

圆梁山铁路隧道预注浆设计

顾志刚

(三峡大学职业技术学院,湖北 宜昌 443000)

摘要:高承压水是渝怀铁路圆梁山隧道工程所面临的重要工程地质问题,根据隧道工程的工程地质条件,选择对地下涌水具有堵、截作用的预注浆处理方案,并讨论了预注浆设计中有关注浆压力、注浆范围及注浆扩散半径等设计参数的确定原则,阐述注浆方式、钻孔和注浆施工程序、注浆结束标准及效果评定等。施工实践表明,经过注浆处理的高承压水洞身段,日涌水量已降至 $200 \sim 300 \text{ m}^3$,静水压力已降至 1 MPa 以下。

关键词:隧道施工;高承压水;预注浆;施工设计参数

中图分类号:U455.49

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2002)05-0050-03

圆梁山铁路隧道是国家“十五”重点项目——渝怀铁路的十大控制工程之一,位于四川省酉阳县境内。该隧道为深埋特长隧道,全长 $11\,068 \text{ m}$,是渝怀铁路全线最长的隧道,在全国同类铁路隧道中排名第二。隧道的设计断面形状为马蹄形,最大开挖高度 10.91 m ,最大开挖宽度 13.30 m ,采用带仰拱复合衬砌。

1 隧道工程的地质条件

圆梁山隧道地处渝怀线越岭地段,穿越乌江水系与沅江水系的分水岭——武陵横断山脉。隧道通过地层的岩性主要为灰岩、泥岩和粉砂岩。地质构造为毛坝向斜和桐麻岭背斜及其次生构造。主要工程地质问题是:岩溶及岩溶高承压水、煤气、瓦斯、高地应力等,其中岩溶高承压水问题尤其突出。

隧道通过的主要富水区为毛坝向斜,该地质构造区域南北长 65 km ,东西宽 $2 \sim 3 \text{ km}$ 。通过毛坝向斜段隧道的里程标号为 $(\text{DK}353 + 200) \sim (\text{DK}355 + 050)$,该地段处于岩溶水深部滞流带,地下水主要为裂隙水,其正常日涌水量为 $55\,000 \text{ m}^3$,最大日涌水量为 $83\,000 \text{ m}^3$ 。

根据深孔钻探揭示,毛坝向斜存在 $\text{P}2\text{w} + \text{c}$ 和 $\text{P}1\text{m}$ 两层承压水。相对于隧道洞身标高而言, $\text{P}1\text{m}$ 承压水静水头为 460 m , $\text{P}2\text{w} + \text{c}$ 承压水静水头为 442 m ,表明隧道洞身在 $\text{P}1\text{m}$ 层段和 $\text{P}2\text{w} + \text{c}$ 层段分别存在 4.6 MPa 和 4.42 MPa 的高静水压力。

此外,隧道洞身在 $(\text{DK}358 + 700) \sim (\text{DK}358 +$

$900)$ 段穿过冷水河,冷水河底高于铁路路肩 150 m ,考虑该段岩石裂隙、岩溶发育,在隧道开挖过程中可能产生地下涌水、地下水渗漏等情况,估计该段隧道洞身存在 1.5 MPa 以上的静水压力。

2 地下涌水处理方案选择

圆梁山隧道工程的地下涌水量之大为铁路隧道工程所罕见,毛坝向斜段的日最大涌水量和日正常涌水量都超过了20世纪80年代修建的大瑶山隧道 F_9 断层 $42\,000 \text{ m}^3 \sim 51\,000 \text{ m}^3$ 的日涌水量。因此地下涌水的处理问题成为该工程设计、施工中的关键问题。

首先要考虑的是对地下涌水处理方案的选择。国内外隧道工程处理地下涌水常用的措施有截、堵、排等,这些措施各有利弊,应根据不同工程的具体情况进行选择。大瑶山隧道采取的是开挖超前平导洞进行排水降压的方案,在不到一年时间里,平导洞排水量达 $3 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。在平导洞开挖初期,隧道正洞的日涌水量就降至 $13\,000 \text{ m}^3$,水压降至 0.2 MPa 。排水方案的实施,虽然在控制地下涌水方面成效显著,但也产生了较为严重的不良后果,如地下水的大量流失,给山上居民的生活、生产带来极大不便,甚至使部分居民因缺水而被迫搬迁。同时,地下水的流失对生态环境也造成一定程度的破坏。

圆梁山隧道工程同样面临十分复杂的地下涌水处理问题。由于地下水源要供给山上近5万居民的生活、生产用水,因此不能考虑排水方案。为防止在开挖主洞(或平洞)时围岩中的地下水大量涌入洞内

造成灾害,影响施工正常进行,以及由于地下水大量漏失严重影响山上居民的生活、生产;同时为防止因地下水漏失造成地表塌陷,导致生态环境破坏,决定选择对地下涌水具有堵、截作用的预注浆处理方案。

所谓预注浆方案就是在隧道主洞正式开挖前,用钻孔设备在导洞断面钻预注浆孔,钻孔沿导洞四周呈伞形辐射状分布,再利用灌浆泵将用胶凝材料配制的浆液,通过一定压力,经钻孔注入扩散到围岩裂隙中,同时把裂隙中的水挤走,注浆材料填充在岩石裂隙内,成为具有一定强度和低透水性的结石体,起到堵塞裂隙、截断水流的作用,从而可阻止或减少地下涌水流入开挖作业面,同时提高了围岩的强度。此外,通过钻预注浆孔,还可超前探明隧道经过地段的地质情况,为施工提供更为准确的资料。

圆梁山隧道工程采用预注浆方案,同时具有防止冷水河的河水下渗,避免隧道施工时产生高压水危害,以及减少隧道衬砌所承受静水压力等多种作用。

3 预注浆动态设计

3.1 超前探水

在隧道开挖前,要根据围岩裂隙和岩溶发育情况,通过打超前探水孔(或采用地质雷达等物探手段)进行探水。每次探水段长 15 m,开挖 12 m,保留 3 m。若有探水孔出水,且总出水量大于 170 L/min 时,需进行全断面帷幕预注浆堵水;若总涌水量虽小于 170 L/min,但个别探水孔出水量大于 30 L/min 时,则需对这些孔进行局部预注浆处理。

在预注浆施工前,应根据超前探水孔所预报的涌水压力、涌水量、温度、水质、岩石分类及破碎程度等情况,对预注浆设计参数进行调整。

3.2 预注浆设计参数

a. 注浆压力。设计注浆压力(终压值)为预注浆段洞身静水压力的 2~3 倍。

b. 注浆范围。根据地下水的涌水量、水压大小及地质情况的不同,预注浆范围也有所区别。一般地段注浆范围为衬砌层以外 5 m,岩层分界处及可熔岩与非可熔岩接触带的预注浆范围为衬砌层以外 8 m,即预注浆钻孔的孔底位置宜控制在开挖轮廓线外约 5 m 或 8 m。

c. 注浆材料及配合比。注浆材料主要为水泥砂浆和水泥水玻璃,局部采用化学浆液。水泥采用 525 号普通硅酸盐水泥,速凝剂用量为水泥重量的 3%。水泥砂浆的水灰比为 1:(0.6~0.8)。

d. 注浆扩散半径和孔底间距。预注浆单孔有效扩散半径为 2.5 m,孔底间距应小于或等于 3.8 m。

3.3 注浆方式

隧道注浆段采用全断面开挖,因此对终孔在同一里程桩号的注浆孔,可同时进行钻孔和注浆。

每一循环注浆段长为 30 m,主洞开挖施工时,每次在注浆范围内开挖 25 m,保留 5 m 止浆岩盘。在地层破碎地段则开挖 22 m,保留 8 m 止浆岩盘。

3.4 施工程序

3.4.1 钻孔布置

圆梁山隧道预注浆钻孔的典型布置见图 1。

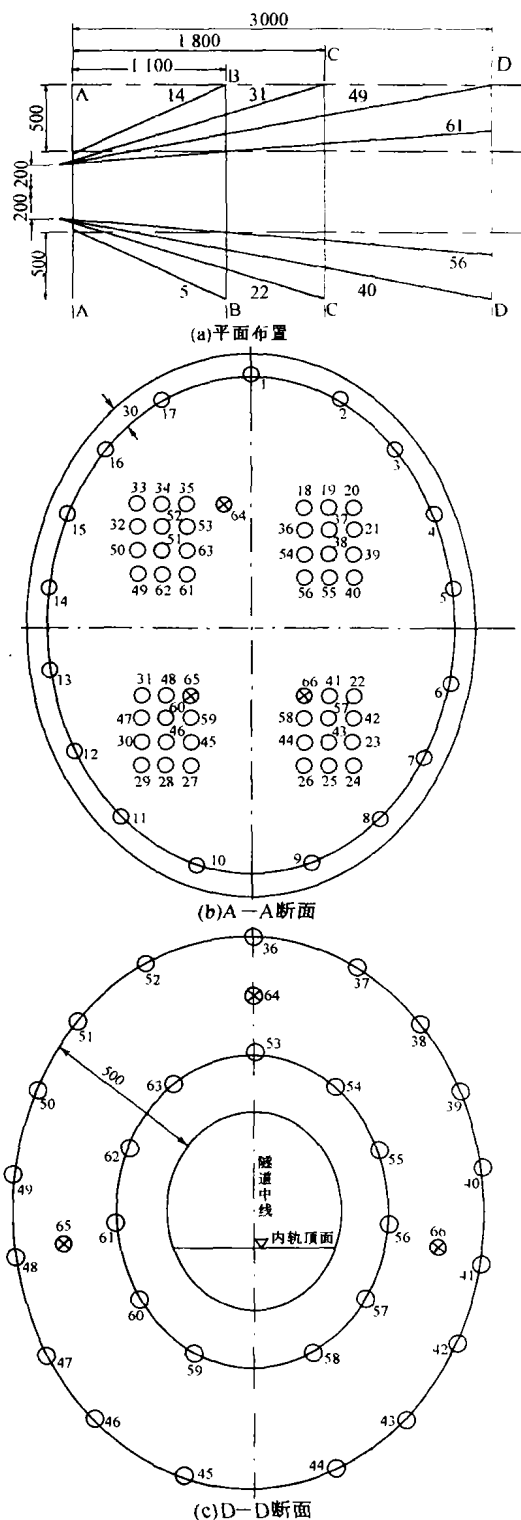


图 1 圆梁山隧道预注浆钻孔的典型布置

3.4.2 钻孔和注浆

a. 钻孔注浆设备. 钻孔设备为凿岩台车和水平钻机, 采用 M120-C 凿岩台车钻短孔, 用水平钻机钻长孔. 注浆设备为 HFV-5D 双液差动定压手动变量注浆泵, 搅拌机为双层圆筒式.

b. 钻孔和注浆施工程序. 注浆孔的开孔直径不小于 90mm, 终孔直径不小于 65 mm. 钻孔和注浆的顺序为: 由外圈向内圈依次进行, 同一圈孔则间隔施工. 钻孔时遇涌水或因地层破碎卡钻时, 应停止钻进, 进行注浆, 然后扫孔再钻进、注浆.

除涌水量很大的注浆孔外, 一般注浆孔应先进行压水试验, 并据此修正注浆参数后再注浆. 按预注浆范围 5.0m 或 8.0m 注浆完毕后, 还需在开挖轮廓线外超前预注 40 cm 厚的化学浆液, 以加强阻水效果.

3.4.3 注浆结束标准

在注浆过程中, 注浆压力逐步升高, 当达到设计终压值时, 再继续注浆 10 min 或以上即可结束. 单孔注浆量与设计注浆量大致相同, 注浆结束时的进浆量一般在 20 ~ 30 L/min 以下.

(上接第 39 页)

可见, 输送清水时的稳定入渗量 Q_3 和淤积试验时的入渗量 Q_4 是总入渗量 Q 最主要的两部分, 占总入渗量的 90% 以上, 同时入渗时间也最长. 由这两部分求出的单位时间入渗量可作为单井入渗能力的代表值, 表示经过沉淀澄清后的入渗水及行洪时混浊水直接入渗时的量值.

经计算 2 眼深渗井在干扰情况下的单井入渗量平均为 430 m³/d (清水时) 和 404 m³/d (混浊水时), 在实际行洪时 300 眼深渗井的入渗量可达到 12.1 万 m³/d, 若全年行洪按 90 d 计, 则全年入渗量为 1089 万 m³, 效果显著.

补源工程分布面广量多, 受水文、地质、气象等条件影响较大, 与包气带岩层的渗透性能、含水层的物理性质、地表径流量、有效补给入渗时间等因素有着密切的关系. 本次试验在认识黄水河基本条件的基础上, 考虑了地表水体的静水压力、水的泥沙含量、单井的有效入渗面积、含水层的渗透能力、地下水的水力传导能力等主要因素, 并将其概化为简单模型, 求得的渗井补源的入渗量, 具有较广泛的代表性. 经对 2000 年和 2001 年 2 年行洪时入渗补源观测, 表明试验结果与实际情况基本相符. 所以试验单井入渗量可以代表深渗井补源在行洪时地表径流相对稳定条件下的单井入渗能力.

7 结 语

黄水河深渗井补源试验获得了大量观测资料,

3.4.4 注浆效果评定

在每一预注浆段设 3 个检查孔, 用来对注浆效果进行检查评定. 预注浆效果评定的项目为: ①严重破碎带的透水率应小于 0.2 Lu, 且任一处的漏水量小于 10 L/min; ②一般地段的透水率应小于 0.4 Lu, 且任一处的漏水量小于 10 L/min, 或进行压水检查时, 在 1.0 MPa 压力下, 进水量小于 2 L/min; ③由检查孔采取岩芯, 观察预注浆充填情况, 并测试检查孔的静水压力, 其压力值应小于 2 MPa.

4 结 语

圆梁山铁路隧道具有施工路线长、地质情况复杂等特点, 其预注浆方案能否顺利实施将关系整个工程的成败. 该工程自 2001 年 1 月开工以来, 各项施工基本按设计正常进行. 到 2002 年 9 月底, 已完成预注浆施工近 3 000 m. 经过预注浆处理的高承压水洞身段, 日涌水量已降至 200 ~ 300 m³, 静水压力也降至 1 MPa 以下, 实践证明该工程的预注浆设计是合理可行的. (收稿日期: 2002-01-22 编辑: 马敏峰)

取得了比较满意的试验效果. 但是, 深渗井的长期使用效果有待进一步观察, 补源入渗建筑物类型有待进一步优化, 最有利的补给地段有待进一步研究, 以满足日益增长的水资源需求量.

参考文献:

[1] 山东省水利学校, 安徽水利电力学校. 地下水开发利用 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
[2] 天津大学. 水利工程地质 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1982. (收稿日期: 2001-11-20 编辑: 熊水斌)

·简讯·

我国装机在 100 万 kW 以上的电站和电厂

我国已建装机在 100 万 kW 以上的电站和电厂见表 1.

表 1 100 万 kW 以上电站和电厂分级情况

装机容量/万 kW	水电站/座	火电厂/座	核电站/座	合计/座
100 ~ 149	11	57	0	68
150 ~ 199	4	10	1	15
200 ~ 249	1	2	0	3
250 ~ 299	1	0	0	1
≥ 300	1	1	0	2
合计	18	70	1	89

目前我国最大的水电站是二滩水电站 (330 万 kW), 其次是葛洲坝水电站 (271.5 万 kW) 和广州抽水蓄能电站 (240 万 kW); 最大的火电厂是浙江的北仑电厂 (300 万 kW), 其次是山东的邹县电厂和河北的张家口电厂, 装机均为 240 万 kW; 最大的核电站是广东的大亚湾核电站, 装机 180 万 kW.

(吴葵高供稿)