

注册安全工程师辅导：发电厂锅炉炉膛防爆实践安全工程师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/616/2021\\_2022\\_\\_E6\\_B3\\_A8\\_E5\\_86\\_8C\\_E5\\_AE\\_89\\_E5\\_c62\\_616725.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/616/2021_2022__E6_B3_A8_E5_86_8C_E5_AE_89_E5_c62_616725.htm)〔摘要〕

分析了火力发电厂锅炉炉膛爆炸的机理、诱发炉膛爆炸的主要原因，提出了有效的防范措施，并结合大港发电厂锅炉炉膛防爆实践加以说明。〔关键词〕火电厂；锅炉；炉膛；防爆 锅炉在试运和运行中发生炉膛爆炸事故是屡见不鲜的，它不仅导致了机组非计划停机，危及机组的安全经济运行，还会造成严重的设备损坏和人员伤亡，因此，预防、减少和杜绝炉膛爆炸事故十分重要。大港发电厂二期锅炉是意大利TOSI锅炉厂制造的亚临界、强制循环、中间再热、平衡通风、燃煤固态排渣汽包炉。最大连续蒸发量1 100 t/h，设计燃用山西晋中贫煤，实际燃用阳泉无烟煤及贫瘦煤。每台锅炉配有4套双进双出半直吹钢球磨制粉系统。由于无烟煤及贫瘦煤属难燃煤种，极易造成锅炉灭火和炉膛爆炸事故，大港发电厂对此进行了深入的分析，并采取了有针对性的防范措施，有效地杜绝了炉膛爆炸事故的发生。

### 1 炉膛的内爆和外爆

#### 1.1 炉膛内爆

当炉膛内负压过高，超过了炉墙结构所承受的限度时，炉墙会向内坍塌，这种现象称为炉膛内爆。随着大容量机组的发展和除尘、脱硫设备的装设及高压头引风机的使用，增加了锅炉内爆的可能性。防止炉膛内爆发生的主要方法是在锅炉灭火和MFT动作后的初期提高炉膛驻留介质的质量，通常采取减缓燃料切断的速度(这与防止炉膛外爆相反)、增加送风量和减少引风量等措施。因炉膛内爆事故在国内发生得较少，因此下面主要分析炉膛外爆事故。

#### 1.2 炉膛外爆

锅炉炉膛

爆炸是锅炉炉膛、对流竖井、烟道、引风机等内部积存的可燃性混合物突然同时被点燃的结果，即因爆燃而使烟气侧压力升高，造成炉墙结构破坏的现象，也称为炉膛外爆。锅炉炉膛爆炸又可分为点火爆炸、灭火后爆炸和运行中爆炸3种情况。炉膛内瞬间的燃料爆燃可视为定容绝热过程，应用能量守恒方程和理想气体状态方程可以推导出炉膛内爆炸时介质产生的压力， $P_2$ 为：其中， $C_v$ 为炉膛介质的定容比热， $V$ 为炉膛容积， $P_1$ 、 $T_1$ 分别为爆炸前炉膛内的介质压力和温度， $V_r$ 、 $Q_r$ 分别为积存的可燃混合物的容积和单位容积的发热量。从公式可以看出，炉膛内爆炸时产生的压力 $P_2$ 与可燃混合物积存容积和炉膛容积的比值 $V_r/V$ 、可燃混合物单位容积发热量 $Q_r$ 和爆炸前炉膛介质的温度 $T_1$ 有关。从上面的公式可以看出，炉膛温度 $T_1$ 越低，爆燃后的压力越大。在锅炉点火启动初期，炉膛温度低，这时爆燃产生的破坏力将最为严重； $T_1$ 越高， $P_2$ 越小，当温度超过可燃物的着火温度时，燃料进入到炉内即被点燃，不会产生可燃物积存现象。对于煤等矿物质燃料，其着火温度大多数不超过650℃，一般认为炉膛温度超过750℃时不容易发生炉膛爆燃。

## 2 诱发炉膛爆炸的主要原因

理论分析和生产实践表明，发生炉膛爆炸需要3个必要条件：一是炉膛内存有可燃性燃料(可燃性气体或煤粉颗粒)；二是积存的燃料和空气混合物是爆炸性的，并达到了爆炸极限；三是具有足以点燃混合物的能源。3个条件缺一不可，否则不会发生炉膛爆炸事故。

### 2.1 炉膛内可燃性混合物的积存

运行人员操作顺序不当，设备或控制系统设计不合理，或者是设备和控制系统出现故障，都可能发生大量可燃物聚集在炉膛内的情况，当遇到符

合发生燃料爆燃的点火能(炉膛温度)时，炉内积存的可燃物会突然被点燃，其火焰的传播速度很快，积存的可燃性混合物几乎同时被点燃，生成的烟气容积突然增大，一时来不及由炉膛排出，使得炉内压力骤增，超过了炉墙所承受的最大压力时便造成炉膛爆炸。因此，防止爆燃的主要方法是，防止可燃性混合物积存在炉膛或烟道内，而炉膛内有可燃性混合物积存时又应防止点火能的出现。可见，锅炉灭火时MFT动作，迅速切断全部燃料，以及锅炉点火前按规定程序进行炉膛吹扫，是相当重要的。

## 2.2 锅炉灭火或燃烧恶化 实践证明，锅炉灭火是导致炉膛爆炸最常见的原因。锅炉灭火是指炉内燃烧的突然中断。锅炉燃烧不稳往往是锅炉灭火的预兆。在锅炉辅机发生故障突然停运、燃烧器切换、炉内严重结焦掉渣、燃料性质突然改变或断煤以及火扫器打闪、炉膛压力大幅波动、燃烧恶化等工况时，应特别引起重视，做到尽早发现及时处理。

## 3 大港发电厂炉膛防爆措施

### 3.1 设置可靠的保护并严禁随意解除

#### 3.1.1 设置炉膛吹扫程序

在任何情况下，锅炉点火前，炉膛安全监控系统(FSSS)都必须执行炉膛吹扫程序。吹扫时要求吹扫风量大于额定总风量的30%，吹扫延续时间为5 min，以保证对炉膛进行3~5次全量换气，并以此吹扫风量作为点火风量。因暖炉期间的燃料量一般不超过额定燃料量的10%，这就使炉膛内的空气与燃料的比例偏高，即使送入的燃料未被点燃，也将被冲淡为不可燃的混合物，从而可以避免爆燃。此外，当锅炉因总风量低于额定总风量的25%而跳闸时，炉膛吹扫程序逻辑要求5 min的强迫通风时间，只有待5 min的强迫通风完成后，才能进行炉膛吹扫程序。当锅炉因2台送风机或2台引风机停运而跳闸时，炉膛吹扫

程序逻辑要求15 min的自然通风时间，只有待15 min的自然通风完成后，才能启动引送风机运行，再进行炉膛吹扫程序。

3.1.2 设置锅炉灭火保护 火扫器检测运行油枪无火焰后，跳掉相应的运行油枪；运行磨煤机层火焰故障后，跳掉相应的运行磨煤机。全炉膛灭火逻辑判断锅炉灭火后，MFT动作，立即切断全部燃料供应，即停止制粉系统，关闭磨煤机入口和出口闸板，关闭全部油枪的油阀，将引、送风量减小至吹扫风量并控制好炉膛压力。 3.1.3 设置炉膛压力保护 锅炉设有炉膛压力高低保护。当炉膛压力极高(2 000 Pa)延时1 s或炉膛压力极低(-2 000 Pa)延时1 s时，MFT动作。该保护能在锅炉灭火保护失灵时，依据炉内可靠的压力信号及时切断燃料供应。

3.1.4 严禁随意解除保护 炉膛压力高低锅炉跳闸保护和火焰故障锅炉跳闸保护在锅炉启动前应投入运行。因设备缺陷需退出保护时，应经总工程师批准并事先做好安全措施，运行人员必须做好事故预想。锅炉运行期间，严禁采用插火焰钥匙的办法模拟火焰扫描器的信号，严禁随意退出火焰探头或连锁装置。运行中临时解除保护进行维护后，应尽快恢复。 3.2

预防锅炉灭火事故的发生 预防锅炉灭火事故的发生是防止炉膛爆炸的重点。 3.2.1 加强煤质管理和化验 严格执行混配煤规定，严格控制和化验煤质、煤粉细度、水分和挥发分，并将煤质情况及时通知主控值长，避免因调整不及时、燃烧不稳定造成锅炉灭火。

3.2.2 保持锅炉良好燃烧工况，防止炉膛结焦 燃用设计煤种时煤粉细度R88控制在15%以下，燃用贫煤与无烟煤的混合煤种时R88控制在10%以下，R200均控制在0.3%以下。按规定保持磨煤机最佳出口温度、风量和运行组合方式，避免2台磨煤机隔层组合运行。在燃煤挥发分小于10%或

锅炉燃烧不稳时，值长应向中调说明情况，避免深度调峰，必要时可向中调申请涨负荷或投油助燃。燃用灰熔点较高的煤种并保持煤质稳定，调整好磨煤机运行组合方式，组织好锅炉配风燃烧，并加强锅炉吹灰和看火孔的监视。一旦发现结焦应及时处理，影响锅炉安全运行时应立即停炉。

### 3.2.3 做好监盘和操作工作

锅炉运行期间，运行人员除根据有关表计对燃烧工况进行监视调整外，还应根据火焰扫描器和火焰电视的指示，结合就地观察，对燃烧情况进行综合判断，仔细调整。尤其是在锅炉启动、停运和低负荷运行以及煤种改变时，更应加强对运行工况参数变化的监督，注意燃烧和风煤比的调整。当锅炉燃烧不稳时应提前投油助燃，但对于已濒临灭火的锅炉严禁投油助燃和采用爆燃法复燃。锅炉停止运行后，应及时关闭油枪手动门和点火枪可燃气的手动门。锅炉点火时要求用点火器点燃油枪，油枪点燃煤粉，禁止采用隔层或隔角引燃的办法进行油枪点火。投停磨煤机时必须按规定投油助燃。启动磨煤机时必须进行充分暖磨，以免冷粉进入炉膛使燃烧不稳定或加剧燃烧恶化。启动跳闸磨煤机必须按运行规程规定进行抽粉。当锅炉需要在较低负荷下运行时，可停用部分磨煤机和燃烧器，使其它运行的磨煤机和燃烧器在高于最低稳燃负荷下运行。根据煤质的情况及时控制好煤粉细度和过磨风流量，在磨制阳泉无烟煤等硬质煤时过磨风流量不能过大，防止在涨负荷时，突然加大过磨风流量，造成煤粉变粗，从而导致燃烧恶化。避免锅炉在长期低负荷下运行，或在涨负荷时煤量加得过快而二次风量增加不及时，导致烟道内积存可燃物较多。尤其是在锅炉启动过程中，应根据锅炉燃烧情况和机组启动的需要投入磨煤机和增加

磨煤机出力，不要不管炉内的燃烧情况而匆忙从下层往上层投磨。

### 3.3 加强设备维护

加强锅炉MFT保护和炉膛吹扫程序的维护。定期对油枪油阀、点火枪可燃气阀、燃油跳闸阀、可燃气跳闸阀和磨煤机出入口闸板进行试验，确保闸门动作正确，关闭严密。发现泄漏点应及时消除，并定期进行油枪的更换和吹扫工作。加强设备检修管理，重点解决炉膛漏风、一次风管不畅、送风不正常脉动、磨煤机堵煤、断煤和热控设备失灵等缺陷。大港发电厂根据锅炉炉膛的爆炸机理，分析了诱发爆炸的主要原因，并通过以上措施，保障了锅炉安全稳定运行，在锅炉炉膛防爆的工作中取得了满意的效果。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 [www.100test.com](http://www.100test.com)