

南水北调工程渠道机械化衬砌技术研制概况

韩其华 祝凤山 朱 琳

(山东省水利勘测设计院, 山东 济南 250061)

摘要 结合我国南水北调工程建设和国外大型渠道衬砌技术现状, 就南水北调工程渠道机械化衬砌技术, 详细介绍了国家立项研制渠道衬砌设备、引进国外先进设备及自主研制滚筒衬砌设备和滑模衬砌设备等情况, 分析了国外滚筒设备存在的问题, 并提出了优化改造方案。在分析国内现有研制设备和立项研制项目存在的主要问题的基础上, 阐述了大型渠道衬砌设备在我国的发展趋势。

关键词 衬砌技术; 渠道; 混凝土; 滑模; 滚筒; 南水北调工程

中图分类号: TV53+8.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2006)01-0044-02

Development of canal lining technology for South-to-North Water Transfer Project // HAN Qi-hua, ZHU Feng-shan, ZHU Lin (Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy, Jinan 250061, China)

Abstract: Based on an analysis of current situation of lining technologies for large canals at abroad, an introduction was given to the government-sponsored project for development of canal lining devices and the cylinder lining device and slip form lining device independently developed for the South-to-North Water Transfer Project by introduction of advanced devices from abroad. Some problems existing in foreign cylinder lining devices were analyzed, and the optimized scheme was presented. Finally, the development trend of the lining devices for large canals in China was expounded.

Key words: lining technology; canal; concrete; slip form; cylinder; South-to-North Water Transfer Project

南水北调工程需衬砌的渠道工作量大, 东线约有 400 km, 中线约有 1 000 km。渠道衬砌技术是南水北调工程建设所急需的重大技术, 为缩小我国与国外在这项技术上的差距, 保证南水北调工程渠道衬砌的顺利实施, 提升我国大型渠道衬砌机械化技术水平, 填补我国在这方面技术的空白, 研制和发展我国的渠道衬砌设备已势在必行^[1]。

渠道机械化衬砌技术在国外发展已有几十年的历史。目前, 国际上大型渠道衬砌设备的生产厂家主要有意大利玛森萨(Massenza)公司、美国高马克(Gomaco)公司、美国 G&Z 公司、美国拉克·汉斯(Racho Hasson)公司和德国的韦特根(Wirtgen)公司等^[2,3]。这些公司的产品大都采用燃油机为动力, 集机械、液压和自动化于一体。

山东省水利厅曾于 1988 年购进美国高马克公司两套 C-450 渠道衬砌机, 用于引黄济青输水渠道衬砌施工^[4], 为我国大型渠道机械化衬砌技术的应用和研制积累了宝贵的经验。

从衬砌成型技术方面, 渠道衬砌设备可分为滚筒衬砌机和滑模衬砌机。滚筒设备行走有履带式 and 导轨式两种, 滑模衬砌机由于自重较大, 采用履带行

走, 自动升降和自动导向。两种衬砌设备均需配置混凝土维护工作台车。

1 南水北调渠道机械化衬砌技术研制现状

1.1 国家立项研制大型渠道衬砌设备

2003 年, 国家南水北调重大技术装备项目——大型渠道衬砌设备的研制立项。该项目由陕西省建设机械厂承担, 要求针对南水北调中线工程渠道衬砌结构, 自主完成大型渠道衬砌设备的研制。在 2005 年 2 月完成了大型渠道衬砌设备的设计, 2005 年年底完成了样机试制工作。其设计方案为: 布料机采用皮带输送形式, 衬砌机成型方式为振动滚筒式, 布料机和衬砌机行走均采用导轨式。

1.2 引进国外大型渠道衬砌技术

2004 年, 水利部“引进国外大型渠道衬砌先进技术”科技引进项目(“948”项目)立项。该项目由山东省南水北调工程建设指挥部联合山东省水利勘测设计院共同实施, 现已正式启动, 拟在引进意大利玛森萨公司的 MCP9000-4 滑模衬砌机的关键技术和关键设备的同时, 采用消化、吸收方式, 研制开发适合我国国情的大型渠道衬砌设备, 以满足现已开工的

南水北调工程之急需,进而在其他引水、调水、平原调蓄水库、大型灌区改造等工程建设中推广使用。

1.3 自主研制大型渠道衬砌设备

在吸收国外先进技术、总结经验的基础上,山东省南水北调工程建设指挥部联合山东省水利勘测设计院自主研制开发了 CCFM04 型电动导轨滚筒衬砌设备和 SCFM04 型电动导轨滑模衬砌设备。现已完成样机制造并通过鉴定和检验,它们采用模块式框架结构,增减或更换模块可适应坡长和坡度的改变,样机(见图 1)已在济平干渠进行衬砌施工。



图 1 CCFM04 型和 SCFM04 型设备在车间安装调试

a. CCFM04 型电动导轨滚筒衬砌设备包括铣刨滚筒修坡机、螺旋布料机和滚筒衬砌三部分,主要由行走系统、升降调整系统、框架结构、振动成型系统和自动控制系统等部分组成。布料机可一次均匀地完成坡角、坡面和渠肩的摊铺,成型滚筒振捣采用外置高频电动振捣方式,整机行走速度可实现无级自动调节,可一次完成渠道坡角、坡面和渠肩的振捣、提浆、成型等功能。每台设备配套功率为 25 kW,设计衬砌厚度为 8~20 cm。该项技术已经申报发明专利、实用新型专利各 2 项。该套设备造价是液压导轨滚筒式造价的 1/3,是液压履带滚筒式造价的 1/6。

b. SCFM04 型电动导轨滑模衬砌设备包括电动导轨筒滚修坡机和滑模衬砌机两部分,主要由行走系统、升降调整系统、框架料仓结构、螺旋布料系统、自动控制系统等部分组成。料仓内设有 24 套 12000 Hz 插入式高频振动棒,料仓后面挡板兼作滑模板,料仓尾部设有料位计,与控制系统形成封闭控制。布料系统有两套螺旋布料器,可将混凝土从渠道顶部均匀地输送到渠底坡角、渠坡和渠肩处。设计衬砌厚度为 8~25 cm。振捣系统另设有 4 套高频电动振捣器,其成型、振捣原理是:料仓内置高频振捣棒先将混凝土内部气泡逸出,捣实、提浆,外置高频振捣器进一步振捣、提浆,靠设备自重利用滑模板挤压成

型。采用 PLC 控制器控制设备自动行走和转弯,行走速度无级自动调节。该设备可一次完成渠底坡角、渠坡和渠肩的混凝土布料、输料、振捣、提浆、成型衬砌。该技术已申报 2 项发明专利和 2 项实用新型专利。其造价是液压履带滑模衬砌机造价的 1/8。

1.4 对美国高马克公司设备的技术改造

山东省水利勘测设计院于 2003 年 8 月完成了对美国高马克公司 C-450 渠道衬砌机的技术改造。原设备为导轨式液压滚筒衬砌设备,存在的主要问题有:①碾压成型没有振动密实功能;②顺坡面牵引衬砌小车上下行走,链传动机构出现卡死、爬链的频率很高;③经常出现衬砌小车脱轨现象;④结构件基本锈蚀报废;⑤存在故障多,施工速度慢,衬砌的混凝土不密实,且需人工拖动平板振动器辅助进行混凝土振捣。为解决上述问题,采取的措施有:①在衬砌小车滚筒支撑架上增加了高频振动器,并在滚筒支撑架和衬砌小车架之间增加了减震器,使衬砌小车碾压的混凝土充分振动密实和减轻对整机的冲击;②衬砌小车的动力由 8.82 kW(12 马力)提高到 14.7 kW(20 马力),相应的液压系统做了改动;③将小车升降驱动部分由渠道底部移至渠道顶部;④重新配置了框架与结构件。经技术改造后的设备,在南水北调工程济平干渠完成了 4 种衬砌结构方案的衬砌施工试验,取得了良好的效果。通过对衬砌后的混凝土观测和取样试验,表明内部和表面质量均达到了设计要求。改造后的设备,衬砌工效最大 $12 \text{ m}^3/\text{h}$,折合衬砌长度 $12 \text{ m}/\text{h}^{[5]}$ 。

2 大型渠道衬砌设备研制存在的问题

a. 液压导轨滚筒衬砌设备。皮带机布料需要人工辅助摊铺均匀才能满足衬砌机的衬砌要求,不能衬砌渠肩和坡脚;施工速度慢,衬砌工效低,最大 $12 \text{ m}^3/\text{h}$ 。每套设备施工人员约 80 人,存在施工人员多、劳动强度大等问题。

b. CCFM04 型电动导轨滚筒衬砌设备。施工质量相对较差,施工速度慢,其衬砌工效最大为 $15 \text{ m}^3/\text{h}$;需要配备移动发电机组,施工人员较多(每套设备需配备 60 名施工人员)。

c. SCFM04 型电动导轨滑模衬砌设备。施工速度不及液压滑模衬砌设备,衬砌工效最大 $20 \text{ m}^3/\text{h}$;需要配备移动发电机组,施工人员较多(每套设备需配备 60 名施工人员)。

d. 导轨式衬砌设备需人工铺设导轨,劳动量大且精度不易控制,自动化程度不高。

此外,国内大型渠道衬砌设备研制项目存在的主要问题是科研经费不足。(下转第 53 页)

3520 m³/d;下水库渗漏库段集中于主副坝段,渗漏
量小,处理措施较简单。水库防渗处理措施应根据
库周具体工程地质及水文地质条件,针对库周不同
地段的渗漏特点确定。

a. 坡积土及全风化带具弱至中等透水性,上部
部分为中等透水性,中下部具弱透水性,为相对隔水
层,具有一定的防渗作用。因此,应充分利用其作为
水平防渗铺盖,以减少防渗处理措施。

b. 主副坝址宜采用截渗墙结合帷幕灌浆做垂
直防渗体,垂直防渗体深度应深入弱透水性岩层中
透水率小于或等于 3 Lu 以下 5m;主坝址上游侧还需
作水平防渗铺盖。

c. 低矮垭口和单薄分水岭可采用帷幕灌浆做
垂直防渗体处理,并与相邻主副坝防渗体连成一体
或延伸至相邻地下分水岭高于正常蓄水位处。

d. 对于地下水位略低于正常蓄水位的低矮垭
口,可设置地下水位长期观测孔进行观测,暂不进行
防渗处理,根据地下水位长期观测结果再采取针对
性处理措施。

e. 上、下水库库盆底地层岩性以花岗岩和混合
岩为主,为非可溶性不透水岩石,且不存在集中渗漏
管道,因此无需对库盆底进行水平防渗处理。

(上接第 39 页)

以“非农业人口占总人口比例”指标为例,离散
化前熵值 $e_1 = 0.9584$,离散化后熵值 $e_2 = 0.9599$,熵
值增加(即信息量减少)了 0.16%。这证明了所采
用的离散化方法的有效性。

至于整个系统经约简后总的信息量损失的测度
问题,还有待进一步的探讨。

参考文献:

[1] 甘筱青.鄱阳湖区资源综合利用与社会可持续发展[J].
南昌大学学报 理科版 2002 26(4) 328-330.
[2] 蔡文 杨春燕 林伟初.可拓工程方法[M].北京:科学出
版社,1997:16-129.
[3] 刘清. Rough 集及 Rough 推理[M].北京:科学出版社,
2001:1-75.
[4] 李金华.中国可持续发展核算体系[M].北京:社会科学
文献出版社,2000:1-28 234-248.
[5] 朱启贵.可持续发展评估[M].上海:上海财经大学出版
社,1999:1-48.
[6] 涂汉生,何平,赵联文.应用统计[M].重庆:西南交通大
学出版社,1994:177-186.
[7] 高惠璇,耿直,李贵斌.SAS 系统 SAS/STAT 软件使用手册
[M].北京:中国统计出版社,1997:630-658.

(收稿日期 2005-04-12 编辑 熊水斌)

4 结 语

抽水蓄能电站水库蓄水后库水反复循环使用,
为保证电站正常运行,库区不允许库水发生永久性
渗漏,因此对库区进行库水外渗条件的专题调查和
分析显得非常重要。惠州抽水蓄能电站上、下水库
库周以雄厚山体为主,仅主副坝址、单薄分水岭及低
矮垭口地形低矮,存在渗漏问题。库水外渗主要沿
通往库外的断裂构造与强风化带连通形成的渗漏通
道渗漏,而库周坡积土及全风化带具相对隔水作用,
充分利用其作为水平防渗铺盖可以降低库水外渗
量,减少防渗处理措施,对渗漏库段采用以垂直防渗
体为主的防渗措施,主坝址上游侧结合水平防渗铺
盖是能够满足防渗要求的。总体上看,惠州抽水蓄
能电站上、下水库库容大,防渗处理工程量不太大,
是工程地质条件较好的天然库盆。

参考文献:

[1] 陆兆溱.工程地质学[M].北京:水利电力出版社,1989:
246-379.
[2] 王贵军,刘国玉.回龙抽水蓄能电站上库渗流计算及防
渗方案选择[J].小水电,2003(6):7-10.

(收稿日期 2004-10-09 编辑 熊水斌)

(上接第 45 页)

3 大型渠道衬砌设备在我国的发展趋势

a. 滚筒衬砌设备 逐渐向履带式滚筒衬砌设备
发展,皮带布料机将被螺旋布料机代替,衬砌机的衬
砌小车行走由链传动牵引改为自行机构。

b. 滑模式衬砌设备 振捣、输送布料部分的动
力采用电驱动,行走、升降采用液压传动。这样可充
分降低设备的体积和重量,使用起来更为灵活。

c. 无论是滑模衬砌设备还是滚筒衬砌设备均朝
着智能化和模块化方向发展。改变其装配形式可满足
不同坡长和坡度的渠道衬砌及平面混凝土的衬砌要求。

参考文献:

[1] 商青.南水北调工程所需主要机械设备简介(二)[N].中
国水利报,2003-4-24(5).
[2] 傅智.水泥混凝土路面滑模施工技术[M].北京:人民交
通出版社,2000:24-28.
[3] 霍兵.渠道机械化衬砌设备及应用前景[J].中国机电工
业,2004(1):31-32.
[4] 乔世珊,胡胜利.南水北调中线关键机械设备的探讨
[J].中国水利,2003(9):58-59.
[5] 聂生勇.山东济平干渠积极进行机械化衬砌试验[N].中
国水利报,2003-12-11(5).

(收稿日期 2004-11-29 编辑 熊水斌)