

高等学校学习辅导与习题精解丛书

流体输配管网 学习辅导与习题精解

肖益民 林真国 张素云 编
付祥钊 主审

中国建筑工业出版社

高等学校学习辅导与习题精解丛书

流体输配管网学习辅导 与习题精解

肖益民 林真国 张素云 编
付祥钊 主审



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

流体输配管网学习辅导与习题精解/肖益民, 林真国,
张素云编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007
(高等学校学习辅导与习题精解丛书)
ISBN 978-7-112-08899-7

I. 流… II. ①肖…②林…③张… III. 房屋建筑设
备-流体输送-管网-高等学校-教学参考资料 IV. TU81
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 140821 号

本书为高等学校建筑环境与设备工程专业“流体输配管网”课程的辅助教材, 全书取材和深度紧密结合教学的实际需求, 与《流体输配管网》(第二版) 教材对应, 共分八章: 流体输配管网形式与装置; 气体管流水力特征与水力计算; 液体输配管网水力特征与水力计算; 多相流管网水力特征与水力计算; 泵与风机的理论基础; 泵、风机与管网的匹配; 枝状管网的水力工况分析与调节; 环状管网的水力计算与水力工况分析。紧扣课程教学大纲, 分别提炼出各章的学习要点, 并给出了各章习题的详细解答。

本书也可供公用设备工程师、其他相关专业师生及工程技术人员学习参考。

* * *

责任编辑: 齐庆梅
责任设计: 董建平
责任校对: 安东 孟楠

高等学校学习辅导与习题精解丛书
流体输配管网学习辅导与习题精解
肖益民 林真国 张素云 编
付祥钊 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
北京华艺排版公司排版
北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 7¼ 字数: 178 千字
2007 年 11 月第一版 2007 年 11 月第一次印刷
印数: 1—3,000 册 定价: 15.00 元

ISBN 978-7-112-08899-7

(15563)

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

本书是高等学校建筑环境与设备工程专业“流体输配管网”课程的辅助教材。“流体输配管网”课程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，是一门既有较强的理论性、又与工程实际紧密结合的专业平台课程。

为帮助广大师生更好地学习“流体输配管网”课程，本书紧密结合教学的实际需求，紧扣课程教学大纲，与《流体输配管网》（第二版）教材对应，分别提炼出了各章的学习要点。

本书给出了《流体输配管网》（第二版）教材各章习题的详细解答。习题取材既注重基本概念与基本理论，又注重与工程实践相结合，很多习题是从各类工程实际问题中提炼出来的，有助于增强学生利用基本理论分析和解决工程实际问题的能力。

参加本书编写的有：肖益民（编写第五、六、七、八章）、林真国（编写第一、二、三章）、张素云（编写第四章），最后由肖益民统稿。本书由付祥钊主审。

由于编者水平和经验有限，书中难免会存在错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 流体输配管网类型与装置	1
学习要点	1
习题精解	4
第 2 章 气体管流水力特征与水力计算	9
学习要点	9
习题精解	10
第 3 章 液体输配管网水力特征与水力计算	24
学习要点	24
习题精解	25
第 4 章 多相流管网水力特征与水力计算	32
学习要点	32
习题精解	34
第 5 章 泵与风机的理论基础	43
学习要点	43
习题精解	44
第 6 章 泵、风机与管网系统的匹配	57
学习要点	57
习题精解	58
第 7 章 枝状管网水力工况分析与调节	72
学习要点	72
习题精解	75
第 8 章 环状管网水力计算与水力工况分析	89
学习要点	89
习题精解	92
附录	101
参考文献	110

第1章 流体输配管网类型与装置

学习要点:

0 课程前言

(1) 了解“流体输配管网”的课程性质及作用。

1) 课程性质：“流体输配管网”是一门专业基础课程。本课程教学过程中涉及较多的专业知识，是一门与专业课程结合紧密的专业基本技术理论课程，因而具有基础理论性与工程实践性的双重特点。本课程是将“空调工程”、“供热工程”、“燃气输配”、“通风工程”、“建筑给水排水工程”、“锅炉及锅炉房设备”、“建筑消防工程”、“工厂动力工程”等课程中的管网系统原理抽出，经提炼后与“流体力学泵与风机”课程中的泵与风机部分进行整合、充实而成的一门课程。

2) 课程作用：首先，本课程具有专业平台课程的作用，为后续专业课程的学习作必要的铺垫，涉及本专业各类工程的公用设备管网部分的基本原理、设计分析基本方法、管网运行调节方法等，是学好后续专业课程的必要准备；其次，本课程是全国注册公用设备工程师考试的内容之一，学好本课程有利于今后执业；再次，本课程有利于学生综合素质的培养。流体输配管网是比较综合的专业基础课程，有利于拓宽学生的专业口径，涵盖了暖通空调、燃气输配、给水排水、热能动力、建筑消防工程等专业，便于学生今后工作的转换和拓展。

(2) 了解“流体输配管网”课程的基本要求及学习方法。

1) 本课程学习结束后学生要达到以下要求：

① 理解流体输配管网系统在本专业中的位置和重要性；

② 了解各类工程中管网系统的作用以及管网系统与前述工程的其他组成部分之间的相互关系；

③ 了解管网系统的基本构成、各构成的作用、各构成之间的相互关系；

④ 掌握分支、节点和回路的概念；熟悉常用流体水力特性；熟悉各类管网主要管件和装置的性能；

⑤ 熟悉不同类型管网系统的水力特征；掌握其水力计算和水力工况分析的基本理论和基本方法；

⑥ 掌握泵与风机的理论基础；掌握泵与风机的样本性能曲线和在管网系统中的工作性能曲线以及二者之间的联系与区别；掌握泵与风机与管网系统的匹配原理，能正确合理地选用泵与风机；掌握泵与风机工作性能的调节方法；

⑦ 掌握管网运行调节原理和方法，包括泵与风机联合运行工况的分析方法；

⑧ 理解管网系统的特征方程组；初步掌握管网系统水力工况的计算机分析方法和调控技术。

2) 学习方法：学习本课程应该结合本课程的特点，注重教材，结合参考书——多学多看；认真听课，发现问题——多思多问；独立完成作业，学以致用——多练多用。课外的相关参考资料对学好本课程的确有帮助，但课程教材（付祥钊主编. 流体输配管网（第二版）. 中国建筑工业出版社，2005年7月出版）是学习本课程很好的学习材料。该教材附录列出的参考文献是学习本课程值得参考的课外材料，有条件的同学应该查阅其中的相关内容。此外，由于本课程与专业课程结合紧密的特点，学生应该结合专业课程和实验、实习等实践教学环节，培养学习本课程的兴趣，摸索适合自己的学习方法。

1.1 气体输配管网类型与装置

(1) 了解通风空调管网系统常用形式和常用的装置，掌握各装置的名称和作用。

图 1-1 是一个采用吊顶空调器同时处理新风和回风的工程例子。室外新风从 8 进入 2，室内回风从 6 进入 2，二者混合后进入 1 作热湿处理，经 3 进入风管 7，由 5 送向室内空调区域，达到室内空气的设计状态。4 的作用可以适当调节总送风量，也可在发生火灾时关闭送风，属于调节装置和附属装置；12 的作用是调节新风量，属于调节装置；1 中安装有风机，提供空气输送动力，属于动力装置；5 是本系统的末端装置。

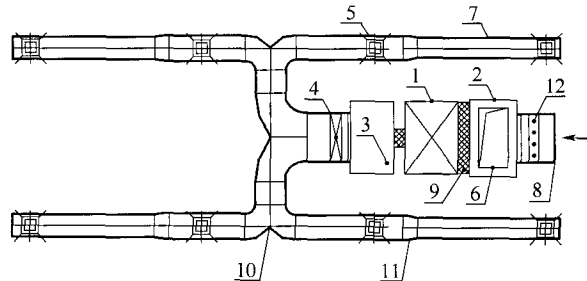


图 1-1 吊顶式空调器处理新风和回风管网示意图

1—空调器；2—混风箱；3—消声静压箱；4—防火调节阀；5—散流器；6—回风口；
7—送风管道；8—防雨新风口；9—软接头；10—三通；11—变径头；12—对开多叶调节阀

(2) 了解燃气输配管网的系统构成，知道燃气管网的压力分级，掌握燃气调压站的作用和构成。

1) 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，各部分管道内燃气的压力不同。如图 1-2 所示，是燃气从气田到用气末端沿途所经历的管网及装置系统示意图。

2) 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。燃气用户对燃气压力的要求也不同，因此，燃气管道按输气压力分级。除了能够满足不同压力范围的用户要求外，还可以根据不同压力等级，选用适合该压力输送要求的管道材质、安装质量、检验标准和运行管理要求等技术指标，达到经济、安全、可靠的目的。

3) 调压站是城市燃气输配管网的一个重要设施，其作用是调压和稳压，图 1-3 是燃气调压站的工艺流程示意图。结合教材，理解图中调压站各部分构件的名称和作用。

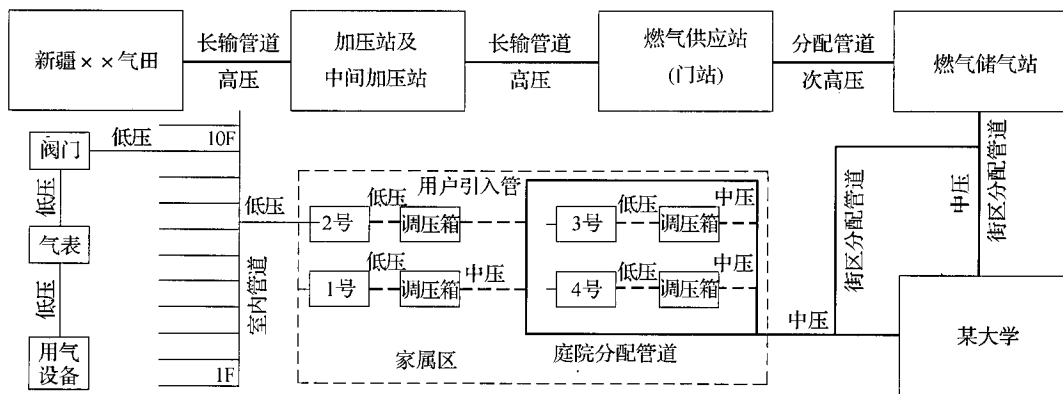


图 1-2 燃气输配流程示意图

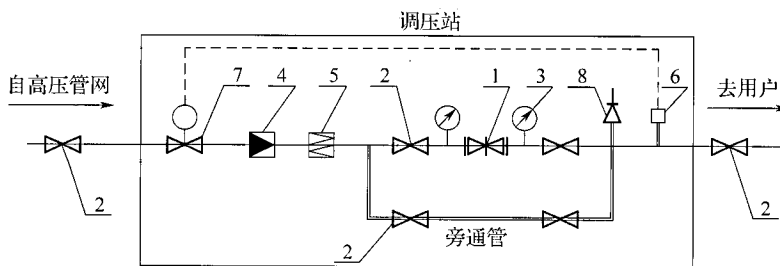


图 1-3 燃气调压站示意图

1—调压器；2—阀门；3—压力表；4—过滤器；
5—流量计；6—检漏仪；7—自动阀；8—安全阀

1.2 液体输配管网类型与装置

(1) 理解液体输配管网常见的类型和装置。

1) 掌握液体输配管网的分类方式；理解重力循环、机械循环、同程式、异程式、定流量、变流量、单式泵、复式泵、枝状管网、环状管网、直接连接、间接连接、开式管网、闭式管网等概念和各自特点。

2) 掌握液体输配管网常用的装置：排气及排水装置、散热器温控阀、分水器、集水器、过滤器、分流与汇流装置（二通、三通、四通）、补偿器、调节阀、引射器、止回阀、减压阀、安全阀、调节阀、消防给水管网装置（消火栓、喷头、水泵接合器、报警阀等）。掌握膨胀水箱的作用、配管（如图 1-4）和在管网中的安装位置。膨胀水箱可用来贮存液体输配管网中冷热水由于水温上升引起的膨胀水量，也有从管网排气、向管网补水、恒定管网定压点压力等作用。膨胀水箱的膨胀水管与水系统管路连接，在重力循环系统中，常接在供水立管的顶端；在机械循环系统中，一般接在水泵入口管上。注意膨胀管和循环管上禁止安装阀门，在冬季无冻结危险的地区可以不设循环管。

(2) 理解高层建筑给水分区的原因，掌握常用的分区方式。

高层建筑给水分区是为了减少供水静水压力过大引起的水锤、设备损坏等不良影响。工程应用除了教材上介绍的串联式、减压式和并联式分区供水方式外，还可采用减压阀的方式，如图 1-5 所示，可节省设备和安装空间，实际工程中有不少应用，但这种方式会引起加压水泵组总能耗的增加。

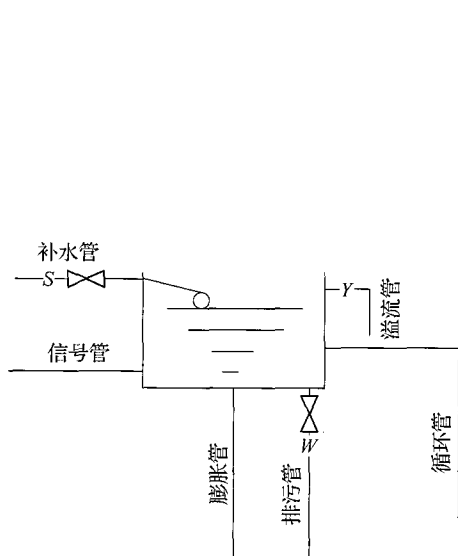


图 1-4 膨胀水箱常见接管示意图

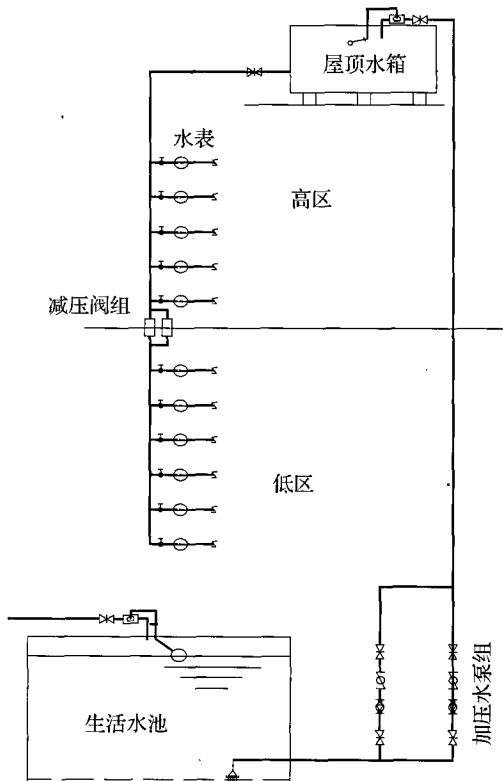


图 1-5 减压阀分区给水示意图

1.3 相变流或多相流管网类型与装置

(1) 理解蒸汽供暖管网的特点和管网基本形式，掌握疏水器的作用和设置位置。

1) 掌握蒸汽供暖管网内相态变化的原因和过程，掌握蒸汽管网的分类和基本形式，了解凝结水管网的类型，掌握重力回水、余压回水、加压回水、满管流、非满管流等概念。

2) 疏水器有阻止蒸汽流出、允许凝结水通过的作用，同时可排出蒸汽供暖管网内的不凝性气体。实际使用中疏水器工作时也会使少量蒸汽泄漏，疏水器常根据需要设置在散热器凝结水出水管、蒸汽供汽立管末端、供汽水平干管与竖立管转角处等位置。

(2) 了解蒸汽供暖系统凝结水管网的类型，理解各类凝结水回收系统的构成。

(3) 了解建筑排水管网的组成和类型，了解气力输送系统的用途和系统构成。

1.4 流体输配管网的基本组成与基本类型

总结各类流体输配管网的异同点，掌握流体输配管网各基本组成部分的功能，掌握流体输配管网的分类。

习题精解：

1-1 认真观察 1~3 个不同类型的流体输配管网，绘制出管网系统图。结合第 1 章学习的

知识,回答以下问题:

(1) 该管网的作用是什么?

(2) 该管网中流动的流体是液体还是气体?还是水蒸气?是单一的一种流体还是两种流体共同流动?或者是在某些地方是单一流体,而其他地方有两种流体共同流动的情况?如果有两种流体,请说明管网不同位置的流体种类、哪种流体是主要的。

(3) 该管网中工作的流体是在管网中周而复始地循环工作,还是从某个(某些)地方进入该管网,又从其他地方流出管网?

(4) 该管网中的流体与大气相通吗?在什么位置相通?

(5) 该管网中的哪些位置设有阀门?它们各起什么作用?

(6) 该管网中设有风机(或水泵)吗?有几台?它们的作用是什么?如果有多台,请分析它们之间是一种什么样的工作关系(并联还是串联)?为什么要让它们按照这种关系共同工作?

(7) 该管网与你所了解的其他管网(或其他同学绘制的管网)之间有哪些共同点?哪些不同点?

答:选取教材中三个系统图,分析如表 1-1 所示。

三种不同类型流体输配管网系统分析表

表 1-1

图 号	图 1-1-2	图 1-2-14 (a)	图 1-3-14 (b)
问 (1)	输配空气	输配生活给水	生活污水、废水排放
问 (2)	气体	液体	液体、气体多相流,液体为主
问 (3)	从一个地方流入管网,其他地方流出管网	从一个地方流入管网,其他地方流出管网	从一个地方流入管网,其他地方流出管网
问 (4)	入口及出口均与大气相通	末端水龙头处与大气相通	顶端通气帽与大气相通
问 (5)	通常在风机进出口附近及各送风口处设置阀门,用于调节总送风量及各送风口风量	各立管底部、水泵进出口及整个管网最低处设有阀门,便于调节各管段流量和检修时关断或排出管网内存水	无阀门
问 (6)	1 台风机,为输送空气提供动力	1 台水泵,为管网内生活给水提供动力	无风机、无水泵
问 (7)	与燃气管网相比,流体介质均为气体,但管网中设施不同	与消防给水管网相比,流体介质均为液体,但生活给水管网中末端为水龙头,消防给水管网末端为消火栓	与气体输送系统相比,都是多相流管网,但流体介质的种类及性质不同

说明:本题仅供参考,同学可根据实际观察的管网进行阐述。

1-2 绘制自己居住建筑的给排水管网系统图。

答:参考给水及排水系统图,如图 1-6、图 1-7 所示。

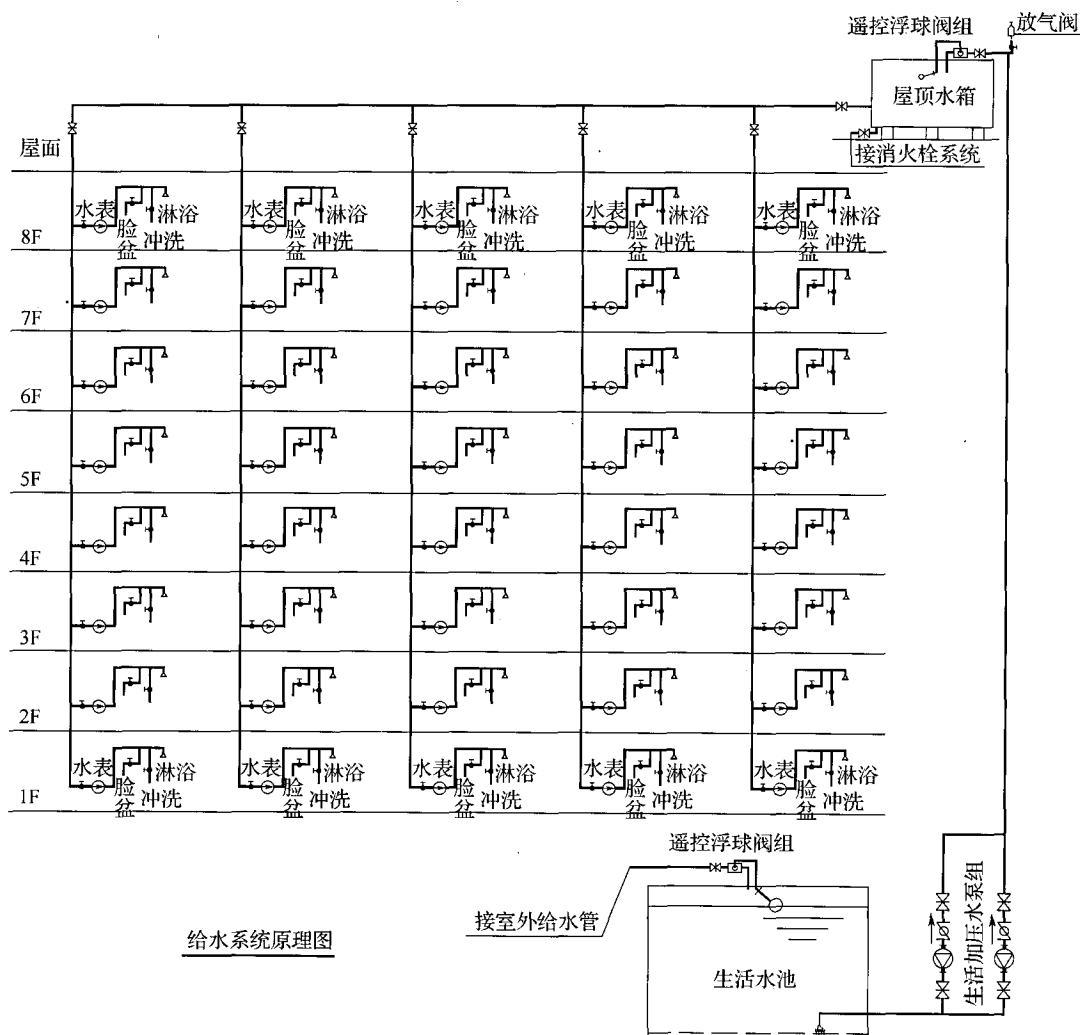


图 1-6 学生宿舍给水系统图 (参考)

1-3 流体输配管网有哪些基本组成部分？各有什么作用？

答：流体输配管网的基本组成部分及各自作用如表 1-2 所示。一个具体的流体输配管网不一定必须具备表 1-2 中所有的组成部分。

1-4 试比较气相、液相、多相流这三类管网的异同点。

答：(1) 相同点：各类管网构造上一般都包括管道系统、动力系统、调节装置、末端装置以及保证管网正常工作的其他附属设备。

- (2) 不同点：
- ① 各类管网的流动介质不同；
 - ② 管网具体形式、布置方式等不同；
 - ③ 各类管网中动力装置、调节装置及末端装置、附属设施等有些不同。

说明：随着课程的进一步深入，还可以总结其他异同点，如：

- (1) 相同点：
- ① 管网中工质的流动遵循流动能量方程；
 - ② 管网水力计算思路基本相同；
 - ③ 管网特性曲线可以表示成 $\Delta P = SQ^2 + P_{st}$ ；

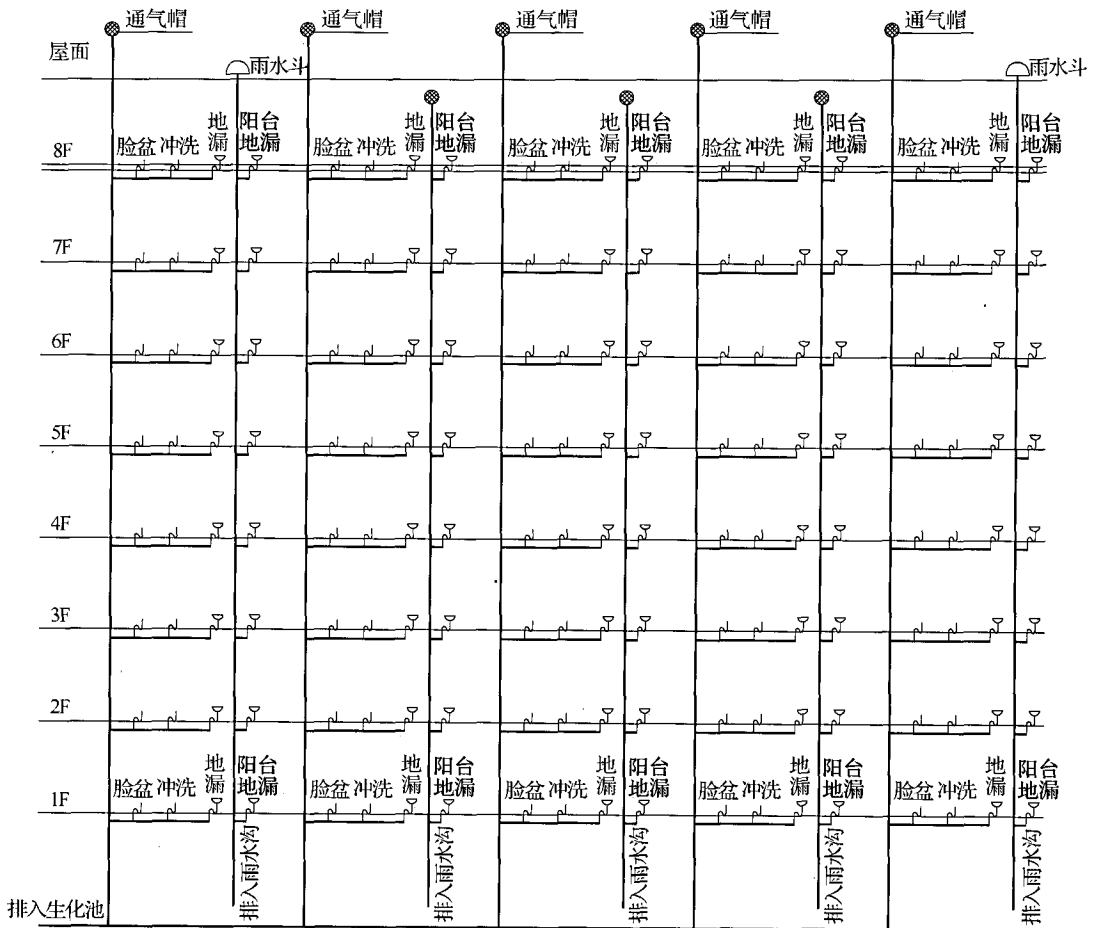


图 1-7 学生宿舍排水系统图 (参考)

流体输配管网的基本组成部分及其作用

表 1-2

组成	管道	动力装置	调节装置	末端装置	附属设备
作用	为流体流动提供流动空间	为流体流动提供需要的动力	调节流量, 开启/关闭管段内流体的流动	直接使用流体, 是流体输配管网内流体介质的服务对象	为管网正常、安全、高效地工作提供服务

④ 管网中流动阻力之和等于动力之和, 等等。

(2) 不同点: ① 不同管网构造和主要装置不同;

② 不同管网中介质的流速和流态不同;

③ 不同管网的动力装置可能不同;

④ 不同管网中水力计算的具体要求和可能不同, 等等。

1-5 比较开式管网与闭式管网、枝状管网与环状管网的不同点。

答: 开式管网: 管网内流动的流体介质直接与大气相接触, 开式液体管网水泵需要克服高度引起的静水压头, 耗能较多。开式液体管网内因与大气直接接触, 氧化腐蚀现象比

闭式管网严重。

闭式管网：管网内流动的流体介质不直接与大气相通，闭式液体管网水泵一般不需要考虑高度引起的静水压头，比同规模的开式管网耗能少。闭式液体管网内因与大气隔离，腐蚀性主要是结垢，氧化腐蚀比开式管网轻微。

枝状管网：管网内任意管段内流体介质的流向都是唯一确定的；管网结构比较简单，初投资比较节省；但管网某处发生故障而停运检修时，该点以后所有用户都将因停运而受影响。

环状管网：管网某管段内流体介质的流向不确定，可能根据实际工况发生改变；管网结构比较复杂，初投资较节枝状管网大；但当管网某处发生故障停运检修时，该点以后用户可通过另一方向供应流体，因而事故影响范围小，管网可靠性比枝状管网高。

1-6 按以下方面对建筑环境与设备工程领域的流体输配管网进行分类。对每种类型的管网，给出一个在工程中的应用的实例。

- (1) 管内流动的介质；
- (2) 动力的性质；
- (3) 管内流体与管外环境的关系；
- (4) 管道中流体流动方向的确定性；
- (5) 上下级管网之间的水力相关性。

答：流体输配管网分类如表 1-3 所示。

流体输配管网分类表

表 1-3

问题编号	类型及工程应用例子
(1) 按流体介质	气体输配管网：如燃气输配管网 液体输配管网：如空调冷热水输配管网 气-液两相流管网：如蒸汽采暖管网 液-气两相流管网：如建筑排水管网 气-固两相流管网：如气力输送管网
(2) 按动力性质	重力循环管网：自然通风系统、重力循环热水采暖系统 机械循环管网：机械通风系统、空调冷热水输配管网
(3) 按管内流体与管外环境的关系	开式管网：建筑排水管网 闭式管网：热水采暖管网
(4) 按管内流体流向的确定性	枝状管网：空调送风管网 环状管网：城市中压燃气环状管网
(5) 按上下级管网的水力相关性	直接连接管网：直接采用城市区域锅炉房的热水采暖管网，如教材图 1-3-4 中 a、b、d、e、f 所示 间接连接管网：采用换热器加热热水的采暖管网，如教材图 1-3-4 中 c、g、h 所示

第 2 章 气体管流水力特征与水力计算

学习要点:

2.1 气体管流水力特征

(1) 理解静压、动压、位压（热压）等概念，掌握气体重力流水力特征；气体重力流能量方程的物理意义是位压提供进出口间的流动损失和出口动压；气体重力流在 U 形流、环形流等情况下的流向判断取决于管内气体密度分布——密度大者下沉、密度小者上浮。

(2) 气体压力流下游断面静压与上游断面静压有三种数量关系（减少、增加、相等），该关系在均匀送风设计、静压复得法中得到应用。

(3) 压力流与重力流综合作用下气体管流的水力特征

重力作用与压力作用方向是否相同决定重力作用和压力作用是相互加强还是相互削弱。当二者方向相同时，重力作用成为流动的动力，反之则成为流动阻力。

2.2 流体输配管网水力计算的基本原理和方法

(1) 水力计算的基本原理包括一元流动质量连续性方程、流动能量方程，即：

$$\text{串联: } G_1 = G_2 = \dots = G_i = G_{\text{串}}$$

$$\text{并联: } G_1 + G_2 + \dots + G_i = G_{\text{并}}$$

$$(P_{q1} - P_{q2}) + g(\rho_a - \rho)(H_2 - H_1) = \Delta P_{1-2}$$

$$P_{\text{动}} = \sum \Delta P_i \quad \Delta P = \Delta P_y + \Delta P_j$$

(2) 理解摩擦阻力 ΔP_y 的计算公式，掌握影响摩擦阻力的因素（管道材料、断面尺寸、流体流速、密度、热物性等参数）。摩擦阻力系数 λ 是计算摩擦阻力的关键参数， λ 与管内流体流态紧密相关，实际使用中有不同的经验公式用以确定 λ 的值。流体输配管网水力计算时，常采用查图表的方法确定比摩擦阻 R_m ，根据 $\Delta P_y = R_m \cdot l$ 的方法计算摩擦阻力。

查取 R_m 时注意正确的方法，对于矩形管道先折算当量直径，再按照流速当量直径与流速、流量当量直径与流量分别对应的原则查图确定 R_m 。注意实际条件与图表制作条件不同时 R_m 应修正。

(3) 局部阻力 $\Delta P_j = \zeta \frac{\rho v^2}{2}$ 。其中局部阻力系数通常由实验测定方法求得。实际使用时查各种局部阻力手册，确定合适的局部阻力系数，如附录 1 是通风空调管网常见局部阻力系数。要注意所查取的局部阻力资料中确定 ζ 时所采用的流速，在计算 ΔP_j 时的流速应与之对应。

(4) 通过枝状通风空调管网的水力计算和均匀送风管网设计的例题，重点掌握假定流速法、静压复得法的水力计算步骤及方法，通过课后习题练习 R_m 和 ζ 的确定方法。

2.3 气体输配管网水力计算

(1) 掌握并联管路阻力平衡的意义和方法。

1) 当并联管路的资用动力相等时, 则并联管路的流动阻力相等。注意并联管路的资用动力不相等时, 该结论不成立。通常并联管路在水力计算时其阻力并不相等而是有一定的差额, 而并联管路实际运行时会自动调整以实现并联管路的阻力平衡, 这就会造成并联管路内的实际流量与设计流量的不一致。为了控制这种由于阻力不平衡造成的流量偏差, 工程上要求并联管路阻力差额不超过 15%, 含尘风管不超过 10%。这种控制并联管路阻力差额不超过限定值的过程可称为并联管路的阻力平衡 (或称平衡阻力过程), 而两并联管路阻力满足阻力平衡要求时则称为阻力平衡状态。

2) 阻力平衡常采用的方法是调整并联支管管径和调节阀门。支管管径通常先调非最不利环路上的支管, 阀门通常加设在阻力较小的并联支管上。

3) 阻力不平衡率 Δ 指并联管段中非最不利环路上的并联管段的实际阻力与所要求的阻力的相对差额 (%)。枝状管网阻力平衡计算中通常将最不利环路所在管段的阻力作为 Δ 的比较参考。

(2) 掌握均匀送风管道设计的理论基础和方法。实际应用中通常均匀送风采用各送风口相同、送风口静压相等的方式实现。各送风口静压相等要求各相邻风口之间的流动总阻力等于动压的减少量。

(3) 掌握中、低压燃气管网水力计算的方法和步骤。燃气管网水力计算时流量注意考虑同时使用系数的影响。此外, 由于燃气输配管网内外燃气和空气密度差形成位压, 燃气管网水力计算还必须考虑附加压头的存在。其最不利环路的选择和通风空调管网不同 (燃气管网最不利环路通常是在燃气向下流动的环路中而非最远环路)。燃气管网不需要进行阻力平衡计算, 但需要校核管网最大阻力是否超过允许值, 因为低压燃气用户引入管进调压箱后出口的压力通常不高, 管网阻力过大则燃气用具处压力不足, 影响使用。

习题精解:

2-1 某工程中的空调送风管网, 在计算时可否忽略位压的作用? 为什么? (提示: 估计位压作用的大小, 与阻力损失进行比较。)

答: 民用建筑空调送风温度可取在 15~35℃ (夏季~冬季) 之间, 室内温度可取在 25~20℃ (夏季~冬季) 之间。取 20℃ 空气密度为 1.204kg/m³, 可求得各温度下空气的密度分别为:

$$15^{\circ}\text{C}: \rho_{15} = \frac{273.15+20}{273.15+15} \times 1.204 = 1.225\text{kg/m}^3$$

$$35^{\circ}\text{C}: \rho_{35} = \frac{273.15+20}{273.15+35} \times 1.204 = 1.145\text{kg/m}^3$$

$$25^{\circ}\text{C}: \rho_{25} = \frac{273.15+20}{273.15+25} \times 1.204 = 1.184\text{kg/m}^3$$

因此:

夏季空调送风与室内空气的密度差为: $1.225 - 1.184 = 0.041\text{kg/m}^3$;

冬季空调送风与室内空气的密度差为： $1.204 - 1.145 = 0.059 \text{ kg/m}^3$ 。

空调送风管网送风高差通常为楼层层高，可取 $H = 3 \text{ m}$ ， $g = 9.807 \text{ N/(m} \cdot \text{s}^2)$ ，则

夏季空调送风位压为： $9.807 \times 0.041 \times 3 = 1.2 \text{ Pa}$ ；

冬季空调送风位压为： $9.807 \times 0.059 \times 3 = 1.7 \text{ Pa}$ 。

空调送风系统末端风口的阻力通常为 $15 \sim 25 \text{ Pa}$ ，整个空调送风系统总阻力通常也在 $100 \sim 300 \text{ Pa}$ 之间。可见送风位压的作用与系统阻力相比是完全可以忽略的。

但是有的空调系统送风集中处理，送风高差不是楼层高度，而是整个建筑高度，此时 H 可达 50 m 以上，这种情况下送风位压应该考虑。

2-2 图 2-1 是某地下工程中设备的布置情况，热表示设备为散热物体，冷表示设备为常温物体。为什么散热设备的热量和地下室内污浊气体不能较好地散出地下室？如何改进以利于地下室的散热和污浊气体的消除？

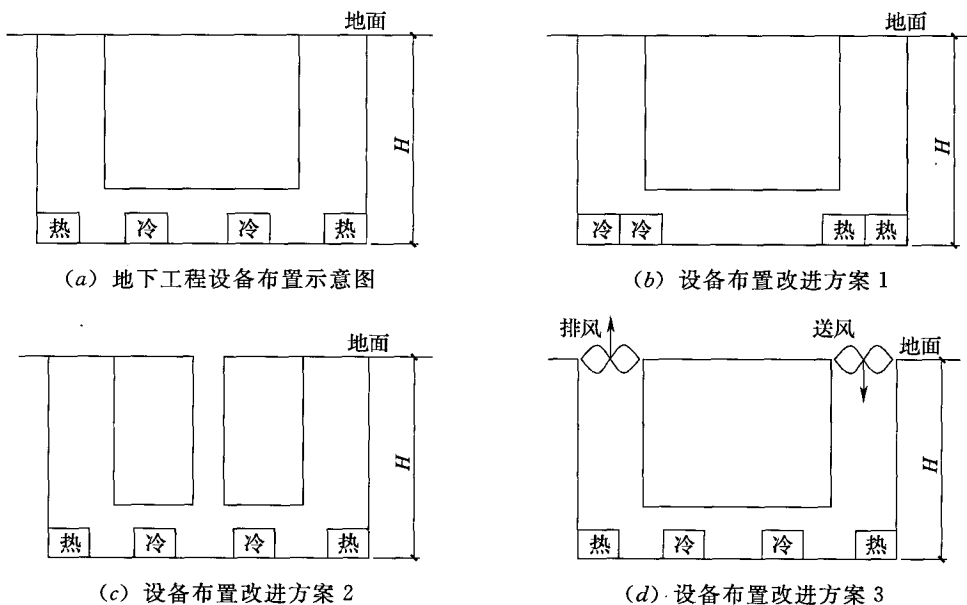


图 2-1 某地下工程设备布置

答：该图可视为一 U 形管模型。因为两侧竖井内空气温度都受热源影响，密度差很小，不能很好地依靠位压形成流动，散热设备的热量和污浊气体也不易排出地下室。改进的方法有多种：(1) 将冷、热设备分别放置于两端竖井旁，使竖井内空气形成较明显的密度差，如图 2-1 (b) 所示；(2) 在原冷物体间再另掘一通风竖井，如图 2-1 (c) 所示；(3) 在不改变原设备位置和不另增竖井的前提下，采用机械通风方式，强制竖井内空气流动，带走地下室内余热和污浊气体，如图 2-1 (d) 所示。

2-3 图 2-2 中居室内为什么冬季白天感觉较舒适而夜间感觉不舒适？

答：白天太阳辐射使阳台区空气温度上升，致使阳台区空气密度比居室内空气密度小，因此空气从上通风口流入居室内，从下通风口流出居室，形成顺时针方向循环流动。提高了居室内温度，床处于回风区附近，风速不明显，感觉舒适；夜晚阳台区温度低于居室内温度，空气反向流动，冷空气从下通风口流入，上通风口流出，床位于送风区，床上

的人有比较明显的吹冷风感，因此感觉不舒适。

2-4 图 2-3 是某高层建筑卫生间通风示意图。试分析冬夏季机械动力和热压之间的作用关系。

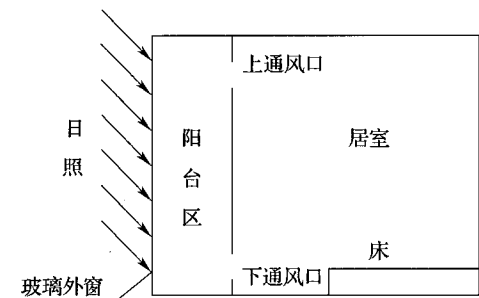


图 2-2 习题 2-3 示意图

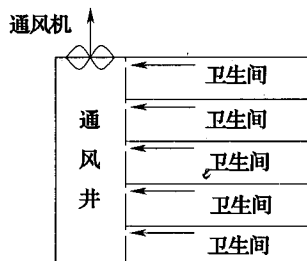


图 2-3 习题 2-4 示意图

答：冬季室外空气温度低于通风井内空气温度，热压使通风井内空气向上运动，有利于气体的排除，此时热压增加了机械动力的通风能力；夏季室外空气温度比通风竖井内空气温度高，热压使通风井内空气向下流动，削弱了机械动力的通风能力，不利于卫生间排气。

2-5 简述实现均匀送风的条件，怎样实现这些条件？

答：根据教材推导式 (2-3-21) $L_0 = 3600\mu f_0 \sqrt{2p_i/\rho}$

式中 L_0 ——送风口计算送风量， m^3/h ；

μ ——送风口流量系数；

f_0 ——送风口孔口面积， m^2 ；

p_i ——送风管内静压，Pa；

ρ ——送风密度， kg/m^3 。

从该表达式可以看出，要实现均匀送风，可以有以下几种方式：

(1) 保持送风管断面积 F 和各送风口面积 f_0 不变，调整各送风口流量系数 μ 使之适应 p_i 的变化，维持 L_0 不变；

(2) 保持送风各送风口面积 f_0 和各送风口流量系数 μ 不变，调整送风管的面积 F ，使管内静压 p_i 基本不变，维持 L_0 不变；

(3) 保持送风管的面积 F 和各送风口流量系数 μ 不变，根据管内静压 p_i 的变化，调整各送风口孔口面积 f_0 ，维持 L_0 不变；

(4) 增大送风管面积 F ，使管内静压 p_i 增大，同时减小送风口孔口面积 f_0 ，二者的综合效果是维持 L_0 不变。

实际应用中，要实现均匀送风，通常采用第 (2) 种方式，既保持了各送风口的同一规格和形式（有利于美观和调节），又可以节省送风管的耗材。此时实现均匀送风的条件就是保证各送风口面积 f_0 、送风口流量系数 μ 、送风口处管内静压 p_i 均相等。要实现这些条件，除了满足采用同种规格的送风口以外，在送风管的设计上还需要满足一定的数量关系，即任意两送风口之间动压的减少等于它们之间的流动阻力，此时两送风口出管内静压 p_i 相等。