

# 新疆巴州开都河流域水电送出线路降损方案研究

贾中义 张东明 王震 赵永刚 陈晓亮 左晓亮  
(国网新疆电力有限公司巴州供电公司 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:**针对巴州开都河流域水电送出线路长期高损问题,根据巴州电网规划并结合巴州地区电网网架情况,以降低水电送出线路线损电量为目标,采用电力系统综合分析程序对开都河流域水电送出情况进行计算分析,所提出送出线路降损方案。应用结果表明,所提出的方案有效解决了开都河流域水电送出线路高损问题,同时降低了巴州电网主网线损率,达到了节能降损的目的,提高了公司的经济效益。

**关键词:**水电送出;高损;线损电量;降损

中图分类号:TM714 文献标志码:A 文章编号:1003-6954(2019)06-0046-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2019.06.010

## Research on Loss Reduction Scheme of Hydropower Transmission Line in Kaidu River Basin of Bazhou in Xinjiang

Jia Zhongyi, Zhang Dongming, Wang Zhen, Zhao Yonggang, Chen Xiaoliang, Zuo Xiaoliang  
(Bazhou Power Supply Company, State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd.,  
Korla 841000, Xinjiang, China)

**Abstract:** Aiming at the long-term high loss problem of hydropower transmission lines in Kaidu river basin of Bazhou and according to the planning of Bazhou power grid and the grid structure of Bazhou area, the hydropower delivery situation in Kaidu river basin is calculated and analyzed with power system analysis software package (PSASP) taking reducing line loss of hydropower transmission lines as the target, and loss reduction scheme for transmission line is proposed. The application results show that the proposed scheme effectively solves the problem of high loss of hydropower transmission lines in Kaidu river basin and reduces the line loss rate of main network of Bazhou power grid, which achieves the purpose of energy saving and loss reduction, and improves the economic benefits of the company.

**Key words:** hydropower delivery; high loss; line loss power; loss reduction

## 0 前言

近年来,随着中国电网规模的不断扩大和电能消耗量越来越大,出现部分电力资源的浪费,这给电力企业造成了一定的经济损失。目前国家大力倡导建设资源节约型、环境友好型社会,降低输电线路损耗将是电网发展的必然之路,减少电力资源的浪费,也将会提升电力企业的经营效益,减少电力资源的浪费。

巴州开都河流域水资源丰富,目前该流域已建立6座110 kV水电站,水电送出线路以110 kV线路为主且送出线路较长,同时该区域远离负荷中心,出力全部通过110 kV线路上送至220 kV红帆变电

站,导致3条水电送出线路长年高损,影响相应分线合格率指标,且造成巴州电网110 kV分压线损率偏高。因此如何降低3条水电送出线路线损率、降低110 kV分压线损率,将是提高经营效益、节能降损面临的重要难题。

下面主要基于电网发展现状、片区负荷发展等情况,针对巴州电网网架规划,提出巴州开都河流域水电送出线路降损方案,并对降损方案进行安全、经济校验。

## 1 影响输电线路线损的因素

### 1.1 线路电流对线损的影响

线路可变损耗与电流有关,在电阻不变的情况

下,流经线路的电流越大,则导致线路损耗就越大。线路线损电量与电流关系为

$$\Delta P = I^2 R \quad (1)$$

式中:  $\Delta P$  为线路电阻损耗;  $I$  为流过线路电阻的电流;  $R$  为线路的电阻值。

### 1.2 系统电压对线损的影响

在传输功率一定情况下,系统电压等级越高,电流越小,在线路电阻不变的情况下,导线损耗就越小。线路线损电量与电压关系为

$$\Delta P = U^2 / R \quad (2)$$

式中,  $U$  为线路首端的电压。

### 1.3 线路电阻对线损的影响

由式(1)可知,在流经电流一定情况下,线路电阻越大,导线损耗就越大。

输电线路的损耗主要由线路电阻所引起,而影响电阻大小的因素有3个:材料、长度和横截面积。不同的导线材料具有不同的电阻率,在同种材料下,导线长度越长,截面积越小,则导线电阻越大<sup>[1-2]</sup>。

## 2 开都河流域水电送出现状

### 2.1 开都河流域网架结构情况

目前巴州开都河流域已建成110 kV水电站6座,分别为:110 kV大山口一级水电站,装机容量100 MW;110 kV大山口二级水电站装机容量60 MW;小山口一级水电站,装机容量49.5 MW;小山口二级水电站,装机容量49.5 MW;小山口三级水电站,装机容量49.5 MW;110 kV哈尔莫墩水电站,装机容量15 MW。水电配套送出线路共计4回,其余为厂间联络线路。2019年巴州开都河流域网架现状如图1所示。

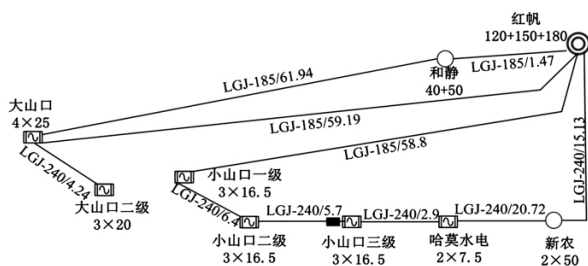


图1 2019年巴州开都河流域网架现状

运行方式说明:110 kV山帆线、山静线、静帆线三角环网运行,110 kV一帆线运行带110 kV小山口一二级水电站,110 kV莫农线运行带110 kV小山口三级水电站、哈尔莫墩水电站。

### 2.2 开都河流域水电送出线路线损情况

巴州开都河流域水电送出线路110 kV山帆线、山静线、一帆线线路较长,均在60 km左右。且该区域水电出力较大,造成线路负载率较大,导致110 kV山帆线、山静线、一帆线线路高损,见表1至表4。

表1 110 kV山帆线近3年线路线损率

年度	输入电量 /10 <sup>4</sup> kWh	线损电量 /10 <sup>4</sup> kWh	线损率 /%
2016	34 980.97	1 313.71	3.76
2017	35 461.18	1 329.28	3.75
2018	35 009.39	1 221.68	3.49

表2 110 kV山静线近3年线路线损率

年度	输入电量 /10 <sup>4</sup> kWh	线损电量 /10 <sup>4</sup> kWh	线损率 /%
2016	33 067.32	1 222.32	3.70
2017	34 057.85	1 238.42	3.64
2018	32 562.73	1 224.21	3.76

表3 110 kV一帆线近3年线路线损率

年度	输入电量 /10 <sup>4</sup> kWh	线损电量 /10 <sup>4</sup> kWh	线损率 /%
2016年	51 905.92	2 089.12	4.02
2017年	56 125.62	2 621.07	4.67
2018年	54 400.72	2 470.60	4.54

表4 110 kV莫农线近3年线路线损率

年度	输入电量 /10 <sup>4</sup> kWh	线损电量 /10 <sup>4</sup> kWh	线损率 /%
2016	32 131.70	250.63	0.78
2017	24 951.72	159.69	0.64
2018	27 872.65	209.04	0.75

通过表1至表4可看出110 kV山帆线、山静线、一帆线线路线损率均大于3%,属于高损线路。以上3条线路每年线损电量总和均超过45 GWh,其中2017年3条线路线损电量最高达51.887 7 GWh,占当年110 kV分压线损电量的36.23%,导致110 kV分压线损率偏高。

## 3 巴州开都河流域水电送出线路降损方案

### 3.1 水电送出线路降损方案设想

结合巴州电网近、远期电网规划,根据开都河流域水电项目规划,提出新建220 kV和静变电站、新建开都河流域水电送出线路及开都河流域水电送出线路径改造等相关降损方案<sup>[3-5]</sup>。

### 1) 方案 1 (推荐方案)

新建 220 kV 和静变电站 将 110 kV 山静线、山帆线、一帆线改接至 220 kV 和静变电站 如图 2 所示。

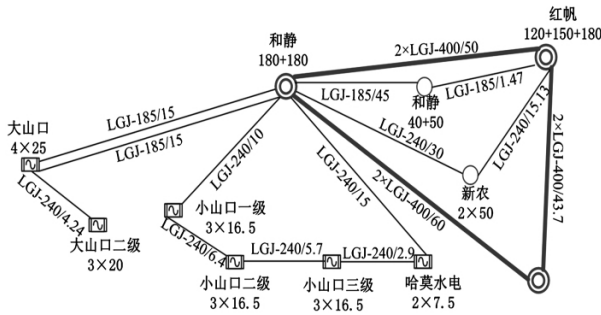


图 2 方案 1 接线

### 2) 方案 2

将新建一回 110 kV 小山口一级水电站—220 kV 红帆变电站的 110 kV 线路,同时新建一回 110 kV 小山口一级水电站—110 kV 大山口二级水电站的 110 kV 线路,如图 3 所示。

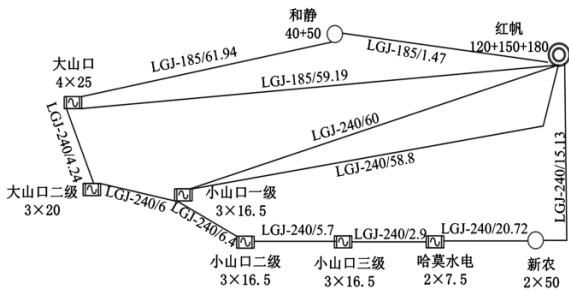


图 3 方案 2 接线

### 3) 方案 3

将 110 kV 山静线、山帆线、一帆线 3 条高损线路导线更换为 LGJ-400 导线,如图 4 所示。

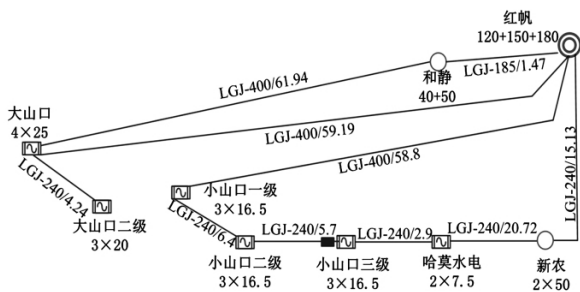


图 4 方案 3 接线

## 3.2 降损方案对比分析

### 3.2.1 潮流计算

计算条件: 1) 基于开都河流域夏季水电大发情况下潮流计算; 2) 国网电力科学研究院《电力系统分析综合程序》

根据潮流计算分析结果得出 3 个方案潮流均

分布较为合理,无过载线路。

方案 1 (见图 5) 实现了开都河流域水电出力就地上送至 220 kV 和静变电站,缩短了 110 kV 水电送出距离,且便于水电送出区域电压调整。方案 2 (见图 6) 将开都河流域水电群形成 110 kV 电压等级环网上送至 220 kV 红帆变电站,降低了水电送出线路负载率。方案 3 (见图 7) 仅更换了开都河流域水电送出线路导线,潮流未发生变化。

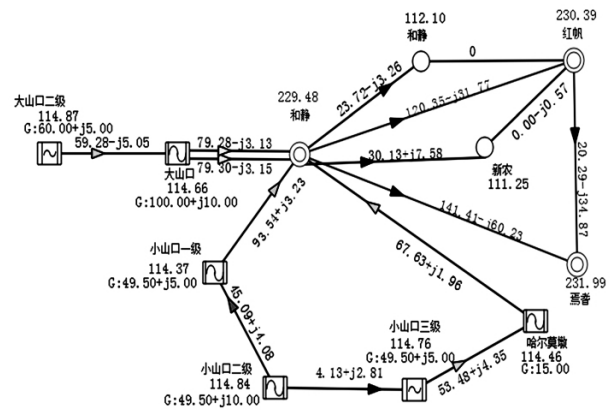


图 5 方案 1 潮流分布

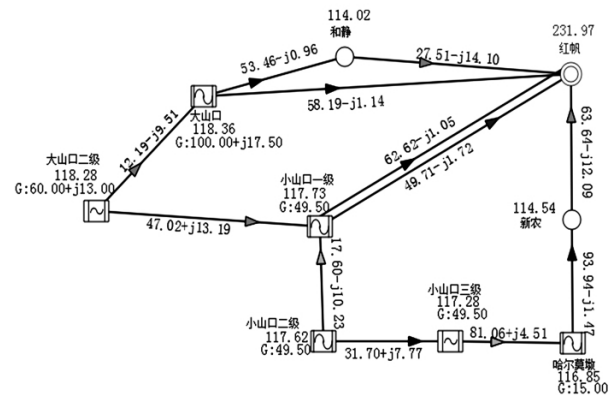


图 6 方案 2 潮流分布

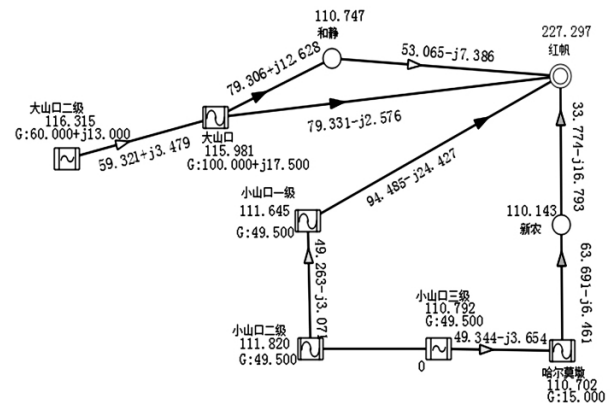


图 7 方案 3 潮流分布

### 3.2.2 网架结构

方案 1 梳理了开都河流域水电送出线路网架结构,形成了以 220 kV 和静变电站为片区的水电送出

网架;方案2形成了开都河流域水电送出线路多个同电压等级环网;方案3网架结构无变化。

### 3.2.3 线路降损结果对比分析

计算条件:1)基于开都河流域年度平均出力;2)国网电力科学院《电力系统分析综合程序》网损分析模块对3个方案进行线路线损计算分析<sup>[6]</sup>。2018年110 kV大山水电站及大山口二级水电站年发电量为 $6.7 \times 10^8$  kWh,小山口一、二级发电量为 $5.44 \times 10^8$  kWh,小山口三级及哈尔莫墩水电站年发电量 $2.78 \times 10^8$  kWh。

方案1水电送出线路线损率大幅下降,线路线损率均低于1%,见表5所示。以2018年开都河流域发电量计算,110 kV水电送出线路年损失电量约 $1.1 \times 10^7$  kWh。考虑本地消纳电量 $4 \times 10^8$  kWh,通过220 kV设备上送电量,220 kV线路损失电量约 $8.0 \times 10^6$  kWh,主变压器损失电量 $3.0 \times 10^6$  kWh。方案1共计年损失电量约 $2.2 \times 10^7$  kWh,较目前电网损失电量减少约 $3.0 \times 10^7$  kWh。方案1主变压器理论线损结果见表6。

表5 方案1线路损耗明细

线路名称	首端场站	末端场站	线损率 /%
山和一线	大山水电站	220 kV 和静变电站	0.90
山和二线	大山水电站	220 kV 和静变电站	0.90
一和线	小山口一级水电站	220 kV 和静变电站	0.52
莫和线	哈尔莫墩水电站	220 kV 和静变电站	0.64
和焉线	220 kV 和静变电站	220 kV 焉耆变电站	0.51
和帆线	220 kV 和静变电站	220 kV 红帆变电站	0.47

表6 方案1主变压器理论线损结果

主变压器名称	线损率 /%
220 kV 和静变电站1号主变压器	0.19
220 kV 和静变电站2号主变压器	0.20

方案2水电送出线路线损率降幅不大,且莫农线线损率有所增加,见表7。以2018年开都河流域发电量计算,水电送出线路年损失电量约 $3.5 \times 10^7$  kWh,较目前电网损失电量减少约 $1.6 \times 10^7$  kWh。

表7 方案2理论线损结果

线路名称	首端场站	末端场站	线损率 /%
山静线	大山水电站	和静变电站	3.084 1
山帆线	大山水电站	红帆变电站	3.182 1
莫农线	哈尔莫墩水电站	新农变电站	1.752 8
一帆线	小山口一级水电站	红帆变电站	2.707 1
一帆二线	小山口一级水电站	红帆变电站	2.707 1

方案3水电送出线路线损率均下降,但一帆线、山帆线、山静线线损率仍较大,见表8。以2018年开都河流域发电量计算,水电送出线路年损失电量约 $3.55 \times 10^7$  kWh,较目前电网损失电量减少约 $1.65 \times 10^7$  kWh。

表8 方案3理论线损结果

线路名称	首端场站	末端场站	线损率 /%
一帆线	小山口一级水电站	红帆变电站	3.2
莫农线	哈尔莫墩水电站	新农变电站	0.7
山帆线	大山水电站	红帆变电站	2.34
山静线	大山水电站	和静变电站	2.38

### 3.2.4 经济性

投资效益对比见表9。

方案1:需新建220 kV变电站1座,扩建2个220 kV间隔,新建220 kV线路2条,共计110 km。110 kV线路改接长度约20 km。预计投资20 000万元。

方案2:新建110 kV线路2回,长度66 km,扩建3个110 kV间隔。预计投资3600万元。

方案3:导线更换长度约180 km,同时需要更换线路杆塔。预计投资11 700万元。

从经济性来看,方案2投资较省,较方案1和方案3省出16 400万元和8100万元。

### 3.2.5 最终推荐方案

根据潮流计算、理论线损计算及经济方面分析,方案2线路降损效果不明显,且方案2形成110 kV环网较多,给电网运行、保护定值匹配带来较多困难,因此不考虑该方案;方案3线路降损效果不明显,未起到网架梳理效果,同时不利于后期开都河流域水电项目建设发展,因此不考虑该方案。

(下转第77页)

线方案研究[D]. 济南: 山东理工大学, 2013.

弧线圈研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.

[19] 陈忠仁, 李占琪. 消弧线圈的自动并联运行及其控制[J]. 高压电器, 2013, 49(6): 72-77.

作者简介:

卢成楠(1991), 变电二次检修中级工, 助理工程师, 长期从事继电保护工作。

[20] 陈竹峰. 自动调谐式消弧线圈控制策略研究[J]. 电力电子技术, 2018(2): 41-43.

(收稿日期: 2019-07-19)

[21] 杨赞超. 基于信号注入法的自动跟踪补偿调容式消

\*\*\*\*\*

(上接第49页)

表9 投资效益对比

方案	方案优点	方案缺点	投资金额/万元	降损电量/10 <sup>4</sup> kWh	效益提升/万元
1	梳理水电群网架架构, 有效降低水电送出线路损率, 同时提高 220 kV 变电站站间互供能力, 可满足后期水电发展	投资较大	20 000	3000	1000
2	投资金额较小	路降损效果不明显, 形成 110 kV 环网较多	3600	1600	480
3	仅对 3 条高损水电送出线路进行线径改造, 投资相对较小	线路降损效果不明显, 未起到网架梳理效果, 无法满足后期水电发展	11 700	1650	550

方案 1 线路降损效果明显, 优化了开都河流域水电送出网架结构, 同时使 220 kV 红帆变电站—220 kV 和静变电站具备较强互供能力, 形成合理的网架结构, 同时有利于后期开都河流域水电项目建设发展。若以年度降损电量  $3.0 \times 10^7$  kWh 计算, 每年将为巴州公司减少效益损失 1000 万元。

3) 针对某流域水电群建设初期, 应结合水电群规划情况, 合理规划 220 kV 变电站布点, 缩短 110 kV 线路半径, 减少因长距离输送造成线路高损问题。

参考文献

[1] 党三磊. 线损与降损措施[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.

[2] 吴安官. 电力系统线损分析与计算[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.

[3] 纪雯. 电力系统设计手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.

[4] 谭永才. 电力系统规划设计技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.

[5] 高海丽, 李黎峰, 刘兴龙, 等. 采用无功补偿方式的技术降损探讨[J]. 云南电力技术, 2018, 46(2): 9-11.

[6] 贺星棋, 唐伟. 四川电网 35 kV 及以上电网降损潜力分析[J]. 四川电力技术, 2019, 42(3): 26-28.

作者简介:

贾中义(1988), 本科, 研究方向电力系统运行分析;  
张东明(1987), 硕士, 研究方向电力系统运行分析。

(收稿日期: 2019-09-30)

虽然方案 1 投资较大, 但从电网发展、节能减排、提升公司效益方面, 方案 1 优于其他方案。因此推荐方案 1。

4 结论及建议

1) 通过新建 220 kV 和静变电站, 有效缩短了开都河流域水电送出线路长度, 同时提高了水电外送线路电压等级, 大大降低了开都河流域水电送出线路损率, 有效解决了开都河流域水电送出线路长期损失电量较大问题, 使巴州电网 110 kV 分压线损率降低 1% 左右, 在分压线损合理区间。

2) 新建 220 kV 和静变电站梳理了开都河流域水电送出线路网架结构, 也提高了 220 kV 红帆变电站互供能力。为后期开都河流域水电开发提供了接入点, 满足了今后电源发展需求。