

冷热电三联产项目用水合理性分析研究 ——以金湖分布式能源项目为例

杨翠翠¹, 潘光毓², 陈小菊¹

(1. 江苏省水文水资源勘测局淮安分局, 江苏 淮安 223005; 2. 江苏省水文水资源勘测局宿迁分局, 江苏 宿迁 223800)

摘要:冷热电三联产是现状分布式能源系统的主要形式之一, 由于其具有低污染、经济高效的特点, 能够实现能源的综合利用, 目前在我国得到了大力的推广应用。按照我国新的治水战略, 工业用水应提高用水效率、节水减污。以金湖分布式能源项目为例, 根据其用水过程、水量平衡、用水指标, 分析用水合理性, 挖掘节水潜力并对用水管理提出相关建议。

关键词:冷热电联产; 金湖; 用水合理性; 节水潜力

中图分类号: TV21

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2019)04-0009-04

Analysis and research on the water use rationality of CCHP ——taking Jinhu distributed energy project as an example

YANG Cuicui¹, PAN Guangyu², CHEN Xiaojie¹

1. Huai'an Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Huai'an 223005, Jiangsu;

2. Suqian Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Suqian 223800, Jiangsu)

Abstract: CCHP is one of the main forms of the current distributed energy system. Because of its characteristics of low pollution, economy and high efficiency, it can realize the comprehensive utilization of energy, and has been widely used in China. According to the new water control strategy, industrial water use should increase water efficiency, save water and reduce pollution. Taking Jinhu distributed energy project as an example, according to its water use process, water balance and water use index, the water use rationality was analyzed, the water-saving potential was explored and relevant suggestions were put forward for water use management.

Key words: CCHP; Jinhu; water use rationality; water saving potential

1 概述

1.1 项目背景

冷热电三联产(Combined Cooling Heating Power, CCHP)技术是在热电联产基础上发展起来的, CCHP系统与热电联产系统(CHP)的不同之处在于, CCHP系统可以向建筑物同时提供电力、制冷、供暖、卫生热水或其他用途的热能^[1]。与简单的供电系统相比, 冷热电三联产系统可以在大幅度提高能源利用率的同时, 降低环境污染, 明显改善系统

的热经济型。因此, 冷热电三联产技术是目前分布式供能发展的主要方向之一。

随着国家西气东输工程建成使用, 天然气的推广使用是国家发展的重要战略之一, 实施天然气清洁能源发电项目的发展战略是地区高质量、高效益开发的必然要求。建设天然气分布式能源供应系统, 有利于调整能源结构, 逐步降低煤炭消费比重, 有利于采用能源梯级利用技术, 提高能源利用效率, 有利于顺应城乡居民生活水平提高和产业集聚新形势, 化解对冷、热(包括蒸汽、热水)等能源品种

收稿日期: 2018-10-19

作者简介: 杨翠翠(1984—), 女, 本科, 工程师, 主要从事水资源评价方面的工作。

供需矛盾,为经济社会发展提供支撑。

为推动地方经济发展,优化调整电源结构,促进节能减排,结合金湖发展规划,某企业计划与金湖县共同开发建设清洁、高效的燃气分布式能源站项目,向金湖开发区的企事业单位和居民提供冷、热、电,工程建设 2 套一拖一联合循环机组,可提供 87.4 MW 的电力、60 t/h 的供热能力、10 MW 的供冷能力。年利用小时 5500 h,项目设计供热量为 33 万 t/a,年发电量 4.18 亿 kWh,年供冷量为 7.2 万 GJ。

1.2 项目概况

建设项目主要是为了满足金湖经济开发区现有工业企业集中供热需求,民用热负荷暂不考虑。根据服务区域的工业热负荷、供冷负荷需求,按照“以热定电、搬迁替代小煤电”的原则,建设 2 套 (LM2500 + G4) 系列的燃气—蒸汽联合循环冷热电三联供分布式能源站。燃气—蒸汽联合循环系统是通过燃气轮机 + 余热锅炉 + 汽轮机的形式。通过燃气轮机发电,产生的烟气通过余热锅炉,产生的高压蒸汽进入汽轮机部分转化为电能,部分采取抽汽的形式为周边提供蒸汽或热水,最终实现燃气热能的梯级利用。其优点是调节灵活,可以满足区域不同时段的需求,且系统可以 24 h 发电。

建设项目拟采用带机力通风冷却塔的二次循环供水系统。取水主要用于循环冷却水的补充和化学用水。生产用水取自入江水道三河段,平均取水量为 171.5 m³/h,夏季最大取水量 195.5 m³/h,年取水总量 94.3 万 m³。厂区生活用水由金湖经济开发区自来水供水管网供给,用水量 0.5 m³/h,厂区劳动定员 84 人。

2 用水合理性分析

2.1 用水过程

生产用水取自入江水道三河段,原水通过 2 根 DN300 FRPP 管输送至净水站内进行澄清、过滤后,提供给冷却塔补水、化学用水及其他工业用水等。

净水站由补给水管供给,来水先进入反应沉淀池,澄清后的水一部分自流至冷却塔水池,另一部分经过滤后,流入化学水池、消防水池。净水站内设置 2 座 200 m³/h 的反应沉淀池,设 2 座 120 m³/h 的空气擦洗滤池。净水站内同时设置蓄水池、加药间、综合泵房、污泥脱水车间等构筑物。依据水平衡测试原理^[2],对企业用水进行水量平衡分析,项目水量平衡表见表 1。建设项目建成后,年平均生

产用水量为 3270.7 m³/h,其中重复利用水量 3099.2 m³/h,耗水量 131.2 m³/h,排水量 40.3 m³/h。

表 1 建设项目主要用水单元水量平衡表

序号	用水单元	用水量(m ³)		排水量(m ³)		耗水量
		新水量	复用水量	串排量	外排量 (m ³)	
1	制冷冷却循环系统	14.0	1200.0	1200.0	3.0	11.0
2	发电循环冷却系统	48.0	1880.0	1880.0	13.0	35.0
3	化学用水	85.5	18.5	10.7	24.3	69.0
4	空气擦洗滤池	4.0	0.0	4.0	0.0	0.0
5	污泥浓缩脱水系统	5.0	0.0	4.5	0.0	0.5
6	未预见水量	15.0	0.0	0.0	0.0	15.0
7	绿化用水		0.7	0.0	0.0	0.7
8	生活用水	0.5	0.0	0.0	0.4	0.1

2.2 用水指标合理性分析

根据国家和行业标准规定,火力发电厂取水定额一般采取全厂发电耗水率、机组复用水率、机组循环水重复利用率、冷却循环系统循环倍率、蒸发损失等指标进行分析^[3]。各用水指标计算结果见表 2。

表 2 建设项目用水指标计算表

用水指标	建设项目	指标要求
全厂发电水耗率	0.32	不超过 0.90
全厂复用水率	94.8%	参考 125MW 级以上:95%
循环水利用率	98.0%	97%
循环排水损失率	0.5%	低于 1.0%
单位供热用水量	1.40 m ³ /t	1.5 m ³ /t
单位发电用水量	1.15 m ³ /MWh	1.4 m ³ /MWh
生活用水量	142.9 L/人·d	150 L/人·d

(1)全厂发电水耗率。工程设计全厂发电水耗率为 0.32 m³/(s·GW)。与“单机容量小于 300 MW 新建或扩建凝汽式电厂,采用淡水循环供水系统,设计全厂发电水耗率不应超过 0.90 m³/(s·GW)”的指标相比,优于其规定的指标水平。

(2)全厂复用水率。《火力发电厂节水导则》及电厂其他相关设计规范中没有对单机容量 125 MW 以下的新建或扩建凝汽式电厂的全厂复用水率指标给出控制要求。参考单机容量为 125 MW 及以上

的循环供水凝汽式电厂全厂复用水率的标准,不低于 95%。建设项目的全厂复用水率位 94.8%,略偏低。

(3)循环水利用率。我国一类城市冷却水循环利用率要求是 95%~97%,建设项目循环水利用率为 98.0%,高于指标要求。

(4)循环排水损失率。循环水排污损失量为 16 m³/h,循环排水损失率为 0.5%,低于循环水排放损失率 1.0%的规定要求。

(5)单位供热用水量。建设项目年平均取水量 171.5 m³/h,其中用于供热的新水量为 84.2 m³/h,平均供热量为 60 t/h,计算得单位供热用水量为 1.40 m³/t。《江苏省工业用水定额》(2014 年修订)中规定“热力生产和供应”用水定额值为 1.5 m³/t。项目供热用水定额符合指标要求。

(6)单位发电用水量。建设项目在额定工况下的发电量为 76 MW,发电所用新水量为 85.3 m³/h,单位发电量为 1.12 m³/MWh。《江苏省工业用水定额》(2014 年修订)中规定“电力生产业循环冷却燃气机组”的用水定额为 1.4 m³/MWh。项目单位发电用水量符合指标要求。

(7)生活用水量。建设单位提出厂区平均生活用水量为 0.5 m³/h,职工人数 84 人,职工生活用水定额为每人每日 142.9 L,根据《火力发电厂水工设计规范》(DL/T339-2006)综合生活用水定额为最高日 260~410 L/人·d、平均日 210~340 L/人·d,建设项目生活用水定额符合指标要求。淮安市现状城镇生活用水定额 139 L/人·d,项目生活用水量虽然符合指标要求,但略高于淮安市现状生活用水水平。

建设项目为燃气—蒸汽联合循环冷、热、电三联产天然气分布式能源项目。为了分析项目用水水平,以常州和江都同类型项目用水水平与研究对象进行比较,见表 3。通过对比,建设项目的用水工艺合理,技术可靠,达到同行业先进水平,取水是合理的。

3 节水潜力分析

3.1 节水潜力

建设项目采用先进工艺和高能低耗、技术可靠的先进设备,水的重复利用率较高、耗水指标较低。在设计过程中考虑了节水环节,采用闭式循环冷却供水系统,冷却塔装设了高效除水器。但局部用水环节还有进一步优化的余地。热电节水一般从核减

表 3 同类型企业用水指标对比表

用水指标	常州某项目	江都某项目	本项目
	108.3MW	124MW	76MW
发电用水定额(m ³ /kWh)	1.13	1.19	1.12
供热用水定额(m ³ /t)	1.49	1.40	1.40
机组设计发电水耗率 (m ³ /(s·GW))	0.335	0.34	0.32
设计全厂复用水率(%)	93.7	94.6	94.8
循环水利用率(%)	98.5	97.6	98.0

用水量、提高用水效率、减少泄漏 3 个方面考虑^[4]。

(1)提高循环水浓缩倍率,减少冷却塔排水量。冷却塔排污是电厂的主要耗水部分,冷却塔排水量是根据循环水的浓缩倍率来确定的。项目取水水源三河为调水保护区,水质较好,如果能将循环冷却水浓缩倍率提高到 4,将减少冷却塔排水量约 1.7 m³/h。

(2)项目运行过程中,由于蒸发,水中各种矿物质和离子浓度会愈来愈高,为了控制循环水水质指标,保证系统的可靠运行,必须排出浓缩水,形成排污损失。本项目冷却塔排水、化水反渗透排水共 40 m³/h,除 0.7 m³/h 作为绿化用水回用外,其余 39.3 m³/h 均作为清下水排放。可进一步加强用水管理,将清下水用于道路浇洒、消防等,降低排水率。

(3)厂内职工生活用水虽符合生活用水定额标准,但高于淮安市平均用水水平。项目厂区劳动定员为 84 人,用水定额采用淮安市城镇生活水平,每人每天按 132 L 计,年用水量为 2539 m³,每年可节约用水 211 m³。

3.2 节水管理

《江苏省节约用水条例》于 2016 年 5 月 1 日起施行,标志着江苏省落实最严格水资源管理制度工作迈向了一个新台阶,对江苏省实现水资源可持续发展有着重要的意义^[5]。条例规定,工业企业应当建立健全节约用水制度,提高内部用水计量率,实行用水计量管理,定期进行用水统计分析,按时上报用水、节水报表。结合建设项目实际情况,节水管理建议如下:

(1)加强对生产和生活用汽、用水的管理,热力系统要具有高度严密性,严格控制全厂汽水损失率,降低水损失。在厂区内使用节水冲洗阀、节水淋浴器、节水水龙头等节水型器具。

(2)制定切实可行的用水管理制度。补水发生异常时,应及时查明原因,排除故障;水暖设备严禁

擅自放水和乱接管道;浴室、食堂、蓄水池等处不得无故漫水;除生产必需外,不得有常流水现象;用水管理要与部门、职工的经济奖惩挂钩,并作为部门、职工考核的内容之一。同时,大力宣传节水知识,不断提高职工的节水意识。

(3)按照《用能单位能源计量器具配备和管理通则》(GB 17167-2006)的要求设置计量监控系统,配置必要的流量计和水位控制阀等计量仪器设备,对各类不同的供排水系统进行水量监测和控制,以便在运行中加强监督和管理。

(4)项目投产后,应定期完成全厂的水平衡测试工作,为节水提供科学依据。在水平衡测试的基础上,进行节水潜力的分析,并采取相应的节水措施,积极创建省级节水型企业。

4 结束语

冷热电三联产能够实现能源的综合利用,提高能源利用率是我国新兴的电力发展方向。分析此类项目的用水过程、用水合理性具有十分重要的意

义。以金湖某天然气分布式能源项目为例,分析出建设项目的用水工艺合理,达到同行业先进水平,但局部用水环节还有待进一步优化,对其节水以及管理提出建议,可进一步提高用水效率,为落实最严格水资源管理和实现水资源可持续利用提供依据。

参考文献:

- [1] 许勤华, 彭博. “APEC 分布式能源论坛”综述——兼论中国天然气分布式能源的发展[J]. 国际石油经济, 2013, 21(21): 96-101+214.
- [2] 唐宝坤, 李志峰. 热电企业水平衡测试及节水措施[J]. 吉林电力, 2003(05): 43-46.
- [3] 王佩璋. 《火力发电厂节水导则》简介[J]. 电站辅机, 2003(03): 45-46.
- [4] 赵世雷. 热电企业冷却水回收利用节水节能途经的探讨[J]. 科技创业家, 2012(13): 210.
- [5] 曹东平. 《江苏省节约用水条例》关键制度措施解读[J]. 水利发展研究, 2016, 16(08): 31-35.