

火电厂热控保护 标准化作业

上册

樊静明 孙宝兴 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

火电厂热控保护 标准化作业

上册

樊静明 孙宝兴 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内容提要

本书以某火电厂 300MW 单元机组分散控制系统 (DCS) 保护校验标准化作业为实例进行详细介绍。它是以保护校验对象为基本单元, 逻辑图为核心, 按照规定流程进行的标准化作业。

本书分上、下两册。上册为 MFT (主燃料快速切断)、锅炉辅机部分; 下册为炉膛吹扫、汽轮机、发电机部分。

上册为第一~八章, 内容包括热力控制保护系统概述, 单元机组分散控制系统功能码概述, MFT 校验标准化作业, 锅炉辅机送风机、引风机、一次风机、磨煤机、给粉机校验标准化作业。

下册为第九~十六章, 内容包括炉膛吹扫、低压加热器水位、高压加热器水位、发电机断水保护、给水泵、汽轮机主保护、除氧器水位校验标准化作业。

本书最显著的特点是可操作性强、内容新颖、全面系统, 可直接应用在同类型机组上。是广大运行人员、热控操作人员、检查人员从事保护系统校验标准化作业的必备书籍。不仅适合从事安全生产的管理人员阅读, 还可供其他类型机组的各专业人员借鉴。

图书在版编目 (CIP) 数据

火电厂热控保护标准化作业. 上册/樊静明, 孙宝兴编. —北京: 中国电力出版社, 2007

ISBN 978-7-5083-4868-1

I. 火... II. ①樊... ②孙... III. 火电厂-热力系统-保护装置-标准化管理 IV. TM621.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 122718 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 2 月第一版 2007 年 2 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 12.875 印张 340 千字 2 插页

印数 0001—3000 册 上、下册定价 39.00 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

自 1975 年世界上推出第一套分散控制系统 (DCS) 以来, 经过 30 多年历程, 由初生走向成熟。分散控制系统 (DCS) 早已广泛应用于电力、石油、化工、冶金、建材、制药等行业的各种工业实时生产过程控制中。至今现代化大型发电机组分散控制系统 (DCS) 已是一种标准模式, 是监视、控制机组启停和运行的中枢系统。热力控制保护系统是从属于分散控制系统网络实时控制下的一个子系统, 是确保大机组安全的最主要的保护系统。热控保护装置投入率、正确率必须达到 100%。

本书以某火电厂 300MW 单元机组分散控制系统 (DCS) 保护校验标准化作业为实例进行详细介绍。该厂员工十几年以来, 通过不断摸索、改进、提高、优化分散控制系统 (DCS) 的保护校验方法, 逐步形成以保护校验对象为基本单元、逻辑图为核心, 按照规定流程进行校验的制度, 并且坚持总结经验和教训, 将单元机组分散控制系统 (DCS) 保护校验的标准化作业推广到全厂四台机组。

单元机组分散控制系统 (DCS) 保护校验标准化作业凝聚着广大员工的辛勤劳动、聪明智慧、精湛技艺、过硬质量和一丝不苟的严谨态度。作者是集体中的普通一员, 是站在“巨人”的肩上完成本书的。为了现代化大型发电机组人身和设备的进一步安全, 为了创造更大的经济效益, 竭尽所能, 把这个集体智慧的成果推广出去。在编写过程中特别得到陈纲、王星原、周惠忠、郑鸣及广大员工的热情帮助, 并提出了十分宝贵、中肯的意见和建议, 在此一并表示诚挚感谢。

由于水平和学识所限, 书中难免会有一些缺点和疏漏, 恳请广大专家、同行朋友及读者不吝赐教、批评指正。

作者

2006 年 5 月于上海

目 录

火电厂热控保护标准化作业（上）

前言

第一章 热力控制保护系统概述	1
第一节 热力控制保护系统重要性	1
第二节 热力控制保护子系统概述	3
第三节 单元机组分散控制系统（DCS）保护系统概述	11
第四节 单元机组分散控制系统（DCS）结构	22
第五节 分散控制系统（DCS）保护校验标准化作业	24
第二章 单元机组分散控制系统功能码概述	28
第一节 单元机组分散控制系统概述	28
第二节 功能码	34
第三节 逻辑图中输入/输出连接符号	73
第三章 MFT 校验标准化作业	76
第一节 MFT 校验前准备	76
第二节 主蒸汽压力高校验	79
第三节 炉膛压力高校验	84
第四节 炉膛压力低校验	90
第五节 引风机全停校验	95
第六节 送风机全停校验	98
第七节 一次风机全停校验	102
第八节 分离器入口温度高校验	106
第九节 风煤比低校验	112
第十节 总风量小于 300000m ³ /h 校验	119

第十一节	给水流量低校验	122
第十二节	全燃料中断校验	131
第十三节	全火焰丧失校验	138
第十四节	冷却风压力低校验	144
第十五节	手动 MFT 校验	150
第十六节	BSU 电源丧失校验	153
第十七节	主蒸汽流量大 (机停炉 II 值) 校验	157
第十八节	再热器保护失败校验	160
第十九节	机停炉校验	167
第二十节	电停炉校验	178

第四章 送风机 A/B 校验标准化作业

第一节	送风机 A 校验前准备	182
第二节	送风机 A 连锁部分校验	187
第三节	送风机 A 脱扣部分校验	198
第四节	送风机 A 校验恢复操作	208
第五节	送风机 B 校验标准化作业	211

第五章 引风机 A/B 校验标准化作业

第一节	引风机 A 校验前准备	222
第二节	引风机 A 连锁部分校验	229
第三节	引风机 A 脱扣部分校验	238
第四节	引风机 A 校验恢复操作	249
第五节	引风机 B 校验标准化作业	253

第六章 一次风机 A/B 校验标准化作业

第一节	一次风机 A 校验前准备	264
第二节	一次风机 A 连锁部分校验	270
第三节	一次风机 A 脱扣部分校验	280
第四节	一次风机 A 校验恢复操作	294

第五节	一次风机 B 校验标准化作业	298
-----	----------------------	-----

第七章	磨煤机 A/B/C/D 校验标准化作业	309
------------	----------------------------------	------------

第一节	磨煤机 A 校验前准备	309
-----	-------------------	-----

第二节	磨煤机 A 连锁部分校验	312
-----	--------------------	-----

第三节	磨煤机 A 脱扣部分校验	320
-----	--------------------	-----

第四节	磨煤机 A 校验恢复操作	328
-----	--------------------	-----

第五节	磨煤机 B/C/D 校验标准化作业	330
-----	-------------------------	-----

第八章	B/C/D/E/G/H 层给粉机校验标准化作业	351
------------	--------------------------------------	------------

第一节	B 层给粉机校验前准备	351
-----	-------------------	-----

第二节	B 层给粉机跳闸校验	355
-----	------------------	-----

第三节	B 层给粉机校验恢复操作	370
-----	--------------------	-----

第四节	C/D/E/G/H 层给粉机校验标准化作业	373
-----	-----------------------------	-----

附图 1	MFT 组态逻辑图（文末插页）	
------	-----------------	--

附图 2	送风机 B 保护逻辑图（文末插页）	
------	-------------------	--

附图 3	B 层给粉机跳闸逻辑图（文末插页）	
------	-------------------	--

第一章

热力控制保护系统概述

第一节 热力控制保护系统重要性

现代化大型发电机组分散控制系统（DCS）已是一种标准模式，是监视、控制机组启停和运行的中枢系统，其安全、可靠与否对保证机组的安全、稳定运行至关重要，若发生问题将有可能造成机组的严重损坏。因此，防止发生任何违规和盲目行为早已引起各级领导和专业技术人员的高度重视。

随着计算机技术和现代控制技术的飞速发展，DCS 对机组监控覆盖面日趋完善，其渗透程度也随之增强。近年来，无论是新建的大型机组还是老机组进行热控自动化改造，其所设计的 DCS 系统控制功能已不仅仅局限热力系统的在线监视、自动调节控制及大连锁等，发电机、变压器组、厂用电系统乃至开关操作的控制也纳入 DCS 中，甚至像自动同期、励磁机等指标，可靠性要求很高的专用设备，也有人尝试用 DCS（设计专用智能模件）来实现其功能。而且，目前机组控制室人机界面的设计已经发生了深刻变化，常规仪表加硬手操的监控模式已基本被取消，取而代之的是大屏幕、CRT 操作员接口单元、软手操等。因此，机组安全、经济运行对 DCS 的依赖性也越来越大。

单元机组分散控制系统（DCS）可以实现数据的自动采集，生产信息的自动处理，设备的自动调节和顺序控制，还可以对主机、辅机等设备进行自动保护，是火电厂单元机组自动化水平的重要标志之一。其中，制定出热力控制保护系统的热控保护反事故措施势在必行。

热力控制保护系统是从属于 DCS 分散控制系统网络实时控制下的一个子系统。热控保护系统是确保大机组安全的主要保护系统,要求热控保护正确率达 100%。

热控保护系统主要有燃烧器管理和控制系统 (BMS)、汽轮机紧急跳闸系统 (ETS)、汽轮机监测仪表系统 (TSI)、汽轮机超速、轴向位移、振动、低油压保护、低真空保护、电跳机、炉跳机等。若从属于 DCS 分散系统控制之下,则全部软逻辑的功能必须正确地动作。若把电气设备的信号纳入 DCS 系统之中,则连锁保护更集中。

为了防止热控保护拒动,无论采用何种形式,严格管理、校验标准化作业都是安全管理的中中之重。对于大机组的安全运行来讲,任何一点小的疏忽都会酿成大祸,对热控保护投入严格管理就是杜绝由于违章作业或者为了抢时间发电而造成重大事故和设备损坏的重要保证。

(1) 热控保护装置完好率 (即保护装置投入率) 必须按规定投足。一般 300MW 火力单元机组的热控保护装置为 80 套左右。例如:上海地区某电厂 1 号机组有 83 套保护装置,2 号机组有 78 套,3 号机组有 83 套,4 号机组有 82 套。没有特殊情况,未经总工程师书面批准,不准无故退出。每季度的考核指标都必须达到 100%。

热控车间对全部的保护装置进行定期保护,定值的检查、核实和保护的动作试验,对在役的锅炉炉膛安全监视保护装置的动态试验,对于已配有由 DCS 构成的 FSSS 及含有相关软逻辑的热控保护系统,在进行机、炉、电连锁与联动试验时,将全部软逻辑纳入到相关系统的试验中。对汽轮机紧急跳闸系统 (ETS) 和汽轮机监测仪表系统 (TSI) 加强定期巡视检查,所配电源可靠,电压波动值不超过 $\pm 5\%$ 。TSI 的 CPU 及重要跳机保护信号和通道冗余配置,输出继电器可靠。

(2) 热控保护装置必须处于良好状态,即动作正确率 100%。热控保护装置的可靠、实用和定值准确是十分重要的。

该厂每年都会发生几次 MFT（主燃料快速切断）紧急停炉，正确动作才能保护主设备。例如：某电厂 2003 年 7 月 5 日，厂外一路 500kV 线路 B 相遇雷击引发故障，使 1 号机组主发电机变压器误动作，电跳炉保护装置正确动作，发生 MFT。

(3) 热控保护装置必须用好。有了保护装置就要充分发挥它的作用，绝不能随意解除运行中的保护装置；但如保护装置在运行中出现较大的误差，就会引起保护装置的误动作，必须按照有关手续申请解除保护，并制订出具体恢复保护装置的措施。例如：某电厂 2003 年 4 月 27 日 12 时，4 号机组低压缸 I 差胀保护显示大幅度晃动，超过设定值 8.5mm，造成机组误跳闸。分析主要原因，该系统为 RMS700 系统，显示表及转换卡件等使用期超过 15 年，设备老化，稳定性不可靠是误动作的主要原因。热控车间书面申请厂总工程师，在该缺陷消除之前，解除该项保护，得到厂总工程师批准，由运行人员执行。同时，申请 4 号机组在最近一次大修时，TSI 汽轮机监测装置由 RMS700 系列升级为 MMS6000 系列，确保汽轮机监测保护装置的可靠性。

第二节 热力控制保护子系统概述

热控保护是指当机组在启动、运行、停运过程中，发生危及设备和人身安全的工况时，为防止事故发生和避免事故扩大，热力监控设备自动采取的保护动作的安全措施。

热控保护动作可分为三类动作形态：

- (1) 报警信号：向操作人员提示机组运行中的异常情况。
- (2) 连锁动作：工况到达指定的参数时，按既定程序自动关闭或者自动打开某些指定的设备及子系统。
- (3) 跳闸保护：当发生重大故障，即将危及设备和人身安全时，为防止事故发生和避免事故扩大，实施跳闸保护，停止机组（或者某一部分设备）运行。

一、燃烧器管理和控制系统 (BMS)

燃烧器管理和控制系统 (BMS), 它是大型锅炉机组必备的一种安全监控保护系统。在锅炉启动、正常运行、停运过程中, 连续监视燃烧系统的有关参数和设备运行状态, 不断进行逻辑判断和逻辑运算, 必要时发出动作指令, 通过各种连锁装置, 使燃烧设备的有关部件严格按照既定的合理程序完成必要操作或者处理未遂性事故, 保证操作人员及锅炉设备的安全。

1. 燃烧器管理和控制系统 (BMS) 的主要作用

燃烧器管理和控制系统 (BMS) 在锅炉启动、停运阶段, 按照运行工况要求, 开启、停止轻油燃烧器、重油燃烧器和煤燃烧器。在机组事故情况下, 燃烧器管理和控制系统 (BMS) 与模拟量控制系统, 即机组协调控制系统 (CCS) 配合完成主燃料快速切断 (MFT)、机组快速甩负荷 (FCB) 及辅机故障减负荷 (RB) 等功能。

(1) 当机组发生严重故障而需要主燃料快速切断 (MFT) 时, 由 BMS 发出 MFT 指令, 实行机停炉。

(2) 当电网、发电机或汽轮机故障而需要机组快速甩负荷时, BMS 接到 FCB 指令后, 迅速投入重油燃烧器 (油枪), 并将煤燃烧器全部切除, 使锅炉带最低负荷运行, 实现停机不停炉。

(3) 当锅炉辅机故障而发生 RB 时, BMS 将迅速切除部分磨煤机, 使机组负荷降低到预先规定的负荷目标值。

上述动作, 燃烧器管理和控制系统 (BMS) 仅完成锅炉及其辅机的启停监视和控制功能, 调节功能由 CCS 完成。

2. 燃烧器管理和控制系统 (BMS) 的功能

大型火电机组的燃烧器管理和控制系统 (BMS) 一般具有以下功能:

- (1) 锅炉点火前和燃烧后的炉膛吹扫。
- (2) 油系统和油层的启停控制。
- (3) 制粉系统和煤层的启停控制。
- (4) 炉膛火焰监测。

- (5) 有关辅机（如一次风机、送风机、引风机、密封风机等）的启停控制和连锁保护。
- (6) 二次风挡板控制。
- (7) 主燃料快速切断（MFT）。
- (8) 机组快速甩负荷（FCB）。
- (9) 辅机故障减负荷（RB）。
- (10) 机组运行监视和自动报警。

3. 燃烧器管理和控制系统（BMS）功能框图

燃烧器管理和控制系统（BMS）功能多、控制范围广，而且与控制对象密切相关，不但与锅炉结构、燃烧器布置、制粉系统、油系统、点火器以及运行方式等有关，还与一次仪表取样点、火焰检测器的安装位置以及执行机构的工作性能有直接关系。

燃烧器管理和控制系统（BMS）与机组协调控制系统（CCS）、数据采集系统（DAS）的连接示意图如图 1-1 所示。

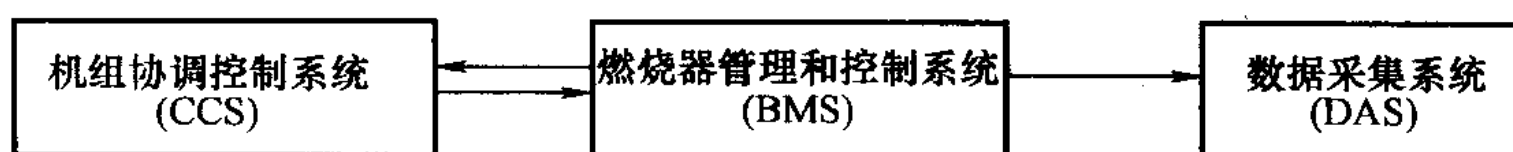


图 1-1 BMS 与 CCS、DAS 的连接示意图

燃烧器管理和控制系统（BMS）功能框图如图 1-2 所示。

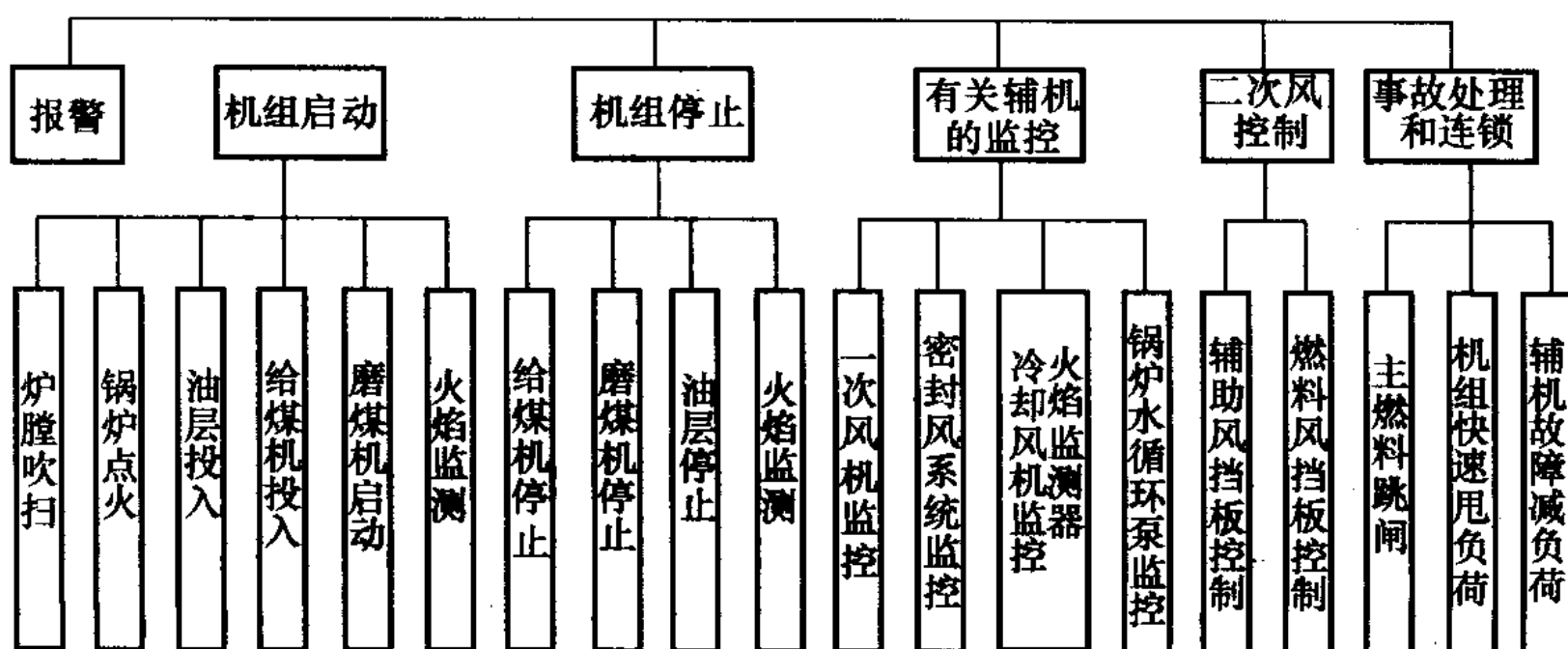


图 1-2 燃烧器管理和控制系统（BMS）功能框图

二、汽轮机监测仪表系统 (TSI)

汽轮机监测仪表系统 (TSI) 是一种多通道监测系统, 用于连续测量汽轮发电机组主轴和机械状态参数。它可以指示机组状况, 输出记录, 越限报警。当发出危险信号时, 还能触发连锁保护机构, 使机组自动停机, 并为事故分析提供数据。

1. 汽轮机监测仪表系统 (TSI) 的主要作用和保护功能

汽轮机监测仪表系统 (TSI) 在汽轮机本体监视和保护方面主要有如下功能:

- (1) 转速监视。
- (2) 零转速监视。
- (3) 转子轴向位移监视和保护。
- (4) 转子与汽缸相互膨胀差 (差胀) 监视和保护。
- (5) 汽轮机热膨胀监视。
- (6) 汽轮机振动监视。
- (7) 主轴弯曲 (偏心度) 监视。
- (8) 温度监视。
- (9) 阀位监视。

2. 汽轮机监测仪表系统 (TSI) 的检测点布置图

汽轮机监测仪表系统 (TSI) 的检测点布置图如图 1-3 所示。

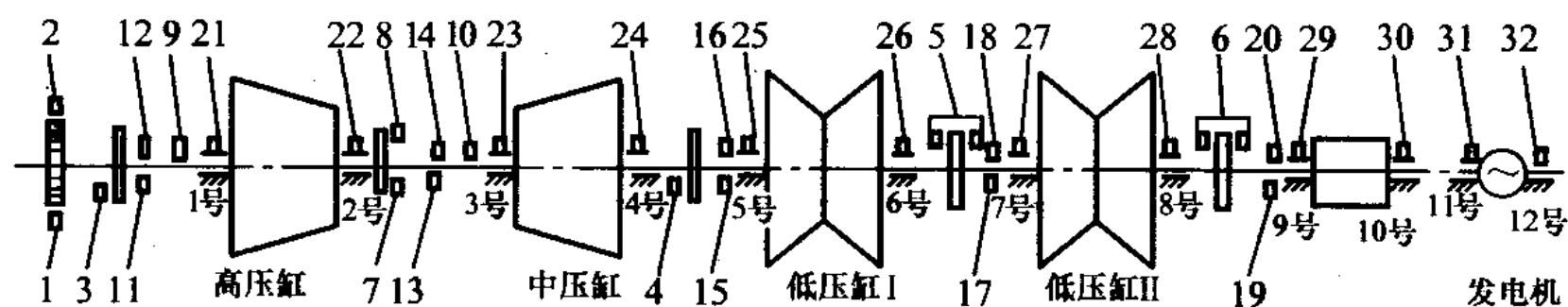


图 1-3 检测点布置图

- 1、2—转速传感器各 1 个；3—高压缸差胀传感器 1 个；4—中压缸差胀传感器 1 个；5、6—低压缸差胀传感器各 1 个；7、8—轴向位移传感器各 1 个；9、10—轴弯曲传感器各 1 个；11~20—轴振动传感器 10 个；
21~32—轴承盖振动传感器 12 个

三、电气系统安全监控保护系统

火电厂中电气控制系统主要分为发电机同期并网控制、励磁控制系统以及发电机—变压器组的保护。

1. 发电机同期并网控制

当机组达到额定转速后，发电机并网过程中要调整励磁控制系统，使发电机空载电压与相电网电压匹配。并且通过机组升速或者降速控制，使发电机和电网电压、频率及相位匹配。这种匹配是在毫秒级中进行的，在 DCS 系统中使用专门的同期并网控制专用模件来实现。

2. 发电机—变压器组保护

- (1) 差动保护。
- (2) 匝间短路保护。
- (3) 定子接地保护。
- (4) 失磁保护。
- (5) 转子接地保护。
- (6) 主变压器瓦斯保护。
- (7) 定子过负荷保护。
- (8) 低频保护。
- (9) 失步保护。
- (10) 逆功率保护。
- (11) 过励磁保护。

这些保护项目是逻辑控制，其输入信号是经过电压互感器和电流互感器来的二次电压或者电流信号以及有关开关量信号。电压及电流信号主要是交流信号，必须经过交直流转换，此功能由专门设计的交直流转换模件实现。由于电气保护的重要性，系统要求动作绝对可靠且不产生误动，动作迅速并且灵敏。DCS 硬件本身的可靠性可以从硬件角度保证系统的可靠性；软件上采用冗余设计、纠错设计等方法，保证保护的可靠性与正确性；通过合理的系统设计（例如对主要保护提供专用控制模件的方法），

可以充分保证保护的速度及灵敏性。对于发电机—变压器组的保护已可采用 DCS 实现。

3. 励磁控制系统

励磁控制系统主要是自动电压控制器。输入的交流信号，在进入 DCS 之前要进行交流向直流的转换，而其内部控制逻辑及调节回路则利用 DCS 软件中强大的计算功能，可以实现更为复杂、性能更好的控制规律（例如励磁的自适应控制）。这样可以保证发电机在不同运行方式、不同运行状态及不同的网络结构下都具有较好的性能。

四、汽轮机紧急跳闸保护系统 (ETS)

汽轮机紧急跳闸保护系统 (ETS) 是汽轮发电机在紧急情况下的安全保护系统。

汽轮机紧急跳闸保护系统 (ETS) 的功能是当发生如下情况之一时，将使危急遮断电磁阀失磁，迫使汽轮机电液调节系统 (DEH) 的调节抗燃油泄压而停机。

- (1) 汽轮机电超速。
- (2) 轴向位移大。
- (3) 汽轮机润滑油压大。
- (4) 抗燃油 (EH 油) 压力低。
- (5) 凝汽器真空低。
- (6) 必要的遥控脱扣保护。

其中，(1) ~ (5) 项保护功能是由各自通道接受控制继电器或者逻辑开关触点信号直接引发汽轮机紧急跳闸保护系统 (ETS) 保护动作的。而第 (6) 项所包括的保护内容，则由单元机组各系统的连锁保护来确定。通常可以包含以下保护项目：

- (1) 主燃料快速切断 (MFT)。
- (2) 手动 MFT。
- (3) 汽轮机振动大。
- (4) 发电机跳闸。

- (5) 高压缸排汽压力超限。
- (6) DEH 直流电源故障。

五、汽轮机电液调节系统（DEH）

汽轮机电液调节系统（DEH）是将一些非电量的被调参数利用变送器转换成电量，经过综合放大后去推动液压执行机构而起调节作用的系统。它既发挥电子装置灵敏度高、非电量—电量转换实现容易、综合方便的优点，又发挥液压执行元件的工作能力大、体积小、动作迅速而且平稳等优点。DCS 与汽轮机电液调节系统（DEH）之间实现通信，使机组的自动化水平得到提高。DEH 控制系统原理如图 1-4 所示。

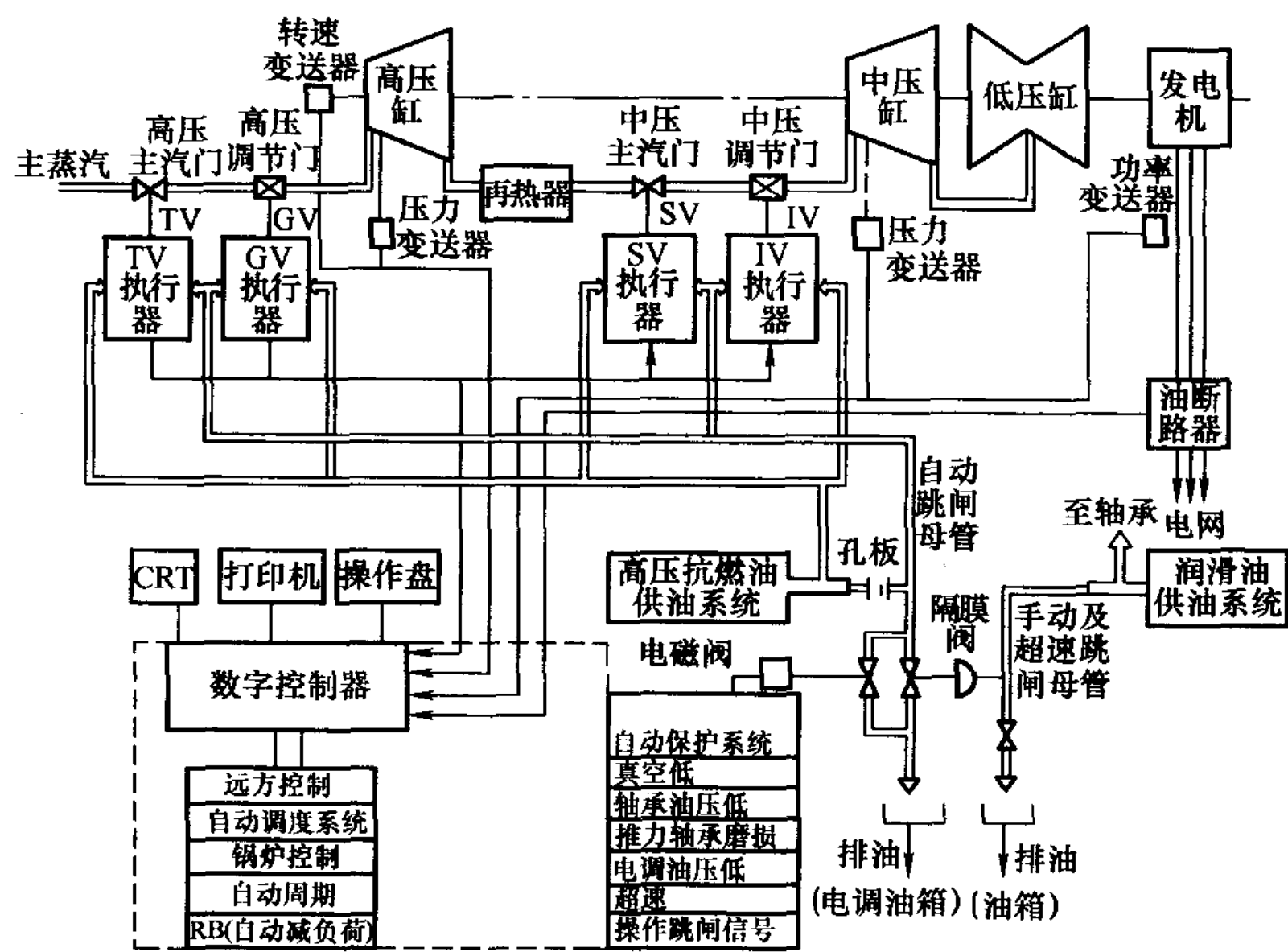


图 1-4 DEH 控制系统原理

1. 汽轮机电液调节系统（DEH）结构

汽轮机电液调节系统（DEH）的结构可分为如下部分：

- (1) 汽轮发电机组的测量部分。

(2) 数字控制器部分。

(3) 液压部分。

(4) 电液转换部分。

2. 汽轮机电液调节系统 (DEH) 基本功能

汽轮机电液调节系统 (DEH) 具有如下基本功能:

(1) 转速控制。

(2) 负荷功率控制。

(3) 阀门试验和阀门管理。

(4) 运行参数监视。

(5) 超速保护。

(6) 手动控制。

3. 汽轮机电液调节系统 (DEH) 的超速保护控制 (OPC) 系统

超速保护控制 (OPC) 系统由三部分组成:

(1) 快速阀门动作。它是为机组在部分失负荷时提供稳定性的一种手段。在正常情况下, 中压调节阀门是不能关闭的。当汽轮机的机械功和发电机的电功率产生偏差并且超过某一预定值时, 保护逻辑就使快速关闭截止阀触发器翻转, 实现关中压调节阀门的功能。

(2) 失负荷预测——全部甩负荷。机组在运行过程中, 如果出现如下两种情况之一, 就可判定机组是全部甩负荷。

1) 当汽轮机功率在额定功率的 30% 以上, 并且发电机的励磁电路断开。

2) 再热压力变送器出现低限故障, 并且发电机的励磁电路断开。

(3) 超速控制。当机组转速超过额定转速的 103% 时, 超速控制将高压调节阀门和中压调节阀门关闭, 如果这一超速是由于全部甩负荷引起的 (励磁电路断开), 则同时会引起失负荷预测功能动作; 如果是部分负荷下跌, 则同时会引起快速阀门功能动作。