

冲切成槽建造薄壁混凝土防渗墙技术

李长华

(湖北大禹水利水电建设有限责任公司 湖北 武汉 430061)

摘 要 薄壁混凝土防渗墙成槽方法多种多样,但对于砂卵石和风华基岩,目前还没有一种很好的施工方法。介绍的冲切成槽法是在原冲击成槽建造混凝土防渗墙的基础上,用扁钻头代替圆钻头,用泥浆循环系统代替抽砂筒排渣,并对施工工艺加以改进而形成的一种新的薄壁防渗墙施工方法。

关键词 薄壁防渗墙 冲切成槽 水库副坝

中图分类号:TV543⁺.83 文献标识码:B 文章编号:1000-3746(2003)05-0035-02

自 20 世纪 50 年代末我国开始对混凝土防渗墙进行研究和试用,至今已建成 40 多道坝基混凝土防渗墙和 10 多道穿过坝体直达基岩的混凝土防渗墙。成墙厚度一般在 0.8 ~ 1.0 m,从防渗角度要求,防渗墙不一定需要这样厚。到了 80 年代后,从国外引进和国内研制开发出多种薄壁防渗墙的成墙机械。近几年薄壁防渗墙被广泛应用于江河堤防的防渗工程中,其成墙方法多种多样,如多头深层搅拌、锯槽成墙、射水成槽、抓斗成槽、振动沉模造墙等,但这些方法的不足之处在于处理深度有限,并且一般仅适用于软基,对于砂卵石及风化岩基不能造槽成墙,因此针对病险水库防渗加固工程中,防渗墙一般深度较大,而且多要嵌岩,有时还要穿过砂卵石层的实际,我们创造了冲切成槽薄壁混凝土防渗墙新技术。该方法在湖北漳河水库副坝、新洲橡胶坝、樊口大闸等防渗工程中应用取得了成功,被湖北省科协等 5 个部门联合评为先进操作法,目前该工法正在湖北金沙河、黑石咀等水库应用,具有推广价值。

1 工程实例

1.1 工程概况

湖北省漳河水库属大 I 型水库,其副坝为均质土坝,长 8.14 km,坝顶宽 8 m,坝顶高程 126.5 m,最大坝高 15.7 m,一般坝高 4 ~ 7 m。背水坡为草皮护坡,迎水坡已修建厚 15 cm 的混凝土护面。坝顶上游侧设有砌石防浪墙。

由于施工时期的历史原因,副坝在建坝时清基不彻底,坝基表层风化基岩未能进行清除,部分坝段基础表层还存在残坡积土,加之不恰当的取土、削坡

等问题,水库蓄水后曾出现数十处散浸渗漏,甚至出现翻砂鼓水等现象,坝基渗漏严重成为副坝的主要险情。

1.2 地质条件

据副坝地勘报告,副坝部分坝段坝体与第四系粘土、亚粘土接触,局部表层土体含腐植物,渗透系数 $K = 1.16 \times 10^{-5} \sim 7.29 \times 10^{-4}$ cm/s,具有一定的渗水性,成为坝基渗漏原因之一。

坝基下或坝基覆盖层下为粉细砂岩,厚 7 ~ 10 m,含粘土团块,系泥质或钙泥质胶结,胶结较差,建坝前表层已受风化影响呈松砂状,并且见生物孔洞。由于砂岩内的生物孔洞起缩短坝基渗径作用,它汇集渗水形成管流,遇大流速渗水冲刷洞壁,以致出现翻砂冒水现象,成为坝基渗漏原因之二。

2 防渗墙设计

2.1 防渗方案的选择

为解决漳河水库副坝基础渗漏问题,1987 年曾实地进行高喷灌浆试验,根据测压管水位和实测渗漏量,说明高喷灌浆效果不好。据分析,高喷灌浆对土基、砂基等松散的软基介质,容易冲切、掺搅,形成防渗墙,甚至在一般的砂砾石层中冲切也能获得较好的效果。而对非全风化,并具有一定强度(湿抗压强度约 6 ~ 10 MPa)的砂岩,高压气水难以冲切,无法形成截渗墙。因此,高喷灌浆施工方法不适合漳河水库副坝坝基接触带及粉细砂岩的渗漏处理。

采用帷幕灌浆存在的问题是(1)坝基表层的覆盖土采用静压灌浆难以形成帷幕(2)风化的细砂岩中的局部砂化部位以及连通性不太好的生物孔

收稿日期 2002-09-06

作者简介 李长华(1965-)湖北黄陂人,湖北大禹水利水电建设有限责任公司基础处理队队长、高级工程师,地质专业,从事基础处理施工与管理工作,湖北省武汉市武昌区临江大道 52 号,13907141292。

洞 帷幕灌浆都不一定能达到理想效果。

目前 ,其它常用的一些防渗墙的施工方法几乎只适用于松软的地基介质 ,而对于具有一定强度的细砂岩 ,这些方法都难以成槽(墙)。因此 ,选定冲切成槽薄壁混凝土防渗墙方案 ,它可在覆盖层和风化的细砂岩中建造防渗墙 ,彻底解决漳河水库副坝坝基渗漏问题。

2.2 防渗墙设计

本次防渗墙施工先选在渗漏相对集中的 7 + 050 ~ 380 和 5 + 400 ~ 700 两段 ,防渗墙设计面积约 13500 m² ,由于副坝迎水面坡脚无施工场地 ,故防渗墙选在坝顶 ,靠上游侧施工 ,离防浪墙 1.5 m ,墙厚 25 cm ,防渗墙穿过坝体、覆盖层、风化砂岩、深入相对不透水的粘土岩 1.0 m ,孔深 22 ~ 27.3 m ,嵌岩深度 5 ~ 20 m。

防渗墙墙体浇筑塑性混凝土 ,其配合比分坝体和坝基 2 部分 ,塑性混凝土配合比及主要技术指标见表 1、表 2。

表 1 防渗墙塑性混凝土配合比

部位	材料名称							kg/m ³ 外加剂 (FDN)
	水泥	膨润土	粉煤灰	砂	中石	小石	水	
坝体	165	50	50	1050	—	408	217	1.86
坝基	190	50	30	1020	183	367	205	1.89

表 2 防渗墙塑性混凝土主要技术指标

部位	坍落度 /cm	扩散度 /cm	渗透系 数/(cm · s ⁻¹)	R ₂₈ /MPa	模强 比	初凝 时间 /h	表观密 度/(g · cm ⁻³)
坝体	18 ~ 20	36 ~ 42	10 ⁻⁶ ~ 10 ⁻⁷	1.5 ~ 3.0	≤900	8	1.7 ~ 2.0
坝基	18 ~ 20	36 ~ 42	10 ⁻⁷	5.0 ~ 10.0	≤900	8	1.9 ~ 2.2

3 冲切成槽施工设备

冲切成槽的主要施工机械为 ZN - CJ 型冲击钻机 ,最大提升能力为 5 t ,冲程可人工调节。对于不同地层可采用不同冲击行程和冲击频率 ,软基采用小冲程 ,砂卵石层、岩基采用大冲程。

冲切钻头为扁钻头 ,底宽 2.2 m ,高 1.6 m ,厚度根据墙厚而定 ,本工程钻头厚 22 cm ,质量 2.0 ~ 2.5 t。由于钻头底部两侧镶焊有钢轨爪齿 ,断面积小 ,破碎土石的压强大 ,冲击成孔效率高。

泥浆循环设备有用于正循环的泥浆泵和用于气举反循环的空压机等。

4 冲切成槽施工工艺

4.1 修筑导墙

由于冲切钻头重 ,开钻容易碰撞孔壁造成孔壁

坍塌 ,为了保护槽口和控制槽孔的垂直度 ,在冲切成槽前必须浇筑混凝土导墙。导墙间槽宽 30 ~ 40 cm ,槽口两侧混凝土厚 30 ~ 50 cm ,深 80 ~ 100 cm ,墙体混凝土强度等级为 C15。

4.2 打引导井

在每个槽孔主孔冲击之前 ,在主孔的一端利用地质钻机先打引导井 ,井径 30 ~ 40 cm ,井深大于设计槽深 20 cm ,安设气举反循环装置 ,这样给主孔的冲切提供了临空面。一方面便于冲切 ,同时也便于将劈打进引导井内的泥渣及时排出 ,以提高冲切速度。

4.3 冲切成槽

每个区段分为若干槽孔 ,槽孔分 2 序施工 ,槽孔长度依据钻头宽度而定 ,一般为 6.0 ~ 7.0 m。槽孔造孔施工时 ,先施工主孔后施工副孔。

冲切成槽施工对泥浆制备、泥浆性能、泥浆循环系统的要求与通常的防渗墙、钻孔灌注桩造孔没有本质的区别 ,只是冲切成槽对泥浆的循环要求更高。因为从冲切的机理来看 ,地层受冲击 ,泥渣难以悬浮 ,从冲切钻头的结构来看 ,扁板状的钻头也不象笼式钻头那样 ,泥渣容易被泥浆携带出 ,因此 ,加强泥浆循环 ,对于提高钻进速度显得尤其重要。施工时 ,除安装正循环系统外 ,在槽孔内还安设气举反循环装置定时抽吸。气举反循环采用 2.6 m³/min 的空压机供风 ,出浆管为 Ø108 mm 的套管 ,出浆管径大 ,便于粗颗粒快速排出 ,大大提高了冲切速度。

4.4 成槽过程中防偏纠偏

冲切成槽过程中如遇孤石或钻头冲击不水平的岩面 ,都容易发生偏斜。对于孤石的钻进 ,可采取小冲程为主 ,大冲程为辅 ;对于不水平的岩面钻进 ,可先用小冲程 ,只有当岩面冲击形成一定深度的槽坑后 ,才可加大冲程。另外遇岩层时 ,也可先用地质钻机钻导孔 ,一方面可提高钻进速度 ,同时也可避免偏斜发生。

当偏斜发生后必须及时采取纠偏措施 ,采用的方法是向偏斜槽内投碎石 ,至未偏斜部位 ,然后重新钻进 ,这种方法既简便易行 ,又能达到纠偏的效果。

5 塑性混凝土浇筑

槽孔形成并清孔彻底后 ,浇筑塑性混凝土。混凝土采用 0.5 m³ 强制式拌和机拌和 ,采用 HB60 型混凝土输送泵输送至集料斗。

混凝土浇筑采取直升导管法 ,进行泥浆下混凝土

(下转第 42 页)

比：

$$M = CnB^2$$

式中： C ——电磁涡流刹车的转矩系数，取决于结构和电磁材料； B ——工作间隙的磁感应强度。

磁粉刹车的制动力矩：

$$M = \frac{1}{2} \pi K m D^3 \tau$$

式中： D ——工作间隙的平均直径； K ——工作间隙宽度与其平均直径之比； m ——工作间隙的数目； τ ——工作间隙中磁粉的单位结合力，一般为 $3 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 。

不同刹车的特性曲线如图 1 所示。电磁刹车和水刹车相比具有更加显著的优点，不仅制动力矩大，而且可以任意调节，调大励磁电流甚至可以将钻柱完全刹住。制动力矩不随转速变化或变化很小，使得下钻作业的安全性更高，刹车带的使用寿命更长，司钻人员的劳动强度更低。不足之处是需要一套励磁设备。

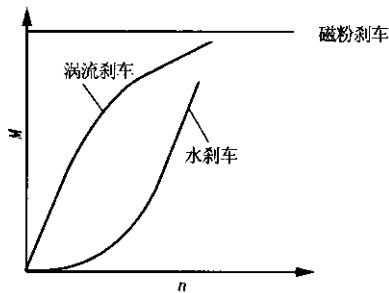


图 1 各种刹车的特性曲线

目前，石油钻机上使用的电磁刹车都过于庞大，且价格昂贵，因此应着手研制一些小型的适合于深层水井钻机的电磁刹车，以取代能力不足的水刹车。

3 气动控制的应用

长期以来，水井钻机和石油钻机虽同属钻机类，工作原理和构成基本相同，但却各自独立地发展。实际上，石油钻机已发展得相当成熟，其中有很多有益的东西值得水井钻机借鉴。除上述电磁刹车的应用外，日益成熟和完善的气动控制系统，在深层水井钻机的设计中也应逐步推广采用。当然，石油钻机要比水井钻机庞大和繁杂得多，气动控制系统也相当复杂，但我们可以对其进行适当的简化，如只利用气控系统控制离合器、变速箱换挡、绞车刹车、传动轴的惯性制动、天车的防磁装置等。

气动控制在可靠性得到保证的前提下有很多优点，如控制迅速、便于实现远距离集中控制、操作方便省力等。例如，用气胎离合器代替手动摩擦片式离合器，利用绞车离合器代替提升抱闸，这样可以有效解决提、下钻作业时频繁用力操作所造成的司钻人员劳动强度大的问题。

气动控制的缺点是需要空气压缩机、储气罐、空气净化处理装置等配套设备，但这些设备的性能已非常成熟，且造价不高。

4 结语

钻机的设计是一个相当复杂的系统工作，所牵涉的问题也很多，如功能、强度、可靠性、经济性和标准化等。无论是总体布局、传动方式还是零部件的结构设计都必须综合考虑各方面的因素，仔细分析比较，选择最优化方案。本文所提出的 3 个问题是在实际生产过程中所暴露的，设计人员在开发新钻机时应给予充分的重视，希望本文能为钻机研发人员提供一些帮助。

=====

（上接第 36 页）

土浇筑，导管内径为 159 mm，外径为 168 mm。每个槽孔同时下 2 套导管浇筑。

接头管采用 $\varnothing 146 \text{ mm}$ 的套管，钢管外壁必须保证光滑，在下接头管前表面刷脱模剂。混凝土浇筑结束后，待混凝土初凝，转动接头管，混凝土终凝后及时用液压拔管机拔出接头管。一、二期槽孔形成半圆形搭接形式，保证了防渗墙接头的止水效果。由于塑性混凝土的强度不高，所以也可不埋接头管，直接采用钻凿法进行防渗墙接头的施工。

薄壁混凝土防渗墙的混凝土浇筑过程与一般混

凝土防渗墙或灌注桩水下混凝土的浇筑类似，在此不再复述。

采用冲切成槽法可克服地层对施工方法的影响，一次解决坝体、坝基覆盖层、坝基风化基岩的渗漏，避免采用多种方法处理造成的干扰和浪费，处理深度达 40 m。

6 结语

冲切成槽法建造薄壁混凝土防渗墙施工的成功，为利用已有的设备和技术，开发新工艺、新工法，解决基础处理施工中的新问题，提供了有益的启示。