

电驱压气站的力调电费平衡 分析与探讨

杨焜¹ 刘卉圻¹ 吕玲² 杨泞桢¹

1. 中国石油工程建设有限公司西南分公司, 四川 成都 610041;

2. 中国石油西南管道公司, 四川 成都 610041

摘要:根据力调电费计收办法,以某长输管道三座电驱压气站为例,分析各站力调电费实际缴纳情况及产生原因;基于关口计量点实际抄表数据,分析不同负载情况下的功率因数。借鉴相关项目经验,预测维持功率因数不低于 0.90 的各种负荷及电费情况,估算避免力调电费的平衡点。结合输气工艺分析,确定压缩机起机方案或者设置专用无功补偿装置,最后提出暂停 110 kV 电源并采用 10 kV 作为临时电源的建议。相关分析方法为其他管道工程电驱压气站的无功平衡研究与应用提供了可行的工程方法。

关键词:力调电费;功率因数;无功平衡;电驱站

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2019.06.017

Analysis and Discussion on Power Factor Regulating Tariff of Motor-Compressor Station

Yang Kun¹, Liu Huiqi¹, Lü Ling², Yang Ninghui¹

1. China Petroleum Engineering & Construction Corp. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610041, China;

2. PetroChina Southwest Pipeline Company, Chengdu, Sichuan, 610041, China

Abstract: According to power factor regulating tariff charging method, and taking three motor-compressor stations of a gas pipeline as an example, the practices and reasons of power factor regulating tariff for each station are analyzed. In view of metering data at trade settlement point, the power factors on various loads are obtained. Drawing lessons from experiences of other projects, we estimate the active power and cost which can ensure the power factor to maintain at 0.90 and above, without additional power factor regulating tariff. Combined with process analysis, the compressor enablement solution or install reactive power compensation equipment have been defined, and we finally suggest suspending 110 kV and using 10 kV as temporary power solutions. The method provides feasible engineering method for the studies and applications of reactive power balance in other gas pipeline motor-compressor stations.

Keywords: Power factor regulating tariff; Power factor; Reactive power balance; Motor-compressor station

收稿日期:2019-06-11

基金项目:中国石油天然气集团公司重点工程项目“中贵线电驱压气站供电系统运行适应性分析”(S 2017003 B)

作者简介:杨焜(1982-),男,重庆人,注册电气(供配电)工程师,硕士,主要从事油气行业电力系统设计工作。

0 前言

随着我国电网架构及供电能力的不断完善提高,采用大型电动机驱动压缩机已逐渐替代传统燃气轮机驱动方式,在天然气长输管道压气站中得到广泛的应用。

电驱压气站均为大工业用电^[1],总电费由电度电费、基本电费和力调电费三部分组成。其中力调电费执行原水利电力部、国家物价局《关于颁发〈功率因数调整电费办法〉的通知》(水电财字[1983]215号)^[2],按用户每月实用有功电量和无功电量,计算月平均功率因数,以0.90为标准值,高于或低于规定标准时,在按照规定的电价计算出其当月电费后,再按照“功率因数调整电费表”所规定的百分数增减电费^[3]。

$$PFR = (P + C) \times (\pm K) \quad (1)$$

式中: PFR 为力调电费,元; P 为电度电费,元; C 为基本电费,元; K 为力调系数(功率因数调整率),按照月平均功率因数对应增减电费百分数。

受上游来气与下游需求影响,同时由于部分长输管道定位为联络与调峰功能,在管道运行输量未达到设计值的情况下,电驱压气站可能出现机组全停的工况,仅承担过滤、分离、计量与分输等功能,变电站长期处于低负荷运行状况。

电驱压气站双回110 kV电源供电线路较长,线路的对地电容电流会产生大量容性无功功率,也称为充电功率。压气站机组停运时,受线路对地电容电流影响,上级电源关口计量点的无功功率大于有功负载,用户与供电部门的计量交接点——关口点功率因数基本远小于0.90,进而产生力调电费(功率因数调整电费),导致单位输量的运行费用陡增。油气管道企业用电成本约占日常运行成本的50%以上,是最主要的成本构成因素^[4],开展力调电费平衡专项研究对于油气管道企业降本增效具有重要的现实意义。

本文以某长输管道三座电驱压气站为例,简要分析各站力调电费缴纳情况,通过关口计量点抄表数据分析各站在不同负载情况下的功率因数;借鉴西南成品油管道开泵优化方案^[5]与长呼原油管道节能优化方案^[6]的经验,分析压缩机组启用方案,估算避免力调电费的平衡点,并提出应对措施,为管道工程电驱压气站无功平衡提供解决方案。

1 电费分析

三座电驱压气站2016年10月~2017年2月力调电费缴纳情况见表1。

由表1可见,力调电费占总电费的比例最高达59%。在压气站机组全停情况下,虽然站内采取无功补偿保证10 kV进线处功率因数在0.95以上^[7],但供电线

路上的容性无功功率占有较大比例,使得计量关口处的功率因数仍低于0.90。

表1 力调电费缴纳情况表

站场	时间	功率因数	力调电费 / 万元	总电费 / 万元	占比 / (%)
甲	2016-10	0.66	1.201 9	15.007 2	8
	2016-11	0.77	8.661 5	146.029 2	6
	2016-12	0.99	-1.890 3	274.781 9	—
	2017-01	0.96	-1.017 7	141.825 3	—
	2017-02	0.40	60.935 1	155.546 4	39
乙	2016-10	0.15	148.052 4	277.608 4	53
	2016-11	0.27	67.632 4	142.867	47
	2016-12	0.43	73.263 7	199.628	37
	2017-01	0.16	126.095 5	232.243 4	54
	2017-02	0.12	82.883 6	141.389	59
丙	2016-10	0.95	-1.830 5	263.849 1	—
	2016-12	0.64	21.813 1	155.755 4	14
	2016-12	0.17	79.646 6	153.501 7	52
	2017-01	0.20	76.005 5	150.535 9	50
	2017-02	0.27	61.921	129.966	48

注:甲站2016年10月按一般工商业用电收费。

按照功率因数调整电费表,当月平均功率因数达到0.90就能避免力调电费,超过0.90就能根据比例减收部分电费,功率因数超过0.95以上就能享受最大比例的力调电费优惠^[8]。功率因数每降低0.01,月电费增加0.5%,如果功率因数低于0.64,则每降低0.01,月电费增加2%^[9]。当功率因数低于0.23时,力调系数将大于1,造成总电费成倍增加。

2 功率分析

线路的充电功率与线路的线间电容、运行电压的平方成正比,且由于电缆线路和架空线路在材料、物理结构以及敷设方式等方面存在很大差异,电缆具有较大的线间电容,远大于架空线路所产生的充电无功功率^[10-11]。根据运行经验数据,110 kV架空线路的充电功率为0.034 Mvar/km,110 kV电缆线路的充电功率为架空线路的31.5倍^[12]。

根据各站投产运行以来实际的耗电量,预测各站不同负载情况下的功率因数。电力线路充电无功功率随着负载有功功率动态变化,当负载电流增加时,线路之间的互感相应增强,负载的感性无功抵消了一部分的线路容性无功,计量点无功功率相应下降^[13]。

甲站根据2016年10月11日至2017年2月19日关口计量点每24 h电度抄表数据,分析日平均有功功率与功率因数相对关系,见图1。可以预测甲站在关口点满足日平均负载1 000 kW以上即可确保月平均功率因数0.90。

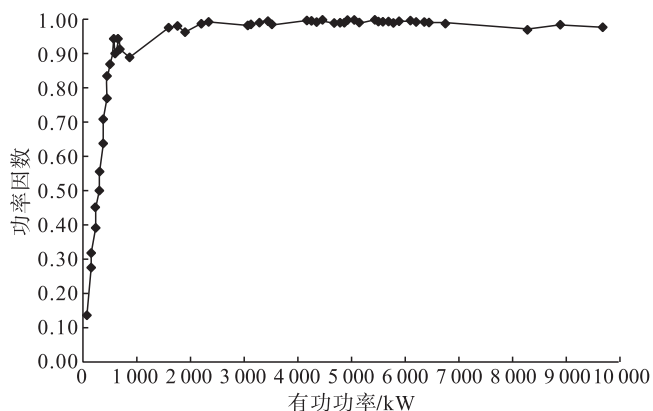


图 1 甲站有功功率 - 功率因数图

乙站根据 2016 年 11 月 4 日至 2017 年 1 月 12 日关口计量点每 15 min 有功功率与功率因数抄表数据,分析其相对关系,见图 2。尽管乙站缺乏 1 000 ~ 4 000 kW 的运行数据,但鉴于其与丙站投运线路长度相差不大,因此可以预测乙站在关口点满足日平均负载 2 000 kW 以上即可确保功率因数 0.90。

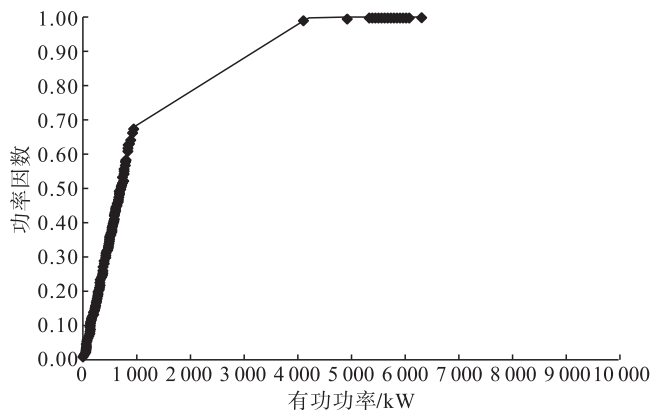


图 2 乙站有功功率 - 功率因数图

丙站根据 2016 年 10 月 1 日至 2017 年 1 月 30 日关口计量点每 24 h 电度抄表数据,分析日平均有功功率与功率因数相对关系,见图 3。可以预测丙站在关口点满足日平均负载 2 000 kW 以上即可确保功率因数 0.90。

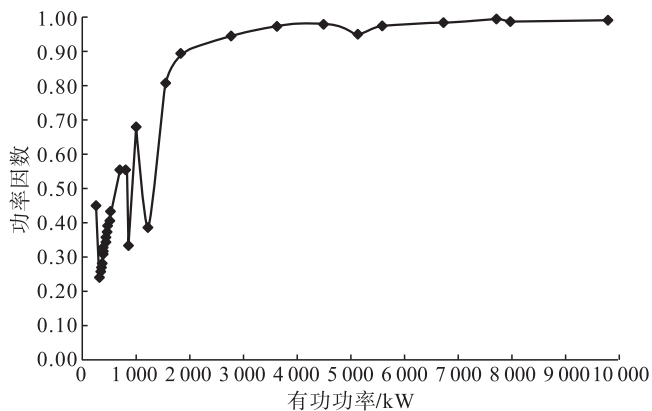


图 3 丙站有功功率 - 功率因数图

在用电负荷接近的情况下,甲站电力线路较短,线路无功功率相对较小,因此平衡点功率相对较低。

3 平衡分析

承担联络功能的管道,具有反向输送功能,多种气源相互调配,各种台阶输量工况交替呈现。根据未来两年的输气工艺分析预测,不论正输还是反输情况,输量需求仍无法达到压缩机组起机的最低要求,各电驱压气站实际运行负荷仅有几百千瓦,关口点功率因数偏低进而产生力调电费的问题仍然存在。

用户可通过以下方法提高功率因数:

其一,合理安排低输量管道沿线各站场电驱设备起机计划及变压器备用,以安全和经济为目标对油气管道运行工艺进行优化,合理安排生产计划,增加部分站场用电设备的用电负荷和起机时长;其二,对功率因数偏低的站场加装无功补偿装置,如并联电抗器、SVC 静止无功补偿装置(Static Var Compensator)及 SVG 静止无功发生装置(Static Var Generator)^[14-16];其三,选取合理的用电设备,使电机负荷率达到额定容量的 70% 以上^[17]。

按照前述有功功率与功率因数关系分析,通过压缩机的短时起机增加站内用电负荷以提高月平均功率因数是一种电驱压气站常见的无功平衡措施,但仍需兼顾起机所增加的电度电费、输气量等情况开展进一步分析确定。

因此假设站内负荷相对稳定的情况下,以关口计量点月平均功率因数 0.90 为平衡点,论证不同功率条件下的电费情况,并论证与之匹配的工艺运行情况,对压气站机组运行提出可实施的方案。

3.1 甲站

甲站以 1 000 kW 为起点、6 000 kW 为终点、每 500 kW 递加,计算各种工况下的运行电费,不起压缩机时按关口点功率 293 kW、功率因数 0.55 考虑,起机、停机与电费情况见表 2。

表 2 甲站起机、停机与电费情况表

起机运行		停机运行		运行电费 / 万元
有功功率 / kW	运行天数 / d	有功功率 / kW	运行天数 / d	
0	0	293	30	130
1 000	30	293	0	118
1 500	16	293	14	117
2 000	13	293	17	119
2 500	10	293	20	119
3 000	9	293	21	121
3 500	8	293	22	122
4 000	7	293	23	122
4 500	6	293	24	122
5 000	5	293	25	120
5 500	5	293	25	123
6 000	5	293	25	125

按照压缩机调速范围内的65%额定转速(最低值)论证工艺运行条件,平衡预测结果如下:

1)正输工况下一台机组以5 350 kW轴功率、全站5 500 kW运行5 d、停25 d,可确保全站月平均功率因数0.90。

2)反输工况下一台机组以3 408 kW轴功率、全站4 000 kW运行7 d、停23 d,可确保全站月平均功率因数0.90。

停机与起机情况下的各部分电费及输气量增加情况见表3,短时起机所增加的电度电费与停机时计收的力调电费基本一致,正输时月输气量增加约 $2\,700 \times 10^4 \text{ m}^3$,反输时月输气量增加约 $2\,900 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

表3 甲站平衡预测各部分电费与输气量增加情况表

运行工况	电度电费 / 万元	基本电费 / 万元	力调电费 / 万元	合计电费 / 万元	月增加输气量 / 10^4 m^3
全站停机 (起0 d,停30 d)	8	88	34	130	0
正输起1台65% (起5 d,停25 d)	35	88	0	123	2 772
反输起1台65% (起7 d,停23 d)	34	88	0	122	2 955

3.2 乙站

乙站以2 000 kW为起点、6 000 kW为终点、每500 kW递加,计算各种工况下的运行电费,不起压缩机时按关口点功率299 kW、功率因数0.23考虑,起机、停机与电费情况见表4。

表4 乙站起机、停机与电费情况表

起机运行		停机运行		运行电费 / 万元
有功功率 / kW	运行天数 / d	有功功率 / kW	运行天数 / d	
0	0	299	30	150
2 000	30	299	0	143
2 500	26	299	4	151
3 000	24	299	6	161
3 500	21	299	9	164
4 000	19	299	11	168
4 500	16	299	14	164
5 000	14	299	16	162
5 500	12	299	18	157
6 000	11	299	19	158

按照压缩机调速范围内的65%额定转速(最低值)论证工艺运行条件,平衡预测结果如下:

1)正输工况下一台机组以4 520 kW轴功率、全站5 000 kW运行14 d、停16 d,可确保全站月平均功率因数0.90。

2)反输工况下一台机组以3 817 kW轴功率、全站4 000 kW运行19 d、停11 d,可确保全站月平均功率因数0.90。

停机与起机情况下的各部分电费及输气量增加情况见表5,短时起机所节约的力调电费尚不足以抵消增加的电度电费,正输时月输气量增加约 $4\,300 \times 10^4 \text{ m}^3$,反输时月输气量增加约 $5\,100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

表5 乙站平衡预测各部分电费与输气量增加情况表

运行工况	电度电费 / 万元	基本电费 / 万元	力调电费 / 万元	合计电费 / 万元	月增加输气量 / 10^4 m^3
全站停机 (起0 d,停30 d)	12	64	74	150	0
正输起1台65% (起14 d,停16 d)	98	64	0	162	4 394
反输起1台65% (起19 d,停11 d)	104	64	0	168	5 124

3.3 丙站

丙站以2 000 kW为起点、6 000 kW为终点、每500 kW递加,计算各种工况下的运行电费,不起压缩机时按关口点功率450 kW、功率因数0.33考虑,起机、停机与电费情况见表6。

表6 丙站起机、停机与电费情况表

起机运行		停机运行		运行电费 / 万元
有功功率 / kW	运行天数 / d	有功功率 / kW	运行天数 / d	
0	0	450	30	130
2 000	30	450	0	155
2 500	25	450	5	163
3 000	22	450	8	172
3 500	18	450	12	170
4 000	15	450	15	167
4 500	15	450	15	180
5 000	13	450	17	177
5 500	13	450	17	188
6 000	12	450	18	190

按照压缩机调速范围内的65%额定转速(最低值)论证工艺运行条件,平衡预测在正输工况下,一台机组以3 660 kW轴功率、全站4 000 kW运行15 d、停15 d,可确保全站月平均功率因数0.90,该站无反输工况。

停机与起机情况下的各部分电费及输气量增加情况见表7,短时起机所节约的力调电费尚不足以抵消增加的电度电费,月输气量增加约 $3\,500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

压缩机的短时起机运行虽然大幅增加输气量,但是所节约的力调电费尚不足以抵消增加的电度电费,或者两者基本一致。

表 7 丙站平衡预测各部分电费与输气量增加情况表

运行工况	电度电费 / 万元	基本电费 / 万元	力调电费 / 万元	合计电费 / 万元	月增加输气量 / 10^4 m^3
全站停机 (起 0 d, 停 30 d)	23	50	57	130	0
正输起 1 台 65% (起 15 d, 停 15 d)	117	50	0	167	3 575

注:丙站无反输工况。

从供电系统运行角度出发,可考虑临时报停 110 kV 电源,并采用 10 kV 电源供电的方式。按照《国家发展改革委办公厅关于完善两部制电价用户基本电价执行方式的通知》(发改办价格[2016]1583 号)^[18],取消了《供电营业规则》中电力用户一年内只能申请两次暂停的要求,为该方式的有效实施提供了有利保证^[19-20]。

4 结论

电驱压气站在机组全停情况下,通过压缩机短时起机以实现力调电费平衡的措施,实质为一种被动无功平衡措施。通过平衡分析可知,由于供电线路参数、负荷需求差异,各功率条件与电费呈现不规则的对应关系,实际增加的电度电费可能大于节约的力调电费。因此,对于电驱压气站的无功平衡建议如下:

1) 以工艺分析为基础,统筹考虑输气量、功率与电费,本质上最终决定短时起机方案是否可行的是增加的输气量下游能否接受,如果能够接受,输气量增加所增收的管输费远大于增加的电度电费,即收益大于成本;如果不能接受,则该方案不可行。站内循环不外输的方式即使能够解决无功平衡,但输气量不增加、运行成本增加,且影响机组使用寿命,不推荐采用。

2) 在短时起机方案不可行的情况下,考虑采取容性无功补偿措施,对于用户变电站以静止无功补偿为主。在设计阶段,应详细分析机组运行方式,在明确预知存在机组全停工况时,可考虑在变频驱动装置中增加 SVG 无功补偿功能,以节省投资及占地。

3) 电驱压气站通常分期建设,压缩机组投产前期均建有 10 kV 临时外电,随着国家电价执行方式的进一步完善,在全站停机时间可预知的情况下,电驱压气站可以申请 110 kV 电源暂停,采用 10 kV 电源供电的方式,以进一步降低力调电费。同时,也可考虑利用容性无功功率补偿站内感性无功,以进一步降低投资。

通过综合分析,本文案例中甲站采用短时起机方案,乙站与丙站采用 SVG 无功发生装置,均取得良好运行效果。

参考文献:

- [1] 国家发展和改革委员会. 国家发展改革委关于调整销售电价分类结构有关问题的通知:发改价格[2013]973 号[EB/OL]. [2019-06-02]. http://www.ndrc.gov.cn/zfwzx/zfdj/jggg/201306/t20130609_545127.html, 2013-05-24.
National Development and Reform Commission. Notice of the National Development and Reform Commission on Issues Related to the Adjustment of the Classification Structure of Electricity Sales Price: Development and Reform Price [2013]No. 973[EB/OL]. [2019-06-02]. http://www.ndrc.gov.cn/zfwzx/zfdj/jggg/201306/t20130609_545127.html, 2013-05-24.
- [2] 水利电力部,国家物价局. 关于颁发《功率因数调整电费办法》的通知:水电财字[1983]215[EB/OL]. [2019-06-02]. <https://wenku.baidu.com/view/4848296a561252d380eb6ea7.html>, 1983-12-02.
Ministry of Water Resources and Electricity, State Price Bureau. Circular on the Issue of Measures for Power Factor Adjustment of Electricity Fees: Hydropower Finance [1983] No. 215 [EB/OL]. [2019-06-02]. <https://wenku.baidu.com/view/4848296a561252d380eb6ea7.html>, 1983-12-02.
- [3] 杜 玮. 浅谈大电力客户如何合理降低电费成本[J]. 宁夏电力, 2010(增刊):251-255.
Du Wei. Discussion on How to Reduce Electricity Cost for Large Power Customers Reasonably [J]. Ningxia Electric Power, 2010 (Suppl): 251-255.
- [4] 吴丽丽,方学民,刘振方,等. 油气管道公司用电成本优化控制策略研究[J]. 中国石油大学学报(社会科学版), 2018, 34(3):8-14.
Wu Lili, Fang Xuemin, Liu Zhenfang, et al. Optimization Control Strategy of Electricity Cost in Oil and Gas Pipeline Companies [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Social Sciences), 2018, 34 (3): 8-14.
- [5] 杨 雪,吴先策,纪荣亮. 西南成品油管道泵站优化运行[J]. 油气储运, 2011, 30(3):196-199.
Yang Xue, Wu Xiance, Ji Rongliang. The Optimization Operation of Pump Stations in Southwest Products Pipeline [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2011, 30 (3): 196-199.
- [6] 左丽丽,曾春雷,姜 勇,等. 长呼原油管道月度节能优化方案[J]. 油气储运, 2015, 34(5):515-518.
Zuo Lili, Zeng Chunlei, Jiang Yong, et al. Program for Optimization of Monthly Energy Preservation in the Changqing-Hohhot Crude Oil Pipeline [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2015, 34 (5): 515-518.
- [7] 国家电网公司科技部. 电力系统无功补偿配置技术原则:

- Q/GDW 212 - 2008 [S]. 北京: 国家电网公司科技部, 2008.
- Science and Technology Department of State Grid Corporation of China. Technical Regulation for Configuring Reactive Power Compensation Equipment of Power System: Q/GDW212 - 2008 [S]. Beijing: Science and Technology Department of State Grid Corporation of China, 2008.
- [8] 王玲玲, 宋 轶, 彭惟勇, 等. 供配电系统无功补偿对船企节能降耗的作用[J]. 设备管理与维修, 2019(4): 189 - 191.
- Wang Lingling, Song Yi, Peng Weiyong, et al. Effect of Reactive Power Compensation in Power Distribution System on the Energy Saving and Consumption Reduction of Shipbuilding Company [J]. Plant Maintenance Engineering, 2019 (4): 189 - 191.
- [9] 王其营. 用电政策调整后的电价分析及降低用电成本的措施[J]. 橡塑技术与装备, 2018, 44(3): 50 - 54.
- Wang Qiyang. Electricity Price Analysis After Electricity Adjustment Policy and Measures to Reduce Electricity Cost [J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2018, 44 (3): 50 - 54.
- [10] 车仁青, 刘凌波, 宗占谊, 等. 电缆线路对 110 kV 变电站无功补偿设计计算的影响[J]. 电力电容器与无功补偿, 2011, 32(1): 13 - 15.
- Che Renqing, Liu Lingbo, Zong Zhanyi, et al. Influence of Cable Lines to Reactive Power Compensation Design Calculation of 110 kV Substation [J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2011, 32 (1): 13 - 15.
- [11] 陈小红. 线路充电功率对变电站无功补偿影响的实例分析[J]. 电工技术, 2015(11): 13 - 14.
- Chen Xiaohong. Case Study on the Effect of Line Charging Power on Substation Reactive Power Compensation [J]. Electrical Engineering, 2015 (11): 13 - 14.
- [12] 张宏伟, 朱建华, 陈 宁, 等. 110 kV 电缆和架空线路用户无功补偿配置的方法研究和分析[J]. 发电与空调, 2016, 37(2): 36 - 39.
- Zhang Hongwei, Zhu Jianhua, Chen Ning, et al. Analysis and Countermeasures for Reactive Power Compensation Design Calculation in Power Systems Consisting of 110 kV Overhead Line and Cable [J]. Power Generation & Air Condition, 2016, 37 (2): 36 - 39.
- [13] 文 滔, 卢晓东, 高早晨. 输油泵站 110 kV 供电系统功率因数改善分析[J]. 油气储运, 2013, 32(6): 661 - 665.
- Wen Tao, Lu Xiaodong, Gao Zaochen. Analysis on Power Factor Improvement of the 110 kV Power Supply System in Pump Station [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2013, 32 (6): 661 - 665.
- [14] 李 勇, 程汉湘, 方伟明, 等. 无功补偿装置在电力系统的应用综述[J]. 广东电力, 2016, 29(5): 77 - 81.
- Li Yong, Cheng Hanxiang, Fang Weiming, et al. Review on Application of Reactive Power Compensation Device in Power System [J]. Guangdong Electrical Power, 2016, 29 (5): 77 - 81.
- [15] 林 森, 彭 晶, 李 岩, 等. SVG 补偿技术在天然气管线压气站上的应用[J]. 油气田地面工程, 2016, 35(8): 82 - 84.
- Lin Sen, Peng Jing, Li Yan, et al. SVG Compensation Technology in the Application of Natural Gas Pipeline Compressor Station [J]. Oil-Gas Field Surface Engineering, 2016, 35 (8): 82 - 84.
- [16] 蔡 青, 蔡亭艳. 青海油田输油管理处 110 kV 花格线无功功率补偿改善研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014, 34(8): 88 - 89.
- Cai Qing, Cai Tingyan. Research on the Improvement of 110 kV Grid Line Reactive Power Compensation at Oil Pipeline of Qinghai Oilfield [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2014, 34 (8): 88 - 89.
- [17] 杨 瑞, 王 伟, 彭 良, 等. 电改环境下油气管道企业用电成本管控研究[J]. 科技和产业, 2019, 19(3): 90 - 94.
- Yang Rui, Wang Wei, Peng Liang, et al. Research on Electricity Cost Control for Oil & Gas Pipeline Enterprises Under the Environment of Electricity Reform [J]. Science Technology and Industry, 2019, 19 (3): 90 - 94.
- [18] 国家发展和改革委员会. 国家发展改革委办公厅关于完善两部制电价用户基本电价执行方式的通知: 发改办价格[2016]1583 号 [EB/OL]. [2019 - 06 - 02]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201607/t20160706_810665.html, 2016 - 06 - 30.
- National Development and Reform Commission. Notice of the General Office of the National Development and Reform Commission on Perfecting the Basic Price Execution Mode for Two-part Price Users: Development and Reform Price [2016] No. 1583 [EB/OL]. [2019 - 06 - 02]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201607/t20160706_810665.html, 2016 - 06 - 30.
- [19] 张 波. 专用线路用户无功补偿的效益分析[J]. 电气技术, 2013 (8): 92 - 95.
- Zhang Bo. Benefit Analysis of Reactive Power Compensation in Special Line Users [J]. Electrical Engineering, 2013 (8): 92 - 95.
- [20] 张 涛. 云南斯派尔煤矿精细化无功补偿装置方案分析[J]. 山东煤炭科技, 2015(8): 106 - 108.
- Zhang Tao. Scheme Analysis of the Fine Reactive Power Compensation Device in Yunnan Sipai Coal Mine [J]. Shandong Coal Science and Technology, 2015 (8): 106 - 108.