

# 动力管道手册

《动力管道手册》编写组 编



机械工业出版社

# 动力管道手册

《动力管道手册》编写组 编

机械工业出版社

(京) 新登字054号

### 内 容 提 要

本手册是一本较为全面的综合性动力管道设计工具书。管道种类包括热力管道：蒸汽、热水、凝结水、废汽；燃气管道：冷煤气、水煤气、城市煤气、液化石油气；气体管道：压缩空气、氧气、氮气、乙炔气、氢气、二氧化碳、真空系统、高纯气体等。全书共十五章，包括常用资料、管道系统及其选择、管道布置及敷设、管道水力计算、管道热补偿、管道跨距及荷载、管道支吊架及支座、管道强度计算及应力验算、管材及其附件的选择、保温及防腐、动力分站、真空管道系统、高纯气体管道、动力管道安装及验收、概算指标等内容。书中大量的图表和数据供动力管道设计人员在初步设计和施工图设计中直接选用。

本手册供从事热力管道、燃气管道、气体管道和动力分站等工程设计人员使用，亦可供施工安装、概算编制、运行管理有关人员和大专院校有关师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

动力管道手册/《动力管道手册》编写组编. —北京：机械工业出版社，1994.4  
ISBN 7-111-04069-4

- I. 动…
- II. 动…
- III. 管道-手册
- IV. TU81-62

出版人：马九荣（北京市百万庄南街1号 邮政编码100037）  
责任编辑：蓝伙金 版式设计：霍永明 责任校对：肖新民  
封面设计：姚毅 责任印制：卢子祥  
三河宏达印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
1994年10月第1版·1994年10月第1次印刷  
787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·60.25印张·4插页·1883千字  
0 001—6 000 册  
定价：59.00元

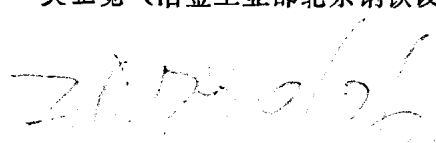
## 《动力管道手册》编写组

**主 编** 施振球 (机械工业部第一设计研究院)  
**副主编** 赵廷元 (中国兵器工业第五设计研究院)  
**编写人**

机械工业部第一设计研究院  
黄先扬 (第6章、第7章)  
顾凤娣 (第15章)  
机械工业部第四设计研究院  
肖同华 (第4章)  
中国兵器工业第五设计研究院  
赵廷元 (第2章、第13章、  
第3章第5节)  
机械工业部第八设计研究院  
叶全乐 (第1章)  
中国船舶工业总公司第九设计研究院  
张泉根 (第5章、第8章)  
电子工业部第十设计研究院  
吴克江 (第11章1、2、4节)  
张维君 (第11章第3节)  
机械工业部第十一设计研究院  
国 铭 (第9章)  
核工业第五研究设计院  
张国维 (第3章)  
刘建平 (第10章)  
中国航空工业规划设计研究院  
王振邦 (第12章、第14章)

### 本手册特邀审稿人

杨士正 (中国航空工业规划设计研究院)  
朱奎元 (机械工业部设计研究院)  
石俊宝 (机械工业部中电设计研究院)  
左贤龄 (中国航天建筑设计研究院)  
吴正宽 (冶金工业部北京钢铁设计研究院)



# 前 言

随着我国石化工业和新兴工业的不断发展,工厂中作为输送各种介质的动力管道种类越来越多,有冷态和热态,气体和液体,惰性介质和易燃易爆介质,普通介质和高纯气体介质,人工制造和天然形成,低压和高中压等。对动力管道的设计和安装要求也越来越高。城镇建设、工矿企业和民用建筑等的建设都离不开动力管道。为使动力管道设计做到既安全可靠,技术先进,经济合理,又便于安装管理,广大动力工作者特别是新参加设计工作的同志在设计工作中迫切需要一本实用的较全面的综合性动力管道设计工具书。

为此,机械工业动力科技情报网组织国内动力管道设计方面比较著名的设计院中长期从事动力管道工程设计,且具有较丰富实践经验的工程师、高级工程师编写了这本《动力管道手册》。

本手册的特点是:

## 1. 内容全面、系统、简明

本手册将常用的动力管道设计资料,以图表的形式阐述,便于设计中应用。同时还编入了个别设计院独有的、同类书没有的内容,如真空管道系统、高纯气体管道、压力容器设计计算、动力分站中换热站、凝结水站、气体汇流排间、煤气调压站和液化石油气气化混气站等,并从设计原则、工艺系统、计算选型及设计实例等方面作了详细阐述,使设计人员依靠本手册就能进行设计。为了扩宽设计人员的知识面,在手册中编入了动力管道安装及验收和概算指标等内容,使手册适用面更加广泛。

## 2. 内容新颖、实用

近年来发展起来的直埋管道敷设和管道热补偿用的波形、套管形及球形补偿器等,手册中对设计计算和规格选型都作了较详细介绍。用气(汽)设备消耗量资料是机电部作为科研课题对代表性工矿企业作了大量的测定工作,经校核计算后得出的最新成果,首次比较完整地编入了本手册。同时,手册中对于新技术、新设备、新材料以及最新颁发的国家标准都尽可能的搜集编入,便于设计、安装和运行管理中应用。

总之,我们尽可能使本手册在内容上全面些,并反映动力管道发展的最新成果。

在编写本手册的过程中,得到了机械工业动力科技情报网负责人舒世安、徐振国、胡尚文、张秋耀、张志坚、王建中同志关心和支持,以及有关设计研究院的领导和动力工作者以及一些工厂的支持和帮助,在此对上述单位及同志表示衷心的感谢。

本手册主要供从事热力、燃气及气体方面的动力管道专业设计人员、施工安装人员和运行管理人员及大专院校热能动力、燃气、供热、暖通等专业师生使用和参考。

由于我们水平不高,能力有限,不足和错误之处在所难免,希读者指正。联系单位:机械工业部第一设计研究院施振球(安徽省蚌埠市,邮政编码:233017)。

手册编写组

1993.6.

# 目 录

## 前言

## 第1章 常用资料

1 单位及换算关系	1
1.1 空间单位	1
1.2 力学单位	2
1.3 热力学单位	5
2 常用计算数表	6
2.1 半径 $R = 1$ 的弓形诸要素表	6
2.2 管道计算数据表	7
2.3 常用金属材料的力学性能	9
2.4 水和蒸汽性质表	13
2.5 常用气体性质表	16
2.6 常用燃气的性质	16
3 气象、地震资料	18
3.1 全国主要城市气象资料	18
3.2 全国主要城市地震基本烈度	20
4 管材	21
4.1 输送流体用无缝钢管 (GB8163—87)	21
4.2 低压流体输送焊接钢管 (GB3091—82、GB3092—82)	23
4.3 一般低压流体输送用螺旋缝埋弧焊钢管 (SY 5037—83)	23
4.4 一般低压流体输送用螺旋缝高频焊钢管 (SY5039—83)	24
4.5 不锈钢无缝钢管 (GB2270—80)	25
4.6 纯铜拉制管 (GB1527—79) 及挤制管 (GB1528—79)	26
4.7 黄铜拉制管 (GB1529—79) 及挤制管 (GB1530—79)	27
4.8 铝及铝合金管 (GB4436—84)	27
4.9 承压铸铁管	29
4.10 输送用橡胶管	30
4.11 化工用硬聚氯乙烯管 (GB 4219—84)	30
4.12 ABS 塑料管 ( $P_N10$ )	31
4.13 金属软管	31

5 金属材料及附件	32
5.1 板材	32
5.2 型材	32
5.3 管道附件及五金制品	41
6 阀门	68
6.1 说明	68
6.2 常用阀门型号规格	71
7 动力管道参考图例	127
7.1 管路介质的类别代号	127
7.2 图形符号	128
7.3 管道涂色规定	133
8 动力设施国家标准图目录及主要内容	134

## 第2章 管道系统及其选择

1 管道种类及其参数	138
1.1 热力管道	138
1.2 燃气管道	138
1.3 气体管道	138
1.4 真空管道	138
1.5 高纯气体管道	138
2 热力管道系统	138
2.1 热水系统	138
2.2 蒸汽系统	140
2.3 凝结水系统	142
3 燃气管道系统	144
3.1 发生炉煤气管道系统	144
3.2 城市煤气管道系统	144
3.3 天然气管道系统	146
3.4 液化石油气管道系统	146
4 气体管道系统	146
4.1 压缩空气管道系统	146
4.2 氧气管道系统	147
4.3 乙炔管道系统	148
4.4 氢气管道系统	149
4.5 二氧化碳管道系统	149

### 第3章 管道的布置及敷设

1 概述	150
2 管道的布置及敷设原则	150
2.1 厂区管道布置及敷设的一般原则	150
2.2 车间管道布置及敷设的一般原则	150
2.3 热力管道的布置及敷设原则	151
2.4 发生炉煤气、水煤气管道的布置及 敷设	151
2.5 城市煤气管道的布置及敷设	152
2.6 液化石油气管道的布置及敷设	152
2.7 压缩空气管道的布置及敷设	154
2.8 氧气管道的布置及敷设	157
2.9 乙炔管道的布置及敷设	157
2.10 氢气管道的布置及敷设	158
2.11 管道节点及详图索引	158
3 架空敷设	168
3.1 低支架敷设	168
3.2 中支架敷设	168
3.3 高支架敷设	168
3.4 地上架空敷设支架的型式	168
3.5 几种常用的管架结构型式	168
4 地沟敷设	170
4.1 通行地沟敷设	170
4.2 半通行地沟敷设	171
4.3 不通行地沟敷设	171
5 管道直埋敷设	172
5.1 国内外直埋技术的发展	172
5.2 氟聚塑直埋保温管	172
5.3 “管中管”预制保温管	174
5.4 直埋热力管道泄漏监测报警系统	183
5.5 直埋管道的敷设方式	184
5.6 直埋管道设计计算	185
5.7 直埋管道设计及施工要点	186
6 专用构筑物	187
6.1 检查井	187
6.2 伸缩穴	188
7 管道的排水、放空、吹扫装置	188
7.1 热水管网及凝结水管网	188
7.2 蒸汽管网	189
7.3 煤气管道	191
7.4 煤气、压缩空气、氧气、乙炔、氢	

气等管道常用的放气及排水管径.....191

8 埋地管道间距及与建(构)筑物 之间距	192
8.1 埋地管道相互间最小平面净距 表	192
8.2 埋地管道交叉最小净距表	192
8.3 埋地管道与建(构)筑物最小平面 净距表	192
9 架空管道间距及与建(构)筑物之 间距	193
9.1 厂区架空管道间相互最小净距表	193
9.2 厂区架空管道与建(构)筑物最小 平面净距表	193
9.3 厂区架空管道与建(构)筑物间最 小垂直净距表	193
9.4 室内管道间及与电气设备间最小净 距表	193

### 第4章 管道水力计算

1 概述	196
2 负荷计算及耗量表	196
2.1 负荷计算	196
2.2 耗量表	199
3 常用流速和粗糙度	236
3.1 常用流速( $w$ )和粗糙度( $k$ )表	236
3.2 $k$ 值换算	238
3.3 介质密度 $\rho$ 值的修正	238
3.4 平均密度计算	238
4 管径和压力损失计算	238
4.1 管径计算	238
4.2 管道的压力损失计算	239
4.3 允许比压降的计算	240
5 水压图	241
5.1 绘制水压图时,水力工况应满足的条 件	242
5.2 水压图绘制的方法和步骤	243
5.3 几种类型的水压图	243
6 计算图表	246
7 计算举例	365

### 第5章 管道热补偿

1 概述	383
------	-----

2	管道热伸长量计算	383
3	管道自然补偿	384
3.1	概述	384
3.2	平面自然补偿管段短臂长度的计算	384
3.3	空间自然补偿管段的近似验算	384
4	管道热补偿器类型	386
4.1	矩(方)形补偿器	386
4.2	套管式补偿器	392
4.3	波形补偿器	398
4.4	球型补偿器	421

## 第6章 管道支架的跨距及荷载

1	概述	424
2	管道支架允许跨距计算	424
2.1	按强度条件确定管道支架允许跨距	424
2.2	按刚度条件确定管道支架允许跨距	424
2.3	水平弯管管道支架允许跨距的确定	424
2.4	尽端直管支架允许跨距的确定	424
3	管道支架最大允许跨距	426
3.1	保温蒸汽管道最大允许跨距	426
3.2	保温液体管道最大允许跨距	426
3.3	不保温管道最大允许跨距	426
3.4	煤气管道支架跨距的确定	426
3.5	加强管道	430
3.6	拱形管道	434
4	管道固定支架间距的确定	440
4.1	管道固定支架间距确定的原则	440
4.2	热力管道固定支架最大间距	440
4.3	热力管道直管段允许不装补偿器的最大长度	441
4.4	煤气管道固定支架最大跨距	441
5	支架荷载计算	442
5.1	垂直荷载	442
5.2	沿管道轴线的水平荷载	442
5.3	与管道轴向交叉的侧向水平荷载	443
6	固定支架推力计算	445
6.1	矩形补偿器和自然补偿固定支架推力计算公式	449
6.2	套管补偿器固定支架推力计算公式	449
6.3	波形补偿器固定支架推力计算公式	449
6.4	球形补偿器固定支架推力计算公式	449
6.5	煤气管道固定支架推力计算	449
6.6	固定支架推力计算实例	449

## 第7章 管道支吊架及支座

1	概述	455
1.1	管道支吊架的分类	455
1.2	管道支吊架选择原则	455
2	支吊架结构强度计算	456
2.1	常用支吊架生根结构构件的强度计算	456
2.2	常用支吊架生根结构构件的强度计算曲线图	461
3	弹簧支吊架	470
3.1	弹簧承受的最大荷载计算	470
3.2	垂直热位移计算	470
3.3	支吊架弹簧的选择方法	470
3.4	吊架弹簧	474
3.5	支架弹簧	477
3.6	橡胶弹性吊架	477
4	常用支吊架	480
4.1	室内(装配式)管道支吊架	480
4.2	室内热力管道支吊架	489
4.3	室外热力管道支座	490
4.4	《管道支吊架手册》简介	490
4.5	地沟管道支吊架	514
4.6	无沟敷设管道固定支架	522
4.7	煤气管道支座	522
4.8	大管背小管支架结构	529
5	组合式管架	530
5.1	吊索管架	530
5.2	悬索管架	530

## 第8章 管道强度计算和应力验算

1	管道强度计算	532
1.1	管道理论壁厚计算	532
1.2	管道设计壁厚和取用壁厚	532
1.3	管道壁厚附加值 $c_1$ 及 $c_2$	532
2	管道应力验算	533
2.1	概述	533
2.2	一次应力验算	533
2.3	管道自重应力的近似计算方法	534
2.4	二次应力验算	536
2.5	合成应力验算	537
3	用图表法求解管道的推力和应力	537



## Ⅷ

3.1 平面管道的推力和应力计算.....	537	6.3 液化石油气管道上的气液分离器.....	583
3.2 立体管道的推力和应力计算.....	538	7 其它管道附件.....	584
4 卧式压力容器计算.....	541	7.1 除污器.....	584
4.1 概述.....	541	7.2 配气器.....	584
4.2 卧式内压力容器计算格式.....	542	7.3 汽水集配器.....	584
4.3 分汽缸和分水缸计算.....	547	7.4 氧气、乙炔接头箱.....	588
<b>第9章 管材及主要附件的选择</b>			
1 管材选择.....	552	7.5 二次蒸发箱.....	589
1.1 概述.....	552	8 常用仪表.....	591
1.2 管材.....	552	8.1 温度计的选用.....	591
1.3 常用管件简介.....	552	8.2 压力仪表的选用.....	592
1.4 常用钢制法兰简介.....	553	8.3 流量仪表简介.....	594
2 阀门选择的一般要求.....	555	9 节流装置简介.....	602
2.1 阀门的分类和用途.....	555	<b>第10章 保温及防腐</b>	
2.2 管道阀门的选择.....	555	1 保温设计准则.....	605
2.3 常用管道阀门选用介绍.....	557	2 保温材料选择原则.....	605
2.4 柱塞阀简介.....	557	3 保温热力计算.....	605
3 减压装置的选择计算.....	557	4 保温材料.....	613
3.1 概述.....	557	5 保温结构.....	615
3.2 减压阀及选用计算.....	557	6 保护层.....	615
3.3 调压孔板及选用计算.....	560	7 保温用辅助材料.....	616
3.4 气体减压器.....	561	8 保温工程.....	620
3.5 煤气及液化气管网中的调压器.....	561	8.1 保温结构图.....	620
3.6 自立式调节阀.....	563	8.2 保温工程量计算表.....	622
3.7 ZZYP 自立式压力调节阀简介.....	564	8.3 保温层厚度表.....	626
3.8 ZTY-16S 自立式调压阀.....	565	9 涂料及防腐.....	640
4 安全装置的选择计算.....	566	9.1 概述.....	640
4.1 概述.....	566	9.2 油漆涂料.....	640
4.2 安全阀选型计算.....	566	9.3 管道防腐措施.....	643
4.3 安全水封.....	568	<b>第11章 动力分站</b>	
4.4 中压乙炔干式回火防止器简介.....	571	1 换热站.....	647
4.5 氢气、煤气管道用网式阻火器.....	571	1.1 概述.....	647
4.6 垂直安全阀.....	573	1.2 设计一般原则.....	647
4.7 液化石油气的紧急切断装置.....	573	1.3 工艺系统.....	650
5 疏水装置及疏水阀.....	573	1.4 布置及设计要求.....	650
5.1 概述.....	573	1.5 工艺与各专业关系.....	651
5.2 疏水阀的选用.....	573	1.6 换热器的热力计算及选型.....	651
5.3 疏水加压器.....	576	1.7 常用换热器.....	669
6 管道油水分离及排水装置.....	577	1.8 换热站平面图系统图实例.....	749
6.1 油水分离器.....	577	2 凝结水站.....	752
6.2 集水与排水装置.....	580	2.1 概述.....	752

2.2	设计一般原则	752
2.3	工艺系统	752
2.4	布置及设计要求	753
2.5	工艺与各专业关系	754
2.6	设备计算及选型	754
2.7	平面图及系统图实例	767
3	城市煤气调压站及液化石油气 化、混气站	768
3.1	城市煤气调压站	768
3.2	液化石油气气化、混气站	792
4	气体汇流排间	830
4.1	氧气、氮气、氢气汇流排间	830
4.2	乙炔汇流排间	846
4.3	二氧化碳汇流排间	854

### 第12章 真空管道系统

1	概述	862
2	真空系统中气体流动的剖析与基 本方程	863
3	流导的计算	864
4	真空泵站的组成及布置	867
5	真空泵的选择	867
6	真空系统设计时应考虑的几 个问题	868
7	真空设备及附件	869
8	标准大气数据表	872
9	真空系统计算实例	873

### 第13章 高纯气体管道

1	高纯气体的用途	876
2	高纯气体的控制标准	876
2.1	纯度及干燥度	876
2.2	洁净度	876
3	气体净化系统及设备	878
3.1	HP—氢气加压净化系统	878
3.2	QC 常压系列和 QCZ 中压系列氢气 纯化装置	879
3.3	Y217 高效氢气纯化器净化系统	879
3.4	氧气净化系统	882
3.5	氮气净化系统及设备	885
4	高纯气体管网设计、安装和维护	

	的要求	888
5	管道材料、阀门和附件	888
6	高纯气体管道安装	888
6.1	安装前的准备工作	888
6.2	安装程序	889
7	高纯气体管道的安全技术	887

### 第14章 动力管道安装及验收

1	动力管道安装应遵循的原则	891
2	管道加工及预制	891
2.1	管子清洗	891
2.2	弯管制作	891
2.3	三通管制作	891
2.4	方型补偿器制作	891
3	管道焊接	892
3.1	一般规定与注意事项	892
3.2	坡口加工及接头组对	893
3.3	预热与热处理	893
3.4	焊接方法的选择	893
3.5	焊条的选用	894
3.6	焊缝检验	894
4	支吊架的安装	894
4.1	安装前的准备工作	894
4.2	安装要求	894
4.3	安装方法	895
5	管道安装	895
5.1	管道安装前应具备的条件	895
5.2	一般规定	895
5.3	阀门和法兰的安装	895
5.4	热力管道安装	896
5.5	压缩空气管道安装	896
5.6	煤气管道安装	896
5.7	氧气管道安装	896
5.8	乙炔管道安装	897
5.9	氮气管道安装	897
5.10	二氧化碳管道安装	897
5.11	氢气管道安装	897
5.12	液化石油气管道安装	897
5.13	真空管道安装	897
5.14	补偿器的安装	897
6	管道系统的试验	898
6.1	一般规定	898



# 第1章 常用资料

## 1. 单位及换算关系

### 1.1 空间单位

#### 1. 长度

表 1-1

	m	in	ft	yd	km	mile	n mile
米	1	39.37	3.281	1.094	$10^{-3}$	$6.21 \times 10^{-4}$	$5.40 \times 10^{-4}$
英寸	0.0254	1	0.0833	0.0278	$0.254 \times 10^{-4}$	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.371 \times 10^{-5}$
英尺	0.3048	12	1	0.333	$0.3048 \times 10^{-3}$	$1.894 \times 10^{-4}$	$1.646 \times 10^{-4}$
码	0.9144	36	3	1	$0.9144 \times 10^{-3}$	$5.682 \times 10^{-4}$	$4.937 \times 10^{-4}$
公里	1000	$3.937 \times 10^4$	3281	1094	1	0.621	0.540
英里	1609	63360	5280	1760	1.609	1	0.869
海里	1852	72913	6076	2025	1.825	1.151	1

#### 2. 面积

表 1-2

	m <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>	yd <sup>2</sup>	市亩	acre	mile <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	ha
米 <sup>2</sup>	1	1550	10.76	1.196	$1.5 \times 10^{-3}$	$2.471 \times 10^4$	$3.861 \times 10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$
英寸 <sup>2</sup>	$6.452 \times 10^{-4}$	1	$6.944 \times 10^{-3}$	$7.716 \times 10^{-4}$	$9.677 \times 10^{-7}$	$1.594 \times 10^{-7}$	$2.491 \times 10^{-10}$	$0.645 \times 10^{-9}$	$6.452 \times 10^{-8}$
英尺 <sup>2</sup>	0.0929	144	1	0.1111	$1.394 \times 10^{-4}$	$2.296 \times 10^{-5}$	$3.587 \times 10^{-8}$	$9.29 \times 10^{-8}$	$9.29 \times 10^{-6}$
码 <sup>2</sup>	0.836	1296	9	1	$1.254 \times 10^{-3}$	$2.066 \times 10^{-4}$	$3.228 \times 10^{-7}$	$8.361 \times 10^{-7}$	$8.361 \times 10^{-5}$
市亩	666.7	$1.033 \times 10^6$	$7.176 \times 10^3$	797.3	1	0.1646	$2.574 \times 10^{-4}$	$6.667 \times 10^{-4}$	$6.667 \times 10^{-2}$
英亩	4046.9	$6.273 \times 10^6$	43560	4840	6.073	1	$1.563 \times 10^{-3}$	$4.047 \times 10^{-3}$	0.4047
英里 <sup>2</sup>	$2.59 \times 10^6$	$4.014 \times 10^9$	$2.788 \times 10^7$	$3.098 \times 10^6$	$3.885 \times 10^3$	640	1	2.59	$2.59 \times 10^2$
公里 <sup>2</sup>	$10^6$	$1.55 \times 10^9$	$1.076 \times 10^7$	$1.196 \times 10^6$	1500	247.1	0.386	1	100
公顷	$10^4$	$1.55 \times 10^7$	$1.076 \times 10^5$	$1.196 \times 10^4$	15	2.471	$3.86 \times 10^{-3}$	0.01	1

#### 3. 容积、体积

表 1-3

	m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> (L)	in <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	yd <sup>3</sup>	UKgal	USgal
米 <sup>3</sup>	1	1000	61024	35.31	1.308	220	264
分米 <sup>3</sup> (升)	0.001	1	61.024	0.03531	$1.308 \times 10^{-3}$	0.220	0.264
英寸 <sup>3</sup>	$0.1639 \times 10^{-4}$	$1.639 \times 10^{-2}$	1	$5.787 \times 10^{-4}$	$2.143 \times 10^{-5}$	$3.605 \times 10^{-3}$	$4.329 \times 10^{-3}$
英尺 <sup>3</sup>	0.02832	28.32	1728	1	0.03704	6.229	7.481
码 <sup>3</sup>	0.7646	764.6	46656	27	1	168.2	202
英加仑	$4.546 \times 10^{-3}$	4.546	277.42	0.1605	$5.946 \times 10^{-3}$	1	1.201
美加仑	$3.785 \times 10^{-3}$	3.785	231	0.1337	$4.951 \times 10^{-3}$	0.8327	1

## 4. 速度

表 1-4

	m/s	ft/s	yd/s	km/h	mile/h	n mile/h
米/秒	1	3.281	1.094	3.6	2.237	1.944
英尺/秒	0.3048	1	0.3333	1.0973	0.6819	0.5925
码/秒	0.9144	3	1	3.2919	2.0457	1.7775
千米/时	0.2778	0.9114	0.3033	1	0.6214	0.54
英里/时	0.4470	1.4667	0.4889	1.0693	1	0.8689
海里/时	0.5144	1.6881	0.5627	1.852	1.1508	1

## 5. 角度

表 1-5

	rad	(°)	(')	(")
弧度	1	57.296	3437.8	206265
度	0.01745	1	60	3600
分	$2.909 \times 10^{-4}$	0.01667	1	60
秒	$4.848 \times 10^{-6}$	$2.778 \times 10^{-4}$	0.01667	1

## 6. 角速度

表 1-6

	rad/s	rad/min	r/s	r/min	(°)/s	(°)/min
弧度/秒	1	60	0.1592	9.549	57.296	3437.8
弧度/分	0.01667	1	$2.653 \times 10^{-3}$	0.1592	0.955	57.296
转/秒	6.283	376.99	1	60	360	21600
转/分	0.1047	6.283	0.01667	1	6	3600
度/秒	0.01745	1.0472	$2.778 \times 10^{-3}$	0.1667	1	60
度/分	$2.909 \times 10^{-4}$	0.01745	$4.63 \times 10^{-5}$	$2.778 \times 10^{-3}$	0.01667	1

## 1.2 力学单位

## 1. 质量

表 1-7

	t	kg	g	ton	US ton	lb	oz
吨	1	1000	$10^6$	0.9842	1.102	2204.6	35274
千克	$10^{-3}$	1	$10^3$	$9.842 \times 10^{-4}$	$1.102 \times 10^{-3}$	2.2046	35.274
克	$10^{-6}$	$10^{-3}$	1	$9.842 \times 10^{-7}$	$1.102 \times 10^{-6}$	$2.2046 \times 10^{-3}$	0.03527
英吨	1.016	1016	$1.016 \times 10^6$	1	1.12	2240	35840
美吨	0.9072	907.2	$9.072 \times 10^5$	0.8929	1	2000	32000
磅	$4.536 \times 10^{-4}$	0.4536	453.6	$4.464 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4}$	1	16
盎司	$2.835 \times 10^{-5}$	0.02835	28.35	$2.790 \times 10^{-5}$	$3.125 \times 10^{-5}$	0.0625	1

## 2. 密度

表 1-8

	kg/m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/mL	t/m <sup>3</sup>	ton/yd <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>	lb/UKgal	lb/USgal
千克/米 <sup>3</sup>	1	0.001	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	7.525×10 <sup>-4</sup>	6.243×10 <sup>-2</sup>	3.613×10 <sup>-5</sup>	1.002×10 <sup>-2</sup>	0.835×10 <sup>-2</sup>
克/厘米 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	1	1	0.7525	62.43	0.03613	10.02	8.345
克/毫升	1000	1	1	1	0.7525	62.43	0.03613	10.02	8.345
吨/米 <sup>3</sup>	1000	1	1	1	0.7525	62.43	0.03613	10.02	8.345
英吨/码 <sup>3</sup>	1329	1.329	1.329	1.329	1	82.93	0.048	13.32	11.09
磅/英尺 <sup>3</sup>	16.02	1.602×10 <sup>-2</sup>	1.602×10 <sup>-2</sup>	1.602×10 <sup>-2</sup>	0.0121	1	5.787×10 <sup>-4</sup>	0.1605	0.1337
磅/英寸 <sup>3</sup>	27680	27.68	27.68	27.68	20.83	1728	1	277.4	231
磅/英加仑	99.78	9.978×10 <sup>-2</sup>	9.978×10 <sup>-2</sup>	9.978×10 <sup>-2</sup>	0.0751	6.229	3.605×10 <sup>-3</sup>	1	0.833
磅/美加仑	119.8	0.1198	0.1198	0.1198	0.0902	7.481	4.329×10 <sup>-3</sup>	1.201	1

## 3. 比容 (比体积)

表 1-9

	m <sup>3</sup> /kg	L/kg	ft <sup>3</sup> /lb	in <sup>3</sup> /lb	ft <sup>3</sup> /ton	UKgal/lb
米 <sup>3</sup> /千克	1	1000	16.02	27680	35881	99.78
升/千克	0.001	1	0.01602	27.68	35.881	0.09978
英尺 <sup>3</sup> /磅	0.06243	62.43	1	1728	2240	6.229
英寸 <sup>3</sup> /磅	3.613×10 <sup>-5</sup>	0.0361	5.787×10 <sup>-4</sup>	1	1.296	3.605×10 <sup>-3</sup>
英尺 <sup>3</sup> /英吨	2.787×10 <sup>-5</sup>	0.0279	4.464×10 <sup>-4</sup>	0.7714	1	2.781×10 <sup>-3</sup>
英加仑/磅	10.02×10 <sup>-3</sup>	10.02	0.1605	277.4	359.6	1

## 4. 力、重力

表 1-10

	N	kgf	lbf	tf	tonf	US tonf
牛顿	1	0.10197	0.2248	1.0197×10 <sup>-4</sup>	1.0036×10 <sup>-4</sup>	1.124×10 <sup>-4</sup>
千克力	9.8067	1	2.2046	10 <sup>-3</sup>	9.842×10 <sup>-4</sup>	1.102×10 <sup>-3</sup>
磅力	4.448	0.4536	1	4.536×10 <sup>-4</sup>	4.464×10 <sup>-4</sup>	5×10 <sup>-4</sup>
吨力	9.8067×10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	2204.6	1	0.9842	1.1023
英吨力	9964	1.0161×10 <sup>3</sup>	2240	1.0161	1	1.12
美吨力	8896	907.2	2000	0.9072	0.8929	1

## 5. 压力 (压强)、应力

表 1-11

	Pa (N/m <sup>2</sup> )	kgf/cm <sup>2</sup>	atm	mH <sub>2</sub> O	mmHg (Torr)	inH <sub>2</sub> O	lbf/ft <sup>2</sup>	lbf/in <sup>2</sup>
帕斯卡	1	1.0197×10 <sup>-5</sup>	9.869×10 <sup>-6</sup>	1.0197×10 <sup>-4</sup>	7.5×10 <sup>-3</sup>	4.0146×10 <sup>-3</sup>	2.0885×10 <sup>-2</sup>	1.4504×10 <sup>-4</sup>
千克力/厘米 <sup>2</sup>	9.8067×10 <sup>4</sup>	1	0.9678	10	735.5	395	2048	14.22
标准大气压	1.0133×10 <sup>5</sup>	1.0333	1	10.333	760	407.5	2116.8	14.696
米水柱	9807	0.1	0.0968	1	73.556	39.40	204.77	1.4223
毫米汞柱(托)	133.32	1.36×10 <sup>3</sup>	1.31×10 <sup>3</sup>	0.0136	1	0.5352	2.7845	0.0193
英寸水柱	249	2.54×10 <sup>-3</sup>	2.46×10 <sup>-3</sup>	2.54×10 <sup>-2</sup>	1.87	1	5.2023	3.61×10 <sup>-2</sup>
磅力/英尺 <sup>2</sup>	47.88	4.883×10 <sup>-4</sup>	4.724×10 <sup>-4</sup>	4.884×10 <sup>-3</sup>	0.3591	0.1922	1	6.944×10 <sup>-3</sup>
磅力/英寸 <sup>2</sup>	6894	0.0703	0.0680	0.703	5172	27.72	144	1

## 6. 动力粘度

表 1-12

	Pa·s	cP	μP	kgf·s/m <sup>2</sup>	lbf·s/ft <sup>2</sup>	lbf·h/ft <sup>2</sup>
帕斯卡秒	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>7</sup>	0.10197	2.0885×10 <sup>-2</sup>	5.8015×10 <sup>-6</sup>
厘泊	10 <sup>-3</sup>	1	10 <sup>4</sup>	1.0197×10 <sup>-4</sup>	2.0885×10 <sup>-5</sup>	5.8015×10 <sup>-9</sup>
微泊	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-4</sup>	1	1.0197	2.0885×10 <sup>-9</sup>	5.8015×10 <sup>-13</sup>
千克力秒/米 <sup>2</sup>	9.8067	9806.7	0.9807	1	0.2048	5.689×10 <sup>-5</sup>
磅力秒/英尺 <sup>2</sup>	47.88	47880	4.788×10 <sup>8</sup>	4.8824	1	2.7778×10 <sup>-4</sup>
磅力·时/英尺 <sup>2</sup>	1.7237×10 <sup>5</sup>	1.7237×10 <sup>8</sup>	1.7237×10 <sup>12</sup>	1.7577×10 <sup>4</sup>	3600	1

## 7. 运动粘度

表 1-13

	St	cSt	m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /h	ft <sup>2</sup> /s	in <sup>2</sup> /s
斯托克斯(淹)	1	100	10 <sup>-4</sup>	0.36	1.076×10 <sup>-3</sup>	0.155
厘斯托克斯(厘淹)	0.01	1	10 <sup>-6</sup>	3.6×10 <sup>-3</sup>	1.076×10 <sup>-5</sup>	1.55×10 <sup>-3</sup>
米 <sup>2</sup> /秒	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	1	3600	10.764	1.55×10 <sup>3</sup>
米 <sup>2</sup> /小时	2.778	277.8	2.778×10 <sup>-4</sup>	1	2.99×10 <sup>-3</sup>	0.4306
英尺 <sup>2</sup> /秒	929.03	92903	9.2903×10 <sup>-2</sup>	334.5	1	144
英寸 <sup>2</sup> /秒	6.452	645.2	6.452×10 <sup>-4</sup>	2.323	6.944×10 <sup>-3</sup>	1

注：条件粘度(恩氏粘度)与运动粘度的换算

$$\nu = 0.0731^{\circ}E - \frac{0.0631}{^{\circ}E}$$

式中  $\nu$ ——运动粘度, St;

$^{\circ}E$ ——恩氏粘度,  $^{\circ}E$ 。

## 8. 功、能量、热量

表 1-14

	kJ	kW·h	kcal	kgf·m	Btu	马力小时	hp·h
千焦	1	2.778×10 <sup>-4</sup>	0.2388	101.97	0.9478	3.777×10 <sup>-4</sup>	3.723×10 <sup>-4</sup>
千瓦小时	3600	1	859.8	367098	3412.14	1.36	1.341
千卡	4.1868	1.163×10 <sup>-3</sup>	1	427.2	3.968	1.581×10 <sup>-3</sup>	1.558×10 <sup>-3</sup>
千克力米	9.807×10 <sup>-3</sup>	2.724×10 <sup>-6</sup>	2.341×10 <sup>-3</sup>	1	9.291×10 <sup>-3</sup>	3.701×10 <sup>-6</sup>	3.653×10 <sup>-6</sup>
英热单位	1.055	2.931×10 <sup>-4</sup>	0.252	107.6	1	3.984×10 <sup>-4</sup>	3.93×10 <sup>-4</sup>
马力小时	2.648×10 <sup>3</sup>	0.7353	632.5	2.702×10 <sup>5</sup>	2510	1	0.9863
英马力小时	2.685×10 <sup>3</sup>	0.7457	641.2	2.737×10 <sup>5</sup>	2544.4	1.0139	1

## 9. 功率

表 1-15

	W	kcal/h	kgf·m/s	马力	hp	lbf·ft/s	Btu/h
瓦	1	0.8598	0.102	1.36×10 <sup>-3</sup>	1.341×10 <sup>-3</sup>	0.7376	3.412
千卡/小时	1.163	1	0.1186	1.531×10 <sup>-3</sup>	1.56×10 <sup>-3</sup>	0.8578	3.968
千克力米/秒	9.8067	8.432	1	0.01333	0.01315	7.233	33.46
马力	735.5	632.4	75	1	0.9863	542.5	2509.6
英马力	745.7	641.2	76.04	1.0139	1	550	2544.4
磅力英尺/秒	1.3558	1.1658	0.1383	1.843×10 <sup>-3</sup>	1.818×10 <sup>-3</sup>	1	4.626
英热单位/小时	0.293	0.252	2.988×10 <sup>-2</sup>	3.985×10 <sup>-4</sup>	3.930×10 <sup>-4</sup>	0.2162	1

10. 体积流量

表 1-16

	m <sup>3</sup> /s	ft <sup>3</sup> /s	yd <sup>3</sup> /s	L/s	UKgal/s	USgal/s	m <sup>3</sup> /h
米 <sup>3</sup> /秒	1	35.31	1.3079	1000	220.1	264.2	3600
英尺 <sup>3</sup> /秒	0.0283	1	0.0370	28.326	6.228	7.481	101.9
码 <sup>3</sup> /秒	0.7645	27	1	764.5	168.2	202	2752
升/秒	0.001	0.0353	0.0013	1	0.2201	0.2642	3.6
英加仑/秒	0.0045	0.1607	0.0059	4.544	1	1.2004	16.347
美加仑/秒	3.785 × 10 <sup>-3</sup>	0.1337	0.0049	3.786	0.833	1	13.626
米 <sup>3</sup> /时	0.278 × 10 <sup>-3</sup>	9.8 × 10 <sup>-3</sup>	0.4 × 10 <sup>-3</sup>	0.2778	0.0611	0.0734	1

1.3 热力学单位

1. 温度

表 1-17

	K	°C	°F	°R
开氏度	1	°C + 273.16	$\frac{5}{9}(F - 32) + 273.16$	$\frac{5}{4}R + 273.16$
摄氏度	K - 273.16	1	$\frac{5}{9}(F - 32)$	$\frac{5}{4}R$
华氏度	$\frac{9}{5}(K - 273.16) + 32$	$\frac{9}{5}C + 32$	1	$\frac{9}{4}R + 32$
列氏度	$\frac{4}{5}(K - 273.16)$	$\frac{4}{5}C$	$\frac{4}{9}(F - 32)$	1

2. 热导率 (导热系数)

表 1-18

	W/(m·K)	cal/(cm·s·K)	kcal/(m·h·K)	Btu/(ft·h·°F)	Btu·in/(ft <sup>2</sup> ·h·°F)
瓦/(米·开尔文)	1	0.2388 × 10 <sup>-2</sup>	0.8598	0.5778	6.9335
卡/(厘米·秒·开尔文)	418.7	1	360	241.9	2902.9
千卡/(米·小时·开尔文)	1.163	2.778 × 10 <sup>-3</sup>	1	0.672	8.064
英热单位/(英尺·小时·华氏度)	1.731	4.134 × 10 <sup>-3</sup>	1.488	1	12
英热单位·英寸/(英尺 <sup>2</sup> ·小时·华氏度)	0.1442	3.445 × 10 <sup>-4</sup>	0.124	0.0833	1

3. 传热系数

表 1-19

	W/(m <sup>2</sup> ·K)	cal/(cm <sup>2</sup> ·s·K)	kcal/(m <sup>2</sup> ·h·K)	Btu/(ft <sup>2</sup> ·h·°F)
瓦/(米 <sup>2</sup> ·开尔文)	1	0.2388 × 10 <sup>-4</sup>	0.8598	0.1761
卡/(厘米 <sup>2</sup> ·秒·开尔文)	41868	1	36000	7373.4
千卡/(米 <sup>2</sup> ·时·开尔文)	1.163	2.7778 × 10 <sup>-5</sup>	1	0.2048
英热单位/(英尺 <sup>2</sup> ·时·华氏度)	5.6783	1.356 × 10 <sup>-4</sup>	4.8824	1



## 4. 比热容

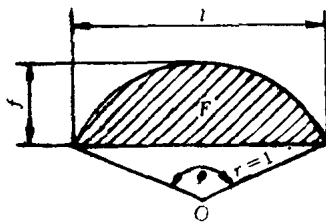
表 1-20

	J/(kg·K)	kcal/(kg·°C)	W·h/(kg·°C)	kgf·m/(kg·K)	Btu/(lb·°F)	ft·lbf/(lb·°F)
焦/(千克·开尔文)	1	$2.3885 \times 10^{-4}$	$2.7778 \times 10^{-4}$	0.1019	$2.3885 \times 10^{-4}$	0.1859
千卡/(千克·摄氏度)	$4.1868 \times 10^3$	1	1.163	426.9	1	778.2
瓦·时/(千克·摄氏度)	3600	0.8598	1	366.8	0.8598	669.2
千克力·米/(千克·开尔文)	9.8067	$2.3423 \times 10^{-3}$	$2.726 \times 10^{-3}$	1	$2.3425 \times 10^{-3}$	1.8231
英热单位/(磅·华氏度)	$4.1868 \times 10^3$	1	1.163	426.9	1	778.2
磅力·英尺/(磅·华氏度)	5.3803	$1.2851 \times 10^{-3}$	$1.494 \times 10^{-3}$	0.5483	$1.2851 \times 10^{-3}$	1

## 2 常用计算数表

2.1 半径  $R = 1$  的弓形诸要素表

表 1-21



中心角 $\varphi^\circ$	弓形高 $f$	弦长 $l$	弓形面积 $F$	中心角 $\varphi^\circ$	弓形高 $f$	弦长 $l$	弓形面积 $F$
2	0.0002	0.0349		48	0.0865	0.8135	0.04731
4	0.0006	0.0698	0.00003	50	0.0937	0.8452	0.05331
6	0.0014	0.1047	0.00010	52	0.1012	0.8767	0.5978
8	0.0024	0.1395	0.00023	54	0.1090	0.9080	0.06673
10	0.0038	0.1743	0.00044	56	0.1171	0.9389	0.07417
12	0.0055	0.2091	0.00076	58	0.1254	0.9696	0.08212
14	0.0075	0.2437	0.00121	60	0.1340	1.0000	0.09059
16	0.0097	0.2783	0.00181	62	0.1428	1.0301	0.09958
18	0.0123	0.3129	0.00257	64	0.1520	1.0598	0.10911
20	0.0152	0.3473	0.00352	66	0.1613	1.0893	0.11919
22	0.0184	0.3816	0.00468	68	0.1710	1.1184	0.12982
24	0.0219	0.4158	0.00607	70	0.1808	1.1472	0.14102
26	0.0256	0.4499	0.00771	72	0.1910	1.1756	0.15219
28	0.0297	0.4838	0.00961	74	0.2014	1.2036	0.16514
30	0.0341	0.5176	0.01180	76	0.2120	1.2313	0.17808
32	0.0387	0.5513	0.01429	78	0.2229	1.2586	0.19160
34	0.0437	0.5847	0.01711	80	0.2340	1.2856	0.20573
36	0.0489	0.6180	0.02027	82	0.2453	1.3121	0.22045
38	0.0545	0.6511	0.02378	84	0.2569	1.3383	0.23578
40	0.0603	0.6840	0.02767	86	0.2686	1.3640	0.25171
42	0.0664	0.7167	0.03195	88	0.2807	1.3893	0.26825
44	0.0728	0.7492	0.03664	90	0.2929	1.4142	0.28540
46	0.0795	0.7815	0.04176	92	0.3053	1.4387	0.30316