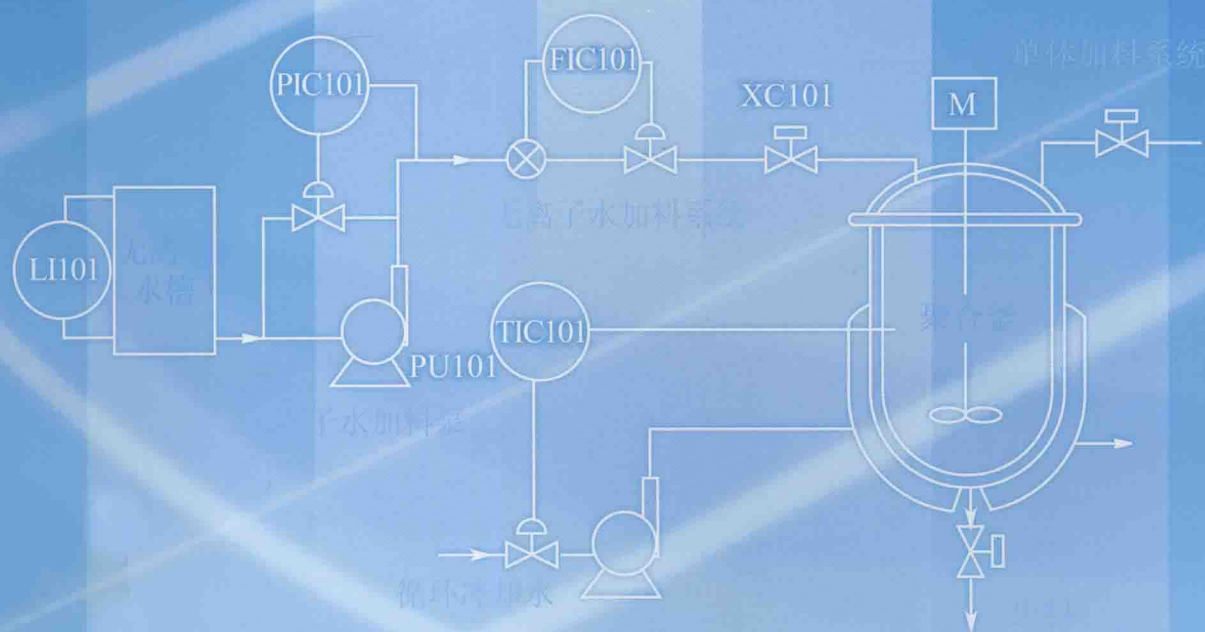


高职高专规划教材

过程自动化 工程设计

GUOCHENG
ZIDONGHUA
GONGCHENG SHEJI

周哲民 任丽静 主编



化学工业出版社

高职高专规划教材

过程自动化工程设计

周哲民 任丽静 主编
赵石平 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是基于工作过程的项目引领教材,由三个独立的学习情境构成。学习情境一是检测及反馈控制系统设计,以10万吨/年聚氯乙烯精馏装置的集散控制系统自控设计项目为载体,将整个项目分解成十个任务,并以任务为核心搭建相关专业理论知识。理论知识内容涉及自动控制装置的确定、绘制管道及仪表流程图、确定控制方案和仪表回路图设计、检测仪表、执行机构和辅助仪表的选型、DCS系统图和DCS I/O表设计、DCS控制室的设计、仪表柜布置图和接线图的设计、仪表供电供气系统设计等。学习情境二是信号报警系统的设计,以常规仪表实现温度上下限报警系统设计为载体,将信号报警及安全联锁系统设计的理论知识和设计步骤有机融合。学习情境三是顺序控制系统的逻辑功能设计,以典型的工程案例来叙述顺序功能图(SFC)和顺控表如何实现顺序控制功能。

本书是一本自动化控制工程设计的入门教材。在学习检测仪表技术、控制工程技术、集散控制系统组态调试与维护之后,通过本书的学习,可获得一些基本的过程自动化工程设计知识。

本书可作为高职高专院校生产过程自动化技术、工业自动化等相关专业的教材,也可供中等职业学校相关专业选作教材和有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

过程自动化工程设计/周哲民,任丽静主编. —北京:
化学工业出版社, 2010.8
高职高专规划教材
ISBN 978-7-122-09241-0

I. 过… II. ①周…②任… III. 过程控制-高等学校:
技术学院-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 144784 号

责任编辑: 张建茹
责任校对: 战河红

文字编辑: 高 震
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京市兴顺印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 11¼ 字数 288 千字 2010 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

前 言

自动化工程设计是企业工程建设中很重要的一个环节，对整个工程起着决定性作用。随着企业自动化程度不断提高，迫切需要将自动化控制工程的新知识、新技能、新控制手段编入教材中。本书采用生产企业的实际工程项目为主线设计，以专业核心知识与技能一体化为目标，重点培养学生自动化技术和控制工程设计应用能力，以满足职业或技术岗位群的需要。既可作为自动化相关专业教材，也可作为过程自动化工程技术人员的参考用书。

本教材由三个学习情境组成，以真实工作项目为载体，将相关专业知识融入到工作任务中。其中学习情境一以 10 万吨/年聚氯乙烯精馏装置的集散控制系统自控设计项目为载体来设计教学活动，将项目分解成十个子任务，以任务为核心构建课程培养目标，并以此搭建相关专业理论知识；学习情境二信号报警系统的设计以常规仪表实现温度上下限报警系统任务为载体来设计教学活动；学习情境三顺序控制系统的逻辑功能设计以顺序功能图（SFC）和顺控表实现顺序功能的典型案例为载体来设计教学活动。

本教材的特色在于教材的编写强调以学生为中心，将专业教育融入行业背景，理论平行耦合于实践之中，并关注学生在行动过程中所产生的丰富多彩的学习体验和个性化的创造性活动。培养学生发现问题、解决问题的能力，从而达到知识、技能与素质等职业要求一体化训练。学生在教师的指导下，在一种完整的综合的项目设计中思考和学习。在进行项目设计之前，要熟知项目的背景，感知和熟悉项目环境，了解工作岗位和过程相关的知识。最终完成“明确任务—制订方案—方案设计—反馈总结”整个过程，在解决问题中，做到知行合一、理论和实践的有机融合。

本书由周哲民、任丽静担任主编，并完成了本书学习情境一的工作任务一～工作任务七以及附录的编写工作，黎红坤编写学习情境一的工作任务八、工作任务九，李忠明编写学习情境一的工作任务十，学习情境二由王惠芳编写，学习情境三由邓素萍编写。全收由周哲民、任丽静完成统稿工作。

本书由中盐集团株化集团科人设计公司赵石平高级工程师主审。中盐集团株化集团科人设计公司、浙江中控技术有限公司在本书的编写过程中给予了大力支持和协助，在此深表感谢。

由于过程自动化控制技术发展快，控制工程设计涉及面较广，加上编写时间仓促和编者的水平有限，书中难免存在疏漏和不当之处，恳请广大同仁和读者批评指正，编者将不胜感激。

编 者

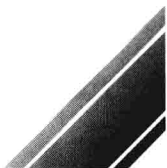
2010 年 6 月

目 录

学习情境一 检测及反馈控制系统设计	1
【学习目标】	1
【项目描述】 10 万吨/年 PVC 精馏装置过程自动化工程设计	2
【基础理论】 过程自动化工程设计任务、方法和程序	5
【知识拓展】 集散控制系统工程设计程序	13
【评价与反馈】	16
【工作任务一】 确定自动控制装置	16
【基础理论】 自动控制装置的选择	17
【设计步骤】	20
【知识拓展】 PLC、DCS、FCS 三大控制系统的特点和差异	20
【评价与反馈】	23
【工作任务二】 绘制管道及仪表流程图	23
【基础理论】 管道及仪表流程图	24
【设计步骤】	32
【知识拓展】 仪表功能和字母代号	32
【评价与反馈】	35
【工作任务三】 确定控制方案和仪表回路图设计	35
【基础理论】 控制方案和仪表回路图	35
【设计步骤】	39
【知识拓展】 先进控制系统	44
【评价与反馈】	46
【工作任务四】 检测仪表、执行机构和辅助仪表的选型	46
【基础理论】 如何选择检测仪表和调节阀	46
【设计步骤】	67
【知识拓展】 控制阀 C_v 计算	79
【评价与反馈】	82
【工作任务五】 DCS 系统图和 DCS I/O 表设计	82
【基础理论】 DCS 系统结构和选型	82
【设计步骤】	85
【知识拓展】 国内外主要 DCS 供应商和机型	86
【评价与反馈】	88
【工作任务六】 DCS 控制室的设计	89
【基础理论】 控制室的功能和设计要求	89
【设计步骤】	92

【知识拓展】 自控专业用英语词汇	93
【评价与反馈】	94
【工作任务七】 仪表柜布置图和接线图的设计	95
【基础理论】 仪表柜布置图和接线图设计要求	95
【设计步骤】	96
【知识拓展】 仪表防爆设计	97
【评价与反馈】	103
【工作任务八】 电缆敷设设计	104
【基础理论】 电缆敷设设计	104
【设计步骤】	106
【知识拓展】 仪表防护设计	107
【评价与反馈】	110
【工作任务九】 仪表供电供气系统设计	111
【基础理论】 仪表供电和供气系统设计要求	111
【设计步骤】	118
【知识拓展】 仪表接地设计规范	119
【评价与反馈】	124
【工作任务十】 其他自控图纸设计	124
【基础理论】 其他自控图纸说明	124
【材料统计】	130
【知识拓展】 主要自控设计标准	132
【评价与反馈】	134
学习情境二 信号报警系统的设计	136
【设计任务】 温度上下限报警系统设计	136
【基础理论】 信号报警及安全联锁系统设计	136
【设计步骤】	141
【知识拓展】 安全联锁系统	141
【评价与反馈】	145
学习情境三 顺序控制系统的逻辑功能设计	146
【基础理论】 顺序控制系统设计原则	146
【案例一】 顺序功能图 (SFC) 实现聚合釜加料顺序控制	149
【案例二】 基于顺序控制表改进干布袋顺序控制的案例	152
【知识拓展】 生产过程自动化专业毕业设计	153
【评价与反馈】	158
附录一 10 万吨/年 PVC 精馏装置管道及仪表流程图	159
附录二 10 万吨/年 PVC 精馏装置自动控制工艺条件表	160
附录三 集散控制系统 I/O 表	163
附录四 集散控制系统控制室布置图	164
附录五 外部电缆连接系统图	165

附录六	电缆桥架布置总图	166
附录七	仪表位置图	168
附录八	仪表供电系统图	169
附录九	仪表供气系统图	170
附录十	仪表柜接线图	171
参考文献		172



学习情境一 检测及反馈控制系统设计

【学习目标】

一、专业能力目标

知识目标：

- (1) 能陈述过程自动化工程设计基本内容、任务和主要的施工图设计文件。
- (2) 能陈述自动化装置的发展史，并能简述各自动化装置的特点和应用场合。
- (3) 能陈述管道及仪表流程图绘制的基本要求。
- (4) 能简述压力、温度、流量、液位和分析各种类型检测仪表的特点和应用场合。简述简单回路控制系统、复杂控制系统和先进控制系统的特点和应用场合。
- (5) 能简述仪表回路图设计、DCS 系统图设计、控制室平面布置图设计、仪表柜布置图设计、仪表柜接线图设计以及仪表供电和供气系统的设计原则和规范。

技能目标：

- (1) 能依据控制工程项目的特点和规模正确选择自动化装置。
- (2) 能综合运用所学的专业知识系统和整体解决自控工程设计中实际问题。
- (3) 能绘制管道及仪表流程图。
- (4) 能针对工艺的操作条件和控制要求设计压力、温度、流量、液位和分析各种类型检测仪表的数据以及正确设计控制方案和仪表回路图。
- (5) 能识读和设计 DCS 系统图、控制室平面布置图、仪表柜布置图、仪表柜接线图以及仪表供电和供气系统图。

二、方法能力目标

- (1) 自我学习能力：养成良好的学习习惯和适合个人的高效率学习方法与策略。
- (2) 自我管理能力：能分析自己的兴趣和特长，自定学习目标、自我监督、自我评价和反思总结并能提出自我改进的措施。
- (3) 信息处理能力：经常浏览专业网站和国内外著名的仪表自动化公司网站，善用搜索引擎、网络资源和图书馆资料查阅自控设计标准。
- (4) 外语应用能力：阅读、翻译自动控制专业技术类外文资料和仪表设备说明书。
- (5) 解决问题能力：能用专业知识以全局和系统的观点去分析问题、解决问题；并能阅读课外的专业书籍提高专业技能，创造性地解决专业学习中面临的新问题，适应未来不断变化的需求。
- (6) 革新创新能力：能针对事物现状，以创新思维和技法为主要手段，通过提出改进或革新的方案，勇于实践并能调整和评估创新方案，以推动事物不断发展。

三、社会能力目标

- (1) 健康身心体能：有良好的道德素质、身体素质和心理素质。

- (2) 与人交流能力：能从容交谈、发言、讨论、演讲、报告和书面表达。
- (3) 与人合作能力：培养自信、守信、尊重、宽容、公正、公平、担责、坦诚等素养；在复杂环境中做事、与人竞争及协作的能力。

【项目描述】 10 万吨 / 年 PVC 精馏装置过程自动化工程设计

一、生产工艺流程介绍

PVC 生产工艺流程包括乙炔站工序、合成、转化、精馏、聚合、汽提、干燥、包装一系列工序，其 PVC 生产工艺流程方框图如图 1-1。本项目为精馏装置的过程自动化控制工程设计，该装置进料为粗氯乙烯，经低沸塔和高沸塔提纯处理，出料为 99.99% 的纯度精制氯乙烯，然后送到聚合工序进行聚合反应。

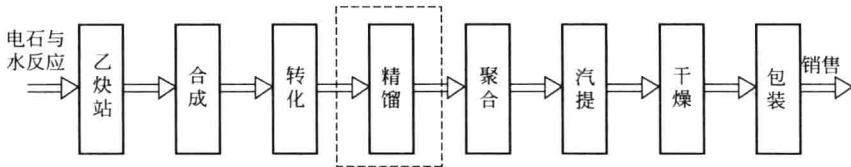


图 1-1 PVC 生产工艺流程方框图

(一) 精馏组分分离的原理

液体混合物的精馏过程是基于不同组成混合物的不同物质具有不同的挥发度，也就是具有不同的蒸气压和不同的沸点，借恒压下降低温度和升高温度时，各物质在气相里的组成和液相里的组成差异，来获得分离的。

精馏过程必须依靠以下两个条件：①塔底加热釜（或称再沸器）使物料产生上升的蒸气；②塔顶冷凝器使部分蒸气冷凝为向下流的液体（又称回流）。在连续精馏塔的每一块理论塔板上，均发生部分汽化和部分冷凝，也即传热和传质过程。塔顶部的蒸气所含易挥发组分（低沸点组分）较多，温度也低些；塔底部的液体所含难挥发组分（高沸点组分）较多，温度也较高些，以低沸塔某一层塔板为例，当上层塔板下流的液体（含有较多的易挥发组分乙炔），在该塔板上、下层上升的蒸气（含有较少的易挥发组分乙炔）接触时，两者因未达到平衡而发生了气液相之间的热量和质量传递，使易挥发组分乙炔以扩散方式逸入上升蒸气中，而难挥发组分氯乙烯则同时以相反方向的扩散方式进入向下流的液体中。也就是说，气液通过一次接触，上升蒸气中易挥发组分乙炔的含量，将因液体的部分汽化而增多，向下流的液体中难挥发组分氯乙烯的含量，则将因蒸气的部分冷凝而增多。理论上，气液相之间传热和传质的结果，使这块塔板上的蒸气和液体组成趋向于平衡。通过许多块塔板上气液相间的热量和质量传递的平衡过程，使上升蒸气到达塔顶部时，含有很浓的易挥发组分乙炔，而向下流的液体到达塔底时，则含有很浓的难挥发组分氯乙烯（几乎不含乙炔），从而实现完全的分离。

(二) 影响精馏的主要因素

1. 压力

PVC 在常压下沸点为 -13.9°C ，压力升高沸点相应上升，其对应关系如表 1-1 所示。

表 1-1 氯乙烯压力与沸点关系

压力 / 大气压	1	3	4	5	6
氯乙烯沸点 / $^{\circ}\text{C}$	-13.9	16.2	25.7	33.5	39.7

进行精馏的粗氯乙烯含有一定数量的低沸物（约 30%）在常压下将粗氯乙烯液化时为保证较高的液化率，必须大大降低冷凝的温度（因 VC-C₂H₂ 混合物沸点在 -13.9~83.6℃ 之间）特别在分馏尾气冷凝中，实践证明，必须控制低至 -5℃，过低冷凝温度则增加冷冻能量消耗，另外在低温精馏中粗氯乙烯中水分必须彻底除净，否则易在设备中结冰堵塞，因此常压法精馏氯乙烯在工业上已经被淘汰。因此，当提高低沸塔操作压力时，由于 VC-C₂H₂ 混合物沸点升高，使制冷温度也相应提高，减少了制冷的动力消耗，当然压力太高，由于达到同样的分离纯度的理论塔板数增加，而对 VC-C₂H₂ 分离反而不利，一般低沸塔压力控制在 5~6 个大气压，此时粗氯乙烯液化可采用工业水及 0℃ 冷冻水，在此压力下，对 VC-C₂H₂ 分离的理论塔板数也在 10 块以下，对分离 VC-EDC 的高沸塔，其混合物沸点在 -13.9~57.3℃ 之间，为减少分离的理论塔板数，压力可适当放低点，其不同压力下的分离理论塔板数比较如表 1-2 所示。

表 1-2 不同压力下的分离理论塔板数比较

压力(表压)/MPa	0.1	0.2	0.4	0.5
精馏理论塔板数/块	2	3	5	5

对于高沸塔所处理的氯乙烯-高沸点物混合液的沸点，则因高沸点物的存在，使混合物沸点相应的比低沸塔混合物来得高（主要高沸点物的沸点范围在 21~113.5℃），适当降低压力可以减少高沸塔所需的理论塔板数（如当回流比 $R=0.1$ 时），如表 1-3 所示。

表 1-3 高沸塔所需的理论塔板数

操作压力(表压)/MPa	0.1	0.2	0.4	0.5
高沸塔精馏段理论塔板数/块	2	3	5	>5

故选择操作压力在 0.25~0.35MPa（表压），塔顶排出的高纯度氯乙烯气体，可用工业水或 0℃ 盐水作冷媒，于 25~30℃ 下冷凝成液体的产品单体；塔釜也可用转化器热水加热，使含较多高沸点物的氯乙烯混合液在 30~40℃ 下沸腾汽化（当高沸残液间歇排放时，此混合液浓度和沸点也是依时间而变化的）。

2. 温度

在一定的压力下，混合物的组成是依温度而变的。因此，低沸塔或高沸塔的塔顶和塔釜温度是影响精馏质量的主要参数，现分述如下。

（1）低沸塔 若塔顶温度或塔底温度过低，易使塔顶馏分中的乙炔冷凝下来或塔底液的乙炔蒸出不完全，使塔底馏分（作为高沸塔进料液）中乙炔含量增加，影响低沸塔的精馏效果。但若塔顶温度或塔釜温度过高，则使塔顶馏分中氯乙烯浓度上升，势必增加尾气冷凝器的负荷，以致降低分馏收率。

（2）高沸塔 若塔釜温度过高，不但易使塔底馏分中的高沸物蒸出，使塔顶馏分（作为高纯度单体）的高沸物含量增加，还会使蒸出釜列管中液面下降，液体蒸完后导致多氯烃的分解、炭化和结焦，影响传热效果，甚至影响塔的稳定操作和连续正常运转。若塔釜温度太低，则影响上升蒸气量，使残液中氯乙烯含量增加，甚至液面升高。若塔顶冷凝器或成品冷凝器温度太高，易使回流量不足，或高沸塔压力上升。若此温度过低，又使回流量过大而浪费冷量，或使高沸塔压力下降（这一关系与低沸塔的尾气冷凝器温度不影响到系统压力是不同的，因为低沸塔有较多惰性气体的存在，高沸塔则全部为可冷凝的氯乙烯气体）。

3. 回流比

回流比是指精馏段内液体回流量与塔顶馏出液量之比，也是表征精馏塔效率的主要参数

之一。在氯乙烯精馏过程中，由于大部分采用塔顶冷凝器的内回流式，不能直接按最佳回流量和回流比来操作控制，但实际操作中，当发现质量差而增加塔顶冷凝量时，实质上就是提高回流比和降低塔顶温度，增加理论塔板数的过程。但若使冷凝量和回流比增加太多，势必使塔釜温度下降而影响塔底混合物组成，因此又必须相应地增加塔釜加热蒸发量，使塔顶和塔底温度维持原有水平，所不同的是向下流的液体和上升蒸气量增加了，能量消耗也相应增加。因此在一般情况下，不宜采用过大的回流比。对于内回流式系统，也可通过冷盐水的通入量和温差测定，获得总换热量，再由气体冷凝热估算冷凝回流量。一般低沸塔的回流比在5~10范围，高沸塔在0.2~0.6范围。

(三) 精馏工序流程

由压缩机出来的粗氯乙烯选择进入全凝器，使大部分气体冷凝液化，经低沸加料槽后，送入低沸塔，未凝气体进入尾气冷凝器，其冷凝液全部进入低沸塔，经低沸塔塔釜加热器加热将冷凝液中低沸物蒸出，经塔顶冷凝器用5℃水控制回流比后，由塔顶汇入尾气冷凝器处理，塔釜氯乙烯进入高沸塔，尾气冷凝器中的气体经尾排吸附器回收一部分氯乙烯后，惰性气体排空，自低沸塔流入高沸加料槽的氯乙烯经调节阀控制流量，减压加入高沸塔，高沸塔加热器将大部分氯乙烯蒸出，分解成粗氯乙烯，经塔顶控制部分回流，大部分粗氯乙烯进入成品冷凝器，被冷凝的氯乙烯在固碱干燥器脱水进入单体储槽，按需要送聚合工序，在高沸塔塔釜分离收集到二氯乙烷（EDC）为主的高沸物进入高沸物接受槽，定期压送入塔，将残液蒸馏，将蒸出的二氯乙烷（EDC）又冷凝成液体，进行包装外销，未冷凝下来的氯乙烯回到气柜。其工艺流程框图如图 1-2 所示。10 万吨/年 PVC 树脂精馏装置管道及仪表流程图参考附录一。

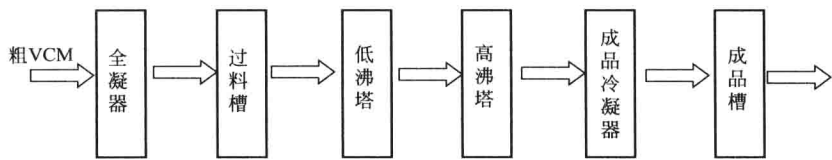


图 1-2 精馏装置工艺流程框图

(四) 精馏装置主要工艺控制指标（表 1-4）

表 1-4 精馏装置主要工艺控制指标

低沸塔塔顶温度/℃	15~30℃	高沸塔塔釜温度/℃	30~40
低沸塔塔釜温度/℃	40~50	低、高沸塔塔釜液面	1/2~1/3 视镜
低沸塔压力/MPa	0.5~0.55	高沸塔压力/MPa	0.3~0.4
高沸塔塔顶温度/℃	25~30		

二、本项目设计应完成下列图纸和文件

- (1) 自控图纸目录；
- (2) 设计说明书（包括设计计算书）；
- (3) 管道及仪表流程图；
- (4) DCS 系统图；
- (5) 仪表回路图（包括复杂控制系统图）；
- (6) 仪表数据表；
- (7) DCS I/O 清单；

- (8) 控制室平面布置图；
- (9) 仪表柜布置图和接线图；
- (10) 外部电缆连接系统图；
- (11) 仪表供电系统图和仪表供气系统图；
- (12) 综合材料表和电气设备材料表。

三、本项目设计应完成下列任务

- 【工作任务一】确定自动控制装置；
- 【工作任务二】绘制管道及仪表流程图；
- 【工作任务三】确定控制方案和仪表回路图设计；
- 【工作任务四】检测仪表、执行机构和辅助仪表的选型；
- 【工作任务五】DCS 系统图和 DCS I/O 表设计；
- 【工作任务六】DCS 控制室的设计；
- 【工作任务七】仪表柜布置图和接线图的设计；
- 【工作任务八】电缆敷设设计；
- 【工作任务九】仪表供电供气系统设计；
- 【工作任务十】其他自控图纸设计。

【基础理论】 过程自动化工程设计任务、方法和程序

一、过程自动化工程设计的基本任务

1. 设计的定义

产品是社会发展的重要成果，也是社会进步的体现。任何一个产品是设计的结果，是设计的产物。大到长江三峡水利枢纽工程，小到纽扣无一不是与设计密切联系的。化工工程项目均离不开设计。工业设计（Industrial Design）是指为了达到某一特定目的，从构思到建立一个切实可行的实施方案，并且用明确的手段表示出来的系列行为。它包含了一切使用现代化手段进行生产和服务的设计过程。

过程控制项目从无到有及保证发挥其作用的过程即是过程控制项目的实现过程。该过程可由 4 个阶段组成，如图 1-3 所示。



图 1-3 过程控制项目的实现过程

2. 过程自动化工程设计的基本任务

过程自动化工程设计是与生产过程密切相关的一项完整的系统工程。其基本任务是按照工艺生产的要求，对生产过程中的温度、压力、流量、物位、成分等变量的自动检测、反馈控制、顺序控制、人工遥控、自动信号报警、自动联锁保护等进行设计。同时，还应对全厂和车间的水、电、蒸汽、原料和成品的计量进行设计。内容涉及生产过程自动化水平的确定、检测和控制方案的选择、仪表选择、控制系统的选择及设计、控制室的布置及设计、安全仪表系统的设置、仪表防爆等级确定、气体检测系统设计、仪表防护等级选择、仪表伴热保温（冷）设计、仪表防腐设计、仪表接地系统设计、仪表防雷系统设计、仪表供电系统设计、仪表供气系统设计、仪表安装设计、仪表材料的选择等内容。

二、国内外过程自动化技术发展简况

1. 国内技术发展简况

随着中国化工行业不断的技术引进和改造创新,生产规模不断加大,工艺生产流程越来越复杂,劳动力成本的日益提高,对装置(工厂)的安全、稳定操作、自动化水平的要求也越来越高。目前先进的高精度的测量仪表广泛使用,控制水平从简单的控制回路提升到多变量控制、先进控制以及优化控制等,计算机技术、网络技术及信息化技术的普及应用,也为工厂的整体自动化提供了有力的保证。

自动控制仪表的发展经历了机械式、电子式、微处理器等阶段,目前正在向微型化、数字化、智能化及网络化等方向发展;控制系统的发展经历了基地式仪表、气动单元仪表、电动单元仪表、直接数字控制系统等,以及目前广泛应用的控制系统为分散型控制系统(DCS)、可编程控制器系统(PLC)、现场总线控制系统(FCS)、安全仪表系统(SIS)等,也正向着集成化、网络化及信息化等方向发展。

自动化测量仪表和控制系统不断升级换代,DCS、PLC、SIS等系统已经成为大中型化工工厂的主要控制手段,智能仪表也已经成为生产过程参数的主要检测手段,两者之间的相互结合已经能够实现不同水平的自动化控制功能,并且已经取得显著的经济效益。信息化技术的广泛应用,导致现代化工工厂的自动化控制已经不单单是生产过程的自动化,而是成为包含了管理信息在内的企业综合自动化信息系统。

目前,国内企业受机制的制约,导致了综合自动化信息系统的建设还是处于初级阶段,在信息系统的建设方面仍存在很多问题,与国外同类企业存在着较大差异。

2. 国外技术发展简况

国外自动化仪表行业的发展,使大量的新型的仪表不断涌现,控制系统的更新周期越来越短;国外化工工厂管理理念的不同、对信息集成技术的重视程度,导致了各方投入极大的热情和精力,来构架工厂级、公司级的综合自动化信息系统,从而使企业采用高可靠性的检测仪表、执行机构以及控制系统等来对设备、装置、工厂的运行及维护提供保障,通过采用先进的模型技术、控制技术和优化技术保证生产过程的平稳优化操作,提高设备的利用率,提高产品的合格率,降低企业的原材料和能源消耗,提高了企业的综合竞争能力。

三、化工自动化工程设计的内容

国际通用设计体制是21世纪科学技术和经济发展的产物,已成为当今世界范围内通用的国际工程公司模式。按国际通用设计体制,有利于工程公司的工程建设项目总承包,对项目实施“三大控制”(进度控制、质量控制和费用控制),也是工程公司参与国际合作和国际竞争进入国际市场的必备条件。按照国际通用设计体制的要求,自控专业工程设计阶段的工作可归纳为以下6个方面的内容:

- ① 根据工艺专业提出的监控条件绘制工艺控制流程图(PCD);
- ② 配合系统专业绘制各版管道仪表流程图(P&ID);
- ③ 采集用户对P&ID及仪表设计规定的意见;
- ④ 配合采购部门开展仪表和材料的采购工作;
- ⑤ 根据仪表制造商返回技术文件提交仪表接口条件,并开展有关设计工作;
- ⑥ 编(绘)制最终自控工程设计文件。

四、化工自动化工程设计具体任务

- ① 检测、控制、报警、联锁/停车和监控/管理计算机系统的设计;
- ② 选型设计;

- ③ 安装设计；
- ④ DCS、PLC 的系统配置、功能要求和设备选型及软件编制工作；
- ⑤ 仪表的环境防护措施的设计；
- ⑥ 接受其他专业的设计条件；
- ⑦ 控制室的设计；
- ⑧ 工厂生产过程计量系统的设计。

五、设计阶段划分

工程设计要分阶段进行，主要有以下几方面的原因。

(1) 便于审查 任何一项工程立项后，从投资规模、技术要求、现场条件等方面均需经有关部门审核批准，才能使整个工程按照科学的态度，正确地完成设计、施工任务。因此，设计分阶段进行，便于有关部门的审核，使设计工作逐步向深度开展。

(2) 随时纠正错误，以免施工中返工 设计工作是一项繁杂的工作，即使经过周密的考虑，总难免出现一些错误。如果不及时发现、纠正，必将在施工中出现返工，造成经济损失。分阶段进行设计，有利于经过多次审核、把关，及早发现问题，随时纠正，使施工中的返工现象尽量避免。

(3) 协调各专业之间的矛盾 一项工程的设计工作要涉及多个专业，各专业之间需互相配合、及时沟通，才能使整个工程设计合理、完善。这样，分阶段的设计，给各专业之间相协调与配合创造了有利条件。

设计分为三个阶段：

(一) 设计前期工作

1. 可行性研究

主要内容：

- ① 主要仪表选型原则；
- ② 提出仪表投资估算条件；
- ③ 向有关专业提出研究报告的编制条件；
- ④ 自动化水平；
- ⑤ 研究本专业的可行性研究报告。

2. 工程报价

主要内容：

- ① 控制方案；
- ② 设计原则、采用标准及规范；
- ③ 仪表选型；
- ④ 配合概算专业做好设备投资、材料费用的估算；
- ⑤ 向有关专业提出工程报价，编制条件；
- ⑥ 安装工程量及费用的估算；
- ⑦ 完成本专业工程报价文件。

(二) 初步设计工作

初步设计的目的：

- ① 报有关领导审批；
- ② 为生产施工单位订货做准备。

初步设计是根据批准的设计任务（可行性报告）进行设计。首先确定工业生产的自动化

水平，控制系统设计及详细说明。提出测量调节仪表、电气设备及主要材料、规格及数量，进行设计预算等。

1. 初步设计自控专业负责以下内容的工作

① 完成初步设计说明书；拟定控制系统、联锁系统的技术方案、仪表选型规定以及电源、气源的供给方案等。

② 完成初步的仪表清单、控制室平面布置和仪表盘正面布置方案，开展初步的询价工作。

③ 完成工艺控制流程图（PCD）。

④ 提出 DCS 的系统配置图。

⑤ 配合工艺系统专业完成初版管道仪表流程图（P&ID）。

⑥ 向有关专业提出设计条件。

2. 主要文件

(1) 初步设计说明书

① 设计指导思想及依据。省市等上级下达文件；现有工厂实验、生产资料。

② 工艺编程和环境特征（是否易燃、易爆、有毒）。

③ 自动化水平：根据国家改革、方针、法规、合理确定自动化水平，如部标 HG、国标 GB 等；除满足产品质量和安装外，考虑改善工人操作条件等；自动化水平采用方式及依据。

④ 控制方案确定、理论分析、方案比较。

⑤ 仪表选型原则和采用新技术、新产品的依据。

⑥ 主要系统选用说明。

⑦ 动力供应、电气容量：仪表供电（电源、电压、频率、容量），仪表供气。

⑧ 控制室建筑面积和控制室选择原则。

⑨ 设计中存在问题。

⑩ 其他说明。

(2) 完成初步的仪表清单、控制室平面布置图、仪表盘正面布置图。

(3) 完成工艺控制流程图。

(4) 提出 DCS 系统配置图。

(5) 配合工艺专业完成初版管道仪表流程图。

(6) 向有关专业提出设计条件。

(三) 施工图设计工作

施工图设计是初步设计的继续和深化，采用 DCS 的工程项目，主要设计文件的组成如下。

(1) 设计文件目录 列出工程设计的全部图表的名称、文件号、版次、图幅及张数。

(2) 仪表索引 以一个仪表回路为单元，按被测变量英文字母代号的顺序列出所有构成检测、控制系统的仪表设备位号、用途、名称和供货部门以及相关的设计文件号。

(3) DCS I/O 表 包括 DCS 监视、控制的仪表位号、名称，输入、输出信号，是否报警，是否提供输入、输出安全栅和电源。

(4) 联锁系统逻辑图 应采用逻辑符号表示出联锁系统的逻辑关系，包括输入、逻辑功能、输出三部分，必要时附简要说明。

(5) 仪表回路图 应用仪表回路图图形符号，表示一个检测或控制回路的构成，并表示该回路的全部仪表设备及其端子号和接线。对于复杂的检测、控制系统，必要时另附复杂系

统图、运算式、动作原理等加以说明。

(6) 仪表数据表 是与仪表有关的工艺、机械数据,对仪表及附件的技术要求、型号、规格及性能指标等。

(7) 控制室布置图 表示出控制室内的所有仪表设备的安装位置,如仪表盘、台、继电器箱、总供电盘、DCS 操作站、DCS 控制站、端子柜、安全栅柜、辅助盘和不间断电源(UPS)等。

(8) 仪表供电系统图 应用方块图表示出供电设备之间的连接系统。如 UPS、电源箱、总供电箱、分供电箱和供电箱等的连接系统,并标注供电设备的位号、输入与输出的电源种类、等级和容量。

(9) 仪表安装材料表 按辅助容器、电气连接件、管件、管材、型材、紧固件门、保护(温)箱、电缆桥架和电线电缆等类别统计材料,并列出各种材料代码、名称、材料标准号或型号以及设计量、备用量和申购量。

(10) 仪表位置图 是用仪表位置图图形符号表示出现场仪表安装的位置和标高,包括检测元件、基地式仪表、变送器、控制阀、现场安装的仪表盘(箱)等。

(11) 仪表电缆(管缆)及桥架布置图 表示出电缆(管缆)桥架的安装位置、标高和尺寸;电缆(管缆)桥架安装支架与吊架位置和间距,以及电缆(管缆)在桥架中的排列和电缆(管缆)编号等。

(12) DCS 系统配置图 以图形和文字表示由操作站、控制站、通信总线等组成的 DCS 系统结构,并附输入、输出信号的种类和数量以及其他硬件配置等。

(13) 端子(安全栅)柜布置图 表示出接线端子排(安全栅)在端子(安全栅)柜中的正面布置。标注相对位置尺寸、安全栅的位号、端子排的编号,并标示出设备材料表和柜的外形尺寸与颜色。

六、自控工程设计的程序

在接到一个控制工程项目后,进行自控工程设计时,一般按照以下的程序进行。

1. 熟悉工艺流程

这是自控设计的第一步。一个成功的自控设计,自控设计人员对工艺熟悉和了解的程度决定整个设计是否成功的重要因素。在这阶段还需收集工艺中有关的物性参数和重要数据。

2. 确定自控方案,完成管道仪表流程图

了解工艺流程,并在和工艺人员充分协商后,定出各检测点、控制系统,确定全工程的自控方案,在此基础上配合工艺系统专业完成管道仪表流程图。

3. 仪表选型,编制有关仪表信息的设计文件

在仪表选型中,首先要确定控制装置采用常规仪表还是 DCS 系统。然后,以确定的控制方案和所有的检测点,按照工艺提供的数据及仪表选型的原则,查阅有关部门汇编的产品和厂家的产品样本与说明书,调研产品的性能、质量和价格,选定检测、变送、显示等各类仪表的规格、型号,并编制出仪表数据表等有关仪表信息的设计文件。

4. 控制室设计

自控方案确定,仪表选型后,根据工艺特点,可进行控制室的设计。对采用常规时,首先考虑仪表盘的正面布置,画出仪表盘布置图等有关图纸。然后均需画出控制室图及控制室与现场信号连接的有关设计文件,如仪表回路图、端子配线图。在进行控设计中,还应向土建、暖通、电气等专业提出有关设计条件。

5. 节流装置和调节阀的计算

控制方案已定,所需的节流装置、调节阀的位置和数量也都已确定,根据工艺数据关计

算方法进行计算，分别列出仪表数据表中调节阀及节流装置计算数据与结果。并提出相关条件提供给管道专业，供管道设计之用。

6. 仪表供电和供气系统的设计

自控系统的实现不仅需要供电，还需要供气（压缩空气作为气动仪表的气源，对于仪表及DCS系统，由于目前还大量使用气动调节阀，所以气源也是不可少的）。为此需要设计仪表的供电、供气负荷大小及配制方式，画出仪表供电系统图、仪表空气管道平面图等设计文件。

7. 依据施工现场的条件，完成控制室与现场间联系的相关设计文件

土建、管道等专业的工程设计深入开展后，自控专业的现场条件也就清楚了。按照现场的仪表设备的方位、控制室与现场的相对位置及系统的联系要求，进行仪表电缆敷设设计工作。在此基础上可列出有关的表格和绘制相关的图纸，如列出电缆表、管缆表等，画出仪表位置图、仪表电缆桥架布置总图、仪表电缆（管缆）及桥架布置图和现场仪表配线图等。

8. 根据自控专业有关的其他设备、材料的选用等情况，完成有关的设计文件

自控专业除了进行仪表设备的选用外，这些仪表设备在安装过程中，还需要选用辅助的材料。

9. 设计文件的校审、签署和会签

为了保证初步设计和施工图设计的质量，各级岗位负责人员应对设计文件和图纸质量层层把关。设计、校核、审核、审定等各级人员要按各自的岗位责任，对设计文件认真负责地进行校审。为了使各专业之间的设计内容互相衔接，避免错、漏、碰、缺，各专业之间应对设计文件认真会签。

10. 参加施工、试生产考核和设计回访

施工图完成后，设计单位派出设计代表到现场配合施工，了解设计文件的执行情况处理施工中出现的设计问题，指导生产开车，参加试生产考核，直到全部工程交付生产。

七、自控工程设计中与其他专业的关系

1. 自控专业与工艺专业之间的关系

① 工艺专业设计人员必须向自控专业设计人员提供工艺流程图、主要控制系统和特殊检测要求（包括联锁条件）及条件表、节流装置计算数据、控制阀计算数据、差压式液位计计算数据、工艺数据表（包括容器、塔器、换热器、工业炉和特殊设备）和设备简图、安全备忘录以及建议的设备布置图。

② 自控专业设计人员与工艺专业人员一起共同研究，确定检出元件和控制阀安装位置，制定管道及仪表流程图，确定控制室的位置、控制室平面布置、仪表管线、电缆电线在现场安装、敷设的位置，确定自动化水平，确定仪表类型。

③ 自控专业设计人员应向工艺专业设计人员提出条件，包括工艺控制流程图；仪表在各类设备和管道的接口条件；控制阀、流量计的仪表数据表；仪表在各类设备上的接口条件；成套（配套）设备或装置的随机仪表的设计要求；联锁系统逻辑框图（需要时）以及程控系统逻辑框图或时（顺）序表（需要时）。

2. 自控专业与设备专业之间的关系

① 自控专业设计人员必须了解车间设备的大概情况，特别是塔设备、反应器、传热设备和传动设备的结构特点及性能。凡有仪表检出元件需要在工艺设备上安装时，必须与设备专业人员共同确定仪表部件在设备上的安装开孔位置和尺寸大小。特别是注意所开安装孔的方位、高低是否合适，是否符合仪表的安装要求，是否有利于仪表安装、调整和维修。

② 对于特殊仪表的机械设备和零件，可提请设备专业人员进行设计，自控专业提出设计条件和要求，设备专业设计人员有权提出反条件进行修改。