

# 移动式钢板结构导墙在沙那水库 除险加固工程施工中的应用

杨敏 马辉文 李洪涛

(中国水电基础有限公司,天津 301700)

**【摘要】** 本文从气候、地层、工期和成本四方面,对比分析了移动式钢板结构导墙与钢筋混凝土导墙在施工中的优缺点,最终决定在沙那水库除险加固第一标段工程中,采用移动式钢板结构导墙进行施工。文章论述了移动式钢板结构导墙的制作、工艺流程,分析了其在实际施工过程中的应用效果及优缺点,并总结了施工中需要注意的问题。

**【关键词】** 移动式钢板结构导墙;防渗墙;成本;应用效果

中图分类号: TV223.4+2

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)02-019-06

## Application of movable steel plate structure guide wall in the risk removal and reinforcement project construction of Sha'na Reservoir

YANG Min, MA Huiwen, LI Hongtao

(Sinohydro Foundation Engineering Co., Ltd., Tianjin 301700, China)

**Abstract:** In the paper, advantages and disadvantages of mobile steel plate structure guide wall and reinforced concrete guide wall in construction are comparatively analyzed from four aspects of climate, formation, construction period and cost. It is finally determined that mobile steel plate structure guide wall is adopted for construction in the first bidding section project of Sha'na Reservoir risk removal reinforcement. In the paper, the production and technological process of mobile steel plate structure guide wall are described. Its application effect, advantages and disadvantages thereof in actual construction process are analyzed. Precautions in construction are summarized.

**Key words:** movable steel plate structure guide wall; anti-seepage wall; cost; application effects

水利水电工程防渗墙施工中,导墙施工是防渗墙施工的第一步,是防渗墙施工之前修建的临时构筑物,是防渗墙施工必不可少的部分<sup>[1]</sup>,对确定防渗墙平面位置、混凝土浇筑高程的控制、储存泥浆和槽口稳定起着重要作用。通常情况下,防渗墙施工采用的导墙为现浇混凝土导墙。混凝土导墙具有易于施工、坚固牢靠等优点<sup>[2]</sup>。但是也存在施工周期长、造价较高等缺点,尤其在工期要求紧张、地质情况良好且槽孔深度较

浅的情况下,这种缺点尤为突出。而移动式钢板结构导墙则很好地弥补了这些不足。本文通过移动式钢板结构导墙在实际施工中的应用,分析移动式钢板结构导墙优缺点,为其今后在工程施工中的使用提供借鉴。

### 1 工程概述

沙那水库除险加固工程施工第一标段位于内蒙古自治区赤峰市巴林左旗北部浩尔吐河与乌尔吉沐沦河

汇合处,在地形上除各主要支流有部分河川平地外,其余均属于大兴安岭山脉南麓高山丘陵区,地处中温带,属干旱大陆性季风气候区,四季分明。春季风大、干旱少雨;夏季炎热而短促、多雨且集中;秋季凉爽、少雨;冬季寒冷漫长。水库大坝为均质土坝,大坝防渗工程防渗墙轴线位于上游坝坡,轴线长 942m,其地层情况由上到下分别为黏土层、砂砾石层、漂石混合土层。设计要求墙底深入漂石混合土层 1m。防渗墙成墙面积 2.2 万 m<sup>2</sup>。

## 2 方案的确定

### 2.1 气候因素

由于该项目的地理位置处于内蒙古东北地区,10 月中旬即入冬,4 月入春,冬季寒冷漫长,项目部 10 月底入场后,由于平均气温低于 -15℃,大部分临建工作都无法正常开展,只能进行施工平台土方填筑,且进度缓慢。如果使用钢筋混凝土导墙,必须等到第二年 4 月以后,才能具备进行导墙混凝土浇筑作业施工条件。而如果采用移动式钢板结构导墙,在低温条件下不影响焊接、安装工作,可以保证第二年 4 月平均气温高于 -5℃,达到防渗墙施工条件时,立刻投入使用。故采用移动式钢板结构导墙要优于钢筋混凝土导墙方案。

### 2.2 地层因素

沙那水库大坝建于 20 世纪 70 年代,为以黏土为主,夹杂砂砾石的均质土坝。该次除险加固防渗墙轴线位于上游坝坡,由于上部黏土层中夹杂砂砾石,土质过于松散,在防渗墙造孔过程中极易导致导墙下部塌孔漏浆,为降低施工的风险性,需对轴线位置的上部土体采用黏土进行换填,换填范围为 4m×4m。换填后的土体稳定性大大增强。在这种地层条件下,采用钢筋混凝土导墙或者移动式钢板结构导墙均可行。

### 2.3 工期因素

沙那水库除险加固工程合同工期为 2015 年 10 月 29 日—2016 年 9 月 30 日,包含了防渗墙、前坝和后坝坡重建、上坝抢险路、交通桥、草皮护坡、桥闸联建等施工内容,工期相当紧张。特别是根据本地历年的气候

记录,每年 6 月底进入主汛期。由于本地 1—3 月为极寒气候,无法进行临建及主体施工,直到 4 月 10 日才完成轴线土体换填施工任务,而此时由于考虑到汛期及业主的蓄水需求,项目部将防渗墙工期定为 2016 年 4 月 12 日—6 月 30 日。根据工期安排,若采用钢筋混凝土导墙,导墙施工就需要 60 个工作日左右,时间上已经不允许。而移动式钢板结构导墙的制作不受气温影响,在低温情况下也可以正常制作,制作正常施工所需的 7 套导墙仅需 20 个工作日左右。

### 2.4 成本因素

在前期方案选择阶段,项目部对两种结构形式的导墙制作成本进行了测算。

#### a. 钢筋混凝土导墙制作成本见表 1。

表 1 钢筋混凝土导墙制作成本统计

序号	项目名称	单位	数量	单价/元	合价/元	备注
1	螺纹钢	根	1200	91.8	110160	φ20
2	盘条	t	1.24	3200	3968	φ8
3	模板	块	200	120	24000	
4	C20 混凝土	m <sup>3</sup>	793.8	454.27	360599.53	C20 混凝土未做配比,按投标价格
5	导墙拆除	m <sup>3</sup>	793.8	120	95256	
	合计				593983.53	945m

#### b. 移动式钢板结构导墙制作成本见表 2。

表 2 移动式钢板结构导墙制作成本统计

序号	项目名称	单位	数量	单价/元	合价/元	备注
1	钢板	25mm	16.025	2800	44870	
2	螺纹钢、槽钢、角钢、角铁、圆钢、方钢、扁钢、钢板、钢丝绳	项	1	107450	107450	
3	氧气、乙炔	瓶	32	1390	1390	
	合计				153710	共计 7 套导墙

从成本方面考虑,采用移动式钢板结构导墙可节约成本:593983.53 - 153710 = 440273.53 元。

根据以上四个因素的综合分析,采用移动式钢板结构导墙用于该工程防渗墙施工要优于采用钢筋混凝土

土导墙,故导墙结构形式决定采用移动式钢板结构导墙。

### 3 移动式钢板结构导墙的制作

#### 3.1 导墙尺寸

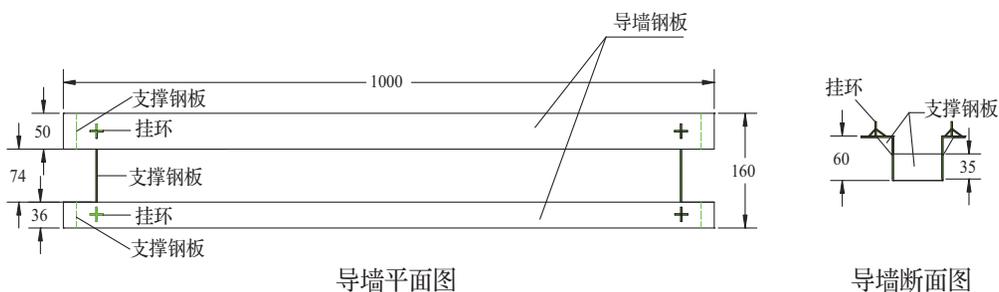
移动式钢板结构导墙为双倒 L 形结构,顶宽 0.36~0.5m,高 0.6m,混凝土防渗墙墙体设计厚度为 60cm,为便于下放成槽钻具,导向槽设计净宽 74cm,允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ <sup>[2]</sup>。由于槽段长度为 7.6m,导墙长度尺寸定为 10m。导墙平行于混凝土防渗墙轴线,且对称布置,其允许偏差为  $\pm 1.5\text{cm}$ ;导墙顶面高程允许偏差  $\pm 20\text{mm}$ 。四角设挂环用来固定钢丝绳,便于吊装、下设、起拔导墙。导墙两侧端头设固定桩孔,用于

穿入方木,增加导墙与土体的接触面积,防止遇到塌孔情况时导致导墙下陷。

#### 3.2 导墙制作

钢板结构导墙采用焊接拼装。按照导墙尺寸,由物资部采购 20mm 厚的钢板运至施工现场后,由现场加工人员使用手动氩弧焊焊接拼装。由于导墙长度达 10m,为了保证导墙结构的稳定性,避免在吊装、下设、起拔过程中导致导墙弯曲、变形甚至断裂,在墙身背面每隔 2.0m 加设一道三角形钢板强肋,保证钢板导墙的整体刚度。

移动式钢板结构导墙结构如图 1 所示。移动式钢板结构导墙外观如图 2 所示。



- 1、图中尺寸均以cm计
- 2、钢结构导墙均采用20mm厚钢板
- 3、导向槽净宽74cm、高度60cm、长度1000cm

图 1 移动式钢板结构导墙结构



图 2 移动式钢板结构导墙外观

## 4 施工工艺及应用效果

### 4.1 施工工艺

工艺流程图如图3所示。

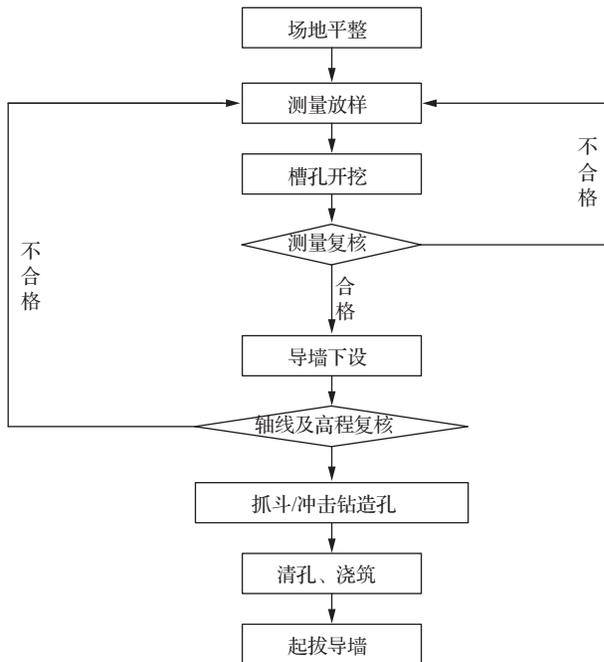


图3 移动式钢板结构导墙施工工艺流程

### 4.2 效果分析

根据投标文件、设计要求、工程工期和对地质资料的研究,项目部配备3台液压抓斗及2台套CZ-6A冲击钻机进行施工,根据成槽机械数量,项目部制作7个钢导墙,满足施工需求。工程主要采用液压抓斗进行造孔施工,在遇到坚硬地层抓斗无法满足进度要求的情况下使用冲击钻机配合液压抓斗造孔。通过实际施工检验,移动式钢板结构导墙完全能够满足工程正常造孔施工要求,可以承受冲击钻机产生的动荷载、静荷载。在浇筑过程中,也能够满足接头管的下设、起拔所需要的荷载承载力要求。成槽质量满足设计及规范要求。

## 5 优缺点分析

### 5.1 优点及可操作性

移动式钢板结构导墙在实际使用过程中优点明显,尤其在恶劣气候条件及良好地质条件下使用相对于现浇混凝土导墙优势明显,主要有以下几个方面:

a. 节约工期。正常气候条件下,制作能够满足现场施工需求的移动式钢板结构导墙所需要的时间仅为现浇混凝土导墙施工时间的1/3。如果在北方高寒地区,现浇混凝土导墙的施工及养护受气温影响极大,而移动式钢板结构导墙的制作所受气候影响微乎其微。使用钢导墙可大大节约工期,保证防渗墙主体施工不受影响。

b. 经济环保。现浇混凝土导墙在施工过程中需要进行钢筋绑扎、立模、浇筑工序,占用大量的人力、设备和原材料,且造价高昂。防渗墙施工完成后,还需对钢筋混凝土导墙进行拆除,不光需要人员及机械设备的配合,拆除后的墙体还不能重复投入使用,拆除后的废料只能废弃处理,不光造成资金浪费,还对环境造成污染。而钢板结构导墙则避免了以上种种弊端,钢导墙原材料进场后,只需安排专人进行制作,无需大型机械设备进行配合。钢导墙可重复使用,在防渗墙主体施工完毕以后,还可周转至其他项目继续使用,大大减少了材料及资金的浪费,对周边环境影响甚微。人员、设备投入对比见表3。

### 5.2 缺点及限制性

a. 施工工艺繁琐。相比于钢筋混凝土导墙,钢板结构导墙在实际施工过程中,工艺要繁琐很多。

①需要在槽孔开挖前和开挖后对轴线位置进行反复校核,以确保孔口偏差在设计、规范允许的范围内。

②钢板结构导墙下设及起拔需要众多机械设备配合。

测量放样后,需要反铲挖掘机进行槽孔开挖。校核无误后,需要吊车和装载机配合下设导墙,反铲挖掘机进行加固。而浇筑完成后,还需要吊车和装载机配合起拔导墙。

b. 多次测量造成误差累积。钢板结构导墙在实际使用过程中具有可移动性、重复使用性等优点。但是需要频繁地测量放样,每个槽孔都需进行放样、复核。工程共划分133个槽段,其中一期槽孔67个,二期槽孔66个。而且该地区全年多风,对测量的准确性造成很大影响。在如此条件下进行反复测量放样,难免会

造成误差。实际测量情况见表4~表6。

表3 人员、设备投入对比

序号	导墙类型	施工内容	使用设备			操作人员			备注
			名称	单位	数量	单位	数量	岗位	
1	现浇钢筋 混凝土导墙	立模	切割机	台	2	人	4	模板工	
2			拖车	台	1	人	1	司机	
3		钢筋制作、 绑扎	钢筋弯曲机	台	1	人	2	操作工	
4			钢筋切断机	台	1	人	2	操作工	
5			钢筋调直机	台	1	人	2	操作工	
6			电焊机	台	2	人	2	操作工	
7			/	/	/	人	4	钢筋工	
8		浇筑	罐车	辆	2	人	2	司机	
9			混凝土拌合设备	套	2	人	7	操作工及搬运工	
10			/	/	/	人	6	浇筑工人	
11	移动式钢板 结构导墙	制作	切割机	台	2	人	4	操作工	
12			氩弧焊机	台	6	人	8	操作工	
13			拖车	台	1	人	1	司机	
14			/	/	/	人	4	辅助人员	

表4 不同气候条件测量精度对比

序号	部位	设计坐标		实际坐标		孔位偏差/m		备注
		X	Y	X	Y	X	Y	
1	一期槽段 1-1	4919962.245	686283.88	4919962.239	686283.884	0.006	-0.004	良好气候条件
2	一期槽段 1-2	4919959.779	686290.43	4919959.772	686290.425	0.007	0.005	
3	一期槽段 2-1	4919937.588	686349.39	4919937.597	686349.393	-0.009	-0.003	
4	一期槽段 2-2	4919935.123	686355.94	4919935.127	686355.935	-0.004	0.005	
5	一期槽段 3-1	4919986.901	686218.36	4919986.924	686218.388	-0.023	-0.025	不良气候条件
6	一期槽段 3-2	4919984.436	686224.91	4919984.401	686224.925	0.027	-0.015	
7	一期槽段 4-1	4919888.275	686480.42	4919888.294	686480.403	-0.019	0.017	
8	一期槽段 4-2	4919885.809	686486.97	4919885.848	686486.954	-0.029	0.016	

表5 一期、二期槽段测量精度对比

序号	部位	设计坐标		实际坐标		孔位偏差/m		备注
		X	Y	X	Y	X	Y	
1	一期槽段 1-1	4919954.848	686303.53	4919954.841	686303.521	0.007	0.009	良好气候条件 下一期、二期槽 孔孔位偏差对比
2	一期槽段 1-2	4919957.313	686296.98	4919957.304	686296.98	0.009	0.000	
3	二期槽段 1-1	4919957.313	686296.98	4919957.331	686296.963	-0.018	0.017	
4	二期槽段 1-2	4919959.779	686290.43	4919959.763	686290.449	0.016	-0.019	
5	一期槽段 2-1	4919959.779	686290.43	4919959.772	686290.425	0.007	0.005	
6	一期槽段 2-2	4919962.245	686283.88	4919962.239	686283.884	0.006	-0.004	

表6 误差累积情况

序号	部位	设计坐标		实际坐标		孔位偏差/m		备注
		X	Y	X	Y	X	Y	
1	一期槽段 1-1	4919964.712	686277.33	4919964.721	686277.335	-0.009	-0.005	
2	一期槽段 1-2	4919967.179	686270.77	4919967.171	686270.777	0.008	-0.007	累积误差
3	二期槽段 1-1	4919967.179	686270.77	4919967.182	686270.763	-0.003	0.007	X11mm, Y14mm
4	二期槽段 1-2	4919969.645	686264.22	4919969.653	686264.224	-0.008	-0.004	累积误差
5	一期槽段 2-1	4919969.645	686264.22	4919969.641	686264.214	0.004	0.006	X12mm, Y10mm
6	一期槽段 2-2	4919972.111	686257.67	4919972.12	686257.679	-0.009	-0.009	累积误差
7	二期槽段 2-1	4919972.111	686257.67	4919972.104	686257.673	0.007	-0.003	X16mm, Y12mm
8	二期槽段 2-2	4919974.577	686251.12	4919974.571	686251.128	0.006	-0.008	

良好气候条件下,测量误差范围为3~9mm;不良气候条件下(5级以上大风天气),测量误差范围为15~29mm;同样,在良好的气候条件下,由于误差累积,一期槽段与二期槽段的测量误差范围也不同:一期槽段误差范围为0~9mm;二期槽段误差范围为16~19mm;一期槽孔与二期槽孔在放样过程中累积误差情况,平行轴线方向为10~14mm,垂直轴线方向为11~16mm。

所以在实际施工过程中,需要在测量过程中进行极为精密地控制,对测量人员的工作提出了较高要求。

c. 在遇到特殊情况时稳定性欠佳。根据工程地质情况,防渗墙造孔深度在10m以下后,便进入砂砾石层,该地层较为松散,颗粒间隙大,施工过程中,在17~22m位置经常会遇到塌孔、漏浆等情况。由于钢结构导墙不像钢筋混凝土导墙一样整体性强,其长度仅有10m,且导墙主要靠下部黏土层支撑,一旦遇到塌孔情况,会导致下部支撑黏土塌陷,导墙悬空,导墙的稳定性及承载力受到极大影响,这时往往需要进行加固后才能继续开始施工。

## 6 施工中需要注意的问题

由于移动式钢板结构导墙的优缺点都相当明显,在实际使用过程中需要注意以下几点才能最大程度地发挥其优点,改善其缺陷。

a. 测量精度控制。如果条件允许,通过合理制定测量方案,测量放样尽量选择气候条件好的情况下

进行,避免因为天气原因影响测量精度。同时,在测量放样过程中要反复多次校核,尽量减小误差累积值。

b. 使用高质量高等级膨润土。要想提高钢结构导墙的稳定性,首先其下部支撑土的稳定性必须要得到保证。使用高质量等级膨润土,可以增加对下部大裂隙、松散土体的支撑力,提高泥浆的固壁效果,保证槽孔的稳定性,降低塌孔风险。同时造孔过程中,泥浆对钢导墙下部的支撑土会产生冲刷,容易导致土体失稳塌陷。所以这就要求导墙液面必须出在导墙范围内,将冲刷产生的危害降到最小。

## 7 结论

通过对比分析移动式钢板结构导墙和现浇钢筋混凝土导墙在本工程实际施工中的使用,可知在良好地质条件下,采取合理措施,扬长避短,可最大限度地发挥移动式钢板结构导墙在制造成本低、使用方便、便于安装及拆除、能多次流转使用等方面的优势,极大地缩短工期、节约成本。同时,减少钢筋、水泥及砂石骨料的使用量,也为节能减排及环境保护做出了贡献。◆

### 参考文献

- [1] 高钟璞,等. 大坝基础防渗墙[M]. 北京:中国电力出版社, 2000.
- [2] SL 174—2014 水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2014.
- [3] 舒德春,王萍,聂俊洲. 湖北梅川水库主坝防渗墙塑性混凝土施工工艺及质量控制[J]. 水利建设与管理, 2012(3): 21-24.