

化工施工技术经验汇编

工业管道安装

化学工业部基建局组织编写

化学工业出版社

《化工施工技术经验汇编》

编辑委员会

主 任	王凤璋		
副主任	张光裕	芦秀海	雍拥洪
委 员	王贞万	区振儒	李忠民
	吕荣麟	许树浩	李宝楼
	段福田	林葆聪	张辉南
	郭志恭	韩学通	康鸿鹤
	廖品静	黄璋佑	刘瑞奎
	董纪丰	王茂盛	谭俊杰

W 2007.2

前 言

当前,我国工业正面临着一个提高质量,降低消耗,提高经济效益,提高企业素质的新转变。近十年来,化工系统各施工企业承担了大量的大型化肥和石油化工引进装置的建设任务,吸取了国外的新技术,创造了很多具有我国特色的施工方法。企业的技术素质有了明显的提高。但就化工系统施工企业全局而言,在技术上、管理上和国际先进水平相比,差距仍然较大,这种情况,远远不能满足社会主义四个现代化建设的需要。在第一个五年计划完成以后,我们曾经以大连、吉林化工建设经验为基础,总结编写了《施工技术汇编》。这套汇编曾对以后全国的化工建设起了很好的作用。为了全面推广近十年来的新经验,消化、吸收引进的先进技术,认真做好培训工作,化工部基建局从1982年初即开始组织力量,收集分散在各施工企业的资料,进行分析、整理、总结,以写实的方法着手编写《化工施工技术经验汇编》(简称《汇编》),供化工系统从事基本建设工作的广大干部、技术人员、工人学习培训使用。这套汇编包括大型压缩机安装、工业管道安装、化工炉施工、吊装、防腐衬里、绝热工程、球罐施工、焊接、土建、乙烯工程等十个分册。

《汇编》各分册将陆续出版,与读者见面。编委会借此谨向各主编单位以及热心帮助本书出版的同志、提供资料和执笔的同志致以谢意。

本书的内容力求准确、实用,文字尽量做到深入浅出 简明扼要,我们希望《汇编》能对提高施工企业素质,对社会主义四个现代化的建设起到应有的作用。

由于水平所限,疏漏、谬误之处在所难免,尚祈广大读者予以指正。

《化工施工技术经验汇编》编委会

目 录

第一章 工业管道的设计概况	1
第一节 模型设计	1
第二节 设计等级化	2
第三节 标准化和系列化	8
第四节 规范和标准	9
第五节 图纸	10
一、管道及仪表图	11
二、平面配管图	12
三、空视图	15
第六节 设计特点	19
一、总体布置	19
二、阀门选用	19
三、管材及管件选择原则	20
四、管道的热膨胀及补偿	20
第二章 配管材料	22
第一节 概述	22
第二节 管子	24
一、规格	24
二、尺寸	25
三、涂色	29
第三节 管件	41
一、分类	41
二、材质	41
三、尺寸	41
第四节 管座	41
一、管座	41
二、三通补强板	47

第五节 法兰和垫片	52
一、法兰分类	52
二、法兰标志	53
三、法兰标准	53
四、“8”字盲板	63
五、垫片	63
第六节 阀门	72
一、分类	72
二、安装尺寸	72
第七节 紧固件	75
第八节 其它配件	76
第三章 工业管道的施工	77
第一节 施工准备	77
一、技术准备	78
二、技术培训	79
三、施工组织	82
第二节 配管材料的检验、保管和使用	84
一、配管材料的检验依据	84
二、材料品质检验	84
三、配管材料的保管和使用	90
第三节 管道预制	92
一、管道预制的优越性	92
二、预制前的准备工作	93
三、预制加工	95
四、对今后管道加工厂规划的意见	98
第四节 管道安装	99
一、现场管道安装程序	99
二、管道安装一般要求	101
三、焊接及检验	105
四、焊缝应力消除热处理	122
五、大功率高转速传动设备配管	130
1. 配管技术要求	130
2. 配管方法和步骤	131

3. 管道的调整	133
六、汽包配管	134
1. 配管特点	134
2. 安装方法和步骤	134
3. 关于化肥装置汽包配管的几点补充意见	135
七、热动力管线配管	136
1. 设计特点	136
2. 施工方法和注意事项	137
八、蒸汽伴管与夹套管	141
1. 伴管的作用	141
2. 蒸汽伴管安装要求	141
3. 蒸汽夹套管的安装要点	145
九、高压蒸汽系统安全阀现场调试	148
1. 安全阀调试指标	148
2. 高压蒸汽系统安全阀调试	149
第五节 管道支架	154
一、概述	154
二、管道支架的类型	154
1. 普通支架	154
2. 弹簧支架	158
3. 油压减震器	166
第四章 管道的压力试验和吹扫	169
第一节 压力试验的一般规定	169
一、试验压力	169
二、试验介质	170
第二节 试压前的准备	170
第三节 压力试验注意事项	171
第四节 关于高压系统试压中的几个问题	173
第五节 吹扫	175
一、一般管道吹扫	176
二、高压蒸汽系统吹扫	176
三、中压蒸汽系统吹扫	179
第五章 化学清洗	180

第六章	交工技术文件	182
附录		183
一、	国外配管参考资料	183
二、	单位换算表	185
三、	日本钢管各种温度下的许用应力	187

第一章 工业管道的设计概况

大型化工装置的工艺配管设计，采用了模型设计的先进方法，划分了详细的设计分类等级，制定出严格的管子及管件系列标准，提供了完整的规范、标准和各类图纸；在具体设计上，亦有一些独特之处。

第一节 模型设计

模型设计是国外普遍采用的先进的设计方法。

在国外，管道工程的设计是按照生产工艺的专利进行的。首先按照专利特定的条件设计出带控制点的工艺流程图或称管道及仪表图（即P&I图）。在工艺流程上严格地规定了整个管道工程以及设备的特性，详细地表达出全部主、支管线所构成的管网。并根据管线的介质特性、操作压力、操作温度等参数和生产操作的要求，设计出管网上各主、支管线的材质、管径、阀门以及应设置的仪表控制部件。

工艺流程图设计完成后，就着手制作模型。根据已经确定的工艺流程图，将按照比例做成的设备、管廊、框架和建、构筑物等模型实物在模型盘内进行布局，做到相对位置紧凑、整齐，既考虑生产合理，也照顾施工方便，一经确定之后就成为“施工图设计模型”。然后，按照规范要求并考虑热力性能和各种动力因素（风载、地震、振动）的影响，进行模型配管。模型上要详细标明设备位号、管线号、仪表部件和各种特殊部件的型号及其安装位置，工艺安装施工图就是根据该“施工图设计模型”绘制而成的。

模型是设计和施工文件之一，其比例一般为 $1/25 \sim 1/50$ ，它根据装置的繁简、制作价格、运输条件以及模型的占用面积来选择。例如引进的某化肥装置，占地面积为 $66,585\text{米}^2$ （ $345\text{米} \times 193\text{米}$ ），

模型比例为1:33, 模型面积为60米² (10米×6米), 既适于室内布置而又能清楚地表示该装置的全部管线。

模型内所有设备、管线、建、构筑物的坐标和标高均相对于模型的零点, 即使是辅助的、外围的工号, 其设计图纸的坐标、标高亦与模型的零点相对应, 这就是所谓“统一的设计方位”。设计坐标不是采用 $x-y$ 轴, 而是定好“设计北”, 用 s 、 w (即南、西向) 标注坐标, 相对标高以毫米为单位。这种表示方法的好处是使施工者在管道安装中有一个方向感, 不象 $x-y$ 坐标系那样抽象, 标高单位又与管道尺寸单位一致, 便于运算。但要注意“设计北向”不同于实际的“地理北向”, 它们之间按一定的相差角换算。例如在某石油化工厂二者之间相差180°, 而在另一化肥厂却相差168°, 两个方向决不能混淆, 否则就会搞乱现场管道的走向, 导致施工错误。坐标化的表示方法同归于一个零点, 这不仅大大减少测量的积累误差, 而且便于编制计算机程序, 它是应用电子计算机开展设计工作的基础。

模型设计的步骤是由确定的工艺流程图制作出模型, 再根据模型进行配管设计, 它与根据平面配管图制作出模型是两种不同的概念。前者是工艺设计的一种方法, 它是加快设计速度、提高设计水平、保证设计质量的先进的设计方法; 后者是在一个装置工艺配管施工前的一次预演习, 也是对设计图纸的审核过程。

模型对于施工的指导意义决不容忽视, 这一点已为国内外的经验所证实。模型给人们一种直观、真实的空间概念, 施工人员可以利用模型制订各种施工方案, 编制施工组织设计, 向工人进行技术交底。此外, 在工厂投产之前, 生产工人可以利用模型熟悉工艺流程, 作好开工前的准备; 投产之后, 仍然可以利用它进行技术改造的研究和讨论。

第二节 设计等级化

设计等级化是国外引进装置工艺配管设计的最突出的特点。它首先根据装置的生产工艺条件, 按介质、压力、温度参数的不同划

分成不同的分类等级；然后根据划分好的分类等级标准确定它们的材料标准，明确规定了在工艺配管设计中每一设计等级内所用的管子、管件、阀门和连接件等的材料规格。有了这一规定给设计和施工人员带来极大的方便。

不同的国家、不同的装置有不同的等级分类方法；日本东洋工程公司把乙烯装置的工艺管道分成35个等级；美国凯洛格公司把化肥装置工艺管道分成43个等级，日本东洋工程公司把它分成61个等级，法国赫尔蒂公司把它分成49个等级；现按国型介绍等级分类的方法。

日本型

例如：

A 1 A
(1)(2)(3)

第(1)个英文字母为压力等级代号，不同的英文字母表示不同的压力等级。

A——150磅（磅即磅/英寸²，以下同）

B——300磅

C——400磅

D——600磅

E——900磅

F——1500磅

G——2500磅

M——300公斤/厘米²

W——2公斤/厘米²

第(2)个数字表示同一压力等级或同一种材质内的序号，它随介质、压力、温度参数而变化。

第(3)个英文字母表示管道材质的代号，不同的英文字母代表不同的材质。

A——STPG38（压力管道用碳素钢管）

B——STPA12（低合金钢管）

C——STPA22（低合金钢管）

- D——STPA 23(低合金钢管)
 F——STPA 24(低合金钢管)
 K——SUS 304, SUS 304L(不锈钢管)
 L——SUS 316, SUS 316L(不锈钢管)
 Q——STPL 39(低温用铝镇静钢管)
 R——STPL 46(低温用铝镇静钢管)
 S——SGP(普通碳素钢管)
 T——STPT 38, STPT 42(高温用碳素钢管)
 U——STS 49(高压钢管)
 X——SGP/GALV.(镀锌钢管)
 Z——STPA 26(低合金钢管)

法国型

例如:

$\frac{B}{(1)} \frac{01}{(2)}$

第(1)个英文字母为压力等级代号, 不同的英文字母表示不同的压力等级。

- A——125磅 B——150磅 C——250磅
 D——300磅 E——400磅 F——600磅
 G——900磅 H——1500磅 J——2500磅
 Y——蒸汽伴热管

第(2)组的两位阿拉伯数字表示管道材料, 详见表1-1。

表 1-1 材质代号(法)

材料代号	材 质
01至20	碳钢(包括内防腐、镀锌钢管)
21至45	合金钢
46至70	不锈钢
71至85	特种合金钢(如因科镍、蒙乃尔等)
86至93	其它材料(如铸铁、铜、有色金属等)
94至96	玻璃钢
97至99	塑料、石棉、水泥

美国型

例如:

1 J 1
(1)(2)(3)

第(1)个数字为压力等级代号, 不同的数字表示不同的压力等级。

第(2)个英文字母为管内介质代号, 不同的字母表示不同的物料名称。

第(3)个数字为管道材质代号。

从上面可以看到, 一旦知道了管道等级代号, 就可以知道该管线的压力级别和管子材质, 而且从有关的“配管材料”标准里还可以详尽地知道所选用的管件、阀件和其它连接件的规格和特性, 这就显示了国外工艺配管设计的科学性和优越性。

设计等级分类清楚, 配管材料分类详尽, 这种方法既简捷又明瞭。为了使国内设计有所借鉴, 下面归纳了日本型化肥装置中管道等级分类和材料分类标准索引, 以供参考。见表1-2。

表 1-2 等级分类和材料分类标准索引(TEC)

序号	设计使用代号	用于介质	法 兰		温度范围 ℃	配管 材 质
			压力级别 磅/英寸 ²	型 式		
1	A1A	苯菲尔溶液	150	SO-RF	-10~90	STPG38
2	A3A	氨、释放气、天然气、润滑油	150	SO-RF	-10~260	STPG38
3	A4A	苯菲尔溶液 (消除应力)	150	SO-RF	-10~150	STPG38
4	A5A	苯菲尔溶液	150	SO-RF	-10~150	STPG38
5	A6A	苯菲尔溶液	150	SO-RF	-10~150	STPG38
6	A7A	苯菲尔溶液、蒸汽	150	SO-RF	-10~200	STPG38
7	A8	真空排气	150	SO-RF	-10~60	STPG38
8	A3K	尿 素	150	IJ	-10~170	SUS304
9	A4K	尿素 (夹套管)	150	IJ	-10~100	SUS304
10	A5K	CO、苯菲尔溶液、锅炉给水	150	LJ	-10~170	SUS304
11	A6K	锅炉给水	150	LJ	-10~150	SUS304
12	A7K	减速机油、排油	150	SO-RF	-10~100	SUS304

续表

序号	设计使 用代号	用于介质	法 兰		温度范围 ℃	配 管 材 质
			压力级别 磅/英寸 ²	型 式		
13	A1L	尿 素	150	LJ	-10~150	SUS316
14	A1Q	下吹气、氨、合成气	150	SO-RF	-29~160	STPL39
15	A1S	锅炉给水、蒸汽冷凝液、苯 菲尔溶液、氨气、下吹气	150	SO-RF	0~400	SGP STPY41
16	A2S	10 ^k 公用工程、冷却水、锅 炉给水	150	SO-FF	0~80	SGP STPY41
17	A3S	冷却水(地下)	150	SO-FF	0~60	SGP STPG41
18	A4S	夹套管	150	SO-RF	0~260	SGP STPG41
19	A1T	3.5 ^k 蒸汽、蒸汽放空、蒸汽 冷凝液、锅炉吹出	150	SO-RF	-10~410	STPT38
20	A1X	仪表空气、水	150	SO-RF	0~60	SGP/ GALV
21	A8Z	98%硫酸	150	SO-RF	-10~30	STPG38
22	B1A	氨	300	SO-RF	-10~350	STPG38
23	B2A	蒸 汽	300	SO-RF	-10~350	STPG38
24	B5A	苯菲尔溶液、锅炉给水、天 然气	300	SO-RF	-10~300	STPG38
25	B6A	苯菲尔溶液、氨、空气、合 成气、工艺气	300	SO-RF	-10~350	STPG38
26	B7A	润滑油、磷酸钠溶液(防沫 剂)苯菲尔溶液	300	SO-RF	-10~150	STPG38
27	B8A	苯菲尔溶液、工艺气	300	SO-RF	-10~150	STPG38
28	B9A	苯菲尔溶液	300	SO-RF	-10~150	STPG38
29	BXA	苯菲尔溶液	300	SO-RF	-10~150	STPG38
30	B2B	工艺气、放空	300	WN- RIJ	-10~450	STPA- 12
31	B3K	尿 素	300	LJ	-10~100	SUS304
32	B4K	工艺过程、冷凝、工艺气	300	SO-RF	-10~150	SUS304
33	B5K	润滑油	300	SO-RF	-10~100	SUS304
34	B6K	尿素(夹套)	300	LJ	-10~100	SUS304
35	B7K	工艺冷凝液、工艺气	300	SO-RF	-10~100	SUS304
36	B1L	尿 素	300	LJ	-10~120	SUS304
37	B2L	尿 素	300	LJ	-10~210	SUS304
38	B2Q	氨、释放气	300	SO-RF	-29~-10	STPL39
39	B1T	工艺气放空、蒸汽	300	SO-RF	-10~400	STPT38

续表

序号	设计使用代号	用于介质	法 兰		温度范围 ℃	配 管 材 质
			压力级别 磅/英寸 ²	型 式		
40	C1B	工艺气	3 B以下 600 4 B以上 400	WN- RTJ	-10~150	STPA- 12
41	D4A	下吹、氨、润滑油、合成气、 锅炉给水	600	WN- RTJ	-10~180	STPG- 38
42	D2B	天然气、排气、工艺气、空 气	600	WN- RTJ	-10~510	STPA- 12
43	D1C	天然气	600	WN- RTJ	-10~523.8	STPA- 23
44	D1K	密封油管线	600	WN- RTJ	-10~100	SUS304
45	D2K	工艺冷凝液	600	WN- RTJ	-10~150	SUS304
46	D1T	蒸汽、空气、天然气	600	WN- RF	-10~400	STPT38
47	F1C	蒸汽放空	1500	WN- RTJ	-10~500	STPA23
48	F1F	工艺气	1500	WN- RTJ	-10~595	STPA24
49	F1Q	合成气、氨气	1500	WN- RTJ	-29~60	STPL39
50	F1T	锅炉给水、锅炉吹出、磷酸 钠溶液	1500	WN- RTJ	-10~330	STPT42
51	F2T	锅炉给水、锅炉吹出	1500	WN- RTJ	-10~330	STPT42
52	F1U	合成气、化工原料	1500	WN- RTJ	-10~126	STS49
53	G1B	合成气	2500	WN- RTJ	-10~330	STPA12
54	G1K	密封油	2500	WN- RTJ	-10~100	SUS304
55	G1U	合成气、润滑油	2500	WN- RTJ	120~180	STS49
56	M1L	碳酸盐溶液	300K	LJ- DMF	-10~120	SUS316
57	M2L	尿素溶液	300K	LJ- DMF	-10~210	SUS316L
58	M1U	CO ₂ 、氨水	300K	LJ- DMF	-10~150	STS49
59	M1Z	合成气	无法兰		-10~538	STPA26

续表

序号	设计使 用代号	用于介质	法 兰		温度范围 ℃	配 管 材 质
			压力级别 磅/英寸 ²	型 式		
60	W1K	CO、苯菲尔溶液	150	LJ	-10~150	SUS304
61	W1S	空 气	JIS 2K	SO-RF		SS41

在我国，化工和中小型化肥装置的设计和施工已经有几十年的经验，有了一定的规格化，因此可以根据成熟的设计规范编制出适合我国特点的管道等级分类标准和材料标准。诚然，我国的钢材品种比较单一，各种零部件也未纳入标准化生产的轨道，但完全可以根据现有的选材原则和钢材种类，划分材料标准，这是我国工艺配管设计上迫切需要解决的任务。

第三节 标准化和系列化

配管设计的又一显著特点是配管材料从设计到制造实现了标准化和系列化，管子、弯头、三通、异径管、法兰、螺栓、垫片、阀类等均有各种规格的标准产品，这为管道施工机械化和装配化提供了必要的条件。

管子外径系列标准，是管件标准化的基础。从美、日、法等国提供的材料来看，不仅高、中、低压管道的外径一致，而且各国标准的外径日趋统一，趋向于国际 ISO 标准（国际标准化协会）标准。详见下表（表1-3）。

管子不仅外径有统一的标准，而且管壁厚度也有一个统一的系列。目前，世界各国应用较广泛的壁厚系列有SCH 5S（SCH——管子壁厚系列代号，也称管表号）、SCH 10、SCH10S、SCH20、SCH20S、SCH30、SCH40、SCH40S、SCH60、SCH80、SCH80S、SCH100、SCH120、SCH140、SCH160、STD（标准厚度）、XS（加强厚度）、XXS（特加强厚度）等18个等级，其中SCH5S、SCH10S、SCH20S、SCH40S、SCH80S仅适用于不锈钢管。如此规定的壁厚

表 1-3 ISO标准管子外径

(毫米)

公称直径	10	15	20	25	32	40	50	65	80
外 径	17.2	21.3	26.9	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9
公称直径	100	125	150	200	250	300	350	400	450
外 径	114.3	139.7	168.3	219.1	273	323.9	355.6	406.4	457
公称直径	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400
外 径	508	609.6	711.2	812.8	914.4	1016	—	1117.6	1371.6

系列,已能满足化工、化肥装置工艺管道设计中对管壁厚度的要求,这不仅使设计有一个标准,而且在制造、安装过程中也有一个统一的尺寸规格。

管件在外径和壁厚系列上与管子一致,在其它几何尺寸上也符合或接近 ISO标准。例如美、法、日三国制造的定型弯头的弯曲半径为管子公称直径(英制)的 1.5 倍,只在特殊情况下才选用等于管子公称直径的短弯头,这一点恰好是ISO所规定的标准。

在管件的制造工艺上,除少数特殊部件采用锻造结构外,其它高、中、低压管件的结构基本上采用美国ANSI. B16.9标准的规定,即用无缝钢管挤压或压制成型。采用这种管件过渡区圆滑,流体介质不易形成涡流,阻力小,应力分布均匀,在应力区没有焊缝,消除了应力区出现焊接缺陷的隐患。因此,受力较好,结构合理。

阀门、法兰和其它连接件在规格上也有统一的标准,在“配管材料”一章中可以明显看到这一特点。

第四节 规范和标准

为了满足施工的需要,各国承包公司均为各自承建装置提供了有关工艺配管设计、选材、安装、焊接、检验、试压、吹扫和化学

清洗等规范和标准，内容详尽，规定明确，使施工做到有章可循。

各承包公司提供的规范和标准，大都以ANSI. B 标准为蓝本，或直接引用，或结合各自承包工程的特殊要求作一些补充修改。ANSI. B系美国国家标准协会B类标准，是一套综合性的配管标准。其中B36是钢管标准，对各类钢管的制造工艺、用途、外径、壁厚及检验要求作了明确的规定。B16是阀门和管件标准，详细给出了各种不同压力级别下管件、阀门、法兰、垫片等的规格，是世界各国普遍选用的标准。B31是配管设计和施工规范，内容包括动力系统管道、燃料气管道、石油输送管道、致冷管道和核动力管道。其中B31.3“化工厂和石油炼厂管道”是乙烯和化肥装置直接引用的规范，它就配管设计、材料选用、管道预制和安装、焊接、热处理、检验和压力试验等方面均作了详尽的论述，是一本质量很高的设计和施工规范。ANSI 标准反映了国际上配管工程的先进水平，它每年再版一次，不断修订、不断更新、不断充实，因此这一标准一直得到各国的重视。

ASTM 是美国材料和试验协会标准，其任务是负责研究工业用材料的性质和它的标准化，制定技术条件和试验方法。ASTM 标准可分为A、B、C、D、E、F、G七大类，其中A类为黑色金属标准。乙烯和化肥装置中的配管材料，包括管子、管件、法兰和紧固件等大多选用 ASTM. A 类标准或以它为蓝本。该标准被世界各国普遍采用。

JIS 是日本工业标准，由日本东洋工程公司承包的乙烯和化肥装置，钢管就是选用JIS标准。JIS与ANSI或ASTM都有一一对应的关系。

第五节 图 纸

目前，国外配管设计有两种供图方式，一种是综合配管图，一种是模型加空视图。在引进的乙烯和化肥装置中，美、日型属于前者，法型则是这两种供图方式的综合。下面将着重介绍一下带控制点的流程图、平面配管图和空视图的一些特点。