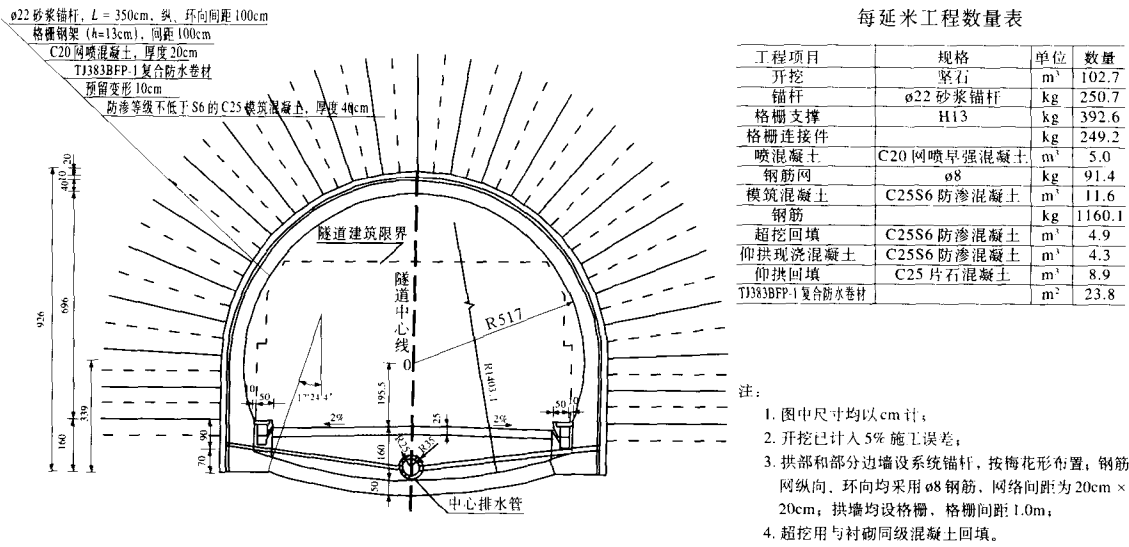


图 1-9 铁营隧道Ⅱ类围岩设计复合衬砌图（尺寸单位：cm）

1.2.4 波罗诺隧道

国道112线丰宁—陈栅子段波罗诺隧道位于丰宁县波罗诺镇祁家村与滦平县大屯乡刘

家沟村交界处,隧道中心里程为K80+800,净长920m,单向纵坡2.6%,最大埋深102.6m。采用行车道8.5m,两侧0.5m的人行道,有效净宽9.5m,有效净高5m的建筑限界。隧道设计采用净跨9.7m,净高7.125m,单心圆曲墙式衬砌断面。按“新奥法”原理设计,施工实行全断面钻爆法开挖。图1-10是波罗诺隧道剖面图,图1-11为波罗诺隧道标准断面图。

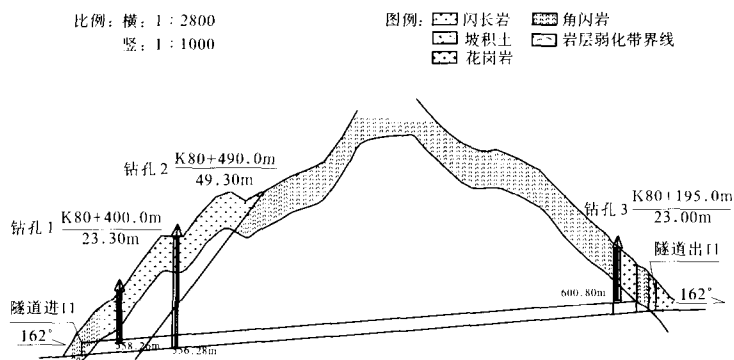


图 1-10 波罗诺隧道剖面图

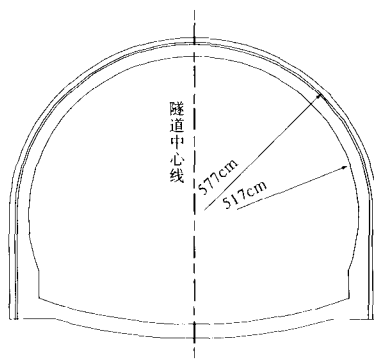


图 1-11 波罗诺隧道标准断面图

1. 地形地貌及地层特征

洞区山体走向 165° ,海拔高度500~700m,山体坡度较为圆缓,稍有第四系覆盖层,植被较少,隧道进出口段地形为山丘坡脚地形。

隧道所在山体岩性主要为太古界单塔子群的角闪岩,局部地段为后期侵入的闪长岩和花岗岩基体,多见石英质岩脉分布;洞区沟谷等局部低洼地形有少量第四系堆积物。

第四系堆积物分布于局部坡脚、沟谷地带,黄褐色,松散稍干;局部为厚层的粉质粘土,多为坡积角砾土,碎石、角砾粒径2~8cm。

① 角闪岩分布于K80+340~K80+370、K80+635~K81+193、K81+230~K81+250间,黑褐~褐绿色,主要矿物为角闪石,少量黑云母、石英、绿帘石;

② 闪长岩分布于K80+370~K80+635间,其间混杂一些花岗质岩和角闪岩等侵入体,灰褐色,中粗粒半自形粒状结构,块状构造;

③ 花岗岩分布于K81+193~K81+227和K80+247~K81+265,主要为后期侵入体,灰白~肉红色,中粗粒半自形粒状结构,块状构造;岩石主要矿物为石英、钾长石、斜长石、角闪石、辉石、黑云母。

2. 工程地质与水文地质概况

本区位于中朝准地台内蒙地轴燕山台褶带,自太古代~早元古代结晶基底形成以来,基本处于迭次沉降的负性状态。自晚三叠世以来,地壳活动显著,堆积了巨厚的陆相建造和基~酸性火山岩建造及大量岩浆的入侵,其间又遭受燕山构造旋回的强烈改造,构造变形剧烈,覆盖层普遍褶皱,穿越本区的几条深断裂带对路线布设区域的地质构造有决定性的影响。洞区位于太古界单塔子群的角闪岩基底地层,受历次地质构造应力的影响,岩体裂隙较为发育,但洞区内未发现大的断裂构造。

隧道进口为角闪岩,出口为花岗岩,顶部岩层较为风化,裂隙及小断裂发育,岩体强度较低,洞口开挖后岩体呈碎石状松散结构,围岩易坍塌,处理不当会出现大的坍塌,侧壁经常小

坍塌，施工时应及时喷浆、加钢筋网并设系统锚杆。

3. 设计围岩分类

(1) 里程 K80 + 340~K80 + 403.5，里程 K81 + 193~K81 + 260，围岩岩性为角闪岩、闪长岩及花岗岩，岩石较为风化，裂隙及小断裂发育，岩石强度低；围岩类别为Ⅱ类。

(2) 里程 K80 + 403~K80 + 430，里程 K81 + 151~K81 + 193，围岩岩性为闪长岩、角闪岩，靠近岩石风化带，岩体整体强度稍低，完整性稍差，洞体开挖后岩体呈块状压碎结构，拱部无支护时可发生较大的塌方。围岩类别为Ⅲ类。

(3) 里程 K80 + 430~K81 + 152，围岩岩性为闪长岩、角闪岩，分布于风化带 20m 以下，岩体整体强度较高，洞体开挖后岩体呈块状镶嵌结构，拱部无支护时可能产生小的掉块，侧壁基本稳定。围岩类别为Ⅳ类。

4. 设计围岩支护方式

Ⅳ类围岩：

Ⅳ类围岩的支护主要采用 $\phi 22$ 砂浆锚杆， $L = 2.5\text{m}$ ，纵、环向间距 1.2m；格栅钢架 ($H = 8\text{cm}$)，间距 2m；C20 网喷混凝土，厚度 15cm，TJ383BFP-1 复合防水卷材，预留变形量 7cm，设仰拱，防渗等级不低于 S6 的 C25 模筑混凝土，厚度 35cm，如图 1-12 所示。

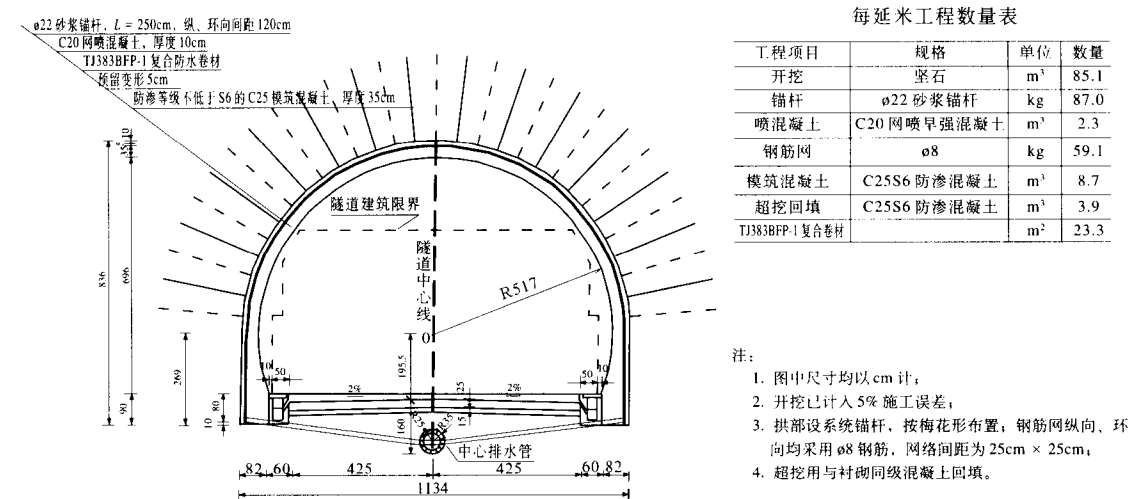


图 1-12 波罗诺隧道Ⅳ类围岩设计复合衬砌图（尺寸单位：cm）

1.2.5 蓝旗梁隧道

国道 112 线丰宁—陈栅子段蓝旗梁隧道位于滦平县张百湾镇蓝旗村与滦平县西地乡交界处的蓝旗梁，隧道中心里程为 K115 + 915，净长 930m，单向纵坡 3%，最大埋深 138.7m。采用行车道宽 9.0m，两侧 0.75m 的人行道，有效净高为 5m 的建筑限界。为了满足建筑限界要求及附属设施安装的需要，隧道设计为净跨 10.70m，净高 7.14m 的单心圆拱曲墙式衬砌断面。按“新奥法”的原理进行设计。

蓝旗梁隧道于 2004 年 7 月开始施工，于 2005 年 7 月完成上断面的开挖。图 1-13 是蓝旗梁隧道剖面图，图 1-14 为蓝旗梁隧道标准断面图。

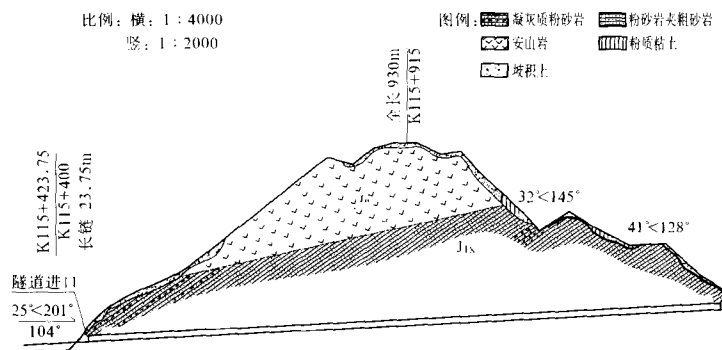


图 1-13 蓝旗梁隧道剖面图

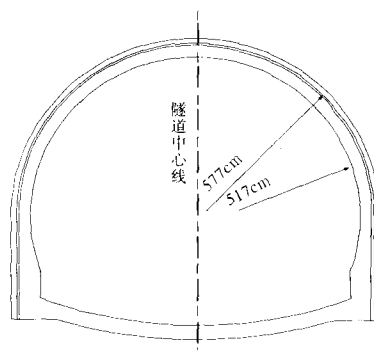


图 1-14 蓝旗梁隧道标准断面图

1. 地形地貌及地层特征

隧道所在的蓝旗梁山体走向 94° ，海拔高度 $400 \sim 600\text{m}$ 。山体坡度较为陡峭，山坡一般有 $0.4 \sim 2.8\text{m}$ 厚第四系覆盖层，植被较为茂盛，地表径流汇集冲刷而成的冲沟走向与洞线轴呈 $40^\circ \sim 75^\circ$ 。主要地层以侏罗系早期下花园组的薄层粉砂岩为主，间夹粗砂岩、含砾粗砂岩、凝灰质砂岩、凝灰岩等；里程 $K115 + 600 \sim K116 + 050$ 间，侏罗系早期下花园组地层之上覆有侏罗系中期髫髻山组安山岩；里程 $K115 + 470 \sim K115 + 650$ 、 $K115 + 815 \sim K116 + 105$ 等，有 $0.4 \sim 2.8\text{m}$ 的第四系覆盖层。

第四系覆盖层主要由松散的坡积角砾土、碎石、黄褐色粉质粘土构成。洞区内粉砂岩以侏罗系早期下花园组的薄层粉砂岩为主，间夹粗砂岩、含砾粗砂岩、凝灰质砂岩、凝灰岩等；黄褐色～黑褐色，多为 $2 \sim 5\text{cm}$ 厚的薄层状，碎屑组分以石英为主，长石次之，含少量的云母、绿泥石等，碎屑磨圆度差呈棱角状，钙质胶结，岩层走向 $120^\circ \sim 210^\circ$ 。

2. 工程地质与水文地质概况

本区位于中朝准地台内蒙地轴燕山台褶带，自太古代～早元古代结晶基底形成以来，基本处于迭次沉降的负性状态。自晚三叠世以来，地壳活动显著，堆积了巨厚的陆相建造和基～酸性火山岩建造及大量岩浆的入侵，其间又遭受燕山构造旋回的强烈改造，构造变形剧烈，覆盖层普遍褶皱，穿越本区的几条深断裂带对路线布设区域的地质构造有决定性的影响。洞区位于燕山台褶带滦平县平拗陷盆地堆积的下花园陆相陆屑建造，构造线近东西走向。

洞区岩层层理较薄，小褶皱及褶曲发育，使得岩体较为破碎，强度较低，洞口开挖后岩体极不稳定，易产生较大的塌方，施工时应喷浆、加钢筋网并设系统锚杆。

3. 设计围岩分类

(1) $K115 + 450 \sim K115 + 470$ 为 II 类围岩加强段衬砌，要随挖随支，喷浆、加钢筋网并加系统锚杆支护，钢拱架间距为 1m ，充分利用超前支护手段。

(2) $K115 + 470 \sim K116 + 360$ 为 II 类围岩衬砌，随挖随支，喷浆、钢筋网并加系统锚杆支护。

(3) $K116 + 360 \sim K116 + 380$ 为 II 类围岩加强段衬砌。

4. 设计隧道支护方式

II 类围岩：

II 类围岩的支护主要采用 $\phi 22$ 砂浆锚杆， $L = 3.50\text{m}$ ，纵、环向间距 1.0m ；格栅钢架 (H

= 16cm), 间距 2m; C20 网喷混凝土, 厚度 20cm, TJ383BFP-1 复合防水卷材, 预留变形量 10cm, 设仰拱, 防渗等级不低于 S6 的 C25 模筑混凝土, 厚度 45cm, 如图 1-15 所示。

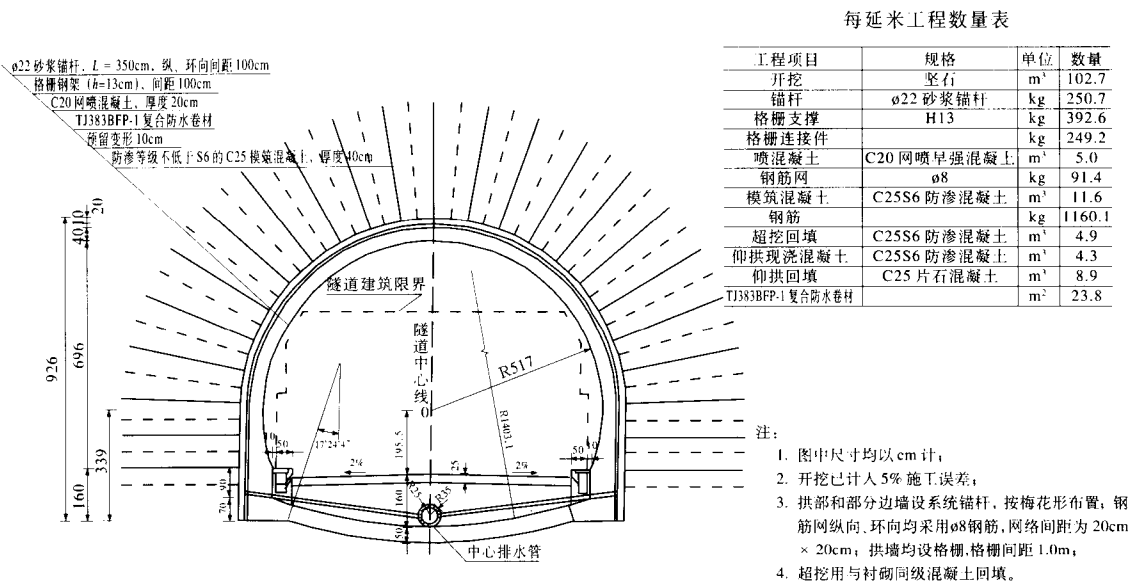


图 1-15 蓝旗梁隧道 II 类围岩设计复合衬砌图 (尺寸单位: cm)

1.3 隧道围岩分类

围岩分类是当今隧道工程中应用最多、最广泛、实践经验较丰富而又简便实用的经验分析模型。目的不同, 分类的方法也不同。为隧道工程设计、施工服务的围岩分类, 应能反映岩体与隧道工程设计、施工有关的基本特征, 如开挖的难易程度、开挖后的稳定、变形特性, 支护与围岩的相互作用等。因此, 一种符合客观实际的、合适的围岩分类是对岩体基本特性的客观反映和正确认识的结果, 也是进行隧道工程设计和施工的重要依据。本项目所做的隧道优化设计就是在对围岩的客观评价基础上进行的, 在实践中仍需进一步完善。

1.3.1 现场隧道围岩分类的必要性

由于设计阶段的围岩分级与公路隧道实际施工时的围岩情况差异往往很大, 如果按照施工图照图施工, 可能会出现三种情况: 第一种情况是实际围岩质量比设计阶段预计的围岩质量好, 因此, 设计支护的强度与刚度要比实际需要的支护强, 如果仍按照设计支护施工, 就会造成浪费; 第二种情况是实际围岩质量比设计阶段预计的围岩质量差, 因此, 设计支护的强度与刚度比实际需要的支护弱, 如果仍按照设计支护施工, 就不安全, 有可能出现隧道塌方等工程事故, 由此可能造成巨大的人员伤害和财产损失, 并影响工期; 第三种情况是预计的围岩分类及相应的支护设计与实际情况完全符合, 这种情况是有的, 但比较少, 原因主要是隧道围岩是天然地质体, 变化快, 与之相应的围岩分类与支护设计也应有相应的变化。要避免前两种情况发生, 并保证公路隧道安全、经济、快速的施工, 就必须根据公路隧道实际施工时揭露的围岩实际情况及时地进行围岩分类和变更施工阶段的隧道设计。而要变更设计, 就必须以合理的现场公路隧道施工阶段的围岩分类为依据。