

威信县麟凤乡分干渠工程设计

高华端^{1,2}, 张品¹

(1. 贵州大学林学院, 贵阳 花溪 550025; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 渠道工程是水利工程的重要组成部分之一, 无论蓄水、灌溉, 利用水力发电, 或排除洪涝积水, 都需要通过渠道才能发挥效益。云南省威信县麟凤乡黄水河水库的分干渠以灌溉为主, 兼顾人畜饮水、防洪、发电等功能。以水力学原理和相关设计规范为依据, 对麟凤乡分干渠进行设计, 通过指标计算, 在经济理论上是合理的, 工程设计灌溉面积 800 hm², 可使水利化程度由 8.8% 提高到 30.5%, 使 GDP 每年增长 10%。

关键词: 麟凤乡; 分干渠; 工程设计

中图分类号: TV 61

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0245-03

Sub-main Channel Engineering Design for Linfeng Countryside in Weixin County

GAO Hua-duan^{1,2}, ZHANG Pin¹

(1. Forestry College of Guizhou University, Huaxi, Guiyang 550025, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of

Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A channel engineering is an important part of water conservancy engineering. No matter what water conservation, irrigation, generating electricity by using waterpower or removing flood water, using channel system is necessary for getting normal function. The sub-main channel for Huangshuihe reservoir, which is located at Linfeng countryside of Weixin county in Yunnan Province, is designed for irrigation, human and domestic animals drinking, controlling flood and generating electricity, etc. Based on the hydraulics theory and related design standards, the sub-main channel engineering design for Linfeng countryside is demonstrated, which is reasonable on economy through index calculation. The engineering design area for irrigation will reach 800 hm². Water conservancy degree will be raised from 8.8% to 30.5% and the value of GDP will increase by 10%.

Key words: Linfeng countryside; sub-main channel; engineering design

1 工程概况

1.1 前言

麟凤乡分干渠是黄水河水库渠道工程的一部分。黄水河水库工程是中型水库工程, 位于云南昭通市东部威信县麟凤乡的黄水河上游, 地理位置东经 104°50.1', 北纬 27°53.7', 距离威信县城 47 km, 灌区分布于麟凤, 长安和庙沟三个乡。本工程是以农业灌溉为主, 兼顾人畜饮水、防洪及发电等综合利用的中型水利工程, 是昭通市“润滇”水利工程之一。

威信县属革命老区, 历史上的“扎西会议”就是在威信县召开的。全县北部和东部与四川省筠连、珙县、兴文、叙永等相邻, 西部和南部与本市彝良、镇雄接壤东部与贵州省毕节地区隔赤水河相望。全县人口 36.05 万人, 土地面积 1 397 km², 耕地面积 26 733.3 hm², 水利化程度很低, 全县自然条件很差, 灾害频繁, 尤以干旱为重。农业和地方经济发展水平很低。黄水河流域内麟凤乡总人口 3.01 万人, 耕地面积 2 800 hm², 现有灌溉面积 733.3 hm², 严重制约了农村经济的发展。

1.2 流域概况

黄水河系百水江的右岸支流, 发源于滇川省界附近的大雪山, 属金沙江下段水系, 流域面积 296 km², 流域坡陡流急呈 V 型河谷, 流域内以构造侵蚀峡谷中山地貌为主, 拟建水库以耕地少植被覆盖较好。植被以针、阔叶混交林、竹类、灌木为主, 植被度高达 80%, 流域雨量丰沛, 地下水较丰富。流域内的水利工程抗御灾害能力很弱, 远不能满足农业生产的需要。流域的源头为大雪山, 林草植被很好, 但 25° 以上坡耕地退耕还林任务依然相当繁重。

1.2.1 水文气象资料

流域内缺少水文资料, 属于水文资料空白区。2001 年 7 月, 威信县水利局委托四川省内江水文局设立黄水河专用水文站并进行观测, 内江水文局于 2001 年 8 月设站观测降雨、水位、流量、泥沙等项目。

由于水文站缺乏自记, 实测成果偏小, 加之实测资料系列短缺, 难以满足工程设计需要。采用相似法利用相邻流域的水文气象站有罗渡水文站、牛街水文站、大水沟水库工程专用水文站田坝站、四川王家水文站、罗砍雨量站、蒿枝坝水文站、洛甸河水文站。

* 收稿日期: 2005-03-28

基金项目: “十五”国家攻关项目, 喀斯特(岩溶)高原生态综合治理技术与示范(2001DA606A-09-04)

作者简介: 高华端(1965-), 男, 在读博士, 副教授, 从事水土保持教学科研工作。

流域海拔高程 894 ~ 1 777 m, 属于北亚热带至中温带的气候类型, 其特点为: 夏无酷暑、冬无严寒、干湿季分明、雨热同季。多年平均气温 7 ~ 16 , 多年平均降水量 1 100 ~ 1 700 mm, 多年平均蒸发量 440 mm, 干旱指数 0.5 ~ 1.0 (蒸发量与同期降雨量之比) 拟建水库以上的气候类型以南温带气候类型为主, 多年平均气温 7 ~ 12 , 多年平均降雨量 1 700 mm。因地形静止锋的影响, 春秋多阴雨, 夏季多暴雨。多年平均水面蒸发量 780 mm, 属于“湿润区”。多年平均陆面蒸发量 400 mm。多年平均干旱指数 0.5。流域的气候特性为降水量、暴雨量较高、而蒸发量、日照时数较低。灌区高程 894 ~ 1 200 m, 为南温带; 北亚热带气候多年平均气温 12 ~ 16 。流域雨量充沛, 耕地少, 植被好, 因而拟建水库含沙量也是较低的。

1.2.2 工程地质条件

工程区地处四川盆地向云贵高原过渡带, 白水江为其最低侵蚀基准面。区内地貌以构造剥蚀中低- 中山和侵蚀, 溶蚀峡谷中低- 中山地貌为主。

本区处于扬子准地台娄山弧形褶皱区, 川滇经向构造带之间。区内主要构造有: 洛旺向斜、瓦石背斜, 大雪山压性断裂, 罗砍一鳞凤断层。大雪山压性断裂, 罗砍一鳞凤无活动迹象, 且距工程区较远无诱发地震可能, 对工程无影响。

渠道沿线山高谷深, 地势陡峭, 沟壑纵横, 河谷多呈“V”型和“U”型, 属中- 低山构造侵蚀、剥蚀、溶蚀地貌。

渠道经过的地层有第四系残坡积沙壤含碎石、块石、冲洪积沙卵石。侏罗系- 寒武系地层均有出露, 主要为砂页岩、石灰岩、泥岩、玄武岩等。岩层多为单斜, 岩层节理较发育, 部分渠段溶蚀裂隙发育。渠道大部分基岩裸露边坡稳定。总之渠道沿线无大型崩塌、滑坡、泥石流等不良地质现象, 渠道工程地质条件较好。

1.2.3 工程建设的必要性

威信县的主要气候灾害有干旱、洪涝、冰雹、大风低温冷害等, 其中旱灾是影响全县农业发展和人畜饮水困难的重要灾害。其具有“十年九旱”之称。尽快新建黄水河水库工程, 发挥其灌溉、供水、防洪等综合利用功能, 是提高人民生活水平、促进社会经济稳定发展的必然要求, 因此, 兴建该工程是十分必要的。

1.2.4 工程任务

鳞凤分干渠是黄水河水库工程的一部分、是一项综合利用的水利工程, 工程的全体任务是: 以灌溉为主, 兼顾人畜饮水、防洪、发电等。整个工程设计灌区为威信县的鳞凤、长安、庙沟三个乡的干热河谷。威信县每年出现的冬春干旱、均不同程度的造成人畜饮水困难, 但由于鳞凤乡灌区处于黄水河流域的下游, 目前群众依然利用其黄水河道中的水饮用。采用鳞凤人口增长计算、50 年之内可不考虑人畜饮水问题。

2 工程设计

2.1 灌溉设计标准

依据《灌溉与排水工程设计规范》GB50288-99 的规定: 以旱作物为主的半干旱、半湿润地区, 灌溉设计保证率宜采用 70% ~ 80%。因鳞凤乡灌区处于干热河谷, 气候属半干旱、半湿润地区, 水稻种植面积占总面积的 1/4 左右。因而, 灌溉设计保证率采用 $P_{渠} = 75%$ (采用中间值)。

2.1.1 灌区作物的组成

威信县农业生产特点是每年 11 月 ~ 12 月种小春作物, 次年 4 ~ 5 月收割接着种大春, 8 ~ 10 月收割。为提高土地利用, 在大小春作物生长的早期和晚期, 因地制宜地套种一些其它作物, 如蔬菜、甘薯、马铃薯等。

灌区作物组成, 根据社会发展的要求, 参照灌区现状作物种植结构、农业生产趋势, 综合考虑粮食作物与经济作物的比例。

大春作物与小春作物等各方面关系拟定如表 1。

表 1 大春作物与小春作物等各方面关系

作物	比例/ %	作物	比例/ %
大春作物	100.0	小春作物	85
水稻	25.0	小麦	45
玉米	55.0	蚕豆	5.0
大豆	2.0	油菜	5.0
经济作物	5.0	蔬菜	5.0
经济林木	8.0	洋芋	25.0
蔬菜	3.0		
其它	2.0	其它	5.0

2.1.2 设计典型年的选择

根据灌区农业生产特点和气候特点, 水利年度划分时段为每年 11 月 ~ 次年 10 月, 灌溉设计的选择以县气象站逐年降水、蒸发、气温统计参数为准。设计枯水年选择干旱严重的 1996 年为枯水年, 次年降水为 859.5 mm, 设计平水年以 1984 年 6 月干旱较严重选为设计平水年, 丰水年选为春夏连旱的 1997 年为设计典型年。

2.1.3 灌溉制度

灌区属于少资料区, 因而采用实地调查并参考同一流域邻县大水沟水库灌区, 渔洞水库灌区, 渔洞水库灌区的资料统计出公顷综合用水定额计算表(表 2)。

表 2 公顷综合用水定额计算表
(单位: 灌溉定额 m^3/hm^2 ; 需水量 m^3)

作物	比例/ %	设计丰水年		设计平水年		设计枯水年		备注
		灌溉定额	需水量	灌溉定额	需水量	灌溉定额	需水量	
水稻	25.0	730	1840	8000	1990	8550	2140	套种作物
玉米	55.0	1500	830	1580	870	1800	990	与其它作物同灌
大豆	2.0	0	0	0	0	0	0	
经济作物	5.0	1350	70	1350	70	1350	70	
经济林木	8.0	1500	120	1650	130	1800	40	
其它	5.0	1350	70	1350	70	1350	70	
马铃薯	40.0	1200	480	1200	480	1200	480	
小麦	45.0	1650	740	1650	740	1650	740	
蚕豆	5.0	1050	50	1050	50	1050	50	
油菜	5.0	1050	50	1050	50	1050	50	
蔬菜	5.0	4200	200		210	3750	190	
甘薯	35.0							
合计	235.0		4450		4660		4920	套种作物

由此可知, 公顷综合用水量为: 设计丰水年 $4 450 m^3/hm^2$, 设计平水年 $4 660 m^3/hm^2$, 设计枯水年 $4 920 m^3/hm^2$ 。通过移用上面数据到鳞凤乡所有面积灌溉用水定额, 最后推求出鳞凤乡的渠道设计流量(表 3)。

2.1.4 设计灌水模数

参照昭通市已建在灌区设计成果, 即渔洞水库水旱交叉灌区水稻占 39.2%, $q = 0.00084 m^3/(s \cdot hm^2)$ 、旱作灌区水稻占 10.3%, $q = 0.00038 m^3/(s \cdot hm^2)$, 大水沟水库灌区水稻占 20%, $q = 0.00058 m^3/(s \cdot hm^2)$, 并结合威信县经验采用 $q_{灌} = 0.00068 m^3/(s \cdot hm^2)$ 。

2.1.5 渠道设计流量

渠系总布置: 采用干渠、分干渠、支渠、斗渠、农渠、毛渠六级分布体系。灌区采用轮灌的方式, 将渠道六级渠系从末端逐级向上递推, 推出设计流量、其灌溉水利用系数按下式计算:

表3 麟凤乡分干渠灌溉面积、设计流量表

分水渠道名称	分片灌溉面积 / hm ²	公顷高峰 灌水模数	分水 流量	备 注	
斗—1	142.00	0.00068	0.15	小河支渠	
麟凤分干渠	311.33	0.00068	0.40		
斗—2	30.00	0.00068	0.05		
斗—3	28.00	0.00068	0.05		
斗—4	31.33	0.00068	0.05		
斗—5	31.33	0.00068	0.05		
斗—6	32.00	0.00068	0.05		
斗—7	26.67	0.00068	0.05		
斗—8	29.33	0.00068	0.05		
斗—9	14.67	0.00068	0.05		
斗—10	50.00	0.00068	0.05		倒虹吸进口
斗—11	26.67	0.00068	0.05		
斗—12	26.67	0.00068	0.05		
斗—13	26.67	0.00068	0.05		

$$\eta = \eta_1 \eta_2$$

式中: η ——灌溉水利利用系数; η_1 ——渠系水利利用系数, 按渠道工程地质条件和衬砌设计情况逐级递推; η_2 ——田间水利利用系数, 采用0.90。

干、支、斗、农渠均按三面光衬砌防渗设计、斗渠、农渠、毛渠, 水利利用系数采用采用 $\eta_{斗-田间} = \eta_{斗-毛渠} \eta = 0.765$ 采用 $\eta_{斗-田间} = 0.75$ 。

干、支渠渠道输水损失按规范公式计算:

$$\sigma = \epsilon k^j (Q d_j)^m$$

式中: σ ——渠道单位长度水量损失率(%/km); ϵ ——衬砌渠道渗水损失修正系数, 采用 $\epsilon = 0.20$; k ——土壤透水性系数, 按中等透水性计算 $k = 1.90$; m ——土壤透水性指数, 按中等透水性计算 $m = 0.40$; $Q d_j$ ——渠道净流量(m^3/s)。

根据分片灌区面积逐级推算渠道流量, 麟凤分干渠从总干渠4+824里程处分水, 分干渠全长10.2 km, 设计流量为0.40~0.15 m^3/s , 其渠道设计流量应按同一时期不同种作物同时用水量最多情况计算, 其计算公式:

$$Q = \frac{\text{灌水定额} \times \text{公顷数}}{\text{灌溉天数} \times 8640 \times \text{渠系有效利用系数}}$$

计算结果如表4。

表4 分片灌区面积及推算渠道流量

分水渠道名称	分片灌溉面积 / hm ²	分水流量 / ($m^3 \cdot s^{-1}$)	分水渠道名称	分片灌溉面积 / hm ²	分水流量 / ($m^3 \cdot s^{-1}$)	备 注
麟凤分干渠	311.33	0.40	斗—8	29.33	0.05	小河支渠不在分干渠内
斗—1	142.00	0.15	斗—9	14.67	0.05	
斗—2	30.00	0.05	斗—10	50.00	0.05	
斗—3	28.00	0.05	斗—11	26.67	0.05	
斗—4	31.33	0.05	斗—12	26.67	0.05	
斗—5	31.33	0.05	斗—13	26.67	0.05	
斗—6	32.00	0.05				
斗—7	26.67	0.05				

2.1.6 渠道选线

根据灌区位置的地形、地质情况, 确定麟凤分干渠在小河口从总干渠处取水^[5], 跨黄水河到右岸, 经新房子、打铁坝、蔡家湾至麦子坳。总长10.42 km, 其中明渠9.84 km、倒虹吸2条, 长815.7 m。渠道设计流量为 $Q = 0.40 m^3/s$, 渠底高程1204.946 m, 渠道流量为 $Q = 0.15 m^3/s$, 渠底高程1192.43 m, 设计纵坡 $i = 1/1200$, 其流量分配见表5(线路图略)。

2.1.7 渠道断面和渠道系建筑物

(1) 渠道横断面设计的任务是:¹ 确定符合要求的横断面尺寸, 即定出底宽 b 和正常水深 h ; ④选择合理的断面结构。

表5 渠道流量分配表

渠名	里程(k+m)	流量 / ($m^3 \cdot s^{-1}$)	分水渠道名称	分水流量 / ($m^3 \cdot s^{-1}$)
	0+000			
麟	2+103	0.40	斗门—1	0.05
凤	5+311	0.35	斗门—2	0.05
分	5+611	0.3	斗门—3	0.05
干	7+050	0.25	斗门—4	0.05
渠	8+705	0.2	斗门—5	0.05
	10+196	0.15		

(2) 计算其渠道断面所采用的公式有^{[1][2]}:

$$V = C \sqrt{RI}$$

$$C = 1/nR^{1/6}$$

$$R = \omega \lambda$$

$$Q = \omega V = \omega C \sqrt{RI}$$

式中: V ——明渠均匀流的渠道水的流速; C ——谢才系数, 它与水力半径 R 和反映渠床表面粗糙程度的糙度 n 有关; R ——水力半径; I ——纵坡; ω ——过水断面面积; λ ——湿周。

根据规则提供的渠道走向, 按灌溉与排水工程设计规范GB50288~99, 结合实际, 渠道明渠纵坡设为 $i = 1/2000$, 糙造率 $n = 0.015$, 选用安全超高0.30~0.35 m。

(三) 渠道断面的推求:

通过对渠道纵坡 i , 边坡系数 m , 糙度 n , 宽度比 $a = b/h$ 和渠道永许的不冲不淤流速选用后, 利用公式^{[1][2]}:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} [(b+mh)h] \left(\frac{1}{n} R^{1/6}\right) \frac{(b+mh)h}{b+2h} \frac{1}{1+m^2} i$$

可以确定其断面尺寸。

麟凤分干渠渠道断面分段选用矩形或矩形翻拱, 按设计流量设计, 加大流量进行校核(在设计流量的基础上增大40%)。衬砌大部分采用75#水泥砂浆砌石重力墙式内抹2 cm厚100#水泥砂浆在完整基岩段衬砌采用150#砼厚10~15 cm。

滑坡堆积地段翻拱材料为100#水泥砂浆衬砌块石拱厚20~35 cm。为减少沿途渠道在雨季山洪夹泥沙流入渠道, 在渠道内沟邦靠山脚设截流沟。根据渠系地形地貌、地层岩性、地质构造、边坡稳定等特征, 建议在岩石为粉砂质泥岩、砂岩、页岩遇水易软化、风化、不利边坡稳定的地方, 采用边挖边衬, 并防渗处理。根据断面的最优选择, 在边坡稳定较差的地方, 加宽断面, 在边坡失稳的地方, 断面变小^{[3][4]}。

断面设计成果见表6(断面图略)。

表6 渠道断面设计成果表

衬砌类型	里程段	尺 寸		备 注
		底宽/cm	高/cm	
	1+260~2+110			
	0+000~1+010	110	90	
	1+010~1+260			衬砌办法见图纸
	2+110~5+661.4	90	110	
	5+661.4~7+060	100	100	
	7+060~7+160			
	8+310~8+710	90	90	
	7+160~8+310	90	80	
	8+710~10+196	70	80	
	10+196~10+420	80	75	

2.1.8 倒虹吸设计(图件略)

麟凤渠道倒虹吸共2座, 长815.7 m。根据有压管公式^[2]:

与试件接触部位,涂上一层耦合剂凡士林,再用橡皮把探头固定。

5.2 技术准备

探头频率选择: 80 kHz。

加载速率确定: 应变加载 $2 \times 10^5/s$ 。

声发射仪参数设置: 仪器增益40 db; 门槛电压0.06V; 门槛方式固定; 采样时间0.1 s。

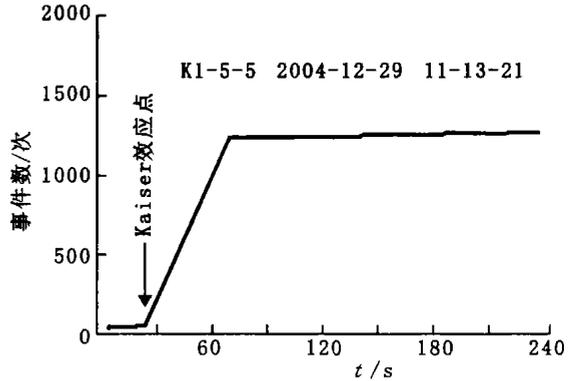
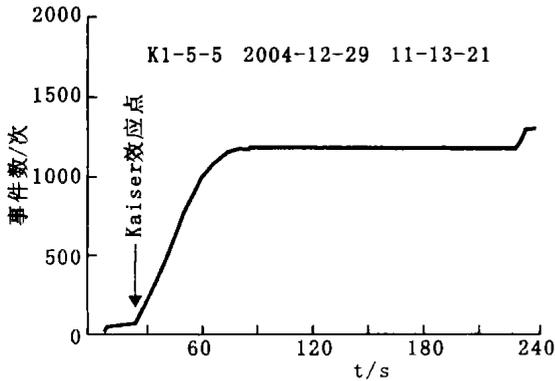


图3 声发射事件累积数与时间关系曲线图

6 测试结果及分析

我们从声发射曲线中找到 Kaiser 效应点,即可确定“初射点”时间,再从加载数据中找到相对应的力,用它除以该试件的断面积,就得到了此方向的地应力。最后根据前面介绍的原理可求出相应的主应力。

声发射事件累积数与时间关系曲线见图3所示:

我们所得到的测试结果见下表:

编号	三个主应力/ Mpa		
	σ_1	σ_2	σ_3
K1	33.4	29.0	35.8
K2	37.4	35.8	31.7
K3	32.0	34.7	33.5

我们将室内 AE 测试结果与现场实测值相比较,发现误差不超过10%,已基本能满足工程地质评价及斜坡应力分析的需要。

参考文献:

[1] 秦四清,李造鼎. 岩石声发射技术概论[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1993.

[2] 李宏,张伯崇. 北京房山花岗岩原地应力状态 AE 法估计[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(8): 1349- 1352.

[3] 李庶林,尹贤刚,王泳嘉,等. 单轴受压岩石破坏全过程声发射特征研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(15): 2499- 2503.

[4] 山邦久. 声发射(AE)技术的应用[M]. 冯夏庭. 北京: 冶金工业出版社, 1996.

[5] 张景和. 利用岩石发射 Kaiser 效应测定低应力的新方法[J]. 岩石力学与工程学报, 1987, (6): 347- 355.

[6] 陈积懋. 超声检测新技术[M]. 余南廷译. 北京: 科学出版社, 1991.

(上接第247页)

$$Q = \frac{1}{7} (5.2Q^3/H)$$

管臂厚度公式:

$$\delta = \frac{PD}{W} \Psi Q[\sigma]$$

拟定管半径和壁厚,布置采用露天式铺设。进口设进水池,出口设消力池,在压力管道转弯处及平直段60~80 m 设镇墩,中间设置支墩,其间距6~8 m;在倒虹吸低点设冲砂阀,管身每隔200~300 m 设检修孔。

表7 倒虹吸水力特性表

名称	里程 (k+m)	设计流量 $/(m^3 \cdot s^{-1})$	水头		倒虹吸内 径/m	壁厚 /mm	设计流速 $/(m \cdot s^{-1})$
			损失	损失			
# 倒虹吸	0+000~0+363.71	0.4	8.0	0.50	8	2.04	
# 倒虹吸	5+311~5+611.402	0.3	8.0	0.45	8	1.89	

参考文献:

[1] 刘俊民,余新晓. 水文与水资源学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.

[2] 洪惜英. 水力学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.

[3] 清华大学水利工程系《工程水力学》编写组. 工程水力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1959.

[4] 华东水利学院. 水力学[M]. 北京: 科学出版社, 1979.

[5] 王汉杰. 水资源工程学[M]. 北京: 农业出版社, 1990.

3 经济评价

评价依据: 依据《水利部建设项目经济评价规范》SL72—94《建设项目经济评价方法与参数》《水电建设项目经济评价规范》SL16—95 进行评价。

渠道地处贫困山区,工程永久占地主要为荒坡和灌木林地,有利用价值的耕地较少,本项目的直接效益为灌溉效益,防洪效益。通过指标计算,其经济理论上是合理的。其工程设计灌溉面积0.08 万hm²,可使水利化程度由8.8% 提高到30.5%,使GDP 每年增长10%。

综上所述,兴建该工程是提高人民生活水平、促进社会经济持续稳定发展的必然要求,因此,兴建该工程十分必要和迫切。