

化工管路设计手册

◎ 徐宝东 主编 齐福海 主审



HUAGONG GUANLU SHEJI SHOUCHE



化学工业出版社

化工管路设计手册

◎ 徐宝东 主编 齐福海 主审



HUAGONG GUANLU SHEJI SHOUC



化学工业出版社

· 北京 ·

《化工管路设计手册》编委会

主任：严建中

副主任：张亚丁 赵志

委员（按拼音字母排序）：

程治方 戴文权 董万森 姜果宇

李军 李淑华 李思凡 李玉秀

齐福海 徐宝东 张建民

前 言

在化工生产企业里，我们可以发现几乎所有的机器设备之间，都是用管路（即管子和各种管件、阀门等的总称）把它们相互连通着。管路同一切机器设备一样，是化工生产中不可分割的一个组成部分，要确保安全、持续、稳定的生产，除要妥善设计好各种机器设备外，同时必须重视化工管路的设计工作。否则，同样会因管路的故障和损坏而直接影响生产。另外，合理的设计、安装和改进化工管路，也是化工生产中的重要一环。

化工管路在生产中的作用，主要是用来输送各种流体介质（如气体、液体等），使其在生产中按工艺要求流动，以完成各个化工过程。各种不同类型的化工管路，在设计、安装和生产中，都有它们各自不同的特点，我们只有掌握它们的特点，合理地使用才能确保生产的安全。

随着化学工业的迅速发展，为适应化工管路设计的需要，《化工管路设计手册》着重介绍一般装置的化工管路，是化工设计人员的实用工具书。1986年化学工业出版社曾经出版过《化工管路手册》，受到了广大使用者的好评和欢迎。经历二十多年，很多标准规范已经更新，化学工业出版社决定重新编写出版，并更名为《化工管路设计手册》。

这次重新编辑有以下原则：首先是保持原有特色，并根据目前的需要对内容作适当增删；其次体现设计行业的技术发展，对设计规范和标准进行更新；最后体现实用性强的特点，着重考虑使用者查找的方便。

本书第一章以化工管路设计的理论和计算为主，重点在于管路系统的组成、管路设计的压力和温度、管径的选择、管道阻力的计算、真空管路的设计、浆液管路的设计、设计文件的要求及校审等。

第二章以管路安装设计的布置和绘图为主，重点在于管路设计基础、管道布置设计、管道布置要求、典型配管示例（塔设备、容器、泵类、换热器、排放管、取样管、双阀设计、仪表安装、安全阀、疏水阀、罐区、管廊、装卸站、软管站、洗眼器与淋浴器的配管）和配管注意事项（包括阀门操作位置、操作维修空间、常见配管错误）等。

第三章以管路的绝热和防腐为主，重点在于管道绝热范围及材料、绝热与加热计算、绝热结构的设计、材料计算与附录、防腐及涂漆、防腐的施工、防腐涂料及性能等。

第四章以金属管与管件为主，重点在于化工配管系列（包括压力等级、使用温度、管径系列、壁厚选用等）、材料选用依据、金属管材（包括无缝钢管、焊接钢管、铜和铜合金管、铝和铝合金管、铅和铅合金管、钛和钛合金管）、标准管件（包括钢制管件分类、钢制对焊无缝管件、钢板制对焊管件、锻钢制螺纹管件、承插焊管件、可锻铸铁管件、支管台、快速接头等）。

第五章以金属法兰与连接件为主，重点在于法兰选用依据、化工标准法兰（欧洲体系）、化工标准法兰（美洲体系）、机械标准法兰、国家标准法兰、螺栓螺母（包括材料等级、六角头螺栓、双头螺柱、全螺纹螺柱、螺母）等。

第六章以非金属管路与衬里管路为主，重点在于橡胶制品、塑料制品（包括聚氯乙烯管、聚乙烯管材、无规聚丙烯管材、增强聚丙烯管材、聚四氟乙烯管材、有机玻璃管、尼龙 1010

管材)、玻璃钢管和管件、玻璃管和管件、陶瓷管材及配件、石墨管材、钢衬复合管和管件(包括衬胶钢管和管件、钢衬塑料复合管、衬玻璃管和管件、搪玻璃管和管件)等。

第七章以常用阀门为主,重点在于阀门的选用(包括阀门的设置、阀门结构长度、材料与组合、阀门压力试验、阀门的命名)、常用金属阀(包括闸阀、截止阀、节流阀、止回阀、蝶阀、球阀、旋塞阀、隔膜阀、柱塞阀)、非金属阀门等。

第八章以管路附件为主,内容包括管道过滤器、安全喷淋洗眼器、管道混合器、液体装卸臂(包括陆用和船用)、软管(包括金属和非金属)与接头、消声器与隔声罩、视镜与喷嘴、取样设施、阻火器与呼吸阀、爆破片与安全阀、疏水阀、减压阀等。

第九章以管道应力及支吊架为主,重点在于管道应力分析、管架设计计算(包括管道跨距的计算、管架的最大间距、管架荷载的计算、管架强度的计算、悬臂管架的设计)、管架设置选用(包括管架的类型、管架的设置、典型管架设置、管架生根结构)、管架设计选用(包括管架选用原则、固定支吊架、弹簧支吊架、标准管架索引)、管廊与埋地管道等。

附录部分包括部分计量单位及换算、医药洁净要求、几何图形计算公式、电器防护与安装、机械制图知识、配合与公差、金属的焊接、常用钢号对照、金属的性质、常用工程材料、常用设计资料、管道的无损检测、设备材料采购要求等。

本《手册》是为了方便化工管路的设计,广大编辑人员本着科学严谨、不断进步的精神,完成了相关的编写任务,希望对广大设计人员能有所帮助。

本书由齐福海主审,第一章和附录主要由徐宝东编写,第二章主要由李思凡编写,第三章和第九章主要由刘程和郑京明编写,第四章、第五章和第七章主要由宋炯亮、张德生和史晓岳编写,第六章主要由王亚慧编写,第八章主要由宋向东和赵燕编写。参与本书编写、校对和给予支持的还有刘家祥、刘新、徐秀慧、吕凤翔、闫振利、刘明、吕文昱、徐振海、何嘉、吴习、杨婷、张志、王方、刘旭辉、窦一文、李军、张志超、蔺向阳、杨晓燕、黄玲、林永利、邹鸿岷、张效峰、杨会娥、李薇、毕永军、伍明、刘红斌、杜涵雯等,在此表示感谢!

徐宝东

2010年9月10日

目 录

1 化工管路设计	1	1.7.7 管道机械文件校审 (HG/T 20645.3)	45
1.1 管路系统	1	1.7.8 管道材料文件校审 (HG/T 20646.3)	45
1.1.1 流体分类 (GB 50316)	1	1.7.9 配管与相关专业	46
1.1.2 管道术语 (GB 50316)	1	2 管路安装设计	48
1.1.3 压力管道及分类	2	2.1 管路设计基础	48
1.1.4 工程划分及费用	3	2.1.1 常用管道选材和用途	48
1.2 压力和温度	4	2.1.2 弯管与管道连接	50
1.2.1 管道的设计压力	4	2.1.3 地沟与埋地管道	50
1.2.2 管道的设计温度	5	2.1.4 管道留孔与坡度	51
1.2.3 管道的试验压力	6	2.1.5 管道排列与间距	51
1.3 管径的选择	7	2.2 管道布置设计 (HG/T 20549.2)	53
1.3.1 管径的确定	7	2.2.1 设计原则	53
1.3.2 预定流速法 (HG/T 20570.06)	7	2.2.2 管道及阀门布置	53
1.3.3 设定压力降法 (HG/T 20570.06)	8	2.2.3 非金属管道及非金属衬里管道	55
1.3.4 放空管道计算 (GB 50316)	8	2.2.4 安全措施	55
1.4 管道阻力计算	9	2.3 管道布置要求	55
1.4.1 管道流体阻力	9	2.3.1 一般原则要求	55
1.4.2 直管阻力计算	10	2.3.2 地上管道布置 (GB 50316)	56
1.4.3 局部阻力计算	11	2.3.3 地下管道布置 (GB 50316)	58
1.4.4 不可压缩单相流体阻力计算	15	2.3.4 专业配合条件 (HG/T 20549.4)	59
1.4.5 可压缩型单相流体阻力计算	17	2.4 典型配管示例	61
1.4.6 非闪蒸气液两相流阻力计算	20	2.4.1 塔设备的配管	61
1.4.7 闪蒸型气液两相流阻力计算	24	2.4.2 容器类的配管	61
1.5 真空管路设计	24	2.4.3 泵的设计配管	64
1.5.1 真空区域的划分	24	2.4.4 换热器的配管	65
1.5.2 真空流动的状态	24	2.4.5 排放管的配管	66
1.5.3 真空流导及计算	25	2.4.6 取样管的配管	67
1.5.4 系统的计算示例	26	2.4.7 双阀设计配管	67
1.6 浆液管路设计 (HG/T 20570.07)	27	2.4.8 设备管口方位	67
1.6.1 浆液的流型及管径	27	2.4.9 仪表安装配管	68
1.6.2 计算的依据及方法	27	2.4.10 防静电的设计	72
1.6.3 计算的步骤及示例	30	2.4.11 蒸汽管道设计	72
1.7 设计文件及校审	34	2.4.12 洁净厂房设计	73
1.7.1 图面一般要求 (HG/T 20549.1)	34	2.4.13 安全阀的配管	74
1.7.2 布置图的内容 (HG/T 20549.1)	35	2.4.14 疏水阀组配管	75
1.7.3 图面尺寸标注 (HG/T 20549.1)	37	2.4.15 罐区设计配管	75
1.7.4 工艺系统文件校审 (HG 20557.4)	38	2.4.16 管廊上的配管	78
1.7.5 设备布置文件校审 (HG 20546.3)	42	2.4.17 地下管道配管	81
1.7.6 管道布置文件校审 (HG/T 20549.3)	43	2.4.18 装卸站的配管	83
		2.4.19 软管站的配管	85

2.4.20	洗眼器与淋浴器的配管	87	4.1.7	端部连接 (HG/T 20646.5)	222
2.5	配管注意事项	88	4.1.8	锥管螺纹	223
2.5.1	阀门操作位置	88	4.2	材料选用依据	224
2.5.2	操作维修空间	88	4.2.1	黑色金属材料	224
2.5.3	常见配管错误	94	4.2.2	有色金属材料	226
3	管道绝热防腐	107	4.2.3	金属的热处理	227
3.1	绝热范围及材料	107	4.2.4	常见元素性能	228
3.1.1	绝热范围与分工 (HG/T 20570.11—95)	107	4.2.5	材料应用限制	230
3.1.2	绝热材料的选用 (HG/T 20646.2—1999)	107	4.2.6	金属管的选用	231
3.1.3	绝热材料的性能 (GB 50264—97)	108	4.3	金属管材	232
3.2	绝热与加热计算	108	4.3.1	无缝钢管	232
3.2.1	保温计算数据的选取	108	4.3.2	焊接钢管	236
3.2.2	圆形管道的保温计算	112	4.3.3	铜和铜合金管	241
3.2.3	蒸汽伴管的加热计算	121	4.3.4	铝和铝合金管	242
3.2.4	非圆形管道的保温计算	124	4.3.5	铝及铝镁合金管	244
3.2.5	绝热计算举例	124	4.3.6	钛和钛合金管	245
3.3	绝热结构的设计	126	4.4	标准管件	247
3.3.1	设计原则 (GB 50316—2000)	126	4.4.1	钢制管件分类	247
3.3.2	结构要求及种类	126	4.4.2	钢制对焊无缝管件 (GB/T 12459—2005)	248
3.3.3	结构设计规定	128	4.4.3	钢板制对焊管件 (GB/T 13401—2005)	253
3.3.4	结构施工举例	130	4.4.4	锻制承插焊管件 (GB/T 14383—2008)	258
3.4	材料计算与附录	141	4.4.5	锻钢制螺纹管件 (GB/T 14383—2008)	260
3.4.1	材料用量计算	141	4.4.6	可锻铸铁管件	262
3.4.2	绝热设计附录	152	4.4.7	支管台	264
3.4.3	绝热厚度选用	164	4.4.8	其他管件	268
3.5	防腐及涂漆	165	5	金属法兰与连接件	271
3.5.1	设计原则 (GB 50316—2000)	165	5.1	法兰选用依据	271
3.5.2	涂料类别特点 (GB/T 2705—2003)	165	5.1.1	法兰选用	271
3.5.3	涂料配套选用	168	5.1.2	垫片选用	276
3.6	防腐的施工 (HG/T 20679—1990)	171	5.1.3	紧固件选用	281
3.6.1	表面处理	171	5.1.4	连接选配	286
3.6.2	管道涂色	172	5.2	化工标准法兰 (欧洲体系 PN 系列)	293
3.6.3	埋地管道	174	5.2.1	基本参数 (HG/T 20592—2009)	293
3.7	防腐涂料及性能	178	5.2.2	板式平焊钢制管法兰 (HG/T 20592—2009)	299
3.7.1	常用防腐涂料	178	5.2.3	带颈平焊钢制管法兰 (HG/T 20592—2009)	303
3.7.2	涂料防腐性能	202	5.2.4	带颈对焊钢制管法兰 (HG/T 20592—2009)	306
3.7.3	不同选择比较	208	5.2.5	整体钢制管法兰 (HG/T 20592—2009)	310
4	金属管与管件	214	5.2.6	承插焊钢制管法兰 (HG/T 20592—2009)	315
4.1	化工配管系列	214	5.2.7	螺纹钢制管法兰 (HG/T 20592—2009)	317
4.1.1	压力等级	214			
4.1.2	使用温度 (HG 20553)	215			
4.1.3	管径系列 (HG 20553)	215			
4.1.4	腐蚀裕量	219			
4.1.5	壁厚选用	219			
4.1.6	支管连接 (HG/T 20646.1)	221			

5.2.8	对焊环松套钢制管法兰 (HG/T 20592—2009)·····	319	5.5.1	板式平焊钢制管法兰 (GB/T 9119—2000)·····	404
5.2.9	平焊环松套钢制管法兰 (HG/T 20592—2009)·····	322	5.5.2	部分法兰基本参数 (GB/T 9114~9118—2000)·····	406
5.2.10	钢制管法兰盖 (HG/T 20592—2009)·····	324	5.5.3	部分法兰结构尺寸 (DN≤600/PN≤150)·····	407
5.2.11	不锈钢衬里管法兰盖 (HG/T 20592—2009)·····	329	5.5.4	凹凸面与榫槽面结构尺寸 (DN≤600)·····	412
5.3	化工标准法兰 (美洲体系 Class 系列)·····	331	5.5.5	环松套法兰结构尺寸 (DN≤600/PN≤150)·····	413
5.3.1	基本参数 (HG/T 20615—2009)·····	331	5.5.6	法兰盖结构尺寸 (GB/T 9123.1~9123.4—2000)·····	416
5.3.2	带颈平焊钢制管法兰 (HG/T 20615—2009)·····	338	5.5.7	法兰技术条件 (GB/T 9124—2000)·····	422
5.3.3	带颈对焊钢制管法兰 (HG/T 20615—2009)·····	341	6 非金属与衬里管路 ·····	426	
5.3.4	长高颈钢制管法兰 (HG/T 20615—2009)·····	344	6.1	橡胶制品·····	426
5.3.5	整体钢制管法兰 (HG/T 20615—2009)·····	347	6.1.1	橡胶性能特点·····	426
5.3.6	承插焊钢制管法兰 (HG/T 20615—2009)·····	350	6.1.2	常用橡胶软管·····	428
5.3.7	螺纹钢制管法兰 (HG/T 20615—2009)·····	352	6.2	塑料制品·····	430
5.3.8	对焊环松套钢制管法兰 (HG/T 20615—2009)·····	353	6.2.1	常用塑料特点·····	430
5.3.9	钢制管法兰盖 (HG/T 20615—2009)·····	355	6.2.2	聚氯乙烯管·····	431
5.3.10	大直径钢制管法兰 (HG/T 20623—2009)·····	358	6.2.3	聚乙烯管材·····	439
5.4	机械标准法兰·····	363	6.2.4	无规聚丙烯 (PPR) 管材·····	448
5.4.1	法兰技术条件 (JB/T 74—1994)·····	363	6.2.5	增强聚丙烯 (FRPP) 管材·····	450
5.4.2	机械标准法兰类型 (JB/T 75—1994)·····	367	6.2.6	聚四氟乙烯 (PTFE) 管材·····	461
5.4.3	整体铸钢管法兰 (JB/T 79—1994)·····	369	6.2.7	有机玻璃管·····	463
5.4.4	凸面板式平焊钢制管法兰 (JB/T 81—1994)·····	378	6.2.8	尼龙 1010 管材·····	463
5.4.5	对焊钢制管法兰 (JB/T 82—1994)·····	382	6.3	玻璃钢管·····	463
5.4.6	平焊环板式松套钢制管法兰 (JB/T 83—1994)·····	393	6.3.1	玻璃纤维增强热固性塑料 (玻璃钢)·····	463
5.4.7	对焊环板式松套钢制管法兰 (JB/T 84—1994)·····	395	6.3.2	纤维缠绕玻璃钢 (FRP-FW) 管和 管件·····	465
5.4.8	翻边板式松套钢制管法兰 (JB/T 85—1994)·····	397	6.3.3	玻璃钢增强聚丙烯 (FRP/PP) 复合管 (HG/T 21579—1995)·····	469
5.4.9	钢制管法兰盖 (JB/T 86—1994)·····	398	6.3.4	玻璃钢增强聚氯乙烯 (FRP/PVC) 复合管 (HG/T 3731—2004)·····	477
5.4.10	管法兰垫片·····	403	6.4	玻璃管材·····	483
5.5	国家标准法兰·····	404	6.4.1	玻璃管和管件 (HG/T 2435—93)·····	483
			6.4.2	液位计玻璃·····	489
			6.4.3	不透明石英玻璃 (JC/T 182—1997)·····	490
			6.5	陶瓷管材·····	490
			6.5.1	耐酸陶瓷性能·····	490
			6.5.2	化工陶瓷及配件 (JC 705—1998)·····	491
			6.6	石墨管材·····	494
			6.6.1	石墨性能·····	494
			6.6.2	石墨管件·····	495

6.7 钢衬复合管和管件	497	8.1.7 双滤筒式罐型过滤器 (SD1)	687
6.7.1 衬胶钢管和管件 (HG 21501—93)	497	8.1.8 多滤筒式罐型过滤器 (SD2)	690
6.7.2 钢衬塑料复合管 (HG/T 2437—2006)	502	8.2 安全喷淋洗眼器 (HG/T 20570.14—95)	695
6.7.3 钢衬玻璃管和管件	507	8.2.1 设置原则	695
6.7.4 搪玻璃管和管件	509	8.2.2 性能数据	695
6.8 其他复合管材和方法	522	8.3 管道混合器	696
6.8.1 金属网聚四氟乙烯复合管材 (HG/T 3705—2003)	522	8.3.1 静态混合器的应用类型 (HG/T 20570.20—95)	696
6.8.2 孔网钢骨架聚乙烯复合管材 (HG/T 3707—2003)	525	8.3.2 静态混合器的设计计算 (HG/T 20570.20—95)	697
6.8.3 塑料涂料	529	8.3.3 静态混合器的应用安装 (HG/T 20570.20—95)	700
7 常用阀门	533	8.3.4 汽水混合器	702
7.1 阀门的选用	533	8.4 液体装卸臂 (HG/T 21608—96)	703
7.1.1 阀门的设置	533	8.4.1 分类选型	703
7.1.2 阀门结构长度	536	8.4.2 陆用液体装卸臂	704
7.1.3 材料与组合 (GB/T 9124—2000)	537	8.4.3 船用液体装卸臂	709
7.1.4 阀门压力试验 (GB/T 13927—2008)	545	8.4.4 陆用液体装卸臂安装	711
7.1.5 阀门的命名 (JB/T 308—2004)	546	8.5 软管与接头	715
7.2 常用金属阀	550	8.5.1 金属软管	715
7.2.1 金属阀的选用	550	8.5.2 非金属软管	717
7.2.2 闸阀	552	8.5.3 快速接头	719
7.2.3 截止阀	566	8.6 消声器与隔声罩	721
7.2.4 节流阀	587	8.6.1 消声器的选用 (HG/T 20570.10—95)	721
7.2.5 止回阀	594	8.6.2 排气消声器的性能 (HG/T 20570.10—95)	722
7.2.6 蝶阀	612	8.6.3 常用设备消声器 (HG/T 21616—97)	724
7.2.7 球阀	629	8.6.4 隔声罩 (HG/T 20570.10—95)	727
7.2.8 旋塞阀	641	8.7 视镜与喷嘴	728
7.2.9 隔膜阀	646	8.7.1 管道视镜	728
7.2.10 柱塞阀	654	8.7.2 常见喷嘴	729
7.3 非金属阀门	655	8.8 取样设施	731
7.3.1 氟塑料衬里阀门 (HG/T 3704—2003)	655	8.8.1 取样冷却器	731
7.3.2 隔膜阀	664	8.8.2 冲洗式取样阀	732
7.3.3 硬聚氯乙烯截止阀	665	8.9 阻火器与呼吸阀	732
7.3.4 增强聚丙烯止回阀	665	8.9.1 阻火器的设置	733
7.3.5 增强聚丙烯 (FRPP) 蝶阀	666	8.9.2 阻火器的安装	734
8 管路附件	668	8.9.3 呼吸阀的选用	735
8.1 管道过滤器 (HG/T 21637—1991)	668	8.9.4 呼吸阀的安装	736
8.1.1 过滤器的选用	668	8.10 爆破片与安全阀	739
8.1.2 铸制 Y 型过滤器 (SY1)	674	8.10.1 爆破片的选用 (HG/T 20570.03—95)	739
8.1.3 正折流式 T 型过滤器 (ST1)	676	8.10.2 爆破片与安全阀 (HG/T 20570.03—95)	742
8.1.4 反折流式 T 型过滤器 (ST2)	680	8.10.3 安全阀的选用 (HG/T 20570.02—95)	743
8.1.5 直流式 T 型过滤器 (ST3)	682		
8.1.6 法兰对夹过滤器 (SC1/SC2)	685		

8.10.4 安全泄放计算 (HG/T 20570.02—95).....	744	2.2 洁净要求	897
8.10.5 安全阀的性能结构.....	747	3 几何图形计算公式	898
8.11 疏水阀.....	760	3.1 平面图形计算公式	898
8.11.1 疏水阀的选用 (HG/T 20570.21—95).....	760	3.2 立体图形计算公式	900
8.11.2 疏水阀的系统要求.....	762	4 电器防护与安装	903
8.11.3 疏水阀的性能结构.....	764	4.1 防爆分级分组	903
8.12 减压阀.....	783	4.2 电器防护等级	903
8.12.1 减压阀的选用.....	783	4.3 电机安装结构	904
8.12.2 减压阀的性能结构.....	784	5 机械制图知识	904
9 管道应力与支吊架	799	5.1 图纸格式 (GB/T 14689)	904
9.1 管道应力分析	799	5.2 比例选择 (GB/T 14690)	905
9.1.1 应力分析的内容	799	5.3 视图画法	906
9.1.2 热应力计算基础	802	5.4 剖视图和断面图 (GB/T 17452—1998)	907
9.1.3 热应力分析方法	803	5.5 表面粗糙度	908
9.1.4 管系安全性判断	806	6 配合与公差	914
9.1.5 热应力和柔性调整	813	6.1 极限偏差与配合	914
9.2 管架设计计算 (HG/T 20645.5—1998).....	815	6.2 形状和位置公差	920
9.2.1 管道跨距的计算	815	7 金属的焊接	926
9.2.2 管架的最大间距	815	7.1 常用焊接方法	926
9.2.3 管架荷载的计算	823	7.2 管道焊接材料	927
9.2.4 管架强度的计算	827	7.3 焊缝符号表示 (GB/T 324)	928
9.2.5 悬臂管架的设计	836	7.4 焊接坡口形式	929
9.3 管架设置选用 (HG/T 20645.5—1998).....	838	7.5 焊缝系数 (GB 50316)	934
9.3.1 管架的类型	838	8 常用钢号对照	935
9.3.2 管架的设置	838	8.1 结构钢号对照	935
9.3.3 典型管架设置	841	8.2 不锈钢号对照	938
9.3.4 管架生根结构	847	8.3 耐热钢号对照	940
9.4 管架设计选用	851	8.4 阀门钢号对照	941
9.4.1 管架选用原则 (HG/T 20645.5—1998).....	851	8.5 铸钢牌号对照	941
9.4.2 固定支吊架	852	8.6 铸铁牌号对照	943
9.4.3 弹簧支吊架	858	9 金属的性质 (GB 50316)	944
9.4.4 标准管架索引 (HG/T 21629—1999).....	870	9.1 常用钢管许用应力	944
9.5 管廊与埋地管道	888	9.2 常用钢板许用应力	946
9.5.1 装置内管廊布置 (HG 20546.5—2009)	888	9.3 常用螺栓许用应力	947
9.5.2 装置区管廊布置 (HG/T 20546.5—2009).....	890	9.4 常用锻件许用应力	948
9.5.3 埋地管道计算 (HG/T 20645.5—1998).....	892	9.5 常用铸件许用应力	950
附录	897	9.6 常用铝材许用应力	951
1 部分计量单位及换算	897	9.7 常用金属弹性模量	952
2 医药洁净要求	897	9.8 平均线膨胀系数值	952
2.1 洁净级别	897	10 常用工程材料.....	953
		10.1 热轧扁钢.....	953
		10.2 热轧圆钢、方钢、六角钢.....	954
		10.3 热轧等边角钢.....	955
		10.4 热轧不等边角钢.....	958
		10.5 热轧槽钢.....	961
		10.6 热轧工字钢.....	962
		10.7 地脚螺栓 (HG 20546.5—1992)	963
		10.8 型钢焊接及开孔.....	965

11 常用设计资料.....	971	13 设备材料采购要求	
11.1 金属材料的耐蚀性.....	971	(HG/T 20701.11—2000).....	977
11.2 管道分界		13.1 适用范围.....	977
(HG/T 20549.1—1998)	975	13.2 设备/材料(询价、订货)请购单	977
11.3 管道材料等级填写.....	975	13.3 设备/材料(询价、订货)技术	
11.4 管道支架估算.....	975	规格书.....	978
11.5 综合材料余量.....	976	13.4 其他.....	978
11.6 磅级与压力对应关系.....	976	13.5 附录.....	979
11.7 K级与磅级对应关系.....	976	参考文献	988
11.8 大气压与海拔对照.....	976		
12 管道的无损检测(GB 50316—2000)	976		

1

化工管路设计

1.1 管路系统

1.1.1 流体分类 (GB 50316)

1.1.1.1 A1 类流体 (category A1 fluid)

在本规范内系指剧毒流体,在输送的过程中如有极少量的流体泄漏到环境中,被人吸入或与人体接触时,能造成严重中毒,脱离接触后,不能治愈。相当于现行国家标准《职业性接触毒物危害程度分级》GB 5044 中 I 级(极度危害)的毒物。

1.1.1.2 A2 类流体 (category A2 fluid)

在本规范内系指有毒流体,接触此类流体后,会有不同程度的中毒,脱离接触后可治愈。相当于《职业性接触毒物危害程度分级》GB 5044 中 II 级及以下(高度、中度、轻度危害)的毒物。

1.1.1.3 B 类流体 (category B fluid)

在本规范内系指这些流体在环境或操作条件下是一种气体或可闪蒸产生气体的液体,这些流体能点燃并在空气中连续燃烧。

1.1.1.4 C 类流体 (category C fluid)

系指不包括 D 类流体的不可燃、无毒的流体。

1.1.1.5 D 类流体 (category D fluid)

指不可燃、无毒、设计压力小于或等于 1.0MPa 和设计温度 $-20\sim 186^{\circ}\text{C}$ 之间的流体。

1.1.2 管道术语 (GB 50316)

1.1.2.1 管道 (piping)

由管道组件、管道支吊架等组成,用以输送、分配、混合、分离、排放、计量或控制流体流动。

1.1.2.2 管道系统 (piping system)

简称管系,按流体与设计条件划分的多根管道连接成的一组管道。

1.1.2.3 管道组件 (piping components)

用于连接或装配成管道的元件,包括管子、管件、法兰、垫片、紧固件、阀门以及管道特殊件等。

1.1.2.4 管道特殊件 (piping specialties)

指非普通标准组件,系按工程设计条件特殊制造的管道组件,包括膨胀节、补偿器、特殊阀门、爆破片、阻火器、过滤器、挠性接头及软管等等。

1.1.2.5 管道支吊架 (pipe supports and hangers)

用于支承管道或约束管道位移的各种结构的总称,但不包括土建的结构。

1.1.2.6 固定支架 (anchors)

可使管系在支承点处不产生任何线位移和角位移,并可承受管道各方向的各种荷载的支架。

1.1.2.7 滑动支架 (sliding supports)

有滑动支承面的支架,可约束管道垂直向下方向的位移,不限制管道热胀或冷缩时的水平位移,承受包括自重在内的垂直方向的荷载。

1.1.2.8 刚性吊架 (rigid hangers)

带有铰接吊杆的管架结构,可约束管道垂直向下方向的位移,不限制管道热胀或冷缩时的水平位移,承受包括自重在内的垂直方向的荷载。

1.1.2.9 导向架 (guides)

可阻止因力矩和扭矩所产生旋转的支架,可对一个或一个以上方向进行导向,但管道可沿给定轴向位移。

当用在水平管道时，支架还承受包括自重力在内的垂直方向荷载。通常导向架的结构兼有对某轴或二个轴向限位的作用。

1.1.2.10 限位架 (restraints)

可限制管道在某点处指定方向的位移 (可以是一个或一个以上方向线位移或角位移) 的支架。规定位移值的限位架，称为定值限位架。

1.1.2.11 管道和仪表流程图 (piping and instrument diagram)

简称 P&ID (或 PID)。此图上除表示设备外，主要表示连接的管道系统、仪表的符号及管道识别代号等。

1.1.2.12 公用工程管道 (utility piping)

相对于工艺管道而言，公用工程管道系指工厂 (装置) 的各工序中公用流体的管道。

1.1.3 压力管道及分类

1.1.3.1 压力管道

压力管道是指在生产、生活中使用的可能引起燃烧或中毒等危险性较大的特种设备。更具体的说，凡具有下列属性的管道均为压力管道。

1) 输送 GB 5044《职业性接触毒物危害程度分级》中规定的毒性程度为极度危害介质的管道。

2) 输送 GB 50160《石油化工企业设计防火规范》及 GBJ 16《建筑设计防火规范》中规定的火灾危险性为甲、乙类介质的管道。

3) 最高工作压力大于等于 0.1MPa (表压、下同)，输送介质为气 (汽) 体、液化气体的管道。

4) 最高工作压力大于等于 0.1MPa，输送介质为可燃、易爆、有毒、有腐蚀性的或最高工作温度高于等于标准沸点的液体的管道。

5) 前四项规定的管道的附属设备及安全保护装置等。“管道的附属设施”是指管道体系中所用的管件 (包括三通、弯头、异径管、管瓶等)、连接件 (包括法兰、垫片、紧固件、盲板等)、管道设备 (包括各种类阀门、过滤器、阻火器等特殊件)、支撑件 (包括各种类型的管道支吊架) 和阴极保护装置等。“安全保护装置”主要指超温、超压控制装置和报警等装置。

以下四条不属于压力管道监察范围：

1) 设备本体所属管道；

2) 军事装备、交通工具上和核装置中的管道；

3) 输送无毒、不可燃、无腐蚀性气体，其管道公称直径小于 150mm，且最高工作压力小于 1.6MPa 的管道；

4) 入户 (居民楼、庭院) 前的最后一道阀门之后的生活用燃气管道及热力点 (不含热力点) 之后的热力管道。

从以上规定可见输送水的管道被排除在监察范围之外，至于输送危险性相对较小的管道，如空气、惰性气体等无毒、不可燃、无腐蚀性气体，仅限于其管道的公称直径 $\geq 150\text{mm}$ 或其最高工作压力 $\geq 1.6\text{MPa}$ 时，才属于压力管道的监察范围。

1.1.3.2 压力管道分类

根据锅炉压力容器安全监察局制定的《压力管道设计单位资格认证与管理办法》，将压力管道划分为三类两级十六种。

(1) 长输管道为 GA 类，级别划分如下。

① 符合以下条件之一的长输管道为 GA1 级：

a. 输送有毒、可燃、易爆气体介质，设计压力 $p > 1.6\text{MPa}$ 的管道；

b. 输送有毒、可燃、易爆液体介质，输送距离 $\geq 200\text{km}$ 且管道公称直径 $\text{DN} \geq 300\text{mm}$ 的管道；

c. 输送浆体介质，输送距离 $\geq 50\text{km}$ 且管道公称直径 $\text{DN} \geq 150\text{mm}$ 的管道。

② 符合以下条件之一的长输管道为 GA2 级：

a. 输送有毒、可燃、易爆气体介质，设计压力 $p \leq 1.6\text{MPa}$ 的管道。

b. GA1b 范围以外的长输管道。

c. GA1c 范围以外的长输管道。

(2) 公用管道为 GB 类，级别划分如下：

GB1—燃气管道；

GB2—热力管道。

(3) 工业管道为 GC 类, 级别划分如下。

① 符合以下条件之一的工业管道为 GC1 级:

- a. 输送 GB 5044《职业性接触毒物危害程度分级》中毒性程度为极度危害介质的管道;
- b. 输送 GB 50160《石油化工企业设计防火规范》及 GBJ 16《建筑设计防火规范》中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体介质, 且设计压力 $p \geq 4.0 \text{MPa}$ 的管道;
- c. 输送可燃流体介质、有毒流体介质, 设计压力 $p \geq 4.0 \text{MPa}$, 且设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ 的管道;
- d. 输送流体介质且设计压力 $p \geq 10.0 \text{MPa}$ 的管道。

② 符合以下条件之一的工业管道为 GC2 级:

- a. 输送 GB 50160《石油化工企业设计防火规范》及 GBJ 16《建筑设计防火规范》中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体介质, 且设计压力 $p < 4.0 \text{MPa}$ 的管道;
- b. 输送可燃流体介质、有毒流体介质、设计压力 $p < 4.0 \text{MPa}$, 且设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ 的管道;
- c. 输送非可燃流体介质、无毒流体介质、设计压力 $p < 10 \text{MPa}$, 且设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ 的管道;
- d. 输送流体介质, 设计压力 $p < 10 \text{MPa}$ 且设计温度 $< 400^\circ\text{C}$ 的管道。

1.1.4 工程划分及费用

按照 GB 50252—94《工业安装工程质量检验评定统一标准》, 进行质量检验评定的工业安装工程应划分为单位工程、分部工程和分项工程。

1.1.4.1 单项工程

是建设项目的组成部分, 具有独立设计文件, 建成后能够发挥生产能力或效益的生产装置(车间)或独立工程。一个建设项目可以包括多个单项工程, 并且单项工程是个综合体。

1.1.4.2 单位工程

指单项工程中, 具备独立施工条件或独立使用功能的工程。单位工程(unit construction)包括建筑工程和安装工程。从施工的角度看, 单位工程就是一个独立的交工系统, 有自身的项目管理方案和目标, 按业主的投资及质量要求下, 如期建成交付生产和使用。单位工程应按工业厂房、车间(工号)或区域进行划分, 单位工程应由各专业安装工程构成; 当二个专业安装工程具有独立施工条件或独立使用功能时, 也可构成一个或几个单位工程。

1.1.4.3 分部工程

指单位工程中, 按专业类别划分的若干相对独立的工程。例如: 土石方工程、打桩工程、混凝土工程、金属结构工程等。分部工程的划分应符合各专业分部工程划分的有关规定, 按专业划分为工业设备、工业管道、电气装置、自动化仪表、防腐蚀、绝热、工业炉砌筑等。

1.1.4.4 分项工程

指分部工程中, 按不同工种、台(套)、类别、材料、介质、系统等划分的工程, 是施工图预算最基本的计算单位。分项工程的划分应符合各专业分项工程划分的有关规定。

1.1.4.5 管道工程

根据 GB 50184—93《工业金属管道工程质量检验评定标准》, 管道工程一般属于分部工程, 相对关系如下:

分项工程合价 = 工程量 \times 预算单价

分部工程小计 = \sum 分项工程合价

单位工程合计 = \sum 分部工程小计

单项工程合计 = \sum 单位工程合计

1.1.4.6 工程费用 (表 1.1-1)

表 1.1-1 (93) 化工安装工程费用计算程序及费率

序号	项目名称	计算方法	费率/%	备注
	人工工日单价	22.95 元/工日		计算基础
一	直接工程费	(1)+(2)+(3)		
1)	直接费	(1-1)+(1-2)+(1-3)		
1-1)	人工费			
1-2)	材料费			

续表

序号	项目名称	计算方法	费率/%	备注
1-3)	施工机械费			
2)	其他直接费	(1-1)~(2-14)之和		
2-4)	冬雨季施工增加费	(1-1)×费率	8.54	
2-5)	夜间施工增加费	(1-1)×费率	4.69	
2-6)	材料二次搬运费	(1-1)×费率	1.10	
2-7)	生产工具用具使用费	(1-1)×费率	8.82	
2-8)	检验试验费	(1-1)×费率	0.60	
2-9)	特殊工种培训费	(1-1)×费率	0.07	
2-10)	工程定位复制、工程点交、场地清理费	(1-1)×费率	0.20	
2-11)	配合联动试车费	(1)×费率	1.00	
2-12)	特殊工程增加费	按施工组织设计或方案计算		
2-13)	大型机械租赁费	按出租单位有关规定执行		
2-14)	有害身体健康环境中施工保健费	按生产工人每日保健标准		
3)	现场经费	(3-15)+(3-16)		
3-15)	临时设施费	(1-1)×1.0774×费率	25.58	
3-16)	现场管理费	(1-1)×1.0774×费率	27.26	
二	间接费	(4)+(5)+(6)		
4)	企业管理费	(1-1)×1.0774×费率	65.67	
5)	财务费用	(1-1)×1.0774×费率	5.90	
6)	其他费用	(1-1)×1.0774×费率	0.70	
三	计划利润	(1-1)×1.0774×费率	32.59	
四	税金	按有关文件规定计算		

注：1. 计算现场经费、间接费和计划利润应包括其他直接费用的人工费。本次简化了计算程序，在计算上述费用时，不再计算其他直接费用中的人工费，而以直接费用中人工费乘以系数 1.0774，再乘以费率。

2. 有害身体健康环境中，施工保健费在符合规定条件时计算。

1.2 压力和温度

1.2.1 管道的设计压力

1.2.1.1 适用范围

适用于设计压力 p 在以下工作范围的管道。

- ① 压力管道： $0\text{MPa} \leq p$ (表压) $\leq 35\text{MPa}$ 范围的管道。
- ② 真空管道： p (表压) $< 0\text{MPa}$ 的管道。
- ③ 适用于输送包括流态化固体在内的所有流体管道。

1.2.1.2 管道设计压力的确定原则

- ① 管道设计压力不得低于最大工作压力。
- ② 装有安全泄放装置的管道，其设计压力不得低于安全泄放装置的开启压力（或爆破压力）。
- ③ 所有与设备相连接的管道，其设计压力应不小于所连接设备的设计压力。
- ④ 输送制冷剂、液化气类等沸点低的介质的管道，按阀被关闭或介质不流动时介质可能达到的最大饱和蒸气压力作为设计压力。
- ⑤ 管道或管道组件与超压泄放装置间的通路可能被堵塞或隔断时，设计压力按不低于可能产生的最大工作压力来确定。

⑥ 工程设计规定需要计算管壁厚度的管道，其“管壁厚度数据表”中所列的计算压力即为该管道的设计压力，与计算压力相对应的工作温度即为该管道的设计温度。

1.2.1.3 管道设计压力的选取

- ① 设有安全阀的压力管道： $p \geq$ 安全阀开启压力
- ② 与未设安全阀的设备相连的压力管道： $p \geq$ 设备设计压力
- ③ 离心泵出口管道： $p \geq$ 泵的关闭压力

- ④ 往复泵出口管道： $p \geq$ 泵出口安全阀开启压力
 ⑤ 压缩机排出管道： $p \geq$ 安全阀开启压力+压缩机出口至安全阀沿程最大正常流量下的压力降。
 ⑥ 真空管道： p 等于全真空
 ⑦ 凡不属于上述范围管道： $p \geq$ 工作压力变动中的最大值

1.2.1.4 设备设计压力的选取原则 (表 1.2-1)

表 1.2-1 设计压力的选取原则

类 型		设计压力	
常压容器	常压下工作	设计压力为常压,用常压加上系统附加条件校核	
内压容器	未装安全泄放装置	一般取 1.00~1.10 倍最高压力(表)	
	装用安全阀	1.05~1.10 倍最高工作压力(当最高工作压力偏高时,可取下限,反之可取上限),且不低于安全阀开启压力	
	装有爆破片	不小于最大标定爆破压力	
	出口管线上装有安全阀	不低于安全阀开启压力加上流体从容器至安全阀处的压力降	
	容器位于泵进口侧,且无安全泄放装置时	取无安全泄放装置时的设计压力,且以 0.10MPa (表压)外压进行校核	
	容器位于泵出口侧,且无安全泄放装置时	取泵的关闭压力	
真空容器	无夹套真空容器	设有安全泄放装置	设计外压力(表压)取 1.25 倍最大内外压力差值或 0.1MPa 进行比较,两者取最小值
		未设安全泄放装置	按全真空条件设计,即设计外压力(表压)取 0.1MPa
	夹套内为内压的带夹套真空容器	容器壁	按外压容器设计,其设计压力取无夹套真空容器规定的压力值,再加夹套内设计压力,且必须校核在夹套试验压力(外压)下的稳定性
		夹套壁	设计内压力按内压容器规定选取
外压容器		设计外压力取不小于在工作过程中可能产生的最大内外压力差	
常温储存下,烃类液化气体或混合液化石油气(丙烯与丙烷或丙烯与丁烯等的混合物)容器	介质为丁烷、丁烯、丁二烯时	0.79MPa(表压)	
	介质 50℃ 时饱和蒸气压小于 1.57MPa 时	1.57MPa(表压)	
	介质为液态丙烷或介质 50℃ 时饱和蒸气压(表压)大于 1.57MPa,小于 1.62MPa 时	1.77MPa(表压)	
	介质为液态丙烯或介质 50℃ 时饱和蒸气压(表压)大于 1.62MPa,小于 1.94MPa 时	2.16MPa(表压)	

1.2.2 管道的设计温度

管道设计温度 T 系指管道在正常工作过程中,相应设计压力下可能达到的管道材料温度。工艺系统专业人员根据化工工艺专业提供的正常工作过程中各种工况的工作温度,按“最苛刻条件下的压力温度组合”来选取管道设计温度。有工艺系统专业提出的管道设计温度(本节系指管道中介质的最高工作温度)可参见以下原则确定。

(1) 以传热计算或实测得出的正常工作过程中,介质的最高工作温度下的管壁温度作为设计温度。

(2) 在不便于传热计算或实测管壁温度的情况下,以正常工作过程中介质的最高(或最低)工作温度作为管道设计温度。

① 金属管道

- 介质温度小于 38℃ 的不保温管道, $T =$ 介质最高温度。
- 介质温度不小于 38℃ 的管道, $T = 95\% \times$ 介质最高温度。
- 外部保温管道, $T =$ 介质最高温度。
- 内保温管道(用绝热材料衬里), $T =$ 传热计算管壁温度或试验实测的管壁温度。
- 介质温度不大于 0℃, $T =$ 介质最低温度。

② 非金属管道及非金属衬里的金属管道

- a. 无环境温度影响的管道, $T =$ 介质最高温度。
 b. 安装在环境温度高于介质最高温度的环境中的管道 (除已采取防护措施者之外), $T =$ 环境温度。

(3) 以化工工艺专业提出的正常工作过程中, 介质的正常工作温度加 (或减) 一定余量作为设计温度, 可按下式确定设计温度。

① 介质正常工作温度为 $0 \sim 300^\circ\text{C}$ 时, $T \geq$ 介质正常工作温度 $+30^\circ\text{C}$ 。

② 介质正常工作温度大于 300°C 时, $T \geq$ 介质正常工作温度 $+15^\circ\text{C}$ 。

(4) 当流体介质温度接近所选材料允许使用温度界限时, 应结合具体情况慎重选取设计温度, 以免增加投资或降低安全性。如: 按上述 (3) 中计算结果会引起更换高一档的材料时, 允许按工程设计要求, 将 15°C 附加量减小, 但工艺必须有措施, 使运行中不至于超温。

(5) 当工作压力和对应工作温度有各种不同工况或周期性的变动时, 工艺系统设计人员应将化工工艺专业提出的各种工况数据列出, 并向管道材料专业加以说明。

(6) 设备设计温度的选取见表 1.2-2。

表 1.2-2 设计温度选取

介质温度 $T/^\circ\text{C}$	设计温度	
	I	II
$T < -20$	介质最低工作温度	介质正常工作温度减 $0 \sim 10^\circ\text{C}$
$-20 \leq T < 15$	介质最低工作温度	介质正常工作温度减 $5 \sim 10^\circ\text{C}$
$T \geq 15$	介质最高工作温度	介质正常工作温度加 $15 \sim 30^\circ\text{C}$

1.2.3 管道的试验压力

按照 GB 50235 的规定, 管道液压试验压力的规定如下。

(1) 承受内压的地上管道及有色金属管道试验压力应为设计压力的 1.5 倍, 埋地钢管道的实验压力应为设计压力的 1.5 倍, 且不低于 0.4MPa 。

(2) 当管道与设备作为一个系统进行试验, 管道的试验压力等于或小于设备的试验压力时, 应按管道的试验压力进行试验; 当管道试验压力大于设备的试验压力, 且设备的试验压力不低于管道设计压力的 1.15 倍时, 经建设单位同意, 可按设备的试验压力进行试验。

(3) 当管道的设计温度高于试验温度时, 试验压力应按下式计算:

$$p_s = 1.5p \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_2}$$

式中 p_s ——试验压力 (表压), MPa ;

p ——设计压力 (表压), MPa ;

$[\sigma]_1$ ——试验温度下管材的许用应力, MPa ;

$[\sigma]_2$ ——设计温度下管材的许用应力, MPa 。

当 $\frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_2}$ 大于 6.5 时, 取 6.5。

当 p_s 在试验温度下, 产生超过屈服强度的应力时, 应将试验压力 p_s 降至不超过屈服强度时的最大压力。

(4) 对位差较大的管道, 应将试验介质的静压计入试验压力中。液体管道的试验压力应以最高点的压力为准, 但最低点的压力不得超过管道组件的承受力。

(5) 对承受外压的管道, 其试验压力应为设计内、外压力之差的 1.5 倍, 且不得低于 0.2MPa 。

(6) 夹套管内管的试验压力应按内部或外部设计压力的高者确定。夹套管外管的试验压力按本条 (1) 中的规定。

按照 GB 50235 的规定, 当管道的设计压力小于或等于 0.6MPa 时, 可采用气压试验, 但应采取有效的安全措施。承受内压的钢管及有色金属管的气压试验压力应为设计压力的 1.15 倍, 真空管道的试验压力应为 0.2MPa 。当管道的设计压力大于 0.6MPa 时, 必须有设计文件规定或经设计单位同意, 方可用气压进行压力试验。

根据 SH 3501 对管道压力试验规定如下:

- (1) 液体压力试验时的应力值, 不得超过试验温度下材料屈服点的 90%;
- (2) 气体压力试验时的应力值, 不得超过试验温度下材料屈服点的 80%。