



中等专业学校试用教材

化工测量及仪表 课程设计

孙良振 编

化学工业出版社

中等专业学校试用教材

化工测量及仪表课程设计

孙良振 编

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字039号

图书在版编目(CIP)数据

化工测量及仪表课程设计/孙良振编.-北京:化学工业出版社,1995.5(2001.3重印)

化工院校中专教材

ISBN 7-5025-1460-0

I.化… II.孙… III.①化工计算-专业学校-教材②
化工仪表-专业学校-教材 IV.①TQ015②TQ056.1

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第11559号

中等专业学校试用教材
化工测量及仪表课程设计

孙良振 编

责任编辑:杨菁

封面设计:季玉芳

●
化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

发行电话:(010)64918013

<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本787×1092毫米 1/32 印张7¹/₂。字数168千字

1995年5月第1版 2001年3月北京第3次印刷

印数:7801—9300

ISBN 7-5025-1460-0/C·311

定价:10.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

本教材是根据1987年4月化工中专化工仪表及自动化专业教材编审委员会审定通过的《化工测量及仪表课程设计》教学大纲，以及化工部教育司1988年颁发的化工仪表及自动化专业指导性教学计划中关于对《化工测量及仪表课程设计》的要求编写的。用作化工中专《化工仪表及自动化》专业试用教材。

《化工测量及仪表课程设计》是本专业增设的重要教学内容。通过课程设计使学生把已学的理论知识应用于工程实际，进行设计能力的培养，掌握工程图纸的绘制方法和资料检索方法，为学生以后做自控工程毕业设计和将来参加实际工作打下良好基础。

本书共分四章，在设计中以角接取压标准孔板为主要内容。考虑到法兰取压标准孔板由于加工简单，安装方便，使用日渐普遍，因此对其设计计算方法和工程图纸的绘制也作了必要阐述。

节流装置的设计计算步骤繁锁，工作量大，使用计算机计算有着重要意义，因此本书第四章介绍了标准节流装置的计算机计算方法与步骤，为学生今后应用计算机进行节流装置的计算打下基础。本专业要求，《BASIC语言》课程的综合实验应结合专业课程的课题。因此，本书也可供本专业BASIC语言综合实验选题时参考。

本书由广西南宁化工学校孙良振编，湖南省化工学校李政学主审，株洲化工集团公司高级工程师陶子健、北京化工学校

方卫东、泸州化工学校吕廉克、辽宁石油化工学校张丽文参加了本书的审稿工作。

南京化工学校王永红对本书提出了宝贵意见。在计算程序上机调试过程中得到广西南宁化工学校吕志勇老师大力协助。编者在此谨向他们表示衷心的感谢。

《化工测量及仪表课程设计》教材编写尚属初次，内容有不当之处，敬请读者批评指正。

编者

1994年3月

目 录

第一章 概论	1
第一节 课程设计的目的和要求	1
一、课程设计的目的.....	1
二、课程设计的 yêu cầu.....	1
第二节 课程设计的内容	2
一、标准节流装置的设计计算.....	2
二、节流装置工程图纸的设计和绘制.....	2
第三节 化工测量及仪表课程设计的一般步骤	3
第二章 标准节流装置的设计计算	5
第一节 设计计算的基本知识	5
一、设计计算常用的符号.....	5
二、设计计算中常用的公式及数据.....	8
三、标准节流装置的设计计算方法.....	43
第二节 设计计算说明书	48
一、设计任务书.....	49
二、节流装置设计计算书.....	53
三、节流装置计算数据表.....	54
第三节 设计计算举例	56
一、角接取压标准孔板计算实例.....	56
二、法兰取压标准孔板计算实例.....	73
第三章 设计图纸的绘制	108
第一节 标准节流件和取压环室加工制造图	108
一、视图、图幅和标题栏.....	108
二、角接取压标准节流件加工制造图.....	109

三、角接取压环室加工制造图.....	115
四、法兰取压标准孔板加工制造图.....	123
第二节 标准节流装置安装图.....	125
一、制图要求.....	125
二、标准节流装置安装图.....	127
三、法兰、垫圈、螺栓与螺母.....	140
第四章 计算机在设计计算中的应用.....	189
第一节 概述.....	189
一、程序的适用范围.....	189
二、程序的功能及特点.....	190
第二节 计算方法及数据处理.....	192
一、节流件的计算方法.....	192
二、程序的输入数据和输出数据.....	196
三、程序框图及说明.....	201
四、标准节流装置计算程序.....	207
五、计算机计算实例.....	217
参考文献.....	228

第一章 概 论

第一节 课程设计的目的和要求

一、课程设计的目的

(1) 培养理论联系实际的正确设计思想,训练综合运用已经学过的理论知识去分析和解决工程实际问题的能力。

(2) 进行基本技能训练。例如:计算、绘图;正确运用资料、手册、标准和规范文件;正确进行数据处理和掌握流量测量总误差的估算方法等。

二、课程设计的要 求

根据设计的目的,要求学生掌握标准节流装置的设计计算方法和步骤;正确地查阅资料和手册;根据有关标准,正确地绘制工程图纸。关于化工测量及仪表课程设计的内容要求具体体现在指导教师所下达的设计任务书中,学生应按任务书的要求正确地进行设计计算和图纸的绘制。在设计过程中,提倡独立思考,深入钻研的学习精神和严肃认真、一丝不苟有错必改,精益求精的工作态度。反对不求甚解、照抄照搬、敷衍塞责、容忍错误的作法。

第二节 课程设计的内容

化工测量及仪表课程设计的内容主要是进行标准节流装置的设计，并建议以角接取压标准孔板的设计为主。设计工作在学生学完化工测量及仪表课程流量测量内容后进行，设计的主要工作有标准节流装置的设计计算及节流装置工程图纸的设计和绘制两部分。

一、标准节流装置的设计计算

设计计算的主要内容为：根据设计任务书所给的已知条件，选择适当流量标尺和差压上限系列值；选择差压计或差压变送器的型号；计算节流件开孔直径；确定节流件前、后直管段长度；计算节流装置最大的压力损失；估算节流装置流量测量总误差。

二、节流装置工程图纸的设计和绘制

根据设计任务书所给出的有关条件以及设计计算的结果，查阅与工程图纸有关的资料 and 标准，进行图纸的设计与绘制。图纸的内容包括节流件加工制造图、环室加工制造图、标准节流装置安装总图。

考虑到化工测量及仪表课程内容时应注意以下几点。

(1) 学生学过的与本课程设计相关的课程有机械制图、仪表机械基础；相关的实践环节有制图测绘练习，绘制装配图和零件加工图。因此从内容上看，本课程设计工程图纸的设计和绘制与上述所学的内容联系密切，因此应注意复习上述环节的内容，严格按照制图要求准确进行图纸的设计与绘制。

(2) 节流装置的使用与自动测量及自动调节过程紧密相

连，因此在设计时也应考虑到后续课程，特别是毕业设计环节上的需要。对于本专业，标准节流装置的设计是毕业环节进行的自控工程设计内容中的一个部分。所以在设计过程中，根据介质条件，掌握仪表选型原则和安装材料的选用原则；根据现场条件，了解流量测量系统配管布线的方法和要求，并在设计计算说明书或图纸技术要求内容中加以简要说明，为以后的毕业设计环节打下基础。

第三节 化工测量及仪表课程设计的一般步骤

化工测量及仪表课程设计按教学计划集中安排在一周时间内完成，内容安排上应尽量避免不必要的重复性。在设计中应以标准节流装置的设计为主，根据学生设计进度的具体情况对课程设计的内容可适当的增减。如计算的题目可适当增减。但必须保证设计内容的完整性、保证学生能得到一次系统的训练。

在进行课程设计前应由指导教师给定设计课题，并给出设计任务书，设计课题和任务书提供了课程设计的依据和设计的深度要求。节流装置设计计算所需的工艺条件可由指导教师提供，也可根据设计课题要求由学生自己到现场实地收集有关的数据资料，以利学生提高现场调查分析能力，提高设计的实用价值。化工测量及仪表课程设计的一般步骤如下。

(1) 阅读设计任务书和设计指导书，详细研究设计题目；复习《化工测量及仪表》课程教材有关内容和阅读本教材的主要内容，对设计的目的和方法做到心中有数；收集和整理与课程设计有关的资料。

(2) 标准节流装置的设计计算

根据已知条件进行设计计算：确定流量标尺刻度上限值

q_m 或 q_v ；选择差压计或差压变送器刻度上限值 Δp ；计算节流件开孔直径 d_{20} 值；估算所设计的节流装置的流量测量误差。

(3) 绘制节流件加工制造图、环室加工制造图和标准节流装置安装总图。

根据计算结果，根据管道的公称直径 DN 和公称压力 PN ，查得有关数据，按规定要求绘制节流件加工制造图和环室加工制造图。在此基础上选择合适的法兰、紧固件和别的安装材料，按要求绘制标准节流装置安装总图。

(4) 整理和编写以标准节流装置设计计算为主要内容的设计计算说明书。设计计算说明书以16开纸书写并加上封面装订成册，设计任务书应工整抄写并附于说明书封面后首页，设计图纸要求附在说明书后一并装订。

第二章 标准节流装置的设计计算

第一节 设计计算的基本知识

一、设计计算常用的符号

设计计算中，常用的符号见表2-1。

表2-1 符号表

符 号	名 称 和 定 义	法 定 单 位	
		名 称	符 号
q_V	工作状态下，体积流量标尺上限	立方米每小时	m^3/h
q_{Vmax}	工作状态下，最大体积流量	立方米每小时	m^3/h
q_{Vcom}	工作状态下，常用体积流量	立方米每小时	m^3/h
q_{Vmin}	工作状态下，最小体积流量	立方米每小时	m^3/h
q_{V20}	20°C，101325Pa 状态下，体积流量标尺上限	立方米每小时	m^3/h
q_{V20max}	20°C，101325Pa 状态下，最大体积流量	立方米每小时	m^3/h
q_{V20com}	20°C，101325Pa 状态下，常用体积流量	立方米每小时	m^3/h
q_{V20min}	20°C，101325Pa 状态下，最小体积流量	立方米每小时	m^3/h
q_{V0}	0°C，101325Pa 状态下，体积流量标尺上限	立方米每小时	m^3/h
q_{V0max}	0°C，101325Pa 状态下，最大体积流量	立方米每小时	m^3/h

符 号	名 称 和 定 义	法 定 单 位	
		名 称	符 号
q_{V0com}	0°C, 101325Pa 状态下, 常用体 积流量	立方米每小时	m^3/h
q_{V0min}	0°C, 101325Pa 状态下, 最小体 积流量	立方米每小时	m^3/h
q_m	工作状态下, 质量流量标尺上限	千克每小时	kg/h
q_{mmax}	工作状态下, 最大质量流量	千克每小时	kg/h
q_{mcom}	工作状态下, 常用质量流量	千克每小时	kg/h
q_{min}	工作状态下, 最小质量流量	千克每小时	kg/h
ρ_1	工作状态下, 被测流体密度	千克每立方米	kg/m^3
ρ_{20}	20°C, 101325Pa 状态下, 被测流 体密度	千克每立方米	kg/m^3
ρ_0	0°C, 101325Pa 状态下, 被测流体 密度	千克每立方米	kg/m^3
ρ_g	工作状态下, 干气体的密度	千克每立方米	kg/m^3
ρ_{smax}	工作状态下, 水蒸气最大可能的密 度	千克每立方米	kg/m^3
ΔP	差压上限	帕(斯卡)	Pa
ΔP_{max}	最大差压	帕(斯卡)	Pa
ΔP_{com}	常用差压	帕(斯卡)	Pa
P_1	工作状态下, 被测流体的绝对压力 $P_1 = P_B + P_1(\text{表})$	帕(斯卡)	Pa
P_B	当地平均大气压	帕(斯卡)	Pa
$P_1(\text{表})$	工作状态下, 被测流体的表压力	帕(斯卡)	Pa
P_N	标准大气压, 等于101325	帕(斯卡)	Pa
P_{smax}	温度为 T 时, 湿气体中水蒸气最大 可能压力	帕(斯卡)	Pa
δ_P	节流件的压力损失	帕(斯卡)	Pa
P_c	临界绝对压力	帕(斯卡)	Pa
P'_c	假临界绝对压力	帕(斯卡)	Pa
P_r	对比压力	纯数	

续表

符 号	名 称 和 定 义	法 定 单 位	
		名 称	符 号
P'_r	假对比压力	纯数	
T_c	临界绝对温度	开尔文	K
T'_c	假临界绝对温度	开尔文	K
T^r	对比温度	纯数	
T'_r	假对比温度	纯数	
Re_D	管径的雷诺数	纯数	
Re_{Dmax}	工作状态下, 管径的最大雷诺数	纯数	
Re_{Dcom}	工作状态下, 管径的常用雷诺数	纯数	
Re_{Dmin}	工作状态下, 管径的最小雷诺数	纯数	
η	工作状态下, 被测流体的动力粘度	帕[斯卡]·秒	Pa·s =kg/(m·s)
η_{20}	20°C, 101325Pa 状态下, 被测流体的动力粘度	帕[斯卡]·秒	Pa·s =kg/(m·s)
η_0	0°C, 101325Pa 状态下, 被测流体的动力粘度	帕斯卡·秒	Pa·s =kg/(m·s)
ν	工作状态下, 被测流体的运动粘度	平方米每秒	m ² /s
ν_{20}	20°C, 101325Pa 状态下, 被测流体的运动粘度	平方米每秒	m ² /s
ν_0	0°C, 101325Pa 状态下, 被测流体的运动粘度	平方米每秒	m ² /s
φ	工作状态下, 气体的相对湿度	%	%
χ	工作状态下, 气体或水蒸气的等焓指数	纯数	
Z	工作状态下, 气体的压缩系数	纯数	
μ	液体在温度为20°C~ t 范围内的平均体膨胀系数	每度	°C ⁻¹
β	工作状态下, 节流件开孔直径比, $\beta = \frac{d}{D}$	纯数	
D	工作状态下, 管道内径	毫米	mm
D_{20}	20°C时, 管道内径	毫米	mm

续表

符 号	名 称 和 定 义	法 定 单 位	
		名 称	符 号
d	工作状态下, 节流件开孔直径	毫米	mm
d_{20}	20°C 时, 节流件开孔直径	毫米	mm
K	管道内壁的绝对平均粗糙度	毫米	mm
λ	节流件或管道材质的热膨胀系数	毫米每毫米度	mm/(mm·°C)
λ_d	节流件材质的热膨胀系数	毫米每毫米度	mm/(mm·°C)
λ_D	管道材质的热膨胀系数	毫米每毫米度	mm/(mm·°C)
α_0	光滑管流量系数	纯数	
α	糙管流量系数	纯数	
γ_{Re}	管道粗糙度修正系数	纯数	
ε	流体膨胀系数	纯数	
σ_{qm}	质量流量测量的标准误差		
σ_{qv}	体积流量测量的标准误差		
τ	极限误差 $\tau=2\sigma$		

二、设计计算中常用的公式及数据

(一) 与标准节流装置有关的公式与数据

1. 标准节流装置的适用范围

角接取压标准孔板:

$$\text{管径范围 } 50\text{mm} \leq D \leq 1000\text{mm}$$

$$\text{直径比范围 } 0.22 \leq \beta \leq 0.80$$

$$\text{雷诺数范围 } 5 \times 10^3 \leq Re_D \leq 10^7$$

法兰取压标准孔板:

$$\text{管径范围 } 50\text{mm} \leq D \leq 750\text{mm}$$

$$\text{直径比范围 } 0.10 \leq \beta \leq 0.75$$

$$\text{雷诺数范围 } 8 \times 10^3 \leq Re_D \leq 10^7$$

角接取压标准喷嘴:

管径范围 $50\text{mm} \leq D \leq 500\text{mm}$

直径比范围 $0.32 \leq \beta \leq 0.80$

雷诺数范围 $2 \times 10^4 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$

2. 实用流量公式

$$q_m = 0.0039999 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{\rho_1 \Delta p} \quad (2-1)$$

$$q_v = 0.0039999 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{\Delta p / \rho_1} \quad (2-2)$$

3. 角接取压标准孔板 α_0 和 α 的确定

角接取压标准孔板流量系数 $\alpha = \alpha_0 \gamma_{Re}$ 。

α_0 根据 $\alpha_0 = f(\alpha_0 \beta^2, Re_D, \beta)$ 的函数关系表求得。若用计算机计算可参看第四章有关经验公式。 γ_{Re} 值则按下述方法求得。

$$Re_D < 10^6 \quad \gamma_{Re} = (\gamma_0 - 1) \left(\frac{\lg Re_D}{6} \right)^2 + 1 \quad (2-3)$$

$$Re_D \geq 10^6 \quad \gamma_{Re} = \gamma_0$$

表2-2 标准孔板的 γ_0 值

β^2	D/K								
	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	≥ 3400
γ_0									
0.1	1.002	1.000	1.000	1.000					1.000
0.2	1.003	1.002	1.001	1.000					1.000
0.3	1.006	1.004	1.001	1.001	1.000				1.000
0.4	1.009	1.006	1.002	1.002	1.001	1.000			1.000
0.5	1.014	1.009	1.004	1.004	1.002	1.001	1.000		1.000
0.6	1.020	1.013	1.006	1.006	1.003	1.002	1.000	1.000	1.000
0.64	1.024	1.016	1.007	1.007	1.004	1.002	1.002	1.000	1.000

所以角接取压标准孔板实用公式可写成如下形式：

$$q_m = 0.0039999 \alpha_0 \gamma_{Re} \varepsilon d^2 \sqrt{\rho_1 \Delta p} \quad (2-4)$$

$$q_v = 0.0039999 \alpha_0 \gamma_{Re} \varepsilon d^2 \sqrt{\Delta p / \rho_1} \quad (2-5)$$

$$\text{或} \quad q_m = 0.003999 \gamma_{Re} \varepsilon \alpha_0 \beta^2 D^2 \sqrt{\rho_1 \Delta P} \quad (2-6)$$

$$q_V = 0.003999 \gamma_{Re} \varepsilon \alpha_0 \beta^2 D^2 \sqrt{\Delta P / \rho_1} \quad (2-7)$$

4. 法兰取压标准孔板 α 的确定

α 可根据 $\alpha = f(\alpha \beta^2, Re_D, \beta, D)$ 的函数关系表求得, 见表 2-19, 若用计算机计算可用第四章经验公式。

5. 角接取压标准孔板 ε 的确定

可以用下述经验公式计算:

$$\varepsilon = 1 - (0.3707 + 0.3184 \beta^4) \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \right]^{0.935} \quad (2-8)$$

6. 法兰取压标准孔板 ε 的确定,

可以用式(2-9)经验公式计算:

$$\varepsilon = 1 - (0.41 + 0.35 \beta^4) \frac{\Delta P}{P_1} \cdot \frac{1}{\kappa} \quad (2-9)$$

求取 ε 的数值, 应采用常用流量下的差压值, 常用流量下的差压 ΔP_{com} 按式(2-10)确定:

$$\Delta P_{com} = \left(\frac{q_{com}}{q} \right)^2 \Delta P \quad (2-10)$$

关于角接取压标准喷嘴的 α_0 (α)和 ε 的确定, 方法与角接取压标准孔板基本相同, 只是所用的数据表和计算公式不一样, 求取时可查阅有关资料。对于糙管, 也要进行管道粗糙度的修正。若用计算机计算可参看第四章有关的经验公式。

7. 开孔直径 α 、管道内径 D 与温度的换算关系

开孔直径、管道内径与温度的换算关系可用下列换算公式表示:

$$d = d_{20} [1 + A_d (t_1 - 20)] \quad (2-11)$$

$$D = D_{20} [1 + A_D (t_1 - 20)] \quad (2-12)$$

A_d 和 A_D 为节流件及管道材质膨胀校正系数, 其值可见表