金智科技
WISCOM

AEGC-6000P 功率控制系统
技术说明书

江苏金智科技股份有限公司

前　言

非常感谢您选用江苏金智科技股份有限公司（简称金智科技，股票代码002090）生产的 AEGC-6000P 功率控制系统。本手册是其技术说明书，期望它能为您的工作带来帮助。

本说明书仅供设计选型参考，与实际产品可能存在细微差别，因此不建议作为工程设计依据。建议工程设计时向我公司设计人员索取相关设计图纸。

如需相关产品、服务和支持的更多信息，请访问金智科技网站 http://www.wiscom.com.cn/。

本公司有权对本说明书的内容进行定期变更，恕不另行通知。变更内容将会补充到新版本的说明书中。

版权所有，请勿翻印、复印

版本：V1.02

目录

1 系统概述 1

1.1 应用场合 1

1.2 系统结构 2

1.3 系统特点 2

1.4 系统功能 3

1.5 技术参数 5

1.5.1 系统指标 5

1.5.2 AGC 指标 5

1.5.3 AVC 指标 5

1.6 应用的标准及规范 5

2 自动发电控制 AGC 6

2.1 AGC 主要功能 6

2.2 厂级 AGC 原理 9

3 自动电压控制 AVC 12

3.1 AVC 主要功能 13

3.2 AVC 原理 15

3.3 AVC 数据交互 18

4 AEGC-6000 综合控制单元 19

4.1 硬件主要特点 20

4.2 技术参数 20

4.3 装置前面板图 22

4.4 装置后面板图及端子定义 23

4.5 装置尺寸图 24

4.6 装置开孔尺寸图 24

5 AEGC-6000P 后台工作站 25

5.1 概述 25

5.2 主要特点 25

5.3 软件功能 27

6 火电厂 AGC/AVC 方案配置 30

6.1 NCS 是公司系统 31
6.2 NCS 非公司系统 31

1 系统概述

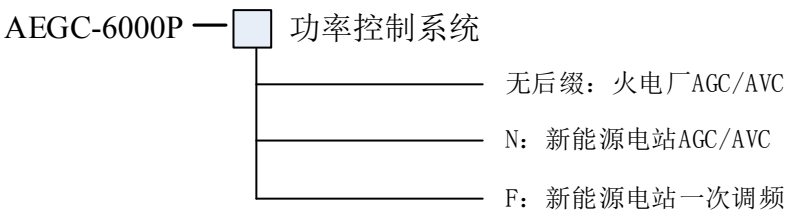
发电厂功率控制系统是电厂接受调度指令，根据自身机组特点，进行功率控制调节。根据调度指令不同，分为有功控制调节即自动发电控制（Automatic Generation Control, AGC）和无功控制调节即自动电压控制（Automatic Voltage Control，AVC）。

自动发电控制 AGC 是维持发电功率和负载功率的平衡，保证电网的电能质量。作为能量管理系统 EMS 的重要组成部分，AGC 是短期实时经济调度主要内容之一，也是现代电网运行管理中的一种有效的技术措施。原先电网对火电厂机组的调度绝大部分采用 AGC 直调方式，即将负荷指令发给每台机组，直接调度每台机组负荷。现在越来越多的地区使用厂级 AGC 调度模式，即 AGC 指令由原有的单台机组改为全厂的负荷指令，在接受调度下达的全厂负荷指令后，通过厂级 AGC 智能控制单元进行负荷优化计算。按照经济性、快速性、调节频度等原则将 AGC 指令合理地分配到各机组，从而实现电厂各机组安全、稳定和经济运行。

自动电压控制 AVC 是以满足电力系统需要为目的，对电厂母线电压进行自动控制的一种技术，AVC 系统根据给定的母线电压或全厂/单机无功设定值，对发电机无功出力自动进行实时跟踪调控，使电厂母线电压维持在一个适当的水平，控制电网无功的合理流动，优化电网无功潮流的分布，有效提高电网电压质量，提高电网运行的安全性、稳定性和经济性。

1.1 应用场合

AEGC-6000P 功率控制系统，包括自动发电控制 AGC 和自动电压控制 AVC 功能。AEGC-6000P 可使用在火电厂、光伏风电新能源电站，由于火电厂与新能源电站的 AGC 和 AVC 存在一定的差异，为了便于区分功能，通过后缀进行区分。即



AEGC-6000P 功率控制系统适用于火力发电厂的 AGC/AVC 控制，AGC 功能在传统单机 AGC 的基础上，可实现厂级 AGC 控制。

1.2 系统结构

AEGC-6000P 功率控制系统一般由 AGC/AVC 控制主机（也称上位机，型号为 AEGC-6000 综合控制单元，主备双机配置）、AGC/AVC 测控装置（也称下位机，每机组一台）、AGC/AVC 操作员站、AGC/AVC 值长工作站组成。

AGC/AVC 控制主机（上位机）为算法服务器，是系统的核心，负责接收远方控制中心 AGC/AVC 主站或 AGC/AVC 值长工作站就地指令，完成 AGC/AVC 约束判定、闭锁告警、分配策略计算、指令下发，信息上送等任务，采用主备双机配置。

AGC/AVC 测控装置（下位机）为机组执行单元，负责采集机组相关实时数据、与机组励磁系统 AVR 和 DCS 系统交互，并执行控制主机（上位机）下发的机组调节指令。AGC 测控装置通过 4-20mA 将指令数据传送至 DCS，AVC 测控装置通过增减磁出口对 AVR 进行调节

AGC/AVC 操作员站，作为 AGC/AVC 当地后台系统，为人机交互界面，用于系统维护管理、实时监控、就地指令设定、数据展示、曲线绘制、历史查询等。

AGC/AVC 值长工作站，布置于值长办公室，供值长进行相关参数的调节设置的各相工作。

厂级 AGC 系统，如果需要获取煤耗系统数据，需要增加反向隔离装置。

系统方案和配置见第 6 章节。

AEGC-6000P 功率控制系统软件，安装于 AGC/AVC 控制主机（AEGC-6000 综合控制单元）和操作员站、值长工作站，从而实现整个系统的有功无功功率优化控制。

1.3 系统特点

AEGC-6000P 功率控制系统具有如下特点：

（1） 系统符合电力行业标准《火力发电厂厂级监控信息系统技术条件》；

（2） 设备和系统满足电力二次安全防护规定；

（3） 采用嵌入式软硬件平台设计实现，重要环节均采用冗余设计，可靠性高，符合电力系统通信和控制设备的技术要求；

（4） 功率控制主机与远动机一体化设计，规约丰富、逻辑功能强大，可节省投资，减少通讯中间环节，保证数据时效，提高系统可靠性，功率控制

主机可独立配置，也可与远动机一体化配置；

（5） 提供工业以太网接口、RS232 接口、RS485 接口，可方便的与 DCS、RTU 以及调度进行信息交互；

（6） 系统稳定可靠，智能化程度高，画面直观，操作简便；

（7） 对安全约束进行监测，在满足安全约束条件下实施控制；

（8） 完善的闭锁机制，考虑数据无效、通讯中断等异常条件，灵活可设，为正确控制提供可靠闭锁；

（9） 支持多种调度指令方式，包括实时指令、负荷曲线、电压曲线、人工设定等模式。

（10） AGC 采用智能化分配策略（包括等微增率法、动态规划法、比例分配法、等微增率与动态规划相结合等），保证全厂机组负荷的经济最优分配；

（11） AGC 的煤耗负荷特性曲线采用二阶多项式拟合，某些情况可选择高阶拟合，更能真实反映机组的实际运行煤耗，并能根据各台机组煤价、电价差异进行修正；

（12） AVC 采用智能化分配策略（包括等功率因数、动态相似调整裕度、按容量等比例等），保证调节精度和发电机组无功最优分配；

（13） AVC 采用自学习方式，动态修正电压目标值和无功出力间关系；

（14） AVC 输出采用特殊设计出口，可防粘连，动作次数无限制。

1.4 系统功能

1.4.1 通信功能

能够与升压站监控系统、励磁系统、DCS 系统、SIS 系统和调度主站系统通信，支持多种通信方式，包括专线通信方式和网络通信方式，支持 MODBUS、CDT、DL/T634.5.101-2002、DL/T634.5.104-2002、IEC101、IEC104 、IEC61850 等常用标准规约。

1.4.2 数据采集与处理功能

实时采集厂内各类模拟量（电压、电流、有功、无功等）和发电机组运行信息（如开机、停机、手/自动控制等）以及其他设备开关状态量，通过各发电机组的状态了解整个火电厂的运行情况。

1.4.3 计算统计功能

可对指定的采集量进行平均值、最大值及发生时间、最小值及发生时间等

统计，可按日、月统计 AGC 功能可用率、AGC 控制合格率、母线电压合格率、AVC 功能可用率。

1.4.4 数据存储功能

可以存储采集的数据点并形成历史数据库，用于绘制趋势曲线和形成报表，支持的报表包括 电压合格率报表、AGC/AVC 系统运行统计报表、火电厂运行统计报表等。历史数据按照分钟级存储，可存储一年。

1.4.5 运行监视功能

能实时、方便地监视系统的运行工况、母线电压、发电机组有功功率无功功率、开关刀闸状态、设备运行状态、通信状态，并能对一些关键状态进行监视，完成系统管理和参数设置功能。

1.4.6 控制调节功能

人工控制：可由操作员对需要控制的电气设备进行人工控制操作，包括开/停机、调节功率、升降档位等。

有功自动控制：自动发电控制 AGC 接收调度主站系统下发的发电出力计划曲线或者实时调节指令，并根据电网下发的全站功率控制目标值，采用按容量等比例、相似裕度等成熟分配策略，自动分配给机组，实现整个发电厂有功优化分配和调节。

无功电压自动控制：自动电压控制 AVC 接收调度主站系统下发的母线电压曲线或者实时调节指令，在充分考虑各种约束条件后，采用等功率因数、按容量等比例、相似裕度等成熟分配策略，分析计算出各机组无功出力目标，并将调控命令下发至下位机执行，实现整个发电厂无功优化分配和调节，母线电压处于合格范围。

1.4.7 告警处理功能

系统运行异常或故障时能自动报警，停止分配结果输出，并形成事件记录。

1.4.8 事件记录功能

可对系统告警、闭锁原因、人员操作等形成事件记录。

1.4.9 权限管理功能

系统具备权限管理功能，支持自定义用户及操作权限，禁止越权操作，所有的人工操作均有操作日志备查。

1.4.10 双机互备功能

系统具有双机互为备用功能，主机故障时自动切换为备机运行。

1.4.11 安全防护功能

满足相关的安全防护要求。

1.5 技术参数

1.5.1 系统指标

系统年可用率：≥99.98%；

CPU 负荷率在正常状态下任意 5 分钟内小于 30%，在任意 10 秒内小于 50%。

系统指令响应/控制延迟时间: ＜2s；

功率控制周期 ＜2s；

1.5.2 AGC 指标

AGC 功能可用率不应小于 98%；

AGC 功能投入率不应小于 90%；

AGC 功能合格率不应小于 95%；

1.5.3 AVC 指标

高压母线电压控制偏差: ＜0.5kV（可设置）；

无功控制偏差： ＜3Mvar（可设置）；

电压控制方式下调节速率: ≥0.5kV/min（可设置）；

无功控制方式下调节速率: ≥10Mvar/min（可设置）。

输出 AVR 调节脉冲，宽度：200ms～3000ms（可设置）；

1.6 应用的标准及规范

- GB4208-2008 外壳防护等级
- GB/T 2423 电工电子产品环境试验
- GB/T 13730-2002 地区电网调度自动化系统
- DL/T 5002-2005 地区电网调度自动化设计技术规程
- DL/T 5003-2005 电力系统调度自动化设计技术规程
- GB/T 15153.1 远动设备及系统 工作条件 第 1 篇：电源和电磁兼容性
- GB/T 15153.2 远动设备及系统 工作条件 第 2 篇：环境条件（气候、机械和其他非电影响因素）
- GB/T 17626 电磁兼容 试验和测量技术

- GB/T13729-2002 远动终端设备
- DL/T 630-1997 交流采样远动终端技术条件
- DL/T 634.5101-2002 远动设备及系统 第 5-101 部分：传输规约 基本远动任务配套标准
- DL/T 634.5104-2009 采用标准传输协议子集的 IEC-60870-5-101 网络访问
- Q/CSG110004-2012 中国南方电网 自动发电控制(AGC)技术规范
- Q/GDW 619-2011 地区电网自动电压控制(AVC)技术规范
- Q/CSG110008-2012 中国南方电网 自动电压控制(AVC)技术规范
- DL/T 1870-2018 电力系统网源协调技术规范

2 自动发电控制 AGC

AEGC-6000P 功率控制系统的 AGC 功能在传统单机 AGC 的基础上，可实现厂级 AGC 控制。厂级 AGC 负荷优化控制是指 AGC 的指令由原有的单台机组改为全厂的负荷指令，在接受调度下达的全厂负荷指令后，通过厂级 AGC 智能控制单元进行负荷优化计算。厂级 AGC 智能控制单元按照经济性、快速性、调节频度等原则将 AGC 指令合理地分配到各机组，从而实现电厂各机组安全、稳定和经济运行。

厂级 AGC 系统实施的目的和意义在于：

（1）厂级 AGC 作为衔接电网负荷指令与机组负荷控制的中间枢纽系统，既能满足电网安全、优质、经济运行需要，又能提高发电厂高效、节能、协调运行水平，达到电厂与电网的双赢；

（2）厂级 AGC 改变了传统点对点直控机组的调度方式，在接受调度中心下达的全厂负荷指令后，根据各台机组的煤耗率、脱硫效率、响应速率、调节范围、上网电价、辅机运行方式等参数，自动、合理地进行全厂机组的优化组合和合理分配，用最少的煤发最多量的电，可以有效降低发电成本，促进机组高效、经济运行；

（3）通过厂级 AGC，能够更好地适应厂网协调、电力市场运营和电力体制改革的需要，从而达到节能减排的目的；

（4）有利于提高机组的安全稳定性，精简电力调度控制对象，简化调度员对电厂运行操作；

（5）增强电厂的自主性和协调性。

2.1 AGC 主要功能

2.1.1 煤耗曲线拟合功能

能构建合理的数学模型，根据各机组在多个负荷点的煤耗值、运行工况的变化自动拟合出机组的供电煤耗特性曲线，并能综合考虑机组对外供热因素、电价煤价差异等，对各机组的煤耗特性曲线进行修正。

2.1.2 检查机组 AGC 和全厂 AGC 投入条件的功能

单机能够投入 AGC 功能需要的条件是：机组在运行状态、DCS 侧 AGC 在投入状态。

全厂 AGC 能够正常投入的条件是：有机组投入 AGC、系统频率正常、AGC 远控时与调度通讯正常、功率测量正常、母线有功平衡、AGC 主机与测控装置通信正常、全厂有功设定值与实发值偏差在允许范围内。

2.1.3 负荷优化分配功能

接收调度实时发送的全厂负荷指令，同时在线采集生产运行数据，在满足负荷响应快速性要求的同时实现机组间负荷的经济最优分配，并将优化分配结果直接送至 DCS 系统，实现机组负荷的自动增减

（1） 系统具有接收就地或远方全厂负荷指令并进行优化分配的功能。

（2） 全厂负荷指令方式具有定值和计划曲线两种控制方式。

（3） 在调度实时指令未及时送达时，系统根据已经接收到的调度负荷调度计划曲线，在满足负荷响应快速性要求的同时实现机组间负荷的经济最优分配。

（4） 负荷分配方式具有按比例分配、按煤耗优化分配、按经济收益最大分配多种方式。

（5） 单机退出厂级 AGC 时，机组 AGC 指令值跟随当前实发值。

（6） 系统能够充分优化机组的供电煤耗，同时充分考虑到了机组效率、热耗率、频率响应和其他损失的优化，而且对机组调节允许范围、调节裕量、负荷闭锁增/减、机组爬坡、RUNBACK、MFT、磨煤机启停等约束条件进行了充分考虑和处理，在保证机组运行安全的前提下，降低机组负荷调节频度，提高机组稳定性，延长主、辅机组设备寿命，合理调配各台机组负荷，降低全厂供电煤耗，从而提高全厂经济效益。

（7） 系统能根据机组主辅机状态设定负荷上下限，并具有避免长期停留在临界负荷附近的能力。

（8） 系统设定了调节不灵敏区（“死区”），当调度给定负荷与当前电厂总负荷之差小于“死区”时，根据负荷分配系统中的算法，通过实现对单台机组负荷的增减来完成调度负荷的变化要求，可避免机组的频繁调节。

（9） 系统调节过程中机组备用裕度考虑问题，机组在调节过程中当总负荷接近负荷上/下限时，各台机组需按相同比例进行调节，以确保各台机组保留有相近的备用容量。

（10） 机组在各种运行工况下，负荷变化频繁变化既不利于发电系统的安全性和经济性，因此本系统对机组的负荷分配频率控制在一定的周期内，同时以投入最少机组来完成负荷调节任务为原则来分配机组的负荷调节任务，最大程度地减少机组变负荷的频度。另外，在选择机组加、减负荷时，系统可避免机组在短时间内反向变负荷，即机组完成一次加负荷任务后，让其稳定运行一段时间后再去承担减负荷任务，这样能防止机组热负荷上下波动产生的疲劳损耗。

（11） 负荷转移：当某台参与厂级 AGC 控制的机组由于某种原因不能再承担其应有的出力（如机组跳闸等），其负荷应迅速转移到其它机组，以减小对电网的影响。

（12） 调节速率约束条件：调度对电厂的调节速率作为优化模型的约束条件，以保证有功调节的快速性。

（13） 平滑过渡功能：为减少对电网的扰动，本软件可在由最大调节速度策略过渡到煤耗最低策略的过程中，保持电厂总负荷功率在任一时刻恒定。

（14） 支持手动优化：在机组负荷较长时间稳定时，可通过手动下发优化指令，根据煤耗情况对当前总负荷重新进行优化分配，整个手动优化过程中全厂负荷可平滑过渡，不产生大的波动。

（15） 手动偏置功能：可手动设置各台机组负荷偏置值，对分配结果进行修正，可避免机组辅机频繁启停。

2.1.4 异常处理及保护功能

（1） 当发生以下各种异常情况时自动退出全厂 AGC：母线有功不平衡、系统频率越上限、系统频率越下限、机组有功实测值越上限、机组有功实测值越下限、机组有功双测量不一致、机组有功跳变、机组有功可调上限小于下限、机组有功可调上限越限、机组有功可调下限越限、AGC 主机与测控装置通信中断。

（2） 当 AGC 在调度控制模式时，如果 AGC 主机与调度通信故障，自动从

调度控制切换为就地控制。

（3） 当 AGC 在计划曲线控制模式时，出现以下情况时自动从曲线控制切换为定值控制：计划出力曲线突变、今日负荷曲线未下发、至 23 点 55 分时明日负荷曲线还未下发。

（4） 如果厂级事件（如与调度的通讯中断、所有机组 AGC 退出）发生时，系统将退出厂级 AGC 控制。

2.1.5 控制调节功能

（1） 提供 5 种工作模式，可以直接调度每台机组的实发负荷，分配方式可选择手动分配、按比例分配、系统优化分配等。

（2） 原有单机 AGC 负荷调度功能予以保留，保证在全厂 AGC 功能故障等情况下能切换运行。为保证电网安全运行，在厂级 AGC 系统因异常自动解除后不要自动投入单机 AGC 控制，由值班员根据实际情况（如有调度指令）手动切换。

2.1.6 厂级 AGC 自动检测全厂负荷指令值合法性

系统具备检验调度 AGC 指令功能，校验指令出力是否超出机组的上下限等安全范围，超出幅值拒绝执行，防止由于接收指令错误造成机组误调节。

（1） 全厂负荷指令越上限，厂级 AGC 拒绝执行 AGC 指令并产生告警信号。

（2） 全厂负荷指令越下限，厂级 AGC 拒绝执行 AGC 指令并产生告警信号。

（3） 全厂负荷指令小于 AGC 指令调节死区，厂级 AGC 拒绝执行 AGC 指令并产生告警信号。

2.2 厂级 AGC 原理

2.2.1 工作模式

厂级 AGC 负荷优化控制系统提供 5 种工作模式，系统在 AGC 各种控制模式之间可实时切换，并保留单机 AGC 控制模式。

模式一、非 AGC 控制模式: 机组负荷指令从 DCS 操作员站手动给出，该方式是一种非 AGC 模式，厂级 AGC 退出运行，系统无需下发各机组负荷指令。

模式二、值长手动控制模式: 该模式需各机组投入 AGC 功能，值长根据调度指令在后台手动给出各机组负荷指令。

模式三、站级 AGC 模式：此模式下，全厂总负荷指令由值长手动给出，系统通过优化分配算法给出各机组负荷指令。优化目标可选择按比例分配、全厂煤耗最低，也可选择经济效益最优。

模式四、调度 AGC 模式：此模式下，全厂总负荷指令由调度 EMS 系统给出，经厂级 AGC 负荷自动分配系统优化分配到各个机组。可选择调度定值模式或曲线模式。优化目标同样可选择按比例分配、全厂煤耗最低，也可选择经济效益最优。

模式五、单机 AGC 模式：此模式为调度 EMS 单机直调模式，此时各机组 CCS（机组协调控制）需投入 AGC 功能。

选择模式一、模式五，系统将自动退出厂级 AGC 功能。当无机组在 AGC 方式时，系统自动切换至模式一。当与调度 EMS 通讯失败，调度 AGC 模式自动切换到站级 AGC 模式。

2.2.2 负荷优化目标

厂级 AGC 系统提供 3 种分配方式，包括 2 种优化分配：

方式 A：根据发电标煤耗最小为目标，分配各机组负荷；

方式 B：根据电厂发电直接经济收益最大为目标，分配各机组负荷；

方式 C：按比例分配。

（1）方式 A：发电标煤耗最小

发电消耗的燃煤是燃煤发电厂最主要的生产成本，另外，在发电过程中水泵、风机等辅机要消耗掉一部分电能和蒸汽热能，这部分电能称为电耗，约占整个发电量的 5%，将厂用电折算为煤耗损失可以估计发电净煤耗（供电煤耗）。燃煤发电厂通常用供电煤耗率来衡量机组的发电成本，一般情况下在经济负荷时煤耗率较低，负荷较低时煤耗率升高。发电燃煤量最小是本分配方式的目标，本方式以最小燃煤消耗作为电厂的最大利益。

（2）方式 B：电厂发电直接经济收益最大

电厂的发电直接经济收益为供电收益减去发电用煤成本。传统供电煤耗的算法是在发电煤耗的基础上，将各机组厂用电消耗折算为用煤量，计算机组的当量煤耗损失。但由于目前煤价和电价的绝对值不一致，燃煤量的消耗不是电厂直接的经济性指标，用上述厂用电煤耗之间折算没有考虑到电价与煤价的差异，会给发电直接经济收益来误差。因此用电厂发电直接经济收益最大为目标分配各机组负荷能更直接地获取电厂的最大利益。

（3）方式 C：按比例分配

该方式默认为按机组可调容量比例进行分配，此方式是模拟调度单机 AGC 模式，也是系统理论节煤计算的参比方式。此方式下，值长可以根据机组实际运行情况进行手动调整，如可适当让能效高的机组多发电。

2.2.3 优化算法

优化负荷分配的基础是优化机组供电煤耗，由于性能监测与经济性分析功能的有力支持，优化负荷分配能够充分优化机组的供电煤耗，本系统从煤耗特性曲线的拟合入手，同时充分考虑到了机组效率、热耗率、频率响应和其他损失的优化，而且对机组调节允许范围、调节裕量、负荷闭锁增 / 减、机组爬坡、RUNBACK、MFT、磨煤机启停等约束条件进行了充分考虑和处理，辅以基于燃耗特性的等微增率法、动态规划算法进行全厂机组间负荷的经济最优分配。

（1）煤耗特性曲线的拟合

机组煤耗特性曲线是进行负荷优化分配的基础，要得到有效、及时的负荷分配方案，首先应得到能够准确反映机组运行状况的煤耗特性曲线。拟合所需数据一般通过热力试验获取的数据以及厂家提供的性能参数来求得。煤耗负荷特性曲线采用二阶多项式拟合，某些情况可选择高阶拟合，更能真实反映机组的实际运行煤耗，并能根据各台机组煤价、电价差异进行修正；

发电煤耗率

$$b_f = \frac{q}{29.271\eta_b\eta_p} \qquad \mathrm{g/(kW \cdot h)}$$

供电煤耗率

$$b_g = \frac{b_f}{1-e} \qquad \mathrm{g/(kW \cdot h)}$$

其中：q 为汽轮机热耗率 kJ(/kW·h)

η_b 为锅炉效率

η_p 为管道效率

e 为厂用电率

（2）计算模型

对于一个有 n 台火电机组的系统，各机组的运行成本（煤耗量）与负荷之间存在函数关系 F。优化计算就是通过寻找各机组的应带负荷 Pi，以满足总煤

耗量最小的要求：

$$Min\sum_{i=1}^{n} F_i(P_i)$$

$$F_i(P_i)=a_iP_i^2+b_iP_i+c_i,$$

约束条件

- 总负荷平衡；

$$\sum_{i=1}^{n} P_i = P_t$$

- 机组负荷上下限；

$$\sum_{i=1}^{n} P_{i\min} \le P_t \le \sum_{i=1}^{n} P_{i\max}$$

$$P_{i\min} \le P_i \le P_{i\max} \qquad i=1,2,\ldots,n$$

- 电网安全裕度；
- 机组负荷变动速率；
- 临界负荷约束；
- 负荷率等。

（3）等微增率法

等微增率法以数学极值理论为基础，是一种连续变量的拉格朗日算子法。用 Hessen Matrix（海赛矩阵）正定条件来寻求最优解。等微增率法基本原理是：为了使全厂总燃耗量取极小值（或经济收益最大），各机组遵循最小的煤耗增量和最大的发电增量运行，且各机组负荷之和与系统总负荷相等。等微增率法是通过寻找各机组微增率的最佳负荷点，并将该点确定为负荷分配的最优方案。因此，当机组的燃耗微增率不完全相等时，运行人员应减少燃耗微增率大的机组的负荷，增加燃耗微增率小的机组的负荷，这样才能在总的负荷不变的前提下减少总的燃料消耗量，直至所有机组的微增率相等时调整才能结束。它是解决负荷优化分配问题的一种经典方法，它的原理简单，实现方便可靠。

（4）动态规划法

动态规划是贝尔曼（Bellman）在 50 年代作为段决策过程研究出来的，现已在许多技术领域中获得广泛应用。动态规划是一种分段最优化方法，它既可以用来求解约束条件下的函数极值问题，也可以用来求解约束条件下的泛函极值问题。

动态规划法根据“最优决策的任何子阶段仍然是最优”的原理，通过将多阶段决策过程转化为一系列单阶段问题，然后逐个求出最优解的办法，进而得到全局的最优解。动态规划法对求解问题的限制较少，不要求目标函数连续、可微，其决策过程分为两步，即正序造表和逆序查表。同时它可以在整个解空间内搜索，找到全局最优解或近似全局最优解。动态规划法对数学模型和机组的煤耗特性曲线要求较低，计算结果稳定，是火电厂负荷优化控制中较常用的一种算法。

3 自动电压控制 AVC

自动电压控制 AVC 的控制主机（上位机）通过远动通信服务器接收远方控制中心 AVC 主站电压无功指令或通过网络接收 AVC 后台工作站电压无功指令，从 AVC 测控装置（下位机）和发电厂 NCS 系统采集计算所需的实时数据，充分考虑各种安全约束条件，按照一定的策略和算法计算出发电厂内各机组的无功功率，将控制命令下发至下位机，由下位机直接输出或由 DCS 系统转发增、减励磁信号至机组励磁系统自动电压调节器（AVR），由 AVR 调节机组无功功率，从而实现母线电压、全厂无功、单机无功的自动调节。

AVC 系统还可以接收远方控制中心 AVC 主站下发的母线电压计划曲线，控制主机将电压计划曲线保存在本地，当 AVC 系统与主站通讯中断或有其他异常时，可按照接收的电压计划曲线自动调节。

AVC 系统运行过程中，实时将系统运行信息发送到远方控制中心 AVC 主站和就地后台工作站，供远方控制中心 AVC 主站和就地运行人员监视。

传统 AVC 算法一般在接收到 AVC 指令或电压无功超出死区时，针对一个实时断面进行计算和分配无功，在执行无功调节的过程中无法响应变化和计算新的分配方案。本 AVC 系统采用动态 AVC 算法，在无功调节过程中可按照执行中的调节目标值、最新 AVC 指令、实时工况数据、各种安全约束条件、AVC 闭锁投退状态，动态计算最新的分配方案，增强了 AVC 响应各种变化的能力，提高了 AVC 的合理性和安全性。

3.1 AVC 主要功能

3.1.1 机组及全厂 AVC 投入、退出功能

（1） 提供界面支持人工投入、退出机组 AVC 和 AVC 系统。

（2） AVC 系统投入时，检查机组 AVC 投入状态，如无机组 AVC 投入，则

禁止投入 AVC 系统。

（3） AVC 系统投入时，首先运行在本地开环控制方式，只按电压计划曲线计算调节方案，不下发调节命令。

3.1.2 AVC 安全约束与异常处理功能

（1） 当 AVC 系统异常或约束条件成立时，AVC 功能自动闭锁和告警。

（2） 对机组无功可调范围和调节步长按参数和工况进行安全约束。

（3） 对目标设定值范围、与实际值偏差、变化梯度进行安全校验和异常处理。

（4） 对主站命令进行安全校验和异常处理。

（5） 对电压计划曲线进行安全校验和异常处理。

（6） 对通信状态、采集数据质量进行安全校验和异常处理。

（7） 对机组、母线运行工况进行安全校验和异常处理。

（8） 对无功调节、电压调节执行情况进行安全校验和异常处理。

3.1.3 自动无功电压控制功能

（1） 调节机组无功出力：直接或通过 DCS 系统向发电机的励磁系统发送增减磁信号以调节发电机无功出力。

（2） 自辨识系统阻抗：系统阻抗自学习实时计算。

（3） 机组无功优化分配：支持等功率因数、按容量等比例、相似裕度等成熟分配策略。

（4） 母线电压控制。

（5） 全厂无功控制。

（6） 单机无功控制模式。

（7） 具备远方控制和本地控制两种方式，在远方控制模式下接受调度主站端指令进行控制，本地控制模式下按电压计划曲线或本地设定指令进行控制。

3.1.4 AVC 控制主机（上位机）功能

（1） 直接或经远动机上传主站 AVC 所需的实时信息。

（2） 直接或经远动机接收主站下发的控制指令和电压计划曲线。

（3） 直接或经远动机与电厂 RTU/NCS 系统通信，采集实时数据。

（4） 执行机组及全厂 AVC 投入、退出。

（5） AVC 安全约束与异常处理。

（6） 自动无功电压控制。

（7） 与下位机通信，采集实时数据。

（8） 下发机组无功出力调节指令至下位机，由下位机执行调节。

（9） 历史数据存储。

3.1.5 AVC 后台工作站功能

（1） 提供 AVC 系统运行工况监视画面。

（2） 提供机组、母线运行工况监视画面。

（3） 提供界面支持 AVC 系统参数配置、画面组态、权限管理。

（4） 提供界面支持通过软压板投入、退出 AVC 系统及控制对象。

（5） 提供界面支持 AVC 控制模式及控制方式切换。

（6） 提供界面支持 AVC 本地目标设定。

（7） 提供界面支持 AVC 电压计划曲线编辑。

（8） 提供界面支持 AVC 上送调度信息组态。

（9） 提供界面支持 AVC 实时告警显示。

（10） 提供界面支持历史数据查询。

3.1.6 AVC 测控装置（下位机）功能

（1） 实时采集模拟量、开关量信号。

（2） 与上位机通讯自检，采集数据上传至上位机。

（3） 接收上位机的下发无功指令，闭环控制。

（4） 直接或通过 DCS 与 AVR 通信，输出增减磁信号。

3.2 AVC 原理

3.2.1 AVC 控制流程

AVC 控制流程如下图 3-1 所示：

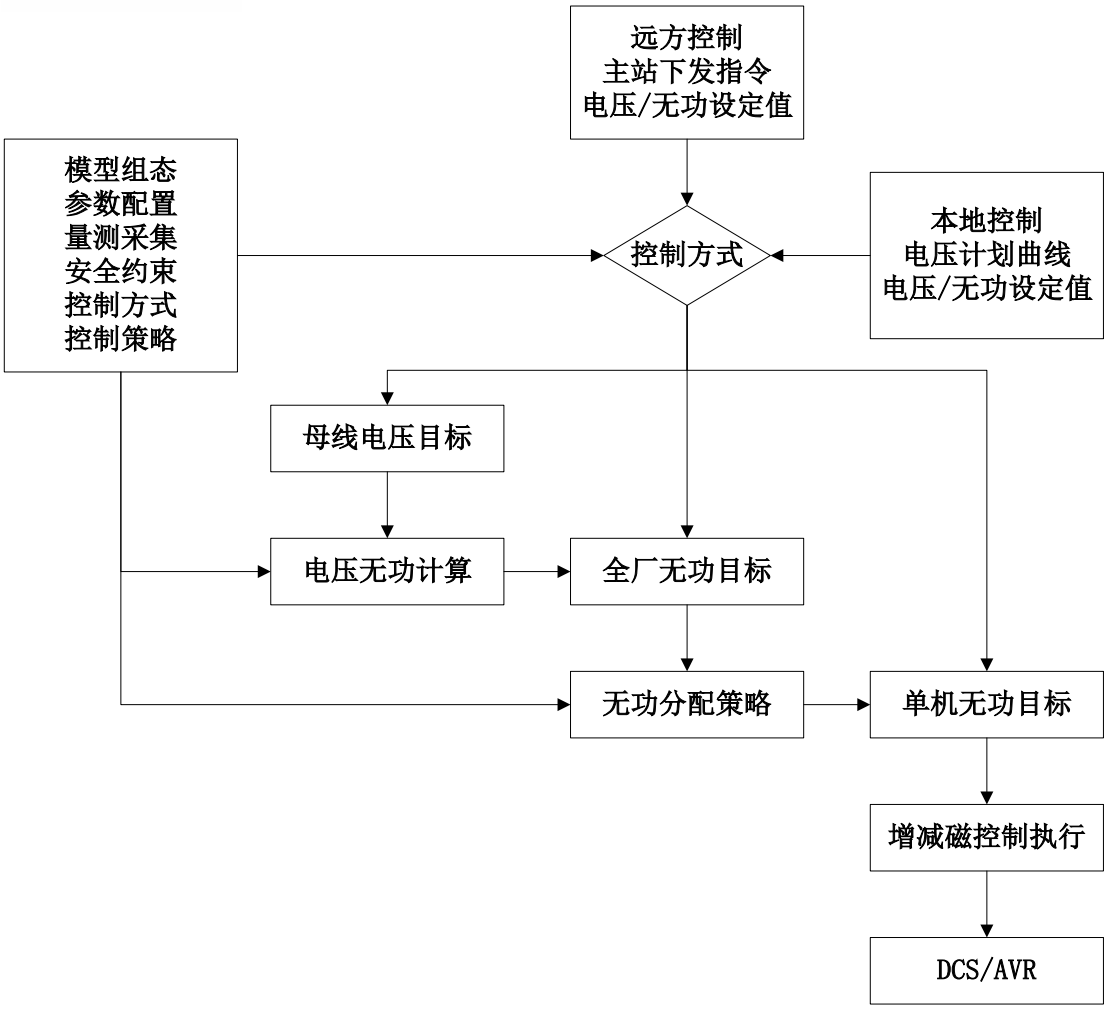


图 3-1：AVC 控制流程图

3.2.2 AVC 控制模式

支持母线电压控制模式、全厂无功控制模式、单机无功控制模式：

（1） 母线电压控制模式

根据自动接收或人工编辑的电厂变高侧母线（节点）电压计划曲线、自动接收的调度 AVC 主站母线电压指令或本地设定母线电压指令，按照一定的控制策略，通过计算自动得出电厂需要承担的总无功功率，将总无功功率合理分配给每台机组，调节机组无功出力，使电厂变高侧母线（节点）电压达到控制目标值，实现自动电压控制。

（2）全厂无功控制模式

根据自动接收的调度 AVC 主站下发或本地设定的全厂无功指令，按照一定的控制策略，将总无功功率合理分配给每台机组，调节发电机无功出力，使全厂无功达到控制目标值，实现全厂无功自动控制。

（3）单机无功控制模式

根据自动接收的调度 AVC 主站下发或本地设定的单机无功指令，按照一定的控制策略，调节发电机无功出力，使单机无功达到控制目标值，实现单机无功自动控制。

3.2.3 AVC 控制方式

支持远方控制方式、本地控制方式：

（1）远方控制方式

远方 AVC 主站实时向 AVC 系统下发电厂变高侧母线（节点）电压控制目标值或全厂无功目标值，AVC 系统根据该目标值，按照一定的控制策略，通过计算自动得出电厂需要承担的总无功功率，将总无功功率合理分配给每台机组，调节机组无功出力，使母线电压、全厂总无功出力达到控制目标值，形成 AVC 系统与远方 AVC 主站的闭环控制。

（2）本地控制方式

当远方 AVC 主站与 AVC 系统通讯故障或其他情况使其退出远方控制方式，AVC 系统根据电压计划曲线或者本地设定的电压目标值、全厂/单机无功目标值进行调节。

3.2.4 电压控制原理

AVC 系统采集母线、机组等设备电压、电流、有功、无功等数据，通过系统阻抗辨识算法实时计算系统阻抗，按照母线电压目标值，估算出全厂无功出力目标值，通过优化分配算法将无功出力合理的分配至各可调机组，实现自动电压控制。

（1） 系统阻抗辨识

系统阻抗辨识的原理为：

$$X=\frac{U_1-U_0}{\frac{Q_1}{U_1}-\frac{Q_0}{U_0}}$$

其中，X 为系统阻抗，U_0 为母线电压初始值，U_1 为母线电压变化后值，Q_0 为向系统发出无功初始值，Q_1 为向系统发出无功变化后值。

（2） 电压无功计算

根据系统阻抗辨识公式可得由母线电压目标值计算母线无功目标值公式：

$$Q_t=(\frac{U_t-U_0}{X}+\frac{Q_0}{U_0})\times U_t$$

其中，X 为系统阻抗，U_0为母线电压当前值，U_t为母线电压目标值，Q_0为向系统发出无功当前值，Q_t为向系统发出无功目标值。

3.2.5 无功分配策略

根据机组 PQ 曲线确定机组无功限制，然后通过优化分配算法将全厂无功出力目标值合理的分配至各可调机组。支持等功率因数、按容量等比例、动态相似调整裕度等分配策略：

（1）等功率因数

按照各机组的实发有功值分配无功，保证各机组功率因数水平接近：

$$Q_{ti} = \sum Q_{ti} \times \frac{P_i}{\sum P_i}$$

其中，Q_{ti}为机组无功分配值，P_i为机组当前有功值。

（2）按容量等比例

按照各机组的额定无功容量占总无功容量的比例进行分配：

$$Q_{ti} = \sum Q_{ti} \times \frac{Q_{\max i}}{\sum Q_{\max i}}$$

其中，Q_{ti}为机组无功分配值，$Q_{\max i}$为机组额定无功容量。

（3）动态相似调整裕度

根据机组的无功裕量大小进行分配，即剩余无功多的，提供多的无功，剩余无功少的，提供少的无功。这样可以保证每台机组有相近的无功裕度：

$$Q_{ti} = \begin{cases} \sum Q_{ti} \times \dfrac{Q_{ui}}{\sum Q_{ui}}, (Q_{ti} \geq 0) \\ \sum Q_{ti} \times \dfrac{Q_{li}}{\sum Q_{li}}, (Q_{ti} < 0) \end{cases}$$

其中，Q_{ti}为机组无功分配值，Q_{ui}为机组发出无功上限，Q_{li}为机组吸收无功上限。

3.3 AVC 数据交互

3.3.1 AVC 测控直接采集或从 NCS 采集信息

（1）输入模拟量信息：

各母线电压

各机组有功

各机组无功

各机组机端电压

各机组定子电流

各机组转子电流

各机组转子电压

厂用母线电压

全厂频率

机组频率

（2）输入开关量信息：

DCS 允许投入信号

DCS 投/退机组 AVC

励磁系统正常/异常

励磁系统保护启动/动作

励磁系统投入/退出信号

励磁系统自动/手动运行信号

母联开关位置信号

机组开关位置信号

机组母线隔离刀闸位置信号

3.3.2 与 DCS/AVR 交互

与 DCS 交互信息可按实际需求定制，下面仅列出常见的部分交互信息。

（1）输出模拟量信息：

送 DCS 机组 AVC 无功调节值

（2）输出开关量信息：

送 DCS 机组 AVC 自检正常

送 DCS 机组 AVC 投入

送 DCS 机组 AVC 通信正常

送 DCS 机组 AVC 闭环运行

送 DCS 机组 AVC 总闭锁增磁

送 DCS 机组 AVC 总闭锁减磁

送 DCS/AVR 机组增磁

送 DCS/AVR 机组减磁

3.3.3 与 AVC 主站交互

与 AVC 主站交互信息可按实际需求定制，下面仅列出常见的部分交互信息。

（1）AVC 主站下发的控制信息：

母线电压目标值（全厂模式）

全厂无功出力目标值（全厂模式）

单台机组无功出力目标值（单机模式）

（2）AVC 主站要求上送的遥测信息：

各母线电压

各机组有功出力

各机组无功出力

各机组无功出力上、下限值

各机组机端电压

（3）AVC 主站要求上送的遥信信息：

AVC 远方控制/就地控制信号

各机组的 AVC 投入/切除信号

各机组的增磁闭锁、减磁闭锁信号

4 AEGC-6000 综合控制单元

AEGC-6000 综合控制单元，以 Intel 高性能微处理器作为装置通信管理、数据库调度、高级应用分析和故障检测的核心，以大内存作为装置实时、高速运算的保证，配以大容量存储盘，硬件高度集成，可扩展性强，可维护性好。内部采用高速以太网连接各个插件，确保了插件之间数据通信的可靠性，支持分布计算、系统均衡负载，使系统性能易于扩展。

AEGC-6000 综合控制单元采用 Linux 系统，安装 AEGC-6000P 功率控制系统软件，实现火电厂厂级自动发电控制 AGC、和自动电压控制 AVC 功能。

4.1 硬件主要特点

（1） 采用模块化结构，易于维护和更换；

（2） 任何一个模块故障时，不影响其它模块的正常工作；

（3） 采用 Linux 安全操作系统；

（4） 采用无风扇、无旋转部件硬件设计；

（5） 采用高性能双核 CPU Intel(R) Celeron(R) 2980U，频率 1.69G，4G 内存，不小于 128G 固态硬盘。

4.2 技术参数

4.2.1 电气参数

4.2.1.1 环境条件参数

采用标准	GB/T 14047-1993（idt IEC 60225-1:2009）
工作温度范围	-20°C ~ +55°C
贮存温度范围	-40°C ~ +70°C
运输温度范围	-40°C ~ +70°C
相对湿度	5% ~ 95%， 设备内部不凝露，不结冰

4.2.1.2 电源功耗参数

额定电压	DC110V、DC220V、AC220V
输入范围	80% ~ 120% 额定电压
纹波	按照 IEC 60255-11:1979，最大为直流值的15%
电压跌落及直流中断	按照 IEC 60255-11:1979，直流中断 20ms，不会导致装置重启；跌落60%可保证100ms 装置不会重启
功耗	单机< 45W

4.2.2 型式试验参数

4.2.2.1 环境试验

低温试验	GB/T 2423.1-2008 低温 -25°C 下16 小时
高温试验	GB/T 2423.2-2008 高温 +55°C 下16 小时
交变湿热试验	GB/T 2423.4-2008 高温55°C，低温25°C，相对湿度95%，试验时

4.2.2.2 机械试验

振动试验	GB/T 11287-2000 1 级
冲击试验	GB/T 14537-1993 1 级
碰撞试验	GB/T 14537-1993 1 级

4.2.2.3 绝缘试验

绝缘电压	GB 14598.27-2008，2kV，50Hz，1 分钟
绝缘电阻	GB 14598.3-2006，>100MΩ 在500Vdc 条件下
冲击电压	GB 14598.3-2006，5kV
过电压类别	GB 14598.3-2006，类别III

4.2.2.4 电磁兼容试验

1MHz 脉冲群干扰试验	3 级（GB/T 17626-12-1998）

静电放电试验	4 级（GB/T 17626.2-2006）
辐射电磁场干扰试验	3 级（GB/T 17626.3-2006）
快速瞬变干扰试验	4 级（GB/T 17626.4-2008）
浪涌试验	4 级（GB/T 17626.5-2008）
射频传导干扰试验	3 级（GB/T 17626.6-2008）
工频磁场抗扰度试验	5 级（GB/T 17626.8-2006）
脉冲磁场试验	5 级（GB/T 17626.9-1998）
阻尼振荡磁场试验	5 级（GB/T 17626.10-1998）
辅助电源端口电压暂降、短时中断	跌落至额定电压的40%时，可保证500ms 内可保证装置正常工作 短时中断，100ms 内装置不重启

4.2.3 通讯接口参数

4.2.3.1 EIA-485 接口

波特率	4.8kbit/s、9.6kbit/s、19.2kbit/s、38.4kbit/s、57.6kbit/s、115.2kbit/s
通信规约	IEC 60870-5-101
最大负载	32
传输距离	<500 米
接线形式	屏蔽双绞线

4.2.3.2 以太网接口

接口形式	RJ45
传输速率	100Mbits/s
传输标准	10Base-T/100Base-TX
传输距离	<100m
通信规约	IEC 60870-5-103、IEC 60870-5-104、IEC 61850、MODBUS-TCP
接线形式	五类屏蔽网络线
端口数目	12 个

4.2.3.3 对时接口

传输距离	<500m
最大负载容量	32
对时标准	秒脉冲， 分脉冲, IRIG-B
接口形式	RS-485
安全等级	绝缘符合人身安全电压等级

4.2.4 常规指标

（1） 内存 4GB；

（2） 存储空间≥128GB；

（3） 每个通道 SOE 缓存条数≥8000 条；

（4） 远方遥控的报文记录条数≥1000 条；

（5） 运行日志、操作日志与维护日志各记录条数≥10000 条；

（6） IRIG-B 同步对时精度≤1ms，SNTP 同步对时精度≤100 ms；

（7） 在没有外部时钟源校正时，24 小时守时误差应不超过 1s；

（8） 整机功耗≤50W；

（9） 平均故障间隔时间（MTBF）≥ 30000h。

4.3 装置前面板图



图 4-1：AEGC-6000 综合控制单元正视图

AEGC-6000 综合控制单元前面板主要分为运行监视区域、通道监视区域、厂家标识区域、装置型号区域及铭牌标识区域等，如上图 4-1 所示。

通道监视区包含网口监视区与串口监视区：以太网区链路 1~12 表示 12 路以太网通讯链路状态，正常为绿灯常亮；数据表示 12 路以太网通道有数据收发时，绿灯闪烁。串口区接受和发送表示串口数据收发时，绿灯闪烁。

运行指示灯和通道监视灯，指示灯定义见下表。

表 4-1 指示灯定义

序号	名称	定义	颜色
1	运行	装置上电后该灯为常亮状态，装置由于硬件或软件异常时导致装置不能工作或部分功能缺失时，为常灭状态。	绿灯
2	电源 1	装置电源 1 上电后常亮状态，失电后常灭状态。	绿灯
3	电源 2	装置电源 2 上电后常亮状态，失电后常灭状态。	绿灯
4	告警	装置由于硬件、软件或配置出现异常时为常亮状态，正常运行时为常灭状态，通信中断及对时异常时不亮告警灯。	红灯
5	对时异常	对时异常时为常亮状态，对时服务状态正常时为常灭状态。	红灯
6	备用		

4.4 装置后面板图及端子定义

AEGC-6000 综合控制单元后面板如下图 4-2 所示。

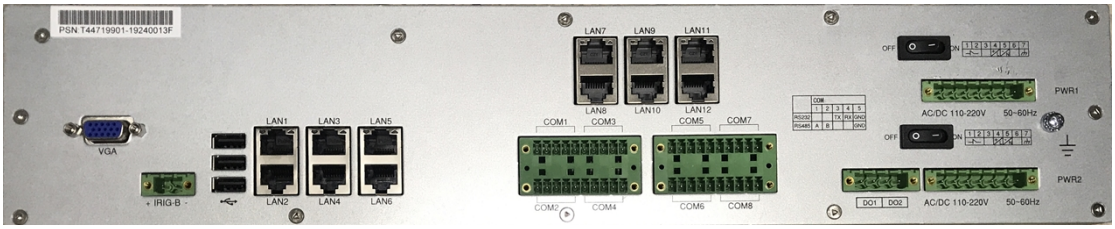


图 4-2：AEGC-6000 综合控制单元后面板图

AEGC-6000 综合控制单元后面板主要为外设接口区域、通信接口区域及电源区域，其中外设接口区域包含 VGA、RIG-B 码对时及 USB 接口等，通信接口区包含固定网口区、固定串口区及扩展网口区，电源区域包含双电源模块、失电告警等。

主要端子定义为：

VGA：视频 VGA 输出端子；

IRIG-B：RIG-B 码对时信号输入端子；

USB：3 路 USB 接口，可接入 USB 鼠标、USB 键盘等外设；

LAN1~LAN12：12 路网口接入；

COM1~COM8：8 路 RS232 或 RS485 接入。RS232 接入时：端子 3 为 TX，端子 4 为 RX；RS485 接入时：端子 1 为 A，端子 4 为 B。端子 5 为 GND；

OFF 开关：电源开关；

电源端子：端子 1、2 为失电告警，常闭接点输出；端子 4、5 为电源正负或 LN 接入；7 为地。

4.5 装置尺寸图

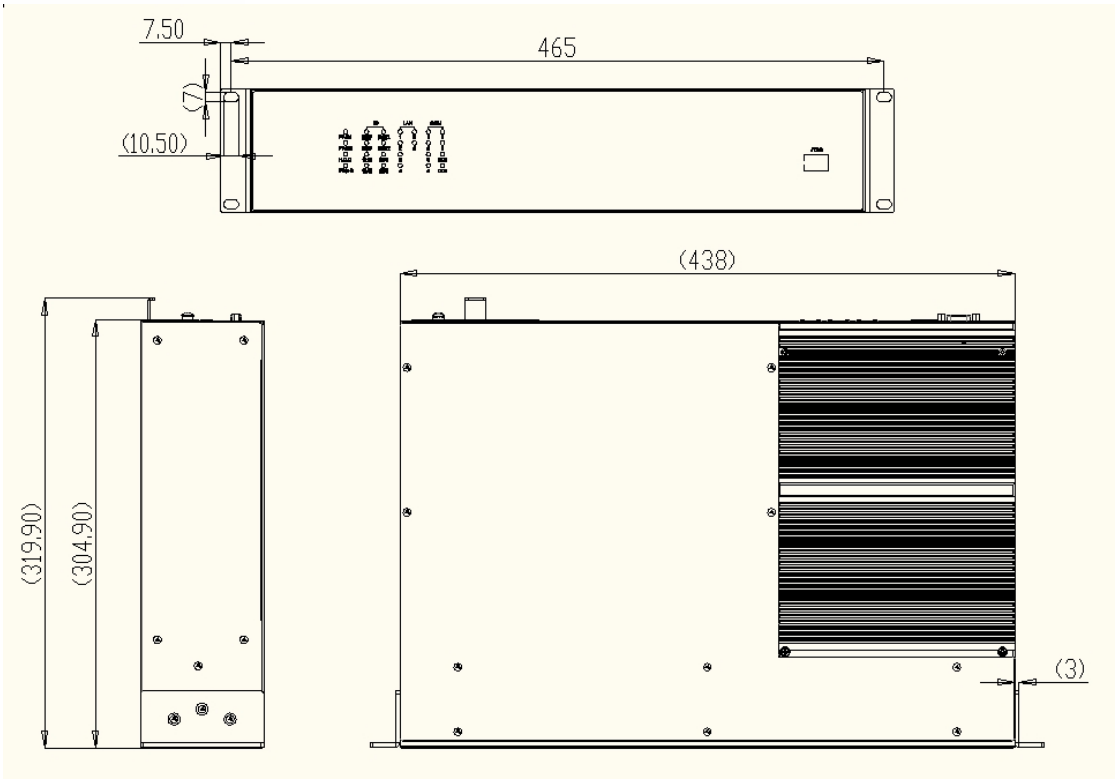


图 4-3：AEGC-6000 综合控制单元尺寸图

4.6 装置开孔尺寸图

装置尺寸为标准高 2U、宽整层，具体见下图 4-4：

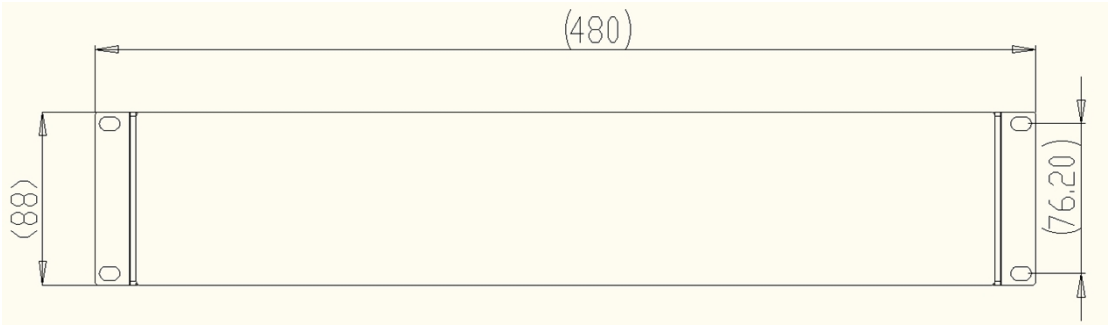


图 4-4：AEGC-6000 综合控制单元开孔尺寸图

5 AEGC-6000P 后台工作站

5.1 概述

AEGC-6000P 后台工作站安装了 AEGC-6000P 功率控制系统软件，作为操作员站和值长工作站使用，实时监测电厂机组运行信息，供运行人员进行软压板投退、本地设定值、修改参数、修改计划等。

AEGC-6000P 功率控制系统软件基于客户/服务器（Client/Server）体系，软

件采用 C++、TCP/IP、OLEDB、SQL 等国际标准，具有很好的开放性。其与 AEGC-6000 综合控制单元通信实现信息交换和数据共享，完成对厂级 AGC/AVC 系统运行的自动监视和控制。

AEGC-6000P 功率控制系统软件提供用户界面，以各种直观的形式（如文字、表格、图形等）显示系统的运行状况，可以对现场的运行设备进行监视和控制，以实现数据采集、设备控制、测量、参数调节以及事故报警等功能，完成各种厂级 AGC/AVC 应用。

5.2 主要特点

5.2.1 数据库管理系统

商用和实时统一、面向设备对象的数据库管理系统，实时数据库提供一致的读写接口。运用多线程技术可以保证访问数据的即时响应。服务器采用对象化的设备描述方法，构造的主要对象有：开关、刀闸、变压器、线路、母线、电容、电抗、电压互感器、电流互感器等及其设备组。数据库采用商用数据库和实时数据库相结合的方式，采用统一的对外数据库接口，其它组件在访问数据时，只要指明所要访问的数据对象，不必关联数据存在于实时数据库还是商用数据库。实时数据库按照分布式的要求进行设计，具有 Client/Server 和 Producer/Consumer 模式，自动实行全网所有机器数据的同步。工程数据如画面、报表、采集量参数作为对象存入数据库，在任一台节点上的数据对象的修改，自动更新到网上所有其它节点。为了保证 COM 服务器内多线程共享数据时不发生冲突及保持数据的一致性,读/写操作遵循以下规则：当一个线程正在写数据时，其它线程不能读或写数据；当一个线程正在读数据时，其它线程不能写数据，但可读数据；在有读写请求时，写请求优先。

5.2.2 图形组态界面

具有标准、直观方便的多层多平面的图形界面和组态界面，提供功能丰富、操作方便的图形编辑器。每一画面可根据实际需要分为不同的图层、不同平面。用户可控制各图层、平面的显示。多个窗口之间可互相拷贝画面，方便图形的制作。图形还可放大后制作，加强细节的表现力。图形编辑器提供编辑记忆功能，用户可以进行多次 Undo/Redo 操作。通过图形制导录入数据的功能，可直观地通过图形上的设备，如开关、变压器、母线等及其设备组，把相应的遥信、遥测及其它参数录入到数据库。具有网络拓扑功能，能对设备进行动态着色，确定设备的带电情况。支持动态潮流显示、功率圆图显示及各种仪

表显示，可以无级缩放，平滑漫游，具有导航功能。工具自带丰富的电力系统图符库，支持 Active X 控件，可使用丰富的第三方图形元件。支持按设备组的前景连接和替接，保证画面前景与 I/O 测点位置无关。支持 3D Max、Autocad、Photoshop 等第三方图形格式。直观的保护图形界面，较方便地显示、修改和下装保护定值。能用波形显示和分析按 IEEE 标准 COMTRADE 格式存储的故障录波数据。

5.2.3 冗余配置

为了满足网络冗余的实时性，采用适当措施，可以做到双网无扰动的快速切换。支持网络流量平衡，提供快慢道保证重要信文的优先发送。重要网络节点可互相冗余，定期进行握手，主从数据同步，网上版本验证，根据节点生存时间及生存状况，自动进行切换。

5.2.4 智能化报警

提供各种类型的事件报警记录、复归记录、用户登录记录、控制操作记录、系统自诊断记录。

事件类型包括：事故、故障、状变、越限、保护事件等；基于优先级的语音报警和采用多媒体技术自动提供专家事故处理指导。可按设备、事件类型、事件级别、发生时间等条件进行综合查询。提供按对象、逐条、全部三种报警事件确认方法， 可自动或手动确认。提供具有操作级别控制的对象投退、报警屏蔽 / 使能和对象检修 / 解除检修操作；提供直观的光字牌显示及查询。不同级别的光字牌可定义不同的颜色；提供按不同设备不同光字级别查询光字牌的手段及多种光字牌确认方法。具有对象光字报警提示功能，用对象树图标的颜色区分有无光字报警。

5.2.5 历史数据

遵循 SQL、ODBC、OLEDB、ADO 开放接口标准的历史数据库是建立在商用关系型数据库基础上，支持冗余磁盘阵列(RAID)及双历史站，可长期保存实时数据、现场发生的各种事件及操作记录，可统计遥测量的最大、最小、平均值，遥信量动作次数。支持事故追忆显示、事故重演和历史曲线显示，事故追忆数据采用压缩算法进行保存和还原。采用 Excel 风格的电子表格方式组织、显示报表，支持运行日志、月、年统计及特殊统计等各种表格。报表以文本、棒图、饼图等图形直观显示，图文并茂；通过年月日选择，检索历史报表；支持各种公式计算。可自动打印或召唤打印。

5.2.6 脚本语言

实现计算功能，设计一套方便、功能强大的公式系统，公式系统的引用量可以是常量、实时量、历史量、时间量，支持数值计算符和逻辑计算符，支持函数，可用鼠标输入，也可手动输入，进行错误检查。对历史量可统计某测点在某段时间内按步长统计的最大 、最小、平均、总和，某测点在某段时间内出现的最大、最小值的时间。公式只在定义时分析编译，计算时直接使用。

5.3 软件功能

AEGC-6000P 功率控制软件采用实时数据库管理系统和商用数据库管理系统相结合的方法。商用数据库采用具有 Client/Server 模式的 SQL-Server 关系型数据库，主要用于数据库建模、历史数据存储、告警信息的登录、管理信息的保存、以及数据库一致性的检查、一致性和完整性的保证等。实时数据库管理系统设计采用面向对象，具有 Client/Server 和 Producer/Consumer 模式，具有极快的实时响应性，能很好的满足电力系统实时性的要求，同时它还是一个网络数据库管理系统，它可以管理分布在网络中各个节点上的所有分布式数据库，使得系统可以灵活配置、功能随意组合。两种数据库在系统中有机的结合在一起。本系统对两种数据库进行统一管理，向用户提供统一的访问接口和人机界面，用户访问数据库时，只要指出访问的数据对象，就可检索到相应的数据，而无需指明所访问的数据在实时库，还是在商用库中，是在本地机器还是在异地机器上，两种数据库对用户完全是透明的。

5.3.1 运行监视功能

实时采集电厂运行信息以及其他设备开关状态量，能方便地监视系统的运行工况、开关状态、设备运行状态、与其他设备的通信状态，并能对一些关键状态进行监视，完成系统管理和参数设置功能，使值班人员了解整个功率控制系统的运行情况。

系统扫描周期≤3 秒，模拟量包括全厂负荷指令、全厂实发负荷、全厂负荷上限、全厂负荷下限、系统频率、各机组运行测量数据、厂用电测量数据、出线测量数据等。系统可对数据合理性进行检查，设置最大有效值和最小有效值，如果测量值大于最大有效值或小于最小有效值，模拟量状态置为无效状态，一旦数据恢复正常，模拟量状态置为有效状态。可设定上上限、上限、下限、下下限，对越限的测量点进行报警，报警的方式（如闪烁、推画面、自动清闪、音响报警、响铃、打印等）可人工设定。

为避免遥测瞬态干扰冲击产生的误报警，遥测值的报警应在越限持续一段时间后才产生，用户可自定义此时间的长度。每一个模拟量设置一回差值，避免频繁越限报警。越限报警由 AEGC-6000P 工作站计算产生，并实现全网同步。越限报警存储时，存储其越限起始时间、恢复时间及越限过程中的最大或最小值，及出现该值的时间。

状态量包括断路器位置、事故信号、机组运行状态信号、二次设备的运行工况、厂级 AGC 工作模式、RTU 通讯状态、调度通讯状态等。开关量的不同状态（无效、正常、变位、事故、人工置数、检修）在画面上用不同的颜色或符号表示。需要语音报警时，以不同的语音表示。开关量的报警方式可以自由设定。每一遥信接点可设置是否需要光字牌显示。

状态量和模拟量均可设置报警等级，报警等级高的报警可以覆盖报警等级低的报警，同级的报警不互相覆盖，用户确认一个以后，再报下一个，用户也可以对所有报警信息同时确认。事故发生时，自动推出事故画面。

5.3.2 计算统计功能

系统中除大量的实际测点外，还有部分计算测点，如平均值、最大值、最小值、功能可用率、控制合格率等。计算子系统是在线方式下需要完成的所有计算任务的综合，对模拟量、状态量均可以进行计算。系统按照变化及规定的周期、时段不停的处理计算点。

在计算中包含了各种类型，主要包括：总加计算，限值计算、平衡率计算、累加计算、各种操作或事件触发条件计算。统计模拟量或综合量的整点值和状态，计算日平均值、最大值和最小值。统计模拟量的日、旬、月、季、年平均值、最大值、最小值、发生时间及相关状态。统计模拟量的本日、本周、本旬、本月、本季、本年越限次数、越上上限累计时间、越上限累计时间、越下限累计时间、越下下限累计时间、总越限累计时间。可按日、月统计功能可用率、控制合格率。

为实现计算功能，设计一套方便、功能强大的公式系统，公式系统的引用量可以是常量、实时量、历史量、时间量，支持数值计算符和逻辑计算符，支持函数，可用鼠标输入，也可手动输入，进行错误检查。对历史量可统计某测点在某段时间内按步长统计的最大 、最小、平均、总和，某测点在某段时间内出现的最大、最小值的时间。公式只在定义时分析编译，计算时直接使用。对那些常用的统计、计算提供直接的公式函数调用。

5.3.3 存储检索功能

可以存储采集的数据点并形成历史数据库，用于绘制趋势曲线和形成报表。系统提供一种历史数据查询手段，可以方便地查询各种设备、各种类型、各个时间段的历史数据，提供数据编辑修改的功能，并在数据库中置上人工修改的标志。可按类型对历史数据分类统计。支持的报表包括运行统计报表、发电机运行统计报表等。

5.3.4 告警处理功能

当在系统范围内发生需要引起操作员注意的情况时，系统产生一系列报警信息。

（1）报警方式

✧ 图形报警

- 告警点闪动，变色
- 推出厂站图表

✧ 文字报警

- 文字列表出告警点信息、类型

✧ 语音报警

- 机器发出鸣叫声
- 产生语音呼叫操作员

✧ 打印报警

- 打印机及时打印出告警点信息、类型

（2）报警类型

✧ 越限告警

对需要报警的值设定上下限值，当越限状态发生变化时，发生越限报警，通过窗口显示文字及数据变色，并根据需要打印记录。

✧ 变位报警

当系统发生正常变位时，变位点在窗口中发生数据变色及闪烁，打印变位点状态及变化时间，推出文字信息，同时根据需要发生语音告警。

✧ 事故报警

事故处理是厂站发生事故跳闸信息，发生事故后，系统发生强烈告警

- 推出厂站工况图
- 工况变位发出强烈闪烁及变色

- 发生语音告警，召唤操作人员
- 推出文字信息，仔细说明事故原因
- 立即打印事故变位信息
- 启动事故追忆并打印
- 发出语音告警

✧ 工况告警：

当各厂站 RTU 通讯中断或主站设备发生事故时，系统亦发出明显的告警信息，以提示维护人员及进处理。

✧ 系统本身告警

当厂级 AGC 控制主机故障或退出时各工作站均提示告警。

当某台工作站故障或退出时各工作站均提示告警。

各种告警信息发生后，各信息被数据库明确分类，归档，可按时间及类型分别检索及处理。

各工作站可在线选择各种告警类型是否需要登录、打印和音响报警，可选择事故是否推画面。

系统保留至当前为止以往最新的告信息记录 100 条。

对于操作变位和事故变位，必须被调度员确认方被更新，否则永远保留事故状态和变位状态。

5.3.5 权限管理功能

系统具备权限管理功能，支持自定义用户及操作权限，禁止越权操作，所有的人工操作均有操作日志备查。

6 火电厂 AGC/AVC 方案配置

目前电厂侧和调度相关的 AGC/AVC/NCS 都是独立的系统，为了更好的实现发电调度的整体目标，需要在远动调度的基础上整合 AGC/AVC/NCS，形成一套厂网综合管控系统。

6.1 NCS 是公司系统

AGC/AVC 控制主机一般为主备机配置，一台机组配置一台 AGC 测控装置和一台 AVC 测控装置，通过以太网直接连接于原先 NCS 网络。

配置 1 台操作员站，作为 AGC/AVC 当地后台系统，监视各种信息，进行信息监视、统计、改变调节方式等。1 台计算机作为值长工作站，布置于值长

办公室，供值长进行厂级 AGC 的各相工作。

厂级 AGC 系统，如果需要获取煤耗系统数据，需要增加反向隔离装置。

系统示意图如下图 6-1 所示（以 2 台机组为例）：

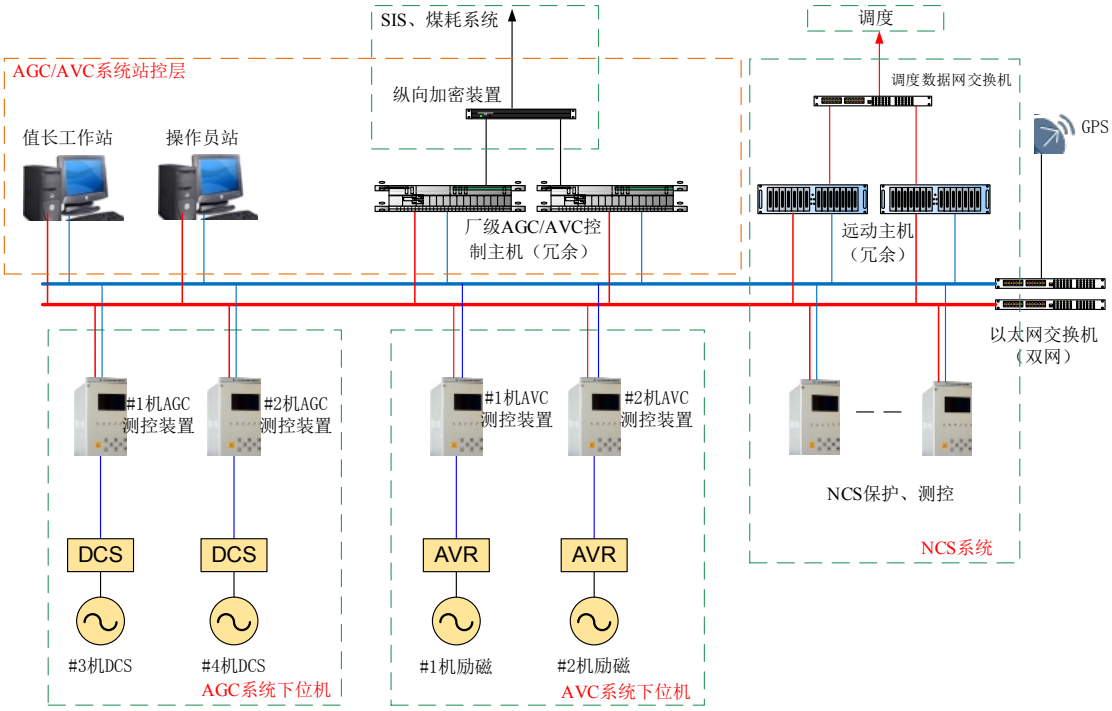


图 6-1：火电厂 AGC/AVC 系统示意图（公司 NCS 系统）

说明：NCS 是公司系统，也可以使用下面“6.2 NCS 非公司产品”的方案。

6.2 NCS 非公司系统

NCS 如果不是公司系统，由远动主机将调度数据送至 AGC/AVC 系统，同时提供 NCS 相关数据。一般远动和 AGC/AVC 主机通过 104 标准规约进行通讯，不需要进行规约转换。

系统示意图如下图 6-2 所示（以 2 台机组为例）：

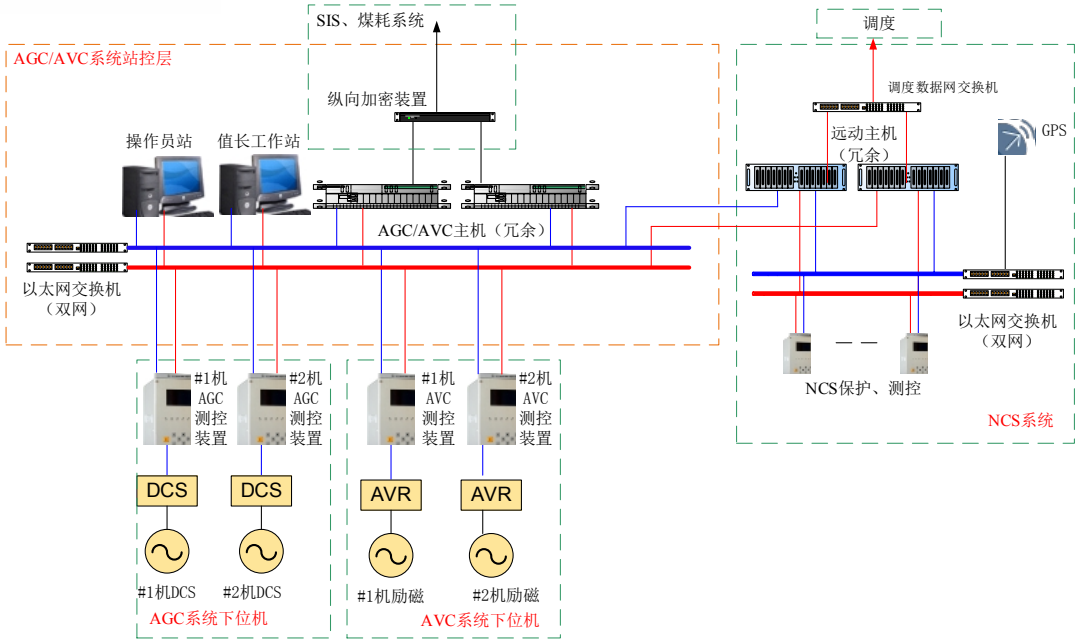


图 6-2：火电厂 AGC/AVC 系统示意图（非公司 NCS 系统）