

四川省硕曲河干流乡城段水电规划方案优化与调整

黄宇¹, 王文奇²

(1. 大唐四川发电有限公司, 四川 成都 610074;

2. 四川省清源工程咨询有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:梯级规划方案优化后表明,硕曲河干流乡城段的水能资源得到了合理开发、优化配置、高效利用,规划梯级开发方案总体布置格局更趋合理。

关键词:硕曲河干流;规划方案优化;蓄水位方案调整;优化成果

中图分类号: P343.1; [TM622]; TV212

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2018)05-0171-05

1 问题的提出

2005年3月,四川省发展改革委员会、四川省水利厅以“川发改能源〔2005〕147号”下发了《关于印发甘孜州硕曲河干流乡城、得荣段水电规划报告审查意见的通知》,审查“同意考虑金沙江干流梯级电站回水影响、河流特性、乡城县城河段不脱减水、闸(坝)厂址条件及行政区划等因素,硕曲河干流在乡城县河段内规划古瓦、娘拥、乡城、洞松、格龙五级电站……”。乡城县境内的五个梯级电站规划总装机容量47.7万kW,保证出力10.15/10.85万kW(单独/联合运行),多年平均年发电量23.26/23.69亿kWh(单独/联合运行)。其中古瓦为季调节水库电站,洞松和乡城梯级为近期开发工程。

《关于印发甘孜州硕曲河干流乡城、得荣段水电规划报告审查意见的通知》中明确指出“温辛柯沟口至拉玛隆河段平缓、河谷相对开阔,蓄水条件好,两岸边坡稳定,在避开断层影响的前提下,规划拟定季调节水库电站古瓦电站基本合适。该电站位于无人居住地区,淹没损失小,现坝高仅57m,可获3086万m³库容,下阶段应进一步研究提高古瓦电站水库正常蓄水位或下移坝址,提高其调节能力和调节效益。”因此,在开展硕曲河乡城段梯级电站预可行性研究工作之前,需对“龙头”水库古瓦电站及其下游梯级的开发方式、特征水位、调节性能、装机规模等进行复核和深入研究,为政府的最终决策提供科学依据。

2 规划方案优化

收稿日期:2018-08-23

2.1 规划梯级总体布局

硕曲河干流在乡城县河段内规划有古瓦、娘拥、乡城、洞松、格龙五级电站。从对河流水能资源的利用程度分析,集雨面积100 km²以上的支流径流都得到了充分利用,古瓦电站利用引水隧洞将坝址下游支流邓波曲(集雨面积517 km²)径流引入古瓦水库加以利用,支流日日韵(集雨面积159 km²)和浪充拥(集雨面积106 km²)径流直接进入乡城水库,支流热勒拥(集雨面积181 km²)径流汇入洞松水库,支流休冈登(集雨面积210 km²)和然乌曲(集雨面积253 km²)径流汇入格龙水库;从规划阶段确定的工程规模看,各梯级装机容量除格龙为4.2万kW,其他梯级在7.8万kW~14.7万kW之间,电站规模较为适中;从各梯级引水隧洞长度看,除格龙电站为6.9 km外,其他梯级在17 km~19.4 km之间,引水隧洞施工难度较小。

综合上述,硕曲河乡城段的规划梯级开发方案总体布置格局合理,支流水能资源利用较充分,可作为规划优化的基础。

2.2 规划方案优化思路

以硕曲河乡城段的梯级开发总体布置格局不变为原则,结合现场查勘选点情况,主要从如下3个方面研究规划方案优化问题:

(1)提高龙头水库的调节性能,增加梯级补偿效益

硕曲河干流在乡城县河段利用落差约900 m,提高龙头水库的调节性能,可增大库蓄电能,并大大改善梯级补偿效益。

根据河流特性、地形和地质情况分析,古瓦水电站规划坝址下游连续分布有邓波曲(左岸)、登洛(右岸)、擦金许(左岸)、永隆(右岸)四条支沟,河道平均坡降为8‰,坡度较缓,具有较好的坝址。因此拟将坝址由规划阶段的拉玛隆上游1 340 m处下移约3.4 km到擦金许沟下游约880 m处,既能避开日戈—拉玛隆断层,又可省去邓波曲引水工程、缩短引水隧洞长度;为使电站尾水与下游娘拥梯级调整后的正常蓄水位及水库回水水位衔接,同时将古瓦厂址由洼龙沟上游调整至洼龙沟下游。

古瓦水库按完全年调节考虑时,正常蓄水位为3 405 m,拦河大坝坝高从规划阶段的57 m增加到150 m,水库正常蓄水位以下库容由3 086万 m^3 增加到2.809亿 m^3 ,调节库容由2003万 m^3 增加到2.64亿 m^3 ,电站装机容量由12.6万kW增加到22.2万kW,多年平均年发电量由5.61亿kWh增加到7.77亿kWh;由于古瓦“龙头”水库电站调节性能的提高,并与下游娘拥、乡城、洞松、格龙4级电站基本同步运行,4级电站的装机容量较规划阶段增加9.90万kW,增加年发电量2.235亿kWh,古瓦对下游梯级的补偿调节效益显著。

(2)从总效益分析梯级上、下游水位衔接关系

娘拥规划坝址位于热玉上游约1.4 km的不忍沟口下游附近,规划阶段的水库正常蓄水位3 099 m,相应库容为727万 m^3 ,死库容543万 m^3 ,调节库容184万 m^3 ,拦河坝高度达36 m。据分析,娘拥水电站单独运行时约需日调节库容79万 m^3 ,上游梯级古瓦水电站建成后约需日(反)调节库容50万 m^3 。显然,规划阶段娘拥确定的日调节库容和死库容均偏大,坝高偏高。在水库满足日调节要求的前提下,娘拥可将正常蓄水位由3 099 m降至3 087 m,坝高降低12 m。从总效益分析梯级上、下游水位衔接关系,娘拥电站正常蓄水位降低后,娘拥电站坝与古瓦电站厂之间的水头12 m可将古瓦厂址适当下移加以利用。

此外,在考虑梯级合理衔接的同时,其他梯级亦在规划梯级范围内,根据地形、地质条件对坝(闸)址、厂址位置进行适当调整,如乡城坝(闸)址适当上移,厂址适当下移。

(3)尽量利用河段水头

规划阶段从满足“乡城县城河段不脱减水”的要求出发,规划的乡城梯级厂址位于县城上游约2 km处,洞松梯级坝址位于县城下游约3.5 km处,乡城水电站厂址到洞松水电站坝址之间河段长约5.5 km,河段平均比降6.2‰,洞松梯级正常蓄水位2 744 m时与上游乡城水电站尾水间有19 m水头未利用。

为充分利用乡城—洞松梯级之间丢弃的19 m水头,对洞松梯级的开发方式进行了初步研究。丢弃水头的利用方式有两种,一是抬高水位与上游乡城梯级尾水相接,但该方案坝高将超过40 m,淹没耕地和房屋较多,增加了移民安置难度,且工程投资较大,不宜选取;二是将坝址上移约1.2 km的红星桥附近,坝址仍位于乡城县城下游,满足乡城县城河段不脱减水的景观要求,正常蓄水位由2 744 m提高到2 754 m与乡城梯级尾水(由2 763 m调整为2 754 m)相接。同时考虑规划阶段洞松水电站厂址位于洞松桥下游约500 m处右岸台地上,该处厂房后坡基座阶地堆积物厚度近100 m,调压室位置离厂房距离远,压力管道不但很长且出口困难。本阶段经现场踏勘,考虑将厂址上移约500 m到洞松桥头,该处厂房基础能置于基岩上,压力管道长度减短,出口方便。厂址上移后洞松梯级少利用的约3 m水头可由格龙梯级利用。

2.3 梯级规划优化方案拟定

综合上述分析,硕曲河干流梯级主要优化对象是古瓦“龙头”水库电站。优化方案主要考虑古瓦厂址下移,利用娘拥电站正常蓄水位降低的10 m水头;古瓦坝址下移,充分利用邓波曲等支流径流,同时增大支库,正常蓄水位抬高,调节性能改善。方案拟定的实质是古瓦水库的正常蓄水位及相应调节性能的关系。

古瓦水库控制下游乡城段的娘拥、乡城、洞松、格龙四个梯级共利用落差约930 m。因此,古瓦水库正常蓄水位的选择除了考虑本电站水库淹没、坝址所在河段的地形地质条件、水工布置、坝高和建设难度、工程投资及电站动能经济指标等因素外,更主要的是要分析古瓦水库对下游梯级的补偿调节效益和在系统中的作用。

为进一步分析古瓦水库坝高与工程量、投资

及发电效益的关系,在河流水电规划已批复龙头水库为季调节的基础上,结合古瓦龙头水电站不同调节性能,拟定3 400 m(季调节)、3 405 m(年调节)、3 410 m(多年调节)三个正常蓄水位方案进行动能经济比较。各方案死水位根据水工、施工总体布置要求,均暂采用3 320 m;各方案装机容量及装机年利用小时数根据调节性能分析确定,即季调节、年调节和多年调节的装机利用小时数分别约为4 000 h、3 500 h和3 000 h,相应装

机容量分别为189 MW、222 MW、264 MW。

从优化四川电网的电源结构,提高梯级发电效益以及综合考虑本电站调节性能、水库淹没、工程量及工期、动能经济指标等因素综合分析,推荐古瓦水电站的正常蓄水位为3 405 m。

古瓦水电站正常蓄水位3 405 m方案动能经济指标见表1,相应下游各电站发电效益指标见表2。

表1 古瓦水电站正常蓄水位3 405 m方案动能经济指标

项 目	单 位	指 标	项 目	单 位	指 标
正常蓄水位	m	3 405	可比年电量(2)	亿 kWh	12.244
相应库容	万 m ³	28 090	电站引用流量	m ³ /s	97.0
死水位	m	3 320	淹没林地	亩	7 605
调节库容	万 m ³	26 410	静态总投资	万元	261 253.91
调节性能	万 m ³	年	单位千瓦投资	元/kW	11 768
库容系数	%	19.30	单位电能投资(1)	元/kWh	3.362
装机容量	MW	222	单位电能投资(2)	元/kWh	2.502
计枯水年枯期平均出力	MW	60.8	单位可比电能投资(1)	元/kWh	3.308
多年平均发电量(1)	亿 kWh	7.770	单位可比电能投资(2)	元/kWh	2.134
装机年利用小时	h	3 500	增加下游4梯级效益(包 括娘拥、乡城、洞松、格 龙)	保证出力(P=90%)	MW 85.7
水量利用率	%	97.98		多年平均发电量	亿 kWh 2.673
多年平均发电量(2)	亿 kWh	10.443		其中:枯期电量	亿 kWh 2.930
可比年电量(1)	亿 kWh	7.897		可比年电量	亿 kWh 4.347

注:(1)为古瓦本身指标;(2)为计入下游4梯级效益的指标;可比年电量:丰水期按0.7计,平水期1.0计,枯期1.5计。

表2 古瓦正常蓄水位3 405 m方案相应下游梯级电站发电效益指标表

项 目	单 位	古瓦	娘拥	乡城	洞松	格龙	合计	项 目	单 位	古瓦	娘拥	乡城	洞松	格龙	合计
正常蓄水位	m	3 405	3 087	2 933	2 754	2 532		保证出力 单独	MW	60.8	12.6	17.2	29.1	8.8	128.5
死水位	m	3 320	3 079	2 928	2 752	2 531		(P=90%) 联合	MW	60.8	32.6	41.9	61.4	17.5	214.2
利用落差	m	316	154	179	222	59	930	多年平均 单独	亿 kWh	7.770	3.690	4.902	7.609	2.339	26.31
调节库容	万 m ³	26 410	80.3	182	44	32		发电量 联合	亿 kWh	7.770	4.308	5.690	8.612	2.603	28.983
调节性能	年	日	日	日	日	日		可比年电量 单独	亿 kWh	7.897	3.328	4.439	6.970	2.135	24.769
装机容量	MW	222	93	120	180	57	672	可比年电量 联合	亿 kWh	7.897	4.366	5.714	8.579	2.561	29.116

2.4 优化成果

2.4.1 优化方案分析

在古瓦水电站坝、厂址下移后,水库正常蓄水位为3 405 m时,电站装机容量为22.2万kW,多年平均年发电量为7.770亿kWh。硕曲河干流乡城段“一库五级”总装机容量为67.2万kW,联合运行多年平均年发电量28.983亿kWh,设计枯水年枯期平均出力为21.42万kW,分别较原规划方案增加19.5万kW、5.290亿kWh和10.57万kW,分别增加40.9%、22.3%和97.4%,特别是枯期电量增加73.1%,发电效益和经济效益较为

显著。因此,硕曲河干流乡城段梯级规划方案优化后,古瓦水电站的水库调节性能由季调节提升至年调节,调节库容由2 003万m³增加为26 410万m³。据分析,古瓦坝址下移后年调节库容约需2.6亿m³,水库正常蓄水位3 405 m方案能满足年调节要求;下游娘拥、乡城、洞松、格龙电站装机容量较原规划方案增加19.2%~42.9%。硕曲河干流乡城段水电规划方案梯级电站主要工程特性指标见表3中的“规划优化方案”。

硕曲河干流乡城段梯级规划方案优化后,见表3可见,古瓦、娘拥、乡城、洞松、格龙五级电站

表3 硕曲河干流乡城段水电规划方案梯级电站主要工程特性指标表

项 目	单 位	原规划方案						规划优化方案						设计成果						
		古瓦	娘拥	乡城	洞松	格龙	合计	古瓦	娘拥	乡城	洞松	格龙	合计	古瓦	娘拥	乡城	洞松	格龙	合计	
正常蓄水位	m	3 366	3 099	2 926	2 744	2 528		3 405	3 087	2 933	2 754	2 532		3 405	3 087	2 933	2 754	2 532		
相应库容	万 m ³	3 086	727		208			28 090	120	404	154	187.1		27 980	120	404	154	187		
死水位	m	3 347						3 320	3 079	2 928	2 752	2 531		3 320	3 079	2 930	2 752	2 530		
电站尾水位	m	3 099	2 926	2 763	2 528	2 473		3 089	2 933	2 754	2 532	2 473		3 089	2 933	2 754	2 532	2 473		
利用落差	m	267	173	163	216	55	874	316	154	179	222	59	930	316	154	179	222	59	930	
调节库容	万 m ³	2 003	184	/	101	/		26 410	80.3	182	44	32		26 300	80.4	117	44	42		
调节性能		季	日	无	日	无		年	日	日	日	日		年	日	日	日	日		
库容系数	%	2.07						19.3						19.2						
装机容量	万 kW	12.6	7.8	8.4	14.7	4.2	47.7	22.2	9.3	12.0	18.0	5.7	67.2	22.2	9.3	12.0	18.0	5.10	66.6	
设计枯水 年枯期 平均出力	单独 联合	万 kW	2.60	1.61	1.73	3.29	0.92	10.15	6.08	1.26	1.72	2.91	0.88	12.85	5.80	1.29	1.80	3.11	0.83	12.83
多年平 均年发 电量	单独 联合	亿 kW·h	5.610	3.922	4.219	7.405	2.100	23.255	7.770	3.690	4.902	7.609	2.339	26.31	7.857	3.694	4.974	7.577	2.161	26.256
装机利 用小时	单独 联合	h	4 450	5 030	5 020	5 040	5 000		3 500	3 970	4 090	4 230	4 100		3 540	3 970	4 150	4 210	4 240	
水量利 用系数	单独 联合	%						97.98	73.51	72.17	74.04	75.41		97.9	73.5	78.00				
额定水头	m							266.0	126.0	150.0	197.0	53.1		270.0	126.0	152.0	195.0	52		
电站引用流量	m ³ /s	63	66	75	91.5	105		97.0	85.8	92.0	102.3	123.9		95.6	85.8	90.6	103.5	111.6		
最大坝(闸)高	m	57	36	15	18	10.5		150	27.7	31	23.5	27		150	26.2	31	23.5	27		
引水道长度	km	19.4	17.5	17.3	17	6.9	78.1	18.9	15.48	16.37	18.29	6.42	75.46	20.18	15.41	16.37	18.08	6.42	76.46	

注:“设计成果”中的古瓦及格龙水电站的指标为预可行性研究阶段成果,娘拥、乡城、洞松水电站的指标为可行性研究阶段成果。

装机总容量由原规划方案的47.7万kW增加到67.2万kW,增幅为40.9%;五级电站总利用落差由原规划方案的874m增加到930m,增幅为6.41%,除娘拥降低坝高后水头由古瓦利用,利用落差有所减少外,其他梯级均有所增加;五级电站联合运行时的多年平均年发电量由原规划方案23.693亿kWh增加到28.983亿kWh,增幅为22.3%。

2.4.2 优化方案审批与实施

2007年7月,四川省发展和改革委员会以“川发改能源函〔2007〕533号”印发了“关于印发省工程咨询研究院《关于〈古瓦水电站开发方案研究报告〉咨询意见的函》的通知”,认为古瓦水电站坝址下移修建150m左右高坝增加库容方案可行、古瓦水电站调节能力由季调节提高到年调节是合适的。因此,相关设计单位在2007~2009年间先后编制完成了硕曲河干流乡城段的古瓦、格龙水电站预可行性研究设计和娘拥、乡

城、洞松水电站可行性研究阶段设计,并通过审查,除格龙水电站预可成果的装机规模较优化方案减少0.6万kW外,娘拥、乡城、洞松水电站可行性研究阶段成果的装机规模与优化方案相同。硕曲河干流乡城段水电规划方案梯级电站主要工程特性指标见表3中的“设计成果”。

3 “龙头水库”正常蓄水位方案调整

在可行性研究阶段,四川海子山国家级自然保护区管理局提出了“四川海子山自然保护区关于古瓦电站淹没至保护区的情况说明”的函告,即当古瓦水电站正常蓄水位为3405m时,水库淹没影响理塘县境内的四川海子山国家级自然保护区的试验区河道长度约7km,其中缓冲区长约4km,核心区长约3km。因此,需对古瓦水电站正常蓄水位方案进行复核、调整。

3.1 正常蓄水位方案调整与审批

2010年12月,《硕曲河古瓦水电站建设和运营对四川海子山国家级自然保护区动植物资源、

自然生态系统和主要保护对象的影响评价专题报告》经四川省林业厅组织有关专家审查通过,该报告评价结论,“古瓦水电站正常蓄水水位不超过3 398 m 蓄水上限时,古瓦水电站建设、运营对海子山自然保护区而言整体可行”。随后国家林业局以“林护许准[2011]542号”同意古瓦水电站水库回水淹没区进入四川海子山国家级自然保护区试验区中的缓冲区。因此,可研阶段以不影响四川海子山国家级自然保护区为限制条件,古瓦水电站拟定3 396 m、3 398 m、3 400 m共3个正常蓄水位方案进行综合比较,最终推荐正常蓄水位方案为3 398 m,装机容量为20.80万kW(主体电站20.10万kW、生态机组0.44+0.26万kW)。

2011年5月和2015年8月,四川省工程咨询研究院分别印发了《关于〈四川省硕曲河古瓦水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题(修编)技术评审意见〉的函》(川工咨[2011]190号)和《关于〈四川省甘孜州硕曲河古瓦水电站可行性研究报告〉评审意见的函》(川工咨成果[2015]279号);2015年8月,四川省发展和改革委员会以“川发改能源函[2015]641号”印发了《关于甘孜州硕曲河古瓦水电站项目核准的批复》。

3.2 正常蓄水位方案调整分析

古瓦水库正常蓄水位由预可行性研究阶段的3 405 m调整为3 398 m,水库水位降低7 m;调节库容由26 410万 m^3 降至22 276万 m^3 ,减少4 134万 m^3 ,减少约15.7%,但仍具有年调节性能;电站装机容量由22.2万kW调整为20.80万kW,减少1.4万kW,减少约6.3%;多年平均年发电量由7.770亿kWh调整为8.125亿kWh,增加0.355亿kWh,增加4.57%,装机利用小时数有所提高;古瓦水库正常蓄水位调整后,对下游娘拥、乡城、洞松、格龙四级电站的补偿效益略有减少,设计枯水年枯期平均出力减少1.43万kW、多年平均年发电量减少0.21亿kWh,分别较优化方案减少约16.67%和7.86%,但发电效益和经济效益仍较优化前显著。

4 结语

通过对硕曲河干流乡城段梯级规划方案优化研究,特别是下移古瓦水库坝、厂址后,水库正常

蓄水位由3 366 m抬高至3 405 m,相应调节库容增加了12.18倍,水库调节性能由季调节提高到年调节,利用落差增加了18.35%。从古瓦“龙头”水库电站本身的指标看,优化后的装机容量、多年平均年发电量、设计枯水年枯期平均出力分别较原规划方案增加76.2%、38.5%和133.8%,特别是枯期电量增加118.5%,发电效益较好;从硕曲河干流乡城段梯级指标分析,优化后“一库五级”总装机容量、联合运行多年平均年发电量、设计枯水年枯期平均出力分别较原规划方案增加40.9%、22.3%和97.4%,特别是枯期电量增加73.1%,梯级补偿效益显著提高,同时在满足电站调节库容要求的前提下,为使梯级合理衔接,根据地形、地质条件对部分梯级的坝(闸)、厂址及特征水位等进行了适当调整,即将娘拥电站正常蓄水位由3 099 m降至3 087 m;将洞松梯级坝址上移约1.2 km至红星桥附近,正常蓄水位由2 744 m提高到2 754 m与乡城梯级尾水相接,同时将其厂址适当上移;格龙正常蓄水位由2 528 m提高到2 532 m与洞松梯级尾水相接。

梯级规划方案优化后表明,硕曲河干流乡城段的水能资源得到了合理开发、优化配置、高效利用,规划梯级开发方案总体布置格局更趋合理。

参考文献:

- [1] 古瓦水电站开发方案研究报告[R]. 四川省清源工程咨询有限公司,2007.06.
- [2] 四川省甘孜州乡城县娘拥水电站可行性研究报告[R]. 四川省清源工程咨询有限公司,2007.12.
- [3] 四川省甘孜州硕曲河古瓦水电站预可行性研究报告[R]. 四川省清源工程咨询有限公司,2009.01.
- [4] 四川省甘孜州硕曲河古瓦水电站可行性研究报告[R]. 四川省清源工程咨询有限公司,2015.07.
- [5] 王文奇.径流式及短期调节水电站水能计算程序[J].水能技术经济,1987(1):37-47.
- [6] 王文奇.应用微机对年(季)调节水电站进行径流调节及水能计算[J].东北水利水电,1987(12):27-29.
- [7] 王顺基,罗义文,王文奇.大莲花水电站应尽早立项开工[J].东北水利水电,1992(6):2-8.

作者简介:

黄宇(1968-),男,四川德阳人,高级工程师,从事水电开发和管理工

作;王文奇(1954-),男,高级工程师,副总工程师,主要从事水利水电工程规划与建设征地移民安置规划设计、审核工作。

(责任编辑:卓政昌)