

电力行业管理与执法实务全书

# 电力安全管理 (十)

卢炳瑞 主编

中国言实出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电力行业管理与执法实务全书/卢炳瑞主编.

—北京:中国言实出版社,2004.9

ISBN 7-80128-321-6

I. 电…

II. 卢…

III. 电力工业—法规—中国—汇编

IV. F407.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103281 号

中国言实出版社出版发行

(北京市西城区府右街 2 号 邮政编码 100017)

中铁十六局印刷厂

787×1092 32 499.125 印张

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1~1 000 册

定价: 2560.00 元(本卷 16.00 元)

# 目 录

◎一起锅炉水冷壁管大面积变形事故的分析 .....	1
◎制粉系统爆炸与粉仓温度高的防范对策 .....	5
◎锅炉频繁跳机的原因探讨及对策 .....	7
◎防止发电机损坏事故 .....	15
◎缺陷引发大事故 .....	18
◎SF6 断路器机构合闸线圈烧毁故障处理 .....	21
◎两起断路器雷击爆炸事故的分析及探讨 .....	23
◎变压器火灾的原因及预防 .....	27
◎佳木斯电业局开展设备特巡见显效相继避免两起严重设备事故 .....	30
◎京发生外力破坏电力事故，东三环五大厦停电 .....	32
◎电力事故导致居民家用电器损坏，供电单位应负法律责任 .....	33
◎国家电网公司对2003年6月份公司系统8起较严重的事故发出通报 .....	37
◎广州：野蛮施工钩断11万伏电缆造成大面积停电 .....	39
◎适当超前~对当前缺电与电力发展的冷思考之二 .....	40
◎2004 电力供应缺口仍然很大 .....	49
◎癸未电荒~对当前缺电与电力发展的冷思考之一 .....	51
◎电力供需矛盾仍然突出中国多举措确保安全供电 .....	61

◎电网安全的重要地位及保证电网安全的对策 .....	63
◎一种新型电网事故处理仿真培训系统 .....	69
◎关注电力安全 .....	75
◎弧型闸门误动事故分析与防范措施 .....	79
◎一起隐性误操作事故分析 .....	82
◎辽宁中部电网“2、22”污闪事故处理与分析 .....	85
◎烧纸烧荒电网遭殃江西电网一周八跳 .....	93
◎湖北一批主力火电厂机组停机 .....	94
◎澳门一变电站发生短路爆炸 .....	96
◎高压线吐火球伤 5 人 .....	97
◎对伊朗发生的一次电网崩溃事故的思考 .....	101
◎电力公司 6 项措施避免重大电网事故 .....	106
◎广东四大措施应对电网事故 .....	106
◎谁为电线脱落负责 .....	108
◎蚌埠市 10kv 配电运行事故统计分析 .....	112
◎输电线路鸟害事故原因及预防措施 .....	122
◎广州今年拉闸限电的范围可能扩展至居民 .....	125
◎法国电网大风暴事故的经验教训 .....	128
◎上海浦东雷暴袭击引发大停电 .....	135
◎浙江湖南湖北电力通信一度中断 .....	136
◎一次电网事故的继电保护动作分析 .....	137
◎武汉关山发生 10 年来罕见电力事故 .....	141

◎京西北险遇大停电 .....	142
◎某食品厂与某供电公司供用电合同纠纷案 .....	144
◎使用电焊机触电死亡赔偿案 .....	149
电力企业诉四被告损害赔偿案 .....	153
◎电力企业诉四被告损害赔偿案 .....	160
◎擅闯保护区立杆挂缆造成伤害索赔案 .....	167
◎关于几起电网事故 .....	174
◎2001 年 2 月 22 日辽宁雾闪事故 .....	177
◎青海电网隔离刀闸支柱瓷瓶断裂原因分析 .....	182
◎95 年云南电网大面积停电事故反思 .....	189
◎110kV 霍隰线“7、11”事故分析 .....	194

## ◎一起锅炉水冷壁管大面积变形事故的分析

某电厂扩建的 5 号锅炉，系四川某锅炉厂 1993 年生产的 CG-130/3.82-M1 型，自然循环固态排渣煤粉炉。前后水冷壁下部向炉室内折形成灰渣斗，每根水冷壁管上部均设计有固定拉钩和活动拉钩，以满足热膨胀的需要，采用轻型砖砌炉墙。该炉在运行不久便发生水冷壁管大面积变形事故。

### 1 水冷壁管变形检查情况

该炉正式投运仅 1269h，运行值班人员便发现燃烧器 1 号角有几根水冷壁管位移并受到煤粉气流的冲刷。停炉检查后发现。

#### (1) 前墙水冷壁标高 10m 处离墙距离变大

前墙水冷壁总计有 93 根，抽检 9 根，抽检结果为：水冷壁管平均离墙距离 165mm，最大 220mm，最小 140mm。

#### (2) 前墙水冷壁标高 8.8m 处拉钩松动

前水冷壁 8.8m 处共抽查 22 根拉钩，抽查比例为 23%，拉钩距滑槽下缘平均距离 25mm，其中最大的为 50mm。拉钩在冷态情况下处于最下部才能勉强满足膨胀要求，故使其中的 4 根拉钩松动，一根拉断，占抽检的 18%。

#### (3) 前后水冷壁下联箱预留膨胀间隙不足

该炉设计的前后下联箱向下理论膨胀量两侧为 65.5mm，中间为 66.2mm。实测前墙下联箱预留膨胀间隙平均 36mm，后墙平均预留膨胀间隙 21.7mm，其中前墙左侧下联箱左封头、右侧下联箱右封头距下部耐火砖均为 15mm，耐火砖和联箱封头有明显顶死相碰的痕迹，实际膨胀间隙不足设计膨胀量的 1/3.2 水冷壁变形原因分析

该炉水冷壁系统支持设备如图 1 所示。前墙水冷壁高 8800mm、15000mm 和 21400mm 处有固定拉钩；后墙高 8800mm 和 1790mm 处有固定拉钩。前墙水冷壁自锅炉冷态升至汽包额定工作压力 4.2MPa，绝对压力 4.3MPa 时，对应饱和温度 254.9℃，钢材线膨胀系数为  $1.2 \times 10^{-6} \text{m}/^\circ\text{C}$ 。按标准水冷壁，计算壁温取饱和温度加上 60℃ 计算，垂直管段膨胀量为 47.6mm。可见水冷壁大面积变形的主要原因是水冷壁在升压过程中膨胀受阻。受阻的原因为：

#### (1) 锅炉设计存在问题

按设计，固定水冷壁的耳板焊在水冷壁上，水冷壁距炉墙 5mm。设计的耳板长度 110mm，宽度 60mm，耳板中部开孔滑槽长 62mm，扣除拉钩直径 12mm，拉钩在滑槽内实际移动距离 50mm。由此可见滑槽内拉钩移动量和水冷壁实际膨胀量几乎相等，滑槽设计裕量

太小，如施工过程中稍不注意，就会导致水冷壁膨胀受阻。

#### (2) 安装过程中未充分注意膨胀裕量

由于设计上滑槽膨胀裕量仅有 2~3mm，若施工过程中未充分注意拉钩位置，在冷态情况下未将拉钩固定在耳板滑槽的最下部，就使膨胀量更显得不足。这次冷拉检查时发现，大部分拉钩在滑槽居中间偏下，有些拉钩甚至在滑槽最上部，因而在开炉升压过程中，水冷壁无法充分膨胀。

#### (3) 砌炉墙时未留充分膨胀量

砌炉墙过程中，未给耳板及联箱下部留足膨胀量。耳板宽 60mm，在砌筑炉墙时如果耐火砖未能留出 60mm 的膨胀量，在锅炉升压过程中，随着压力升高，水冷壁向下膨胀，耳板就会和下部耐火砖相碰，阻碍水冷壁向下自由膨胀。

#### (4) 下联箱膨胀导向装置预留膨胀间隙不足

前后水冷壁下联箱膨胀导向装置下部间隙普遍偏小，前水冷壁下联箱膨胀导向装置平均间隙 36mm，最小 30mm；后水冷壁平均 21.7mm，最小仅 18mm；后水冷壁下联箱导向装置的膨胀间隙仅有设计膨胀量的 1/3，造成水冷壁膨胀受阻。

#### (5) 下联箱封头和耐火砖之间的间隙过小

前左、前右下联箱封头端部和耐火砖仅有 15mm 的距离，后水冷壁的该部位也存在同样的问题，间隙过小会直接影响水冷壁的膨胀。

#### (6) 运行中未及时发现异常

从调试资料中查知，该炉在启动调试过程就未能充分膨胀，尤其是右侧水冷壁的前后联箱，膨胀只有 10mm，但未能引起足够重视，致使运行中水冷壁管变形严重。

### 3 事故留下的思考

(1) 对锅炉设计应有必要的质量监督，以防设计缺陷影响运行安全。

(2) 对锅炉这种强制管理的设备在安装质量监督方面缺少权威的、专业的第三者监督。

(3) 运行人员应加强对膨胀的监督。运行人员往往对锅炉膨胀指示器的作用重视不够，启动过程中操作人员很少注意锅炉的膨胀情况，也不做膨胀记录，殊不知锅炉膨胀指示器不仅反映了锅炉受热面膨胀是否受阻，而且还反映了锅炉各受热面的水循环情况。膨胀情况是指导锅炉安全运行的重要依据。

(4) 做好设备的全过程管理工作，严格按照规程办事是防止同类事故发生的最根本办法。

## ◎制粉系统爆炸与粉仓温度高的防范对策

1989年修改颁发的运行规程中,只规定了磨煤机启动后开启粉仓吸潮阀,但没有规定在制粉系统停运后关闭吸潮阀;只规定了在制粉系统启动时将换向档板切向粉仓,但未规定在制粉系统停运后将换向档板切向绞龙,封闭粉仓。

(6)技改后遗留的问题。为了节省锅炉点火用油,加装了煤粉预燃室点火装置,增加4台新给粉机,将给粉机与粉仓连接的短节长度,由200mm改为900mm,但给粉机加长的短节未进行保温;在将粉仓上部不适合的板式锁气器改为锥式锁气器后,锁气器的外部也未进行保温,所以会增加粉仓内壁结露。

### 3、2 煤粉仓温度高的防范措施

#### 3、2、1 改进煤粉仓结构和保温

(1)因为3、4号炉粉仓采用钢板结构,外部保温效果差,造成粉仓内壁结露积粉,粉仓温度经常升高。虽于1989年把粉仓外部的保温全部进行了更换,但因粉仓内壁为钢板结构,结露问题仍没有彻底解决,后来就在粉仓内壁浇灌一层砼。由于顶棚烧裂漏风,在1993年大修中将3号炉甲粉仓梁及顶棚全部更换。在1997年5月份大修中又将3号炉乙粉仓4架梁及顶棚全部进行了更换。为了防止在高温下石子钙化后

体积膨胀，将外部砼胀掉。采用耐火水泥配比，并将骨料由石子改为焦宝石。

(2)由于原粉仓内壁面角度和内锥体角度太小。1997年利用1号炉大修时间，对甲、乙煤粉仓进行了改造。在粉仓内壁打出麻坑，浇上一层耐火砼，使两壁角度由原 $71.6^{\circ}$ 变为 $77^{\circ}$ 。又在原内锥体上加焊一层钢板，使底部内锥体角度由原 $65^{\circ}$ 改为 $70^{\circ}$ ，以消除积粉。

(3)粉仓顶部四周安装时留下的死角，已用砼浇灌，使其与壁面平齐，根除了此积粉点。

(4)原细粉分离器至粉仓下粉管之间设计为换向式档板，不严密，易漏风、粉。已将4台炉的下粉换向档板全部更换成插板式闸板门，解决了漏风问题。

(5)因原绞龙改为链式输粉机后一直无法使用，为了减少粉仓漏风，现已将绞龙所有下粉口用砼浇灌封堵。原入孔门盖子为平板式，容易变形漏风，已将入孔门盖板改为翻盖式，采用不锈钢板外加硅酸铝毡保温。改变入孔门位置，由横向轴线布置改为纵向，在防爆门轴线两侧的粉仓内壁布置。

### 3、2、2 改进吸潮管通路及防爆门

(1)原煤粉仓吸潮管出口与粗粉分离器入口的煤粉管道相接，因系统负压小，易被沉积的煤粉堵塞。

为了提高其负压，现已将吸潮管出口从粗粉分离器入口管道改接到排粉机入口管道上，出口负压由 3.0kPa 提高到 7.0kPa。但是煤粉仓内负压过大，漏风反而会增加，从 1 号炉改后的情况看，因负压大，第 2 道锁气器、木屑分离器等处的漏风明显增加。最好加装 1 只负压表，调整煤粉仓负压，维持在 300Pa 左右，不得大于 500Pa。

(2)原膜片式防爆门，在多次粉仓爆炸时均未打开，加之防爆门铁皮经常腐蚀漏风，难以起到防爆门的作用。现已全部用重力(翻版)式入孔门代替，采用铝板结构和黄砂密封，效果良好。

### ◎锅炉频繁跳机的原因探讨及对策

武汉钢电股份有限公司 2 号炉自 1998 年投产以后，由于调试、设备和运行调整等多方面的原因，发现锅炉抗干扰能力十分差，经常突然发生跳机事故(以下简称 MFT)。最频繁时 1 个月内跳机 6 次。

通过对钢电公司锅炉特点进行分析，结合有关试验调整，弄清了导致 2 号炉频繁 MFT 的原因，提出了相应的解决办法，经实践应用和检验，取得了良好的效果。

#### 1 设备状况

2 号锅炉是由武汉锅炉厂专门为其设计的贫煤掺

烧高炉煤气锅炉，该锅炉为 670t/h 超高压、中间再热、自然循环、固态排渣煤粉炉。锅炉在燃煤的同时可掺烧  $1.5 \times 105\text{m}^3/\text{h}$  的高炉煤气，设有 4 层共 16 只煤粉燃烧器、2 层共 8 只高炉煤气燃烧器、3 层共 12 只点火油枪。燃烧器采用四角双切圆的布置方式，大切圆直径为 792mm，小切圆的直径为 542mm，2 个燃烧角分别为 2、58 和 2、2，整个燃烧器分上、下两组，燃烧器喷口布置形式。

制粉系统采用中间储仓式热风送粉，每台锅炉配备 2 台 DTM380/720 型低速钢球磨煤机。为了保证煤粉着火稳定，一次风相对集中布置，一次风喷口加装了 V 型扩流锥，产生高温回流区，为了保证煤质变化时锅炉能安全高效燃烧，两层一次风口之间布置了一层小调节二次风。

## 2 锅炉频繁 MFT 的原因分析

2 号锅炉于 1997 年 12 月安装调试完毕，移交给生产单位。尽管锅炉属于特殊炉型，但有 1 号炉成功的安装、调试及试运经验，因此移交生产的速度较快。但移交生产后不久，出现与 1 号炉完全不同的燃烧特性。机组无论是在小负荷还是在大负荷，均出现燃烧不稳，抗干扰能力差。炉膛负压稍有摆动，就出现 MFT。先后组织了燃烧分析，并进行了给粉机调平试

验、锅炉空气动力场试验、不同煤粉细度燃烧调整试验、底层加投高炉煤气试验，同时调整了相关辅助设备的状况。通过上述 4 项试验和调整，并进行分析比较，查明锅炉出现燃烧不稳频繁发生 MFT 的 6 种主要原因。

(1)一次风速偏高，且各燃烧器出口一次风速相差较大保持适当的一、二、三次风速和风率是建立正常的炉内空气动力场和稳定燃烧的必要条件。若一次风速过高，则通过单位截面积的气流量将过大，

达到风粉混合物着火温度所需的吸热量就要多，因而达到着火所需的时间就延长，着火的稳定性也较差。但一次风速过低时，又会引起燃烧器喷口过热烧坏及煤粉管道堵粉等故障，因此，合适的一次风速对燃烧的稳定性起着重要的作用。我厂锅炉设计煤种为晋东南贫煤，设计的一次风速为 24m/s，而实际燃烧的煤种为长治、鹤壁、陆安、平顶山和攸县等地的混煤，干燥无灰基挥发份  $V_r$  在 20%左右，根据此煤种一次风速应为 30~35m/s，对 2 号炉的一次风速实际测量结果，绝大多数一次风速均在 35m/s 以上，明显偏高，且从火嘴出口处观察着火情况，发现着火距离均在 200mm 以上，着火距离偏大，这是造成着火及燃烧不稳定的一个重要因素。同时从表 1 还可以看出，各

风管一次风速相差较大，也就是说各燃烧器出口的一次风还没有调平，这对四角切圆燃烧的稳定性是极不利的。

### (2) 缺角或缺边燃烧

四角切圆燃烧的一个主要特点，就是一次风粉混合物射入炉内后，一方面卷吸炉内的高温烟气，同时受上游邻角扫过来的高温火焰的直接对冲，使着火条件优越，着火稳定性好，另外四角射流互相联系，互相影响。一方面加强了一次风和二次风的混合，强化了燃烧，同时使燃烧中的煤粉颗粒外面包着的外壳互受撞击，容易脱落，加快了煤粉粒内部燃烧，有利于煤粉的燃烬。

由于2号炉在运行过程中，经常出现给粉机频繁跳闸，严重时达10台次/班以上，有时一次联跳2~3台给粉机，这样就造成了缺角或缺边燃烧。从每次发生的炉膛负压波动造成保护动作跳闸的情况来看，绝大多数均存在缺角或缺边燃烧现象，特别是底层燃烧器的缺角或缺边燃烧，是造成炉内燃烧不稳定的主要原因之一、

### (3) 煤质方面的影响

2号锅炉实际燃烧的煤质与设计煤种有较大差异，其煤质状况见由于实际燃烧的混合煤混有部分无

烟煤，虽然干燥无灰基挥发份较高，但灰分较多，发热量偏低，加上混配不均匀，因此，对稳定着火和燃烧产生了一定的影响。

#### (4) 给粉量不均匀

适当提高煤粉浓度是提高稳燃能力的重要措施之一，这是因为煤粉的输送浓度越大，一方面用来输送介质的热量就小，所需的着火热降低。另一方面着火区域的煤粉挥发份浓度会相应提高，使着火温度降低。

但在实际运行中发现，由于给粉机的实际转速与 BTG 盘和 CRT 上显示的转速不一致，加上每个给粉机的插板开度也不一致，使得每个燃烧器出口的煤粉浓度也就不一致，因此各燃烧器的着火情况就不一样，给粉量偏小的燃烧器，一次风速会增加，着火不稳定，严重时会造成局部灭火和爆燃，从而引起炉膛负压波动，出现突发 MFT。

#### (5) 高炉煤气不能正常投运

为了充分利用武钢高炉煤气的富裕量，减少排放，降低成本，我厂锅炉与同类型的 670t/h 锅炉相比，一个明显的区别就是在锅炉底部设计了两层高炉煤气燃烧器，最大掺烧量可达  $1.5 \times 105 \text{m}^3/\text{h}$ ，整个炉膛比同类型锅炉高 4m，而最下层煤粉燃烧器距冷灰

斗的距离为 4.5m,这与不掺烧高炉煤气的同类型锅炉相比明显偏大,因此在不投高炉煤气的情况下,即在全烧煤的工况下,就会造成锅炉底部温度偏低,对底层煤粉火嘴的着火和稳定燃烧均会造成不利影响。我厂 2 号炉于 1998 年 11 月首次投入高炉煤气运行,且断断续续,影响了锅炉的燃烧稳定性。

#### (6) 燃烧调整不及时

燃烧调整的好坏,直接关系到炉内燃烧的稳定性,运行人员应根据不同的负荷要求及时调整燃料量,同时要相应地调整送、引风量,以保证燃烧所需的最佳空气量;根据煤质的变化及着火情况,及时调整一、二次风配比及煤粉细度等,以保证炉内最佳燃烧工况。在实际运行中发现运行人员对燃烧调整不及时,主要体现在以下两个方面:a 由于负荷的变化而增减燃料量时,为了保证炉膛负压一般只调整了引风量,而没有及时调整送风量。b 煤质变化时,不能及时调整一、二次风的配比及煤粉细度等,这主要是由于入炉煤质化验的结果严重滞后,且只分析了挥发份,而没有及时分析热值等,不能及时指导运行人员的燃烧调整。

### 3 解决问题的对策

#### (1) 一次风速调平