

Discussion on the Operation Mode of Deep Peak-regulating Feed Water Pump of 1000MW Unit

Liqiang Wang Jin Zhang Yutian Gu

Xuzhou China Resources Power Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221242, China

Abstract

In this paper, we discuss the operation mode of feed water pump in the process of 1000MW unit (rated load of 30% and below), analyze the economic and safety comparison of the operation mode of single pump and double pump under the deep load, put forward optimization suggestions, and compare the advantages and disadvantages of the two operation modes under 30% load. This paper aims to optimize the operation efficiency of the feed pump, and improve the overall peak regulating capacity of the unit, including the selection and design of conventional and peak regulating operation mode, analyze the influence of different ways on the efficiency and stability of the unit, analyze the operation data combined with actual cases, and put forward the optimization suggestions of the operation mode of the feed pump.

Keywords

1000MW unit; depth peak regulation; feed pump; operation mode

1000MW 机组深度调峰给水泵运行方式探讨

王立强 张进 顾玉田

徐州华润电力有限公司, 中国·江苏 徐州 221242

摘要

论文对1000MW机组在深度调峰(30%及以下额定负荷)过程中的给水泵运行方式进行了探讨,对单泵和双泵运行方式在深调负荷下的经济性和安全性对比进行了分析,提出了优化建议,对比了30%负荷下两种运行方式的优劣。论文旨在优化给水泵的运行效率,并提升机组的整体调峰能力,包括常规和调峰运行方式的选择与设计,利用分析不同方式对机组效率与稳定性的影响,结合实际案例进行运行数据分析,提出了给水泵运行方式的优化建议。

关键词

1000MW机组; 深度调峰; 给水泵; 运行方式

1 引言

1000MW 机组作为主力发电设备,面临着更高的运行要求,深度调峰对机组的运行稳定性、效率以及辅助设备如给水泵系统的性能提出了新的挑战,对于 1000MW 机组,深度调峰要求在 30% 或更低的负荷下保持稳定运行,给水泵系统必须在这种低负荷工况下保证运行效率和稳定性,以适应频繁的负荷波动。在此背景下,优化给水泵的运行方式成为提升机组整体调峰能力的关键。

2 1000MW 机组的运行特点

2.1 机组深度调峰的概念与要求

深度调峰定义为在 50% 负荷以下的运行模式,30% 负荷是常见的调峰负荷点。机组需要维持运行稳定性,同时给

水泵系统需具备快速响应负荷变化的能力,确保流量和压力稳定。深度调峰过程给水系统需在低负荷条件下保证压力、流量的稳定,避免因负荷波动导致系统失稳。深度调峰对机组设备的响应速度、控制精度及长期运行可靠性提出了更高要求,辅助设备如给水泵、调节阀等,需具备更加灵敏的调节特性,以适应频繁变化的负荷条件。

2.2 深度调峰对给水泵的影响

深度调峰过程在低负荷条件下给水泵需要适应频繁的负荷变化,给水泵通常根据机组的负荷需求进行不同的运行模式调节,在高负荷运行时,给水泵需要全速运行以保证锅炉蒸汽供水的充足;而在低负荷时,给水泵通常处于部分负荷或变频运行状态。深度调峰时,低负荷工况下的运行对给水泵提出了更高要求,在 30% 额定负荷下,单泵运行虽然在能耗上相对较低,但泵体承受的压力较大,可能会加剧机械磨损。而双泵并列运行可以分散负荷,减少机械损耗,但在能耗和系统复杂性上有所增加。

深度调峰对给水泵的影响不仅体现在机械部件的磨损,

【作者简介】王立强(1985-),男,中国江苏徐州人,本科,工程师,从事电厂节能研究。

还包括对控制系统的挑战。由于负荷的频繁变化，给水泵的启停和调速操作需要与锅炉负荷、蒸汽参数及电网调度实时匹配，传统的固定控制逻辑已难以满足这一需求，需要通过智能控制系统对给水泵的运行状态进行动态调整，确保系统的高效运行，机组在不同负荷下给水泵的主要运行参数数据

如表 1 所示。

给水泵的功率需求显著下降，泵速也逐渐降低以适应低负荷工况，低负荷工况下给水泵的频繁启停容易导致设备磨损加剧，特别是泵体和轴承的磨损问题尤为突出。低负荷工况下，给水流量与压力的波动幅度较大，进一步影响系统的稳定性。

表 1 机组在不同负荷下给水泵的主要运行参数数据

负荷 (%)	运行方式	给水泵功率 (MW)	给水流量 (t/h)	给水压力 (MPa)	泵速 (RPM)	单泵运行效率 (%)	双泵运行效率 (%)
100	单泵运行	12.5	2800	25.3	4800	95	—
75	单泵运行	9.5	2100	20.7	4300	92	—
50	单泵运行	7	1400	16.5	3800	88	—
30	单泵与双泵比较	4.5/4.2 (每台泵)	950/980 (每台泵)	10.5/10.8	2900/2850	85	90

3 给水泵的运行方式分析

3.1 常规运行方式及其适用性

常规运行方式在 50% 以上负荷下表现较为稳定，但在低负荷时，由于负荷变化频繁，给水泵的运行模式需要灵活调整。特别是在 30% 负荷时，单泵运行虽然操作简单，但其经济性和机械可靠性有待进一步评估。常规运行方式下，给水泵通常采用定速运行，保持较高的转速和输出功率，以满足锅炉所需的给水量和压力需求。由于负荷需求的相对稳定，系统可以较少的控制调节，减少了设备的机械磨损和能耗波动。在 1000MW 机组满负荷运行状态下，给水泵的功率通常保持在额定水平，系统整体效率较高，锅炉的热效率和蒸汽参数也能较为稳定地维持在最佳区间。在负荷接近 100% 时，机组的综合热效率可达到 45% 或更高。在负荷下降时，给水泵的定速运行无法根据负荷需求及时调整供水量，可能导致锅炉供水过量或不足，影响机组运行的稳定性^[1]。

3.2 调峰运行方式的选择与设计

在调峰过程中，为了适应频繁波动的电网负荷，给水泵的运行方式需要有更高的灵活性。调峰运行要求给水泵在变频控制或多泵联动的方式下，借助给水量的动态调节，相对于常规的运行方式，它要求给水泵能够对负荷变化做出快速反应。变频操作方式是利用调节给水泵转速的方式来配合

锅炉负载需求，在固定的转速下避免能量的浪费，也避免了给水不匹配的问题。调峰作业模式的核心在于实现给水量与锅炉负荷的动态匹配，通过对给水泵转速和作业方式的精确控制。设置水泵运行的数学模型有以下几种：

$$P_{\text{pump}} = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

其中， P_{pump} 为给水泵的输出功率； η 为泵的效率； ρ 为水的密度； g 为重力加速度； H 为泵扬程； Q 为给水流量，调节泵的扬程 H 和流量 Q ，可以精确控制给水泵的输出功率，从而适应不同负荷工况的需求。在负荷波动较大的情况下，给水泵的频繁启停可能导致设备磨损加剧，多泵联动的方式，采用不同泵组的交替运行，可以有效降低单台泵的负荷压力，延长设备使用寿命。

在 30% 负荷时，单泵运行的主要优点在于能耗较低，但泵体的磨损会更为严重。而双泵并列运行可以通过均摊负荷来减小单泵的压力，增加系统的稳定性，适合长期调峰运行。

3.3 运行方式对机组效率与稳定性的影响

为深入分析不同运行方式对机组效率和稳定性的影响，特别是在深度调峰（50% 负荷以下）条件下，论文重点比较了单泵和双泵在 30%、35%、40% 和 50% 负荷下的运行情况。表 2 汇总了不同负荷下两种运行方式的主要参数。

表 2 机组在不同负荷下给水泵运行方式对比

负荷 (%)	运行方式	给水泵功率 (MW)	给水流量 (t/h)	给水压力 (MPa)	泵速 (RPM)	机组热效率 (%)	系统稳定性 (波动幅度 %)
50	单泵运行	7	1400	16.5	3800	88	5
50	双泵运行	7.2 (每台 3.6)	1400	16.5	3800	89	3.5
40	单泵运行	5.5	1120	13.2	3500	85	6
40	双泵运行	5.8 (每台 2.9)	1120	13.2	3500	86	4
35	单泵运行	4.8	980	11.5	3300	83	6.5
35	双泵运行	5.0 (每台 2.5)	980	11.5	3300	84	4.5
30	单泵运行	4.2	840	10	3100	80	7
30	双泵运行	4.5 (每台 2.25)	840	10	3100	82	5

注：双泵运行的给水泵功率为总功率，括号内为每台泵的功率。

在深度调峰（50%负荷以下）条件下，双泵运行方式相比单泵运行在效率、稳定性和安全性方面具有明显优势。尽管双泵运行的功率消耗稍高，但其机组热效率提高1%~2%，尤其在30%负荷时，热效率可达82%。双泵运行有效降低了系统波动幅度，从7.0%降低至5.0%，增强了系统稳定性，并通过分摊负荷，降低了设备磨损和故障风险。双泵运行的灵活性使其更能适应负荷波动，提升了整体经济性。

4 实际案例与运行数据分析

4.1 典型机组调峰运行的案例研究

某电厂的1000MW超超临界机组在调峰运行中，30%负荷下使用单泵运行时，其能耗为4.3MW，而双泵并列运行时，能耗增加至4.6MW。然而，双泵运行的启停频率明显低于单泵，机械磨损降低了20%，维护周期延长，整体效率提升了5%。

在实际操作中，随着负荷的不同，给水泵的耗电量也会发生变化。如给水泵在100%负载条件下运行功率为12.5MW，而在25%负载条件下则降低到4.3MW。这种操作方式的调整，对泵的操作寿命、能耗性能等都有直接的影响。从电厂的运行记录来看，整个机组的运行时长中，给水泵的运行时间占到75%以上，而给水泵的开停频率在低负荷运行期间每小时达到2次。这种高频率的起停使泵轴承及密封件磨损严重，造成运行成本增加，从而导致设备维修周期缩短^[2]。

4.2 运行数据的收集与分析

在30%额定负荷下，单泵和双泵运行的性能差异明显。单泵运行时，由于负荷集中在一台泵上，流量波动较大，锅炉蒸汽压力也随之变化，系统稳定性下降。双泵并列运行则有效减小了流量波动，锅炉蒸汽参数更加稳定。数据显示，双泵运行时的流量波动仅为单泵运行时的60%，蒸汽压力波动幅度从单泵的6%降低到3%。双泵运行由于负荷分散，泵体温度控制较好，机械磨损也得到了明显缓解^[1]。

4.3 给水泵运行方式的优化建议

分析以上运行数据后，可得出多组优化给水泵运行方式的建议，以提高机组的调峰效率并提高系统的稳定性。在低负荷条件下频繁启停的问题比较突出，所以建议采用智能

变频控制系统来实现泵速的平滑调节，以降低因泵速剧烈变化引发的机械磨损和流量波动。智能控制系统能够根据实时的负荷需求锅炉蒸汽参数和给水泵的运行状态来动态调整泵速，从而避免了因频繁启停带来的机械损耗。实际测试表明，采用智能控制系统后泵体的启停频率降低30%以上，设备的整体寿命延长20%以上。通过上述的优化措施，无论是机组的调峰还是系统的稳定性都得到了提高。

建议采用多泵并联或交替运行的方式，使给水泵的负荷压力在低负荷运行的情况下进行分摊。增加备用泵组或调整泵组运行顺序，保证各泵组运行时间和负荷更加均衡，减少因单泵长时间高负荷运转而造成的磨损问题，就可以达到具体的实施方式^[3]。在案例分析中，采用多泵联动运行的机组，其给水泵运行效率提高15%，设备维护费用减少20%。

总的来说，给水泵在深度调峰中的运行特点有以下几点：通过智能控制多泵联动流量的精确控制和泵体设计的优化等几个方面的改进，对系统的运行效率和稳定性都能有明显的提高，并有效地降低运行成本，因此这些优化建议不仅适用于1000MW机组的深度调峰，而且对其他大容量机组的调峰运行也有借鉴和借鉴的价值。

5 结论

在1000MW机组的30%负荷调峰运行中，双泵运行的稳定性和安全性优于单泵运行，尽管能耗稍高，但其分摊负荷的方式能有效降低机械磨损，提高设备的使用寿命。调峰运行方式通过智能控制和变频调节，有效提高了低负荷条件下的运行效率，减少了机械磨损，论文结合实际运行数据，提出了优化给水泵运行方式的建议，包括智能控制系统的应用和多泵联动方式，优化后的运行方式能够显著提升机组的整体性能，为深度调峰提供技术支持。

参考文献

- [1] 李立波,杜悦.1000MW超超临界机组给水泵异常振动原因分析及处理[J].电站系统工程,2024,40(5):33-36.
- [2] 何钦,颜晶晶.1000MW火电机组循环水泵节能改造[J].能源与节能,2024(4):48-50+61.
- [3] 杨宗秋.1000MW机组单台汽动给水泵全程自动给水控制分析[J].通讯世界,2024,31(4):91-93.