

# 基于大数据分析技术的工况寻优系统在燃气电厂的应用

Application of Operating Mode Optimization System Based on Big Data Analysis Technology in Gas-fired Power Plant

★ 北京京能高安屯燃气热电有限责任公司 高岩, 成涛, 柳泓羽, 崔国东

**摘要:** 应用大数据分析技术对发电机组累积的运行数据进行工况寻优、设备运行状态寻优, 建立设备经济性指标评价曲线, 通过对设备的历史数据进行分析获得设备的运行状态趋势, 可以指导生产人员对运行工况进行及时调整, 提高机组的效率。本文针对燃气电厂汽轮机背压的寻优系统进行介绍, 提出需要解决的问题以及实现方法。

**关键词:** 大数据分析; 背压; 工况寻优

**Abstract:** The big data analysis technology is applied to optimize the accumulated operation data of the generator set and the operation status of the equipment to establish equipment economic index evaluation curve. Through the analysis of the historical data of the equipment, the operation status trend of equipment is obtained, which can guide the production personnel to adjust the operating conditions in time and improve the efficiency of the unit. In this article, the optimization system of back pressure of steam turbine in gas power plant is introduced, and the problems to be solved and the realization method are put forward.

**Key words:** Big data analysis; Back pressure; Operating mode optimization system

## 1 引言

国家鼓励能源企业运用大数据技术对设备状态、电能负载等数据进行分析挖掘与预测, 开展精准调度、故障判断和预测性维护, 提高能源利用效率和安全稳定运行水平。智能制造相关战略中提出要开发已有装备的价值, 让已有的设备变得更加高效、高质量、低成本和低污染, 同时, 利用创新的方法与技术解决未知的问题。本文以大数据分析技术为基础, 将大数据分析技术引入到发电领域, 结合发电企业生产管理的特点, 开发适用于发电企业的大数据分析系统。

## 2 影响凝汽器背压的主要因素及其计算方法

正常运行时, 汽轮机的排汽压力与排汽温度的关系是饱和蒸汽的压力和温度的关系<sup>[1]</sup>。这样, 实际凝汽器内的蒸汽压力可由与其相对应的饱和温度来确定, 而饱和温度 $t_c$ 计算如式(1)所示:

$$t_c = t_{w1} + \Delta t + \delta t \quad (1)$$

式中:  $t_{w1}$ 为循环水入口温度,  $\Delta t$ 为循环水温升,  $\delta t$ 为凝汽器端差。

由上式可知, 影响凝汽器真空的因素有循环水入口温度、循环水温升和凝汽器端差等。下文重点讨论循环水入口温度、循环水温升和凝汽器端差的确定方法。

### 2.1 循环水入口温度

循环水入口温度 $t_{w1}$ 主要与电厂所在地的气候和季节有关。冬季 $t_{w1}$ 低,  $t_c$ 也低, 真空高; 夏季 $t_{w1}$ 高,  $t_c$ 也高, 真空低。

循环水系统布置有冷水塔时, 循环水入口温度 $t_{w1}$ 还与冷水塔的冷却效果有关。在季节和气候一定的条件下, 冷水塔的冷却效果越好,  $t_{w1}$ 就越低; 相反, 如果冷水塔的冷却效果不好,  $t_{w1}$ 就会高。在夏季, 冷水塔的冷却效果对循环水入口温度 $t_{w1}$ 的影响效果比较显著<sup>[2]</sup>。

### 2.2 循环水温升

根据凝汽器热平衡

$$D_c(h_c - h'_c) = D_w C_p \Delta t$$

得到循环水在凝汽器内的温升如式(2)所示:

$$\Delta t = \frac{D_c(h_c - h'_c)}{D_w C_p} \quad (2)$$

式中:  $h_c - h'_c$ 表示1kg蒸汽在凝汽器中凝结放出的汽

化潜热。在较大的凝汽器压力变化范围内,  $h_c-h_c'$  值的变化范围很小, 因此, 一般可以近似将其取为  $2200\text{kJ/kg}$  (小型机组约为  $2300\text{kJ/kg}$ );  $c_p$  为水的比热, 取  $c_p=4.174\text{kJ/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ ;  $D_w$  为循环水流量,  $\text{t/h}$ 。

则上式转换如式 (3) 所示:

$$\Delta t = \frac{2200D_c}{4.174D_w} = \frac{527D_c}{D_w} = \frac{527}{m} \quad (3)$$

式中:  $m = \frac{D_w}{D_c}$  称为凝汽器的冷却倍率, 它表明循环水量是凝结蒸汽量的倍数。m 越大,  $\Delta t$  越小, 真空越高。

由上式可见,  $\Delta t$  主要决定于循环倍率 m, 当  $D_c$  一定时,  $\Delta t$  主要决定于循环水流量  $D_w$ 。  $D_w$  减小,  $\Delta t$  增大, 真空降低。对于定转速离心式循环水泵,  $D_w$  主要决定于循环水泵流量和并联运行的台数。

### 2.3 凝汽器端差

凝汽器端差就是凝汽器内汽轮机排汽压力对应的饱和温度  $t_c$  与循环水出口温度  $t_{w2}$  之差, 以  $\delta t$  表示, 如式 (4) 所示:

$$\delta t = t_c - t_{w2} \quad (4)$$

由凝汽器热平衡式可得式 (5):

$$D_w c_p \Delta t = K A_c \Delta t_m \quad (5)$$

式中: K 为凝汽器总体传热系数,  $\text{kW}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $A_c$  为凝汽器的冷却面积,  $\text{m}^2$ ;  $\Delta t_m$  为凝汽器中蒸汽与循环水之间的对数平均温差,  $^\circ\text{C}$ 。

实际运行中, 传热端差  $\delta t$  与  $A_c$ 、K、 $D_c$ 、 $D_w$  有关。在实际运行时,  $A_c$  已定, 因此影响端差  $\delta t$  的主要因素是凝汽器总体传热系数 K、循环水流量  $D_w$  和汽轮机的排汽量  $D_c$ <sup>[3]</sup>。K 越大,  $\delta t$  越小, 真空越高。凡影响 K 的因素, 都将影响  $\delta t$ , 从而也将影响  $t_c$ 。

## 3 大数据分析系统在燃气电厂的应用

发电企业大多采用厂级监控系统 (SIS) 进行设备故障诊断、设备健康状况管理、耗差分析等工作, 这些都是基于设备的机理模型进行分析, 应用多年效果并不理想, 其困境和问题在于: 一是鉴于目前国内的理论计算水平, 发电设备的机理模型往往不够精确, 很难依靠这些机理模型进行故障诊断或者设备性能计算, 测点数据的不足也导致很难使用机理模型进行计算, 假设后的理想机理模型与实际情况往往偏差较大。二是缺少一个实时捕捉设备异常的引擎, 仅仅依靠 SIS 数据进行判

断, 结果常常难以让人信服。三是 DCS、SIS 等系统报警时, 通常不够及时, 故障已经恶化或者没有足够时间处理。

因此, 需要一种先进有效的手段, 在成千上万个变量中找出问题进行预测性分析, 随着计算机计算速度的提升, 大数据分析技术应运而生。大数据分析技术通过以往大量数据的最优集、稳定集、恶化集预测未来的状况、评价当前的生产方式。利用数据推演和条件判断, 基于发电企业长期工艺流程数据的统计学分析和整理, 归纳总结出设备之间、设备与系统之间、系统之间、系统与工艺之间的相互作用关系, 建立了发电厂的大数据分析系统, 实现测点的预测报警、运行操作指导、运行参数优化、生产方式优化。

## 4 工况寻优系统的开发与应用

利用大数据平台工况寻优系统, 对汽轮机凝汽器背压指标开展寻优工作, 如图 1 所示。燃气电厂的循环水系统主要设备由循环水泵、机力塔风机及管道组成。循环水泵及机力塔风机运行方式直接决定循环水入口温度及循环水温升两个重要参数。工况寻优系统通过考虑环境温度、湿度、供热量、燃机负荷, 在综合气耗最小的前提下找到汽机最大负荷下的背压, 这时候循环水泵和机力塔风机组合运行方式是比较好的运行方式, 以背压为评价指标, 在最优背压 (历史最大汽机负荷) 下, 分析循环水泵和机力塔组合运行方式, 给出最佳循环水泵和机力塔风机组合运行方式。



图1 工况寻优系统界面

### 4.1 背压指标展示内容

选择背压, 该指标背景变色, 表示选中。

最优背压: 考虑左边环境温度、湿度, 供热量, 1号燃机负荷和2号燃机负荷等因素, 给出这一状态下最优值。

性能指标：展示背压、汽机最大负荷、循泵和机力塔风机电流和，展示出最优值和实际值，若实际值结果大于最优值，那么实际值显示红色，并在值后面显示向上箭头；若实际值小于最优值，那么实际值显示绿色，并在值后面显示向下箭头。

最佳值要显示详细信息，详细信息包含最佳值出现的日期时间、工况，最佳值按照数值大小进行排列，由上至下数字递增。如最佳值：2.35%。点击“最佳值”数据弹出弹窗，弹窗内显示详细信息：2018年3月1日22:00，1号机、2号机、3号机负荷，供热量。

#### 4.2 对应可调和非可调参数详细信息展示内容

序号	测点中文名	测点KKS	数值	最佳值	偏离度
1	炉膛出口背压	GDAP200000000000000000	107.0217	106.1773	0.8017
2	#1炉膛出口背压	APFAP200000000000000000	88.7224	87.206	0.808
3	#2炉膛出口背压	APFAP200000000000000000	—	87.543	—
4	#3炉膛出口背压	APFAP200000000000000000	88.9500	87.2391	0.7248
5	#4炉膛出口背压	APFAP200000000000000000	—	87.889	—
6	炉膛出口背压	GDAP200000000000000000	107.7719	106.1015	0.1668
7	#1炉力塔风机电流	APFAP200000000000000000	—	20.3405	—
8	#2炉力塔风机电流	APFAP200000000000000000	19.1244	19.4024	0.2101
9	#3炉力塔风机电流	APFAP200000000000000000	20.3066	20.1956	0.1088
10	#4炉力塔风机电流	APFAP200000000000000000	—	20.16	—

图2 可调及非可调参数显示内容

展示需要分析的参数详细信息，如图2所示。具体信息如下：

在详细参数左下角增加切换框：参数重要程度为非常重要、重要、一般。展示在非常重要程度下，分为两部分：一部分循泵电流总和，一部分机力塔电流总和。

偏离程度大小比较：比较这两部分电流和偏离大小，每部分附带所属设备电流展示。

测点中文名、KKS码。

最优值：显示当前工况下运行参数的最优值。

实时值：显示运行参数的实时值。若实际值结果大于最优值，那么值显示红色，并在值后面显示向上箭头；若实际值小于最优工况范围，那么值显示绿色，并在值后面显示向下箭头。

偏离程度： $(\text{实际值} - \text{最优值}) / \text{实际值} \times 100\%$ 。

#### 4.3 进行工况寻优

展示判断依据及运行建议：

点击“进行工况寻优”弹出弹窗，展示判断依据，并在下方展示给运行人员的建议，如表1所示。

表1 工况寻优判断依据及建议弹窗

原因	……	……	……	……	……
建议	……	……	……	……	……

如判断依据：实际背压 > 最优背压，循泵电流和大于最优循泵电流，机力塔电流和大于最优机力塔电流。

建议：减少循环水泵或者机力塔风机运行台数。

## 5 结束语

大数据分析技术的发展，为发电企业在设备运维和生产经营方面提供了全新的工具和手段。但是大数据分析技术只是实现和解决问题的工具，需要更多更细致的工作去使用好大数据分析技术这个工具，更好地提升发电企业的安全性、经济性，创造更大的价值。AP

#### 作者简介：

**高岩** (1993-)，男，北京人，助理工程师，学士，现就职于北京京能高安屯燃气热电有限责任公司，从事发电厂集控运行工作。

**成涛** (1986-)，男，河北邯郸人，工程师，学士，现就职于北京京能高安屯燃气热电有限责任公司，从事发电厂生产管理工作。

**柳泓羽** (1989-)，男，北京人，工程师，学士，现就职于北京京能高安屯燃气热电有限责任公司，从事发电厂设备及科技信息管理工作。

**崔国东** (1993-)，男，北京人，助理工程师，学士，现就职于北京京能高安屯燃气热电有限责任公司，从事发电厂集控运行工作。

#### 参考文献：

- [1] 付昶, 武学素. 凝汽式汽轮机组背压变化对机组功率影响的研究[J]. 热力发电, 1999, (1): 39 - 42, 47.
- [2] 李勇, 曹丽华, 张欣刚. 汽轮机凝汽器真空应达值的确定方法及其应用[J]. 汽轮机技术, 2002, 44 (4): 207 - 209.
- [3] 周兰欣, 林湖, 胡学武, 郭锦鹏, 张淑侠. 凝汽器传热端差的计算与分析[J]. 华东电力, 2003, (11): 16 - 18.