

燃气—蒸汽联合循环发电机组 自启停控制技术应用

北京能源投资(集团)有限公司

西门子电站自动化有限公司 编著

艾默生过程控制有限公司



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

燃气—蒸汽联合循环发电机组 自启停控制技术的应用

北京能源投资（集团）有限公司

西门子电站自动化有限公司 编著

艾默生过程控制有限公司



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是一本全面介绍燃气—蒸汽联合循环发电机组自启停控制技术的著作,主要从 APS 控制技术实际应用的角度出发,对应用过程中的技术难点做了全面阐述。

全书共分为八章,第一章概述,第二~五章主要以京能集团京桥热电有限责任公司成功实施 APS 的案例为基础,介绍了 APS 机组级控制系统设计、APS 功能组设计技术、APS 全程自动控制技术、APS 调试及投运,第六章介绍了基于 SPPA-T3000 系统的 APS 技术应用;第七章介绍了基于 Ovation 系统的 APS 技术应用;第八章介绍了在役燃气机组的 APS 技术应用。书后还附有功能组逻辑框图。

本书可供从事能源、发电工程、燃气轮机及其联合循环发电等工作的科研、管理、运行、生产的工程技术人员及管理人员使用,也可供相关专业大专院校师生参考阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

燃气—蒸汽联合循环发电机组自启停控制技术及应用/北京能源投资(集团)有限公司,西门子电站自动化有限公司,艾默生过程控制有限公司编著. —北京:中国电力出版社,2014.8

ISBN 978-7-5123-6281-9

I. ①燃… II. ①北… ②西… ③艾… III. ①燃气—蒸汽联合循环发电—发电机组—运行 IV. ①TM611.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 173806 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 25.5 印张 566 千字

印数 0001—5000 册 定价 80.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

编 委 会

主 任	郭明星				
副 主 任	刘海峡	关天罡	龚 毅	郭 勇	
主 编	金生祥				
副 主 编	储炳南	李春喜	张秉权		
编写人员	金生祥	储炳南	李春喜	张秉权	李前宇
	王 清	尹立新	邓建平	张朝阳	齐桐悦
	胡耀宇	王六虎	吴莉娟	侯小龙	陈慧丽
	王云康	张伟东	杨 鑫	喜静波	张 晔
	安子健	赵 杰			

评 审 委 员 会

主 任 王金萍

委 员 李慧民 马欣欣 赵彦铭 左 川 丁劲松

刘 潇 孙 林 过泉生 薛 伟 刘 宁

陆申凌 惠文涛 孙永兴 张 巍 宋兆星

陈大宇 潘 慧

序

北京能源投资（集团）有限公司作为北京市电力能源投资建设主体，担负着首都电力、热力等能源项目的投资建设以及节能与环保技术的开发等重任。在国家节能减排政策的推动下，北京能源投资（集团）有限公司积极开展清洁能源发电业务，燃气发电、风力发电和光伏发电等清洁及可再生能源发电的发展速度已超过传统燃煤发电的增长速度。燃气发电在北京能源投资（集团）有限公司清洁能源发电业务中占据重要地位，自2004年第一套F级燃气—蒸汽联合循环机组投产以来，目前已有四个燃气发电项目投产运行、四个燃气发电项目在建、两个燃气项目待开工，总装机容量超过650万kW。建设好、管理好燃气发电厂是摆在我们面前的一项重要课题。

相对于常规燃煤发电厂，燃气发电厂的生产流程比较简单，启停机迅速频繁，因此燃气发电厂的自动化水平普遍高于燃煤发电厂。国外一些燃气发电厂已经实现了无人值守、远方启停机，另有集中控制中心远方控制多个电厂运行的成功案例。目前国内燃气发电厂的自动化程度还没有达到国际先进水平，主要原因有四个方面：一是燃气轮机及其控制系统均为整套进口，余热锅炉、汽轮机及DCS控制系统部分多为国内配套，相互之间的接口存在一定的技术问题和协调问题；二是国内电厂人员数量较多，对减人增效要求不够迫切；三是电厂管理人员和技术人员对自动化设备本身的可靠性不够信任；四是提高自动化水平需要增加基建投资。

北京能源投资（集团）有限公司自第一个燃气发电项目投产以来，在逐步积累运行管理和检修管理经验的同时，也对提高自动化水平的重要性有了更清晰的理解和认识。因此集团决定，对新建燃气发电项目的电厂，其自动化水平需要实质性地提高；对原有燃气发电厂，其自动化水平需要逐步提升。

本书记录了北京能源投资（集团）有限公司在提高燃气发电厂自动化水平实践中的一些思考和做法。应该说，通过近一年的努力，第一个实施自启停控制方案的新建燃气发电厂比较好地达到了预期效果。出版本书的主要目的是将其作为集团内有关燃

气发电厂自启停控制技术的培训教材，同时也希望能够得到业内学者、专家和工程技术人员的指正，增进技术交流，大家相互取长补短，促进国内燃气发电技术的不断提高。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '何明章' (He Mingzhang).

2014 年 7 月 8 日

前 言

近年来随着国家能源结构的调整，燃气轮机及其联合循环机组成为国内电力系统清洁能源发展的一个方向。为了适应燃气—蒸汽联合循环机组频繁启停的需要，规范机组的运行操作，燃气—蒸汽联合循环机组实施自启停控制技术已成为火电厂自动化发展的必然趋势。机组自启停控制技术的实现，可以提高机组启停的正确性和规范性，是真正实现减员增效的有效措施，是体现机组高自动化水平的一个重要标志。

机组自启停控制技术（Automatic Power Plant Startup and Shutdown System, APS）是机组最高级自动控制技术，是 DCS 控制系统中所有常规子系统的统领，具有高度复杂性。同时，燃气—蒸汽联合循环机组是一个典型的多输入多输出控制系统，参数之间耦合性强，控制对象的动态特性差别较大，要实现 APS 技术的成功应用，必然会面临众多棘手的困难与挑战。

北京能源投资（集团）有限公司高度重视燃气机组实施启停全程自动化控制技术，成立了 APS 专项领导小组，从项目初步设计阶段即充分考虑 APS 技术的设计和相关实施工作，从设计、制造、安装、监理、调试等各个环节全方位开展 APS 技术实施工作。西门子电站自动化有限公司和艾默生过程控制有限公司长期致力于电厂自动化控制，拥有较多 APS 业绩，西门子电站自动化有限公司重点针对京能集团京桥热电、京西热电、未来城热电项目，艾默生过程控制有限公司重点针对京能集团高安屯热电、上庄热电项目，做了大量扎实有效的工作，为京能集团燃气发电厂实施 APS 技术积累了丰富的工程应用经验。

2013 年 2 月投产的京桥热电先行探索实施了 APS 自启停控制技术，解决了协调全程投入、二拖一自动并汽、汽轮机 ATC 自动控制等关键技术难点，实现了提高机组自动化水平、全厂机组设备 APS 启停的目标，机组设备启停的正确性、规范性、安全性得到了明显提升。为充分总结经验，查找不足，京能集团生产管理部组织京桥热电、京西热电对设计、调试等实施阶段的具体问题进行了认真梳理总结，确保在建燃气机组 APS 实施过程的安全性、规范性。

京能集团燃气—蒸汽联合循环机组机型种类众多，运行方式复杂多样，配置包括一拖一单轴、一拖一双轴、二拖一多轴等多种机型，同一台机组运行方式又有纯凝、抽凝、

低压缸切除及汽轮机全切等不同运行方式，DCS 控制系统包括西门子公司 SPPA-T3000、艾默生公司 Ovation 等多种控制系统。本书介绍京能集团各燃气发电厂 APS 控制技术实施过程，具有一定的代表性，希望能对今后国内同类机组 APS 控制技术顺利实施有所帮助和借鉴。

本书是由京能集团生产管理部牵头并组织集团旗下北京七家燃气发电厂的专业技术人员共同编写完成的。西门子电站自动化有限公司、艾默生过程控制有限公司提供了大量技术支持和帮助完善。本书在介绍京能集团成功实施 APS 案例的基础上，结合其他各燃气发电厂的实际情况，对 APS 技术发展和所取得的应用成果进行了系统深入的总结。内容涉及 APS 机组级控制系统设计、功能子组设计、全程自动控制及接口技术、APS 调试及投运等各个方面，对 APS 技术应用的技术要点做了翔实阐述。相信会对燃气—蒸汽联合循环机组 APS 技术的发展，以及发电机组的优化运行和节能增效起到积极的推动作用。

在项目的实施和本书审定过程中，上海电气集团股份有限公司、华北电力科学研究院有限责任公司、中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司、西安热工研究院有限公司等单位的专家以及工程师们，提供了大量的帮助和具体指导，在此表示感谢！

在编写过程中，为使本书的编制更加科学、准确，还广泛听取了京能集团内外各方专家的意见，在此一并表示感谢！

由于时间仓促并限于作者水平，书中难免仍会存在疏漏与不足之处，敬请各位读者给予批评指正。

编委会

2014 年 6 月 23 日

目 录

序

前言

第一章 概述	1
第一节 实施 APS 技术的必要性	1
第二节 APS 的概念及国内外应用	2
第三节 实现 APS 需完成的工作	4
第四节 APS 技术实施过程	5
第五节 燃气—蒸汽联合循环机组控制系统简介	11
第二章 APS 机组级控制系统设计	16
第一节 APS 设计总则	16
第二节 机组概况及硬件配置完善	17
第三节 APS 逻辑构架及启动/停止断点设置方式	21
第三章 APS 功能组设计技术	31
第一节 功能组设计原则	31
第二节 功能组构成及正常判据	32
第三节 功能组介绍	34
第四章 APS 全程自动控制技术	119
第一节 APS 全程自动控制设计原则	119
第二节 协调控制系统	121
第三节 旁路控制系统	127
第四节 给水控制方案	138
第五节 疏水控制方案	146
第五章 APS 调试及投运	151
第一节 APS 调试过程	151
第二节 APS 设计调试经验	157

第六章 基于 SPPA-T3000 系统的 APS 技术应用	161
第一节 SPPA-T3000 系统功能块介绍	161
第二节 APS 技术在京西热电的应用	173
第三节 APS 技术在未来城热电的应用	194
第七章 基于 Ovation 系统的 APS 技术应用	224
第一节 艾默生 Ovation 控制系统介绍	224
第二节 艾默生 APS 总体设计方案	225
第三节 APS 接口及功能块	234
第四节 APS 自动控制的解决方案	240
第五节 APS 技术在高安屯热电的应用	245
第六节 上庄热电设计阶段 APS 工作概述	257
第八章 在役燃气机组的 APS 技术应用	271
第一节 APS 技术在北京太阳宫燃气热电有限公司的应用	271
第二节 APS 技术在北京京丰燃气发电有限公司的应用	316
附录 功能组逻辑框图	326
参考文献	398

概 述

随着燃气—蒸汽联合循环发电机组在建设过程中控制水平要求的不断提高，自启停控制技术的实施已经成为必然趋势。本章主要针对自启停控制技术实施的必要性、自启停控制在燃气—蒸汽联合循环发电机组的实施情况及自启停控制技术实施过程中需要完成的工作等方面进行了详细描述。

第一节 实施 APS 技术的必要性

随着国家能源结构的调整及清洁能源在电力系统的不断发展，为适应电网调峰的需要，近年来燃气轮机及其联合循环发电机组在我国得到了广泛应用。“十二五”期间，受节能减排、环境保护、城市供热等多重因素影响，我国燃气—蒸汽联合循环电厂已迎来第二次建设高潮期，特别是北京、上海、广东等经济发达地区。预计到 2015 年我国天然气发电总装机将达 6000 万 kW，在 2010 年的基础上实现翻倍增长。到 2015 年底，北京能源投资（集团）有限公司（简称京能集团）燃气发电装机容量将超过 650 万 kW。

燃气—蒸汽联合循环的实质是将燃气轮机的“布雷顿循环”与蒸汽轮机的“朗肯循环”叠置在一起，组合成为一个总的循环。组成联合循环的主要装置有燃气轮机组、余热锅炉、蒸汽轮机组。余热锅炉有卧式、立式之分，也有不补燃型、补燃型之分。

按照燃气轮机与汽轮机轴系布置方式可分为单轴和多轴，单轴是指燃气轮机与蒸汽轮机组同轴布置，多轴是指燃气轮机与蒸汽轮机分轴布置；按照燃气轮机与汽轮机配置方式可分为“一拖一”、“二拖一”和“多拖一”等，“一拖一”是指一台燃气轮机配一台蒸汽轮机组，“二拖一”是指两台燃气轮机配一台蒸汽轮机组，“多拖一”是指多台燃气轮机配一台蒸汽轮机组。

为确保机组安全、稳定、经济、环保、长期运行，实施自启停控制技术目前已成为全球自动化发展的必然趋势。自启停（Automatic Power Plant Startup and Shutdown

System, APS, 又称一键启停) 是实现机组启动和停止过程的自动化控制系统, 实现 APS 可以提高机组启停的正确性和规范性, 减轻运行人员的工作强度, 缩短机组启停时间, 是体现机组高自动化水平的一个重要标志。实施 APS 是提高机组安全性、真正实现减员增效的有效措施, 通过实施 APS 可以提高电厂自动控制水平, 减少运行人员对主观判断的依赖。目前国外许多燃气轮机电厂都实现了 APS 控制, APS 已成为我国火力发电自动化发展的必然趋势。

我国近几年引进的燃气—蒸汽联合循环发电机组单机容量越来越大, 尤其自 2006 年北京太阳宫燃气热电有限公司引进的我国第一台二拖一燃气—蒸汽联合循环发电机组以来, 机组运行方式、控制形式越来越多样化, 这给燃气—蒸汽联合循环发电机组自动控制水平提出了更高的要求。

现阶段国内引进的燃气—蒸汽联合循环发电机组控制系统中, 燃气机组的控制完全采用国外的控制策略和方案, 而蒸汽轮机、余热锅炉及所有辅机设备的控制设计仍为国内典型的主辅机控制策略。因此, 国内在实现燃气—蒸汽联合循环发电机组一键启停功能上仍然存在一些困难, 例如燃气机组、汽轮机旁路系统、DEH 系统等之间的控制系统接口复杂, 协调等自动控制系统不能全程投入, 机组测量元器件设置不完善等。整套机组的可控性, 还未达到一键启停应具备的条件。

为了解决实现燃气—蒸汽联合循环发电机组自启停功能中存在的困难, 提高整个燃气—蒸汽联合循环发电机组安全性, 对实现燃气—蒸汽联合循环发电机组自启停功能提出了更高的要求, 要求主、辅机和各有关辅助系统的可控性满足自控要求, 包括从一次检测元件、仪表到成套的控制系统等均能满足 APS 的整体水平、接口和配置要求。

第二节 APS 的概念及国内外应用

一、APS 的概念

联合循环机组自启停控制技术 (APS) 根据联合循环机组启停过程中不同阶段的需要, 对燃气轮机、余热锅炉、汽轮机、发电机、辅机等系统和设备工况进行检测和逻辑判断, 并按预定好的程序 (带有若干断点) 向顺序控制系统各功能组、子功能组、驱动级及燃气轮机控制系统 (TCS)、汽轮机数字电液控制系统 (DEH) 等各控制子系统发出启动或停止命令, 从而实现联合循环机组的自动启动或停止。同时, 相关的保护连锁逻辑能使主辅机在各种运行工况和状态下自动完成各种事故处理。

具有自启停控制功能（APS）的联合循环机组，在启动时运行人员只需通过操作员站显示画面上的启动或停止按钮，即可根据工艺系统及主辅机设备的状况，自动启动各辅机设备，并按照预定的程序，启动相关的辅机、燃气轮机、余热锅炉和汽轮发电机组，使燃气轮机和蒸汽轮机自动升速、自动并网，并从初始负荷自动升至预定的目标负荷；在联合循环机组停止时，按照预定的程序，将机组从满负荷自动降负荷，并自动停止主辅机设备的运行。

因此，具有自启停控制功能（APS）的联合循环机组，与常规的联合循环机组相比，具有较好的负荷适应性，更方便启动和停止；但同时为了实现 APS 功能，也必将对工艺系统和主辅机设备的技术性能和质量有更高的要求。

二、国内外联合循环机组 APS 应用

（一）国外联合循环机组 APS 应用

国外燃气—蒸汽联合循环机组的应用非常多，机型与形式也多种多样。同时，由于联合循环机组具有较好的启动和负荷调整特性，因此具有 APS 功能的联合循环机组也比较多。

比较典型的有日本的富津电厂（ $7\times 9\text{E}+7\times 9\text{E}+4\times 9\text{F}$ ）、日本的千叶电厂（ $4\times 9\text{F}$ ）、西班牙 Castellon 电厂（9F 二拖一）、西班牙 Escombreras 电厂（9F 二拖一）、新加坡 TAUS 电厂（9F 一拖一单轴）、泰国 SBCC III（South Bangkok CCPP）电厂（9F 二拖一）等，近年建成的联合循环机组多数具有 APS 功能。

以泰国 SBCC III（South Bangkok CCPP）电厂为例，该厂设有两套 700MW 联合循环机组，为 9F 级二拖一配置。其中，燃气轮机（型号 M 701F）、蒸汽轮机（高/中/低压三缸纯凝方式）、余热锅炉（三压立式亚临界）由日本三菱公司生产。燃气轮机控制系统（TCS）、蒸汽轮机控制系统（DEH）由日本三菱公司生产，分散控制系统（DCS）、辅助车间控制系统（BOP）由艾默生公司生产，采用 Ovation 分散控制系统。

该联合循环机组于 2007 年投入运行，联合循环机组自启停控制系统（APS）在启动过程设置了 9 个断点，分别为机组启动准备、第一台 GT/HRSG 启动准备、第一台 GT/HRSG 启动、汽轮机启动准备、汽轮机启动、汽轮机同期、第二台 GT/HRSG 启动准备、第二台 GT/HRSG 启动、第二台 GT/HRSG 同期。

APS 在联合循环机组的停止过程设置了 5 个断点，分别为 GT 减负荷、汽轮机停止、GT 停止、锅炉停止、机组停止。

当然国外的机组通常是以需求定功能，如果联合循环机组在电网中需要参与调频，或有两班制运行要求的，就按照 APS 功能进行设计及调试，并在正常运行中投入使用。

（二）国内联合循环机组 APS 应用

国内对于燃气—蒸汽联合循环机组的应用，由于各种原因，原来只有很少的小容量机组在运行，如 6B、9E 等机组。直到 2002 年左右，由国家发展改革委组织了大规模的 9F 级单轴燃气—蒸汽联合循环机组的打捆招标以后，国内才有了越来越多的联合循环机组。其构成也逐步从单一的单轴机组，发展成根据需要配置的一拖一、单轴、二拖一等多种形式的联合循环机组。该批在国内已经投运的二拖一联合循环机组中，成功应用了 APS 技术的机组非常少，多数还处于研究和试应用阶段，一般情况下由于项目周期都非常紧张，因此在工程设计开始时就进行 APS 设计的情况非常少，而且即使前期进行了大量的基础工作，但由于 APS 是一个牵涉范围非常广的工作，需要有很多的协调工作量，因此在实际中应用成功的不多。

近两年我国引进的大型燃气—蒸汽联合循环机组数量逐年上升，因此国内也开始探索和实践燃气—蒸汽联合循环机组的 APS 功能，如近期投产的京桥热电，已经成功地实现了全厂 APS 控制功能，大大提升了燃气—蒸汽联合循环机组控制的可靠性和稳定性，同时部分在建的燃气—蒸汽联合循环机组也已根据本厂的实际运行情况，正在进行 APS 功能的组态和调试工作，相信我国的燃气—蒸汽循环机组的 APS 功能将更加适合我国国情。

第三节 实现 APS 需完成的工作

一、确定自启停控制系统设计框架

依据机组启动和停止过程特性，确定机组自启停控制系统的整体框架，确定机组 APS 启动和停止所包括的范围、所涵盖的内容、启动和停止过程所需设定的断点数量，以及各断点所包含的工艺系统和所需实现的功能。

二、APS 功能组控制技术

机组自启停控制系统下的功能组并非一般意义的顺序控制（简称顺控），不是简单地控制相关设备启动和停运，而是确保相关系统安全稳定地投入运行，确保电动机不过流、不过载，管路不发生冲击、振动等现象。凡是涉及模拟量控制系统的功能组，顺控要与模拟量控制密切配合，更好、更快地将系统投入运行。另外，功能组在设计功能上要具有独立性，功能组可单独使用且可安全平稳地完成系统的投入和退出，即使自启停控制系统不投入，功能组也能照常运行。

三、APS 与其他系统的接口

APS 与其他系统的接口是实现机组自启停控制的重要组成部分，只有在 APS 发出指令后，其他控制系统能顺利完成自启停控制系统所要求的功能，自启停控制系统的顺利投运才能得以保证。APS 与 MCS 的接口技术是 APS 成功与否的关键。因此，为了实现 APS，必须对 MCS 进行重新设计和优化完善，使之实现全程稳定调节，且与 APS 无缝结合，共同完成机组的启动和停止控制。从已投运机组的 APS 使用情况来看，实现全厂 DCS 一体化是解决这一问题的有效方案。

四、全程自动控制策略

对于不同的机组，由于机组启动方式的不同，在机组启动和停止过程中会有一些特殊要求。例如协调、给水、旁路等自动控制系统全程投入，实现自动并、退余热锅炉、汽轮机 ATC 等。只有妥善解决这些特殊的技术难题，才能保证机组自启停控制系统的顺利实现。

五、APS 调试技术

实现机组自启停控制系统的设计和组态只是完成了自启停控制工作量的 60%，APS 的调试任务占 40% 的工作量。APS 的调试包括仿真调试、静态调试和动态投运三个过程。为了顺利完成自启停控制系统的调试任务，需在机组的启动和停止过程中进行合理组织，在条件允许的情况下进行功能组及断点的调试和投运，在系统投运过程中不断修改完善控制系统设计，保证各子系统安全稳定地投运和退出。

第四节 APS 技术实施过程

实现 APS 是个非常复杂的课题，不仅要求自动控制逻辑完善成熟，机组运行参数及工艺准确翔实，而且对设备本身也提出了很高的要求，对工程设计深度、调试深度、运行水平及工程管理等方面都提出了更高的要求。因此，要实现 APS 功能，必须从设备招标、订货、技术协议等工作抓起，并与以后的施工设计、现场调试、机组试运等各个阶段的工作协调良好。

一、项目设计阶段

在项目设计阶段，设立针对 APS 的专项领导小组，联络协调厂家、设计单位、建设

单位、调试单位等各方，确立 APS 设计原则、基本框架，并综合各专业的需要进行各项技术准备工作，明确职责，制订计划。根据讨论确定的准备计划，对所有的准备细节都落实到人、落实到每一天，确保计划的执行。

项目设计主要分为三个阶段，一是可研阶段，二是初设阶段，三是施工图设计阶段。对于 APS 设计来讲，后两个阶段至关重要，初设阶段主要取决于项目管理决策层，在此阶段项目管理决策层必须对项目建设做出准确的定位，必须明确机组工艺系统需纳入 APS 的范围、机组自动水平的程度，在此基础上进行系统设计及设备选型，以便在初设阶段各专业进行总体规划，以利于获得相关项目概算费用，为 APS 的实现奠定经济基础。

对于燃气—蒸汽联合循环热电厂来说，系统较燃煤电厂要简单得多，且燃机本体均可实现一键启停，因此对于燃气电厂来说，启动阶段要做到从循环水、开闭式水等辅助系统启动到燃机启动并网、汽轮机启动并网；停止阶段从机组降负荷到机组解列、盘车投入是可行的；对于二拖一机组来讲，则需在 APS 中增加自动并、退汽功能。

在施工图设计阶段，按照机组 APS 需实现的功能范围，进行盘柜及电缆通道的设计，确保 DCS 盘柜及电缆通道容量满足实现既定功能的基本要求并有一定裕量。

二、设备招标阶段

根据工艺特点和重要程度，统筹兼顾经济性及可靠性，对热工元件、测点布置、设备选型、工艺系统设计等认真梳理分析。DCS 厂家应尽早介入电厂设备选型工作，对系统设计、设备选型、元部件选择等提前整体安排。

从一次元件、仪表到成套的控制系统应都能满足 DCS 的整体控制水平，满足接口和配置要求，还应确保工艺系统设计和设备招标均能满足各个工艺系统从空载到正常运行的要求，配合机组实现自启停功能。

电厂阀门除了仪表隔绝阀门及化学取样阀门外，原则上尽可能少用手动阀门，减少运行人员的现场操作，如确需采用手动阀门应增加位置反馈开关，保证阀门的位置状态能在 DCS 上正确显示。所有阀门及管道采购（包括设计院不设计的小阀门），宜由电厂统一采购，确保设备质量，实现设备可追溯。设计院应提供完整设计规范，包括小管线的设计。所有用于逻辑控制及保护的的压力、温度、流量等测点信号应采用三取二设计原则（厂家因特殊原因无法满足的除外），并在 DCS 上能正确显示（包括实测曲线、历史曲线等）。

三、APS 方案设计

为顺利实现机组自启停功能，自启停控制系统的方案设计至关重要。合理的自启停