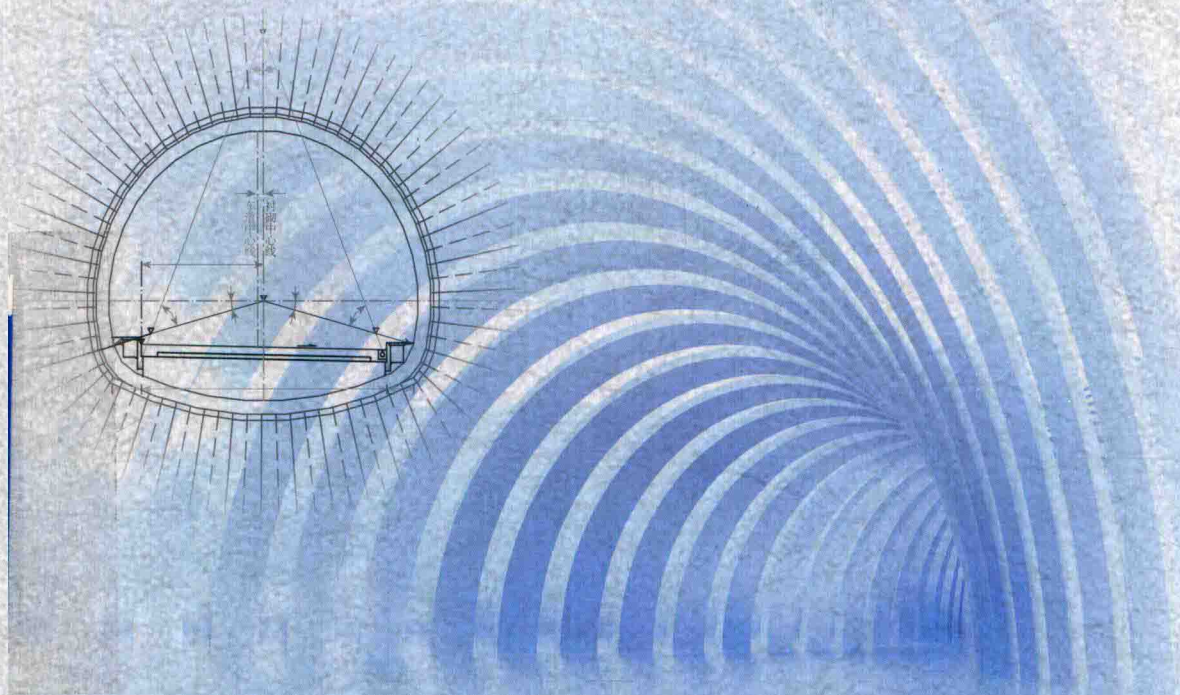


不良地质地段隧道工程 设计与施工案例分析

The Analysis on Design and Construction Scheme
of Tunnel Engineering under Unfavorable Geological Condition

荣耀 习明星 孙洋 张承客 张国良◎编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

不良地质地段隧道工程 设计与施工案例分析

荣 耀 习明星 孙 洋 张承客 张国良 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书结合7个隧道工程实例,分析了不良地质地层下隧道建设的难点和要点,分别是岩溶、滑坡、冲积、高地应力、富水、煤系以及软岩地质条件下的隧道工程建设,介绍了相关的设计及施工方案,并针对施工过程中出现的事故和病害进行了分析总结。

图书在版编目(CIP)数据

不良地质地段隧道工程设计与施工案例分析 / 荣耀
等编著. —北京:人民交通出版社股份有限公司,
2017.9

ISBN 978-7-114-13769-3

I. ①不… II. ①荣… III. ①隧道工程—设计—案例
②隧道施工—案例 IV. ①U452.2 ②U455

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 080172 号

书 名:不良地质地段隧道工程设计与施工案例分析

著 作 者:荣 耀 习明星 孙 洋 张承客 张国良

责任编辑:韩亚楠 朱明周

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:720×960 1/16

印 张:17

字 数:320千

版 次:2017年9月 第1版

印 次:2017年9月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13769-3

定 价:48.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

我国隧道及地下工程建设自 20 世纪 80 年代以来,特别是进入 21 世纪以来得到了快速发展。随着经济的持续发展、综合国力的不断提升及高新技术的不断应用,我国隧道及地下工程得到了前所未有的迅速发展。随着我国隧道及地下工程的蓬勃发展,与复杂地质相遇的机会变得越来越大,隧道可能会出现河谷、漫滩、山麓、海岸、台阶地等处。而通常情况下,隧道设计时,其位置会选择在稳定的地层中,尽量避免穿越工程地质和水文地质极为复杂以及严重不良地质地段。规范明确指出:隧道洞口不宜设在滑坡、崩坍、岩堆、危岩落石、泥石流等不良地质及排水困难的沟谷低洼处或不稳定的悬崖陡壁下;应遵循“早进晚出”的原则,合理选定洞口位置,避免在洞口形成高边坡和高仰坡。但是我国是一个水文地质和结构形式最为复杂的国家,在建设隧道的过程中不可避免地会遇到不利于工程安全的各种复杂地质。本书结合作者丰富的工作经验,分析复杂地质下隧道建设的难点。复杂地层隧道,在国内外虽然屡见不鲜,但相关的设计施工经验与技术尚不成熟,因此,系统地分析复杂地层下的工程特性,探讨隧道设计、施工与监测的关键技术要点,对实际工程具有重要的指导意义。

本书共分 8 章,通过对真实案例的分析研究,以及实地的考察,总结出了一些复杂地质下隧道工程的难点。第 1 章简单介绍了我国隧道发展的概况,并提出了隧道工程从勘察设计到施工监测施工过程中的重点难点。第 2 章到第 8 章分别介绍在岩溶、滑坡、冲积、高应力、富水、煤系以及软岩地质条件下隧道的设计及施工方案,并分析总结。希望本书对今后隧道工程的开展具有一定的参考意义。

在此感谢参考文献中的作者们,通过他们的研究文章,使我对研究内容有了很好的出发点。

由于作者水平有限,本书中不可避免有错误之处,若发现问题,请及时与主编单位联系,敬请读者批评指正。

作者

2017 年 2 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 我国隧道工程的发展历程	1
1.2 隧道工程复杂地质条件下应注意的问题	2
1.3 主要研究内容	4
第2章 岩溶地层隧道设计及施工案例分析	5
2.1 引言	5
2.2 工程背景	8
2.3 讨论与分析	23
本章参考文献	29
第3章 滑坡地层隧道设计及施工案例分析	30
3.1 引言	30
3.2 工程背景	36
3.3 讨论与分析	46
本章参考文献	58
第4章 冲积地层隧道设计及施工案例分析	60
4.1 引言	60
4.2 工程背景	66
4.3 讨论与分析	86
本章参考文献	91
第5章 高地应力隧道设计及施工案例分析	93
5.1 引言	93
5.2 工程背景	102
5.3 讨论与分析	130
本章参考文献	141
第6章 富水地层隧道设计及施工案例分析	143
6.1 引言	143

6.2 工程背景	147
6.3 讨论与分析	164
本章参考文献	175
第 7 章 煤系地层隧道设计及施工案例分析	177
7.1 引言	177
7.2 工程背景	179
7.3 讨论与分析	217
本章参考文献	218
第 8 章 软岩地层隧道设计及施工案例分析	220
8.1 引言	220
8.2 工程背景	223
8.3 讨论与分析	238
本章参考文献	266

第1章 绪 论

1.1 我国隧道工程的发展历程

隧道通常指用作地下通道的工程建筑物。按其修筑地点的不同,可分为山岭隧道、水底隧道及城市隧道;按用途分有交通隧道、水工隧道、市政工程隧道等;还有供人们生活和工作用的隧道,如防空掩蔽部、地下工厂、地下住宅、公共活动场所等。

人类很早就知道利用自然洞穴作为住处。当社会发展到能制造挖掘工具时,就出现了人工挖掘的隧道——“石门”隧道。石门隧道建于东汉明帝永平九年(公元66年),位于今陕西省汉中市褒谷口内,是我国最早采用“火烧水浇”开凿的穿山通车隧道。同为古代四大文明发祥地的古巴比伦,修建了迄今为止人们所知晓的最早的交通隧道。

我国第一条公路是1908年在广西南部边防兴建的龙州至那堪公路,长30km,随后广东、湖南、福建、江苏等省相继修建公路,建有邕武公路、龙州至水口公路、长沙至湘潭公路等,至1927年全国公路通车里程仅 2.9×10^4 km。

新中国成立后,公路开始在中华大地迅速延伸。1950~1952年国民经济恢复时期新建公路3846km,全国通车里程近 13×10^4 km。1953年第一个五年计划开始实施,这是我国公路的稳步发展阶段,通车里程增长了1倍。举世闻名的川藏、青藏公路于1954年通车。但在20世纪50年代我国仅有公路隧道30多座,总长约2500m,且单洞长度均较短,60~70年代干线公路上修建了一些超过百米的隧道,主要用于低等级公路穿山越岭。

十一届三中全会以后,公路交通建设变得更为迫切。1985年全国公路总里程历史性的突破百万千米,但交通功能亟待改善,高速公路进入国人视野,隧道工程建设进入前所未有的高峰期。1984年,我国第一条高速公路——沈大高速公路开工,高速公路建设如火如荼,公路隧道工程越来越多,代表性工程有深圳梧桐山隧道、福建马尾隧道和甘肃七道梁隧道等。至1990年年底,我国已建成十余座千米级隧道,福建鼓山隧道成为中国第一座现代化公路隧道。“九五”期间新建隧道504座,27.8万延米,高速公路总里程于1999年突破了1万公里,跃居世界第4位,

至 1993 年公路隧道通车里程 137km (683 座),均以二级以下的短隧道为主,发展至 2000 年达 627km (1685 座)。2001 年年末我国高速公路通车里程达到 1.9 万 km,跃居世界第 2 位,至 2007 年年底已建成公路隧道总里程 2555km,先后涌现出成渝环线高速中梁山隧道(3.16km)、沈海高速大溪岭隧道(4.116km)等一批特长或宽体扁坦隧道工程,面临的修建环境和地质条件越发艰难,隧道工程建设和营运技术空前复杂。

进入 21 世纪以来,我国公路隧道年均增长率高达 20%,且有逐年加快的趋势,仅前十年公路建设年均隧道里程就高达 555km,隧道建设与营运技术得到了长足发展。先后建成了沪蓉高速华蓥山隧道(4.706km)、二广高速雁门关隧道(5.235km)、福银高速美孤林隧道(5.580km)、沪渝高速方斗山隧道(7.605km)和秦岭终南山公路隧道(18.02km)等一批标志性特长隧道工程。其中,秦岭终南山公路隧道已成为我国目前运营最长的公路隧道。

公路隧道的发展得益于高速公路的建设。2011 年以来,公路隧道年均净增已超过 1000km,至 2014 年年底,我国已有公路隧道 12404 座,总长 10756.7km。2010~2013 年公路隧道总里程与座数增长率分别为 46.7% 和 35%,远超过公路本身的增长率,且 2012 年其年均建设里程超越铁路隧道。在很长时期内,公路隧道的建设规模和数量远不及铁路隧道。进入 21 世纪后,公、铁隧道建设速度稳步增长,且在 2008 年左右均进入快速增长期,公路隧道建设里程于 2012 年超越铁路隧道,目前总里程已超过 1 万 km,涌现出一大批具有开创性和示范功能的隧道工程。

目前,我国已成为世界上隧道工程建设规模最大、数量最多和难度最高的国家,这不仅体现在隧道长度、埋深和断面尺寸的增长上,建设难度和技术创新也达到了空前的高度,各种新材料、新工艺等不断涌现。随着我国公路交通路网不断向崇山峻岭、离岸深水延伸,越来越多的隧道工程将修建在高海拔、强风沙、高温高寒环境和高应力、强岩溶区域,包括越江跨海等水下隧道,亟须发展新材料、新工艺、新方法和新技术,为未来几十年公路隧道工程建设的持续发展提供重要的技术支撑。

1.2 隧道工程复杂地质条件下应注意的问题

近年来,随着我国社会经济快速发展,地面交通迅猛跟进。隧道作为交通线上的一项重要组成部分,隧道工程的发展越来越重要。但是在隧道工程的具体施工过程中经常会遇到各种不良地质环境。隧道工程作为一项隐秘工程,一切可能影响隧道工程安全的地质问题都有可能造成无法预估的灾难。本书通过对滑坡地层、岩溶地层、富水地层、高应力地层、煤系地层、软岩地层以及高应力隧道下的地

质情况进行分析研究,总结得出主要的工程地质问题包括:滑坡、膨胀岩、断裂构造及断层破碎带、高初始应力、偏压问题、高地温、岩溶、放射性、有毒有害气体等。当隧道通过存在上述某种或几种工程地质问题并存的地段时,就必须对其进行分析研究评价。

(1)滑坡。隧道洞身一般不应在滑坡、错落体内穿过,如必须通过此类地段时,应使洞身埋置在错落体或滑动面以下一定深度的稳固地层中。因此,需重点查明滑坡滑动面位置、产状,才能为设计确定隧洞位置提供依据。

(2)膨胀岩。多见于黏土岩、页岩、泥质砂岩;伊利石含量大于20%。重点研究膨胀性岩的分布产状、膨胀潜势,分析评价其对隧道工程安全和稳定性的影响。

(3)断裂构造及断层破碎带。重点研究大型断裂构造是否为活动断裂,如为活动断裂应避免。隧道还应尽量避开断层破碎带,特别是含水丰富的破碎带,必须穿越时,隧道应与之垂直或大角度斜交通过,并应提醒设计施工方做好支护及排水措施,预防出现坍塌、避免富水破碎带出现突水涌泥现象造成安全事故。

(4)高初始应力。岩体初始应力对隧道围岩的稳定性有较大影响,特别是高初始应力的存在。高初始应力会导致隧道洞壁岩体在开挖过程中时有饼化、岩爆等不良现象的发生,造成隧道成洞性差。高初始应力主要存在于埋深大、构造作用强烈的隧道。因此,对于深埋隧道应通过地应力测试结果按公路隧道设计规范判定是否存在高初始应力地段。

(5)偏压问题。主要出现在埋深较浅的隧道。根据隧道走向与地形等高线相交情况判定,如隧道傍山而设,走向与地形等高线平行或小角度斜交,隧道外侧洞壁较薄,将出现偏压问题。偏压会降低围岩稳定性。

(6)高地温。地温高低与埋深有关,随埋深增大而递增,因此高地温主要出现在深埋隧道。对于深埋隧道应研究地温随埋深升温情况以及是否出现高地温现象。

(7)岩溶。应重点查明洞身不同地段的岩溶发育程度和分布规律、岩溶洞穴的形态规模、含水特性、岩溶水富水程度、补给排泄条件。分析评价隧道场地的适宜性、隧道围岩的稳定性、岩溶水对隧道安全和稳定性的影响及在施工和营运时产生的危害。

(8)放射性。主要针对花岗岩等岩浆岩类地区及存在放射性物质地区的隧道。

(9)有毒有害气体。应查明有毒有害气体的含量、压力、性质,并判断其对隧道施工、营运的影响。

隧道通过地区一般位于山区丘陵地带,地质情况复杂多变,应采用综合勘探的方法进行勘察。工程地质勘查中,采用适宜的物探方法,既能较准确地查明地质情况,又可取得事半功倍的效果。在工程的地质勘查中,物探手段起到了其他勘探方

法无法发挥的作用,不仅准确地查清了土石分界,而且科学地划分了地层,地层分层的结果与钻探验证的结果基本一致,并为隧道围岩分级和岩土施工工程分级提供了定量的物性参数。

1.3 主要研究内容

对于不良地层下隧道的研究,实际上就是有针对性地对分析某一种特别地层(如岩溶、滑坡、冲积、高应力、富水、煤系以及软岩地质等)下隧道的设计及施工是否达到标准,其方案是否密切地结合其地质特征,工程设计是否经济、合理。因此,其主要的研究内容包括:

(1)就现阶段岩溶地层隧道的设计和研究,总结了少许隧道工程施工问题的共性,提出了目前隧道施工中存在的误区,指明了岩溶地层隧道设计的发展方向,并结合南石壁隧道的实际问题加以论证。

(2)通过对张涿高速公路南宫一号隧道滑坡地段进行 Ansys 模拟,分析得到其变形机理,根据滑坡设计施工原则,总结出隧道穿过滑坡地段的处理方法。

(3)从形成冲积地层的源头分析其工程特性,再结合大龙大道幸福隧道的实际情况及其数值模拟结果,得到冲积地层隧道施工的技术要点。

(4)通过怀玉山隧道实际的监测数据及 Flac3D 数值模拟结果,对高应力隧道造成的岩爆问题进行研究,在勘察、超前地质预报确定岩爆等级后,根据其相应等级确定隧道设计、施工方案。

(5)从富水地层的形成及其对隧道造成的灾害进行总结,并通过数值模拟研究地层下隧道的变形机理,提出了一项优化设计方案。

(6)通过总结煤系地层中隧道工程中的瓦斯问题的处理措施,研制了针对含瓦斯煤系地段的有效的防突措施。

(7)就软岩地层隧道的支护问题进行研究,在总结前人研究的基础上,结合谷竹高速公路片岩隧道,得到初期支护各支护参数的受力特征以及对围岩变形的影响规律,得出初期支护结构的优化建议及合理支护参数形式,同时得到了三种支护形式下的二次衬砌支护时间与二次衬砌支护的变形速率指标。

第2章 岩溶地层隧道设计及施工案例分析

2.1 引言

近年来随着我国经济建设的飞速发展,交通运输与工程建设规模在总体上也呈现出不断增长的趋势。隧道属于地下工程建筑物,有其独特的优势。截至2014年年底,我国已有公路隧道12404座,总长10756.7km,并呈现持续高速增长的趋势^[1]。我国幅员辽阔,岩溶分布广泛,可溶性地层约占国土面积的1/3,虽然科技的发展使得岩溶地区不再是隧道工程的施工禁区,但许多已发生的岩溶隧道灾害表明,对岩溶地层隧道的设计研究仍任重道远:渝怀线圆梁山隧道施工中,先后遇到了5个深埋充填型溶洞,因为当时复杂的地质条件和施工准备上的欠缺,突发了多次大规模的涌水、涌泥等工程地质灾害,给工程的安全顺利施工造成了极其严重的影响^[2];襄渝线大巴山隧道在通过岩溶地层时,突然揭露一溶洞引起突泥、突水灾害,因此中断施工3个月;广安—重庆高速公路华蓥山隧道施工中发生多次突水突泥,最后导致两条地下暗河灌入。多年来我国岩溶地区的隧道几乎都遇到过不同程度的突水、突泥、顶板溶洞充填物陷落冒顶、底板塌陷等问题,但是随着一批新设备的问世和隧道工作者经验的积累,上述问题有所缓解,但尚未完全解决。随着我国对交通运输的要求不断增加,使得今后隧道必然会在更多的岩溶地层中出现,为了保证岩溶地层隧道施工安全顺利地进行,有必要对岩溶地层隧道设计继续开展相应的研究工作。

2.1.1 我国岩溶地层隧道设计及研究工作现状

岩溶地层隧道常见灾害与岩溶发育类型密切相关,岩溶灾害种类繁多,有针对性地对这两者加以分类和归纳,对系统地研究岩溶地层隧道设计具有重要意义。

2.1.1.1 岩溶发育类型分类

岩溶发育条件指的是岩石的可溶性、裂隙性、水的侵蚀性及流通条件等,按岩溶发育条件可以把岩溶类型归纳为以下几类^[3]:

1) 按岩溶发育条件分类

(1) 沿层面发育的岩溶。地下水沿地层层面流动,多见于一般可溶岩和非可

溶岩接触带、不同地层可溶岩接触带及同一种地层中可溶岩沿层面发育地带等。

(2) 沿节理裂隙的岩溶。地下水沿节理裂隙及其密集带运移。

(3) 沿断层发育的岩溶。该类别下的岩溶可继续细分为两种:一是位于张性断层附近的岩溶,一般其发育程度较强;二是位于压性断层附近的岩溶,一般其发育程度较弱。

(4) 沿斜向构造发育的核部岩溶。

2) 按地下水垂直分带分类

岩溶地区水文地质垂直分带决定了岩溶发育的垂直分带性,据此可以把地下水分为以下 4 个分带^[4]:

(1) 垂直渗流带。地下水以垂直运动为主,地表水通过裂隙垂直向下运动,形成位于地下水排泄基准面以上的临时性地下水运动带,局部可能形成水平溶洞。

(2) 季节交替带。此带岩溶发育最强烈,复杂的大型溶洞及暗河等多位于此带中,究其原因主要是地下水运动随季节的交替呈周期性变化,旱季水位低时以垂直运动为主,雨季水位高时以水平运动为主。

(3) 水平径流带。地下水多沿裂隙及层面发育大量水平和倾斜的溶洞,地下通道错综复杂,地下水运动极其强烈。

(4) 深部缓流带。位于地下水排泄基准面以下,除非满足特定条件(地下水体为承压水、水温较高且流经煤系地层或含硫化物的岩层)时,一般不会发育岩溶,但上述条件具备时,可能会发育成相当规模的岩溶。

2.1.1.2 岩溶隧道灾害分类

岩溶隧道灾害种类繁多,按不同的分类方式,大致分为以下 4 类:

1) 按岩溶水量分类

岩溶涌水量大于 $10000\text{m}^3/\text{h}$ 的为特大涌水型;岩溶涌水量为 $1000\sim 10000\text{m}^3/\text{h}$ 的为大量涌水型;岩溶涌水量为 $100\sim 1000\text{m}^3/\text{h}$ 的为中量涌水型;岩溶涌水量为 $10\sim 100\text{m}^3/\text{h}$ 的为小量涌水型;岩溶涌水量小于 $10\text{m}^3/\text{h}$ 的为微量涌水型。

2) 按岩溶充填特征分类

根据岩溶充填特征,可将岩溶分为充填型、半充填型和无充填型岩溶 3 种类型。

3) 按形态大小分类

根据岩溶形态的大小,可将岩溶分为洞穴型、裂隙型、管道型和大型溶洞 4 种类型。

4) 按涌水动态变化特点分类

根据岩溶涌水量动态变化的特点,可将岩溶分为水文型、稳定型和突发型 3 种

类型。

2.1.2 目前隧道施工中存在的认识上的误区

多年来国内外的隧道施工或多或少都会遇到不同程度的地质灾害,这导致在部分隧道施工队伍中形成了一些认识上的误区,特别在岩溶地层等复杂不良地质地段时,塌方、突水等不可抗御的观念更是根深蒂固,导致应该在隧道施工前期进行的勘察和预报工作理所当然地变成了施工后的抢险救灾任务。

2.1.2.1 关于“地质灾害不可抵御”论

宜万铁路、厦门翔安海底隧道、青岛胶州湾海底隧道等一系列大长高风险隧道的顺利完工,证明了地质灾害并非不可抵御。研究表明,导致隧道发生地质灾害发生的原因主要有以下两个方面^[5]:

(1)隧道施工方法不当,特别是在隧道通过岩溶等不良地质地段时,选择合适的初期支护参数就显得尤为重要。但我国对该项工作一直比较重视,分别制订了适用于不同地质情况的辅助工法和工作指南,这一点并不是导致我国隧道地质灾害频发的主要原因。

(2)隧道施工过程中的地质情况不明是导致地质灾害的最主要原因,前期的地质勘查资料根本无法满足隧道施工的要求,对塌方、突泥、突水等地质灾害的预警和监测不足,加之缺少相似的隧道施工经验,极易发生地质灾害。

2.1.2.2 地质灾害与地质条件的关系

多年来,“地质灾害越多,则该区域地质条件越差”的观念广泛存在于许多隧道建设施工中,这直接导致我国的地质工作长期未曾得到足够的重视。施工实践证明:地质条件并不是决定地质灾害发生与否的唯一因素,即使是在地质条件十分复杂的区域,做好前期的地质工作并加以恰当的辅助工法,也可以避免发生重大地质灾害,隧道施工的前期设计及地质工作就显得尤为重要。

2.1.3 岩溶地层隧道设计的发展方向

在岩溶地区修建隧道是一项复杂的、系统的工作,应从最初的地质勘查阶段就防患于未然,在地质勘查阶段确定隧道大致的规划路线,尽可能地避开岩溶发育地区;设计阶段,隧道围岩的等级预测是关键,在岩溶地区,还应充分考虑岩溶对隧道围岩的影响,使其尽可能地符合实际情况,以便确定合适的施工工法、支护措施等。在我国,岩溶地层隧道设计已有了一个良好的开端,但并不意味着目前的研究成果已经能够满足施工的要求,比如,地质勘查及超前预报阶段,如何提高TSP、地质雷达等超前预报方法的准确性及其有效预报距离以尽可能地发现及规避潜在风险;设计及施工阶段,岩溶水对隧道衬砌结构和支护参数的影响及有效应对措施、岩溶

隧道必要的安全和辅助措施等。以上几个方面是在目前的岩溶隧道设计中尚需优化的典型代表,也是关乎岩溶地层隧道安全性的关键所在。

2.2 工程背景

2.2.1 地质条件

2.2.1.1 水文气象条件

南石壁隧道所在地年平均气温为 17.6°C , 冬季最冷月 1 月平均气温为 5.5°C , 夏季最热月 7 月平均气温为 29.1°C ; 极端最高气温为 40.8°C , 极端最低气温为 -10.0°C 。3 月下旬进入春季, 5 月下旬后期进入夏季, 9 月下旬进入秋季, 11 月下旬进入冬季。一般 11 月下旬开始出现初霜, 2 月底终霜, 平均无霜期达 276 天。初雪平均日期在 12 月下旬, 终雪平均日期为 2 月底, 年平均降雪日为 7 天。年平均降水量为 1718.4mm, 4~6 月平均降水量为 763.6mm, 占年降水量的 44%; 受季风影响, 上半年各月降水量呈逐月增多, 下半年各月降水量呈逐月减少; 6 月份降水量最多, 平均为 277mm; 12 月降水量最少, 平均为 49mm。

2.2.1.2 工程地质条件

南石壁隧道构造上位于蒙山复背斜的南翼, 地层单斜向南西倾, 产状 $215^{\circ} \angle 26^{\circ}$ 左右。同时位于区域性构造—萍乡—新建大断裂的断裂带内。该断裂带在本隧道内有两处平行的逆冲断层, 倾向 190° 左右, 倾角 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$, 地形上形成长达数百米、高数十米的陡崖(断层坎), 大致与隧道相交于 ZK172+290 及 ZK172+350 处。

隧道岩层除进口段被岩层覆盖, 基岩出露较好外, 其余地段表层多为残坡积层覆盖, 基岩零星出露, 为石炭系上统船山组及二叠系下统栖霞组地层。隧道的不良地质条件主要表现为岩溶和裂隙发育。隧道地层岩性及围岩分级一览表见表 2-1、表 2-2。

隧道地层岩性及围岩分级一览表(左洞)

表 2-1

里程桩号	围岩级别	长度(m)	工程地质条件	水文地质
ZK172+136~ ZK172+160	IV	24	洞口浅埋段为厚层状灰岩, 弱风化, 节理裂隙发育, 浅层溶蚀较强烈	渗水, 雨季顺裂隙小规模涌水
ZK172+160~ ZK172+204	III	44	围岩为厚层状灰岩, 节理、裂隙发育, 充填方解石脉, 局部有溶蚀现象	渗水, 雨季顺裂隙小规模涌水
ZK172+204~ ZK172+270	IV	66	围岩为厚层状灰岩, 发育一逆断层; 岩溶、裂隙发育, 岩体破碎	渗水, 雨季顺宽大裂隙涌水
ZK172+270~ ZK172+320	III	50	围岩为厚层状灰岩, 节理、裂隙发育, 一般充填方解石脉	渗水

续上表

里程桩号	围岩级别	长度(m)	工程地质条件	水文地质
ZK172+320~ ZK172+336	Ⅳ	16	围岩为厚层状灰岩,发育一小规模逆冲断层,岩体受挤压较为破碎	渗水,雨季顺 宽大裂隙涌水
ZK172+336~ ZK172+436	Ⅲ	100	围岩为厚层状灰岩,受本区区域性断裂影响节理裂隙发育,充填方解石脉	无水或轻微 渗水
ZK172+436~ ZK172+588	Ⅳ	152	围岩为灰岩与钙质页岩互层,局部含碳质灰岩及煤线,另受本区区域性断裂影响岩体较为破碎	无水或轻微 渗水
ZK172+588~ ZK172+862	Ⅲ	274	围岩为中—厚层状灰岩,局部夹页岩,节理裂隙发育,方解石脉充填成网状	无水或轻微 渗水
ZK172+862~ ZK173+022	Ⅳ	160	围岩为钙质页岩、碳质灰岩,推测为岩溶、裂隙发育区,局部发育小规模溶洞	渗水,雨季顺 宽大裂隙或融蚀 裂隙小规模涌水
ZK173+022~ ZK173+060	Ⅴ	38	围岩为残、坡积碎石土,松散稍密,碎石成分主要为灰岩、页岩,亚黏土充填	

隧道地层岩性及围岩分级一览表(右洞)

表 2-2

里程桩号	围岩级别	长度(m)	工程地质条件	水文地质
YK172+140~ YK172+160	Ⅳ	20	洞口浅埋段为厚层状灰岩,强、弱风化,节理裂隙发育,浅层溶蚀较强烈	渗水,雨季顺 裂隙小规模涌水
YK172+160~ YK172+202	Ⅲ	42	围岩为厚层状灰岩,节理、裂隙发育,充填方解石脉,局部有溶蚀现象	渗水,雨季顺 裂隙小规模涌水
YK172+202~ YK172+268	Ⅳ	66	围岩为厚层状灰岩,发育一逆冲断层;岩溶、裂隙发育,岩体破碎	渗水,雨季顺 宽大裂隙涌水
YK172+268~ YK172+318	Ⅲ	50	围岩为厚层状灰岩,节理、裂隙发育,一般充填方解石脉	渗水
YK172+318~ YK172+334	Ⅳ	16	围岩为厚层状灰岩,发育一小规模逆冲断层,岩体受挤压较为破碎	渗水,雨季顺 宽大裂隙涌水
YK172+334~ YK172+442	Ⅲ	108	围岩为厚层状灰岩,受本区区域性断裂影响节理裂隙发育,充填方解石脉	无水或轻微 渗水
YK172+442~ YK172+592	Ⅳ	150	围岩为灰岩与钙质页岩互层,局部含碳质灰岩及煤线,另受本区区域性断裂影响岩体较为破碎	无水或轻微 渗水
YK172+592~ YK172+894	Ⅲ	302	围岩为中—厚层状灰岩,局部夹页岩,节理裂隙发育,方解石脉充填成网状	无水或轻微 渗水

续上表

里程桩号	围岩级别	长度(m)	工程地质条件	水文地质
YK172+894~ YK173+036	IV	142	围岩为钙质页岩、碳质灰岩,推测为岩溶、裂隙发育区,局部发育小规模溶洞	渗水,雨季顺宽大裂隙或融蚀裂隙小规模涌水
YK173+036~ YK172+100	V	64	围岩为残、坡积碎石土,松散稍密,碎石成分主要为灰岩、页岩,亚黏土充填	

2.2.2 设计参数

南石壁隧道位于上高县南港镇南港水库与新余市分宜县洞村乡苍上村之间,设计为分离式隧道,里程桩号 ZK172+136~ZK173+060(YK172+136~YK173+100),全长 924m(右幅 964m),最大埋深约 110m。建筑限界净宽 10.75m,隧道净高 5.0m;隧道断面为“三心圆曲墙式衬砌”;隧道进口采用台阶式洞门;出口采用削竹式洞门,削竹式洞门与明洞共同设置,明洞为 60cm 厚 C25 钢筋混凝土结构;采用复合衬砌,以锚杆、钢筋网、喷射混凝土等为初期支护,辅以钢拱架、注浆小导管、超前锚杆等支护措施,充分发挥围岩的自稳能力。隧道纵面线形:右线为 2.211%(长 964m)的单向坡;左线为 2.096%(长 924m)的单向坡。

2.2.2.1 隧道洞门设计参数

南石壁隧道的进出口处均为 IV 级围岩,厚状灰岩为主,节理裂隙发育,进口采用台阶式洞门,出口采用削竹式洞门,均需做开挖防护措施,成洞面仰坡采用喷锚支护,C20 喷射混凝土厚度为 10cm,内设 $\phi 22$ 砂浆锚杆及 $\phi 6$ 钢筋网,见图 2-1。此外,考虑到洞口稳定性的要求,应在洞口处设置管棚,管棚的布置及其设计参数见图 2-2。洞门开挖要求地基承载力 σ 大于 250kPa,若达不到此要求应及时采取基础加固措施。

2.2.2.2 隧道支护设计参数

隧道支护参数包括超前支护、初期支护以及二次衬砌。隧道开挖后及时施作初期支护,尽早封闭,减少风化和坍塌,尽快稳定两侧及拱顶围岩,保证施工与隧道安全。V 级围岩地段主要采用工字钢拱架,IV 级围岩地段主要采用格栅钢拱架,喷射 C20 混凝土、系统锚杆和钢筋网组成初期支护承载体系。系统锚杆采用 D25 中空注浆锚杆,钢拱架具有刚度大,发挥作用快的特点,适用于跨度大、围岩自稳能力差的隧道区段。拱架之间用 $\phi 22$ 的钢筋连接,与超前注浆小导管或超前锚杆焊接为一体,与围岩密贴形成承载结构。III 级围岩地段初期支护,围岩自身具有一定

的承载能力,初期支护主要以喷锚支护为主,系统锚杆采用 $\phi 22$ 药卷锚杆,各个围岩等级对应的支护参数列于表 2-3 中,南石壁隧道围岩多为 III~IV 级围岩。此处以 IV 级围岩为例,介绍复合式衬砌设计方案。

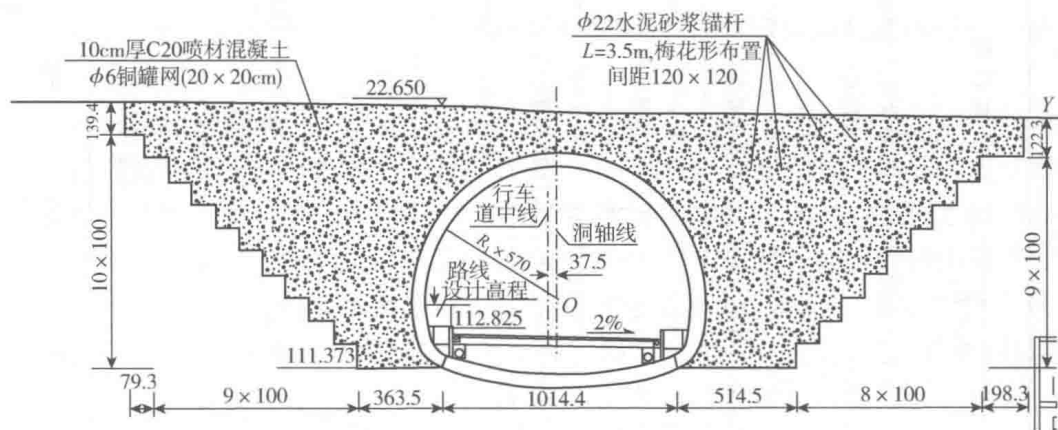


图 2-1 洞门开挖防护设计图(尺寸单位:cm)

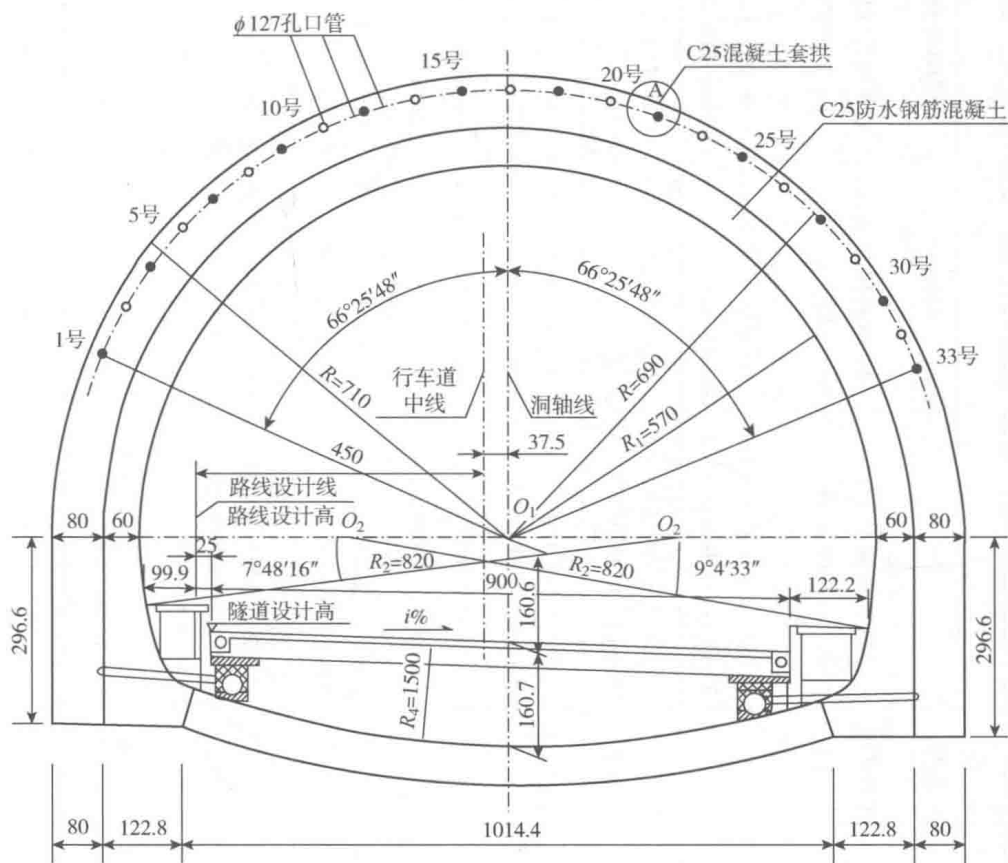


图 2-2 洞口管棚设计图(尺寸单位:cm)