

化工自控 工程设计

俞金寿 何衍庆 邱宣振 编

华东化工学院出版社

• HUA GONG ZI KONG GONG CHEN SHE JI •

化工自控工程设计

俞金寿 何衍庆 邱宣振 编



华东化工学院出版社

责任编辑 范荷英
责任校对 潘乃琦

化工自控工程设计

Huagong Zikong Gongcheng Sheji

俞金寿 何衍庆 邱宣振 编

华东化工学院出版社出版

(上海市梅陇路130号)

新华书店上海发行所发行

上海崇江外文印刷厂排版

上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 10.5 字数 256 千字

1991 年 4 月第 1 版 1991 年 4 月第 1 次印刷

印数 1-3000 册

ISBN 7-5628-0119-3/TP·11 定价 2.80元

内 容 简 介

本书是生产过程自动化专业学生和自控专业人员从事实际工程设计的一本较完整的设计参考资料。作者根据近来自控设计的发展情况,主要介绍自控设计的一般程序、图例符号的统一规定、工程设计的初步设计和施工图设计的内容、设计深度等,并按照最新公布的国家标准与部委的技术规定,对化工自控设计的主要内容、有关规定及计算作了较详尽的介绍。随着计算机控制装置的发展,本书对计算机的有关内容也作了介绍,有一定的先进性及实用性。既适用于教学,也可供有关工程技术人员参考。

目 录

1 化工自控工程设计概述	1
1.1 工程设计的基本任务	1
1.2 工程设计的基本程序	2
1.3 初步设计的内容和深度	4
1.3.1 初步设计说明书	4
1.3.2 带控制点工艺流程图	4
1.3.3 仪表设备及主要材料表	5
1.3.4 自控设计概算	6
1.4 工程总体设计中的相互关系	6
1.4.1 自控专业与工艺专业的关系	6
1.4.2 自控专业与设备专业的关系	8
1.4.3 自控专业与电气专业的关系	8
1.4.4 自控专业与建筑结构专业的关系	8
1.4.5 自控专业与采暖通风专业的关系	9
1.4.6 自控专业与水道专业的关系	9
2 化工自控工程设计符号	10
2.1 过程检测、控制系统的设计符号	10
2.1.1 图形符号	10
2.1.2 字母代号	16
2.1.3 仪表位号	18
2.1.4 设计符号应用示例	20
2.2 分散控制、共用显示仪表、逻辑和计算机系统的设计符号	48
2.2.1 图形符号	48
2.2.2 字母代号	49
2.2.3 报警	51
2.2.4 设计符号应用示例	52
2.3 施工图设计的设计符号	57
2.3.1 平面敷设图中的图形符号	58
2.3.2 字母代号	61
2.3.3 仪表管、线编号原则及用法说明	62
3 施工图设计	65
3.1 施工图设计文件的组成	65

3.2 施工图内容说明	67
3.2.1 自控图纸目录	67
3.2.2 说明书	67
3.2.3 自控设备汇总表	67
3.2.4 自控设备表	68
3.2.5 综合材料表	68
3.2.6 电气设备材料表	68
3.2.7 电缆电线、管缆、测量管线等表	68
3.2.8 管件加工件明细表	71
3.2.9 带控制点工艺流程图	71
3.2.10 仪表盘正面布置(总)图	71
3.2.11 半模拟盘正面布置图	72
3.2.12 供电系统图	72
3.2.13 信号及联锁原理图	72
3.2.14 继电器箱正面布置图	72
3.2.15 仪表盘背面电气接线图	72
3.2.16 仪表盘背面气动管线连接图	73
3.2.17 仪表供气空视图、伴热保温系统图	73
3.2.18 气动管线外部连接系统图	74
3.2.19 电缆、电线外部连接系统图	74
3.2.20 供电箱(或接线端子箱)接线图	74
3.2.21 电缆、管缆平面敷设图	74
3.2.22 复杂控制系统图	75
3.2.23 非标准部件安装制造图	75
3.3 DCS系统施工图内容说明	75

4 化工自控工程设计

4.1 带控制点工艺流程图的制定	78
4.2 仪表的选型	79
4.2.1 选型原则	79
4.2.2 温度测量仪表的选型	79
4.2.3 压力测量仪表的选型	81
4.2.4 流量测量仪表的选型	81
4.2.5 物位测量仪表的选型	84
4.2.6 过程分析仪表的选型	88
4.3 控制室的设计	95
4.3.1 控制室位置的选择	95
4.3.2 控制室的仪表盘平面布置	96
4.3.3 控制室的面积	96

4.3.4	控制室的建筑要求	97
4.3.5	控制室的采光和照明	98
4.3.6	控制室的空调	98
4.3.7	控制室的进线方式和电缆、管缆敷设方式	98
4.3.8	控制室的安全保护	99
4.3.9	仪表盘结构和盘面布置	99
4.3.10	仪表盘盘内配线和配管	99
4.3.11	操纵台和模拟盘的设置	100
4.4	信号报警和联锁系统的设计	100
4.4.1	信号报警系统的要求和功能	100
4.4.2	信号报警系统用的故障检出元件	100
4.4.3	信号报警器的选用	100
4.4.4	信号报警系统的布置和配线	101
4.4.5	联锁系统的要求和基本功能	101
4.4.6	联锁系统的附加功能	102
4.4.7	联锁系统的故障检出元件	103
4.4.8	可编程序控制器程序条件的编写	103
4.4.9	可编程序控制器输入输出点数的确定	107
4.4.10	程序容量的估算	107
4.5	仪表供气供电的设计	107
4.5.1	仪表供气的设计	107
4.5.2	仪表供电的设计	110
4.6	仪表配管和配线	112
4.6.1	测量管线	112
4.6.2	电缆、电线的选用	112
4.6.3	气动信号管线的选用	114
4.6.4	配线的基本要求	114
4.6.5	配管的基本要求	115
4.6.6	管、线、缆的敷设	115
4.7	仪表设备的防护	117
4.7.1	防爆问题	117
4.7.2	防腐蚀问题	120
4.7.3	防冻及防热问题	125
4.7.4	防尘问题	129
4.7.5	防震问题	130
4.8	控制阀的选择	130
4.8.1	控制阀流量系数 K_v 的计算和控制阀口径的确定	130
4.8.2	控制阀计算参数的确定	136
4.8.3	控制阀的选型	137

4.8.4	计算示例	141
4.9	节流装置的计算	142
4.9.1	基本工作原理和计算公式	142
4.9.2	流量计算公式中参数的确定	143
4.9.3	差压上限的选择	145
4.9.4	孔径比 β 的求取	147
4.9.5	开孔直径 d 的计算	149
4.9.6	验算	150
4.9.7	误差估算	150
4.9.8	节流装置计算机通用计算程序	152
4.10	化工自控计算机辅助设计软件包	155
4.10.1	系统的运行环境	156
4.10.2	PCCAD 的特点	156
4.10.3	分程序组成和功能	157
	参考文献	160

1 化工自控工程设计概述

随着石油化学工业的迅速发展以及自动化装置的开发,对自动化提出了更高的要求,工业生产自控设计的任务也越来越繁重。究竟怎样才能做好化工自控工程设计,值得广大自控设计人员进行探讨。为了对化工自控工程设计有一个比较系统的了解,本章将介绍化工自控工程设计的基本任务、工程设计的基本程序以及进行设计的一般工作过程。

1.1 工程设计的基本任务

工程设计工作是国家基本建设的一个重要环节。国家计划建设的工程项目,首先要用设计文件 and 设计图纸体现出来。设计资料一方面可以供给上级机关对该建设项目的审批,另一方面可以作为施工建设单位进行施工安装和生产的依据。由此可见,设计工作对工程建设起着指导性的作用。为此,在作设计时,设计人员应具有正确的设计思想。

在接受设计任务时,设计人员首先要认真领会设计任务书的要求,即根据部、省、市级机关下达的设计文件,按要求进行准备工作,要认真地贯彻党的各项经济建设的方针和政策,严格地贯彻执行一系列技术条例和规定,要深入实际作调查研究,根据现有同类型工厂或试验装置的生产经验及技术资料,使设计建立在可靠和可行的基础上。同时,在准备阶段应针对工程的情况,对国内外自动化水平、仪表的制造质量和供应情况、当前生产中的一些技术革新情况等内容进行调查研究。只有通过深入细致的调查研究,虚心向生产厂的有经验的工人和工程技术人员学习,取得第一手的材料,才能作出正确的判断,做出合理的设计。

自控设计人员必须掌握本专业的基本知识。首先要了解自动化技术工具(包括计算机、可编程控制器、DCS系统等)的特性和基本的自动控制原理,还应了解化工装置的特性和单元操作的有关知识。同时需要掌握机械制图的基本知识以及有关计算工具的使用方法,熟悉技术资料的查阅和情报交流的手段等方法。

在设计时设计人员要贯彻勤俭建国的方针,加强经济观点。对自动化水平的确定要适合国情,对自动化仪表投资进行经济概算,认真进行经济分析,比较各种方案的经济效果,使工程设计尽可能地达到又好又省的要求。

工程设计任务的类别,一般有新建项目的工程设计、老厂的改造扩建工程设计、援外项目工程设计和引进项目配套工程设计等。此外还有工程开发设计和有关试验装置的设计等。

化工自控工程设计是为实现生产过程的自动化,而用图纸资料和文字资料表达出来的全部工作。具体地说,要进行下述一些工作:

- (1) 从我国实际情况出发,确定自动化水平;
- (2) 各种检测参数的确定;

- (3) 主要参数的控制系统的设计;
- (4) 工艺过程必要的信号和联锁保护系统的设计;
- (5) 控制室、仪表盘的设计;
- (6) 仪表车间的设计。

1.2 工程设计的基本程序

工程设计一般按照两个阶段来进行,即初步设计和施工图设计。对采用新技术和复杂的尚未掌握成熟的工程设计,必须进行三段设计:初步设计、技术设计和施工图设计。

设计工作之所以要分阶段进行,是为了便于审查,以保证党的方针政策及各项技术规定的贯彻;同时可以及时纠正错误以免施工中造成返工,及时协调各专业之间的矛盾,使设计工作能顺利地按计划完成。

国内一般采用的设计程序如图 1-1 所示。自控专业必须与整个工程设计紧密配合。在初步设计阶段,自控专业设计人员必须了解工艺流程特点,与工艺人员共同商讨,确定控制方案,正确进行自动化仪表和其他自动化技术工具、主要材料的选型,确定中央控制室设置的水平、动力供应的要求,提出存在的问题及需要试验的项目。在初步设计阶段发现的一些技术问题可结合施工图设计准备工作进行调研。初步设计审批文件下达后,就可开始施工图设计工作。在施工图设计过程中最好能与工程的施工单位和生产单位配合,这对保证工程建设的质量有好处。施工图完成后,将设计文件和施工图下发给生产单位及施工建设单位,进行施工准备、订货、制造和生产准备工作。

工程设计的基本程序如下:

(1) 初步设计 初步设计的主要目的是报有关部门和领导审批,并为订货作好准备。在该设计中要确定工艺生产的自动化水平,对重要的控制系统作出详细的说明,提出控制测量仪表、电气设备、主要安装材料的规格和数量,完成设计概算。

(2) 施工图设计 施工图是进行施工用的技术文件。是在初步设计完成以后,经过审批再进一步编制的图纸资料。因此,必须从施工的角度出发,解决设计中的细节部分。在施工图设计完成后,不允许再留下技术上未解决的问题。图纸的多少可根据施工单位的情况和系统的复杂程度确定。详细内容在第三章中介绍。

(3) 设计文件的校审、签署和会签 为了保证设计质量,初步设计和施工图设计的文件和图纸,应由各级岗位的人员负责对设计质量层层把关。设计、校核、审核、审定等各级人员,要按各自的岗位责任制,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。

(4) 参加施工、试生产考核 施工图完成后,设计代表应到现场配合施工,了解设计文件的执行情况,处理施工中出现的 design 问题,指导开车,参加试生产考核,直到全部基建工程交付生产。设计代表应认真记录,积累在施工、试车中有关设计问题的资料,并加以整理、总结、分析,找出产生的原因,改进工作,改善管理,提高设计水平。

(5) 设计回访 当基建工程经考核验收移交生产后的适当时间,要派出设计人员对所设计的工程进行回访。设计回访的目的是调查了解生产使用情况,学习现场技术革新的经验,虚心吸取生产单位对设计的意见,在充分占有第一性资料的基础上,按专业或专题加以总结。

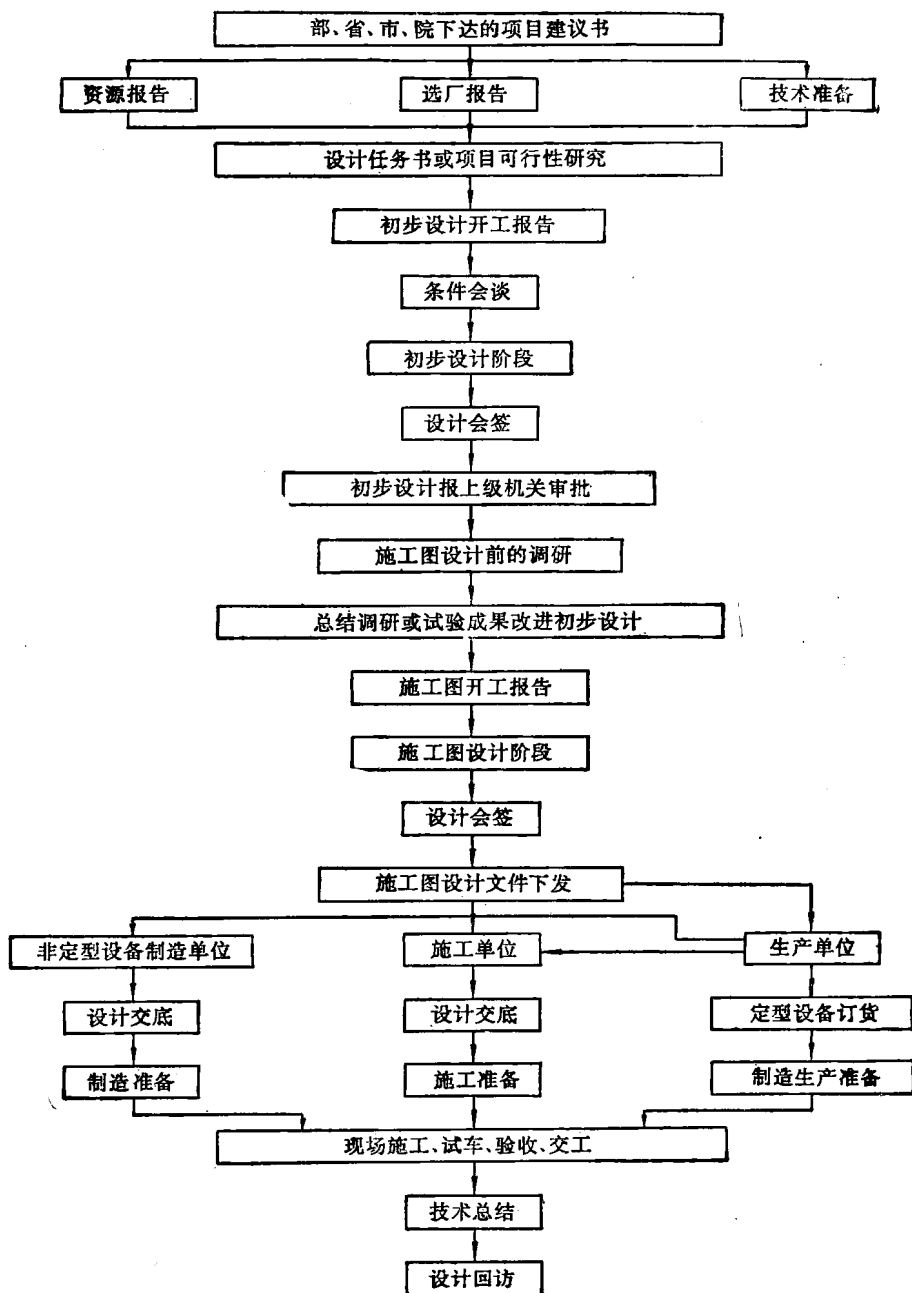


图 1-1 工程设计的基本程序

1.3 初步设计的内容和深度

有些设计为初步设计,而有些设计则为扩大初步设计。它们的基本任务是相似的,不同点是在设计内容和深度上扩大初步设计比初步设计要全面一些和深入一些。

初步设计应根据批准的计划任务书(设计任务书)进行。初步设计资料文件要有一定的深度,以便上报有关部门和领导审批,并为施工建设单位作好订货准备。初步设计资料文件是施工图设计的依据。

初步设计首先要确定工艺生产的自动化水平,对重要的控制系统要作出较详细的说明,提出控制测量仪表、电气设备及主要安装材料的规格和数量,完成设计概算。

1.3.1 初步设计说明书

初步设计说明书是初步设计的主要内容之一。它的作用是便于审批者和作施工图设计时了解本设计的基本情况。初步设计说明书大致有如下几方面的内容:

(1) 初步设计的依据和设计指导思想 初步设计的依据首先是部、省、市级机关下达的设计任务书和有关的设计文件。同时要依据现有工厂或试验装置的实际生产经验及技术资料,以及根据专业分工的原则,由工艺专业人员提出的自控初步设计工艺条件。在设计时要贯彻和执行党和国家对基本建设的各项方针和政策。

(2) 工艺流程和环境特征 简要地说明装置的生产任务、工艺流程的组成及环境特性,如爆炸、腐蚀、毒性、灰尘、潮湿、抗干扰等。

(3) 自动化水平和控制方案的确定 根据设计文件的精神,按工艺专业提出的自控初步设计工艺条件,确定自动化水平和仪表的选型,阐述集中控制或分散控制的原则。

(4) 对复杂控制系统的说明 对于某些重要工艺操作参数的遥控和自动控制系统的的作用原理,以及重要的工艺操作参数的信号报警和传动设备联锁装置的动作原理,都要作简单的说明。

(5) 动力供应 自控仪表设备需要的动力,有电源、热源和气源等。对仪表的供电,应说明仪表供电的来源,对电源电压、频率、容量、供电等级等;对仪表的供气,应说明压缩空气的来源,仪表用气的总气量、压力、露点等。对仪表用气的要求,应基本上是无水、无油、无尘的气源。此外,对仪表和导压管的保温,应说明采用的伴热方式、对热源的要求等。仪表的伴热一般用蒸汽伴热或电伴热。

(6) 安全技术措施 采用的有关防爆、防火、防腐、防尘、防冻、防潮、防热、抗干扰、静电接地及电气安全措施。

(7) 控制室的确定 确定控制室的位置、建筑面积的大小,是否采用空调或一般采暖通风等要求。

(8) 新技术、新方案采用的依据。

(9) 初步设计中存在的问题及解决的方法。

1.3.2 带控制点工艺流程图

带控制点工艺流程图是由工艺专业人员和自控专业人员共同研究绘制的。它是工艺生

产过程自动化在图纸上较全面的反映。带控制点工艺流程图是用自控文字符号和图形符号在工艺流程图上描述生产过程的自动化水平。因此,它是自控设计主要内容之一。

带控制点工艺流程图在技术上主要是考虑每个控制方案中的被控变量、测量点位置、控制手段(操纵变量)的实现方法以及每个控制系统相互之间的关系。

在制定控制方案时,必须熟悉产品生产的工艺过程,要详细了解生产过程的机理、特点、物料的特性、设备的情况,同时要详细调查操作过程及注意事项。否则,将会给生产带来严重的影响。在选取方案时,必须考虑实际效果。对没有把握的控制系统,要经过试验。此外,要注意控制系统相互之间的影响,要看到局部更要看到全局。

控制点位置的选择,主要考虑是否能正确、迅速反映被控变量、是否便于检测元件的安装等。

1.3.3 仪表设备及主要材料表

1.3.3.1 自控设备汇总表

自控设备汇总表是自控设计概算的依据之一,也是仪表设备订货的参考依据(施工图设计时自控设备汇总表是设备订货的主要依据)。

汇总表按下列顺序进行汇总,并分别列出小计和总台件数。

- (1) 温度测量仪表;
- (2) 压力测量仪表;
- (3) 流量测量仪表;
- (4) 物位测量仪表;
- (5) 成分分析仪表;
- (6) 机械量仪表;
- (7) 显示仪表;
- (8) 控制器;
- (9) 执行器和控制阀;
- (10) 辅助装置;
- (11) 气动单元组合仪表;
- (12) 电动单元组合仪表;
- (13) 液动控制成套仪表;
- (14) 程序控制器;
- (15) 计算机装置及配套设备;
- (16) 仪表盘(箱);
- (17) 其他。

1.3.3.2 电气设备材料表

电气设备材料表所列设备材料作为编制概算和设备材料订货的依据之一。

要求所列顺序应逐类按不同技术规格分别填写。备品只考虑电气设备。备用材料按统计总量增加5%~10%列入相应的电气材料数量内。

初步设计中必须将贵重电气设备材料列入表中,如补偿导线、电缆、有色金属导线等。其他待施工图设计时详细列入。

1.3.3.3 综合材料表

综合材料表所列材料作为设计概算的依据之一。材料数量统计按统计总量增加10%~15%填写。

表内应包括以下几项内容:

- (1) 按控制点和控制系统统计安装材料;
- (2) 仪表盘上的安装材料;
- (3) 控制室内、外配管、管架(按原材料统计);
- (4) 现场仪表安装及保温材料;
- (5) 现场仪表箱、保温箱和管缆接管箱如属现场制造,则按原材料统计;如属定型产品外购,必须按不同规格、型号,分类统计;
- (6) 加工件折合成原材料统计;
- (7) 有些材料如须统计重量,应在备注中注出重量。

初步设计中必须将贵重材料尤其是有色金属材料列入表中。钢材可按重量列入,具体规格、尺寸待施工图设计时详细列入。

1.3.4 自控设计概算

初步设计阶段的设计概算,自控专业人员应与概算专业人员配合。自控专业人员应提供仪表设备汇总表和材料表及单价,有关设备费的汇总。设备运杂费、工资、间接费、定额依据、技术经济指标等均由概算人员编制。

新产品或试制产品的估价可由试制单位提供或者由设计、概算人员共同估价。一般的仪表设备和材料在有关的资料上均可以找到单价。

自控安装指标,可根据自动化水平、仪表集中控制的程度,确定设备安装费占设备原价的百分数。若自动化水平高,仪表集中程度高,则该百分数要小些。

1.4 工程总体设计中的相互关系

自控专业的设计内容,是工程总体设计的一部分。设计工作的各部分具有密切的有机联系,是完整统一的整体。因此,自控专业设计人员除了应该精通本专业设计业务知识以外,还必须加强与外专业的联系,互相合作,密切配合,只有这样,才能做好设计,才能真正反映设计人员集体劳动的成果。

1.4.1 自控专业与工艺专业的关系

自控专业与工艺专业有着十分密切的关系,主要表现在:

(1) 工艺专业设计人员必须向自控专业设计人员详细提出控制点条件表,填写内容见表1-1。必须向自控专业设计人员详细提出执行装置和节流装置的计算数据。表1-2是控制阀计算数据条件表。根据工艺专业设计人员提供的条件表及计算数据,自控专业设计人员可以提出反条件,要求工艺专业对条件进行适当的修改或补充。对于各种条件与反条件表,应该二级(设计、校核)签字。

(2) 工艺专业设计人员必须了解节流装置、控制阀,以及温度、压力、流量、液位等仪表

检出元件根部部件的安装尺寸或与它们配用的截止阀、法兰等的规格。如果需要,可以和自控专业设计人员共同磋商解决。

(3) 自控专业设计人员必须了解工艺流程及车间布置的特点,特别是工艺的防爆、防腐、防堵等方面的要求。应该熟悉化工单元的操作和控制。

(4) 自控专业人员应与工艺专业人员共同研究,确定带控制点的工艺流程、确定工程的自动化水平和自控设计的总投资。对于带控制点工艺流程图、工艺车间平面配管图,自控专业设计人员在设计会签阶段,应该精心细致地进行核对,及时改正错误和补充遗漏的地方,在会签结束时,应在有关图上签字。

1.4.2 自控专业与设备专业的关系

自控专业设计人员必须了解车间设备的大概情况,特别是塔设备和传动设备的结构特点及性能。工艺设备上有仪表检出部件需安装时,工艺设备专业设计人员需将作为工艺-设备条件用的设备条件图与自控专业设计人员共同磋商,以便确定仪表检出元件的安装方位和大小。自控专业设计人员应在设备小样图上会签。要注意所开安装孔的方位、高度等是否合适,是否符合仪表的安装要求,同时有利于调整和维修。

对于开孔的要求,自控专业人员可根据《自控安装图册》(YHS₄-1-74, K01~17, 21)或其他通用图的规定,提出详细的条件表。对于特殊仪表的零件和机械设备,应提请设备专业人员进行设计。设备专业设计人员有权提出反条件进行修改。

温度计、液位计等检出元件的插入长度及安装高度等,应由自控专业设计人员根据工艺要求及设备特点来确定。

1.4.3 自控专业与电气专业的关系

自控专业设计人员应向电气专业设计人员提出仪表供电电源的等级、供电电压、允许电压波动的范围和耗电的总容量(包括备用负荷)。对重要装置或负荷,应提出备用电源、不间断电源等的供电要求。应向电气专业设计人员提出控制室盘前、盘后及就地仪表的照明要求、备用插座类型及规格、数量等要求。

应与电气专业设计人员共同确定信号联锁系统、泵、压缩机的启动、停止信号和按钮在盘上的布置关系。电气接线以仪表盘端子排为界限,有关电气设备、元件及电气仪表的配线均由电气专业设计。控制室的接地网络和防雷措施的设计,均由自控专业设计人员提出适当的要求,由电气专业人员进行设计。

为防止动力电源对仪表信号的干扰,电气专业供电系统的电缆要求与仪表信号电缆分开敷设。

1.4.4 自控专业与建筑结构专业的关系

自控专业设计人员应向建筑结构专业设计人员提出控制室的结构、建筑的要求及仪表修理车间、辅助房间的土建条件。应提出地沟和预埋件的土建条件。当楼板、墙上穿孔大于 $300 \times 300\text{mm}$ 时,必须向建筑结构专业提出条件,予以预留,当穿孔小于该值时,可提出预留,也可由施工决定。

自控专业设计人员还应根据仪表及管线的安装敷设位置,提出防雨、防潮、防热辐射、防

晒、防强电干扰及防噪音等要求。

建筑结构专业设计人员有权向自控专业提出反条件,提请自控专业设计人员考虑和修改。有关的土建成品图应由自控专业设计人员会签,予以确认。

1.4.5 自控专业与采暖通风专业的关系

自控专业设计人员应提出控制室的采暖通风的条件、防爆正压送风的要求等,以及采暖设备、蒸汽(热水)、回水管、送风、排风管道等在控制室内的安装位置。控制室要求空调时,必须提出室内温度和相对湿度的要求。

空调机组及通风工艺流程的自控设计,必须与采暖通风专业密切配合,主导专业是采暖通风专业。其条件、关系等,应当同工艺专业一样处理。

1.4.6 自控专业与水道专业的关系

水道专业设计人员可根据实际需要,向自控专业提出设置流量计量仪表等要求。水道系统所需的温度、压力、流量等仪表的安装位置,由水道专业设计人员提出,自控专业设计人员根据仪表安装要求向建筑结构专业提出有关土建条件(特别是地沟和野外仪表房设置的建筑要求)。

除了上述专业外,尚有外管、机修、总图等专业,它们与自控专业的关系不十分密切,设计工作中可酌情处理,这里不多叙述。

综上所述,各专业的相互合作是做好设计工作的重要环节,也体现了工程设计是统一的有机体,内部有着密切的联系。自控专业作为这个有机整体的一部分,应充分重视与其他部分的联系,只有这样,才能确保整个工程的设计质量,才能确保自控专业的设计质量。