



化工原理课程设计 简明教程

唐伦成 编著

哈尔滨工程大学出版社

化工原理课程设计 简明教程

唐伦成 编著

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

化工原理课程设计简明教程/唐伦成编著. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2005

ISBN 7-81073-674-4

I. 化… II. 唐… III. 化工原理-课程设计-高等学校-教材 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 022339 号

内 容 简 介

本书是针对高等院校化工原理课程设计的实际需要而编写的。

全书分为四章,分别介绍了典型的化工单元操作过程与设备设计,即流体流动过程与泵的选型、传热过程与换热装置的设计或选型、传质过程与传质设备的设计。化工设计的一般原则、要求、内容和步骤等,分别融合在各具体的化工单元操作与设备设计或选型的过程中。

本书可作为高等院校化学工程与工艺专业及相近专业化工原理课程设计的指导书和参考书,也可供从事化学工程及设备设计的工程技术人员参考。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈尔滨工程大学11号楼
发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001
新华书店经销
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 7.75 字数 183 千字

2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—1 000 册

定价:11.00 元

前 言

本教程是针对高等院校化工原理课程设计的教学实际需要,根据化工原理课程教学体系的基本要求,结合哈尔滨工程大学及兄弟院校多年的教学实践经验和教学改革成果,在参阅了国内外最新的有关化工设计资料的基础上编写而成的。

本书简明扼要地阐述了课程设计的一般原则、要求、内容和步骤,分别介绍了流体流动与泵的选型、传热过程与换热装置的设计或选型、传质过程与传质设备的设计。内容涵盖了化工原理课程的大部分内容和典型的化工单元操作过程与设备设计计算步骤,是化工原理课程设计的简明教材和化工设计指导书、参考书。

由于本教程编写目的明确、针对性强,所以便于学生或设计者尽快地进入设计程序,并能按正确的技术路线进行设计。

本书由哈尔滨工程大学向德明老师主审。

限于编者水平,书中难免有不少缺点和谬误,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 3 月

目 录

0 绪 论	1
0.1 课程设计在“化工原理”课程中的地位和作用	1
0.2 通过课程设计培养学生的工程技术观点	1
0.3 通过课程设计培养学生的综合能力	2
0.4 课程设计的步骤与内容	3
0.5 课程设计与化工设计所涉及的单位、单位制和单位换算	4
1 离心泵的选型和使用	6
1.1 概 述	6
1.2 离心泵的工作原理、结构与性能参数	6
1.3 离心泵的类型与选用	11
1.4 离心泵的安装高度和使用	14
2 列管式换热器的选型与设计	24
2.1 概 述	24
2.2 列管式换热器的结构与类型	24
2.3 列管式换热器的主要部件	27
2.4 列管式换热器的选用原则、步骤、内容与计算	31
2.5 列管式换热器选型计算实例	38
3 填料吸收塔的设计	44
3.1 概 述	44
3.2 填料塔及填料	45
3.3 流程、溶剂及溶剂用量的确定	56
3.4 气-液平衡关系和填料塔的水力学性能	61
3.5 吸收传质系数	66
3.6 填料塔的有关计算	69
3.7 解吸塔的有关计算	74
3.8 填料吸收塔设计计算实例	75
4 板式精馏塔的设计	78
4.1 概 述	78
4.2 板式塔的结构、类型与塔板结构	78
4.3 精馏塔设计步骤与设计方案的确定	84
4.4 塔高与塔径的计算	86
4.5 塔板的结构与设计计算	92
4.6 板式精馏塔辅助设备设计	105
4.7 板式精馏塔设计计算实例	108
参考文献	117

0 绪 论

0.1 课程设在“化工原理”课程中的地位和作用

“化工原理”课程是高等院校化学工程与工艺专业及相近专业的一门主干课,是一门理论性和工程性都很强的技术基础课。它全面阐述化工单元操作过程中的动量传递、热量传递和物质传递的基本理论与规律,以及实现这些传递过程的生产设备和技术。整个课程体系分为课堂理论教学、实验教学和课程设计三个相互独立而又密切联系的部分。而课程设计则是该课程最后的一个全面总结性教学环节,是进一步巩固、深化和具体应用化工原理课堂理论教学和实验教学的基本知识、基本理论和基本技能的重要过程,是培养学生综合运用所学知识 with 理论去独立完成某一化工生产设计任务的一次全面训练。所以,课程设计是化工原理理论教学与化学工程设计结合的纽带,是学生从理论知识的综合运用到解决工程问题的实际能力的重要升华。通过课程设计,使学生针对设计任务,按照一定的工艺条件,进行独立的设计计算,从而在查阅资料、选用公式、采集数据、文字与图表表达、化工制图等方面,都得到全面的训练和提高。因此课程设在化工原理课程教学体系中的地位十分突出,对培养学生的综合应用能力、独立工作能力的作用十分明显,对那些毕业前只做毕业论文而不做毕业设计的学生则更加重要。

0.2 通过课程设计培养学生的工程技术观点

0.2.1 技术经济观点

课程设计方案不仅要考虑技术上的先进性和可行性,还要考虑经济上的合理性。在化工工艺计算和设备选型中,几乎都涉及到设备投资费用(或折旧费)和日常操作费用,如何使两种费用之和——总费用最低或保持在一个较低的范围内,是设计过程中每个步骤都必须考虑的。譬如,在板式精馏塔设计中,回流比 R 是一个重要的工艺参数。 R 值选择偏小,则所需塔板数增加,塔体增高,设备费用增加,但却使塔系统的流体流量减小,动力消耗降低,日常操作费用降低,当然操作弹性也降低。若 R 值选得偏大,塔板数和塔高降低,设备费用减小,但系统流体流量增加,以能耗为主的操作费用增加,操作弹性也增大。在这种情况下,就要用几种方法初选 R 值,通过试算,反复比较,最后确定一个合适的 R 值,以使设备费用和操作费用之和最低,而操作弹性亦能满足工艺要求。类似的设计计算和设备选型还很多。只有具备技术经济观点,且用该观点来指导设计的每一个过程和步骤,才能保证工程总费用最低,使设计方案更加合理、更具竞争力。

0.2.2 过程优化观点

在课程设计中,实现某一个工艺过程往往有不同的方法和设备,像流程选择、流体空间走向、工艺参数确定、进出料方式、设备结构与尺寸选定等,都会有不同的设计方案。对这些方案应该进行全面分析比较,最后从中选出最佳方案。每一个工艺过程与设备被优化了,整个设计过程与设计方案也就被优化了。

0.2.3 生产实际观点

课程设计中的每个过程,或每一个方案的确定、每一种设备的选型等,都要从生产实际出发,既要满足生产工艺要求,又要具备实施的可行性,安装、操作和检修的便捷性。克服设计中脱离生产实际,一切想当然、理想化的倾向,而这种倾向在设计之初往往是较严重的。

0.2.4 工程全局观点

虽然课程设计仅仅针对某一化工单元操作,但同样有一个工程全局问题。这就要求设计方案在技术上应是先进的,在实施过程中是可行的,在经济上是合理的,在安装、操作和检修上是便捷的,在环境保护上是允许的,在安全性和可靠性上是有保障的,忽略任何一个方面都会给设计方案留下隐患,影响工程全局。

0.3 通过课程设计培养学生的综合能力

0.3.1 查阅技术资料、选用公式和采集数据的能力

课程设计是第一次要求学生查取、阅读和使用教材以外的各种设计手册和技术资料,接触与设计课题有关的各技术领域,这就大大有利于学生增加知识、开阔眼界、拓宽思路、迅速获取专业技术信息。同时,在课程设计中要涉及到众多的理论公式、经验公式、半理论半经验公式,且每一个公式都有相应的应用范围和条件。这就要求学生通过课程设计能准确无误地选取和应用这些公式。另外,设计任务书给出的工艺条件和数据是不全的,许多数据都要设计者在有关手册中查找,有些工艺参数要运用所学知识,并结合生产实际综合考虑或反复比较后自行确定。这是对学生的一次工程设计的基本能力的训练。

0.3.2 工程或工艺计算能力

课程设计涉及大量的工程或工艺计算,任何一个工艺过程,任何一台设备的选型,都必须进行计算,有时是多次反复计算。这就要求不仅数据、公式选用正确,工艺过程确定合理,而且还要计算迅速准确,这样才能既保证设计方案正确,又能在规定的时间内完成。也可针对某一个具体的工艺计算过程,编程后用计算机计算则会更加快捷。设计者在开始进行设计计算时,总是摸不着边际,难以下手,但通过几个过程的计算,会逐渐得心应手,这就意味着设计计算能力在不断提高。

0.3.3 设计方案与设计思想的文字、图表表达能力

课程设计要有工艺流程说明和方案论证,有设计结果的概述和讨论,有对有关技术指标的评价,有设备与装置的说明,最后要用简明的文字和清晰的图表编写出设计说明书,把设计思想与方案表达出来。课程设计说明书虽然较正式的工程设计说明书简单,但编写程序、步骤、格式等应是相同的,应尽量编制规范。设计说明书应内容全面,数据可靠,形式新颖,标题连贯,层次分明,文字流畅,图表清晰,所以在某种意义上说,设计说明书的编写过程,本身也是一个“设计”过程。这对学生在今后的工作实际中,独立编写工程设计说明书很有益处。

0.3.4 综合应用理论知识和技能的能力

由于课程设计本身是一个综合性很强的教学环节,所以在设计中,不仅要应用化工原理课程的基本理论与知识,还要应用相关前修课程及其它技术参考书和资料的基本理论与知识,还要应用各种设计手册、数据手册、化工图表,应用各种计算方法和计算工具。可以说是学生进入大学以来,第一次综合运用所学知识,来解决生产实际问题的系统训练,可培养和提高他们综合应用理论知识和技能的能力。

0.4 课程设计的步骤与内容

0.4.1 课程设计的步骤

课程设计的步骤一般有:

- ①阅读设计任务书,了解设计内容与要求;
- ②查阅技术资料 and 有关化工设计手册,采集数据、公式和各种工艺参数;
- ③拟定设计方案,进行一系列设计计算;
- ④绘制相关图表;
- ⑤编制设计说明书。

在上述步骤中,有些是同步进行的。

课程设计的时间通常安排两个教学周,时间很紧,一般不要求答辩。但为了让学生交流设计结果,相互借鉴,共同提高,也为了锻炼学生的语言表达能力,若时间允许,也可安排各种形式的答辩。譬如可在老师的指导下,让学生自己组织,自选评委,既是答辩者,又是评判人,人人参与,这会让答辩气氛热烈,学生印象深刻,效果会更好。

0.4.2 设计选题

课程设计选题直接影响设计质量,也直接关系到能否让学生受到一次全面的综合能力的训练和培养。选题首先要有典型性,尽可能较全面地涉及到化工原理及相关前修课程的基本理论与知识,以使学生对这些理论知识能深化理解、进一步巩固,并能灵活运用;其次是实践性,即题目来自生产实际,具有应用价值,这样可以调动学生的创造积极性;第三是合理性,即难易程度适当,设计内容和要求能符合学生的实际能力,以便能在规定的时间内完成

设计。

精馏塔及附属配套设备的设计就是一个很好的选题。它不仅是石油、化工生产中被广泛应用的典型的单元操作,而且又涉及到传质理论与传质设备设计、传热理论与换热设备选型、流体力学与泵的选型等化工原理课程的大部分内容,还有气液相平衡、物料平衡、能量平衡等物理化学、化工热力学、传递工程、化工系统工程等各方面的知识。它会让学生对所学知识进行一次全面回顾,并用来解决设计中所遇到的各种实际问题。

0.4.3 设计内容与设计说明书

设计内容一般包括:确定设计方案和工艺流程,工艺计算过程与计算结果的表述,主体设备的设计,附属设备的设计或选型,绘制图表,编写设计说明书。其中编写设计说明书是课程设计最主要的内容。由于时间的限制,一般不要求进行结构设计,不要求绘制设备的结构图。

设计说明书是设计思想、设计方案的集中表达,是设计结果的综合描述,当然也是设计考核的主要依据,所以要精心编制,尽量规范,但也要在编写过程中提倡创新精神,以编制出既规范又新颖的充满个性的设计说明书。

0.5 课程设计与化工设计所涉及的 单位、单位制和单位换算

任何物理量的表示都是由数值和单位两部分构成。长期以来,整个科学技术领域和各行各业生产领域存在着单位多制(国际单位制、物理单位制、工程单位制等)并存的局面。这样,同一个物理量在不同单位制中就有不同的数值和单位,这就给计算和交流造成极大不便,并且还容易造成错误,甚至造成重大工程事故。为了统一计量单位制以改变这种局面,1960年10月第十一届国际计量大会制定了国际上统一的国际单位制,其国际代号为SI(法文 *Système International d'Unités* 的缩写)。它是由七个基本单位、辅助单位和具有专门名称的导出单位构成。

鉴于SI制的优越性,和它在世界范围内的快速推广,我国国务院早在1977年5月就决定要逐步采用国际单位制。1981年8月国务院又颁发了以国际单位制为基础的《中华人民共和国计量名称和符号方案(试行)》,1984年国务院又发布了《关于我国统一实行法定计量单位的命令》,确定了以国际单位制为基础的我国法定计量单位,简称法定单位,并要求在1990年底以前完成向国家法定计量单位的过渡。

尽管如此,在化工生产与设计中还常常采用工程单位制(如温度还多用摄氏度,℃),化学工程中常用的物理、化学数据和化工设计计算中常用图表、数据、列线图等仍多用物理单位制(cgs)和工程单位制(如流体粘度还多用物理制单厘泊,cp)。所以要使SI制或法定单位制为人们所熟悉并代替其它单位制还尚需时日。在这种现实情况下,了解其它单位制和各单位制之间的换算关系还很有必要,这在各种教科书、专业书及相关资料中都有所强调,并都附有单位换算表。有鉴于此,本教程主要采用SI制单位或法定单位,因目前某些设备型号或某些物质的物性参数等还在使用工程制单位或物理制单位,所以在个别场合还不得不采用这些单位。

还需强调的是压力和压头是两个不同的概念,有着不同的物理意义和单位。压力(流体力学中压强的习惯用语)是作用于流体面上的垂直压力,单位为 Pa;而压头是在重力场中受单位重力(N)的流体所具有的能量(J),单位为米流体柱(在已知流体密度的情况下可直接用米表示),单位因次的导出可表示为: $\left[\frac{J'}{N'}\right] = \left[\frac{N' \cdot m'}{N'}\right] = [m'] = [m]$ 。这样,流体就因具有几何高度而存在位压头(势能),因具有流速而存在动压头(或称速度头,动能),因具有静压力而存在静压头(静压能),因受摩擦阻力而存在阻力头(能量损失),等等。本教程对压力和压头的单位表示均采用 SI 制,分别用 Pa 和 m 表示。

另外,目前压力的表示并存着绝对压力、表压、真空度三种方法,而压力单位更是并存着各种单位制单位和习用单位,这在设计计算中需格外注意。比如一个物理大气压(即标准大气压, atm)在不同单位制单位和习用单位下就有不同的数值: $1 \text{ atm} = 10.33 \text{ kPa} = 10\,330 \text{ kgf/m}^2 = 1.033 \text{ kgf/cm}^2 = 10.33 \text{ mH}_2\text{O} = 760 \text{ mmHg} = 1.033 \text{ at}$ (工程大气压)。

1 离心泵的选型和使用

1.1 概 述

在化工生产中,流体输送是最常见的,甚至是必不可少的单元操作。在将液体从一处送至他处的过程中,无论是提高液体静压能、位能,还是克服沿程阻力损失,都需要给液体提供机械能。这种为液体提供能量的机械设备称为泵。它是化工生产中最常用的通用设备,又称之为通用机械。

液体输送设备种类很多,分类方式各异。按工作原理的不同,可分为离心泵、往复泵、旋转泵、旋涡泵等。其中,离心泵在化工生产中的应用最为广泛,约为化工用泵的 80% ~ 90%。这是因为离心泵具有结构简单,操作方便,流量均匀,效率较高,流量和压头的适应较广,输送液体的范围较广等一系列优点。所以本教程主要介绍离心泵。

1.2 离心泵的工作原理、结构与性能参数

1.2.1 离心泵的工作原理与结构

1. 离心泵的工作原理

离心泵的基本结构如图 1-1 所示。在蜗壳形泵壳内,有一个固定在泵轴 3 上的叶轮 1。叶轮上有数个稍微向后弯曲的叶片,叶片之间形成液体流过的通道。泵壳中央有一个液体吸入口 4 与吸入管 5 连接。液体经底阀 6 和吸入管进入泵内。泵壳上的液体排出口 8 与排出管 9 连接,其上装有流量调节阀 10。叶轮紧固在泵轴上,泵轴由电动机或其它原动机带动。

离心泵启动前,应先将泵壳内灌满被输送的液体。启动后,泵轴带动叶轮一起旋转,叶片间的液体也随之一起旋转。在离心力的作用下,液体沿着叶片间的通道从叶轮中心进口处被甩到叶轮外侧,以很高的速度流入泵壳,从而获得很高的动能。液体进入蜗形通道后,由于流通截面逐渐扩大,流速随之降低,大部分动能转变为静压能,从而在排出管口可以获得很高的压力,以便把液体

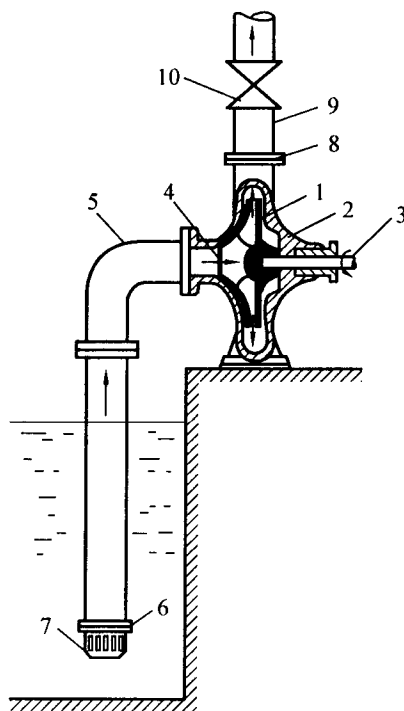


图 1-1 离心泵装置简图

1—叶轮;2—泵壳;3—泵轴;4—吸入口;5—吸入管;
6—底阀;7—滤网;8—排出口;9—排出管;10—调节阀

送到所需场所。

2. 离心泵的主要部件

离心泵由旋转部分——叶轮和泵轴,以及静止部件——泵壳、填料函和轴承组成,主要部件是叶轮和泵壳。

(1) 叶轮

叶轮是离心泵的关键部件。它的作用是将动力机械的机械能传递给液体,使其静压能和动能均有所提高。

按结构不同叶轮可分三种,如图 1-2 所示。

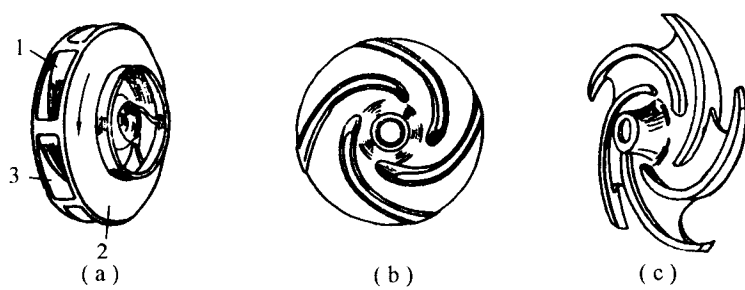


图 1-2 离心泵的叶轮类型
(a)闭式;(b)半闭式;(c)开式

闭式叶轮如图 1-2(a)所示。它由 6~12 个后弯叶片 1、前盖板 2 和后盖板 3 组成。这种叶轮效率较高,应用最广,但只适用于输送清洁液体。

半闭式叶轮如图 1-2(b)所示。它的吸入口一侧无前盖板,另一侧有后盖板,适用于输送悬浮液。

开式叶轮如图 1-2(c)所示。它的两侧都无盖板,制造简单,清洗方便。适用于输送含固体颗粒的悬浮液。由于叶轮和壳体不能很好地密合,部分液体易产生倒流,因而它的效率较低。

按吸液的方式不同,叶轮还有单吸和双吸两种,如图 1-3 所示。单吸式叶轮结构简单,如图 1-3(a)所示,液体只能从叶轮一侧吸入。双吸式叶轮如图 1-3(b)所示,液体可同时从叶轮两侧吸入,所以有较大的吸液能力,而且基本上可消除轴向推力。

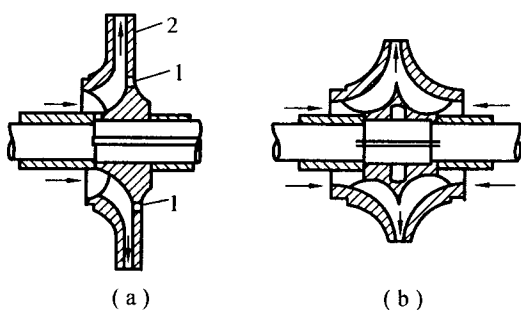


图 1-3 离心泵的吸液方式
1—平衡孔;2—后盖板

(2) 泵壳

泵壳通常制成蜗壳形,内有一个截面逐渐扩大的蜗形通道,如图 1-4 所示。叶轮在泵壳内顺着蜗形通道逐渐扩大的方向旋转。由于通道逐渐扩大,从叶轮四周甩出的高速液体逐渐降低速度,从而使较多的动能转化为静压能,因此它又是一个能量转换装置。

为了减少液体进入蜗壳时因碰撞而引起的能量损失,有时在叶轮与泵壳之间安装一固

定的导轮,如图 1-4 所示。导轮具有很多逐渐转向的孔道,使高速液体流过时能均匀而缓慢地将动能转化为静压能,使能量损失降至最小。

此外,由于泵轴为转动件而泵壳为固定件,所以在装配时轴穿过泵壳处必定有间隙。为防止泵内高压液体从此间隙处渗出,或外界空气以相反方向进入泵内,必须将泵轴与泵壳密封好。尤其是在输送酸、碱及易燃、易爆、有毒液体时,对密封要求更高。

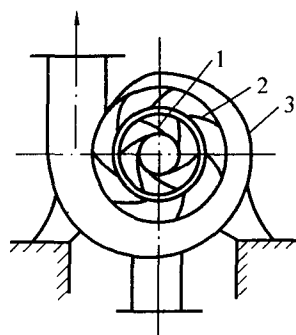


图 1-4 泵壳与导轮
1—叶轮;2—导轮;3—泵壳

1.2.2 离心泵的性能参数与特性曲线

要正确选用离心泵,就必须了解离心泵的性能和它们之间的关系。

1. 离心泵的性能参数

(1) 扬程

泵的扬程(又称压头)是指单位重量液体流经泵后所获得的能量,用符号 H 表示,单位为 m 。它体现了离心泵的做功能力,其大小取决于泵的结构、转速及流量。

泵的扬程等于液体静压头($p/\rho g$)、速度头($u^2/2g$)和几何位压头(Z)的增加值与两截面间阻力头(H_f)之和,可表示为下式

$$H = Z_2 - Z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + H_f \quad (1-1)$$

此参数可从泵制造厂提供的样本或说明书中查得。对一定的泵和转速,扬程与流量间具有一定的关系,可参见泵的特性曲线。离心泵的理论压头虽可用泵的基本方程式计算,但它的实际压头确无法从理论上计算,一般由实验测定。

(2) 流量

离心泵的流量是指单位时间内输送液体的体积,用符号 Q 表示,单位为 L/s 或 m^3/h 。它表示泵的送液能力,与泵的结构、尺寸及转速有关。离心泵总是和特定的管路相连接的,所以它的实际流量还受管路特性的制约。

(3) 效率

由于在离心泵内存在能量的容积损失、水力损失、机械损失等,所以泵轴从动力机械得到的能量没有全部为液体所获得,致使泵的有效压头和流量都较理论值为低,效率正是反映了这一能量损失。它与泵的类型、尺寸、液体的流量和性质有关。一般小型离心泵的效率约为 50% ~ 70%,大中型约为 70% ~ 90%。

(4) 功率

离心泵的轴功率是指泵轴所获得的功率,也是动力机械传递给泵轴的功率。离心泵的有效功率是指液体在单位时间内从泵叶轮处获得的能量,二者的关系可表示为

$$N = \frac{N_e}{\eta} \quad (1-2)$$

其中

$$N_e = HQ\rho g \quad (1-3)$$

式中 N ——泵的轴功率, W ;

N_e ——泵的有效功率, W;

η ——泵的效率;

Q ——在输送条件下泵的流量, m^3/s ;

H ——在输送条件下泵的压头, m;

ρ ——输送液体的密度, kg/m^3 ;

g ——重力加速度, m/s^2 。

如果离心泵的轴功率单位用“kW”表示,也可写成

$$N = \frac{QH\rho}{102\eta} \quad (1-4)$$

2. 离心泵的特性曲线

离心泵的主要性能参数是压头、流量和效率,这些参数之间的关系可以通过实验测定,所得到的一组关系曲线称为离心泵的特性曲线或工作性能曲线。它们由泵的生产厂提供,附在泵样本或说明书中,以供用户选泵和操作时参考。

泵的特性曲线是在某一固定转速下测定的,只适用于该转速,所以特性曲线图上都注明转速 n 的数值。图 1-5 为国产 4B20 型离心泵在 $n = 2\,900 \text{ r}/\text{min}$ 时的特性曲线,共有三条,分别表示压头、功率、效率与流量的变化关系。

(1) $H-Q$ 曲线

该曲线表示泵的压头 H 与流量 Q 的关系。在较大的流量范围内,离心泵的压头随流量

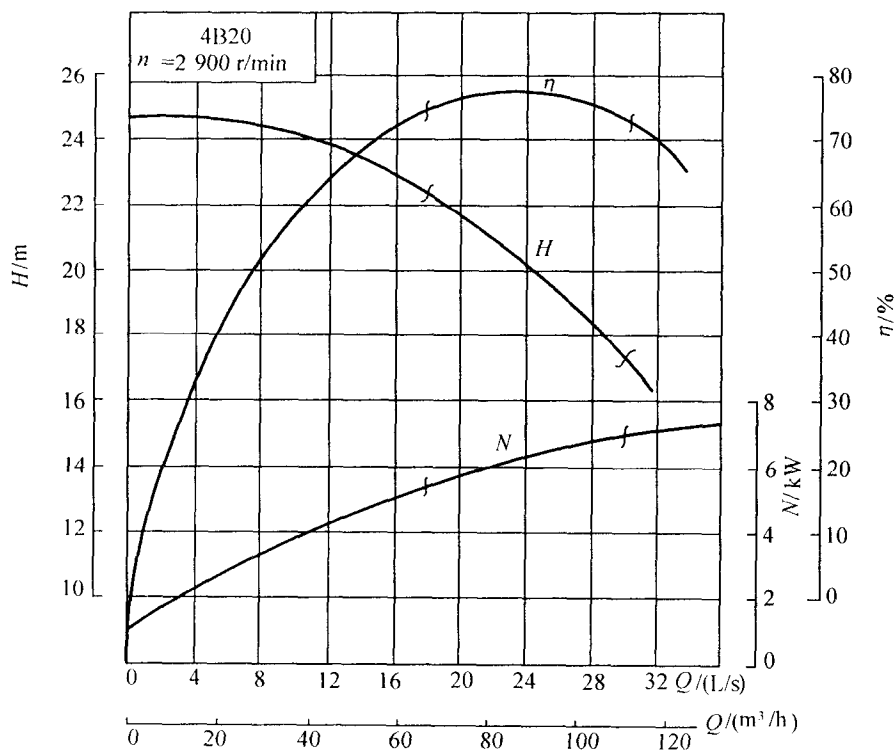


图 1-5 4B20 型离心水泵的特性曲线

增大而减小(在流量极小时可能例外)。不同型号的离心泵, $H-Q$ 曲线的形状有所不同。有的曲线较平坦, 适用于压头变化不大而流量变化较大的场合; 有的曲线比较陡峭, 适用于压头变化范围大而不允许流量变化太大的场合。

(2) $N-Q$ 曲线

该曲线表示泵的轴功率 N 与流量 Q 的关系。离心泵的轴功率随流量的增大而增大, 流量为零时轴功率最小。所以在离心泵启动时, 为了减小启动功率, 使启动电流减小, 应关闭泵的出口阀门, 以保护电动机。

(3) $\eta-Q$ 曲线

该曲线表示泵的效率 η 与流量 Q 的关系。当 $Q=0$ 时, $\eta=0$; 随着流量增大, 泵的效率也随之增大, 并达到一最大值; 之后, 又随流量的增大而下降。曲线的该最大值, 相当于泵的最高效率点。它意味着泵在该点所对应的压头和流量下操作, 效率最高, 最为经济合理。最高效率点所对应的 Q 、 H 和 N 值称为最佳工况参数。所以该点通常为离心泵的设计点。

离心泵的铭牌上所标出的性能参数, 是该泵运行在最高效率点时的性能参数。但实际上泵往往不可能正好在最佳工况下运转, 因此一般只能规定一个工作范围, 称为泵的高效率区, 通常为最高效率的 92% 左右, 如图 1-5 中波折号所示的范围。离心泵产品目录和说明书上也常常说明最高效率区的流量、压头和功率范围, 在选泵时应尽可能使泵在此范围内工作。

3. 离心泵性能的影响因素与重新核算

离心泵的生产厂所提供的泵特性曲线, 一般都是在一定转速和常压下, 以 20℃ 清水为工质通过实验测得的。而在实际生产中, 所输送的液体是各种各样的。这样, 即使用同一种泵输送不同的流体, 也会因为液体的物理性质不同, 而使泵的性能发生变化。此外, 若改变泵的转速或叶轮直径, 泵的性能也会发生变化。所以, 对泵的生产厂所提供的特性曲线, 应当随所输送液体的物性和泵的转速、叶轮直径的变化而重新进行核算。

(1) 液体密度与粘度的影响

离心泵的压头、流量均与流体的密度无关, 所以泵的效率亦不随液体密度的变化而改变, 泵的 $H-Q$ 和 $\eta-Q$ 曲线保持不变; 但泵的轴功率随液体密度而改变。因此, 当被输送液体的密度与水的密度不同时, 产品目录中所提供的该泵的 $N-Q$ 特性曲线不再适用, 应按式(1-4)重新核算轴功率。

被输送液体的粘度愈大, 泵体内部的能量损失也愈大, 结果使泵的压头、流量都要减小, 效率也随之下降, 而轴功率则要增大, 所以泵的特性曲线要发生改变。因此, 输送的不是常温清水而是粘度比水大的其它液体时, 泵的这些性能参数要重新核算。若液体运动粘度小于 $2 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{s}$ 时, 可不考虑粘度的影响。

(2) 离心泵转速的影响

离心泵的特性曲线是在一定转速下测定的。当泵的转速由 n_1 改变为 n_2 时, 其流量 Q_1 、压头 H_1 及功率 N_1 分别改变为 Q_2 、 H_2 和 N_2 , 改变前后各参数的关系为

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (a), \quad \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad (b), \quad \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \quad (c) \quad (1-5)$$

式(1-5)称为比例定律。当泵的转速变化在 $-20\% \sim +20\%$ 范围内时, 泵的效率可视为不变, 用上式进行计算误差不大。

(3) 叶轮直径对特性曲线的影响

当离心泵的转速一定时,其压头、流量及功率与叶轮直径有关。若叶轮直径变化不大时,转速不变时,叶轮直径由 D_1 改变为 D_2 ,其流量 Q_1 、压头 H_1 及功率 N_1 分别改变为 Q_2 、 H_2 及 N_2 ,改变前后各参数的关系为

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad (a), \quad \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \quad (b), \quad \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3 \quad (c) \quad (1-6)$$

式(1-6)称为离心泵的切割定律。该式只有在叶轮直径的变化不大于 20% 时才适用。

1.3 离心泵的类型与选用

1.3.1 离心泵的类型

由于化工生产中被输送液体的性质、压强和流量等差异很大,为了满足生产的不同需求,离心泵的类型也是各种各样。按泵输送液体的性质可分为水泵、耐腐蚀泵、油泵和杂质泵等;按叶轮吸入方式可分为单吸泵和双吸泵;按叶轮数目又可分为单级泵和多级泵。各类离心泵按其结构及性能自成一个系列,并以一个或几个汉语拼音字母作为系列代号。在每一个系列中,又以不同的字母和数字来表示不同的型号或规格。下面对常用离心泵的类型作一简要说明。

1. 水泵(B 型、D 型、Sh 型)

水泵又称为清水泵,常用于输送清水及物理、化学性质近似于水的清洁液体。

单级单吸悬臂式离心泵应用最广泛,系列代号为 B,称为 B 型离心水泵。它只有一个叶轮,从泵的一侧吸入液体。泵体和泵盖都由铸铁制成。全系列扬程范围为 8 ~ 98 m,流量范围为 4.5 ~ 360 m³/h,液体的最高温度不能超过 80 ℃。

现以 3B33A 型离心泵为例来说明型号标志意义。第一个数字 3 表示泵的吸入口直径为 3 英寸,即 3 × 25 = 75 mm;字母 B 表示为单级单吸悬臂式清水离心泵;其后数字 33 表示扬程为 33 m;最后的字母 A 表示该型号泵的叶轮外径比基本型号小一级,即叶轮外周经过一次切削。

如输送液体要求压头要大,则可用多级离心泵,其代号为 D。叶轮级数一般为 2 ~ 9 级,最多为 12 级。全系列扬程为 14 ~ 351 m,流量范围为 10.8 ~ 350 m³/h。

若需输送液体的流量较大而压头所需不高时,则可采用双吸泵,系列代号为 Sh。全系列扬程范围为 9 ~ 140 m,流量范围为 120 ~ 12 500 m³/h。

把 B 型系列水泵的特性曲线汇总,绘于同一 $H-Q$ 坐标系中,见图 1-6,这给水泵的选型提供了很大方便。图中每个扇形都代表同一型号的 B 型泵,只是扇形上弧线代表了原型泵的特性曲线,下弧线代表了原型泵的叶轮直径被调整(减小)后的泵型的特性曲线。这样,就可根据液体输送任务和操作条件所确定的流量 Q 与压头 H ,找出与 H 坐标交点所在的扇形区,即可方便地得到所需选择的泵的型号。

2. 耐腐蚀泵

