热工仪表与自动装置

李铁苍　主编

中国电力出版社,

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 提 要

本书是根据中国电力企业联合会教育培训部教成［1999］25号文《1999～2000年电力成人中专教材建设规划》和新颁的电力成人中等专业学校《热工仪表与自动装置》课程函授教学大纲的要求编写的。

本书共四篇，分别是：热工参数检测、热工过程模拟量自动控制、开关量控制系统和大型单元机组专用控制系统。全书共14章，各章后均有习题。

全书按照电力成人中专函授教学的特点，表述上重点突出，系统性强，便于自学。本书可作为电力成人中专函授教育热动类专业的教材，也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

热工仪表与自动装置/李铁苍主编．-北京：中国电力出版社，2000.9

电力成人中专教材

ISBN 7-5083-0403-9

Ⅰ．热… Ⅱ．李… Ⅲ．①热工仪表-成人教育：专业教育-教材②热力工程-自动装置-成人教育：专业教育-教材 Ⅳ．TH81

中国版本图书馆CIP数据核字（2000）第41222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

*

2001年1月第一版 2001年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 27印张 610千字

印数0001—3000册 定价38.00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

电力成人中专教材编审委员会

编　者　的　话

本书是根据中国电力企业联合会教育培训部教成［1999］25号文《1999～2000年电力成人中专教材建设规划》和新颁的电力成人中等专业学校《热工仪表与自动装置》（适用于热动类专业）课程函授教学大纲编写。

本书在编写中努力贯彻理论联系实际和“少而精”的原则，突出专业教学的针对性、应用性和实践性。在叙述上力求通俗易懂，避免烦琐的公式推导。在介绍概念的同时尽量说明相关知识的来龙去脉，重点说明解决问题的方法和过程，希望读者能在接受某些知识的同时掌握相应的学习方法。

本书教学内容共分四篇13章。每章内容包括：内容提要和教学要求；每节教学内容及习题；学习指导。书前有本课程的目的、任务和函授教学方法的一般指导及学时分配表。书中的第一篇（第1～8章）和第二篇（第9～11章）由山西电力职工中专学校李铁苍编写；第三篇（第12、13章）由合肥电力职工中专学校程蔚萍编写；第四篇（第13～15章）由杭州电力学校李祥编写。全书由李铁苍主编，山东电力职工中专学校侯林军主审。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，错误之处难免，敬请读者批评指正。

编者

2000年6月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

本课程的目的、任务和函授教学方法的一般指导

一、课程的目的和任务

本课程是函授中专热动类大机组运行专业的一门主干专业课程。随着大机组的出现，运行人员对自动控制理论和实践知识的需要日益迫切。尤其是集散控制系统的出现，不仅要求运行专业人员掌握运行设备的特性，而且还要了解相关的控制系统特点，否则很难完成运行任务。

本课程的任务是使学员通过自学、面授、实验等环节，获得热工检测、自动控制等方面的基本理论、基本知识与基本技能。

本课程的目的是:

(1) 掌握相关知识，完成学习任务。

(2) 在了解相关知识的同时，掌握研究问题的一般方法，力求做到举一反三，为以后的自学奠定良好的基础。

(3) 通过本课程学习，提高综合各学科知识来分析问题的能力。自动控制内容牵涉知识面较广，与其他学科知识联系紧密。要利用其他学科知识分析和理解自动控制原理，以提高读者的综合分析能力。

在了解每一个知识点之前，使读者首先清楚该知识需要解决的问题以及该知识还存在那些不足等，引导读者分析论证知识应用实际的必然性。介绍知识不如先介绍其存在和消亡的原因，这样可以调动读者主动学习的积极性，变被动学习为主动学习。具体的目标就是通过本课程学习使读者自觉应用自动控制理论解决运行过程中遇到的实际问题。

二、教材的内容和课程体系

《热工仪表与自动装置》共分热工参数检测、热工过程模拟量自动控制、开关量控制系统和大型单元机组专用控制系统四篇。第一篇是热工参数检测，主要介绍电厂常用热工参数的检测原理和方法；第二篇介绍电厂常见的主要模拟量控制系统；第三篇介绍电厂常见的程序控制、联锁保护等开关量控制系统；第四篇介绍近年来出现的大型单元机组专用的热工控制系统。

《热工仪表与自动装置》涵盖内容广泛，牵涉学科众多，许多概念和实际紧密相连，是集众多理论和实践于一身的一门专业课程。公式推导需要数学知识作基础，尽管本课程力求避免繁琐深奥的理论推导，但仍要牵涉到数学中的对数、微积分、微分方程等常用的基础知识。分析电路需要相关的电子、电工知识为依据，即使将实用电路一再简化也还需要一些简单的电子、电路知识。本书在处理学科关联的知识点时尽量做到详细讲解，以便自学，但毕竟篇幅有限，所以希望读者能在遇到相关问题时能查阅相关资料，以求真正掌

握所学。

第一篇为热工参数检测，主要内容有：热工检测基础知识、温度检测、压力检测、流量检测、水位检测、烟气含氧量检测、开关量检测以及自动调节基础知识。

热工测量基础知识是整个参数检测误差分析的基础。此章主要应用数学分析方法来定义误差和仪表的精度等级以及其他指标，没有特殊的知识难点，主要是对概念的理解以及和实际应用的联系。后续章节内容经常使用本章节的知识和概念。

温度测量章节要用到电工学中的电压、电动势、基尔霍夫回路定律。其中电动势、电压、电流的假设方向和表达式之间的关系，是分析推导热电势的关键工具。在数学方面用到对数的定义以及对数的换算等。在自学本章之前最好能再次复习相关知识和概念。本章应用的主要概念是假设方向和对数，在自学过程中力求使用相关知识对各种定律进行推导。

压力测量检测元件牵涉到材料力学形变与应力方面的内容，主要是理解概念，几乎不需要太多理论的推导。压力变送器与电子电路和电工原理有关，主要是交流变压器工作原理。电容式压力变送器经过电路简化后仍是比较复杂的电子线路，在自学时一定要注意教材中各元件功能的说明。主要注意两个方面：一是元件功能和整个压力变送器功能之间的关系；二是该元件是如何实现其功能的。电子线路中元件的功能是众多元件“合作”的结果，有的元件还可能一物多用，都是分析电路的难点。

流量测量的基础知识是流体力学中的伯努里流线方程。伯努里方程无论数学推导还是概念理解难度都较大，所以必须在自学本章内容前复习流体力学中有关伯努里方程的相关内容，而且要注意理解伯努里方程中每项数学表达式的物理含义。

水位测量以流体的静压分析为基础，主要知识点是如何建立静压情况下的压力平衡方程式。水位测量公式的建立难度不大，但是应用公式理解水位测量以及产生误差的过程是自学的一个难点。要求能理解非额定工况下产生测量误差的原因，尤其是区别常规仪表和智能（计算机）仪表两者的测量原理。

烟气含氧量测量用到化学知识较多，如原子之间化学的可逆反应，原子结构的离子键和共价键，可逆化学反应产生的原因及平衡状态等。氧化锆的结构特性也是理解测量含氧量的关键知识点。

开关量检测主要是对继电器死区特性的理解。所有检测开关（温度开关、压力开关、液位开关等）都必须能设置死区的大小。

热工控制系统图基础知识是后续控制系统分析的基础。系统图多是人为定义的概念和符号，主要要求使用者熟悉这些定义和概念。

第二篇是热工过程模拟量自动控制，主要内容有：自动调节基本知识、自动调节设备和热力设备自动调节系统。

自动调节基本知识的主要概念是传递函数，而传递函数需要微积分、微分方程以及求解、拉氏变换等。传递函数比较抽象，主要要求掌握系统框图的简化以及典型环节的特性应用。

自动调节设备主要介绍变送器和气动基地式仪表，对于发展变化较快的调节器仅以

KMM 数字调节器为例进行介绍。执行机构主要用到的知识有电机学、电子学。电机学要求熟悉单相异步交流电机的工作原理；电子学要求熟悉电磁感应原理、可控硅原理等。在学习 KMM 数字调节器过程中主要要求掌握其面板上按钮的动作原理及按钮和控制系统之间的联系。

自动调节系统主要介绍了电厂常用的水位调节、汽温调节和燃烧调节三大系统。用的知识是本书前面章节的内容。

第三篇是开关量控制系统，主要内容有：自动报警与热工保护、联动控制与顺序控制。

自动报警和热工保护主要是如何看懂电气线路动作过程。使用到的相关知识是各种继电器特性以及电气线路分析方法。除此之外还要熟悉自动报警和热工保护的内容。

联动控制与顺序控制是现场运行系统的重要组成部分，其基础知识和热能动力专业的锅炉、汽机、发电厂相关。

第四篇是大电厂单元机组专用热控系统专题介绍，主要内容有：数据采集系统(DAS)、分散控制系统（DCS)、锅炉炉膛安全监视控制系统（FSSS)、汽机安全监视控制系统（TSI)、汽轮机电液控制系统（DEH)、汽轮机旁路控制系统。

三、函授教学形式与本课程教学活动的要求

函授教学有它独特的形式，就是面授、辅导答疑与自学相结合，以自学为主的教学形式。

函授教学过程是分散自学和集中面授交叉进行的过程。在这个过程中，采取阶段教学的方式，安排自学、作业、面授、辅导答疑、实验、考试等六个教学环节。

按照《热动类专业函数教学计划》的进程，热工仪表与自动装置课程学习分为两个学期。由于本课程属于多学时主干课程，每一学期拟分为若干教学阶段，而每一教学阶段都应完成相应的教学环节，期末教学阶段应安排复习和考试。

函授生在分散自学和集中面授期间应完成以下所规定的教学活动。

(一) 自学期间

在此期间，函授生应完成阅读教材和作业两个教学环节。

1. 阅读教材

阅读教材是自学的基本形式，是函授生获取知识的重要途径，是函授教学的主要环节。阅读教材应首先了解本章的教学目的、基本要求和学时安排，按照自学计划依次学习每一节内容。

自学应在教师的指导下进行，做到持之以恒，循序渐进，并注意自学方法，讲究自学效果。

阅读教材的方法一般应先粗读再细读后精读。粗读时，不必过分拘泥于局部的繁复细节和数学推演，而应侧重于对内容有一轮廓性的认识。对难点和不清楚的地方，应作出必要的标记。在学习目标上达到“ 了解 ”的程度，知道该知识用往何处。

在细读时，则要仔细学习教材内容，初步搞清基本概念、基本原理和分析计算方法，对教学内容达到“ 懂 ”或“ 理解 ”的程度。在细读教材的同时，建议作简要的笔记。笔记

内容可以是：①本节要解决的问题；②分析和解决问题总的思路；③结论；④未弄清楚的概念和问题等。通过养成做阅读笔记的习惯，用以提高自学效果和独立钻研的能力。

在细读教材的基础上力求精读，精读教材要由表及里，由浅入深，抓住重点，突破难点，弄清基本概念和基本原理，分析公式中各种物理量之间的关系及其物理意义，正确掌握基本定律及其适用范围，能应用定律、原理分析解决实际问题，达到教学要求中“掌握”和“运用”的程度。

在细读过程中最好能结合现场实际进行调查研究，使用掌握的知识解释现场相关设备的工作原理或一些异常现象。例如，在现场温度测量的冷端处理使用了什么方法？误差有多大等？也可以观察和了解现场新型仪表的工作和使用情况，然后和教材中仪表相比较，力求区别两种仪表的异同。

在细读过程中如果遇到相关学科知识时，一定要先了解相关学科的相应知识，然后再利用相关知识来推导和解释本课程中的有关概念和定律。应用知识解释所学的概念和定律，是自学的最基本方法。

2. 作业

作业是巩固所学知识，并将知识转化为能力的教学活动，是函授教学过程中又一重要环节。为了加深对教材内容的理解，函授生要完成规定的必做习题。在初步掌握了全章内容之后，要独立解答该章的复习思考题。

(二) 面授期间

在这一期间，函授生应参加以下四个集中教学活动的环节。

1. 面授讲课

面授讲课是辅助自学所必须的教学形式，是函授教学的重要环节。面授课根据讲课时间的次序和不同的教学组织模式，可分为指导性面授和总结性面授。

指导性面授课一般安排在函授生自学教材之前，面授时要结合教材的重点内容进行讲解，对难点内容进行剖析，指出本阶段自学教材的主要章节和内容、学习时间的安排，以引导函授生掌握正确的自学方法，弄清教材的脉络，明确学习的要求。

总结性面授课一般安排在函授生阅读教材之后。这种自学基础上的面授，通常以综合性的讲解方式为主，围绕教材重点，以问题为中心，即提出问题、分析问题和解决问题，从而将教学内容归纳和引申，使函授生所学知识系统化、条理化。

2. 辅导答疑

辅导答疑是对函授生进行解难析疑的教学形式，是函授教学的必要环节。辅导答疑的内容由教师根据函授生的基础不同或自学中碰到的困难而提出的问题进行讲解，也可以由教师从作业中归纳出来的带有共同性问题和普遍较为困难的问题进行解答。辅导答疑的形式可采用个别、分散和集中相结合的方式，也可采用补充讲课或讲座问题的方式来进行。但无论采取何种形式，辅导答疑应请注意针对性、灵活性和时效性。

3. 实验

实验是巩固验证所学知识、训练实验技能的教学活动，是教学过程中的实践性环节。由于本课程是一门实践性很强的专业课程，因此实验在本课程中占有很重要的地位。它不

仅能巩固和深化所学的理论，同时能培养严格、严肃、严密的科学工作作风，锻炼分析问题和解决问题的能力。

函授生应按教学大纲的要求完成实验项目，达到本课程在实验技能方面的教学要求。

4. 考试

考试是课程教学效果的总鉴定，是考核函授生本课程学习成绩的必须环节。本课程的考核内容侧重于基本概念的理解和基本知识的现场应用，注重于对思维、理解能力的考核。函授生必须在完成规定必做作业和实验以后才能参加考试。

四、本课程学时分配及教学进程

下表所拟定的本课程学时分配及教学进程是根据电力成人中等专业学校《热工仪表及自动装置》函授教学大纲的规定，按两个学期、每学期集中面授一次的情况进行安排的。

学　期	教　学　内　容	教学时数	教　学　方　式			
			自　学	讲　课	实　验	考　试
学期数	第一学期教学内容	90	55	33	2	
一	绪论	58	35	21	2	
	第一篇　热工参数检测	2	1	1		
	第 1 章　热工测量基本知识	8	6	2		
	第 2 章　温度测量	18	10	6	2	
	第 3 章　压力和压差测量	6	4	2		
	第 4 章　流量测量	6	4	2		
	第 5 章　水位测量	6	4	2		
	第 6 章　烟气含氧量测量	4	2	2		
	第 7 章　开关量测量基础部件	4	2	2		
	第 8 章　热工控制系统图基础知识	4	2	2		
	第二篇　热工过程模拟量自动控制	50	30	18	2	
	第 9 章　自动调节基本知识	16	10	6		
	第 10 章　自动调节设备	16	10	6		
学期数	第二学期教学内容	74	43	27	4	

二	第 11 章　热力设备自动调节系统	18	10	6	2	
	第三篇　开关量控制系统	56	33	21	2	
	第 12 章　自动报警与自动保护	12	7	5		
	第 13 章　联动控制与顺序控制	16	8	6	2	
	第四篇　大型单元机组专用热工控制系统	28	18	10		
	第 14 章　集散控制系统	28	18	10		
	总学时	164	98	60	6	

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　录

前言
编者的话
本课程的目的、任务和函授教学方法的一般指导

绪论…… 1

第一篇　热 工 参 数 检 测

第1章　热工测量基本知识…… 6

§1.1　测量与测量方法 …… 7
§1.2　测量误差 …… 9
§1.3　热工测量系统…… 19
学习指导 …… 21
习题 …… 22

第2章　温度测量 …… 24

§2.1　国际实用温标…… 25
§2.2　热电偶温度计…… 27
§2.3　电阻温度计…… 52
§2.4　温度显示仪表…… 56
学习指导 …… 74
习题 …… 75

第3章　压力和压差测量 …… 77

§3.1　概述…… 78
§3.2　液柱式压力计…… 79
§3.3　弹性压力计…… 81
§3.4　压力、压差变送器…… 87
学习指导 …… 95
习题 …… 96

第4章　流量测量 …… 97

§4.1　流量测量概述 …… 98
§4.2　节流变压降式流量计 …… 98
§4.3　其他流量测量仪表 …… 107
学习指导 …… 112
习题 …… 112

第5章　水位测量 …… 114

§5.1　差压式水位计 …… 116
§5.2　连通式水位计 …… 120
学习指导 …… 125
习题 …… 126

第6章　烟气含氧量测量 …… 127

§6.1　概述 …… 127
§6.2　氧化锆氧量计 …… 129
学习指导 …… 137
习题 …… 138

第7章　开关量测量基础部件 …… 139

学习指导 …… 146
习题 …… 146

第8章　热工控制系统图的基础知识 …… 147

§8.1　热工过程检测元件和仪表图形符号 …… 147
§8.2　执行机构图形符号 …… 156
§8.3　自动调节系统图形符号 …… 158
§8.4　热工测量控制系统图图形符号和设备编号的组合示例 …… 160
学习指导 …… 162

第二篇　热工过程模拟量自动控制

第9章　自动调节基本知识 …… 163

§9.1　自动调节基本概念 …… 164

§9.2 环节特性及其基本连接 …… 177
§9.3 典型环节特性 …… 188
§9.4 热工调节对象动态特性 …… 203
§9.5 自动调节器典型动作规律及其调节过程分析 …… 214
学习指导 …… 223
习题 …… 225

第10章 自动调节设备 …… 227

§10.1 概述 …… 228
§10.2 执行器 …… 234
§10.3 气动基地式仪表 …… 240
§10.4 KMM 可编程调节器 …… 249
学习指导 …… 276
习题 …… 277

第11章 热力设备自动调节系统 …… 279

§11.1 汽包锅炉给水调节系统 …… 280
§11.2 过热蒸汽温度自动调节系统 …… 304
§11.3 燃烧过程自动调节系统 …… 311
§11.4 单元机组协调控制系统 …… 318
学习指导 …… 326
习题 …… 327

第三篇 开关量控制系统

第12章 自动报警与自动保护 …… 328

§12.1 自动报警 …… 328
§12.2 汽轮机保护 …… 334
§12.3 锅炉保护 …… 342
§12.4 单元机组自动保护 …… 351
学习指导 …… 356
习题 …… 357

第13章 联动控制与顺序控制 …… 358

§13.1 概述 …… 358
§13.2 可编程序控制器 …… 361

§13.3　两台水泵的联动控制…… 365
§13.4　锅炉送、引风机的联动控制…… 368
§13.5　制粉系统的联动控制…… 372
§13.6　汽轮机润滑油泵的联动控制…… 375
§13.7　锅炉辅机联锁…… 377
§13.8　汽包锅炉定期排污顺序控制…… 379
§13.9　锅炉吹灰系统顺序控制…… 380
§13.10　输煤系统顺序控制 …… 385
学习指导…… 388
习题…… 389

第四篇　大型单元机组专用热工控制系统

第14章　集散控制系统 …… 390

§14.1　绪论…… 391
§14.2　集散控制系统（DCS）的发展应用概况 …… 401
§14.3　DCS系统在火电厂单元机组中的应用 …… 403
学习指导…… 413
习题…… 414
参考文献…… 415

绪　论

一、电厂实现自动控制的必要性

自动控制就是用自动化装置代替运行人员的操作，对现场的设备进行管理、控制，所以一般认为自动控制的最大优点是减轻运行人员的劳动强度。其实这仅是自动控制目的之一，并非自动控制的实际内涵。自动控制在其发展的初期，由于机组容量较小，被控对象输出量变化比较慢，控制操作项数目比较少，运行人员完全有时间、有能力控制对象。但随着机组容量的增加，发电机组以由过去的中温、中压、中小容量发展到现在的大容量、高参数单元机组。被控对象输出变化加快，控制操作项目数量增加，尤其是机组启停过程，如果没有自动控制，完成操作几乎是不可能的。例如，一台蒸发量为 230t/h 的锅炉，其水位的响应时间仅为 30s。这就是说，当锅炉在满负荷运行时，如果突然停止供水，30s 后水位将从正常水位 0mm 下降到 -200mm 以下。对于直流锅炉来讲，对象的变化时间将更短。可见自动控制并非仅仅减轻了运行人员的劳动强度，而是因为离开了自动控制，机组将不可能正常运行。下面的参数反映了机组监视和操作项目的数量随机组容量大小变化的趋势。

机组容量（MW）	50	125	200	300	600
监视项目（测量点数）	115～135	540～600	560	950～1050	2000
操作项目（执行器数）	70～75	142	280	410～450	800

以上仅反映的是机组正常运行时的监视和操作项目数量，机组启停时监视和操作项目数量还要增加。而且各操作项目的操作相互影响，要求运行人员要协调控制等使运行难度显著增加。随着机组容量的增加，对象输出变化速度加快，运行人员越来越难以实现从容的控制。随着机组操作项目的增加，且各设备之间会相互影响，又不能用单纯地增加运行人员来解决问题，所以自动控制势在必行。近年来，随着计算机性能价格比的提高，电厂自动控制的份额日益增加。不仅热工控制使用自动控制装置，运行人员也必须通过计算机控制对象。

此外，自动控制能使机组运行稳定，延长机组使用寿命，还可以提高自动管理水平，提高经济效益。

对于运行人员来讲，掌握一定的自动控制知识是十分必要的。从目前电厂的大机组运行来看，无论是操作或者是观察对象的输出变化，均需通过自动控制装置进行，控制现场的情况又是千变万化，不懂自动控制知识的运行人员肯定不能“驾驶”好这样复杂的工业机器。

二、热工过程自动控制的发展及其在电厂中地位

我国自动控制仪表的发展从无到有，共经历了以下几个阶段。

1. 基地式仪表阶段

20 世纪 50 年代前后，是我国自动控制发展的初期阶段，相应的机组容量较小，热力生产过程主要是靠运行人员手动控制完成。当机组进入正常运行过程后，投入一些气动或者机电式控制装置实现自动控制。这些自动装置全部各自独立地分散在热力生产过程的现场，相互之间没有任何联系。大多数系统处于手动控制状态。例如，水位测量是通过守候在汽包旁边，利用简单的水位测量装置来观察水位，然后“司水”人员将水位用语音传递给司炉。

2. 分离元件仪表阶段

20 世纪 60 年代，随着电子管和晶体管的出现，现场的电信号处理成为可能，使得控制仪表由基地式向仪表化阶段过渡。和基地式仪表的最大不同是，分离元件仪表可以将信号就地处理后变化成电信号进行远方传送。在控制室内显示所有被控设备的相关信号，因而实现了把机、电、炉作为一个单元整体进行集中控制，从而使机、炉运行更加协调。从此期间，DDZ-Ⅱ型自动控制仪表是其典型代表。到目前为止我国还有一些小电厂仍在使用 DDZ-Ⅱ型自动控制仪表。

DDZ-Ⅱ仪表的出现，使得电厂中的一些重要控制对象如汽包水位、蒸汽温度等在运行于额定工况时均由自动仪表进行控制。这个时期自动控制的作用主要体现在减轻运行人员的劳动强度方面。自动控制仍处于可有可无时期。即使解除自动控制，热力生产过程照样能够进行。但是，DDZ-Ⅱ型仪表的出现，使控制方式发生了巨大的变化，即由原来的分散式就地控制变成了控制室的集中控制。

3. 集成电路仪表阶段

20 世纪 70 年代，随着集成电路技术的迅速发展，在世界范围内出现了如 SPEC200 等组装仪表。其中 TF 型组装仪表和 MZ-Ⅲ等组装仪表是我国在借鉴外国技术的基础上自行研制开发的代表产品。组装仪表的特点是控制功能模块化。控制仪表的组成不象 DDZ-Ⅱ型仪表那样一成不变，而是可以象搭积木一样灵活组态。

20 世纪 70 年代，随着高参数、大容量机组的发展，操作、控制项目和使用控制仪表的用量剧增，DDZ-Ⅱ型控制仪表的控制方式已难以满足复杂系统对控制的要求。组装控制仪表之所以能适应其控制，不仅在于控制功能的增加，关键还在于各系统之间的相互协调和对信号的精确处理。例如，组装仪表实现的给水全程控制就是例证，组装仪表的一些函数运算是 DDZ-Ⅱ型仪表绝对不能实现的。可见，DDZ-Ⅱ型仪表到组装仪表是质变，而不仅是量变。

组装仪表时代，运行人员对控制仪表的依赖性明显增加。有些运行工况如启停过程等，必须控制仪表参与，否则，运行过程难以进行。

4. 计算机仪表阶段

20 世纪 80 年代至今，随着计算机性能价格比的不断提高，大量使用计算机仪表对电厂生产过程进行控制已成为可能，计算机仪表得以迅速发展和应用。目前，我国新建的 300MW 以上机组，几乎全部采用计算机仪表进行控制。

计算机仪表使电厂的控制和运行都发生了巨大的变化。在控制上由于编制程序的灵活性，控制仪表实际上变成了智能性控制装置。过去在其他仪表上很难实现的控制方式，在

需要全本请访问 www.ertongbook.com