

“疆电入川”对四川电力供应影响及落点分析

孟婧 唐权 杜新伟 李新 戴松灵 朱国俊

(四川省电力公司电力经济技术研究院 四川 成都 610041)

摘要:“疆电入川”是解决四川电力供应问题的最佳途径。在保障四川枯期用电需要的基础上,分析了“疆电入川”对减少丰期弃水、提高水电外送通道经济性能的作用;并根据四川省内电力流向,提出疆电入川受端换流站落点最佳范围。

关键词:疆电入川;电力保障;水火互济;落点分析

Abstract: HVDC transmission project from Xinjiang to Sichuan is the best way to solve the problems of power supply in Sichuan. Based on the guarantee of power consumption requirements in dry season in Sichuan, the effects of HVDC transmission project from Xinjiang to Sichuan on reducing water resources waste in rain season and improving economic performance of delivering hydroelectricity outward from Sichuan are analyzed. Furthermore, according to the power flows inside Sichuan, the optimal range for the sites of HVDC conversion station in Sichuan is proposed.

Key words: HVDC transmission project from Xinjiang to Sichuan; power supply; hydro-thermal electricity exchange; location analysis of HVDC conversion station

中图分类号: TM715 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)01-0025-04

0 引言

进入21世纪以来,四川经济持续快速发展,“十一五”期间国内生产总值年均增长13.8%。全社会用电量年均增长率达10.4%。随着西部大开发的继续推进,四川经济将在“十二五”及“十三五”期间实现跨越式发展,GDP年平均增长率为12%和8.5%,全社会用电量、用电负荷以8%~12%的速度相应增长,到2015年,四川全社会用电量250 000 GWh,最大负荷48 000 MW,2020年全社会用电量367 000 GWh,最大负荷70 500 MW。

经济的快速发展,用电需求的不断增加,必须要有充足的电力支撑作为保障。受四川能源“富水缺煤”的结构特点影响,供电丰枯矛盾问题十分突出。“疆电入川”是解决四川电网枯期电力供应紧张,有效减少丰期弃水的最佳途径。

1 四川电力供应“丰余枯缺”矛盾凸显

四川水力资源极为丰富,技术可开发量位居全国第一。四川能源资源的禀赋决定了四川电源水电为主的自然结构,2010年四川全省全口径电源装机容量

43 140 MW,其中水电装机30 830 MW,占比71.5%。随着金沙江一、二期,锦屏、官地等一批大型电站投运,预计2015年、2020年总装机容量将分别达到91 290 MW、142 100 MW,其中水电装机达到80%以上。

受全年降水分布不均的影响,水电出力在各月份中的差异也很大,据近几年资料统计,四川水电丰期(6月—10月)电量全年占比平均在60%以上,枯期(1月—4月、12月)占比则不到30%(含部分年调节电站枯期电量),平期(5月、11月)近10%。尽管在“十二五”至“十三五”期新增的水电中,锦屏、官地等大型或巨型水电站具有一定的调节能力,但四川水电的整体调节性能仍较差,据统计到2020年,四川具有季调节能力电站装机占水电总装机比例为27%左右,具有年调节能力的电站仅占11%。

四川水电的调节性能差,在一年中表现出发电能力的“丰大枯小”,导致供电能力的“丰余枯缺”。电力平衡结果显示,2015年、2020年,丰水期四川扣除直流外送电力23 100 MW后,电力盈余分别为6 370 MW、15 040 MW;枯水期,电力缺额分别达到8 840 MW、8 300 MW,此外若考虑二滩、锦屏等电站已签订的协议中需通过四川电网转送重庆的1 700 MW电力,四川枯期实际电力缺额达到10 000 MW以上。

表1 四川水电出力特性

年份	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
水文年	平水年	偏特枯年	枯水年	平水年	枯水年	平水年
水电机组利用小时	4 326	3 954	4 017	3 963	4 080	4 433
丰期发电量比例/%	56	57.1	64	60	62.8	63.3
枯平期发电量比例/%	44.0	42.9	36	40	37.2	36.7
其中: 枯期/%	36	34.9	28	32	29.2	28.7

备注: 2008年受地震影响, 水电出力下降

丰水期四川电量富余较大, 除满足自身需要外尚有大量外送电量; 枯水期, 四川电量缺额较大。2015年, 水电可发电量为327 800 GWh, 利用小时数约4 400 h, 丰、平、枯期电量比例约为61: 14: 25; 火电按电煤供应能力, 可发电量为45 800 GWh, 枯期电量缺额达到27 100 GWh。2020年, 水电可发电量为520 600 GWh, 利用小时数约4 400 h, 丰、平、枯期电量比例约为58: 15: 27; 火电可发电量为45 800 GWh, 枯期电量缺额达到26 800 GWh。

2 “疆电入川”解决四川“枯缺”的最佳途径

受四川能源“富水缺煤”的结构特点影响, 供电丰枯矛盾问题十分突出。“丰余”的问题需要新建特高压交流通道增强外送能力解决, “枯缺”则可以通过本省自建火电、减少直流外送电力、引进外来电源等3种途径解决。

(1) 改变四川电网自身电源结构, 增加网内火电装机

2010年至2020年10年期间, 四川新建火电11 600 MW, 其中“十二五”期新建3 000 MW, “十三五”期新建8 000 MW左右。若缺额的10 000 MW电力均由省内自建火电来解决, 则需新建火电装机共计21 600 MW火电。

根据预测, 四川2015年发电用煤约30 000 000 t, 可支撑装机约10 000 MW, 目前四川煤电装机已达到12 000 MW, 规划新增装机将大量依靠外省运煤。根据目前的煤价测算, 宁夏、陕西等外省电煤运至四川, 到厂价每吨标准煤需要1 000~1 100元, 每千瓦时仅燃料成本就达到0.35~0.385元, 按照目前的火电上网电价, 影响火电投资和火电厂发电的积极性。因此, 增加本省火电装机容量, 难以解决产

能、运输、环保和经济性问题, 只能作为保障四川枯期电力供应的补充措施和起到加强电源支撑的作用。

(2) 将规划直流外送水电在枯水期留存四川电网

目前四川的向家坝、锦屏、溪洛渡等巨型水电站主要考虑通过特高压直流送往负荷较大的华东地区消纳, 从负荷特性和输电通道看华东和四川具备水火互济的条件, 通过枯期适当留存外送电力电量确实可以保障四川自身部分用电需求。

然而, 枯期留存需要考虑一系列的问题。首先考虑到向家坝、锦屏、溪洛渡等大型电站外送方案已经实施或接近实施, 现有电站接入方案及网架无法满足留存要求, 需要对电网进行较大规模的调整, 工期难以保证; 并且将规划外送水电容量枯期留存部分电力电量给四川电网, 虽然可以部分解决四川电网枯期用电需求, 但将对华东等受端电网产生一定影响, 需要额外补充火电装机; 此外外送水电枯期留存四川, 直流外送工程利用效益也将较大降低, 2015年特高压直流通道综合利用小时数由约5 000 h降低到约4 000 h, 2020年由约4 500 h降低到约3 500 h。因此, 考虑送、受端电网实际情况、调整网架所需工期及直流工程经济性等因素, 将规划直流外送水电枯水期留存不是解决四川枯期用电需要的最佳途径。

(3) 更大范围能源优化配置, 接纳外来电力

从全国能源分布分析, 西藏的水电、新疆的火电具有引进四川的可能性, 从电源的出力特性分析, 四川需要引进能够与水电出力互补的电源, 而西藏的水电出力特性也是丰多枯少, 引进西藏水电将加重四川电网“丰余枯缺”矛盾, 同时根据西藏水电开发时序, “藏电入川”难以及时解决四川电网“枯缺”问题。新疆电源主要为火电, 引入四川后在解决枯期

用电需要的同时也可以优化四川电源结构。

2015—2020年四川电网枯期电力缺额约为10 000 MW,在引入±1 100 kV、10 000 MW的新疆—四川特高压直流工程后,四川电网枯期电力缺额有效缓解,枯期用电需要基本能够满足。

3 新疆火电与四川水电互济运行

受用电结构影响,四川日负荷峰谷差较大,由于水电调峰能力有限,丰期存在大量调峰弃水电量,需要新增具有良好调峰能力的电源。若新疆火电成功进入四川,参与小范围调峰,减少弃水调峰电量,同时将减少的弃水电量安排在基荷位置工作并参与外送,交直流外送通道经济效益可进一步调高。

根据2020年电量平衡结果,在丰期盈余电力全部外送的情况下,若疆电未入川,四川电网丰期弃水电量达到14 300 GWh。以典型月8月为例,由于四川电网网内电源缺少调峰电力,需要弃水调峰,富余水电电力电量主要分布在低谷和平段。若要想减少水电弃水,其最佳方式是低谷多送电量,但从川电外送实际情况看,丰水期日送电曲线基本上按一条直线运行或者参与受端电网小幅度调峰,低谷无法多送电量。

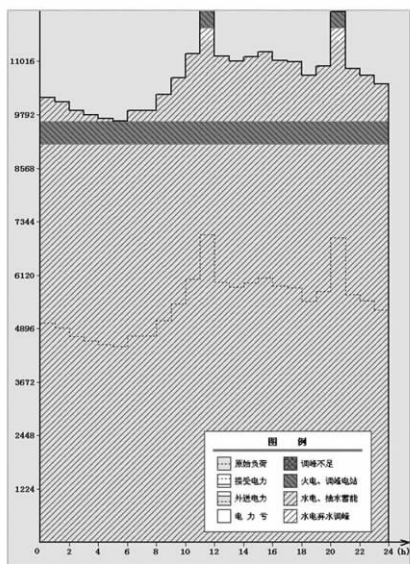


图1 2020年平水年8月典型日电站工作位置示意图

若在负荷高峰期,采用短时购入高峰时段电力的措施,可增强四川网内电源的调峰能力,减少弃水调峰电力,同时增加外送,扩大四川富余水电消纳范

围。以典型月8月为例,若考虑利用“疆电入川”承担部分系统调峰任务,水电多在基荷位置运行,利用交流通道富余能力,提高四川水电外送容量,减少水电弃水,达到较为理想的送电方式。2020年全年有效减少弃水约4 000 GWh,经济效益十分明显。同时,川渝特高压交流外送通道及向家坝—上海、溪洛渡—浙西、锦屏—苏南、白鹤滩—湖北、乌东德—温州等特高压直流利用小时数均可保持到5 000 h,输电通道的整体利用效率得到显著提高。

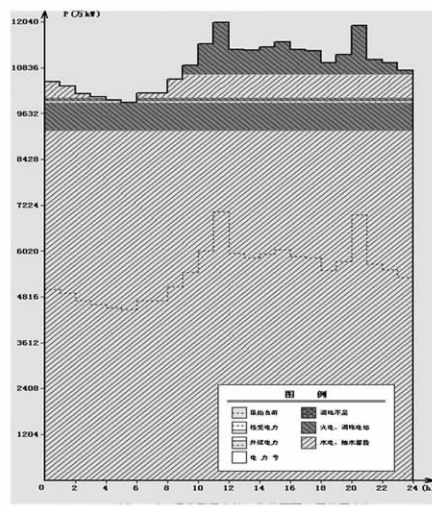


图2 2020年平水年8月典型日电站工作位置图(疆电参与调峰)

表2 2020年四川电网电量平衡表(疆电未入川)

单位: GWh

	丰期	平期	枯期	合计
一. 系需电量	316 200	93 000	203 300	612 500
二. 水电可用	317 800	75 000	129 500	522 300
1. 水电发电	303 600	75 000	129 500	508 100
1) 峰荷	30 500	14 000	34 600	79 100
2) 基荷	273 000	61 100	95 000	429 100
2. 弃水电量	14 300	0	0	14 300
三. 火电发电	12 700	18 000	66 400	97 100
1) 峰荷	100	0	0	100
2) 基荷	12 500	18 000	66 400	96 900
四. 利用小时	222 500	65 400	137 800	425 700
1) 水电	256 600	63 500	109 600	429 700
2) 火电	53 200	75 400	278 000	406 600

4 “疆电入川”受端换流站落点最佳位置

四川电网按电力送受关系可分为送端电源和受端电网。送端电源主要位于四川省西部水力资源十

分丰富的大渡河和雅砻江等江河流域,甘孜、凉山及川西北的阿坝等3个少数民族自治州以及雅安等地区。受端电网按所处地理位置、规模和联系紧密程度划为8个分区,即:成都、川西北(包括德阳、绵阳、广元)、川南(宜宾、泸州、自贡、内江、资阳)、川东北(遂宁、南充、广安、达州、巴中)、乐山、眉山、攀枝花和西昌。成都、乐山和攀枝花电网为四川最大受端电网,合计年售电量接近全省的二分之一。

表3 2020年四川电网电量平衡表(疆电参与调峰)

单位: GWh

	丰期	平期	枯期	合计
一. 系需电量	321 200	93 000	192 900	607 100
二. 水电可用	316 000	75 000	129 500	520 500
1. 水电发电	306 400	75 000	129 500	510 900
1) 峰荷	30 900	14 000	34 600	79 500
2) 基荷	275 400	61 100	95 000	431 500
2. 弃水电量	9 600	0	0	9 600
三. 火电发电	14 600	18 000	63 400	96 000
1) 峰荷	0	0	0	0
2) 基荷	14 600	18 000	63 400	96 000
四. 利用小时	225 900	65 400	135 700	427 000
1) 水电	259 100	63 500	109 600	432 200
2) 火电	61 400	75 400	265 400	402 200

2015年,丰期,成都、川西北、川东北、川南4个片区存在电力缺额,可以通过片区间的电力交换补充;枯期,成都、川西北、川东北、川南、乐眉、阿坝6个片区存在电力缺额,川西北及阿坝、川南及乐眉可由德宝直流工程和省内区间电力交换补充,川东北地区在成都地区缺额需要由“疆电入川”送入电力补充。

2020年,丰期,四川电网成都、川西北、川东北、川南4个片区存在电力缺额,且相对2015年缺口加大,川南可以通过片区电网间电力交换补充,成都、川西北、川东北的部分电力缺额需要由“疆电入川”送入电力补充;枯期,成都、川西北、川东北、川南、乐眉5个片区存在电力缺额,川西北、川南及乐眉片区的电力缺额可通过德宝直流工程和省内区间电力交换补充,川东北和成都地区缺额将依靠“疆电入川”提供电力。

根据省内电力流向分析,并结合电网发展规划,2015年、2020年成都和川东北地区均存在10 000~

15 000 MW、1 000~3 000 MW电力缺额无法通过片区区间的电力交换完全满足。因此“疆电入川”送入电力应主要满足成都地区负荷供电,同时兼顾川东北的负荷发展需要。建议“疆电入川”受端换流站宜落点在成都东部(金堂)、德阳南部(中江)、遂宁西部(大英)、资阳北部(简阳、乐至)结合部区域。

2015年、2020年四川电网电力流向示意图见图3~图6。

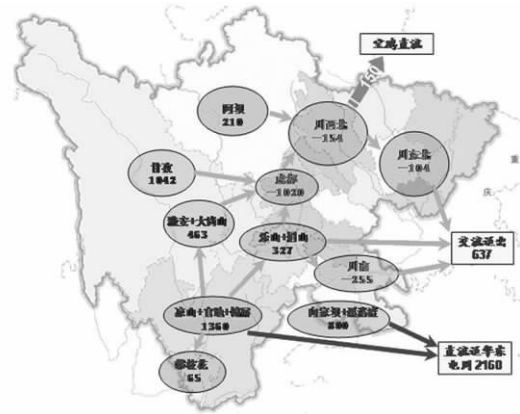


图3 2015年丰大方式四川电网电力流向示意图

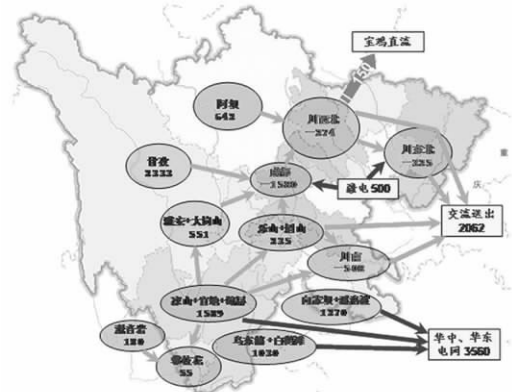


图4 2015年枯大方式四川电网电力流向示意图

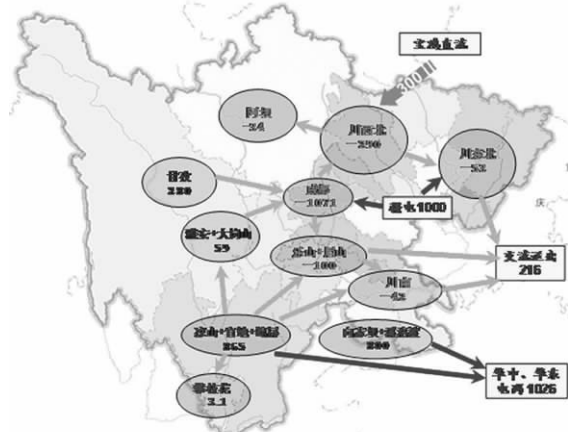


图5 2020年丰大方式四川电网电力流向示意图

(下转第43页)

功率输出曲线基本符合负荷曲线。在研究中,将目标 2 作为约束条件,并考虑一定的裕度,将目标 1 作为优化目标,进而建立了优化模型。但未考虑蓄电池容量与其成本的关系,在下一步的研究中,会对其进行进一步的改进。

参考文献

[1] 聂继华,杨益民.风/光互补发电系统的优化设计[J].节能,2008(10):50-53.

[2] 李爽.风/光互补混合发电系统优化设计[D].北京:中国科学院,2001.

[3] 朱芳,王培红.风能与太阳能光伏互补发电应用及其优化[J].上海电力,2009(1):23-26.

[4] 刘晓光.风力发电系统风力机输出特性的模拟与控制[D].青岛:青岛大学,2009.

[5] 祝贺,徐建源.风电场 GM-WEIBULL 风速分布组合模型出力预测[J].华东电力,2008,36(11):144-146.

[6] HJ Green, J Manwell. A Versatile Model of the Performance of Hybrid Power Systems[A]. Proceedings of Wind Power'95[C]. Washington DC, 1995.

[7] 徐宝清,田德,韩巧丽,等.风力发电机组输出功率特性的数值模拟[J].农业工程技术:新能源产业,2008(1):30-33.

[8] 陈博.风光复合发电的初探[J].上海电力,2008(2):139-141.

[9] Lu Lin, Yang Hongxing. Wind Data Analysis and a Case Study of Wind Power Generation in Hong Kong[J]. Wind Engineering, 2001, 25(2): 115-123.

[10] 陈俊.光伏系统发电量计算的分析[J].农村牧区机械化,2006(2):27-28.

[11] 陈珩.电力系统稳态分析(第三版)[M].北京:中国电力出版社,2007.

[12] 陈赞,严正.可再生能源并网发电的可靠性分析和节能分析[J].水电能源科学,2009,27(1):215-218.

[13] 李丹,彭军,余岳峰.离网型风光互补发电系统匹配方法优化研究[J].华东电力,2008,36(3):86-90.

[14] 包能胜,刘军峰,倪维斗.风电与燃气轮机互补发电容量配比的仿真研究(广东省自然科学基金项目)[R].

(收稿日期:2012-09-25)

(上接第 28 页)

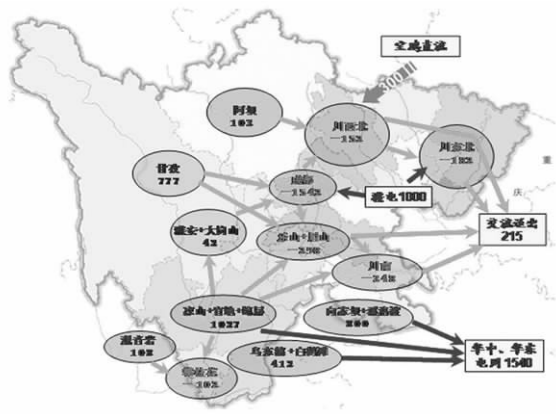


图 6 2020 年枯大方式四川电网电力流向示意图

5 结 语

(1) 四川水电所占比重大,丰枯期出力差异明显,“丰盈枯缺”矛盾十分突出。引入新疆火电是解决枯期电力缺额的最佳途径,通过水火互济运行,“疆电入川”与“川电外送”通道协调运行,四川能源综合利用及特高压交直流电网的整体经济效益明显提高。

(2) 根据四川省内电力流向分析,确定“疆电入川”受端换流站宜落点在成都东部(金堂)、德阳南部(中江)、遂宁西部(大英)、资阳北部(简阳、乐至)结合部。

参考文献

[1] 刘振亚.特高压直流输电技术研究成果专辑(2005年)[M].北京:中国电力出版社,2006.

[2] 刘振亚.特高压交流输电技术研究成果专辑(2005年)[M].北京:中国电力出版社,2006.

[3] 张云洲.我国跨区域电力资源配置前景分析特高压[J].中国电力,2004,37(9):5-7.

[4] 孙昕,刘泽洪,印永华,等.中国特高压同步电网的构建以及经济性和安全性分析[J].电力建设,2007,28(10):7-11.

[5] 孙正运,裴哲义,夏清,等.减少水电弃水调峰损失的措施分析[J].水利发电学报,2003,83(4):1-7.

[6] 魏杰.关于当前西藏电力供需形势的分析[J].水力发电,2005,31(7):14-16.

(收稿日期:2012-10-24)