

文章编号:1007-2993(2010)05-0239-04

# 灌浆钻灌一体化工艺实践与探讨

吴旭幸 曾鹏九

(黄河设计公司地质勘探院,河南洛阳 471002)

**【摘要】** 历来灌浆是由两个不同的工序组合起来的,即成孔与灌浆,成孔由一套钻具完成,灌浆又是由另一套灌浆管系列完成,之间无相联关系。因此,在某些施工区域,可由钻机组与灌浆组分别完成。通过工艺改进后,可将成孔与灌浆改为一个工序,使灌浆质量与效率均能得到提高。介绍了钻灌一体化技术的原理、工艺流程及其工艺特点,并列举了工程实例。

**【关键词】** 钻灌一体化;孔口封闭;全断面钻进

**【中图分类号】** P 643.5

**【文献标识码】** B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2010.05.006

## The Technological Practice and Discussion on Integration of Drilling and Grouting

Wu Xuxin Zeng Pengjiu

(Geological Survey Institute of Huanghe Design Company, Louyang 471002 Henan, China)

**【Abstract】** Grouting is composed by two independent processes, pore-forming and grouting. Pore-forming is composed by a suit of drilling tool and pipe while grouting composed by injection pipes. In some construction areas both drilling team and grouting team had to bring into operated. Pore-forming and grouting combined into one process can improve both quality and efficiency of grouting after process improvement. The principle of drilling and grouting integration technology and its technological process and characteristics were introduced in this paper and also the engineering practice was illustrated.

**【Key words】** Integration of drilling and grouting; hole top plugged; Full-Face Boring

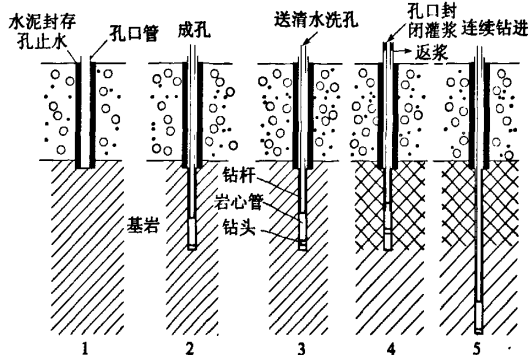
### 0 引言

灌浆技术是地基防参与加固施工极其重要的技术方法之一。它是利用一定压力且具有一定性能的浆液(包括水泥与化学的),通过钻孔注入到岩(土)体的节理、裂隙、孔隙及结构体的细微通道,使其物理力学性质得到改善,使地下水的流动受阻。灌浆方法有近 200 年的历史,在理论和施工方法上,已经构成了一个较完整的体系。但任何灌浆都是由两个不同的工序组成,即成孔工序与灌浆工序。大工区可以将这两个工序分成两个不同的施工小组来完成灌浆任务。这在孔壁不稳定的情况下,起钻即塌孔时,射浆管下不到孔底,影响到灌浆质量。如果进行钻灌一体化,就可有效地解决此问题;另一种情况是在地质情况已经已查明的工区,无需再对钻孔进行取芯时,也可进行钻灌一体化施工。此为灌浆施工工艺的一种创新。

### 1 钻灌一体化灌浆原理<sup>[1]</sup>

钻灌一体化成孔的钻杆、岩芯管、钻头等都是成孔工具,也是灌浆管路系统。因此,成孔过程必须采用全断面钻进,只有将岩芯全部粉碎,岩芯管内才有足

够的过浆断面。钻头回次长度达到一个灌浆段长度后,钻头只需少许提离孔底,原地即时进行洗孔、简易压水与灌浆,无需担心孔壁不稳定。完成一个灌浆段的灌浆后,只要钻头完好,即可连续进行下一个灌浆段的成孔(见图 1)。只有在钻头损坏不再进尺时,或时效显著下降时,才需起钻,进行钻头更换。



1. 安设孔口管; 2. 钻进第一个灌浆段;
3. 第一个灌浆段孔; 4. 灌浆;
5. 进行第二段钻孔

图 1 灌浆钻灌一体化原理图

## 2 一体化施工工艺

### 2.1 孔口管的埋设

孔口管的安设是钻灌一体化的基础,因为每次灌浆孔口封闭器都是安装在孔口管上。因此,孔口管必须与覆盖层严密地隔离,不但要有固结强度,而且不得与地层有相互渗漏。所以,开孔直径要略大,如果灌浆是 $\phi 59$  mm的孔径,则开孔应在 $\geq 130$  mm以上,下入 $\phi 73$  mm孔口管,使环状间隙有足够厚度的水泥封固层。

### 2.2 全断面钻头的选择

钻头的选择要依据地层的岩性而定,如果岩石较为坚硬,可采用金刚石全断面钻头,否则,可采用牙轮钻头或金刚石复合片全断面钻头,复合片的切削齿设计必须保证全断面均能克取到岩石,钻头冲洗液底孔过水断面应 $\geq$ 钻杆(即过浆管)接头过浆断面。尽量减少浆流阻力。复合片突出钻头体外径部分,应加工成 $\leq 45^\circ$ 的斜角。

全断面钻头的克岩面积较大,从成孔效率上考虑,钻头的规格不宜选用过大,一般应在 $\phi 59$  mm以下。

### 2.3 灌浆孔段的全断面钻进工艺

钻灌一体化的全断面钻进工艺特点:要适当加大钻压,以 $\phi 59$  mm全断面钻头钻进为例,其钻压可加到700~800 kN,比普通双管提高10%~20%;由于全断面钻进克岩面积增大,岩粉较多,冲洗液量也比普通双管适当增加。

### 2.4 洗孔

完成一个灌浆段长后,即可停止钻进,进行洗孔。洗孔前钻头提离孔底15~20 cm。回水无肉眼能见颗粒即可。

### 2.5 安装孔口封闭器

洗孔后即安装孔口封存闭器(见图2),直接安装在孔口管上,用橡胶垫压紧进行封闭,封闭器上设有三通可进行循环式灌浆。三通上安装阀门,可调节灌浆压力,也可进行纯压式灌浆。

### 2.6 灌浆

灌浆施工中钻杆即是射浆管,需将钻头提离孔底0.5 m。整个灌浆过程,为避免射浆管的固结,可根据浆液浓度的大小,以及地层吸浆量的大小,利用钻机对射浆管(即钻杆)进行低速旋转;或利用卡盘与油缸对射浆管进行上下提动。除极特殊情况,一般射浆管不会被水泥浆固结,非常有效。

### 2.7 继续钻进造孔

灌浆结束后,只需停止压入灌浆液,将灌浆液改

为钻进冲洗液,即可立即继续钻进下一个灌浆段成孔,而无需提钻。

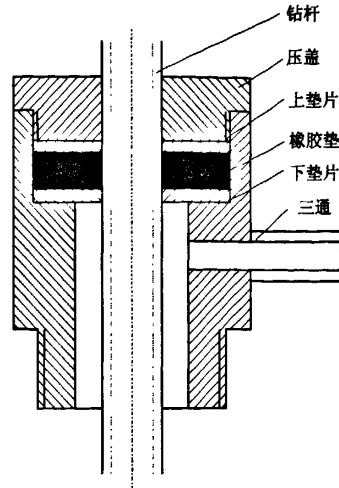


图2 灌浆孔口封闭器

## 3 钻灌一体化灌浆技术的应用

### 3.1 小浪底灌浆工程中的应用

小浪底水利枢纽经过2003年秋高水位运行后,地下厂房渗水量较大。为了有效控制渗漏总量,确保长期运行安全,需要对水利枢纽左岸副坝体进行进一步防渗补灌。采用帷幕灌浆,将坝体主帷幕与3号灌浆洞帷幕体相连,形成左岸山体密闭幕体,灌浆设计最大深度为161 m。

#### 3.1.1 工程地质概况

灌浆区覆盖层平均厚度为10 m左右(含有人工回填层),基岩层为三叠系下统刘家沟组,灌浆孔依次穿越岩组为: $T_3^{s3}$ 、 $T_3^{s2}$ 、 $T_3^{s1}$ 、 $T_1$ 、 $T_1^1$ 。

$T_3^{s3}$ 岩层以紫红色中厚层、厚层钙质、钙泥质胶结的细砂岩、粉细砂岩为主,夹粉沙质粘土岩薄层,层中软岩含量约占30%。

$T_3^{s2}$ 岩组以紫红色巨厚层硅质细砂岩为主,夹薄层粉砂岩及粉沙质粘土岩,层厚22.0~23.4 m。

$T_3^{s1}$ 岩组为紫红色中厚层状硅质细砂岩与钙泥质粉砂岩或粉沙质粘土岩互层,软层含量达25%,层厚8.4~10.4 m。

$T_1$ 岩组为厚层、巨厚层状硅质、钙硅质胶结的石英细砂岩,含少量钙质细砂岩,夹薄层泥质粉砂岩或粉沙质泥岩。岩层较完整,总厚度58~66 m。

$T_1^1$ 岩组以紫红色厚层、巨厚层状泥钙质、钙泥质粉砂岩为主,夹厚层、中厚层钙质、硅钙质细砂岩,岩性较软。

施工区内基岩大多比较完整,以中硬—坚硬、岩

研磨性弱的岩石为主,岩石可钻性Ⅵ—Ⅹ级。

### 3.1.2 灌浆孔的布置

帷幕灌浆孔分上下两排布置,排距为2.0 m,梅花形布置,分3序施工,Ⅰ序孔要求取芯,以钻灌分离的方法进行施工。Ⅱ序孔,Ⅲ序孔不取芯,以钻灌一体化进行施工。

### 3.1.3 钻孔冲洗与简易压水

灌浆孔灌前均进行钻孔冲洗、简易压水试验。其压力为1.0 MPa,压水20 min,每5 min观测一次流量,取最终值为计算值。

### 3.1.4 灌浆技术要求

灌浆方法:孔口封闭孔内循环式自上而下分段灌浆方法。

灌段长与压力:灌浆段第1段2 m,第2段3 m,以下均为5 m。灌浆压力第1段为1 MPa,第2段为1.5 MPa,以下均为3 MPa。

灌浆结束标准:在规定压力下,注入量不大于1 L/min,继续灌注60 min,(地下水位以下)和30 min(地下水位以上),且在设计压力下的灌注时间不小于120 min。

### 3.1.5 钻灌一体化的质量控制

要严格控制浆液材料质量的可靠性,浆液性能一定要符合技术要求。

孔口管的埋设要牢固、密封性好。

对金刚石复合片钻头进行编号,并有如实的进尺记录,以便作出数理统计,从优选钻头技术指标。

当吃浆量小于2 L/min后,射浆管即以钻机最低速进行旋转,当吃浆量为1 L/min时,应每隔一秒钟,用钻机给进油缸上下提动射浆管5~8次,保证灌浆的连续性,防止射浆管固结。万一中断而停灌时,不可超过规范的要求,而且在停灌时间内,要不断地旋转并提动射浆管,以保证恢复灌浆时的连续性。

### 3.1.6 应用效果与灌浆质量

小浪底左岸副坝防渗补强灌浆工程和2005年小浪底3号灌浆洞补强灌浆工程灌浆采用钻灌一体化新工艺完成灌浆量9256延米,未发生一次固管事故,平均台日效率为11.4 m,是常规钻灌工艺的1.62倍。三序孔平均台日钻灌效率最高可达15~20 m,节约工期20余天完成合同工程量。所施工的四单元均被评为优良工程。

### 3.2 重庆小南海水库灌浆工程中的应用

重庆小南海水库为綦江河流上的一座天然水

库,水库是由于咸丰地震引起山崩而堵塞河流形成的。控制流域面积98.8 km<sup>2</sup>,相应库容70783 m<sup>3</sup>,有效库容29303 m<sup>3</sup>。

水库坝体是地震堆积物,密实度差,渗漏严重,为提高天然坝体的防渗性能,减少水库渗漏,确保坝体安全,决定采用帷幕灌浆进行防渗整治。

天然坝体顶部宽200~300 m,长1800 m,平均厚50~80 m。堆积物主要为页岩及粉砂质页岩的碎石加孤石,堆积物下部孤石量少,但较上部密实。基岩为灰绿色页岩,地质剖面见图3,坝体帷幕设计为封闭式帷幕,深入完整灰绿色页岩1 m。帷幕灌浆孔设置三排,梅花形布孔,排距1.5 m,孔距3.0 m,分三序施工。



图3 小南海水库地震堆积

灌浆钻孔采用硬质合金钻进、金刚石钻进,泥浆护壁。

灌浆施工中经常出现冒浆、漏浆、串浆的现象,但最大的问题还是出现在,成孔过程中,经常出现孔壁坍塌、抱钻,孔壁掉块等造成孔内事故,特别是松散、架空地层结构,漏浆严重,护壁泥浆不能上返孔口,硬质合金与金刚石小口径成孔间隙很小,岩渣排除不良,过多岩屑沉积孔底段,加快了岩芯管的磨损,导致岩芯管脱落。

针对大漏浆的现象,采用投碎石、投砂、灌水泥浆;针对严重塌孔现象,采用大比重、高粘度泥浆;针对冒浆、漏浆、串浆的现象,采用封堵、低压、浓浆、间歇灌浆等措施。但由于从钻到灌要多次起下钻,故频繁出现孔壁坍塌,成孔效率低,灌浆时间长,尤其是低压浓浆液,固管事故频繁发生。如果实现钻灌一体化,成孔后不提钻,接着连续灌浆,钻杆作为射浆管,并不停地连续旋转与定时的将射浆管上下提动,使塌孔、焊管(固结射浆管)等孔内事故得到有效遏制,灌浆施工效率大大提高。

重庆小南海灌浆工程中的第十、第十一单元灌

浆,是最具挑战性的灌浆地段。地层结构极其复杂,凸透镜体松散沙层呈不规则分布,碎石与孤石形成毫无规律的架空地层结构。在灌浆成孔过程,经常出现提钻就塌孔,下钻不到原孔底。更有甚者出现钻孔越钻越浅,多次处理无效,不得不多次移动灌浆孔位置。

改用的钻灌一体化后,取得了很大的成效。

### 3.2.1 钻灌一体化冲洗液性能选择

灌浆钻孔中,地层原始应力发生变化,地层应力失衡,是造成孔壁不稳定而形成坍塌或掉块的根本原因所在。为了解决这一关键问题,我们选择了水灰质量比为2:1的水泥粘土浆液作为钻进冲洗液,该浆液技术指标:比重 $1.29\text{ g/cm}^3$ ,粘度 $\leq 40\text{ S}$ ,失水量 $\leq 2\%$ 。较原来粘土冲洗液护壁效果更好,携粉能力增强,减少了塌孔事故。同时有预灌作用。

### 3.2.2 透镜体松散砂层钻灌一体化灌浆工艺

在透镜体松散沙层灌浆,此地层特点是吃水不吃浆,再加上灌浆浆液在压力作用下,极易失水,加剧了灌浆浆液性能变化,浆液变浓后,与钻孔孔壁的沙粒包裹,造成固管(焊管)事故。

对透镜体松散沙层灌浆特性,采取了两项技术措施:

a. 使用孔口旋升封闭器。一是能让注浆管在灌浆过程中灵活地旋转与升降;二是在灌浆过程中浆液进行全孔循环。

b. 在浆液中加入0.8%的钠土和减水剂,提高浆液的稳定性和流动性,缓解浆液在压力作用下失水变浓态势,利用劈裂、挤密的原理使浆液进入松散沙层,改变松散沙层的物理力学性质。

### 3.2.3 应用效果及灌浆质量

采用钻灌一体化新工艺,在3600延米灌浆施工中,没有发生过一次严重焊管而移动孔位,孔内事故率大幅度降低,灌浆效率由原来的平均每台日3m提高到6.2m,提前完成灌浆任务。

灌浆成果:下游排、上游排、中间排平均单耗依次为613、539、338 kg/m;下游排I、II、III序孔平均

单耗依次为800、719、437 kg/m;上游排I、II、III序孔平均单耗依次为562、451、351 kg/m;中间排I、II、III序孔平均单耗依次为423、371、267 kg/m。从排间和序间来看平均单耗均递减明显,符合灌浆规律。检查孔静水头压水试验透水吕荣值均小于8Lu防渗标准,灌浆质量满足设计要求。

## 4 钻灌一体化的性能比较

1) 钻灌一体化连续作业,优化了工序,辅助工作时间缩短,有效地提高了灌浆效率。

2) 免除多次起下钻,劳动强度大大降低。

3) 孔径为 $\phi 59\text{ mm}$ ,钻杆为 $\phi 50\text{ mm}$ 。孔壁间隙4.5mm。接近于满眼钻进,灌浆时不提钻,不稳定地层不会坍塌,减少了孔内故障发生的机率。

4) 保证了不稳定地层的灌浆连续施工,钻灌间断时间短,基本上消除了固管等事故。

5) 全断面钻进,材料消耗少,施工成本低。

6) 适用性广,可用于覆盖层灌浆,也可用于基岩灌浆。

## 5 结论

钻灌一体化灌浆技术是把孔口封密灌浆法与全断面钻进技术巧妙地结合在一起,在工序优化的基础上创新发展而来的一套完整的施工工艺,其应用效果与传统灌浆工艺相比,有比较明显的优势。

从经济角度来看,钻孔与灌浆平均施工效率均高于传统灌浆施工工艺,施工进度快,而且全断面钻进可节省材料消耗,施工成本低,工程效益好。

小浪底中得以应用并迅速推广,推广面积累计约50000余米。有关资料显示,在2004年四川冷勒电站深厚覆盖层灌浆施工中也有类似应用。当然它还是一种新工艺,希望能得到大家的研讨与与实践。

## 参考文献

- [1] 曹雪然. 钻灌一体化灌浆工艺的研究与应用[J]. 黄河规范设计, 2010(1): 18-19.

收稿日期: 2010-04-12