

苏联 Н.И. 达維多夫讲

发电厂热工自动调节讲义

上 册

水利电力出版社

1982年11月 北京出版

发电厂热工自动调节讲义

王 德 著

机械工业出版社

发电厂热工自动调节讲义

上册

苏联 Н.И. 达维多夫讲
水利电力部技术改进局整理

水利电力出版社

內 容 提 要

本书是根据苏联专家 H. H. 达維多夫在我国水利电力部技术改进局主办的热工自动讲习班的讲課记录整理而成。内容包括苏联近年来在鍋炉机组自动調节系統的研究与实际工作中的許多新成就与經驗。其中有关帶登井式磨煤机的
、单元机组鍋炉等調节系統的研究，都是苏联最新的研究成果，是很有参考价值的。

本书供火力发电厂热工自动調整技术人員及技术工人閱讀，也可供科学研究人員参考。

发电厂热工自动調节讲义 上册

苏联 H. H. 达維多夫讲

水利电力部技术改进局整理

2803 总 474

水利电力出版社出版（北京西郊科学院路二里内）

北京市书刊出版业营业許可證出字第105号

北京市印刷一厂印刷

新华书店科技发行所 发行 各地新华书店經售

850×1168 1/32 开本 * 6 1/2 F 11 張 * 164 千字 * 定价(第10类) 1.10元

1960年5月北京第1版

1960年5月北京第1次印刷(0001—6,420册)

前 言

本书是根据全苏热工研究所热工自动室主任研究員 Н.И. 达維多夫(Н.И. Давыдов)专家1960年1月份来华期間在热工自动讲习班上的讲课记录整理而成。专家在讲课中介绍了苏联近年来在鍋炉机組自动調节系統的研究与实际工作中的許多新成就与經驗，其中有关带豎井式磨煤机的鍋炉、直流鍋炉、单元机組鍋炉等調节系統的研究，都是苏联最新的研究成果，同时在讲课中还包括許多既有理論又切合实际工作的整定調节系統的方法，內容是很丰富的。

目前我国电力工业各部門正在大力开展自动化工作，他們对这本讲课資料需求迫切，为此，由讲习班部分學員与工作人員在短促時間內把讲课记录整理成册出版，因時間仓促，未經专家审閱，如有錯誤之处，当是记录整理之誤。如讀者发现有訛誤与不当的地方，請来信指出，以便再版时改正。

来信請寄北京清河水利电力部技术改进局热工測量自动室。

目 录

緒論	8
§0-1 苏联鍋炉机組自动化状况及其任务简介	8
§0-2 对中国发电厂鍋炉机組自动化现状的改进意見	10
第一章 带有中間煤粉仓的汽鼓鍋炉的燃燒 过程調节系統	12
§1-1 汽鼓鍋炉的調节任务	12
§1-2 最簡單的燃燒过程自动調节系統	13
§1-3 送风調节系統的改进	15
§1-4 燃料調节系統的改进	31
§1-5 不采用氧量計的現代燃燒过程調节系統	37
§1-6 采用氧量計的燃燒过程調节系統	43
第二章 用試驗方法确定鍋炉机組的动态特性	48
§2-1 用試驗方法求取动态特性的种类	48
§2-2 由一种特性曲綫求另一种特性曲綫的方法	51
§2-3 汽鼓鍋炉在基本扰动下对参数的影响	56
§2-4 用ЭИИИ-09电子电位計自动記錄参数	57
§2-5 有关撮取动态特性試驗的几点建議	59
第三章 燃燒过程調节系統的整定	63
§3-1 燃燒过程調节系統整定的任务	64
§3-2 必需的原始資料	65
§3-3 电子調节器电气阻尼回路的改进	69
§3-4 引风調节器参数的整定	70
§3-5 燃料調节器参数的整定	75
§3-6 送风調节器参数的整定	84

§3-7	主調節器参数的整定	85
第四章	帶豎井式磨煤机的鍋炉机組燃燒过程的調節	88
§4-1	作为調節对象的帶豎井式磨煤机鍋炉的特点	88
§4-2	“燃料—次风”燃燒調節系統	92
§4-3	具有豎井式磨煤机周达平均功率信号的 燃燒过程調節系統	94
§4-4	具有独立执行机构控制各台磨煤机 进煤量的燃燒調節系統	97
§4-5	采用氧量計信号的豎井式磨煤机燃燒調節系統	99
第五章	直流鍋炉的自动調節	99
§5-1	直流鍋炉工作过程	99
§5-2	直流鍋炉自动調節的任务	102
§5-3	直流鍋炉自动調節发生困难的原因	103
§5-4	直流鍋炉給水与燃料的調節系統	113
§5-5	直流鍋炉的送风調節系統	122
§5-6	直流鍋炉的噴水調節系統	123
§5-7	关于如何制訂几个調節器間互相无影响的直流鍋炉 調節系統的研究	126
第六章	鍋炉—汽輪机单元机組中鍋炉 自动調節的特点	129
§6-1	引起单元机組鍋炉調節特点的原因	129
§6-2	汽輪机調節系統对单元机組鍋炉动态特性的影响	138
§6-3	单元机組中鍋炉的負荷調節系統 与汽輪机調節系統的关系	140
§6-4	汽輪机調節系統对热量信号形成的影响	148
第七章	帶超前速度信号的温度調節系統的整定	150
§7-1	調節系統原理、結構及方块图	150
§7-2	取得速度信号的仪表的动态特性	154
§7-3	解決問題的途徑	156

原书缺页

主要符号意义表

一、拉丁字母

B	燃料
C	电容
C_K	鍋炉蓄热系数
D	蒸汽流量
D_{sd}	給定負荷
D_Q	以流量单位表示的热量
$D_{вид}$	視在蒸汽流量
$D_{факт}$	实际蒸汽流量
f	电网频率
H_G	汽鼓水位
H_T	汽机調节閥門开度
$H_{сеп}$	直流鍋炉冲洗分离器水位
i_{ne}	过热蒸汽热焓
i_{ns}	給水热焓
K	放大系数
K_D	微分計放大系数
$K(p)$	傳遞函数
m	信号灵敏系数
N_T	汽机功率
$\bar{N}_{м.ср}$	磨煤机电动机平均功率
O_2	烟气中含氧量
P	压力(在傳遞函数中表示拉普拉斯变换的复数)
P_p	汽鼓压力
$P_{п.з}$	直流鍋炉过渡区蒸发点压力
$P_{т.т}$	母管蒸汽压力
P_T	汽机調节閥門前压力

Q	热量
R	电阻
S	调节速度
S_T	炉膛负压
T	时间常数(或代表周期)
T_i	积分时间常数
T_d	微分时间常数
$T_{\partial s m n}$	调节器电气阻尼时间常数
$T_{o o}$	对象时间常数
t	温度(或代表时间轴)
t_{ne}	过热蒸汽温度
$t_{n s}$	过渡区出口温度
u	信号电压
$V_{o b u}$	总风量
W_{κ}	给水流量
$W_{o n p}$	喷水流量
$W(p)$	传递函数, 与 $K(p)$ 相同
$X_{e x}$	输入量
$X_{e u x}$	输出量

二、希腊字母

μ	调节机构作用量
λ	调节机构作用量之外的其他内部扰动量
σ	被调量(或代表任意信号)
$\sigma_{\partial c}$	动态联系信号
$\sigma_{o c}$	反馈信号
$\sigma_{z. z}$	主信号
δ	不平衡度(比例带)
Δ	不灵敏区
γ	一次仪表斜率
ω	波动频率
τ	纯延迟时间
ψ	衰减率

三、俄文字母

ДМ	差压发送器
ДП	位移发送器
ДС	动态联系装置
ДТ	风压发送器
ЗН	给定值
МК	磁性氧量计
МП	电磁开关
ПК	平行控制器
СМ	伺服机构
УП _{ПК}	平行控制器的位置指示器
ЧМ	压力发送器(灵敏压力计)
ЭД	电子微分计
ЭКР	主调节器
ЭР-МК	按氧量信号作用的调节器
ЭР-III	调节器
ЭР-Т	温度调节器

緒 論

§0-1 苏联鍋炉机組自动化状况及其任务簡介

一、自动化的組成和任务：

1. 組成

(1) 自动調节, (2) 保护装置(包括閉鎖装置), (3) 自启动, (4) 自动監督。

2. 任务

(1) 自动調节——在生产过程中, 自动保持生产过程正常化。(2) 保护装置(包括閉鎖装置)——保証主设备不受损坏, 或在事故发生情况下, 保証主设备正常运行。(3) 自启动——在最少人員操作的情况下, 或按一下按钮, 整个生产过程, 或部分设备就能自启动。(4) 自动監督——把所有主要参数和偏差, 自动記錄和整理出来。

二、苏联鍋炉设备自动化的状况：

1. 自动調节方面 1951年苏联已經生产和运用了适用于各种調节系統的調节器, 在使用过程中积累了很多丰富的經驗, 1959年苏联又提出了制造更新的自动調节器, 以适应直流鍋炉和大容量汽鼓式鍋炉的需要。

由于在苏联全国范围内普遍地采用了自动調节器(給水自动調节器在苏联每个电厂都采用了, 絕大多数电厂已采用了燃燒自动調节和温度自动調节), 自动化在生产中收到了以下显著的效果：

(1) 大大地减少了维护人員, 苏联在現在設計的电厂, 已經考虑到人員的减少問題, 例如把司水員取消, 一个司炉监护数台鍋炉。

(2) 提高了设备运行的可靠性和經濟性, 根据統計資料来看, 实现了生产过程自动調节以后, 事故大大减少, 提高效率

0.5~2% (仅从个别厂分析)。

(3) 机組提高了运行水平，由于生产过程实行了自动调节以后，运行人员就能抽出較多的时间对主设备进行檢查和考虑問題，并且也減輕了运行人员的劳动强度。

关于自动调节方面，对現有机組所存在的問題，苏联已基本上全部解决了。現在在研究过程中可以根据計算的方法确定主设备的动态特性。确定所设计的调节系統。

对大容量的单元机組自动调节，苏联正在积极研究。

2. 保护装置和閉鎖装置 保护装置和閉鎖装置在苏联开始研究比自动调节要晚一些，自动调节设备已有系列化的产品，保护与閉鎖装置尚无专门系列化产品，目前用得較普遍的有90C信号装置，接点式压力計，电子式电位差計等个别保护装置。目前苏联已經研究出了适用于鍋炉机組要求的保护设备，同时还在烏拉尔的一台20万瓩单元机組上进行了30种以上的保护装置試驗，其中有14种能在不同情况下自动切除和閉鎖。

3. 自启动 自启动在苏联是一个更新的問題，它是随着单元机組的发展而产生的，因为单元机組对实现机炉同时启动和尽量縮短启动时间方面，具有很重要的意义。

苏联全苏热工研究所在1960年将同电子計算机研究部門、鍋炉汽輪机等研究单位，共同研究用計算机实现单元机組自启动的問題。从初步的技术任务书上看，将考虑到各参数的配合和信号脉冲数目，电子計算机需要发出信号有500~1,000个，苏联中央全盤自动化研究院也在积极从事这方面的研究。

4. 自动监督 自动监督和电子計算机的研究是有密切关系的，因为电子計算机在完成自启动的同时，还要完成各参数的記錄和整理与及时地反映出經濟效果等自动监督任务。(根据文献記載，美国采用电子計算机比較普遍，维护人員大大减少。据苏联去美国訪問的代表团回国后的报告說：“美国有一台60~80万瓩机組，维护人員只有120~150人，每班人員只有10~15人”。)

三、自动化对主设备的要求：

苏共中央已經作出了实现工业生产全盘自动化的決議，整个生产过程都应由自动化完全合理地完成。要实现全盘自动化，并不是通过在現有設備上逐步改进来实现，而是在制造主設備时就要通盘地考虑到全盘自动化的問題，对主設備的設計和制造应提出如下要求：

1. 调节机构应尽量减少 例如某热电厂采用了5种以上的方式调节过热蒸汽温度，如果要使过热蒸汽温度调节的各种方式都实现自动化，就将成为非常复杂的调节系统，在这样的情况下，应该选择1~2种操作方式中最有效的调节方式，实现自动化。又如某热电厂在调节二次风时，需要操作8个风門，对实现自动化造成了很大的困难。

2. 调节机构动作只影响一个参数，不要影响其他参数 调节机构影响参数愈多，自动化也就愈困难，如某热电厂給水自动调节和蒸汽温度自动调节相互影响，因而使调节过程变得复杂了。参数互相影响在直流鍋炉上特别显著。

3. 应有足够的调节范围 调节范围不够时，不仅影响本身自动调节，同时也影响其他调节器的投入与良好的工作。

4. 設計时要考虑到主設備的动态特性 现在可以用計算方法预先确定出某些主設備的动态特性和主設備安装的位置（如过热蒸汽减温器的安装位置等）。

§0-2 对中国发电厂鍋炉机組自动化

现状的改进意見

一、对主設備提出的要求 调节系统是由主設備、调节器等組成的，因此要实现自动化，对主設備应提出以下几点要求：

1. 对主設備运行方式进行試驗 确定鍋炉負荷調整范围、負荷变化与风量变化的关系，作出主設備运行卡片，同时找出妨碍实现自动化的原因，例如表面式减温器调节范围不够，或调节机构过多，負荷变化时給粉不能适应等。

2. 采取消除阻碍自动化的各种措施 改变某些机构和設備，

例如表面式减温器改喷射式减温器。如果某些大设备不能在电厂进行改造，也应认真进行分析，对以后改进主设备的设计和制造，有很重要的意义。

3. 根据运行卡片确定自动调节的主要任务；例如某热电厂锅炉燃烧几种瓦斯和煤，应该首先认真研究主设备的运行方式，明确自动调节的主要任务和对象。又如某热电厂蒸汽温度调节应同时作用于两个调节机构（中间门及减温门联动，一个开一个关），原设计只作用于一个调节机构。

二、正确选择调节系统 调节系统应根据具体情况创造性的选择，一个好的调节系统不一定在各种情况下都是很好的，关于调节系统的选择问题，在以后几章中要仔细的研究。

三、正确整定调节器 调节质量的好坏与调节器的整定有很大的关系，如何整定好调节器的问题，在后面的几章中要仔细地研究。

四、加强自动设备运行的组织培训工作 锅炉和热工方面运行人员的培训工作是重要的，苏联有适用于锅炉运行人员和热工人员的运行规程，多年的运行经验证明，效果很好。规程包括内容如下：

1. 调节系统简介；

2. 各种不同扰动下自动装置的运行性能，和如何正确监视、判断自动装置的运行情况。例如两台风机同步运行的静态允许误差，和调整规范的保持范围等；

3. 各调节器的整定值，运行方式的转换，在主设备各种运行方式下，自动装置的运行方式等。

五、正确组织调节器的运行 进行预防性的试验，发现缺陷应及时消除。作好运行记录工作等。

六、经常交流各电厂自动装置运行经验。

七、自动装置运行工作应由几个有关的车间配合起来进行。

第一章 帶有中間煤粉倉的汽鼓鍋爐的 燃燒過程調節系統

§1-1 汽鼓鍋爐的調節任務

工業鍋爐是一個複雜的調節對象，調節的參數多，調節機構多，擾動也多。

汽鼓鍋爐的調節任務決定於：

1. 汽輪機與減溫減壓器等的要求；
2. 鍋爐本身運行的經濟性與可靠性的要求。

汽鼓鍋爐的調節任務為：

1. 迅速地使鍋爐負荷達到給定值。給定負荷的確定取決於用戶的蒸汽消耗及鍋爐間負荷的分配。
2. 在各種負荷下保持供給用戶的蒸汽的汽溫汽壓穩定。對并列運行的鍋爐來說，保持汽壓的任務由鍋爐擔任。而有些情況下，保持汽壓的任務是由汽輪機或減溫減壓器擔任，例如在單元機組的情況下。
3. 保持最經濟的送風方式，使鍋爐具有最高的運行效率。
4. 保持穩定的爐膛負壓。
5. 保持汽鼓水位。
6. 保持爐水中的含鹽量。

除上述調節任務外，某些情況下尚有其他的要求，例如鍋爐燃燒兩種燃料時，需要保持兩者間的比例關係；單元機組帶中間過熱時，要求保持二次過熱蒸汽的溫度。

為完成上述要求，鍋爐應該自動調節給煤、給水、送風、引風、減溫和排污。自動調節給煤、送風、保持負壓的工作由燃燒過程調節系統來完成。并列運行的鍋爐的燃燒過程調節器接受主調節器ЭКР的指揮，使保持蒸汽母管的壓力一定。

以下几节介绍各种带有中间煤粉仓的汽鼓锅炉燃烧过程调节系统。

§1-2 最简单的燃烧过程自动调节系统

燃烧过程调节的主要困难在于没有准确测量热负荷的仪表，因此对静态与动态误差要求很小。热负荷最初是根据给煤调节机构位置来测量的，此方法比较简单，但不够准确。由于给粉机工作不稳定，喷燃器或给粉机台数的变化，平行控制器电阻的变化……等，使得测量不可靠。故在大型机组中热负荷的测量并不采用这种方法。

根据给煤调节机构位置变化进行调节的系统称为最简单的燃烧过程调节系统。过去设计此种系统时，系采用电气机械式的调节器，系统采用电子调节器的情况如图1-1所示。

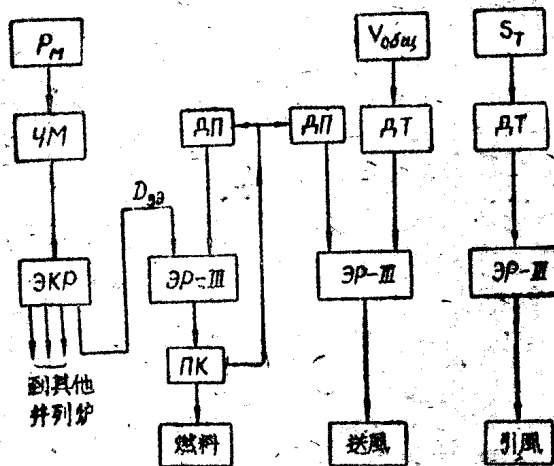


图 1-1 最简单的燃烧过程调节系统①

主调节器 ЭКР 用以保持蒸汽母管的压力，母管压力变化时，主调节器输出信号作用于燃料调节器。此外燃料调节器还接受平行控制器的位置发送器来的冲量。

① 图内未加注解的符号请参见本书目录后的主要符号意义表，以后仿此。