



# 热工联锁保护系统配置 优化技术

赵燕平 主编



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 热工联锁保护系统配置 优化技术

赵燕平 主编



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书在总结电力行业标准规程对热工联锁保护设置基本原则要求的基础上,通过分析热工保护联锁可靠性,结合实际运行中的经验、教训,从既完善机组热工联锁保护功能又防止热工保护误动拒动角度出发,探讨、介绍了热工联锁保护各环节情况及实施措施。全书共分6章,分别为热工联锁保护基本原则与要求、锅炉侧联锁保护系统、汽轮机保护系统、辅机程控联锁保护系统、保护用控制设备与测量元件、机炉联锁保护配置优化方案示例。

本书可使从事热工联锁保护配置、设计、运行、维护工作的人员熟悉、了解机组应配置的热工联锁保护系统类型,联锁保护动作后联动的相关设备、动作结果,应采取的信号取源装置、信号源测点安装合理位置要求,以及可靠的后备措施等方面知识,也可供相关专业大中专院校师生阅读、参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

热工联锁保护系统配置优化技术/赵燕平主编. —北京:中国电力出版社,2006

ISBN 7-5083-4597-5

I. 热... II. 赵... III. ①火电厂—热力系统—配置—最佳化②热电厂—热力系统—配置—最佳化 IV. TM621.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第085537号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2006年11月第一版 2006年11月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 16印张 386千字

印数 0001—3000册 定价 26.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 前 言

发电机组在正常启停和运行过程中，通过热工监测和自动调节等手段，使各个系统的运行参数维持在规定值或按一定规律变化。然而由于煤种变化、设备故障、运行人员操作不当或汽轮机突然甩负荷等原因，往往会造成运行参数超过规定的限值，甚至发生设备或人身事故。热工连锁保护（简称热工保护）的任务就在于当某台设备或系统运行工况不正常，出现危险情况时，如主蒸汽压力过高、汽包水位过高或过低等情况发生时，及时采取极端措施，制止危险工况的发展，或自动停止某些设备的运行，以保护设备和防止事故的发生和扩大，便于设备尽快恢复正常运行。例如，事故停炉保护、事故停机保护、汽轮机防进水保护、辅机故障自动减负荷保护、自动甩负荷保护等。由于热工连锁保护在热力生产过程中处于特别重要的地位，如何降低热工连锁保护装置的故障率，如何设置可靠完善的热工连锁保护系统，一直是电力技术人员研究的课题。

为了进一步优化热工连锁保护系统，提高热工连锁保护装置的可靠性，并为发电机组热工保护的改造和设计提供技术参考，山东电力研究院特组织有关人员进行了热工连锁保护配置技术的研讨工作。于2003年底召开了热工保护技术研讨会议，针对热工保护中出现的问题，从既防止热工保护拒动、又防止热工保护误动角度分别对300MW及以上机组、125MW机组和100MW机组的热工保护配置方案进行了研究、探讨，逐条逐项解剖了热工保护各环节的实施措施，深入交流了各单位在热工保护方面取得的经验和教训。为了给以后的热工保护配置、设计、维护等工作提供较完善、翔实的指导性资料，会议决定在总结相关标准、规程对热工连锁保护设置基本原则要求的基础上，结合实际运行中的经验、教训，编写一本实用性较强的热工连锁保护配置技术手册。

该手册于2004年2月由山东电力研究院牵头组织策划，提出了编写要求和编写大纲，由赵燕平、任振伟、李昌卫、刘志敏、徐东升、张伟梅、李勇、安柳青、陈为刚、林存增等人共同编写，并对初稿进行了审核。全体参编人员在充分领会编写要求和编写精神的前提下，在编写过程中收集了大量的相关资料和标准。充分考虑了热工连锁保护配置的各个环节，共六章阐述了机组应配置的热工连锁保护系统，连锁保护动作后联动的相关设备、动作结果，采取怎样的信号取源装置、信号源测点安装合理位置要求、可靠的后备措施等方面内容。

本手册历经数次修改、完善并最终定稿。第一章热工连锁保护基本原则与要求由赵燕平负责编写。第二章锅炉侧连锁保护系统由张伟梅、李昌卫、张建宾等负责编写，第三章汽轮机保护系统由陈为刚、林存增、王文宽等负责编写；第四章辅机程控连锁保护系统由徐东

升、刘志敏、史向东等负责编写；第五章保护用控制设备与测量元件由任振伟、石佃忠等负责编写；第六章机炉联锁保护配置优化方案示例由李勇、安柳青、胡斌、王呈洪、高正等负责编写。

本书编写过程中，各参编单位的领导给予了高度重视和大力支持，在此表示感谢。由于本书的编写人员均工作在发电生产一线，工作繁忙、时间紧张，加之资料短缺、经验有限、技术不精，难免存在很多缺点和不足，恳请广大专家和读者给予批评和指正。

**编者**

2006年6月

# 目

# 录

## 前言

### 第一章 热工联锁保护基本原则与要求

■ 第一节	概述 .....	1
■ 第二节	热工保护联锁系统可靠性分析 .....	2
■ 第三节	热工保护联锁系统配置基本原则 .....	4
■ 第四节	热工保护联锁系统其他注意事项和要求 .....	7
■ 第五节	可靠性设计应用 .....	13
■ 第六节	取源点安装位置及要求 .....	16
■ 第七节	防止锅炉内爆原则与实施方案 .....	20

### 第二章 锅炉侧联锁保护系统

■ 第一节	FSSS 主要功能及其组成 .....	31
■ 第二节	锅炉燃烧系统 .....	35
■ 第三节	锅炉燃烧安全保护系统 .....	63
■ 第四节	火焰检测系统 .....	78
■ 第五节	炉机电大联锁保护系统及其他 .....	83

### 第三章 汽轮机保护系统

■ 第一节	汽轮机保护系统发展过程 .....	87
■ 第二节	汽轮机保护系统项目设置 .....	88
■ 第三节	ETS 的输入输出信号 .....	93
■ 第四节	ETS 的可靠性设计原则 .....	99
■ 第五节	汽轮机 ETS 硬件配置和保护设置实例 .....	101
■ 第六节	ETS 的冗余设计 .....	109
■ 第七节	汽轮机保护系统的检修维护 .....	112

## 第四章 辅机程控联锁保护系统

■ 第一节	辅机程控的基本概念 .....	115
■ 第二节	辅机联锁保护的设计优化原则 .....	117
■ 第三节	锅炉侧主要辅机联锁保护 .....	119
■ 第四节	汽轮机侧主要辅机联锁保护 .....	135
■ 第五节	公用系统联锁保护 .....	144

## 第五章 保护用控制设备与测量元件

■ 第一节	概述 .....	145
■ 第二节	热工保护控制设备 .....	146
■ 第三节	保护测量元件 .....	164

## 第六章 机炉联锁保护配置优化方案示例

■ 第一节	300MW 机组机炉联锁保护配置优化方案示例 .....	186
■ 第二节	135MW(125MW) 机组机炉联锁保护配置优化方案示例 .....	226
■ 第三节	100MW 机组机炉联锁保护配置优化方案示例 .....	236



## 热工联锁保护基本原则与要求

### 第一节 概 述

发电机组在正常启停和运行过程中,通过热工监测和自动调节等手段,使各个系统的运行参数维持在规定值或按一定规律变化。然而由于煤种变化、设备故障、运行人员操作不当或汽轮机突然甩负荷等原因,往往会造成运行参数超过规定的限值,甚至发生设备或人身事故。热工保护的任務就在于当某台设备或系统运行工况不正常,出现危险情况时,如主蒸汽压力过高、汽包水位过高或过低等,可以及时采取极端措施,制止危险工况的发展,或自动停止某些设备的运行,以保护设备和防止事故的发生和扩大,便于设备尽快恢复正常运行。如事故停炉保护、事故停机保护、汽轮机防进水保护、辅机故障自动减负荷保护、自动甩负荷保护等。

联锁是一种处理事故的控制方式,是属于保护范畴的控制功能,联锁控制就是当某一参数达到规定值或某一设备启停时,同时联动另一设备的控制。联锁控制有简单的,控制对象一般仅1~2个;也有复杂的,根据运行要求规定了多级启停顺序,在火力发电厂中通常称为大联锁。联锁控制实际上起保护作用,热力设备的安全或自动保护常通过联锁来实现。对于备用设备的自启动、故障设备的自动停运、条件不具备时的禁止控制和条件满足时的自行动作等控制功能,均可用联锁控制来实现。因此热工保护系统有时也称为热工联锁保护系统。

《电力工业锅炉压力容器监察规程》(DL 612—1996)、《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》(DL 435—2004)、《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000)、《火力发电厂热工控制系统设计技术规定》(DL 5175—2003)、《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》(简称《二十五项反措》)等电力行业标准、规程中均对发电机组应设置热工联锁保护的基本原则做了专门规定和要求,因而在机组设计时一定要充分考虑机组容量、锅炉(汽轮机)型式、燃料特性等因素,配置合理、完善的热工联锁保护系统。

保护系统一般由保护信号输入回路、保护逻辑运算回路和保护输出动作回路三部分组成。保护信号输入回路一般由信号源(如温度开关、压力开关、行程开关、继电器触点、其他系统输出)、输入部件和连接电缆组成。一般采用无源开关量仪表提供跳闸信号,重要保护的输入应多重化,使用3~4个检测回路或检测元件,经过三取二或四取三等逻辑处理后送出可靠的信号,联动相关联设备。保护逻辑运算回路由控制器完成(简单的回路可以由继



电器组成),大机组的保护逻辑通常由专用可编程控制器或分散控制系统实现。保护输出回路一般由输出部件通过中间继电器跳闸被保护的设备,关断或打开相应的阀门和挡板。重要的热工保护动作时,应设置有事件顺序记录,以便于事后查找分析事故原因,采取正确的处理或预防措施。

由于热工联锁保护在热力生产过程中处于特别重要的地位,不仅应选择合理配置,根据生产过程要求设计严谨的联动逻辑,还要考虑选择合适的控制设备、跳闸信号来源、信号测量安装位置等,以保证保护系统在投入运行后能够准确、灵敏、功能齐全、系统完善、可靠地确保机组安全经济运行。热工保护系统还要考虑具有防止保护误动、拒动的相关措施。对于停机、停炉等重要保护,要具有相互独立的可靠的后备措施。

## 第二节 热工保护联锁系统可靠性分析

热工保护联锁系统一般由就地控制设备(压力开关、温度开关、行程开关、火焰检测器等测量元件作为信号源,阀门、挡板、油枪、电动机等为控制机构)、控制电源、二次线路(电缆线路、端子排等)、控制装置(机柜、卡件、控制元器件等)、取样管路、气源(油源)等组成。由系统组成可见,就地控制设备、控制电源、卡件故障、接线松动或短路及管路泄漏或不畅等都会引起热工保护系统发生事故或障碍,从而影响机组安全、可靠运行。因而,要使系统可靠地工作,就必须保证各环节的可靠性。

从不同角度理解,对热工保护装置动作是否正确的看法不同。一般从技术角度上是这样定义热工保护误动、拒动、正确动作的:对于非危及设备的保护原因引起的热工保护动作称为误动作;出现了危及设备安全的保护原因,而保护没有动作称为拒动作;由危及设备安全的保护原因引起的热工保护动作称为正确动作。从热工联锁保护动作运行情况统计表明,热工保护系统误动、拒动的原因大致有下列几方面。

### 1. 就地控制设备问题

就地控制设备,如各种检测元件、敏感开关以及挡板、阀门的驱动装置等外围设备故障引起的MFT及异常情况很多。造成这些设备的原因,一是产品质量差,不能满足机组连续运转的要求。二是设备老化损坏,可靠性差,易造成卡涩。三是因气源泄漏或堵塞造成气动执行机构故障,从而使操作失灵。四是安装位置不当及调整不到位,致使控制设备性能达不到要求等。在机组基建阶段,热控设备的安装一般要在主辅机设备安装基本结束后才能进行,留给热控安装的时间少,往往因抢进度而影响安装质量,常常会出现接线松动、接线错误、短路和接插件接触不良等现象而造成的误动。另外,因雨、水或蒸汽等漏入,造成电气设备接地或短路造成保护误动的事例也不少,如给粉机掉电、转速失控、自流等设备本身原因造成燃烧不稳、灭火事件也时有发生。振动元件故障、安装位置不合理(如保温不合格、环境温度过高)等问题更是引起振动保护误动跳机联锁MFT甚至振动保护无法投运的主要原因。

由上述情况看出,关注热工保护系统的可靠性,首先要注意热工就地控制设备的可靠性,上述几类因素一旦出现,就会严重影响热控系统的可靠性。

### 2. 控制电源问题

控制装置的电源是热控系统的重要组成部分。由电源问题引起保护误动作事件近几年时

有发生,其原因有以下几种,一是电源线路接触不良、线路松动或开关质量不好,致使电源断路或短路,从而引起保护误动。如1999年7月15日21时04分,某电厂4号机组热控盘电源失电,原因为电源开关接线松动;1998年6月3日,某电厂3号机组因“FSSS电源丧失”MFT,原因为给粉机一开关质量有问题,造成系统电源不好,使FSSS电源丧失。二是电源保险容量不匹配,如1999年9月9日,某电厂甲站15号锅炉运行中因热工总电源熔丝熔断导致停炉灭火,热工电源熔丝熔断的原因就是选择的熔断器容量偏小。三是电源设计不合理,所供电源有的未考虑附件的耐压程度,如1998年11月24日,某电厂7号机组汽轮机TSI是引进的美国本特利3300系列保护装置,其振动卡件说明书要求输出继电器触点容量为120V AC,3A,50/60Hz,而汽轮机保护柜设计保护回路为220V AC,导致电源波动时,造成消弧电容击穿,保护误动;因此为避免此触点并联电容的击穿造成保护误动的类似事故发生,制定反事故措施要求对本特利3300系统保护装置的回路进行整改,确认其外部保护回路电压低于120V AC。有的系统电源设计为整个机柜通过一路熔断器供所有输入信号或一路电源外接负载很大,还有的控制电源既未接UPS又没有冗余备用,这样的电源设计均极易发生事故。如2000年7月25日6时25分,某电厂1号机组FSSS操作盘失电,锅炉MFT事件,就是因为FSSS专用24V供电电源仅接在动力电源A相上,没有其他备用手段,而就地油枪接线端子排接地,造成动力电源A相熔丝熔断,从而造成FSSS专用24V电源失电。某电厂2000年9月27日13时05分发生一次FSSS电源瞬间晃动,锅炉MFT动作停炉事件。检查发现该锅炉FSSS系统内有220V AC、220V DC、110V DC三路电源,220V AC电源不仅带机柜内的设备,同时还带外围设备,负载较大,与其他直流电源不具备真正意义上的备用,起不到真正的安全作用。

现在曾发生故障的电厂已针对上述问题制定了一系列反事故措施,有效地防止了此类事故的发生。

### 3. 控制装置卡件问题

由控制装置受干扰误发信号、因控制卡件故障使保护误动的情况,也是一个不可忽视的问题。外部环境不能满足要求是很多热控装置可靠性差的主要原因,由于环境温度过高造成卡件过早老化、损坏或逻辑功能失常的事件时有发生。如某电厂1999年4月18日20时55分,3号锅炉发出“MFT动作”信号,锅炉灭火,经检查发现灭火保护系统逻辑封锁电压及设定信号板的监控电压设定值产生漂移,当电源电压波动严重时不能进行封锁,以致灭火保护误动。对环境温度进行调节,更换了老化较为严重的元器件,对各种参数设定值进行了检查整定,系统工作恢复正常。1999年底,由于某地区罕见的低温,致使该地区某电厂输煤系统远程站设备性能失常,装置受外围设备的干扰常误发信号,更换了故障器件、远程站内增加了保温设备后,性能稳定。

另外,继电器等元器件虚接、虚焊等接触不良现象更是装置可靠性的大敌;而控制柜内积灰、潮湿,特别是屏蔽线接地不良,很容易造成控制卡件故障,抗干扰能力下降,导致误发信号。

### 4. 控制装置本身问题

虽然计算机技术取得了很大进步,可靠性也有了明显提高,但由于计算机质量或元件造成的DCS故障或死机事件在国内电厂中也时有发生,如某300MW机组在试运行时就曾经发生DCS死机事件,致使机组运行过程中近5h,运行人员无法通过CRT对机组进行监控,

另有一台 300MW 机组，调试中由于 DCS 系统通信故障造成所有测点显示变坏无法监视。

DCS 故障或死机是影响机组安全性的重大隐患之一，必须在 DCS 设计中予以考虑。涉及到安全停机停炉的热工保护一定要考虑设置可靠的后备手段。

### 第三节 热工保护联锁系统配置基本原则

随着控制技术的发展及控制设备采用较先进的计算机技术，新版的《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000)对热工保护设计的要求增加了防误动和拒动措施，独立性原则，停机、停炉按钮直接接入驱动回路，保护优先原则，不设运行人员切、投保护操作设备等内容。并且要求“当单元机组未设置 FCB 功能时，无论何种原因引起的发电机解列，均将不再设法维持机组运行”。这是因为，目前各电网总装机容量已有裕度，所以热工保护的设计思路也应由原来的维持发电转变为保护设备安全为主。根据中华人民共和国电力行业标准《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000)及《火力发电厂热工控制系统设计技术规定》(DL 5175—2003)等技术规程规定的要求，热工保护配置联锁系统应遵守下列基本原则。

#### 1. 热工保护应符合的要求

(1) 热工保护系统的设计应有防止误动、拒动的措施，保护系统电源中断以及恢复不会发出误动作指令。

(2) 热工保护系统遵守下列“独立性”原则：

1) 锅炉、汽轮机跳闸保护系统的逻辑控制器应单独进行冗余设置。

2) 保护系统应有独立的 I/O 通道，并有电隔离措施。

3) 冗余的 I/O 信号应通过不同的 I/O 模件引入。

4) 触发机组跳闸的保护信号的开关量仪表及变送器应单独设置，当确有困难而需要与其他系统合用时，其信号应首先进入保护系统；同时，该信号宜采用“三取二”的方式进行选取。

5) 机组跳闸指令不应通过通信总线进行传送。

(3) 300MW 及以上容量机组跳闸保护回路在机组正常运行中宜能在不解列保护功能和不影响机组正常运行的情况下进行动作试验。

(4) 停炉、停机保护动作原因应有事件顺序记录。单元机组应有事故追忆功能。

(5) 热工保护系统输出的操作指令应优先于其他任何指令，即执行“保护优先”的原则。

(6) 控制台上必须有总燃料跳闸、停止汽轮机和解列发电机的跳闸按钮，跳闸按钮应直接接至停机、停炉的驱动回路。除此之外，还应设置下列设备独立于 DCS 系统的后备操作手段：①汽包事故放水门；②汽轮机真空破坏门；③直流润滑油泵；④交流润滑油泵；⑤发电机灭磁开关。

(7) 机组主保护系统中不宜设置供运行人员切、投保护的任何操作；保护切投指令宜进入事件记录。

(8) 重点热工保护回路在机组正常运行中，系统具备在线试验功能且不影响机组正常运行的，可在线进行相应的功能试验。

(9) 被控对象接受保护动作改变状态后, 不会自动恢复到接受保护作用前的状态。

(10) 对机组保护功能不能纳入分散控制系统的机组, 其功能可采用可编程控制器或继电器实现。当采用可编程控制器时, 宜与分散控制系统有通信接口, 将监视信息送入分散控制系统。

## 2. 热工基本保护设置

(1) 单元制机组发生下列情况之一时, 应有停止机组运行的保护。①锅炉事故停炉; ②汽轮机事故停机; ③发电机主保护动作; ④单元机组未设置快速切负荷 (FCB) 功能时, 无论何种原因引起的发电机解列。

(2) 锅炉应设有的保护。

1) 锅炉给水系统应有下列热工保护: ①汽包锅炉的汽包水位保护 (高、低); ②直流锅炉的给水流量过低保护。

2) 锅炉蒸汽系统应有下列热工保护: ①主蒸汽压力高 (超压) 保护, 应能自动打开相应的安全门; ②再热蒸汽压力高 (超压) 保护, 应能自动打开相应的安全门; ③再热蒸汽温度高时喷水保护。

3) 锅炉炉膛安全保护应包括下列功能: ①锅炉吹扫; ②油系统泄漏试验; ③灭火保护; ④炉膛压力保护。

4) 在运行中锅炉发生下列情况之一时, 应发出总燃料跳闸指令, 实现紧急停炉保护: ①手动停炉指令; ②全炉膛火焰丧失; ③炉膛压力过高/过低; ④汽包水位过高/过低; ⑤全部送风机跳闸; ⑥全部引风机跳闸; ⑦煤粉燃烧器投运时, 全部一次风机跳闸; ⑧燃料全部中断; ⑨总风量过低; ⑩锅炉炉膛安全监控系统失电; ⑪根据锅炉特点要求的其他停炉保护条件, 如不允许干烧的再热器超温和强迫循环炉的全部炉水循环泵跳闸等。

5) 当 MFT 动作时, 以下主要项目应动作: ①关闭所有油电磁阀以及电动门; ②停止所有给粉机 (直吹式制粉系统停止所有给煤机、磨煤机); ③停止所有排粉机 (直吹式制粉系统停止所有一次风机); ④停汽轮机 (母管制除外); ⑤关闭所有过热器、再热器事故喷水电动门; ⑥根据生产工艺要求需要动作的其他设备。

6) 炉膛压力等于或者超过限值时, 严禁送风机、引风机的挡板向扩大事故的方向动作。

(3) 汽轮机应设有下列保护:

1) 在运行中汽轮发电机组发生以下情况之一时应实现紧急停机保护: ①汽轮机超速; ②凝结器真空过低; ③润滑油压力过低; ④轴振动大; ⑤轴向位移大; ⑥发电机冷却系统故障 (水冷机组冷却水流量低于定值时, 经延时后跳发电机); ⑦手动停机; ⑧ DEH 系统失电; ⑨汽轮机、发电机等制造厂家提供的其他保护项目。

2) 汽轮机还应设有以下热工保护: ①抽汽防止逆流保护; ②低压缸排汽防止超温保护; ③汽轮机防止进水保护; ④汽轮机真空低保护等。

(4) 发电厂的热力系统还应有下列热工保护:

1) 除氧器水位压力保护;

2) 高、低压加热器水位保护;

3) 汽轮机旁路系统的减温水压力低和出口温度高保护;

4) 汽包水位保护 (高 II 值开事故放水门);

5) 空冷机组的有关保护。

(5) 发电厂重要辅机的保护(如给水泵、送风机、引风机等)的热工保护应按发电厂热力系统和燃料系统的运行要求,并参照辅机制造厂的技术要求进行设计。

(6)《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》(DL 435—2004)规定了锅炉的基本配置原则。炉膛安全保护装置应按机组容量的大小和燃料的特性配置,基本原则如下。

1) 蒸发量为75t/h及以下的煤粉锅炉:炉膛和后部烟道应设置能密封的防爆门。防爆门的部位、大小和动作压力由锅炉制造厂和设计部门按有关标准确定。同时,在司炉操作台处有能观测到炉膛火焰的设施及炉膛压力表。

2) 蒸发量为120~210t/h锅炉应有:①全炉膛火焰监测装置;②炉膛压力保护装置(越限时主燃料跳闸);③在司炉操作台有炉膛压力、火焰的显示,有压力越限、火焰熄灭的报警信号。

3) 蒸发量为220~400t/h锅炉应有:①全炉膛火焰监测装置;②炉膛压力保护装置(越限时主燃料跳闸);③炉膛灭火保护装置(全炉膛灭火时主燃料跳闸)。对400t/h及以上的锅炉,在炉膛灭火、保护动作后,应闭锁主燃料并实现对炉膛的吹扫;④在司炉操作台处,有炉膛压力、火焰的显示,有压力越限信号和火焰熄灭的声、光报警信号。

4) 蒸发量为670~1025t/h锅炉应配有炉膛安全监控装置,即FSSS(Furnace Safeguard Super-visory System),包括:①炉膛火焰监测装置(包括各单火嘴及各层火焰监测)。②炉膛压力和灭火保护装置及主燃料跳闸系统。③炉膛吹扫功能。④自动点火和油枪点火程序控制系统。⑤各风量挡板控制系统。⑥在司炉操作台处,有炉膛压力、火焰的显示,有压力越限和火焰熄灭的声、光报警信号。

5) 蒸发量为2000t/h及以上的锅炉,除具有第4)条的全部功能外,还应有对磨煤机和燃烧器实现自动管理的功能(即包括有燃烧器投入和切除管理、油系统控制、煤系统控制的功能)。

### 3. 联锁系统配置基本原则

热工联锁功能应能满足机组启动、停止及正常运行的控制要求,并能在机组事故和异常工况下实现必要的联锁控制,保证机组的安全。二次回路设计应遵循保护闭锁优先的原则;工艺系统的联锁条件应根据厂家的具体要求和工艺确定;对需要经常进行有规律性操作的辅助工艺系统,宜采用顺序控制。电厂的顺序控制系统应包括单元机组主、辅机的顺序控制系统和电厂辅助系统的顺序控制系统;机组的顺序控制系统应以子功能组为主,即实现一个辅助工艺系统内相关设备的顺序控制。

当机组顺序控制功能不纳入分散控制系统时,其功能应由可编程控制器实现。可编程控制器应与分散控制系统有通信接口。辅助工艺系统的开关量控制可由可编程控制器实现。

顺序控制设计应遵守保护、联锁操作优先的原则。在顺序控制过程中出现保护、联锁指令时,应将控制进程中断,并使系统按照保护、联锁指令执行。

顺序控制在自动运行期间发生任何故障或运行人员中断时,应使正在运行的程序中断,并使工艺系统处于安全状态。

顺序控制系统应有防误操作的措施。

按照工艺要求需要自动切投的泵或者自动开启的电磁阀应设置自动备用的联锁,并按照工艺要求实现切投或者开关。

热工联锁系统应完成以下功能:①实现主/辅机转机、阀门、挡板的顺序控制、控制操

作及试验操作；②大型辅机与其相关的冷却系统、润滑系统、密封系统的联锁控制；③在发生局部设备故障跳闸时，联锁启动备用设备；④实现状态报警、联动及单台转机的保护。

(1) 锅炉联锁基本配置。

1) 锅炉的引风机、回转式空气预热器和送风机在启停及事故跳闸时的顺序联锁。

2) 锅炉的引风机、回转式空气预热器和送风机之间的跳闸顺序及三者与烟、风道中有关挡板的启闭联锁。

3) 送风机全部停运时，燃烧系统和制粉系统停止运行的的联锁。

4) 制粉系统中给煤机、磨煤机、一次风机或者排粉机的启停及事故跳闸时的顺序联锁。

5) 排粉机送粉系统的排粉机与给粉机之间的联锁。

6) 烟气再循环风机启停与出口风门和冷风门的联锁。

7) 给煤机事故跳闸或者磨煤机出口温度高打开冷风门的联锁。

8) 大型辅机与其润滑油系统、冷却和密封系统的联锁，以及这些系统中工作泵事故跳闸时备用泵的自启动联锁。

9) 给煤机事故跳闸或者磨煤机出口温度高打开冷风门的联锁（采用炉烟干燥系统除外）。

10) 氮气压力或者密封风压低至定值时，停止中速磨煤机的联锁。

(2) 汽轮机联锁基本配置。

1) 润滑油系统的交流润滑油泵、直流润滑油泵、顶轴油泵和盘车装置与润滑油压之间的联锁，即润滑油压低至定值时，启动有关润滑油泵或者停止盘车电动机的联锁；润滑油压高至定值时，允许启动顶轴油泵的联锁。

2) 各辅机设备与其相应系统的压力之间的联锁。

3) 给水泵、凝结水泵、凝结水升压泵、真空泵、循环水泵、疏水泵及其他各类水泵与其相应系统的压力之间的联锁。

4) 各类泵与其出口门之间的联锁。有出口电动门的各种水泵应设以下联锁：①泵跳闸时关闭其出口电动门；②离心式水泵的出口压力达到规定值时，打开其出口电动门的联锁。

## 第四节 热工保护联锁系统其他注意事项和要求

### 一、保护信号的处理要求与建议

保护输入信号的可靠性是保护系统能否正确动作的前提，因此，对保护系统输入信号的正确处理是至关重要的。本节介绍信号处理的几点基本要求。

(1) 对于 DCS 系统或者 PLC 系统的模拟量保护信号，宜采用屏蔽电缆，且在该侧单点接地。

(2) 对 DCS 采集的多路信号如果是同一信号，应尽量分散在同一个 DPU 的不同模块上，如炉膛负压三取二的 3 个负压开关量信号点、汽包水位三取二的 3 个模拟量信号点等均须按这种方法处理。

(3) 对重要信号进行三取二或四取三处理可以提高保护的可靠性、防止保护误动，并尽量杜绝保护拒动。

(4) 在进行 DCS 逻辑组态时，为防止现场发生意外，可以分别对每一个信号串联一个

对应的品质判断信号，以提高保护的可靠性。

(5) 在敷设电缆时，要特别注意热电阻、热电偶温度信号和 24V DC、48V DC 开关量信号的抗干扰问题。

(6) 当模拟量输入信号受到介质等其他参数的影响较大时，应采取必要的正确补偿手段，以确保信号的准确性。

(7) 汽轮机主保护 ETS 系统大部分采用热备用、双冗余 PLC 可编程控制器实现。对该系统主要检测信号，如轴振、轴向位移、差胀、超速、EH 及润滑油压、真空等检测元件的安装位置和技术性能指标至关重要，必须出具详细的技术校验报告。

(8) 对测量微压的压力开关或变送器要根据工艺要求和实际安装位置考虑静压水柱（或油柱）修正，以确保定值真正满足工艺要求。

## 二、热工保护后备手段配置要求

对于能够实现数据采集和处理功能、模拟量控制功能、顺序控制功能和炉膛安全监控功能的分散控制系统，应配备少量的后备操作手段，以确保机组安全。

### 1. 配备原则

当分散控制系统发生局部或者重大设备故障时（例如分散控制系统电源消失、全部操作员站失去监控功能、重要控制站失去控制或者保护等），对重大关键性设备须配备独立于 DCS 的后备操作手段，确保机组紧急安全停机。

### 2. 一般需后备配置的设备或系统

- (1) 汽轮机跳闸。
- (2) 总燃料跳闸。
- (3) 发电机解列。
- (4) 锅炉安全门（机械式不装）。
- (5) 汽包事故放水门。
- (6) 汽轮机真空破坏门。
- (7) 直流润滑油泵。
- (8) 交流润滑油泵。
- (9) 发电机灭磁开关。
- (10) 柴油机启动。

## 三、热工电源的有关要求

(1) 热工控制柜（盘）进线电源的电压等级不得超过 220V。进入控制装置柜（盘）的交流、直流电源除停电一段时间不影响安全外，应各有两路，互为备用。工作电源故障需及时切换至另一路电源时，应设自动切投装置。

(2) 每组热工交流动力电源配电箱应有两路输入电源，分别引自厂用低压母线的不同段。在有事故保安电源的发电厂中，其中一路输入电源应引自厂用事故保安电源段。

(3) 分散控制系统、汽轮机电液控制系统、机组保护回路、火检装置及火检冷却风机控制等的供电电源，一路采用交流不间断电源，另一路来自厂用保安段电源。

(4) 交流不停电电源可每台机组集中设置，也可分散设置。

## 四、热工控制气源的要求

发电厂应设置热工控制用和检修用压缩空气系统，压缩空气系统及其空气压缩机宜按下



列要求设计:

(1) 300MW 及以上机组热工控制用和检修用压缩空气系统及其空气压缩机宜两台机组合用一套, 200MW 及以下机组宜全厂合用。

(2) 热工控制用和检修用的压缩空气系统宜采用同型式、同容量的空气压缩机, 并合并设置、集中布置。空气压缩机出口母管相连, 但两系统的储气罐和供气系统应分开设置。压缩空气系统的工作压力应满足用气端的要求。热工控制用压缩空气的供气管道宜采用不锈钢管。

(3) 热工控制用压缩空气系统应设有除尘过滤器和空气干燥器, 为热工控制提供无油、无水、无尘的干燥气源, 供气质量应符合《工业自动化仪表气源压力范围和质量》(GB 4830—1984) 的有关规定。

### 五、阀门选取原则

当阀门失去控制电源、控制气源、控制信号时, 应向使机组安全的方向动作, 根据工艺要求, 选择阀门为气关门或气开门。例如, 为保证机组的安全, 炉前燃油系统油角阀和总燃油速断阀一般应设计为单线圈控制, 当失去控制时, 应关闭; 给水泵最小流量阀应设计为当失去控制时, 阀门全开; 磨煤机的一次风关断门应设计为当失去控制时, 阀门全关; 汽轮机抽汽逆止门当失去控制时应当全关等。

### 六、防止分散控制系统失灵、热工保护拒动事故的要求

为了防止分散控制系统 (DCS) 失灵、热工保护拒动造成的事故, 《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》(简称《二十五项反措》) 给出了一系列反事故措施, 热工保护联锁系统在设计与配置时应按照《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》(如表 1-1~表 1-4 所示的内容) 进行完善。

表 1-1 重要保护测点逻辑的补充要求

《二十五项反措》中条款号	内 容	应完善措施	备 注
3.2.3	对直流锅炉的蒸发段、分离段、过热器、再热器出口导气管等应有完整的管壁温度测点, 以便监督各导汽管间的温度偏差, 防止超温爆管	各段管壁温度测点准确, 报警功能完善, 有锅炉断水保护系统	直流锅炉
6.1.4	当炉膛已经灭火或已局部灭火并濒临全部灭火时, 严禁投助燃油枪。当锅炉灭火后, 要立即停止燃料供给, 严禁用爆燃法恢复燃烧; 重新点火前必须对锅炉进行充分吹扫, 以排除炉膛和烟道内的可燃物质	增加无火信号闭锁油阀打开逻辑, 完善强制吹扫逻辑	
7.1.4	当发现粉仓内温度异常升高或确认粉仓内有自燃现象时, 应及时投入灭火系统, 防止因自燃引起粉仓爆炸	粉仓温度元件安装正确, 测量准确, 报警准确, 可能的话应设计粉仓自动灭火系统	
8.3	对于过热器出口压力为 13.5MPa 及以上的锅炉, 其汽包水位计应以差压式 (带压力修正回路) 水位计为基准, 汽包水位信号应采用三选中值的方式进行优选	水位信号带压力校正, 采用三取中值进行优选	

续表

《二十五项反措》中条款号	内 容	应完善措施	备 注
8.8.1	锅炉汽包水位高、低保护应采用独立测量的三取二的逻辑判断方式,当有一点因某种方式须退出运行时,应自动转为二取一的判断方式,并办理审批手续,限期恢复;当有两点因某种原因须退出运行时,应自动转为一取一的逻辑判断方式,应制定相应的安全运行措施,经总工批准,限期恢复,逾期不能恢复,应停炉	完善汽包水位保护逻辑	
8.9	对于控制循环汽包锅炉,炉水循环泵差压保护采用二取二方式时。当有一点故障退出运行时,应自动转为一取一的逻辑判断方式,并办理审批手续,限期恢复。当两点故障超过4h时,应立即停止该炉水循环泵的运行	完善控制循环汽包锅炉的炉水循环泵保护	

表 1-2 分散控制系统配置的要求

《二十五项反措》中条款号	内 容	应完善措施
12.1.1	DCS 系统配置应能满足机组任何工况下的监控要求(包括紧急故障处理),CPU 负荷率应控制在设计指标之内并留有适当裕度	设置合适的 CPU 负荷率
12.1.2	主要控制器应采用冗余配置,重要 I/O 点应考虑采用非同一板件的冗余配置	冗余配置
12.1.3	系统电源应设计有可靠的后备手段(如采用 UPS 电源),备用电源的切换时间应小于 5ms(应保证控制器不能初始化);系统电源故障应在控制室内设有独立于 DCS 之外的声光报警	配置可靠电源及切换回路
12.1.4	主系统及与主系统连接的所用相关系统(包括专用装置)的通信负荷率设计必须控制在合理的范围(保证在高负荷运行时不出现“瓶颈”现象)之内,其接口设备(板件)应稳定可靠	合理配置系统通信负荷率
12.1.5	DCS 的系统接地必须严格遵守技术要求,所有进入 DCS 系统控制信号的电缆必须采用质量合格的屏蔽电缆,且有良好的单端接地	接地符合 DCS 厂家要求
12.1.6	操作员站及少数重要操作按钮的配置应能满足机组各种工况下的操作要求,特别是紧急故障处理的要求;紧急停机停炉按钮配置应采用与 DCS 分开的单独回路	配备满足紧急情况的后备保护系统

表 1-3 DCS 故障的紧急处理措施

《二十五项反措》中条款号	内 容	应完善措施
12.2.1	已配备 DCS 的电厂,应根据机组的具体情况,制定在各种情况下 DCS 失灵后的紧急停机停炉措施	制定 DCS 失灵紧急处理措施