

南水北调东线源头泵站站内优化运行方法研究*

程吉林¹ 张仁田^{1,2} 龚懿¹ 张礼华¹ 朱红耕¹ 邓东升³ 冯旭松³ 仇锦先¹

(1 扬州大学, 扬州, 225009; 2 江苏省水利勘测设计研究院有限公司; 扬州 225009;

3 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 南京, 210029)

摘 要: 本文以国家南水北调东线工程源头泵站江都四站为例, 系统提出了单机组优化运行(叶片全调节、变频变速、叶片全调节与变频变速组合运行)和站内多机组优化运行数学模型及其求解方法, 可丰富和发展跨流域调水泵机组优化运行理论。主要研究内容包括: 单机组叶片全调节优化、变频变速优化运行数学模型, 采用动态规划方法求解; 单机组叶片全调节与变频组合优化运行数学模型, 采用各时段叶片安放角试验选优, 机组转速动态规划优化的组合优化方法; 站内多机组优化运行数学模型, 采用叶片安放角试验选优, 机组开机台数线性整数规划的组合优化方法。在南水北调东线源头泵站水位变幅(年内日均扬程 3.8m~7.8m, 站下长江日均潮差 1.2m)情况下, 以峰谷与非峰谷电价、不同日均扬程与提水总量, 对模型进行了优化分析, 获得以下结论:

(1) 泵站叶片全调节优化运行与定角恒速运行相比, 不管是否实行峰谷电价, 叶片调节优化运行效益明显; 相反的是泵站变频变速与定角恒速运行相比, 不管是否实行峰谷电价, 满负荷工作时, 变频变速优化运行带来的效益不足以抵消变频装置的耗损; 只有在南水北调东线洪泽湖、骆马湖等实行河湖调度, 闲时泵站调水补库的运行方式, 部分负荷工作时, 变频变速效益才能得以充分发挥。以上两种优化运行方式, 均表现为提水负荷越小, 效益越显著。(2) 组合优化运行(叶片全调节与变频变速)与叶片调节优化运行相比, 无论实行峰谷电价与否, 在高扬程段(日均扬程大于 6.8m)变频带来的效益均不能补偿变频器产生的损耗; 由于南水北调东线源头泵站为叶片可调机组, 所以在其扬程变幅范围内, 从经济可行性而言, 没有必要安装变频设备, 不需进行叶片调节与变速组合优化运行。(3) 江都四站站内多机组最优运行方式为叶片全调节优化运行, 采用该运行方式效益明显。峰谷电价、不同负荷工作时, 叶片全调节优化运行与定角恒速相比, 不开机均在高电价时段; 开机时, 基本上是高电价对应于叶片安放角小、开机台数少, 低电价对应于叶片安放角大、开机台数多; 此时影响优化运行结果的最主要因素是各时段的电价, 而不是日均扬程。非峰谷电价、不同负荷工作时, 不开机均在高扬程时段; 开机时基本上是高扬程对应于叶片安放角小、开机台数少, 低扬程对应于叶片安放角大、开机台数多。

关键词: 泵站, 叶片全调节, 变频变速, 试验选优, 动态规划, 整数线性规划

* 国家“十一五”科技支撑计划重大项目(2006BAB04A03); 国家自然科学基金项目(60974099)。

作者简介: 程吉林(1963-), 男, 教授, 主要从事水利规划优化理论与应用研究。Email: jilcheng@yzu.edu.cn