



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

流体输配管网 (第三版)

付祥钊 肖益民 主编
茅清希 主审

中国建筑工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

流体输配管网

(第三版)

付祥钊 肖益民 主编
付祥钊 王岳人 王元 梁栋 肖益民 编
茅清希 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

流体输配管网/付祥钊, 肖益民主编. —3 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2009
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高校建筑
环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材
ISBN 978-7-112-11550-1

I. 流… II. ①付… ②肖… III. 房屋建筑设备—流
体输送—管网—高等学校—教材 IV. TU81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 204516 号

本书是在建筑环境与设备工程专业指导委员会组织与指导下, 为该专业“流体输配管网”课程编写的教材。本书第二版为普通高等教育“十五”国家级规划教材, 第三版为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书系统地阐述了通风空调、采暖供热、城市燃气、建筑给水排水、工厂动力和消防工程等所采用的各种流体输配管网的基本原理和工程计算分析方法。本书第三版总结了编者和各高校使用第一版和第二版的教学经验和教学研究成果, 紧跟科技和工程实践的进展, 进一步提炼了各种流体输配管网的共性原理和工程分析方法, 加强了管网的动力源匹配与调节方面的内容。同时进一步改进了文字表述的准确性和清晰性。

全书共分 8 章, 各章内容为: 第 1 章 流体输配管网的功能与类型; 第 2 章至第 4 章气、液、多相流管网水力特征与水力计算; 第 5 章 泵与风机的理论基础; 第 6 章 泵、风机与管网系统的匹配; 第 7 章 枝状管网水力工况分析与调节; 第 8 章 环状管网水力计算与水力工况分析。书后所附光盘是供教学用的环状管网水力计算与水力工况分析软件。

除作为教材外, 本书还可供公用设备工程师和其他相关工程技术人员学习参考。

责任编辑: 齐庆梅
责任设计: 赵明霞
责任校对: 陈 波 兰曼利

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

流体输配管网

(第三版)

付祥钊 肖益民 主编

付祥钊 王岳人 王元 梁栋 肖益民 编

茅清希 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21 $\frac{3}{4}$ 字数: 527 千字

2010 年 2 月第三版 2010 年 2 月第十五次印刷

定价: 45.00 元(含光盘)

ISBN 978-7-112-11550-1

(18803)

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)

前 言

2005年7月，本教材第二版出版发行，至今已有4年了。

这4年，国家在节能减排方面采取了更加有力的措施，国际上的呼声也阵阵高涨。随着国内外节能工作的逐渐深入，流体输配管网在能源保障和能源消耗方面的重要贡献成为工程界的共识。随着主机和末端在工厂的系列化生产，公用设备工程的设计、施工、调试及运行管理的工作量和难度越来越集中到流体输配管网上，流体输配管网性能成为公用设备工程节能的关键。节能减排要求公用设备工程技术人员更深入地认识流体输配管网的基本原理，研发和掌握新的流体输配管网的设计、施工、调试和运行技术。本教材（第三版）力求满足工程界的这一新需求。工程实践中发现，本专业一些毕业生对流体输配管网的功能缺乏认识和理解，不作功能需求分析就生搬硬套地确定管网类型、装置和关键技术参数，为此，本教材将第1章由原第一、二版中的“流体输配管网类型与装置”改为“流体输配管网的功能与类型”，帮助学生理解类型、装置等是由功能需求决定的。

这4年，围绕建筑环境与设备工程专业的教学改革继续深入，不断取得成果。各校逐渐形成有自己特色的课程体系和培养计划。本教材丰富的内容和清晰的层次为适应不同类型的课程安排提供了可能。若在暖通空调等专业课之前讲授流体输配管网，又受学时和学生接受能力的限制，可重点选用本教材的第1~6章和第7章的第7.1、7.4、7.5节，着重学习流体输配管网的功能、基本类型、水力特征与水力计算、匹配和调节的基本原理和基本方法等内容；若在专业课之后讲授流体输配管网，则可略去第1章，选用第2~8章，在把握好基本原理和基本方法的同时，更加深入学习流体输配管网的水力工况分析和调节。编者仍然推荐在建筑环境与设备工程概论课程之后结合认识实习，指导学生自学第1章，在专业课之前教学第2~8章。

第三版的编写分工与第二版相同。付祥钊、肖益民完成了全书统稿工作。

编者希望使用第三版教材的师生和工程技术人员，随时提出批评和改进意见，慷慨贡献教学和工程经验，以利于本教材的不断完善与提高。

谨此再次感谢本教材的编审和出版工作人员。

第二版前言

自本教材第一版发行以来，已经在4届本科生中使用。各高校“流体输配管网”的任课教师和学生通过教学实践，对本教材的改进提供了许多宝贵的意见和建议。

建筑环境与设备工程学科专业指导委员会对本教材一直给予了高度的重视，将其推荐成为普通高等教育“十五”国家级规划教材，并多次对第二版的编写提出了“提炼共性”的指导性意见。在2004年全国高校建筑环境与设备工程专业教学研讨会的总结报告中，指导委员会主任彦启森先生指明：《流体输配管网》要重视“匹配与调节”。

2002、2004年连续两届全国暖通空调制冷学术年会表现了工程界对流体输配管网理论和工程技术，尤其是“管网动力匹配与调节”的关注，也显露出学校专业教学在这些方面的不足。

编者非常珍视上述的一切，结合自己的教学研究与实践，在第一版的基础上，调整体系，充实内容，改进文字表述。在流体输配管网的功能与组成、分类、管网之间的连接、管网水力特征与水力计算、泵（风机）与管网的匹配、管网水力工况分析与调节等方面努力提炼出共性。将各种管网归纳成开式与闭式、枝状与环状两大分类。通过引入虚拟管道和虚拟闭合的概念，将各种枝状管网统一为闭式枝状管网，建立了通用的枝状管网水力计算方法和水力工况分析与调节方法；通过建立环路共用管路和独用管路的概念，区别压损平衡和阻力平衡；将重力循环管网与机械循环管网的水力计算与水力特征分析方法融会贯通，通过第5、6、7章中前后呼应地强调相似工况的概念和应用，澄清管网运行调节中对泵、风机性能参数变化和能耗变化的模糊认识。在第6、7章深入研究了枝状管网的基础上，第8章以图论为基础，计算机为手段，分析研究了环状管网的匹配与调节。

教材在提炼各种管网的基本原理和基本方法的同时，并未忽视各种管网的特性。清晰地了解气、液、多相流三大类管网不同的水力特征，是流体输配管网工程成功的关键之一。

教材特别指出泵与风机的运行工况、调节阀的调节特性都要受管网或管路特性的影响，要重视掌握泵、风机性能与管网特性的匹配方法以及调节阀的性能与管路特性的匹配方法。

第二版内容比第一版丰富。但不少内容学生自己能看懂，教材上的内容并不需要在课堂上一一讲解。

流体输配管网是各种公用设备工程中形成和发展起来的通用理论与技术，脱离通风空调、采暖供热、城市燃气、建筑给水排水、工厂动力和消防工程等这些具体的工程实际，是讲不好、也做不好的。虽然学生尚未学习专业课，但应该引导他们联系工程实际。作为授课教师则至少必须了解上述工程实际。为此在参考文献中列出了相应参考书。

后续各门专业课教材中，大多编写了管网水力计算、水力工况分析、泵与风机选用等内容。这有利于专业课教材内容体系的完整性。但是，在学了“流体输配管网”课程后，

这些内容没有必要在课堂上再一一讲授，可由学生结合《流体输配管网》自己看。为了让学生掌握和应用好流体输配管网的理论和方法，教师还必须做的工作是，在课程设计、综合课程设计或毕业设计中指导学生遵照工程设计规范，借助设计手册，应用所学流体输配管网理论和方法，计算分析具体的工程，优化管网的设计和调节方案。

第二版除主编、主审和各章编写分工与第一版相同外，重庆大学肖益民和主编一起在调整本教材体系、充实内容等方面作了大量工作，并编写了第 7.3、7.5、8.3 和 8.4 节，各章习题，还编制了供教学用的环状管网水力计算与水力工况分析软件。

由于编者的学识和经验有限，第二版仍会存在不足，恳请读者批评指正，以利以后编写更好的第三版。

第一版前言

“流体输配管网”是建筑环境与设备工程专业的一门主干课程。它专门讲述公用设备工程中各种流体输配管网的工作原理和计算分析方法，以及流体输配管网的动力源——泵与风机的基础理论和选用方法。

本书是在建筑环境与设备工程专业学科指导委员会组织和指导下，为“流体输配管网”课程编写的教材。许多教师为本教材的编写提供了宝贵的意见和建议。《流体力学泵与风机》、《空气调节》、《燃气输配》、《供热工程》、《工业通风》、《锅炉及锅炉房设备》、《建筑给水排水》、《建筑消防工程》、《工厂动力工程》等课程的教材是编写本教材的主要参考文献，其教学实践是本教材内容体系得以形成的基本条件。在此一并表示真诚的敬意和衷心的感谢。

本书由重庆大学付祥钊主编，同济大学茅清希主审。各章编写分工如下：

重庆大学付祥钊编写第1~4章；

沈阳建筑大学王岳人编写第6、7章；

西安建筑科技大学王元编写第5章；

广州大学梁栋编写第8章。

编者的学识和经验有限，在贯彻建筑环境与设备工程专业学科指导委员会精神、融汇理论、采纳各种经验和意见等方面，难免有偏差。恳请大家（包括学生们）对本教材的缺点错误予以斧正。

目 录

第 1 章 流体输配管网的功能与类型	1
1.1 气体输配管网的功能与类型	1
1.2 液体输配管网的功能与类型	10
1.3 相变流或多相流管网的功能与类型	29
1.4 流体输配管网的基本功能、基本组成与基本类型	39
思考题与习题	43
第 2 章 气体管网水力特征与水力计算	45
2.1 气体管流水力特征	45
2.2 流体输配管网水力计算的基本原理和方法	47
2.3 气体输配管网水力计算	52
思考题与习题	72
第 3 章 液体管网水力特征与水力计算	75
3.1 闭式液体管网水力特征与水力计算	75
3.2 开式液体管网水力特征与水力计算	96
思考题与习题	101
第 4 章 多相流管网水力特征与水力计算	103
4.1 液气两相流管网水力特征与水力计算	103
4.2 汽液两相流管网水力特征与水力计算	116
4.3 气固两相流管网水力特征与水力计算	130
4.4 枝状管网水力共性与水力计算通用方法	140
思考题与习题	144
第 5 章 泵与风机的理论基础	146
5.1 离心式泵与风机的基本结构	146
5.2 离心式泵与风机的工作原理及性能参数	150
5.3 离心式泵与风机的基本方程——欧拉方程	151
5.4 泵与风机的损失与效率	156
5.5 性能曲线及叶型对性能的影响	161
5.6 相似律与比转数	167
5.7 其他常用泵与风机	175
思考题与习题	183
第 6 章 泵、风机与管网系统的匹配	186
6.1 泵、风机在管网系统中的工作状态点	186
6.2 泵、风机的工况调节	196

6.3	泵、风机的安装位置	203
6.4	泵、风机的选用	212
	思考题与习题	221
第7章	枝状管网水力工况分析与调节	224
7.1	管网系统压力分布	224
7.2	调节阀的节流原理与流量特性	240
7.3	调节阀的选择	249
7.4	管网系统水力工况分析	257
7.5	管网系统水力平衡调节	267
	思考题与习题	281
第8章	环状管网水力计算与水力工况分析	284
8.1	管网图及其矩阵表示	284
8.2	恒定流管网特性方程组及其求解方法	294
8.3	环状管网的水力计算	305
8.4	环状管网的水力工况分析与调节	315
8.5	角联管网的流动稳定性及其判别式	322
	思考题与习题	324
附录	局部阻力系数表	326
	参考文献	337

第 1 章 流体输配管网的功能与类型

许多公用设备工程，如通风空调、采暖供热、燃气供应、建筑给水排水等工程，需要将流体输送并分配到各相关设备或空间，或者从各接受点将流体收集起来输送到指定点。承担这一功能的管网系统称为流体输配管网，它包括管道、动力装置、调节装置、末端装置及保证管网正常工作的其他附属装置。各类工程的流体输配管网有不同类型，装置及系统布置各有不同。本章先从认识、了解各类工程的流体输配管网的功能与类型开始，逐步深入地研究流体输配管网。

1.1 气体输配管网的功能与类型

1.1.1 通风空调工程空气输配管网

1.1.1.1 通风空调工程空气输配管网的功能与类型

通风工程的主要任务是控制室内空气污染物，保证良好的室内空气品质，保护大气环境。通风工程能通过室内外空气交换，排除室内的污染空气，将清洁的空气送入室内，使室内空气污染物浓度符合卫生标准，满足生产工艺和人员生活的要求。室内外空气交换主要由空气输配管网——风管系统承担。

通风工程的风管系统分为两类：排风系统和送风系统。

排风系统的基本功能是排除室内的污染空气。如图 1-1-1 所示，在排风机 4 的动力作用下，排风罩（或排风口）1 将室内污染空气吸入，经管道 2 送入净化设备 3，经净化处理达到规定的排放标准后，通过风帽 5 排到室外大气中。

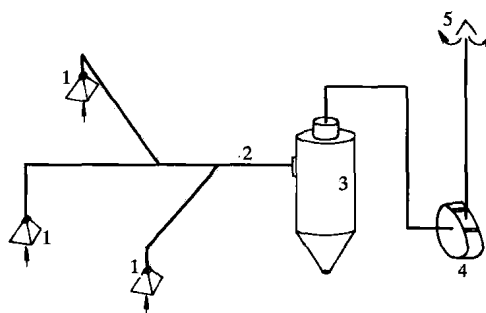


图 1-1-1 排风系统

1—排风罩；2—风管；3—净化设备；
4—排风机；5—风帽

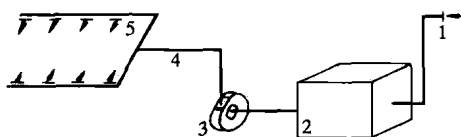


图 1-1-2 送风系统

1—新风口；2—进气处理设备；3—送风机；
4—风管；5—送风口

送风系统的基本功能是将清洁空气送入室内。如图 1-1-2 所示，在送风机 3 的动力作用下，室外空气进入新风口 1，经进气处理设备 2 处理达到卫生或工艺要求后，由风管 4 输送并分配到各送风口 5，由送风口送入室内。

空调工程除了承担通风工程的主要任务外，还增加了新的任务，即不论室外气象条件

怎样变化，都要维持室内热环境的舒适性，或使室内热环境满足生产工艺的要求。因此空调系统具有两个基本功能，控制室内空气污染物浓度和热环境质量。在技术上，可由两个系统分别承担：一个是控制室内污染物浓度的新风（清洁的室外空气）系统，即通风工程中的送风系统；另一个是控制室内热环境的系统，例如降温采暖的冷热风系统。技术上也可由送风系统同时承担控制室内空气污染物浓度和热环境质量两个任务。这时需要综合考虑控制室内空气污染物浓度和热环境质量的要求，合理确定送风量。通常控制热环境质量的送风量大大超过控制室内空气污染物浓度所要求的通风换气量。而在室外气象条件恶劣时，如冬、夏季节，处理新风要消耗大量能源。为了节能，在室内空气可以重复使用时，可将一部分室内空气送回到空气处理设备，与新风混合，并经处理后送入房间，从而在保证送风量的同时，减少新风量，降低能耗。这部分重复使用的室内空气称为回风。这时空调工程的空气输配管网由送风管道、回风管道、新风管道和排风管道组成。图 1-1-3 是一次回风系统示意图。在送风机 3 的作用下，新风经新风口进入空调机；空调房间内的空气经回风口 6 进到回风管 7，一部分经排风管 9，从排风口 10 排至室外，称为排风；另一部分经回风管 8 回到空调机房，称为回风；回风与新风混合，并经空调机处理后，经送风管 4、送风口 5 输送和分配到空调房间。新风阀 11、回风阀 12、排风阀 13 的功能是调节新风量、回风量和排风量的大小。当室内正压造成的围护结构缝隙渗漏风量达到排风量时，可以省去排风管道。

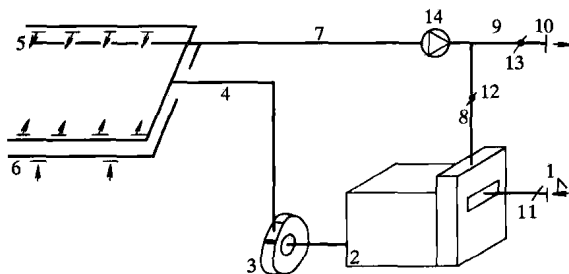


图 1-1-3 空调送回风系统

- 1—新风口；2—空调机；3—送风机；4—送风管；5—送风口；
6—回风口；7、8—回风管；9—排风管；10—排风口；
11—新风阀；12—回风阀；13—排风阀；14—回风机

其他几种常用的空调风系统形式有二次回风系统、双风道系统、变风量系统等。

二次回风系统中，回风分为两部分。新风先与一部分回风混合，经热湿处理后，再与另一部分回风混合。回风分两次混合，比一次混合节能。但要按需要分配好两次回风的风量，与一次回风系统相比，技术上难度较大。

工程实践中，要求不同或条件不甚相同的房间常由同一空调系统服务，以减少投资。这时要求同一空调系统为不

同的房间输送和分配不同状态的空气，可以用集中式分区系统、双风道系统等满足这个要求。双风道系统采用两根送风道，一根送冷风，一根送热风。各房间设混合箱与冷、热风管相连。按房间设计要求控制进入各混合箱的冷、热风比例，使混合后送入房间的空气状态满足各房间的不同要求。输配管网不但要保证各房间要求的送风量，还需保证各房间不同的冷、热风混合比例。

实际使用中，由于室外气象条件变化或室内情况变化，维持室内热环境要求的冷、热量随之变化。空调系统有两种适应这一变化的基本方法。一种是恒定送风量、变送风状态参数；一种是恒定送风状态参数，变送风量。采用前一种方法的空调系统称为定风量系统，后一种方法则称为变风量系统。变风量通过送风系统的变风量末端来实现。变风量末端装置有节流型、旁通型和诱导型等。

1.1.1.2 通风空调工程空气输配管网的装置及管件

通风空调工程中空气输配管网的装置及管件有风机、风阀、风口、三通、弯头、变径(形)管等,还有空气处理设备。它们是影响管网性能的重要因素。

风机是空气输配管网的动力装置。第5章将详细、系统地研究风机的基本理论。第6、7章则将全面分析风机的实际性能和应用方法。

风阀是空气输配管网的控制、调节机构,基本功能是截断或开通空气流通的管路,调节或分配管路流量。同时具有控制、调节功能的风阀有:(1)蝶式调节阀;(2)菱形单叶调节阀;(3)插板阀;(4)平行式多叶调节阀;(5)对开式多叶调节阀;(6)菱形多叶调节阀;(7)复式多叶调节阀;(8)三通调节阀等。(1)~(3)主要用于小断面风管;(4)~(6)主要用于大断面风管;(7)、(8)两种风阀用于管网分流或合流或旁通处的各支路风量调节。这类风阀的主要性能是流量特性、全开时的阻力性能(用阻力系数表示)和全关闭时的漏风性能(用漏风系数表示)。

蝶式、平行、对开式多叶调节阀靠改变叶片角度调节风量,平行式多叶调节阀的叶片转动方向相同;对开式多叶调节阀的相邻两叶片转动方向相反。插板阀靠插板插入管道的深度调节风量。菱形调节阀靠改变叶片张角调节风量。

只具有控制功能的风阀有逆止阀、防火阀、排烟阀等。逆止阀控制气流的流动方向,只允许气流按规定方向流动,阻止气流逆向流动。它的主要性能有两种:气流正向流动时的阻力性能和逆向流动时的漏风性能。防火阀平常全开,火灾时关闭并切断气流,防止火灾通过风管蔓延。排烟阀平常关闭,排烟时全开,排除室内烟气,主要性能是全开时的阻力性能和关闭时的漏风性能。

风口的基本功能是将气体吸入或排出管网,按具体功能可分为新风口、排风口、送风口、回风口等。

新风口将室外清洁空气吸入管网内;排风口将室内或管网内空气排到室外;回风口将室内空气吸入管网内;送风口将管网内空气送入室内。控制污染气流的局部排风罩,从空气输配管网角度也可视为一类风口,它将污染气流和室内空气吸入排风系统管道,通过排风口排到室外。新风口、回风口比较简单,常用格栅、百叶等形式。排风口为了防止室外风对排风效果的影响,往往要加装避风风帽。送风口形式比较多,工程中根据室内气流组织的要求选用不同的形式。常用的有格栅、百叶、条缝、孔板、散流器、喷口等。从空气输配管网角度,风口的主要特性是风量特性和阻力特性。

为了分配或汇集气流,在管路中设置分流或汇流三通、四通;为了连接管道和设备,或由于空间的限制等,在管路中设置变径、变形管段;为了改变管流方向设置弯头等。这些管件都会产生局部阻力。它们的阻力特性在《流体力学》已作了分析研究。

空气处理设备的基本功能是对空气进行净化处理和热湿处理。空气处理设备在处理空气的同时,对空气的流动也造成阻碍,如空气过滤器、表面式换热器、喷水室、净化塔等。空气处理设备可集中设置,也可分散设置,不管集中还是分散,它都会形成管网的局部阻力。

1.1.2 燃气输配管网

燃气是现代城市生活和生产的一种主要能源。发展城市燃气可以节约能源,减轻城

市污染，提高人民生活水平，促进工业生产，提高产品质量，社会和经济效益显著。城市燃气化，是我国城市能源结构优化的要求。燃气输配管网是城市燃气工程的主要组成部分。

1.1.2.1 燃气输配管网的功能与类型

燃气输配管网由分配管道、用户引入管和室内管道三部分组成。分配管道包括街区和庭院分配管道，其功能是在供气区域内将燃气分配给各用户。用户引入管将燃气从分配管道引到入口处的总阀门。室内燃气管道由总阀门处将燃气引向并分配到各燃气用具。

燃气管道漏气可能导致火灾、爆炸、中毒及其他安全事故。燃气管道的气密性与其他管道相比，有特别严格的要求。管道中压力越高，管道接头脱开或管道本身裂缝的可能性和危险性就越大。因此，燃气管道按输气压力分级。不同压力等级，对管道材质、安装质量、检验标准和运行管理的要求也不同。

我国城市燃气管道按设计表压力 P (MPa) 分为 7 级：

- 1) 高压管道 A: $2.5 < P \leq 4.0$;
- 2) 高压管道 B: $1.6 < P \leq 2.5$;
- 3) 次高压管道 A: $0.8 < P \leq 1.6$;
- 4) 次高压管道 B: $0.4 < P \leq 0.8$;
- 5) 中压管道 A: $0.2 < P \leq 0.4$;
- 6) 中压管道 B: $0.01 < P \leq 0.2$;
- 7) 低压管道: $P < 0.01$ 。

居民和小型公共建筑用户一般直接由低压管道供气。

中压和次高压管道必须通过区域调压室或用户专用调压室才能给城市分配管网中的低压和中压管道供气，或给工厂、大型公共建筑用户及锅炉房供气。

一般由城市高压管道构成大城市燃气输配管网的外环环网，是大城市燃气供应工程的主动脉。高压燃气必须通过调压才能送入次高压或中压管道，送入高压储气罐以及工艺需要高压燃气的大型工厂。各级压力管网的干管，特别是中压以上管道，应连成环状管网。分期建设的，初建时也可以是半环形或枝状管网，但应逐步构成环状管网。环状管网的最大优点是具有很高的后备能力。当输配干线某处出现事故时，可以在切除故障段后，通过环状管网由另一方向保证燃气输配。环状管网和枝状管网相比，投资增大，运行管理更为复杂，要有较高的自动控制措施。

城市燃气输配管网根据所采用的压力级制不同，可分为：

- 1) 一级系统，仅用低压或中压或次高压一个压力等级的管网。
- 2) 二级系统，由低、中压两级或低、次高压两级管网组成。
- 3) 三级系统，由低、中（或次高）、高三级压力管网组成。
- 4) 多级系统，由低、中、次高和高压，甚至更高压力的多级压力管网组成。

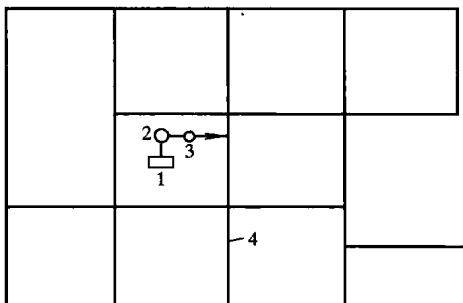


图 1-1-4 低压一级管网系统

- 1—气源厂；2—低压储气罐；
3—稳压器；4—低压管网

(1) 低压一级管网系统

气源送出的燃气先进入储气罐，然后经稳压器进入低压管网（图 1-1-4）。用气量较小，供气范围为 2~3km 的城镇和地区，可以选用低压一级系统。

(2) 中压或次高压一级管网系统

中压或次高压一级管网系统如图 1-1-5 所示。

燃气自气源厂（或长输管线）送入城市燃气储配站（或门站、配气站），经加压（或调压）送入中压或次高压输气干管，再由输气干管送入配气管网，最后经调压器调至低压后送入户内管道。

由于中压或次高压一级系统的供气安全性比二级或三级系统差，对于街道狭窄、房屋密度大的城区和安全距离不足的地区不宜采用。新城区和安全距离可以保证的地区应优先采用。

(3) 二级管网系统

二级管网系统一般均有一级是低压管网，另一级管网则可以是中压、次高压或高压。人工煤气中、低压二级管网系统如图 1-1-6 所示。

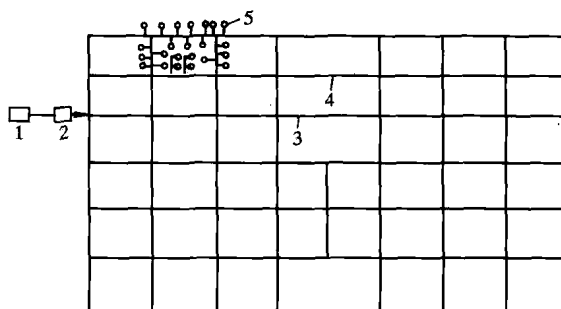


图 1-1-5 中压或次高压一级管网系统

1—气源厂；2—储配站；3—中压或次高压输气管网；
4—中压或次高压配气管网；5—箱式调压装置

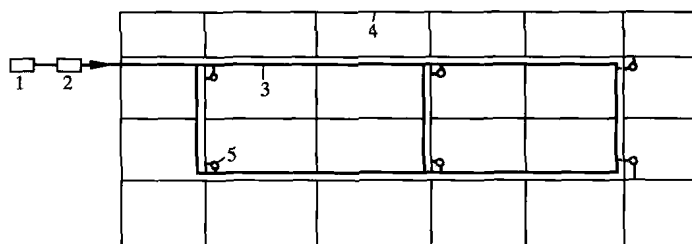


图 1-1-6 人工煤气中、低压二级管网系统

1—气源厂；2—储配站；3—中压管网；4—低压管网；5—调压站

从气源厂送出的燃气先进入储配站的低压储气罐，然后由压缩机加压后送入中压管网，再经调压器将压力降至低压，最后送入低压管网。

天然气中（次高）、低压二级管网系统如图 1-1-7 所示。

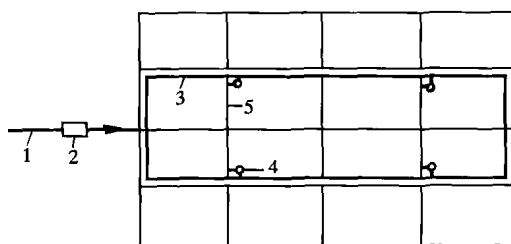


图 1-1-7 天然气中（次高）、低压二级管网系统

1—长输管线；2—门站或配气站；3—中压；
4—中（次高）、低压调压站；5—低压管网

自长输管线来的天然气先进入门站或配气站，经调压、计量后送入城市中压管网，然后经中、低压调压站调压后送入低压管网。

(4) 三级管网系统

三级系统通常含有中、低压两级管网，另外一级是次高压管网或高压管网，通称高、中、低压三级管网系统。高、中、低压三级管网系统如图 1-1-8 所示。

自长输管线来的天然气（或加压气化煤

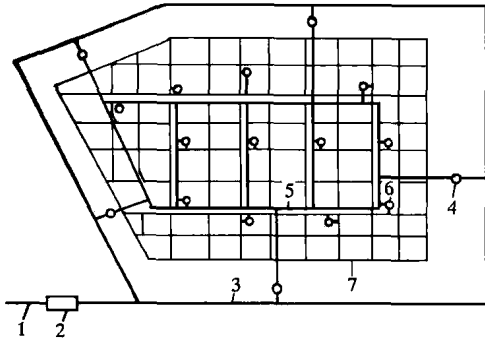


图 1-1-8 高、中、低压三级管网系统
1—长输管线支线；2—门站或配气站；3—高压管网；
4—高、中压调压站；5—中压管网；6—中、低压调压站；7—低压管网

气)先进入门站或配气站,经调压、计量后进入城市高压(或次高压)管网,然后经高、中压调压站调压后进入中压管网,最后经中、低压调压站调压后送入低压管网。

三级管网系统投资大,通常只在特大城市,并要求供气有充分保证时才考虑选用。

1.1.2.2 燃气输配管网设施

(1) 储配站

储配站是城市燃气输配管网的一个重要设施。

储配站具有三个功能。一是储存必要的燃气量用以调峰；二是使多种燃气进行混合,保证用气组分均衡；三是将燃气加压以保证每个

燃气用具前有足够的压力。

低压储存中压输送储配站工艺流程见图 1-1-9。

送入储配站的燃气首先进入低压储气罐,然后由储气罐引出至压缩机加压至中压,再经流量计计量后送入城市中压管网。

(2) 调压站

调压站是城市燃气输配管网的另一个重要设施。

调压站有两个功能：一是将输气管网的压力调节到下一级管网或用户需要的压力；二是保持调节后的压力稳定。

调压站按用途分为区域调压站,专用调压站和箱式调压装置,分别用于区域性用气调压；工业、公用事业用户专用调压；少量居民用户,小型工业、公用事业用户调压(楼栋调压)。

调压站通常由调压器、阀门、过滤器、安全装置、旁通管及测量仪表等组成。

1) 调压器。燃气输配管网的压力工况是利用调压器来控制的。所有调压器均是将较高的压力降至较低的压力。调压器是一个降压稳压装置,是调压站的核心设备。

若调压器后的燃气压力为被调参数,则这种调压器为后压调压器。若调压器前的压力为被调参数,则这种调压器为前压调压器。城市燃气输配管网通常多用后压调压器调节燃气压力。

2) 阀门。调压室进口及出口处设置的阀门,主要作用是当调压器、过滤器检修或发生事故时切断燃气。在调压室之外的进出口管道上亦应设置切断阀门,此阀门是常开的(但要求它必须随时可以关断),并和调压室相隔一定的距离,以便当调压室发生事故时,不必靠近调压室即可关闭阀门,避免事故蔓延和扩大。

3) 过滤器。在燃气中含有的固体悬浮物很容易积存在调压器和安全阀内,破坏调压

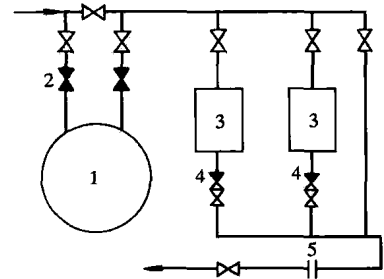


图 1-1-9 低压储存、中压输送储配站工艺流程
1—低压湿式储气罐；2—水封阀门；
3—压缩机；4—止回阀；
5—流量计

器和安全阀的正常工作。因此，有必要在调压器入口处安装过滤器，以清除燃气中的固体悬浮物。

过滤器前后应设置压差计，根据测得的压降可以判断过滤器的工作情况。在正常工作的情况下，燃气通过过滤器的压降不得超过 10kPa，压降过大时应拆下清洗。

4) 安全装置。当负荷为零而调压器阀口关闭不严，以及调压器中薄膜破裂或调节系统失灵时，调压站出口压力会突然增高，它会危及设备的正常工作，甚至会对公共安全造成危害。因此调压站必须设安全装置。

防止出口压力过高的安全装置有安全阀、监视器装置和调压器并联装置。

5) 旁通管。为了保证在调压站维修时不间断供气，故在调压室内设有旁通管。燃气通过旁通管供给用户时，管网的压力和流量由手动调节旁通管上的阀门来实现。对于高压调压装置，为便于调节，通常在旁通管上设置两个阀门。

选择旁通管的管径时，要根据燃气最低的进口压力和需要的出口压力以及管网的最大负荷进行计算。旁通管的管径通常比调压器的出口管的管径小 2~3 号。

6) 测量仪表。通常调压器的入口安装指示式压力计，出口安装自记式压力计，自动记录调压器出口瞬时压力，以便监视调压器的工作状况。

用户调压室及专用调压室通常还安装流量计。

此外，为了改善管网水力工况，随着燃气管网用气量的改变应使调压室出口压力相应变化，可在调压室内设置孔板或凸轮装置。当调压室产生较大的噪声时，必须有消声装置。

燃气输配管网常用的阀门有闸阀、旋塞阀、截止阀、球阀、蝶阀等。

1.1.3 其他气体输配管网

工业生产中常用的其他气体输配管网如表 1-1-1。

工业生产常用气体输配管网

表 1-1-1

输配气体	压缩空气	氧 气	氮 气	乙 炔	氢 气	二氧化碳
工作压力 (MPa)	≤0.8	≤1.6 (低压)	≤1.6	≤0.15	≤1.6	≤0.8

1.1.3.1 其他气体输配管网的功能与类型

(1) 压缩空气管网系统

压缩空气管网系统由压缩空气站、室外压缩空气管道、车间入口装置及车间内部压缩空气管道等四部分组成。

压缩空气站是压缩空气的气源，一般压缩空气站设有空气压缩机、后冷却器、储气罐和干燥装置。

压缩空气管网系统有下列不同类型：

1) 如工厂各用户要求的压缩空气压力相同，则集中供应一种压力的压缩空气，各用户不需减压即可直接使用，此种压缩空气管网系统最简单。如工厂各用户要求供不同压力的压缩空气，此时压缩空气站可按最高压力的压缩空气供应，在各车间入口处按不同压力要求进行减压，以满足不同用户的要求。如工厂各用户需要的压力悬殊过大，则可按不同

压力分别输送压缩空气，此种系统最复杂，投资最大。

2) 如工厂所有用户都对压缩空气质量(干燥度、含油量等指标)有一定要求，则可以在压缩空气站内集中设置干燥及净化装置，全厂供应单一的净化压缩空气。如工厂只有个别用户对压缩空气质量有要求，而大多数用户仅要求供应普通的压缩空气，则可集中供应普通的压缩空气，而在个别用户的入口处装置小型干燥净化设备，以满足其对压缩空气质量的要求。如工厂内对压缩空气有不同质量要求的用户数量相当时，则可在压缩空气站内设置干燥净化装置，分设压缩空气管道系统，向不同的用户分别供应质量不同的压缩空气。

3) 对于一些特殊用户，可根据其负荷特点选择压缩空气管道系统。如锻工车间以压缩空气为动力的锻锤、铸工车间气力送砂的风泵和大型造型机都是一种间断的用气设备，其瞬时压缩空气的最大消耗量和小时平均消耗量相差悬殊，其负荷曲线波动很大。为了不影响其他车间用气设备的工作，一般应采用单独一根压缩空气管道供气。如果上述车间距压缩空气站较远时，则应在用气设备附近(车间外面)装置储气罐，以缓冲压缩空气的高峰负荷，保持压力稳定。

(2) 氧气管网系统

氧气管网系统，按氧气压力不同，可分为下列三种：

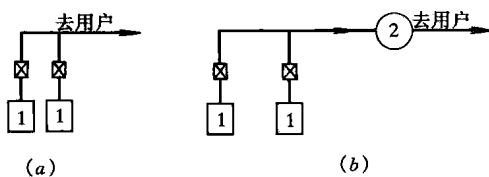


图 1-1-10 低压氧气管道系统
1—分馏塔；2—低压储气器

1) 低压氧气管网系统，氧气压力 $P_N \leq 1.6 \text{ MPa}$ ；

2) 中压氧气管网系统，氧气压力 $P_N = 1.6 \sim 3.0 \text{ MPa}$ ；

3) 高压氧气管网系统，氧气压力 $P_N > 10 \text{ MPa}$ 。

氧气管网系统的形式有树枝状和辐射状两种。树枝状系统输送距离大，适应供应气割、气焊及火焰淬火等一般用户。辐射状系统主要用于供氧技术条件要求较高、压力较稳定、流量较大的氧气用户，例如电炉炼钢吹氧。

低压氧气管网系统如图 1-1-10 所示。

低压氧气管网系统是利用从分馏塔 1 出来的氧气压力直接送至用户(图 1-1-10a)。在氧气消耗量不均衡的情况下，为了均衡氧气瞬间停歇以及氧气产量与用量的不平衡，在分馏塔出口之后设置低压储气器(图 1-1-10b)。

高压氧气管网系统如图 1-1-11 所示。用于专供高压充瓶用氧的系统。氧气加压后的压力为 15MPa，采用的氧气机一般为活塞式。由于充瓶操作制度是间歇的，故用低压储气器 4 作为平衡容器，充气台一般设两组，转换使用。

中压氧气管道系统(图 1-1-12)为大中型工厂常用。当各用户的用氧量连续均匀时，此时氧气机 4 以等于用户用氧压力工作。在分馏塔与氧气机之间配置低压储气器 2 或缓冲罐 3。储气柜的作用是从分馏塔出来的氧气在蓄冷器参与和空气切换，三通阀放空停止送氧

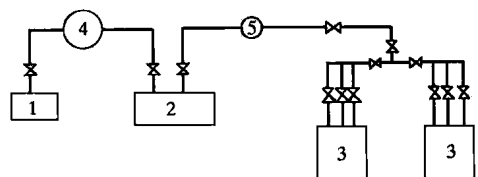


图 1-1-11 高压供氧系统
1—分馏塔；2—氧气机；3—充气台；
4—低压储气器；5—水分离器