

双进双出钢球磨煤机爆燃原因与对策分析

李振

(国家能源投资集团有限责任公司 北京 100011)

摘要: 双进双出钢球磨煤机燃用高挥发份煤种时,在磨煤机停运抽粉过程中经常出现爆燃现象。本文结合某火电厂双进双出钢球磨煤机出现的典型爆燃现象,应用相关的分析方法研究出磨煤机爆燃的原因,并采取合理的预防措施,有效防止了磨煤机爆燃事故的发生,消除了机组运行的安全隐患。

关键词: 磨煤机;爆燃;停运;抽粉;容量风;旁路风

0 引言

在火电厂中,制粉系统属于重要的辅助系统,由于影响因素较多,磨煤机爆燃的原因分析及预防是一个比较棘手的问题。为了遏制火电厂锅炉不安全事故的发生,保证锅炉的安全稳定运行,对制粉系统的调节提出了更高更新的要求,同时也是《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》中的一项重要内容。双进双出钢球磨煤机在燃用挥发份高的煤种时极易出现局部爆燃的现象,特别是在磨煤机的停运抽粉过程中。

下文通过对某火电厂双进双出钢球磨煤机出现的典型爆燃现象进行研究,对磨煤机爆燃前后的参数变化和损坏情况进行了详细分析,并制定实施了有效的防范措施,为同类型磨煤机的运行调整和防爆措施提供参考。

1 设备概况

该电厂装机容量为4×300MW燃煤发电机组。锅炉为亚临界参数、一次中间再热、单炉膛、固态排渣、全钢架悬吊结构、露天布置、控制循环燃煤汽包炉、采用平衡通风、直流式燃烧器、四角切圆燃烧方式。

锅炉配备低速磨正压直吹式制粉系统,由2台离心式一次风机、3台BBD4060B型双进双出钢球磨煤机、6台电子称重式皮带给煤机组成。一次风机出口一路经过空预器加热后送至热风母管、另一路直接送至冷风母管,冷热风通过冷热风门混合后送至磨煤机容量风、旁路风门。3台磨煤机运行时,可满足锅炉120%BMCR工况运行时燃用设计煤种的耗煤量,设计煤种和燃用煤种煤质特性见表1。

正常运行中,磨煤机采用双进双出运行方式,维持磨煤机出口温度70~80℃,一次总风量及旁路风量要按给定的曲线进行调节。若设备有问题时,在原煤湿度不大于10%时,可采用单进双出运行方式,但两侧出口

温差不准超过8℃,采用单进单出运行方式时,不运行的一侧要有10%的风量,可以长时间运行。

表1 设计煤种和燃用煤种煤质特性

参数	Qnet, ar /(kJ/kg)	Aar /%	Vdaf /%	Mad /%	Sar /%
设计煤种	23657	7.09	32.31	3.09	0.63
燃用煤种	21119	12.5	37.66	10.68	0.52

2 爆燃经过

事发前#3机组正常运行,负荷172MW,机组投协调,A、B磨煤机正常运行,C磨煤机停运。

00:58,一次风母管压力10kPa,B磨煤机B1/B2侧容量风门开度44%/44%。接调度令滑参数停机,逐渐关小容量风门,降低机组负荷。

01:02,B磨煤机入口混合风压4.2kPa/4.4kPa,B1/B2侧旁路风开度28%/27%,B1/B2侧容量风门开度38%/38%,逐渐调整冷热风门开度,直至B磨煤机冷风门全开、热风门全关,B磨煤机混合风温逐渐下降。

01:13,停运B磨煤机B1、B2给煤机,B磨煤机开始抽粉,B磨煤机入口混合风压2.2kPa/2.6kPa,B1/B2侧旁路风开度31%/30%,B1/B2侧容量风门开度25%/25%,入口混合风温度126℃/110℃,B1侧分离器出口温度53℃/53℃/53℃,B2侧分离器出口温度52℃/53℃/50℃。

01:20,B磨煤机入口混合风压2.5kPa/2.5kPa,B1/B2侧旁路风开度31%/30%,B1/B2侧容量风门开度25%/25%,入口混合风温度94℃/80℃,B1侧分离器出口温度52℃/52℃/52℃,B2侧分离器出口温度50℃/50℃/48℃。

01:31,B磨煤机冷风抽粉18min,混合风温74℃/64℃,混合风压2.1kPa/2.1kPa,逐渐开大容量风至30%/30%。

01:34,B磨煤机抽粉21min,B1/B2侧旁路风开度

30% /30%，容量风门开度 30% /30%。B 磨煤机粉管动压迅速上升，B11 ~ B14 粉管动压最高分别为：6.9kPa、21kPa、21kPa、8.6kPa，B21 ~ B24 粉管动压最高分别为：5.4kPa、21kPa、21kPa、6.7kPa。B1 端分离器出口温度最高升至 64℃，B2 端分离器出口温度最高升至 71℃，炉膛负压由 -44Pa 升至 30Pa。

01:38，B 磨煤机停运，关闭所有风门挡板，B2 端粉管吹扫完毕。B1 端 4 个吹扫风门操作不动，B1 端旁路风门关不到位，B13、B14 在线煤粉浓度测量装置取样管脱开，B11、B12、B13、B14、B21 粉管膨胀节拉伸，B12 粉管插板门后连接处漏风，B1、B2 端容量风入口防爆门动作。

各时间节点的粉管动压如表 2 所示。

爆燃后的现场照片如图 1、图 2 所示。

表 2 各时间节点的粉管动压 /kPa

时间	B11	B12	B13	B14	B21	B22	B23	B24
01:21	0.8	0.2	0.8	0.8	0.7	1	0.5	0.5
01:31	0.8	0.2	0.8	0.8	0.6	0.8	0.5	0.4
01:34 (爆前)	0.6	0.3	0.8	0.6	0.4	0.6	0.3	0.3
01:34 (爆后)	6.9	21	21	8.6	5.4	21	21	6.7



图 1 爆燃后的现场图一

3 爆燃的影响因素及原因分析

煤粉的爆燃，是在一定空间压力急剧上升的燃烧过程，此时压力上升速度比正常燃烧要快得多。煤粉以一定的浓度分散在空气中，一旦达到适当的点火能量，就会发生燃烧并迅速传播，导致连续不可控制的燃烧，这就是煤粉的爆燃。

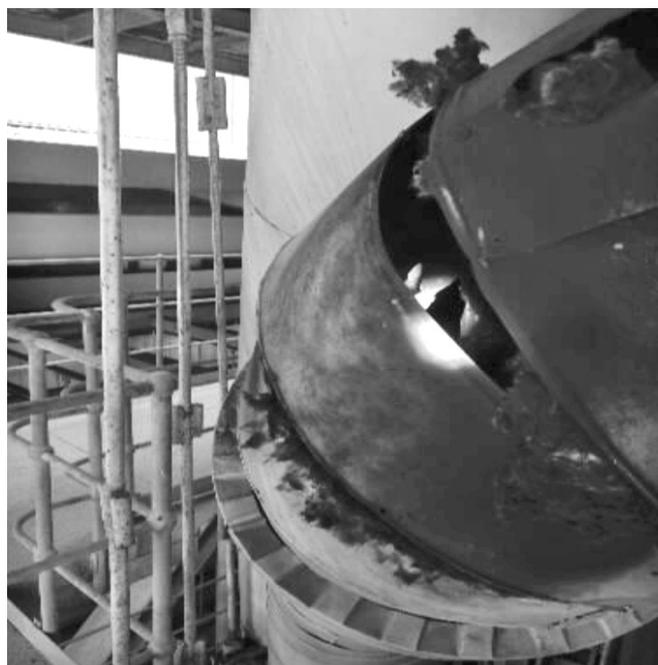


图 2 爆燃后的现场图二

根据资料，制粉系统爆燃必须具备的五个因素，燃料、氧量、点火能量、煤粉浓度、空间限制。如果爆燃时空间受到限制，将引起系统的爆炸，这其中的任何一个因素的缺少都可以避免爆炸的发生。而在磨煤机运行时，煤粉浓度范围和空间限制无法避免，可以调控的主要集中在煤质、氧量和点火能量三个方面。

3.1 煤质

煤的物理和化学成分都很复杂，煤质特性当中，爆燃特性、细度、浓度是决定煤粉能否发生爆燃的三个最重要的影响因素。

3.1.1 爆燃特性

煤的爆燃特性主要受挥发份因素影响，煤中挥发份含量越高，对应爆炸特性指数越大，爆炸的可能性就越大。从表 1 可以看出，燃用煤种的干燥无灰基挥发份 (Vdaf) 在 37% 以上，爆炸特性极高，属于极易爆燃的煤种。

3.1.2 煤粉细度

煤粉细度对爆燃的影响也很大，特别是对于挥发份高的煤种而言，煤粉越细，爆燃风险性越高。通过表 3 可以看出，出现爆燃的磨煤机磨制的煤粉，细度都在爆燃危险区域内。特别是在磨煤机冷风抽粉、停运过程中，磨煤机出力远远低于正常水平，导致大量煤粉在磨煤机大罐内充分研磨，细度更细，出现爆燃的概率更高。

3.1.3 煤粉浓度

在限制空间内，当风粉混合物达到一定浓度，一旦有点火源，就会发生爆炸，且风粉混合物中煤粉存在一个最易爆炸浓度区间。磨煤机无论是在启停过程还是正常运行中，磨内煤粉浓度均处于煤粉爆炸的浓度范围内，

表3 煤粉细度报表

取样点	取样时间	分析值 R200/%	分析值 R90/%
B11	3月20日	1.01	10.9
B13	3月20日	1.07	9.8
C11	4月20日	1.06	10.2
C13	4月20日	1.09	9.6

所以煤粉浓度一般不作为控制爆燃的措施。

3.2 点火能量

煤粉细度越小、挥发份越高，着火所需能量越少。双进双出钢球磨煤机爆燃的点火能量来源很多，包括进入磨煤机内部的混合风温度、磨内部的蓄热、分离器出口及锁气器部位积粉自燃、磨煤机内部死角的积粉氧化放热、磨内的衬板与煤磨擦后发热、磨内煤粉减少后钢球间的撞击、原煤内含有易燃易爆物品等。

磨煤机内部的蓄热、衬板与煤磨擦后发热现象不可避免，但可以通过降低混合风温以及冷热风倒换操作进行减轻。磨内煤粉减少后钢球间的撞击产生热量，可以通过控制抽粉时间来降低风险。

3.3 氧量

双进双出钢球磨煤机采用一次风送粉，抽粉停运过程中，磨煤机内部煤粉混合物中的氧浓度逐渐增加至爆燃浓度范围内。由于没有炉烟引入，现阶段可以通过控制抽粉时间，来降低氧浓度到达爆炸的风险。

4 处理措施

根据以上分析，做出以下处理方案：

(1) 加强运行管理，严格执行25项反措防止制粉系统爆炸的规定要求。

(2) 全面排查B磨煤机损坏部位，进行检修或换新，将积粉部位清理干净。合理安排设备检修计划，定期对磨煤机内部积粉进行清理。

(3) 磨煤机DCS参数显示不准，运行人员没有可以参考的参数来指导运行精细控制。磨煤机走空吹扫时，要求粉管风速不得低于18m/s，但DCS显示风速明显不具备参考价值；DCS磨煤机入口风量与容量风风量显示趋势正确，但数据偏差较大；DCS磨煤机入口一次风压力、旁路风压力与磨煤机出口各粉管一次风压力均显示不准确，这些测点（包括风量测点）需要在检修期间进行认真检查处理，必要时进行更换。

(4) 安装CO测点，通过检测CO量，便于在磨煤机停运过程中加强对磨煤机内部情况的掌控，发现CO量异常时运行人员及时投入消防蒸汽，这样能有效降低爆燃发生的概率。

(5) 磨煤机分离器与分配器之间的直角管段是积粉严重区域，联系磨煤机厂家研究做平滑处理，防止积粉的产生。同时，联系厂家更换所有现在使用的防爆门，同时联系资质单位设计增加防爆门数量以更好的保护设备。

(6) 磨煤机停运时，给煤机停运前30min左右，先将冷风挡板全开，缓慢将热风挡板全关。注意磨煤机混合风压力不低于1.3KPa，粉管动压不低于0.1kPa，且在磨煤机入口混合风温度降至100℃以内，分离器温度不高于60℃时，再停止给煤机运行进行抽粉。抽粉过程中，控制容量风开度大于40%，旁路风门不小于30%。大风量进行抽粉5min后，将旁路风开度关至10%，保持容量风开度不变，确保磨煤机内部有足够的穿膛风通过，降低磨煤机内部积粉的可能性。

(7) 磨煤机抽粉过程中，严禁大幅度调整容量风及旁路风开度，防止氧量突变造成的爆燃。

(8) 给煤机停运后10min，逐步关小磨煤机容量风门、旁路风门、冷风门，直至达到停磨条件，磨煤机正常停运抽粉时间一般不超过20min。缩短磨煤机抽粉时间避开了氧浓度的爆炸范围，减缓了煤粉细度继续减小的进程，同时也降低了磨内煤粉减少后钢球间撞击产生的热量，对防止磨煤机停运过程中发生爆燃现象起到了关键性作用。

(9) 由于磨煤机停运过程中存在一定的爆燃的风险，为确保杜绝发生人身伤亡事件，在磨煤机停运前，通知到有可能进入危险区域的相关人员。同时，通过拉响警铃、设置警戒线等方式，对磨煤机区域进行安全隔离。

(10) 磨煤机准备停运前，将磨煤机蒸汽充惰系统充分暖管备用，并确定充惰蒸汽有足够的过热度。给煤机停运后10min，打开磨煤机充惰电动门，投入磨煤机蒸汽充惰。磨煤机停运后，第一时间关闭磨煤机充惰电动门，停运充惰系统。

5 结语

总结本次磨煤机爆燃的参数情况，应用相关的分析方法研究磨煤机爆燃原因，采取合理的预防措施，切实执行防爆措施，磨煤机停止过程中爆燃的情况未再发生，消除了机组的潜在隐患，保证机组安全运行。

参考文献：

- [1] 杨湘森，刘平. 双进双出磨煤机BBD4060bis煤粉细度的试验研究[J]. 黑龙江电力, 2010, 32(04): 274-277.
- [2] 胡富钦. 燃用高挥发分烟煤时磨煤机内部爆燃分析及防范[J]. 华东电力, 2004, 32(07): 55-58.