

三道沟河干流梯级开发形成的 脱水段对生态环境的影响

曲鹏飞¹, 朱未²

(1. 长安大学 环境科学与工程学院 旱区地下水文与生态效应教育部重点实验室, 陕西 西安 710054;
2. 长春工程学院 吉林省水工程安全与灾害防治实验室, 吉林 长春 130012)

摘要: 以三道沟河干流开发为例, 主要探讨脱水段对周边居民生活及生态环境的影响, 提出较合理的解决方案。通过分析研究八级水电站、十三级贾家营子二级水电站对居民生活及周边生态产生影响, 提出了技术可行, 经济合理的备选方案。本成果可为同类工程的开发提供参考。

关键词: 水电站梯级开发; 脱水段影响; 方案比选; 补救措施; 三道沟河干流

中图分类号: TV741 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2013)04-0160-05

Effect of dewatering section formed in cascade development on ecological environment in mainstream of Sandaogou river

QU Pengfei¹, ZHU Wei²

(1. Key laboratory of Subsurface Hydrology and Ecological Effect in Arid Region of Ministry of Education, College of Environmental Science and Engineering, Chang'an university, Xi'an 710054, China, 2. Jilin Province Water Engineering Safety and Disaster Prevention Laboratory, Changchun Institute of Technology, Changchun 130012, China)

Abstract: Taking the hydropower development Sandaogou river mainstream for example, the paper explored the impact of dewatering section on the living of local residents and the surrounding ecological environment, and finally proposed a more reasonable program. Through analyzing the influence of eighth grade hydropower station and thirteenth Jiajiayingzi second grade hydropower station on the living of local residents and the surrounding ecological environment, it presented a technical feasible, economic rational alternative program. The result can provide reference for the development of similar projects.

Key words: hydropower cascade development; effect of dewatering section; comparison and selection of program; remedial measures; mainstream of Sandaogou river

1 流域概况

1.1 流域基本概况

三道沟河地处吉林省临江市境内, 是鸭绿江右岸一级支流, 发源于长白山脉, 源头海拔高程达 910 m, 全长约 85.7 km, 比降约 6‰, 于临江市临城村注入鸭绿江, 河口高程 334 m, 流域面积 792 km², 流域内最高山峰转头山高程达 1 194 m。

三道沟河流域内林木茂密, 天然植被良好, 河道蜿蜒, 狭窄, 河谷两岸山体陡峭、岩体裸露, 河道比降大, 是吉林省雨量较多的地区, 多年平均降水量 844.4 mm。流域属寒温带湿润气候区, 多年平均气温 4.9℃, 平均风速 1.3 m/s, 最大冻土深 1.36 m。

1.2 研究河段情况

本次研究的河段为三道沟河干流三兴村至河口河段, 河段长 39 km, 自然落差 193 m。河道蜿蜒曲折, 两岸山高林密。沿河有三兴村、砬子沟村、贾家营子乡、陈家台子村、杨家营子村、西川村、蚂蚁河乡、小北沟门村、小湖村、大湖村、大湖煤矿和临城村等居民点。目前已建 3 座水电站, 分别为贾家营子电站、蚂蚁河电站和小湖电站。总装机共 5 300 kW。除贾家营子水电站的开发方式为坝后式外, 其余均为混合式开发。

2008 年, 中水东北勘测设计研究有限责任公司对该河段进行规划。确定该河段其余水资源的开发方式为: 分河段开发设想与梯级引水开发方案。

收稿日期: 2013-01-21; 修回日期: 2013-04-26

作者简介: 曲鹏飞(1987-), 男, 新疆乌鲁木齐市人, 在读硕士研究生, 研究方向: 水文学及水资源。

通讯作者: 朱未(1963-), 女, 吉林长春人, 硕士, 副教授, 研究方向: 水能规划与应用。

该规划方案已经由临江市发政府予以审批,并准备执行施工,其中贾家营子二级水电站已开工建设。

该河段拟开发的几个水利枢纽均为引水式开发,其主要技术指标见表 1。调查河段基本情况见图 1-4。

表 1 调查河段已建水电站技术经济指标表
km², m³/s, m, kW, 万 kW·h, hm², 亿元

项 目	已建水电站			待建水电站		
	贾家营子	蚂蚁河	小湖	贾家营子八级(大)	十三级	
	水电站	水电站	水电站	二级电站	水电站	水电站
资料来源	普查	普查	初设	初设	可研	可研
	报告	报告	报告	报告	报告	报告
控制流域面积	450.35	614	703	474	493	741
多年平均流量	6.57	8.75	9.31	6.30	6.42	9.64
开发方式	坝后式	混合式	混合式	混合式	混合式	混合式
正常蓄水位	517	426	400	5047	466.5	455
调节性能	日调节	无调节	日调节	日调节	日调节	无调节
设计水头	12/8	12/7.1	24.5	26.5	29	20
装机容量	500	1800	3000	2500	2200	1600
年发电量	191.6	495.3	1008.5	857.5	669.7	487.9
发电引用流量	8.2	8.7	14.6	10.53	6.42	9.64
水库淹没耕地	0	0	100	0	0	0
迁移人口	0	0	2	0	0	0
坝型	浆砌石溢流坝	浆砌石重力坝	浆砌石重力坝	浆砌石重力坝	浆砌石重力坝	浆砌石溢流坝
最大坝高	10.5	7.0	18.6	10.0	6.0	5.5
引水道长	0	300	1680	3415	3500	2000
静态总投资	0.061	0.102	0.257	0.2	0.4	0.3

本次研究河段已建和拟开发的水电站共六座。其中除贾家营子电站以外其它五座水电站均采用引水式(混合式)开发方式。引水式(混合式)开发势必在水库坝下和电站出口之间形成一段脱水段。可能对其间居民的生活生产及河段的生态环境造成影响,为此进行了调查和分析。

本次研究河段内已建和拟建的五座水电站一共将形成脱水段总长约 13 km,脱水段沿岸涉及的主要村落有砬子沟、陈家台、杨家营子、西川、三道沟门等;主要工矿企业有是市冶炼厂、富力特硅藻土有限公司等。三道沟河引水式开发形成脱水段的情况详见表 2。

2 调查河段生态现状及主要生态问题^[1-2]

2.1 贾家营子二级水电站脱水段

贾家营子二级水电站脱水段情况见图 1。

贾家营子二级水电站为在建工程,其装机 2 500 kW,引水式开发,引水洞长 3 415 m,脱水段长 4 000 m 左右,脱水段沿岸有两个村落:砬子沟村和水碓沟

村,无工矿企业。两个村庄总人口数 630 人左右,居民生活生产用水多采用自家井水,井深 3~4 m,为地表水,据当地居民介绍水来源为山体地下水渗流。两个村子耕地总面积约为 60 hm²,其中水田约 20 hm²,沿河分布,脱水前主要取河水灌溉。

表 2 调查河段引水式开发形成脱水段情况统计表
m, 人, hm²

梯级名称	贾家营子二级	八级(大)	蚂蚁河	小湖	十三级
开发方式	混合式	混合式	混合式	混合式	混合式
正常蓄水位	507	466.5	426	400	455
形成脱水段长度	4000	4000	500	2000	2500
脱水段居	砬子沟	陈家台		小湖村	临城子
民点名称	水碓沟	杨家营子			
涉及人数	630	700		200	320
涉及土地面积	20	20	0.5	3.8	2.5
其中耕地面积	20	20	0.5	3.8	2.5
涉及主要企业					利英木业,镁铝厂,赛力特硅藻土有限公司
其他					水文站

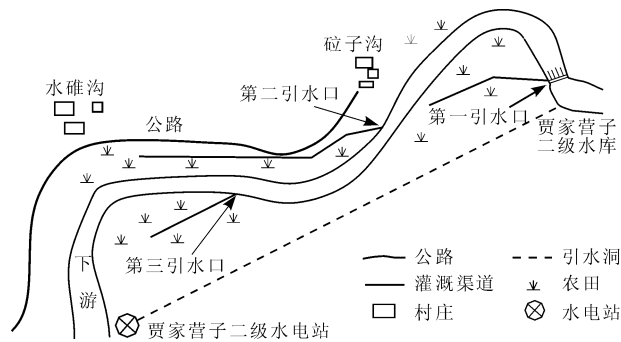


图 1 贾家营子二级水电站脱水段情况示意图

贾家营子二级水电站蓄水发电后,将在坝下至厂房出口之间的 4 000 m 河道形成脱水段。水库建成后,在本河段将会不同程度的影响农田灌溉和当地居民的生活生产。详述如下:

居民生活生产用水多采用自家井水,井深 3~4 m,为地表水,据当地居民介绍水来源为山体地下水渗流。河段脱水后对居民生活用水不会造成影响。

两村耕地总面积约为 60 hm²,水田约 20 hm²,其余 40 hm² 耕地为旱田。20 hm² 水田傍河分布,比较集中,其农作物全部为水稻,需要引用三道沟河水灌溉,目前:引水渠道全部采用矩形断面,使用混凝土衬砌,取水地点有三处,分别在库区处(控制水田面积约 8 hm²)、距库区 1 km 处(控制水田面积约 6.5 hm²)和离库区 2.5 km 处(控制水田面积约 7.5

hm²),需水量较大,用水时期集中5-10月份。据调查,渠道干流引水流量约为0.5 m³/s,由于当地居民原灌溉方法完全依靠耕作经验,水资源浪费相当严重。

其余40 hm²耕地为旱田,主要播种玉米。大多分布在离河床较远的山坡地上,无灌溉需求。该村村民农闲时常在河中捕鱼,夏季常在河边洗衣洗菜,河段脱水后将严重影响到居民的各种与河有关的生活和娱乐活动,并且由于河段脱水,居民在河内取水及娱乐将行至原河床中央处,汛期水库放水时,容易造成危险。可见,由于该河段较长,流经的耕地面积较多,且其中有大量的水田,故该段脱水后对居民的农业生产将产生严重的影响,据调查已有很大一部分居民对此产生了担忧。

2.2 蚂蚁河水电站

蚂蚁河水电站为已建工程,其总装机1 800 kW,分两期建设:一期装机600 kW,二期装机1 200 kW。由于历史原因二期电站在枯水期和丰水期均不能满发,故二期电站处于停滞状态,本次调研不作考虑。一期电站采用引水式开发,引水洞长300 m,脱水段长约500 m,其间有少量耕地但全部为旱田,无居民居住地和工矿企业。因此,此河段脱水后对沿岸影响很小。

2.3 小湖水电站

小湖水电站为已建工程,装机3 000 kW,引水式开发,引水洞长1 680 m,脱水段长约2 200 m,沿岸有耕地但全部为旱田,无灌溉要求,在库区下游20 m处有小湖村,村内居民生活用水全部为自来水,自来水来源山泉,水量充沛、水质良好。脱水段对沿岸影响可以不做考虑。

2.4 八级(大)水电站

八级(大)水电站脱水段情况见图2。该水电站为待建工程,装机2 200 kW,引水式开发,引水洞长3 500 m,脱水段长约4 000 m,脱水段沿岸居有陈家台子村和杨家营子村。水库建成后,对两个村落的影响分述如下:

陈家台居民约130户,居民家中安装有自来水管路,引水来源为八级(大)库区。供水情况极不稳定,并且由于管路埋深较浅,冬季时常发生管道冻裂情况,自来水管在冬季基本无法使用,所以居民均在家中打浅水井,井深3~5 m,为地表水,水质良好,脱水后可能会对其造成影响。据了解当地居民都比较喜欢引用自家井水。该村人均占有耕地不足一亩,且主要以旱田为主,所以农业生产的需水量较

少,且三道沟河有一支流在该村附近流过,经调查,河段脱水后对居民的农业生产几乎不产生影响。

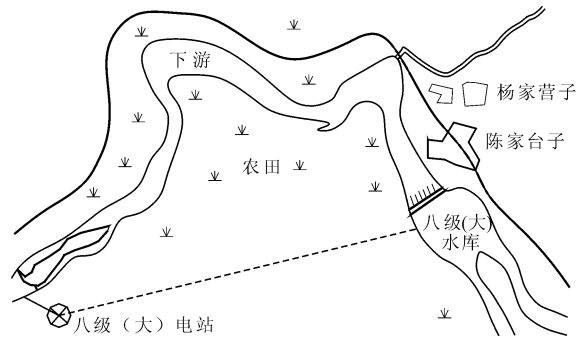


图2 八级(大)水电站脱水段情况示意图

杨家营居民约100户,该村工矿企业、居民引用水采用自来水,自来水来源于附近山泉,山泉水注入三道沟河,该河水量较充足,年平均流量0.1 m³/s,故自来水供水情况较稳定,河段脱水后基本可以满足居民的生活用水。该村大概有耕地20 hm²左右,多为旱田,灌溉用水均来自雨水,并未引用河水灌溉,少量的水田可采用附近山泉水供给。综上所述,该脱水段对杨家营子的居民生产生活并未造成很大的影响。

2.5 十三级水电站

十三级水电站脱水段情况见图3。

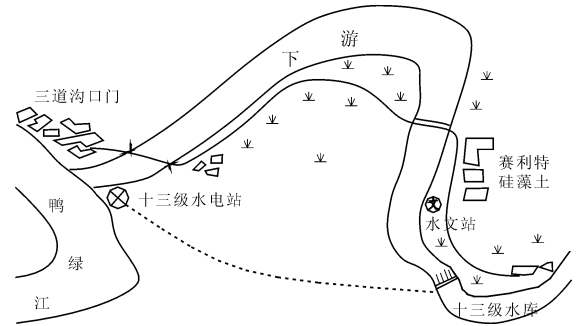


图3 十三级水电站脱水段情况示意图

十三级水电站为待建工程,装机1 600 kW,引水式开发,引水隧洞长2 000 m,脱水段长约2 500 m,沿岸有林城县金矿(临城八舍),居民一百户左右,附近居民大多用河水洗衣洗菜,不直接饮用河水,居民家中安有自来水,但供水情况不稳定。大多数居民引用自家井水,井深3~5 m,为地表水,河段脱水后可能会对其有影响。耕地约100 hm²,但耕地全部为旱田,无灌溉需求。工矿企业有利英木业,镁铝厂,赛力特硅藻土有限公司。赛力特硅藻土有限公司用水量较小,现取水点在脱水段上游库区附近。另外,该脱水段有一水文站,脱水后将失去存在

价值。此次调查了解到此河段内有水生动植物,多为平常小鱼,无特殊鱼种,无珍贵水生动植物。故无需考虑对浮游植物、浮游动物、底栖生物、高等水生植物的影响。无国家和地方重点保护的水生生物,以及珍稀濒危特有鱼类的种群、“三场”(产卵场、索饵场、越冬场)分布。

3 拟采取的保护对策及措施

3.1 方案拟定原则

(1) 优先保证居民生活生产用水和农田需水时期供水。

(2) 尽可能利用已有工程设施(渠道)。

(3) 采取技术可行,经济最合理的方案。

3.2 方案初拟

根据搜集的资料,在保证补救原则的前提下,针对其具体问题,拟定以下补偿措施。

3.2.1 生活用水问题解决措施

(1) 八级(大)水电站。该水电站形成脱水段以后的主要问题是当地居民生活用水问题,在此重点讨论^[3]。据调查当地居民平均每户每天用水量约为0.8 t,存在较浪费的现象。为达到节约用水的目的,该地居民平均每户每天用水0.5 t即可满足生活需求。全村每天用水量不足70 m³。为提高供水保证率,按全村每天用水量不足70 m³考虑,依据补救原则拟取以下几方案予以解决:①库区供水。更换当地现有自来水管路,将自来水水源定在库区,保证水源的供水充足,同时优化当地自来水管路,做好防冻措施,保证自来水的供给率。②地下水集中给水^[4]。采用打深水井的方法,在每个村庄打5~6口深水井,村民集中引用深水井井水。除此之外,加大节水的宣传,使当地居民明白水资源的宝贵,提倡节约用水,降低用水量,并采用一定的节水措施,以创建省节水优秀村庄为目标,在大力倡导的同时给当地村民提供节水的另一动力。③地下水分散给水^[4]。采用自家打井的办法,自行解决,和当地居民谈清楚实行一次性补偿的原则,每户居民补助约1200元。

(2) 十三级水电站。十三级水电站居民不直接饮用河水,居民家中安有自来水,但供水情况不稳定^[5]。大多数居民引用自家井水,井深3~5 m,为地表水,河段脱水后可能会对其有影响,为保证居民生产生活用水,建议优化当地自来水管路,做好防冻措施,保证自来水的供给率。由于自来水引水来源在库区内,无需做过多调整。加之当地用户较少,用

水量不大,对电站效益影响甚微,不作考虑。并且采用后可以提高当地居民生活生产用水的保证,故可以直接确定补救措施。除此之外,加大节水的宣传,使当地居民明白水资源的宝贵,提倡节约用水,降低用水量。

3.2.2 农业生产问题解决措施 贾家营子二级脱水段的主要问题是水田灌溉用水问题,在此主要考虑。首先依据《灌溉与排水工程设计规范》计算出当地水田灌水定额,计算结果见表3。

表3 水稻逐日耗水量计算表

	mm							mm
生长期	返青	分蘖前	分蘖末	拔节期	抽穗期	乳熟	黄熟	全期
起止日期	5.25 - 6.3	6.4 - 6.13	6.14 - 7.2	7.3 - 7.22	7.23 - 8.8	8.9 - 8.18	8.19 - 8.27	5.25 - 8.27
天数	10	10	19	20	17	10	9	95
阶段水面蒸发量	43.8	76.5	134.2	120	91.9	24.6	30.4	521.4
需水系数	0.8	0.85	0.92	1.25	1.48	1.42	1.2	
阶段需水量	35	65	123.5	150	136	35	36.5	591
阶段渗漏量	15	15	28.5	30	25.5	15	13.5	142.5
阶段耗水量	50	80	152	180	161.5	50	50	723.5
翌日耗水量	5	8	8	9	9.5	5	5	

注:稻田渗漏量采用1.5 mm/d。

经计算该段水田作物翌日平均耗水量为80 m³/hm²,此河段有水田大约20 hm²,平均每天耗水量1 600 m³(考虑渠道渗漏和蒸发),如果设计渠道过水量为0.25 m³/s,灌水周期为5 d,则每次需水量为8 000 m³,放水时间大约需9 h,满足灌溉要求。

根据计算出的当地耗水量,依据补救原则拟取以下几方案予以解决^[6]:

方案1:库区取水灌溉。利用自然资源采取库区放水,根据计算的灌溉用水量,在大坝一侧留有一条引水渠道,最大引水流量为0.3 m³/s。把原来的三条引水渠首尾相接,并为一条灌溉干渠。该方案简单易行,只需对第二、三渠道部分改造,和河交叉处采用钢管过流。

方案2:地下水灌溉^[4]。利用地下水资源,分别在三个取水口处河岸边打井。并修建蓄水池,用水泵(选用DK型卧式二级离心泵)将水抽入蓄水池内晾晒后引入渠道灌溉。

方案3:库区下游灌溉。尾水再利用,在电站出水口处修建蓄水池,用三个水泵(选用DK型卧式二级离心泵)把尾水回抽到原来的引水灌溉渠道。

方案4:组合方案。综合利用第一个取水口采用库区放水,第二个取水口处打井并修建蓄水池,储存丰水期水库弃水,第三个取水口采用尾水利用,用水泵(选用DK型卧式二级离心泵)把尾水回抽到原

来的第三引水灌溉渠道。

八级(大)同样水田灌溉需水也存在问题,虽然该脱水段的水田数量较少,但是由于水田耗水量较大,所以对于水田灌水来源也是一个不得不考虑的问题。由于此脱水河段和上游贾家营子二级水电站脱水段比较相似,这里不作过多探讨,采用方案与贾家营子二级脱水段处理方案一致,其它三电站脱水段形成对农业生产影响甚微,故不作考虑。

3.2.3 其它问题解决措施 在十三级水电站造成的脱水段内有三道沟门水文站,脱水后失去作用,该水文站是鸭绿江支流唯一水文站,失去后无法得到相应的水文资料,只能改迁。经调查在十三级库区上游,小湖水电站下游有一河段可以作为水文站改迁的站址。该地段地势平坦交通方便,在山脚下,便于水文数据的观测。该吃距离原水文站站址 3 km,控制流域面积由原来的 753 km² 降低到 727 km²,流域面积减小 3%,影响不大。改迁水文站需要增加工程投资 15 万元。详细改迁站址见图 4。

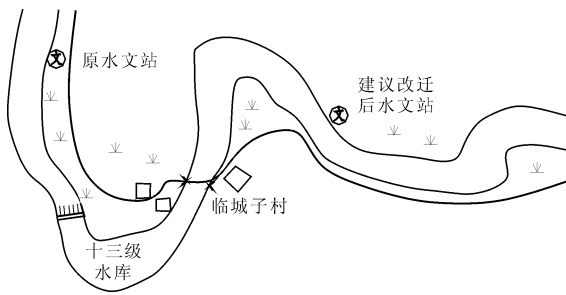


图 4 改迁水文站址

另外电站检修、水库泄洪冲沙等时段,脱水段内流量骤变可能对水边活动人员的生命财产安全带来不利影响,为避免这种情况发生,脱水段需设置安全预警措施^[3]。预警措施以警示牌为主,牌上应注明的内容包括:危险原因、时段、范围、程度等,特别要明确禁止下河时段。应在坝址下游及电厂间沿河公路旁设置。设置警示牌的同时,还需通过地方政府、保护区管理的相关人员及旅游向导等向居民和前来科考及旅游的外来人员发放宣传材料或采取集中教育等方式进行宣传教育。

3.4 方案比较

3.4.1 灌溉问题拟解决方案比较^[6-7] 本论文上述灌溉问题拟采取的几个解决方案中各有优缺点,详述如下:

方案 1:由于采用库区水资源,可以很好地提高灌水保证率,对脱水段居民的农业生产影响较小。但是由于灌水时期农田用水量较大,将从库区年平

均每天引用 0.03 m³/s,但用水量集中在 6-9 月,此期间水利用系数较低,按 50% 计算,电站将每年下降 0.9 万 kW·h 的发电量。按入网电价 0.3 元/kW·h 计算,每年直接经济损失为 0.3 万元。且在大坝一侧留有引水渠道,需设闸门,还需对原有渠道进行改造,过河段需增设钢管。将增加投资 20.0 万元。另外该段脱水段较长,利用原河道进行灌溉供水,渠道过长,渗漏量和蒸发量较大,水资源浪费严重,利用率较低。

方案 2:无需使用库区水资源,对电站效益没有影响,并且,打井处可以自由选择,可以使取水点距离农田较近,避免一部分水资源浪费。但是,此方案需要打三处深水井,按每口井 3.0 万元(含泵和泵房)计算,会增加工程投资 9.0 万元。由于,打井需要水泵抽水,耗费能源,根据上文计算的灌溉用水量,满足灌溉要求的情况下,每台泵平均每天需工作 7.2 h,日平均耗电量为 30 kW·h,水稻生长期按 100 d 计算,每年耗电量为 3 000 kW·h,按购买电价 0.5 元/kW·h 计算,每年用电费 0.15 万元。需专人管理,管理费预计每年需 1.0 万元。运行成本较高。

方案 3:实现了水资源的再次利用,提高了水资源的利用率,另外,由于尾水量比较稳定,有效的提高了灌水保证率。但是,电站出口距坝址较远,脱水段比较长,若将蓄水池建在电站出口附近,将会影响到上游灌溉;若将蓄水池建在脱水段中游处,将需要埋设很长一段管路,将增加工程预算约 10.0 万元。另外,同样存在方案 2 的运行管理问题。

方案 4:此方案集合了前三个方案的优点,并且去除了前三个方案弊端较大的部分,在灌水保证率得到保证的同时,充分利用了水资源。四方案技术和经济指标见表 4。

表 4 四方案技术和经济指标表 万元,万元/a

指标	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
用水保证程度	较高	较低	较高	较高
增加工程投资	20.0	9.0	10.0	12.0
运行管理费用	0	1.15	1.15	0.8
电站损失	0.3	0	0	0.1
NPV	-23.67	-23.07	-24.07	-23.01

注:设大坝运行期限为 50 年。

经过以上计算、分析比较,笔者建议采用方案 4 比较合理,方案 4 对电站影响小,运行成本低,灌溉保证程度较高。

(下转第 169 页)

普通用户下载的都是未经处理的原始数据,第三方公司可对这些数据进行二次开发,使水文数据作为一种资源,实现市场化,更大程度上利用其价值。

7 结 语

目前,大多数水信息系统开发的重点都是提升系统性能和丰富系统的功能,忽略了系统运行后对社会的服务能力。利用 Web Service 技术把现有的水信息系统集成起来,形成具有良好的跨平台性和强大的交互性能的新系统,不仅实现了各个信息孤岛之间的数据共享,使水文数据不仅在专业系统内部使用,外界用户也可根据系统暴露的接口,利用系统的相关功能,更好地为社会服务,体现了水文行业“立足水利,全面服务”的发展新思路,是将来水利

信息化发展的一个方向。

参考文献:

- [1] 章树安. 我国水文数据库系统建设回顾及对有关问题的建议[J]. 水文, 2001, 21(3): 60-62.
- [2] 史芳斌, 陈雅莉, 陈春华. 关于水文数据库建设问题的探讨[J]. 人民长江, 2009, 40(24): 70-72.
- [3] 艾萍. 水信息工程引论[M]. 武汉: 长江出版社, 2010.
- [4] 顾宁, 刘家茂, 柴晓路. Web Services 原理与研发实践[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006. 1.
- [5] 陈振飞. 大坝安全信息系统开发中对不同数据库的支持与应用[J]. 大坝与安全, 2007, 19(5): 11-13.
- [6] 蓝家万, 陈森林, 李建华, 等. 利用 Web Service 构建新一代防洪调度决策支持系统[J]. 中国农村水利水电, 2006(4): 49-51.

(上接第 164 页)

3.4.2 居民用水问题解决方案比较

方案 1: 供水保证率较高, 按全村用水量 70 m^3 计算, 对电站影响不足 0.02%, 可以忽略。但需更换自来水管路预计增加工程投资 20.0 万元, 需运行管理费 2.0 万元/年^[7]。

方案 2: 此方案投资较小, 预计增加工程投资 10.0 万元, 但居民用水不方便^[7]。

方案 3: 全村 130 户居民, 增加工程投资 15.6 万元。居民用水较方便, 符合居民愿望^[7]。

经分析, 建议采用方案 3 比较合理。

4 结 语

本文就三道沟河流梯级开发后, 产生了如: 八级水电站对居民生活用水产生影响, 贾家营子二级脱水段对农业灌溉产生影响, 甚至在十三级水电站产生的脱水段对水文站的影响等问题, 通过方案选择, 进行了科学严格的比较, 同时本着技术可行, 经济合理的原则。确定居民用水方案中的三号措施是解决生活用水影响的合理措施; 确定灌溉问题中的四号措施是解决灌溉用水的合理措施。对于河流进行开发利用时, 建设水库及水电站, 尤其是饮水式开发方

式, 势必产生脱水段, 而脱水段对生活、生产产生一定的限制和影响, 本文对脱水段产生的影响及解决措施进行探究和分析, 可为类似工程问题的解决提供参考。

参考文献:

- [1] 杨意明, 陈清林, 吕军. 松山引水工程坝下脱水段的工程影响评价与处理[J]. 水力发电, 1999, 4(5): 34-38.
- [2] 王士武, 刘红. 小型水电开发项目脱水段生态与环境问题及其需水研究[J]. 中国农村水利水电, 2007(7): 86-87+91.
- [3] 钱正英, 张光斗. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [4] 周维博, 施桐林, 杨路华. 地下水利用[Z]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [5] 应四爱. 杭州城中村改造研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [6] 郭元裕. 农田水利学[Z]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
- [7] 杜葵. 工程经济学[Z]. 重庆: 重庆大学出版社, 2001.