

# BJS - L50 型深层搅拌地下连续墙施工装备 及其经济和社会效益分析

陈兆霞

(北京江河水利水电技术发展有限公司,北京 100025)

**摘要:**论述了 BJS - L50 型深层搅拌地下连续墙施工装备结构特点、技术特性及性能参数,结合工程实践对其进行经济效益和社会效益分析,从而说明该装备较适合中国国情,易于推广,应用前景广阔。

**关键词:**深层搅拌;地下连续墙;施工装备;经济效益;社会效益

**中图分类号:**TV543<sup>\*</sup>.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1672 - 7428(2009)01 - 0027 - 04

**BJS - L50 Construction Equipment of Deep Mixing Continuous Underground Wall and the Analysis on Its Economical and Social Benefits/CHEN Zhao-xia** (Beijing Jiange Water Conservancy and Hydropower Development Co., Ltd., Beijing 100025, China)

**Abstract:** The paper introduced BJS - L50 construction equipment of deep mixing continuous underground wall on its structural features, technical specifications and performance parameters, analyzed the economical and social benefits with engineering cases.

**Key words:** deep mixing; continuous underground wall; construction equipment; economical benefit; social benefit

## 1 BJS - L50 型深层搅拌地下连续墙施工装备概述

BJS - L50 型深层搅拌地下连续墙施工装备是“十五”国家重大技术装备研制项目(研制单位:北京振冲江河截渗技术开发有限公司,专题合同编号:ZZ02 - 03 - 04 - 05),经鉴定,达到国内领先水平。本装备利用深层搅拌原理,结合深层搅拌和高压喷射 2 种工艺方法,研制较大施工深度的施工机械装备,最大施工深度可达 50 m,不仅能满足南水北调、江河堤防和病险水库大坝的防渗墙施工需要,而且可用于市政工程,如垃圾场防渗、基坑防渗等。该装备已在山东东平湖围坝除险加固工程、山东沂水县综合治理截渗工程等项目中成功应用,完成防渗面积 30 余万平方米。

### 1.1 结构特点

本装备由主机和主要配套装置组成。

#### 1.1.1 主机的基本结构

(1) 机架:由上下底盘组成,上底盘用于支撑主机上所有的部件,下底盘可通过液压装置可使上下底盘之间作前后左右的相对运动;

(2) 立柱及滑板:滑板沿着立柱两侧的滑道带动钻杆上升、下降;

(3) 稳定杆:支撑立柱作用;

(4) 主传动系统:钻杆旋转的动力系统;

(5) 钻具:分左旋和右旋钻头,起钻进搅拌作用;

(6) 操作室:电器系统和液压系统的操作手柄均布在操作室内,可发送操作指令;

(7) 液压系统:由液压马达及各高压油管组成,起升降钢丝绳、伸缩支腿油缸作用;

(8) 电器系统:由 110、15 和 5 kW 三个电机及一些电器元件和线路组成,为整机提供动力;

(9) 供浆系统:由制浆罐、储浆罐、高压浆泵及管路组成,为钻头供水泥浆。

#### 1.1.2 主要配套装置

主要配套装置包括:高喷装置、制浆机、钻机、高压泥浆泵等。

#### 1.1.3 装备结构特点

(1) 钻具系统:一机有 3 或 5 个钻头,直径 370 ~ 570 mm,同时钻进一次成墙 960 ~ 1600 mm,每班成墙 150 ~ 200 m<sup>2</sup>,工效高,成墙效果好;防渗设备独特的联锁器装置,避免墙体桩位分叉现象。

(2) 升降系统:采用圆柱形桅杆,外形趋于多功能标准化桩架,可一架多用;采用钢丝绳升降方式,卷扬设计借鉴国外先进技术,速度范围宽,运行平

收稿日期:2008 - 07 - 25; 改回日期:2008 - 11 - 20

作者简介:陈兆霞(1964 - ),女(汉族),黑龙江齐齐哈尔人,北京江河水利水电技术发展有限公司副总工程师、高级工程师,机械制造专业,硕士,从事水利水电工程施工技术管理和施工设备技术开发工作,北京市朝阳区朝阳路 67 号财经中心 10 - 1 - 601, czxzy@sohu.com。

稳;钻杆旋转与提升动力相互独立,可以根据施工情况分别调整提升、旋转速度,满足各类型地质条件施工的需要,达到高效节能的目的。

(3)输浆系统:快速制浆站能在2 min内完成800 L的水泥浆液配制,1 min内完成浆液输送;供浆站能储存1600 L液浆。

(4)监测系统:主机系统与输浆系统统一控制,垂直度、钻深、进浆量等施工数据均是自动检测并通过电脑,显视在驾驶室内,内部还设有设备倾斜安全报警装置。电脑存储容量大,检测数据可以保存48 h,通过串行口进行输出,在室内进行微机处理。

1.2 技术性能参数(见表1)

表1 BJS-L50型地下深层搅拌连续墙设备技术参数表

主机	搅拌轴数量/个	3或5
	钻头直径/mm	370~570
	搅拌旋转速度/(r·min <sup>-1</sup> )	20~80
	最大扭矩/(kN·m)	42
	提升能力/kN	200
	提升高度/m	30.3
	提升钻进速度/(m·min <sup>-1</sup> )	0.3~2.0
	最大钻进深度/m	26.5
钻机	立轴最大扭矩/(kN·m)	2.76
	钻机钻进深度/m	≥50
辅助设备	提升力/kN	14.7
	提升速度/(m·min <sup>-1</sup> )	0~0.3
	摆喷角度/(°)	32,40(利用电机正反转任意调整)
	接管施工最大深度/m	50
	高压泵	流量/(L·min <sup>-1</sup> ) 压力/MPa
制浆机	灰浆泵量/(L·min <sup>-1</sup> )	22~100
	灰浆泵工作压力/MPa	0.5~2.0
整机	设备总功率/kW	<180
	最大施工深度/m 质量/t	50 50.5

2 技术特性

2.1 成墙原理

深层搅拌地下连续墙成墙原理是机械式深层搅拌和高压喷射式深层搅拌工艺的结合,是利用水泥土的固化机理,针对不同施工深度和土层分别采用机械式深层搅拌和高压喷射式(流体切削)搅拌的一种施工方法。机械式深层搅拌是在施工深度<25 m的土层中,使用BJS-L50型主机钻进、喷浆(较低供浆压力)、搅拌,而后提升、喷浆、搅拌至地面;高压喷射式深层搅拌是在施工深度>25 m的土层中,或施工深度<25 m的砂砾石层中,使用BJS-L50型设备配套的钻机按照设计孔距及孔深钻孔,然后再使用高喷搅拌机下管、接管,至预定深度后,

按照设计喷浆角度喷浆(较高供浆压力),同时提升至设计深度。机械式搅拌和高喷搭接部位采取摆、旋喷结合的方式施工,即摆喷提升至机械式搅拌墙底高程以上不小于0.5 m处,再下管至机械式搅拌墙底,改用旋喷提升至机械式搅拌墙底高程以上不小于0.5 m处。上述过程所形成的地下连续墙由机械式深层搅拌防渗墙和高压喷射式搅拌防渗墙结合组成。图1为成墙垂直截面搭接示意图,图2为成墙横截面搭接示意图。

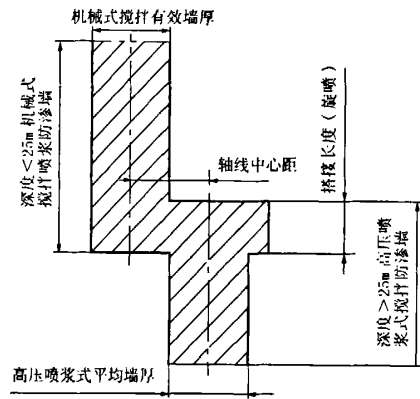


图1 成墙垂直截面搭接示意图

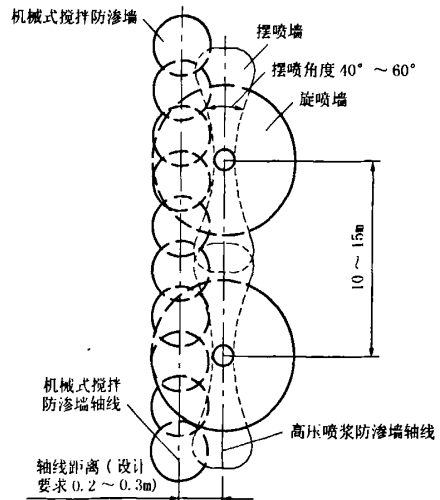


图2 成墙横截面搭接示意图

2.2 施工工艺

根据其成墙原理,施工工艺过程分为3大工序,第一工序为机械式深层搅拌成墙工序,即在钻头下沉和提升的同时边搅拌边喷浆;第二工序为定位、造孔工序,按设计孔距及孔深完成一定长度范围内的造孔工作;第三工序为高压喷射切削土体成墙工序,此工序施工又分为2个工步,第一工步是对单号孔

按顺序进行下管、接管、提升喷浆及回灌,第二步骤是在第一工步完成 24 h 后再对双号孔进行喷浆施工。施工工艺流程见图 3。

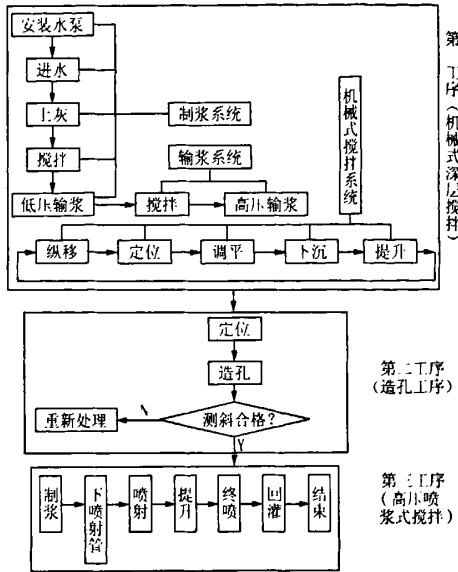


图 3 施工工艺流程示意图

### 3 经济和社会效益分析

#### 3.1 装备单台造价分析

本装备单台造价影响因素较多,一般包括生产成本(含人工费、材料费、外购件费、制造费等)、期间费用(含销售费、管理费及有关财务费用)、税金和利润。所以单台造价与生产批量密切相关,若生产批量大,则单台造价较低,一般在 200 万元/台左右;若生产批量小,单台造价较高,一般在 250 万元/台左右。目前样机单台造价为 240.75 万元,装备单台造价分析见表 2。

表 2 装备单台造价分析表

项目	金额/元	备注
人工费	180000	装备加工、人员工资
材料费	450000	材料
外购件费	700000	外购件包括电机、绞车、高压浆泵等
租赁费	120000	厂房、机器设备租赁费
其他费用	217500	除租赁费外的制造费用
期间销售费用	250000	广告费、销售人员工资、销售差旅费等
费用管理费用	170000	设计、开发、监造及管理人员工资及其他费用
税金	220000	增值税
利润	200000	
合计	2407500	

#### 3.2 施工单价

以山东东平湖围坝除险加固工程为例,统计分析计算施工单价。

#### 3.2.1 工程概况

东平湖围坝除险加固工程位于山东省梁山、东平和汶上三县境内,全长 88.30 km,坝顶高程为 46.39~47.29 m(黄海高程),坝顶宽 9~10 m,坝高 8~10 m,临湖坡 1:3,背湖边坡 1:2.5。本文所分析的加固围坝堤段位于东平湖围坝 55+00~77+300 桩号之间。东平湖属大(I)型水库,相应工程等级为 I 等 I 级。防渗墙总面积约 35 万 m<sup>2</sup>。原设计方案截渗墙深度在 22 m 以内时为深层搅拌地下连续墙方案,面积约 25 万 m<sup>2</sup>,深度 >22 m 时为砼防渗墙方案,面积约 10 万 m<sup>2</sup>。在施工过程中因砼墙施工困难,经试验研究,改为 BJS-L50 型深层搅拌地下连续墙施工方案。

#### 3.2.2 基础单价

人工单价和材料预算价格:根据水利部水总[2002]116 号文及水利部水总[2005]389 号文的有关规定计算,主要材料预算价格包括材料原价、包装费、运杂费、运输保险费和采购及保管费,主要材料水泥价格按 250.0 元/t 计,其他材料预算价格按照工程所在地区的工业与民用建筑安装工程材料预算价格。

施工用水价格 0.5 元/m<sup>3</sup>,用电价格 0.67 元/(kW·h)。

施工机械使用费:根据水利部水总[2002]116 号文《水利工程施工机械台时费定额》及水利部水总[2005]389 号文《水利工程概预算补充定额》计算。

#### 3.2.3 费用标准

其他直接费按直接费的 2.5% 计算,现场经费按直接费的 5% 计算;间接费按直接工程费的 5% 计算;利润按直接工程费与间接费之和的 7% 计算;税金按(直接工程费 + 间接费 + 利润 + 材料差价) × 3.22% 计算。

#### 3.2.4 施工单价

单价分析结果:机械式深层搅拌防渗墙为 98.14 元/m<sup>2</sup>,高喷灌浆钻孔(粘土、砂)为 45.28 元/m,高压摆喷为 216.15 元/m,高压旋喷为 364.57 元/m。深层搅拌地下连续墙综合单价为 125.20 元/m<sup>2</sup>。

### 3.3 直接经济效益分析

#### 3.3.1 方案变更经济效益

东平湖围坝除险加固工程原设计砼防渗墙施工单价为 234.62 元/m<sup>2</sup>,变更为深层搅拌地下连续墙,使用 BJS-L50 型施工装备进行施工,其施工综合单

价为125.20元/m<sup>2</sup>,比砼防渗墙低109.42元/m<sup>2</sup>,变更前砼防渗墙造价为2111.58万元。因变更设计方案比原方案节约投资984.75万元,节省达46.6%,方案变更带来显著的经济效益。表3为变更后深层搅拌地下连续墙造价计算。

表3 深层搅拌地下连续墙造价计算

项 目	单 价	工 程 量	合 价/元
机械式深层搅拌/m <sup>2</sup>	98.14	76140.00	7472379.60
高喷钻孔/m	45.28	41979.70	1900840.82
高压摆喷/m	216.15	7620.60	1647192.69
高压旋喷/m	364.57	679.90	247871.14
合计			11268284.25

### 3.3.2 替代进口装备效益

目前BJS-L50型成套设备可替代进口同类设备如SMW、TRD等工法所需设备。据调查了解进口设备原价为900~1400万元人民币,国内生产组价为600~800万元人民币。以每台600万元人民币计,则用BJS-L50型设备每台可节省360万元。

东平湖围坝除险加固工程,若使用进口设备来完成,同样工期条件下至少需3台设备,若用BJS-L50型成套设备替代则可节省投资1080万元。

### 3.4 社会效益分析

本装备同众多同类装备相比,具有施工工程效果好、效率高、造价低、无环境污染等优点。仅从工程造价方面来讲,每平方米防渗墙可节省造价100~200元。目前,我国每年需要加固的防渗墙不少于200万m<sup>2</sup>。若使用本装备每年可为国家节省资

金达亿元人民币。1998年长江及主要支流多处决堤,据分析主要是堤基管涌、渗水造成。近几年,我国仍有部分大江大河及水库出现渗水险情,这些险工险段若能及时得到防渗加固处理,减少堤防决口,则减免的洪水损失及抢险修复水利工程的损失不可低估,从而产生的间接社会效益难以估量。

## 4 结语

实践表明,本装设备造价低(每台套200~250万元)、成墙造价低(100~180元/m<sup>2</sup>)、操作简便、工效较高、工程效果能满足要求等优点,具有良好的市场前景、经济效益和社会效益,可广泛推广应用,较适合中国国情,同国外同等技术相比具有很强的竞争能力。目前,全国堤防总长25万km,其中需要加固的堤防有近1万km。我国共有8.4万多座水库,经水利部鉴定,有3万多座三类坝水库,有1346座水库被列为重点病险库。另外,工业与民用建筑的基坑支护止水、垃圾场防渗等也有大量防渗墙。据了解,近10年我国将建造500多个垃圾场。因此,本装备的市场前景广阔。

### 参考文献:

- [1] 刘保平,宋淑平.深层搅拌法的设计施工与应用[M].济南:济南出版社,2003.
- [2] 刘保平,陈兆霞.ZCJ-25型多头深层搅拌设备及应用[J].水利水电技术,2004,35(4):37-39.
- [3] 丛蓓森.地下连续墙的设计施工与应用[M].北京:中国水利水电出版社,2000.

(上接第26页)

(2) 润滑防卡效果好,在5in钻杆内顺利完成绳索取心任务,综合岩心收获率达到88%以上,确保了生产的连续性,加快了钻井速度,缩短了完井时间,减少了钻井液对煤储层的浸泡时间,取全取准了各项资料。

(3) 所选择使用的聚磺钻井液流变性动塑比高,进一步优化了钻井水力参数,有效防止了煤层井筒周围的剪应力过大或过小而引起的渗透率降低。减少了压力敏感性对煤层的损害。

## 4 结语

(1) 低密度聚磺钻井液采用强抑制、严封堵润滑防卡原理成功解决了和煤1井钻井过程的防塌、防污染、快速取心等技术问题,实现了全井安全快速钻进,达到了勘探的目的。

(2) 钻遇煤层,承压能力低,采用低密度聚磺钻井液性能的维护非常重要,尽可能维持密度下限。同时,必须要保证钻井液pH值较低(7.0~7.5),防止酸碱发生反应,伤害煤层。

(3) 在工程技术措施上,钻遇煤层,降低钻井泵排量 and 转盘转速,简化钻具结构,达到减少环空压耗的目的。在操作开泵循环时由小到大,起下钻严格控制速度,防止压力激动。

### 参考文献:

- [1] 赵庆波.煤层气地质与勘探技术[M].北京:石油工业出版社,1999.
- [2] 中油长城钻井有限责任公司钻井液分公司.钻井液技术手册[M].北京:石油工业出版社,2005.
- [3] 徐同台.21世纪初国外钻井液和完井液技术[M].北京:石油工业出版社,2004.