

±800 kV换流站造价结构及投资水平分析

申安^{1,✉}, 董剑敏², 李露阳¹

(1. 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司; 2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的] 研究±800 kV换流站的投资特点, 为今后的±800 kV特高压换流站工程建设在工程造价领域积累经验并提供指导。[方法] 收集已投产的±800 kV换流站工程施工图设计工程量和预结算等数据, 采用统计分析法和费用构成分析法等对换流站工程造价中涉及的各项费用进行分析。[结果] 给出了±800 kV换流站工程的造价构成及投资水平, 并对投资水平的趋势进行了判断。[结论] ±800 kV换流站单位容量造价指标在65万元/MW~97万元/MW之间, 造价构成比例从高到低依次为设备购置费、其它费用、建筑工程费、安装工程费, 其中安装工程费和其他费用占比相对稳定, 设备购置费占比下降, 建筑工程费占比上升, 总体投资水平呈下降趋势。

关键词: 换流站; 造价结构; 投资水平

中图分类号: TM723; TM7

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2020)03-0119-06

开放科学(资源服务)二维码:



Analysis on Cost Structure and Investment Level of ±800 kV Converter Stations

SHEN An^{1,✉}, DONG Jianmin², LI Luyang¹

(1. China Southern Power Grid EHV Power Transmission Company;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] The paper aims to study on the investment features of ±800 kV Converter Stations and provide guidance for the future constructions of ±800 kV Converter Stations in the field of project cost. [Method] By collecting data of design quantities, project budgets and project settlements of ±800 kV converter stations, we analyzed the costs of ±800kV converter stations by statistical analysis method and cost composition method. [Result] The construction cost and investment level of ±800 kV converter stations is given, and the trend of investment level is judged. [Conclusion] The cost of ±800 kV converter stations per MW is between 0.65~0.97 milion RMB, the componet ratio, arranged from high to low as: equipment procurement cost, other cost, construction cost and installation cost. Moreover, installation cost and other cost are relatively stable, equipment procurement cost is downward, and construction cost is rising. The overall investment level shows a downward trend.

Key words: converter stations; cost structure; investment level

随着我国电力建设的高速发展,长距离、大容量的±800 kV高压直流输电技术已逐渐成为西电东送输电通道的主力。西电东送工程从南到北,从西到东形成北、中、南三路长距离输电格局,其中南线工程由云南、贵州、广西等省(区)将贵州乌江、云南澜沧江和广西、云南、贵州交界处的南盘江、北盘江、红水河的水电以及贵州坑口火电厂的电能输送到广东。截止目前,南线工程已建成投产

的±800 kV特高压直流有云广直流、糯广直流和滇广直流^[1],在建的有昆柳龙直流。作为国家“新基建”发展战略的重要领域之一,±800 kV特高压直流的建设将成重点,而作为占投资比例较大的换流站工程,有必要对其投资特点进行深入研究和分析。

本文以已建成投产换流站的施工图工程量和预算、结算数据为基础,采用数理统计和费用构成分析法等方法研究±800 kV换流站的工程投资特点,分析换流站的投资水平、造价构成及投资趋势等^[2],为今后的特高压换流站工程建设在工程造价

收稿日期: 2020-03-20 修回日期: 2020-04-28

基金项目: 中国能建广东院科技项目“高压大容量柔性直流换流站设计关键技术研究”(EV04701W)”

领域积累经验并提供指导。

1 总投资水平

南线工程已建成投产的 ± 800 kV换流站有6个：楚雄站、穗东站、普洱站、江门站、新松站和东方站，其中楚雄站、普洱站和新松站为送端换流站，落点于云南省；穗东站、江门站和东方站为受端换流站，落点于广东省。换流站的设计输送容量均为5 GW，此容量在 ± 800 kV特高压建设范围内具有一定的代表性。根据结算数据，6个换流站的总体投资情况如表1所示。

表1 ± 800 kV换流站工程总投资水平
Tab. 1 Total investment of ± 800 kV converter stations

序号	项目名称	投产时间	送端/受端	总投资 /亿元	单位指标 /(万元·MW ⁻¹)
1	云广直流	2010年	楚雄站	48	97
			穗东站	45	90
2	糯广直流	2013年	普洱站	45	90
			江门站	38	76
3	滇广直流	2017年	新松站	38	77
			东方站	33	65

由表1可见：各换流站的单位容量投资为65万元/MW~97万元/MW，最高为楚雄站97万元/MW，最低为东方站65万元/MW，且近期建设的工程较早期建设的工程单位容量造价要低，单位容量投资指标呈逐步下降趋势，最高下降幅度达32%。

从送受端差异看，同一直流项目送、受端换流站投资水平略有差异，送端换流站的投资略高于受端换流站，差异幅度在6%~17%，主要是由于送端换流站多处于高海拔高地震烈度地区，对设备、构筑物的抗震有更高要求。

2 造价构成分析

根据2013年版电网工程建设预算编制与计算规定（简称预规），从工程造价的角度换流站工程的投资构成^[3]如图1所示：

流动资金和建设期贷款利息是项目总投资的重要组成部分，但由于流动资金在项目生产期投入，建设期贷款利息与投资者的融资方式、融资能力、融资环境等相关，因此以静态投资（即建设投资）为分析对象可以更好的反映出换流站工程的造价水

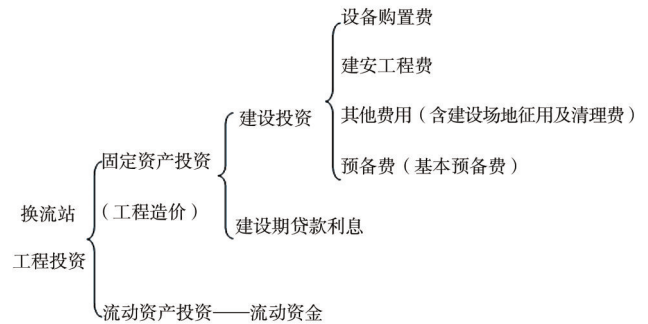


图1 换流站投资构成

Fig 1 Investment structure of converter station

平和造价构成。本文将换流站的静态投资分为建筑工程费、安装工程费、设备购置费和其他费用四大部分^[4]，其中其他费用包含了场地费用、基本预备费及预规的其他费用，按此原则来分析换流站的投资结构。图2为换流站静态投资的构成比例关系。

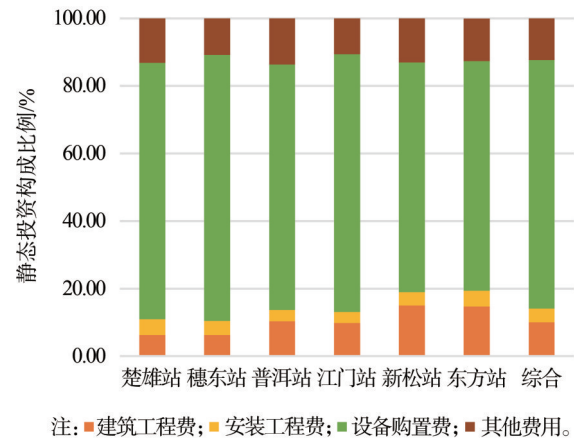


图2 ± 800 kV换流站静态投资构成

Fig. 2 Static investment structure of ± 800 kV converter stations

根据图2可以看出：

从费用构成比例角度：设备购置费占比最高，达到69%~78%，其中，穗东站最高78%，新松站最低69%；其他费用占比约为12%，各换流站之间差异幅度较小；建筑工程费占比为6%~15%，新松站和东方站为15%，穗东站最低6%；安装工程费占比最低约为4%，各换流站之间差异幅度较小。

从费用构成变化趋势角度：安装工程费和其他费用构成比例相对稳定，设备购置费占比收窄，建筑工程费占比明显增加。

综合6个换流站的数据， ± 800 kV换流站造价构成比例从高到低依次为设备购置费74%，其它费

用12%, 建筑工程费10%, 安装工程费4%。

3 主要设备价格分析

3.1 主要设备费构成分析

设备购置费占换流站造价构成的74%, 是影响换流站投资的关键因素。换流站设备主要包括换流阀、换流变压器、直流场、平波电抗器、交流滤波器和直流控制及保护系统等, 设备购置费占静态投资构成如图3所示。

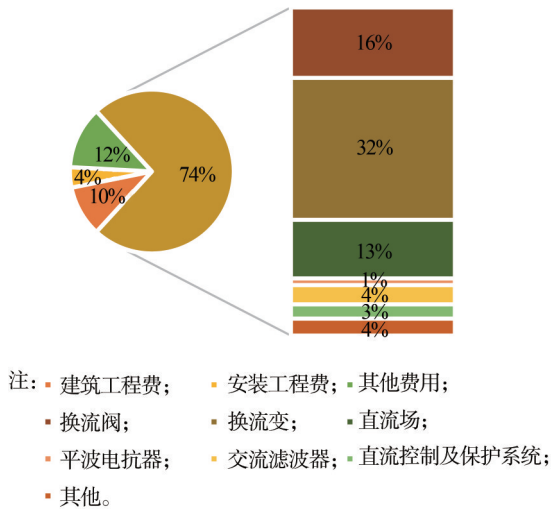


图3 设备购置费占静态投资构成

Fig. 3 Static investment structure of equipment cost

根据图3, 各项设备购置费中, 换流变压器、换流阀和直流场占比最大, 其中换流变压器占32%, 换流阀占16%, 直流场占13%, 三项合计占静态投资比例约61%, 其后依次是交流滤波器、直流控制及保护系统和平波电抗器; 其他设备中, 由于受交流配电装置规模、融冰装置配置、设备运杂费等因素的影响, 约占静态投资比例约4%。

3.2 主要设备价格趋势分析

采用合同价格进行主要设备价格趋势分析。

3.2.1 换流阀价格分析

换流阀是换流站中的关键设备, 技术含量高。图4为换流阀的单极价格走势。

根据图4可以看出:

1) 楚雄站和穗东站的换流阀的设备价格最高, 由于该工程为世界上第一条±800 kV直流输电工程, 需要投入大量的研发、设计、试验和制造费用, 因此换流阀设备价格最高。

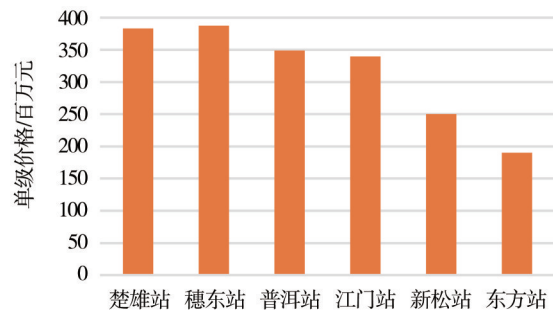


图4 换流阀单极价格走势

Fig. 4 Price tendency of single pole converter valves

2) 设备价格逐年降低。经过国产化研发, 换流阀的技术水平逐步趋向成熟, 通过对云广直流项目的技术消化, 价格水平较前期降低。滇广直流工程的设备价格为前期云广直流招标价格的40%, 设备价格下降明显。

3) 滇广直流工程送端换流站换流阀的价格明显高于受端, 主要是由于送端处于高海拔高地震烈度地区, 对设备抗震有特殊要求。

4) 早期工程全部使用进口设备, 逐步实现国产化, 设备价格高, 占全站投资的16%~17%, 随着技术进步和生产能力的提高, 换流阀设备价格占全站投资下降至12%~13%。

3.2.2 换流变压器价格分析

换流变压器按电压等级分有高端换流变(±800 kV/±600 kV)和低端换流变(±400 kV/±200 kV)两种类型。图5为换流变压器价格走势。

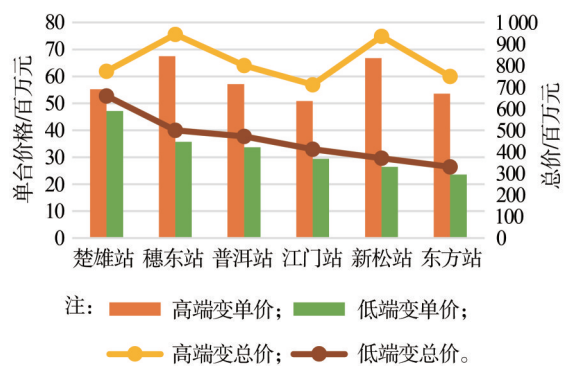


图5 高端、低端换流变压器价格走势

Fig. 5 Price tendency of converter transformers

根据图5可以看出:

1) 高端换流变的总价高, 占换流变部分的60%~70%; 高端换流变单台价格范围从5.1亿元~6.7亿元不等, 价格波动较大。

2) 低端换流变总价相对较低, 占换流变部分的30%~40%, 总价呈平稳降低趋势; 低端换流变单台价格范围从2.4亿元~4.7亿元不等, 价格走势呈平稳降低趋势。

3.2.3 直流场价格分析

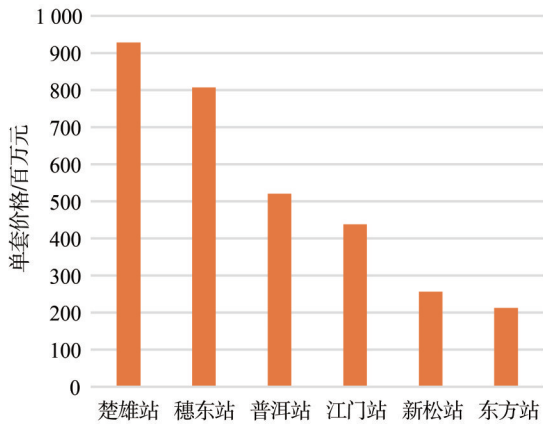


图6 直流场价格走势

Fig. 6 Price tendency of DC fields

图6为直流场价格走势, 由图6可以看出:

1) 直流场设备整体呈大幅下降的趋势, 糯广直流工程的设备价格为云广直流的60%, 滇广直流工程的设备价格仅为云广直流工程的30%。

2) 设备价格降低, 设备国产化优势明显。云广直流工程直流场设备全部采用进口, 从糯广直流工程开始全部进行国产化, 国产化后市场竞争更加充分, 设备价格优势明显。

3.2.4 平波电抗器价格分析

± 800 kV换流站平波电抗器均采用干式设备, 价格走势如图7所示。

由图7可以看出:

1) 平波电抗器价格呈上升趋势, 楚雄站和穗

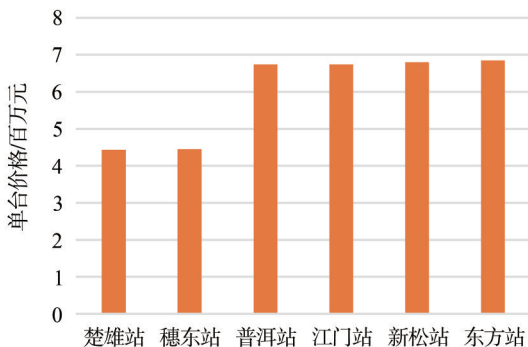


图7 平波电抗器价格趋势

Fig. 7 Price tendency of smoothing reactors

东站价格最低, 新松站和东方站价格最高, 价格上升约50%。

2) 糯广直流和滇广直流的四个换流站平波电抗器价格较为接近, 单台价格在680万元左右。

3.2.5 交流滤波器价格分析

交流滤波器设备价格约占工程总投资的5%, 6个换流站的交流滤波器设计容量均有不同, 根据分析结果, 交流滤波器价格与设计容量正相关, 交流滤波器的单位容量价格如图8所示。

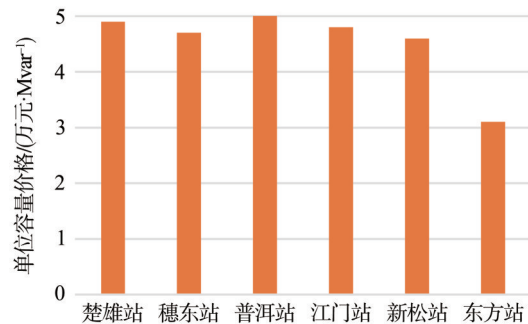


图8 交流滤波器价格走势

Fig. 8 Price tendency of AC filters

可以看出, 云广直流和糯广直流的交流滤波器价格比较平稳, 价格约为每兆乏5万元。滇广直流工程的交流滤波器价格略有降低, 其中受端东方站价格低于送端新松站, 主要是东方站交流滤波器小组数量(14组)小于新松站(16组), 同时, 东方站容量略大于新松站, 单位价格也低于新松站。总体来看, 交流滤波器价格相对平稳。

3.2.6 直流控制及保护系统价格分析

直流控制及保护设备早期建设的工程采用进口设备, 逐步实现国产化。

图9为直流控制及保护系统价格趋势图, 由图

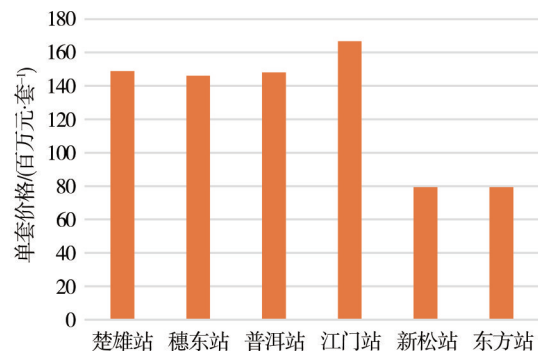


图9 直流控制及保护系统价格趋势

Fig. 9 Price tendency of DC control and protection system

9可以看出:

1) 直流控制及保护系统价格下降趋势明显。早期建设的云广直流和糯广直流的直流计算机监控系统价格接近,设备费1.5亿元左右每站,滇广直流工程设备价格最低,全站直流计算机监控及保护设备费为7.9亿元,价格为云广直流工程和糯广直流工程的50%。

2) 设备价格走低趋势与近年电气二次设备价格整体逐年走低趋势一致,从国产保护设备价格走势看,直流控制及保护设备仍有进一步下降的可能。

综上分析,设备价格对换流站投资的影响十分显著,尤其是换流阀、换流变压器和直流场等,合计设备费占静态投资比例为61%,价格的高低直接关系到整个换流站的造价水平。同时,换流阀、换流变压器、直流场等设备从引进到自主创新实现国产化后,价格水平平均大幅下降,促进了换流站造价水平的下降。

4 建安工程费分析

换流站造价构成中,建安工程费占静态投资比例约为14%,其中建筑工程费10%,安装工程费4%。建筑工程费占比呈上升趋势,安装工程费占比相对稳定。

换流站的建筑工程主要由主辅通信楼、综合楼、高低端阀厅、构架、电缆沟道、土石方、站区道路及地基处理等构成;安装工程主要由电力电缆、控制电缆、缆桥(托)架、电缆支架和接地网等构成。通过分析,部分工程量指标与场址大小、阀厅体积以及工程布置形式等直接相关,因此指标具有一定的规律可循,具体指标区间如表2所示。在指标区间范围内,由于建筑工程费和安装工程费受定额水平的控制,在场址大小、阀厅体积、出线布置形式等建设规模基本确定的情况下,建筑工程费和安装工程费相对也保持稳定。

地基处理、土方石方量、高边坡、挡墙等,受制于各站的地形、地质条件,所采用的处理方式和组合各异,因此差异相对较大,从占比来看,此部分约占建筑工程费的20%~25%,对整个换流站的建筑工程费的影响也较大。以新松站和普洱站为例,新松站较普洱站的建筑工程费增加约1.05亿,经分析主要原因之一为:新松站增加强夯、钻孔桩

表2 主要工程量参考指标

Tab. 2 Index of major quantities

指标名称	指标说明	工程量指标
阀厅钢结构 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	每立方米阀厅体积钢结构用钢量	7~8
阀厅压型钢板/ ($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$)	每立方米阀厅体积压型钢板面积	0.15~0.2
500 kV 构架 ($\text{t}\cdot\text{串}^{-1}$)	500 kV 配电装置场每完整串构架工程量	140~160
500 kV 交流滤波器构架 ($\text{t}\cdot\text{小组}^{-1}$)	交流滤波器场每小组构架工程量	20~33
电缆沟道 ($\text{m}\cdot\text{m}^{-2}$)	围墙内每平方米面积电缆沟长度	0.03~0.04
站区道路 ($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$)	围墙内每平方米面积站区道路面积	0.2~0.3
电缆桥架 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$)	单位长度电缆分摊电缆桥架用量	0.2~0.3
电缆支、吊架 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$)	单位长度电缆沟的电缆支架工程量	19~23
接地钢材 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	围墙内每平方米面积主地网材料工程量	0.2~0.3

等基础处理措施,导致建筑工程费增加约9300万元。

5 结论

从总体投资水平看,±800 kV (5 GW级)换流站的总投资从最初建设约48亿元/站至最近建设约33亿元/站,投资呈明显下降趋势,单位容量造价指标在65万元/MW~97万元/MW之间。楚雄站和穗东直流设备全部采用进口,指标高出全部国产化指标约32%。同一直流工程,送端换流站比受端换流站高6%~17%。

从工程造价构成看,±800 kV换流站造价构成比例从高到低依次为设备购置费74%,其它费用12%,建筑工程费10%,安装工程费4%。其中安装工程费和其他费用占比相对稳定,设备购置费占比下降,建筑工程费占比上升。设备购置费中,换流阀、换流变、直流场设备、平波电抗器、交流滤波器和直流控制及保护系统约占换流站投资的70%,除平波电抗器价格较为平稳外,其他设备价格均有不同程度的下降,尤其是国产化后,换流阀、直流场、低端换流变等关键设备下降幅度超30%,反映出特高压技术进步和生产力的不断提高。建筑工程费中,阀厅体积的大小、配电装置场的设计及地基

处理等对建筑工程费的影响较大,且呈逐步增加的趋势。

总体来看,随着换流站设备的成熟,占换流站总投资最大比例的设备购置费将不断下降,建筑工程费用将呈现一定的上升趋势,但总体投资水平在一段时间内仍将保持下降的趋势。

参考文献:

- [1] 董剑敏,关前锋,库陶菲,等.南方电网西电东送高压直流输电工程造价分析研究报告[R].广州:中国南方电网公司超高压输电公司,中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司,2019.
DONG J M, GUAN Q F, KU T F, et al. Research report on cost analysis of HVDC transmission project of China Southern Power Grid [R]. Guangzhou: China Southern Power Grid EHV Power Transmission Company, China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., 2019
- [2] 李园园,张平郎.±800 kV特高压直流输电线路工程造价结构及投资水平分析[J].电网技术,2011,35(2):21-25.
LI Y Y, ZHANG P L. Analysis on cost and investment level of ±800 kV UHVDC transmission projects [J]. Power System Technology, 2011, 35(2): 21-25.
- [3] 国家能源局.电网工程建设预算编制与计算规定(2013年版)[M].北京:中国电力出版社,2013.
National Energy Administration. Regulations for cost estimation for power grid projects (The 2013 edition) [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2013.

- [4] 刘士李,朱晓虎,陈付雷,等.基于层次分析法的变电站工程造价关键指标分析[J].工程管理学报,2016,30(6),129-133.
LIU S L, ZHU X H, CHEN F L, et al. Critical factors for cost management of power grid projects based on analytic hierarchy process [J]. Journal of Engineering Management, 2016, 30(6), 129-133.

作者简介:



申安

申安(通信作者)

1979-,男,湖南邵东人,中国南方电网有限责任公司超高压输电公司,工程师,工商管理硕士,主要从事工程投资管理、造价控制等方面的工作(e-mail)shenan@ehv.csg.cn。

董剑敏

1973-,男,广东茂名人,中国能源建设集团广东省电力设计研究院,高级经济师,注册造价师,学士,主要从事电网工程造价、技术经济咨询管理的工作(e-mail)dongjianmin@gedi.com.cn。

李露阳

1979-,男,湖北宜昌人,中国南方电网有限责任公司超高压输电公司,经济师,硕士,主要从事工程建设项目管理及技术经济管理方面工作(e-mail)liluyang@ehv.csg.cn。

(责任编辑 李辉)



换流站鸟瞰图