

# 流体输配管网课程建设与教学方法

肖益民,付祥钊

(重庆大学 城市建设与环境工程学院,重庆 400045)

**摘要:**分析流体输配管网课程在建筑环境与设备工程专业培养方案中的位置与作用、与其他主要课程和实践教学环节的关系,重点讨论课程内容的优化方法,对课程的教学重点、难点及其处理方法进行分析,提出对任课教师的知识与能力要求。

**关键词:**流体输配管网;建筑环境与设备工程;课程建设;教学方法

**中图分类号:**G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2013)01-0098-04

面对21世纪国际国内对人才的新要求和国家对本科专业的调整,原暖通、燃气、建筑设备3个本科专业通过教育教学改革,整合为建筑环境与设备工程专业。教学改革的关键问题之一,是从原3个专业近20门相互交叉、重叠的专业课中,凝练建筑环境与设备工程专业核心课程,组成新的课程体系。在全国高校建筑环境与设备工程专业指导委员会的指导下,重庆大学经过深入分析研究和广泛交流,承担了流体输配管网课程的创建任务。13年来,笔者所在的流体输配管网课程教学团队在课程内容体系、教学方法改革、教学资源建设等方面不断探索、实践,课程已建设为重庆市精品课程、全国土建学科教学指导委员会和重庆市推荐国家级精品课程。在此,笔者希望抛砖引玉,集思广益,将课程建设推到一个新的高度。

## 一、课程在专业培养方案中的地位、作用及其与其他课程的关系

### (一)课程在专业培养方案中的地位和作用

建筑环境与设备工程专业各种工程问题有两类:流体输配和热质交换,流体输配管网课程是建筑环境与设备工程专业的一门核心专业技术平台课程<sup>[1-2]</sup>,它建立在专业基础课程流体力学基础之上,主要讲述建筑环境与设备工程专业所涵盖的暖通空调工程、城市燃气工程、供热工程、冷热源工程、建筑给排水工程、建筑消防工程、工厂动力工程等工程中共同的流体输配原理、管网系统的设计与调控方法。学生通过本平台课程的学习,可理解流体输配管网在专业中的重要性,了解流体输配管网在各种工程中的作用及其与工程其它组成部分的相互关系,并通过生产实习、毕业设计等实践教学环节的配合,掌握管网系统设计计算、工况分析、调试和调节的基本理论和方法,形成初步的工程实践能力。

收稿日期:2012-04-12

基金项目:重庆市高等教育教学改革研究项目(09-2-007);重庆大学大类系列课程建设项目;城环学院“985”本科创新拔尖人才培养项目

作者简介:肖益民(1974-),男,重庆大学城市建设与环境工程学院副教授,博士,主要从事暖通空调、建筑节能、建筑与城市人居环境等教学与科学研究,(E-mail)xiaoyimin@cqu.edu.cn。

## (二)与其他课程间的关系分析

与建筑环境与设备工程导论课程的关系。建筑环境与设备工程导论是必须先修课程。学生通过建筑环境与设备工程导论课程的学习初步建立“工程”的基本概念,了解建筑环境与设备工程专业的作用,了解解决该专业工程问题的大致方法和途径,以及关于该专业工程系统组成的概略认识,帮助学生认识管网的基本构成、各构成的基本功能和相互关系,正确理解流体输配管网在该专业的重要性。

流体输配管网课程是暖通空调课程、燃气输配课程的先修课和平台课。这两门课程中包含的共通性的实现流体输送、分配的基本原理,管网设计与分析计算方法,流量、压力调控方法在流体输配管网课程教学中提前讲述。涉及到的上述理论知识可不必在其他课程中重复讲解,但需要讲清楚在不同工程问题中,流体输配管网的作用、承担的流体输配任务、基于工程具体特点对管网的特殊要求、与其他理论技术的联系,以及解决实际工程问题所需的综合方法。

与认识实习和生产实习的关系。认识实习实践环节应在课程开课之前设置,帮助学生认识流体输配管网的基本组成及各部分的功能。课程应在生产实习之前修完,生产实习环节最好安排工程管网系统运行调试,帮助学生巩固课程所学的理论知识,并通过理论与实践相结合,形成初步的管网工程运行调节与管理能力。

与毕业设计环节的关系。提供毕业设计开展管网设计水力计算、动力装置匹配、水力工况分析、工况调节方案制定的基本理论与方法。毕业设计提供学生应用上述相关理论解决实际问题的实际案例,使学生在实际应用中体会理论与方法的应用过程,在实践中形成计算与分析实际工程问题的能力。

## 二、课程教学内容的优化

### (一)课程教学内容优化分析

教学内容的优化主要基于以下几方面。一是始终围绕课程属于本专业“平台”课程这一地位及其任务,提炼“共性”;二是围绕培养学生善于解决问题的实践能力的的基本要求;三是及时吸纳本学科领域的学术研究、工程技术创新成果。经过十余年教学实践和三个版次国家级规划教材、教学软件与学习辅导教材编写过程的探索,提出如下教学内容优化方案。

### 1. 加强流体输配管网功能与作用的讲述

增加绪论部分,引导学生认识流体输配管网的任务、基本要求及在本专业中的重要性,并将第1章由原来的“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“功能需求决定流体输配管网的类型和装置”。

### 2. 加强流体输配管网共性的提炼

在流体输配管网的功能与构成、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共性。将各种形形色色的管网归纳为开式与闭式、枝状与环状两大分类。在管网系统中应用能量平衡的原理,通过引入虚拟管道和虚拟闭合的概念,对各种枝状管网建立闭合回路能量方程,从而构建通用的管网水力计算、水力工况分析和管网调节理论。将管网的动力按照其特性分为重力作用力和压力两大类,并归纳出两类动力对管网流体驱动的共同性与不同点,及其对管网设计与运行的影响。

### 3. 加强管网调节的内容

按调节的目标将管网调节分为初调节与需求工况变化调节两类,分析两类调节目标的共同点与不同点。按调节的措施将管网调节分为阀门调节与动力性能调节两类。分析两种调节措施对应功能部件——调节阀门和动力装置的固有特性及其在调节过程中的变化特征,归纳两类调节措施的优势、不足与适用场合。

### 4. 加强案例分析在课程中的比重

在专业理论的教学中,用典型工程案例来反映抽象内容,能起到事半功倍的作用<sup>[3]</sup>。将案例及对案例的分析贯穿全部章节,并在课程主要理论体系的教学内容完成之后,增加一章,结合典型案例,系统分析、讲解如何应用课程理论与方法解决工程问题,使学生整体把握课程的基本概念、基本原理与理论体系。

### (二)课程教学内容优化结果

优化后的教学内容按8章安排,各章节的内容如下。

第1章绪论,包括工程中的流体输配管网、流体输配管网在建筑环境与设备工程中的作用。第2章流体输配管网的功能与构成,包括气体输配管网的功能与装置、液体输配管网的功能与装置、相变流与多相流管网的功能与装置、流体输配管网的基本功

能与基本构成、流体输配管网的基本类型。第3章流体输配管网的水力特征与水力计算,包括气体输配管网的水力特征、液体输配管网的水力特征、多相流管网的水力特征、流体输配管网的水力共性、流体输配管网水力计算的基本原理、枝状管网水力计算方法、枝状管网工程水力计算案例(选学内容)。第4章泵与风机的理论基础,包括离心式泵与风机的基本结构、离心式泵与风机的工作原理及性能参数、离心式泵与风机的基本方程——欧拉方程、泵与风机的损失与效率、泵与风机的性能曲线及叶型对性能的影响、相似律与比转数、其他常用泵与风机。第5章动力和调节装置与管网系统的匹配,包括管网系统中动力装置的工作状态点、单级动力源枝状管网动力装置的匹配、多级动力源枝状管网动力装置的匹配、调节阀的流量特性及其与管网系统的匹配,动力装置与管网系统匹配案例(选学内容)、节流配置案例(选学内容)。第6章枝状管网水力工况分析与调节,包括管网系统的压力分布图、枝状管网水力工况分析方法、枝状管网水力工况调节、枝状管网水力工况分析与调节案例(选学内容)。第7章环状管网水力计算与水力工况分析,包括管网图及其矩阵表示、恒定流管网特性方程组及其求解方法、环状管网的水力计算与水力工况分析方法、环状管网的调节阀与动力装置的匹配、环状管网水力计算、水力工况分析与调节案例(选学内容)。第8章流体输配管网的工程应用案例(选学内容),包括城市热(冷)力管网案例、城市燃气管网案例、空调(采暖)冷(热)水输配管网案例、通风管网工程案例、建筑给排水管网工程案例、公共建筑流体输配管网节能工程案例。

课程宜安排的实验包括管网系统压力分布与特性曲线测定实验、动力装置性能测定实验、管网系统工况调节实验。

根据各学校和课程教师的具体情况,选择1个或以上实际工程进行全面案例剖析,主要从管网的功能要求、构成、布置原则和方法、水力特征、管网设计计算、实现管网功能和保障管网可靠运行的重要技术手段与装置匹配、管网的调试与调节方案、应用情况等方面展开。

按照教学计划,课程3学分,教学进程安排在第5学期,理论教学48~54学时,各章学时分配建议为:第1章1学时;第2章5学时;第3章6~10学时;第4~7章各6~8学时;第8章6学时。宜另安

排课程实验3~4个,每个实验2学时。

### 三、课程的教学重点、难点及其教学处理方法

#### (一)教学重点

管网系统的型式及其附属装置的作用;管网系统的共性特性;气体、液体、多相管流水力特征、共性与特性;管网系统水力计算的基本原理和水力计算方法;不同类型管网、不同条件下的水力计算方法选择与步骤、共同点与区别;离心式泵与风机的基本方程、性能曲线、相似律及其应用;泵与风机在管网系统中的工作点、工况调节、性能曲线;管网系统动力装置(泵与风机)的选择与匹配;管网系统特性曲线的获得、影响因素及调整方法,管网系统的压力分布规律、压力分布图的绘制与应用;管网系统的水力工况分析方法,应用调节阀和动力装置进行管网调节的方法;管网图的有关概念,图的矩阵表示,恒定流管网特性方程组,环状管网的水力计算及水力工况分析方法,环状管网的水力计算及水力工况分析软件的使用方法。

#### (二)教学难点

认识各种管网的共性和特性;压力和重力综合作用下的气体管流水力特征;两相流不同于单相流管网的水力特性,三种两相流管网的共性和特性;均匀送风管道设计,从掌握一种液体管网的水力计算推广到掌握其它各种液体管网的水力计算;泵与风机的理论性能曲线、实际性能曲线、无因次性能曲线的工程意义和使用方法;泵与风机的系统效应及其对泵与风机选用的影响,泵与风机的理论性能曲线、在管网中的实际工作性能曲线、标准试验获得的性能曲线的区别与联系,工程应用中的要点;管网系统特性曲线、管网压力分布图的绘制、分析和应用;各类管网系统的定压、调压原理;调节阀的应用方法;网络理论及其在管网分析中的应用。

#### (三)重点、难点内容的教学处理方法

(1)紧密结合工程案例进行理论教学。课程基本理论与方法来源于工程实际,学习的目的也是为了应用这些理论和方法解决实际问题。因此,在教学中紧密结合工程实例,引出解决问题的方法,讲解相关理论的抽象过程及实际应用。结合案例讲解的基本原则是案例要典型、有代表性,讲解透彻,切忌罗列案例;同时又要引导学生分析不同类型管网的区别和联系,使学生逐步形成“触类旁通”的分析能力。

(2)注重充分联系先修课程和实践环节,联系已学的理论知识和感性认识储备。在教学过程中,注重讲解流体力学中的基础理论与该课程有关理论、方法之间的联系与区别。如流体力学中的能量方程、流动阻力的计算是针对一个流动段落的两断面,而该课程将其扩展到管网中的任意回路。通过对比促进学生掌握该课程的重点、难点,使学生悟出流体力学基础理论的作用。

(3)加强实验环节教学,特别是综合性的实验环节,并要求学生对理论知识和自己动手获得的实验结果进行比较对照,加深理解。

(4)布置适当的与工程案例相结合的课后作业,使学生在完成作业的同时“体验”理论方法的应用过程,加深理解,并逐步掌握其应用方法。

#### 四、对任课教师知识和能力的要求

具备坚实的流体力学、流体输配管网理论基础;

了解专业全局和专业人才培养模式与规格要求,清楚专业课程体系及各门课程、各实践环节在人才培养方面的作用,掌握所承担的课程与其他课程或教学环节的衔接关系;具有丰富的工程实践经验,理解工程实践对人才能力的需求;具有新思想、新观念,了解学科前沿和发展动态,具有工程新技术研发经历和能力。

#### 参考文献:

- [1]付祥钊.建筑环境与设备工程专业本科教育设置平台课程的研究[J].高等建筑教育,2004,13(3):58-60.
- [2]肖勇全,张志刚,朱颖心,等.建筑环境与设备工程专业中平台课程体系构建与教学实践[J].高等建筑教育,2003,12(2):39-42.
- [3]朱颖心,石文星.对工科专业课程教学方法的思考[J].高等建筑教育,2011,20(5):78-82.

## Curriculum construction and teaching methods for fluid pipe network

XIAO Yi-min, FU Xiang-zhao

(Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

**Abstract:** We analyzed the position and role of the fluid pipe network course in the training program of building environment and facility engineering specialty, discussed the relationship of this course and other main courses and practice teaching, proposed optimization methods, and put forward knowledge and competence demands for teachers by analyzing the important and difficult teaching points of the course and corresponding methods.

**Keywords:** fluid pipe network; building environment and facility engineering; curriculum construction; teaching methods

(编辑 梁远华)