

# 湖北省学校生活用水定额修订

杨小伟<sup>1</sup> 张培青<sup>1</sup> 王丽红<sup>2</sup>

(1. 湖北省水利水电科学研究院 武汉 430070;

2. 湖北省水利水电职业技术学院 武汉 430070)

**摘要:**湖北省现行的用水定额于2003年发布,距今已有近10年的时间,为了贯彻落实最严格水资源管理制度和加强学校学生用水管理,有必要对湖北省学校用水定额进行修订和完善。利用水平衡测试资料、水利普查资料,采用统计分析法对湖北省学校学生用水定额进行了计算,并分析了用水定额计算成果的合理性。

**关键词:**用水定额;统计分析法;湖北省

2011年中央1号文件及中央水利工作会议中都明确提出要实行最严格的水资源管理制度,把节水工作贯穿于经济社会发展和群众生产生活全过程。制定先进、可行的用水定额正是开展节水工作的前提和基础。学校用水定额是用水定额中的重要组成部分,对促进节水型社会建设具有重要意义。湖北省现行学校学生用水定额存在种类不全,分类不合理等问题。另外,湖北省现行的学校用水定额于2003年发布,距今已有近10年的时间。随着经济社会的发展,节水型器具普及率、用水管理及节水意识等均发生了较大变化,原有定额成果已不能完全满足新时期用水需求,迫切需要对湖北省学校用水定额进行修订。本文利用水平衡测试资料、水利普查

资料,采用统计分析法对湖北省学校用水定额进行计算,并对学校用水定额的合理性进行了分析。

## 1 调查资料及合理性分析

### 1.1 调查资料介绍

(1)水平衡测试资料:本次共搜集大学、学院、中专中职、中学、小学和幼儿园的水平衡测试资料,共35个用水户。测试年份主要是2010年、2011年和2012年,具体见表1。

(2)水利普查资料:水利普查中对学校用水情况也进行调查,共计749个,具体见表1。

### 1.2 数据合理性分析

表1 水平衡测试资料统计表

用水户名称	不同年份水平衡测试个数				水利普查个数
	2010年	2011年	2012年	合计	
大学	2	4	3	9	14
学院	2	6	4	12	68
中专中职	0	4	0	4	53
中学	3	2	3	8	395
小学	0	1	0	1	156
幼儿园	1	0	0	1	63

(1)水平衡测试资料合理性分析:水平衡测试资料计量设施完善,数据准确性高,因此该资料合理性分析主要侧重用水户代表性分析,即分析该用水户用水水平能否反映该部门或行业的用水水平。

(2)水利普查资料合理性分析:首先根据普查数据计算各用水户的用水定额,然后将用水定额计算值与水平衡测试资料(同行业或部门)进行对比分析;当无水平衡测试资料时,与临近省份、武汉市颁布用水定额以及相关的规范标准进行对比分析。当调查资料计算的用水定额严重偏离对比值时,分析并查找原因,确定为奇异值时,剔除该资料。

## 2 学校生活用水定额计算

### 2.1 水平衡测试资料推求用水定额

水平衡测试成果资料中,学生用水分为住宿生用水和走读生用水,且二者用水定额相差较大,因此将大专院校用水定额分为住宿生和走读生两类分别进行计算。由于水利普查资料中未进行区分,为了与水利普查资料对接,提出综合用水定额,即学校总新水量与学校总人数的比值。

当水利普查资料存在多个时,考虑用水定额变化率,对不同测试期用水单耗进行修正,然后采用算术平均法对大专院校的用水定额进行确定。当水利普查资料仅有1个时,则需要根据已有的计算成果分析其合理性和代表性。具体计算成果见表2。

### 2.2 水利普查资料推求用水定额

(1)当水利普查调查资料较少时,采用算术平均法进行计算,例如大学用水定额。

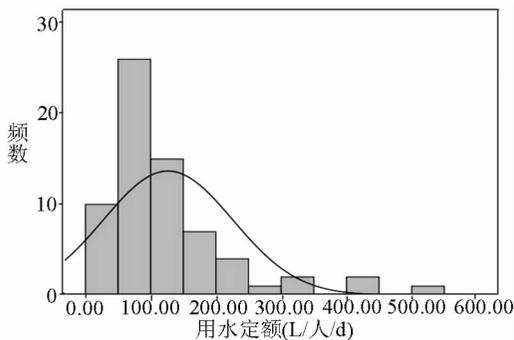
(2)当水利普查资料数量较多时,为了更好地反映总体用水水平,采用概率分析法进行计算,大学以外的其他学校用水定额。以学院用水定额计算为例

表2 学校用水定额计算成果表

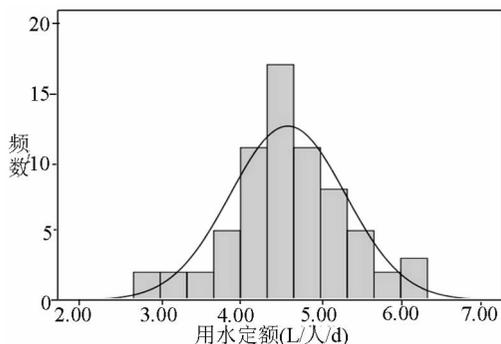
分类类别	修正后的用水定额 (L/d/人)	
大学	住读生	178
	走读生	54
	综合用水定额	160
学院	住读生	143
	走读生	63
	综合用水定额	141
中专中职	住读生	93
	走读生	51
	综合用水定额	87
中学	住读生	100
	走读生	38
	综合用水定额	44
小学	住读生	267
	走读生	42
	综合定额	54
幼儿园	定额	48

进行详细论述。学院用水定额为偏态分布,偏态系数为2.1,属于正偏态;峰度系数为5.32,属于尖顶峰。根据数据特征,采用对数变换法,变换后偏态系数变为-0.148,接近于正态分布,可利用正态分布概率函数进行计算。学院用水定额正态分布见图1。

根据用水定额修订要体现先进性水平的基本原则,首先选取 $\alpha = 0.25$ 先进性水平所对应的用水定额计算值作为用水定额标准,然后以此为基础计算出超出该标准的样本比例,计算结果见表3。由表3可



(a) 数据变换前



(b) 数据变换后

图1 学院用水定额正态分布图

知,学院用水定额超出幅度过大,为76.5%。若在实际工作中采用该定额,必会造成操作上的困难,同时也不符合取水定额编制所对应遵循的经济性原则。为此,有必要在先进性水平的基础上,结合其他因素对取水定额计算值进行适当调整。

调整原则和方法为:单位取水量超过取水定额的用水户比例一般不超过50%。当取 $\alpha = 0.25$ 先进性水平的取水定额计算值所对应的超取水定额用水户的比例超过50%时,采用超取水定额用水户比例在50%左右的先进性水平下的取水定额计算值,作为该行业取水定额标准值;当取 $\alpha = 0.25$ 先进性水平的取水定额计算值所对应的超取水定额用水户的比例不超过50%时,则取该计算值作为该行业取水定额标准值。该原则作为公共生活用水定额采用概率分析法的调整原则,简称概率分析调整原则。

根据上述调整原则,学院用水定额为99.89L/人/d。

表3 不同概率的取水定额

累计概率 $\alpha$	取水定额(L/人/d)	超出定额百分比
0.90	253.56	8.8%
0.85	211.68	14.7%
0.80	183.21	19.1%
0.75	163.22	20.6%
0.70	146.47	27.9%
0.65	132.38	36.8%
0.60	119.66	38.2%
0.55	109.72	39.7%
0.50	99.89	51.5%
0.45	90.94	58.8%
0.40	83.39	61.8%
0.35	75.38	67.6%
0.30	68.13	73.5%
0.25	61.13	76.5%
0.20	54.46	83.8%
0.15	47.14	88.2%
0.10	39.35	91.2%

### 2.3 水利普查资料推求用水定额成果修正

由于学校水平衡测试资料主要以武汉市为主,为了更能反映湖北省用水水平,因此需要采用水利普查资料。由于学校类水利普查资料未区分住宿生

和走读生,而水平衡测试资料中将住宿生和走读生进行了区分,因此采用水平衡测试资料对水利普查计算成果进行修订,并将修订后的用水定额作为用水定额初值进行合理性分析。

学校用水定额修正法的计算公式为:

$$M'_{走} = M \times \frac{M_{走}}{M_{综}}$$

$$M'_{住} = M \times \frac{M_{住}}{M_{综}}$$

式中: $M'_{走}$ 为对水利普查资料修正后的走读生用水定额,L/人/d; $M$ 为利用水利普查资料确定的综合用水定额,综合用水定额不区分走读生和住宿生,L/人/d; $M_{走}$ 为利用水平衡测试资料确定的走读生用水定额,L/人/d; $M_{综}$ 为利用水平衡测试资料确定的综合用水定额,L/人/d; $M'_{住}$ 为对水利普查资料修正后的住读生用水定额,L/人/d; $M_{住}$ 为利用水平衡测试资料确定的住读生用水定额,L/人/d。

根据修订方法,对大学、学院、中专、中学和小学用水定额进行了修订,幼儿园用水定额则直接采用水平衡测试资料。计算成果见表4。

表4 学校用水定额 单位:L/人/d

用水定额名称	定额值	类型
幼儿园	20	走读生
小学	15	走读生
	92	住宿生
中学	48	走读生
	127	住宿生
中专	59	走读生
	107	住宿生
大学	99	走读生
	327	住宿生
学院	45	走读生
	101	住宿生

## 3 用水定额合理性分析

用水定额修订工作的局限性决定着定额修订不可能是建立在所有用水企业资料基础上的修订,但必须建立在能真实反映行业用水水平总体变化趋势的基础上,这样的修订才是符合实际用水定额变化规律的修订,因此确定定额修订值以后还要对行业总体用水水平进行分析,判断定额修订变化趋势是

否和行业整体用水水平变化趋势相一致,以此进一步验证定额修订的合理性。具体的分析方法包括:

(1)通过对调查资料的特征值计算,确定能够到达该用水定额水平的用户所占比例,分析用水定额先进性和可行性,确定用水定额的合理性。

(2)通过与其他省份用水定额对比,分析用水定额修订值的合理性。其他省份包括经济发展水平相近省份、相邻省份、相同流域省份等。

(3)通过与武汉市等地方用水定额进行对比,分析用水定额修订值的合理性。

经合理性分析,用水定额值是合理的。

## 4 结论

(1)对水利普查资料、水平衡测试资料进行了数据合理性分析。

(2)在数据合理性分析的基础上,采用算术平均法、概率分析法对湖北省学校生活用水定额进行了计算。并根据实际情况,提出了学校生活用水定额

修正法和概率分析调整原则等,对其他地区用水定额计算具有参考价值。

(3)通过与其他省份用水定额、武汉市颁布的用水定额对比分析和用水定额先进性分析,分析了湖北省学校生活用水定额计算值的合理性。

## 参考文献

- [1] 孙雪涛. 贯彻落实中央一号文件 实行最严格水资源管理制度[J]. 中国水利, 2011, (6):33-35.
- [2] 刘强, 桑连海. 我国用水定额管理存在的问题及对策[J]. 长江科学院院报, 2007, 24(1):16-19.
- [3] 张丽, 张云, 钱树芹, 等. 用水定额研究进展浅议[J]. 中国水利, 2011, (5):45-47.
- [4] 曹麟, 蔡瑜. 宁夏大中专院校用水现状与节水定额分析[J]. 节水灌溉, 2010, (6):58-61.
- [5] 陈学福, 关洪林, 刘军武. 湖北省工业和城市生活用水定额研究[J]. 中国农村水利水电, 2002, (4):32-35.

(收稿日期:2015-03-05)

## 简 讯

# 水利新技术应用设计大赛座谈交流会在武汉召开

为引导和鼓励水利“三新”技术在湖北省推广应用,推动优秀科技成果转化,促进行业科技进步,6月9日,水利部科技推广中心与湖北省水利厅联合在武汉举办了水利新技术应用设计大赛座谈交流会,水利部科技推广中心副主任许平出席会议并作重要讲话。

会议强调,当前,水利“三新”技术不断涌现,需要各级水利部门予以高度重视并积极支持推广和应用,依靠科技创新手段,破解制约水利建设和发展的技术难题,开创湖北省水利事业现代化发展新局面。会议要求,全省水利行业技术管理和设计人员要熟悉了解并掌握当前水利部重点推介的一批先进实用的水利新技术,结合本地条件,在水利建设和管理中积极推广应用,为湖北省从传统水利向现代水利跨

越发展做出更大贡献。

会议对水利部科技推广中心关于举办第一届“环能德美杯”水利新技术应用设计大赛的相关规则和要求进行了详细解读和说明。9家技术持有单位代表采用专题报告的形式,对涉及水生态治理、工程建设和测量、监测及自动化等方面的技术和产品进行了宣传和介绍,并与参会人员开展了热烈的交流、咨询和讨论。

来自水利部科技推广中心、厅机关相关业务处室、鄂北局、省水文局、省水科院、省设计院以及部分市(州)水利(水电、水务)局建设管理、规划设计等单位的领导、技术骨干参加了会议。

(摘自《湖北省水利厅网》2015年6月10日)

# 随州市 2011 ~ 2012 年干旱成因分析

水道兵<sup>1</sup> 胡明超<sup>2</sup> 马红兵<sup>1</sup>

(1. 湖北省随州市水文水资源勘测局 随州 441300;

2. 湖北省荆门市水文水资源勘测局 荆门 448000)

**摘要:**分析了 2011 ~ 2012 年随州市干旱程度及原因,提出了与水资源承载能力相适应的产业布局等措施,对随州的抗旱工作具有参考意义。

**关键词:**干旱;成因分析;对策;随州

## 1 随州市概况

随州市位于湖北省北部,素有鄂北“旱包子”之称,为全省中度干旱高发区。国土面积 9 636 km<sup>2</sup>,多年平均降雨量 982 mm,多年平均水资源量 28.9 亿 m<sup>3</sup>,人均水资源量 1 330 m<sup>3</sup>,低于全省人均水资源量 1 730 m<sup>3</sup>。境内水系发育,河流长度大于 5 km 的河流 233 条。有各类水库 699 座,塘坝 16.78 万口,提水泵站 610 处,水利工程总拦控能力 26.51 亿 m<sup>3</sup>,其中有效蓄水 17.3 亿 m<sup>3</sup>,有效灌溉面积 12.13 万 hm<sup>2</sup>。

## 2 干旱特点

### (1) 降水严重偏少

随州市 2011 年、2012 年平均降雨量分别为 647 mm、603 mm,较多年同期少 34.1%、38.6%。现选取具有代表性且雨量连续资料系列较长的大洪山、随州、应山 3 站 1952 ~ 2012 年连续两年降水量,进行 P - III 曲线分析,系列资料和计算结果分别见表 1、表 2。综合分析,将全市连续两年降雨量定为 100 年一遇枯水年。

表 1 大洪山、随州、应山站 3 站 1952 ~ 2012 年连续两年降雨量统计表

单位:mm

年份	降水量			年份	降水量		
	大洪山	随州	应山		大洪山	随州	应山
1952 ~ 1953	1 700.5	1 570.7	1 647.8	1961 ~ 1962	1 880.9	1 586.8	1 865.8
1953 ~ 1954	2 158.7	2 137.8	2 391.3	1962 ~ 1963	2 149.2	2 204.7	2 122.9
1954 ~ 1955	2 512.9	2 123.5	2 513.9	1963 ~ 1964	2 449.2	2 317.7	2 269.7
1955 ~ 1956	2 330.0	2 006.6	2 428.4	1964 ~ 1965	2 419.4	1 934.7	2 278.4
1956 ~ 1957	2 158.8	1 962.9	2 205.9	1965 ~ 1966	1 810.5	1 511.2	1 839.3
1957 ~ 1958	1 880.2	1 566.2	1 823.1	1966 ~ 1967	1 819.4	1 591.9	1 763.8
1958 ~ 1959	2 115.3	1 675.4	2 049.8	1967 ~ 1968	2 333.4	1 922.8	2 171.0
1959 ~ 1960	2 016.0	1 599.2	2 051.9	1968 ~ 1969	2 377.7	1 979.8	2 414.6
1960 ~ 1961	1 861.4	1 475.0	1 988.8	1969 ~ 1970	2 255.6	2 104.2	2 344.2

续上表

年份	降水量			年份	降水量		
	大洪山	随州	应山		大洪山	随州	应山
1970~1971	2 376.4	2 010.7	2 104.2	1991~1992	1 884.8	1 850.3	1 936.5
1971~1972	2 126.3	1 693.2	1 905.3	1992~1993	1 915.1	1 960.6	1 954.5
1972~1973	2 009.2	1 763.5	2 072.5	1993~1994	1 977.6	2 018.0	1 842.5
1973~1974	2 098.1	1 798.6	2 132.0	1994~1995	1 849.0	1 771.5	1 769.4
1974~1975	2 208.0	1 784.6	1 980.9	1995~1996	2 130.9	2 168.2	2 333.5
1975~1976	1 995.3	1 641.7	1 866.1	1996~1997	2 085.3	2 340.3	2 489.6
1976~1977	1 873.4	1 759.7	1 824.9	1997~1998	2 198.1	2 251.5	2 156.7
1977~1978	2 027.7	1 764.8	1 528.1	1998~1999	2 061.7	2 020.6	1 749.5
1978~1979	2 063.2	1 698.4	1 386.2	1999~2000	1 904.9	1 774.0	1 688.4
1979~1980	2 279.4	2 210.1	2 225.4	2000~2001	1 898.0	1 628.8	1 588.6
1980~1981	1 878.6	1 987.0	2 154.6	2001~2002	1 664.4	1 585.9	1 600.7
1981~1982	2 092.9	1 988.8	1 736.4	2002~2003	2 017.8	2 186.8	2 161.2
1982~1983	2 512.4	2 205.7	2 070.8	2003~2004	2 186.5	2 058.7	2 186.5
1983~1984	2 477.3	1 978.8	1 961.8	2004~2005	2 180.3	1 955.5	2 180.3
1984~1985	2 075.0	1 694.2	1 790.9	2005~2006	2 016.5	1 915.9	2 016.5
1985~1986	1 633.0	1 461.9	1 749.4	2006~2007	2 347.3	2 058.6	2 347.3
1986~1987	1 936.4	1 885.5	2 151.9	2007~2008	2 423.8	2 219.5	2 423.8
1987~1988	1 952.0	2 034.1	2 054.1	2008~2009	2 028.2	1 779.8	2 028.2
1988~1989	1 954.3	1 817.7	1 635.6	2009~2010	1 963.7	1 649.7	2 307.2
1989~1990	2 160.3	1 794.2	1 893.4	2010~2011	1 714.5	1 411.0	1 873.0
1990~1991	2 030.7	1 796.0	1 857.4	2011~2012	1 417.0	1 168.0	1 175.0

表 2 大洪山、随州、应山站 2011~2012 年降雨量频率计算

站名	连续两年 雨量(mm)	均值 (mm)	CV	CS/CV	99% 频率值
大洪山	1 417	2 064	0.14	2.5	1 467
随州	1 168	1 864	0.15	2.5	1 291
应山	1 175	1 967	0.18	2.5	1 281

### (2) 水源严重不足

随州市 2011 年、2012 年水资源量分别为 10.26 亿  $m^3$ 、8.47 亿  $m^3$ , 较多年同期少 64.5%、70.7%。两年供水量分别为 8.60 亿  $m^3$ 、8.15 亿  $m^3$ , 需水量分别为 19.20 亿  $m^3$ 、19.74 亿  $m^3$ , 缺水率分别为 55.2%、58.7%。两年用水高峰期蓄水总量分别为 5.21 亿  $m^3$ 、4.07 亿  $m^3$ , 与多年同期分别少 55%

和 66%。几百座水库接近死水位, 10 几万口堰塘干涸, 分别有 281 条和 366 条河溪断流, 两年水资源情况见表 3。

### (3) 干旱损失严重

随州市自 2011 年发生严重春旱, 继之以夏旱, 因降水偏少和蓄水不足, 旱情持续蔓延, 最终成为连续两年的四季连旱, 其中 2012 年夏旱为特大干旱。市政府连续两年启动抗旱预案三级响应组织抗旱工作, 两年主要旱灾及投入情况见表 4。

## 3 旱灾原因

### (1) 山势封闭致冷暖气流不易交汇而发生春旱

随州地势三面环山, 北部桐柏山、西南部大洪山、东部大别山, 由于山地阻隔, 常致春季冷暖气流

在该区域不易交汇,降水偏少而发生春旱。2011年、2012年1~4月全市平均降水量分别为87.8mm、74.6mm,较多年同期分别少54%和61%,两年春季

高峰受旱面积8.1万 $\text{hm}^2$ (2月)和4.57万 $\text{hm}^2$ ,分别占常用耕地面积的55%和32%。

表3 随州市 2011~2012 年蓄水情况一览表

年份	水资源量 (亿 $\text{m}^3$ )	与多年同 期比(%)	供水量 (亿 $\text{m}^3$ )	需水量 (亿 $\text{m}^3$ )	缺水率 (%)	水库接近死水位(座)		堰塘干涸 (万口)	河溪断流 (条)
						大中型	小型		
2011	10.26	-64.5	8.6	19.2	55.2	8	287	12.9	281
2012	8.47	-70.7	8.15	19.74	58.7	10	528	13.9	366

表4 随州市 2011~2012 年旱情及抗旱一览表

年份	常用耕 地面积 (万 $\text{hm}^2$ )	高峰期 受旱 (万 $\text{hm}^2$ )	占耕地 面积比例 (%)	干旱 等级	人饮水 困难 (万人)	牲畜饮 水困难 (万头)	投入抗 旱劳力 (万人)	投入抗 旱资金 (亿元)	抗旱 打井 (口)
2011	14.73	8.1	55	严重	16.82	4.11	37.78	2.15	5 050
2012	14.26	11.76	82	特大	71.03	22.87	41.61	2.74	14 324

## (2) 梅雨期降雨少直接影响夏旱及秋旱

随州夏秋旱灾主要气候原因是梅雨期中,副热带高压过早北进,脊线稳定在 $25^\circ$ 以北,随州处副热带高压控制,高温少雨。2011年、2012年随州梅雨期平均雨量分别为132mm、111mm,较多年均值分别少53%、60%。随州的水利工程蓄水供应上年秋冬及本年春旱用水,等到梅雨期强降雨蓄水工程再进行大量补蓄,供应后期抗旱用水。梅雨期降雨少,使该地区夏旱秋旱用水无法补剂致旱情继续蔓延。

## (3) 丘陵型地貌使土壤含水性差

随州地貌大部分为低山丘陵区,占总面积的91.3%,其余为岗地和小块平原。随州耕地除大部分位于岗地和平原,丘陵区域也有大量垦殖。土壤贫瘠,土层厚度薄,含水性差。除土地外,该地区所建水库和堰塘也为同类地质,下渗加之蒸发,使堰塘极易干涸,土地极易受旱。

## (4) 农业种植结构与水资源承载能力不符

随州市属全省水资源偏少区域,为中度干旱高发区。而随州每年大量播种中稻类高耗水农业,与地区水资源承载能力不符。2011~2012年,中稻播种面积分别为11.13万 $\text{hm}^2$ 和11万 $\text{hm}^2$ ,分别占常用耕地面积的75.6%和76.6%。种植结构的固化,使供水矛盾更加突出。

## (5) 水利工程建设管理及水资源调配不合理

水利工程建设布局存在抗旱死角。三类病险水

库多,堰塘标准低,有效蓄水受其限制。灌溉渠道老化,跑、冒、滴、漏严重。农业灌溉方式落后,传统的串灌、漫灌方式造成水源浪费等。

## 4 旱灾对策

### (1) 调整产业及农业种植结构

湖北省“两圈一带”总体布局中,随州处于鄂西生态旅游圈。《湖北省主体功能区规划》(2012年12月)对随州市定位是襄随国家层面农产品主产区。“该区域发挥旱作农业生产的优势,农业发展以粮食、油料生产和生猪养殖为主体,重点发展专用小麦、玉米、‘双低’优质油菜、优质水稻、生猪等”。随州产业布局应依据水资源水环境承载能力为依据,重点发展旅游等第三产业,减少农业在产业中的比重。在农业规划中要以水定种,发展避灾农业,减少中稻类高耗水产业,增加旱作物或林木类种植面积。可以通过对水田改旱地、或山丘区旱地退耕还林进行补贴倾斜和政府引导的途径,对农业种植结构进行有效调整。

### (2) 抗旱工作要统筹水生态建设全局

“让江河湖泊休养生息,恢复生机”,是水生态建设的重要内容。抗旱要本着人水和谐的思路,统筹防汛与抗旱全局,合理利用雨洪资源,特别是利用好梅雨期暴雨洪水资源,保护水生态。抗旱用水应该本着先生活、后生产的原则进行,对有些重旱区农业

可以考虑临时休耕,改由政府直接按亩补贴的方式,不能用水资源的过渡开采保农业丰收。

### (3) 加强水资源“三条红线”管控和节约用水

确定并实行水资源“三条红线”有效管控,推进取水许可、水资源有偿使用和考核制度,加强水资源保护和节约用水。推广“浅、薄、湿、洒”灌溉和“间歇式”灌溉等农业节水方式,治理污水,努力实现雨水集贮、污水回用等城市节水措施,减少资源型、工程性、水质性缺水。

### (4) 加快推进鄂北调水工程和其他水利工程建设

鄂北调水工程是从丹江口水库取水经襄阳、随州到孝感,在随州的主要受水点有鲁城河水库、封江口水库、黑屋湾水库、先觉庙水库及广水部分水库,初步规划年向随州输水4亿 $m^3$ ,可解决沿线110万人口饮水问题。以城镇化及新农村建设为依托,充分利用随州水库的数量优势,推行农村集中式供水,发起自来水“村村通”工程,解决农村饮水安全。继续搞好水库的除险加固、灌区整修及干旱情况下的水库、堰塘清淤工程,提高水库、堰塘的蓄水能力及

灌溉效率。

## 5 结语

2011~2012年大旱带给人们很多思考,随州有699座水库和610座泵站,仍然遭遇特大干旱,说明工程措施有其局限性。按照新时期生态文明建设要求,其水利建设实质为“人水和谐”,即根据水资源水环境承载能力合理规划布局尤其重要。协调抗旱与水生态保护关系,为以后抗旱工作有所助益。

### 参考文献

- [1] 程启竞等. 湖北省抗旱指导手册. 湖北科学技术出版社,2003.
- [2] 湖北省主体功能区规划. 湖北省人民政府,2012.
- [3] 王健等. 2013年随州统计年鉴. 随州市统计局,2013.
- [4] 随州市2011~2012年抗旱工作总结. 随州市防汛抗旱指挥部办公室,2011,2012.
- [5] 水资源公报. 随州市水利局,2011.2012.

(收稿日期:2015-04-15)

## 简 讯

### 湖北省 44 个县市遭暴雨袭击

6月7~8日,6月第二轮强降雨来袭,湖北省有44个县市发生暴雨,其中发生大暴雨的县市有孝感汉川、荆州监利、武汉江夏、鄂州梁子湖区、黄冈黄梅、黄石大冶、仙桃、咸宁通山等18个县市区,最大点降雨量为黄梅古角站146mm。

受暴雨影响,荆州、黄冈、仙桃、恩施等4个市州的9个县市区受灾。受灾人口11.26万人,农作物11.4千 $hm^2$ ,倒塌房屋45间,因洪涝灾害造成的直接经济损失6313万元。

恩施咸丰县、黄冈浠水县对遭受洪水或倒房威

胁的人员组织了避险,临时转移429人,没有发生人员伤亡。

水利部门对超汛限水位的洪湖、长湖、梁子湖、斧头湖、汴汉湖实施了田湖统筹调度,开启新滩口、田关、富池口等骨干涵闸自排,调度金口、樊口等骨干泵站提排,2天累计排水2.05亿 $m^3$ ,有效遏制了湖泊水位上升势头,管控了农田渍涝威胁。

(摘自《湖北省水利厅网》2015年6月8日)

# 洩水水库饮用水水源地保护研究

喻 婷 周念来 吴雪洁 周 驰

(湖北省水利水电科学研究院 武汉 430072)

**摘要:**以荆州市洩水水库水源地为研究对象,通过水质评价、水生态评价、污染源评价分析水源地目前存在的主要问题,提出水源地保护若干对策,为洩水水库水源地安全防护与综合整治提供参考借鉴。

**关键词:**水源地;保护;评价;对策;洩水水库

## 1 概况

洩水水库位于湖北省松滋市西南部,与湖南澧县接壤,地处洩水流域中游。洩水水库是荆州市重要的饮用水水源地,担负着大岩咀集镇及水库周边数万人口的生产生活用水,随着松滋市“引洩济城”项目的正式启动,2016年洩水水库将正式为松滋城区和部分乡镇供水,承担30万人的安全供水重任。

洩水水库工程于1958年动工兴建,1970年枢纽、灌溉工程基本完工。1975~1980年、2005~2010年进行了两次除险加固。水库投入运行以来,平均每年为灌区供水1.21亿 $m^3$ ,年平均发电量4000万 $kw\cdot h$ ,供电3000万 $kw\cdot h$ ,拦蓄流量1000 $m^3/s$ 以上洪峰50多次,对受益地区国民经济的发展发挥了巨大的作用。水库已纳入一级水源地保护区,水功能区水质管理目标为Ⅱ类,保护洩水水库生态和水质是目前面临重要而紧迫的任务。

洩水水库作为松滋市城北青峰山水厂新的取水水源,担负着松滋市新江口城区生活用水和工业用水以及周边4个乡镇(南海镇、王家桥镇、街河市镇、洩水镇)生活用水的重任。而随着社会经济的片面发展及其他综合因素的影响,洩水水库水环境现状已非常严峻,远不能达到水质Ⅱ类标准。为保障洩水水库水源地水质安全,进行水库饮用水水源地安全保障达标建设,对维护松滋市社会稳定,促进当地社会经济发展具有重要的意义。

## 2 水质现状

根据《湖北省水功能区划报告》,洩水仅划分有1个一级水功能区——洩水水源地保留区,起于松滋县乌溪沟水文站,止于松滋县大岩咀,长22km。现状水质Ⅳ类,水质管理目标为Ⅱ类。

### 2.1 水质现状

根据2010~2014年荆州市环境部门的水质监测资料,对洩水水库的水质状况进行分析,主要选择水库坝前取水口、库心、库汉3个监测点位为代表。依据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),采用单因子法对监测结果进行评价。

#### (1) 坝前取水口水质

根据洩水水库坝前取水口近5年共5次水质检测结果,取水口水质由5年前的Ⅱ类变为Ⅲ类最后变为Ⅳ类,主要超标因子是总氮、总磷,总氮还有继续恶化的趋势。

#### (2) 库心水质

根据洩水水库库心近5年共3次水质检测结果,库心水质由5年前的Ⅱ类变为Ⅲ类、Ⅳ类,主要超标因子是总氮、总磷。

#### (3) 库汉水质

2013年10月,松滋市环境监测站对洩水水库内的付成贵库汉、洞马口库汉以及邓永革库汉进行了水质取样及检测分析,结果表明,洩水水库内的库汉水质已基本为Ⅴ类甚至劣Ⅴ类,主要超标因子是高锰酸盐指数、氨氮、总磷、化学需氧量(总氮未检测)。可见库汉围栏养殖对水质已造成的巨大影响。

## 2.2 水生态现状

水库的富营养化评价采用全国水资源公报中的《湖泊水库富营养化评分与评分标准》,评价方法为指数法,评价项目为总磷、总氮和高锰酸盐指数,结果为初步富营养化,分值在 50~60 之间,表明水库营养状况不佳。

## 2.3 问题分析

根据上述现状分析,造成澧水水库水质污染及水生态失衡的主要原因有以下几方面:

(1) 水库养殖是造成水质污染、水生态恶化的重要原因。

(2) 水库上游工矿企业和集镇的点源污染。

(3) 水库上游养殖、农业生产、旅游、垃圾随意丢弃产生的大量面源污染。

(4) 澧水水库近年来水偏少,泄洪次数减少,水体交换频率变小。

(5) 水质监测体系亟待建立,监管能力亟需加强。

(6) 资金投入不够、基础设施不完善。

(7) 居民保护意识薄弱。

## 3 现状污染源调查与评价

### 3.1 生活污染源

生活污水中含有大量有机物,也常含有病原菌、病毒和寄生虫卵,以及无机盐类的氯化物、硫酸盐、磷酸盐、碳酸氢盐和钠、钾、钙、镁等,总的特点是含氮、含硫和含磷高,在厌氧细菌作用下,易生恶臭物质,入库会提高水库氮、磷含量,加快水体富营养化,严重的直接导致藻类大量繁殖形成水华。澧水水库坝址以上流域面积主要分布在湖南省境内的石门、澧县,以及湖北省内的五峰、松滋、公安 5 县(市)。据统计,澧水水库水源地周边总人口 18.40 万人,其中农村人口 1.46 万人,生活污水和固体垃圾均未处理。按城镇和农村生活污染物入河计算,主要污染物 COD<sub>Cr</sub> 入河量 3 440.46 t/a、BOD<sub>5</sub> 入河量 1 558.96 t/a、NH<sub>3</sub>-N 入河量 397.80 t/a、TN 入河量 553.70 t/a、TP 入河量 38.71 t/a。

### 3.2 畜禽养殖污染源

畜禽养殖的污染面比较广,养殖过程会产生大量的粪便、污水,含有大量的细菌和氮、磷等营养盐成份。库区畜禽养殖以散养为主,4 个养猪场共养殖生猪 0.35 万头,养鸡场有鸡 1.3 万只。粪便大多随意堆放或还田,养猪场污染物入河系数为 0.6,养鸡场污染物入河系数为 0.8。畜禽养殖主要污染物

COD<sub>Cr</sub> 入河量 45.0 t/a、BOD<sub>5</sub> 入河量 43.5 t/a、NH<sub>3</sub>-N 入河量 3.6 t/a、TN 入河量 7.8 t/a、TP 入河量 3.0 t/a。

### 3.3 农业面源污染

澧水水库以上面源污染主要来自于流域内的水土流失及农业面源污染,其中农业面源污染主要来自于农业化肥的使用。土壤中氮、磷、有机质等可溶性营养物质在土壤侵蚀作用下可进入库区影响水质。据调查,澧水流域多年平均输沙模数为 150 t/km<sup>2</sup>。根据松滋市 2013 年统计年鉴分析,澧水流域 2013 年氮肥施用量 3.03 万 t,磷肥施用量 1.39 万 t。由此计算得到澧水水库以上面源污染入库氮、磷分别为 573.45 t/a,39.5 t/a。

### 3.4 水土流失状况

由于近几年国家水保工程的实施,澧水水库坝址以上流域水土流失状况已得到有效治理,根据水利规划的发展趋势规划水平年水保措施将进一步得到加强,预计该流域水土流失将逐渐减小。

### 3.5 工矿企业点源

根据现场调查,澧水水库坝址以上流域目前主要厂矿企业有 2 家煤矿、1 家铁矿、4 家土法造纸厂等。煤矿原则上不排放污水,主要考虑事故排水对水体有一定污染。铁矿废水排放量为 3 万 t/年,4 家土法造纸厂废水排放量为 10 万 t/年。

### 3.6 临库公路和旅游情况

水库对外交通以公路为主,库区沿线有村级公路与县级公路相接,可到达松滋城区。工程对外物质运输均可通过现有公路交通网抵达工地,工程对外交通条件便利。库区游泳和旅游未形成规模,库区内仅有一座饭庄,粗略估计日均用餐约 50 人,其产生的生活垃圾和废污水是澧水水库的直接污染源之一。

### 3.7 水体内源污染

水库养殖是造成澧水水库水质退化的重要原因。澧水水库内实施大面积养殖,但鱼类群落结构不够合理,食物链结构失衡,水体沉水植被及小型浮游生物、贝类严重破坏,导致整个水库水生态系统自净、修复能力降低。水库内有 4 处库汉投肥养鱼,洪水暴发时污水直接进入水库,导致水体存在一定的内源污染。经调查,库汉内共有网箱养殖面积 66.67 hm<sup>2</sup>,实行投饵养殖;澧水水库边建有澧松大桥中华鲟养殖基地,共养殖中华鲟 10 万尾,38 万斤。人工投饵的残留物及鱼类的排泄物都会给水体造成不同程度

的污染。

### 3.8 污染评价

点污染源评价采用等标污染负荷法,选用《综合污水排放标准》(GB8978-1996)一级标准 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN 和 TP 等因子。从表 1 评价可知,

水库的污染源以生活污水为主,家禽养殖业为次;各污染因子排序以 TP 居首,占 69.8%,BOD 为次,占 13.6%,总氮第 3,占 6.3%。因此,该水库的治理首要任务是治理居民生活污水,然后治理家禽养殖业,解决的污染因子以 TP 为主。

表 1 各点污染源等标污染负荷及污染负荷比成果表

污染源	项目	污染因子					合计	污染源排序
		COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP		
城镇生活污水	等标污染负荷(t/h)	3 616	8 192.5	2 787.3	3 879.7	40 680	59 155.5	1
	污染负荷比	0.051 4	0.116 5	0.039 6	0.055 2	0.578 5	0.841 3	
农村生活污水	等标污染负荷(t/h)	311.5	705.7	240.1	334.2	3 504	5 095.4	2
	污染负荷比	0.004 4	0.01	0.003 4	0.004 8	0.049 8	0.072 5	
煤矿事故废水	等标污染负荷(t/h)	13.2	194.4	66.2	92.1	965.5	1 331.4	4
	污染负荷比	0.000 2	0.002 8	0.000 9	0.001 3	0.013 7	0.018 9	
造纸厂废水	等标污染负荷(t/h)	142.7	214	28.5	39.7	416.2	841.1	5
	污染负荷比	0.002	0.003	0.000 4	0.000 6	0.005 9	0.012	
养殖场	等标污染负荷(t/h)	51.4	248.5	27.2	59.3	3 451.7	3 838.1	3
	污染负荷比	0.000 7	0.003 5	0.000 4	0.000 9	0.049 1	0.054 6	
饭荘	等标污染负荷(t/h)	8	7.3	0.7	3.5	36.4	55.9	6
	污染负荷比	0.000 1	0.000 1	0	0	0.000 5	0.000 8	
总污染负荷比		0.058 9	0.136	0.044 8	0.062 7	0.697 6		
污染物污染程度顺序		4	2	5	3	1		

## 4 水源地保护存在的问题

### 4.1 养殖污染

水库管理单位虽然完成了水管体制改革,但经费问题一直未有效落实,水库以“自收自支”为主。自 2003 年水库大水面对外承包,要求自然养殖、不能投肥,但还是有部分渔民为了提高产量私自投肥投饵,导致水体污染。同时,较为低端的养殖模式导致鱼类群落结构不够合理,食物链结构简单,水体沉水植被及小型浮游生物、底栖动物严重破坏,造成整个水库水生态系统自净、修复能力降低。

### 4.2 点源污染

库区内的点源污染主要来自上游工矿企业和集镇的生产生活。水库上游五峰县几家土法造纸厂不但在产且有扩大趋势,浸泡池中污水下流入溪,一遇大雨更是对水库源头构成更大污染威胁;有些人口较为集中的集镇人口密度较大,目前无集中污水处

理厂和垃圾焚烧场,对水源地水质构成较大威胁。

### 4.3 面源污染

水库上游养殖、农业生产、旅游、垃圾随意丢弃产生的大量面源污染。湖南澧县太清支流甘溪坪镇千头猪场生产垃圾直接入溪,对水库源头环境造成极大污染;澧县边山河处中华鲟养殖场及澧松大棚蔬菜种植基地也对水库上游水环境造成很大不利影响;水库承雨周边农业生产大量使用农药、化肥,农村畜禽养殖和库汉水产养殖投肥投饲等,以及在水库消落区私自开垦农田耕作等行为,都会产生大量面源污染;库内两家较大餐饮场所运营产生大量的生活垃圾,现已被执法部门强制关闭;水库周边居民区未设置垃圾集中存放点,生活垃圾随意丢弃,生活污水未经处理直接排放,一旦降雨便会随着地表径流大量冲刷入库,严重的时候白色污染可覆盖水库西端整个库汉;另外,库区西南端约 333.33 hm<sup>2</sup> 意

杨分布,秋季树叶落入水中导致水体变黑,影响水质和水景观。以上都对洩水水库水质构成严重的污染威胁,水库存在恶化趋势。

#### 4.4 水体变换频度小

洩水水库近年来水偏少,水体交换频度变小。洩水水库多年平均来水量为9.42亿 $\text{m}^3$ ,而近10年左右来水年平均8.4亿 $\text{m}^3$ ,来水少一成多;降雨也少近一成。多年平均泄洪量约为1.0亿 $\text{m}^3$ ,而近10年由于来水偏少、加上上游新建水库的调蓄作用,泄洪仅4次、年均仅0.17亿 $\text{m}^3$ ,泄洪次数明显减少,水体交换的频度变小。

#### 4.5 监管体系不健全

水质监测体系亟待建立,监管能力亟需加强。水库没有水质监测体系,缺乏对水质定期连续监测,应急监测能力不足。一旦存在突发性污染,难以迅速察觉,将给松滋市城市、农村供水带来严重后果。由于水库流域范围较大,水库饮用水水源地管理工作比较滞后,难免存在责任不明、管理不到位等问题,水源地基本上为敞开式管理,没有设立保护标志牌并采取工程防护措施,也没有建立人畜隔离防护,人畜任意出入,对取水口周围的水质环境造成严重威胁。

#### 4.6 资金投入不够

资金投入不够、基础设施不完善。水源地保护区内基础设施不完善,农村污水和雨水排放系统还不健全,生态户厕也未普及。村庄排水多为地表漫流,居民生活污水不能得到处理,水源地保护区的立标围栏工作需要立即实施,这些工作都需要资金保障,同时保护区内鼓励实施退田还林,也需要大量资金支持。

#### 4.7 居民保护意识淡薄

保护区内居民对水源地保护意识不强,不仅不能够承担起保护水源地的责任,对危及水源地的一些违规行为进行有效控制,甚至还不约束自身的行为,在取水口附近进行畜禽养殖,生活污水就地排放,给水库带来污染。保护区内居民需要加强对水源地保护知识的了解,提高对水源地的保护意识。

## 5 对策措施

根据洩水水库水源地特点和保护管理现状,提出相应的对策措施。

### 5.1 加大污染源整治力度

针对洩水水库水源地保护区内的点源、面源、内

源等各类污染源采取综合治理措施,对直接进入保护区的污染源采取分流、截污及入河、入渗控制等工程措施,阻隔污染物直接进入水源地水体。

#### (1) 点源污染控制

一级保护区内禁止一切与保护无关的活动。取缔一级保护区内的农家乐1处,一级保护区内与供水无关的建筑物(旅游码头)停止运营,增加水源地环保巡查频次。

限期治理二级保护区和准保护区内现有影响城镇供水水源水质的污染源,确保供水水源水质。

#### (2) 面源污染控制

一级保护区内禁止一切与保护无关的活动,包括人工养殖、放养禽畜、种植、网箱养殖和从事一切可能污染水体的活动。全面完成本区内退田还林的工作,确保没有任何农业生产行为。

二级保护区和准保护区内取缔渔业养殖。保护区范围内禁止使用高残留农药,提倡用生态肥料替代部分化肥,改变施肥技术,提高肥料利用率;鼓励农业向保护区外围扩展。

#### (3) 内源污染控制

洩水水库某些库汉盲目追求渔业经济效益,实行投肥养殖,导致水体污染严重,涉及渔业养殖的库汉有4处,面积共约90 $\text{hm}^2$ ,饵料的残留物及鱼类的排泄物都会给水体造成不同程度的污染。此外,水库大水面养殖面积达30 $\text{km}^2$ 以上,由于鱼类群落结构不够合理,食物链结构失衡,水体沉水植被及小型浮游生物、贝类被严重破坏,整个水库水生态系统自净、修复能力降低。从保护水源地的角度出发,洩水工程管理局应收回水面管理权,集中管理,合理放养,坚决取缔投肥养殖。

## 5.2 加强水库水生态保护和水土保持

通过采取生物和生态工程技术,对水库水源地保护区的周边湿地、环库岸生态和植被进行修复和保护,营造水源地良性生态系统。对于水库饮用水水源保护区,在采取隔离防护及综合整治工程方案的基础上,根据需求和可能,有针对性地在主要入库支流、水库周边及湖库内建设生态防护工程,通过生物净化作用改善入库支流和水库水质。通过对支流河岸的整治、基底修复,种植对土壤、气候适宜的水生、陆生植物,构成绿化隔离带,维护河流良性生态系统,兼顾景观美化。对水库水源地周边生态破坏较重点区域,结合饮用水水源保护区生物隔离工程建设,在水库周边建立生态屏障,减少农田径流等面

源对水库水体的污染,减轻波浪的冲刷影响,减缓周边水土流失。对水源地周边的自然滩地和湿地选择合适的生物物种进行培育,为水生和两栖生物等提供栖息地,保护生态系统。

### 5.3 加强水质监测能力建设

流水水库目前没有水质自动监测点,需在整个水源地保护区新建一套自动化水质监测系统,以便及时掌握水库的水质动态。拟在取水口附近、一级保护区进口断面、桃花岛附近、太阳岛附近、水库西南角设立5个自动监测断面。中心站纳入湖北省水资源管理信息系统统一建设。

### 5.4 加强标示与警告设施建设

在水源保护区范围内设立界标54块、交通警示

牌5块、宣传牌372块,用于向库区居民及旅游人群传递饮用水水源保护区的相关规定和信息,以保护饮用水水源地。

### 5.5 加强水库水源地保护宣传

利用报刊、杂志、网络、广播、电视等新闻媒体和各类宣传册广泛开展多层次、多形式的水库水源地保护舆论宣传和科普宣传,使全社会意识到水库饮用水源地保护的紧迫感和责任感,营造全社会关心支持的氛围,使水库饮用水源地安全保障得到社会各界的广泛认同和支持。重点宣传节约用水、清洁生产、科学施肥、乡村环境整治和实施最严格的水资源管理等。

(收稿日期:2015-03-25)

## 简 讯

# 湖北省开展长江采砂管理专项整治活动

为严厉打击各类非法采运砂行为,维护主汛期良好的禁采管理秩序,保障长江河势稳定和防洪、通航安全,6月1日起,湖北省水利厅组织沿长江7市开展为期3个月的采砂管理专项整治活动。

此次活动,是按照《长江河道采砂管理条例》赋予各市水行政主管部门的职责和属地管理原则,在本级政府领导下具体组织实施的,主要对长江干流湖北江段具有采砂功能的各类船舶与机具,私自改变船舶登记用途从事采砂作业的船舶,运输砂石料的各类船舶,转载江砂的过驳吊机以及上述船舶、机具的违法采运砂行为进行专项整治,目的是使各类

采砂船舶按指定地点集中停靠,外籍采砂船驱离湖北水域,非法采运砂活动及各类采砂船非法移动行为得到有效管制和打击。

专项整治活动按筹划与动员、宣传与整治、巩固总结三个阶段实施,湖北省水利厅成立了长江河道采砂管理专项整治活动督导组,对沿江各地禁采管理情况进行巡查检查,组织专项整治活动的现场督导和检查验收,确保整治活动务实、高效、安全、顺利,确保长江河道禁采管理有序、可控。

(摘自《湖北省水利厅网》2015年6月10日)

# 武汉市污水处理厂污泥处理处置途径研究

李志洪 姚娜 吉增宝 程艳辉

(湖北安源安全环保科技有限公司 武汉 430040)

**摘要:**以武汉市为例,分析了武汉市污水处理厂污泥的常规处理处置现状及存在问题。同时,基于武汉市污泥产量大、重金属含量低、有机物及氮磷钾养分高的特性,从可持续发展的角度探讨了“污泥土地利用方式”对于武汉市污泥资源化处理处置所发挥的巨大潜力,提出了用污泥制作燃料油、合成燃料、建筑材料和可降解塑料等资源化处理途径,并阐述了这些处理方式的可行性及现实意义。

**关键词:**污水厂污泥;处置途径;武汉市

随着武汉市城市规模的不断扩大和人口的日益增长,城市污水的产生量越来越大、污水净化率提高致使污泥的产量空前增加。污泥作为污水处理的副产品,是一种含有病原微生物、多种有机、无机物及重金属的固液混合物,其被检测到的192种化合物中有99种被确定为有害化合物,具有容量大、不稳定、有恶臭、有毒有害等特点,因此污泥是一种危害性极大的固体废弃物,如果不加以科学的处理处置,将会对环境造成严重的二次污染。一般来说,活性污泥一般含有65%的有机物和35%的无机物,通过消化处理后约含40%的有机物和60%的无机物,其中无机物以 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、全氮和全磷为主。污泥中的重金属主要有汞(Hg)、镉(Cd)、铬(Cr)、铅(Pb)、砷(As)、锌(Zn)、铜(Cu)、镍(Ni)、锡(Sn)、铁(Fe)和锰(Mn),构成污泥的主要有毒有害物质,对人体毒害最大的有5种,分别是铅、汞、铬、砷、镉。

本文以武汉市为例,通过对武汉市污水处理厂污泥常规处理处置现状的分析以及其可持续利用新途径的探讨,为武汉市污水处理厂污泥的无害化、减量化及资源化利用提出了新的合理的利用方式。

## 1 武汉市污泥处理处置现状及存在问题

武汉市区2010年已建污水处理厂的总污水处理规模达171万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,规划至2020年将建设13座

污水处理厂,总的污水处理规模将达358万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,其污水处理厂采用浓缩+脱水的污泥处理方式。污水厂出厂污泥含水率80%左右,需进一步处理处置,保证污泥处理处置的“无害化、减量化、稳定化”,并为逐步“资源化”创造有利条件。根据武汉市区污水处理厂的分期建设规划及固体物质计算,预测武汉市污水处理厂2015年污泥产量为795t/d,2020年为1543t/d。随着污水处理厂规模的不断扩大,污水处理厂产生的污泥也会不断增加,大量污泥的妥善处理处置问题更为突出,如果不能采取有效的措施进行妥善处理和处置,必然对城市的环境造成严重影响,因此武汉市政府决定抓紧建设污泥处理处置工程以改善城市的环境。

随着武汉市城市化和现代化规模的迅猛发展,人口数量不断增加,根据《武汉城市总体规划(2006~2020年)》,预计到2020年的时候,武汉市全年污泥产量将达200万t(含水率80%)。如果将污泥只进行简单的堆放处理或仅进行简单的地下填埋,将会污染地表水和地下水,造成严重的二次污染。大量未稳定化处理的污泥简单堆放不仅占用了大量土地面积而且对城市生活环境造成了恶劣影响,所以如何将武汉市产量巨大、含水率高、成分复杂、易造成二次污染的污泥进行妥善安全处理,使其达到稳定化、减量化、无害化和资源化的最终处置目标,已成为武汉市污水处理厂亟待解决的重大问题。

## 2 武汉市城市污泥处理处置的出路研究

### 2.1 污泥概况

污泥无害化处理、资源化循环利用是武汉市污水处理厂管理的重要内容,对提高城市市容市貌、保障城市人居环境质量和生态安全有重要意义。武汉市污泥的主要来源是生活污水,污水经过处理后的污泥具有较高的热值、以及较高的氮磷钾和有机质等养分,而其含有的重金属、有毒有机物等有毒有害物质相对较少,因此,武汉市污泥具有较大的潜在的资源化循环利用的可能性。武汉市目前污泥处理处置方式以填埋为主、土地利用和焚烧为辅,不能及时处置的污泥采取露天堆置的方式,不仅占用了大量宝贵的土地资源,而且污染了大气环境和地表水、地下水。在借鉴发达国家污泥处理处置的成功经验和探索性新途径的基础上,针对武汉市现实情况,从可持续发展的角度出发,武汉市必须加速探索新的污泥资源化利用进程,加大污泥资源化所占比例。

### 2.2 污泥处理处置的常规资源化利用方式

#### 2.2.1 土地利用及堆肥制成土壤改良剂

武汉市作为中国的中部中心城市,基于武汉市的地理位置和特殊地位,污水处理率越来越高,随之污泥产量也将逐年增加。由于武汉市耕地面积在全市农用地面积中的占比较大,且大部分土地土壤有机质缺乏,大部分农田有机质含量在 1.7% 以下,因此,污泥的土地利用具有广阔的空间。

通过对武汉市城市污泥营养成分与农家肥中营养成分取样进行了对比分析,结果如表 1 和表 2 所示,其结果表明污泥中含有比农家肥含量更高的有机质和氮磷钾养分元素,揭示了武汉市污泥作为农用堆肥的优势。用污泥作为农用肥料,将其施加至农用土地、果园、市政园林绿化、林草地及沙荒地、矿山和采石场的生态复绿等。利用土壤的自然净化能力使污泥达到稳定化和无害化,同时,污泥中的有机质、氮磷钾养分和腐殖质等能改良土壤结构,促进土壤团粒结构的形成,而且还能起到保肥保水、提高土壤温度、提高土壤肥力从而促进植物的生长,是一种良好的土壤改良剂。

表 1 武汉市城市污泥营养成分与农家肥中营养成分对比表

品种	有机质	氮 N	磷 P	钾 K	含水率/%	重金属
城市污泥	48.2	3.45	1.45	1.38	80	未超标
猪厩肥	25	0.45	0.083	-	-	未超标
牛厩肥	20	0.34	0.070	-	-	未超标
羊厩肥	31.8	0.894	1.100	-	-	未超标

注:“-”表示未测。

表 2 武汉市污泥重金属含量及中国城市污泥土地利用重金属控制标准表

项目	重金属 mg/kg							
	铅(Pb)	镉(Cd)	铬(Cr)	铜(Cu)	锌(Zn)	镍(Ni)	砷(As)	汞(Hg)
农用标准	1 000	20	1 000	1 500	3 000	200	75	15
园林标准	1 000	20	1 000	1 500	4 000	200	75	15
土地改良	1 000	20	1 000	1 500	4 000	200	75	15
混合填埋	1 000	20	1 000	1 500	4 000	200	75	25
武汉市污泥重金属平均含量(干重)	44.38	0.73	118.37	392.56	743.12	78.73	24.52	5.37

根据表 2 的结果可知,武汉市污泥的重金属含量明显低于国家的控制标准。武汉市的污泥不仅有有机质及氮磷钾含量相对丰富,而且污泥中重金属含量呈逐年下降的趋势,因此,将武汉市的污泥应用于农林业生产中是相对安全的。污泥应用于土地利用

时,必须引起注意和重视的是要严格控制污水厂污泥的有毒、有害物质及病原微生物,使其达到国家标准;应该特别注意污泥中重金属的含量,根据其土壤背景值等情况,严格按照计算得到的污泥施用量进行施用。一般来说某块农田使用污泥数量有一定限

度,当达到这一限度时,污泥的农用就应停止一段时间后再继续进行;农业利用应在安全施用量之下控制使用,同时整个利用区应该建立严密的使用、管理、监测和监控体系。关注区域内的土壤、地下水、地表水、作物等相关因子的状态和变化,并根据发生的变化作出相应的调整,使得污泥的农用更加安全有效,促进农业的可持续发展。

污泥堆肥可采用自动控制系统大大的提高了污泥堆肥的效率与成功率,堆肥的产品稳定性更佳。高等等通过对城市污泥堆肥过程自动测控系统进行的研究表明,与定时控制相比,利用堆肥自动测控系统进行自动监测和控制的堆肥时间缩短了28%,有机物降解更加充分,减量化明显,可以提高堆肥产品质量,后续脱水成本较低,具有明显的优越性。与传统堆肥相比,堆肥时间至少可缩短15~30d,堆肥的成功率和堆肥产品质量得以明显提高。采用堆肥过程控制系统可以更准确、更及时、更有效地监控堆肥过程,将其制成土壤改良剂,产品质量稳定,施用到贫瘠农地土壤或造林地区,可提高植株成活率和生物量,改善土壤理化性状,同时可以节约污泥处理所耗费的人力、财力和物力成本。

### 2.2.2 干化焚烧

焚烧是使污泥中的可燃成分在高温下充分燃烧,最终成为稳定的灰渣。污泥焚烧后,大大减量化,1t干污泥焚烧后仅产出0.36t灰渣,焚烧过程使有毒有害的污染物被氧化,当焚烧灰用作建筑材料时重金属被固定在建筑产品中而阻碍了重金属造成的二次污染,是安全的污泥处理方法。污泥焚烧可以分为两类,一类是将脱水污泥直接送焚烧炉焚烧,另一类是将脱水污泥干化后再焚烧,后者比较普遍,同时污泥也可以与垃圾混合后再进行焚烧。典型的污泥焚烧设备主要有立式多膛焚烧炉、流化床焚烧炉、电动红外焚烧炉等。焚烧系统工艺流程见图1。

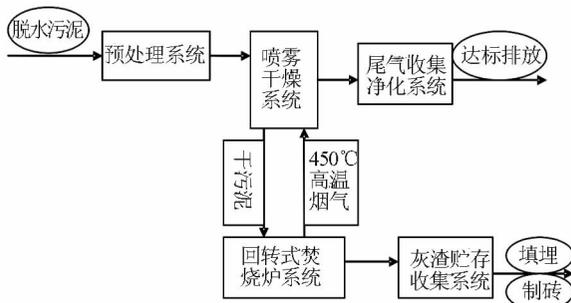


图1 焚烧系统工艺流程图

根据污泥高热值、轻质地的特点,通过特殊的低温干化技术,成功控制污泥中的有害部分,并保留其热值,干化后呈颗粒状的污泥团粒,可作为黏土砖、水泥压制品的原料,或作为辅助燃料焚烧可使剩余污泥的体积减少至最小化,能达到使污泥减量化的目的,并可以解决其他方法中污泥要占用大量空间的缺陷。但这种处置方式所需的费用较高,能耗很大,产生的烟气污染难以控制,并且不完全燃烧会产生危害较大的二恶英是一种强致癌物。

考虑到垃圾处理与污泥处理的基础应用发展趋势,以及污泥热干化焚烧与垃圾焚烧的互补性优势等因素,武汉市在远期的污泥处理处置技术应用中污泥的热干化焚烧技术将逐步得到采用,但应与垃圾焚烧厂的建设相协调,特别是应注意污泥的输送、热能的高效利用、焚烧设备的适应性和环保安全设计。

### 2.2.3 干化填埋

污泥填埋是欧洲,特别是希腊、德国、法国在前几年中应用得最广泛的处置工艺,在将来的发展中填埋仍然是垃圾和污泥处置中不可避免的方法。对于不能资源化而须从使用循环中排除的废物,填埋是目前唯一的最终处置途径。由表2可知武汉市污泥重金属含量均在安全控制范围以内,因此填埋不会产生安全隐患,不具备土地利用和建筑材料综合利用条件的污泥,可采用填埋处置。污泥以填埋为处置方式时,应满足城镇污水处理厂污泥处置混合填埋泥质规定,可采用高温好氧发酵(高温好氧发酵后污泥含水率应低于40%)、石灰稳定等方式处理污泥降低含水率,提高污泥横向剪切力,也可添加粉煤灰和陈化垃圾对污泥进行改性。填埋前的污泥需进行稳定化处理,横向剪切强度应大于25kN/m<sup>2</sup>,填埋场应有沼气利用系统,渗滤液也能达标排放。干化填埋因其简单易行、处理费用低等特点仍是武汉市处理污泥的主要方式,一般将含水率达标的污泥填埋到人烟稀少的郊区。

## 2.3 污泥资源化利用新途径探讨

### 2.3.1 用污泥合成燃料

美国一研究机构为解决污泥处置问题及发挥污泥的最大热能,开发出了一种污泥合成燃料。用50%以上的污泥圆体掺加一定量的石灰及水溶性有机粘结剂(例如糖浆)制成成型燃料,可以在固定床或移动床气化炉中燃烧。为提高合成燃料的热值,还可以加入一定量的粉煤。其燃烧产生的烟气可以

通过常规的气体净化装置去除其中的酸性气体及其他大气污染物。污泥合成燃料是一种绿色环保技术。污泥中含大量有机物,热值较高,将污泥按一定比例与煤粉和其他添加剂混合制成污泥型煤,既可以作为型煤的粘结剂,又可以充分发挥污泥的热值。污泥合成燃料采用的主要设备及器材包括干烘箱、分离器、马弗炉及氧氮热值仪等,其简易流程图如图2。

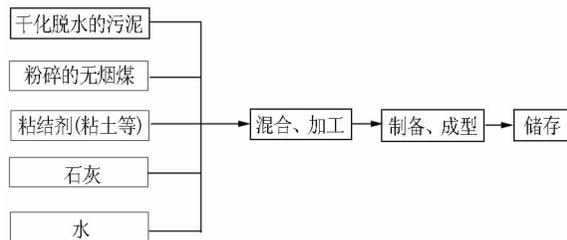


图2 污泥制成型煤流程图示意图

污泥中的有机质具有可供燃烧的热值,因此,有机物的多少反映了污泥的热值特征,其热值可用经验公式表示如下:

$$Q = 2.3224a \left( \frac{100Pr}{100 - G} - b \right) \left( \frac{100 - G}{100} \right)$$

式中:Q 污泥燃烧热值, kJ/kg; Pr 挥发性固体含量, %; G 脱水时投加的无机混凝剂占固体重量百分比, 当投加有机混凝剂时 G = 0; a、b 经验系数, 初沉池污泥 a = 131, b = 10; 二沉池污泥 a = 107, b = 5。

通过表1中武汉市城市污泥营养成分与农家肥中营养成分对比(干污泥重量百分比)可知,武汉市城市污泥有机质含量非常之高,由污泥燃烧热值的经验公式计算可知其燃烧热值也非常高,因此,武汉市城市污泥在用来合成燃料方面具有很大的潜力。

污泥燃料化技术是当前污泥处理技术研究开发的重点方向,此项技术的推广不仅可以解决武汉市污泥的最终处置问题,而且还能为社会提供能源,充分利用了污泥中的有效成分,具有很高的市场价值,同时也实现了武汉市污泥减量化、无害化、稳定化和资源化的终极目标。

### 2.3.2 用污泥制作燃料油

污泥燃料化方法目前有两种,一种是污泥能量回收系统(HERS法, Hyperion Energy Recovery System),另一种是污泥燃料化法(SF法, Sludge Fuel)。HERS法即利用污泥消化制沼气,将污泥进行厌氧消化,其中的有机物经厌氧细菌分解产生以甲烷为主的可燃性气体,经脱硫后即可用作发电燃料。SF

法即污泥低温热解制燃料油,是将未消化的混合污泥经机械脱水后,加入重油,调制流动性浆液进行多效蒸发,污泥有机质在加热条件下部分热裂解,产生衍生燃料。污泥燃料燃烧产生蒸汽还可作污泥干燥的热源和发电,回收能量。美、英、日等国研究用热化学液化法,即在300℃、100个大气压左右将脱水污泥反应成油状物。德国和加拿大以热分解油化法为主。污泥低温热解制油技术是通过无氧加热污泥干燥至一定温度(<500℃),由于馏和热分解作用使污泥转化为油、反应水、不凝性气体(NGG)和炭等4种可燃产物。在此工艺中,干污泥在无氧环境下被加热至300℃~350℃保持约30min,然后由冷却器收集油、水混合物,在反应釜内没有压力情况下,继续加热到450℃左右,由冷却器收集轻油、焦油和气体。产油的热值高,收集起来后可以作为能源储存。油在热解过程中以蒸气相存在,可被明火点燃,性质稳定。

一般的污泥制油采用低温热解技术,简易设备如图3所示,将脱水污泥充分干燥、研细后投放于一个密闭容器里,在适宜温度下(400℃左右)加热8h以上,将排气装置导出的气体引入装有冰块冷凝收集系统,此时混合气中的水和油便被各自分离,未冷凝的油和氮气便可以在另一收集系统中被收集。污泥制油设备平均产油率可达20%以上,反应剩余的污泥可直接在农林业用地中作为肥料施用。

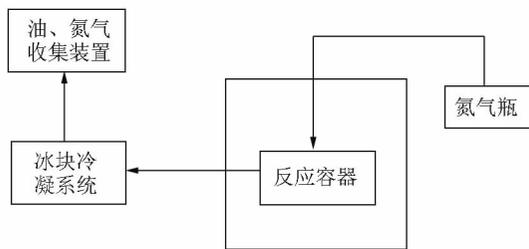


图3 污泥制作燃料油流程简图

污泥制燃料油对污泥的减量程度高,而且其能量利用率较高,对生态环境造成的污染低,处理成本相对较低,其应用潜力巨大、领域广阔,是一项低碳环保技术。本项技术的产油率主要取决于城市污泥自身的特性,提炼出的油的能量占干化污泥总能量的50%左右,又由于武汉市城市生活污水污泥有机物含量极高,由污泥合成燃料的分析可知武汉市污泥具有较高的能量,为此,污泥制燃料油技术的应用将对武汉市在实施污泥资源化、减量化方面起到借鉴和

参考价值。

### 2.3.3 用污泥加工作为建筑材料的附加原料

污泥中除了有机物往往还含有20%~30%的无机物,主要是硅、铝、铁、钙等化合物,与建筑材料常用的原料成分接近,因此可以利用污泥作为生产建筑材料的原料。目前污泥在建筑材料方面可以用来制砖、烧制轻质陶粒、生产水泥等。

#### (1) 制普通建筑生态砖

利用污泥制砖有两种工艺方式,一种是污泥焚烧灰制砖,另一种是干化污泥直接制砖。利用污泥焚烧灰渣制砖时,污泥灰渣的成分与制砖粘土的成分是比较接近的,制砖时只需添加适量的粘土与硅砂即可。用干化污泥直接制砖时,应对污泥的成分做适当的调整,使其成分与制砖粘土的化学成分相当,当污泥与粘土按重量比1:10配料时,污泥砖可以达到普通红砖的强度。但是,这两种制砖方式都存在空气污染问题,因污泥中含有大量的有机物,焚烧或烧砖时都有有害气体放出。

#### (2) 制轻质陶粒

污泥制轻质陶粒的方法按原料不同分为两种:一是用生污泥或厌氧发酵污泥的焚烧灰制粒后烧结。但利用焚烧灰制轻质陶粒需要单独建焚烧炉,污泥中的有机成分没有得到有效利用。二是直接利用脱水污泥制陶粒的新技术。污泥制轻质陶粒可用作混凝土的骨料、路基材料或花卉覆盖材料,也可作为污水厂生物滤池的滤料,微生物挂膜在陶粒上可有效降低污水中的BOD、COD及氨氮含量,效果好。

#### (3) 与水泥厂合作生产生态水泥

所谓生态水泥,是指利用城市垃圾焚烧灰和下水道污泥等作为主要原料,经过一定的生产工艺制成的无公害水泥。污泥生产水泥可用于素混凝土,地基的增强固化材料,以及用作道路铺装混凝土,大坝混凝土,重力式挡土墙,水泥竹纤维板等。

1996年4月瑞士的HcB Rekingen水泥厂成为世界上第一家具有利用废料的环境管理系统的水泥厂,并得到ISO14001国际标准的认证,它为规划、实施和评价环境保护措施提供了可靠的框架。美国、欧盟、日本等发达国家也纷纷采用高新技术,利用工业废弃物替代天然的原料和燃料,生产出达到质量标准并符合环保要求的生态水泥,对于资源的优化配置、环境的保护和社会的可持续发展起到了重要的作用。

有些城市工业污水处理厂每天都会产生大量有毒有害的城市污泥,由于其成分复杂,含有重金属和有毒有害物质而不适于堆肥、填埋,传统的利用方式往往会对环境产生二次污染,目前国内还没有研发出一种非常有效的方法来将其合理处理。另一方面,目前建材行业原料的需求又很大,对污泥进行一定的加工和处理后,将其作为建筑材料的辅助添加原料,是目前比较环保的一种利用途径。

### 2.3.4 用剩余污泥生产可降解塑料

1974年研究者从活性污泥中提取到一类可完成生物降解、具有良好加工性能和广阔应用前景的新型热塑材料PHAs(聚羟基烷酸酯),为利用活性污泥生产PHAs奠定了基础。研究表明:活性污泥经过相关的培养后,可大幅度增加其中含有的可降解塑料。因此,利用剩余污泥制备可降解塑料可有效地解决化学合成塑料所造成的“白色污染”,既让废物得到了利用,又避免了对环境产生二次污染,对环境保护及可持续发展作出了一定的贡献,创造了良好的环境效益和经济效益。因为活性污泥中含有微生物,当其在污水中摄取有机物的时候能够积累PHAs,当提取出PHAs时,污泥经过15~20d的简单驯化培养,可得到含PHAs约20%的细胞干质量比例的活性污泥,而且还能降低污泥的处理成本和制取PHAs的成本,实现工业化生产。

因为PHAs具有生物降解功能、生物兼容性和良好的机械性能而成为最可行的石化塑料的代替材料。该种材料可完全降解为二氧化碳和水,这种技术在武汉市具有较大的应用潜力。

## 3 结论与建议

(1)武汉市污泥呈现逐年增加的趋势,具有产量大、重金属含量低,且在国家控制标准以内、有机物及氮磷钾养分含量高等特性,能够改善土壤结构、改良土壤质地。因此,“污泥的土地利用”是武汉市污泥处理处置中一条切实可行的有效途径。

(2)土地利用及堆肥制成土壤改良剂、干化焚烧是武汉市污泥处理处置资源化利用的常规方式,已经规模化投产使用,同时需要严格检测用于土地利用污泥的重金属含量,使其达到农用标准。干化填埋处理的污泥仍占据武汉市污泥处理量的绝大部分。

(3)用污泥制作燃料油、合成燃料、加工制成建筑材料的附加原料和将剩余污泥生产可降解塑料等

可持续处理途径,国外发达国家对此领域的成功探索显示了污泥的资源化势在必行,这些新途径目前在武汉市还处于初期研究探索阶段,还未实现规模化投产,但其对于武汉市污泥资源化和可持续循环利用具有重要的参考价值和实际应用的必要性。

当前,武汉市污水处理厂的建设已取得了快速发展,水污染问题得到了有效控制,但是污泥问题却日渐突显,在很大程度上影响了污水污染控制的成效。污泥成为污水处理厂正常运行的负担,有不少污水处理厂因为污泥问题面临停止运转的威胁。一旦污水处理厂停运,不仅是造成资金的巨大浪费,更严重的是将造成环境的巨大压力,其后果不堪设想。针对这种状况,对于武汉市的污泥处置问题,立法已势在必行,相关部门应尽快出台相应的污泥处理、处置费用的征管办法,多渠道地解决污泥处理、处置资金问题。在处理、处置污泥时充分考虑污水处理与污泥处理之间的关系,合理规划,统筹考虑,逐步解决武汉市污泥污染的问题。

### 参考文献

- [1] 翁焕新. 污泥无害化减量化资源化处理新技术[M]. 武汉: 科学出版社, 2009: 2-15.
- [2] 武汉统计年鉴 2011, 4-18, 4-19.
- [3] 吴敬东, 熊建新, 黄炳彬等. 北京市污水处理厂污泥处理处置现状及对策[J]. 北京水务, 2010, (5): 4-6.
- [4] 余杰, 田宁宁, 王凯军等. 中国城市污水处理厂污泥处理、处置问题探讨分析[J]. 环境工程学报, 2007, (1): 82-86.
- [5] 王绍文, 秦华等. 城市污泥资源化利用与污水土地处理技术[M]. 中国建筑工业出版社, 武汉, 2007.
- [6] 李尔, 伍军, 邹惠君等. 武汉市主城区污泥处理处置规划[J]. 中国给水排水, 2010, (10): 28-34.
- [7] 赵莉, 李艳霞, 陈同斌等. 城市污泥堆肥在冷季型草皮专用复合肥生产中的应用[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(5): 501-503, 506.
- [8] 金燕, 李艳霞, 陈同斌等. 污泥及其复合肥对蔬菜产量及重金属积累的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(3): 288-291.
- [9] 高定, 陈同斌, 黄启飞. 城市污泥堆肥过程自动测控系统及其应用[J]. 中国给水排水, 2005, 21(4): 17-19.
- [10] 李军, 王忠民, 张宁等. 污泥焚烧工艺技术研究[J]. 环境工程, 2005, 23, 6.
- [11] 翟云波, 魏先勋, 曾光明等. 城市污水处理厂污泥资源化利用途径探讨[J]. 工业水处理, 2004, 24(2): 8-15.
- [12] 裴伯钢. 污泥资源化处置与综合利用[J]. 环境保护科学, 2006, 10: 25-28.
- [13] 刘洪波, 季民, 崔勇等. 污泥处置技术与污泥规划中的多元化处置设想. 污泥处理处置技术与装备国际研讨会论文集[C]. 武汉: 化工出版社, 2003, 37-40.
- [14] 胡光坝, 洪云希. 城市污泥合成燃料的应用研究[J]. 中国给水排水, 1996, 12(2): 13-15.
- [15] 赵鸣, 吴广芬, 李刚. 污泥资源化利用的途径与分析[J]. 环境科学与技术, 2005, (3): 73-76.
- [16] 管晓涛. 剩余污泥资源化研究现状[J]. 江西化工, 2004, (9): 34-37.
- [17] 刘林森. 淤泥开发化腐朽为神奇[J]. 环境导报, 2003, (21).
- [18] 张长飞, 葛仕福, 赵培涛等. 污泥合成燃料的研制及燃烧特性研究[J]. 环境科学学报, 2011, 31(1): 130-135.
- [19] Cheng Hefa, Xu Weipu et al. Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turfgrass growth[J]. Ecology Engineering, 2007, 29: 96-104.
- [20] 黄晓庆, 黄少斌. 污泥特性与建筑材料资源化利用[J]. 粉煤灰, 2006, (1): 45-48.
- [21] 黄之初, 谢丹. 利用生态水泥科技推进城市垃圾的资源化处理[J]. 国外建材科技, 2003, 24: 3.
- [22] M. Fang, J. W. C. Wong. Effects of lime amendment On availability of heavy metals and maturation in sewage sludge composting[J]. Environmental Pollution 106 (1999) 83-89.
- [23] A. N. Angelakis and L. Bontoux. WasteWater reclamation and reuse in Eureau countries [J]. Water policy, 2001, (3): 47-59.
- [24] 汪靓, 朱南文, 张善发, 等. 污泥建材利用现状及前景探讨[J]. 给水排水, 2005, 31, (3).
- [25] 赵庆祥, 污泥资源化技术(M) 武汉: 化学工业出版社, 2002, 237-241.
- [26] 陈玮, 陈志强, 温沁雪等. 利用剩余污泥驯化提取聚羧基烷酸酯的研究[J]. 给水排水, 2010. 36(sl): 131-134.

(收稿日期: 2015-04-28)

# 松西河八宝镇谢牟岗堤段堤身滑挫 险情分析及整治方案

席和 江炎生

(湖北省防汛抗旱指挥部办公室 武汉 430071)

**摘要:**以松滋市八宝镇谢牟岗堤段(桩号松西左12+985处)堤身发生多处纵向/横向裂缝及部分堤身滑挫险情为例,分析出险原因、提出整治方案,总结涉水涉堤非水利工程设计施工中应注意的问题。

**关键词:**堤防;基坑;崩塌;整治方案

2014年3月8日,松西河特大桥在进行18#承台基坑开挖施工时,因处理措施不当,导致谢牟岗堤段(松西左12+985处)堤身发生多处纵向、横向裂缝及部分堤身滑挫险情。该基坑距外堤脚6m,设计挖深8m,在挖至7m深时,出现基坑突涌,带出大量粉砂,致使紧邻的堤防出现裂缝及滑挫险情,其中堤顶裂缝长约40m,宽1~2cm,堤内外坡裂缝宽5~20cm,长20~70m,并有多处,最大吊坎高0.5m。

## 1 工程基本情况

松西河特大桥位于松滋市新江口镇东南约3.5km处,是荆松一级公路三座特大桥之一,桥梁跨松西河航道及松西河东、西大堤,桥长1304.4m,以主跨(43+3×70+42)m连续梁跨越松西河左堤及航道,以主跨(42+70+42)m跨径跨越右堤。下部结构主墩采用薄壁墩,群桩基础;引桥采用柱式墩,座板式桥台,基础均采用钻孔灌注桩基础。

### 1.1 桥梁及基坑支护方案

18#墩承台采用拉森IV型钢板桩围护施工,平面尺寸为25.2m×10.2m,围护顶高程为35.5m,围堰底高程为26.5m,混凝土封底厚0.5m;钢板桩单根长度为15m,钢板桩入土深度最小为6.8m;共设置三道内支撑,围檩采用双拼I63a工字钢,对撑和斜撑采用壁厚10mm的φ630螺旋钢管。

施工流程:测量放线→型钢定向安装→打钢板

桩→土方开挖至第一层内支撑标高以下1m→第一层内支撑安装→土方开挖至第二层内支撑标高以下1m→第二层内支撑安装→土方开挖至第三层内支撑标高以下1m→土方开挖至基坑底设计标高→抽水、堵漏、清底→封底混凝土施工→第三层内支撑拆除→承台施工→承台回填→第二层内支撑拆除→墩身施工2m→第一层内支撑拆除→墩身施工高出最高洪水位→拉森钢板桩拔除。

### 1.2 堤防基本情况

谢牟岗堤为二级堤防,于2013年底完成堤防加固施工,并通过了工程验收。该段堤身现有断面堤顶宽6m,堤内坡比1:3,堤外坡比1:2.7,堤外坡在40.5m高程设置3m宽马道。堤外坡采用预制混凝土六方块护坡,内坡采用草皮护坡。堤顶设0.2m厚5m宽泥结石路面。脚槽下设2m宽枯水平台,10m宽水下抛石,厚度0.5m。堤内平台宽20m,堤内垂高约5m,堤外垂高约11m。

### 1.3 水文地质条件

出险堤段地下水主要以上层滞水和承压水两种形式存在,上层滞水存在于淤泥质粉质粘土夹粉土层和粉土夹粉砂层中,主要接受大气降水的入渗补给,向低洼处排泄,水量很小;粉质粘土为相对不透水层(隔水层),承压水存在于其下,储存量大。

## 2 出险原因分析

经过现场查勘,并查看 18#主墩承台施工方案、钢板桩围护施工计算书、该堤段地质断面图、施工记录,经过综合分析,判断出险原因如下:

### 2.1 基坑突涌破坏

根据地质报告,施工区的地下水主要以上层滞水和承压水两种形式存在,其中承压水储存量大。根据压力平衡基坑突涌判别方法,通过基坑底隔水层的实际厚度  $h$  与通常突涌临界厚度  $h_{cr}$  ( $h_{cr} = H_w r_w / r$ ,式中  $r_w$  为水的重度,  $H_w$  为承压水顶板处的水头,  $r$  为坑底隔水层土的重度) 来比较,当  $h < h_{cr}$  时,即隔水层及以上的土重小于承压水的水压力,基坑可能发生突涌。随着基坑开挖进行,  $h$  开始减小,当开挖至高程 26.5m 时,18#基坑底与相对隔水层底部最大高差为 1.32m,最小高差为 0.2m,小于突涌临界厚度 2m(经计算,  $H_w = 4m$ ,  $r = 1.98g/cm^3$ ,  $h_{cr} = 2m$ ),坑底突涌必会发生,堤基粉细砂流失,导致堤基稳定被破坏,堤基土体向堤外滑移,堤基对堤身的支撑作用降低,致使堤身发生多处纵向/横向裂缝及部分堤身滑垮。

### 2.2 坑壁流砂破坏

承台基坑施工时,连续多日降雨,堤内上层滞水得到充分补给后,水位升高至 35.84m,但外江水位仅 33.00m,堤身上层滞水持续反向补给外江,内水外渗,而施工单位选择拉森 IV 型钢板桩本身并不具备防渗性能,基坑开挖至一定深度后,坑壁土体渗透坡降大于该土体最大允许水平渗透坡降,粉土夹粉砂层中细颗粒从钢板桩缝中渗出,形成渗流通道,导致渗透破坏。

### 2.3 地形地质条件不利,存在滑坡诱因

松西河八宝谢牟岗堤段堤外无滩,深泓贴岸,堤防直接挡水,堤外垂高达 10m,形势极其险要。18#承台基坑开挖深度达 8.3m,坑底高程为 27.09m,堤顶到坑底的垂高进一步加大到 18.11m(该处堤顶高程为 45.20m),堤身受力组合进一步改变,增大失衡趋势。根据钻孔揭露,坑壁出露的土层由上至下依次为素填土、粉土夹粉砂、粉质粘土、粉砂夹粉土,本身无法直立稳定。地形条件的改变和地质条件本身的不利也是本次滑垮险情发生的原因之一。

## 3 应急整治方案

根据本工程重要程度结合险情实际情况,考虑渗透破坏问题、裂缝问题和边坡滑动问题三个因素,采用出险堤内侧新筑堤防 + 堤身不开挖充填灌浆 +

水下抛石镇脚方案进行抢险,待汛期过后按照堤防达标要求彻底整治。

### 3.1 新筑堤防

为确保堤防安全度汛,按照《堤防工程设计规范》2013 版技术要求,在现有出险堤防内侧,对坡面清基处理后,按顶宽 6m,坡比 1:3,顶高与现有堤防高度相同(45.20m),采用粘性土将现有堤防培厚。

### 3.2 充填灌浆

根据现场查勘情况及《土坝灌浆技术规范》要求,灌浆范围在平面上覆盖所有裂缝,纵向长 100m,横向从堤内坡脚至外堤脚,灌浆孔呈梅花型布置,对裂缝处进行内插加密,灌浆孔底部高程应为滑动面下 2m,灌浆前对裂缝上部 0.5m 范围土体进行抽槽回填封闭。

### 3.3 护坡恢复及水下抛石加固

出险堤段堤身滑垮导致堤外六方块护坡损坏,堤身充填灌浆也需对护坡进行拆除,灌浆完成后对护坡进行恢复,护坡结构基本按照现状进行恢复。对桥墩附近及坡脚采取抛石防冲固脚措施,抛石粒径为 0.2 ~ 0.4m,抛石厚度为 3 ~ 4 倍块石粒径,抛石总长度 200m。

## 4 结语

谢牟岗堤段堤身滑垮险情发生在 3 月,长江汛期尚未开始,没有产生大的灾情,但此险情的发生有以下几点要重视:

### 4.1 临江临堤基坑开挖前应先采取防护措施

临江临堤工程多数建设环境中存在动水、地质条件不良、地下水位高等不利条件,基坑开挖前宜先采取工程措施对坑底进行突涌防守,对坑壁做好防渗等工作,然后再进行开挖。本工程在施工中,施工单位仅用拉伸钢板桩围护,进行开挖施工,并计划挖至坑底后实施封底,这样对上层滞水和承压水完全没有进行控制,发生渗透破坏是必然的。

### 4.2 险情发生后必须立即采取应急处理措施

通常条件下,险情发生是从无到有,从小到大的过程,并最终产生不利后果。在本处险情中,如果施工单位在基坑开挖初现渗透破坏时,立即停止施工,研究采取应对措施,应当有机会避免最终的不利结果。但因施工单位在险情发生后,采取了加大抽水的错误做法,加剧险情。

### 4.3 堤防险情整治须应急当前,谋求长远

堤防出现险情后首先要面临当年洪水的考验,

尤其是临近汛期时,没有时间完成设计、招标、施工等一系列完整的建设程序,必须当即立断,采取应急处理措施,应对当年汛情。但堤防工程每年都要经受洪水考验,因此在时间允许的条件下,必须采取常规工程措施,根治险情。

#### 4.4 堤防管理单位应对涉水涉堤工程加强监管

一方面非水利工程涉水涉堤设计、施工时存在行业技术要求差别,建设单位对涉水涉堤工程建设程序不了解等情况;另一方面施工单位存在节约资金,加快工期的本能冲动,很多加固措施不能按设计要求落实,险情出现初期易冒险突进。因此,堤防管理单位必须从涉水涉堤非水利工程设计阶段介入其中,提出相应技术要求,开工前要求相关单位办理涉河建设手续,施工期更要加强工地巡检,逐一落实相关加固、安全措施,严防出现险情。

#### 4.5 涉水涉堤工程施工期间,须加强观测分析

施工期间,参建单位应建立完整的观测系统,一

方面观测本工程各项数据,控制工程进度,另一方面要观测涉及的堤防外观、工程附近地下水位变化等,并及时分析观测资料,全面掌握本工程所涉堤防的稳定状态,以便及时采取相应措施应对不利情况,防微杜渐,确保工程及所涉堤防安全。

#### 参考文献

- [1] 梁涌然. 条形基坑的突涌分析[J]. 岩土工程学报, 2000,18(1):75-79.
- [2] 马石城,邹银生,王骥菽. 带承压水的基坑隔水土层的临界厚度计算[J]. 建筑结构,1995,17(6):14-21.
- [3] GB 50286-2013. 堤防工程设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2013.
- [4] 松西河八宝镇谢牟岗堤段荆一级公路松西河特大桥施工险情应急抢险方案. 荆州市长江勘察设计院,2013.

(收稿日期:2015-04-08)

## 简 讯

### 70m 深层防渗墙在荆江大堤试验成功

6月8日,湖北省水利厅党组成员、总工程师王万林在荆江大堤综合整治工程全封闭塑性防渗墙生产性试验总结会上宣布:“全封闭塑性防渗墙试验性施工取得成功。”

2014年9月,水利部批准在荆江大堤监利县窑圪垯连续2000m堤段采取深层全封闭塑性防渗墙技术,解决基础防渗问题。

组织过国内外重大水利基础工程施工的中国水电基础局有限公司总工程师肖恩尚介绍,防渗墙技术已经在堤防建设中得到广泛应用,但深度一般只有30m左右,平均深度达到70m的防渗墙,在堤防加固工程建设中还是首次应用。

地质专家、武汉大学教授余成学详细介绍了深

层全封闭塑性防渗墙的施工难度,地下地质条件复杂、孔斜精度要求高,面临塌方、墙体浇筑、拨管等技术难题,一般在短距离的大坝工程中使用;长度达到2000m的少见。

为保障深层防渗墙技术在荆江大堤综合整治工程中成功应用,湖北省水利厅委托武汉大学有关专家进行了专题研究,并取得初步成果。

试验结果表明,在荆江大堤综合整治工程深层防渗墙工程施工中,采取“两钻一抓法”施工,并辅以“气举反循环法”清孔技术和先进的槽段连接方式,能有效保障深层防渗墙工程的成功应用。

(摘自《湖北省水利厅网》2015年6月12日)

# 浅谈梧桐湖新区离岛真空预压 软基处理技术

项海玲 陈小云 张四明

(湖北水总水利水电建设股份有限公司 武汉 430034)

**摘要:**通过梧桐湖新区离岛真空预压地基方案的比选,分析了施工的重难点,采用真空预压软基处理技术处理后,各项技术指标均满足设计和使用要求,节约工期、节省投资,取得良好的经济效益。

**关键词:**真空预压;软基处理;施工技术

## 1 工程概况

梧桐湖新区离岛地基处理工程位于梁子湖大垅村附近,新近吹填淤泥而成的离岛之上。吹填之前该区域主要为鱼塘,还有树林木、道路、排水渠和民房屋等分布其间,地形复杂且高差较大,平均高程为15.5m,吹填后高程为20.5m,吹填淤泥平均厚度为5m。

梧桐湖新区离岛地基处理工程分为A区和B区,占地面积约30万 $m^2$ 。因湖区吹填淤泥土含有有机质较多,完全未固结,具有含水量高、压缩性大、透水性弱、承载力极强度低等特点,吹填施工完成后,虽采取排水措施,并静置数月后仍然为流塑状,人和机械无法进入施工,场地完全无法使用,不能满足设计和施工要求。因此,必须对吹填的淤泥土进行处理,为后续工程施工提供作业平台。

## 2 基础处理施工方案与技术措施

### 2.1 施工要求

#### 2.1.1 基础处理要达到的目的

- (1)处理后场地土承载力 $\geq 50kPa$ ;
- (2)处理有效深度为6m;
- (3)处理后表面形成较厚硬壳层。

### 2.2 施工方案选择

采用铺设砂垫层结合一般排水固结处理或传统

真空预压法,荷载以及由于施工机械荷载较大,大于地基承载力,底部淤泥难以承受砂垫层及施工机械的荷载,淤泥必然会被排开,同时吹填淤泥和砂垫层混合在一起,降低了砂垫层排水效果。铺设难以进行,难以达到理想效果,同时也延长了施工工期和提高了成本。

采取无砂垫层真空预压法施工处理可有效解决地基承载力问题。该方法是将起垂直排水通道作用的塑料排水板和起水平排水通道作用的滤管,用无纺土工布包裹严实,用扎带捆绑,确保密封性,将真空度的损失降到最低,该方法的最大特点是可加快软土固结时间。

方案经比较,采用真空预压法进行软基处理,合理利用资源,最大限度增加在处理期间荷载,并在密封膜上覆水1m,作为真空预压荷载的补充和安全储备。真空预压荷载按85kPa考虑,塑料排水板插设深度6.0m,按正方形布置,间距0.7m,真空恒载时间120d。浅层淤泥经处理后地基承载力特征值 $\geq 50kPa$ ,面积约1.4万 $m^2$ 。

### 2.3 施工数据监测

#### 2.3.1 施工过程中应监控下列项目

- (1)地表沉降;
- (2)膜下真空压力;
- (3)加固区外侧边桩位移。

#### 2.3.2 监控项目的观测频率宜满足下列要求

(1)地表沉降在加载初期1次/d,中后期2~4d观测1次;

(2)膜下真空压力:2~4h观测1次;

(3)其余监控项目在加载初期每1~2d观测1次,中后期3~5d观测1次;

(4)出现异常情况时加密观测。

## 2.4 工程施工重(难)点分析及采取的相应措施

### 2.4.1 工程施工重(难)点

(1)场地淤泥土完全未固结,呈流塑状,人员根本无法行走。应在抽真空准备工作之前,进入施工区域需铺设泡沫板;

(2)淤泥表面杂草较多且有树、房子建筑物等障碍物,对铺设编织布以及后序施工有较大影响。可采用人工采割对淤泥表面的杂草和树木进行清理;

(3)工人插设排水板时,由于土工编织布被刺破,在上部载荷作用下,编织布下淤泥会从孔中涌出,容易造成翻浆现象,可采用脚踏泡沫板插设排水板处理。

## 2.5 主要项目施工步骤及方法

### 2.5.1 施工步骤

首先采用GPS RTK点放样功能确定平面控制点,并设置明显的控制标志,并形成施工放样成果图。

### 2.5.2 土工编织布铺设

为了给后续插板作业提供一个良好、安全的作业平台,所以要铺设一层土工编织布。选用 $200\text{g}/\text{m}^2$ ( $4\text{m}\times 500\text{m}$ )编织土工布作为施工平台,并具有强度高、耐腐蚀、施工方便等众多优点。

(1)前期准备:由于吹填后淤泥表面杂草较多且有树、房子建筑物等障碍物,对铺设编织布以及后序施工有较大影响,故需进行整平,对树木、房屋用挖掘机进行掩埋,对高低不平位置用挖掘机整平,对表层植被、杂草进行人工割除;

(2)编织布施工方法:将成卷的编织土工布在软基处理区外,按待处理区形状将编织土工布分幅裁开,用手工缝纫机双线缝制,每块土工布面积在 $3\,000\text{m}^2$ 左右,并折叠成卷,以便于铺设。将已缝制好的土工布抬至待处理区内,由人工沿折叠的方向顺序铺开,靠近岸边位置用木桩将其固定,待土工布全部摊开后,将相邻的土工布用手工缝纫机缝合,编织土工布将整个加固区铺满,并连接成整体。为减小施工难度,应选择顺风方向铺设,同时注意缝合位置的牢固性;

(3)质量控制及技术要求:土工编织布以批为单

位进行验收,每 $10\text{万}\text{m}^2$ 为一批,不足 $10\text{万}\text{m}^2$ 时,以实际数量为一批,每批产品随机抽取3卷作为样品。

### 2.5.3 塑料排水板插设

采用高性能整体式A型塑料排水板,排水板呈正方形布置,间距 $0.7\text{m}$ ,打设深度为 $6.0\text{m}$ ,排水板外露长度不大于 $0.3\text{m}$ 。

质量控制及技术要求:为确保插板质量,排水板禁止搭接,在排水板裁剪和搬运过程中,不得人为造成滤膜脱落或是板芯破裂等现象。为确保插板打设深度满足要求,施工时回带长度不可超过 $0.2\text{m}$ ,否则在该板位旁 $0.2\text{m}$ 范围内重新补插一根,回带排水板根数不应超过打设总根数的5%。按《水运工程塑料排水板应用技术规程(JTS/206-1-2009)》中要求的检测方法进行质量检测。

搬运、裁板等过程中,应仔细检查排水板有无出现滤膜脱胶、排水板尺寸偏小或是板芯太薄等质量问题,如发现,需将该类排水板从中取出并集中堆放。过程中不得出现滤管弯折、滤膜套脱落、排水板滤膜因摩擦而破损等现象。

### 2.5.4 密封沟的施工及排水

采用挖掘机直接沿各加固区四周挖去地表透水层至淤泥层 $0.5\text{m}$ ,开挖形成压膜沟,沟底宽度不小于 $0.8\text{m}$ ,沟上开口宽度不小于 $1.5\text{m}$ 。另外横穿围堰开挖排水沟,与密封沟相连作为后期膜上覆水较多时的排水通道。

### 2.5.5 水平排水通道铺设

管道采用人工铺设,支管的具体布置与排水板方向一致,主管垂直支管。管道要求有足够的强度以防止在加载压力作用下发生瘪塌、破裂等现象。排水板与支管连接方式采用排水板打孔后绕在滤管上,用扎带绑扎牢固,再用土工布包扎裹紧。支管每隔 $80\text{cm}$ 打孔,避免过多打孔影响管道的强度。

### 2.5.6 土工布、密封膜铺设

土工布铺设一层,铺设的土工布单位面积的质量为 $\geq 200\text{g}/\text{m}^2$ ,铺设2层聚氯乙烯真空薄膜,厚 $0.14\text{mm}$ 。

(1)质量控制及技术要求:密封膜必须具有产品合格证的技术性能检定书,密封膜的规格、质量和张拉强度等技术参数必须符合设计要求。对同批次的密封膜,随机选取一块密封膜送有关单位进行检验。密封膜运到施工现场后,必须用编织布覆盖,防止日晒雨淋加速材料老化;

(2)施工方法:土工布铺设方式与编织布铺设方

法相同。密封膜采用2层聚乙烯薄膜,在工厂热合一次成型。铺设前,应清理场地所有有棱角的硬物,选择无风的晴天,将密封膜垂直摆放在加固区中轴线上,从一端开始向两边展开铺设。铺好第一层密封膜后,应仔细检查膜上有没有可见的破裂口,如有裂口应立即补好。(一般破裂口多出现在密封膜间接缝处),检查无缺陷或修补后,即可进行第二层密封膜铺设,两层膜的粘接缝应尽量错开。铺设密封膜应平整,不得出现褶皱,应预留足够长的膜接头;

(3)铺设密封膜至边界时,通过人工将密封膜踩入密封沟中心处,踩膜深度不宜小于1.5m,并进行密封膜上蓄水密封层和密封沟上填筑真空预压区子围堰,最后根据各预压区实际长度每边各增加5m密封膜余量。

### 2.5.7 真空预压

按 $900 \sim 1\,100 \text{ m}^2$ 面积上安装一套射流泵抽真空装置,抽真空设备采用单机功率不低于7.5kW,在进气孔封闭的情况下,真空压力不得小于96kPa。恒载真空预压期间,膜下真空度要求不小于85kPa。

真空预压开始后,膜下真空度在预压期内达不到设计要求时的真空度,应采取相应的技术措施加以处理。如可启用备用膜器加泵以加大抽真空能力,并仔细检查、修补密封膜。真空细管从密封膜引出和真空表相连接,以直观反映膜下真空度。抽真空每2h检查和记录真空度一次,如中途突然断电停泵,应迅速关闭回阀和截门,防止空气倒吸入真空区内,继续进行真空预压。真空区内的负压如达不到设计要求,除了检查是否漏气外,应考虑在备用的出膜器上加泵,以提高真空度,保证预压效果。出现不正常情况应及时检查和及时补漏,真空泵进水口和出膜口保持同一平面,以保证真空泵能发挥到最大功效。

### 2.5.8 施工过程的监测、记录

为了监控施工质量,评价加固效果,需进行膜下真空度观测和表层沉降观测。

(1)膜下真空度观测:加固区一般布置5个真空度观测点,分别位于四个角点和中心,真空测头需布置在两滤管平行距离的中间,离加固区边界不小于10m,严禁将测头埋入滤管或主管内,以便了解膜下真空压力随时间的变化情况,以掌握各个时刻加固区的状态。每3~4h一次,可根据实际情况调整观测次数;

(2)表层沉降观测:为了了解加载过程中土体压缩变形反应在地表的沉降(总沉降),采用几何水准测量方法进行,布点完成后先测定标点的初始位置与高程,作为沉降标的初始读数。抽真空过程中每天观测一次,特殊情况可根据实际情况调整观测次数。

每次观测的数据按有关规范要求进行整理,并每星期提交一次沉降观测成果表。

## 3 结语

梧桐湖新区离岛地基处理工程面积约为 $30 \text{ 万 m}^2$ ,通过对超软土地基进行采用真空预压法进行软基处理,整个加固区最大固结沉降达到1.4m,地基承载力达到了60kPa,达到设计和施工时间的要求,用此施工技术比传统真空预压法节约工期约60%,节约投资约11%,为后续工程施工提供作业平台创造了条件。

由此可见,采用真空预压法处理软土地基具有排水效率高、灵活度和适应性强等特点,相对传统工艺有节省工期、节约投资等优点。

(收稿日期:2015-05-14)

# 现代农村河道综合整治的思考

邹朝望 邓秋良 黎南关

(湖北省水利水电规划勘测设计院 武汉 430064)

**摘要:**随着经济社会的快速发展,农村河道普遍存在着河道萎缩、功能衰减、水环境恶化等突出问题,迫切需要进行综合整治。目前农村河道综合整治尚没有健全的技术体系,民生水利、现代水利以及生态水利设计理念没能得到充分的体现。总结农村河道综合整治工程经验及提升设计理念,理清设计层次、遵守设计原则等,并对新一轮农村河道综合整治设计进行了探讨。

**关键词:**农村河道;综合整治;技术体系;生态水利

## 引言

县级及以下河道数量众多,分布广泛,是中小河流重要组成部分,关系到农村地区行洪除涝,直接影响人民群众的生产生活用水和人居环境。随着经济社会的快速发展,以及国家“两工”政策取消后群众投工投劳开展河道清淤大幅度减少,这些河道普遍存在着河道萎缩、功能衰减、水环境恶化等突出问题,迫切需要进行综合整治。

为贯彻落实中发[2011]1号文和中央水利工作会议精神,进一步推进中小河流治理工作,水利部、财政部决定启动《全国中小河流治理重点县综合整治试点规划》编制工作,在全国选择一批中小河流治理重点县,开展县域内河道综合整治试点工作。然而,关于重点县农村河道综合整治尚没有健全的技术体系,各地以及各设计单位更多偏重于传统水利,重建设轻管理的现象依然存在,没有从根本上解决农村河道存在的问题,民生水利、现代水利以及生态水利设计理念没能得到充分的体现。笔者结合承担的农村河道综合整治工程经验,对新一轮农村河道综合整治设计进行了深入思考。

## 1 提升设计理念

应按照“堤防稳固、生态优良、管理长效、景美宜居”理念,集防洪排涝、水质改善、生态景观三位一体

的设计理念,结合区域发展以及新农村建设规划,对河道滨水景观进行了全面的考虑和设计。

传统的河道整治一般以疏浚加护岸建设的整治思路,针对农村中小河道现状,只对河道进行简单的疏浚和护岸建设,并不能从根本上解决农村河道规模小、分布散、水动力弱等关键问题。

首先,河道要发挥其排水、除涝等基本功能,必须与外界水体联通,使水体有出路、调活水体。因此,针对农村地区河道断头、过水不畅等特点,应对农村片区的小河道进行水系沟通,结合农村化区域不规则性,形成合理的水系网络,构筑点、线、面结合的水文章布局。从而形成整体联通的水网,以达到其防汛、除涝、改善水环境的整治效果。

其次,新农村河道整治工作应结合新农村地区特点,追求居家户外个性化护岸特色,还原农村原始生态自然水景。以新农村建设为目标,围绕河道功能性建设,对河道整治工程进行深入思考,秉持“生态、和谐”的设计理念,以生态护岸建设为主旋律,在有条件的河岸根据自然条件和人文风俗,设计以河道为载体的开敞式休闲空间,体现人水和谐。但由于农村河道分布于村民的宅前屋后,非游览区,注重河道整治完成后管养的需求,使正常养护便捷,居民可以居家自我维护。

## 2 理清设计层次

### (1) 坚持科学规划先行, 做好顶层设计

按照“堤防稳固、生态优良、管理长效、景美宜居”理念, 集防洪排涝、水质改善、生态景观三位一体, 编制《农村河流综合整治规划》, 做好顶层设计。对区域内流域面积  $10\text{km}^2$  以上或长度  $5\text{km}$  以上中小河流进行综合治理, 对中小河流进行确权定界、保护范围内的房屋拆迁, 实施环境整治、污染源控制、河道清淤、岸线工程等建设, 满足防冲、防垮塌要求, 突显生态、环保理念, 设立取水码头和亲水平台, 打造沿河生态风光带, 建立河道管理长效机制, 使河道成为城乡发展的生态景观主轴, 促进城乡人居环境的提升, 展现人水和谐的城乡新气象。

### (2) 要实施最严格的水资源管理制度, 保障水资源

要根据流域水资源状况进行水功能分区, 核定每个河段水资源承载能力和纳污能力, 并进行严格控制管理; 相关流域内项目建设和开发, 要实行严格的水资源论证, 对取水和排水口的设置严格控制。因县级水行政部门直接面对和处置涉水事务, 要加强县级水行政执法的强制力, 探索建立行政综合执法机制, 整合国土、水利(务)、城管、环保、农业、林业、畜牧、交通、建设等各部门行政执法力量, 必要时成立县级行政综合执法局, 对所有行政违法违规事件进行综合执法。

### (3) 要加大农村河道综合治理投入力度, 做好长效治理

河道是畅通水域的纽带和关键。农村河道范围大, 涉及群众人数多, 对农村河道的投入涉及广大农民群众的直接利益, 是最直接的民生工程。各级政府注重大江大河治理的同时, 要对农村河道给予足够关注, 在资金、技术上加大投入力度, 将防洪安全、生态保护和自然景观结合起来, 加快农村河道综合治理。另一方面, 要以小流域治理为重点, 加强水土流失治理和农村环境整治, 从源头上减少入河污染和淤积。

### (4) 要建立河道运行管理长效机制, 完善保障体系

要稳步推进河道确权定界, 落实职能职责, 实行县、乡、村、用水者协会(或企业)四级管理体系, 建立河道日常巡查维护管理机制。要加大宣传力度, 发布加强河道和流域管理的通告, 教育和培育新型农民, 建立河道管理的激励约束机制。要规范河道管理范围内各类生产建设行为, 完善涉水项目报批程

序。要建立河道管理等涉水事务前置审批制度, 探索建立将项目建设的涉水事务、涉水工程建设纳入项目立项审批、国土用地审批前置事项的工作机制。要树立全流域一体化管理理念, 探索建立统一的流域协调管理机制。要强建设、重管理, 搞好河道管理设施配套, 实行建管并重, 实现河道综合治理建好一处, 管好一处, 长效保持一处。

## 3 遵守设计原则

农村建设河道整治工程护岸设计结合以下几点进行选型, 以体现新农村建设“生态、和谐、亲民”的设计理念。

### (1) 护岸与民宅结合, 体现人水和谐

分布于村民的宅前屋后的河道护岸设计应充分了解当地居民意愿, 结合新农村建设整体规划中的绿地、景观等规划进行布局, 形成整体布局的亮点所在, 使工程整体在点、线、面中形成很好的衔接。

### (2) 护岸与农田结合, 形成完整的生态链

农村地区的大部分河道分布于农田区域, 该类型河道可仅通过面清岸洁、扩大水面的措施稍加打理, 清除底部淤泥, 基本无须采用工程性措施, 通过岸坡生态植物的种植就能体现农村自然乡村河道特色。

### (3) 护岸与道路及跨河建筑物结合, 体现统一协调性

对于河道岸边紧邻道路、桥梁、房屋等构筑物的河道, 河道护岸可适当选用硬质护岸结构, 并优先选用生态化用材, 可适当引入新工艺、新材料。

### (4) 回归自然, 满足水土保持和水流冲刷需要

由于项目区部分属于软土地基, 部分河道岸坡土质较松散、岸坡容易受到冲蚀, 护岸设计需要在水位变动区进行适当护砌, 结构型式与用材应充分考虑水土保持、生态衔接需求, 采用施工简单、操作方便、造价低廉的护岸型式。

运用较为广泛且生态效果较好的景观抛石、生态石笼护等型式。景观抛石一般用在水流冲刷程度较小、岸坡自然稳定性较好, 配置合适的绿化, 景观和生态效果较好。生态石笼护坡也有一定程度的应用, 该型式的优点是维持了一定水土的交换能力, 但植物生长需要一定时间。

### (5) 注重宣传, 实现自我维护

河道设计过程中, 注重简单宣传设施的布置, 以提高周围居民自我维护意识, 达到长效管理目标, 真

正体现“人水和谐”。

#### (6) 合理控制工程造价, 降低养护成本

由于农村河道整治涉及到的区域广、工程量大, 为控制工程造价, 降低养护成本, 设计过程中应合理选型、优化选材, 多为老百姓做实事。

## 4 探索工作方向

鉴于湖北省农村河道开展情况, 谈谈几点想法, 供探讨。

#### (1) 积极推行湖北省重点示范县建设

湖北省作为水利大省, 到目前为止尚没有一个可以拿出来做示范的区县, 值得三思。是否可以根据湖北省重点县实际情况, 选择 1~2 个重点县, 与地方沟通和协作, 在不违背原则的情况下, 尽可能的放宽政策, 高标准打造重点县的农村河道综合整治建设, 作为全省乃至全国的学习考察基地。

#### (2) 拓宽思维

农村河道综合治理不能仅仅局限于传统水利工程, 达不到开展农村河道综合治理的效果。是否可以拓宽思维, 结合新农村建设规划加强河道环境和亲水景观设施的建设。在资金有限的情况下, 在每个项目区里面选择部分河段进行融合传统水利工程、水生态修复和水景观工程、水环境整治工程等进

行高标准建设, 形成农村河道综合治理技术体系。

#### (3) 更新理念

很多设计机构以及部分专家对河道综合整治尚局限于传统水利工程建设, 如清淤疏浚、岸坡整治、堤防整治等, 对新拓展的方向, 特别是十八大提出水生态文明建设, 水生态修复与保护、涉水环境景观建设等还持观望态度, 这不利于水利大省示范区的建设, 也不利于水生态文明建设的推广。水生态文明建设的目标就是“水清、岸绿、景美、流畅、和谐”, 具体体现在水质环境的治理和水环境景观的打造。因此, 是否能更新理念, 在不跨越红线的基础上, 尽可能的更新设计理念、放宽审查条款的限制以及定额的提高。

#### (4) 推行后期管护考核制度

河道综合整治的效果最终要落实到后期的管护上, 工程实施后, 管护好河流自然能保持很好的基本功能, 如后期管护不好则达不到整治效果。笔者认为可以借鉴国内在河道整治工程中, 后期管护工作做的比较好的县市, 进行重点打造, 并给予奖励和工程投资的倾斜, 做的不好的, 给予处罚。这能起到很好的警示作用, 同时也能促进地方相关管护措施的落实。

(收稿日期: 2014-12-10)

## 简 讯

### 省水利厅要求切实做好小型水库安全度汛工作

近期, 省水利厅印发通知, 要求切实做好 2015 年全省小型水库安全度汛工作。

通知指出, 近几年来, 湖北省对小型病险水库实施了大规模除险加固, 水库防洪能力大幅提升, 但全省仍有近 2 000 多座水库带病运行, 有 600 多座水库正在实施除险加固, 近几年加固的水库大多未经过高水位的考验。小型水库仍然是当前防汛的重点和难点。2015 年湖北省外洪内涝形势严峻, 局部强降雨对小型水库安全极具威胁。

通知要求, 各地各单位要克服麻痹侥幸心理, 按

照分级负责的原则, 以水利普查后新注册登记的小型水库为重点, 对辖区内小型水库安全度汛工作进行再研究、再部署、再检查, 以确保水库安全运行。一是要全面落实安全巡查和值守制度; 二是要抓紧做好隐患排查和应急整治; 三是要严格执行水库度汛计划和蓄水规定; 四是要重视在建工程安全度汛工作; 五是要做好险情应急抢护和转移避险工作。

(摘自《湖北省水利厅网》2015 年 6 月 29 日)

# 格宾网在安陆市漳河防洪工程的应用

张保才 孙贤莉

(湖北省安陆市解放山水库管理处 安陆 432600)

(湖北省宜昌市夷陵区小溪塔水利管理站 宜昌 443100)

**摘要:**针对漳河干流双河段、黄冲段、桑树段以及漳河支流万家河王义贞店镇镇区河段洪涝灾害,提出了采取格宾石笼的治理方案,并对治理方案的优缺点进行了比较,以及施工中应注意的问题。

**关键词:**格宾网;护坡;防洪工程;漳河

## 1 工程概况

漳河流域位于安陆市西南部,境内流域面积308km<sup>2</sup>,河长39km,流域内总人口18.35万人,耕地面积1.85万hm<sup>2</sup>,耕地和人口多位于漳河干支流沿岸。流域范围涉及王义贞店镇、雷公镇、木梓乡、巡店镇和辛榨乡。

漳河流域洪水由暴雨形成,洪水期水位暴涨暴落,河道摆动范围大,河势多变,河流沿岸防洪设施少、标准低,一遇暴雨就造成洪涝灾害。河道多年未实施清淤,河道萎缩严重,行洪能力逐步降低,对流域地区城乡的防洪安全构成了严重威胁,实施漳河防洪工程是十分必要的。

漳河防洪工程主要任务是对漳河干流双河段、黄冲段、桑树段以及漳河支流万家河王义贞店镇镇区河段进行整治,选择一种既能满足防冲要求,又能起到生态护坡作用,达到防洪减灾、美化环境的目的。

## 2 治理方案

根据河流特性及王义贞、雷公、巡店镇发展规划,漳河防洪工程以护岸为主,借鉴省内部分城区河堤治理结合亲水走廊修建思路,初步拟定以下几种方案,按照各河段具体情形选择运用。

方案一:修建一级挡墙

沿河堤修建高挡墙,墙高按照10年一遇洪水位设防,有交通要求的内侧结合修建防汛公路,没有交

通要求的只修建人行道,岸坡高程不够的采用土堤填筑到设计高程。

方案二:一级护坡

对天然缓坡河道进行清理,增设全断面护坡,坡脚设置脚槽,坡度1:2.0,顶部高程按照10年一遇洪水位加安全超高确定。护坡型式可以考虑格宾护垫或浆砌石。

方案三:修建挡墙+护坡

沿河堤修建一级挡墙或浆砌石护坡,顶部高程按照常水位加0.3m超高确定,形成底层一级结构,在一级结构顶部设置亲水平台,平台以上采用削坡+护坡处理,坡顶按照10年一遇洪水位加超高确定,形成二级结构。两者形成阶梯布置,下部采用格宾挡墙或浆砌石护坡,上部护坡为草皮或格宾护垫。

各方案优缺点对比如表1。

由于本工程有的在集镇,有的在乡村,考虑河道治理与城市建设相结合,经综合比较,王义贞段3年一遇水位和10年一遇水位相差不大,设置两级平台意义不大,选用方案二即一级护坡方式对河段进行护岸;雷公镇双河段位于集镇,同时河道平缓开阔,有设置亲水平台位置,选用方案三即下部为浆砌石护坡、上部为草皮护坡两级护坡对河段进行护岸;巡店镇河段位于乡村,主要防止岸坡冲毁,采用方案一即一级挡墙进行护岸。

## 3 护岸材料的选择

表1 河道治理方案优缺点对比表

名称	优点	缺点
方案一	堤防占地较少。	(1)防洪墙高度较大,开挖量大,施工难度大,对地基承载力要求高。 (2)填方量大。 (3)防洪墙工程投资大。
方案二	施工相对简单,施工较快。	(1)占地面积较大。 (2)施工难度较大。 (3)如果采用同一坡度,开挖、回填工程量大;如根据地形条件采用不同坡度,形状弯弯曲曲,外观极差,无法实施。 (4)不利于城区发展。
方案三	(1)由于挡土墙采用阶梯式布置,基本不占用河道行洪断面,有利于洪水下泄。 (2)一级防洪墙高度相对较低,承受荷载较小,有利于墙体稳定,易于因地制宜布置。 (3)投资较省。 (4)沿河布置亲水走廊,美化区域环境,有利于城区今后发展。 (5)结合城区规划要求。	设立两级防洪工程,相对繁琐,施工进度慢。

满足设计要求且价格相当的挡土墙可采用浆砌石重力式和格宾网式两种。一般来说,浆砌石结构抗冲流速相对较大,但耐久性较差,格宾网式施工速度快,美观,且易于保护生态,当格宾网含锌量合适时,其耐久性较好(可达50年以上)。

格宾石笼即采用格宾网箱内填适当尺寸的毛石、卵石形成石笼。格宾石笼具有刚柔相济、抗冲刷耐腐蚀特性,以及有利于植被恢复并与周边环境相融合的生态效果,已在越来越多的工程得到运用。加筋格宾石笼挡墙与其他挡墙相比有以下优点:

(1)强度高,不宜断裂。

(2)因其柔性结构,具有很好的延展性,能很好地适应软土地基的沉降变形。水流中的淤泥可以沉淀于格宾填石的石缝中,进而能促进自然植物的生长,促进工程区的动植物恢复原有的生态平衡。

(3)整体性强,能有效抵抗水流及波浪的冲刷,保持良好的一体形态。

(4)糙率大,消浪效果好。

(5)具有透水性,有利于植被的绿化美化,能有效减小工程对自然环境的影响。在格宾结构上加填耕植土,或者播撒花草种,可进一步促进植物的生长,更有利于环境的绿化及结构回归自然。

经单价分析,格宾挡墙单价为256.5元/m<sup>3</sup>,M7.5

浆砌石挡墙单价为246.6元/m<sup>3</sup>,相差9.9元/m<sup>3</sup>;差别不大。

经技术经济比较,考虑到环保、生态效果,本防洪工程采用格宾挡墙和格宾护垫。

## 4 岸坡及格宾墙稳定计算

### (1)计算参数

根据地勘资料,选取堤身各分区材料物理力学指标,如表2所示。

表2 堤身及基础物理力学指标

材料类别	天然容重 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	饱和容重 (kN/m <sup>3</sup> )	凝聚力 C(kPa)	内摩擦角 $\Phi(^{\circ})$
河道岸坡 回填土	20	22	10	38
砂卵石地 基	22	23	40	

### (2)计算工况

岸坡稳定选取3种计算工况:①施工期;②设计洪水位稳定渗流;③设计洪水位降至常水位。

格宾墙稳定:取河道水位从设计水位降落至常水位,而墙后填土排水滞后的工况为工况④。

### (3)计算方法

采用北京理正软件研究所编制的岩土工程抗滑稳定的计算程序完成,自由水面线由渗流分析成果

确定。

#### (4) 计算结果及分析

各工况滑稳定安全系数分别为 1.104、1.257、1.051、1.419,均满足规范要求。

工况④抗倾覆稳定安全系数 2.61 大于 1.50,基底最大应力 102.54 kPa,基底最小应力 63.98 kPa,小于地基承载力 220kPa,满足规范要求。

## 5 格宾施工注意点

首先,格宾网的线材要求是锌-10%铝-稀土合金格宾网,确保工程使用年限。其次,格宾护垫及其所有部件均由机械设备生产和联结。现场组装时,从捆扎包中把折叠的单元取出并放置在坚固并

平整的地面上,然后展开并压平成原形状,把前、后和尾板翻开至垂直位置完成一个敞开的盒子形状。在完成组装以后,将护垫摆放到设计挡墙部位,准备填充石块。填充石块最好是卵石,因石头沉降,填充石头须高出金属网格 25mm,再将护垫盖铺上,绑扎牢靠。

## 6 实施效果

本工程于 2012 年 3 月开工,2013 年 5 月完工,目前实施格宾墙边坡稳定,长满青草,既达到防洪减灾、岸坡防冲的目的,又起到美化环境的预期效果。

(收稿日期:2015-04-20)

### 简 讯

## 冯仲凯调研湖北省科技馆新馆筹建展示工作

6月4日,省水利厅党组副书记、副厅长冯仲凯到省科技馆新馆展示中心,调研湖北省科技馆新馆建设布展工作,并与省科协党组成员、副主席冯芊沟通有关水利科技博览馆布展事宜。

湖北省科技馆新馆位于武汉市光谷高新大道以北,光谷五路与光谷六路之间,占地 19.6hm<sup>2</sup>,总建筑面积 7 万余 m<sup>2</sup>,总投资 12 亿元。该馆的建筑规模在全国居第五位,在中部地区居第一位。目前正在进行建设工作招标,预计将于 2018 年初正式开馆。

省科技馆新馆展示中心以专题片的形式介绍了省科技馆新馆规划构想、筹建进展。省科协党组成员、副主席冯芊介绍了主展区内的科学历程、湖北地域特色、光影世界、湖光山色等 4 个方面的布局思路。冯芊表示,水利在湖北经济社会发展中具有重要地位,湖北水利在全世界范围内都有着独特地位。湖北发展史就是一部治水史,水的文章是省科技馆新馆布展中绕不开的、也是必须做好的问题。省科协将在下一步的布展规划中加强同水利厅的联系、协商,在“建湖北人民的科技馆”过程中,把水的历

史、文化、科技展示好。冯芊还就合作渠道及展示方案等方面提出了具体的合作意见。

冯仲凯对省科技馆新馆着眼世界领先的设计理念、立足于全国第一方阵的目标表示赞许,并对省科协在水利科技博览布展方面所提的建议与意见表示赞同。他指出,湖北水资源丰富,水利工程形式多、影响大,水利地位十分重要。充分展示水利历史、文化、科技,有利于开展水情教育,有利于增进全社会对水的认识 and 了解。湖北科技馆面向公众传播科学知识、科技理念的同时,契合湖北水利特点,凸显湖北水利形象很有意义。省水利厅将积极主动与省科协加强协调,密切配合。

座谈会上,冯仲凯同冯芊就省水利厅和省科协建立沟通机制、组建工作专班、静态展示方案等达成了初步意见。

厅财务处、宣传中心负责人陪同调研座谈。

(摘自《湖北省水利厅网》2015 年 6 月 8 日)

# 滑模施工技术在藏木水电站工程中的应用

赵 斌

(中国葛洲坝集团藏木项目部 西藏山南 856400)

**摘要:**为缩短施工工期,确保混凝土施工质量,降低施工成本,藏木水电站进水口拦污栅墩施工采用液压滑模施工,开创了在西藏高原水电站工程建设中的首例。尽管滑模施工技术在我国水利水电建设中得到了广泛的运用,但其统一性和连贯性等特点给滑模施工带来诸多的问题。结合滑模施工技术的特点,通过对水利水电工程中滑模施工技术的具体应用和分析,阐述了其施工过程中的一些要点,希望对水利水电工程建设的发展有所借鉴。

**关键词:**藏木水电站;滑模技术;施工应用

## 前言

滑模模板一般由整体滑升模板组成,配有油泵等动力设备以及液压千斤顶等滑升机械。滑模施工是使卡在爬升杆上的液压千斤顶,通过提升架带动整个操作平台向上滑升模板,因此滑模施工技术是一种具有集机械化程度高、整体结构性强、消耗材料少、经济效益显著以及施工安全为一体的一种施工技术。由于施工作业的连续性,它还具有出模混凝土表面光滑、无施工缝等优点。

## 1 工程概述

### 1.1 工程概况

西藏自治区藏木水电站是西藏最大的水电开发项目,也是雅鲁藏布江干流上规划建设的第一座水电站。电站位于西藏山南地区加查县境内,地处雅鲁藏布江中游桑日至加查峡谷段出口处,上游衔接街需水电站,下游为加查水电站。

藏木水电站工程10#~15#坝段为厂房坝段,坝高116m,坝顶宽29.5m。坝体前沿从EL.3 285m~EL.3 314m高程设拦污栅墩、工作栅槽和检修栅槽。其中10#坝段左侧和15#坝段右侧为边墩,中间设有16个中墩。闸墩外型为长条形,中墩墩头为半圆形,边墩墩头为1/4圆形,中墩通过100cm×100cm的支撑梁与坝体大体积混凝土相连。

### 1.2 主要设计情况及工程量

藏木水电站工程拦污栅边墩、中墩的长度、宽度尺寸完全相同,拦污栅墩长5.2m,中墩宽2.5m,闸墩间空距5.3m,单墩断面 $9.7\text{m}^2$ ,拦污栅墩设计为钢筋混凝土结构;共有17孔,两道拦污栅槽,两槽间距为1.45m,单槽宽度为0.45m,高度29.0m。

## 2 施工方案选择

根据合同文件,藏木水电站工程拦污栅墩原为采用定型曲面钢模板进行分层浇筑施工方案。为实现赶工发电目标,减轻缆机打杂时间及提高利用效率,结合拦污栅墩自身结构特点,综合考虑总体施工工期及现有的缆机使用强度,采取了对拦污栅墩进行滑模施工的方案。从而降低了缆机的使用强度(主要是大幅减少了缆机提升模板的频率),加快了施工进度,满足了总体施工的进度要求。

## 3 滑模设计和计算

### 3.1 滑模结构设计

进水口拦污栅墩滑模设计采用液压整体钢结构滑升模板,选用6t滑升千斤顶,动力装置为ZYXT-36型自动调平液压控制,整个滑模装置由模板、围圈、滑模盘、液压提升系统、辅助系统等组成。

#### 3.1.1 模板、围圈、提升架

进水口拦污栅墩滑模设计一套模体,模体一次

同滑施工四个中墩,创水电工程史上之最。滑模模板采用定型钢模,进水口拦污栅墩滑模平面图见图1。面板采用 $\delta 5\text{mm}$ 钢板,加劲肋为 $-50 \times 5$ 钢板,同整体框骨架相连焊接固定。模板转角部位的阴角、阳角采用圆角处理,以便于滑升减少滑升阻力。模板高度为 $1.2\text{m}$ ,按上口小、下口大 $5\text{mm}$ 控制锥度,即模板上口小于设计尺寸 $2.5\text{mm}$ ,下口大于设计尺寸 $2.5\text{mm}$ 。

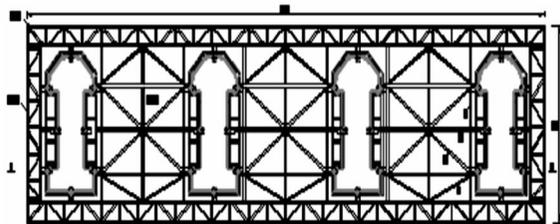


图1 进水口拦污栅墩滑模平面图

提升架主要用于提升模体,是滑模与混凝土间的联系构件之一,制成“F”型钢构件。千斤顶安装在提升架顶部,通过爬升杆支撑在混凝土间,将整个滑升荷重通过提升架、千斤顶传递给爬升杆,爬升杆采用 $\varphi 48 \times 3.5$ 钢管,用 $\delta 12\text{mm}$ 钢板和 $20\text{a}\#$ 工字钢做加肋板,再用 $\delta 20\text{mm}$ 钢板与平台板焊接而制。全套模体自重 $31.5\text{t}$ ,使 $32$ 台液压千斤顶同步滑升,也是藏木水电站滑模施工的一大亮点。

### 3.1.2 操作盘、辅助盘

操作盘是承受工作、物料等活荷载的施工平台,也是支撑模体的主要构件,采用整体框架钢结构。由于混凝土施工和模板滑升过程中,荷载受力较大,为保证其刚度和强度,操作盘选用 $\angle 63 \times 63 \times 6$ 、 $\angle 80 \times 80 \times 6$ 角钢加工制作成复式框架梁,平台上铺 $\delta 3\text{mm}$ 网纹钢板。

辅助盘是进行预埋件处理、混凝土表面整修及养护的工作平台,用 $\varphi 20\text{mm}$ 圆钢弯钩悬挂在桁架梁上,在脚手架管上铺 $\delta 3\text{mm}$ 网纹钢板或 $\delta 5\text{mm}$ 马道板形成,采用分段钢木结构悬吊布置,辅助盘距混凝土墩壁 $150\text{mm}$ 。

### 3.1.3 液压系统、辅助系统

选用的千斤顶承载能力为 $6\text{t}$ ,按 $5\text{t}$ 计算允许承载能力,千斤顶爬升行程 $30\text{mm}$ ,全部千斤顶共分 $6$ 组,每组利用六通接头将千斤顶和ZYXT-36型调平液压控制台相连,形成液压系统。主、支管分别选用 $\varphi 16\text{mm}$ 、 $\varphi 8\text{mm}$ 的高压油管。

辅助系统主要包括出模混凝土预埋处理、控制

测量和养护等装置。

PVC塑料管预先均布钻孔,在辅助盘上面对混凝土表面设置一周 $\varphi 25\text{mm}$ PVC塑料管进行洒水养护。

质检、技术员利用水平管、水准仪、重垂线等测量观察滑模偏差数据和模体水平位移情况,每天早晚各测一次,进行提模校正。

## 3.2 滑模设计计算

### 3.2.1 滑升摩阻力

$$G = k \cdot f \cdot s$$

式中: $k$ 附加影响系数,取 $k = 2$ ;  $f$ 磨阻力系数, $2\text{KN/m}^2$ ;  $s$ 单墩模板的表面积, $\text{m}^2$ ;

$$s = L \cdot H = 20.1\text{m}^2; S_{\text{总}} = 20.1 \times 4 = 80.4\text{m}^2$$

$$\text{则 } G_1 = k \cdot f \cdot S_{\text{总}} = 2 \times 80.4 = 321.6\text{KN}$$

### 3.2.2 滑模结构自重

$$\text{全套滑模重量: } G_2 = 374\text{KN}$$

### 3.2.3 施工活荷载

$$\text{人员: } T_1 = 24 \times 750\text{N/人} = 18\text{KN};$$

$$\text{设备: } T_2 = 20\text{KN};$$

$$\text{工具和材料: } T_3 = 25\text{KN};$$

取不均匀系数 $1.3$ 倍和动力荷载系数 $2$ 倍,则

$$G_2 = \sum T_i (i = 1, 2, 3) \times 1.3 \times 2 = 163.8\text{KN}$$

### 3.2.4 爬升杆荷载

爬升杆允许承载能力,压杆稳定欧拉公式:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}$$

式中: $E$ 爬升杆弹性模量,对 $A_3$ 钢 $= 2.1 \times 10^9\text{kg/cm}^2$ ;  $I$ 支撑杆截面惯性矩,对 $\varphi 48 \times 3.5$ 钢管 $= 11.35\text{cm}^2$ ;  $K$ 安全系数,取 $K = 2$ ;  $(\mu l)$ 计算相当长度,按 $0.7 \times 1.8 = 1.26\text{m}$ ;

$$P_{cr} = \pi^2 EI / (\mu l)^2 = 374\text{KN}$$

### 3.2.5 千斤顶数量

$$n = W / (CP)$$

$$W = \sum G_i (i = 1, 2, 3) = 321.6 + 374 + 163.8 = 859.4\text{KN}$$

式中: $W$ 总荷载; $C$ 荷载不均匀系数,取 $0.8$ ;  $P$ 千斤顶承载能力按惯例计, $50\text{KN}$ ;

$$n = W / (CP) = 859.4 / (0.8 \times 50) = 21.5 (\text{台})$$

### 3.2.6 提升架选择

根据结构具体情况和滑模荷载计算分析,选用千斤顶 $32$ 台,爬升杆 $32$ 根,“F”型提升架 $32$ 个可满足结构强度要求。

## 4 滑模安装调试与混凝土施工工艺

施工前必须做好模体和液压系统准备,起滑面的凿毛、冲洗、测量放样工作,滑模组装调试以及降温或防冻等各项准备工作。

#### 4.1 滑模安装调试

##### 4.1.1 滑模制作组装

滑模加工制作后,按表1质量标准进行进行组装、调试,在制作场地有条件的情况下,最好先预拼装。滑模制作检查质量标准如表1。

表1 滑模制作检查质量标准表

内 容	允许偏差 (mm)	
主梁中线	2	
模板装置中线与结构物轴线	3	
连接梁、横梁中线	5	
模板边线与结构物轴线	隐蔽	10
	外露	5
围圈位置	水平方向	3
	垂直方向	5
提升架垂直度	≤2	
模板倾角度	上口	+0, -1
	下口	+2
安装千斤顶位置	5	
圆模直径、方模边长、相邻模板平整度	≤2	
操作盘平整度	10	

##### 4.1.2 千斤顶进行试验编组

①耐压 120kg/cm<sup>2</sup>, 5min 不渗漏;

②调整空升行程 30mm;

③加载 5t 爬升,检查爬升杆压痕和行程大小,将相近行程的千斤顶编为一组,力求使它们同步爬升,受力均衡;

④备份如排油弹簧、上卡头、下卡头、卡环、密封圈、钢珠等千斤顶配件。

##### 4.1.3 滑模调试

应对模体和模板中心进行校验,就位后再安装千斤顶及爬升杆,切莫一开始就纠偏。滑模组装检查合格后,对安装好的千斤顶、液压系统、插入的爬升杆进行调整加固。连接高压油管、千斤顶、液压控制台,形成液压系统。进行 2~4 个行程试滑升,对盘面及模板变形、液压及提升系统控制情况进行综合检查。

#### 4.2 混凝土施工工艺

##### 4.2.1 起滑面处理和测量放样

滑模组装前,对底板混凝土面进行凿毛和冲洗工作。经测量放样,给出十字中心线和设计轮廓线,以满足滑模组装条件。

##### 4.2.2 滑模组装

利用缆机将滑模整体吊运至闸墩基础上。滑模组装好后,进行组装验收。进而完成钢筋绑扎,安装千斤顶和爬升杆,对接茬处进行浮渣清撬、锚喷冲洗,空洞填充和模板封堵。

##### 4.2.3 工作面悬吊系统形成

施工现场敷设一根 380/220V、3×25+1×10 电缆,提供滑模施工电源,为确保滑模施工连续进行,不发生砼粘模事故,现场配备 50KVA 柴油发电机一台,以防供电系统停电。辅助悬吊系统还包括布置洒水养护、测量等装置。

##### 4.2.4 钢筋运输

对加工成形的钢筋,采用 20T 拖车运至工地,利用缆机吊运至滑模盘面上,随即随装,滑模盘上堆放物重不得超过 2t。

##### 4.2.5 钢筋绑扎、爬升杆延长

模体就位组装调试后,严格按照设计图纸进行钢筋绑扎和焊接。上下层水平钢筋的接头要错开,每层应基本上呈一水平面,混凝土浇筑后必须露出最上面一层横筋。由于水平钢筋设计在竖筋的外侧,受模板和提升架的影响,可能造成部分钢筋绑扎不上,在钢筋绑扎间距符合要求的前提下,应将竖向钢筋与水平钢筋的位置需作相应调整。相邻竖筋的接头也要错开,而设计的间距是均布的,当爬升杆与竖筋发生冲头时,根据等强替换的原则,在不影响竖筋强度的情况下,用爬升杆代替相应位置的竖筋,同时可在爬升杆脱空段上与环筋或竖筋之间加焊钢筋加固来控制钢筋混凝土保护层。初次滑升时,爬升杆长度可做成 2.5m、3.0m、3.5m、4.0m 等 4 种规格。其目的是使爬升杆的接头能调整错开,要求在同一水平内接头数不超过 1/4。正常滑升后,每根爬升杆长 3.0m,使用的所有爬升杆应平整光滑无锈渍,当千斤顶滑升距爬升杆顶端不足 350mm 时,应对接加长爬升杆,接头处用角磨机磨平。

##### 4.2.6 混凝土运输

滑模施工用混凝土由右岸拌和楼提供,混凝土水平运输手段采用自卸汽车运送到高线供料平台,由 1#缆机悬吊吊罐下料,直接入仓,配备 2~3 辆自

卸汽车。

#### 4.2.7 混凝土浇筑

根据设计混凝土技术参数 10#~15#坝段 EL. 3 285m~EL. 3 309.2m 拦污栅墩一期混凝土总量 3 758m<sup>3</sup>,混凝土等级为 C2830W8F100 二级配。

拦污栅墩一期混凝土滑模施工顺序为从右向左推进,每次浇筑 4 个栅墩,浇筑高程为 EL. 3 285m~EL. 3 309.2m。

由于分层浇筑间隔时间不得超过允许间隔时间,因此滑模施工按以下工序进行:下料→平仓→振捣→滑升→钢筋绑扎→预埋件安装→下一循环施工。要求均匀对称下料,混凝土塌落度在 10~12cm,每层浇筑厚 30cm,采用插入振捣方式,酌情变换振捣方向,杜绝直接振动模板和爬升杆。振捣深度不得超过下层混凝土 50mm 厚。

模板初次浇筑步骤按以下工序进行:先铺设砂浆 30mm,接着分 2 层浇筑 2×300mm,开始初次滑升 30~60mm,检查出模混凝土强度情况;浇筑第 4 层混凝土后再滑升 150mm;继续浇筑第 5 层,再滑升 150~200mm;第 6 层浇筑完并滑升 200mm 后;若无异常情况,便可进入正常浇筑和滑升操作程序。模板滑升时应停止振捣。若正常滑升按每次滑升高度为 30cm、每次间隔时间为 2h 左右控制,日可滑升高度大于 3m。

初次滑升要缓慢有序进行,对滑升过程中的操作盘及模板变形情况、液压和提升系统运行情况等应进行全面检查,发现问题及时处理,待一切正常后方可进行正常浇筑和滑升施工。

#### 4.2.8 模板滑升

确定合理的滑升速度和分层浇筑厚度,是保障正常施工和连续滑升的关键,滑升速度应根据混凝土供料、施工配合、分层浇筑厚度、混凝土初凝等具体情况合理确定。滑升时根据现场条件应设专人观察和分析混凝土表面情况。滑升过程中应能听到“沙沙”的滑声;出模混凝土应无拉裂和流淌现象,若用手按应有硬的感觉,并留有明显可见的指印,对高点能及时用抹子抹平。

滑升过程中应有专人检查爬升杆的受力状况和千斤顶的压痕情况,观察千斤顶的动作是否正常,着重检查滑模及操作盘的水平度和出模混凝土的偏移量。

#### 4.2.9 表面修整及养护

滑模施工中,混凝土的凝结时间受外加剂、气温、气候等各种因素的影响,与滑升速度的最佳配合

点很难确定,因此,必须对出模混凝土表面诸如模板转弯处、尖角等部位及时进行修整,一般是在混凝土表面用抹子填补原浆修补或压平,如表面平整亦可不作修整。滑模滑升到一定高程后,下挂修整及养护平台,滑模下挂辅助平台竖视图见图 2。并在辅助盘上设置洒水管对混凝土进行常流水养护,使出模的混凝土具有适宜的硬化条件,从而减少裂缝。

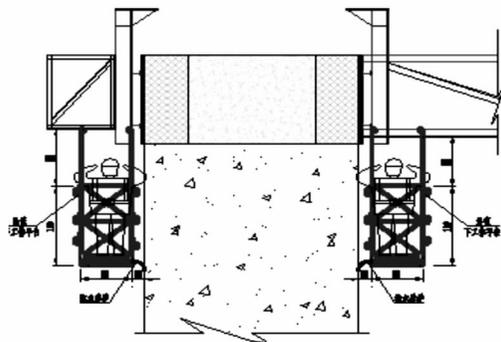


图 2 滑模下挂辅助平台竖视图

#### 4.2.10 预埋件、梁窝施工

拦污栅槽预埋件为  $\varphi 20\text{mm}$  钢筋,按照设计位置进行埋设,滑模施工期间预埋弯曲钢筋与混凝土浇筑同时进行,出模后要对钢筋弯曲进行扳直处理。拦污栅墩预留梁窝,采用快易收口网施工方法,替代传统木模板,在梁窝内预埋支撑梁钢筋,获得了一个合适的楔接表面,浇筑时混凝土浆通过快易收口网的孔隙渗出,浇筑完成后快易收口网不予拆除,也不用凿毛,快易收口网一直嵌在混凝土里;梁窝内表呈凹凸波纹状。由于预留梁窝的作用,把拦污栅墩支撑梁与拦污栅墩相对脱开,支撑梁后即可采用常规的现浇方案进行施工。

#### 4.2.11 停滑措施及施工缝处理

意外停滑状况出现时,应采取“停滑措施”,首先应提前制定好“停滑预案”,每隔 0.5~1h,必须滑升行程 1~2 个,视情况一般要求连续进行不小于 4h,以免混凝土与模板出现粘结问题,造成死模。因此滑模施工要连续进行,若停止浇筑造成施工缝,应根据规范要求,先将混凝土表面除掉残渣,待毛面处理完成合格后,用水冲洗干净,再浇筑 2~3cm 厚的减半的骨料混凝土或铺设水泥砂浆,之后方可进行下一层混凝土浇筑。

#### 4.2.12 滑模控制

滑模偏差控制:为保证结构中心不发生偏移,门槽预埋件位置准确,由测量队提供滑模偏差数据,施

工技术员以此效正,找准埋件位置。

滑模水平控制:一是采用水准仪检查测量,进行水平监控,二是利用千斤顶同步跟进进行水平调控。

#### 4.2.13 滑模转移

混凝土浇至标准段结束后,用缆机将滑模整体吊装于下一个工位。

## 5 施工中出现问题及处理

滑模施工中常出现问题有滑模盘平移、操作盘扭转、倾斜、爬升杆弯曲、模板变形、混凝土表面缺陷等。其产生的根本原因在于浇筑不对称,荷载不均匀,千斤顶工作不同步,纠偏过急不当等。因此,在施工中首先要加强观测检查工作,把好质量关,发现问题及时解决,确保良好运行状态。

### 5.1 纠偏

在滑升过程中如出现偏移,以测量数据为依据制定纠偏措施,及时纠偏。纠偏可针对各种不同情况进行,以利用千斤顶自身纠偏为主,改变布料方式为辅的方法,必要时也可施加外力予以纠偏。但所有纠偏行为不能操之过急,一次纠偏不能过大,实现渐变恢复,否则会造成爬升杆弯曲变形,滑模变形。若局部变形过大,混凝土表面会出现拉裂、死弯等现象。若平台及模板过分倾斜,滑升阻力过大,以致甚至会造成事故。

千斤顶自身纠偏方法:关闭不超过五分之一的千斤顶,观察滑升2~3个行程后,再打开全部千斤顶,滑升2~3行程,逐步调整,反复数次以达到施工设计要求。在纠偏滑升的同时,用两根水准管形成对角,对千斤顶爬升杆每上升一个行程或50cm进行一次监测,增加测量次数,通过及时调整千斤顶高差情况,对形体及模板中心进行校核。对偏差过大及特殊部位,为保证模板不继续偏离设计线,应改变布料方式,正常后恢复对称下料。

对模板、爬升杆、千斤顶、液压系统等应设专人进行监控和维护,以及时完成纠偏和保持正常滑升工作。

### 5.2 爬升杆弯曲和模板变形处理

爬升杆弯曲时,可在结构筋上加焊钢筋或打斜支撑,当弯曲变形严重时切断爬升杆,重新对接,并加焊“人”字型等斜支撑件。

对模板变形较小的部位,可施加适当的外力进行复原,变形严重时,应将模板拆除进行修复或更换。

### 5.3 混凝土表面缺陷处理

对一般缺陷,只需用抹子填补原浆抹平即可,当混凝土表面出现严重缺陷时,应采取局部立模整形的方法,填补膨胀细骨料混凝土,最好比原标号高一级,用抹子提浆,压实,抹平、抹光。

## 6 结语

滑模施工通过改变混凝土的浇筑方式,减少了施工缝面,解决了常规模板混凝土施工易出现的错台、挂帘、表面气泡等质量问题,通过对出模混凝土及时收光,保证了混凝土表面光滑、平整,具有免装修的工艺水准,是一种新型施工方法,实现了施工机械化操作,使混凝土施工速度得到了大幅度地提升,并且有效地降低了施工操作的危险性,对于提高水利水电工程施工质量具有明显的效果。在滑模施工技术环节中,由于协同性和整体性的要求,一些操作过程实施起来仍具有一定的难度,因此施工人员必须参照操作规范进行作业,才能达到最佳施工效果。

### 参考文献

- [1] 付光川. 谈滑模施工技术在水利水电工程中的应用[J]. 华东科技, 2013(12):131-131.
- [2] 孙百军. 滑模技术在白山抽水蓄能电站进水口拦污栅墩施工中的应用[J]. 水利水电技术, 2008(6):86-90.
- [3] 张绍虎. 滑模采用定型组合钢模[J]. 建筑工人, 1996(07):10-11.
- [4] 古小辉. 滑模施工技术在电站竖井砼衬砌施工中的应用研究[J]. 水电能源科学, 2010(7):106-109.
- [5] 李嘉良, 江莉. 尼尔基尾水闸墩变断面滑模的设计与施工[J]. 水利水电工程造价, 2008(1):61-63.
- [6] 黄磊, 邹铃, 李志祥, 唐博进. 一种特大型水轮发电机定子绕组接线形式修改后的内部故障集分析[J]. 水利水电技术, 2012(3):71-74.
- [7] 宁云刚, 薛春雨. 水利水电工程中滑模施工技术研究[J]. 黑龙江科技信息, 2011(10):223-223.
- [8] 马富强, 梁翻娟, 向亚卿. 滑升模板在天花板水电站工程中的应用[J]. 水电施工技术, 2012(2).

(收稿日期:2015-05-16)

# 南水北调中线引江济汉工程调度运用原则

王 旗

(湖北省引江济汉工程管理局 荆州 434000)

**摘要:**南水北调中线引江济汉工程是湖北省最大的水资源配置工程,是从长江上荆江河段附近引水至汉江兴隆河段,向汉江兴隆以下河段(含东荆河)补充因南水北调中线调水而减少的水量,同时改善该河段的生态、灌溉、供水和航运用水条件。介绍了工程的基本情况,简要分析了调水后兴隆以下汉江河段的需水量和引江济汉工程补水量,确定了工程的防洪和兴利调度运用原则。

**关键词:**

## 1 工程概况

### 1.1 工程位置和作用

引江济汉工程是从长江上荆江河段附近引水至汉江兴隆河段,向汉江兴隆以下河段(含东荆河)补充因南水北调中线调水而减少的水量,同时改善该河段的生态、灌溉、供水和航运用水条件,其供水范围包括潜江市、天门市、仙桃市、汉川市、武汉市东西湖区、蔡甸区、汉南区7个市(区),以及谢湾灌区、泽口灌区、东荆河灌区、江尾引提水灌区、沉湖区提灌区、汉川二站提灌区6个灌区。该工程起于湖北省荆州市李埠镇龙洲垸长江左岸江边,止于潜江市高石碑镇汉江右岸江边。地跨荆州、荆门2个地级市所辖的荆州区和沙阳县,以及省直管市潜江市。东荆河节制工程位于仙桃市。

### 1.2 工程布置与主要建筑物

引江济汉工程采用明渠自流结合泵站抽水的输水型式,引水干渠与沿线河流、渠道的交叉工程根据地形、水位等条件,采用立交或平交结合型式,与沿线公路、铁路交叉工程全部采用跨渠桥梁型式。

引江济汉工程采用明渠自流结合泵站抽水的输水型式,引水干渠全长67.23km,进口渠底高程26.20m,出口渠底高程25.00m,干渠渠底纵坡1/33 550,渠底宽60m。渠道在拾桥河相交处分水入长湖,经田关河、田关闸入东荆河。干渠设计引水流量 $350\text{m}^3/\text{s}$ ,最

大引水流量 $500\text{m}^3/\text{s}$ ,其中补东荆河设计流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ ,加大流量 $110\text{m}^3/\text{s}$ 。

引江济汉干渠沿线各类建筑物计97座,其中各种水闸9座,泵站1座,船闸4座,倒虹吸28座,公路桥54座,铁路桥1座;东荆河节制工程各类建筑物10座,共计107座。主要建筑物有进口泵站、进水节制闸、荆江大堤防洪闸、拾桥河左岸节制闸、拾桥河上下游泄洪闸、西荆河枢纽、高石碑出水闸等,工程总投资61.69亿元。

引江济汉工程等别为I等,干渠上的沉沙池、沉螺池、进口泵站、进水节制闸、荆江大堤防洪闸、拾桥河左岸节制闸、拾桥河上下游泄洪闸、高石碑出水闸及跨渠倒虹吸等主要建筑物按1级建筑物设计,倒虹吸的进出口连接建筑物、消能防冲设施,拾桥河左岸节制闸连接建筑物,拾桥河上下游泄洪闸连接建筑物、消能防冲设施,高石碑出水闸连接建筑物、消能防冲设施等次要建筑物按3级建筑物设计。引江济汉干渠穿越河道时渠道的防洪标准为50年一遇设计洪水,200年一遇校核洪水。

### 1.3 工程投资

引江济汉工程可研阶段批复投资46.45亿元,其中工程部分投资29.33亿元,移民及环境部分投资13.24亿元,调度中心投资0.2亿元,跨渠桥梁投资3.68亿元。初设阶段批复投资61.69亿元,其中工程部分投资38.58亿元,移民及环境部分投资

24.57 亿元,调度中心投资 0.23 亿元,跨渠桥梁投资 4.48 亿元。

## 2 工程建设及运行情况

2010 年 3 月 26 号,引江济汉工程在荆州正式开工。

2014 年 4 月,引江济汉进口基坑进行充水试验。

2014 年 8 月 8 号,根据省委要求,引江济汉工程实施应急调水,调水流量  $100 \sim 169 \text{m}^3/\text{s}$ (见表 1),截至 8 月 27 日停止调水时,累计调水 2.01 亿  $\text{m}^3$ ,有效缓解了汉江下游地区的旱情,为汉江下游区域抗旱保丰收做出了重要贡献,取得了良好的社会和经济效益。

2014 年 9 月 26 号,引江济汉工程正式通水。

表 1 引江济汉工程应急调水水位—流量关系表

时间	荆江大堤防洪闸前 实测水位(m)	高石碑出水闸前 实测水位(m)	测流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	备注
2014.8.10	29.92	29.25	113	
2014.8.11	30.10	29.65	108	
2014.8.12	30.25	29.97	112	
2014.8.13	30.35(30.5)	29.98	107	括号为理论计算值
2014.8.14	30.40	30.00	105	
2014.8.15	30.43	30.23	94	
2014.8.16	30.84	30.36	138	
2014.8.17	30.53	29.97	137	
2014.8.18	30.72(31.0)	30.11	152	括号为理论计算值
2014.8.19	32.73(33.73)	30.7(31.21)	350(500)	理论计算值

## 3 引江济汉工程调度原则

### 3.1 汉江下游 需水量分析

引江济汉工程汉江出口断面需水要求为:2~3 月需  $530 \sim 620 \text{m}^3/\text{s}$ ,4~10 月需  $600 \sim 755 \text{m}^3/\text{s}$ ,5~9

月需  $800 \text{m}^3/\text{s}$  以上,11~1 月需  $525 \sim 582 \text{m}^3/\text{s}$ 。  
东荆河需水要求为  $0 \sim 140 \text{m}^3/\text{s}$ 。

### 3.2 引江济汉工程供水过程

引江济汉工程分月供水流量见表 2。

表 2 引江济汉工程分月供水流量表

月(旬)	1			2			3			4			
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
供水流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )	92	153	119				178				206	201	135
月(旬)	5			6			7			8			
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
供水流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )	455	396	349	395	322	355	408	315	500	405	309	306	
月(旬)	9			10			11			12			
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
供水流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )	338	251	285	77	125	87	66	39	64	96	152	95	

### 3.3 引江济汉工程调度运用原则

(1) 必须在保证工程安全的条件下,合理地综合利用水资源,充分发挥工程效益。当兴利与防洪矛盾时,兴利应服从防洪。在运行调度中遇有工程安

全与调水、通航矛盾时,应首先保证工程安全。

(2) 引江济汉工程的供水范围包括汉江干流和东荆河两部分,“济汉”是本工程的主要供水任务,只有在尽量满足“济汉”的前提下才考虑“济东”。

(3)高石碑出口汉江水位低于 29.87m 开始调水。

(4)引江济汉干渠内最低通航水位为 29.4m。

### 3.4 引江济汉工程防洪调度

(1)当龙州垸进水口水位达到 40.20m 并预报继续上涨时,关闭泵站节制闸、荆江大堤防洪闸;高石碑汉江水位达到 31.6m 并预报继续上涨时,关闭高石碑出水闸。

(2)为保障东荆河安全度汛,马口、冯家口及黄家口等 3 处橡胶坝坝上水位分别达到 26.50m、24.90m 和 25.10m 并预报继续上涨时塌坝泄水。引江济汉工程防洪调度见表 3。

表 3 引江济汉工程防洪调度一览表

工程名称	调度描述
龙州垸泵站	当长江水位 $\geq 32.21\text{m}$ 关闭
泵站节制闸	进口处长江水位 $\geq 40.20\text{m}$ 关闭
荆江大堤防洪闸	
高石碑闸	出口处汉江水位 $\geq 31.6\text{m}$ 关闭
拾桥河泄洪闸	拾桥河上游泄洪闸闸上水位超过 30.7m 开启
拾桥河节制闸	拾桥河上游泄洪闸闸上水位超过 30.7m 关闭
马口橡胶坝	坝上水位达到 26.50m 并继续上涨时塌坝
冯家口橡胶坝	坝上水位达到 24.90m 并继续上涨时塌坝
黄家口橡胶坝	坝上水位达到 25.10m 并继续上涨时塌坝

表 4 引江济汉工程 11 月至次年 3 月兴利调度一览表

工程名称	调度描述
龙州垸泵站	出口汉江水位 $< 29.87\text{m}$ 时;当进口长江水位 $< 30.60\text{m}$ 开机,最大引水流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ ;当长江水位高于 30.60m 而小于 31.60m 视引水流量大小分析判别是否开机;当长江水位 $\geq 31.60\text{m}$ 关闭。
泵站节制闸	出口汉江水位 $< 29.87\text{m}$ 时;当进口长江水位 $< 30.60\text{m}$ 关闭;当长江水位高于 30.60m 而小于 31.60m 视引水流量大小分析判别开或关;当长江水位 $\geq 31.60\text{m}$ 开启,最大引水流量 $250\text{m}^3/\text{s}$ 。
荆江大堤防洪闸	
高石碑出水闸	开启
拾桥河泄洪闸	上游泄洪闸关闭。出口汉江水位高于 29.87m、低于 30.04m 时,下闸开启分流,最大分流 $40\text{m}^3/\text{s}$ ;出口汉江水位高于 30.04m 时,下闸开启分流,最大分流 $60\text{m}^3/\text{s}$ 。
拾桥河左岸节制闸	开启
马口橡胶坝	坝上正常蓄水位 25.94m
冯家口橡胶坝	坝上正常蓄水位 24.44m
黄家口橡胶坝	坝上正常蓄水位 24.54m

(3)4 ~ 10 月,当高石碑闸下水位低于 30.04m 时,需启动引江济汉工程向汉江补水。若长江龙州

### 3.4 兴利调度

涉及到工程运行管理调度的主要建筑物有:泵站与节制闸、荆江大堤防洪闸、港南渠分水闸、庙湖分水闸、后港分水闸、拾桥河上游泄洪闸、拾桥河下游泄洪闸、拾桥河倒虹吸、拾桥河左岸节制闸、高石碑出水闸及船闸、东荆河节制工程有刘岭闸、田管闸、马口、冯家口、黄家口 3 座橡胶坝及冯家口新闸等。

(1)11 月至次年 3 月,当高石碑闸下水位低于 29.87m 时,需启动工程向汉江补水。若长江龙州垸进水口水位低于 30.60m 时,补水均由泵站提水,最大补水流量为  $200\text{m}^3/\text{s}$ ,泵站节制闸关闭;进口水位高于 31.60m,则打开泵站节制闸,实行自流补水,最大补水流量  $250\text{m}^3/\text{s}$ ;水位在 30.60 ~ 31.60m 之间时,需根据补水流量,视内外江水位情况拟定泵站提水补水或开启泵站节制闸自流补水。

(2)11 月至次年 3 月,如补水后高石碑闸下水位达到 29.87m 时,根据东荆河需水要求,考虑通过港拾桥河下游泄洪闸向东荆河补水,最大补水流量  $40\text{m}^3/\text{s}$ ;如补水后高石碑闸下水位达到 30.04m 时,视东荆河需水要求,向东荆河补水,最大补水流量  $60\text{m}^3/\text{s}$ 。上述所有情况如长湖水位超过 29.33m 时均应停止分水。引江济汉工程 11 月至次年 3 月兴利调度见表 4。

垸进水口水位低于 30.70m 时,补水均由泵站提水,最大补水流量  $200\text{m}^3/\text{s}$ ,泵站节制闸关闭;水位高于

31.60m,则开启泵站节制闸,实行自流补水,最大补水流量 $500\text{m}^3/\text{s}$ ;水位在30.70~31.6m之间时,需根据补水流量,由水力学分析计算拟定泵站提水补

水或开启节制闸自流补水。引江济汉工程4~10月兴利调度见表5。

表5 引江济汉工程4~10月兴利调度一览表

工程名称	调度描述
龙州垸泵站	出口汉江水位 $<30.04\text{m}$ 时;当进口长江水位 $<30.70\text{m}$ 开机,最大引水流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ ;当长江水位高于 $30.70\text{m}$ 而小于 $32.21\text{m}$ 视引水流量大小分析判别是否开机;当长江水位 $\geq 32.21\text{m}$ 关闭
泵站节制闸	出口汉江水位 $<30.04\text{m}$ 时;当进口长江水位 $<30.70\text{m}$ 关闭;当长江水位高于 $30.70\text{m}$ 而小于 $32.21\text{m}$ 视引水流量大小分析判别开或关;当长江水位 $\geq 32.21\text{m}$ 、 $<40.20$ 开启,最大引水流量 $500\text{m}^3/\text{s}$ 。
荆江大堤防洪闸	
高石碑出水闸	出口汉江水位 $<31.6\text{m}$ 开启
拾桥河泄洪闸	上游防泄闸闸上水位 $<30.70\text{m}$ 关闭。出口汉江水位高于 $30.04\text{m}$ 、低于 $30.70\text{m}$ 时下闸开启分流,最大分流 $100\text{m}^3/\text{s}$ ;出口汉江水位高于 $30.70\text{m}$ 时,下闸开启分流,最大分流 $110\text{m}^3/\text{s}$ 。
拾桥河左岸节制闸	拾桥河上游泄洪闸闸上水位低于 $30.70\text{m}$ 开启
马口橡胶坝	坝上水位达到 $26.50\text{m}$ 并继续上涨时塌坝泄洪
冯家口橡胶坝	坝上水位达到 $24.90\text{m}$ 并继续上涨时塌坝泄洪
黄家口橡胶坝	坝上水位达到 $25.10\text{m}$ 并继续上涨时塌坝泄洪

(4)4~10月,如补水后高石碑闸下水位达到 $30.04\text{m}$ 时,根据东荆河需水要求,考虑通过拾桥河下游泄洪闸向东荆河补水,最大补水流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ ;如补水后高石碑闸下水位达到 $30.70\text{m}$ 时,视东荆河需水要求,最大补水流量 $110\text{m}^3/\text{s}$ ,上述所有情况如长湖水位超过 $28.83\text{m}$ 时均应停止分水。

(5)所有时段高石碑闸下水位达到 $31.6\text{m}$ 并预报继续上涨时,则关闭高石碑闸停止向汉江补水,并视需水情况对东荆河适当进行补水,但最大补水流量不应超过 $110\text{m}^3/\text{s}$ 。若其中长湖枯水期水位超过 $29.33\text{m}$ ,汛期水位超过 $28.83\text{m}$ 时,均应停止自引江济汉渠道向长湖补水。

(6)拾桥河枢纽的调度运用条件较为复杂,受枢纽以上河段堤防制约,现阶段暂不考虑撤洪情况,其调度原则为:

①拾桥河倒虹管和干渠节制闸基本长年开启,而两座泄洪闸一般处于关闸状态。

②当拾桥河上游泄洪闸闸上水位超过 $30.7\text{m}$ 时,则关闭干渠左岸节制闸,并打开上下游两座泄洪闸泄洪。泄洪时干渠水位高于 $30.5\text{m}$ 时,先开下游闸泄水以降低引江干渠水位,再打开上游泄洪闸;干渠水位低于 $30.5\text{m}$ 时,则应先打开上游闸,再开下游闸泄洪。

③当拾桥河上游泄洪闸水位低于 $30.5\text{m}$ 并有继续下降趋势时,则首先关闭上下游两座泄洪闸,再随即打开拾桥河左岸节制闸,恢复到干渠输水状态。

(7)为保障东荆河区灌溉需要,马口、冯家口及黄家口等3处橡胶坝正常蓄水位分别为 $25.94\text{m}$ 、 $24.44\text{m}$ 、 $24.54\text{m}$ 。

(收稿日期:2015-06-10)

# 基于梯形图和 C 语言的水电厂监控系统仿真的实现

刘 勇

(湖北省仙桃市杨林尾泵站工程管理局 仙桃 433000)

**摘要:**针对水电厂仿真系统移植性差、代码重复利用率低的问题,提出一种新的仿真思路,即结合电厂设备控制的特点以及梯形图编程容易的优势,以梯形图作为界面编程语言,实现了监控系统梯形图程序到 C 语言程序的自动转化。通过这种方式产生的仿真系统移植性好,避免了编程人员进行重复性的工作,并且通过开机过程实时仿真曲线验证了此方法的可行性。

**关键词:**水电厂;仿真;监控系统;梯形图;C 语言

## 引言

仿真培训是当前各行各业广为采用的十分有效的手段。水电厂仿真培训系统可以实现以下功能:

- (1)虚拟设备拆装,该功能主要是提高员工对设备的理解和操作;
- (2)虚拟操作培训,训练和考核员工对对象和设备工作过程的掌握情况;
- (3)应急操作模拟,培训员工应急事故的处理能力;
- (4)虚拟事故维修,培训和考核员工设备维修能力。

水电厂仿真系统通常按其功能可以分为水轮机系统、发电机系统、监控系统、辅助系统等,本文主要实现监控系统的仿真。

国内对于水电厂的仿真都是针对某一具体的水电厂开发出相应的仿真系统,这样的仿真系统移植性差,代码重复利用率低,导致编程人员重复性的编程工作,是对人力资源的浪费。为了克服仿真系统开发过程中重复性工作的的问题,本文结合电厂设备控制的特点以及梯形图编程容易的优势,以梯形图作为界面编程语言,实现了监控系统梯形图程序到 C 语言程序的自动转化。即若有一个电厂监控系统的梯形图程序,可以自动生成这个电厂监控系统的

仿真代码。这就避免了重复性编写代码,大大减少了编程人员的工作量。

## 1 关键技术流程

根据水电厂监控系统流程图可以很容易的写出它的梯形图程序,然而,由于梯形图是一种图形化的编程语言,C 语言无法直接读取它的信息以生成相应的代码,所以采用 XML 实现中间过渡转化。首先由 XML 表达梯形图中指令的数据信息和使用顺序,然后由 C 语言读取 XML 文档,就可以实现监控系统梯形图程序到 C 语言的转化。通过虚拟仪器 Labwindows/CVI 设计显示界面,显示界面应含有需要显示的相关曲线、开关量指令等控件。运行生成的 C 语言代码,在虚拟仪器上可以看到开机过程曲线以及其他相关信息。关键技术流程见图 1。

## 2 监控系统的仿真实现

### 2.1 开机过程

水轮发电机组的开机过程对水电厂的安全生产运行,具有重大意义。一般水电厂开机过程要经过几个步骤,并且不同的阶段会有不同的控制方式,以保证水轮发电机组开机过程的平稳与安全。开机过程的主要步骤见图 2。

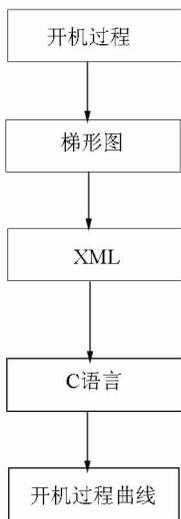


图1 关键技术流程图

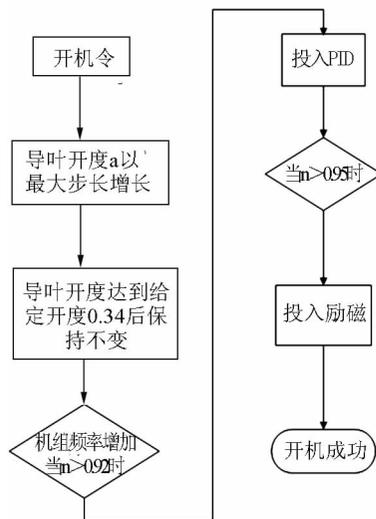


图2 开机过程图

导叶初始开度为0,机组为关闭状态。发出开机令之后,导叶开度以最大步长稳定增加,随着导叶开度增加,机组频率也会随之上升。当导叶开度达到或超过给定开度0.34之后,导叶开度保持0.34不变,机组频率会继续增加,直到频率增加到0.92时,投入PID,对机组进行PID控制。

PID控制根据转速偏差的大小、方向、变化趋势等采取相应的控制策略,发出控制执行量对机组转速进行调节,以使机组转速趋于给定值,信号偏差逐步趋于零。机组在进行PID控制的同时频率会继续保持增加,当机组频率超过0.95时,投入励磁,当机组频率和机端电压都稳定后就达到空载。

## 2.2 梯形图

当前常用于工业控制的计算机是可编程序控制器PLC,在我国使用最多的是西门子和施耐德生产的PLC。

PLC进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制具有无法比拟的优势。PLC常用的编程语言有梯形图、功能块图、指令表等。但梯形图是最受欢迎的PLC编程语言,它是一种图形化的编程语言,形象直观,易学易用,其电路符号和表达方式与继电器电路原理相似,熟悉继电器电路图的电器技术人员只需很短时间就可以熟悉梯形图程序,并用它来编制用户程序。

本文采用西门子的PLC进行编程。开机过程对应的梯形图如图3。

## 2.3 XML和C语言实现

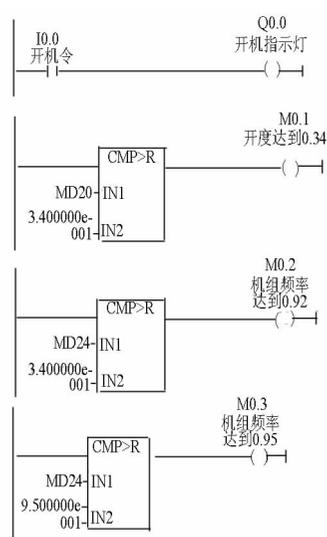


图3 梯形图

### 2.3.1 XML

XML文档的内容可以分为两个部分,一个部分描述梯形图指令进行操作的数据在内存中存放的位置,另一个部分描述梯形图程序中指令的类型和使用顺序。

### 2.3.2 C语言实现

在梯形图中,指令的输入输出数据都存储在相应的内存块中。指令进行动作之前会从内存的不同区域中读取相应的数据。比如输入触点从输入映像区读取数据,输出线圈会把值写到输出映像区的内存中,比较运算器从中间存储区读取值然后再做比较。

结合梯形图指令的功能和处理数据的方式,在用 C 语言实现梯形图程序的过程中用 C 语言的函数可以实现梯形图指令的作用。

在 C 程序中,写出梯形图指令对应的函数,然后在 C 语言程序的相应位置调用函数即可。

## 2.4 监控系统开机过程仿真结果

### 2.4.1 开机过程仿真界面

利用 LabWindows/CVI 设计监控系统开机过程的显示界面,界面上的内容主要包括三个方面:

(1)开机过程实时曲线。包括机组频率变化曲线、机组开度变化曲线、PID 控制变化曲线、机端电压变化曲线、励磁电压变化曲线、励磁电流变化曲线。

(2)各种表盘。小表盘用于显示电气量在整个开机过程中的变化,大表盘用于显示电气量的某个局部范围的变动,把局部范围的变动放大表示,便于清晰地观察。

(3)状态量指示灯以及其他相关控件。如开机、停机状态指示灯。

此外,在界面的分页中可以设置各种参数,如频率扰动、负荷扰动。PID 控制的各个参数也可进行设置,这样可以方便的看到 PID 各个参数变化对开机过程曲线的影响。

### 2.4.2 开机过程特性曲线

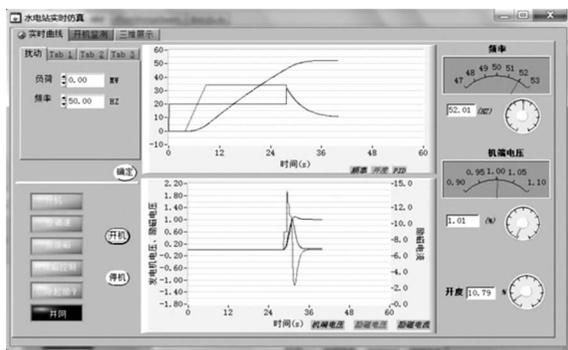


图 4 开机过程仿真界面

从图 4 开机过程实时曲线可知:在 4s 左右发出开机令,机组导叶开度逐渐增加,此时 PID 控制并未

投入,PID 的值保持其初始给定值 0.2 不变,在机组导叶开度达到 0.34 之前,机组频率增加较小。当机组导叶开度到达 0.34 后保持不变,机组频率增长较快。在 28s 左右机组频率达到 0.92,PID 控制投入,此时导叶开度反而减小,达到一定程度后才基本保持稳定。机组频率在这个过程中继续增加,当达到 0.95 时,投入励磁,机端电压开始产生并逐渐达到稳定,机组达到空载工况。

## 3 结论

水电厂仿真是一个极具有科学价值的研究方向,国内外对此都开展了研究,国内也出现了很多自主研发的仿真机,为电厂员工的培训提供了很大帮助。但是水电厂的仿真仍然有很大的发展前景,需要进一步深入研究。本文为实现水电厂仿真系统提供了一种新思路,并根据这种思路实现了水电厂监控系统的仿真。

## 参考文献

- [1] 陈启卷,南海鹏,张德虎,肖志怀. 水电厂自动运行[M]. 北京:中国水利水电出版社,2009,12.
- [2] 吴旭光,杨慧珍,王新民. 计算机仿真技术[M]. 北京:化学工业出版社,2008,9.
- [3] 陈启卷. 电气设备及系统[M]. 北京:中国电力出版社,2006,5.
- [4] 王德宽,杨叶平. H9000 V4.0 环境下的水电厂培训仿真系统[J]. 2008,9.
- [5] 刘连光,张建华,王昌照,谢宇正. 隔河岩水电厂运行操作系统多媒体仿真培训研究[J]. 水力发电,1999,2:51-54.
- [6] 庄明,林集养,林霖,何苗. 水电厂电子图档仿真培训系统设计及开发[J]. 水电能源科学,2008,2:141-144.
- [7] 马杰,俞宏群.,朱辰.,李斌. 水电厂仿真培训系统开发及功能[J]. 水电自动化与大坝监测,2009,6:25-28.
- [8] 薛必根. 中小型水电厂计算机仿真系统[J]. 广东水利水电,1999,4:40-42.

(收稿日期:2015-05-12)

# 基于水利普查长江流域水利人才队伍建设的探讨

沈晓莹<sup>1</sup> 李青云<sup>2</sup>

(1. 长江水利委员会长江科学院流域水环境研究所 武汉 430010;

2. 长江水利委员会长江科学院流域水环境研究所 武汉 430010)

**摘要:**以长江流域片水利行业能力建设普查数据为依据,通过对长江流域片水利行政机关、事业单位、企业等单位人才队伍从业人数、性别、学历、职称及年龄等指标的分析,得出长江流域片人才队伍存在性别结构失衡、学历层次分布不合理、高级职称人员缺乏、年龄梯队有待优化等问题的结论,提出解决对策和建议,为流域相关部门创新水利人才管理机制,制定人才队伍建设政策提供参考。

**关键词:**水利人才队伍;结构指标;水利普查;行业能力建设;长江流域片

为进一步贯彻习近平总书记提出的“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路,为进一步落实国家水安全、深化水利改革发展、助推长江经济带建设等系列国家战略部署,就应认识到水利人才在践行新时期治水思路、落实上述国家战略部署的基础性作用,应按照习近平总书记关于人才工作的重要论述,通过不断创新水利人才管理体制机制,进一步提升水利人才队伍水平。本文以长江流域片水利行业能力建设情况普查数据为依据,就如何加强长江流域水利人才队伍建设问题予以探讨。

## 1 长江流域片人才队伍现状分析

2011年的全国水利普查第一次对水利单位行业能力建设情况进行了普查,通过普查掌握了长江流域片水利行政机关、水利事业单位、水利企业、水利社会团体及乡镇水利管理等5类单位的从业人员情况(详见表1),并获得了水利从业人员性别、学历、专业技术水平及年龄等与人才队伍结构相关的指标数据(详见表2)。

表1 长江流域片水利行业从业人员情况表

单位:万人

项目	年末从业人数	水利行政机关	水利事业单位	水利企业	水利社会团体	乡镇水利管理单位
合计	42.56	3.72	18.21	14.26	0.95	5.4

需要说明此次长江流域片的普查范围含长江流域(不含太湖水系)、西南诸河(澜沧江及以西)和西北诸河(西藏境内);普查数据的获得以按县级区划为单元进行处理,不跨其他流域县级区划内的普查对象一次全部确定,跨其他流域的县级区划内的普查对象按条件逐类确定。

由表1、表2统计数据可以知道水利行业从业人员现状。

### 1.1 从业人员数量指标

长江流域片5类单位的从业人员以水利事业、水利企业的数量最多,水利事业单位人员为18.2万人,占总从业人数的42.8%,水利企业人员为14.26

表2 长江流域片水利行业从业人员结构情况表

单位:人

项目	年末从业人员	按性别分类		按学历分类					按专业技术职称分类			按年龄分类				
		男性	女性	博士	硕士	本科	大专	中专	高中及以下	高级	中级	初级	≥56岁	46~55岁	36~45岁	≤35岁
行政机关	37 151	28 890	8 261	41	691	11 368	14 486	4 516	6 049	1 209	6 181	5 654	4 141	12 726	12 990	7 294
事业单位	182 065	131 388	50 677	422	2 678	28 376	46 534	26 214	77 841	8 954	24 802	31 260	15 453	48 125	73 370	45 117
企业	142 640	101 442	41 198	135	1 364	18 097	33 379	22 821	66 844	6 107	15 612	20 276	8 603	29 121	58 610	46 306
水利社会团体	9 515				1 792			7 723		619	3 634		7 203		2 312	
乡镇水利管理单位	54 229	37 134	11 094				40 247		13 982							

万人,占总从业人数的33.5%,两者合计占总从业人数的76.3%。乡镇水利管理单位从业人员为5.42万人,占比为12.7%。水利行政机关为3.72万人,占比为8.7%。水利社会团体的最少,为0.95万人,占比2.3%。

## 1.2 人才队伍结构相关指标

(1)男性从业人数(不含水利社会团体)为29.89万人,约为女性的3倍。

(2)大学本科及以上学历占比行政机关为32.6%,事业单位为17.3%,企业为13.7%;高中及以下学历行政机关为16.3%。

(3)具有高级及以上职称行政机关为3.3%,事业单位为4.9%,企业为4.3%,社会团体为6.5%;无专业技术职称行政机关为19.9%,事业单位为13.1%,企业为16.5%,社会团体为8.5%。

(4)46岁以上职工行政机关为45.4%,事业单位为34.9%,企业为26.4%;35岁以下职工行政机关为19.6%,事业单位为24.8%,水利企业为32.5%。

## 2 长江流域片人才队伍问题探讨

从分析可知,水利事业单位、水利企业是长江流域片水利人才队伍的主体,是水利人才队伍建设的重点对象。虽然行政机关、乡镇水利管理单位从业人数相对较少,但行政机关承担着长江流域片行政管理职能,关系流域管理水平和运行效率的提高,乡镇水利管理单位立足于乡镇水利基层单位,决定农村水利建设基础作用的发挥。通过对不同从业对象的进一步分析,发现如下问题:

### 2.1 男女比例结构失衡

水利事业单位、水利企业的男女比例分别为

2.6:1和2.5:1,水利行政机关、乡镇水利管理单位的这一比例最高,分别达到3.5:1和3.3:1。较高的男女比例表明存在不同程度的性别结构失衡。有研究表明,女性在工作中往往表现出友好、善沟通的行为取向,能较好地弥补团队中男性性格的不足,若男女比例结构失衡,会进一步影响工作绩效的提升。

### 2.2 学历层次分布不合理

作为水利人才队伍主体的水利事业单位和水利企业,人才队伍结构按学历高低成金字塔分布,高学历人才匮乏。大学本科以上学历人数不及1/5,其中博、硕士更少,博士比例约1/1 000,硕士比例约为1/100,反之,高中及以下学历的比重则占近1/2。以教育大省湖北省水利事业单位为例,博士比例约为4/1 000,硕士比例约为2/100,虽略高于长江流域平均水平,但博士、硕士仍是稀缺人力资源。从长远考虑,不合理的学历层次分布会进一步影响水利事业单位,特别是水利科研事业单位科研水平和创新能力的提升,也会影响水利企业经营管理水平的提高。

### 2.3 具有高级职称人员缺乏

除水利社会团体外,具有高级职称的人员比例总体不到5%,而不具备专业技术职称的比重则占近1/5。高级职称人员比重与学历层次分布具有相关性,相比具有大学本科及以上学历的人员,高中及以下学历人员的专业理论水平、外语及计算机水平均较为薄弱,进一步制约了职称的晋升。高级职称人员的缺乏,一定程度上反映专业理论水平高、业务能力强、专业经历丰富、成果突出等综合素质较高的专家人才不足。

### 2.4 年龄梯队有待进一步优化

水利企业年龄梯队较为合理,36岁以下人员(32.5%)多于46岁以上人员(26.4%)。而水利行政机关与水利事业单位的36岁以下人员均少于46

岁以上人员,水利行政机关的这一对比尤为突出,这意味着水利行政机关与水利事业单位人员结构相对老化,后继人才储备不足。一项研究表明,工作中体力较重人员的年龄与工作绩效呈倒U型分布,从事科研工作的人员年龄与工作绩效呈现马鞍形分布,年龄与工作绩效存在某种关联,故必须保持人才队伍年龄梯度处于较优状态。

## 3 长江流域片人才队伍建设对策研究

### 3.1 男女结构优化对策

由于女性的存在与团队沟通的有效性、创造力的发挥、以及工作绩效的提升均呈正相关,故水利人才队伍须结合实际情况保持合理的性别多样性。一方面要对工作岗位进行更合理的分工和分配,对于工地、野外等较为艰苦、体力较重的工作岗位,可以适度向男性倾斜,但对于非上述岗位则应兼顾性别公平,对于能充分发挥女性优势的岗位还应向女性倾斜。另一方面要在人才招聘环节避免性别歧视,规避法律风险,对于能较好发挥女性优势的岗位要加大对女性的引进。

### 3.2 提高学历层次对策

学历虽不等同于能力,但却是衡量人力资源质量的重要指标。对同一单位而言,学历层次的提高和改善意味着人力资源质量的提升,并且与经营绩效存在正相关性,因此有必要进一步采取措施加大对人力资源的投资。一方面投入人力物力加大对博士、硕士人才的引进力度,另一方面还要加大对现有人才队伍的在职学历教育培养。通过引进和培养并重的举措,不断提高高学历人才规模,不断优化水利人才队伍学历结构。

### 3.3 提高专业技术水平对策

提高高级职称人员比例,应从提高人才队伍专业技术水平出发。这需要根据不同学历层次人员分别采取针对性对策。对于较高学历的人员,特别是青年人才,要通过提高培训规格和层次,有计划地实施中长期出国培训工作,切实提高优秀科研骨干的综合能力;通过让其更多地承担科研项目,培养他们服务市场的科研技术能力、市场开拓能力和经营管理能力。对于较低学历人员,则需要定期开展针对性的专业理论培训,或鼓励其参加继续教育学习;还需要开展外语、计算机等有利于提高综合技能的培

训。

### 3.4 优化年龄结构对策

由于年龄是影响工作绩效的因素之一,且随着工作性质及环境因素的变化而变化,因此需要及早制订人才队伍发展规划并根据不同工作性质人员采取不同对策。如对于技术性且体力较重人员,需根据倒U型分布及早做好调岗或退出工作岗位准备,引进和培养青年人才,做好储备工作;对于从事科研工作的人员,则必须保持老中青均兼顾的年龄结构,充分发挥各年龄段的优势。此外,为保持水利人才队伍的可持续发展,还应积极探索干部队伍培养、任用及退出机制,让更多年轻有为的人能逐步走向更重要的科研、生产和管理岗位,逐步实现新老交替。

## 4 结语

以长江流域片水利行业能力建设情况普查为依据,分析了长江流域片从业人员人数及反应人才队伍结构的性别、学历等指标,得出了长江流域片当前人才队伍存在的问题,并提出了相应的对策和建议。这一研究角度不仅是对水利普查成果的进一步应用,也有利于流域相关主管部门从长江流域片高度整体把握人才队伍现状,进而为创新水利人才管理体制机制,提出针对性的人才培养政策起到借鉴作用。由于文章是从长江流域片水利行业能力建设情况普查总体数据分析出发,各地区、各具体单位人才队伍情况不尽相同,故存在的问题及解决对策也不尽相同,这需要在今后的研究中进一步研究解决。

### 参考文献

- [1] 长江水利委员会第一次全国水利普查领导小组办公室. 长江流域片第一次全国水利普查水利行业能力建设普查成果报告[R]. 武汉:长江水利委员会, 2013.
- [2] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室. 水利普查总体方案[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2010.
- [3] 张燕,章振. 性别多样性对团队绩效和创造力影响的研究[J]. 科研管理, 2012, (3).
- [4] 曹建安,黄小梅等. 企业员工学历结构及其变动对企业业绩的影响研究[J]. 科技管理研究, 2009, (10).
- [5] 刘莹,廖健桥. 员工年龄对工作绩效的影响探析[J]. 外国经济与管理, 2006, (5).

(收稿日期:2015-04-12)