

火电机组RB 试验等效性研究

Research of Equivalence Relation for RB Test
in Fossil Fuel Power Units

朱北恒, 尹 峰, 何 畅, 罗志浩

(浙江省电力试验研究院, 杭州 310014)

摘要:通过对“RB 试验等效性”的初步研究, 获得了关于风烟系统对称性、汽包水位初始值、非同类设备RB 工况等效性试验结论。对称系统中的同类辅机设备跳闸RB 试验可以相互替代, 送引风机RB 试验在满足一定条件下也可以相互替代。通过安全迁移和等效评价的方法来实现安全等效RB 试验, 通过分析不同设备跳闸的RB 试验之间所存在的相似关系, 对将要开展的试验进行预测, 为降低RB 试验的风险和减少试验次数提供了新的技术路线。

关键词:辅机故障减负荷; RB 试验; 等效关系; 安全迁移

Abstract: The “Equivalence relation for RB test” was initially researched. The conclusion about the equivalency of the RB tests in different side of the symmetrical air-gas systems, different original drum level and different type of equipments was acquired. In the symmetrical system, same equipment RB test can be substituted by the other one, even FD_FAN test can be substituted by the ID_FAN in a certain condition. The method of Safety transfer and Equivalence evaluation was used to implement safe and equivalence RB test. The research of equivalence relation between different type of equipments RB tests can be used to predict the future tests. Based on the research case, the risks and quantity of RB tests were decreased.

Key words: runback; RB test; equivalence relation; safety transfer

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1007-1881(2008)02-0009-04

火电机组在高度自动化的协调控制方式下运行, 当主要辅机设备故障跳闸时, 如果不能正确实现辅机故障减负荷(RUNBACK, 简称RB), 将导致机组跳闸, 对电网产生较大的冲击, 也影响机组的经济效益。因此, 电力行业标准要求新建的火电大机组在商业移交前应完成所有的RB 试验, 并要求RB 功能与协调控制系统同步投入。

但RB 试验风险较高, 而且是一种非常昂贵的试验, 每一次试验都将至少造成1 h 以上50% 的电量损失。如果试验失败造成机组跳闸, 则损失更大。因此, 在开展RB 控制策略

研究的同时, 对RB 试验方法的研究, 尤其是对如何降低试验风险、减少试验次数的研究有着特别重要的意义。通过RB 试验的等效性分析, 对典型RB 试验的代表性、安全工况转移的合理性进行论证, 以及对将要开展的试验进行预测, 是开展RB 试验等效性研究的主要目的。

1 对称风烟系统辅机跳闸RB 试验等效性分析

由于单元机组的风烟系统为对称结构, 因此目前广泛采用的做法是, 选取任意一侧

的辅机来进行RB试验,并以此来代表另一侧辅机跳闸的试验结果。在某电厂3号、4号机组(600 MW)获得的关于对称风烟系统辅机跳闸RB试验的等效性分析结论,完全支持上述假设。机组在相同初始工况下分别进行了一次风机A跳闸RB和一次风机B跳闸RB的对比试验,RB试验过程中,负荷、汽压、水位、负压、氧量、风量、燃料量、给水流量、蒸汽流量等主要参数,送风/引风/给水等正常设备的运行状态,甚至包括一次风母管压力、设备调节指令与反馈、运行设备电流等主要参数的变化情况也几乎完全一致。

试验表明,对称风烟系统同类辅机设备的A、B两侧分别进行的辅机跳闸RB试验,在试验辅机设备出力基本一致的前提下,具有完全的等效性。试验还表明,只要在结构上完全对称,其他同类辅机设备跳闸的RB试验,也是完全可以相互替代的。

对于平衡通风、送引风机有单侧联锁跳闸关系的风烟系统,不仅A、B两侧具有完全的等效性,送风机跳闸RB与引风机跳闸RB试验也具有一定的等效关系。在某电厂3号、4号机组(600 MW)进行的送风机RB与引风机跳闸RB对比试验中,除炉膛压力的变化不同以外,负荷、汽压、水位、氧量、风量、燃料量、给水流量、蒸汽流量、一次风/给水等正常设备运行状态缓变量与非直接相关系统的变化情况均基本一致,甚至包括炉膛负压的后期变化过程与波动范围、设备调节指令与反馈、运行设备电流等主要参数的变化情况也基本一致。

在送风机跳闸的RB试验过程中,炉膛压力变化是瞬间降低再冲高然后逐渐恢复的过程;而在引风机跳闸RB试验过程中,炉膛负压变化是直接冲高然后逐渐恢复。RB动作瞬间炉膛压力的不同变化,主要是由于设备联跳逻辑的传递与动作时延所造成的。如果热工保护系统和被控设备处于健康状态,RB动作造成的炉膛压力偏离值和偏离时间都应该在安全范围以内。因此,对于风烟系统同侧设备要求联跳的机组,送风机RB、引风机RB试验具有一定的等效性,在满足一定的条

件下可以相互替代。

2 汽包水位设定值迁移的等效性分析

以往的经验证明,亚临界汽包炉的给水泵RB(不启动备用泵)试验是所有RB试验项目中风险最高的,稍有不慎就会造成机组跳闸。

因此,常有在试验前预先抬高汽包水位设定值的做法。通常是将试验结果得到的最低汽包水位值再减去试验前抬高的值,以此来判断是否达到了汽包水位低低越限值。这种采取汽包水位初始设定值向上迁移的方法,有利于降低试验风险,但关键是如何对试验结果进行评价。

将水位设定值迁移+50 mm工况下的给水泵RB(不启动备用泵)试验与零初水位工况下的试验进行对比,不难看出,试验结果中除了汽包水位初始设定值和最低汽包水位值不同以外,所有过程参数几乎完全一致。因此可以认为,通过试验前迁移设定值、试验后的结果误差修正,与正常零初水位试验的结果存在完全的等效性。

对某电厂5号、6号机组(600 MW)进行了多次给水泵RB试验,分别在0 mm、+50 mm、+80 mm初始水位工况下进行试验,对比结果如表1所示。

表1 初水位迁移后给水泵RB水位变化值比较
mm

机组	5号机组	5号机组	6号机组	6号机组
初始水位	+50	+80	+50	0
最低水位	-219.5	-191.41	-165.68	-218.17
水位变比值	-269.5	-271.41	-215.68	-218.17

由表1可见,水位迁移对最终汽包水位的绝对变化量影响很小,通过迁移试验确定的最低水位值与正常水位试验时的最低水位值偏差在5 mm以内。根据模糊化计算结果,初始水位在+100 mm时汽包水位下降300 mm对应初始水位在0 mm时汽包水位下降310 mm左右,汽包水位的正常波动及水位测量误差等其他因素造成的汽包水位正常波动范围大约为±10~20 mm。

因此,给水泵RB(不启动备用泵)采用水位

迁移(建议 +50 mm ~ +100 mm)的等效性试验方法, 将试验得到的最低汽包水位值再减去迁移值, 完全可以替代正常水位工况下的试验。

在某电厂3号机组(600 MW)给水泵RB试验过程中, 正是利用了水位迁移的原理进行试验, 才使运行人员能够通过干预防止了机组跳闸。这次试验提供的完整记录曲线, 为该机组特性能否实现RB设计功能的分析提供了客观的依据。

试验过程如下: 机组在协调方式下, 负荷600 MW, 磨煤机E、B、D、C、F运行, 2台汽泵并列运行投入自动, 电泵启动投入冷备用不出水, 水位+100 mm; 试验开始后, 手动跳闸汽泵B, 机组RB动作, 机组目标负荷290 MW, 减负荷速率1200 MW/min; 磨煤机E自动跳闸, 5s后C磨自动跳, F、B2层油枪投入; 由于汽包欠水太多, 水位急剧下降至-150 mm左右; 操作员手动干预, 调节电泵液耦指令并投自动; 汽包水位位于-194.02 mm(当水位降到-200 mm时锅炉将MFT)处稳定并逐渐回升, RB试验结束。

给水泵RB的水位曲线如图1所示。小汽机A跳闸后, 给水流量由1680 t/h跌到最低值820 t/h, 20s后单台汽泵给水流量调节到泵最大流量1250 t/h。水位由试验前+100 mm急剧下跌, 此时电泵旋转备用, 不出水。当水位降至-150 mm左右时, 手动调节电泵液耦指令到90%, 流量700 t/h。25s后水位稳定于-194.02 mm左右。通过计算, 水位稳定前电泵补水4 t左右, 合计水位为150

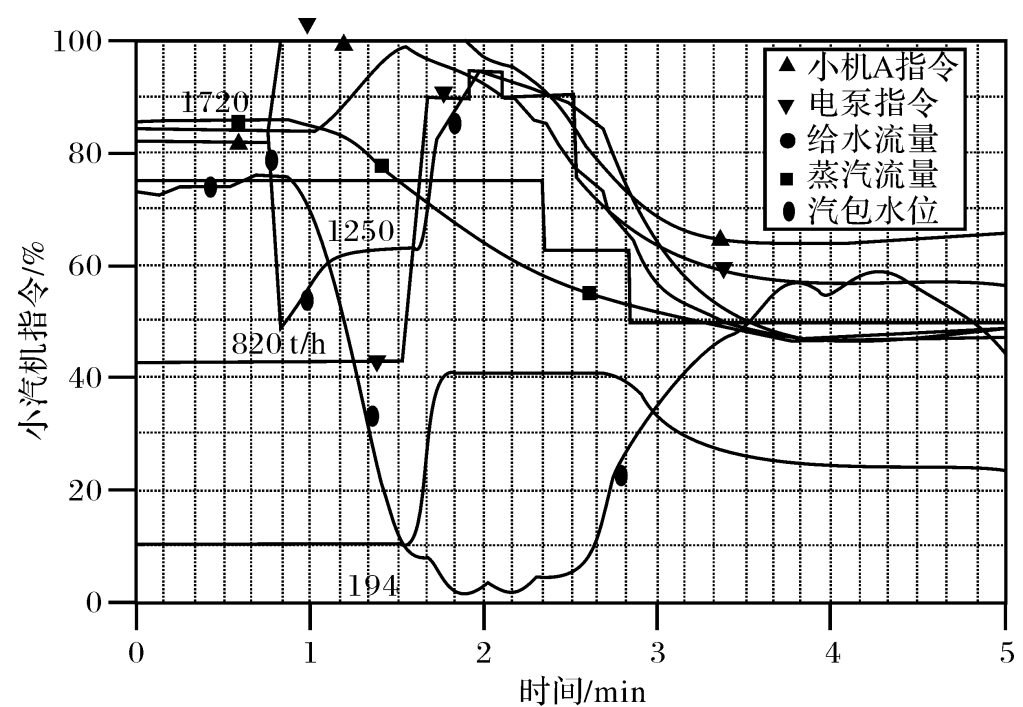


图1 水位迁移工况下的给水泵RB(不启动备用泵)汽包水位控制曲线

mm。所以, 如果电泵不启动, 水位将达-300 mm, 远远低于机组的MFT水位低限值, 将无法成功完成该项RB试验。

通过迁移水位初值后进行试验所得的最低水位值可以判断试验是否能成功, 反过来, 通过试验结果分析, 也可以给出使给水泵RB(不启动备用泵)试验成功的“最低汽包水位初始值”的约束条件。

3 非同类设备RB试验的局部等效性

在非同类设备RB试验之间寻找其局部等效性的意义在于, 由已经获得的RB试验结果去推算将要进行的RB试验结果。例如, 通过对一次风机RB试验过程蒸汽流量变化曲线的分析, 对给水泵RB的成功率或成功的前提要素进行预测与判断。

图2是给水泵RB(不启动备用泵)试验与

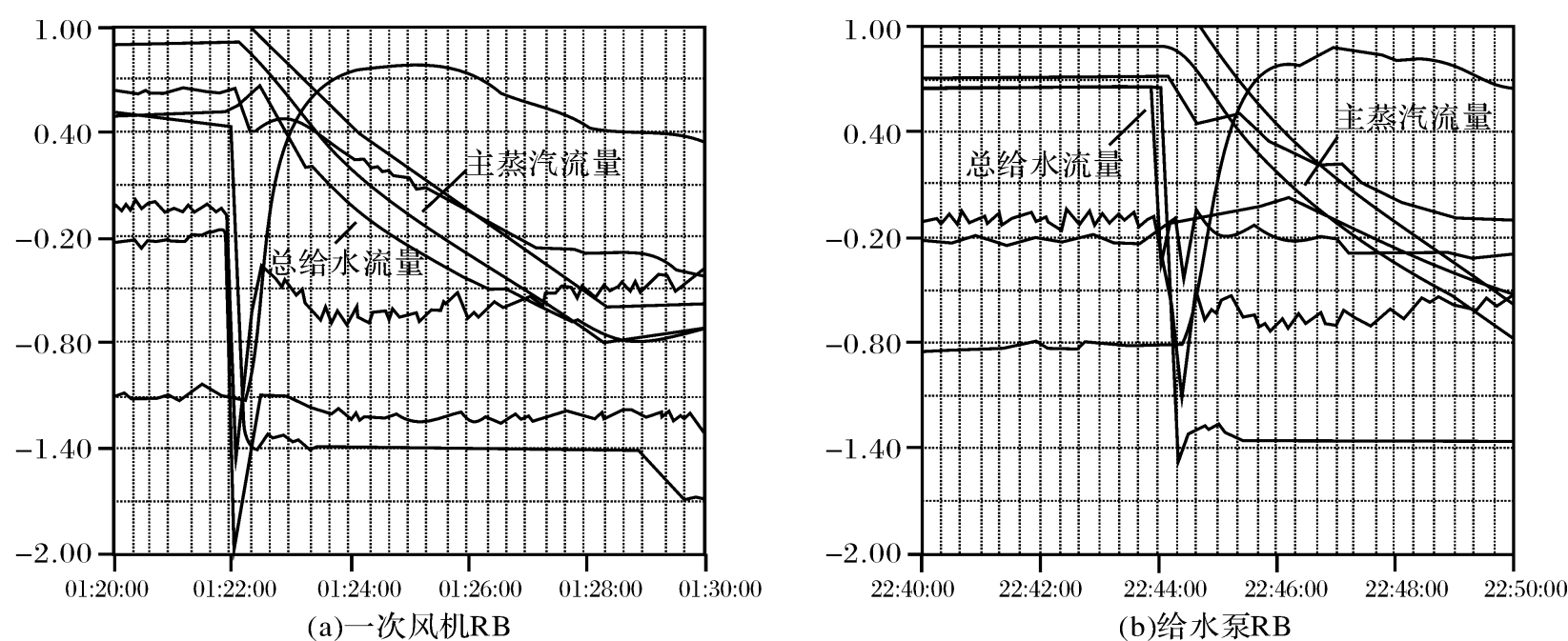


图2 一次风机RB与给水泵RB(电泵不启动)的过程控制曲线对比

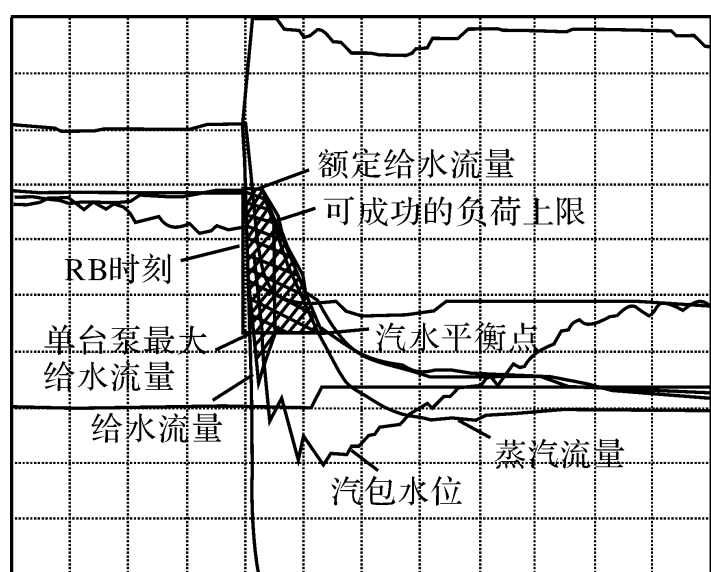


图3 蒸汽流量与给水流量平衡前汽包缺水量示意图

一次风机RB试验的过程控制曲线。比较图2可以发现，蒸汽流量变化曲线非常相似，这是由于两项试验的降负荷速率与跳磨时序设定是相同的。

在已知给水泵最大出力的前提下，只要获得给水泵RB过程蒸汽流量的变化曲线，即可对给水泵RB工况下的该部分缺水量进行测算，并做出在一定误差范围内的指导判断，如图3所示。利用一次风机RB试验与给水泵RB试验蒸汽流量变化曲线的等效性，通过对一次风机RB试验的过程蒸汽流量变化曲线的分析测算，就可完成对给水泵RB试验的成功率与成功的前提要素的预测与判断，进一步降低给水泵RB试验风险。

4 RB 试验等效性研究的基本方法

开展RB试验等效性的研究，通过分析不同工况条件下的RB试验或不同设备跳闸的RB试验之间所存在的相似关系或等效关系，利用等效性原理进行RB试验，可以最大可能地减少RB试验次数，提高RB试验的成功率。

RB试验等效性研究的基本方法，是建立在案例支持基础之上的安全迁移和等效评价方法，如图4所示。

除了特定的对比试验外，大量的统计结果也支持关于结构完全对称的同类辅机设备跳闸RB试验、送风机RB和引风机RB试验、以及汽包炉给水泵RB试验设定值迁移的等效性结论。因此，完全可以根据这些等效性结论来减少RB试验次数。

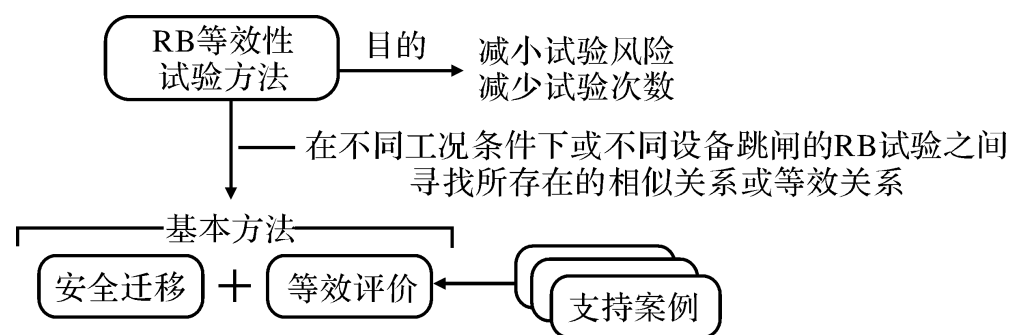


图4 RB 试验等效性研究的基本方法

5 结论

通过在5台不同类型600 MW机组开展的RB等效试验研究，得出以下几个结论：

- (1) 对称结构的同类辅机设备跳闸的RB试验是完全可以相互替代的。
- (2) 对于平衡通风有单侧联锁跳闸关系的送、引风机RB试验，在联锁保护系统的响应时间满足标准要求的情况下可以相互替代。
- (3) 对于亚临界汽包炉给水泵RB试验，通过试验前的设定值迁移和试验后的结果误差修正，与正常零初水位试验的结果存在完全的等效性。
- (4) 通过对一次风机RB试验过程蒸汽流量变化曲线的分析，对给水泵RB的成功率或成功的前提要素进行预测与判断，在非同类设备的RB试验之间寻找相似关系，为进一步控制RB试验风险提供了新的技术路线。

参考文献：

- [1] DL/T 657-2006，《火力发电厂模拟量控制系统验收测试规程》[S].
- [2] 朱北恒. RB控制技术试验研究[J]. 中国电力, 2004, 37(6): 67-70.
- [3] 罗志浩, 王达峰, 姚文伟. 600 MW机组RB功能试验及其分析[J]. 热力发电, 2007, 247(7): 62-65.

收稿日期：2008-02-25

作者简介：朱北恒(1956-)，男，四川蓬溪人，教授级高级工程师，从事发电厂热工自动化应用和研究。

(本文编辑：龚皓)