

# 西藏多布水电站电量消纳及电价分析研究

李程·丹增尼玛

(国家能源投资集团有限责任公司,北京 100034)

**摘要:**近年来,随着西藏区内规划水电站的相继投产,汛期已出现盈余电量,因此,从有利于西藏清洁能源发展和全国能源优化配置、有利于提高企业效益等角度出发,宜通过青藏联网等通道将西藏中部电网汛期的盈余电量送出。按照青藏联网汛期不考虑外送和平枯期送入电量与汛期送出电量年内基本平衡为原则两种情况,对多布水电站有效电量进行了详细分析。在此基础上,从企业投资者的角度出发,按经营期不同的收益水平测算出了其相应的上网电价水平并提出了有关政策建议。

**关键词:**多布水电站;电量消纳;电价分析;研究

**中图分类号:**TV7;[TV-9];TV72

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2019)01-0128-06

## 1 概 述

多布水电站为《尼洋河流域综合治理与保护规划报告》中的推荐项目,地处西藏林芝地区林芝县八一镇多布村,电站的开发任务以发电为主,兼顾灌溉,促进地方经济发展。电站装机容量为 12 万 kW,年利用小时数为 4 217 h,多年平均年发电量约 5.06 亿 kW·h,调节库容 1 300 万 m<sup>3</sup>,为日调节电站。多布水电站的供电范围为西藏中部电网,以 220 kV 一级电压接入电力系统。多布水电站采用中央预算投资、企业自筹资本金及银行贷款的融资方式,实际总投资约 28.04 亿元。

## 2 电力负荷预测

西藏自治区成立以来,国家对西藏的支持和投资力度不断加大,地区经济得到了快速发展,2015 年,全区生产总值达到 1 026.39 亿元,增长 11%。随着经济的快速发展,电力需求增长迅速。相关预测成果表明:2015 年西藏中部电网需电量为 44.81 亿 kW·h,最大负荷为 95.7 万 kW;2020 年西藏中部电网需电量为 82.44 亿 kW·h,最大负荷为 174.9 万 kW,“十三五”电量增长率为 12.97%,负荷增长率为 12.81%;2025 年西藏中部电网需电量为 108.97 亿 kW·h,最大负荷为 236.1 万 kW,“十四五”电量增长率为 5.74%,负荷增长率为 6.18%。受气候条件影响,西藏中部电网冬季负荷较高,最大负荷一般出现在 12 月。

西藏中部电网负荷预测成果见表 1,西藏中

部电网负荷特性见表 2,西藏中部电网典型年负荷曲线见表 3,西藏中部电网 2015~2025 年最大负荷曲线见表 4,西藏中部电网 2015~2025 年平均负荷曲线见表 5。

表 1 西藏中部电网负荷预测成果表

项 目	2015 年	2020 年	2025 年
需电量 /亿 kW·h	44.8	82.44	109
最大发电负荷 /万 kW	95.73	174.94	236.09
最大负荷利用小时数 /h	4 681	4 713	4 616
电量增长率 /%	13		5.7
负荷增长率 /%	12.8		6.2

表 2 西藏中部电网负荷特性表

项 目		2015 年	2020 年	2025 年
日负荷率 $\gamma$	夏季	0.77	0.85	0.85
	冬季	0.74	0.81	0.81
日最小负荷率 $\beta$	夏季	0.6	0.75	0.75
	冬季	0.54	0.68	0.68

## 3 有效电量分析

多布水电站装机容量为 12 万 kW,多年平均年发电量为 5.06 亿 kW·h,装机利用小时数为 4 217 h,供电西藏中部电网。电站投运后,受来水情况、系统负荷需求特性、网内电源构成等影响,有效电量存在一定的不确定性。众所周知,有效电量是影响水电站运行经济性的重要因素之一,将直接影响上网电价测算。笔者对西藏中部电网各水平年逐月电量进行了平衡,分析并计算了多布水电站各水平年在系统中的电量消纳情况。

### 3.1 西藏中部电网电量平衡

收稿日期:2019-01-14

表3 西藏中部电网典型年负荷曲线表

/%

年	月 份											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2015	0.69	0.632	0.839	0.855	0.808	0.753	0.767	0.752	0.796	0.837	0.944	1
2020	0.52	0.479	0.897	0.905	0.871	0.831	0.838	0.826	0.86	0.891	0.987	1
2025	0.65	0.599	0.906	0.914	0.897	0.873	0.88	0.867	0.903	0.891	0.987	1

表4 西藏中部电网 2015~2025 年最大负荷曲线表

/万 kW

年	月 份											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2015	66.05	60.5	80.32	81.85	77.35	72.08	73.42	71.99	76.2	80.13	90.37	95.73
2020	90.96	83.79	156.91	158.31	152.36	145.37	146.59	144.49	150.44	155.86	172.66	174.93
2025	153.46	141.36	213.89	215.8	211.8	206	207.74	204.76	213.19	210.36	233.02	236.09

表5 西藏中部电网 2015~2025 年平均负荷曲线表

/万 kW

年	月 份											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2015	42.96	39.35	52.24	53.23	52.35	48.78	49.69	48.72	51.57	54.22	58.77	62.26
2020	57.85	53.29	99.8	100.69	101.69	97.02	97.84	96.44	100.41	104.02	109.81	111.26
2025	91.34	84.14	127.31	128.45	132.29	128.67	129.75	127.9	133.16	131.39	138.7	140.52

### 3.1.1 平衡原则

多布水电站第1台机组投产时间为2015年8月,2016年1月电站全部机组投产。为了更好地分析多布水电站在西藏中部电网中的电量消纳情况,笔者对西藏中部电网2015年(初期投产)、2016年和2020年三个水平年中水年的电量进行了平衡。

(1)鉴于西藏电力建设前期工作基础资料缺乏,因此而无法进行系统代表年选择,笔者仅以各电站的中水年资料参与平衡。

(2)由于存在缺少抽水电源、泥沙磨损机组及环境等问题,羊湖抽水蓄能电站长期借水发电,目前湖水位已降至最低发电取水水位,已导致羊湖电站目前只能作为备用电源而不参与系统平衡。

(3)平衡中,充分发挥已建电站的电量效益,地热电站的电量考虑全部被系统吸收。

(4)光伏电站只考虑其电量效益,不考虑容量作用。

光伏电站发电时虽然具有一定的容量,但由于其发电的不稳定性,一般在电力电量平衡中不考虑其容量作用;另一方面,由于新能源具有优先上网的优势,其电量优先被吸收,故在电力电量平衡中需考虑其电量效益。

(5)青藏直流联网一期工程已建成,送电规模为60万kW;二期工程尚未建设。因此,2015年、2016年的送电规模按60万kW考虑(实际送入30万kW,另外30万kW作为备用,送出规模为60万kW),2020年及以后按最终规模120万kW考虑(实际送入亦按50%考虑,送出规模为120万kW)。

### 3.1.2 平衡方案

西藏中部地区“十二五”期间电力负荷增长较快,而电源建设相对滞后,电源的增长远低于用电的增长,电网缺电较重,汛期也没有多余的电量外送。青藏直流联网一期工程建成后,仅在枯期送入电力,汛期还未往外送出过电力。“十三五”期间,随着藏木、多布、拉洛等水电站相继投产,系统汛期将出现盈余电量。因此,考虑到青藏联网汛期尚未实现藏电送出的现状,首先进行了只考虑平枯期送入、汛期暂不送出的方案计算多布水电站的年有效电量。同时,从藏电外送发展情况看,重点是发挥青藏联网的双向互送作用,将中部电网汛期的盈余电量适当送往青海电网,故拟定了以下两个平衡计算方案:

方案(1):考虑系统平枯期的不足电量由青藏联网送入,不考虑青藏联网汛期送出,依此计算多

布水电站被系统吸收的有效电量；

方案(2):以拉萨换流站为计量点,考虑青海电网汛期电量消纳的不确定性,暂按青藏联网送入电量与送出电量基本平衡的原则计算多布水电站被系统吸收的有效电量。

### 3.1.3 平衡成果

笔者对西藏中部电网2015年、2016年和2020年三个水平年中水年进行了逐月电量平衡计算,各方案电量平衡成果见表6。

表6 西藏中部电网2015~2020年中水年电量平衡成果表

项 目	单 位	2015 年			2016 年			2020 年		
		年	平枯期	汛期	年	平枯期	汛期	年	平枯期	汛期
系统需电量	亿 kW·h	44.81	26.35	18.46	50.62	29.77	20.85	82.45	46.28	36.17
参与平衡电站发电量	亿 kW·h	58.05	21.74	36.31	61.43	22.59	38.84	98.33	35.56	62.77
其中:水电	亿 kW·h	51.92	18.03	33.89	55.29	18.88	36.41	89.73	30.32	59.41
地热	亿 kW·h	2.54	1.52	1.02	2.54	1.52	1.02	2.54	1.52	1.02
光伏和光热	亿 kW·h	3.6	2.19	1.41	3.6	2.19	1.41	6.06	3.72	2.34
系统电量盈亏	亿 kW·h		-4.61	17.86		-7.18	17.99		-10.73	26.6
青藏联网送入电量	亿 kW·h	4.61	4.61	0	7.18	7.18	0	10.73	10.73	0
送出电量	亿 kW·h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
方案(1) 弃水电量	亿 kW·h	17.86	0	17.86	17.99	0	17.99	26.6	0	26.6
弃水率	%		34.4			32.53		29.65		
送出电量	亿 kW·h	4.61	0	4.61	7.18	0	7.18	10.73	0	10.73
方案(2) 弃水电量	亿 kW·h	13.24	0	13.24	10.81	0	10.81	15.87	0	15.87
弃水率	%		25.51			19.55		17.69		

注:负值表示系统缺电量。

### 3.1.4 成果分析

从表6可以看出,2015~2020年西藏中部电网枯平期均缺电且缺电量逐年越来越大;各水平年参与平衡电站的电量全部被系统吸收且均需青藏直流联网工程送电。

2015~2020年西藏中部电网汛期均有盈余电量,既使按青藏联网送入、送出电量基本平衡

考虑,各水平年系统年弃水率分别为25.5%、19.6%和17.7%,汛期仍有较多弃水电量。

### 3.2 多布水电站具有的有效电量

根据西藏中部电网各水平年电量平衡计算成果,系统水电按同比例弃水和同比例外送电量的原则计算出的多布水电站两方案初期运行及正常运行有效电量情况见表7。

表7 多布水电站2016~2020年逐月有效电量成果表

项 目	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
年有效电量	3.41	3.47	3.52	3.58	3.63
方案(2) 其中:供系统	3.41	3.47	3.52	3.58	3.63
送出					
年有效电量	4.07	4.11	4.16	4.21	4.25
方案(2) 其中:供系统	3.41	3.47	3.52	3.58	3.63
送出	0.65	0.65	0.64	0.63	0.62

注:2017~2019年有效电量由2016年与2020年平衡成果插值计算。

由表7可见:

(1)在不考虑青藏联网汛期送出的情况下,多布水电站2016年正常运行的有效电量为3.41亿kW·h,相应利用小时数为2842h;2020年正常运行的有效电量为3.63亿kW·h,相应利用小时数为3025h。

(2)按青藏联网送入、送出电量平衡考虑,

2016年正常运行的有效电量为4.07亿kW·h,相应利用小时数为3392h;2020年正常运行的有效电量为4.25亿kW·h,相应利用小时数为3542h。较不考虑青藏联网汛期送出情况,各水平年可多消纳0.15亿kW·h、0.66亿kW·h和0.62亿kW·h汛期电量。

### 4 上网电价测算

#### 4.1 上网电价测算方法

本项目上网电价测算方法采用经营期电价法。

经营期电价测算方法是在综合考虑电力项目经济寿命周期内各年度的成本和还贷需要的变化情况的基础上,通过计算电力项目每年的现金流量,按照使项目在经济寿命周期内各年度的净现金流量能够满足按项目注册资本金计算的财务内部收益率为条件测算上网电价。

##### (1)年有效电量。

表 8 多布水电站逐年有效电量表

/亿 kW·h

项 目	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年及以后
年有效电量	3.41	3.47	3.52	3.58	3.63
方案(1) 其中:供系统	3.41	3.47	3.52	3.58	3.63
送出					
年有效电量	4.07	4.11	4.16	4.21	4.25
方案(2) 其中:供系统	3.41	3.47	3.52	3.58	3.63
送出	0.65	0.65	0.64	0.63	0.62

注:(1)2017~2019年有效电量为插值计算;(2)2020年以后通过青藏联网送出的电量暂按不变考虑。

##### (2)计算期。

本电站计算期采用 35 a,其中经营期 30 a。

#### 4.2 总成本费用计算

电站发电成本包括折旧费、修理费、保险费、职工工资及福利费、材料费、库区基金、水资源费、利息支出和其他费用。

发电经营成本指不包括折旧费和利息支出的全部费用。

##### (1)折旧费。

年折旧费=固定资产价值×综合折旧率

根据《水电建设项目经济评价规范》(DL/T 5441-2010),水电经营期一般可取 30 a 进行计算,折旧按照 30 a 直线折旧的方式进行,综合折旧率取 3.33%。

##### (2)修理费。

修理费=固定资产价值×修理费率

修理费按固定资产价值的 1%计。

##### (3)工资福利等。

工资按职工人数乘以年人均工资计算,根据《多布电站可行性研究报告(审定稿)》确定的定员和工资总额取值。

##### (4)保险费。

保险费=固定资产价值×保险费率

根据《多布电站可行性研究报告(审定稿)》,

多布水电站具有日调节能力,在系统中的弃水情况可参照系统水电群的弃水率考虑。根据西藏中部电网电量平衡成果分析,不考虑青藏联网汛期送出情况下(方案(1)情况),2016年正常运行的有效电量为 3.41 亿 kW·h,2020年正常运行的有效电量为 3.63 亿 kW·h;按青藏联网送入、送出电量平衡考虑(方案(2)情况),2016年正常运行的有效电量为 4.07 亿 kW·h,2020年正常运行的有效电量为 4.25 亿 kW·h。两种方案情况下多布水电站的年有效电量见表 8。

多布电站的保险费率取固定资产价值的 0.08%。

##### (5)材料费。

材料费=装机容量×单位 kW 材料费

根据《多布电站可行性研究报告(审定稿)》,多布电站的材料费定额取每千瓦 17 元。

##### (6)水资源费。

水资源费=厂供电量×单位电能提取费用

根据《多布电站可行性研究报告(审定稿)》,多布电站的水资源费按厂供电量每 kW·h 提取 0.002 元。

##### (7)其它费用。

其它费用=装机容量×单位 kW 其它费用

根据《多布电站可行性研究报告(审定稿)》,多布电站的其它费用定额取每千瓦 46 元。

#### 4.3 发电效益计算

##### (1)收入。

多布水电站按电网内实行独立核算的发电项目进行财务计算。按照项目资本金财务内部收益率测算多布水电站供系统电量的上网电价。

通过青藏联网送出电量,其汛期外送电量暂按上网电价 0.1 元/kW·h(含税)计算收益。

销售收入包括供系统电量收入和外送电量收入(汛期电量送出情况)。

##### (2)税金。

### ① 增值税。

根据《中华人民共和国增值税暂行条例》规定,独立核算的电力企业其电力产品增值税税率为17%。增值税为价外税,此处仅作为计算销售税金附加的基础。

### ② 销售税金附加。

销售税金附加包括城市维护建设税和教育费附加,以增值税税额为计算基数。根据《中华人民共和国城市维护建设税暂行条例》《征收教育费附加的暂行规定》等,多布水电站城市维护建设税采用7%,教育费附加采用5%。

### (3) 利润。

企业利润按国家规定作相应调整后依法征收所得税。

根据《西藏自治区人民政府关于我区企业所得税税率问题的通知》(藏政发[2011]14号),企业所得税税率为15%。根据《西藏自治区企业所得税税收优惠政策实施办法》(以下简称“实施办法”),投资水利、交通、能源、城市(镇)公共设施等基础设施和生态环境保护项目建设、经营的,对于其项目业务收入占企业总收入70%以上的,自项目取得第一笔生产经营收入所属纳税年度起,免所得税7年。

税后利润提取10%的法定盈余公积金后,剩余部分为可分配利润;再扣除分配给投资者的应付利润后,即为未分配利润。

## 4.4 上网电价测算

### (1) 测算方案。

按发电项目经营期计算平均上网电价。电站还款资金由企业全部未分配利润和折旧费的80%组成。

上网电价测算方案根据不同的有效电量计算方式,主要考虑以下两种情况:方案(1)汛期盈余电量暂不考虑青藏联网送出;方案(2)根据青藏联网送入电量与送出电量平衡原则,考虑多布水电站汛期部分盈余电量送出。

根据《水电建设项目经济评价规范》(DL/T 5441-2010),水电站项目资本金内部收益率按略高于同期国内银行5年期以上贷款年利率计算。

因此,初拟多布水电站上网电价测算方案如下:

方案(1):不考虑汛期盈余电量通过青藏联网

送出,按资本金内部收益率8%、6%和5%分别测算平均上网电价;

方案(2):考虑多布水电站汛期部分盈余电量由青藏联网送出,按资本金内部收益率8%、6%和5%分别测算平均上网电价。

### (2) 上网电价测算成果。

采用经营期电价法分别测算各方案的上网电价,其测算结果见表9。

表9 多布水电站上网电价测算成果表

项目	企业资本金 财务内部收益率 /%	借款偿还期 /a	上网电价 /元·kW·h <sup>-1</sup> (含税)
方案(1)	8	19.22	0.647
	6	20.59	0.577
	5	21.96	0.546
方案(2)	8	19.22	0.629
	6	20.56	0.559
	5	21.94	0.529

计算结果表明:方案(1)中,企业资本金内部收益率变化范围为5%~8%时,经营期平均含税上网电价变化范围为0.546~0.647(元/kW·h),借款偿还期为20~22a;方案(2)中,企业资本金内部收益率变化范围为5%~8%时,经营期平均含税上网电价变化范围为0.529~0.629(元/kW·h),借款偿还期为20~22a。

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

(1)西藏中部电网按青藏联网汛期不考虑外送和平枯期送入电量与汛期送出电量基本平衡两种情况进行电力电量平衡。经计算,多布水电站2020年及以后在不考虑外送情况下年有效电量为3.63亿kW·h;考虑汛期部分盈余电量送出情况的年有效电量为4.25亿/kW·h。

(2)按青藏联网汛期不考虑外送和平枯期送入电量与汛期送出电量基本平衡两种情况,分别测算多布水电站企业资本金内部收益率为5%、6%和8%的平均上网电价,其中外送电量暂按上网电价0.1元/kW·h(含税)计算收益。经计算,情况①的上网电价变化范围为0.546~0.647(元/kW·h,含税);情况②的上网电价变化范围为0.529~0.629(元/kW·h,含税)。

(3)目前西藏中部电网平均销售电价为0.67元/kW·h,若按发电环节成本与输电环节成本5.5:4.5比例分割,估算中部电网平均上网电价

为0.369元/kW·h。考虑到用户端对电价的承受能力为平均销售价格上涨2%，该上涨部分获取收益发电段归新建的多布水电站，即维持已建电源电价水平，推算多布水电站的上网电价约为0.418元/kW·h(含税)。

(4)多布水电站投产以来，2016、2017年的实际发电量分别为3.57亿kW·h、3.62亿kW·h，与上述分析情况基本吻合，所推算的上网电价0.418元/kW·h与西藏自治区政府原批复的上网电价0.439元/kW·h(藏政办〔2015〕2号)亦基本相符，2016、2017年多布水电站保本，略有微利。2018年，多布水电站实际发电量为4.09亿kW·h，目前上网电价按西藏自治区调控后的0.352元/kW·h执行，多布水电站出现了一定亏损。

## 5.2 建议

西藏自治区的水电资源丰富，水能资源理论蕴藏量和技术可开发量均居全国首位，是我国重要的能源战略储备基地和“西电东送”接续能源基地。藏区水电开发是满足藏区人民美好生活的内在动力。2018年10月，川藏500kV联网工程正式投入运行，大大提升了藏中电网的运行稳定和可靠性，同时也开辟了藏电外送的新通道。随着

区外联网加强、电网平台构建、规划电源建设等将逐步实现藏电外送。区内规划新建的水电站相继投产后，系统汛期盈余电量将不断增加，电站被系统吸收的有效电量将直接影响企业的财务状况。

(1)从有利于西藏清洁能源发展和提高电力企业投资效益等角度出发，有必要通过青藏、川藏联网等通道，将藏中电网汛期的盈余电量送出。初期，可以拉萨换流站、各500kV变电站为计量点，按青藏、川藏联网送入电量与送出电量基本平衡的原则增加汛期水电的有效电量。后期，应加大外送通道建设，提高电量外送能力，开放外送通道和市场，争取更多的外送电量指标，按送电能力外送。

(2)西藏自治区就其经济发展水平来说，目前的销售电价并不低，而受电端经济发展水平较高，因此，其外送电量电价具有上涨的空间。为提升效益、鼓励企业加快西藏自治区的水电开发步伐，应结合实际，适当提高在藏水电企业外送上网电价，降低企业的生存和经营压力。

### 作者简介：

李程·丹增尼玛(1975-)，男，藏族，四川金川人，审计部书记，学士，从事水电开发研究工作。

(责任编辑:李燕辉)

## 成都院“300 m级特高拱坝安全控制关键技术及工程应用” 荣获国家科学技术进步二等奖

1月8日，中国电建成都院牵头完成的“300 m级特高拱坝安全控制关键技术及工程应用”荣获国家科学技术进步二等奖。据悉，该成果全面应用于依托工程，解决了特高拱坝安全控制一系列重大技术难题，确保了工程成功建设与安全运行，获直接经济效益10.99亿元，间接经济效益62.78亿元。成果已推广应用到叶巴滩、孟底沟和伊朗Bakhtiary(高315 m)等国内外多座特高拱坝设计，确立了我国特高拱坝设计的国际领先地位。

记者了解到，“300 m级特高拱坝安全控制关键技术及工程应用”项目团队由全国勘察设计大师、成都院副总经理兼总工程师王仁坤带领，依托锦屏一级、溪洛渡和大岗山等国家重大工程，围绕300 m级特高拱坝长期可靠运行、防震抗震、施工动态设计安全控制等关键技术，组织优势科研团队，产学研用结合，持续20多年攻关，取得了特高拱坝安全控制方法体系与成套技术、防震抗震设计方法与安全评价体系、施工动态反馈设计技术和运行安全评价体系等突破性创新成果。

我国西部水能资源蕴藏丰富，且具备得天独厚的修建高坝条件。为满足西电东送战略、防洪安全、水资源高效利用的需要，国家规划并建设了一批坝高200 m至300 m级的特高拱坝。其中，拱坝是受基础强烈约束的高次超静定壳体结构。特高拱坝坝形及工作性态对建基面形态和基础地质条件极为敏感，坝与基础的变形协调、结构抗裂、整体稳定要求极高。特高拱坝在强烈地震作用下的动力响应增长显著，结构动力属性与破坏机理异常复杂，防震抗震安全控制要求极高。现有规范不能满足特高拱坝安全控制要求，300 m级特高拱坝的安全控制面临严峻挑战，是关乎国民经济和人民生活财产安全的重大问题。

(《中国能源报》苏南 2019年1月14日第20版)