

动力管道设计手册

DONGLIGUANDAO SHEJI SHOUCHE

《动力管道设计手册》编写组◎编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



动力管道设计手册

《动力管道设计手册》编写组 编



机械工业出版社

本手册是一本较为全面的综合性动力管道设计工具书。管道种类包括热力管道：蒸汽、热水、凝结水、废汽；燃气管道：冷煤气、水煤气、城市煤气、天然气、液化石油气；气体管道：压缩空气、氧气、氮气、乙炔气、氢气、二氧化碳气、真空系统、高纯气体等。全书共 16 章，包括常用资料、管道系统及其选择、管道布置及敷设、供热管道直埋技术、管道水力计算、管道热补偿、管道跨距及荷载、管道支吊架及支座、管道强度计算及应力验算、管道组成件的选用、保温及防腐、动力分站、真空管道系统、高纯气体管道、动力管道安装及验收、工程估算等内容。书中大量的图表和数据可供动力管道设计人员在方案设计、初步设计和施工图设计中直接选用。

本手册供从事热力管道、燃气管道、气体管道和动力分站等工程设计人员使用，亦可供施工安装、概算编制、运行管理有关人员和大专院校有关师生参考，还可供动力专业注册设备工程师参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

动力管道设计手册/《动力管道设计手册》编写组编.

—北京：机械工业出版社，2006.1

ISBN 7-111-17849-1

I. 动... II. 动... III. ① 供热管道—市政工程—建筑设计—手册
② 煤气管道—市政工程—建筑设计—手册 IV. TU99-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 130804 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：吕德齐 蒋有彩

责任印制：李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 59.25 印张 · 3 插页 · 1703 千字

0001—4000 册

定价：105.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话：(010)68326294

编辑热线：(010)68351729

封面无防伪标均为盗版

《动力管道设计手册》编写组

主 编 施振球 机械工业第一设计研究院

副主编 赵廷元 五洲工程设计研究院 (原兵器工业第五设计研究院)

编 写 人

单 位	作 者	章 节
中机国际工程设计研究院 (原机械工业第八设计研究院)	叶全乐	第 1 章
五洲工程设计研究院 (原兵器工业第五设计研究院)	赵廷元	第 2 章、第 14 章
核工业第五研究设计院	张国维	第 3 章、第 4 章 4.1、4.2、4.4 节
	李海成	第 11 章
机械工业第四设计研究院	肖同华	第 5 章
中国船舶工业第九设计研究院	张泉根	第 6 章、第 9 章
机械工业第一设计研究院	黄先扬	第 4 章 4.3 节、第 7 章、第 8 章
	范继强	第 16 章
中联西北工程设计研究院 (原机械工业第十一设计研究院)	国 铭 于之海 卢治纮 于 海 李 龙 王 峰	第 2 章第 2.1 节、第 10 章
中国电子工程设计院 (原电子工业第十设计研究院)	吴克江	第 12 章
中国航空工业规划设计研究院	王振邦	第 13 章、第 15 章

定稿审核人 施振球 赵廷元 叶全乐 黄先扬 张国维 王振邦

前 言

工厂和城镇建设中作为输送各种介质的动力管道种类越来越多，有冷态和热态，气体和液体，惰性介质和易燃易爆介质，普通气体和高纯气体，人工制造和天然形成，低压和高中压等。对动力管道的设计和安装要求也越来越高。城镇建设、工矿企业和民用建筑等的建设都离不开动力管道。为使动力管道设计做到既安全可靠、技术先进、经济合理，又便于安装管理，广大动力工作者特别是新参加设计工作的同志，在设计工作中迫切需要一本实用的较全面的最新的综合性动力管道设计工具书。为此，机械工业动力科技信息网组织国内动力管道设计方面比较著名的设计院中长期从事动力管道工程设计，且具有较丰富实践经验的高级工程师，在1994年出版发行的《动力管道手册》的基础上，对动力管道方面的新的规范、标准和技术经济指标，最新的设备和材料，供热管道直埋敷设技术，压力管道设计，工程应用实例等方面作了大量的补充和调整，重新编写了这本《动力管道设计手册》。

本手册的特点是：

1. 内容全面、系统、简明

本手册将常用的动力管道设计资料，以图表的形式进行阐述，便于查阅，同时还编入了个别设计院独有的、同类书没有的内容，如真空管道系统、高纯气体管道、压力管道和压力容器设计计算、动力分站中换热站、凝结水站、气体汇流排间、液态气体气化间等，并从设计原则、工艺系统、计算选型及设计实例等方面作了详细阐述，使设计人员依靠本手册就能进行设计。为了扩宽设计人员的知识面，在手册中编入了动力管道安装及验收和工程估算等内容，使手册适用面更加广泛。

2. 内容新颖、实用

介绍了近年来取得较快发展的蒸汽管道的直埋敷设技术和旋转式补偿器等技术，手册中对设计计算和规格选型都作了较详细介绍。用气（汽）设备消耗量资料是原机电部作为科研课题对代表性工矿企业做了大量的测定工作，经校核计算后得出的最新成果，比较完整地编入了本手册，便于设计、安装和运行管理中应用。

总之，我们尽可能使本手册在内容上全面和使用上方便，并反映动力管道发展的最新成果。在编写本手册的过程中，得到了机械工业动力科技信息网的关心和支持，并得到有关设计研究院的领导和动力工作者以及一些工厂的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

《动力管道设计手册》、《锅炉房实用设计手册》、《燃油燃气锅炉房设计手册》、《锅炉房常用设备手册》、《动力环保设计手册》等是由机械工业动力科技信息网统一规划、统一组织编写的一套系列设计手册。

本手册主要供从事热力、燃气及气体方面的动力管道专业设计人员、施工安装人员和运行管理人员及大专院校热能动力、燃气、供热、暖通等专业师生使用和参考。

本手册编写人员和审校人员都是多年来从事本专业设计研究的高级工程师，对保证手册的质量和实用性具有较好的先决条件。尽管如此，不足和错误之处在所难免，尚祈读者指正，联系人：机械工业第一设计研究院施振球（安徽省蚌埠市，邮政编码：233017）。

手册编写组
2005年10月

目 录

前言

第 1 章 常用资料	1
1.1 单位及换算关系.....	1
1.1.1 长度单位换算.....	1
1.1.2 面积单位换算.....	1
1.1.3 容积、体积单位换算.....	1
1.1.4 速度单位换算.....	1
1.1.5 角度单位换算.....	2
1.1.6 角速度单位换算.....	2
1.1.7 质量单位换算.....	2
1.1.8 密度单位换算.....	2
1.1.9 比体积(比容)单位换算.....	2
1.1.10 力、重力单位换算.....	3
1.1.11 压力、应力单位换算.....	3
1.1.12 动力粘度单位换算.....	3
1.1.13 运动粘度单位换算.....	3
1.1.14 功、能、热量单位换算.....	4
1.1.15 功率单位换算.....	4
1.1.16 体积流量单位换算.....	4
1.1.17 温度单位换算.....	4
1.1.18 热导率(导热系数)单位换算.....	5
1.1.19 传热系数单位换算.....	5
1.1.20 比热容单位换算.....	5
1.1.21 冷量单位换算.....	5
1.2 常用计算数据表.....	5
1.2.1 半径 $r=1$ 的弓形诸要素.....	5
1.2.2 管道计算数据.....	7
1.2.3 常用金属材料的力学性能.....	9
1.2.4 常用金属材料的物理性质.....	15
1.2.5 水和水蒸气性质表.....	16
1.2.6 常用气体性质.....	19
1.2.7 常用燃气的性质.....	25
1.2.8 生产的火灾危险性分类 及举例.....	26
1.2.9 职业性接触毒物危害程度 分级.....	28
1.3 气象、地震资料.....	29
1.3.1 全国主要城市气象资料.....	29
1.3.2 我国主要城镇抗震设防烈 度、设计基本地震加速度 和设计地震分组.....	30
1.4 常用管道材料.....	35
1.4.1 输送流体用无缝钢管.....	35
1.4.2 低压流体输送用焊接钢管.....	37
1.4.3 低中压锅炉用无缝钢管.....	37
1.4.4 高压化肥设备用无缝钢管.....	38
1.4.5 高压锅炉用无缝钢管.....	39
1.4.6 石油裂化用无缝钢管.....	40
1.4.7 直缝电焊钢管.....	40
1.4.8 低压流体输送用大直径焊接 钢管.....	41
1.4.9 流体输送用不锈钢无缝钢管.....	42
1.4.10 铝及铝合金管.....	42
1.4.11 一般用途的加工铜及铜合金 无缝圆管.....	43
1.4.12 化工用硬聚氯乙烯 (PVC-U)管.....	45
1.4.13 输送用橡胶管.....	45
1.4.14 ABS 塑料管.....	46
1.4.15 金属软管.....	46
1.5 其他常用材料及附件.....	47
1.5.1 板材.....	47
1.5.2 型材.....	52
1.5.3 管道附件及五金制品.....	57
1.6 阀门.....	138
1.6.1 阀门型号编制方法.....	138
1.6.2 常用阀门型号规格.....	140
1.7 动力管道的图例和表面涂色标志.....	199
1.7.1 动力管道参考图例.....	199
1.7.2 动力管道表面涂色和标志.....	203
1.8 动力工程专业常用规范及标准图.....	204
1.8.1 动力专业设计中常用规范 及技术标准.....	204

1.8.2 动力专业国家建筑标准 设计图.....	205	3.2.10 氢气管道的布置及敷设.....	248
		3.2.11 管道节点及详图索引.....	248
第 2 章 管道系统及其选择	207	3.3 管道架空敷设.....	257
2.1 压力管道范围和分类.....	207	3.3.1 低支架敷设.....	257
2.1.1 压力管道范围.....	207	3.3.2 中支架敷设.....	257
2.1.2 压力管道分类.....	207	3.3.3 高支架敷设.....	257
2.1.3 流体类别简介.....	208	3.3.4 地上架空敷设支架的形式.....	257
2.2 管道按介质分类.....	208	3.3.5 几种常用的管架结构形式.....	258
2.2.1 热力管道.....	208	3.4 地沟敷设.....	259
2.2.2 燃气管道.....	208	3.4.1 通行地沟敷设.....	259
2.2.3 气体管道.....	208	3.4.2 半通行地沟敷设.....	260
2.2.4 真空管道.....	208	3.4.3 不通行地沟敷设.....	260
2.2.5 高纯气体管道.....	208	3.5 专用构筑物.....	261
2.3 热力管道系统.....	208	3.5.1 检查井.....	261
2.3.1 热水系统.....	209	3.5.2 伸缩穴.....	262
2.3.2 蒸汽系统.....	210	3.6 管道的排水、放空、吹扫装置.....	262
2.3.3 凝结水系统.....	212	3.6.1 热水管网及凝结水管网.....	262
2.4 燃气管道系统.....	213	3.6.2 蒸汽管网.....	263
2.4.1 发生炉煤气管道系统.....	213	3.6.3 煤气管网.....	265
2.4.2 城镇燃气输配系统.....	214	3.6.4 燃气、压缩空气、氧气、 乙炔、氢气等管道常用的 放气及排水管径.....	265
2.4.3 天然气管道系统.....	215	3.7 埋地管道间距及与建(构) 筑物之间距.....	266
2.4.4 液化石油气管道系统.....	215	3.7.1 埋地管道相互间最小平面 净距.....	266
2.5 气体管道系统.....	216	3.7.2 埋地管道交叉最小净距.....	266
2.5.1 压缩空气管道系统.....	216	3.7.3 埋地管道与建(构)筑物 最小平面净距.....	266
2.5.2 氧气管道系统.....	216	3.8 架空管道间距及与建(构) 筑物之间距.....	266
2.5.3 乙炔管道系统.....	217	3.8.1 厂区架空管道间相互 最小净距.....	266
2.5.4 氢气管道系统.....	218	3.8.2 厂区架空管道与建(构) 筑物最小平面净距.....	266
2.5.5 二氧化碳管道系统.....	218	3.8.3 厂区架空管道与建(构) 筑物间最小垂直净距.....	266
第 3 章 管道的布置及敷设	219	3.8.4 室内管道间及与电气设备间 最小净距.....	266
3.1 概述.....	219	第 4 章 供热管道直埋技术	269
3.2 管道的布置及敷设原则.....	219	4.1 概述.....	269
3.2.1 厂区管道布置及敷设的 一般原则.....	219	4.1.1 国外直埋技术发展过程.....	269
3.2.2 车间管道布置及敷设的 一般原则.....	219	4.1.2 国内直埋技术发展概况.....	269
3.2.3 热力管道的布置及敷设原则.....	220	4.1.3 热水管道直埋敷设的优点.....	270
3.2.4 发生炉煤气、水煤气管道的 布置及敷设.....	223	4.2 热水管道直埋技术.....	270
3.2.5 城镇燃气管道的布置及敷设.....	223		
3.2.6 液化石油气管道布置及敷设.....	241		
3.2.7 压缩空气管道的布置及敷设.....	244		
3.2.8 氧气管道的布置及敷设.....	246		
3.2.9 乙炔管道的布置及敷设.....	247		

4.2.1	管道布置	270	5.3.5	平均密度计算	345
4.2.2	管道敷设	270	5.4	管径和压力损失计算	345
4.2.3	管道敷设方式	270	5.4.1	管径计算	345
4.2.4	管道保温结构	271	5.4.2	管道压力损失计算	346
4.2.5	管段类型	273	5.4.3	允许单位压降(比压降) 的计算	346
4.2.6	管道热力计算	273	5.4.4	燃气管道水力计算	347
4.2.7	管道受力计算及应力验算	277	5.5	水压图	348
4.2.8	直管段的轴向力和热伸长	278	5.5.1	绘制水压图时,水力工况 应满足的条件	348
4.2.9	管道设计要点	285	5.5.2	水压图绘制的方法和步骤	349
4.2.10	直埋保温管的安装及验收	286	5.5.3	几种类型的水压图	350
4.3	蒸汽管道直埋技术	287	5.6	管道水力计算图表	352
4.3.1	概况	287	5.6.1	各种介质管道水力计算图表	352
4.3.2	蒸汽直埋管道的结构形式	287	5.6.2	各种介质管道的局部阻力 系数和当量长度计算表	424
4.3.3	蒸汽管道直埋敷设的 防腐保温结构	289	5.7	管道计算示例	432
4.3.4	蒸汽管道直埋敷设三种 防腐保温结构的比较	291	第6章 管道热补偿		443
4.3.5	蒸汽直埋管道的热补偿	291	6.1	概述	443
4.3.6	蒸汽直埋管道的疏排水	292	6.1.1	管道热补偿方法	443
4.3.7	蒸汽直埋管道外钢套管的 绝缘防腐	292	6.1.2	目前常用的热补偿器	443
4.3.8	蒸汽直埋管道的排潮	292	6.1.3	管道热补偿设计原则	443
4.3.9	蒸汽直埋管道固定支架 推力计算	293	6.2	管道热伸长量计算	443
4.3.10	蒸汽直埋管道的设计原则	293	6.3	管道自然补偿	444
4.3.11	蒸汽直埋管道的施工安装 及验收	294	6.3.1	概述	444
4.4	部分厂家产品介绍	294	6.3.2	平面自然补偿管段短臂长度 的计算	444
4.4.1	外滑动内固定蒸汽直埋管	294	6.3.3	空间自然补偿管段的近似 验算	445
4.4.2	生产直埋热水管道、蒸汽 管道的厂家	296	6.4	管道热补偿器类型	446
第5章 管道水力计算		299	6.4.1	方(矩)形补偿器	446
5.1	概述	299	6.4.2	套管(套筒)式补偿器	452
5.2	负荷计算及耗量表	299	6.4.3	波纹(波形)补偿器	456
5.2.1	各类动力管道负荷计算	299	6.4.4	球形补偿器	467
5.2.2	燃气管道负荷计算	300	6.4.5	旋转式补偿器	470
5.2.3	采暖通风及生活用热负荷 计算	302	第7章 管道支吊架的跨距及载荷		473
5.2.4	耗量表	310	7.1	概述	473
5.3	管道水力计算的常用数据	343	7.2	管道支吊架允许跨距计算	473
5.3.1	常用流速	343	7.2.1	按强度条件确定管道支 吊架允许跨距	473
5.3.2	粗糙度 K 和粗糙度换算 系数 m	343	7.2.2	按刚度条件确定管道支 吊架允许跨距	473
5.3.3	摩擦阻力系数 λ	343	7.2.3	水平弯管管道支吊架允 许跨距的确定	473
5.3.4	介质密度 ρ 值的修正	345			

7.2.4 尽端直管支吊架允许跨距的确定.....	473	8.4.1 公用设备室内管道支吊架.....	525
7.3 管道支吊架最大允许跨距.....	475	8.4.2 室外热力管道支座.....	531
7.3.1 保温蒸汽管道最大允许跨距.....	475	8.4.3 《管道支吊架手册》简介.....	538
7.3.2 保温液体管道最大允许跨距.....	475	8.4.4 地沟管道支吊架.....	543
7.3.3 不保温管道最大允许跨距.....	475	8.4.5 无沟敷设管道固定支架.....	550
7.3.4 煤气管道支吊架跨距的确定.....	475	8.4.6 煤气管道支座.....	550
7.3.5 加强管道.....	479	8.4.7 大管背小管支架结构.....	553
7.3.6 拱形管道.....	483	8.5 组合式管架.....	555
7.4 管道固定支吊架间距的确定.....	489	8.5.1 吊索管架.....	555
7.5 支吊架载荷计算.....	490	8.5.2 悬索管架.....	555
7.5.1 垂直载荷.....	490	第 9 章 管道强度计算和应力验算.....	557
7.5.2 沿管道轴向的水平载荷.....	491	9.1 管道强度计算.....	557
7.5.3 与管道轴向交叉的侧向水平载荷.....	492	9.1.1 管道理论壁厚计算.....	557
7.6 固定支吊架推力计算.....	494	9.1.2 管道设计壁厚和名义壁厚.....	557
7.6.1 矩形补偿器和自然补偿器定支吊架推力计算公式.....	498	9.1.3 管道壁厚附加量 C_1 及 C_2	557
7.6.2 套管补偿器固定支吊架推力计算公式.....	498	9.2 管道应力验算.....	558
7.6.3 波形补偿器固定支吊架推力计算公式.....	498	9.2.1 概述.....	558
7.6.4 球形补偿器固定支吊架推力计算公式.....	498	9.2.2 一次应力验算.....	558
7.6.5 煤气管道固定支吊架推力计算.....	498	9.2.3 管道自重应力的近似计算方法.....	560
7.6.6 固定支吊架推力计算实例.....	499	9.2.4 二次应力验算.....	562
第 8 章 管道支吊架及支座.....	504	9.2.5 合成应力验算.....	562
8.1 概述.....	504	9.3 用图表法求解管道的推力和应力.....	562
8.1.1 管道支吊架的分类.....	504	9.3.1 平面管道的推力和应力计算.....	562
8.1.2 管道支吊架选择原则.....	504	9.3.2 立体管道的推力和应力计算.....	563
8.2 支吊架结构强度计算.....	504	9.4 卧式压力容器计算.....	566
8.2.1 常用支吊架生根结构件的强度计算.....	504	9.4.1 概述.....	566
8.2.2 常用支吊架生根结构件的强度计算曲线图.....	509	9.4.2 卧式内压力容器计算格式.....	567
8.3 弹簧支吊架.....	517	9.4.3 分汽缸和分水缸计算.....	573
8.3.1 弹簧承受的最大载荷计算.....	517	9.5 压力管道和压力容器计算软件.....	577
8.3.2 垂直热位移计算.....	517	9.5.1 概述.....	577
8.3.3 支吊架弹簧的选择方法.....	517	9.5.2 压力容器计算软件.....	578
8.3.4 吊架弹簧.....	520	9.5.3 压力管道应力计算软件.....	578
8.3.5 支架弹簧 (TH3).....	523	第 10 章 管道组成件的选用.....	580
8.3.6 橡胶弹性吊架.....	525	10.1 管子及管件.....	580
8.4 常用支吊架.....	525	10.1.1 概述.....	580
		10.1.2 不同介质管道选材要求.....	581
		10.1.3 常用管材.....	582
		10.1.4 常用管件选择.....	583
		10.1.5 常用钢制法兰的选用.....	584
		10.1.6 常用垫片的选用.....	585
		10.2 阀门选择的一般要求.....	586
		10.2.1 阀门的分类和用途.....	586

10.2.2	管道阀门的选择.....	587	第 11 章 保温及防腐	634	
10.2.3	常用管道阀门选用.....	587	11.1	保温设计的基本原则.....	634
10.2.4	柱塞阀简介.....	588	11.2	保温材料选择.....	634
10.3	减压装置的选择计算.....	588	11.2.1	保温材料.....	634
10.3.1	概述.....	588	11.2.2	防潮层材料.....	635
10.3.2	减压阀及选用计算.....	589	11.2.3	保护层材料.....	635
10.3.3	调压孔板及选用计算.....	590	11.2.4	辅助材料.....	635
10.3.4	气体减压器.....	592	11.3	保温热力计算.....	638
10.3.5	煤气及液化气管网中 的调压器.....	594	11.3.1	计算原则.....	638
10.3.6	自力式压力调节阀.....	594	11.3.2	保温层经济厚度计算.....	638
10.3.7	ZZYP 自力式压力调节阀.....	597	11.3.3	保温层表面散热损失计算.....	641
10.3.8	ZTY—16S 自力式调压阀.....	597	11.3.4	控制散热损失的保温层 厚度计算.....	641
10.3.9	回水自动启闭阀.....	597	11.3.5	保温层外表面温度的计算.....	641
10.3.10	平衡阀.....	598	11.3.6	双层保温内外层界面处温 度计算.....	642
10.4	安全装置的选择计算.....	598	11.3.7	控制外表面温度的保温 层厚度计算.....	642
10.4.1	概述.....	598	11.3.8	在允许温降条件下输送液 体管道的保温层厚度计算.....	642
10.4.2	安全阀选型计算.....	598	11.3.9	延迟管道内介质冻结的保 温层厚度计算.....	643
10.4.3	安全水封.....	600	11.3.10	热价的计算.....	643
10.4.4	中压乙炔干式回火防止器.....	602	11.3.11	保温结构单位造价的计算.....	644
10.4.5	氢气、煤气管道用网式 阻火器.....	602	11.4	保温计算主要数据选取原则.....	644
10.4.6	重锤安全阀.....	603	11.5	计算举例.....	645
10.4.7	ZKM 型空气煤气 安全阀.....	604	11.6	常用保温材料.....	648
10.4.8	天然气紧急切断阀.....	604	11.6.1	常用保温材料性能.....	648
10.4.9	可燃气体报警仪.....	605	11.6.2	常用保温材料.....	649
10.4.10	防火安全呼吸阀.....	606	11.7	保温结构.....	650
10.5	疏水阀及凝结水回收装置.....	606	11.8	防腐.....	667
10.5.1	概述.....	606	11.8.1	概述.....	667
10.5.2	疏水阀的选用.....	606	11.8.2	油漆涂料.....	668
10.5.3	凝结水回收装置.....	609	11.8.3	管道防腐措施.....	668
10.6	管道油水分离及排水装置.....	609	第 12 章 动力分站	674	
10.6.1	油水分离器.....	609	12.1	换热站.....	674
10.6.2	集水与排水装置.....	614	12.1.1	简述.....	674
10.7	其他管道附件.....	616	12.1.2	设计一般原则.....	674
10.7.1	除污器.....	616	12.1.3	工艺流程.....	675
10.7.2	配气器.....	619	12.1.4	布置及设计要求.....	675
10.7.3	汽水集配器.....	620	12.1.5	工艺与各专业关系.....	678
10.7.4	氧气、乙炔接头箱.....	621	12.1.6	主要设备选用计算及选型.....	679
10.7.5	二次蒸发箱.....	622	12.1.7	常用换热器及机组.....	695
10.8	常用仪表.....	623	12.1.8	换热站平面图系统图实例.....	788
10.8.1	温度计的选用.....	623			
10.8.2	压力仪表的选用.....	626			
10.8.3	流量仪表简介.....	627			
10.9	节流装置简介.....	632			

12.2 凝结水站.....	792	14.6 高纯气体管道安装.....	885
12.2.1 简述.....	792	14.6.1 安装前的准备工作.....	885
12.2.2 一般设计原则.....	792	14.6.2 安装程序.....	885
12.2.3 工艺系统.....	792	14.7 高纯气体管道的安全技术.....	886
12.2.4 布置及设计要求.....	793		
12.2.5 设备计算及选型.....	794	第 15 章 动力管道安装及验收.....	887
12.2.6 平面图及系统图实例.....	798	15.1 动力管道安装应遵循的原则.....	887
12.3 气体汇流排间.....	800	15.2 管子、管件及阀门的检验.....	887
12.3.1 氧气、氮气、氢气 汇流排间.....	800	15.2.1 基本要求.....	887
12.3.2 乙炔汇流排间.....	816	15.2.2 管子检验.....	887
12.3.3 二氧化碳汇流排间.....	821	15.2.3 管件检验.....	887
12.4 液态气体气化间.....	826	15.2.4 阀门检验.....	887
12.4.1 液氧、液氮气化间概述.....	826	15.3 管道加工及预制.....	888
12.4.2 一般设计原则.....	826	15.3.1 管道切割.....	888
12.4.3 液氧、液氮贮槽、汽 化器、减压装置.....	827	15.3.2 弯管制作.....	888
		15.3.3 管口翻边.....	889
第 13 章 真空管道系统.....	841	15.4 管道焊接.....	889
13.1 概述.....	841	15.4.1 一般规定与注意事项.....	889
13.2 真空用途、真空负荷及影响真 空系统正常运行的主要因素.....	842	15.4.2 焊接方法的选择.....	889
13.3 真空系统中气体流动的剖析 与基本方程.....	843	15.4.3 坡口加工及接头组对.....	890
13.4 流导的计算.....	844	15.4.4 预热与热处理.....	891
13.5 低真空室抽气时间计算.....	847	15.4.5 焊条的选用.....	891
13.6 真空管道计算.....	848	15.4.6 焊缝检验.....	891
13.7 真空泵的选择.....	851	15.5 支吊架的安装.....	891
13.8 真空泵站的组成及布置.....	851	15.5.1 安装前的准备工作.....	891
13.9 低真空系统设计.....	852	15.5.2 安装要求.....	892
13.10 真空设备及附件.....	853	15.5.3 安装方法.....	892
13.11 真空系统计算实例.....	858	15.6 管道安装.....	892
第 14 章 高纯气体管道.....	862	15.6.1 管道安装前应具备的条件.....	892
14.1 高纯气体的用途.....	862	15.6.2 一般规定.....	892
14.2 高纯气体的控制标准.....	862	15.6.3 阀门和法兰的安装.....	893
14.2.1 纯度及干燥度.....	862	15.6.4 热力管道安装.....	893
14.2.2 洁净度.....	862	15.6.5 压缩空气管道安装.....	893
14.3 气体纯化装置.....	865	15.6.6 氧气管道安装.....	893
14.3.1 氢气纯化装置.....	865	15.6.7 乙炔管道安装.....	894
14.3.2 氧气纯化装置.....	868	15.6.8 氮气管道安装.....	894
14.3.3 氮气纯化装置.....	870	15.6.9 二氧化碳管道安装.....	894
14.3.4 压缩空气净化装置.....	877	15.6.10 氢气管道安装.....	894
14.4 高纯气体管网设计、安装和维护.....	884	15.6.11 天然气管道安装.....	894
14.5 管道材料、阀门和附件.....	884	15.6.12 爆炸性气体管道安装.....	894
		15.6.13 补偿器的安装.....	894
		15.7 管道系统的试验.....	895
		15.7.1 一般规定.....	895
		15.7.2 液压试验.....	895
		15.7.3 气压试验.....	897
		15.7.4 其他试验.....	897

15.8	管道系统清扫和清洗	897	16.2	工程估算的特点和准确性	904
15.9	管道的隔热及防腐	899	16.2.1	工程估算的特点	904
15.9.1	一般规定	899	16.2.2	工程估算的准确性	905
15.9.2	管道涂漆施工	899	16.3	建筑安装工程费用项目组成	905
15.9.3	管道保温施工	899	16.3.1	建筑安装工程费用组成	905
15.10	管道工程质量检验的评定标准	900	16.3.2	建筑安装工程费用参考 计算方法	908
15.10.1	管子、部件、焊接材 料与阀门检验	900	16.3.3	建筑安装工程计价程序	911
15.10.2	管道连接检查	900	16.4	建筑安装工程定额	912
15.10.3	管道安装检查	900	16.4.1	定额的含义、性质及分类	912
15.10.4	部件检查	900	16.4.2	施工定额	913
15.10.5	阀门安装检查	902	16.4.3	预算定额	913
15.10.6	管道试验、吹扫和 涂色检查	902	16.4.4	概算定额	914
15.10.7	管道保温检查	902	16.4.5	概算指标	914
15.10.8	管道绝缘防腐检查	902	16.5	动力专业工程估价的特点	914
第 16 章	工程估算	903	16.6	工程估算编制的步骤和方法	914
16.1	工程估算的概念和内容	903	16.6.1	工程量估算的步骤 和方法	914
16.1.1	工程估算的概念	903	16.6.2	差价调整法	915
16.1.2	工程估算的内容	903	16.7	常用材料及设备参考价格	916
			参考文献		933

第1章 常用资料

1.1 单位及换算关系

1.1.1 长度单位换算

长度单位换算见表 1-1。

1.1.2 面积单位换算

面积单位换算见表 1-2。

1.1.3 容积、体积单位换算

容积、体积单位换算见表 1-3。

1.1.4 速度单位换算

速度单位换算见表 1-4。

表 1-1 长度单位换算表

	m	in	ft	yd	km	mile	nmile
米	1	39.37	3.281	1.094	10^{-3}	6.21×10^{-4}	5.40×10^{-4}
英寸	0.0254	1	0.0833	0.0278	0.254×10^{-4}	1.578×10^{-5}	1.371×10^{-5}
英尺	0.3048	12	1	0.333	0.3048×10^{-3}	1.894×10^{-4}	1.646×10^{-4}
码	0.9144	36	3	1	0.9144×10^{-3}	5.682×10^{-4}	4.937×10^{-4}
公里	1000	3.937×10^4	3281	1094	1	0.621	0.540
英里	1609	63360	5280	1760	1.609	1	0.869
海里	1852	72913	6076	2025	1.825	1.151	1

表 1-2 面积单位换算表

	m ²	in ²	ft ²	yd ²	市亩	acre	mile ²	km ²	ha
米 ²	1	1550	10.76	1.196	1.5×10^{-3}	2.471×10^{-4}	3.861×10^{-7}	10^{-6}	10^{-4}
英寸 ²	6.452×10^{-4}	1	6.944×10^{-3}	7.716×10^{-4}	9.677×10^{-7}	1.594×10^{-7}	2.491×10^{-10}	0.645×10^{-9}	6.452×10^{-8}
英尺 ²	0.0929	144	1	0.1111	1.394×10^{-4}	2.296×10^{-5}	3.587×10^{-8}	9.29×10^{-8}	9.29×10^{-8}
码 ²	0.836	1296	9	1	1.254×10^{-3}	2.066×10^{-4}	3.228×10^{-7}	8.361×10^{-7}	8.361×10^{-5}
市亩	666.7	1.033×10^6	7.176×10^3	797.3	1	0.1646	2.574×10^{-4}	6.667×10^{-4}	6.667×10^{-2}
英亩	4046.9	6.273×10^6	43560	4840	6.073	1	1.563×10^{-3}	4.407×10^{-3}	0.4047
英里 ²	2.59×10^6	4.014×10^9	2.788×10^7	3.098×10^6	3.885×10^3	640	1	2.59	2.59×10^2
公里 ²	10^6	1.55×10^9	1.076×10^7	1.196×10^6	1500	247.1	0.386	1	100
公顷	10^4	1.55×10^7	1.076×10^5	1.196×10^4	15	2.471	3.86×10^{-3}	0.01	1

表 1-3 容积、体积单位换算表

	m ³	dm ³ (L)	in ³	ft ³	yd ³	UKgal	USgal
米 ³	1	1000	61024	35.31	1.308	220	264
分米 ³ (升)	0.001	1	61.024	0.03531	1.308×10^{-3}	0.220	0.264
英寸 ³	0.1639×10^{-4}	1.639×10^{-2}	1	5.787×10^{-4}	2.143×10^{-5}	3.605×10^{-3}	4.329×10^{-3}
英尺 ³	0.02832	28.32	1728	1	0.03704	6.229	7.481
码 ³	0.7646	764.6	46656	27	1	168.2	202
英加仑	4.546×10^{-3}	4.546	277.42	0.1605	5.946×10^{-3}	1	1.201
美加仑	3.785×10^{-3}	3.785	231	0.1337	4.951×10^{-3}	0.8327	1

注：石油桶 (US barrel) = 42 美加仑 (US gal)。

表 1-4 速度单位换算表

	m/s	ft/s	yd/s	km/h	mile/h	nmile/h
米/秒	1	3.281	1.094	3.6	2.237	1.944
英尺/秒	0.3048	1	0.3333	1.0973	0.6819	0.5925
码/秒	0.9144	3	1	3.2919	2.0457	1.7775
千米/时	0.2778	0.9114	0.3033	1	0.6214	0.54
英里/时	0.4470	1.4667	0.4889	1.0693	1	0.8689
海里/时	0.5144	1.6881	0.5627	1.852	1.1508	1

1.1.5 角度单位换算

角度单位换算见表 1-5。

1.1.7 质量单位换算

质量单位换算见表 1-7。

1.1.6 角速度单位换算

角速度单位换算见表 1-6。

1.1.8 密度单位换算

密度单位换算见表 1-8。

表 1-5 角度单位换算表

	rad	(°)	(')	(")
弧度	1	57.296	3437.8	206265
度	0.01745	1	60	3600
分	2.909×10^{-4}	0.01667	1	60
秒	4.848×10^{-6}	2.778×10^{-4}	0.01667	1

表 1-6 角速度单位换算表

	rad/s	rad/min	r/s	r/min	(°) / s	(°) / min
弧度/秒	1	60	0.1592	9.549	57.296	3437.8
弧度/分	0.01667	1	2.653×10^{-3}	0.1592	0.955	57.296
转/秒	6.283	376.99	1	60	360	21600
转/分	0.1047	6.283	0.01667	1	6	3600
度/秒	0.01745	1.0472	2.778×10^{-3}	0.1607	1	60
度/分	2.909×10^{-4}	0.01745	4.63×10^{-5}	2.778×10^{-3}	0.01667	1

表 1-7 质量单位换算表

	T	kg	g	ton	USton	lb	oz
吨	1	1000	10^6	0.9842	1.102	2204.6	35274
千克	10^{-3}	1	10^3	9.842×10^{-4}	1.102×10^{-3}	2.2046	35.274
克	10^{-6}	10^{-3}	1	9.842×10^{-7}	1.102×10^{-6}	2.2046×10^{-3}	0.03527
英吨	1.016	1016	1.016×10^6	1	1.12	2240	35840
美吨	0.9072	907.2	9.072×10^5	0.8929	1	2000	32000
磅	4.536×10^{-4}	0.4536	453.6	4.464×10^{-4}	5×10^{-4}	1	16
盎司	2.835×10^{-5}	0.02835	28.35	2.790×10^{-5}	3.125×10^{-5}	0.0625	1

表 1-8 密度单位换算表

	kg/m ³	g/cm ³	g/mL	t/m ³	ton/yd ³	lb/ft ³	lb/in ³	lb/UKgal	lb/USgal
千克/米 ³	1	0.001	10^{-3}	10^{-3}	7.525×10^{-4}	6.243×10^{-2}	3.613×10^{-5}	1.002×10^{-2}	0.835×10^{-2}
克/厘米 ³	10^3	1	1	1	0.7525	62.43	0.03613	10.02	8.345
克/毫升	1000	1	1	1	0.7525	62.43	0.03613	10.02	8.345
吨/米 ³	1000	1	1	1	0.7525	62.43	0.03613	10.02	8.345
英吨/码 ³	1329	1.329	1.329	1.329	1	82.93	0.048	13.32	11.09
磅/英尺 ³	16.02	1.602×10^{-2}	1.602×10^{-2}	1.602×10^{-2}	0.0121	1	5.787×10^{-4}	0.1605	0.1337
磅/英寸 ³	27680	27.68	27.68	27.68	20.83	1728	1	277.4	231
磅/英加仑	99.78	9.978×10^{-2}	9.978×10^{-2}	9.978×10^{-2}	0.0751	6.229	3.605×10^{-3}	1	0.833
磅/美加仑	119.8	0.1198	0.1198	0.1198	0.0902	7.481	4.329×10^{-3}	1.201	1

1.1.9 比体积(比容)单位换算

比体积(比容)单位换算见表 1-9。

表 1-9 比体积(比容)单位换算表

	m ³ /kg	L/kg	ft ³ /lb	in ³ /lb	ft ³ /ton	UKgal/lb
米 ³ /千克	1	1000	16.02	27680	35881	99.78
升/千克	0.001	1	0.01602	27.68	35.881	0.09978
英尺 ³ /磅	0.06243	62.43	1	1728	2240	6.229
英寸 ³ /磅	3.613×10^{-5}	0.0361	5.787×10^{-4}	1	1.296	3.605×10^{-3}
英尺 ³ /英吨	2.787×10^{-5}	0.0279	4.464×10^{-4}	0.7714	1	2.781×10^{-3}
英加仑/磅	10.02×10^{-3}	10.02	0.1605	277.4	359.6	1

1.1.10 力、重力单位换算

力、重力单位换算见表 1-10。

1.1.11 压力、应力单位换算

压力、应力单位换算见表 1-11。

1.1.12 动力粘度单位换算

动力粘度单位换算见表 1-12。

1.1.13 运动粘度单位换算

运动粘度单位换算见表 1-13。

表 1-10 力、重力单位换算表

	N	kgf	lbf	tf	tonf	UStonf
牛顿	1	0.10197	0.2248	1.0197×10^{-4}	1.0036×10^{-4}	1.124×10^{-4}
千克力	9.8067	1	2.2046	10^{-3}	9.842×10^{-4}	1.102×10^{-3}
磅力	4.448	0.4536	1	4.536×10^{-4}	4.464×10^{-4}	5×10^{-4}
吨力	9.8067×10^3	10^3	2204.6	1	0.9842	1.1023
英吨力	9964	1.0161×10^3	2240	1.0161	1	1.12
美吨力	8896	907.2	2000	0.9072	0.8929	1

注：1 达因 (dyn) = 10^{-5} 牛顿 (N)。

表 1-11 压力、应力单位换算表

	Pa(N/m ²)	kgf/cm ²	atm	mH ₂ O	mmHg(Torr)	inH ₂ O	lbf/ft ²	lbf/in ²
帕[斯卡]	1	1.0197×10^{-5}	9.869×10^{-6}	1.0197×10^{-4}	7.5×10^{-3}	4.0146×10^{-3}	2.0885×10^{-2}	1.4504×10^{-4}
千克力/厘米 ²	9.8067×10^4	1	0.9678	10	735.5	395	2048	14.22
标准大气压	1.0133×10^5	1.0333	1	10.333	760	407.5	2116.8	14.696
米水柱	9807	0.1	0.0968	1	73.556	39.40	204.77	1.4223
厘米汞柱(托)	133.32	1.36×10^3	1.31×10^3	0.0136	1	0.5352	2.7845	0.0193
英寸水柱	249	2.54×10^{-3}	2.46×10^{-3}	2.54×10^{-2}	1.87	1	5.2023	3.61×10^{-2}
磅力/英尺 ²	47.88	4.883×10^{-4}	4.724×10^{-4}	4.884×10^{-3}	0.3591	0.1922	1	6.944×10^{-3}
磅力/英寸 ²	6894	0.0703	0.0680	0.703	5172	27.72	144	1

注：1 达因/厘米² (dyn/cm²) = 0.1 帕 (Pa)。

表 1-12 动力粘度单位换算表

	Pa · s	cP	μP	kgf · s/m ²	lbf · s/ft ²	lbf · h/ft ²
帕斯卡秒	1	10^3	10^7	0.10197	2.0885×10^{-2}	5.8015×10^{-6}
厘泊	10^{-3}	1	10^4	1.0197×10^{-4}	2.0885×10^{-5}	5.8015×10^{-9}
微泊	10^{-7}	10^{-4}	1	1.0197	2.0885×10^{-9}	5.8015×10^{-13}
千克力 · 秒/米 ²	9.8067	9806.7	0.9807	1	0.2048	5.689×10^{-5}
磅力 · 秒/英尺 ²	47.88	47880	4.788×10^8	4.8824	1	2.7778×10^{-4}
磅力 · 时/英尺 ²	1.7237×10^5	1.7237×10^8	1.7237×10^{12}	1.7577×10^4	3600	1

注：1 泊 (P) [g/(cm · s)] = 100 厘泊 (cP)。

表 1-13 运动粘度单位换算表

	St	cSt	m ² /s	m ² /h	ft ² /s	in ² /s
斯托克斯(沲)	1	100	10^{-4}	0.36	1.076×10^{-3}	0.155
厘斯托克斯(厘沲)	0.01	1	10^{-6}	3.6×10^{-3}	1.076×10^{-5}	1.55×10^{-3}
米 ² /秒	10^4	10^6	1	3600	10.764	1.55×10^3
米 ² /时	2.778	277.8	2.778×10^{-4}	1	2.99×10^{-3}	0.4306
英尺 ² /秒	929.03	92903	9.2903×10^{-2}	334.5	1	144
英寸 ² /秒	6.452	645.2	6.452×10^{-4}	2.323	6.944×10^{-3}	1

注：条件粘度(恩氏粘度)与运动粘度的换算：

$$\nu = 0.0731^\circ E - \frac{0.0631}{^\circ E}$$

式中 ν —— 运动粘度, St;

°E —— 恩氏粘度, °E。

1.1.14 功、能、热量单位换算

功、能、热量单位换算见表 1-14。

1.1.15 功率单位换算

功率单位换算见表 1-15。

1.1.16 体积流量单位换算

体积流量单位换算见表 1-16。

1.1.17 温度单位换算

温度单位换算见表 1-17。

表 1-14 功、能、热量单位换算表

	KJ	kW·h	kcal	kgf·m	Btu	马力时	hp·h
千焦	1	2.778×10^{-4}	0.2388	101.97	0.9478	3.777×10^{-4}	3.723×10^{-4}
千瓦·时	3600	1	859.8	367098	3412.14	1.36	1.341
千卡	4.1868	1.163×10^{-3}	1	427.2	3.968	1.581×10^{-3}	1.558×10^{-3}
千克力米	9.807×10^{-3}	2.724×10^{-6}	2.341×10^{-3}	1	9.291×10^{-3}	3.701×10^{-6}	3.653×10^{-6}
英热单位	1.055	2.931×10^{-4}	0.252	107.6	1	3.984×10^{-4}	3.93×10^{-4}
马力·时	2.648×10^3	0.7353	632.5	2.702×10^5	2510	1	0.9863
英马力·时	2.685×10^3	0.7457	641.2	2.737×10^5	2544.4	1.0139	1

注：1 焦耳 (J)= 10^7 尔格 (erg)=1N·m。

表 1-15 功率单位换算表

	W(J/S)	kcal/h	kgf·m/s	马力	hp	lbf·ft/s	Btu/h
瓦 (焦耳/秒)	1	0.8598	0.102	1.36×10^{-3}	1.341×10^{-3}	0.7376	3.412
千卡/时	1.163	1	0.1186	1.531×10^{-3}	1.56×10^{-3}	0.8578	3.968
千克力米/秒	9.8067	8.432	1	0.01333	0.01315	7.233	33.46
马力	735.5	632.4	75	1	0.9863	542.5	2509.6
英马力	745.7	641.2	76.04	1.0139	1	550	2544.4
磅力英尺/秒	1.3558	1.1658	0.1383	1.843×10^{-3}	1.818×10^{-3}	1	4.626
英热单位/时	0.293	0.252	2.988×10^{-2}	3.985×10^{-4}	3.930×10^{-4}	0.2162	1

注：1 千瓦 (kW)=1000 瓦 (W)。

表 1-16 体积流量单位换算表

	m ³ /s	ft ³ /s	yd ³ /s	L/s	UKgal/s	USgal/s	m ³ /h
米 ³ /秒	1	35.31	1.3079	1000	220.1	264.2	3600
英尺 ³ /秒	0.0283	1	0.0370	28.326	6.228	7.481	101.9
码 ³ /秒	0.7645	27	1	764.5	168.2	202	2752
升/秒	0.001	0.0353	0.0013	1	0.2201	0.2642	3.6
英加仑/秒	0.0045	0.1607	0.0059	4.544	1	1.2004	16.347
美加仑/秒	3.785×10^{-3}	0.1337	0.0049	3.786	0.833	1	13.626
米 ³ /时	0.278×10^{-3}	9.8×10^{-3}	0.4×10^{-3}	0.2778	0.0611	0.0734	1

表 1-17 温度单位换算表

	K	°C	°F	°Re
开[尔文]	1	°C+273.16	$5/9(F-32)+273.16$	$5/4 Re+273.16$
摄氏度	K-273.16	1	$5/9(F-32)$	$5/4 Re$
华氏度	$9/5(K-273.16)+32$	$9/5°C+32$	1	$9/4 Re+32$
列氏度	$4/5(K-273.16)$	$4/5°C$	$4/9(F-32)$	1