

国家精品课程“过程控制与集散系统”配套实验教材

- 21世纪电气信息学科立体化系列教材
- 电工电子实验教学规划示范教材



过程控制与 集散系统实验教程

主 编 潘 炼 方康玲 吴怀宇
副主编 张雄希 刘晓玉 黄卫华

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

国家精品课程“过程控制与集散系统”配套实验教材
21 世纪电气信息学科立体化系列教材
电工电子实验教学规划示范教材

TP273/485

2008

过程控制与集散系统实验教程

主 编 潘 炼 方康玲 吴怀宇
副主编 张雄希 刘晓玉 黄卫华

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

过程控制与集散系统实验教程/潘 炼 方康玲 吴怀宇 主编. —武汉:
华中科技大学出版社, 2008 年 3 月

ISBN 978-7-5609-4454-8

I. 过… II. ①潘… ②方… ③吴… III. ①过程控制-高等学校-教材
②集散系统-实验-高等学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 028275 号

过程控制与集散系统实验教程 潘 炼 方康玲 吴怀宇 主编

策划编辑: 张志华

责任编辑: 张志华 江 津

责任校对: 汪世红

封面设计: 刘 卉

责任监印: 周治超

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编: 430074 电话: (027) 87557437

录 排: 华中科技大学惠友文印中心

印 刷: 湖北新华印务有限公司

开本: 787 mm×960 mm 1/16

印张: 9.25

字数: 156 000

版次: 2008 年 3 月第 1 版

印次: 2008 年 3 月第 1 次印刷

定价: 16.80 元

ISBN 978-7-5609-4454-8/TP·649

(本书若有印装质量问题, 请向出版社发行部调换)

前 言

自动化专业主要是培养适应社会主义市场经济和社会发展的需要,德、智、体全面发展,掌握电子技术、计算机技术、自动控制理论、过程控制与集散系统技术,基础理论扎实,具有一定英语水平,能够从事电气控制、工业过程控制、控制理论及控制工程、计算机应用等方面工作的高级工程技术人才。

“过程控制与集散系统”是自动化专业的核心课程之一。通过学习“过程控制与集散系统”课程,掌握过程控制与集散系统基本原理、技术和方法等知识,能比较全面地掌握知识结构,培养更新的科学思维和更强的科技创新能力,具备更好的素质,以期在科技创新中跟上当代科技发展的潮流,开拓创新,与时俱进,为自动控制学科发展和国家现代化建设作出创造性贡献。

目前,国家正在大力建设和发展精品课程,通过国家级精品课程建设,可以全面促进教学质量,提高专业培养水平,推进专业建设,可以利用现代化的教育信息技术手段,以实现优质教学资源共享,提高人才培养质量。本教材正是为满足这一要求而编写的。

我们在几十年的教学过程中,注重教学与科研的有机结合,保持教学内容的系统性、先进性和新颖性。同时,充分利用实验教学、生产实习、课程设计、毕业设计,培养学生实践能力和创新能力。经过不断的教学改革和教学建设,本门精品课程已经具备了鲜明的特色。

我们相信,只要按照教育部关于国家精品课程建设的要求去进行课程建设,我国的教学质量一定会不断得到提高,我国的教育振兴行动计划一定会得以实现。

希望本实验教材的编写出版能进一步推动“过程控制与集散系统”国家精品课程的建设,可以在全国自动化专业范围内起到一定的示范和辐射作用,更好地促进自动化专业的发展。

编 者

2008年1月

目 录

第 1 章 系统组成介绍	(1)
1.1 现场系统组成	(1)
1.2 控制系统组成	(2)
第 2 章 系统认知实验	(3)
实验 1 实验系统认知	(3)
实验 2 现场总线技术与集散系统实验	(7)
实验 3 组态软件的认知	(14)
第 3 章 系统基本测试实验	(16)
实验 1 温度、压力、液位和流量测量实验	(16)
实验 2 水泵负载特性测量实验	(20)
实验 3 管道压力和流量耦合特性测量实验	(22)
实验 4 电动调节阀特性测量实验	(25)
实验 5 调压器特性测量实验	(28)
实验 6 变频器水泵控制特性测量实验	(29)
第 4 章 冶金工业对象特性测量研究	(33)
实验 1 单容水箱液位数学模型的测定实验	(33)
实验 2 双容水箱液位数学模型的测定实验	(36)
实验 3 非线性容积水箱液位数学模型的测定实验	(38)
实验 4 不同阻力下单容水箱液位数学模型的测定实验	(40)
实验 5 锅炉与加热器对象数学模型的测定实验	(43)
实验 6 滞后管数学模型的测定实验	(46)
实验 7 换热机组数学模型的测定实验	(49)
第 5 章 单回路系统实验	(52)
实验 1 单闭环流量控制实验	(52)
实验 2 单容水箱液位定值控制实验	(55)
实验 3 双容水箱液位定值控制实验	(60)
实验 4 三容水箱液位定值控制实验	(64)
实验 5 锅炉水温定值位式控制实验	(66)
实验 6 锅炉水温定值控制实验	(70)
实验 7 换热器水温单回路控制实验	(73)

实验 8 联锁控制系统实验	(76)
实验 9 单闭环压力控制实验	(78)
第 6 章 复杂系统实验	(81)
实验 1 下水箱液位和进口流量串级控制实验	(81)
实验 2 闭环双水箱液位串级控制实验	(89)
实验 3 换热器热水出口温度和冷水流量串级控制实验	(93)
实验 4 单闭环流量比值控制系统实验	(96)
实验 5 下水箱液位前馈-反馈控制系统实验	(98)
实验 6 锅炉温度和换热器前馈-反馈控制系统实验	(102)
实验 7 管道压力和流量解耦控制系统实验	(105)
实验 8 换热器出口温度与流量解耦控制系统实验	(110)
第 7 章 先进过程控制系统实验	(114)
实验 1 温度纯滞后大延迟系统补偿控制的研究	(114)
实验 2 单神经元自适应 PID 算法的研究	(116)
实验 3 模糊控制算法的研究	(123)
实验 4 现场总线系统控制研究	(125)
第 8 章 综合设计实验	(132)
实验 工业项目设计	(132)
第 9 章 网络系统的过程控制系统实验	(137)
实验 网络化过程控制系统的研究	(137)
附录 实验报告格式	(140)
参考文献	(141)

第 1 章 系统组成介绍

1.1 现场系统组成

A3000 现场系统(A3000-FS 和 A3000-FBS)包括三个水箱、一个锅炉、一个强制换热器、两个水泵、两个流量计、一个电动调节阀。另外还包括滞后管、储水箱等。如图 1-1 所示。

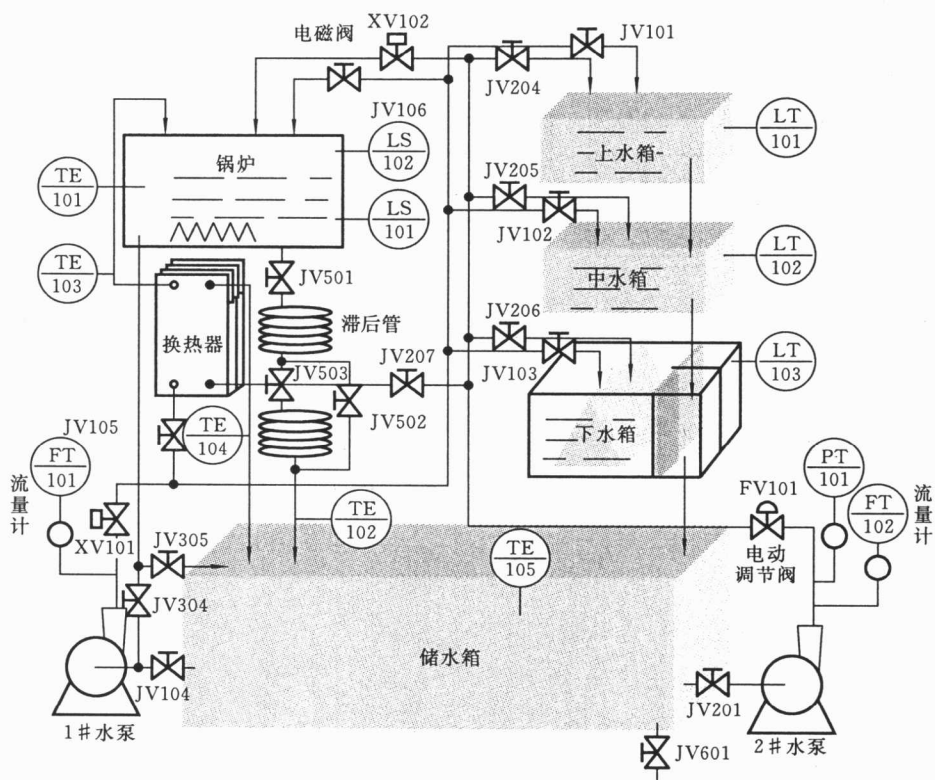


图 1-1 过程控制系统实验装置结构图

1.2 控制系统组成

A3000 控制系统(A3000-CS)包括传感器、执行器 I/O 连接板、三个可换的子控制系统板、第三方控制系统接口板。

整个控制系统布置在一个工业机柜中,开放性极强。设置有一个前门,保证了设备防尘、散热等需要。

内部结构设计合理,布线完全按照工业要求,整齐、可靠。

系统结构如图 1-2 所示。左边是机柜布置简图,内部包括一个接线盒,两块安装板,右边是各个控制系统的半模拟屏简图。

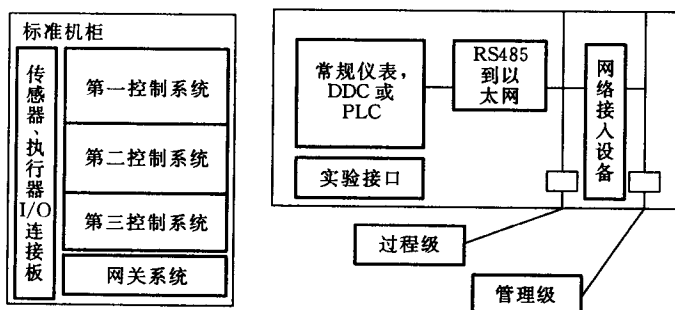


图 1-2 A3000 控制系统结构图

第 2 章 系统认知实验

本章内容包括认知实验系统,认识各种工业设备、仪器仪表以及不同的控制系统,为后续实验打下基础。

开始学习控制系统软件编程,以及上位机组态软件编程。

实验 1 实验系统认知

一、实验目的

1. 了解实验装置结构和组成。
2. 了解信号的传输方式和路径。
3. 掌握实验装置的基本操作。
4. 了解 DDC 控制系统的使用。

二、实验设备

A3000-FS 常规现场系统,万用表,AS3020 DDC 控制系统。

三、实验原理与介绍

A3000 高级过程控制实验系统独创现场系统概念,而不是对象系统。现场系统包括实验对象单元、供电系统、传感器、执行器(包括电动调节阀、变频器及调压器)以及半模拟屏,从而组成了一个只需接受外部标准控制信号的完整、独立的现场环境。

1. A3000 的特点。

(1) 现场系统通过一个现场控制箱,集成供电系统、变频器、移相调压器以及现场继电器,所有驱动电力由现场系统提供。它仅需通过标准接线端子接收标准控制信号即能完成所有实验功能,从而实现了现场系统与控制系统完全独立的模块化设计。

(2) 现场控制箱侧面是工业标准接线端子盒。这种标准信号接口可以使现场系统与用户自行选定的 DCS 系统、PLC 系统、DDC 系统连接方便,甚至用户使用自己用单片机组成的系统都可以对现场系统进行控制。

(3) 现场系统的设计另外的优势是保证动力线与控制线的电磁干扰隔离。

(4) 现场系统的设计保证了控制系统只需要低压直流电源就可以,使得系统设计更模块化、更安全,具有更大的扩展性。

A3000-FS 系统结构原理图如图 2-1 所示。

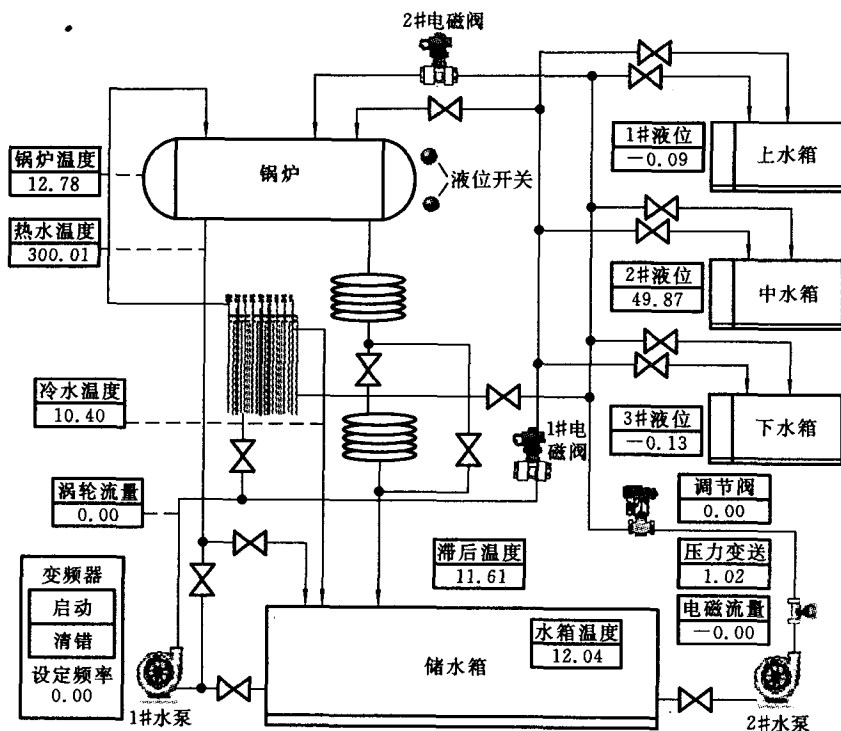


图 2-1 A3000 现场系统结构原理图

现场系统原理图中包括三个水箱、一个储水箱、一个锅炉、一个工业用板式换热器、两个水泵、一个可以调整滞后时间的滞后系统、一个硬件联锁保护系统等。传感器和执行器系统包括五个温度表、三个液位表、一个压力表、一个电磁流量计、一个涡轮流量计、一个电动调节阀、两个电磁阀、两个液位开关等。

2. 现场系统面板。

面板左侧设置如下。

➤ 电源: 220 V AC 单相电源开关, 380 V AC 三相电源开关。

➤ 开关: 三个旋钮开关, 分别是 1#、2# 工频电源开关以及变频器控制水泵的开关。可以拔出上面水泵的电力连线, 连接到不同的位置, 从而更改各个水泵的电力来源, 可以是工频, 也可以是变频器。如果用户不需要变频调速, 则建议全部使用工频控制。按照设计, 使用变频器控制的水泵, 其面板对应的指示灯可能不工作, 因为变频器可能输出 0~50 Hz, 而继电器不能工作。两个拨动开关,

分别是现场系统照明用电源开关,以及变频器 STF(正转)控制开关。注意,在机柜上还有一个并联的 STF 控制端,如果要设置工作模式,请断开该控制端。为了避免控制逻辑太复杂,一般不连接机柜上的这个开关。

➤ 电压表:显示加在调压器上的电压值。

➤ 变频器:对于 A3000-FBS 系统,则具有 Profibus-DP 控制端子。

面板右侧是现场系统的模拟屏,安装有五个指示灯和滞后管系统的两个手动调节阀。当两个水泵、两个电磁阀开启时,其状态指示灯分别点亮。当锅炉内水位超过液位低限时,液位开关闭合,联锁控制指示灯点亮,可以开始对锅炉加热。

3. 支路分析。

现场系统包含两个支路。支路 1 有 1# 水泵、换热器、锅炉,可以直接注水到三个水箱以及锅炉。支路 2 有 2# 水泵、压力变送器、电动调节阀、三个水箱,有一路流入换热器进行冷却。

(1) 支路 1 分析。

支路 1 包括 1# 水泵、1# 流量计、电磁阀等,可以到达三个水箱、锅炉以及换热器。水泵可以使用变频器控制流量,可能没有电磁阀。

由于支路 1 可以与锅炉形成循环水,可以做温度控制实验。为了保证加热均匀,应该使用动态水,本系统设计了一个水循环回路来达到此目的。即打开 JV304、JV106、XV101,关闭其他阀门(注意 JV104),开启 1# 水泵,则锅炉内的水通过 1# 水泵循环起来。

锅炉内有高、低限两个液位开关,可以进行联锁保护。当锅炉内液位低于低限液位时,液位开关打开,加热器无法开启。当实际液位超过低限液位时,液位开关合上,加热器信号连通,因此可以防止加热器干烧。

高限液位开关有两个作用:第一,当锅炉内水温超过温度上限时,通过联锁控制,打开 2# 电磁阀,注入冷水,使锅炉内温度快速下降;第二,当锅炉内水位超过液位上限时,高限液位开关闭合,通过联锁控制,关闭 2# 电磁阀,不再注入冷水。

支路 1 上有一个工业用板式换热器,其冷、热水出口各有一个温度传感器,可以做热量转换实验。

锅炉底部连接有滞后管系统。打开 JV501、JV502,关闭 JV503,锅炉内的水只流过第一段滞后管,进入储水箱。打开 JV503,关闭 JV502,水流过两段滞后管,即增加了滞后时间。在滞后管出口装有一个温度传感器,可以做温度滞后实验。

(2) 支路 2 分析。

支路 2 包括 2# 水泵、2# 流量计、压力变送器、电动调节阀。可以到达三个水箱、锅炉以及换热器。水泵可以使用变频器控制流量,也可以使用电动调节

阀,对于小流量使用调节阀比较准确,对于要求快速控制的,则使用变频器比较方便。

支路2有一个电动调节阀,配合三个水箱(各装一个压力变送器),可以做单容、双容、三容实验,以及液位串级实验、换热器温度串级实验,以及换热器解耦控制实验。水箱装有压力变送器,测得水箱的压力信号之后转换为液位信号。

对于单容实验,配有一块反正切闸板、一个截面呈三角形的柱体。反正切闸板替换矩形闸板,用于不同阻力下液位数学模型的测定实验。三角形柱体放入水箱中,可以做非线性容积实验,以及单容水箱容积改变的液位数学模型测定实验。

对于流量控制实验,可以选择支路2,用电动调节阀作为执行器。

同时启动两个支路的水泵,可以做比值控制实验:将支路1流量固定(用涡轮流量计测量流量值),设定一个比值系数,用PID控制支路2的流量,使之与支路1的流量成比例。

对于较复杂的前馈-反馈控制实验,设计使用两个支路的多个设备来完成。以换热器温度与流量前馈-反馈控制实验为例,设备包括锅炉、换热器、两个水泵、调节阀、涡轮流量计、电磁流量计。前馈控制部分,通过测量换热器热水入口温度及流量控制调节阀开度,实现冷水流量控制;反馈控制部分,通过测量换热器热水出口温度控制调节阀开度,实现冷水流量控制。

四、实验要求

1. 了解整个现场系统的结构。
2. 学会进行液位实验时整个系统操作。
3. 学会进行温度实验时整个系统操作。
4. 学习控制系统的I/O连线。

五、实验内容与步骤

1. 设备组装与检查。

(1) 将A3000-FS现场系统的储水箱灌满水(至最高高度)。

(2) 打开1#电磁阀,阀门JV104、JV103,其他阀门关闭,特别是阀门JV304要关闭。1#水泵和涡轮流量计组成的动力支路接至下水箱及出水闸板。

2. 系统连线。

(1) 将I/O信号接口板上下水箱液位变送器信号连接到DDC控制系统的模拟量输入端AI0。

(2) 24 V输出“+”接到1#电磁阀的左端,直接打开电磁阀。

3. 启动实验装置。

(1) 将实验装置电源插头接到单相交流电源。

(2) 打开现场系统电源漏电保护空气开关。此时 1# 电磁阀应当工作。否则检查线路。

(3) 打开控制机柜电源漏电保护空气开关,指示灯亮起。

(4) 打开 AS3020 DDC 控制子系统电源,各个 ADAM4000 模块指示灯亮起。

4. 打开水泵,观察整个液位实验回路工作是否正常。请老师打开 **ADAM_Utility** 进行操作,演示一个液位测量过程。

5. 关闭水泵,打开 1# 电磁阀,阀门 JV104、JV106,其他阀门关闭,特别是阀门 JV103 和阀门 JV305 要关闭。1# 水泵和涡轮流量计组成的动力支路接至锅炉。

6. 打开水泵,开始向锅炉注水。观察什么时候联锁指示灯亮起,这表示水位已经超过加热管高度。水位再上升一定高度后,关闭水泵。

7. 把 DDC 控制系统的 AO0 端子连接到调压模块的输入端子上。

打开 **ADAM_Utility** 进行操作,直接从 AO0 输出 10~20 mA 信号,观察输出电压是否改变。一段时间后,观察锅炉上的水温表读数是否上升。

8. 关闭阀门 JV104,打开阀门 JV304,开启水泵,从而形成循环水,观察温度表的变化。

9. 实验结束后,关闭阀门 JV304,打开阀门 JV104,关闭水泵。关闭全部电源设备,拆下实验连接线。

六、思考问题

1. 如果要通过调节阀控制液位,请描述开关哪些阀门,启动哪些信号。
2. 分析为什么加热时最好让水循环起来。

七、实验结果提交

1. 绘制一个通过支路 1 到下水箱,进行液位实验的系统通道图。
2. 绘制一个通过支路 1 到锅炉,进行液位实验的系统通道图。

实验 2 现场总线技术与集散系统实验

一、实验目的

1. 了解工业技术的发展状况,了解某些国内外知名自动化公司,以及其产品特色。
2. 了解现场总线技术,熟悉 Profibus 现场总线特色。

3. 编写 ConMaker 程序获取 Profibus 现场总线的模块的信号。

二、实验设备

A3000-FBS 现场总线现场系统, AS3110 DCS 控制系统, ConMaker 软件。
万用表可选。

三、实验原理与介绍

和利时股份有限公司是国内最大的自动化工程设备公司, 其拳头产品 MACS DCS 系统广泛应用于电力、化工、机械等行业。产品成熟可靠, 技术含量高, 全部使用 Profibus 总线技术。

1. 系统介绍。

使用和利时 DCS 时, 请严格按照和利时股份有限公司所提供的硬件手册进行操作和连线。这里只介绍与 A3000 现场系统相关的内容。

和利时 DCS 前面板包括两组电源, 当前第一组有效。可以通过关闭其开关从而关闭整个系统的电源。主控单元设置到 BATTERY 电池后备状态。

主控站地址 10, IP: 128. 0. 0. 10, 255. 255. 0. 0。

主控 851, 逻辑名: FM121。

注意, 所使用的电脑需要配置到同一个网段。例如 128. 0. 0. 50, 255. 255. 0. 0。
128. 0. 0. 51, 255. 255. 0. 0, 等等。

2. 单元接线。

(1) FM148A 8AI SLAVE。

对应的现场系统输入:

- 1CH —TE101 锅炉温度, 两线制;
- 2CH —TE102 滞后管温度, 两线制;
- 3CH —TE104 换热器冷水出口, 两线制;
- 4CH —TE105 储水箱温度, 两线制;
- 5CH —LT101 上水箱液位, 两线制;
- 6CH —LT103 下水箱液位, 两线制;
- 7CH —PT101 水泵压力, 两线制;
- 8CH —FT102 电磁流量计, 四线制, 注意连线方法不同。

(2) FM151 8AO SLAVE。

对应的现场系统输入:

- 1CH —FV101 调节阀;
- 2CH —BS101 调压器;
- 3CH —TR101 变频器。

(3) FM161D 16 隔离 DI。

1CH LS101 1# 液位开关;

2CH LS102 2# 液位开关;

3CH FV101S 调节阀状态;

4CH FT102S 电磁流量计状态;

5CH XV101S 1# 电磁阀状态;

6CH XV102S 2# 电磁阀状态;

7CH P101S 1# 水泵状态;

8CH P102S 2# 水泵状态。

(4) FM171。

1CH XV101 1# 电磁阀启动;

2CH XV102 2# 电磁阀启动;

3CH FV101P 调节阀启动;

4CH FT102P 电磁流量计启动;

5CH CWSTART 变频器正转启动。

(5) ET200S IM151。

➤ 2 AI

◇ CH1 LT102 中水箱液位;

◇ CH2 FT101 涡轮流量计。

➤ 2TC

◇ CH1 TE103 换热器热水出口温度。

(6) MM4 变频器。

➤ PPO1 设置

◇ 参数控制区域 PZD。

➤ 控制字

◇ 频率设置字 SET。

3. ConMaker 安装。

(1) 可以覆盖安装,注意只能使用 V3.0.3,要求和 SmartPro 主控器的软件版本总体上保持一致。由于软件升级比较快,主控器的软件版本可能进行了升级,具体版本请询问老师。

(2) 在工控机上仅安装中文 Windows NT4,安装 NT 的补丁 5。新的版本可能支持中文 Windows 2000。

系统具有 200 MB 以上硬盘空间,128 M 内存,建议 256 M。

安装显卡驱动。最好能够支持 1280×1024 分辨率。

安装网卡驱动。

安装 Microsoft Office 97 的 word、excel 或者 Microsoft Office 2000 的 word、excel。如果使用 Microsoft Office 2000, 则宏安全性定义为中级。

强烈建议不要安装其他无用的软件!

(3) 光盘可以自动执行, 如果不能自动执行, 则进入安装文件 auto\setup.exe。如图 2-2 所示。



图 2-2 SmartPro 安装

(4) 执行 ConMaker Installation 以安装 ConMaker, 安装目录为缺省的 D:\ SmartPro\ConMaker。也可以单独到光盘或者备份的安装文件中直接找到 ConMaker 的 setup.exe 文件进行安装。建议安装到 C:\ SmartPro\ConMaker。

4. 执行配置 ConMaker。

在 NT 的 StartUp 菜单“Hollysys SmartPro”程序组中执行安装目标, 点击“打开(P)”后, 在打开的窗口中双击“hollysys.tnf”, 关闭此窗口, 在原窗口中的左侧窗口选中 Hollysys CoDeSys SP for QNX, 点击“安装(I)”, 直到窗口右侧的安装目标中出现“Hollysys Beijing”为止。关闭此窗口, 从而可以添加硬件设备。如图 2-3 所示。

把厂商提供的 gsd 文件夹中的文件复制到 C:\TARGET\Hollysys\PCBasedIO。从而可以安装西门子 MicroMaster 440 变频器和西门子 ET200S。

运行 SmartPro 的安装目标, 点击“open”, 选择“hollysys.tnf”, 然后选择左边的项目, 点击“install”。

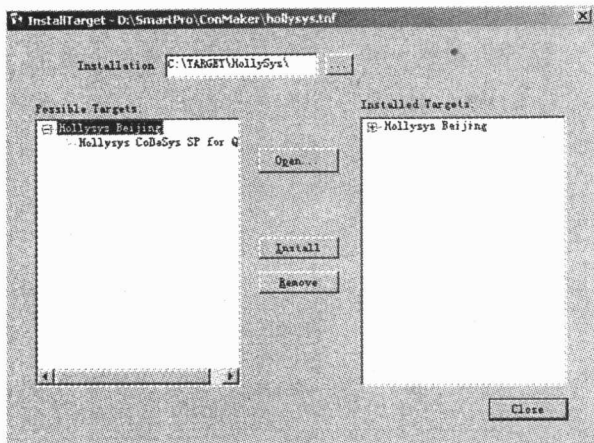


图 2-3 目标安装

5. 运行 ConMaker。

运行程序组中的 SmartPro>控制方案生成系统,然后运行“新建”。如图 2-4所示,从列表中选择 Hollysys CoDeSys SP for QNX。

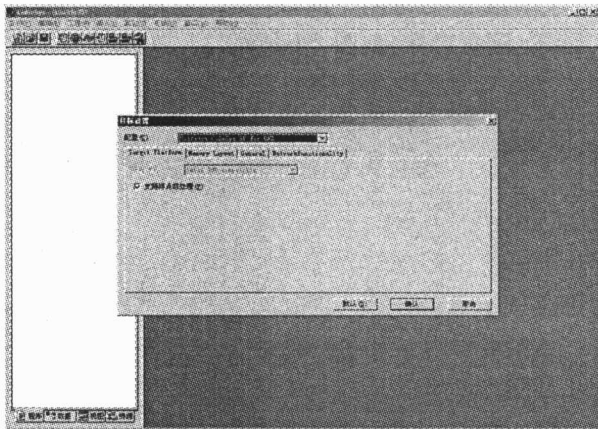


图 2-4 运行 ConMaker

选择:文件>保存,保存工程到指定的位置。

选择资源,MACS 配置,然后选择:输入>Append > Sub element>Dp Master,选择 FM121,右击鼠标,选择属性,然后设置站地址 0,最大站地址 6。如图 2-5 所示。

再次选择:输入>Insert Dp Slave,选择 FM141。也可以选择 ET200S,如果没有 ET200S,则需要把 siem80f3gai. gsd 或者 siem80f3. gsd 复制到 C:\TARGET\HollySys\PCBasedIO 中。重新启动 ConMaker。