

The background of the cover is a photograph of an industrial plant, likely a refinery or chemical processing facility. It features several tall distillation columns, a complex network of pipes, and structural steel frameworks. The scene is set against a bright, cloudy sky. The entire image has a blue color cast.

压力管道设计 及工程实例

YALI GUANDAO SHEJI
JI GONGCHENG SHILI

宋岢岢 主编



化学工业出版社



压力管道设计 及 工程实例

YALI GUANDAO SHEJI
JI GONGCHENG SHILI

宋岢岢 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

压力管道设计及工程实例/宋岢岢主编. —北京: 化学工业出版社, 2007.7
ISBN 978-7-122-00373-7

I. 压… II. 宋… III. 石油管道: 压力管道-设计
IV. TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 060890 号

责任编辑: 周国庆 李军亮
责任校对: 郑捷

文字编辑: 张燕文
装帧设计: 韩飞

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)

印刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 39½ 字数 1058 千字 2007 年 9 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: 88.00 元

版权所有 违者必究

前 言

压力管道设计参考书是设计人员不可缺少的工具书。一本实用而又系统的压力管道设计参考书,对提高设计水平,加快设计速度,增进设计质量,有着十分重要的作用。

在石油化工行业,既有系统的压力管道理论知识介绍,又有典型的工程应用实例,同时能够紧密结合现代化工程技术在压力管道设计中应用的参考书少之又少。有很多压力管道设计人员苦于找不到合适的参考书,没有办法系统地了解最新的压力管道设计知识;或者只能在抽象的设计规范理论中,在工程项目实践中慢慢地摸索着了解、学习。

随着科学技术的飞速发展,压力管道设计技术也在不断提高,各种标准规范不断地更新、补充和完善,压力管道设计对多个学科的综合性和要求越来越强,很多压力管道设计参考书已经不能反映当前的实际和设计水平,难以满足压力管道设计人员的使用要求。

在实际工程设计过程中,对国外标准误用的现象时有发生。早在1978年美国国家标准B31委员会改组为ASME压力管道规范B31委员会,对于ASME B31.3自1980年后各版标准分别以ANSI/ASME B31.3、ASME/ANSI B31.3和ASME B31.3代号出版,1996年版正式更名为ASME B31.3《工艺管道》,一直沿用到目前最新版的ASME B31.3。本书结合工程设计的实际应用,讲述了一系列压力管道设计常用到的国内外标准规范。

经常看到有些压力管道设计技术经验丰富的技术人员,在统计管道的材料时,仍在使用Excel的“自动筛选”、“高级筛选”功能,更有甚者还在用数“正”字的办法分类统计材料,而用现代的计算机技术,经过一系列准备工作之后,一点鼠标,就可以把用原始的办法几个月才能完成的工作,瞬间保质、保量地完成。21世纪的今天,只有不断地创新压力管道设计技术的规范、理论、工作方法,才能使压力管道设计技术保持高昂的战斗力和竞争力。本书将在某些章节,穿插讲述一些国内外大型工程公司的用于提高压力管道设计工作效率的技巧、方法或工程程序。

压力管道设计是一门综合性的技术,既要求从事这项设计的工程技术人员具有工艺、设备、生产操作、检修和施工等方面的知识,也要求其具有材料、力学、机械、设备、结构、仪表、电气等多学科知识,还要求其能够运用好计算机和外语两个最重要的工具,根据拟设计装置工艺、设备、土建、仪表、电气等各专业的设计要求,结合装置建设地地理、地质、水文、气候和气象条件,并遵循相关法规和规定,用管道及其组件将装置中各设备安全、经济、合理地连接成为一个系统的、集体的、创造性的智力劳动。

工程设计已经大量采用计算机辅助设计和工程计算。很多已经拥有了丰富的压力管道设计知识和经验的设计人员,在实际专业工作中运用计算机技术的能力很差,造成工作效率不高。因此本书也讲述了一些工程设计的计算机技术。

书中融入了编著者多年来在众多国内外大、中型工程项目压力管道设计生产一线的经验

和体会，作者愿借本书与广大读者一起分享这些经验和体会。

本书在系统地阐述基本理论的基础上，介绍了很多国内外实际工程项目的精华内容，展示了一些工程项目施工现场的典型设计照片，同时也列举了一些压力管道设计中应注意的关键点、易犯错误的地方。

对于压力管道设计常用的标准、规范上已经说明清楚的内容，本书只列出了需要参考的标准规范名称，没有重复编写，例如装置设备布置的防火间距表、爆炸危险区的划分、管子壁厚的计算方法、支管补强的计算、隔热厚度的计算方法等。对于容易疑惑的地方，则进行了多角度的分析、比较，并引用工程实例给予说明。另外，对于标准规范规定数值不一样的情况，在书中进行了比较。

本书可作为压力管道设计人员的参考工具书，也可作为高等院校相关专业师生的学习参考资料。

感谢中国寰球工程公司汪平、施文焕等压力管道设计高级工程师，全国压力管道设计审定资质技术专家的大力支持并提出许多中肯建议。感谢贺安良、刘志伟、金祺、代永清及来自于中国石化工程建设公司、ABB 鲁姆斯公司、煤炭科学院总院、对外经济贸易大学 2004 级 MBA 的同行朋友的大力支持和参与。感谢一直关心本书编写的技术专家和领导。参加本书编写与校审的还有尚庆雨、商庆军、郝勇军、林苏等高级工程师。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，敬请广大读者提出宝贵意见。

宋 崑 崑
2007 年 3 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 压力管道的概念及特点	1
第二节 压力管道设计的特点	2
第三节 压力管道设计的基本要求	4
第四节 压力管道的分级(类)	6
一、《压力管道安全管理与监察规定》的管道 分级(类)	6
二、美国国家压力管道标准的管道 分级(类)	6
三、《工业金属管道设计规范》的管道 分级(类)	8
四、《化工金属管道工程施工及验收规范》 的管道分级(类)	8
五、《石油化工管道设计器材选用通则》的 管道分级(类)	8
六、《石油化工有毒、可燃介质管道工程施工 及验收规范》的管道分级(类)	10
七、压力管道的分级(类)的变化	10
第五节 压力管道设计的任务	11
一、管道布置	11
二、管道材料	14
三、管道应力	14
第六节 压力管道设计阶段的划分	15
一、设计阶段的一般划分	15
二、各设计阶段的内容和深度	15
第七节 压力管道专业与其他专业的条件关系	15
一、与工艺系统专业的接口条件	15
二、与自控专业的接口条件	16
三、与电气专业的接口条件	16
四、与设备专业的接口条件	17
五、与土建专业的接口条件	17
六、与工程经济专业的接口条件	17
七、与采购专业的接口条件	18
八、与施工管理专业的接口条件	18
第八节 工程实例	18
第二章 计算机辅助压力管道设计软件	25
第一节 计算机辅助压力管道设计软件的类别	25
第二节 压力管道设计软件 AutoCAD	25
一、AutoCAD 简介	25
二、压力管道设计常用的 AutoCAD 操作	25
第三节 压力管道设计软件 Microstation	28
第四节 压力管道设计软件 PDS	28
第五节 压力管道设计软件 PDMS	29
第六节 压力管道设计软件 AutoPlant	29
第七节 压力管道设计软件 SmartPlant 3D	30
第八节 压力管道应力分析软件 AutoPipe	31
第九节 压力管道应力分析软件 Caesar II	32
第十节 管道应力分析软件 PipeNet	32
第十一节 计算机辅助压力管道设计软件的 选用	32
第三章 材料基础知识	34
第一节 压力管道常用材料分类	34
第二节 金属材料	34
一、黑色金属	34
二、有色金属	38
三、型钢	39
第三节 金属材料的性能	39
一、金属材料的力学性能	39
二、钢材的热处理	40
三、常见元素对金属材料性能的影响	41
第四节 金属材料的腐蚀	44
一、根据腐蚀发生的机理分类	44
二、根据腐蚀形态分类	44
第五节 常用金属材料的基本限制条件	51
一、一般限制条件	51
二、常用材料的应用限制	53
三、常用金属材料的使用温度	55

第四章 压力管道器材及其选择	56
第一节 压力等级	56
一、公称压力 (Nominal Pressure) <i>PN</i>	56
二、以 ASME B16.5 为代表的美洲系列	56
三、以 DIN2401 为代表的欧洲系列	57
四、ISO 公称压力等级标准	57
五、日本的压力等级标准	57
六、英国、法国的压力等级标准	58
七、中国的各种压力等级标准	58
八、影响公称压力等级确定的因素	60
第二节 管径系列	60
一、公称直径 (Nominal Diameter) <i>DN</i>	60
二、GB/T 1047 《管道元件 <i>DN</i> (公称尺寸) 的 定义和选用》管径系列	61
三、SH 3059 《石油化工管道设计器材选用通则》 管径系列	61
第三节 标准体系之间的配伍	61
一、大外径管子和小外径管子标准体系	61
二、欧式法兰和美式法兰标准体系	62
第四节 压力管道设计条件和设计基准	63
第五节 管子	63
一、管子的分类	63
二、钢管	63
三、钢管的尺寸系列	65
四、钢管的选择	67
五、常用钢管使用温度限制和许用应力	73
六、非金属管	73
七、衬里管	80
第六节 管件	82
一、管件的用途及种类	82
二、管件选择的原则	88
三、支管连接件的选择	89
四、焊接支管的补强	89
五、分支管和主管的连接形式表	90
六、异径管的选择	90
七、常用管件系列	90
八、管件选择常用标准规范	91
第七节 法兰	92
一、法兰的种类	92
二、法兰结构形式的选用	93
三、法兰密封面形式的选用	94
四、法兰系列	95
五、钢制管法兰形式参数	95
六、不同介质管法兰的形式选择	95
七、常用法兰标准规范	95
第八节 螺栓、螺母	98
一、螺栓	98
二、螺母	99
三、螺栓与螺母材料的选择	99
四、常用螺栓许用应力和使用温度	101
第九节 垫片	101
一、垫片的种类及适用范围	101
二、垫片性能参数 γ 和 m	102
三、垫片选用的原则	104
四、法兰、垫片、紧固件选配表	104
第十节 盲板、“8”字盲板、限流孔板和混合 孔板	104
一、盲板 (Blind) 及“8”字盲板 (Spectacle Blind; Figure “8” Blind)	104
二、限流孔板 (Restriction Orifice)	105
三、混合孔板 (Mixing Orifice)	105
第十一节 阀门及其他管道设备	105
一、阀门的分类	105
二、阀门的型号	107
三、阀门的标识	112
四、阀门的基本参数	112
五、阀门的质量要求	113
六、阀门规格书的内容	114
七、闸阀	114
八、截止阀	116
九、节流阀	117
十、止回阀	118
十一、蝶阀	120
十二、球阀	122
十三、旋塞阀	123
十四、隔膜阀	124
十五、安全阀	126
十六、爆破片	127
十七、减压阀	128
十八、蒸汽疏水阀	128
十九、阀门类型的选择	131
二十、常用阀门的适用范围	132
二十一、阀门主要零件材料	133
二十二、驱动方式的选用	133
二十三、设计文件中应给出的阀门描述	134
二十四、阀门选用工程实例	134
第十二节 压力管道特殊件	140
一、波纹管膨胀节	140
二、过滤器	140
三、阻火器	140
四、消声器	141
五、视镜	141
第十三节 压力管道等级及工程应用	142

一、管道等级	142	第十五节 压力管道材料的设计附加裕量	150
二、压力管道等级编制原则	142	一、管道材料设计附加裕量的必要性	150
三、管道等级代号	143	二、确定设计附加裕量应考虑的因素	151
四、管道等级表中的管道壁厚表	146	三、确定管道材料设计附加裕量的原则	151
五、管道等级表中的管道分支表	146	四、管道材料的设计附加裕量工程实例	151
第十四节 压力管道材料的设计文件及设计条件	148	第十六节 压力管道材料设计的计算机应用	153
一、管道材料各设计阶段的主要设计文件	148	一、材料设计过程的计算机应用	153
二、管道材料的设计条件接口工程实例	149	二、管道材料统计中 Excel 的使用	153
		三、用计算机编程自动获取材料汇总报告	156
第五章 装置设备布置	160		
第一节 装置设备布置的一般要求及发展趋势	160	三、反应器的支承方式与安装高度	179
一、采取三重安全措施	160	四、反应器布置的工程实例	180
二、满足工艺设计的要求	160	第七节 容器的布置	184
三、装置设备布置分区	160	一、容器布置的一般要求	184
四、满足操作、检修和施工的要求	160	二、立式容器的布置	186
五、满足全厂总体规划的要求	161	三、立式容器的支承方式及高度的确定	186
六、适应所在地区的自然条件	161	四、立式容器支腿的方位	187
七、力求经济合理	163	五、卧式容器的布置	187
八、满足甲方要求	163	六、容器的布置取齐方式	188
九、注意外观美	163	七、容器布置的工程实例	189
十、装置设备布置的发展趋势	164	第八节 换热设备的布置	190
第二节 设备的间距要求	164	一、管壳式换热器或冷却器的布置	190
一、防火要求	164	二、套管式换热器的布置	192
二、防爆要求	165	三、空气冷却器的布置	192
三、其他要求	165	四、换热设备布置的工程实例	194
第三节 净距、净空及有关标高	165	第九节 加热炉的布置	197
一、设备间最小净距	165	一、加热炉的位置	197
二、净空高度或垂直距离	165	二、加热炉的间距	197
三、标高	167	三、加热炉布置的工程实例	198
第四节 管廊的布置	167	第十节 泵的布置	200
一、管廊的布置原则	167	一、泵的布置方式和要求	200
二、管廊的布置形式	167	二、泵的间距	201
三、装置内管廊的结构形式	168	三、泵的基础	201
四、装置外管廊的结构形式	169	四、泵布置的工程实例	202
五、管廊的主要尺寸	169	第十一节 压缩机的布置	204
六、管廊布置的工程应用实例	171	一、压缩机的布置设计内容	204
第五节 塔的布置	174	二、压缩机布置的一般要求	204
一、塔与其关联设备的布置要求	174	三、压缩机的安装高度	205
二、塔的布置方式	174	四、压缩机附属设备的布置	205
三、沿管廊布置的塔应考虑的要求	175	五、压缩机维修机具的布置	206
四、塔的安装高度	175	六、压缩机布置的工程实例	206
五、重沸器的布置	175	第十二节 汽车槽车装卸站的布置	214
六、塔布置的工程实例	175	一、汽车槽车装卸站的种类	214
第六节 反应器的布置	179	二、汽车槽车装卸站布置的主要原则和要求	214
一、反应器与其关联设备的布置要求	179	三、可燃液体的汽车装卸站应符合防火规范上的规定	215
二、反应器的位置及其周围环境要求	179		

四、汽车槽车装卸站布置的工程实例	215	二、建筑物的防火要求	229
第十三节 铁路槽车装卸站的布置	217	三、控制室的布置	229
一、铁路槽车装卸站的种类	217	四、变、配电室的布置	229
二、铁路槽车装卸站布置的主要原则和要求	217	五、化验室的布置	230
三、可燃液体的铁路装卸站在防火规范上的规定	218	六、其他要求	230
四、铁路槽车装卸站布置的工程实例	218	第十七节 构筑物的布置	230
第十四节 装卸油品码头的布置	221	一、框架的布置	230
一、装卸油品码头布置常用的规范	221	二、平台梯子的布置	231
二、装卸油品码头与其他码头或建筑物、构筑物安全距离的规定	221	三、放空烟囱的布置	232
三、可燃液体码头、液化烃码头两相邻泊位的船舶间的最小距离	221	第十八节 围堰、防火堤和隔堤的布置	232
四、可燃液体码头、液化烃码头布置的工程实例	221	一、围堰的布置	232
第十五节 罐区的布置	223	二、防火堤的功能	233
一、罐区的布置原则和要求	223	三、防火堤的设计标准及差异	233
二、常用防火规范有关罐区布置的内容范围	223	四、防火堤和隔堤的设计一般要求	233
三、《石油化工企业设计防火规范》对罐区布置的要求	223	第十九节 通道的布置	234
四、《建筑设计防火规范》关于储罐和铁路、道路的间距规定	225	第二十节 装置设备布置设计工程实例	235
五、罐区布置的工程实例	225	一、装置设备布置设计要求的—般资料	235
第十六节 建筑物的布置	228	二、对工艺流程图的研究	235
一、建筑物的一般要求	228	三、平面布置图的编制	236
		四、装置管廊的布置	236
		五、主要设备的布置	242
		六、管线走向研究图	243
		七、修改并完成建议的平面布置图	246
		第二十一节 压力管道装置设备布置常用的标准规范	246
第六章 管道布置	248		
第一节 管道布置设计必须具备的条件	248	十七、减压阀布置	268
第二节 管道的敷设方式和管道布置设计的一般要求	248	十八、疏水阀布置	268
一、管道敷设的方式	248	十九、调节阀布置	270
二、管道布置设计的一般要求	248	二十、阻火器布置	270
三、管道净空高度和埋设深度	252	二十一、过滤器布置	271
四、高点排气及低点排液的设计	254	二十二、消声器布置	273
五、分支管的引出方向	254	二十三、温度测量仪表布置	273
六、取样管道布置	254	二十四、流量测量仪表布置	274
七、蒸汽管道布置	257	二十五、压力测量仪表布置	275
八、蒸汽管道上的集液包	258	二十六、液位测量仪表布置	276
九、非净化压缩空气和净化压缩空气管道布置	260	二十七、常见管道布置设计错误及纠正	276
十、氮气管道布置	260	第三节 管道布置常用数据	278
十一、氧气管道布置	260	一、压力管道的间距	278
十二、消防水喷淋管道布置	261	二、阀门的适宜位置和所需空间	283
十三、管件布置	263	三、操作通道布置和标高基准	283
十四、阀门布置的一般要求	263	第四节 管廊上管道的布置设计	291
十五、止回阀布置	266	一、管廊上管道布置的一般要求	291
十六、安全阀布置	267	二、管廊上管道布置设计工程实例	293
		三、管廊上管道布置设计常见错误及纠正	295
		第五节 塔的管道布置设计	297

一、塔的分类	297	四、压缩机蒸汽透平/汽轮机的蒸汽管道	355
二、塔的管道侧和操作侧划分	298	五、压缩机的辅助管道	355
三、塔的管道布置设计要点	298	六、压缩机管道布置设计工程实例	357
四、塔的附件及布置	300	第十一节 汽车槽车装卸站管道布置设计	360
五、塔的管道支架	306	一、汽车槽车装卸站管道布置设计的一般要求	360
六、塔的管道布置设计工程实例	307	二、汽车槽车装卸站管道布置设计工程实例	361
七、塔的管道布置设计常见错误及纠正	313	第十二节 铁路槽车装卸站的管道布置设计	361
第六节 容器的管道布置设计	315	一、铁路槽车装卸站管道布置设计的一般要求	361
一、容器的分类	315	二、铁路槽车装卸站管道布置设计工程实例	362
二、开口方位	315	第十三节 装卸码头的管道布置设计	363
三、框架平台和梯子	316	一、装卸码头总管的布置	363
四、管道布置规划	318	二、鹤管的配置	363
五、容器管道布置设计工程实例	319	三、装卸码头管道布置设计工程实例	364
六、容器管道支架	319	第十四节 罐区的管道布置设计	364
七、容器管道布置设计常见错误及纠正	321	一、储罐管口的布置	364
第七节 换热设备的管道布置设计	322	二、储罐区的管道布置	365
一、换热设备的分类	322	三、罐区管道布置设计工程实例	365
二、换热器管道布置一般要求及典型实例	322	第十五节 地下管道的布置设计	368
三、空冷器管道设计具体要求及典型实例	326	一、允许直接埋地的管道	368
四、换热设备管道布置设计常见错误及纠正	327	二、建筑物内和露天装置区埋地管道设计的一般要求	369
第八节 加热炉的管道布置设计	327	三、GB 50316《工业金属管道设计规范》对埋地管道设计的要求	369
一、加热炉的种类	327	四、大型管沟内管道布置	370
二、燃烧器(喷嘴)的形式及位置	327	五、GB 50316《工业金属管道设计规范》对沟内管道设计的要求	371
三、加热炉管道布置设计的一般要求	330	六、室外地下管道与铁路道路及建筑物间的距离	371
四、加热炉燃料油管道布置的一般要求	330	七、地下管道布置设计工程实例	372
五、加热炉燃料气管道布置的一般要求	332	第十六节 软管站的管道布置设计	373
六、加热炉区工作蒸汽的用途及其蒸汽分配管与灭火蒸汽管道设计的特点	332	一、软管站的概念	373
七、加热炉管道布置设计工程实例	333	二、软管站的位置	373
八、加热炉管道布置设计常见错误及纠正	338	三、软管站管道布置设计的一般要求	373
第九节 泵的管道布置设计	338	四、常用软管站的形式典型图工程实例	374
一、泵的分类	338	第十七节 洗眼器和淋浴器的管道布置设计	376
二、泵的管道设计一般要求	338	一、洗眼器和淋浴器管的布置位置	376
三、泵的入口管道	339	二、洗眼器和淋浴器管道布置设计的一般要求	376
四、泵的出口管道	344	三、洗眼器和淋浴器管道布置典型图工程实例	376
五、往复泵的管道布置	349	第十八节 压力管道系统的伴热设计	376
六、泵的辅助管道	349	一、常用伴热介质的种类	376
七、泵的特殊用途管道	349	二、工艺管道的伴热方式	377
八、压力管道设计其他注意事项	351		
九、泵的管道布置设计工程实例	351		
十、泵的管道布置设计常见错误及纠正	352		
第十节 压缩机的管道布置设计	354		
一、压缩机的分类	354		
二、离心式压缩机管道布置设计的一般要求	354		
三、往复式压缩机管道布置设计的一般要求	355		

三、管道选择伴热的原因	377	三、电伴热产品的选型和计算	390
四、伴热方式的选用原则	377	四、电伴热设施的安装要领	392
第十九节 热水、蒸汽伴热系统的设计	378	五、典型部位的电伴热安装图例	393
一、热水、蒸汽伴热系统的组成	378	六、电伴热设计工程实例	393
二、热水、蒸汽伴热类型的选择	378	第二十一节 夹套加热系统	394
三、伴热设计的规划	378	一、夹套加热系统的概念	394
四、伴管施工图的设计	378	二、蒸汽夹套加热系统的设计	395
五、蒸汽供气站/热水供水站(分配站)管道 布置设计的一般要求	379	三、夹套管内定位板	401
六、伴管设计	379	四、热水、导热油夹套加热系统的设计	401
七、冷凝液站/热水回水站(收集站)管道布 置设计的一般要求	382	五、夹套管跨越管典型布置工程实例	402
八、伴热材料的选择	382	六、夹套材料及其他要求	403
九、SH/T 3040《化工管道伴管和加套管设计 规范》的管道伴热设计	383	七、夹套管的安装要求	403
十、蒸汽伴热和热水伴热布置典型图工程 实例	385	八、夹套管布置设计典型工程实例	404
第二十节 电伴热系统	390	第二十二节 管道设计的静电接地	405
一、电伴热的概念及应用	390	一、静电接地的概念	405
二、电伴热的方法	390	二、管道需要静电接地的位置	405
		三、管廊的静电接地	405
		四、工艺装置内的静电接地	406
		五、法兰跨接线设计	407
		第二十三节 管道布置设计常用的标准规范	408
第七章 压力管道的隔热和防腐	410		
第一节 压力管道隔热设计	410	一、正确选择材料	422
一、隔热的概念和分类	410	二、防腐结构设计	423
二、隔热设计的目的	410	三、防腐强度设计	424
三、隔热的范围	410	四、制造安装及维修时的防腐	425
四、隔热结构	411	五、防腐涂料	425
五、隔热设计的原则	412	六、采用耐腐蚀非金属材料 and 耐腐蚀钢-非 金属复合材料管道	427
六、隔热厚度的确定方法	413	七、阴极保护技术	427
七、详细介绍隔热厚度计算方法的常用标准 规范	413	八、缓蚀剂保护技术	427
八、隔热材料及其制品的考虑因素	414	第三节 压力管道外防腐涂漆	428
九、隔热材料及其制品的性能要求	414	一、防腐常用涂料的性能及用途	428
十、常用隔热材料	414	二、压力管道外防腐涂漆一般工作范围	432
十一、保温及人身防护材料的选用	417	三、涂漆工作现场安全与防护	432
十二、保冷材料的选用	417	四、SH3022 对钢材表面处理的分级	432
十三、保护层与防潮层材料选用一般原则	418	五、HG/T 20679 对钢材表面处理的分级	432
十四、保护层材料的选用	418	六、SH3022 地上管道的防腐	433
十五、紧固件材料的选用	418	七、HG/T 20679 地上管道的防腐	434
十六、保温和保冷辅助材料的选用	419	八、埋地管道防腐	434
十七、保温厚度计算工程实例	420	九、设备、管道和钢结构外表面涂色及 标志	436
十八、保冷厚度计算工程实例	420	十、压力管道外防腐涂漆遵循的中国标准	437
十九、隔热设计常用标准规范	421		
第二节 压力管道防腐基本措施	422		
第八章 长输管道和公用管道设计简述	438		
第一节 概述	438	一、长输管道和公用管道的定义	438

二、长输管道和公用管道的特点	438	九、地下燃气管道埋设深度应满足的要求	445
第二节 输油管道和输气管道设计	438	十、液态液化石油气管道设计的一般要求	445
一、输油管道工程和输油站	438	十一、输送液态液化石油气的管道阀门设置的原则	445
二、输气管道工程和输气站	439	十二、液化石油气管道及配件材料选择的原则	446
三、输油线路的选择应符合的条件	439	十三、燃气管道穿越设计工程实例	446
四、输气线路的选择应符合的条件	439	十四、燃气管道设计常用标准规范	447
五、长输管道线路工程设计应参考的数据	439	第四节 热力管道设计	448
六、埋地输油管道与周围的建筑物最小间距遵循的规范	440	一、输送干线和输配干线	448
七、输油管道敷设的一般要求	440	二、多热源供热系统、多热源分别运行、多热源解列运行、多热源联网运行	448
八、输气管道敷设的一般要求	441	三、城市热力网形式的确定	448
九、管道沿线应设置的标志	442	四、热力网管道的位置应符合的规定	449
十、石油天然气站、场、库常用标准规范	442	五、热力管网地上或地下敷设的原则	449
十一、输油和输气管道工程常用标准规范	442	六、热力网管道埋地敷设主要要求	449
第三节 燃气管道设计	443	七、地上敷设热力网管道主要要求	450
一、燃气管道的分类	443	八、热力管网通行管沟的设计要求	450
二、燃气设计压力级别的确定	443	九、城市热力网管道材料选用的一般要求	450
三、输送液态液化石油气的管道设计压力的确定	443	十、热力网管道及设备保温的一般要求	451
四、输送液态液化石油气的管道级别分类	444	十一、城市热力网设计常用的规范	451
五、有毒而无臭味的城镇燃气的使用应采取的安全措施	444	第五节 工程应用实例——西气东输管道工程	451
六、城镇燃气加臭剂应符合的要求	444	一、西气东输管道工程介绍	451
七、用户室内燃气管道的燃气压力的确定	444	二、西气东输管道工程设计的创新技术	452
八、城镇燃气管道平面布置设计时应考虑的因素	444		

第九章 应力分析和管道支吊架

第一节 管道应力分析基础知识	455	六、柔性分析的数值解析法	462
一、管道应力分析的目的	455	七、管道柔性设计计算结果的内容及其合格标准	464
二、管道应力分析的主要内容	455	八、管道柔性设计时管道计算温度的确定	464
三、管道应力分析计算需要的文件和资料准备	455	九、管道柔性设计时应考虑的管道端点的附加位移	464
四、管道上可能承受的荷载	456	十、管件的柔性系数和应力增强系数	464
五、管道元件变形的几种基本形式	456	十一、应力集中的问题	465
六、一次应力和二次应力	458	十二、管道的一次应力和二次应力的合格判断式	465
七、蠕变和应力松弛	458	十三、压力管道补偿器类型的选用及布置	465
八、四种材料的强度理论	458	十四、冷紧和自冷紧	467
九、弹性变形和塑性变形	458	十五、冷紧比及其选择	467
十、弹性体的应力与虎克定律	459	十六、带约束的金属波纹管膨胀节的形式	467
十一、金属管道组件耐压强度计算	459	十七、膨胀节的选型及计算	468
第二节 管道的柔性设计	459	十八、波纹管膨胀节施工安装应注意的问题	468
一、管道柔性的概念	459	十九、转动设备的允许推力限制	469
二、管道柔性设计的目的	459	二十、NEMA SM23 对汽轮机管口受力的	
三、柔性分析的方法	460		
四、柔性分析的对比分析法	460		
五、柔性分析的 ASME 经验公式判断法	460		

限制	469
二十一、高温管道用较厚的管子代替较薄的管子时应注意的问题	470
二十二、无中间约束、两端固定的管道冷紧后固定点推力的瞬时最大值	470
二十三、塔顶部管口的热膨胀量(初位移)的确定	470
二十四、疲劳破坏	471
二十五、安全阀反力计算	471
二十六、某乙烯工程安全阀排放反力计算工程实例	472
二十七、管道的热应力与计算实例	473
二十八、改善管道热应力过大的措施	473
第三节 管道支吊架的设计	474
一、管道支吊架设计的内容	474
二、管道支吊架的作用及分类	474
三、支吊架的结构组成	474
四、管道支架生根的结构形式	476
五、支吊架形式的一般选用原则	477
六、确定管道支架位置的要点	478
七、管道布置过程中对支架位置的考虑	479
八、常用支吊架形式及其选用	479
九、弹簧支吊架	486
十、恒力弹簧支吊架、可变弹簧支吊架和刚性支吊架的刚度	488
十一、弹簧支吊架的施工安装	488
十二、管道跨度的确定	488
十三、导向支架的设置	492
十四、水平管段和 Π 形补偿管段的最大导向间距	492
十五、垂直管段的最大导向间距	492
十六、垂直管段支吊架的设置	493
十七、管道固定支架的设置	493
十八、与敏感设备及附件相连管道支吊架的设置	493
十九、防振支架位置的确定	494
二十、支吊架材料	494

二十一、热塑性塑料管道材料支吊架	495
二十二、热成型玻璃钢管道材料支吊架	495
二十三、管架设计常见错误及纠正	496
二十四、压力管道管架设计工程实例	497
第四节 压力管道荷载的计算	501
一、管道荷载的内容	501
二、管道荷载条件依据的资料	502
三、基本荷载的确定	502
四、位移荷载的计算	503
五、压力管道荷载的最终计算和条件的提出	505
六、管道荷载计算工程实例	507
第五节 管道的防振设计	508
一、压力管道的振源种类	508
二、工厂中常见的振动问题及处理方法	508
三、振动管道支架的设计	509
四、往复式压缩机管系的振动分析及措施	509
五、固有频率与激振频率	512
六、气体的压力脉动	513
七、两相流介质呈柱塞流时引起的管道振动分析及其设计	513
八、水锤引起的管道振动分析及其设计	513
九、振动问题分析工程实例	513
第六节 管道的抗震设计	516
一、地震中管道损坏的特点	516
二、抗震设计应注意的问题	517
三、管道的抗震验算	518
四、管道柔性设计和防震设计的关系	518
第七节 计算机辅助应力分析工作程序	519
第八节 Caesar II 的工程应用	519
一、输入和建模	519
二、静态分析	520
三、动态分析	520
四、数据转换接口	521
五、Caesar II 的工程实例	521
第九节 管道应力分析和管道支吊架常用标准规范	523

第十章 压力管道设计制图	524
第一节 压力管道设计制图的内容	524
第二节 压力管道设计常用图纸的幅面	524
第三节 压力管道设计的图纸比例	525
一、装置设备布置图的比例	525
二、管道布置图的比例	525
三、轴测图的比例	525
四、使用 AutoCAD 实现图纸比例的方法	525
第四节 装置设备布置图的设计	526
一、装置设备平面图的设计	526
二、装置设备立面图的设计	527
三、装置设备布置图常用图例	527
第五节 管道布置平面图的设计	527
一、管道布置平面图设计的一般要求	527
二、管道布置平面图设备的画法	530
三、管道布置平面图构筑物的画法	532
四、管道布置平面图的一般画法	534

五、管道布置平面图维修空间边界的表示法	539	一、轴测图的概念	546
六、管道布置平面图尺寸的表示法	540	二、轴测图的内容	546
七、塔的垂直管线	544	三、轴测图的设计方式	548
八、管线和阀门的标高	545	四、轴测图设计的一般要求	548
九、管线号及流向	545	五、管道布置平面图和管道轴测图常用图例	550
第六节 轴测图的设计	546		
第十一章 压力管道施工与检验	558		
第一节 压力管道设计代表在施工现场的任务	558	施工及验收规范》对管道焊接接头的无损检验	570
一、设计交底	558	四、GB 50235《工业金属管道工程施工及验收规范》的适用范围	572
二、设计修改	558	五、SH 3501《石油化工有毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》的适用范围	572
三、吹扫、试压	558	第五节 管道的试压和吹扫	572
四、检验及验收	559	一、进行管道系统试压需要符合的条件	572
五、安全管理	559	二、GB 50235 对管道液压试验压力的规定	572
六、施工完工后的工作	559	三、SH 3501 对管道压力试验的压力规定	573
第二节 管道组成件的检验	565	四、对不能参与系统试压的设备、管道附件应采取的措施	573
一、SH 3501 规定在施工现场对阀门应进行的检验	565	五、GB 50235 对管道气压试验压力的规定	573
二、应逐个进行壳体压力试验和密封试验的阀门	566	六、可采用气压试验代替液压试验的 SH 3501 的规定	573
三、应进行壳体压力试验和密封试验的抽检阀门	566	七、SH 3501 对液压试验用液体温度的规定	574
四、阀门壳体压力试验和密封试验压力的规定	566	八、SH 3501 液体压力试验应用洁净水的要求	574
五、安全阀调试的规定	566	九、进行管道气体泄漏性试验的 SH 3501 的规定	574
第三节 管道焊接	567	十、奥氏体不锈钢管道器材的酸洗、钝化	574
一、焊接和焊接冶金过程的特点	567	十一、管道系统的吹扫方法	574
二、压力管道施工中经常采用的焊接方法	567	十二、管道系统吹扫的要求以及吹扫压力的确定	574
三、对焊工资格管理要求	567	十三、管道吹扫压力及各种吹扫介质的吹扫规定	574
四、焊接工艺评定及其目的	568	十四、装置施工过程中单机试车的目的	575
五、焊条型号的表示	568	十五、工程中间交接过程中“三查”、“四定”的内容	575
六、在焊接接头中容易出现焊接缺陷	569	十六、装置联动试车的目的和内容	575
七、未焊透和咬边的危害	569	十七、施工现场工程实例	575
八、SH 3501 对焊接接头表面质量提出的要求	570	第六节 常用的施工与验收规范	576
第四节 施工检验标准的比较	570		
一、GB 50235《工业金属管道工程施工及验收规范》管道射线照相检验	570		
二、GB 50316《工业金属管道设计规范》管道射线照相或超声波检测	570		
三、SH 3501《石油化工有毒、可燃介质管道工程			
第十二章 压力管道设计专业项目管理	578		
第一节 压力管道设计专业项目管理问题分析及措施	578	一、项目中压力管道设计专业的组织分解	578
		二、压力管道设计专业项目管理常见的问题	

分析	578	一、专业负责人应具备的条件	581
三、提高压力管道设计专业项目管理水平		二、专业负责人的主要职责	581
措施	580	三、专业负责人的主要任务	582
第二节 管道专业技术负责人的职责和主要		四、大、中型工程项目压力管道专业技术	
任务	581	负责人的工作程序	582
附录			585
附录一 压力管道设计管道最小连接尺寸	585	附录三 金属材料的弹性模量	615
附录二 金属材料的平均线胀系数	614		
参考文献			616

第一章 绪 论

第一节 压力管道的概念及特点

(1) 管道 管道 (Piping) 由管道组成件、管道支承件组成, 用于输送、分配、混合、分离、排放、计量、控制或截止流体流动。

(2) 管道组成件 管道组成件是用于连接或装配管道的元件, 包括管子 (Pipe)、管件、法兰、垫片、螺栓、阀门以及管道特殊件等设施。

(3) 管道支承件 管道支承件 (Pipe-supporting Elements) 是管道安装件和附着件的总称。

安装件 (Fixtures) 是将负荷从管子或管道附着件上传递到支承结构或设备上的元件, 包括吊杆、弹簧支吊架、斜拉杆、平衡锤、松紧螺栓、支撑杆、链条、导轨、锚固件、鞍座、垫板、滚柱、托座和滑动支架等。

附着件 (Structural Attachment) 是用焊接、螺栓连接或夹紧等方法附装在管子上的零件, 包括管吊、吊 (支) 耳、圆环、夹子、吊夹、紧固夹板和裙式管座等。

(4) 压力管道 压力管道 (Pressure Piping) 是生产、生活中广泛使用的可能引起燃爆或中毒等危险性较大的特种设备^①。

压力管道^②是指利用一定的压力, 用于输送气体或者液体的管状设备, 其范围规定为最高工作压力大于或等于 0.1MPa (表压) 的气体、液化气体、蒸汽介质或者可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体介质, 且公称直径大于 25mm 的管道。

(5) 压力管道的特点 国务院颁布的《特种设备安全监察条例》明确规定, 压力管道和锅炉、压力容器、起重机械并列为不安全因素较多的特种设备。压力管道的特点包括以下几点。

① 压力管道是一个系统, 相互关联相互影响, 牵一发而动全身。

② 压力管道长径比很大, 极易失稳, 受力情况比压力容器更复杂。压力管道内流体流动状态复杂, 缓冲余地小, 工作条件变化频率比压力容器高 (如高温、高压、低温、低压、位移变形、风、雪、地震等都可能影响压力管道受力情况)。

③ 管道组成件和管道支承件的种类繁多, 各种材料各有特点和具体技术要求, 材料选用复杂。

④ 管道上的可能泄漏点多于压力容器, 仅一个阀门通常就有五处。

⑤ 压力管道种类多, 数量大, 设计、制造、安装、检验、应用管理环节多, 与压力容器大不相同。

① 2003 年国务院第 373 号令《特种设备安全监察条例》: 特种设备是指涉及生命安全、危险性较大的压力管道、锅炉、压力容器、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施。

② 参见 2003 年国务院第 373 号令《特种设备安全监察条例》。

第二节 压力管道设计的特点

(1) 压力管道设计属于多学科综合性专业 压力管道设计是既要求从事这项设计的工程技术人员具有工艺、设备、生产操作、安全生产、检修和施工等方面的知识,也要求其具有材料、力学、机械、设备、结构、仪表、电气、技术经济等多学科知识,还要求其能够运用好计算机和外语两个最重要的工具,根据拟设计装置工艺、设备、土建、仪表、电气等各专业的设计要求,结合装置建设地地理、地质、水文、气候和气象条件,并遵循相关法规和规定,用管道及其组件将装置中各设备安全、经济、合理地连接成为一个系统的、集体的、创造性的智力劳动。

(2) 压力管道设计具有严格的法规性 压力管道设计必须遵循相关标准、规范和成功的工程惯例进行。无论是选择管道材料、进行装置设备布置、压力管道布置,还是管道支吊架设计、应力分析,均要遵循相关的标准、规范。

(3) 压力管道设计是详细设计的主导专业 压力管道设计是详细设计的主导专业,起着承上启下的作用,随着其他专业设计工作的深入而不断地进行修改和补充,由浅入深、由定性到定量逐步分阶段进行,贯穿了工程设计的全过程。它的工作不但关系到自身的设计安全、质量、进度和费用,而且会对其他相关专业乃至整个装置的设计产生重要的影响。

(4) 压力管道设计具有高度的依附性 压力管道设计必须满足工艺、设备、土建、仪表、电气等相关专业的要求与拟设计装置当地条件要求以及用户的要求。

(5) 压力管道设计图纸复用率低 由于当地条件或用户要求的差异等,即使采用了同工艺、同产品和同规模,压力管道设计却不能照搬,需要重新按照标准规范及其他的规定进行装置设备布置、管道布置、管道支吊架设计、三维模型设计、平面图纸设计等工作。

(6) 压力管道设计工作量大且繁杂 很多大、中型项目的压力管道专业设计需要几十人,甚至几百人的共同努力、互相配合才能完成。不同的设计人员之间在设计过程中,相互联系又相互影响。

由图 1-1 和图 1-2 可以看出,在同一石油化工项目中,压力管道专业实际工作日占总工程总工作日的百分比常常是最多的。

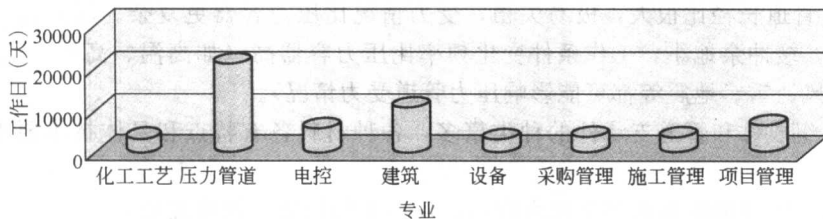


图 1-1 某乙烯工程各专业的工时比较

压力管道设计是一个反复修改、不断完善的过程。例如,某大型乙烯工程是由日本某工程公司和国内一家工程公司合作设计的,压力管道专业使用 PDS 计算机软件,布置设计了四万多根管线。工程设计从开始到结束,压力管道专业共接收到 11 个版次的 PID(工艺流程图)条件,每一个版次的工艺流程图,都有大批量的修改。有时,即使工艺流程图修改很