



普通高等教育“十三五”规划教材

化工原理 课程设计及实验

邹丽霞 杨 焯 刘成佐 欧阳金波 黄国林 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

“三五”规划教材

化工原理 课程设计及实验

邹丽霞 杨 焯 刘成佐 欧阳金波 黄国林 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书分两部分：上篇——化工原理课程设计，下篇——化工原理实验。上篇主要包括：工程制图基础知识，换热器设计（列管式换热器与板式换热器设计），塔设备的设计（板式塔和填料塔的设计）。设计环节包括有过程的物料衡算、工艺计算、结构设计和校核，课程设计说明书的编写、图纸绘制的要求等。下篇主要包括：伯努利方程实验、雷诺演示实验、流体流动阻力的测定、离心泵特性曲线测定、恒压过滤参数的测定、空气-水蒸气对流传热系数测定、筛板塔精馏实验、填料吸收塔的操作及吸收传质系数的测定、萃取塔实验，实验内容含实验目的、实验原理、实验操作流程与方法、实验数据记录 and 数据处理、实验思考题及实验报告编写要求等。

本书是根据化工原理课程设计的教学大纲要求及化工原理实验教学大纲内容及现有的实验设备和操作流程编写的，可作为普通高等院校化工、制药、环境、核化工等专业的教材及参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

化工原理课程设计及实验 / 邹丽霞等编著. —北京：
中国石化出版社, 2018. 12
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5114-4399-1

I. ①化… II. ①邹… III. ①化工原理-课程设计-
高等学校-教材②化工原理-实验-高等学校-教材
IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 325148 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区吉市口路 9 号

邮编: 100020 电话: (010) 59964500

发行部电话: (010) 59964526

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 306 千字
2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷
定价: 32.00 元



前 言

PREFACE

本书是化工原理课程相配套的教学用书,是结合该课程的教学要求与学生对知识的掌握情况,同时参考了国内外许多专家学者关于化工原理课程设计、工程制图等著作和教材编写而成的。全书分两部分:上篇——化工原理课程设计,下篇——化工原理实验。课程设计主要包括:工程制图基础知识、换热器设计(管壳式换热器与板式换热器)的设计,塔设备(板式塔和填料塔)的设计。实验部分主要依据相关实验设备、工艺流程及其操作实验方法编写而成,主要有:伯努利方程实验、雷诺演示实验、流体流动阻力的测定、离心泵特性曲线测定、恒压过滤参数的测定、空气-水蒸气对流传热系数测定、筛板塔精馏实验、填料吸收塔的操作及吸收传质系数的测定、萃取塔实验。旨在通过课程的优化整合,使学生掌握化工设计、化工原理实验的基本程序和方法,获得化工工程设计、化工基础操作的初步训练;从而增强学生工程观念,掌握化工工程问题的研究方法;培养、提高学生独立工作能力、设计能力,提高学生的工程实践能力和创新能力。该教材有益于化工工程实践环节的训练,以培养适应化工生产实际需要的专业技术人才。

本书由邹丽霞、杨焯、刘成佐、欧阳金波、黄国林编写,在整个编写过程中还得到其他许多同志的支持和帮助,对此深表感谢。由于编者学术水平、经验有限,书中可能存在一些不妥之处,敬请同仁和读者批评指正。



目 录

CONTENTS

上篇 化工原理课程设计

第1章 化工原理课程设计的要求和内容	(3)
1.1 化工原理课程设计的要求	(3)
1.2 化工原理课程设计的内容	(3)
参考文献	(4)
第2章 工程制图基础知识	(5)
2.1 工程制图的基本规定	(5)
2.1.1 图纸幅面和格式、标题栏	(5)
2.1.2 比例	(10)
2.1.3 字体	(11)
2.1.4 图线	(11)
2.1.5 尺寸注法	(13)
2.2 工艺流程	(16)
2.2.1 工艺流程图中常见的图形符号	(16)
2.2.2 工艺流程设计	(27)
2.2.3 工艺流程设计的基本原则	(28)
2.3 主体设备设计条件图	(29)
2.4 化工过程技术经济评价	(29)
参考文献	(29)
第3章 换热器的设计	(31)
3.1 换热器概述	(31)
3.1.1 换热器的发展	(31)
3.1.2 换热器传热研究的动态	(32)
3.1.3 换热器的分类	(33)
3.2 管壳式换热器的结构和分类	(35)
3.2.1 管壳式换热器的结构	(35)
3.2.2 管壳式换热器的分类	(36)



3.2.3	管壳式换热器设计方案的确定	(38)
3.2.4	管壳式换热器的结构	(42)
3.2.5	管壳式换热器的设计计算	(48)
3.2.6	管壳式换热器设计示例	(54)
3.3	板式换热器设计	(62)
3.3.1	板式换热器的基本结构	(62)
3.3.2	板式换热器的优点	(65)
3.3.3	板式换热器设计的一般原则	(66)
3.3.4	板式换热器的设计计算	(67)
3.3.5	板式换热器设计示例	(70)
	参考文献	(73)
第4章	塔设备的设计	(74)
4.1	概 述	(75)
4.1.1	塔设备的简介	(75)
4.1.2	塔设备的性能要求	(76)
4.1.3	板式塔与填料塔的比较及选型	(76)
4.2	板式塔的设计	(77)
4.2.1	设计方案的确定	(77)
4.2.2	塔板的类型与选择	(79)
4.2.3	板式塔的塔体工艺尺寸计算	(81)
4.2.4	板式塔的塔板工艺尺寸计算	(84)
4.2.5	塔板的流体力学验算	(91)
4.2.6	塔板的负荷性能图	(95)
4.2.7	板式塔的结构与附属设备	(95)
4.2.8	浮阀塔设计示例	(100)
4.3	填料塔的设计	(119)
4.3.1	设计方案的确定	(119)
4.3.2	填料的类型与选择	(120)
4.3.3	填料塔工艺尺寸的计算	(123)
4.3.4	填料层压降的计算	(130)
4.3.5	气体和液体的进出口装置设计	(131)
4.3.6	填料塔内件的类型与设计	(132)
4.3.7	填料吸收塔设计示例	(136)
4.3.8	填料精馏塔设计示例	(144)
	参考文献	(148)



下篇 化工原理实验

第5章 化工原理实验要求	(153)
5.1 化工原理实验特征	(153)
5.2 化工原理实验目的	(153)
5.3 实验预习报告	(153)
5.4 实验阶段要求	(154)
5.5 实验报告要求	(154)
第6章 实验部分	(156)
6.1 伯努利方程实验	(156)
6.1.1 实验目的	(156)
6.1.2 实验原理	(156)
6.1.3 实验装置	(156)
6.1.4 实验步骤	(157)
6.1.5 实验数据处理	(157)
6.1.6 实验注意事项	(158)
6.1.7 思考题	(158)
6.2 雷诺演示实验	(158)
6.2.1 实验目的	(158)
6.2.2 基本原理	(158)
6.2.3 实验装置及流程	(159)
6.2.4 演示操作	(159)
6.2.5 实验数据记录与处理	(159)
6.2.6 结果讨论	(160)
6.2.7 思考题	(160)
6.3 流体流动阻力的测定	(160)
6.3.1 实验目的	(160)
6.3.2 基本原理	(160)
6.3.3 实验装置与流程	(162)
6.3.4 实验步骤	(163)
6.3.5 实验数据处理	(163)
6.3.6 实验报告	(163)
6.3.7 思考题	(164)
6.4 离心泵特性曲线测定	(164)
6.4.1 实验目的	(164)



6.4.2	基本原理	(164)
6.4.3	实验装置与流程	(165)
6.4.4	实验步骤及注意事项	(166)
6.4.5	数据处理	(166)
6.4.6	实验结果	(167)
6.4.7	思考题	(167)
6.5	恒压过滤参数的测定	(167)
6.5.1	实验目的	(167)
6.5.2	实验内容	(168)
6.5.3	实验原理	(168)
6.5.4	实验装置	(168)
6.5.5	实验的操作步骤	(169)
6.5.6	注意事项	(170)
6.5.7	实验数据表	(170)
6.5.8	计算步骤	(170)
6.5.9	思考题	(171)
6.6	空气-水蒸气对流传热系数测定	(171)
6.6.1	实验目的	(171)
6.6.2	基本原理	(171)
6.6.3	实验装置与流程	(174)
6.6.4	实验步骤	(175)
6.6.5	实验数据记录	(176)
6.6.6	实验数据处理	(176)
6.6.7	实验报告	(177)
6.6.8	思考题	(177)
6.7	筛板塔精馏实验	(177)
6.7.1	实验目的	(177)
6.7.2	实验内容	(177)
6.7.3	实验原理、方法和手段	(177)
6.7.4	实验装置与流程	(179)
6.7.5	实验步骤	(180)
6.7.6	实验结果处理	(181)
6.7.7	思考题	(182)
6.8	填料吸收塔的操作及吸收传质系数的测定	(182)
6.8.1	实验目的	(182)



6.8.2	实验内容	(182)
6.8.3	基本原理	(182)
6.8.4	实验装置及其设备主要尺寸	(183)
6.8.5	实验步骤	(184)
6.8.6	实验结果与讨论	(185)
6.8.7	思考题	(185)
6.9	萃取塔实验	(188)
6.9.1	实验目的	(188)
6.9.2	实验内容	(188)
6.9.3	实验原理	(188)
6.9.4	实验装置	(189)
6.9.5	实验方法和步骤	(190)
6.9.6	实验结果与处理	(191)
6.9.7	实验结果与分析	(193)
6.9.8	思考题	(193)
参考文献	(194)

上 篇

化工原理课程设计

第1章 化工原理课程设计的要求和内容

化工工程设计是化工工程建设的灵魂，是科研成果转化为生产力的桥梁和纽带；化工工艺设计是化工工程设计的主体；化工原理课程设计是化工工艺设计的主体和重要组成部分，其设计对象是化工单元操作设备的工艺设计。先进的设计思想、科学的设计方法和优秀的设计作品是工程设计人员应坚持的设计方向和追求的目标。本书内容旨在加强培养化工类及其相关专业学生综合应用化工原理课程及其相关先修课程所学知识进行化工典型单元设备工艺设计的实践能力。

1.1 化工原理课程设计的要求

化工原理课程设计是在完成化工原理课程基础上进行的一次综合性训练的教学环节。主要内容包括典型单元操作中某一工艺过程的工艺计算、主设备结构尺寸的设计计算及选择、辅助设备的设计计算及选型、典型单元设备图纸设计及绘制。

课程设计是化工原理课程教学中综合性和实践性较强的教学环节，是理论联系实际桥梁，是使学生体察工程实际问题复杂性、学习化工设计基本知识的初次尝试。课程设计需要学生自己确定设计方案、选择工艺流程、查取相关数据、收集相关资料、进行过程和设备计算，并要对自己的选择做出论证和核算，经过反复的分析比较，择优选定最理想的方案和合理的设计。所以，课程设计可以使使学生掌握化工设计的基本程序和方法，是化工工程设计的初步训练；以此增强学生工程观念，培养、提高学生独立工作能力、设计能力，是一个有益实践的训练环节。通过课程设计，可以训练学生提高如下几个方面的能力：

(1) 熟练查阅文献资料、搜集有关数据、正确选用公式。当缺乏必要数据时，尚需要自己通过实验测定、理论估算或到生产现场进行实际调查。

(2) 在兼顾技术先进性、可行性、经济合理性的前提下，综合分析设计任务要求、确定化工工艺流程、进行设备选型，并提出保证过程正常、安全运行所需的检测和计量参数，同时还要考虑改善劳动条件、操作维修方便和保护环境的有效措施。

(3) 准确而迅速地进行过程计算及主要设备的工艺设计计算。

(4) 用精炼的语言、简洁的文字、清晰的图表，表达自己的设计思想和计算结果。

(5) 典型单元设备的工艺尺寸设计及图纸绘制能力。

1.2 化工原理课程设计的内容

课程设计一般包括如下内容：

(1) 设计方案简介 根据设计任务书所提供的条件和要求，通过对现有生产现场的调查或对现有资料的分析对比，选定适宜的方案和设备类型，初步确定工艺流程。对给定或选定的工艺流程、主要设备的型式进行简要的介绍。

(2) 主要设备的工艺设计计算 包括工艺参数的选定、物料衡算、热量衡算、设备的工艺尺寸计算。

(3) 典型辅助设备的选型和计算 包括典型辅助设备的主要工艺尺寸计算和设备型号、规格的选定。

(4) 带控制点的工艺流程简图 以单线图的形式绘制, 标出主体设备和辅助设备的物流流向以及主要化工参数测量点。

(5) 主体设备设计条件图 图面上应包括设备的主要工艺尺寸、技术特性表和管口表。
完整的课程设计报告由设计说明书和图纸两部分组成。设计说明书中应包括所有论述、原始数据、计算过程、图表等, 编排顺序如下:

- ① 封面, 包括设计题目、设计者(班级、学号、名字)、设计时间;
- ② 设计任务;
- ③ 设计说明书摘要;
- ④ 目录;
- ⑤ 设计方案简介;
- ⑥ 工艺流程草图及说明;
- ⑦ 工艺计算及主体设备工艺设计;
- ⑧ 辅助设备的计算及选型;
- ⑨ 设计结果概要与设计一览表;
- ⑩ 对本设计的评述;
- ⑪ 附图;
- ⑫ 参考文献;
- ⑬ 主要符号说明。

参 考 文 献

- [1] 柴诚敬, 刘国维. 化工原理课程设计[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1994.
- [2] 黄璐, 王保国. 化工设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [3] 匡国柱, 史启才. 化工单元过程及设备课程设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [4] 柴诚敬, 张国亮. 化工流体流动与传热: 第2版[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [5] 王静康. 化工设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.

第2章 工程制图基础知识

工程图样作为工程界的共同语言,是产品设计、制造、安装、检测等过程中的重要技术资料,是技术交流的重要工具。为便于绘制、阅读、管理和交流,必须对图样的画法、尺寸标注等方面作出统一规定,这个规定就是制图标准。工程技术人员必须熟悉并遵守有关制图标准,才能保证绘图及读图的顺利进行。

制图一般采用国家标准,简称“国标”,代号“GB”。如《技术制图 图线》(GB/T 17450—1998)、《机械制图 尺寸注法》(GB/T 4458.4—2003)等。其中,代号“GB/T”为推荐性国标,代号后面的第一组数字表示标准的编号,第二组数字表示标准发布的年份。

本章主要介绍《化工制图》和《机械制图》国家标准中对图纸幅面格式、比例、字体、图线和尺寸标注的基本规定,介绍常见的绘图方式。

2.1 工程制图的基本规定

2.1.1 图纸幅面和格式、标题栏

1) 图纸幅面及化工设备图样基本内容及其布局

表 2-1 为图纸基本幅面和图框的尺寸。绘图时应优先采用基本幅面,必要时图纸幅面可按 GB/T 14689—2008 规定加长加宽。化工设备图样也有多种,不同的图样有不同的布局格式,一张图样中到底该画几个零件,没有具体的规定,但每一分区只能画一个零件。图纸幅面大小应根据设备总体尺寸结合绘图比例相互调整选定,并考虑视图数量、尺寸配置、明细栏大小、技术要求等各项内容所占的范围及其间隔等来确定,力求使全部内容在幅面上布置得均匀合理(图 2-1)。图 2-2、图 2-3 分别为不留装订边图纸的图框格式、尺寸代号与留有装订边图纸的图框格式、尺寸代号,其边框数据如表 2-1 所示。

表 2-1 图纸幅面和边框尺寸

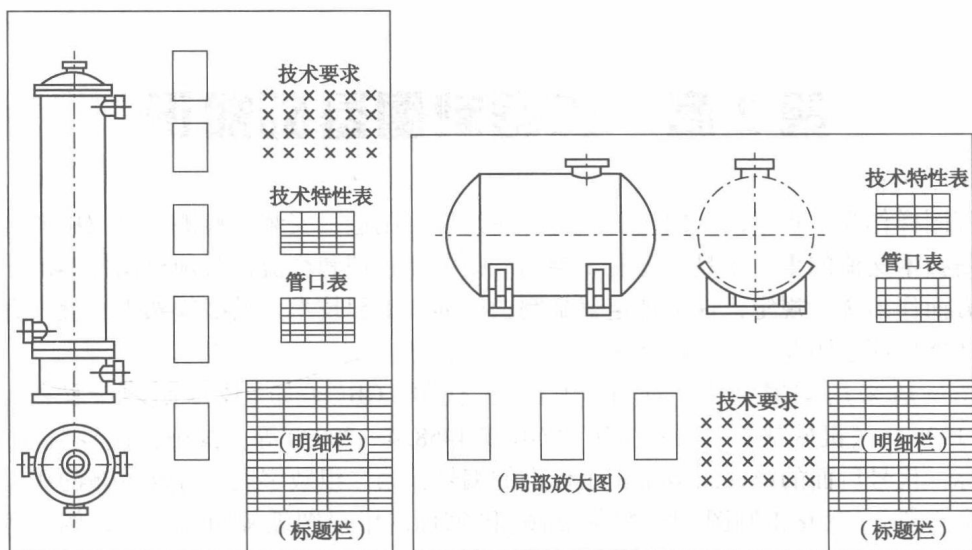
mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

2) 标题栏

(1) 标题栏位置

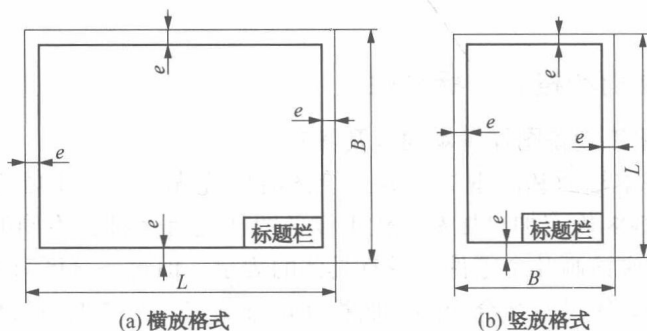
化工设备图样中的标题栏、明细栏、设计数据表等,不同行业、不同单位使用的图表格式不尽相同,但所包含的内容基本一致。标题栏的位置一般在图框的右下角,如图 2-2、图 2-3 所示,标题栏中的文字方向为看图方向。图样名称用 10 号字书写,校名、图样代号用 7 号字书写,其余用 5 号字书写。



(a) 立式化工设备图的图面布置

(b) 卧式化工设备图的图面布置

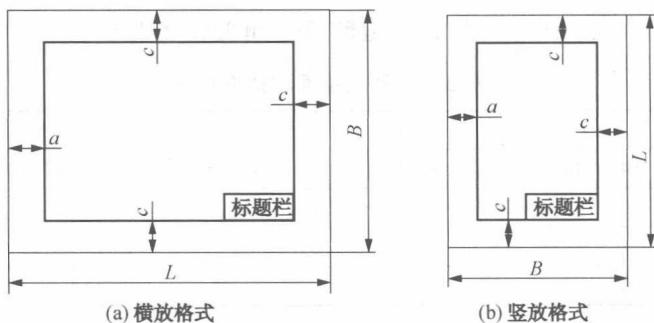
图 2-1 化工设备图的图面布置



(a) 横放格式

(b) 竖放格式

图 2-2 不留装订边的图框格式



(a) 横放格式

(b) 竖放格式

图 2-3 留有装订边的图框格式

(2) 标题栏格式

化工设备图样的标题栏有主标题栏和简单标题栏之分。每一张图纸的右下角都必须有主标题栏，每一个部件图、零件图都必须有一个简单标题栏。标题栏的格式如图 2-4 所示，边框线型均为粗实线，其余线型均为细实线。

(设计单位)			(工程名称)		
职责	签字	日期	(图名)		
设计					
制图					
校核					
审核					
审定					
年		比例	第 张	共 张	
20	25	15	15	45	
			60		
180					

(a) 主标题栏

MA提纯塔冷凝器 PN4.0, F=15m ² 装配图	××精馏塔 PN4.0, DN600, H=6349 装配图	××反应塔 V=2m ³ 装配图
--	--------------------------------------	-----------------------------------

(b) “图名”栏填写示例

序号	名称	材料	质量(kg)	比例	所在图号	装配图号
15	55	30	15	15	25	25
180						

(c) 简单标题栏

图 2-4 标题栏尺寸和格式

(3) 标题栏的填写

标题栏的填写要求如下:

- ① “设计单位”栏 填写设计单位名称, 推荐采用 7 号字。
- ② “图名”栏 填写图样名称, 推荐采用 5 号字。该栏一般分三行填写, 第一行为设备名称, 第二行为设备的主要规格尺寸, 第三行为图样或技术文件的名称, 如图 2-4(b) 所示。
- ③ “图号”栏 填写图样代号(图号), 推荐采用 5 号字, 图号编写的格式是“×××××-××”。

第一部分“××”是设备的分类代号, 化工设备设计文件中, 将化工设备及其他机械设备和专用设备分为 0~9 共 10 大类, 常见的有 3 大类, 每大类中又分为 0~9 种不同的规格, 均有不同的代号。

第二部分“××××”是设计文件的顺序号, 即本单位同类设备文件的顺序号。

第三部分“××”是图纸的顺序号, 可按“设备总图、装配图、部件图、零件图”的顺序编排, 如: 设备总图 01、装配图 02、部件图 03、零件 04 等。如果只有一张图纸时, 则不加尾号, 只保留设计文件的顺序号即可。

3) 明细栏

(1) 明细栏的格式(GB/T 10609.2—2009)

化工设备图样中明细栏的格式如图 2-5 所示。明细栏在图样中的位置如图 2-1 所示, 当零部件的数量很多, 可以将明细栏的一部分移到标题栏的左边, 并按顺序依次由下向上排列。明细栏的边框线型为粗实线, 其余线型为细实线。

序号	代号	名称	数量	材料	单 质量(kg)	总	备注	
15	30	55	10	30	20			
180								

图 2-5 明细栏格式

(2) 明细栏的内容填写

序号栏：按装配图上的零部件编号由下而上顺序填写。

图号或标准号栏：对非标准零部件，填写零部件所在图纸主标题栏中的图号（不绘制图样的零件，此栏不填）；对标准的零部件，填写其标准号（当材料不同于标准件的零件时，此栏不填，只在备注栏中填写，尺寸按“标准号”）。

名称栏：填写零部件或外购件的名称。标准零部件按标准中规定的标注方法填写，如封头“DN1000×10”；不绘图的零件在名称后应列出规格或实际尺寸（如“筒体 DN1000×10H=2000 接管 φ57×4L=180”等）；外购件按有关部门规定的名称填写。

材料栏：填写零件的材料名称（牌号）；对于无标准规定的材料，应按照材料的习惯名称标出；对于部件和外购件，此栏不填（用斜线表示），但对于需要注明材料的外购件，此栏仍需填写。

数量栏：装配图或部件图中填写所属零部件及外购件的件数；大量的填充物（如填料、耐火砖等）以 m³ 计；大面积的衬里、金属网等以 m² 计。

质量栏：应分别填写零部件的单个质量和总质量，一般准确到小数点后一位，特殊贵金属保留小数点后数字的位数，视材料价格而定，当零部件只有一件时，“单栏”不填；质量小、数量少、不足以影响设备造价的普通材料的小零件的质量可不填写，以斜细实线表示。

备注栏：填写其他要说明的内容，如当“名称”栏内填写的内容较多时，可能填不下，这时可在备注栏内填写。

4) 管口表

(1) 管口表的格式

管口表的格式如图 2-6 所示，边框线型为粗实线，其余为细实线。

符号	公称尺寸	连接尺寸与标准	连接面形式	用途或名称
10	20	(50)	15	25
120				

图 2-6 管口表的格式和尺寸

(2) 管口表的填写

符号栏：填写装配图上接管的管口标注符号，按英文字母的顺序由上而下填写，当管口