

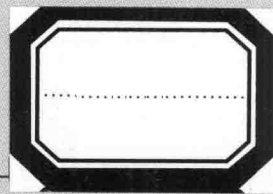
主 编 韩新华 副主编 张天山 傅忠友

中小型水利工程 防渗墙施工技术



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

主 编 韩新华 副主编 张天山



中小型水利工程 防渗墙施工技术



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中小型水利工程防渗墙施工技术 / 韩新华主编. —杭州:
浙江大学出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-308-13147-6

I. ①中… II. ①韩… III. ①水利工程—截水墙—工
程施工 IV. ①TV543

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 080782 号

中小型水利工程防渗墙施工技术

韩新华 主编

责任编辑 余健波

封面设计 十木米

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江时代出版服务有限公司

印 刷 杭州日报报业集团盛元印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 10.25

字 数 256 千

版 印 次 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-13147-6

定 价 30.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

内容提要

本书主要介绍了防渗墙的概念、类型及施工机具,以及防渗墙开工前准备工作、泥浆护壁、防渗墙施工工艺及流程、施工质量控制及检验,施工事故处理等内容,并通过作者从事过的典型施工案例来总结中小型水利工程防渗墙施工技术要点。书中还介绍了一些防渗墙施工的新工艺、新材料、新技术、新设备等,以及今后发展趋势。

本书适合广大从事水利工程的设计、咨询、施工、监理科技人员和项目管理人员阅读参考。

前 言

随着水利科学技术的发展,水利水电工程的防渗技术也与时俱进,发生了巨大变化,取得了瞩目的成就。不仅防渗墙的类型不断增加,而且防渗墙的设计建造方法、设备和防渗材料也在不断改进。中小型水利工程具有小而全、专业多、工程规模小、造价低,工期短等特点,施工的规模虽然不大,但项目内容与大型工程相比基本一样,施工的要求及标准并不因此而降低。本书专门介绍中小型水利工程上常采用的防渗墙施工工艺技术。

我国水利水电混凝土防渗技术,从无到有逐渐发展至今,通过大量实践,积累了丰富的经验,已能够在各种特殊地层中修建各种用途的混凝土防渗墙。在科学研究、勘测设计和施工技术及现代化管理方面也获得很大进展,解决了在复杂地质条件下建坝所遇到的规模较大的常规地基处理技术,某些技术达到了世界先进水平。混凝土防渗墙是最为适宜的最为可靠的工程防渗措施之一。

本书全面总结介绍了中小型水利工程混凝土防渗墙施工技术经验,为中小型水利混凝土防渗墙的设计、施工和项目管理等领域提供方法、思路和经验。不仅对防渗墙的类型、施工工艺和施工机具等施工技术进行了详尽的总结,还对混凝土防渗墙的墙体材料、护壁泥浆的特性机理和施工特点等与工程实践有关的问题进行了论述。通过工程实例资料,反映了我国目前中小型混凝土防渗墙施工技术状况。

全书共十四章。第一章为概述,介绍了混凝土防渗墙的发展和应用前景;第二章为防渗墙的类型与施工机具,介绍了防渗墙各种类型和各种成槽机具;第三章为防渗墙施工准备,主要提出防渗墙的施工部署、防渗墙导向槽工作平台和风、水、电的规划布置;第四章为泥浆制备及护壁,分别阐述了泥浆护壁机理和泥浆拌制材料特性、泥浆性能分析及测定、泥浆配合比选定与制备等内容;第五章为防渗墙的成槽工艺,简要地介绍了各种成槽方法和工艺流程;第六章为槽段接头技术,介绍了目前我国中小型水利防渗墙接头孔施工方法和机具;第七章为成墙质量检查与验收,包括槽孔验收和质量检测;第八章为清孔换浆的质量检查与验收,包括清孔质量要求与控制、清孔换浆方法等;第九章为泥浆下混凝土浇筑,系统地介绍了混凝土浇筑的工艺流程;第十章为防渗墙墙体材料,着重论述了防渗墙墙体材料的要求和特点;第十一章为墙体内预埋件埋

设,分别说明了原位观测仪器和钢筋笼埋设方法;第十二章为防渗墙质量控制与检查;第十三章介绍了施工事故的预防与处理;最后一章为中小型混凝土防渗墙的工程实例,分别介绍了两个永久工程的成功实例。

本书在编写过程中引用了一些工程的施工、设计和科研成果报告等资料,在此谨对上述报告的编撰者表示谢意。在编写过程中,坚持理论联系实际,内容简明扼要,针对性和操作性较强,可供中小型水利工程的防渗墙项目专业技术人员参考。这里得感谢浙江大学出版社、浙江省水电勘察设计院、浙江省水利河口研究院、葛洲坝集团基础工程有限公司、浙江乐清市钟前水库除险加固工程建设指挥部等领导和专家的指导、帮助和支持。

由于编者水平有限,加之时间仓促,尚有不少疏漏之处,敬请读者批评指正。

作 者

2014 年 2 月

目 录

第一章 概述	(1)
一、防渗墙的概念与作用	(1)
二、防渗墙的施工技术发展及应用前景	(1)
三、混凝土防渗墙发展趋势	(2)
第二章 防渗墙类型及施工机具	(4)
一、冲击钻机	(4)
二、抓斗挖槽机	(8)
三、多头钻式挖槽机	(9)
四、回转式正、反循环钻机	(10)
五、双轮铣钻机	(10)
六、射水法造墙机	(10)
七、锯槽成墙机	(11)
第三章 防渗墙的施工准备	(12)
一、防渗墙的施工程序	(12)
二、施工槽段的划分	(12)
三、导墙(导向槽)及施工平台的施工	(14)
四、施工用电的设计及安装	(20)
五、施工供水	(22)
第四章 泥浆制备及护壁	(24)
一、泥浆护壁的机理和功用	(24)
二、泥浆的组成材料及特征分析	(26)
三、泥浆的各项性能及测定	(32)
四、泥浆配合比试验及优质泥浆的判定标准	(40)

第五章 成墙(槽)工艺	(47)
一、冲击钻机造孔法	(47)
二、钻抓法	(52)
三、多头钻式挖槽机	(55)
四、双轮铣钻机	(56)
五、回转式正、反循环钻进成墙	(57)
六、高压喷射注浆成墙	(58)
七、其他几种成槽方法	(58)
八、特殊复杂地层的钻进	(60)
第六章 槽段接头施工技术	(62)
一、钻凿接头法	(62)
二、反弧法	(63)
三、接头管法	(64)
四、接头箱法	(68)
五、工字形钢板接头	(68)
六、组合钢模接头	(68)
七、体积替代法(或叫占有法)接头	(69)
八、铣削法接头	(69)
九、其他接头法	(69)
第七章 成槽质量控制与检查	(71)
一、孔位控制及检查	(71)
二、孔宽及孔形的检查	(72)
三、孔斜检查	(73)
四、孔深检查及终孔入岩控制	(76)
五、成槽验收	(77)
第八章 清孔换浆质量控制与检查	(79)
一、清孔换浆目的和质量要求	(79)
二、清孔换浆方法	(80)
第九章 泥浆下混凝土浇筑	(86)
一、浇筑前各项准备工作	(86)
二、混凝土浇筑	(90)

第十章 水利工程防渗墙墙体材料	(94)
一、墙体混凝土的分类及特性	(94)
二、混凝土墙体材料的特点	(98)
三、混凝土原材料	(99)
第十一章 槽体内钢筋及埋设件安装埋设	(110)
一、钢筋笼制作工艺	(110)
二、预埋管与预留孔	(112)
三、墙体内观测仪器的埋设	(114)
第十二章 防渗墙质量控制与检查	(118)
一、工序质量控制及检查	(118)
二、成墙质量检测	(119)
三、墙段之间套接质量与接缝质量的检查	(123)
四、墙底与建基面接合质量的检查	(124)
五、墙身埋设件质量的检查	(125)
第十三章 施工事故的预防与处理	(126)
一、导墙及施工平台严重变形或底部坍塌	(126)
二、塌孔及漏浆	(127)
三、孔斜	(130)
四、浇筑过程槽孔内事故预防及处理	(132)
第十四章 中小型水利工程防渗墙实例	(140)
一、余姚梁辉水库混凝土防渗墙	(140)
二、乐清钟前水库除险加固工程	(143)
参考文献	(153)

一、防渗墙的概念与作用

水利水电防渗墙工程是指利用钻凿机、挖槽机械等专用机具,在土石坝、堰、闸等水工建筑物松散透水性地基中,以泥浆固壁分段造孔成槽,在槽孔内泥浆下浇灌混凝土或回填其他防渗材料筑成的可起防渗或承重作用的地下墙形建筑物。防渗墙按分段成墙,许多墙段按一定方式连成一道整墙。它是对地基中进行垂直防渗处理的工程措施之一。在墙体内部设置钢筋笼的混凝土防渗墙,就统称为地下连续墙,防渗墙虽则也属于地下连续墙的范畴,但其要求的防渗功能与一般起承重、挡土作用的地下连续墙作用是有所不同的,故对墙体材料的要求也不同。因墙体回填材料绝大多数为混凝土料,故平常一般称为混凝土防渗墙,在中小型水利水电工程中得到了广泛应用。本书介绍的防渗墙施工技术如没有特别说明,就是指泥浆固壁,用直升导管法浇筑混凝土的防渗墙。

我国中小型水利水电工程混凝土防渗墙的设计厚度一般为 60~80cm,深度可达百米以内。在堤防工程中常用厚 30~40cm 的薄壁防渗墙,与墙体长度和深度相比成为典型的薄板墙。尽管防渗墙嵌入地下较深,墙体受力复杂,其侧向推力(剪切力)主要由墙两侧围土承担,但为改善墙体的内应力状态,防止墙体开裂,使墙体更好地适应地基土变形的需要,在设计 and 施工时应尽可能地降低墙体材料的弹性模量与强度的比值。水利电力防渗墙工程主要有两大功能,其一是截渗,将有限的水资源充分利用;其二是改变地下水渗流状态,确保水工建筑物及其基础的渗流稳定,从根本上解决渗流破坏问题。防渗墙的底部一般要求嵌入基岩或相对不透水层一定深度(悬挂式不需入岩),其顶部及两侧通过设置止水材料后与构筑物防渗设施连接。如此构筑的防渗体系,能基本截断或减少地基中的渗透水流,对防止渗漏、保证地基稳定,确保堤闸等水工建筑物的安全,充分发挥工程效益起着十分重要的作用。防渗墙由于具有承受水头压力大、防渗性能可靠、适合各种地层且施工条件日趋成熟等优点而广泛应用于中小型水利水电工程的防渗处理。

二、防渗墙的施工技术发展及应用前景

混凝土防渗墙的建造技术在 20 世纪 50 年代始于意大利等欧洲国家,随后墨西哥、加拿大和日本等一些国家相继引进开发。在此以前,我国在坝基处理方面对较浅的覆盖层大多采用基坑大开挖后再回填黏土截渗体的办法。如覆盖层较厚,上述办法难

以满足要求,因而只能采用水平防渗等其他方法勉强解决渗流问题,其效果不理想,质量也难以保证。^[19]

1959年起借鉴国内外一些资料和其他行业施工经验,经过广大参建人员近一年的时间的共同努力,依靠自己的力量,在山东省青岛市月子口水库在砂砾石地基中首次建成了桩柱式防渗墙。该墙施工核心工艺是利用冲击钻机配备十字钻头进行冲击造孔、泥浆护壁、正循环除渣完成的。它的成功实施为地基防渗墙施工技术快速发展奠定了坚实的基础。^[19]

在青岛市月子口防渗墙经验的带动下,为解决北京密云水库深厚松散坝基的防渗难题,从1958年开始,经过了近一年的试验研究,成功修建了我国第一道槽形混凝土防渗墙。同时探索出一套如今尚在使用的传统的具有我国自主特色的主副孔“钻劈法”,抽筒出渣、分期造槽成墙的施工工艺和建墙机具,为随后的毛家村、南谷洞、十三陵、碧口等大坝混凝土防渗墙施工提供了规范性方法。

在以后几年内,先后建成了贵州猫跳河四级窄巷口水电站双曲拱坝第四纪冲积层地基防渗墙、四川渔子溪一级水电站拦河坝基础防渗墙(首次用了泥浆下对大直径漂卵石定向聚能爆破方式)、甘肃金川峡水库大坝加固中穿透坝体黏土芯墙建成了我国第一道坝体心墙内的防渗墙等数座有较大影响的防渗墙。20世纪70年代中期,我国已累计建成槽深40m以上的混凝土防渗墙多达15座,总截水面积达16万余 m^2 。截至1986年底,中国在水利工程中已建成75道混凝土防渗墙,总截水面积约50万 m^2 ,最大墙深74.4m,最大墙厚1.3m。建成后经运行数十年运转,表明防渗效果良好,部分工程迄今仍在发挥着防渗功能。

在取得经验的基础上,在1963年由原水利电力部水利水电建设总局编制颁布了《水工建筑物砂砾石基础槽孔混凝土防渗墙工程施工技术规范》,这是我国第一部防渗墙施工技术规范。它的颁布实行,规范了施工行为和质量技术标准,为日后防渗墙的快速发展和有着巨大的推进作用。此后分别在1979年和1996年对上述规范进行了二次修订,形成了《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》(SDJ82-79和SL174-96)规范。而SL174-96规范仍然通用于水利部行业。这些规范及时总结了混凝土防渗墙技术发展的成果,对指导我国水电水利行业防渗墙的施工,推广应用新技术、新材料和新工艺,保证工程质量起到了重要作用。近年来,我国的防渗墙技术又有了长足的进展,特别是在三峡、小浪底等国家重点工程中创造了许多新经验。在总结国内混凝土防渗墙的施工新技术的基础上并结合国外工程经验由国家发改委编制颁布了《水利水电混凝土防渗墙施工规范》(DL/T5199-2004),这是目前最新的防渗墙施工规范。

三、混凝土防渗墙的发展趋势

数十年来,我国水利水电混凝土防渗墙技术,从无到有逐渐发展至今,通过不断的探索实践,无论在科学研究、勘测设计,还是在施工实践管理等方面都积累了丰富的经验,都取得了长足的发展,达到了相当高的水准。解决了不同工程需求和不利水文地质条件下成功建成防渗墙的技术,在各类复杂地层中,如纯砂层、深厚淤泥层、密集孤石

层、地下溶洞通道、水下抛填松散的砂砾石层,均能成功地建成了混凝土防渗墙。在 20 世纪 80 年代自力更生地成功地建成了像葛洲坝三峡混凝土防渗墙、黄河小浪底主坝混凝土防渗墙、铜街子左深槽防渗墙,水口围堰防渗墙等大型防渗墙工程,这些混凝土防渗墙创造了多项施工技术革新和发明专利,使我国混凝土防渗墙施工达到了崭新的高度。当前混凝土防渗墙已是覆盖层地基和土石坝工程的主要防渗措施,并且扩展到其他领域,而且防渗墙技术不断向深度、难度和广度发展,取得新的进展。在水利混凝土防渗墙施工中,应加强施工技术的应用与管理,严格质量检查制度的执行,解决工程中出现的安全隐患,从而保证工程达到设计规范标准。随着国家对水利事业更加重视,对水利水电工程中的混凝土防渗墙工程,会不断提出更高更新的要求,在新装备、新工艺、新材料,自动控制等关键技术迎接新的挑战。开展协同攻关,不断地总结经验,找出与国外先进技术的差距,加强在造孔机具、墙体材料、接头孔施工方法、护壁泥浆、防渗墙质量检测 and 墙内观测仪器等方面的理论研究探索,以促进防渗墙技术的持续、全面的发展。混凝土防渗墙将向以下几个方面发展。

1. 随着高水头堰坝的建造需要,混凝土防渗墙的规模越来越大,墙体更深、更厚,施工难度更大;薄壁防渗墙因基造价相对较低而越来越多地应用到堤防工程和中小型水利水电工程上。

2. 不断研发新型墙体材料,满足不同建筑构造的需要,高强低弹模混凝土和塑性墙体材料的研究是个发展趋势。

3. 施工工艺更加完善多样,施工机具更加齐全,装备更加先进,自动化控制程度更高,节省大量的劳动力,提高工效、减轻劳动强度是个发展趋势。

第二章

防渗墙类型及施工机具

防渗墙按施工方法分类可分为:冲击钻钻进造槽孔方法、回转钻进造槽孔法、抓斗开槽孔法、高压喷射注浆法、预制墙板装配式、板桩灌注法、切槽法和射水法等。

按墙的水平截面的形状可分为四种。①圆桩柱型(圆孔型),垂直接缝多,有效厚度小,20世纪60年代以后已很少采用;②墙板型(槽孔型),相邻两块墙板套接厚度与中间墙厚相同,适用于深度小于60m的墙;③混合桩柱型(圆孔与双反弧形孔混合型);④墙板桩柱混合型(槽形孔与双反弧形孔混合型)。后两种墙型先行建造的圆形桩柱或墙板可起导向作用,较易于保证连接处厚度达到中间处墙厚,适用于深度大于60m的墙。加拿大马尼克三级坝的深度达131m的混凝土防渗墙就是混合桩柱型墙,是世界上深度最大的混凝土防渗墙。

我国水利水电工程防渗墙主要的施工机具可分为钻机和抓机两大系列。其钻机类可分为冲击式和回转式两类,抓机类可分为钢丝绳抓斗和液压抓斗两类。按护壁泥浆在槽孔内流动方向进行分,可分为正循环、反循环和不循环三大类机械。其中,回转式正、反循环钻机,冲击式正、反循环钻机属于钻机系列,抓斗挖槽机、多头钻式挖槽机、双轮液压洗机等属于抓斗系列。为适应各地层和工程的场地、工期和成本方面的实际情况的不同,先后开始研发改进或引进各种造孔机具。^[19]

一、冲击钻机

其造孔机理是:它是由20~50kW的大功率电动机作为动力,通过一系列变速和曲柄连杆传动机构,以一定的频率带动钢丝绳提升重约1.3~2.0t的“十”字型钻头,在泥浆固壁下槽孔内作自由落体运动时产生的冲击动能,持续不断地冲击、压碎地层,使地层中的土石块被击碎、解小或溶化。与此同时,泥浆又将被击碎的钻渣悬浮起来,由特制的抽砂筒或抽砂泵抽携出孔外,在地层中形成直径等同钻具,又有一定深度的钻孔,通过对地层不断的冲击钻凿以获得进尺。

冲击式钻机我国最早和使用最广的混凝土防渗墙成槽机械,即使在先进机械不断涌现的今天,也有它的一席之地。它适用性强,不仅适用于一般的软弱地层,尤其对砂卵石、大块石、基岩、地下障碍物的造孔是其他机械难以代替的,对地层适应性强。如配合聚能爆破或钻孔爆破等辅助措施,对这种地层钻进效果更好,效率更高。冲击钻机工效相对较低,但由于结构简单可靠,价格低廉,操作及保养维修方便,所以一直沿用至今。我国的中小型水利水电大部分混凝土防渗墙都是由这种钻机来完成的。目前,在我国用该钻机所完成的墙体厚度已达1.3m,成槽深度已达100m以上。^[19]

冲击机构是该种钻机最主要的部件,包括冲击齿轮、压轮、导向轮、主动轮和冲击梁等组成。冲击齿轮被驱动后,带动轴和固定在轴上的两个曲柄回转。两根连杆的下端以销轴与曲柄铰接,上端与框架式双臂冲击梁、支臂相铰接。曲柄回转时,通过连杆带动冲击梁、支臂轴上的压轮绕导向轮轴作圆弧形上下摆动。冲击梁向下摆动时,压轮下压钢绳;将冲击钻具提离孔底一定高度;压轮随冲击梁向上摆动时则松开钢绳,冲击钻具在重力的作用下加速降落而冲击孔底岩层。如此循环往复,实现冲击钻进。该曲柄机构经过改进,使用液压缸代替曲柄,改进后具有简单、省时、安全等优点,即:原机构只有四级冲程高度,现在可以实现无级调节,不用人工铰接调高度,冲击效率高和成本降低。

1. CZ 系列冲击钻机

我国早期生产的冲击钻机多为从原苏联引进或改造后的机型,主要有四种型号,即 CZ-18、CZ-20、CZ-22、CZ-30 型。该系列冲击钻机多由山西某厂生产。其中 CZ-22 和 CZ-30 两种机型使用最多,其十字平底钻头重约 1.3~3.5t,直径可以在 0.4~1.4m 之间,可满足不同墙体厚度、深度和不同地层的钻凿需要。^[19]

鉴于老式机型存在动力小、主绳直径细小、提升力不足、制动力弱、操作不方便、使钻进深度受限、冲击部分易损和主轴连轴器易损等缺点,针对性地做了大量的改进。其中 CZ-22 加强 B 型钻机在加大离合器后可提升钻具达 5~8t,充分满足了大孔径桩孔和较深防渗墙的造孔要求。

表 2-1 CZ 系列冲击钻机参数表

型号 参数	钻孔 直径 (cm)	钻孔 深度 (m)	电机 (kW)	冲程高 度 (mm)	钢绳 直径 (mm)	宽×长× 装车高 度 (m)	大卷扬 提升力 (t)	冲击 数数	桅杆 高度 (m)	重量 (t)
CZ-22	55	300	J073-6 级 20	350~1000	22	2.33×8.6 ×2.75	2.0	40、45、50	12.3	钻具 1.3, 钻机 7.0
CZ-22 (改进型)	100	250	30	350~1000	26	2.33×8.6 ×2.75	2.5	40、45、50	12.3	钻具 1.5, 钻机 7.0
CZ-22A	80	300	30	350~1000	26	2.33×8.6 ×2.75	2.5	40、45、50	12.3	钻具 1.6, 钻机 7.5
CZ-22B	100	300	37	350~1000	26	2.33×8.6 ×2.75	2.5	40、45、50	12.3	钻具 1.6, 钻机 7.8
CZ-22S	120	300	45	350~1000	26	2.33×8.6 ×2.75	2.5	40、45、50	12.9	钻具 2.0, 钻机 8.5
CZ-30(Ⅱ)	150	500	45	350~1000	26	2.66×10 ×3.5	2.5	40、45、50	14.0	钻具 2.5, 钻机 13.8

2. ZZ 系列冲击钻机

该系列冲击钻机主要是河北保定某机械厂定型生产,主要产品型号有 ZZ-350、ZZ-5、ZZ-6A、ZZ-7 这几种,其各项主要参数如下表。

表 2-2 ZZ 系列冲击钻机参数表

型号 参数	钻孔 直径 (cm)	钻孔 深度 (m)	电机 (kw)	冲程 高度 (mm)	主轴 直径 (mm)	宽×长× 装车高度 (mm)	大卷扬 提升力 (t)	冲击 数数	桅杆 高度 (m)	重量 (t)
ZZ-350	60	300	6 级-37	800	110	2150×4000 ×26550	6	37~39	8~10	钻具 2
ZZ-5	40~ 180	280~ 80	6 级-55	800	110	2200×4500 ×2650	前 20.1 后 6.8	36~40	8	钻具 4, 钻机 9.5
ZZ-6A	40~ 200	300~ 80	6 级-75	1000	110	2280×5000 ×2750	前 20.1 后 10.9	36~40	8	钻具 5, 钻机 10.5
ZZ-7	120~ 280	150~ 60	6 级-90	1200	120	2350×5500 ×2950	前 24.1 后 13.0	34~36	9	钻具 9, 钻机 13.0

3. 冲击式反循环钻机

早期的混凝土防渗墙施工大多采用一种最简单、最原始的正循环钢丝绳冲击式钻机造孔方法。此类钻机虽然具有适应性强、冲击力强、结构简单等优点,但旧式的冲击钻机没有机械控制的连续冲击机构,仅仅依靠钻机工手动操作离合器的合上和脱离,再由橡胶管向孔底供浆,携带钻渣的泥浆由孔口溢出。泥浆经沉淀除渣后再重复利用,但泥浆流速慢,大颗粒的石渣不易排出,因此,存在工效低、泥浆回收率低、污染环境等缺点。在此基础上,为改变这种落后的工艺,20 世纪 90 年代中期研制成功并生产应用了冲击反循环钻机。^[19]

CZF 系列冲击反循环钻机是这类钻机的典型产品,包括 CZF-1200、CZF-1500、CZF-2000 等几大类。是 1994 年由中国水利水电基础工程局科研所研制成功,并在三峡一期围堰和河南小浪底、四川冶勒电站等防渗墙工程中进行了试验应用,取得了宝贵的成功经验。它们在冲击钻的机型上,保留并改进了原钻机的冲击机构,去掉了抽砂筒非连续排渣及泥浆不能回收的落后工艺,使其具有连续冲击反循环的功能。冲击反循环的工作原理是将传统钻机的单钢丝绳改为双钢丝绳悬吊钻具,以让出钻孔和钻头中心,插入排渣管,特别适应防渗墙槽段双反弧接头孔施工的需要。通过研制的双绳同步机构解决了悬吊钻具的两根钢丝绳始终等长,使钻头始终保持在平衡状态中冲击钻进。用同步动作的双钢丝绳吊着直径等同槽宽、重约 1.5~3t 的中空或十字钻头,以一定的频率、冲程连续冲击钻凿地层。而被击碎的钻渣与泥浆一起通过钻头上的排渣管,由安装在槽孔口的砂石泵抽吸到泥浆回收净化系统后,将粒径较大的钻渣颗粒筛除,净化后的泥浆经检测合格后,又可返回至槽孔中重复使用。这样周而复始不断获得进尺。^[19]

主要机具有:同步双卷扬系统、曲柄连杆冲击机构、反循环砂石泵组、泥浆净化系统、十字钻头(管钻或套筒式钻具、双反弧钻头)和排渣管道等。

它的使用特点是:①在各种工况下,均能保持悬吊钻具的双钢丝绳的平衡并稳固,结构简单可靠,操作方便;②冲击力强,反循环排渣工艺使孔底淤积物减少,较好地解决了其他循环方式对孔底重复钻凿的困难,提高了钻进效率,且成槽(孔)质量高,同时减少了钻具、配件和钢丝绳的磨损消耗。成槽深度可达 100m 以上;③由于泥浆经净化后

回收利用率较高,降低了成槽(孔)成本。由于这种钻机适应黏土、砂砾卵石、岩基等大部分地层,又能利用原有钻机设备,通过投入不大的改进,又设置了反循环的装备,故在水电工程防渗墙施工,尤其是在砂砾石地层中钻进有着巨大的应用市场。如果用这种钻机与抓斗配合,作用效果更佳。^[1]

表 2-3 CZF 系列冲击反循环钻机主要性能参数表

项目	CZF-1200 型	CZF-1500 型
钻孔直径(cm)	120	150
最大钻孔深度(m)	80	100
主电动机功率(kW)	30	45
钻机重量(t)	8.3	12.5
排渣管型式	卡式密封快速	卡式密封快速
排渣管尺寸	接头 6"	接头 6"
主卷扬提升能力(kN)	20	30
最大冲程(mm)	1000	1000

随着该类钻机的广泛应用,通过不断改进完善,目前已生产出了更多的此类钻机,如河北邯郸探矿机械厂与有关科研院校研制生产的 GCF 系列冲击反循环钻机也获得了比较大的成功。^[2]

该系列钻机在传动结构和反循环工艺上一改以往冲击反循环工程钻机的传统模式。其独到之处:提排渣管卷扬与冲击大齿轮共用一轴,使结构更加紧凑;桅杆工作时处于垂直状态,受力情况更加合理;采用直径 1m 的天轮,既解决了大口径施工问题,又使钢丝绳弯曲半径加大,延长钢丝绳寿命;可采用双管射流反循环工艺,利用双管环隙向孔下补浆,利用内管吸浆排渣,只在钻孔底部形成旋涡,提高护壁功能,尤其适用于易坍塌地层,实现反循环工艺的突破。该机采用纯机械传动,布局合理,结构紧凑,传动效率高;采用传统的曲柄连杆冲击机构,工作稳定。具有可靠操作方便、高效和轻便等特点。

表 2-4 GCF 系列钻机技术参数表^[2]

	GCF-12	GCF-18	GCF-24
钻孔直径(mm)	1500	2000	2500
钻孔深度(m)	70	70	70
钻头重量(kg)	2800	3500	5500
冲程(mm)	800、900、1000	800、900、1000	800、900、1000
冲击频率(次/min)	40	40	40
钻塔高度(m)	7.7	7.7	7.7

续表

	GCF-12	GCF-18	GCF-24
主电机功率(kw)	45	55	90
主机重量(t)	8.5	9.5	12.0
排渣方式	单、双管正反循环	单、双管正反循环	单、双管正反循环
运输尺寸(mm)	7720×1530×1550	7720×2200×1550	7720×2200×1550
射流泵型号			

二、抓斗挖槽机

1980 年,为了加快葛洲坝大江围堰防渗墙的施工速度,从日本引进了一台全液压履带式导板抓斗,在防渗墙施工中发挥了较大作用,在国内成功开创了抓斗机成槽的先例^[19]

随后,我国研制了性能相类似的液压导板抓斗和钢丝绳抓斗。在一般细颗粒地层中以液压开闭抓斗,可连续进行挖槽作业,如遇到坚硬或大块石地层,可配合冲击钻冲抓造孔。用这些抓斗配合冲击钻机,采用“两钻一抓”或“三钻一抓”施工法,其原理为:先用冲击钻机钻凿主孔,再用抓斗抓取副孔中的地层,此后,防渗墙施工中,发挥了重要作用。^[19]

在吸取学习国外如德国宝峨等先进设备的基础上,大胆改进,生产出适合我国多层施工的国产抓斗。以上海金泰工程机械有限公司、宇通重工、上海宝峨机械有限公司、玉柴公司等国内大公司为代表的众多生产厂家,在地下连续墙和水利防渗墙施工中占据主导地位,逐步代替了国外进口设备。

上海金泰工程机械有限公司生产 SG 系列液压连续墙抓斗是用于基坑围护、堤坝防渗、船坊围堰等形成地下连续墙的专用设备。同时也可用于施工方桩。具有更强的施工机械化程度,便捷的整机移位方式,安全舒适的操作环境,更高的作业稳定性,优越的性价比。抓斗上的推板纠偏方式比重力纠偏方式具有更大的结构优越性,抓斗体的复位更方便、更快捷。主要有 SG-22、-25、-35A、-35C、-40A、-46、-46E 和 SG-50、-60 等九种七个型号抓斗产品。

表 2-5 SG 系列抓斗机参数表

型号 参数	成槽 宽度 (m)	成槽 深度 (m)	最大 提升力 (kN)	抓斗 重量 (t)	主机 重量 (t)	总高度 (m)	最大 提升 高度 (m)	运输尺寸: 高×长×宽 (m)	发动机 功率(kW)
-22	0.30~0.6	45	220	6~10	45	15.0	13.0		125
-25	0.30~0.6	45	250		45				133
-35A	0.35~1.2	60	350		58.0				194