

■ 中等职业学校教材

煤 气

输配管道及设备

MEIQI SHUPEI GUANDAO JI SHEBEI

田永淑 朱 靖 刘永新 编
梁英华 主审



化学工业出版社

中等职业学校教材

煤气输配管道及设备

田永淑 朱 靖 刘永新 编
梁英华 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书针对冶金联合企业的煤气与使用,系统地论述了焦炉煤气及副产高炉煤气、转炉煤气的管道输送、煤气的储存、煤气平衡、煤气混合与压送、管道和煤气柜的腐蚀与防护等内容。

本书可作为中等职业学校燃气输配、动力专业的教材,也可供冶金企业从事能源、焦化、气化及运行管理等有关部门的工程技术人员参考,也可作为工矿企业从事相关工作的工人培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

煤气输配管道及设备/田永淑,朱靖,刘永新编. —北京:化学工业出版社,2007.7

中等职业学校教材

ISBN 978-7-122-00820-6

I. 煤… II. ①田…②朱…③刘… III. 煤气管道—专业学校教材 IV. TU996.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第103027号

责任编辑:张双进

文字编辑:项 激

责任校对:陶燕华

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张6 $\frac{1}{4}$ 字数172千字

2007年8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:11.00元

版权所有 违者必究

前 言

本书针对冶金联合企业焦炉煤气、高炉煤气及转炉煤气输配与使用,系统地论述了焦炉煤气及副产高炉煤气和转炉煤气的管道输送、贮存、煤气供需平衡、煤气计量、煤气混合与压送、煤气管道和煤气柜的腐蚀与防护等内容,本书可作为中等职业学校燃气输配、动力专业师生教材,也可作为冶金企业从事能源、焦化、气化及煤气运行管理等有关部门的工程技术人员参考,以及工矿企业从事相关工作的工人培训教材。

本书由河北理工大学田永淑、朱靖、刘永新编写。第一、三章由朱靖编写,田永淑编写第二、四、五章并担任全书的修改工作。刘永新为本书的编写做了大量的文献收集和整理工作。河北理工大学梁英华教授担任主审。

本书的编写得到了河北理工大学有关领导、化工系的老师及同行的支持与帮助,在此向他们表示谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2007年3月

目 录

第一章 煤气管道	1
第一节 煤气管道与煤气管网	1
一、煤气管道及其分类	1
二、煤气管网及其分类	4
三、煤气管网有关参数的选择	7
四、工业企业对煤气管道的基本要求	11
五、煤气管网的安装、试验和验收	12
第二节 管材及管道的连接	16
一、管材	16
二、煤气管道的连接方法	19
第三节 管道附属设备	22
一、管道支架	22
二、阀门	27
三、水封	31
四、煤气管道的吹刷装置	33
五、煤气管道线胀处理装置	34
六、煤气管道的其他附属设施	41
七、煤气管道附属设备的修理	44
第四节 煤气管网的操作、维护和检修	45
一、管网操作	45
二、管网维护	48
三、煤气管道的检修	50
第二章 煤气柜	55
第一节 煤气柜的作用及分类	55
一、设置煤气柜的作用	55
二、煤气柜的分类	55

三、煤气柜容量的确定	58
第二节 低压湿式煤气柜	60
一、直立柜	60
二、螺旋柜	63
三、低压湿式煤气柜存在的主要问题	64
第三节 干式煤气柜	64
一、稀油密封式 (MAN 型) 煤气柜	64
二、干油密封式 (KLONEEN 型) 煤气柜	66
三、布帘式 (WIGGINS 型) 煤气柜	67
四、新型干式煤气柜 (POC)	68
五、煤气柜的选择	70
第四节 常用煤气柜的操作与检修	70
一、煤气柜的大修	70
二、气密性试验	71
三、其他常见问题	72
四、煤气柜的运行管理	75
第三章 煤气供需平衡与计量	77
第一节 冶金企业的煤气使用	77
一、冶金企业对煤气特性的要求	77
二、冶金企业主要煤气用户及特点	78
第二节 煤气供需平衡	84
一、煤气需求量的波动	84
二、煤气平衡	88
三、煤气平衡措施	95
第三节 煤气管理	97
一、煤气管理机构及其职责	97
二、煤气管理的具体方法	98
第四节 煤气的计量	99
一、容积式流量计	99
二、速度式流量计	102
三、差压式流量计	106
四、临界流流量计	106
五、电磁流量计	107

六、超声波流量计	108
第四章 煤气的混合与加压	109
第一节 煤气混合与加压的配置方式	109
一、先混合后加压	109
二、先加压后混合	110
三、单独混合或单独加压	111
第二节 煤气混合站	113
一、混合煤气的发热量与混合比计算	113
二、煤气混合器的结构形式	117
三、煤气混合调节原理和调节系统	118
四、煤气混合站的工艺要求及有关参数	123
五、混合站的操作与检修	125
第三节 煤气加压站	129
一、煤气加压站的布置	129
二、加压站的工艺管道以及附属设备	131
第四节 煤气的压送	132
一、压缩机的类型	132
二、常用压缩机	134
三、压缩机室	145
四、煤气站压缩机能力的核算	148
五、离心风机的运行、维护及常见故障处理	149
第五章 煤气输配系统的腐蚀与防护	154
第一节 煤气管道腐蚀的基本原理	154
一、管道腐蚀分类	154
二、煤气管道腐蚀的原因	155
三、煤气管道的大气腐蚀	156
四、地下煤气管道的土壤腐蚀	160
第二节 煤气输配管道腐蚀的防护措施	164
一、常用管道防腐方法	164
二、管道涂覆防腐技术	165
三、钢质管道阴极保护	177
第三节 煤气输配系统腐蚀实例	179

一、煤气管道腐蚀案例分析	179
二、焦炉煤气管道腐蚀案例分析	182
三、煤气管道阴极保护案例分析	185
第四节 煤气柜的腐蚀及防护	186
一、煤气柜的腐蚀原因	187
二、防腐蚀涂料选择及配套体系	188
参考文献	191

第一章 煤 气 管 道

第一节 煤气管道与煤气管网

煤气管道是冶金企业用来输送煤气的基本手段。冶金行业的煤气输送包括炼焦制气厂的焦炉煤气和钢铁冶炼过程副产的高炉煤气和转炉煤气。由于煤气的危险性和生产的多变性,煤气管道本身受力的复杂性也有别于一般结构体,使冶金企业煤气管道输送形成了独特的结构和工艺方式。

一、煤气管道及其分类

煤气管道可根据用途、敷设方式和输送煤气压力等进行分类。

1. 根据用途分类

(1) 长距离输气管线 其干管和支管的末端连接城市或工矿企业,作为该供应区的气源点。

(2) 城市燃气管道 在供气地区将煤气分配给工业企业用户、公共建筑用户和居民用户。包括煤气分配管、用户引入管和室内燃气管道等。

(3) 工业企业输气管道

① 工厂引入管和厂区煤气管道。将煤气由煤气加压站引入工厂,分送到各用气车间。

② 车间煤气管道。从车间的管道引入口将煤气送到车间内各用气设备(如窑炉)。车间煤气管道包括干管和支管。

③ 炉前燃气管道。从支管将煤气分送给炉上各燃烧设备。

2. 根据敷设方式分类

(1) 地下煤气管道 厂区煤气管道埋地敷设时,应与建筑物或道路平行,宜设在人行道或绿化带内,不得通过堆积易燃易爆材料

和有腐蚀物的场地。埋地管道应设在土壤冻结线以下地层，其管顶敷土深度不得小于 0.7m。管道不得在地下穿越建筑物或构筑物，不得敷设有轨电车的轨道之下。为保证安全及管道安装维修方便，要求煤气管道与各种其他管道、建筑物有一定间距，最小净距应符合有关标准规定。

(2) 架空煤气管道 管道通过障碍或工厂区，为了管理维修方便，管道常采用架空敷设。架空敷设的煤气管道应尽量平行于道路或建筑物，系统应简单明显，以便于安装和维修。架空敷设的管道不允许穿越爆炸危险品生产车间、仓库、变电所、通风间等建筑物，以免发生意外事故。管道由专用管架支撑。根据管架高度不同可分为以下几种。

① 高架管道。管道下部净空能满足车辆通行的需要（包括电机车的架空线、大件运输汽车、液态金属车和熔渣车等）。

② 低架管道。管道下部空间不能通行的架空管道。

③ 墙架管道。采用牛腿管架沿墙敷设的管道。

④ 枕架管道。在地面或房顶用管枕支架的管道。

工矿企业由于厂区地下埋设的上、下水道、管沟、电缆和构筑物较多，煤气输送管网基本上由架空煤气管道构成。架空煤气管道损坏时检修方便，泄漏煤气时容易发现，一旦发生煤气泄漏，因为通风良好，危害程度较轻；且管道架空敷设比在地下受电化学腐蚀危害小，管道防腐处理简单。在厂区地面公路、铁路和建筑物（构筑物）密集的情况下，架空管道较之地下煤气管道更便于施工建设，节省投资，受钢铁企业各种地面作业危害的机会相对较少。

3. 根据输送煤气压力分类

煤气管道之所以要按输送煤气压力来分类，是因为煤气管道的气密性与其他管道相比有特别严格的要求，管道漏气可能导致火灾、爆炸、中毒或其他事故。煤气管道中压力越高，管道接头脱开和管道本身出现裂缝的可能性和危险性也越大。当管道内煤气压力不同时，对管道材质、安装质量、检验标准和运行管理的要求也不同，按不同燃气种类可分类如下。

(1) 天然气 中国输气干线的划分如下。

高压管道: $p > 4 \text{ MPa}$;

中压管道: $1.6 \text{ MPa} < p \leq 4 \text{ MPa}$;

低压管道: $p \leq 1.6 \text{ MPa}$ 。

(2) 副产气 钢铁企业副产气的压力分级没有明确规定。按照设备试验压力规定: 高压管道 $p \geq 0.1 \text{ MPa}$, 低压管道 $p \leq 0.005 \text{ MPa}$, 两者之间为中压管道。但是煤气供应上习惯划分为: 高压管道 $p \geq 0.1 \text{ MPa}$, 低压管道 $p \leq 0.002 \text{ MPa}$, 其间为中压管道。

(3) 生活用气 根据中国《城市燃气设计规范》(GB 50023—93) (2002 年修订版) 的规定, 城镇燃气管道按照输气压力分为四种 (高压、次高压、中压、低压) 七级 (高压 A、B, 次高压 A、B, 中压 A、B, 低压), 具体分级见表 1-1。

表 1-1 城镇燃气设计压力 (表压) 分级

名 称		压力/MPa	名 称		压力/MPa
高压燃气管道	A	$2.5 < p \leq 4.0$	中压燃气管道	A	$0.2 < p \leq 0.4$
	B	$1.6 < p \leq 2.5$		B	$0.01 \leq p \leq 0.2$
次高压燃气管道	A	$0.8 < p \leq 1.6$	低压燃气管道	$p < 0.01$	
	B	$0.4 < p \leq 0.8$			

按照介质压力对煤气管道分类, 在很大程度上是考虑煤气管道阀门等附属设备使用工作压力的范围, 在选型时能匹配标准并适合相应的规范要求。

4. 按管道功能分类

在将煤气通过输气系统送往各用户之前, 需要将炼焦制气厂的焦炉煤气及高炉、转炉煤气收集起来, 并经净化、加压等工序, 在各个过程都需要通过管道和设备来完成。按管道在完成煤气输送过程中的功能不同可分为如下几种。

(1) 集气主管 将若干气源汇集的管道, 如图 1-1 所示。

炼焦炉汇集各炭化室煤气的焦炉气主管、各高炉产生的高炉煤气的汇集管道和净煤气的汇集管道均属此类。

(2) 分配主管 供给两个以上用户的输气管道, 如图 1-2 所示。

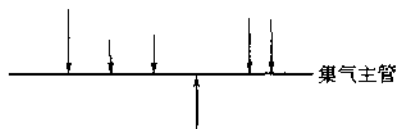


图 1-1 集气主管

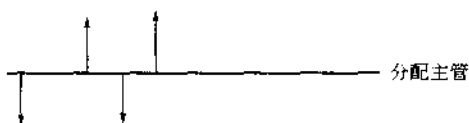


图 1-2 分配主管

- (3) 输气主管 公用输气的主干管道。
- (4) 用户主管 为特定用户供气的主管道。
- (5) 支管 直供煤气用户设备的管道。
- (6) 联络管 能连通两条煤气管道的管道。
- (7) 回返管 煤气加压站加压机前、后两管道的联络管。
- (8) 上升管 管内气流由下而上的竖管。
- (9) 下降管 管内气流由上而下的竖管。
- (10) 吸气管 管内介质压力正常使用中低于大气压力的输气管道。
- (11) 放散管 煤气放入大气的连通管段。
- (12) 引火管 提供火源的煤气小管。
- (13) 导管 传递煤气参数变化信息的小管。
- (14) 取样管 用来采集煤气用于化学检验的小管。
- (15) 检查管 为检查煤气管内情况而专门设置的小管。

二、煤气管网及其分类

同一气源的若干煤气用户主管连接成的互相关联的统一供气体系，称为管网。各种气源的供气管网组成企业的供气系统。各供气管网是相对独立的体系，但是彼此间又有一定的联系。管网构成的形式决定于整个企业的布局和发展考虑，它关系到企业各部门的供气可靠性、资源利用的合理性和企业发展的可能性。这就与单一煤气管道只顾及本身能力、操作和安全等因素大不相同，它着眼于宏

观效果，必须从企业全局进行综合处理，要保证安全、可靠地供给各类用户以正常压力和足够数量的燃气。布置煤气管网首先要满足使用上的要求，同时要尽量缩短管线，以节省金属用量和投资费用。常用煤气管网有以下类型。

1. 树枝型煤气管网

树枝型煤气管网（见图 1-3）是最常见、应用最普遍的管网类型，它是由一条分配主管如树干分枝一样，按用户位置前后分别接通用户主管，同时随煤气流量减少，分配主管逐渐缩小管径。

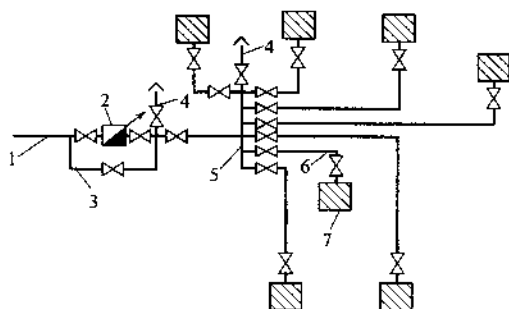


图 1-3 树枝型煤气管网

- 1—煤气源；2—流量计；3—旁通管；4—放散管；
5—主管；6—支管；7—用户点

树枝型煤气管网的分配主管一般随两侧用户的最短距离沿公路敷设，通常架设在路北方或路东方以免影响路面光照。树枝型煤气管网结构简单、操作方便、投资节省，故获得普遍采用。但是，供气工况发生变化，特别是煤气使用量超过设计水平或煤气压力低于设计指标时，就不能保证所有用户的供气要求，而受影响最大的就是末端煤气用户。因此，树枝型煤气管网的供气可靠程度是按煤气流量前后来排列的，此类型煤气管网在煤气供应上首先限制了末端用户的发展。要满足末端用户的要求，势必要增大主干线的设计富裕量。其次，主干线需要停气作业时牵涉所有用户，相关因素多，给工作安排带来很大困难，因而难于实现。

由于树枝型煤气管网有以上优缺点，因而，目前在钢铁企业里

主要用于可以间断生产的煤气用户区。

2. 辐射型煤气管网

辐射型煤气管网（见图 1-4）的特点是分配主管短而粗，不随用户数设，而是作为各用户主管的集中引入始端。这种管网的组成形式常见于多座高炉的煤气净化区和多用户的煤气加压站。

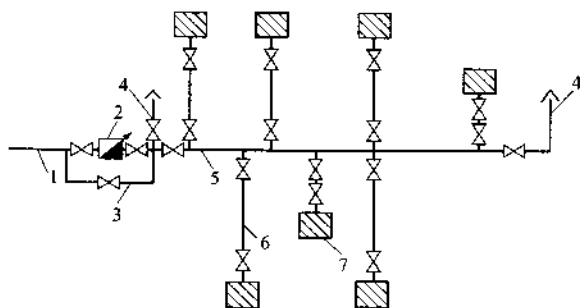


图 1-4 辐射型煤气管网

1—煤气源；2—流量计；3—旁通管；4—放散管；
5—主管；6—支管；7—用气点

辐射型煤气管网使各用户煤气主管彼此很少干扰，供应上同等地得到保证，停气检修也易于实现；而且由于集中操作，因而便于控制管理，这是它的优点。但是，这种类型管网的管线敷设量大而且集中，造成线路多、支架庞大，使空间阻塞，投资也较多。分配主管虽然较短，但要停气抢修几乎是不可能，这就成为维修的薄弱环节。综合以上优缺点，从保证煤气供应和生产管理上看，这种类型的管网在一定情况下，还是必需采用的。

3. 环型煤气管网

环型煤气管网由一些封闭成环的管道组成，其特点是煤气分配主管构成无端点的闭环路，任何一个节点均可由两向或多向供气。只有距离气源的远点，不存在供气管道的末端，如图 1-5 所示。

环型煤气管网的优点是远点煤气用户受近点用户供气的影响大为减少，实现了供气的全面保证。任何管段停气作业均不致造成大面积停产；分配管构成环状，无异于两路供气，有利于安全生产和

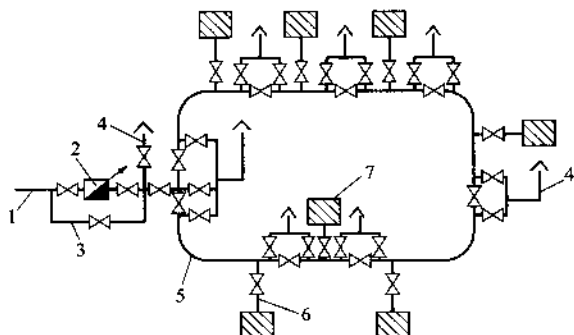


图 1-5 环型煤气管网

1—煤气源；2—流量计；3—旁通管；4—放散管；
5—主管；6—支管；7—用气点

企业发展的需要，同时具有供气调节的灵活性。显然，管线增长使投资加大是缺点。

环型煤气管网通常用于炉组较多、热工要求严格，又需要不间断生产的用户，如炼焦车间、大型平炉车间（使用煤气熔炼的）以及企业供气的主干线。从生产安全的角度考虑采用环型煤气管网是必要的。

4. 双管型煤气管网

双管型煤气管网是两条煤气分配主管，双路同时保证各用户供应煤气的结构形式，如图 1-6 所示。实质上，双管型煤气管网是双重的树枝型管网，如果末端连通则变成重叠式的环型煤气管网。因此，双管型煤气管网较环型煤气管网投资少，场地空间占用相对少，同时具有抢修时不间断供气 and 用户相互干扰较少等优点。钢铁企业里，如果厂区狭窄，敷设管线的地面受限制，用双管型煤气管网来保证炼焦车间、大型平炉车间的连续生产无疑是可行的。

三、煤气管网有关参数的选择

1. 煤气管道流速的选择

煤气管道内的设计流速选择取决于以下三个条件。

- ① 保证设计的计算流量；
- ② 满足最远点煤气用户的煤气压力；

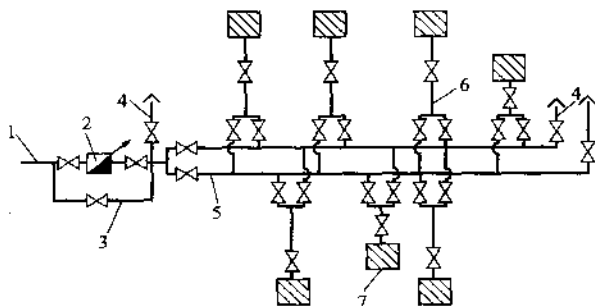


图 1-6 双管型煤气管网

- 1—煤气源；2—流量计；3—旁通管；4—放散管；
5—主干管；6—支管；7—用气点

③ 选取考虑了发展需要的最小管径，以节约工程投资。

显然，③是对①和②的制约，但是，①和②是基本的因素，必须保证，否则将毫无意义。当输送煤气的能力一定时，管径的大小直接影响经济效果。管径小，介质流速大，管道压力降大，从而增加了煤气输送设备的独立操作费用；反之，增大管径，虽然动力费用减小，但管道的建造费用增加。一般煤气管道设计时选择流速最高都不超过 20m/s，最低流速不得小于 5m/s。一般管道煤气流速可参考表 1-2 选取。

表 1-2 管道煤气参考流速

管径/mm	φ200~ 400	φ500~ 800	φ900~ 1200	φ1300~ 1500	φ1600~ 2000	>φ2000
流速/m·s ⁻¹						
高炉气	4~6	6~10	9~12	11~14	12~16	>14
焦炉气	4~6	4~6	4~6	4~6	4~6	

2. 煤气管道壁厚的确定

冶金工厂煤气管道的外径与内径的比值 (D/d) 一般不超过 1.1~1.2 的范围，属于薄壁金属容器，而且多数情况下径壁比 (R/δ) 不低于 100，因此按薄壁强度理论分析的强度条件能满足煤气管道管壁强度计算的要求。

(1) 受均布内压的燃气管道 (介质压力 $\geq$ 大气压) 的受力分析

① 煤气管道的管壁受力分析。煤气管道处于正压时, 在管壁上产生的环向应力和轴向应力均为拉应力, 由于煤气管道压力不高, 可按薄膜应力理论分析管壁承压时产生的两向应力。如图 1-7 所示, 管道受均匀内压时, 管壁所受轴向应力 σ_m 、环向应力 σ_θ 按下式计算:

$$\sigma_\theta = \frac{pD}{2\delta} \left(\text{或} \frac{pR}{\delta} \right) \quad (1-1)$$

$$\sigma_m = \frac{pD}{4\delta} \left(\text{或} \frac{pR}{2\delta} \right) \quad (1-2)$$

式中 p ——管道内煤气压力 (表压), MPa;

D ——管道平均直径, mm;

R ——管道平均半径, mm;

δ ——管道有效壁厚, mm。

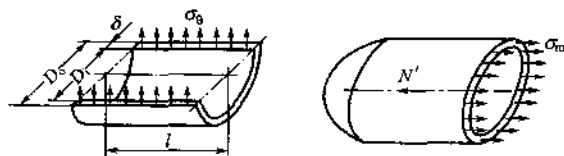


图 1-7 煤气管道管壁上的薄膜应力

管道壁厚计算式为

$$\delta = \frac{pD}{2[\sigma]\phi} \quad (1-3)$$

式中 $[\sigma]$ ——许用应力;

ϕ ——焊缝系数, 其值为 0.8~1, 由焊接形式及探伤情况而定。

其他参数意义同上。

② 煤气管道端封头或盲板受力分析。煤气管道的端封头和盲板一般采用平板, 当承受煤气压力时, 平板上产生两向弯曲应力, 应力的大小及最大应力所处位置与平板边缘与管道连接形式有关。

当管壁与平板形封头采用焊接连接时, 可看成周边固定、承受均布载荷的圆平板, 最大应力出现在平板的四周, 材料为碳钢时, 其值为