

三参数大循环灌浆工艺优越性探讨

张业辉¹, 蒋宗旭²

(1. 国电大渡河公司库坝管理中心, 四川 乐山 614900; 2. 中国水利水电第八工程局有限公司基础工程分局, 湖南 长沙 410000)

摘要: 结合我国水利水电工程建设的实际, 分析了灌浆工程中几种施工工艺的优缺点。由于三参数大循环灌浆工艺从真正意义上实现了循环式灌浆, 不但具有两参数小循环灌浆工艺所有的优点, 同时彻底解决了两参数小循环灌浆工艺自身无法克服的弊端, 还实现了水灰比(W/C)动态监测的功能, 对灌浆质量有保证。随着我国水电开发速度的加快和三参数大循环灌浆工艺在三峡、天生桥、龙滩等大中型水电工程建设中的成功应用, 为了提高灌浆质量, 降低施灌过程中的事故发生率, 保证计量的准确性, 建议在我国后续开发的水电建设项目的灌浆工程中应努力推广三参数大循环灌浆工艺。

关键词: 灌浆; 两参数小循环; 三参数大循环; 优缺点

中图分类号: TV7; TV543

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2012)增1-0110-03

1 概述

循环式灌浆^[1]是指经高压灌浆泵泵出的浆液通过射浆管注入到灌浆孔段底部, 在压力作用下, 一部分浆液渗入到岩体裂隙中, 另一部分浆液通过回浆管返回到盛浆桶并与盛浆桶内的新鲜浆液混合后再由灌浆泵送入灌浆孔, 保持灌浆孔段内的浆液呈循环流动状态的一种灌浆方法。循环式灌浆根据灌浆管路布置和参数采集方式的不同分为两参数小循环灌浆^[2]和三参数大循环灌浆。

国外和我国早期的灌浆施工一般采用的是纯压法, 即采用高压灌浆泵将浆液直接压入到岩体裂隙中的灌浆方法, 这种灌浆方法在其灌浆自动记录系统里只需安装一个流量计即可满足计量需要, 我国目前广泛使用的灌浆自动记录系统也基本上沿用了这种模式, 即采用一个流量计进行计量。但对于孔口封闭、孔内循环、自上而下分段造孔、分段施灌的灌浆工艺来说, 这种只有一个流量计的自动记录系统存在自身无法克服的弊端。因为在施灌过程中, 在进浆管路上安装一个流量计, 为了避免从灌浆孔段内返回的浆液流回盛浆桶后产生重复计量的问题, 需要在流量计与灌浆泵之间加装一个漏斗状的回浆桶, 将回浆管返回的浆液放入到该回浆桶内, 从而形成了所谓的小循环灌浆。受这种工艺管路布置的限制, 返回的浆液因温度偏高将直接影响灌浆结石的强度, 从而影响灌浆施工质量; 同时, 当灌浆孔内吸水不吸浆

时, 因浆液只能在局部管路中循环, 待灌的浆液很容易失水变浓, 从而引起水泥颗粒沉淀而造成孔内埋钻事故; 另外, 这种管路的布置方式本身存在着系统计量漏洞, 在实际施工时很容易产生虚假计量, 因此而给灌浆工程的过程控制带来较大的难度。三参数大循环灌浆工艺比两参数小循环灌浆系统增加了一个回浆流量计和一个水灰比传感器, 从真正意义上实现了循环式灌浆, 不但具有两参数小循环灌浆工艺所有的优点, 同时彻底解决了两参数小循环灌浆工艺的弊端, 还实现了水灰比(W/C)动态监测的功能, 对灌浆质量有保证。

2 灌浆工程的施工工艺及其优缺点

2.1 纯压式自下而上灌浆工艺及其优缺点

国外和我国早期的灌浆施工一般采用的是纯压式自下而上灌浆工艺, 即自上而下一次造孔, 然后自下而上分段向上施灌(管路布置方式见图1)。采用一种两层气胀栓塞, 施灌结束一段, 把栓塞向上提一个灌段后再施灌。一般以较浓的浆液开灌, 水灰比的比级较少, 通常采用2:1、1:1、0.5:1三个比级。这种工艺以浓浆开灌, 从而有效控制了浆液的扩散半径, 能较快的形成结石并降低成本的投入; 同时, 浓浆施灌形成的水泥结石较稀浆形成的结石强度大, 对提高结石的渗透稳定性和耐久性有利。但由于这种工艺采用的是自下而上分段向上施灌的施工顺序, 当施灌下部孔段时, 灌浆浆液容易通过岩石的裂隙串至气胀栓塞以上的灌浆孔内形成坚硬的结石, 将气胀栓塞

收稿日期: 2012-09-11

牢牢抱死;当准备施灌上一段时则因气胀栓塞难以拔出而形成孔内事故,从而影响施工进度和灌浆质量;另外,对于我国大多数水电项目的具体地质情况来说,在岩石裂隙发育的地区,按我国现行的施工规范要求,实际施灌时一般要求以稀浆开灌,首先将微小裂隙填充饱满,然后根据吸浆率大小,改变水灰比再填充较大的裂隙,根据具体情况逐级改变水灰比,或越级改变水灰比,以增大浆液的扩散半径,提高灌浆质量和岩体的抗渗性能。故我国大多数岩石裂隙发育的地区一般很少采用这种以浓浆开灌的纯压式自下而上的灌浆工艺。

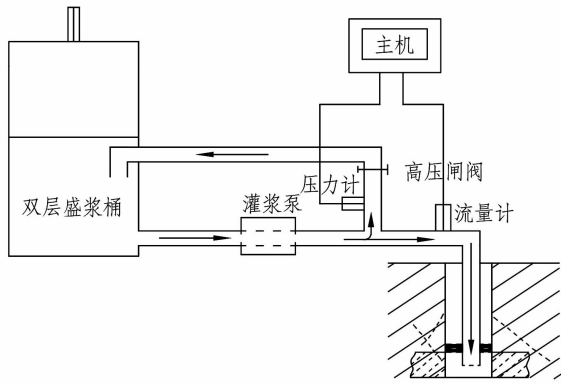


图1 纯压式灌浆工艺管路布置示意图

2.2 孔口封闭、孔内循环、自上而下分段灌浆的循环式灌浆工艺及其优缺点

所谓孔口封闭、孔内循环、自上而下分段灌浆的循环式灌浆工艺,即在孔口设置封闭器,灌浆浆液在孔内进行循环,灌浆顺序采用自上而下分段钻进、分段灌浆的施工工艺,水灰比采用8:1、5:1、3:1、2:1、1:1、0.8:1、0.6:1、0.5:1等多级水灰比。当第一段钻孔完毕,安装机械循环栓塞低压施灌第一段后,扫孔并埋设孔口管(一般埋设 $\varphi 75$ 无缝钢管),孔口管一般外露5~10 cm,待凝3 d后开始钻灌第二段,灌浆时需安装孔口封闭器,将射浆管(中空钻杆代替)的管口安放在施灌段底部50 cm附近,浆液通过射浆管注入孔底,在高压灌浆泵施加的高压下,一部分浆液渗入到岩体裂隙中,另一部分浆液通过回浆管返回到回浆桶,保持灌浆孔内的浆液呈循环流动状态,直至本段灌浆完成,并按以上方法自上而下钻灌第三段及以下各段。当灌完最后一段(终孔)时,再用浓浆并采用孔口纯压法将整个灌浆孔内的浆液进行置换封孔。由于这种灌浆工艺采用的是孔口封闭

和自上而下进行施灌的施工方法,故每次施灌时该施灌段以上的全部孔段都要重复进行施灌过程,这种工艺对于漏灌、灌浆事故孔段可起到补灌的作用,对整个孔的灌浆质量有好处,同时采用循环式灌浆,射浆管下入到灌浆段底部,还可促使浆液在灌浆段内始终保持着循环流动状态,不易沉淀。另外,因灌浆液与回浆桶内的新鲜浆液混合,从而降低了浆液的温度,对灌浆质量有利。循环式灌浆根据灌浆管路布置和参数采集方式的不同又分为两参数小循环灌浆和三参数大循环灌浆。

(1)两参数小循环灌浆工艺及其优缺点。目前,我国灌浆工程中广泛采用的是两参数小循环灌浆工艺(管路布置见图2),这种工艺的参数采集和计量方式是:在进浆管路上安装一个流量传感器(流量计),同时在回浆管路上安装一个压力传感器及调节灌浆压力的高压阀门。盛浆桶内的浆液首先经过流量计进行计量,然后经过高压灌浆泵进行升压,再经射浆管将浆液送至施灌段底部,在高压灌浆泵施加的高压下,一部分浆液渗入到岩体裂隙中,另一部分浆液由射浆管外壁与灌浆孔之间的空隙返回到孔口封闭器,再经过回浆管返回至流量计与灌浆泵之间的漏斗状回浆桶内,如此往复循环。其弊端是:①浆液经过流量计之后进入灌浆孔内,如果按照真正意义上的循环式灌浆工艺进行管路布置的话,一部分没有被岩体裂隙吸收的浆液将经过回浆管返回到盛浆桶内,这样一来就将出现重复计量的现象。为了解决这个问题,在两参数小循环灌浆管路的流量计与灌浆泵之间加装一个漏斗状回浆桶,将回浆管返回的这部分浆液放入到回浆桶中,从而形成了所谓的小循环。返回的浆液只能返回到回浆桶而不能返回到盛浆桶中,因此,浆液只能在局部管道中进行循环,浆液中的水泥悬浮颗粒在高压、高流速的情况下将引起浆液温度的升高,尤其在达到结束标准前后的持续屏浆时间内,因岩体裂隙吸收的浆液量很少,大量浆液只能在局部管道和灌浆孔内高速循环,此时,这种浆液温度升高的现象将更为明显。因浆液温度的升高,必将引起浆液质量的下降,流变特性变差,从而影响到结石强度和灌浆质量。②受这种小循环灌浆工艺的限制,因返回的浆液不能和盛浆桶内的新浆混合,当灌浆孔内吸浆率很小或孔内吸水、不吸浆时,循环

管路中的浆液将快速失水,温度升高,浓度变大,比重增大,因此,水泥悬浮颗粒极易在灌浆孔内沉淀造成埋钻事故。③在我国目前水利水电工程建设的运作模式下,这种两参数小循环灌浆工艺不仅对灌浆质量有一定的影响,而且存在严重的系统计量漏洞。因为在管路上加装了回浆桶之后,表面上解决了重复计量的问题,但实质上该问题却没能从根本上得以解决。因为只要将回浆管拿出回浆漏斗之外,便会产生虚假计量,由此而给灌浆工程的过程控制带来较大的难度。

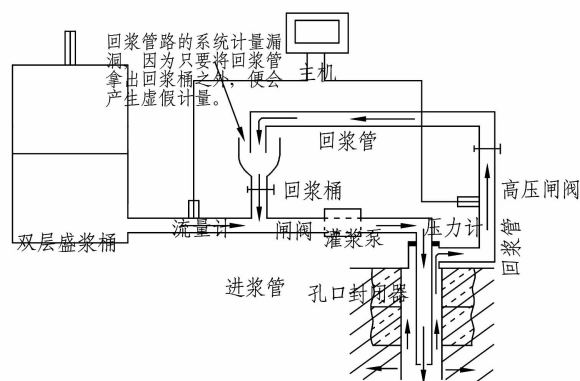


图2 两参数小循环灌浆工艺管路布置示意图

(2)三参数大循环灌浆工艺及其优越性。随着高精度核密度计的发展成熟和灌浆自动记录仪的不断完善,近年来,我国灌浆工程的三参数大循环灌浆工艺逐渐发展起来(管路布置见图3)。这种工艺的钻孔和灌浆施工顺序及施工方法与两参数小循环灌浆工艺的施工过程完全一样。不同的是这种工艺的灌浆管路布置和参数采集方式与两参数小循环灌浆工艺不同。其具体做法是:灌浆泵泵出的浆液首先经过稳压罐→进浆流量计→水灰比密度计→通过射浆管将浆液送至施灌段→在压力下一部分浆液渗透至岩体裂隙中→另一部分浆液经射浆管外壁与灌浆孔之间形成的通道回流到孔外→压力传感器→回浆流量计→高压闸阀→返回的浆液与盛浆桶内新鲜浆液汇合→重复循环→按要求结束灌浆。通过这样一个循环管路系统,进行了三路信号(流量、水灰比密度和压力)数据的采集,其压力信号采集方法与两参数小循环灌浆系统基本相同。不同的是:由于三参数大循环灌浆工艺比两参数小循环灌浆系统增加了一个回浆流量计和一个水灰比传感器,通过主机计算出进浆流量计与回浆流量计的差值即是孔内实

际灌入的灌浆量。因为在进浆流量计之后与回浆流量计之间充斥的是高压、高流速的浆液流,不存在释放漏洞,整个系统客观严谨,因此从根本上解决了计量漏洞问题。由于三参数大循环管路系统增加了一个水灰比传感器,通过水灰比传感器可以对灌浆过程的水灰比(W/C)进行全时动态监测,准确采集到单位体积内的含灰量,很容易依据设计及规范要求控制水灰比,因此,对灌浆质量有保证(两参数小循环灌浆工艺浆液水灰比的监测仍停留在人工称量阶段,自动记录仪中显示和打印的水灰比数据也是由人工输入的,在我国目前的运作模式下,由于经济利益的驱使,实际施工时用稀浆代替稠浆的现象时有发生,其结果也就必然影响灌浆质量甚至造成安全隐患),动态水灰比监测对浆液水灰比的监测准确客观,同时,由于回浆浆液与盛浆桶内的新鲜浆液混合了,基本上保持了新鲜浆液的流变特性,有效的控制了浆液在高压、高流速的情况下温度的升高现象,降低了施灌过程中的事故发生率。

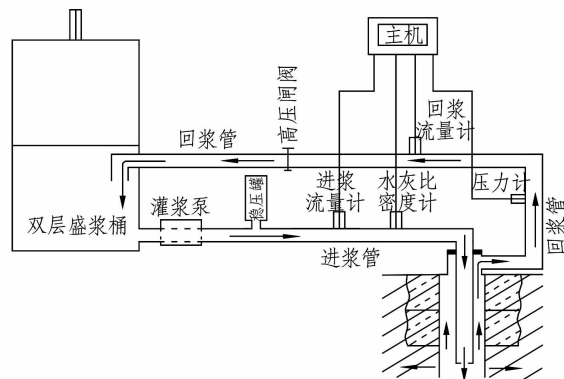


图3 三参数小循环灌浆工艺管路布置示意图

3 结语

目前,我国灌浆工程中广泛采用的是两参数小循环灌浆工艺。由于该工艺的参数采集与计量方式决定了从灌浆孔返回的浆液只能返回到回浆桶而不能返回到盛浆桶,从而造成浆液只能在闭合的局部管道中循环,导致浆液温度偏高,流变特性变差,浆液质量下降,势必会影响到施工质量,同时增加了施灌过程中的事故发生率,而且存在系统计量漏洞。由于三参数大循环灌浆工艺从真正意义上实现了循环式灌浆,不但具有两参数小循环灌浆工艺所有的优点,同时彻底解决了两参

(下转第114页)

结合国内同类工程经验,笔者比较了采用混凝土预制块做模板入仓、人字形钢栈桥入仓和人字形钢栈桥结合斜坡道入仓三种方案。

(1)预制块做模板入仓实施简单,入仓顺畅,预制块与仓面平起上升。但是预制块固定困难,汽车经过的扰动影响外露面质量和密实度,每层加高预制块并填筑道路端头非常影响效率,汽车经过上游防渗区时对下部混凝土的扰动影响大坝的防渗质量。预制块入仓口难以保证外观和混凝土质量,故不能应用于大坝上游面和重要部位。

(2)人字形钢栈桥由钢构立柱、立柱间横担钢梁及搭设在钢梁上的桥板组成,立柱布置在仓外,钢梁高于入仓口模板,行车钢桥板分别搭设在仓外道路端头和仓内的混凝土面上,可以有效解决跨模板的问题;钢梁下部采用变态混凝土,减小了防渗区混凝土的扰动,但搭在仓面上的桥板要不断随仓面升高提升,从而影响效率,且因桥板易埋在混凝土内难以提升,桥板下面需要人工平仓,人工加浆振捣,劳动强度较大。

(3)人字形钢栈桥结合斜坡道入仓即利用钢栈桥跨模板后,将模板端头搭设在已经浇筑好的斜坡道上,不用安排吊车提升桥板,桥板下部也采用变态混凝土,空间较大,可以使用机械作业,能够确保防渗区的质量。斜坡道采用同标号的常态混凝土在备仓过程中提前浇筑形成,斜坡道宽 3.6 m,坡道坡度为 20%,立面设置键槽、插筋并凿毛,周边采用变态混凝土与碾压混凝土结合。该方案有效解决了跨模板入仓和保证上游防渗区混凝土质量的问题,进料顺畅,效率较高。斜坡道形成不占直线工期,与碾压混凝土施工间隔时间为 5~7 d,对混凝土整体没有影响。同时,斜坡道基本布置在坝段中间、防渗区下游,不占压防渗(上接第 112 页)

数小循环灌浆工艺的弊端,还实现了水灰比(W/C)动态监测的功能,对灌浆质量有保证。随着我国水电开发速度的加快和三参数大循环灌浆工艺在三峡、天生桥、龙滩等大中型水电工程建设中的成功应用,为了提高灌浆质量,降低施灌过程中的事故发生率,保证计量的准确性,笔者建议:在我国后续开发的水电建设项目的灌浆工程中应努力推广三参数大循环灌浆工艺。

区,上层斜坡道与下层斜坡道在水平投影上错开,不重合。

4.3 方案的确定

通过上述分析得知,以上三种方案虽然都考虑了对上游坝面混凝土施工质量的影响,但不能避免其对上游坝面混凝土施工质量的影响,且成本都比结合围堰背坡和围堰与坝体之间的岸坡填筑道路的方案大,故最终选择的实施方案为:自上游进仓,结合上游围堰背坡和上游围堰与坝体之间的岸坡填筑上游入仓的道路。

5 实施效果

实际施工工程量统计:大坝 I 标碾压混凝土约 70 万 m^3 经上游入仓,占大坝碾压混凝土总量的 78%。厂房坝段原入仓道路占压部位在拆除道路后出现裂缝,2011 年 12 月拆除道路后 5 d 左右出现裂缝,裂缝随道路拆除、上游坝面逐步外露而向下延伸。分析认为,夏季填筑的道路在大坝上游形成了较厚的保温层,混凝土内外温差小且散热较慢,温度梯度小,冬季拆除道路后,上游坝面表面温度降低过快,内外温差过大导致裂缝发生。最终采用双组份环氧浆材 CW 进行化学灌浆处理,同时对裂缝表面施做 SR 盖片防渗。

6 结语

采用上游侧入仓会对上游坝面混凝土施工质量造成影响,施工时应采取措施,尽量减少其影响。以上是笔者的粗浅认识,欢迎同仁批评指正。

参考文献:

- [1] 贾金生,等,译. 碾压混凝土坝发展水平和工程实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.

作者简介:

关志新(1968-),男,辽宁大连人,工程师,从事水电工程设计工作。
(责任编辑:胡友权)

参考文献:

- [1] 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范,DL/T5148-2001[S].
[2] 夏可风. 水利水电地基与基础工程技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.
[3] 孙 钊. 大坝坝基灌浆[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.

作者简介:

张业辉(1979-),男,四川内江人,工程师,副处长,从事水电工程建设管理工作;
蒋宗旭(1974-),男,湖南临澧人,工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作。
(责任编辑:胡友权)