

# 科拉机水电站装机容量及机组机型的选择

宋建坤, 杜果

(中国水利水电第十工程局有限公司 勘测设计院, 四川 都江堰 611830)

**摘要:**小型水电站装机容量及机组台数的选择十分重要,其不仅直接影响工程建设项目的投资,而且对电站部分功能的有效利用乃至建成后交付使用运行是否经济可靠至关重要。介绍了科拉机水电站装机容量及装机台数比选的过程。

**关键词:**小型水电站;装机容量;装机台数;科拉机水电站;选择

**中图分类号:**TV7;TV72;TV73

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2015)增1-0087-03

## 1 概述

科拉机水电站位于四川省阿坝州马尔康县草登乡境内的科拉机沟流域,为科拉机沟从上至下3级水电开发中的第2级电站。装机2台,总装机容量13 MW,发电引用流量 $6.34 \text{ m}^3/\text{s}$ ,额定水头241 m,多年平均发电量5 774万 kW·h,年发电利用小时数为4 442 h,枯水年枯期平均出力为2.06 MW。

工程区有乡村公路贯通,电站厂房距马尔康县城约90 km,距成都市约400 km,对外交通方便。

科拉机沟位于四川省马尔康县草登乡境内,属大渡河本源脚木足河左岸一级支流,发源于阔拉斯安山北麓,自北向南流经木日阿尔迪、曼谷、加木佐尔、呷秋里,在珠林村下游侧汇入脚木足河。其流域总面积为 $215.4 \text{ km}^2$ ,河道全长21.6 km,总落差846 m,平均比降39.2‰。流域内森林植被良好,草木丛生,人烟稀少,生态保持良好,人类活动对环境及径流的影响甚微。

## 2 装机容量的选择

### 2.1 装机容量的拟定

科拉机水电站为引水式电站,根据水工布置、引水洞线的地质和施工条件,拟定装机容量12 MW、13 MW、14 MW三个方案进行比选。各方案机型均采用混流式,机组台数按2台考虑。

### 2.2 各方案动能经济指标

各装机容量方案的动能经济指标见表1。

### 2.3 装机容量的选择

从表1可以看出:

(1)装机容量从12 MW增加到13 MW,多年

平均年发电量增加160万 kW·h;装机容量从13 MW增加到14 MW,多年平均年发电量增加130万 kW·h,能量指标随装机容量的增加而增幅减小,且增加的均为汛期电量。从能量指标和资源合理利用分析得知,装机容量不宜过大。

(2)从电站静态经济指标看,各方案的单位电能投资基本接近,为2.23元/kW·h左右。从补充单位电能投资看,装机容量由12 MW增大到13 MW时,为1.956元/kW·h,低于方案本身的单位电能投资;装机容量由13 MW增大到14 MW时,补充单位电能投资为2.72元/kW·h,高于方案本身的单位电能投资。因此,从电能利用的经济性考虑,装机容量以13 MW较为合理。

综上所述,从动能经济指标综合分析考虑,本阶段选定科拉机水电站装机容量为13 MW。

## 3 机组机型与台数的选择

### 3.1 机组型式的选择

本电站水头范围为238.44~254.57 m,总装机容量为13 000 kW,单机容量为6 500 kW,根据其水头范围可选择混流式或冲击式水轮机。

混流式水轮机具有单位流量大、转速高、机组体积小、效率高并具有适应水头范围宽、水头利用充分等优势。

冲击式水轮机具有使用水头高、安装高程不受空蚀条件限制、对流量变化不敏感、出力变化时对机组效率影响较小、机组可通过切换喷嘴在低负荷稳定运行等优点,结合当前国内较多的生产厂家及水轮机生产技术,合适且性能优越的转轮型号有CJA237单喷嘴、两喷嘴、四喷嘴和CJA475单喷嘴、两喷嘴、四喷嘴的转轮可供选择。

表 1 科拉机水电站各装机容量方案动能经济比较表

| 项 目        | 单 位               | 方案一       | 方案二      | 方案三       |
|------------|-------------------|-----------|----------|-----------|
| 装机容量       | MW                | 12        | 13       | 14        |
| 装机台数       | 台                 | 2         | 2        | 2         |
| 多年平均年发电量   | 万 kW·h            | 5 614     | 5 774    | 5 904     |
| 装机年利用小时    | h                 | 4 678     | 4 442    | 4 217     |
| 电站引用流量     | m <sup>3</sup> /s | 5.78      | 6.34     | 6.96      |
| 最大水头       | m                 | 254.57    | 254.57   | 254.57    |
| 最小水头       | m                 | 241.2     | 238.44   | 235.09    |
| 全年加权平均水头   | m                 | 249.67    | 249.84   | 248.69    |
| 汛期加权平均水头   | m                 | 245.57    | 245.72   | 243.62    |
| 额定水头       | m                 | 243       | 241      | 238       |
| 机型         |                   | 混流式       | 混流式      | 混流式       |
| 工程静态总投资    | 万元                | 12 519.57 | 12 832.6 | 13 186.22 |
| 单位 kW 投资   | 元/kW              | 10 433    | 9 871    | 9 419     |
| 单位电能投资     | 元/kW·h            | 2.23      | 2.222    | 2.233     |
| 装机容量       | MW                | 1         |          | 1         |
| 多年平均年发电量   | 万 kW·h            | 160       |          | 130       |
| 静态总投资      | 万元                | 313.03    |          | 353.62    |
| 补充单位 kW 投资 | 元/kW              | 3 130     |          | 3 536     |
| 补充单位电能投资   | 元/kW·h            | 1.956     |          | 2.720     |

差  
值

科拉机水电站可能采用的混流式机型、型号见表 2。

表 2 混流式水轮机型式、型号方案比较表

| 方案  | 水轮机型号             | 发电机型号            | 额定转速<br>/r·min <sup>-1</sup> |
|-----|-------------------|------------------|------------------------------|
| I   | HLD54 - WJ - 100  | SFW6500 - 6/2150 | 1 000                        |
| II  | HLA179 - WJ - 105 | SFW6500 - 6/2150 | 1 000                        |
| III | HLA542 - WJ - 100 | SFW6500 - 6/2150 | 1 000                        |

科拉机水电站可能采用的冲击式机型、型号见表 3。

表 3 冲击式水轮机型式、型号方案比较表

| 方案  | 水轮机型号            | 发电机型号            | 额定转速<br>/r·min <sup>-1</sup> |
|-----|------------------|------------------|------------------------------|
| 单喷嘴 | CJA237 - L - 350 | SF6500 - 32/4250 | 187.5                        |
| 两喷嘴 | CJA237 - L - 250 | SF6500 - 24/3250 | 250                          |
| 四喷嘴 | CJA237 - L - 180 | SF6500 - 16/2860 | 375                          |
| 单喷嘴 | CJA475 - L - 310 | SF6500 - 28/3300 | 214.3                        |
| 两喷嘴 | CJA475 - L - 230 | SF6500 - 20/3150 | 300                          |
| 四喷嘴 | CJA475 - L - 150 | SF6500 - 14/2600 | 428.6                        |

从表 2 与表 3 中可以看出,冲击式机组的转轮直径大,机组转速较低,发电机尺寸亦较大,相应的机组较重,造价较高,因此,本电站不宜选用冲击式机组,宜选用混流式机组。

### 3.2 水轮机型号的选择

在表 2 方案 I、II、III 中的转轮直径比较接近,转速和发电机尺寸也是相同的,因此,我们对方案 I、II、III 进行了进一步的计算分析与比较。

根据电站水头、流量和模型转轮的参数,用同样的方法对表 2 方案中的三种机型进行了计算,

其计算得到的主要性能参数见表 4。

从表 4 可以看出:方案 I 和 III 中的转轮直径小,水轮发电机组轻,设备投资少;在方案 I 和 III 中,方案 III 在三种水头工况下的效率均比方案 I 的效率高,因此,本阶段推荐方案 III;水轮机型号为 HLA542 - WJ - 100。

现阶段这种机型已经是成熟产品,投入运行的也较多。但为了保证所选机型更为合理,建议业主在电站机组设备订货时还应与厂家共同协商,以选择出更适合于本电站的机型。

### 3.3 机组台数的选择

#### 3.3.1 机组台数的拟定

根据科拉机水电站的装机容量、厂址的地形地质条件、枢纽布置要求、电站运行的灵活性和运输条件等因素进行分析,拟定了 2 台和 3 台机组两个方案进行机组台数的比较。

#### 3.3.2 各方案动能经济指标

各机组台数方案动能经济比较情况见表 4。

#### 3.3.3 装机台数的选择

从表 5 可以看出:

(1)从电站运行情况看,3 台机方案和 2 台机方案机组均可在高效率区内运行,但水轮机工作范围有一定差别。3 台机方案较 2 台机方案的机组平均效率略高,3 台机方案比 2 台机方案的年发电量增加 81 万 kW·h。

(2)从电站运行检修情况看,3 台机方案比 2

表4 参与比较的机型主要性能参数表

| 项 目                       | 方 案              |                   |                   |
|---------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                           | I                | II                | III               |
| 水轮机                       | HLD54 - WJ - 100 | HLA179 - WJ - 105 | HLA542 - WJ - 100 |
| 发电机                       | SFW6500 - 6/2150 | SFW6500 - 6/2150  | SFW6500 - 6/2150  |
| 额定转速/ $r \cdot \min^{-1}$ | 1 000            | 1 000             | 1 000             |
| 工作水头/m                    | 241              | 241               | 241               |
| 额定流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$  | 3.16             | 3.16              | 3.16              |
| 额定出力/kW                   | 6 821            | 6 701             | 6 896             |
| 单位转速/ $r \cdot \min^{-1}$ | 64.42            | 67.64             | 64.42             |
| 单位流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$  | 0.203            | 0.184             | 0.203             |
| 效 率/%                     | 91.3             | 89.7              | 92.3              |
| 空蚀系数/ $\sigma$            | 0.023            | 0.015             | 0.012             |
| 吸出高度/m                    | -0.32            | +2.19             | +3.13             |
| 限制工况:空蚀系数/ $\sigma$       | 0.033            | 0.036             | 0.042             |
| 限制工况:吸出高度/m               | -3.45            | -4.39             | -6.27             |
| 设计水头工况                    |                  |                   |                   |
| 最低水头                      |                  |                   |                   |
| 工作水头/m                    | 238.44           | 238.44            | 238.44            |
| 单位转速/ $r \cdot \min^{-1}$ | 64.76            | 68                | 64.76             |
| 单位流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$  | 0.204            | 0.185             | 0.204             |
| 效 率/%                     | 91.1             | 89.3              | 92.2              |
| 最高水头                      |                  |                   |                   |
| 工作水头/m                    | 254.57           | 254.57            | 254.57            |
| 单位转速/ $r \cdot \min^{-1}$ | 62.68            | 65.81             | 62.68             |
| 单位流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$  | 0.197            | 0.179             | 0.197             |
| 效 率/%                     | 91.5             | 90.2              | 92.4              |

表5 各机组台数方案动能经济比较表

| 项 目      | 单 位             | 2 台      | 3 台       |
|----------|-----------------|----------|-----------|
| 装机容量     | MW              | 13       | 13        |
| 单机容量     | MW              | 6.5      | 4.33      |
| 多年平均年发电量 | 万 $kW \cdot h$  | 5 774    | 5 855     |
| 装机年利用小时  | h               | 4 442    | 4 504     |
| 静态总投资    | 万元              | 12 832.6 | 13 113.91 |
| 单位 kW 投资 | 元/kW            | 9 871    | 10 088    |
| 单位电能投资   | 元/ $kW \cdot h$ | 2.222    | 2.24      |
| 多年平均年发电量 | 万 $kW \cdot h$  |          | 81        |
| 静态总投资    | 万元              |          | 281.31    |
| 补充单位电能投资 | 元/ $kW \cdot h$ |          | 3.473     |

台机方案全厂运行维护及检修工作量大,但事故停机对电厂出力影响较小。

(3)从经济指标看,厂房和机电设备投资方面3台机较2台机增加281.31万元,年发电量3台机较2台机增加81万  $kW \cdot h$ ,补充单位电能投资为3.473元/ $kW \cdot h$ ,高于电站本身单位电能的投资。

经综合比较,本阶段选定科拉机水电站装机台数为2台。

#### 4 结 语

水电站装机容量及机组机型的选择一定要充分考虑以下主要条件:

(1)所选择的机组组合方案要求工程投资最

少。应找到一个装机台数和投资最少的结合点。

(2)所选择的机组组合方案要求效率最高。容量和机型确定以后,容量相对大一些的机组效率要高;如果无其它特殊要求,所采用的方案应是机组效率较高的组合。

(3)所选择的机组组合方案要求工程平面布置最佳。鉴于普通水电站平面布置受主槽横断面限制,且不同机组的直径大小和所占横断面大小不完全成正比,故机组越多,所占横断面尺寸越大,因此,水流主槽横断面距离也是确定机组台数的主要因素之一。

(4)所选择的机组组合方案要求与天然来水量周期相匹配。如果厂房有保温或必须供电的要求(有直供区),一定要满足小流量用小机组发电的要求。

(5)所选择的机组组合方案要求与水库(上水池)调解能力相适应。对于一些有调解能力的水库电站,当来水量较小时,可蓄水集中发电,让机组在高效率区运行。

(6)所选择的机组组合方案要求与运行检修管理相协调。机组台数和机型越多,配件越多,不但技术储备量大,而且维修费用也高。从这个意

(下转第94页)



图3 维护界面图

### 3 系统实施后取得的经济效益及管理效益

全口径数据采集系统的实施,解决了基础电网运行数据和状态数据来源的问题,为业务分析和今后的信息监控系统建设、扩展提供了数据基础,减少了重复投资费用,实时对电站设备运行状态进行了自动监测,及时消除了设备隐患,减少了运行异常带来的经济损失,同时也减少了数据收集及统计的时间和人力投入,避免了信息系统重

复建设的投资并降低了信息整合协调的难度。

在管理上,实现了人力资源的进一步优化和精益化管理,为今后系统的扩展整体信息化、智能化建设推进奠定了基础,提高了电站管理的应急响应速度。

#### 作者简介:

陈 曦(1980-),男,重庆丰都人,工程师,硕士,研究方向:水利信息化。  
(责任编辑:李燕辉)

(上接第89页)

义上讲,机组台数与类型越少越好。

总之,对于水电站而言,装机容量及机组机型方案的设计所参考的要素是多方面的。若要做到安全经济,技术可靠是一个永恒的课题,需要进行不断的研究和探索。

#### 作者简介:

宋建坤(1980-),男,河南驻马店人,总工程师,工程师,学士,从事水电水利工程设计工作;

杜 果(1987-),男,四川南充人,助理工程师,学士,从事水电水利工程设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

## 双江口水电站项目获核准

近日,国家发展和改革委员会行文批复,为合理开发利用大渡河水能资源,增加四川电网电力供应,满足电网用电增长需要,改善四川电网电源结构和供电质量,促进民族地区经济和社会发展,同意建设四川大渡河双江口水电站。双江口水电站项目位于四川省阿坝州马尔康县和金川县交界处,是国电大渡河流域水电开发公司近两年来核准的首个项目。在集团公司“一五五”核心战略思想和“双提升”工作思路指导下,大渡河公司科学有序、稳步推进项目开发建设,进一步促进大渡河水电可持续发展,为集团公司建设一流综合性电力集团做出更大贡献。