

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2015.05.020

# 威信煤电一体化一期电厂“三条红线”指标分析

任继周

(云南省水文水资源局昭通分局, 云南 昭通 657000)

**摘要:**对云南威信煤电一体化一期电厂进行最严格水资源管理制度的三条红线控制指标定量分析和计算,选取项目用水总量和流域水资源利用率分析用水总量控制指标;取设计耗水率、新水利用率、取水指标、全厂复用水率、循环水利用率、厂区生活用水等来分析用水效率控制指标,选取水功能区水质达标率分析水功能区限制纳污指标。结果表明:项目建成后流域水资源开发利用率为7.4%;设计耗水率 $0.51 \sim 0.61 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ 、新水利用率100%、取水指标 $0.58 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ 、全厂复用水率98.3%、循环水利用率98.7%;项目要求电厂所有退水必须全部回收利用,污水零排放,所在区域水质目标为Ⅱ类。

**关键词:**威信电厂;三条红线;水资源管理;指标分析

中图分类号:TV213.4

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2015)05-0106-04

## Analysis of “Three Red Lines” index of a coal and electricity integration power plant in Weixin County

REN Jizhou

(Zhaotong Branch of Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province, Zhaotong 657000, China)

**Abstract:** Quantitative analysis of the control index “Three Red Lines” in the strictest water resources management system in Weixin coal electricity integration power plant in Yunnan Province were made, selecting the total water consumption of project and utilization rate of river basin water resources to analyze the water consumption control index, selecting the designed water consumption rate, new water utilization rate, water intaking indicators, whole plant water reuse rate, water cycle utilization rate, domestic water of plant, etc. to analyze the water consumption quota index, selecting the water quality compliance rate of water function area to analyze the pollutant carrying capacity index. The results show that the water resource exploitation and utilization rate of the basin is 7.4% after the completion of the project; as for the water use efficiency index, the designed water consumption rate is  $0.51 \sim 0.61 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ , new water utilization rate is 100%, water intaking indicator is  $0.58 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ , whole plant water reuse rate is 98.3%, water cycle utilization rate is 98.7%; the project requires all the returning water in the power plant be recycled, with sewage zero discharged and regional water quality reaching class II.

**Key words:** Weixin Power Plant; Three Red Lines; water resources management; index analysis

黄昌硕等<sup>[1]</sup>对国内外水资源管理模式进行比较分析,认为水资源管理模式变迁的主线是围绕如何提高水资源利用效率和配置而进行的,发展趋势是实现水资源的可持续发展,实现水资源的综合管理。我国提出的最严格水资源管理制度,核心内容是建立三条红线,即建立用水总量控制、用水效率控

制和水功能区限制纳污控制。不少学者<sup>[2-6]</sup>对水资源管理制度等理论进行了研究。作为最严格水资源管理制度的技术支撑,三条红线各项控制指标的定量分解计算是基础,并将这些指标作为水资源管理考核评价的依据。火电厂耗水量巨大,一个 $2 \times 600 \text{ MW}$ 的火电厂(亚临界机组),其用水量相当于一个

中等城市的用水量。当前,水资源短缺,各用水户之间的用水矛盾突出,水污染日趋严重,因此,选择工业用水大户——火电厂,分析其三条红线控制指标,合理核定其用水总量、用水效率和水功能区限制纳污等,这对水资源的保护具有重要意义。笔者以云南威信煤电一体化一期2×600 MW火电厂为例,对其用水总量控制指标、用水效益指标、水功能区限制纳污指标进行分析,供同行参考。

## 1 研究项目概况

云南威信煤电一体化工程是广东省、云南省人民政府与中国南方电网签订的“云电送粤框架协议”项目,项目工程区位于滇东北的云、贵、川三省结合部,西北与四川近邻,东南与贵州接壤。厂址位于云南省威信县麟凤乡金竹村打铁坝,距威信县城34 km,距昭通市政府所在地200 km。

项目建设的总规模为4×600 MW,分两期实施。一期工程建设2×600 MW燃煤发电机组,同步建设烟气脱硫装置和规模为240万t/a的矿井,电站年发电量60亿kW·h,2010年一期两台机组已经投产运行。建设项目取水河段为白水河上游黄水河。白水河是白水江右岸的一级支流,流域面积为296 km<sup>2</sup>。白水江是金沙江一级支流横江的右岸支流,属金沙江下段水系。白水河流域位于滇东北大暴雨中心,是昭通市降雨高值区,多年平均降雨量为1000~2300 mm,流域多年平均径流深1064.2 mm,白水河流域水资源量达3.15亿m<sup>3</sup>。

取水水源为地表径流,拟新建黄水河水库,将其作为项目专供水库。水库以上流域面积为16.8 km<sup>2</sup>。建设项目一期工程供水保证率为97%,设计取水流量为0.80 m<sup>3</sup>/s,年取水量为1441万m<sup>3</sup>。

## 2 三条红线控制指标分析

用水总量控制指标选取项目用水总量和流域水资源利用率来进行分析;用水效率控制指标主要基于用水定额指标,选取设计耗水率、新水利用率、取水指标、全厂复用水率、循环水利用率、厂区生活用水、循环用水量等指标进行分析;水功能区限制纳污指标选取水功能区水质达标率进行分析。

### 2.1 用水总量控制指标

用水总量控制指标是水资源管理的宏观控制指标。首先进行白水河流域总体规划,并通过核算区域水资源利用率来控制取水量和取水规模,并确保留下河道河流生态需水量,合理对区域水资源量进行分配。目前,流域的取用水户为区域农业用水户、生产用水户、生活用水户,涉及威信县的麟凤、长安

与庙沟3个乡镇。威信一期2×600 MW火电厂新建工程一期取水口位置在黄水河,年取水量1441万m<sup>3</sup>;现状农业、人畜饮水、生态环境等其他用水户用水量为886万m<sup>3</sup>。

a. 农业灌溉用水。取水口下游的长安、麟凤、庙沟3个乡,现有灌溉面积233.3 hm<sup>2</sup>,现状灌区内供水量为300万m<sup>3</sup>,由坝址下游河道和区间的水量解决。

b. 人畜饮用水。黄水河流域控制区内有人口8.91万人,牲畜6.24万头。长安、麟凤乡现状通过小水池、小水窖解决饮水困难的有1.55万人、1.13万头牲畜。人饮用水定额采用每人45L/d,牲畜用水定额采用每头25L/d,则年需水203万m<sup>3</sup>,需供水271万m<sup>3</sup>,主要由坝址以下的区间水源供给,黄水河水库坝址以上的水源不是供水水源。

c. 生态环境用水。取水口下游3.8 km有小河沟加入,5.4 km有龙洞泉水加入,区间农户在河道内无取水要求,生态环境用水主要考虑河段内生态最小需水量。根据《建设项目水资源论证导则》,参考国内外有关生态需水量的计算方法,考虑以坝址处多年平均流量的10%作为生态环境需水量,下泄流量为0.10 m<sup>3</sup>/s,则黄水河取水口考虑的生态年需水量为315万m<sup>3</sup>。

d. 项目一期用水。根据火电厂各用水项目,绘制2×600 MW一期火电工程水量平衡图(图略),本项目用水主要包括循环冷却水、工业用水、锅炉补给水和生活用水。在多年平均供水条件下,由黄水河水库补给新水2199 m<sup>3</sup>/h,经过净水站处理后输出水量为2184 m<sup>3</sup>/h,其中1376 m<sup>3</sup>/h供给循环水泵房,595 m<sup>3</sup>/h入工业水池作为工业用水,78 m<sup>3</sup>/h经化学水池作锅炉补给水处理,75 m<sup>3</sup>/h入生活水池供给生活用水(包括煤矿厂区和矿区生活用水、厂区喷洒道路和绿化等的用水,厂区生活用水经生活污水处理系统处理回收15 m<sup>3</sup>/h),预留60 m<sup>3</sup>/h作为未预见水量。直接供给工业水池、循环水泵房等生产用水的水量为1971 m<sup>3</sup>/h,供给厂区生活用水等用途的水量为135 m<sup>3</sup>/h;其中锅炉水又补给循环用水,冲灰水可利用复用水池的水。一期2×600 MW火电厂补给水量为2199 m<sup>3</sup>/h,年利用小时数为5000 h,年用水量为1100万m<sup>3</sup>,用水流量为0.61 m<sup>3</sup>/s。

作为夏季气温10%供水工况,由黄水河水库补给新水2618 m<sup>3</sup>/h,经过净水站处理后的输出水量为2598 m<sup>3</sup>/h,其中1790 m<sup>3</sup>/h的水量供给循环水泵房,595 m<sup>3</sup>/h的水量入工业水池作为工业用水,78 m<sup>3</sup>/h的水量经化学水池作锅炉补给水处理,75 m<sup>3</sup>/h的水量入生活水池供给生活用水(包括煤矿

厂区和矿区生活用水、厂区喷洒道路和绿化等用水,厂区生活用水经生活污水处理系统处理回收 15 m<sup>3</sup>/h,预留 60 m<sup>3</sup>/h 作为未预见水量。直接供给工业水池、循环水泵房等生产用水的水量为 2 385 m<sup>3</sup>/h,供给厂区生活用水等用途的水量为 135 m<sup>3</sup>/h;其中锅炉水又补给循环用水,冲灰水利用复用水池的水。一期 2×600 MW 火电厂补给水量为 2 618 m<sup>3</sup>/h,年利用小时数为 5 000 h,年用水量为 1 309 万 m<sup>3</sup>,用水流量为 0.73 m<sup>3</sup>/s。根据《火力发电厂设计设计技术规程条文说明》第 14.1.4 款,申请用水指标时留有 10% 的裕度,年取水量指标 1 441 万 m<sup>3</sup>,单位发电耗水量 2.4 kg/(kW·h)。

**e. 流域水资源利用率。**云南威信煤电一体化工程项目一期取水量 1 441 万 m<sup>3</sup>,为黄水河取水口多年平均年径流量(3 090 万 m<sup>3</sup>)的 47%,是黄水河小河沟汇口处多年平均年径流量的 32%,为麟凤河三桃河汇口处多年平均年径流量的 14.3%,为瓦石河汇口处多年平均年径流量 6.9%,为白水河多年平均年径流量(3.15 亿 m<sup>3</sup>)的 4.6%。项目取水口上游无用水户,取水口下游的水量完全能满足 886 万 m<sup>3</sup>的现状农业灌溉、人畜饮水和生态环境用水需求。项目一期建成后,白水河流域工业、农业和人畜饮水的总用水量为 2 021 万 m<sup>3</sup>,流域水资源的利用率为 7.4%,因此,项目用水总量控制指标设定为 1 441 万 m<sup>3</sup>,是合适的,也符合黄水河流域规划。

## 2.2 用水效益指标

用水效率主要基于用水定额和用水指标,其相关指标分析计算如下:

### a. 设计耗水率

本期工程 2×600 MW 机组设计使用的新水量与外排水量之差同机组设计额定发电装机容量之比就是设计耗水率:

$$K = \frac{V_f - V_d}{1.2 \times 3600} \quad (1)$$

式中: $K$  为设计耗水率; $V_f$  为新水量; $V_d$  外排水量。

本期工程夏季取水量和多年平均取水量分别为 2 618 m<sup>3</sup>/h 与 2 199 m<sup>3</sup>/h,废水经过处理利用后,无外排放量,则设计耗水率为 0.51 ~ 0.61 m<sup>3</sup>/(s·GW),低于火力发电行业耗水率的标准 0.8 m<sup>3</sup>/(s·GW),满足其规定的指标水平 0.60 ~ 0.80 m<sup>3</sup>/(s·GW)。

**b. 新水利用率。**在一定的计量时间(年)内,生产过程中使用的新水量与外排水量之差同新水量之比就是新水利用率,其计算公式为

$$K_f = \frac{V_f - V_d}{V_f} \quad (2)$$

式中, $K_f$  为新水利用率。

本期工程夏季取水量和年平均取水量分别为 2 618 m<sup>3</sup>/h 与 2 199 m<sup>3</sup>/h,废水经过处理利用后全部复用,无外排放量,机组新水的利用率为 100%。

**c. 单位产品取水量指标。**威信一期 2×600 MW 火电厂新建工程的年利用小时数为 5 000 h,夏季年用水量为 1 309 万 m<sup>3</sup>,根据《火力发电厂设计设计技术规程条文说明》第 14.1.4 款,申请用水指标时留有 10% 的裕度,年取水量指标为 1 441 万 m<sup>3</sup>,单位产品取水量指标为 0.67 m<sup>3</sup>/(s·GW);多年平均用水量 1 100 万 m<sup>3</sup>,用水指标留有 10% 的裕度,年取水量指标 1 238 万 m<sup>3</sup>,单位产品取水量指标为 0.58 m<sup>3</sup>/(s·GW)。

上述指标低于 GB/T18916.1—2002《火力发电厂取水定额》标准的要求,即 2005 年后,火力发电厂单位发电量的耗水量低于 3.8 m<sup>3</sup>/(MW·h),低于《中国城市节水 2010 年技术进步发展规划》0.92 m<sup>3</sup>/(s·GW) 的指标,可见用水定额合理。

**d. 全厂复用水率。**在一定的计量时间(年)内,生产过程中使用的全厂重复利用水量与总用水量之比为全厂复用水率,计算公式为

$$R = (V_r/V_t) \times 100\% \quad (3)$$

式中: $R$  为全厂复用水率; $V_r$  为全厂复用水量; $V_t$  为全厂总用水量。

夏季工程 2×600 MW 机组设计全厂复用水量 12.053 3 万 m<sup>3</sup>/h,设计全厂总用水量 12.332 0 万 m<sup>3</sup>/h,则机组设计全厂复用水率为 97.7%;年平均工程 2×600 MW 机组设计全厂复用水量 12.069 5 万 m<sup>3</sup>/h,设计全厂总用水量 12.273 2 万 m<sup>3</sup>/h,则机组设计全厂复用水率为 98.3%。两者均高于 95% 的标准。

**e. 循环水利用率。**在一定的计量时间(年)内,冷却水循环量与冷却水总量之比为循环水利用率,计算公式为

$$r_c = V_{cr}/V_{ci} \times 100\% \quad (4)$$

式中: $r_c$  为循环水利用率; $V_{cr}$  为冷却水循环量; $V_{ci}$  为冷却水总量。

夏季工程 2×600 MW 机组设计冷却系统循环水量为 119 818 m<sup>3</sup>/h,冷却循环系统总用水量为 12.177 4 万 m<sup>3</sup>/h,循环水量重复利用率为 98.3%;年平均工程 2×600 MW 机组设计冷却系统循环水量 11.981 8 万 m<sup>3</sup>/h,冷却循环系统总用水量为 12.144 3 万 m<sup>3</sup>/h,则循环水量重复利用率为 98.7%。两者均高于我国一类城市冷却水循环利用率 2010 年达到 95% ~ 97% 的指标要求。

**f. 厂区生活用水。**火电厂厂区定员 462 人,生活用水定额取 200 L/d,日用水量约为 92.4 m<sup>3</sup>。但

还要考虑供给厂区绿化和道路冲洗用水,以及煤矿生活用水。

**g. 循环用水量的计算。**循环水系统排污损失水量由循环浓缩倍率确定,提高循环浓缩倍率后,可减少循环水系统的排污损失,从而达到节约水量的目的。但提高循环浓缩倍率将导致循环水处理费用的提高,本项目一期工程设计循环冷却倍率为50.0,循环用水量见表1。通过多年平均补给水分计算,2×600 MW 工程的用水量为3 204 m<sup>3</sup>/h,回收水量为1 005 m<sup>3</sup>/h,实耗水量为2 199 m<sup>3</sup>/h,耗水量占用水量的68.6%,回收水量占31.4%,用于循环用水。

表1 一期循环用水量计算成果

机组容量/ MW	凝汽量/ (t·h <sup>-1</sup> )	冷却倍率		凝汽器冷却 水量/(t·h <sup>-1</sup> )		辅机冷 却用水/ (t·h <sup>-1</sup> )	循环用水量/ (t·h <sup>-1</sup> )	
		夏季	冬季	夏季	冬季		夏季	冬季
		1×600	1062.4	50	42.5		57051	48493
2×600	2124.8	50	42.5	114102	96986	5300	119402	102286

对上述设计耗水率、新水利用率、取水指标、全厂复用水率、循环水利用率等指标和定额进行计算,结果显示,项目的设计耗水率为0.51~0.61 m<sup>3</sup>/(s·GW),低于火力发电行业的标准0.8 m<sup>3</sup>/(s·GW);新水利用率为100%;单位产品取水指标0.58 m<sup>3</sup>/(s·GW),低于《中国城市节水2010年技术进步发展规划》0.92 m<sup>3</sup>/(s·GW)的指标;全厂复用水率为98.3%,高于95%的标准;循环水量重复利用率为98.7%,高于我国一类城市冷却水循环利用率2010年达到95%~97%的指标要求。可见,项目的用水指标和定额均达到或超过了有关规范规定的要求,项目的用水效率和节水效果都是好的。

### 2.3 水功能区限制纳污指标分析

根据《云南省水功能区划》,把本建设项目取水河道黄水河下游的白水江划为白水江镇雄-盐津保护区,水功能区河道为白水江全河,起止范围为白水江源头至白水江入横江口,河长118.2 km,现状水质为Ⅱ类,水质目标也为Ⅱ类,项目不允许设置排污口,更不允许工业废污水排放,要求项目达到污水零排放的目标,电厂所有退水必须全部回收利用。电厂严格按照这一水质目标执行。

## 3 结 语

对云南威信煤电一体化一期2×600 MW 火电厂三条红线指标进行分析,项目用水总量采用项目所在流域水资源利用率来控制,项目建成后流域水资源的开发利用率为7.4%,水资源的开发利用程度是低的;而项目用水效率指标计算成果为,设计耗水

率0.51~0.61 m<sup>3</sup>/(s·GW)、新水利用率100%、单位产品取水指标0.58 m<sup>3</sup>/(s·GW)、全厂复用水率98.3%、循环水利用率98.7%等,这些用水指标和定额均达到或超过了有关规范规定的要求,表明项目的节水效果和用水效率较好;对项目水功能区限制纳污指标的分析,主要要求项目所在区域白水江镇雄-盐津保护区的水质目标为Ⅱ类,项目达到污水零排放的目标。

水资源开发利率、用水效益、纳污能力等技术指标可作为水资源管理的技术依据。建议在一期火电厂运行期,地方水行政主管部门还要对以下项目进行监测和监督:取水口的取水流量、生态流量、电厂下游河流水质。

### 参考文献:

- [1] 黄昌硕,耿雷华.基于“三条红线”的水资源管理模式研究[J].中国农村水利水电,2011(11):30-31. (HUANG Changshuo, GENG Leihua. Water research management mode based on “Three Red Lines”[J]. China Rural Water and Hydropower,2011(11):30-31. (in Chinese))
- [2] 周同藩,柳建平.我国水资源管理体制的演变及对流域管理的启示[J].中国农村水利水电,2009(1):15-19. (ZHOU Tongfan, LIU Jianping. The evolution of the water resources management system and its inspirations for drainage basin management [J]. China Rural Water and Hydropower,2009(1):15-19. (in Chinese))
- [3] 雷玉桃.流域水资源的市场管理模式探析[J].中国农村水利水电,2007(11):83-85. (LEI Yutao. Study on mode of market management in river basin [J]. China Rural Water and Hydropower,2007(11):83-85. (in Chinese))
- [4] 孙雪涛.加强水资源管理落实最严格的水资源管理制度[J].中国水利,2009(24):6-7. (SUN Xuetao. Strengthen the water management to implement the strictest water resources management system [J]. China Water Resources,2009(24):6-7. (in Chinese))
- [5] 王建华,王浩.从供水管理向需水管理转变及其对策初探[J].水利发展研究,2009(6):49-53. (WANG Jianhua, WANG Hao. From the management of water supply to water demand management and its countermeasures[J]. Water Conservancy Development Research,2009(6):49-53. (in Chinese))
- [6] 胡四一.强化制度建设和监督管理 确保最严格水资源管理制度稳步推进[J].中国水利,2010(6):13-14. (HU Siyi. To strengthen the system construction, supervision and administration, ensuring steady progress in the strictest water resources management system [J]. China Water Resources,2010(6):13-14. (in Chinese))

(收稿日期:2014-12-01 编辑:彭桃英)