

简易二重式袖阀管注浆法在良庆大桥 基坑施工中的应用

王维新¹ 邓年春² 夏宇² 李勇¹ 蒋大伟¹ 彭修宁²

(1 中铁十八局集团第二工程有限公司 河北唐山 063000 2 广西大学土木建筑工程学院 广西南宁 530004)

摘要:结合南宁市良庆大桥南北锚碇基坑工程的现场实际情况,针对传统袖阀管注浆法在岩溶发育地区止水帷幕施工中存在的问题,提出了简易二重式袖阀管注浆的工法。文中研究了简易二重式袖阀管注浆法的施工工艺和操作要点以及成效。该工法适用于临近江河、岩溶发育地区的深基坑工程开挖施工,可有效提升成孔注浆的效率,解决了裂隙发育地区因浆液随裂隙流失过快,造成单孔注浆量过大和难以注满的问题,达到理想的封水效果。它为岩溶发育地区深基坑止水问题提供了借鉴,具有重要的推广价值。

关键词:岩溶地区 深基坑 袖阀管注浆 止水帷幕

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2017.04.002

引言

基坑止水帷幕是用于阻止或减少基坑侧壁及基坑底地下水流入基坑而采取的连续止水帷幕,是工程主体外围止水系列的总称。常见的止水帷幕有高压旋喷桩、深层搅拌桩止水帷幕,旋喷桩止水帷幕。近年来出现了螺旋钻机素砼或压浆止水帷幕,像地下连续墙、钻孔咬合桩等形式的地下围护结构形式,由于自防水效果较好,有的都不需要再做止水帷幕。随着我国经济建设的不断发展和居住建筑需求的增大,临江、湖等地下水活动频繁地区的深基坑工程逐渐增多,建筑基坑向着“大、深”方向发展,深基坑围护施工技术面临的难题日显突出,特别是高水位地区基坑工程地下水控制的问题愈来愈重要。结合良庆大桥现场实际情况,在常规袖阀管注浆法基础上,文中提出了简易二重式袖阀管注浆法,并对其进行了详细研究。

1 工程概况

良庆大桥是一座单跨420m的地锚式叠合梁悬索桥,横跨邕江。它的锚碇基坑深度在36m~44m之间,且基坑距离邕江最近处不足百米。在锚碇开挖期间,基坑内地下水位随着邕江水位变化而变化,经观察研究,确定强风化硅质页岩裂隙、灰岩内岩溶发育,与邕江水存在贯通现象。采用深孔注浆加固,使节理裂隙填充,达到固结堵水的目的。注浆止水帷幕设置在二级平台上,设置

两排,间距1m,梅花形布置,注浆钻孔深入风化灰岩长度不小于1m,注浆过程中先对外侧一排注浆孔进行注浆,再对内侧注浆孔注浆,注浆孔注浆按跳孔间隔注浆的方式进行,以防串浆。

2 方案选定

经过多次的实验之后,发现在此种裂隙发育地区运用传统袖阀管注浆法存在一些问题:

(1) 使用袖阀管+纯水泥浆,由于裂隙与溶洞发育,注入纯水泥浆时浆液在短时间内无法凝固,导致浆液扩散半径很大,难以将裂隙全部填满,导致注浆量很大、注浆压力小;

(2) 使用袖阀管+化学液浆(水泥+水玻璃+速凝剂),配合比不易控制,水玻璃和速凝剂用量少时,浆液仍然无法在短时间内凝固;

(3) 增加水玻璃和速凝剂的用量之后,袖阀管的注浆内管因浆液凝固过快而无法移动。

针对以上袖阀管注浆法的不足之处,在此基础上提出了简易二重式袖阀管注浆法,并在此项目的基坑止水帷幕施工中进行应用。

3 工艺原理及特点

传统袖阀管注浆法是在浆液经过注浆泵加压后,通过连通管进入注浆管,聚集到袖阀管注浆管段,然后通过钻有直径为6mm的泄浆孔的PVC管(即袖阀管),在内压力的作用下,将包裹在PVC外的橡胶圈胀开和套壳料挤碎。当压力逐渐

增大到一定程度,被加压的浆液就会沿着地层结构产生充填、渗透、压密、劈裂流动,此时由于供浆量小于进入量,压力会自动回复到平衡状态,后续的浆液在压力作用下,使得劈裂裂缝不断向外延伸,浆液在土体中形成固结体,从而达到增加地层强度,降低地层渗透性的目的。逐次提升或降低注浆内管即可实现分段注浆,传统袖阀管注浆原理如图1所示。

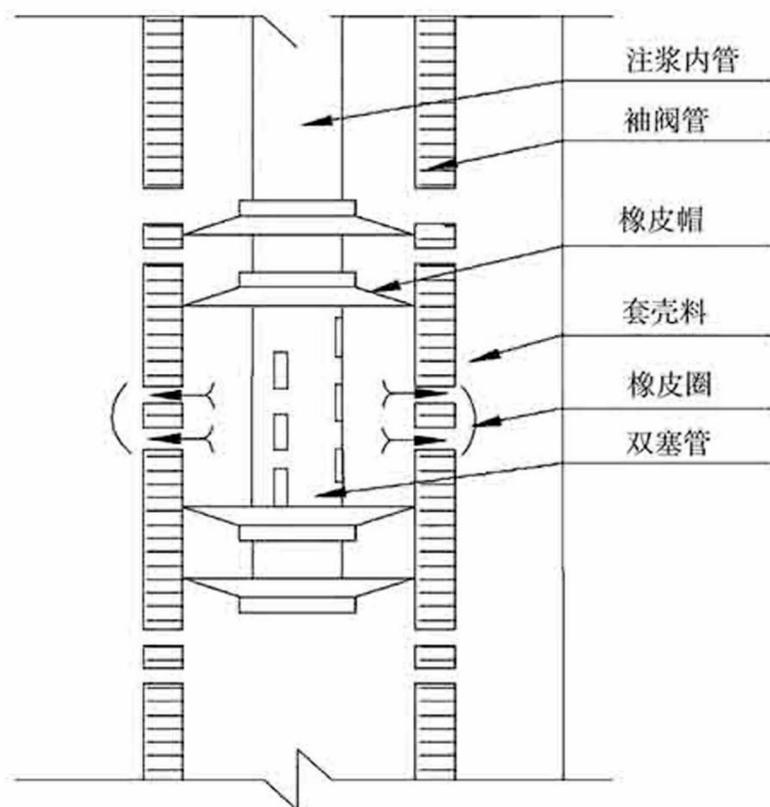


图1 传统袖阀管法注浆原理

本工程中,对传统的止水帷幕注浆工艺进行了改进。在纯水泥浆的基础上加入新型外加剂:水玻璃+速凝剂,并优化取消了注浆内管,另外增加一根长度不同的袖阀管,分次进行注浆,这样大大提升了岩溶发育地区止水施工质量,减少了水泥等材料的消耗,解决了:(1)浆液随裂隙流失过快,造成单孔注浆量过大,难以注满的问题;(2)注浆内管因加入水玻璃和速凝剂之后无法上下移动的问题。改进工艺方法称为简易二重式袖阀管注浆法,其工艺原理如图2所示。

3.1 工艺原理

止水帷幕直接影响止水投资与以后的基坑开挖,本方法是以帷幕注浆为主要控制点,采用0.6:1水泥浆+2%水玻璃+5%速凝剂的浆液,精

准地控制浆液初凝时间,避免浆液随裂隙流失过快,减少了水泥用量。

为控制注浆质量,采用简易二重式袖阀管二次注浆,成孔(深度为L)后加工袖阀管,第一根长度为(L-0.5),第二根为(L-12.5),将双管用胶布缠捆后放入孔中,封口后注浆机注浆:先注第一根袖阀管,等待1h左右再注第二根袖阀管,待压力达到2MPa,继续稳压注10min后停止注浆,避免难以注满的情况发生,保证浆液的有效扩散半径。

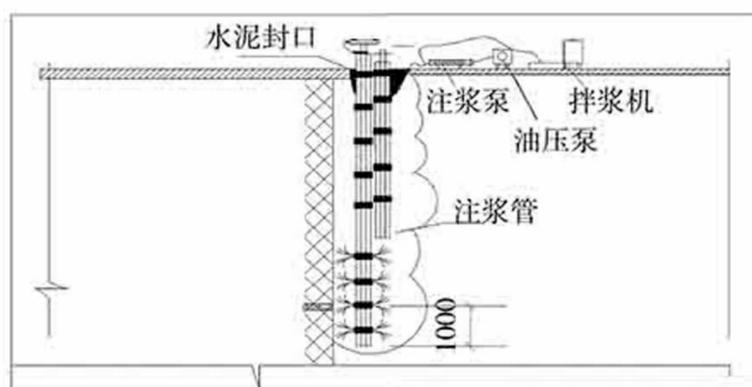


图2 简易二重式袖阀管注浆原理

3.2 工艺特点

本工法具有以下主要特点:

(1)施工前期由试验人员根据施工现场地质实际情况进行浆液配合比的确定,避免了理论或经验配合比在施工中带来的偏差,这样既节约了水泥等材料的过度消耗,也极大的保证了浆液的有效扩散半径;

(2)适用于复杂地质、地层,尤其是临近江河、岩溶发育地区的深基坑开挖施工;

(3)施工速度快,工艺确定后可进行批量施工,工艺简单无需大型施工设备,受场地条件限制小,在条件允许的情况下,可以设置多个浆液搅拌区,分多条注浆线路,可以边施工钻孔边注浆,从而避免了“钻孔快、注浆慢”的短板效应,大大缩短施工时间,加快施工进度;

(4)工艺调整灵活,适合不同类型的裂隙土层深基坑开挖施工;

(5)本工法原理为填充节理裂隙从而达到固结堵水目的,深孔注浆时浆液在边坡土体中扩散,减小了土体的孔隙率,提升了土体的抗剪力、边坡的抗滑移能力,极大提高了深基坑的边

坡稳定性,在一定程度上为基坑开挖提供了安全保障。

4 施工工艺及操作要点

4.1 施工工艺流程

施工工艺流程图见图3所示。

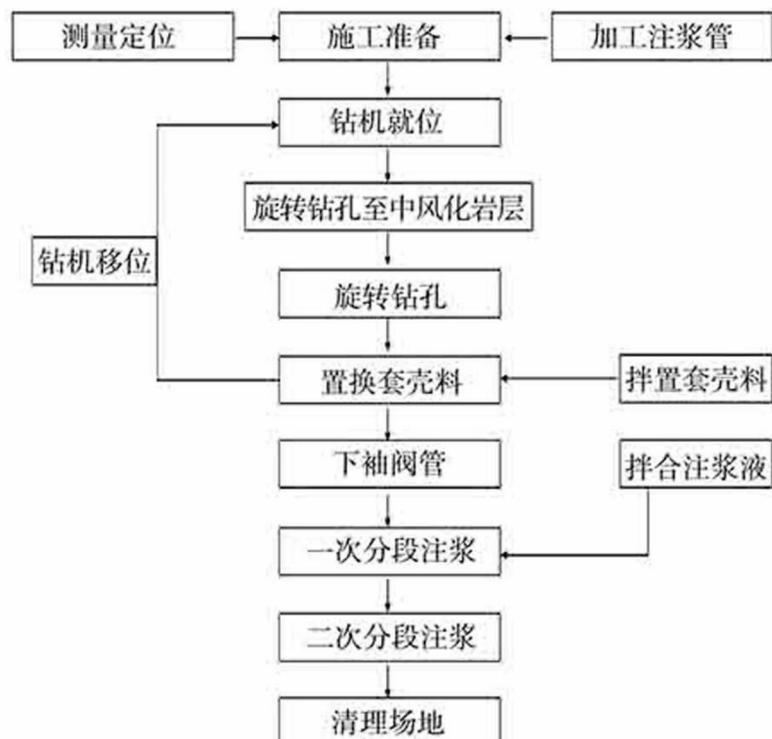


图3 止水帷幕施工工艺流程

4.2 止水帷幕注浆工艺设计

充分考虑施工现场地质情况,采用水钻进行试钻,根据钻孔水位的变化确定发育裂隙在垂直方向的具体分布情况,进而确定注浆管的分段数量,根据钻孔水位的下降速率调整注浆液的配合比。

4.3 施工设备及材料

- (1) 钻孔设备。选用YTA820型地质钻机。
- (2) 注浆设备。选用BW-160型单液泥浆泵,配套有制浆设备。
- (3) 水泥。选用复合硅酸盐水泥。
- (4) 水玻璃。
- (5) 速凝剂。
- (6) 套壳料。选用膨润土或黏土,水泥为复合硅酸盐水泥。

(7) 袖阀管。采用螺纹单向袖阀管,每节长333mm,内径39mm,外径57mm,由聚乙烯制造。

注浆管内壁光滑,外壁有纵向和环形加强筋以提高抗折强度,其两端为丝扣,方便连接。注

浆管上每节开有 $\phi 8\text{mm}$ 的6个溢浆孔(见图4所示),在有孔部位外面套有抗爆破压力为4.5MPa的橡胶套,橡胶圈覆盖着溢浆孔,注浆时利用压力使浆液通过溢浆孔进入地层,地层中的水和土石颗粒难以进入注浆管中,达到注浆管的单向阀作用。

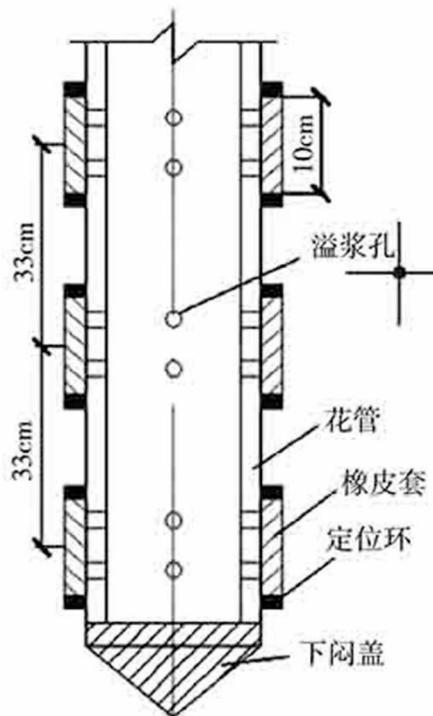


图4 袖阀管结构图

4.4 止水帷幕施工工艺流程

4.4.1 测量放样

根据设计要求绘制桩位布置图,使用全站仪测定孔位和地面高程,确定钻孔位置及深度。

4.4.2 钻机就位及成孔

根据锚碇基坑的地质情况复杂,塌孔情况严重,采取套管护壁法成孔。钻机选择宇通YTA820锚杆钻机作为止水帷幕钻孔设备,钻机型号MDL-135G,该钻机钻头直径 $\phi 170\text{mm}$,钻杆直径 $\phi 90\text{mm}$,该钻杆为中空结构,采用液压冲击形式进行钻进,在钻进过程及加装钻杆过程中,地下成孔部分不会塌孔,保证了止水帷幕的钻孔完整性。

4.4.3 注入套壳料

钻孔钻到设计深度后,向孔内注入套壳料。套壳料是用来封闭袖阀管与钻孔之间的环形空间,防止注浆时浆液到处流串;在橡皮袖阀和止浆塞的配合下,迫使浆液只在一个注浆段范围内开环(即挤破套壳料)而进入注浆段地层。套壳

采用水泥、膨润土（或黏土）和水的混合浆制成，比例为1:1.5:1.88，或采用水泥、粉煤灰、膨润土（或黏土）和水的混合浆制成，比例为1:0.5:1.3。套壳3d龄期抗压强度为0.3MPa，对防止浆液串冒有利，但不利于开环；低强度套壳有利于开环，也易使浆液往上串冒。因此，套壳强度必须兼备开环和防止串浆，可在现场试验配制确定具体比例。钻孔钻到设计深度后进行套壳灌注，利用钻杆将事先拌制好的套壳料压入到孔内。灌注时钻杆放置于孔底，通过泥浆泵将套壳料压入，直至孔内泥浆完全被套壳料置换完为止。

4.4.4 袖阀管的安装

为控制注浆质量，采用简易二重式袖阀管二次注浆，成孔（深度为L）后加工袖阀管，第一根长度为（L-0.5），第二根为（L-12.5）。

灌注套壳料后立即将双管用胶布缠捆后放入孔中底部，并尽量使袖阀管垂直并位于孔中央。袖阀管上口露出地面约30cm，安设时向管中注满清水，水的重力作用使袖阀管不会浮起，在袖阀管上部盖上盖，防止杂物进入，影响注浆作业质量。

4.4.5 封口

一般情况下，因为有套壳的止浆作用，故不需封口，若确实需要，则在孔口地面以下0.5m~1m范围采用速凝水泥砂浆封堵，防止注浆过程中冒浆。

4.4.6 拌合注浆液及注浆

浆液采用的配合比为：水灰比0.6:1，掺加2%水玻璃、5%速凝剂。

浆液配制及材料的计量方式：浆液采用搅拌桶进行拌合，水泥采用袋装水泥，水玻璃为桶装，速凝剂为袋装。拌和时按照每拌和桶500kg（10袋）水泥的比例进行拌和，每桶投放水泥10袋、速凝剂一袋（25kg）、水玻璃10kg，水泥、速凝剂计量方式采用按袋计量，水玻璃、水采用铁桶过磅称量计量（按照投放量在铁桶上做标记）。

浆液拌合：浆液在搅拌桶内拌合好之后放入搅拌池进行搅拌，注浆机吸管放置在搅拌池内。拌合时要确保拌合时间，保证浆液拌合均匀。材料必须严格按配合比进行拌合，不得随意更改。

注浆量过大需要调整外加剂的，需经现场技术人员同意。注浆时安排专人负责查看注浆泵压力表和出浆管出浆情况。

4.4.7 注浆

封口后注浆机注浆：先注第一根袖阀管，等待1h左右再注第二根袖阀管，待压力达到2MPa，继续稳压注10min后停止注浆，避免难以注满的情况发生，保证浆液的有效扩散半径。

注浆时先对外侧一排注浆孔进行注浆，再对内侧注浆孔注浆，注浆孔注浆按跳孔间隔注浆的方式进行，而且注浆时采用分段二次注浆，将第一根袖阀管注浆一段时间后，暂停后先注后续的注浆孔，待间隔约30min~60min后再回头对第二根袖阀管注浆，直至达到2MPa，继续稳压注10min后停止注浆。

5 效果分析

在南宁市良庆大桥南北锚碇基坑开挖工程中，采用简易二重式袖阀管注浆法的止水帷幕施工，相较于原设计采用的纯水泥浆单液注浆施工方法有以下几项优势：

（1）大大减少了水泥等材料的消耗，在良庆大桥的基础止水帷幕施工过程中共节省水泥约14000t，材料费用节省投资约490万元；

（2）简易二重式袖阀管注浆法的止水帷幕可进行批量施工，工艺简单无需大型施工设备，受场地条件限制小，在条件允许的前提下可设置多个浆液搅拌区，分多条注浆线路，可以边施工钻孔边注浆，大大缩短施工时间，加快了施工进度，工序转换顺利交叉进行，节约工期45d。南北锚碇临近邕江，基坑开挖过程中进行不间断抽水，工期节约间接使污水泵抽水电费节约15万元；

（3）简易二重式袖阀管注浆法在纯水泥浆的基础上掺加了新型外加剂（水玻璃+速凝剂），达到了非常理想的封水效果，实现了节能减排。

6 结语

良庆大桥南北锚碇邻近邕江，锚碇基坑深度在36m~44m之间且基坑距离邕江最近处不足百

米,地下水与邕江连通,土层内部含水量大,渗透性强,且岩溶较为发育,应用文中提出的双液分次分段注浆止水的简易二重式袖阀管注浆法的新型止水帷幕施工工艺,解决了岩溶发育地区深基坑止水的问题,达到了非常理想的封水效果,大大加快施工进度,为整个工程施工顺利进行提供有利的保证。该方法为以后同类项目施工积累了宝贵的施工经验,具有重要的推广价值。

参考文献

- [1] 滕扬. 袖阀管注浆在广州地铁岩溶处理中的应用[J]. 中国高新技术企业, 2008(13): 214-219.
- [2] 陈钦口, 张满江红, 叶强. 袖阀管注浆技术在某深基坑工程中的应用[J]. 施工技术, 2014(S1): 68-71.
- [3] 涂杰. 浅谈袖阀管注浆加固岩溶软弱地基施工技术[J]. 四川建材, 2014(4): 192-193, 195.
- [4] 邱兴友. 袖阀管注浆综合施工技术在隧道岩溶处理中的应用[J]. 科学之友, 2012(12): 4-6.
- [5] 丁宁华. 岩溶地区某地铁车站基坑溶(土)洞处理与分析[J]. 广东土木与建筑, 2011(1): 36-37, 29.
- [6] 秦凯. 袖阀管注浆技术在灰岩地层中的应用[J]. 中国煤田地质, 2005(2): 37-39.
- [7] 曾波. 袖阀管注浆施工在地铁车站坑底加固止水中的应用[J]. 门窗, 2016(3): 221-222.
- [8] 胡建冬. 袖阀管注浆法在市政道路采空区和溶洞路基处理中的应用[J]. 北方交通, 2016(4): 96-99.
- [9] 韩丽英, 高飞飞. 袖阀管注浆法套壳料的配合比实验及其对强度等因素的影响[J]. 科学之友, 2012(2): 71-72.
- [10] 刘山, 李峻鹏. 地表深孔袖阀管注浆技术在地铁中的应用[J]. 中华民居, 2014(1): 304.
- [11] 代聪, 宋鹏飞, 王爱华. 某深基坑工程止水帷幕透水渗漏的防治[J]. 青岛理工大学学报, 2010(1): 114-117.
- [12] 何永福, 朱进军, 张雨花. 深基坑止水帷幕的优化设计[J]. 常州工学院学报, 2008(S1): 114-117.

(上接第6页)

其中,桥梁博士3.0、桥梁博士4.0、桥梁设计师、方案设计师、中小桥管理系统、大桥健康监测系统为同豪10多年来的桥梁信息化研发成果,并且在桥梁工程实践中得到广泛应用。桥梁博士3.0和桥梁博士4.0计算分析系统中实现了桥梁结构分析及效应评估、方案优化及比选等智慧应用;桥梁设计师软件实现了桥梁的参数化建模和设计成果自动化制作等智慧应用;方案设计师系统作为一款综合型智能化桥梁设计BIM软件平台,实现了参数化建模与桥梁设计BIM模型、数字化的桥梁设计构件库、数字化的设计知识库、智能方案构思、方案的自动化智能设计、方案设计与结构分析及效应评估的一体化、设计成果的自动制作等桥梁规划设计阶段最具核心价值的几项智慧应用^[7]。

面向未来,同豪土木还规划了旨在特大桥梁CAE仿真分析和方案优化的数字化实验室、智慧施工管理系统、智慧运维管理系统等一系列软件系统,以期全面丰富桥梁全生命周期的智慧应用。同时,要更进一步将这些智慧应用建立在统一的底层基础设施平台和技术支撑平台上,从而形成桥梁建养一体化智慧应用协同平台^[3,8]。

4 结语

将移动互联网、物联网、云计算、大数据、BIM等新兴信息技术融合应用到桥梁全生命周期中,可以实现桥梁的智慧规划、智慧设计、智慧建造、智慧运维,充分发挥数据、信息、知识尤其是智慧在桥梁工程中的威力和价值,显著提高桥梁的生产效率、性能水平和建养一体化水平,推动中国桥梁信息化、智能化、工业化水平的提升。

参考文献

- [1] 中华人民共和国交通运输部. 第524次香山科学会议聚焦中国桥梁技术发展战略 [EB/OL]. (2015-05-11)[2016-09-04]. http://www.moc.gov.cn/sj/kejs/tupianxw_kjs/201505/t20150511_1815058.html.
- [2] 张喜刚, 刘高, 马军海等. 中国桥梁技术的现状与展望[J]. 科学通报, 2016(Z1): 415-425.
- [3] 潘永杰, 赵欣欣, 刘晓光. 智慧桥梁理念的探索[J]. 铁道建筑, 2016(1): 1-5.
- [4] 荆宁宁, 程俊瑜. 数据、信息、知识与智慧[J]. 情报科学, 2005(12): 1786-1790.
- [5] 阮雪飞, 凌桂香, 周宗泽. 桥梁工程设计的协同机制改进[J]. 公路交通技术, 2015(1): 62-65.
- [6] 穆祥纯. 建设智慧城市打造桥梁强国[J]. 特种结构, 2016(2): 111-116.
- [7] 韩厚正. BIM应用于桥梁设计的研究和实践[J]. 特种结构, 2016(2): 117-120.
- [8] 朱合华, 李晓军, 陈雪琴. 基础设施建养一体数字化技术(1) — 理论与方法[J]. 土木工程学报, 2015(4): 99-110, 123.