


蒋青 刘广兵 编著

实用泵技术 问答



 中国标准出版社

实用泵

技术问答



蒋青 刘广兵 编著

中国标准出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

实用泵技术问答/蒋青,刘广兵编著. —北京:中国标准出版社, 2009

ISBN 978-7-5066-5142-4

I. 实… II. ①蒋… ②刘… III. 泵-问答 IV. TH3-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 109156 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 18.25 字数 422 千字

2009 年 7 月第一版 2009 年 7 月第一次印刷

*

定价 38.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

前 言

泵是常见的通用机械产品,应用极为广泛,在石化、农业、环保、建筑、电力、船舶、冶炼、矿山、航空、航天等各个领域,凡是有液体流动的地方,几乎都有泵的存在。在当今世界机电产品中,泵的产量仅次于电机,据世界各国的统计,泵的耗电量大约占国家总发电量的 1/5 以上。由此可见,泵技术的发展对国民经济有着十分重要的影响。

由于环境条件、性能参数、输送介质性质的不同,泵的结构形式变化繁杂,品种规格多种多样,在实际工作中,经常会遇到各种各样的问题。本书从基本概念、种类选型、结构材料、试验标准、使用维护等不同角度出发,对可能出现的各种实际问题结合泵的专业知识进行了解答。本书可供泵行业从业人员、用户、设计人员、操作人员查阅,也可供机械、化工、石油、建筑和环保等相关专业的师生参考。

本书共八章,分别为第一章 基础知识,第二章 泵的种类和选型,第三章 泵的工作原理、结构和性能,第四章 泵的零部件和材料,第五章 泵的试验和检测,第六章 泵的标准化,第七章 泵的安装、运行和维护,第八章 泵的故障原因和排除方法。其中第一章至第六章由蒋青编写,第七章、第八章由刘广兵编写。由于编者水平所限,书中难免存在缺点和错漏之处,敬请读者批评指正。

编著者

2008 年 11 月

目 录

第一章 基础知识	1
一、流体力学基础知识	1
1. 流体力学的基本假设是什么?	1
2. 流体的宏观性质包括哪些方面?	1
3. 流体的黏性是什么? 如何度量? 大小和哪些因素有关?	2
4. 流体的连续性方程式是什么? 有什么含义?	3
5. 伯努利方程式是什么? 有什么含义?	4
6. 什么是雷诺数? 有什么含义?	4
7. 沿程损失和局部损失有什么区别?	5
8. 什么是压力?	5
9. 绝对压力和相对压力有什么区别?	6
10. 什么是液体的汽化压力?	6
二、泵的有关概念	7
1. 什么是泵?	7
2. 什么是流量? 用什么字母表示? 计量单位是什么?	8
3. 往复泵的流量、理论流量和瞬时流量有什么区别?	8
4. 什么是扬程? 用什么字母表示? 用什么计量单位? 举例说明如何计算。	9
5. 什么是泵的排出压力和吸入压力? 用什么字母表示? 用什么计量单位?	10
6. 什么是往复泵的压差? 用什么字母表示? 用什么计量单位?	10
7. 什么是轴功率? 用什么字母表示? 计量单位是什么?	10
8. 什么是有效功率? 用什么字母表示?	10
9. 什么是效率?	10
10. 什么是汽蚀?	11
11. 什么是汽蚀余量?	11
12. 必需汽蚀余量和有效汽蚀余量有什么区别?	12
13. 什么是汽蚀比转速? 其含义是什么?	12
14. 叶片泵的速度三角形的意义是什么?	13
15. 叶片泵的基本方程式是什么?	14
16. 泵的特性曲线是什么? 分别举例说明离心泵和往复泵的特性曲线。	14
17. 轴流泵的特性曲线有什么特点?	15

18. 什么是泵的工作点?	16
19. 什么是泵的相似定律?	17
20. 什么是比转速? 有何作用?	18
21. 比转速的单位是什么? 其大小与单位有关系吗?	20
22. 出口压力和扬程有什么区别?	20
23. 什么是容积系数? 和容积效率有什么区别?	21
24. 转速和泵速分别是什么含义?	21
第二章 泵的种类和选型	22
1. 泵按工作原理分为哪几种?	22
2. 什么是叶片式泵? 叶片式泵有哪几种类型?	22
3. 什么是容积式泵? 容积式泵有哪几种类型?	22
4. 叶片式泵与容积式泵有何区别?	22
5. 什么是离心泵? 有什么特点?	22
6. 离心泵是如何分类的?	22
7. 离心泵的型号是如何确定的?	23
8. 什么是混流泵?	25
9. 混流泵是如何分类的?	25
10. 混流泵的型号用什么方法表示? 有什么含义?	25
11. 什么是轴流泵? 如何分类? 有什么特点?	25
12. 轴流泵的型号一般用什么方法表示? 有什么含义?	26
13. 什么是旋涡泵? 有什么特点?	26
14. 旋涡泵分为几类? 各用什么方法表示型号? 有什么含义?	27
15. 什么是磁力泵? 有什么特点?	27
16. 磁力泵的型号是如何编制的?	28
17. 什么是屏蔽泵? 有什么特点?	28
18. 屏蔽泵的型号是如何编制的?	29
19. 什么是自吸泵? 分为哪几种类型?	29
20. 自吸泵的型号是如何编制的?	29
21. 什么是旋流泵? 有什么特点?	30
22. 什么是高速泵(部分流泵)? 有什么特点?	31
23. 容积泵按工作元件的运动形式分为哪些类型? 有什么区别?	31
24. 什么是往复泵?	31
25. 往复泵是如何进行分类的?	31
26. 往复泵的型号是如何确定的?	33
27. 什么是计量泵? 如何进行分类? 其特点是什么?	35
28. 什么是蒸汽直接作用往复泵? 有什么特点?	35

29. 什么是试压泵?	36
30. 什么是转子泵?	36
31. 什么是齿轮泵?	36
32. 齿轮泵的型号一般是如何确定的?	36
33. 什么是螺杆泵? 其特点是什么?	37
34. 螺杆泵的型号一般是如何确定的?	37
35. 什么是液环泵? 其特点是什么?	38
36. 液环泵是如何分类?	38
37. 什么是射流泵? 其特点是什么?	38
38. 离心泵型谱的含义是什么?	39
39. 泵选型的一般步骤是什么?	41
40. 泵选型时应了解哪些基本数据?	41
41. 化工用泵选型时应注意什么?	41
42. 船用泵选型时应注意什么?	42
43. 如何选用泵配带电机?	42
44. 泵的配带电机的功率如何估算?	42
45. 电机的防爆等级的含义是什么? 如何选择和确定?	43
46. 电机的防护等级的含义是什么? 如何选择和确定?	44
第三章 泵的工作原理、结构和性能	45
一、叶片式泵	45
1. 离心泵的工作原理是什么?	45
2. 离心泵的结构有哪些?	45
3. 单级离心泵主要由哪些零部件组成?	48
4. 双吸泵的结构有什么特点?	50
5. 多级泵的结构有什么特点?	51
6. 泵转速的变化对离心泵性能的影响如何估计?	54
7. 介质的黏度变化对泵的性能有什么影响?	54
8. 介质的密度变化对泵的性能有什么影响?	54
9. 什么是离心泵叶轮的切割?	54
10. 离心泵的能量损失主要有哪些?	55
11. 离心泵的效率如何估算?	56
12. 离心泵的轴向力的产生原因是什么?	56
13. 离心泵平衡轴向力的结构有哪些?	57
14. 离心泵的径向力的产生原因是什么?	60
15. 平衡径向力的方法有哪些?	61
16. 高速泵(部分流泵)的结构有什么特点?	62

17. 高速泵的特性曲线有什么特点?	63
18. 混流泵的一般结构如何?	64
19. 轴流泵的一般结构如何?	65
20. 磁力泵的工作原理是什么?	66
21. 屏蔽泵的工作原理是什么? 有哪些性能特点?	67
22. 气液混合式、水环轮式和射流式自吸泵的原理分别是什么? 各有哪些性能特点?	69
23. 旋涡泵的工作原理是什么?	71
二、容积式泵	72
1. 往复泵的工作原理是什么?	72
2. 往复泵的结构有哪几种?	72
3. 往复泵的流量为何有脉动? 如何减小流量脉动?	77
4. 泵速的变化对往复泵的性能的影响如何估计?	78
5. 计量泵为什么有计量的功能?	79
6. 计量泵的计量精度是什么含义?	79
7. 计量泵的流量调节方式有哪几种?	79
8. 计量泵的一般结构如何?	80
9. 柱塞计量泵和隔膜计量泵结构有什么区别? 两者各有什么优缺点?	82
10. 蒸汽往复泵的工作原理是什么?	83
11. 蒸汽往复泵的一般结构如何?	83
12. 试压泵的工作原理和结构是什么?	85
13. 螺杆泵的工作原理是什么?	87
14. 螺杆泵的结构是什么?	87
15. 液环泵的工作原理是什么?	90
16. 液环泵的常见结构是什么?	91
17. 齿轮泵的工作原理是什么?	91
18. 齿轮泵的结构是什么?	92
第四章 泵的零部件和材料	94
一、叶片式泵	94
1. 离心泵的叶轮有几种结构?	94
2. 叶轮叶片的木模图的含义和作用分别是什么? 举例说明。	94
3. 离心泵的吸水室有哪几种? 各有什么特点?	95
4. 什么是诱导轮?	96
5. 离心泵的压出室有哪几种? 各有什么特点?	98
6. 轴流泵的吸入室有哪几种结构?	99
7. 轴流泵的压出室主要由哪些部分组成?	100

8. I、II、III类材料分别代表什么材料? 如何选择?	101
9. 泵的轴封有哪几种形式?	101
10. 填料密封的工作原理是什么? 其主要组成部分有哪些?	101
11. 机械密封的工作原理是什么? 其主要组成部分有哪些?	102
12. 机械密封是如何分类的?	103
13. 什么是机械密封的 pv 值?	105
14. 什么是集装式机械密封? 有什么特点?	105
15. 机械密封的动环和静环一般选择什么材料?	105
16. 机械密封的弹簧一般选择什么材料?	106
17. 机械密封的辅助密封圈一般选择什么材料?	106
18. 机械密封的冲洗方式有哪几种?	107
19. 密封的冲洗液有什么要求?	113
20. 填料密封和机械密封各有什么优缺点?	113
21. 填料密封一般选用什么填料?	113
22. 选择泵用材料时应考虑哪些因素?	114
23. 石化流程离心泵的材料如何选择?	115
24. 泵体的材料如何选择?	120
25. 叶轮的材料如何选取?	120
26. 轴的材料如何选择?	121
27. 泵常用联轴器有哪些类型?	121
二、容积式泵	123
1. 什么是往复泵的动力端?	123
2. 往复泵动力端的结构有哪些?	123
3. 什么是往复泵的液力端?	128
4. 往复泵液力端的结构有哪些?	129
5. 往复泵的泵阀有哪几种结构?	138
6. 往复泵的泵阀材料如何选择?	142
7. 空气室的工作原理是什么? 作用如何?	143
8. 计量泵的液力端的结构有哪些?	143
9. 计量泵的“三阀”指什么? 其作用是什么?	148
10. 隔膜计量泵的隔膜一般选用什么材料?	150
11. 什么是“过流量”?	151
12. 如何防止“过流量”的发生?	151
13. 往复泵的液缸体的材料如何选择?	151
14. 曲轴的结构有哪几种?	151
15. 曲轴的材料如何选择?	153
16. 什么是连杆? 其作用是什么?	153

17. 连杆轴瓦的材料如何选择?	155
18. 十字头的结构有哪几种?	155
19. 柱塞导向套的作用是什么? 材料如何选择?	157
20. 柱塞的密封方式有哪几种?	157
21. 活塞的结构是如何分类的? 举例说明。	158
22. 活塞环的结构有哪些?	160
23. 活塞环的材料如何选择?	161
24. 齿轮泵的主要零部件的材料如何选择?	161
25. 单螺杆泵的主要零部件的材料如何选择?	161
26. 三螺杆泵的主要零部件的材料如何选择?	162
27. 常用安全阀的结构是什么?	162
28. 空气室的结构有哪些?	165

第五章 泵的试验和检测 167

1. 泵的试验一般依据什么进行?	167
2. 离心泵的试验装置有几种? 各有什么特点?	167
3. 往复泵的试验装置有几种?	170
4. 试验的精度等级有哪几种?	172
5. 扬程是如何测量和计算的?	172
6. 压力测量常用什么方法?	173
7. 泵试验常用的压力测量仪表有哪几种? 举例说明。	174
8. 压力表的量程如何选择?	176
9. 如果试验中压力表的指针或读数波动很大,如何读取数据?	176
10. 试验中,压力测量的位置如何选取? 有何技术要求?	176
11. 流量测量常用什么方法?	177
12. 泵试验常用的流量测量仪表有哪几种? 举例说明。	178
13. 轴功率的测量常用什么方法?	184
14. 泵的转速是如何测量的?	186
15. 试验中温度常用什么方法测量?	187
16. 叶片式泵的性能试验是如何进行的?	190
17. 往复泵的性能试验是如何进行的?	191
18. 叶片式泵的汽蚀试验是如何进行的?	191
19. 往复泵的汽蚀试验是如何进行的?	193
20. 设备噪声如何评价?	194
21. 泵的噪声是如何测量的?	194
22. 噪声测量常用什么仪表?	198
23. 泵的振动是如何测量的?	199

24. 振动测量常用什么仪表?	202
25. 试验用的介质有什么特殊要求?	203
26. 介质的黏度测量常用什么方法?	203
27. 泵的制造需要许可证吗?	204
28. 国内泵检测的权威机构有哪些?	206
29. 什么是静平衡试验?	206
30. 什么是动平衡试验?	207
31. 泵体的水压试验如何进行?	207
32. 试验装置在进行性能试验时常见的问题有哪些?	208
33. 试验装置在进行汽蚀试验时常见的问题有哪些?	209
第六章 泵的标准化	210
1. 我国泵的标准化技术机构是什么?	210
2. 泵的标准一般是如何制定的?	210
3. 泵行业有强制性标准吗?	210
4. 泵行业的标准体系如何?	210
5. 泵的基础标准主要有哪些?	211
6. 叶片式泵现行的主要标准有哪些?	212
7. 容积式泵现行的主要标准有哪些?	213
8. 标准 GB/T 3215—2007《石油、重化学和天然气工业用离心泵》和 API610 的关系如何?	214
9. 2005 年发布的 GB/T 3216 和 1989 年版的有什么区别?	215
10. GB/T 5656—2008、GB/T 5657—1995 和 GB/T 16907—1997 三个离心泵 技术条件标准的主要区别是什么?	215
11. GB/T 7784《机动往复泵试验方法》2006 年版和 1987 年版的主要区别有 哪些?	216
12. 国际泵专业的标准化技术机构是什么?	216
13. 国际标准化组织(ISO)归口的泵标准有哪些?	217
14. 目前泵行业常用的国际标准和国外先进标准有哪些?	219
15. 目前现行有效的 API610 是第几版? 和前一版本比有什么变化?	220
第七章 泵的安装、运行和维护	221
一、叶片式泵	221
1. 泵发货前应注意哪些方面?	221
2. 泵的储存有哪些注意事项?	221
3. 泵的安装方式有哪些?	222
4. 泵的安装位置有哪些要求?	222

5. 如何确定泵的安装高度及其计算?	223
6. 泵在安装时如何防止汽蚀的发生?	224
7. 浇筑泵地基应注意哪些方面?	225
8. 如何正确对泵进行安装?	225
9. 管路中有关外力和外力矩有何要求?	226
10. 安装泵时对管道有哪些要求?	227
11. 如何正确使用联轴器?	230
12. 如何对泵进行对中、找正?	232
13. 离心泵初次运行前应注意什么?	235
14. 泵的工作点是如何确定的?	236
15. 何谓不稳定工况点? 如何防止和控制?	237
16. 离心泵串联运行的特性如何估算?	238
17. 不同规格的两台离心泵串联工作时应如何配置?	238
18. 离心泵并联运行的特性如何估算?	239
19. 并联运行对两台不同规格的离心泵的性能有何要求?	239
20. 哪些途径可以调节泵的流量?	240
21. 不同泵的启动特性有什么不同?	241
22. 离心泵长期在小流量工况运行有什么不利的影响?	241
23. 离心泵长期大流量运行有什么不利的影响?	242
24. 停机后如何对泵进行处理?	242
25. 采用变频调速有什么优缺点?	243
26. 何谓泵的最小连续流量?	244
27. 泵的汽蚀性能与自吸性能有什么区别?	245
28. 泵在运行中应监测哪些参数?	246
29. 泵维护、维修有哪些分类?	246
30. 泵的日常维护应注意哪些?	248
31. 如何对屏蔽泵进行维护?	248
32. 叶片泵备品备件如何确定?	249
33. 离心泵口环有何要求? 运转间隙的合理范围是多少?	250
34. 由于原有泵扬程不够,可否在其后加装一个管道泵,以增大扬程? 如何选型?	251
35. 机械密封使用前的准备工作及注意事项有哪些?	252
36. 机械密封的装配顺序有什么要求?	253
二、容积式泵	253
1. 往复泵的安装有哪些注意事项?	253
2. 往复泵初次运行前应注意什么?	254
3. 往复泵运行过程中应注意哪些事项?	255

4. 往复泵的出口管路必须配有安全阀吗? 有何规定?	255
5. 往复泵运行中应监测哪些参数?	255
6. 往复泵的流量调节有哪些方法?	255
7. 蓄能器的压力如何确定?	257
8. 计量泵的使用中应注意哪些方面?	257
9. 往复泵的停车步骤是什么?	258
10. 如何对往复泵进行维护?	259
11. 如何消除(减轻)往复泵的脉动?	259
12. 如何提高转子泵运行寿命?	260
13. 如何进行转子泵的日常维护?	261
14. 螺杆泵解体大修有哪些内容?	261
第八章 泵的故障原因和排除方法	262
一、叶片式泵	262
1. 离心泵无法启动或启动困难是什么原因造成的? 如何解决?	262
2. 离心泵出口压力降低可能是什么原因? 如何解决?	264
3. 离心泵没有流量或流量不足可能是什么原因? 如何解决?	264
4. 离心泵运行时产生异常振动和噪声的原因有哪些? 有何解决办法?	265
5. 自吸泵无法自吸或自吸时间过长是什么原因造成的?	266
6. 多级泵有哪些典型的故障?	266
7. 磁力泵、屏蔽泵有哪些典型的故障? 如何解决?	266
8. 高速泵会出现哪些特有的问题?	267
9. 离心泵轴封(机械密封)液体泄漏有哪几种途径?	267
10. 机械密封失效的原因主要有哪些?	268
11. 哪些原因能导致轴承温度升高?	269
二、容积式泵	269
1. 往复泵排出压力达不到规定值或降低可能是什么原因? 如何解决?	269
2. 往复泵的流量降低可能是什么原因? 如何解决?	270
3. 柱塞(或活塞杆)填料密封泄漏量增大的原因有哪些?	270
4. 计量泵运行没有流量的原因是什么? 如何解决?	270
5. 计量泵的计量精度降低的原因是什么? 如何解决?	270
6. 齿轮泵振动与噪声产生的原因有哪些? 如何排除?	271
7. 齿轮油泵有哪些故障? 怎么排除?	272
8. 转子泵的使用中常见的故障是什么? 如何解决?	273
9. 安全阀常见的故障有哪些? 如何消除?	275

第一章 基础知识

一、流体力学基础知识

1. 流体力学的基本假设是什么？

流体力学是研究流体平衡和运动规律及流体与固体间的相互作用规律的学科,同时也研究如何应用这些规律去解决工程实践问题。流体力学的基本假设是“连续介质假设”,认为流体质点连续地充满了流体所在的整个空间。流体质点所具有的宏观物理量(如质量、速度、压力、温度等)满足一切应遵循的物理定律及物理性质,例如牛顿定律、质量和能量守恒定律、热力学定律,以及扩散、黏性、热传导等输送性质。

由于宏观问题的特征尺度和特征时间,例如机翼的翼弦、机翼的振动周期和分子间的距离及碰撞时间相比大得不可比拟,个别分子的行为几乎不影响大量分子统计平均后的宏观物理量,因此在考虑流体的宏观运动时可不必要直接考虑流体的分子结构,而采用连续介质这一近似的理论模型是合乎常见的宏观工程实际。

2. 流体的宏观性质包括哪些方面？

流体的宏观性质主要是易流动性、黏性及压缩性:

(1) 流动性:固体在静止时可以承受切应力,当固体受到切向作用力时,在一般情形下沿切线方向将发生微小的变形,而后达到平衡状态,在它的截面上承受切线方面的应力,因此,固体在静止时,既有法应力也有切应力。与此相反,流体在静止时不能承受切向应力,不管多小的切向应力,只要持续地施加,都能使流体流动发生任意大的变形,因此流体在静止时只有法应力而没有切应力,流体的这个宏观性质称为易流动性。

(2) 黏性:流体在静止时虽不能承受切应力,但在运动时,对相邻两层流体间的相对运动,即相对滑动速度却是有抵抗力的,这种抵抗力称为黏性应力。流体所具有的这种抵抗两层流体相对滑动速度,或普遍说来抵抗变形的性质称为黏性。黏性大小依赖于流体的性质,并显著地随温度而变化。实验表明,黏性应力的大小与黏性及相对速度成正比。当流体的黏性较小(实用上最重要的流体如空气、水等的黏性都是很小的),运动的相对速度也不大时,所产生的黏性应力比起其他类型的力如惯性力可忽略不计。此时,我们可以近似地把流体看成是无黏性的,这样的流体称为理想流体。十分明显,理想流体对于切向变形没有任何抗拒能力。这样对于黏性而言,我们可以将流体分成理想流体和黏液流体两大类。应该强调指出,真正的理想流体在客观实际中是不存在的,它只是实际流体在某种条件下的一种近似模型。

(3) 压缩性:在流体的运动过程中,由于压力、温度等因素的改变,流体质点的体积(或密度,因质点的质量一定),或多或少有所改变。流体质点的体积或密度在受到一定压力差或温度差的条件下可以改变的这个性质称为压缩性。真实流体都是可以压缩的,它的压缩程度依赖于流体的性质及外界的条件。液体在通常的压力或温度下,压缩性很小,例如水在100个大气压下,容积缩小0.5%,温度从20℃变化到100℃,容积降低4%。因此在一般情形下液体可以近似地看成是不可压缩的。但是在某些特殊问题中,例如水中爆炸或水击等问题,则必须把液体看作是可压缩的。气体的压缩性比液体大得多,所以在一般情形下应该当作可压缩流体处理,但是如果压力差较小,运动速度较小,并且没有很大的温度差,则实际上气体所产生的体积变化也不大,此时,也可以近似地将气体视为不可压缩的。总之,流体都是可压缩的,但对液体或低速运动而温度差又不大的气体而言,在一般情形下可近似地视为不可压缩的,我们便可按压缩性将流体分成不可压缩流体和可压缩流体两大类。应该特别强调,不可压缩流体在实际上是不存在的,它只是真实流体在某种条件下的近似模型。

除了上述特性外,流体还有热传导及扩散等性质。当流体中存在温度差时,温度高的地方将向温度低的地方传送热量,这种现象称为热传导;同样地,当流体混合物中存在着混合物某组元的浓度差时,浓度高的地方将向浓度低的地方输送该组元的物质,这种现象称为扩散。

3. 流体的黏性是什么? 如何度量? 大小和哪些因素有关?

流体是由运动的分子组成的。当流体的各部分有相对运动时,由于分子间的作用力,会产生阻止这种相对运动的摩擦切应力。流体的这种特性称为流体的黏性。

若在长度和宽度都很大的两块平行板面之间充满某种液体,如图1-1所示,使下平板保持静止,在上平板上施加一个向右的小力 F ,则上平板将会以很小的速度 u 向右运动。由于黏性的存在,板间的液体将产生向右的流动。靠上平板的液层具有与上平板相同的速度 u ,而靠下平板的液层的速度为0。介于两平板之间的各层液体的速度从下到上由0连续增加到 u ,其速度变化曲线如图1-1所示。由于运动的各层液体具有不同的速度,所

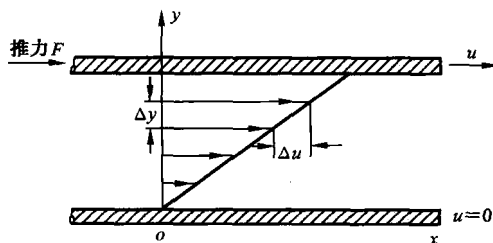


图1-1 流体层间的摩擦力

以各层之间存在相对运动;又由于液体的黏性作用,在各层液体间存在内摩擦力。为实现上述切向变形,存在一个切向力以抵消流体抗拒变形所产生的切向阻力,其数学表达式为:

$$\tau = \mu du/dn$$

式中的 μ 称为动力黏性系数,是随流体物理性质不同而改变的一个系数,可以表示度量不同流体的黏性,其单位为帕·秒(Pa·s)。常用的单位是毫帕·秒(mPa·s),即厘泊。

另外一个系数 ν 也常用来评价流体的黏性,称为运动黏性系数:

$$\nu = \mu/\rho$$

其单位为 m^2/s ,式中 ρ 为密度。常用的单位是 mm^2/s ,即厘斯。

还可以用相对黏度来评价流体的黏性,它是以前流体相对于水的黏度来间接表征流体黏度的一种黏度计量方法,称为恩氏黏度,一般用($^{\circ}E$)表示。它与 ν 的换算关系为:

$$\nu = 7.31^{\circ}E - \frac{6.31}{E} (\text{mm}^2/\text{s})$$

流体黏性的大小,不仅与流体的种类有关,且随流体的压力和温度的改变而变化。由于压力改变对流体黏性影响很小,一般可忽略不计。温度是影响黏性的主要因素。温度对黏度的影响,对液体和气体是截然不同的。温度升高时,液体的黏度迅速降低,而气体的黏度则随之升高。这主要是因为,液体的黏性力主要是由于分子间吸引力造成的,当温度升高时,分子距离加大,引力减小,使黏性力减弱,黏度降低。气体的黏性力主要是由气体内部分子运动引起的分子掺混、碰撞而产生的,温度升高,分子运动的速度加快,层间分子掺混、碰撞机会增多,使具有不同速度的气体层间的质量与动量交换加剧。所以,黏性力加大,黏度升高。

4. 流体的连续性方程式是什么? 有什么含义?

对于不可压缩流体的一元定常流动,连续方程式为:

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 = uA$$

式中: Q ——通过有效断面的流量(图 1-2);

v ——有效断面上的平均流速;

A ——有效断面面积。

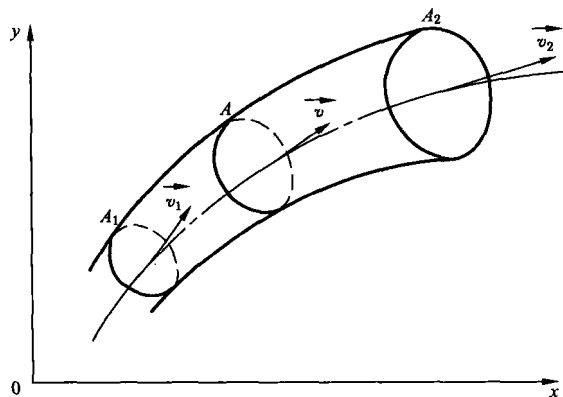


图 1-2 流量

该方程式的含义是:通过各有效断面上的流量总是相等的。也可以微分形式表示为:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

其物理意义是:在单位时间内,流进和流出单位体积表面的流体体积相等。

5. 伯努利方程式是什么? 有什么含义?

对于不可压缩流体稳定流动,也遵循能量守恒定律,其表达式为:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \Delta H$$

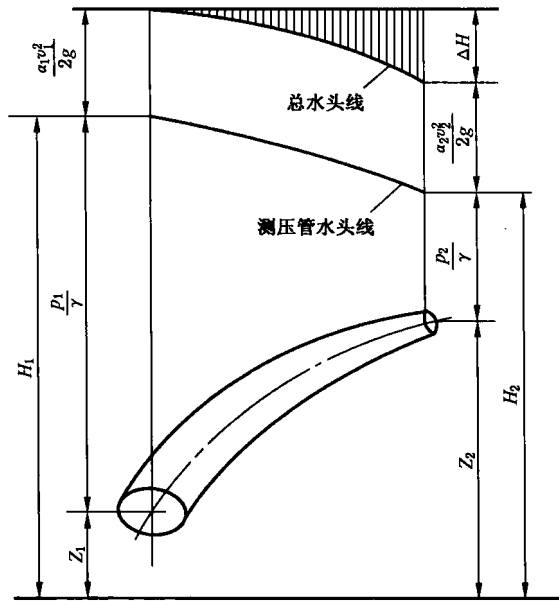


图 1-3 能量图

该方程反映了稳定流中沿流动各点位置高度、压力和流速这三个运动要素之间的变化规律,说明流体从一个断面 1 (如图 1-3)流到另一个断面 2 的过程中,断面上各种能量(位能、压力能、动能)在一定条件下可以相互转化,但前一断面的单位总机械能(三种能量总和)应等于后一断面的单位总机械能与两断面间的水力损失之和。该方程实质上是能量转化和守恒定律在流体运动中的特殊表达。

6. 什么是雷诺数? 有什么含义?

雷诺数的数学表达式为:

$$Re = \frac{v d}{\nu}$$

它是表征流动中的黏滯力的无量纲数,反映了黏滯力和惯性力的对比关系。雷诺数 Re 可以用来判别流动的形态。雷诺数 Re 的大小与管径 d 、速度 v 和流体的运动黏性系