

中国安装协会组织编写

张志贤 徐子清 蓝天

邢兰菊 易维东 陈文 编

管道施工实用手册

中国建筑工业出版社

前 言

管道工程涉及到民用工程和工业生产的许多领域。管道担负着向民用及工业用户输送各种介质的任务,以维持人们的生活和工业生产的需要。

根据工程技术的门类划分可以知道,管道工程不是一项独立的工程技术,而是某些工程技术的组成部分,例如在给排水、暖通、锅炉机组、制冷装置及各种动力工程、各种石油化工生产装置中,都有大量的管道工程。但在工程施工方面,管道工程早已作为一个专业独立存在了,在建筑安装工人中,管道工也是一个主要工种,这在客观上便要求应当在工程技术中,从施工角度去总结归纳各种管道施工的一般规律和共同特点,以适应社会生产的需要。

近年来,已有一些管道安装方面的技术手册出版,或侧重于水暖工程,或侧重于安装维修,或侧重于石油化工,而本手册是以民用和一般工业管道为侧重点的,尽可能突出施工实用方面的内容,以避免教科书式的原理阐述和繁琐计算。例如,本手册对各种管道的介绍是从功能、特点和管道材质两个方面阐述的,其中功能、特点方面分“民用管道安装”、“工业管道安装”、“消防管道系统”三章,这样就概括了各种管道系统的功能和施工特点,而在“常用材质管道安装”一章中,介绍了 10 种不同材质的管道施工特点。还应当指出的是,本手册将“消防管道系统”单列为一章,比较详细地叙述了各种消防管道系统,基本上体现了近年来国家颁发的有关消防法规方面的内容(而在其它管道安装手册中,基本上没有或很少涉及到消防管道方面的内容),这样就使本手册更加贴近当前及今后的施工实践。

本手册是以施工技术人员和高、中级技术工人为主要读者对象,以民用和一般工业工程中的管道施工为重点的实用书籍,并尽可能地收入了必需的各种专业技术数据、机具、材料等常用资料,对于“施工中的常用计算”也单列一章。

由于编写时间有限,疏漏之处在所难免,恳请读者、同行、专家指正。

本书在编写过程中得到了中国安装协会及其管道专业委员会和四川省工业设备安装公、四川省第十二建筑工程公司的大力支持,同时也参考了若干文献资料,在此一并致谢。

(京)新登字 035 号

图书在版编目(CIP)数据

管道施工实用手册/张志贤等编. -北京:中国建筑工业出版社,1998
ISBN 7-112-03385-3

I. 管… II. 张… III. 管道施工-技术手册 IV. U175-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 16796 号

本书从民用和一般工业工程中的管道施工实践出发,提供了施工人员必需的技术数据、常用资料及常用施工机具参数,介绍了施工中各种管材管件的规格、型号,并从不同角度总结归纳了各种管道的施工方法和特点,使之适合现场的实际需要。本书还单独详细地叙述了各种消防管道系统,基本上体现了近年来国家颁发的有关消防法规的内容。

本书主要供管道施工和维修管理的技术人员及高、中级技术工人使用,也可供设计人员、相关专业大、中专院校师生参考。

* * *

责任编辑:李 坚
责任设计:刘玉英
责任校对:骆玉华

管道施工实用手册

中国安装协会组织 编写

张志贤 徐子清 蓝 天 编
邢兰菊 易维东 陈 文

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店 经销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:60¼ 字数:1552 千字

1998 年 2 月第一版 1998 年 2 月第一次印刷

印数:1—3000 册 定价:82.00 元

ISBN7-112-03385-3

TU·2621(8530)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

目 录

1 常用技术资料	1
1.1 国内、国外常用标准及代号	1
1.2 气象资料	2
1.3 饱和蒸汽特性表	4
1.4 压力容器的有关资料	6
1.5 土建工程常用资料	12
1.6 管材的弹性模数	18
1.7 常用塑料材料的英文名称缩写	18
1.8 管道专业术语常用英语单词	18
1.9 计量单位及其换算	21
2 管道施工机具	26
2.1 管道施工专用机具	26
2.2 一般常用施工机具	31
3 管道工程有关标准、规范	44
3.1 管子与管道附件	44
3.2 公称压力与工作温度、工作压力的关系	45
3.3 工业管道及阀门的分级	47
3.4 各国管道及附件的公称压力	48
3.5 管道工程图例及代号	49
3.6 管道的识别涂色	60
4 管道施工常用计算及放样下料	62
4.1 钢管的常用数据	62
4.2 管子壁厚、重量和试验压力的计算	63
4.3 与内压力有关的几种计算	65
4.4 弯曲管道计算	68
5 管道水力计算	74
5.1 基本知识	74
5.2 管道水力计算表	78
6 管材、管件和辅助材料	98
6.1 钢管	98
6.2 有色金属管材	108
6.3 给水铸铁管及管件	117
6.4 排水铸铁管及管件	138
6.5 钢制管件	163
6.6 铜管件	172
6.7 涂塑钢管	183

6.8	塑料管	185
6.9	金属管道用橡胶柔性接头	197
6.10	预应力混凝土输水管	200
6.11	钢板、型钢	206
6.12	标准紧固件	214
6.13	非金属材料	219
7	阀门	231
7.1	阀门的种类、名词术语、基本参数、型号、标志	231
7.2	闸阀	242
7.3	截止阀	250
7.4	节流阀	258
7.5	旋塞阀	261
7.6	球阀	265
7.7	止回阀	269
7.8	安全阀	274
7.9	蝶阀	280
7.10	隔膜阀	283
7.11	减压阀	287
7.12	疏水阀	290
7.13	阀门的压力试验	296
7.14	阀门的连接型式	299
8	水暖设备安装	305
8.1	水卫设备安装	305
8.2	采暖设备安装	343
9	民用管道安装	375
9.1	室外给水管道敷设	375
9.2	室内给水管道安装	382
9.3	室内排水管道安装	391
9.4	室内采暖及热水供应管道安装	407
9.5	空调冷水管道的安装	418
9.6	室内燃气管道安装	421
10	工业管道安装	425
10.1	热力管道安装	425
10.2	压缩空气管道安装	432
10.3	制冷管道安装	437
10.4	氧气管道安装	449
10.5	乙炔管道安装	457
10.6	氢气管道安装	465
10.7	燃油管道安装	470
10.8	燃气管道安装	479
11	消防管道安装	490
11.1	消火栓给水管道	490

11.2	自动喷水灭火管道	517
11.3	气体灭火管道	544
11.4	干粉灭火管道	581
12	常用材质管道安装	589
12.1	碳素钢管道安装	589
12.2	低合金钢管道安装	601
12.3	不锈钢管道安装	603
12.4	铝及铝合金管道安装	609
12.5	铜及铜合金管道安装	612
12.6	铅及铅合金管道安装	614
12.7	钛及钛合金管道安装	617
12.8	硬聚氯乙烯塑料管道安装	620
12.9	ABS 塑料管道安装	631
13	金属管道焊接	639
13.1	概述	639
13.2	焊接材料	644
13.3	金属管道的焊接	662
14	管道的螺纹、承插及法兰连接	726
14.1	螺纹连接	726
14.2	承插连接	732
14.3	法兰连接	739
15	管道支架	784
15.1	一般规定	784
15.2	给排水管道支、吊架	787
15.3	室外热力管道支座	810
15.4	室内热力管道支架	821
16	工业自动化仪表及仪表管道安装	849
16.1	压力测量仪表	850
16.2	温度测量仪表	854
16.3	流量测量仪表	860
16.4	物位测量仪表	862
16.5	化学成分分析仪表	864
16.6	仪表用管路的安装	865
17	管道刷油与防腐	867
17.1	表面处理	867
17.2	管道刷油	875
17.3	埋地管道的防腐	896
18	管道绝热施工	903
18.1	管道绝热的作用和范围	903
18.2	绝热材料	904
18.3	绝热层的厚度	916
18.4	绝热结构与施工	922

18.5	加热保温	933
18.6	绝热工程量及材料计算	936
19	管道系统的压力试验与吹扫、清洗	951
19.1	管道系统的压力试验	951
19.2	管道系统的吹扫与清洗	959
	主要参考书目	962

1 常用技术资料

1.1 国内、国外常用标准及代号

国内、国外常用标准及代号分别见表 1-1 及表 1-2。

国内标准及代号		表 1-1	
标准代号	标准名称	标准代号	标准名称
GB	国家标准	CH	测绘行业标准
GB/T	推荐性国家标准	CY	新闻出版行业标准
GBJ	国家标准(工程建设方面)	DA	档案工作行业标准
JB	机械行业标准	GA	社会公共安全行业标准
JB/Z	机械行业指导性技术文件	GY	广播电视电影行业标准
YB	黑色冶金行业标准	YD	通信行业标准
YB/Z	黑色冶金行业指导性技术文件	HB	航空行业标准
YS	有色冶金行业标准	QJ	航天工业行业标准
SY	石油天然气行业标准	MH	民用航空作业行业标准
SYJ	石油天然气行业工程建设标准	MZ	民政工业行业标准
SH	石油化工行业标准	NY	农业行业标准
HG	化工行业标准	QC	汽车行业标准
HGJ	化工行业建设标准	WJ	兵工民品行业标准
SJ	电子行业标准	YC	烟草行业标准
DL	电力行业标准	YY	医学行业标准
CJ	城市建设行业标准	WH	文化行业标准
JC	建材行业标准	SB	国内贸易行业标准
MT	煤炭行业标准	SN	进出口商品检验行业标准
JT	交通行业标准	SD	原水利电力部标准
TB	铁道行业标准	YD	原邮电部标准
SL	水利行业标准	SC	原农牧渔业部标准
EJ	核工业行业标准	WS	卫生部标准
QB	轻工行业标准	SB	原商业部标准
FZ	纺织行业标准	GN	公安部标准
DZ	地质矿业行业标准	JJ	建设部标准
LD	劳动和劳动安全行业标准	JZ、JG	原建设部标准
CB	船舶行业标准	FJ	原纺织部标准
HY	海洋行业标准	JJG	国家计量检定规程

常用国外标准及代号 表 1-2

标准代号	标 准 名 称	标准代号	标 准 名 称
ISA	国际标准协会标准	OST	原苏联全苏标准
ISO	国际标准 国际标准化组织发布的	FOST	原苏联国家标准
IEC	国际标准 国际电工委员会发布的	CAN	加拿大国家标准
ANSI	美国国家标准	UNI	意大利国家标准
NSI	美国国家标准局标准	NEN	荷兰国家标准
ASME	美国机械工程师协会标准(锅炉、压力容器设计、制造及检验标准)	SIS	瑞典国家标准
ASTM	美国材料试验学会标准	SNV	瑞士国家标准
ASA	美国标准协会标准	AS	澳大利亚国家标准
BS	英国国家标准	IS	印度国家标准
NF	法国国家标准	CSN	原捷克斯洛伐克国家标准
DIN	德国国家标准	MSZ	匈牙利国家标准
TGL	原民主德国国家标准	STAS	罗马尼亚国家标准
JIS	日本工业标准	PN	波兰国家标准
JES	日本工业产品标准化统一调查会标准		

1.2 气 象 资 料

1.2.1 全国主要城市气象资料

全国主要城市气象资料(摘自 GBJ 19—87) 表 1-3

地 名	台站海拔高程 (m)	年平均 温 度 (℃)	极端最 低温度 (℃)	极端最 高温度 (℃)	最大冻 土深度 (cm)	大 气 压 力 hPa(mbar)		采暖室外 计算温度 (℃)
						冬季	夏季	
齐 齐 哈 尔	145.9	3.2	-39.5	40.1	225	1004.6	987.7	-25
哈 尔 滨	171.7	3.6	-38.1	36.4	205	1001.5	985.1	-26
牡 丹 江	241.4	3.5	-38.3	36.5	191	992.1	978.7	-24
长 春	236.8	4.9	-36.5	38.0	169	994.0	977.9	-23
四 平	164.2	5.9	-34.6	36.6	148	1004.1	986.3	-22
抚 顺	118.1	6.6	-35.2	36.9	143	1010.5	992.4	-21
沈 阳	41.6	7.8	-30.6	38.3	148	1020.8	1000.7	-19
本 溪	185.2	7.8	-32.3	37.3	149	1003.2	985.5	-19
锦 州	65.9	9.0	-24.7	41.8	113	1017.6	997.4	-15
营 口	3.3	8.9	-27.3	35.3	111	1026.2	1005.4	-16
大 连	92.8	10.2	-21.1	35.3	93	1013.8	994.7	-11
承 德	375.2	8.9	-23.3	41.5	126	980.0	962.8	-14
北 京	31.2	11.4	-27.4	40.6	85	1020.4	998.6	-9
天 津	3.3	12.2	-22.9	39.7	69	1026.6	1004.8	-9
张 家 口	723.9	7.8	-25.7	40.9	136	938.9	924.4	-15
石 家 庄	80.5	12.9	-26.5	42.7	54	1016.9	995.6	-8
大 同	1066.7	6.5	-29.1	37.7	186	899.2	888.6	-17

续表

地 名	台站海 拔高程 (m)	年平均 温 度 (℃)	极端最 低温度 (℃)	极端最 高温度 (℃)	最大冻 土深度 (cm)	大 气 压 力 hPa(mbar)		采暖室外 计算温度 (℃)
						冬季	夏季	
太 原	777.9	9.5	-25.5	39.4	77	932.9	919.2	-12
运 城	376.0	13.4	-18.9	42.7	43	982.1	962.8	-7
呼 和 浩 特	1063.0	5.8	-32.8	37.3	143	900.9	889.4	-19
西 安	396.9	13.3	-20.6	41.7	45	978.7	959.2	-5
汉 中	508.4	14.3	-10.1	38.0	—	964.1	947.4	-1
银 川	1111.5	8.5	-30.6	39.3	103	895.7	888.5	-15
西 宁	2261.2	5.7	-26.6	33.5	134	775.1	773.5	-13
兰 州	1517.2	9.1	-21.7	39.1	103	851.4	843.1	-11
天 水	1131.7	10.7	-19.2	37.2	61	892.0	880.7	-7
乌 鲁 木 齐	917.9	5.7	-41.5	40.5	133	919.9	906.7	-23
济 南	51.6	14.2	-19.7	42.5	44	1020.2	998.5	-7
潍 坊	44.1	12.3	-23.0	42.1	50	1020.7	999.7	-8
青 岛	76.0	12.2	-15.5	35.4	49	1016.9	997.2	-6
徐 州	41.0	14.2	-22.6	40.6	24	1021.8	1000.7	-5
南 京	8.9	15.3	-10.8	38.2	9	1025.2	1004.2	-3
上 海	4.5	15.7	-10.5	37.3	8	1025.1	1005.3	-2
蚌 埠	21.0	15.1	-19.4	40.7	15	1024.1	1002.3	-4
合 肥	29.8	15.7	-20.6	41.0	11	1022.3	1000.9	-3
杭 州	41.7	16.2	-9.6	39.9	—	1020.9	1000.5	-1
宁 波	4.2	16.2	-8.8	38.7	—	1025.4	1005.8	0
南 昌	46.7	17.5	-9.3	40.6	—	1018.8	999.1	0
赣 州	123.8	19.4	-6.0	41.2	—	1008.3	990.9	3
福 州	84.0	19.6	-1.2	39.8	—	1012.6	996.4	6
厦 门	63.2	20.9	2.0	38.5	—	1013.8	999.1	8
郑 州	110.4	14.2	-17.9	43.0	27	1012.8	991.7	-5
平 顶 山	84.7	14.9	-18.8	42.6	14	1016.3	994.8	-4
宜 昌	130.4	16.8	-9.8	41.4	—	1010.0	989.1	0
武 汉	23.3	16.3	-18.1	39.4	10	1023.3	1001.7	-2
长 沙	44.9	17.2	-11.3	40.6	5	1019.9	999.4	0
衡 阳	103.2	17.9	-10.5	39.5	—	1012.4	992.8	0
桂 林	161.8	18.8	-4.9	39.4	—	1002.9	986.1	3
南 宁	72.2	21.6	-2.1	40.4	—	1011.4	996.0	7
汕 头	1.2	21.2	0.4	37.9	—	1019.8	1005.5	9
广 州	6.6	21.8	0.0	38.7	—	1019.5	1005.5	7
海 口	14.1	23.8	2.8	38.1	—	1016.0	1005.0	12
南 充	297.7	17.6	-2.8	41.3	—	987.2	969.4	3
成 都	505.9	16.2	-5.9	37.3	—	963.2	947.7	2
重 庆	259.1	18.3	-1.8	42.2	—	991.2	973.2	4
西 昌	1590.7	16.9	-3.8	36.5	—	838.2	834.8	4
遵 义	843.9	15.2	-7.1	38.7	—	923.5	911.5	-1
贵 阳	1071.2	15.3	-7.8	37.5	—	897.5	887.9	-1
昆 明	1891.4	14.7	-5.4	31.5	—	811.5	808.0	3
拉 萨	3658.0	7.5	-16.5	29.4	26	650.0	652.3	-6

1.2.2 海拔高度与大气压力的关系

海拔高度与大气压力的关系						表 1-4
海 拔 高 度 (m)	大 气 压 力		海 拔 高 度 (m)	大 气 压 力		
	mH ₂ O	hPa(mbar)		mH ₂ O	hPa(mbar)	
- 600	11.3	1107	800	9.4	921	
0	10.3	1009	900	9.3	911	
100	10.2	1000	1000	9.2	902	
200	10.1	990	1500	8.6	843	
300	10.0	981	2000	8.4	823	
400	9.8	960	3000	7.3	715	
500	9.7	951	4000	6.3	617	
600	9.6	941	5000	5.5	539	
700	9.5	931				

1.3 饱和蒸汽特性表

按 10⁵Pa(绝对压力)排列的饱和蒸汽特性见表 1-5。

按绝对压力 10 ⁵ Pa 排列的饱和蒸汽热力特性表							表 1-5
绝对压力 <i>P</i> (10 ⁵ Pa)	饱和温度 <i>t</i> (℃)	饱和水的比容 <i>v</i> ' (m ³ /kg)	蒸汽比容 <i>v</i> '' (m ³ /kg)	蒸汽密度 <i>γ</i> '' (kg/m ³)	焓(kJ/kg)		汽化热 <i>γ</i> (kJ/kg)
					饱和水 <i>h</i> '	蒸汽 <i>h</i> ''	
0.010	6.982	0.0010001	129.208	0.007739	29.33	2513.8	2484.5
0.020	17.511	0.0010012	67.006	0.01492	73.45	2533.2	2459.8
0.030	24.098	0.0010027	45.668	0.02189	101.00	2545.2	2444.2
0.040	28.981	0.0010040	34.803	0.02873	121.41	2554.1	2432.7
0.050	32.90	0.0010052	28.196	0.03547	137.77	2561.2	2423.4
0.060	36.18	0.0010064	23.742	0.04212	151.50	2567.1	2415.6
0.070	39.02	0.0010074	20.532	0.04870	163.38	2572.2	2408.8
0.080	41.53	0.0010084	18.106	0.05523	173.87	2576.7	2402.8
0.090	43.79	0.0010094	16.206	0.06171	183.28	2580.8	2397.5
0.100	45.83	0.0010102	14.676	0.06814	191.84	2584.4	2392.6
0.15	54.00	0.0010140	10.025	0.09975	225.98	2598.9	2372.9
0.20	60.09	0.0010172	7.6515	0.1307	251.46	2609.5	2358.1
0.25	64.99	0.0010199	6.2060	0.1611	271.99	2618.1	2346.1
0.30	69.12	0.0010223	5.2308	0.1912	289.31	2625.3	2336.0
0.40	75.89	0.0010265	3.9949	0.2503	317.65	2636.8	2319.2
0.50	81.35	0.0010301	3.2415	0.3085	340.57	2646.0	2305.4
0.60	85.95	0.0010333	2.7329	0.3659	359.93	2653.6	2293.7
0.70	89.96	0.0010361	2.3658	0.4227	376.77	2660.2	2283.4
0.80	93.51	0.0010387	2.0879	0.3561	391.72	2666.0	2274.3
0.90	96.71	0.0010412	1.8701	0.5347	405.21	2671.1	2265.9

续表

绝对压力 P (10^5Pa)	饱和温度 t ($^{\circ}\text{C}$)	饱和水的 比容 ν' (m^3/kg)	蒸汽比容 ν'' (m^3/kg)	蒸汽密度 γ'' (kg/m^3)	焓 (kJ/kg)		汽化热 γ (kJ/kg)
					饱和水 h'	蒸汽 h''	
1.0	99.63	0.0010434	1.6946	0.5901	417.51	2675.7	2258.2
1.2	104.81	0.0010476	1.4289	0.6998	439.36	2683.8	2244.4
1.4	109.32	0.0010513	1.2370	0.8084	458.42	2690.8	2232.4
1.6	113.32	0.0010547	1.0917	0.9160	475.38	2696.8	2221.4
1.8	116.93	0.0010579	0.97775	1.0228	490.70	2702.1	2211.4
2.0	120.23	0.0010608	0.88592	1.1288	504.7	2706.9	2202.2
2.5	127.43	0.0010675	0.71881	1.3912	535.4	2717.2	2181.8
3.0	133.54	0.0010735	0.60586	1.6505	561.4	2725.5	2164.1
3.5	138.88	0.0010789	0.52425	1.9075	584.3	2732.5	2148.2
4.0	143.62	0.0010839	0.46242	2.1625	604.7	2738.5	2133.8
4.5	147.92	0.0010885	0.41392	2.4159	623.2	2743.8	2120.6
5.0	151.85	0.0010928	0.37481	2.6680	640.1	2748.5	2108.4
6.0	158.84	0.0011009	0.31556	3.1765	670.4	2756.4	2086.0
7.0	164.96	0.0011082	0.27274	3.6665	697.1	2762.9	2065.8
8.0	170.42	0.0011150	0.24030	4.1615	720.9	2768.4	2047.5
9.0	175.36	0.0011213	0.21484	4.6546	742.6	2773.0	2030.4
10.0	179.88	0.0011274	0.19430	5.1567	762.6	2777.0	2014.4
11.0	184.06	0.0011331	0.17739	5.6373	781.1	2780.4	1999.3
12.0	187.96	0.0011386	0.16320	6.1275	798.4	2783.4	1985.0
13.0	191.60	0.0011438	0.15112	6.6173	814.7	2786.0	1971.3
14.0	195.04	0.0011489	0.14072	7.1063	830.1	2788.4	1958.3
15.0	198.28	0.0011538	0.13165	7.5959	844.7	2790.4	1945.7
16.0	201.37	0.0011586	0.12368	8.0854	858.6	2792.2	1933.6
17.0	204.30	0.0011663	0.11661	8.5756	871.8	2793.8	1922.0
18.0	207.10	0.0011678	0.11031	9.0654	884.6	2795.1	1910.5
19.0	209.79	0.0011722	0.10464	9.5566	896.8	2796.4	1899.6
20.0	212.37	0.0011766	0.09953	10.047	908.6	2797.4	1888.8
22.0	217.24	0.0011850	0.09064	11.033	930.9	2799.1	1868.2
24.0	224.78	0.0011932	0.08319	12.021	951.9	2800.4	1848.5
26.0	226.03	0.0012011	0.07685	13.012	971.7	2801.2	1829.5
28.0	230.04	0.0012088	0.07138	14.010	990.5	2801.7	1811.2
30.0	233.84	0.0012163	0.06662	15.011	1008.4	2601.9	1793.5
35.0	242.54	0.0012345	0.05702	17.538	1049.8	2801.3	1751.5
40.0	250.33	0.0012521	0.04974	20.105	1087.5	2799.4	1711.9
45.0	257.41	0.0012691	0.04402	22.717	1122.2	2796.5	1674.3
50.0	263.92	0.0012858	0.03941	25.374	1154.6	2792.8	1638.2
60.0	275.56	0.0013187	0.03241	30.855	1213.9	2783.2	1569.4
70.0	285.80	0.0013514	0.02734	36.576	1267.7	2771.4	1503.7
80.0	294.98	0.0013843	0.02349	42.571	1317.5	2757.5	1440.0
90.0	303.31	0.0014179	0.02046	48.876	1364.2	2741.8	1377.6

续表

绝对压力 P (10^5Pa)	饱和温度 t ($^{\circ}\text{C}$)	饱和水的 比容 ν' (m^3/kg)	蒸汽比容 ν'' (m^3/kg)	蒸汽密度 γ'' (kg/m^3)	焓 (kJ/kg)		汽化热 γ (kJ/kg)
					饱和水 h'	蒸汽 h''	
100	310.96	0.0014526	0.01800	55.556	1408.6	2724.4	1315.8
120	324.64	0.0015267	0.01425	70.175	1492.6	2684.8	1192.2
140	336.63	0.0016104	0.01149	87.032	1572.8	2638.3	1065.5
160	347.32	0.0017101	0.009330	107.18	1651.5	2582.7	931.2
180	356.96	0.0018380	0.007534	132.73	1733.4	2514.4	781.0
200	365.71	0.002038	0.005873	170.27	1828.8	2413.8	585.0
220	373.68	0.002675	0.003757	266.17	2007.7	2192.5	184.8
221.15	374.12	0.003147	0.003147	317.76	2095.2	2095.2	0.0

注： $10^5\text{Pa}=1\text{bar}=1.02\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。

1.4 压力容器的有关资料

1.4.1 压力容器的分类和应力、壁厚计算

一、一般规定

1. 构成压力容器的条件

根据《压力容器安全技术监察规程》(劳动部 1990 年 5 月颁发,以下简称《规程》)的规定,该《规程》适用于同时具备以下 3 个条件的容器,换言之,只有同时具备以下 3 个条件的容器,才是该《规程》所指的压力容器。即:

- (1) 最高工作压力(P_w)大于等于 0.1MPa(不含液体静压力,下同);
- (2) 内直径(非圆形截面指断面最大尺寸)大于等于 0.15m,且容积(V)大于等于 0.025m³;
- (3) 介质为气体、液化气体或最高工作温度高于等于标准沸点(指一个大气压下的沸点)的液体。

2. 压力容器的压力等级和品种的划分

(1) 压力等级。按压力容器的设计压力(P)分为低压、中压、高压、超高压 4 个压力等级。具体划分如下:

- a. 低压(代号 L): $0.1\leq P<1.6\text{MPa}$;
- b. 中压(代号 M): $1.6\leq P<10\text{MPa}$;
- c. 高压(代号 H): $10\leq P<100\text{MPa}$;
- d. 超高压(代号 U): $P>100\text{MPa}$ 。

(2) 压力容器品种。按压力容器在生产工艺过程中的作用原理的不同,可以分为以下 4 个品种。

- a. 反应压力容器(代号 R):主要是用于完成介质的物理、化学反应的压力容器;
- b. 换热压力容器(代号 E):主要是用于完成介质的热量交换的压力容器;
- c. 分离压力容器(代号 S):主要是用于完成介质的流体压力平衡和气体净化分离等的

压力容器；

d. 储存压力容器(代号 C,其中球罐代号 B):主要是用于盛装生产用的原料气体、液体、液化气体等的压力容器。

3. 压力容器的类别

为了从压力容器的压力、介质的危害程度以及在生产过程中的重要性等多种因素反映压力容器的性质,以便于技术监督和管理,《规程》将压力容器划分为三类,见表 1-6。

压力容器的类别划分		表 1-6
类 别	类 别 划 分 依 据	
一 类	低压容器(但不包括二、三类压力容器中的低压容器)	
二 类	具备下列条件之一者: (1) 中压容器(但不包括三类压力容器中的中压容器) (2) 易燃介质或毒性程度为中度危害介质的低压反应容器和储存容器 (3) 毒性程度为极度和高度危害介质的低压容器 (4) 低压管壳式余热锅炉 (5) 搪瓷玻璃压力容器	
三 类	具备下列条件之一者: (1) 毒性程度为极度和高度危害介质的中压容器和 $P \cdot V$ 大于 $0.2\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ 的低压容器 (2) 易燃或毒性程度为中度危害介质,且 $P \cdot V$ 大于等于 $0.5\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ 的中压反应容器和 $P \cdot V$ 大于等于 $10\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ 的中压储存容器 (3) 高压、中压管壳式余热锅炉 (4) 高压容器	

二、压力容器的应力、壁厚计算

压力容器的设计单位,必须持有省级以上主管部门批准、同级劳动部门备案的压力容器设计单位批准书。压力容器的受压元件的强度计算方法和许用应力、安全系数的选取,应按照 GB 150 的有关规定执行,同时还应遵守《压力容器安全技术监察规程》中关于设计压力容器的规定。下面仅就压力容器的基本计算方法作一些介绍。

1. 球形容器

球形容器是承受内压力时容器壁受力状况最好的容器,且用料也最经济。当承受内压力时,容器壁的应力为:

$$\sigma = \frac{PD_N}{4S} \tag{1-1}$$

容器壁厚的计算公式为:

$$S = \frac{PD_N}{4[\sigma]\phi - P} + C \tag{1-2}$$

- 式中 σ ——容器壁上的应力;
 P ——容器的内压力;
 D_N ——球体的内径;
 S ——容器的壁厚;
 $[\sigma]$ ——许用应力。应根据介质和应用条件按规定选用;
 ϕ ——焊缝系数;

C——加工减薄量。

2. 圆筒形容器

当承受内压力时,不论其筒体两端采用何种形式的封头。圆筒形容器的筒体部分产生的环向应力比轴向应力大一倍。

环向应力为:

$$\sigma = \frac{PD_N}{2S} \quad (1-3)$$

轴向应力为:

$$\sigma = \frac{PD_N}{4S} \quad (1-4)$$

筒体壁厚应按环向许用应力计算,公式为:

$$S = \frac{PD_N}{2[\sigma]\phi - P} + C \quad (1-5)$$

式(1-3)、(1-4)、(1-5)符号与式(1-2)相同。

3. 圆筒形压力容器的封头

(1) 半球形封头。半球形封头由半个球壳构成,见图 1-1。

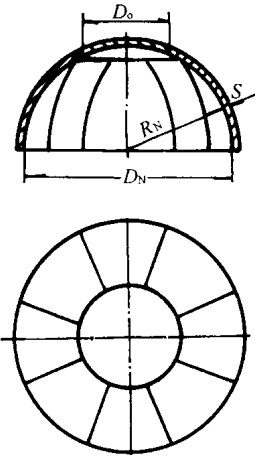


图 1-1 半球形封头

半球形封头受内压时的应力计算公式与式(1-1)相同,壁厚的计算公式与式(1-2)相同,因此,封头壁厚可比筒体减薄近一半。但在实际工作中,为了焊接方便以及降低边界处的边缘应力,半球形封头常和筒体取同样厚度。半球形封头常用在压力较高的贮罐上。

(2) 椭圆形封头。椭圆形封头是由半椭球和具有高度为 h_0 的短圆筒(通常称之为直边)两部分所构成,见图 1-2。直边的作用是避免筒体与封头间的环向焊缝受边缘应力。椭圆形封头各点的曲率半径虽不一样,但半径的变化是连续的,因而当承受内压时,封头内的应力分布没有突变。当椭圆的长短轴之比($D/2h$)不超过 2 时,封头的最大应力发生在半椭球的顶点,其值为:

$$\sigma = \frac{PD}{4S} \left(\frac{D}{2h} \right) \quad (1-6)$$

式中 D ——封头的平均直径;

S ——封头壁厚;

h ——按曲面中线计算的封头曲面高度。

根据强度条件:

$$\sigma = \frac{PD}{4S} \left(\frac{D}{2h} \right) \leq [\sigma]$$

并计入焊缝系数 ϕ 及壁厚附加量 C 以后,椭圆形封头的壁厚计算公式为:

$$S = \frac{PD}{4[\sigma]\phi} \left(\frac{D}{2h} \right) + C \quad (1-7)$$

由式(1-7)可以看出,椭圆形封头的壁厚与它的长短轴之比有关。标准椭圆形封头的长短轴之比($D/2h$)等于 2,代入式(1-7)可得标准椭圆形封头的壁厚计算公式:

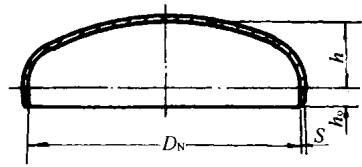


图 1-2 椭圆形封头

$$S = \frac{PD}{2[\sigma]\phi} + C \quad (1-8)$$

如以封头内径 D_N 代替封头平均直径 D , 则式(1-8)可改写为:

$$S = \frac{PD_N}{2[\sigma]\phi - P} + C \quad (1-9)$$

由此可见, 标准椭圆形封头壁厚的计算公式与内压圆筒壁厚的计算公式(1-5)完全一样。

(3) 碟形封头。碟形封头又叫带折边球形封头, 它由3部分组成: 以 R_N 为半径的球面部分, 以 r 为半径的过渡圆弧(即折边)和高度为 h_0 的直边, 见图 1-3。

碟形封头的球面半径越大, 折边半径越小, 封头的深度也就越浅, 从而便于人工锻打成型。但考虑到球面部分与过渡区联接处的局部高应力, 规定碟形封头的球面半径 R_N 一般不大于筒体内直径, 而折边内半径 r 不得小于筒体内径的 10%, 且应大于 3 倍的封头壁厚。

标准碟形封头的几何尺寸规定为:

球面内半径 $R_N = \text{筒体内直径 } D_N$

过渡圆弧半径 $r = 0.15R_N$

碟形封头受内压力时, 最大应力存在于球面与过渡圆弧连接处(见图 1-3a 点), 其计算公式为:

$$\sigma = \frac{MPR}{2[\sigma]} \quad (1-10)$$

当碟形封头为标准封头时, 则碟形封头的形状系数 $M = 1.4$, 因此, 标准碟形封头的壁厚计算公式为:

$$S = \frac{1.4PR_N}{2[\sigma]\phi - P} + C \quad (1-11)$$

由式(1-11)可以看出, 碟形封头的壁厚比相同条件下的椭圆封头壁厚要大。

(4) 平板封头。平板封头虽然结构简单, 制造使用方便, 但在承受内压或外压时, 平板处于受弯曲的不利状态, 因此, 在相同的筒体直径和内压力条件下, 平板封头的壁厚要比其它形状的封头壁厚大得多。

平板封头在管道试压时使用较多, 压力容器一般不采用(只在人孔、手孔部位采用)。其计算见 4.3.1 平板式封头的厚度。

1.4.2 压力容器的公称直径系列

GB 9019—88《压力容器公称直径》规定了压力容器的公称直径系列。

一、筒体用钢板卷制

压力容器的筒体用钢板卷制时, 其公称直径系指筒体的内径, 并按表 1-7 的规定选取。

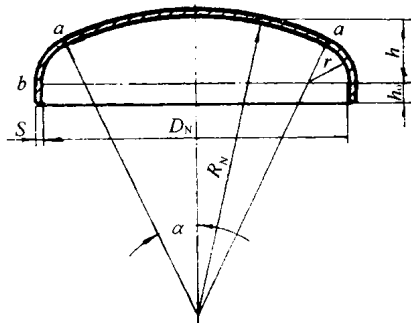


图 1-3 碟形封头

钢板卷制压力容器筒体公称直径的系列尺寸(mm) 表 1-7

300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2800
3000	3200	3400	3500	3600	3800	4000	4200	4400	4500
4600	4800	5000	5200	5400	5500	5600	5800	6000	—

二、筒体用钢管

直径较小的压力容器筒体,宜采用无缝钢管,这种压力容器的公称直径系指钢管的外径,其系列尺寸为 159、219、273、325、377、426mm。

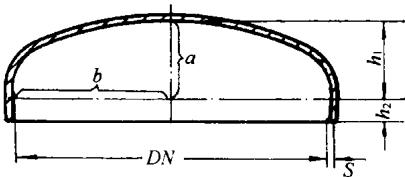


图 1-4 椭圆形封头

1.4.3 椭圆形封头技术参数

以内径为公称直径的椭圆形封头的尺寸、内表面积和容积见图 1-4 及表 1-8 根据内表面积和实物的壁厚 S,可以计算出封头的重量。

以内径为公称直径的椭圆形封头的尺寸、内表面积、容积 表 1-8

公称直径 DN(mm)	曲面高度 h ₁ (mm)	直边高度 h ₂ (mm)	厚 度 S(mm)	内表面积 (m ²)	容积 (m ³)
300	75	25	4,6,8	0.121	0.00530
(350)	88	25	4,6	0.160	0.00802
400	100	25	4,6,8	0.204	0.0115
		40	10,12,14,16	0.223	0.0134
(450)	112	25	4,6	0.254	0.0158
500	125	25	4,6,8	0.309	0.0213
		40	10,12,14,16,18	0.333	0.0242
		50	20	0.349	0.0262
(550)	137	25	4,6,8	0.370	0.0277
600	150	25	4,6,8	0.436	0.0352
		40	10,12,14,16,18	0.464	0.0396
		50	20,22,24	0.483	0.0425
(650)	162	25	4,6,8	0.507	0.0442
700	175	25	4,6,8	0.584	0.0545
		40	10,12,14,16,18	0.617	0.0603
		50	20,22,24	0.639	0.0642
800	200	25	4,6,8	0.754	0.0796
		40	10,12,14,16,18	0.792	0.0871
		50	20,22,24,26	0.817	0.0921