第24卷 第1期 石家庄铁道大学学报(自然科学版) Vol. 24 No. 1
2011年3月 JOURNAL OF SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY (NATURAL SCIENCE) Mar. 2011

控制型防排水隧道渗流场数值分析

王 众

(铁道第三勘察设计院集团有限公司,天津 300251)

摘要:分析隧道开挖过程中采用地下水控制排放措施时,隧道周围渗流场的变化情况,得出不同注浆圈渗透系数和厚度时隧道开挖排水量的大小,以及隧道开挖排水造成的地下水位降深情况。通过分析得出注浆圈厚度和渗透系数存在最优值。研究结论对于富水隧道施工有一定的指导。

关键词:渗流场;控制排放;注浆圈;渗透系数

中图分类号:U451 **文献标识码**:A **文章编号**:2095-0373(2011)01-0006-04

0 引言

随着我国高速铁路及高等级公路向中西部山岭地区发展,越来越多的交通隧道修建在一些地质条件复杂的山岭地区,而且其中有一大部分是修建在以往被人们认为是隧道"禁区"的复杂地段修建。这些"禁区"一般都具有高山富水、岩溶较发育、高地应力、高地热、断层破碎带等方面的工程地质和水文地质特征。一直以来,地下水的危害是所有在建隧道和运营隧道都不能忽视的问题,为了减少地下水对隧道结构的危害,保证隧道修建和运营阶段主体结构的安全,我国山岭隧道防排水设计一般都按照"以排为主"的原则设计施工,而忽视了隧道建设对环境产生的负面影响。隧道建设若"以排为主"对环境将造成严重影响,不符合可持续发展战略对环境保护的要求,京广线大瑶山隧道、武隆隧道、襄渝线的中梁山隧道等工程实践均表明,若"以排为主"修建隧道,隧道将会出现不同程度的渗漏病害,隧道渗漏水导致衬砌开裂,道床翻浆冒泥,影响衬砌结构强度和行车安全,使隧道环境恶化;而在环境方面,由于隧道修建进行大量排水,造成了隧址区地表沉降、水土流失、岩溶塌陷、地表井水泉眼干枯、严重的造成生产生活工农业用水缺失、土壤沙化等一系列环境问题,严重影响当地居民的生产生活[1]。因此,在富水地区修建隧道应采取"以堵为主、防排结合"的控制型防排水原则。

1 控制型防排水体系

控制型隧道防排水原则是在采用围岩注浆来降低围岩裂隙水的出水量,利用包裹在衬砌外侧的防水板以及防水混凝土等堵水技术,将水堵在隧道外侧,然后通过在衬砌背后设置的纵向及环向盲沟,将聚集在衬砌背后的地下水导入隧道内侧排水沟内,进行适量排放,将作用在衬砌背后的水压力减少到可以承受的水平。同时,由于施工中采用了围岩注浆堵水措施,隧道的排水量也相应减少,保持了地下水位的基本稳定,避免对地下水环境的恶化[2-5]。

控制型防排水体系由围岩注浆圈、初期支护、防排水网络系统和抗水压衬砌结构四部分组成,如图1所示。控制型防排水体系各部分的主要功能为:①围岩注浆堵水圈:通过向围岩注入水泥浆液形成围岩注浆堵水圈,改变注浆圈内岩体的渗透性能,限制围岩排水量,实现控制排放目的。并且还能使破碎围岩得到加固,与初期支护共同作用保证施工期间的隧道围岩稳定,保证施工安全。②初期支护:稳定围岩,限制围岩发生过大过快变形,确保开挖后洞室稳定。③防排水网络系统:全包式防水板能阻止经过注浆堵水圈的渗透地下水经过衬砌渗入到隧道内,同时又通过衬砌背后排水盲沟将聚集在衬砌背后的渗漏水

收稿日期:2010-11-26

作者简介:王众 男 1984年出生 助理工程师

排到隧道排水沟内,减少地下水对衬砌的作用,保证结构安全。④抗水压衬砌:承受围岩压力和衬砌背后水压力,也能实现衬砌结构的自防水。

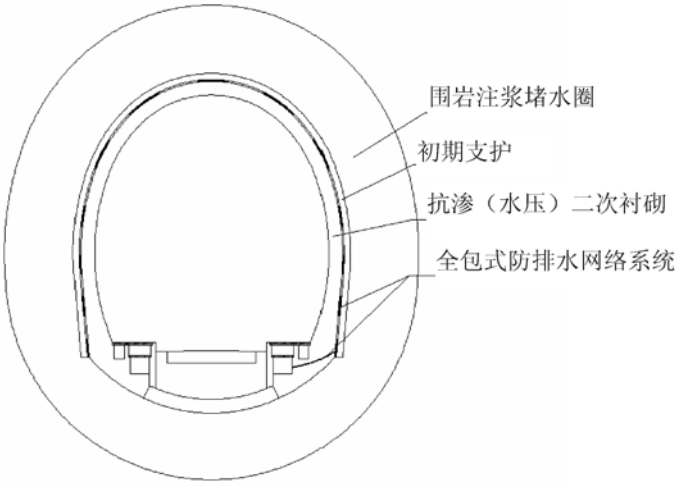

图 1　控制型防排水体系示意

2　渗流场数值分析

2.1　计算模型的建立及参数的选取

图 2 为关角隧道典型断面。采用 Midas-GTS 进行建模,建模时考虑隧道开挖半径和渗流场的影响,取宽度方向计算范围为 240 m,即左右线隧道两侧各取 100 m 计算宽度。隧道模型开挖最大断面按半径 5 m 的圆形断面进行计算。在隧道掘进方向上,由于每循环进尺为重复阶段,为了简化计算,不考虑后面开挖对前面的影响,取隧道施工循环进尺 5 m 为计算长度。模型示意图见图 3。

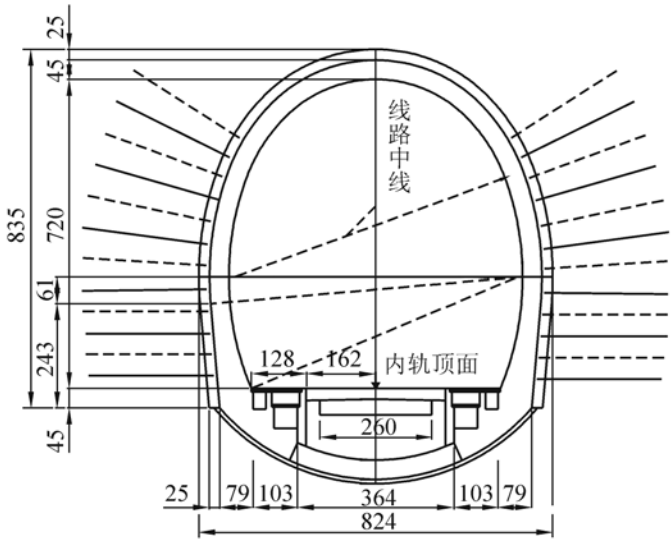

图 2　隧道结构典型断面(单位:cm)

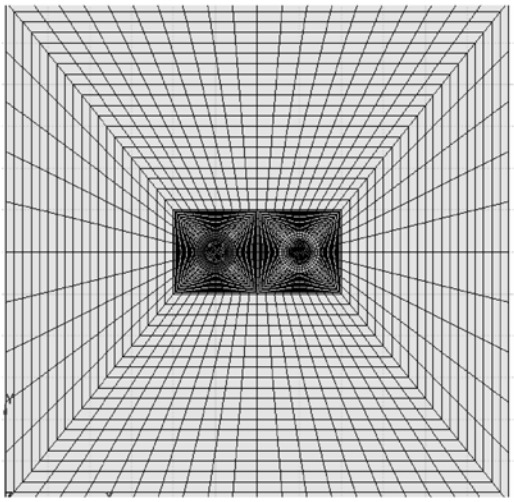

图 3　计算模型示意

计算区域地质钻孔号为 DSZ-8,其揭示的隧址区地质条件为:上部为第四系地层,下部为石炭系变质砂岩,局部为片岩。计算所用岩土参数取值参照《关角隧道初设工程地质勘查报告》中所提供数据,此外还参考《铁路隧道设计规范》中各级围岩物理力学指标的取值,并参照其他相似性质岩土材料的土工试验和岩石力学试验结果,具体参数取值见表 1。

表 1　数值模拟所用岩土参数

材料	弹性模量/GPa	泊松比	密度/(t·m^{-3})	粘聚力/MPa	摩擦角/(°)	渗流系数	抗拉强度/MPa	厚度/m
变质砂岩	6.0	0.3	2.71	14.7	44.9	0.002 2	7.93	
喷砼	23.0	0.2	2.2					0.23
注浆圈	25.0	0.25	3.0	15.0	50		10.0	

2.2　渗流边界设定

渗流边界条件设置为左右两侧边界设置为等水头边界,总水头为 240 m,模型底部边界设为不透水。隧道开挖过程中,开挖轮廓线处设置为排水边界,用来模拟隧道开挖排水,对隧道衬砌结构受力以及地下水渗流场的影响。

3 模拟结果分析

3.1 注浆圈参数与隧道开挖排水量之间的关系

图4给出了注浆圈渗透系数与隧道排水量之间的关系。图中n代表注浆圈渗透系数与围岩渗透系数之比。从图中可以看出,在不同注浆条件下,隧道排水量都具有随时间增加而逐渐减小的趋势。随着注浆圈渗透系数的减小,地下水渗流场达到稳定的时间也随之减少,当注浆圈渗透系数为围岩渗透系数1/10时,地下水渗流场在一年后基本达到稳定,注浆圈渗渗流场在3个月后基本达到稳定,隧道排水量变化趋于稳定。相同注浆层厚度下,随着注浆圈渗透系数的减小,隧道排水量明显减小。当注浆圈的渗透系数与围岩的渗透系数之比 时,降低注浆圈渗透系数对减小隧道排水量的作用已不再明显。

图5给出了注浆圈厚度与隧道排水量之间的关系。由图中曲线可以看出,增大注浆圈厚度对减小隧道排水量有显著作用,但当注浆圈厚度大于7 m时,增大注浆圈厚度的措施已不能有效减少隧道排水量,因此注浆圈的厚度存在一定的最优值,并不是一味增大注浆圈厚度就能很好的控制隧道涌水量,盲目的增大注浆圈厚度是不合理、不经济的。所以在实际设计和施工过程中,应当考虑注浆加固的技术水平合理的确定注浆圈的参数。

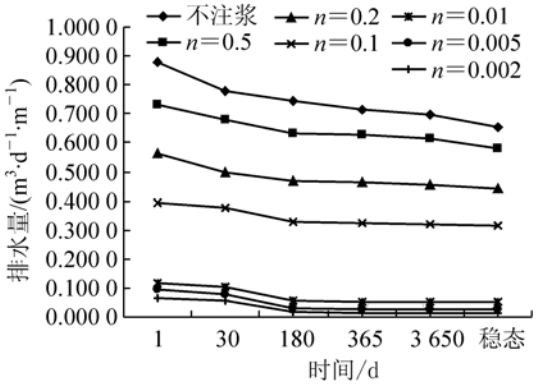

图4 注浆圈渗透系数与排水量关系

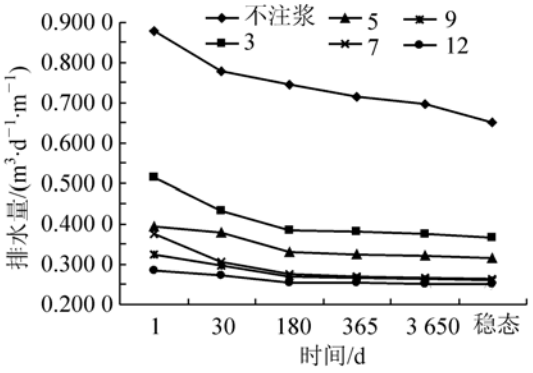

图5 注浆圈厚度与排水量关系

3.2 注浆圈参数与地下水位降深之间的关系

随着隧道开挖地下水排放,隧址区地下水水位不断下降。模型不考虑地表降水影响,地下水补给来源为左右两侧水头。采用不同注浆参数时,地下水位的降深情况如图6所示。

从图6中可以看出:(1)注浆圈的渗透系数减小,地下水位降深随之减小,注浆圈渗透系数为围岩注浆渗透系数的1/2时,地下水水位达到稳定后的降深可达几十米,随着注浆圈渗透系数的减小,如图6(d)所示,当注浆圈渗透系数为围岩渗透系数的1/100时,隧道开挖过程中地下水水位的降深在0.7~0.9 m之间,对环境影响较小;(2)注浆圈的渗透系数越小,隧道开挖后地下水的渗流场达到稳定的时间越短。如图6(a)所示,注浆圈渗透系数较大时,隧道开挖完十年后的渗流场与达到稳态的渗流场水位降深相比仍然相差很大。当注浆圈渗透系数减小到围岩渗透系数的1/100时,隧道开挖完后地下水位出现下降,但下降的幅度很小,在一年内地下水渗流场基本达到稳定,地下水位的降深不再发生明显变化,起到了保护地下水环境的作用。(3)注浆圈渗透系数与围岩渗透系数之比减小到1/100后,再减小注浆圈的渗透系数对地下水位的降深影响已经不再明显。

4 结论

(1)注浆圈能明显减小隧道开挖涌水量,随着注浆圈渗透系数的减小,隧道开挖涌水量越来越小。此外,注浆圈渗透系数一定时,增大注浆圈的厚度也可明显减小涌水量。当注浆圈的渗透系数与围岩的渗透系数之比 ,注浆圈厚度大于7 m时,降低注浆圈渗透系数以及增大注浆圈厚度的措施对隧道排水量的影响已不再明显,注浆参数存在一个合理值。

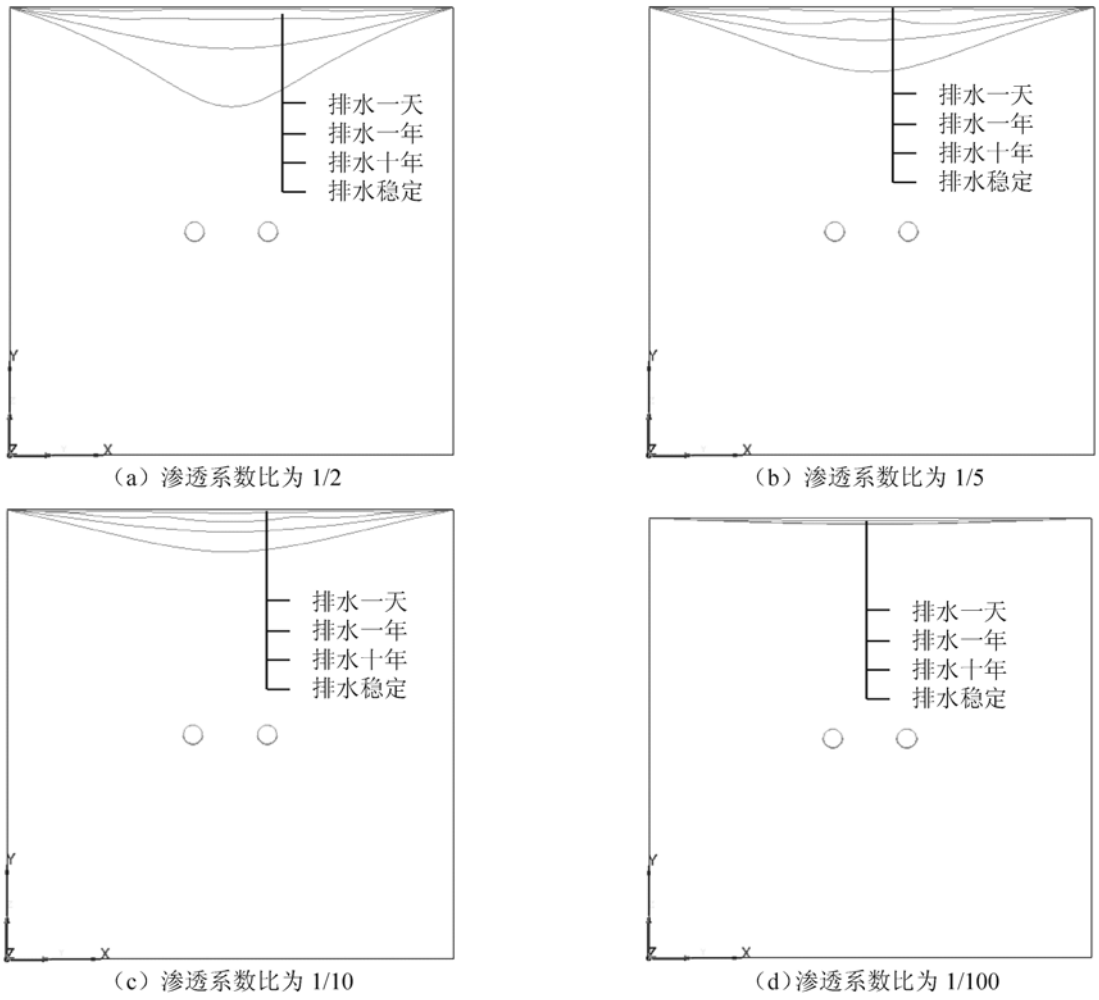

图 6　不同渗透系数比地下水位降深情况

(2)较高的注浆水平有助于减小地下水的排放量,也有助于减小地下水位的降深。当注浆圈渗透系数为围岩渗透系数的 1/100 时,隧道开挖后地下水水位的降低深度在 0.7 ~0.9 m 之间,对环境影响较小。注浆水平较高时,地下水位下降随时间的变化不大,起到了很好的堵水作用,保护了地下水环境。

参　考　文　献

[1]王石春,陈光宗. 隧道水文地质环境变化及其对生态环境的评估[J]. 世界隧道,1998(5):8-13.
[2]陶伟明. 以堵为主,限量排放隧道防排水原则的理论基础及其工程应用[J]. 铁道标准设计,2006(9):78-82 .
[3]王建宇. 隧道围岩渗流和衬砌水压力荷载[J]. 铁道建筑技术,2008(2):1-6.
[4]刘翠容,姚令侃. 隧道工程地下水处理与生态环境保护[J]. 铁道建筑,2005(3):24-27.
[5]丁浩,蒋树屏. 控制排放的隧道防排水技术研究[J]. 岩土工程学报,2007,29(9):1398-1403.

Seepage Field Analysis for Tunnel Excavation Based on Drainage Control

Wang Zhong

(The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation, Tianjin 300251, China)

Abstract: With analysis of seepage field changes of tunnel with technology of drainage control, water displacement and the deepening of ground water table can be known when the permeability coefficient and the thickness of grouting circle is different. There is an optimal value of the permeability coefficient and the thickness of grouting circle, which can be used to guide the construction of rich water tunnel.

Key words: seepage field; controlling drainage; grouting circle; permeability coefficient