

中江县某水厂改扩建工程水源论证与选择分析

尹 欢

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘 要:随着水资源供需矛盾日渐突出,加之供水设备陈旧老化和供水能力的限制,城乡供水已出现紧张局面,因此,对现有水厂改扩建过程中的水源论证与选择尤为重要。通过收集中江县某水厂改扩建工程的水文数据及资料,从水源选择的原则和要求、水源论证、对水源基本情况进行的分析等方面进行了阐述,论证了水源选择的科学性和合理性,为当地和其他类似工程提供了一定的理论数据和借鉴经验。

关键词:水源论证;水厂改扩建;水量平衡;水源选择

中图分类号:TV211.1;TV674;X824;TU991.11+1;TU991.35 **文献标志码:** B **文章编号:**1001-2184(2024)04-0046-05

Water Source Demonstration and Selection Analysis of a Water Plant Renovation and Expansion Project in Zhongjiang County

YIN Huan

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD., Chengdu Sichuan 610066)

Abstract: With the contradiction between supply and demand of water resources becoming increasingly prominent, coupled with the aging of water supply equipment and the limitation of water supply capacity, urban and rural water supply has appeared a tense situation. Therefore, the water source demonstration and selection analysis in the process of renovation and expansion of existing water plants is particularly important. By collecting hydrological data and information of a water plant renovation and expansion project in Zhongjiang County, this paper expounds the principles and requirements of water source selection, water source demonstration, and analysis of the basic situation of water source, etc., and demonstrates the scientificity and rationality of water source selection, and provides some theoretical data and reference experience for local and other similar projects.

Keywords: Water source demonstration; Water plant renovation and expansion; Water balance; Water source selection

1 概 述

中江县某水厂原设计供水规模为 $5\ 300\ \text{m}^3/\text{d}$,但随着当地城乡建设的发展和人口数量的增长,该水厂的供水能力已不能满足用水需求。笔者对该水厂的改扩建工程进行了水源论证和选择分析,旨在为水厂改扩建工程的设计方案提供理论依据。根据《村镇供水工程技术规范》SL 310—2019 规定:对于干旱年枯水期设计取水量的保证率,严重缺水地区不低于 90%,其他地区不低于 95%^[1]。从全国降雨分布图查知,四川省全省区域均不属于干旱区,因此,本次设计的供水保证率取 95%。该水厂改扩建后其日供水能力只有提

高至 $12\ 000\ \text{m}^3$,年取水能力为 373.85 万 m^3 ,方能解决 60 200 人的安全饮水和供水需求问题。

2 水源选择的原则和要求

(1)就近引水的原则。

(2)技术与经济条件合理的情况下优先选择自流供水方式的原则^[2]。

(3)当现有城镇或村镇集中供水工程水源水量充沛、处理能力能够满足原有及新增供区供水需求时,应优先采用现有工程管网延伸方式供水。

(4)应优先选择地表水;在没有地表水可选的情况下方选择地下水。

(5)采用地表水时,应优先选用满足相关要求的水库水,其次选择江、河水等。

收稿日期:2024-03-14

(6)水源水量充沛可靠,以地表水作为水源时,其枯水期流量的保证率应不低于95%;以地下水作为水源时,其取水量应小于可开采量。

(7)地下水水源的水质应符合《地下水质量标准》GB/T 14848—2017;地表水水源的水质应符合《地表水环境质量标准》GB 3838—2002,或符合《生活饮用水水源水质标准》CJ/T 3020—1993。经实际取样进行检测得知:待选取水源地的水源水质均满足相关要求,文中不再另作阐述。

(8)水源的选择应考虑安全、经济以及便于水源保护等因素。

3 所选水源的论证

3.1 径流

响滩子水库流域的径流主要由降水补给,地下水补给较少。径流年内、年际变化与降水的年内、年际变化基本一致。径流年内的分配随季节降水量的变化差异较大。根据对邻近水文站径流资料进行分析得知:主汛期(6~9月)的径流量占年总量的70%~90%,枯水期(11月~次年4月)的径流量占年总量的7%~10%,最枯期(12月~次年3月)的径流量仅占年总量的3%~7%。水厂附近的响滩子水库径流深选取已通过政府部门审批的多年平均径流深253 mm。

3.2 响滩子水库洪水

(1)工程等级及洪水标准。响滩子水库总库容为1 835万m³。按照《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL 252—2017,响滩子水库属于Ⅲ等工程,永久性主要建筑物为3级,次要建筑

物为4级;大坝设计洪水标准(重现期)为50 a($P=2\%$),校核洪水标准(重现期)为1 000 a($P=0.1\%$)。

(2)设计洪水复核计算。响滩子水库流域的暴雨多发生在5~9月,其降雨强度大,历时短。根据对响滩子水库所在清水河流域内的兴发场雨量站1958~2003年实测暴雨资料进行分析得知:该站实测最大24 h暴雨量为189.0 mm(19930626),多年平均年最大24 h暴雨量为90.2 mm,实测最大6 h暴雨量为158.6 mm(19930626),多年平均年最大6 h暴雨量为66.6 mm。多年平均年最大6 h暴雨量占多年平均年最大24 h暴雨量的73.8%。其水库上游区域一次暴雨过程多为1 d。响滩子水库上游洪水由暴雨形成,洪水过程直接受暴雨特性影响,一次洪水过程为1~2 d,涨洪历时为2~6 h,主峰历时为15 h左右,峰型多为单峰,年最大洪峰流量出现在5~9月。

根据所收集到的与响滩子水库相邻并具有较长系列的水文、气象站暴雨量实测资料,以及《四川省暴雨洪水手册》《四川省暴雨统计参数图集》(2006年12月)等计算出水库坝址洪水总量。响滩子水库坝址洪水计算成果见表1。

为分析响滩子水库坝址设计洪水成果的合理性,本阶段采用水文比拟法将该水库附近大马口水文站的设计成果移用到响滩子水库,取其面积指数 $n=0.8$ 。响滩子水库坝址设计洪水合理性分析比较情况见表2。

表 1 响滩子水库坝址洪水计算成果表

项 目	数 值								
设计频率 $P/\%$	0.1	0.2	0.33	0.5	1	2	3.3	5	10
流量 $/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	753	677	622	577	503	429	376	333	261
洪水总量 $/\text{万 m}^3$	3 673	3 343	3 094	2 889	2 549	2 214	1 975	1 776	1 430

表 2 响滩子水库坝址设计洪水合理性分析比较表

集雨面积 $/\text{km}^2$	项目	各频率设计值				备注
		$P=0.1\%$	$P=0.2\%$	$P=1\%$	$P=2\%$	
85.7	流量 $/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	753	677	503	429	推理公式成果
	洪峰模数 $/[\text{m}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{km}^2)^{-1}]$	8.79	7.90	5.87	5.01	
	流量 $/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	753	725	633	429	水文比拟成果
	洪峰模数 $/[\text{m}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{km}^2)^{-1}]$	8.78	8.46	7.39	4.96	

从对洪峰模数进行的分析可以看出:本次计算得到的响滩子水库坝址设计洪水计算成果在地

区分布上是合理的。

(3)分期设计洪水。根据响滩子水库附近水

文站月最大流量散布图,响滩子水库流域年内洪水可分为四期,即汛前过渡期(5 月),主汛期(6~9 月),汛后过渡期(10 月),枯水期(11 月~次年 4 月)。根据相应水文站 1968~1992 年 25 a 的洪水资料,采用极大值独立取样法统计各时段最大

洪峰流量系列,采用 P—Ⅲ型理论频率曲线进行频率计算,并将计算成果按集水面积比移至响滩子水库,其面积指数枯水期 $n=1$,汛前、汛后过渡期 $n=0.8$ 。响滩子水库分期洪水计算成果见表 3。

表 3 响滩子水库分期洪水计算成果表

/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

分期	月份	各频率设计值					
		$P=1\%$	$P=2\%$	$P=3.3\%$	$P=5\%$	$P=10\%$	$P=20\%$
枯水期	11 月~次年 4 月	14.70	11.60	9.39	7.69	5.00	2.63
过渡期	汛前 5 月	16.50	14.00	12.00	8.60	5.50	4.36
	汛后 10 月	15.90	12.90	10.80	7.20	4.20	3.33
主汛期	6~9 月	503.00	429.00	376.00	333.00	261.00	190.00

各时段分期洪水在选取最大洪峰流量时采用定时段独立取样法。考虑到本区分期洪水出现的时间有提前或推迟的可能,按相关规范规定在使用主汛期成果时,汛前提前或汛后推迟 10 d。

3.3 泥沙

水库坝址以上的流域均处于鄞江上游清水河流域,植被较好,人类活动影响轻微。其泥沙主要来源于流域内岩石风化和地表侵蚀^[3]。该地区气温高、日照长,出露的岩层经风化剥蚀的残坡积物遇暴雨形成泥沙冲入河槽成为泥沙的主要来源。响滩子水库流域无实测泥沙资料,本次采用查等值线图法推算其坝址以上的泥沙。根据《四川省水文手册》中的多年平均悬移质输沙模数等值线图,查得该流域多年平均悬移质输沙模数。对于推移质沙量则采用占悬移质泥沙比例系数法推求。该流域属四川盆地腹部丘陵区,考虑到其上游植被较好,无滑坡崩塌显现,根据《四川省水文手册》,其推移质的比例系数是悬移质的 10%~30%,本次采用 10%计算出该水库的泥沙量:多年平均悬移质泥沙输沙模数为 250 t/km²,多年平均悬移质泥沙输沙量为 2.14 万 t,推移质泥沙输沙量为 0.214 万 t,入库泥沙总量为 2.354 万 t。

3.4 河流水

该水厂所在地河流主要为鄞江。鄞江为涪江右岸的一级支流,全长 145.3 km,流域面积为 2 093 km²,其中江县境内的全长为 47.6 km,流域面积为 398.1 km²。虽然鄞江可以考虑作为本次水厂的水源,但对于河流水而言,其水位季节流量变化较大,进而给取水工程的设置造成一定

困难,且其随季节的变化水质变化较大。因此,在有其它水源的情况下,不考虑采用河水作为该水厂的水源。

3.5 水库水

鉴于该水厂附近的响滩子水库和继光水库的库容较大,水流在水库中的停留时间较长,水质相对较好,水量丰富且稳定,在做好充分的水源保护条件下,比较适合作为饮用水水源。

4 水源的基本情况

根据中江县水系图,该水厂附近主要有响滩子水库和上游的继光水库。两个水库通过继光右干渠相连接,继光水库可以通过继光右干渠及民主支渠向响滩子水库补水,可以为该水厂提供可靠的水源。

(1)响滩子水库的基本情况。响滩子水库是人民渠七期工程的配套骨干蓄水水库,总库容为 1 835 万 m³,有效库容为 1 279 万 m³。水库校核洪水位高程为 439.92 m,设计洪水位高程为 438.76 m,正常蓄水位高程为 436.62 m,死水位高程为 414.50 m。响滩子水库的运行情况:水库设计灌溉面积为 9.7 万亩,实际有效灌溉面积为 2.54 万亩,其水库效益未得到充分发挥。

(2)继光水库的基本情况。继光水库是一座以灌溉为主的人民渠七期工程的充囤水库,总库容为 9 936 万 m³,有效库容为 7 971 万 m³。水库校核洪水位高程为 478.50 m;正常蓄水位高程为 476.00 m。设计灌溉面积为 35.84 万亩,实际有效灌溉面积为 14.3 万亩,其水库效益未得到充分发挥。

5 水量平衡分析

5.1 来水量

响滩子水库的来水分为径流和继光右干渠补水。本次研究首先对径流进行了分析:在径流不能满足用水需求的情况下,可以通过继光右干渠进行补水。

表 4 响滩子水库月径流成果表(P=75%)

项目	月 份												年
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
分配模型	1	0.8	1.1	2.3	5.4	12.8	29.9	22.3	15.6	5.5	2.2	1.1	100
径流深 /mm	1.7	1.4	1.9	3.9	9.2	21.7	50.7	37.8	26.4	9.3	3.7	1.9	169.5
径流总量 /万 m ³	14.5	11.6	16.0	33.4	78.4	185.9	434.4	324.0	226.6	79.9	32.0	16.0	1 452.7

表 5 响滩子水库月径流成果表(P=95%)

项目	月 份												年
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
分配模型	1	0.8	1.1	2.3	5.4	12.8	29.9	22.3	15.6	5.5	2.2	1.1	100
径流深 /mm	1.0	0.8	1.1	2.3	5.5	13.0	30.3	22.6	15.8	5.6	2.2	1.1	101.2
径流总量 /万 m ³	8.7	6.9	9.5	19.9	46.8	111.0	259.3	193.4	135.3	47.7	19.1	9.5	867.3

5.2 用水量

(1)水厂改扩建后的供水量。根据改扩建后水厂的预期作用,拟定解决共计约 60 200 人的饮水不安全问题,其供水规模 $Q=12\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$,年取水能力为 $373.85\ \text{万 m}^3$ 。

(2)灌溉用水量。灌区内的农作物组成比例为:田土比为 45∶55,水稻占比为 45%,小麦占比为 50%,油菜占比为 20%,蔬菜占比为 24%,玉米占比为 17%,红苕占比为 11%,复种指数为 166%。根据《都江堰灌区续建配套与节水改造规划报告》中灌区(中江站)的灌溉定额对灌区的灌溉用水量进行计算。

通过对灌区现状农作物种类、灌水次数、灌水时间、灌水定额进行的调查统计得知:在设计年(P=75%)时农作物灌溉净定额分别为:水稻为

根据对所收集到的水文资料进行分析得出响滩子水库 $P=75\%$ 和 $P=95\%$ 时的年径流。响滩子水库($P=75\%$)时的月径流成果见表 4,响滩子水库($P=95\%$)时的月径流成果见表 5。

$250\ \text{m}^3/\text{亩}$,小麦为 $55\ \text{m}^3/\text{亩}$,油菜为 $55\ \text{m}^3/\text{亩}$,玉米为 $40\ \text{m}^3/\text{亩}$,红苕为 $35\ \text{m}^3/\text{亩}$,蔬菜为 $80\ \text{m}^3/\text{亩}$ ^[4]。

根据灌区规划的农作物组成及各分区的田土比例计算出设计年(P=75%)时的灌区田、土及田土综合定额为:田定额为 $296.5\ \text{m}^3/\text{亩}$,土定额为 $85.5\ \text{m}^3/\text{亩}$ 。由于田与土的比例为 45∶55,所计算出的田土综合定额为 $180.45\ \text{m}^3/\text{亩}$ 。

响滩子水库灌区的设计灌溉面积为 9.7 万亩,实际有效灌溉面积为 2.54 万亩。本次研究系按照响滩子水库目前实际的灌溉面积需水量进行分析,在设计年 $P=75\%$ 时其田土定额为 A(表 6)。根据现场调查结果并因该灌区内渠系建设较完整,对本次灌区灌溉水利用系数取 0.65,计算得到的灌区实际每月的毛用水量见表 6。

表 6 灌区灌溉毛用水量计算成果表

项目	时 段											
	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
田土综合定额 /(m ³ /亩)	65.40	51.20	0.00	0.00	0.00	6.60	5.30	8.40	15.10	11.50	12.00	4.50
毛用水量 /(万 m ³)	255.56	200.07	0.00	0.00	0.00	25.79	20.71	32.82	59.01	44.94	46.89	17.58

(3)生态水量。响滩子水库为年调节水库,其有效库容为 $1\ 279\ \text{万 m}^3$ 。下泄生态流量按多年平均径流量的 10%考虑时,其年下泄生态水量为 $216.82\ \text{万 m}^3$,则每月为 $18.07\ \text{万 m}^3$ 。

(4)水库漏损水量。响滩子水库的有效库容为 $1\ 279\ \text{万 m}^3$,其水库年漏损水量按有效库容的

10%计算^[5],得出每年大约有 $127.90\ \text{万 m}^3$ 的水量通过水库渗漏。

综上可知:水库每个月的来水主要为流域内的集水,必要时通过继光右干渠补水。水库每个月的用水主要为农业灌溉用水、水厂取水、水库生态用水和水库自身漏损。

本次研究对 $P=75\%$ 与 $P=95\%$ 两种情况下的供水方案分别进行了水量分析。响滩子水库分月水量分析情况($P=75\%$)见表 7,响滩子水库分月水量分析情况($P=95\%$)见表 8。

表 7 响滩子水库分月水量分析表($P=75\%$)

月份	径流来水 /万 m ³	用水 /万 m ³				用水合计 /万 m ³	余(+)缺(-) 水量 /万 m ³	弃水 /万 m ³	水库当月 有效库容 /万 m ³
		灌溉	水厂取水	生态用水	水库漏损				
1	14.53	59.01	31.15	18.07	7.30	115.53	−101.00		980.87
2	11.62	44.94	31.15	18.07	7.64	101.80	−90.18		890.69
3	15.98	46.89	31.15	18.07	7.97	104.08	−88.10		802.59
4	33.41	17.58	31.15	18.07	8.47	75.28	−41.86		760.72
5	78.45	255.56	31.15	18.07	5.60	310.39	−231.94		528.78
6	185.95	200.07	31.15	18.07	6.48	255.78	−69.83		458.95
7	434.36	0.00	31.15	18.07	14.26	63.48	370.88		829.82
8	323.95	0.00	31.15	18.07	12.33	61.55	262.40	30.75	1 061.47
9	226.62	0.00	31.15	18.07	11.74	60.97	165.65		1 227.13
10	79.90	25.79	31.15	18.07	12.71	87.73	−7.83		1 219.30
11	31.96	20.71	31.15	18.07	16.33	86.26	−54.30		1 165.00
12	15.98	32.82	31.15	18.07	17.06	99.11	−83.13		1 081.87
合计	1 452.70	703.38	373.85	216.82	127.90	1 421.96	30.75	30.75	

表 8 响滩子水库分月水量分析表($P=95\%$)

月份	径流来水 /万 m ³	用水 /万 m ³				用水合计 /万 m ³	余(+)缺(-) 水量 /万 m ³	继光右 干渠补水 /万 m ³	水库当月 有效库容 /万 m ³
		灌溉	水厂取水	生态用水	水库漏损				
1	8.67	59.01	31.15	18.07	7.30	115.53	−106.86		853.57
2	6.94	44.94	31.15	18.07	7.64	101.80	−94.86		758.71
3	9.54	46.89	31.15	18.07	7.97	104.08	−94.54		664.17
4	19.95	17.58	31.15	18.07	8.47	75.28	−55.33		608.84
5	46.83	255.56	31.15	18.07	5.60	310.39	−263.55		345.29
6	111.01	200.07	31.15	18.07	6.48	255.78	−144.77		200.52
7	259.32	0.00	31.15	18.07	14.26	63.48	195.84	154.67	551.03
8	193.40	0.00	31.15	18.07	12.33	61.55	131.85	100.00	782.88
9	135.30	0.00	31.15	18.07	11.74	60.97	74.33	100.00	957.21
10	47.70	25.79	31.15	18.07	12.71	87.73	−40.03	100.00	1 017.18
11	19.08	20.71	31.15	18.07	16.33	86.26	−67.18	100.00	1 050.00
12	9.54	32.82	31.15	18.07	17.06	99.11	−89.57		960.43
合计	867.28	703.38	373.85	216.82	127.90	1 421.96	−554.67	554.67	

6 结 语

经以上水量分析得知:响滩子水库为多年调节水库,在 $P=75\%$ 的情况下水库水量充足;在供水厂取水、灌溉用水、生态用水及水库自身漏损的情况下,水库有 30.75 万 m³ 的余水;在 $P=95\%$ 的情况下,分析水厂取水、灌溉用水、生态用水及水库自身漏损后,虽然水库自身的来水不能满足水库用水,缺水量为 554.67 万 m³,通过继光右干渠进行补水 554.67 万 m³ 后,其水量仍能满足水库用水要求。故响滩子水库作为该水厂水源地,其水源水量能够得到保证。建议选择响滩子水库作为该水厂的水源。

参考文献:

[1] 村镇供水工程技术规范:SL 310-2019[S].
[2] 丁其杰.市政给水不同输水方式的选择及规划设计[J].建材与装饰.2013,9(30):18-19.
[3] 李莹,张经.中国主要河流的输沙量及其影响因素[J].青岛海洋大学学报.2003,33(4):565-573.
[4] 彭述明,肖帆.都江堰水利可持续发展战略研究[M].北京:科学出版社,2004.
[5] 水利水电工程水文地质勘察规范:SL 373-2007[S].

作者简介:

尹 欢(1988-),女,河南商丘人,副高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(编辑:李燕辉)