

一种新型的灌浆施工抬动观测方法及装置

孟吉¹, 郑占强¹, 陈益²

(1. 四川华电木里河水电开发有限公司, 四川 西昌 615000; 2. 四川拓展建设工程有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:在帷幕灌浆工程施工中,如果混凝土盖板发生抬动变形,会使混凝土盖板的整体性和强度得不到保证,甚至将危及水工建筑物安全。灌浆施工过程中,应在灌浆孔周围设置抬动变形观测装置,防止岩石发生抬动变形。准确的抬动变形值需要借助先进的抬动观测方法和精密的仪器才能够真实反映。通过对传统的抬动观测方法进行剖析和改进,提出了集量测、采集、计算处理和显示于一体的抬动现场监测新装置。

关键词:灌浆;帷幕灌浆;抬动变形;变形观测

中图分类号:

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2013)06-0094-04

为了防止、检测抬动变形,现今的施工处理方式有:一方面在灌浆过程中严格控制灌浆压力,以防止抬动变形的发生;另一方面则凭借多年的实践经验判断抬动变形可能产生的部位,当灌浆将要完成时,在该部位安装抬动变形观测仪(即千分表),以监测混凝土盖板的抬动变形情况。但这两种做法都存在一些问题,且因灌浆压力大,对其控制很难;而根据千分表的转动情况来判断是否产生抬动变形,其人为影响因素很大,判断结果往往与实际不符,一旦抬动变形已经出现,就无法满足设计要求^[1]。

近年来,GIN方法^[2]在一些国家大型水电项目的应用实践证明,其具有技术上的先进性和经济上的合理性。如果参数设置恰当,不仅可以简化灌浆工艺,而且浆体具有凝聚力使岩体不易被抬动^[3]。但是这种方法仍存在不足之处,如灌浆压力的设置、灌浆强度的最佳值和不同地层的调整方法与规则等,均需要广大灌浆施工者的共同努力去完善。

1 抬动破坏发生的条件

(1)基本定义:“抬动”即灌浆过程中上覆盖层或旁侧岩体受进浆量和灌浆压力的双重作用,当进入裂隙内的浆量无法外溢时所积累的能量达到或超过盖层的自重及界面的凝聚力时发生的位移。当位移产生的集中应力超过上覆盖层或旁侧岩体内某一结构面的抗拉强度时,出现盖层破裂或山体裂缝,即“抬动破坏”。

(2)“抬动破坏”的成因:引起抬动破坏的因素是多方面的,在灌浆施工过程中出现抬动破坏,往往与其所处的复杂的地质环境、灌浆参数、施工环境及人为控制因素等密切相关^[4]。

①地质环境:裂隙以其特有的形式存在于各类岩体之中,作为帷幕灌浆的特定对象,有其独特的地质环境。灌浆技术作为水工建筑物地基处理中常用和重要的工程措施,在大坝坝基防渗和加固处理中得到了广泛的应用^[5]。灌浆施工过程中,易于出现抬动破坏的部位多处在构造破碎带即断层破碎带、影响带、节理密集发育的脆性岩体等。上述三种部位若同时存在于某一坝基内时,抬动则将成为灌浆施工时必须密切关注的问题。

②灌浆参数:灌浆参数在某种程度上决定了固结和帷幕灌浆的质量,即坝基通过固结和帷幕灌浆后,坝基岩体的完整性、透水性、水力坡降、防渗性能能否满足安全运行的要求。灌浆参数中与抬动破坏相关的灌浆压力、灌入量、灌浆历时往往与灌注质量相冲突。灌浆压力要求越高、灌入量越大、历时越长,则发生抬动的概率越高。因此,如何确定灌浆参数,必须将质量与抬动一起考虑。

a. 灌浆压力:灌浆压力是浆液注入到岩体裂隙内的动力来源,也是抬动破坏的主要动力。目前确定灌浆压力的方法分为有压重和无压重两种情况^[6],且受多种因素制约,特别是均一性差的裂隙岩体部位难以确定。表层岩体自重或山坡处岩体重量不足以抵御灌浆压力下浆液形成的抬动力而出现抬动破坏,从而成为破碎岩体容易出现

收稿日期:2013-04-09

抬动破坏的主要根源。

b. 注入量:浆液作为充填岩体裂隙的主要物质来源,裂隙内的孔隙充填率愈高,灌浆质量愈好。但如果裂隙贯通性好,浆液充填时一次性形成的液面愈大,在灌浆压力和浆柱压力作用下,形成的抬动力就愈大,抬动破坏发生的可能性就越大。如何控制注入量或单位注入量与压力是裂隙岩体内灌浆施工防止抬动破坏的关键所在。

c. 灌浆历时:浆液在裂隙中运移的时间与浆液的初、终凝时间有关,浆液灌入到岩体裂隙中短时间内(即初凝时间内)若灌入量越大,抬动破坏的概率越高,而一旦达到终凝时间后,浆液凝固体不再以液体性质传递压力,因此,在很大程度上采取控制单位注入量(即限流、间歇待凝)延长灌浆历时是控制抬动破坏的有效方法,可以减少抬动破坏的概率。

③人为因素:作为施工的主导控制者,在灌浆实施过程中,可以对提高坝基裂隙岩体质量起到关键作用,除人以外,机械设备、计量工具、过程监测中的每一个环节一旦出错,均可导致岩体裂隙部位抬动破坏的发生。

a. 岩体原始结构的破坏:施工过程中,由于爆破开挖的影响,扩张了已有的闭合裂隙,增强了岩体裂隙的贯通性。因此,诸多完整性原本较好的岩体往往也需采用固结灌浆来增强岩体的完整性。相对于裂隙发育的岩体而言则更甚。

b. 计量工具:计量工具是监测施工过程质量的基本保证。灌浆施工过程中,压力、单位注入量的有效计量,如流量计(流量传感器)、压力表(压力传感器)、抬动装置(千分表)等均为主要量测和监视工具,一旦损坏或不准确,均可能导致单位注入量偏大、压力过高、抬动允许值超过范围,进而导致抬动破坏的发生。

c. 过程监测:灌浆过程是提高岩体质量的关键。过程监测中,必须选用高素质的监测人员和精确的测量工具进行全过程的有效监测。一旦失误,裂隙岩体内抬动破坏的发生难以避免。

2 抬动破坏引起的工程问题

(1)混凝土结构破坏:抬动破坏发生后,既破坏了盖层混凝土结构,极大地影响混凝土的完整性,致使大坝基础受力状况、结构形成、防渗、安全功能均将受到较大的影响,也增加了工程处理的

难度。相关设计须进行系统的调整与修改,同时还应对大坝安全做进一步的复核,并针对具体情况采取相应的处理措施。

(2)降低了大坝建基面的力学参数:一般而言,对于大坝,由于抬动的出现,纯水泥浆液将会成面状充填于抬动形成的空间之内,同时还掺杂岩屑及泥质物,这种混合物的力学参数较新鲜岩体而言往往要低很多,从而降低了建基面的力学参数,给工程安全稳定带来了极大的隐患。对于岸坡而言,若结构面对稳定不利,可能因抬动而使山体瞬间失稳,导致山体滑坡及其它相邻建筑物的损坏;即使结构面有利于稳定,也将造成裂缝、位移,临近建筑物错位变形,帷幕防渗线须重新设置等一系列工程问题。

3 抬动破坏的预防及处理

(1)抬动破坏的预防措施:①埋设可靠的抬动观测装置;②进行认真、及时的观测,将允许抬动值控制在适当范围内(目前多以10~20m为控制标准);③根据观测得到的压力、单位注入量等参数,制定适合本工程合理的灌注工艺和参数,如灌浆压力、单位注入量、灌浆时间、待凝标准、时段等,确保以不发生抬动破坏为前提,保证坝基裂缝能够得到良好的灌注充填;④分期治理:先期对表部贯通性较好的地层进行低压充填,待浆液凝固、具备一定强度后,再提高压力对其下部进行灌浆处理,以达到固结和帷幕灌浆的目的。

(2)抬动破坏的治理措施:抬动破坏发生后,必须采取有针对性的处理措施,保证工程运行安全。首先须查明抬动破坏发生的范围和位置,认真分析其对安全影响的程度,按照破坏前后的灌注情况,分析破坏区岩体的可灌性程度,确定破坏区内可行的灌注工艺、参数和材料。最后,从工程的整体出发,对盖层混凝土或山体采取适宜的结构补强等可行方案。

4 传统抬动观测方式简述

现行的岩石抬动变形观测有以下两种方式:

(1)精密水准仪观测。灌浆地段的表层如果是砂砾石或土层时,在灌浆孔周围需设置专门的抬动变形观测孔,并使其深入到基岩以下。在孔内放置测杆,测杆的出露部分上附有刻度,在灌浆升压过程中,使用精密水准仪进行观测,水准仪的设置地点应距灌浆地段尽可能远些,避免由于观

测孔的表层岩石与水准仪所在位置的岩石都产生抬动,从而造成观测成果混乱与假象。使用水准仪观测综合抬动值因其操作麻烦,且现场条件又不可能随时观测,而累加所有抬动值又存在很大的误差积累,故其无法及时反映综合抬动值。因此,在千分表单次观测时可能未超限,但累计值早已超限,当测量人员用水准仪观测到抬动时,也许早已超过抬动的上限值。

(2)百分表或千分表观测。如果灌浆地段的表层是岩石或混凝土,则应在灌浆孔附近布置观测孔,设置岩石抬动测量设备。在灌浆压力加大时,从副测钢管绝对上升值(主测钢管不发生抬动时)或是从主测钢管、副测钢管两者高度相对值之差,使用百分表或千分表测得岩石抬动变形值。传统抬动孔安装情况见图1所示。千分表观测不能及时反映出抬动情况。因为人员每隔一段时间才观测一次,而很可能在两次观测间隔时间中岩石已超过抬动上限,待人员观测到抬动时其早已经发生。由此可见,传统的抬动观测方式很难有效地满足工程需要,往往给出错误信息。

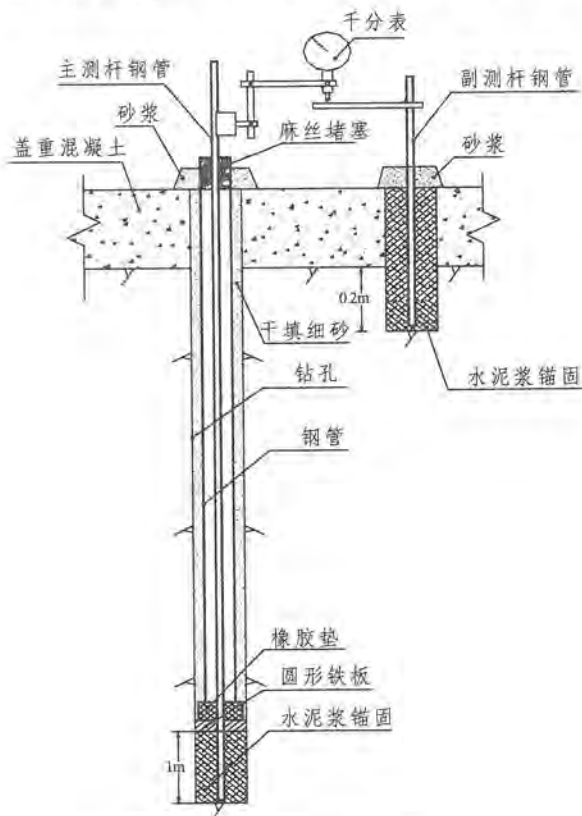


图1 传统抬动孔安装图

5 抬动观测方法及其装置的改进

(1)改进的总体思路:新型的抬动监测设备是利用先进的测控技术和计算机技术并改变抬动孔的结构,以完全解决传统抬动观测孔的缺陷,真实反映岩石抬动状况。该系统应具备以下功能:①将监测探头埋入地下,避免地面施工影响;②实时监测抬动值;③自动贮存每次观测抬动值并累计抬动值总量,以取代水准仪观测;④提供累计值超限的声光报警;⑤可接入灌浆监测仪。

(2)仪器监测原理:①工作结构流程:根据目前水利工程建设过程中抬动监测项目的实际情况和业务管理要求以及行业规范,该设备设计为手持便携式可移动监测设备。由于抬动监测地点环境较为恶劣,对设备可靠性要求较高,因此在开发过程中应尽量选用成熟技术、高性能的集成电路和分立器件,在总体上采用工业级单片机主控处理器,高性能单通道 $\Delta-\Sigma$ 16位AD采样电路,高精度抬动传感器的系统结构模式。该系统的工作结构流程见图2;②性能指标:采样速度:10 Sample/Sec;分辨率:1~5 μm ;计量单位: μm ;零点漂移:20 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$;直流隔离:DC 3 000 V;通信速率:2 400 bps;测量精度:0.04%;测量误差:0.4%;供电电源:DC 9 V 叠层电池;温度:-10 $^\circ\text{C}$ ~50 $^\circ\text{C}$;相对湿度:0~90%,无凝霜;③系统联接。

(3)埋设结构原理:要实现对抬动量的精确监测,埋设方式至关重要,既要考虑到完全避免施工干扰,又要方便安装和拆卸。依照这些原则,设计出以下两种安装方式。

①正向埋入式安装结构。抬动传感器采用的是高精度位移传感器,由一根外管和一根内管组成,靠两根管子的相对位移得出地表抬动值。造孔及外管安装完毕,将金属垂体与传感器内管连接后直接下入孔内,金属垂体直接与隔板接触。外管与孔壁直接用水泥封死,地表抬动时带动外管位移。而内管由于与一重物相连,利用重物重力,使内管不动(内外管之间滑动摩擦力很小,可以忽略)。这种安装方式可完全避免表面干扰,也可以重复利用,仪器取出时须用地质钻机小心地套出上部水泥体,操作技术要求高。但这种方式只能垂直于地表安装。在设备密集、人工干扰大的工况下比较适用,安装示意图见图3。其中,

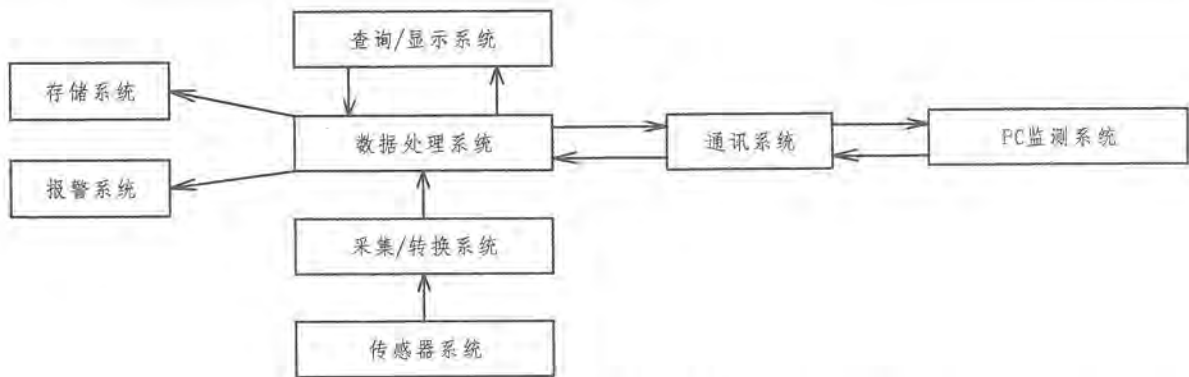


图2 系统工作结构流程图

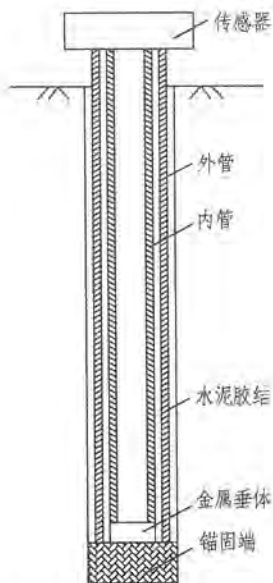


图3 正向埋入式安装结构示意图

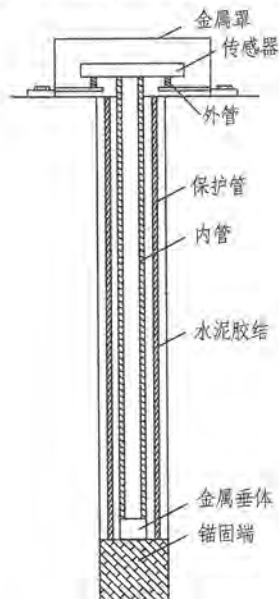


图4 全向孔外固定安装示意图

抬动孔的孔径大小根据传感器外管的直径大小确定,推荐值为90 mm。

②全向孔外固定安装结构。孔外固定安装是将传感器固定在一个金属罩内,金属罩与地面通过螺钉与表面连成一体。但当表面有抬动时,金属罩随地面抬动并带动传感器外管移动;由于内管是与固定管一起连入孔内深层固定,故内管不动。金属罩的作用除固定外还可防电磁干扰。这种安装方式可在洞内洞外各个方向安装且安装方便,重复利用率高。但在干扰较大、场地水泥浆排浆困难的工地不适用,其安装方式见图4。

该新型抬动监测仪可运用于帷幕灌浆中,对表面混凝土结构和基础的抬动进行监测,也可广泛运用于水工隧洞中洞壁的变形监测,从而可以解决用千分表观测抬动的诸多弊端。

6 结 语

通过对帷幕灌浆施工抬动观测方法的探讨,可以得到以下结论:(1)新型抬动观测方法及装置是一种集测控技术、软件技术的抬动观测方法(装置)及对安装方式的研究来对抬动监测现场可能的抬动量进行量测、采集、计算处理和显示,以取代千分表监测方式,克服了千分表监测所带来的诸多问题;(2)抬动观测作为确保灌浆质量和现场安全的重要监控措施,其重要性和重要意义已在文中叙述。在此,需要再次指出的是抬动观测的发展方向。伴随着灌浆工艺的自动化进程,抬动观测也朝着自动化、智能化、准确化和高灵敏度的方向发展。如何获得一种高效、精准的抬动观测装置是我们水电工程施工技术人员努力的方向和目标。

(下转第114页)

表 1 各测点水化温升特性表

仪器编号	浇注温度/℃	峰值温度/℃	达到峰值温度所需时间/h	高程/m	部位
S1	24.9	50.3	14.5	671	上游防渗墙
S2	22.4	46.7	14.5	671	
S3	18.3	36	59	645	
S4	18.4	32.3	59	645	
S5	19.5	33.1	62	618	
S6	19.6	34.7	59	618	
S7	19.8	68.6	80.1	671	
S8	19.4	69.1	83.1	671	
S9	20.2	34.6	48	645	
S10	20.3	34.6	48	645	
S11	21.6	36.2	48	618	下游防渗墙
S12	23.2	34	51	618	
S13	25.5	58	75.15	671	
S14	25.2	58.4	75.15	671	
S15	20.6	36	60	646.5	
S16	20.7	34.6	60	646.5	

(1) 防渗墙浇筑初期温度变化规律: 在浇筑初期的几天时间内上升至峰值后降低, 温降速率小于温升速率, 在峰值温度后的两周时间内尚未降至环境温度。该规律符合大体积混凝土水化温升规律。

(2) 混凝土在浇筑后 50 h 左右达到温度峰值, 峰值温度比环境温度高 40℃ ~ 50℃, 其中上游防渗墙最大峰值温度为 50.3℃, 下游防渗墙最大峰值温度为 83.1℃。

(3) 高标号混凝土产生的水化热较大, 峰值温度较高, 这主要是由于高标号混凝土中的水泥含量较多的缘故。

(4) 大体积混凝土浇筑过程中, 应对高标号混凝土采取工程措施, 严格控制水化温升, 防止混

凝土开裂。

参考文献:

- [1] 哈尔滨建筑工程学院. 混凝土学[M]. 北京: 建筑工业出版社, 1990.
- [2] 朱伯芳. 大体积混凝土温度应力与温度控制[M]. 北京: 水利电力出版社, 1999.
- [3] 刘有志, 朱岳明, 张国新. 基于现场实验的墩墙混凝土真实温度应力性态及开裂机理分析[J]. 水力发电学报, 2008, 27(5): 47-52.

作者简介:

王 文(1984-), 男, 湖北咸宁人, 助理工程师, 学士, 从事水电工程建设技术与管理工作;
 陈科文(1984-), 男, 四川南充人, 工程师, 从事水利工程建设管理工作;
 汪 征(1984-), 男, 湖北黄冈人, 助理工程师, 从事水电工程建设合同管理工作. (责任编辑: 李燕辉)

(上接第 97 页)

参考文献:

- [1] 许厚材. 水利水电工程基础灌浆中特殊地层的灌浆方法[J]. 水力发电, 2005, 31(9): 36-38.
- [2] 孙 钊. 大坝基岩灌浆[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.

作者简介:

(上接第 90 页)

参考文献:

- [1] 伍 超, 冉洪兴, 郑永红, 等. 雅砻江唐古栋垮山堵江溃决洪水过程研究[J]. 水动力学研究与进展, 1996, 11(6): 646-652.
- [2] 冷 伦. 雅砻江垮山堵江及溃泄洪水[J]. 水文, 2000, 20(3): 46-50.
- [3] 黄润秋. 20 世纪以来中国的大型滑坡及其发生机制[J].

孟 吉(1968-), 男, 吉林长春人, 副总经理, 高级工程师, 工程硕士, 一级注册建造师, 从事水电工程合同管理工作;
 郑占强(1985-), 男, 辽宁阜新, 助理工程师, 硕士, 从事水利水电工程施工技术与管理工作;
 陈 益(1980-), 男, 贵州习水人, 项目副经理, 高级工程师, 从事地下水堵漏技术研究. (责任编辑: 李燕辉)

岩石力学与工程学报, 2007, 26(3): 433-454.

作者简介:

周喜德(1962-), 男, 湖南新化人, 副主任, 教授级高工, 学士, 从事水电工程建设技术与管理工作;
 唐奇志(1966-), 女, 重庆市人, 高级工程师, 学士, 从事水电工程建设管理工作;
 姚 雷(1979-), 男, 河南人南阳, 工程师, 硕士, 从事水电工程建设技术与管理工作. (责任编辑: 李燕辉)