

控制工程项目指南

——过程自动化工程

西门子杯全国大学生控制大赛组委会

孙洪程 马 昕 谢 非 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

控制工程项目指南

——过程自动化工程

Kongzhi Gongcheng Xiangmu Zhinan — Guocheng Zidonghua Gongcheng

西门子杯全国大学生控制大赛组委会

孙洪程 马 昕 谢 非 编

湖北工业大学图书馆



01290228

-30

Tp273-43/60



3



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

刚毕业的大学生或初入工程领域的新人,往往会产生工程是什么、怎样做工程、工程项目都包含哪些工作、如何开始一个工程项目等问题,实际上这些问题正是由学术思维向工程思维转化时不可避免的问题。为了给自动化专业的新人一个框架式的、提纲挈领的工程项目引导,本书将自动化工程项目所涉及的主要内容,按照项目实施过程分别加以介绍。

本书分别从项目流程、系统分析、工程设计、工程实施、试运行及验收和项目管理这几个方面介绍了自动化工程项目所涉及的主要内容。书中结合工程项目的各部分内容,介绍了西门子杯全国大学生控制大赛优秀参赛作品的例子作为参考案例。

图书在版编目(CIP)数据

控制工程项目指南——过程自动化工程/孙洪程,马昕,谢非编. —北京:高等教育出版社, 2011.10

ISBN 978-7-04-032255-2

I. ①控… II. ①孙… ②马… ③谢… III. ①过程控制-高等学校-教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 186011 号

策划编辑 韩 颖
插图绘制 尹 莉

责任编辑 王耀锋
责任校对 刘 莉

封面设计 于文燕
责任印制 田 甜

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京铭传印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 13.5
字 数 290 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2011 年 10 月第 1 版
印 次 2011 年 10 月第 1 次印刷
定 价 25.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 32255-00

前言

学完了4年的自动化专业,你知道真实世界里的自动化工程项目是怎么进行的吗?为什么上课学得很好,但是在工程项目中遇到实际问题就不知道从何下手呢?学校的实践教学环节与真实世界的自动化工程项目相比,差异到底在哪里?

自动化工程项目是什么?怎样做一个自动化工程项目?自动化工程项目都要经历什么环节?自动化工程项目过程是怎样的?怎样才能做出成熟的、能让甲方满意的自动化工程项目?

与国外优秀的自动化工程师相比,我们的工程师主要欠缺在哪里了?

这是一本关于讲述如何进行(过程)自动化工程项目的入门书,是一本指南。书中会对上述问题给出一些描述,是一本写给即将进入社会的高等院校自动化专业学生的一本从业指导书。

在这本书里,我们将告诉你:

一项完整的自动化工程项目全流程中需要经历哪些?注意哪些?

在工程项目分析过程中,哪些工具和方法可以帮助你理清思路?

在工程项目设计过程中,如何进行设备选型以及总体设计、基础控制系统设计、安全控制系统设计、人机界面设计、电气设计等各项设计工作?如何使用符合行业标准的符号来表达设计意图?

在项目实施过程中,如何进行信号接线、组态、编程、调试和质量监督等相关工作?都需要注意哪些问题?

如何进行自动化工程项目管理?

当然,本书的最后还将提供一个工程案例供参考。

本书试图帮助刚刚进入工程领域的人,特别是刚刚毕业的大学生,建立起一个工程项目的轮廓,帮助学生建立其工程思维。学会用工程思维面对工程问题。同时该书附录中介绍了著名的西门子杯全国大学生控制大赛,这是一项由教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主办的赛事。这是一项以工程应用为主导的赛事,注重工程的可实施性、方案的合理性、技术的创新性。这项赛事对学生的工程教育是十分有益的。

如果你准备出国、准备考公务员、准备做销售,这本书不适合你。

但是,如果你准备成长为一名优秀的自动化工程师,那么,这本书可以帮到你!

华东理工大学顾幸生教授,宝钢集团有限公司任德祥教授对本书进行了审阅,提出了非常宝贵的意见,在此表示非常感谢。

参与本书编写的人员还有:李文博、王平、杨钊、杨天治。

作者

于2011年2月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

TP273-43/60

湖北工业大学图书馆



01290228

目 录

第 0 章 绪论	1	2.3 对象特性分析	20
0.1 卓越工程人才培养正在成为 中国高等教育的主流	1	2.3.1 机理数学模型	21
0.2 目前高等教育在工程人才 培养方面面临的挑战	2	2.3.2 经验数学模型	22
0.3 卓越工程人才能力模型	3	2.3.3 混合模型	23
第 1 章 项目流程绪论	6	2.4 工艺流程分析	23
1.1 控制工程项目中的专业 责任范围	9	2.4.1 作用	24
1.1.1 自控专业与工艺、系统专业 责任划分	10	2.4.2 影响关系分析	24
1.1.2 自控专业与管道专业责任 划分	10	2.4.3 系统状态分析	25
1.1.3 自控专业与电气专业责任 划分	10	2.4.4 顺序流程分析	25
1.2 控制工程项目的一般执行 流程	11	2.4.5 常用分析工具	25
1.3 控制工程项目评价	13	2.5 安全分析	29
1.3.1 方案评价	13	2.5.1 风险定义	29
1.3.2 项目过程评价	14	2.5.2 风险等级	30
1.3.3 项目结果评价	14	2.5.3 风险辨识	32
1.4 控制工程的层次	14	2.5.4 防护层分析与安全仪表 系统	35
第 2 章 系统分析	17	第 3 章 工程设计	38
2.1 系统分析的重要性	17	3.1 工程设计的流程与阶段	38
2.2 客户需求分析	18	3.1.1 工程设计阶段划分	38
2.2.1 自动化水平考虑	18	3.1.2 自控工程设计方法和 程序	41
2.2.2 生产控制要求	18	3.1.3 工程设计表达与图例符号 规定	47
2.2.3 可靠性、安全要求	19	3.2 控制需求分析	55
2.2.4 管理要求	19	3.3 系统总体结构设计	58
2.2.5 技术经济要求	20	3.3.1 系统网络设计	58
		3.3.2 控制系统规模选择	59
		3.3.3 系统总体框图	60
		3.4 基础过程控制系统设计	64
		3.4.1 控制方案设计	64

3.4.2	检测元件(仪表)的选择	70	5.1.1	时间管理介绍	134
3.4.3	执行器(控制阀)的选择	83	5.1.2	时间管理理论	135
3.4.4	工程表达	89	5.1.3	时间管理的方法	135
3.5	安全仪表系统设计	102	5.2	质量管理	136
3.5.1	SIL 计算	102	5.2.1	质量管理介绍	136
3.5.2	检测、执行、控制器的冗余设计	103	5.2.2	质量技术	136
3.5.3	安全仪表系统的 SIL 评估方法	105	5.2.3	质量计划	137
3.5.4	工程表达	107	5.2.4	质量保证	138
3.6	人机界面设计	108	5.2.5	质量控制	138
3.6.1	OS 站画面设计	108	5.3	人员管理	139
3.6.2	报警、确认、紧急停车按钮	110	5.3.1	人员管理介绍	139
3.7	电气设计	111	5.3.2	人员管理要点	139
3.7.1	供电设计	112	5.3.3	人员管理的技巧——“刺猬”理论	140
3.7.2	中央控制室的电气柜设计	114	5.4	经费管理	141
第 4 章	工程实施、试运行及验收	116	5.4.1	经费管理介绍	141
4.1	工程的实施	117	5.4.2	项目成本管理估算方法	141
4.1.1	实施条件	118	5.5	风险管理	143
4.1.2	实施工作内容及相互关系	118	5.5.1	风险管理介绍	143
4.1.3	信号接线与调试	119	5.5.2	风险管理的各个步骤	144
4.1.4	故障诊断与排除	125	5.5.3	风险管理方法	145
4.1.5	系统调试步骤	125	5.6	采购管理	146
4.1.6	控制器组态	127	5.6.1	采购管理介绍	146
4.1.7	质量监督	129	5.6.2	制定采购计划	147
4.2	自动化工程的试运行及验收	129	5.6.3	过程管理	147
4.2.1	仪表的调校	129	5.6.4	成本分析	148
4.2.2	仪表系统的试运行	129	5.7	项目管理案例与经验	149
4.2.3	仪表工程的交工验收	130	第 6 章	参考案例	154
第 5 章	项目管理	133	6.1	比赛题目	154
5.1	时间管理	134	6.2	CSPAC-04-22 号参赛队伍作品(部分)	157
			6.2.1	被控对象的工艺流程概述	158
			6.2.2	加热炉控制方案设计	158
			6.2.3	加热炉过程开车设计	162

6.2.4 安全仪表系统的方案 设计	162	6.3.6 控制方案实施	189
6.2.5 加热炉控制系统设计	165	附录 1 西门子杯大赛简介	191
6.3 CSPAC-04-02 号参赛队伍		附录 2 设计文件目录	197
作品(部分)	169	附录 3 自控专业工程设计用标准及	
6.3.1 序言	169	规范	199
6.3.2 加热炉对象分析	170	附录 4 关于反馈、控制器正反作用和	
6.3.3 加热炉控制方案设计	175	执行器安全位置	202
6.3.4 自控设备的选择	188	参考文献	204
6.3.5 仪表供电系统设计	188		

第 0 章

绪 论

——卓越工程师培养的一些思考

0.1 卓越工程人才培养正在成为中国高等教育的主流

不可否认的是,任何一个大国都会把工业水平作为衡量综合国力的一项重要参数。对于人口和地域都庞大的中国来说,更是要以雄厚的工业基础作为民族振兴的基础。随着“中国制造”在全球的广泛传播,中国正在世界舞台上扮演越来越重要的角色。

然而,随着这几年国际竞争的加剧和国际环境的变化,“中国制造”同样开始面临巨大的挑战。因为,缺乏自主创新能力、高端设计能力和研发能力的低端制造业其本质是一个代加工行业,在整个产业链中处于非常不利的地位。中国要想真正成为世界强国,制造业水平必须要提升到新的高度。

因此,胡锦涛总书记、温家宝总理等国家领导人已经明确提出了中国工业的发展方向要从制造业大国向制造业强国转型,要成为创新型、设计型大国。这是我们在面临国际生存压力下做出的正确选择。然而,国家这一宏伟战略目标是否能够实现,关键在于人才!我们国家如果没有一大批卓越的工程人才,制造业转型无从谈起。因此,从这个意义上讲,卓越工程人才的培养是国家战略转型的第一步,也将成为中国高等教育的主流之一。

正是源于此,教育部在2010年启动了一项重点工程——卓越工程师教育培养计划,其目的就是为了探索一条工程人才培养的中国之路。在该培养计划的指导性意见里,教育部也明确提

出了对工程硕士生的要求是具备应用研发能力,博士生的要求是具备创新研究能力。这代表着中国高等教育改革的一项巨大进步。

然而,前方的道路并不平坦。卓越工程人才如何定义,如何培养,如何评价……许许多多的问题摆在我们教育工作者面前,需要我们去努力探索。

0.2 目前高等教育在工程人才培养方面面临的挑战

“千里之行,始于足下!”

挑战与机遇一向是共存的。高等教育对工程人才的重视代表了教育务实的一种回归。因此作为直接面向社会就业和企业用人需求的工程人才培养,必须要遵循务实为第一要务的原则,从人才培养的目标、体系和评估等多方面必须要与社会需求相结合。作为教育部门,我们必须时刻以服务之心满足社会、国家对人才的要求。

当前高校对工程人才培养探索中,我们认为以下几项属于关键问题。

1. 需求分析是重中之重

这是工程教育改革的方向性问题。教育部门本质上是服务部门,对人才的培养必须要遵循社会的需求和学生成才的需求。如何办出让人民满意的教育,首要问题是进行深入的教学目标需求分析,即我们要培养什么样的人。只有对人才培养的目标明确,教育改革的各项措施才能找到正确的方向,具体教学内容的改革才能具有针对性。在教学目标的需求分析过程中,尤其要避免高校关起门来自己搞一套的做法,应当敞开大门,将社会上用人单位请进学校,倾听企业对人才的要求,结合国家对人才中长期发展的需要,建设合理的教学体系。

2. 探索新机制,努力改善工程人才培养环境与条件

工程人才培养必须依赖一流的实践环境。脱离了大量的实验、实训等实践环境,工程人才的培养只会是纸上谈兵。长期以来教育部门与产业部门的脱节,导致在现实中高校对工程人才培养缺乏良好的条件。必须因地制宜地探索出一条工程实践的新机制,努力改善工程实践环境与条件。

3. 多元化发展与多元化评价

工程人才培养应当依据各自的优势积极探索多元化发展的道路。社会需要各层次、各专业,尤其是独具个性和特色的工程型人才。就像我们要小心翼翼地保护生物的多样性一样,同样要对不同学校、不同层次和不同学生营造个性化发展的环境。与之相匹配,对工程人才培养的效果评价也同样应当是多元化的体系。

4. 工程人才培养必须以学生为中心展开教学

工程人才的培养,重点在于我们要培养的是学生的能力。知识与能力的不同,在于知识可以在教师与学生之间进行传递,而能力只有本人的体会和理解才能完整获取。以教师为主体的教学方式的最大问题在于养成了学生靠记忆来代替学习的做法,应试模式又进一步加强了这种

做法的效果,其结果导致了能力仍然是教师的,而不是学生的。必须让学生自己去体会,自己去理解,教师只需起到引导和支持的作用。在这样的教学环境下,学生所掌握的知识与技能才是完全属于他(她)自己的,而且还有利于培养出个性化的能力。这不仅仅是“鱼”与“渔”的区别,同样也是创新能力培养的关键。

0.3 卓越工程人才能力模型

卓越工程人才能力模型是我们根据社会需求与发展所提出的理想中的工程师所应具备的各类优秀特质的集合。能力模型是在卓越工程人才培养的需求分析基础上得到的结论,是工程教育的一种朴素目标。能力模型的提出,其意义在于纠正了过去在应试教育下所形成的以知识为导向的教育体系。知识是能力的必要条件,但不是充分条件。换句话讲,一个人的知识不一定能顺利地转化为能力。现实中,许多人往往就在知识向能力转化的过程中遇到了困难,形成高分低能的状态。

从某种意义上讲,知识是教育部门使用的术语,教育部门期望以知识的传授达到能力培养的目的。在目前高校里,判断是否是人才的标准是看他(她)有没有某项知识(映射为考试成绩)。正因为此,高校的教学活动都以知识为单元划分,客观上造成了知识体系的支离破碎。反过来看,能力是用人单位和个人职业发展诉求中使用的术语。对企业或个人而言,判断是否是人才就看他(她)有没有某种能力。以能力为导向,就是站在人才培养的终极目标的基础上,才最可能将所需的知识与技能进行高效和合理地组织。这时,学生所学的每一条知识与技能都将顺利地转化为某项能力。因此,以能力模型为导向,以能力为基本单元来设计教学内容和教学活动,是培养社会所需工程人才的一条捷径。然而,能力模型的好坏是工程人才培养体系好坏的关键。能力模型的获得,至少必须从用人单位及个人成长的需求、国外优秀工程师认证体系的参考以及中国社会发展趋势对人才能力的预测三方面结合才能得出。

我们认为,卓越工程人才的能力模型应当包括四个方面,如图0-1所示。

除专业技能与专业知识外,该能力模型强调个人素质与工程管理能力。个人素质是精神、理念和习惯层面的内容,对个人的发展和潜力影响巨大。工程管理能力是卓越工程师成长为技术领导所必需的管理技能。

具体而言,四个方面展开的示例如图0-2所示。

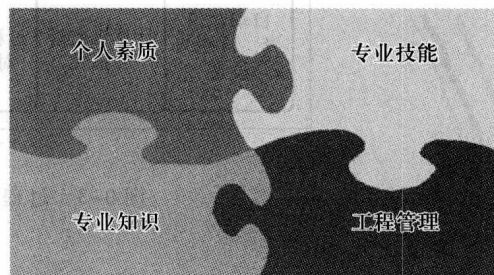


图 0-1 卓越工程人才的能力模型



图 0-2 能力模型的展开

运用能力模型为导向的工程人才教育理念,可以将现阶段的专业教学内容按知识与技能两大维度,从易到难进行排列和划分,形成教学内容矩阵。以过程控制的专业教学内容为例,如图 0-3 所示。

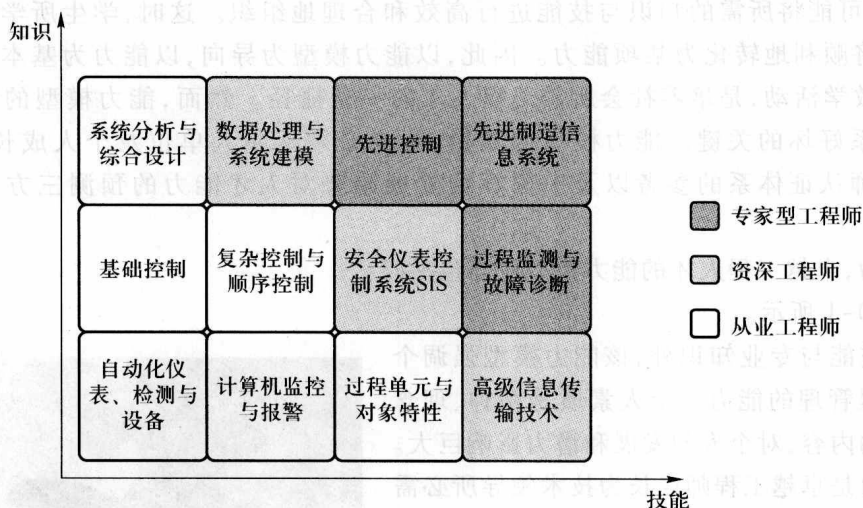


图 0-3 过程控制专业知识—技能模型

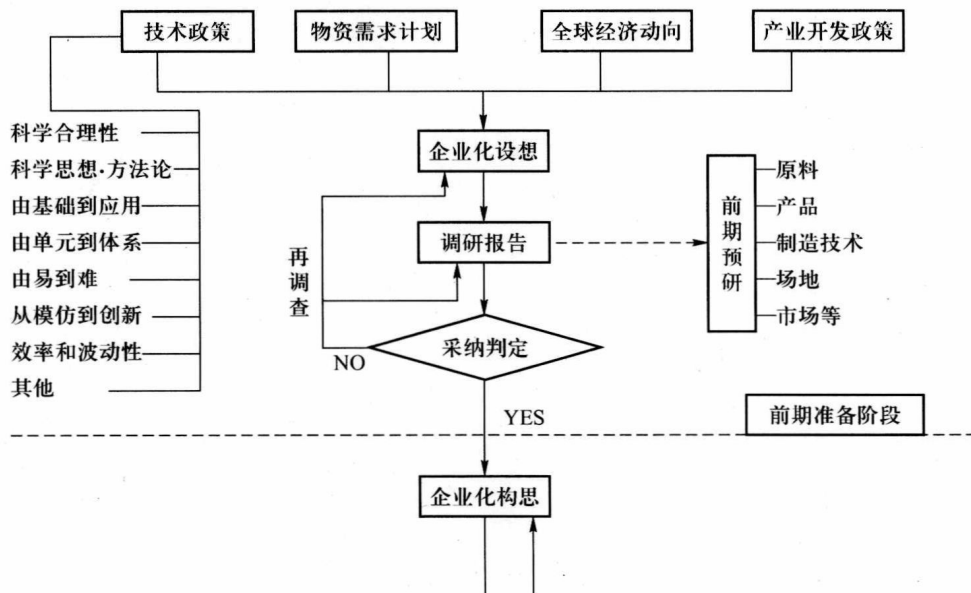
按照以能力为导向的教育体系建设思路,不同行业、不同高校可以根据自己的情况设计和划

第 1 章

项目流程绪论

工程项目是在一定时间内,满足一系列特定目标的多项相关工作的总称。工程项目大致可分为前期准备、论证、规划、设计、建设、生产、仓储、运输等阶段。图 1-1 是一个化工项目过程示意图。

该项目过程是一个化工项目宏观结构,其中涉及宏观分析、政策分析、需求分析等。项目过程中涉及许多管理内容,这些内容在相应的管理专业书中有很多,在此本书不再赘述。本书只就



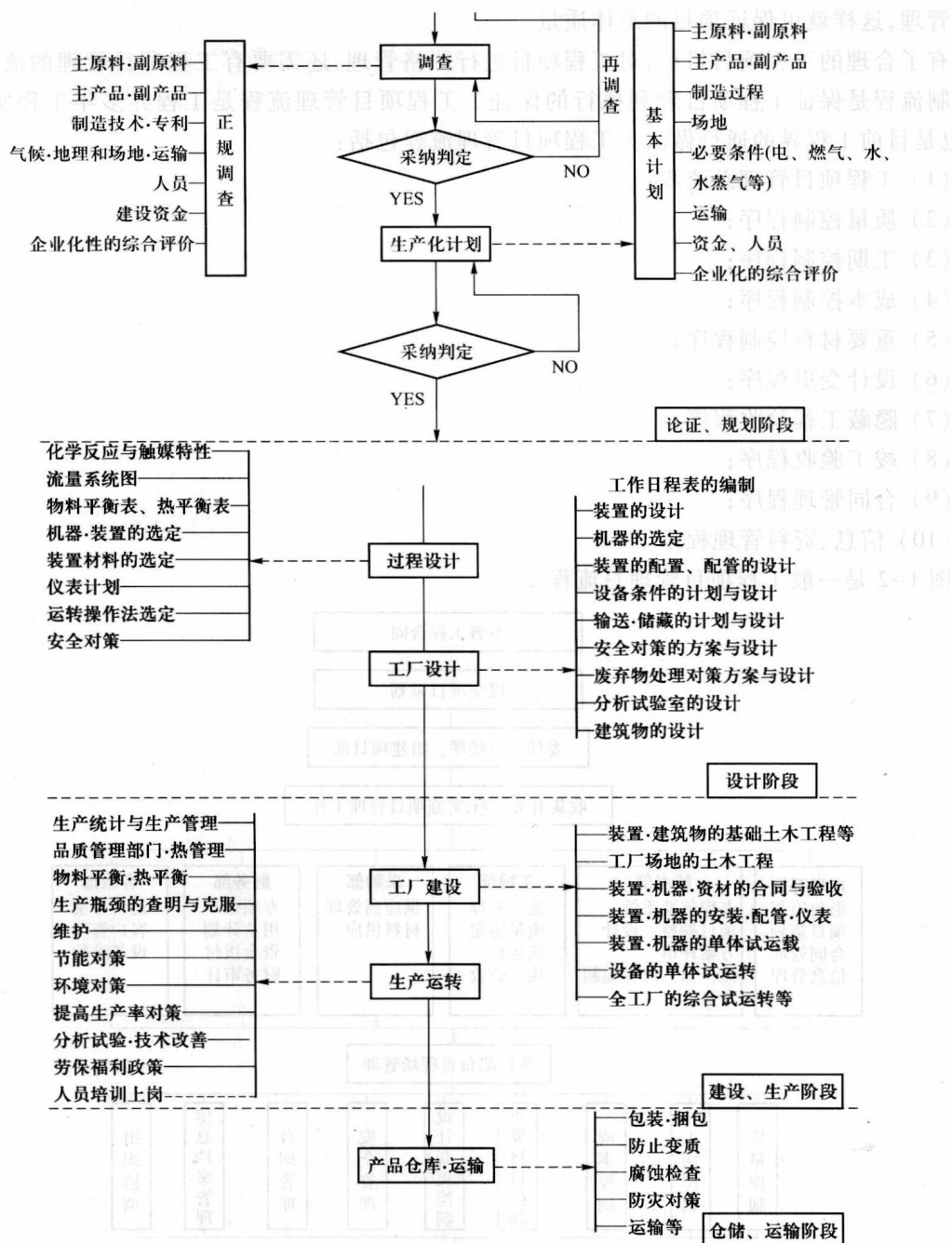


图 1-1 化工项目过程示意图

设计阶段、建设阶段和部分生产阶段的工作,给出一些纲领性的说明。这些内容包括:工程质量目标、工期进度目标、成本控制目标、安全管理目标、文明施工目标。制订相应的目标并且按目标

进行管理,这样就可保证项目的总体质量。

有了合理的工程项目目标,对工程项目进行严格管理,还需要有工程项目管理的流程,管理及控制流程是保证工程项目顺利执行的保证。工程项目管理流程是工程界多年工程实践的总结,也是目前工程界的通行做法。工程项目管理流程包括:

- (1) 工程项目管理总流程;
- (2) 质量控制程序;
- (3) 工期控制程序;
- (4) 成本控制程序;
- (5) 重要材料控制程序;
- (6) 设计变更程序;
- (7) 隐蔽工程验收程序;
- (8) 竣工验收程序;
- (9) 合同管理程序;
- (10) 信息、资料管理程序。

图 1-2 是一般工程项目管理总流程。

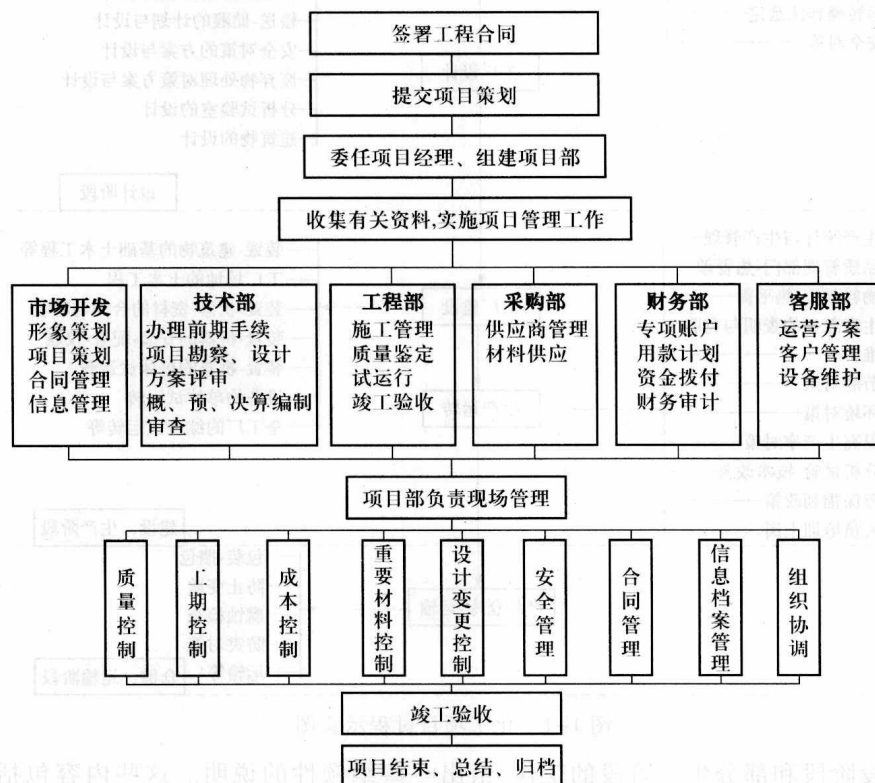


图 1-2 一般工程项目管理总流程

- (3) 任务要满足一定性能、质量、数量、技术指标等要求。

1.1 控制工程项目中的专业责任范围

的内容。

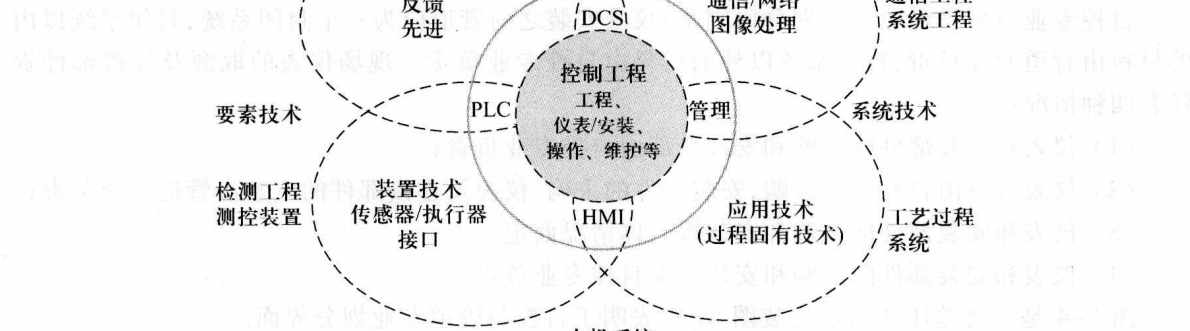


图 1-3 控制工程涵盖的内容

为了解决项目过程中相互交叉、相互协调、共同工作的问题,必须就各个专业的责任范围进

详细内容参见《自控专业设计管理规定(HG/T 20636—1998)》。