

# 复杂砂砾石层坝基帷幕灌浆中特殊地层处理措施

罗应

重庆市建筑科学研究院有限公司

DOI:10.12238/jpm.v3i9.5293

**[摘要]** 砂砾岩层在中国分布广阔,为水利水电施工中出现的最复杂岩层。帷幕灌浆工艺技术,作为坝基处理常规和关键的工程技术措施,在砾石坝基垂直屋顶渗漏处理中获得了较普遍地运用。帷幕混凝土砂浆中,常常出现的沙窝层、碎岩层、过筛细地层、大漏浆段、架空层等砂砾石特殊土壤地层的结构特征与困难问题和解决措施作出了体系的分类总结,对在次生沙砾石围堰防渗工程封堵中,广泛应用快速石膏浆工艺技术、可控注浆成型技术和麻袋混凝土砂浆工艺技术等加以了介绍。

**[关键词]** 砂砾石层; 帷幕砂浆; 特殊岩层; 解决措施

中图分类号: TD325 文献标识码: A

## Special stratum treatment measures in the curtain grouting of complex sand and gravel layer dam foundation

Ying Luo

Chongqing Building Science Research Institute Co., LTD

**[Abstract]** The conglomerate layer is widely distributed in China, which is the most complex rock layer in water conservancy and hydropower construction. Curtain grouting process technology, as a routine and key engineering and technical measure of dam foundation treatment, has been widely used in the vertical roof leakage treatment of gravel dam foundation. Curtain concrete mortar, often appear sand layer, rock layer, sieve fine strata, leakage slurry section, overhead layer gravel special soil formation structure characteristics and difficult problems and solutions to the classification of the system, the secondary gravel cofferdam seepage prevention engineering plugging, widely used in fast paste technology, grouting technology, controllable grouting molding technology and sack concrete mortar technology is introduced.

**[Key words]** gravel layer; curtain mortar; special rock layer; solutions

砂砾石层在中国分布范围甚广,是水利水电施工中经常出现的复杂岩层,由于其颗粒间胶结类性较差,通透性强,而且渗透层孔隙分布不均等的复杂特性,造成了易坍塌、渗漏水、管涌等各种对工程施工影响的问题。在砂砾石层地面上建设挡水建筑,对有关的地面屋顶渗漏问题都需要仔细认真,慎重处理。因此对地面线性渗流管理措施的优劣是确定挡水建筑是否安全,可靠进行的至关重要原因。在砂砾石岩层构造中,进行对混凝土或其他建筑材料的砂浆形成一道防渗幕,在砂砾石岩层构造上筑坝使用的一项垂直防渗措施。在砂砾石层地面上筑坝或进行防渗帷幕灌浆时,往往会出现沙窝、破碎岩层、过筛细土层、大漏浆段、架空层等特殊地层。上述特殊地层的帷幕灌浆处理措施也各有不同。

### 1 沙窝层帷幕灌浆

#### 1.1 沙窝层的特点与难点

沙窝,是指在天然坝体内弧、块岩间以及架空空洞内积存的

自然风化页岩碎片,是帷幕砂浆开挖、注浆成型与工程质量检验的关键点。在沙窝层注浆成型的最困难是它吃水不食浆,浆液在高水压影响下极易使水量变浓,与围岩砂粒相互包裹而絮凝,从而引发了铸管事故<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 处理对策

在实际的帷幕灌浆施工中,为了克服这一问题,通常可以采用下列二个方面的措施:首先,纳土和减水剂技术。在泥浆里添加适当量的纳土和减水剂,可以用来增强泥浆的稳定能力和流动性。为了实现这一功效,在沙窝管住的泥浆里加入了百分之零点的纳土和减水剂,来提高泥浆的性能。为了减缓泥浆在高水压作用下失水变浓,运用穿透、挤密的机理使泥浆在高于岩层结构临界压力的情形下,穿透沙窝层并进入泥浆,再通过多次穿透和挤密的效应,使围岩中形成了胶状结构,从而增强围岩的结合强度,以实现防渗功效。第二,旋转式封闭器。在施工中使用孔口旋转式封闭器。它的主要优点是在整个灌浆过程中可以不

间断注浆的成形过程,同时使射浆管可以在孔口升高、降低注浆成形压力的情形下,灵活回转和起落。孔中封闭器利用射浆管的旋升功能,有效打破了泥浆的絮凝结构,因而有效解决了沙窝层灌浆时产生的铸管事件。

## 2 碎石层帷幕灌浆

### 2.1 碎石层的特点与难点

地震崩塌自然堆积水库渗漏多为碎岩构成,比如重庆小南海天然水库渗漏大多由地震破碎堆积的页岩和粉砂质页岩等碎块夹孤岩构成,但垂走向则具有较鲜明的差异性。上层孤石浓度较大,碎石颗粒大,内部构造松散,并具有架空层,而底部孤石浓度较小,但碎石颗粒小,内部构造比上层紧密。碎石层灌浆的技术难点是渗浆、不起压,由于浇灌的持续时间长,吃浆量大,且泥浆传播较远,重复浇灌很难完成,对人力、物力、材料的耗费都很大。分析其成因为通道过大且长,黏土水泥浆强度上升过缓等,有实验资料表明:三比一的水泥黏土浆液初凝时间是九十二小时,而灌浆设计压力却与其强度上升速度不相符等。

### 2.2 处理对策

降低边排通道的水泥灌浆压力,一般采用填充、挤密等方法,凡在钻孔中对已渗浆而未反浆的灌浆段,开灌时采用一比一水泥黏土砂浆加以浇注,但由于水泥的稳定性不好,且沉降速率较高,能迅速地把较大的孔隙填满,并适当增加了水泥浇注的深度,在回浆后,逐步降低含砂率,直到在注入速度15L/min以下时,即可停灌水泥,视情况使用二比一或一比一的水泥黏土砂浆,直至全部浇注完毕。最后可采用水泥或黏土砂浆补灌,主要目的在于避免因水泥或黏土砂浆与碎石中的水分离而产生缝隙,并进行适当填充挤密,以改善防渗效果。

## 3 冰碛层帷幕灌浆

### 3.1 冰碛层的特点与难点

构成覆盖层的冰碛层,通常岩性很复杂,构造疏松且极不平整,常夹有砂层透镜体,有架空线路现象和大洞构造,主要由漂岩、块岩、角砾岩和砂构成。在这些岩层开展的帷幕灌浆常出现塌孔、冒浆、渗漏,甚至不反浆等极大耗浆量现状。

### 3.2 处理对策

第一,架空的打孔段。钻孔中出现架空且长时间护墙泥浆流失现象时,应立即中止钻孔及提钻,并按照架空线路段高度投放碎岩,对碎石材料的投放量应进行正确估算,然后通过压塞注浆法成型。

第二,塌孔段。钻孔中出现塌孔的孔段,首先止钻,随即改用黏度和比重均较大的水泥护壁钻孔,并调节钻孔速率。如果仍无法持续钻孔,则可灌注这个段,待水凝后扫孔继续钻进。

第三,高渗浆和不返浆的阶段。在大漏浆阶段优先采取浓浆、低温、限流、限量、间歇注浆成型的方式;在砂浆灌注水量已至1500-2000L时,但仍不能回浆或无法升压时,采取任其自流方法向孔内灌注水泥或黏土浆液,在对连续灌注不满的前提下,则继续向孔内任其自流混凝土砂浆,随后用压塞灌注水泥黏土浆液或水泥砂浆,直到完成。当砂浆灌注仍无法完成时,则

改用掺入水玻璃灌注直到不进浆液中为止。

## 4 卵石层帷幕灌浆

在新疆下坂地的大坝地基注浆成型后在115-142m处为细卵石地层,一般石子粒径为3-5cm,在钻孔过程中细碎的石子无法直接由岩芯管引出,在空地上反复钻孔,进尺速度较慢,而在孔深138-142m处易卡钻、埋钻,导致再往上提钻不易,处理耗工费时。通过探索,我们采取了压缩灌浆段长的施工技术来实施。灌浆段长从五米左右压缩到1-3米左右,钻进后出现洞中事故的次数大幅下降,处理效果也相当好<sup>[2]</sup>。

## 5 灌浆抱管现象

对于较复杂多变的深厚砂砾或碎石岩层开展帷幕灌浆实施时,极易产生抱管问题。主要成因为深岩石土层中多为细砂卵石,其注浆成型段所处部位较深,当泥浆在洞内高速流淌时,对洞室内形成了干扰、冲击,洞室内的细砂子成分逐步被泥浆冲洗掉,并大量流入泥浆中,随着注浆成型段持续增长,洞内循环泥浆中细砂子、粗砂粒和小卵石的成分逐渐增加,形成射浆管旋转障碍,产生抱管。按照下坂地帷幕灌浆试验的现场施工技术状况分析,在深层细砂或卵石岩层灌浆作业时,射浆管很难落于距孔段底面不超过五十公分处。这样,在实施时应依据注浆成型段的所处土壤岩层、孔深控制条件、钻入速率以及孔内返浆大小等状况,并结合有关的实践施工经验,选择合适的孔段深度和钻进深度,从而降低抱管问题的产生<sup>[3]</sup>。

## 6 次生砂砾石围堰基础

### 6.1 次生砂砾石围堰基础特点与难点

次生砂砾石的围堰基础一般构造成分都相当复杂,有富含大体积孤岩、小块岩的架空漏失岩层,也有可灌性较小的密实沙土地层,再加上通常具有超高流量的地下水或集中渗漏,一般导致常规的帷幕注浆方式很难奏效。

### 6.2 处理对策

#### 6.2.1 速凝膏浆技术

膏状浆液在对高孔隙地层、大流量地下水等的不利条件有着优异的适应性和可操控性;速凝水泥膏浆,主要应用于对一定开度的泄漏管道、大流量、高流速的渗漏地层的堵塞。膏状浆液灌浆也可以使用常规混凝土砂浆的孔位采用砂浆浇筑,因此钻孔并不要求特殊的机械装置,但是由于速凝水泥膏浆和一般混凝土结构在特性上有很大的不同,所以就必须要使用特殊的钢筋混凝土体系或者泵入体系进行速凝水泥膏浆浇筑。如中国国家水科院研发的M-100大容量高效率制浆机能够拌和黏度超过2.5Pa·s的膏浆,并有功效高、转矩大、寿命长、便于保养等优势。泵入控制系统则可利用混凝土泵、螺杆泵等设备完成膏浆浇筑。膏浆建筑施工技术参数通常是依据普通混凝土砂浆实施,采取自上而下、分期填压的灌注;膏浆的比例依据为水泥灌浆,通常分成四到六等级,并根据浆液的变化要求而逐层变浓;结束方法则通常可分成从孔口返浆或孔内有压二个结果方式<sup>[4]</sup>。

#### 6.2.2 沥青灌浆技术

沥青注浆成型是把加热为液体的高温沥青迅速灌入所需止

渗漏部位,然后高温的沥青和冷水在渗流隧道中交汇后,开始产生球状体,后逐渐凝聚并附着于漏水管道表面,由于沥青的不断灌入,使得沥青紧紧地附着于漏水管道中,从而堵住了水流的管道。混凝土灌浆的沥青在达到孔底时,依靠带有一定速度和流量的雨水进入较大的裂缝内,而无法进入微细裂缝,且已凝结的很大数量的混凝土在水头影响下存在变质的可能性。所以,混凝土砂浆可以达到短时间封堵大渗流通道效果,至于永久的小裂缝的防渗,则需要采用其他灌浆技术和物质加以解决,如混凝土、化学材料等。黄河公伯峡水力发电厂工程建设上游围堰在闭气过程中,由于其右岸端头部位渗水量大,因此在用水泥砂浆浇筑无法实现预期目的的情况下,最后通过了沥青砂浆,其防渗透效应显而易见。实践中证明,该围堰用的沥青砂浆具有工程量小、见效快、设施简易、投入量小、浇筑方式灵活多样等优势,在重大防渗工程中还可用作临时性防渗措施,为永久防渗工程的建设提出了安全保证,并获得相应的施工时间。

### 6.2.3 可控水泥灌浆技术

可控性水泥灌浆工艺,是一种新型的砂浆工艺技术。是立足于从注浆成型可控性角度考虑,根据流体与固体之间的受力特性,通过运用混凝土泥浆中加大量化学外加剂,可使混凝土泥浆很快地失去流动并成为固定体的特点,而产生的一项全新的灌浆工艺设想与施工措施,成功地克服了在常规灌浆过程中的成串、冒浆和不易提高混凝土砂浆压力等问题,为岩溶地带的溶孔和断层破裂带管理、对疏松软弱地基的保护,特别是对永无休止浆层和水泥盖重的裸体岩层及其土壤内的胶结注浆成形和屋顶渗水帷幕及堵漏,提出了全新的设计思想。利用双液注浆成型技术,把混凝土浓浆的化学条件控制溶液按计划灌入大量地压入土石体,并以短暂的停留时间和很大的压强完成了对土石体的填土、挤出和密实。其次,针对建筑环境中渗漏的问题,有针对性地在局部进行了加强和防渗性的堵漏措施。质量检查一般以压水测试为主,并结合进行取芯测试<sup>[5]</sup>。

### 6.2.4 膜袋灌浆技术

膜袋注浆成型,是中国近年来开发的一种新型的堵漏防渗技术工艺。主要用作溶洞中大孔隙的堵塞。其基本工艺原理是在钻孔中下入由土工织物特制的尺寸与大孔隙相适应的膜袋,然后再向膜袋中灌注高黏度的速凝泥浆。其基本原理是向袋内灌注浓混凝土后,在混凝土灌浆压力情况下,混凝土内的水能够

从袋内分离出来,而混凝土没有外渗,因此减少水灰比,增加小晶厚度,减少胶结温度。混凝土在膜袋内稳定凝聚,在水下没有碎片化,即便水流流速大,也无法被冲散;同时膜袋在水压下扩展,适应各种地形,可以填充各种各样的空隙。在围堰的防渗工程处理中引入了膜袋连续灌浆工艺技术,在国内外并不多见。在晒谷滩水力发电厂的围堰应用了膜袋灌浆工艺技术,主要适用于渗漏率大、水头落差高、渗径短、水泥水玻璃等双液灌浆不易完成的部位。其中施工程序为:首先利用冲击式钻头,跟管钻进到最终孔一下入先期制好的膜袋一再向膜袋内灌注浓泥浆一最后抽出套管一利用膜袋灌浆工艺在大间隙,短渗径、急流量等条件的创造性运用达到了良好的效益,并且使用它堵塞了很多的渗漏点,为下一次水泥灌浆提供了先决条件<sup>[6]</sup>。

## 7 结束语

在砂砾碎石土层基础上修筑大坝,地下水的防渗问题需要采用可靠的防渗处理方法。帷幕灌浆方法作为水工建设项目地基处理中普遍而关键的施工方法,由于砂砾碎石基础地质情况复杂多变,在防渗处理时往往出现特殊情况,导致帷幕灌浆施工无法顺利完成,减少了工效、降低工程质量。所以,为保证砂砾岩地基帷幕灌浆管理迅速而有效,本章对这些特殊岩层的帷幕灌浆的管理措施作了分析归纳。但是,因为砂砾岩层的复杂性,不能够对这些特殊岩层作出完全的预测,所以,在具体实施过程中应针对情况,选择一项或多项方法加以解决,才能取得预想的效益。

## 【参考文献】

- [1]钱俊良,范长选,崔永祥.砂砾石层帷幕灌浆施工技术研究与应[J].云南水力发电,2021,(22):12.
- [2]袁晓楠,袁宗洪.夹岩水利枢纽工程库首帷幕灌浆试验成果分析及应用[J].水利水电快报,2020,41(9):5.
- [3]吕萌.水利水电工程基础灌浆中特殊地层的灌浆方法[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020,(11):11.
- [4]熊小林.浅议可控挤入复合膏浆灌浆技术在砂砾石层防渗施工中的应用[J].湖南水利水电,2022,(2):2.
- [5]徐向东,苏凯,陈怡菡,等.复杂地基上的面板砂砾石坝结构安全和工程措施研究[J].水利水电技术,2020,51(11):8.
- [6]韩羽,杨健,曹春顶.漂卵石地层定向控制帷幕灌浆技术研究[J].人民珠江,2021,42(12):6.