

化工工艺算图

吉林化学工业公司设计院 主编
化工部中国寰球化学工程公司

第五册

管道及仪表

化工部中国寰球化学工程公司 编

化学工业出版社

化 工 工 艺 算 图

吉林化学工业公司设计院

主编

化工部中国寰球化学工程公司

第 五 册

管 道 及 仪 表

化工部中国寰球化学工程公司 编

化 学 工 业 出 版 社

内 容 提 要

《化工工艺算图》分六册出版。第五册收集了管道及仪表方面的算图:包括三章内容:流体流动、管道力学和仪表。此外附有常用单位换算表以备查考。

本书主要取材于近年来国内外有关化工的书刊、手册,内容比较广泛实用,可供化工专业的设计人员使用,也可供从事化工生产、科研的人员及大专院校师生参考。

本册由化工部中国寰球化学工程公司工艺室、仪表室和翻译室的同志编写,吉林化学工业公司设计院杨宜年(现在化工部科学技术研究总院)和化工部中国寰球化学工程公司唐士选两位同志校阅。

化工工艺算图

吉林化学工业公司设计院

主编

化工部中国寰球化学工程公司

第 五 册

管 道 及 仪 表

化工部中国寰球化学工程公司 编

责任编辑:张津睿

封面设计:任 辉

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 9 字数219千字

1988年10月第1版1990年9月北京第2次印刷

印 数 6,001-9,740

ISBN 7-5025-0124-X/TQ·86

定 价 5.00元

前 言

根据公式和实验数据绘制的算图在开展科学研究、设计开发、生产管理以及教学工作等方面是进行工程计算有用的工具。它具有查阅快捷、使用方便等优点，可以简化某些繁琐的计算工作，为电子计算机计算提供初值，并可为不便于采用电子计算机计算的问题提供迅速准确的解答。因此，在目前电子计算飞跃发展的时代，算图这一简便计算工具仍然起着重要作用。近年来国外各种期刊仍在陆续发表大量算图，深受从事设计、科研、生产和教学的广大科技人员的重视。此外还出版了若干算图专辑，如：J.F. 邝编的《应用列线图》、鹤尾定雄编的《化学工学列线图》以及D. S. 戴维斯编的《化学工艺列线图》等，均为广大读者所采用。在国内，五十年代由苏元复、璩定一合编的《化工算图集》对促进我国化工生产、科研、设计和教学起过一定的作用。为使算图更好地为我国四个现代化服务，考虑到化工设计、科研、生产和教学等方面的需要，我们组织了有关大专院校和设计院的同志，由吉林化学工业公司设计院和化工部中国寰球化学工程公司收集、整理、汇编了化工算图达一千余种，定名为《化工工艺算图》，选取的文献截至1981年。

本书分六册出版。第一册：常用物料物性数据（多数以实验测定的数据绘制）；第二册：物性数据计算（依据公式绘制）；第三册：化工单元操作；第四册：化工传热及燃烧；第五册：管道及仪表；第六册：化工设备及安全。

本书各册的算图均有说明。叙述方法因图而异，主要包括：基本依据、应用范围、使用方法、例题及资料来源。

近年来在技术文献中推广使用国际单位制（SI），但书中算图大多数不是国际单位制，为此，在各册算图后均附有“常用单位换算表”以备查考。

本书所收集的算图都尽可能地查阅了原始文献所依据的来源。凡经发现个别错误均予以更正。

全书的审校由主编单位——吉林化学工业公司设计院和化工部中国寰球化学工程公司担任。

本书在编写过程中得到化工部规划设计院、各有关设计单位及大专院校的大力支持，在此，一并致谢。

由于编写人员的水平有限，选取算图的深度和广度均不够，取材也未尽完善，难免有遗漏及谬误之处，恳切希望读者指出，以便再版时予以订正。

化学工业部化工工艺设计技术中心站

1986.11.于北京

目 录

5.1 流体流动	1
5.1.1 液体通过管道的流速	1
5.1.2 管道内气体的流速	2
5.1.3 管道内空气的直线速度	4
5.1.4 水在管道中不冻结的最低流速	5
5.1.5 已知压头下水从管道中排出的流量和流速	6
5.1.6 水蒸汽的流速	9
5.1.7 流体经锐孔流出的流速	11
5.1.8 管道内流体的流量	12
5.1.9 过热蒸汽的流量估算	13
5.1.10 由喷嘴向大气中喷溅的饱和水蒸汽量	15
5.1.11 水自流通过矩形槽的流量	16
5.1.12 水从矩形堰流出时的流量	19
5.1.13 液体在圆管中满流时的流量	20
5.1.14 水流量的逐年变化	22
5.1.15 液体从水平管道的敞口端满管流出时的流量	24
5.1.16 液体从水平管道的敞口端不满管流出时的流量	25
5.1.17 低压(表压小于1磅/英寸 ²)气体的流量和压力降的确定	27
5.1.18 排尽管道中气体所需要的时间	28
5.1.19 自流地排尽容器中液体所需要的时间	30
5.1.20 液体流动的雷诺数和清洁钢管的摩擦系数	31
5.1.21 气体流动的雷诺数和清洁钢管的摩擦系数	33
5.1.22 冷水在管道中流动的压力降	36
5.1.23 50°F的水在管道中流动的压力降	37
5.1.24 液体在管道中呈湍流流动时的压力降(一)	39
5.1.25 液体在管道中呈湍流流动时的压力降(二)	40
5.1.26 液体在管道中呈层流流动时的压力降	42
5.1.27 气体在管道中流动的压力降	44
5.1.28 空气在钢管中流动的压力降	45
5.1.29 空气在圆形管道中流动的摩擦压力降	47
5.1.30 饱和蒸汽在管道中流动的压力降	48
5.1.31 粘滞性液体在管道中流动的压力降	49
5.1.32 高粘度液体在管道中流动的压力降	52
5.1.33 喉管的阻力系数	53
5.1.34 管道截面突然扩大的压力降	54

5.1.35	用柏努利能量转换方程求压头损失	56
5.1.36	用柏努利能量转换方程求水在管道中流动时任意两点间的压力差	58
5.1.37	管道直径改变后的压力降	60
5.1.38	阀门、管件的当量直管长度和阻力系数	61
5.1.39	螺纹和焊接管件及90°弯管的当量直管长度和阻力系数	64
5.1.40	矩形截面的90°弯头的当量直管长度	65
5.1.41	锐孔的当量直管长度	67
5.1.42	最经济管道直径的选取	68
5.1.43	等压降管道的直径和长度	70
5.1.44	流体在环形通道内呈湍流时的最大流速半径	73
5.1.45	矩形截面管道的当量圆管直径	74
5.1.46	水蒸汽限流孔板的孔径	76
5.1.47	与一根大管输送相同流量流体的小管根数	78
5.1.48	冷凝水闪蒸出来的蒸汽量	81
5.1.49	锅炉连续排污系统的闪蒸水蒸汽回收量	82
5.1.50	锅炉连续排污的热损失量	83
5.1.51	冷凝水回流管道的直径	85
5.1.52	由于泄漏损失的水蒸汽与燃料量	86
5.1.53	水锤引起的压力	88
5.2	管道力学	90
5.2.1	管道的允许最大跨距、挠度和自然频率	90
5.2.2	管道受均布荷重时的应力及支承间距	91
5.2.3	管子的热膨胀量	93
5.2.4	管道的允许应力范围	93
5.2.5	管道柔性的判别	96
5.2.6	定长管段的热膨胀及其补偿膨胀节总长度	98
5.2.7	管道由于热膨胀引起的应力和端点力	99
5.2.8	U形弯管的允许最小壁厚	102
5.2.9	受外压的钢管的破坏压力	104
5.2.10	盲板的厚度	106
5.2.11	埋地管道荷重的简易计算	108
5.3	仪表	110
5.3.1	转子流量计的流量校正系数	110
5.3.2	气体转子流量计的空气当量流量	112
5.3.3	饱和水蒸汽用孔板的管道直径	112
5.3.4	测流装置的流量、流量系数、压差和 β 值的关系	114
5.3.5	测流喷嘴的恒定压力损失	116
5.3.6	锐孔的恒定压力损失	118
5.3.7	水蒸汽的调节阀直径	120
5.3.8	用于液体的调节阀流通能力 C_v	123

5.3.9 用于气体的调节阀流通能力	124
附录 常用单位换算表	126

5.1 流/体 流 动

5.1.1 液体通过管道的流速

基本依据

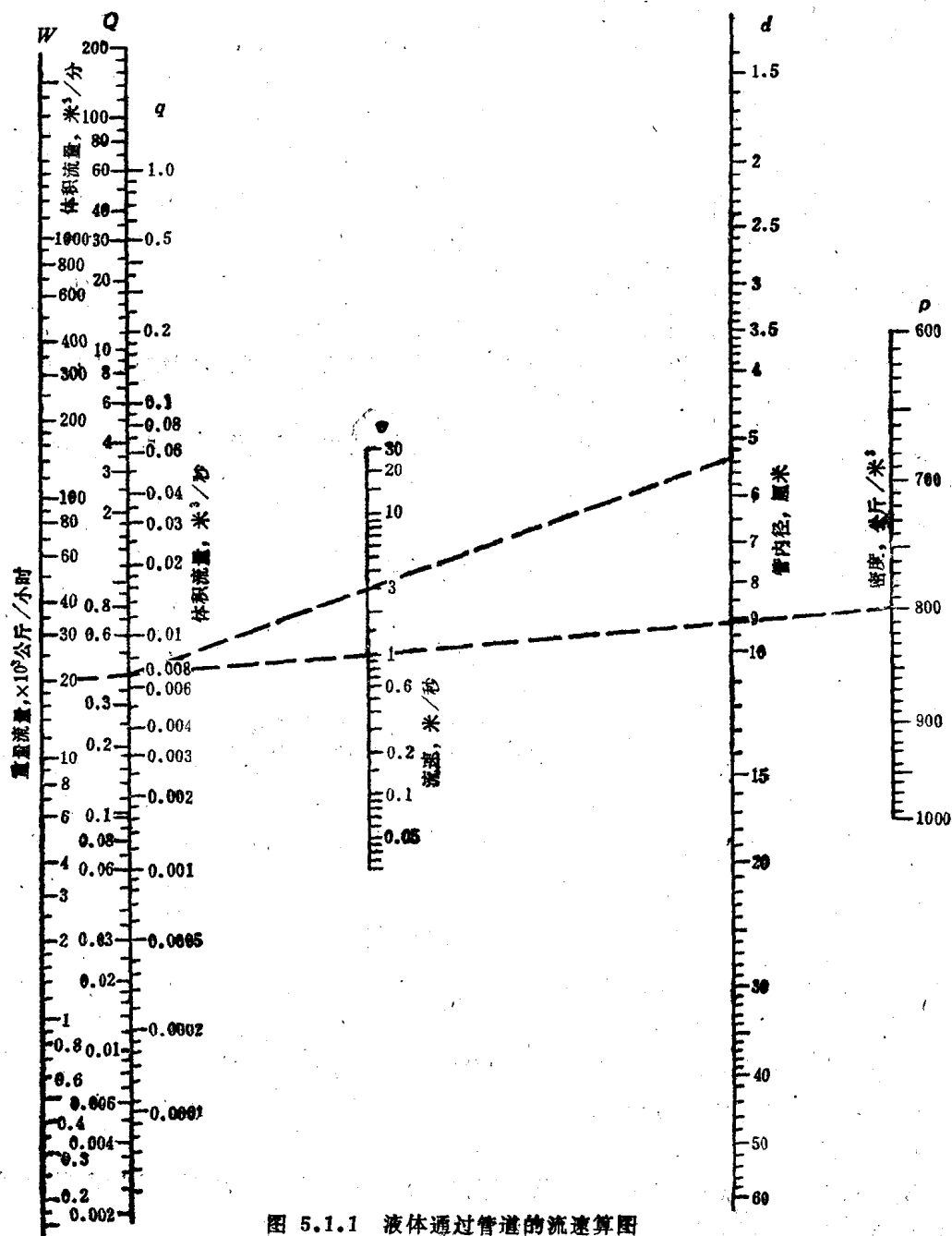


图 5.1.1 液体通过管道的流速算图

本图依据下式绘制:

$$v = 12774 \frac{q}{d^2} = 212.9 \frac{Q}{d^2} = 3.55 \frac{W}{d^2 \rho}$$

式中 v —— 液体流速, 米/秒;
 q —— 体积流量, 米³/秒;
 Q —— 体积流量, 米³/分;
 W —— 重量流量, 公斤/小时;
 d —— 管内径, 厘米;
 ρ —— 液体密度, 公斤/米³。

水通过管道的适宜流速, 通常推荐采用下列数值:

锅炉给水	2.5~4.5米/秒	一般管道	1.2~3.0米/秒
泵吸入及排出管线	1.2~2.1米/秒	下水道	≈2.0米/秒

使用方法

利用本图求液体在管道内的流速时, 顺次连接标尺 $W \rightarrow \rho \rightarrow Q \rightarrow d \rightarrow v$ 即可。

例题

温度15℃, 密度 ρ 为800公斤/米³的燃料油, 以20000公斤/小时的流量通过 内径 52.7毫米的管道, 求每分钟流量及流速。

〔解〕 按图5.1.1, 将标尺 W 上的20000和标尺 ρ 上的800相连, 与标尺 Q 交于0.4米³/分, 即为所求的每分钟的流量。

将标尺 Q 上的0.4和标尺 d 上的5.27相连, 与标尺 v 交于3米/秒, 即为所求的流速 (平均速度)。

资料来源

ケミカル・エンジニアリンク, (7), 86(1967)。

5.1.2 管道内气体的流速

基本依据

本图依据下式绘制:

$$V = \frac{4.14 Q}{3600 \pi D^2 \rho}$$

式中 V —— 流速, 英尺/秒;
 Q —— 流量, 磅/小时;
 D —— 管道内径, 英尺 (图中标尺 D 刻度为英寸);
 ρ —— 密度, 磅/英尺³。

使用方法

按图5.1.2连接标尺 $Q \rightarrow \rho \rightarrow Q'$, 将 Q 标尺上的磅/小时换算成 Q' 标尺上的英尺³/分。再连接标尺 $Q' \rightarrow D \rightarrow V$, 则得气体在管道内的流速。

例题

密度为0.25磅/英尺³的气体，在内径为0.83英寸的管内流动，流量为500磅/小时，求它在管道内的流速。

〔解〕 由图5.1.2，先将标尺Q上的500和标尺ρ上的0.25相连，与标尺Q'交于35，再将标尺Q'上的35与标尺D上的0.83相连，交标尺V于153英尺/秒，即为所要求的气体流速。

资料来源

Jose Alvarez C. and Carlos Duhne, *Petroleum Refiner*, 37, (10), 131 (1958).

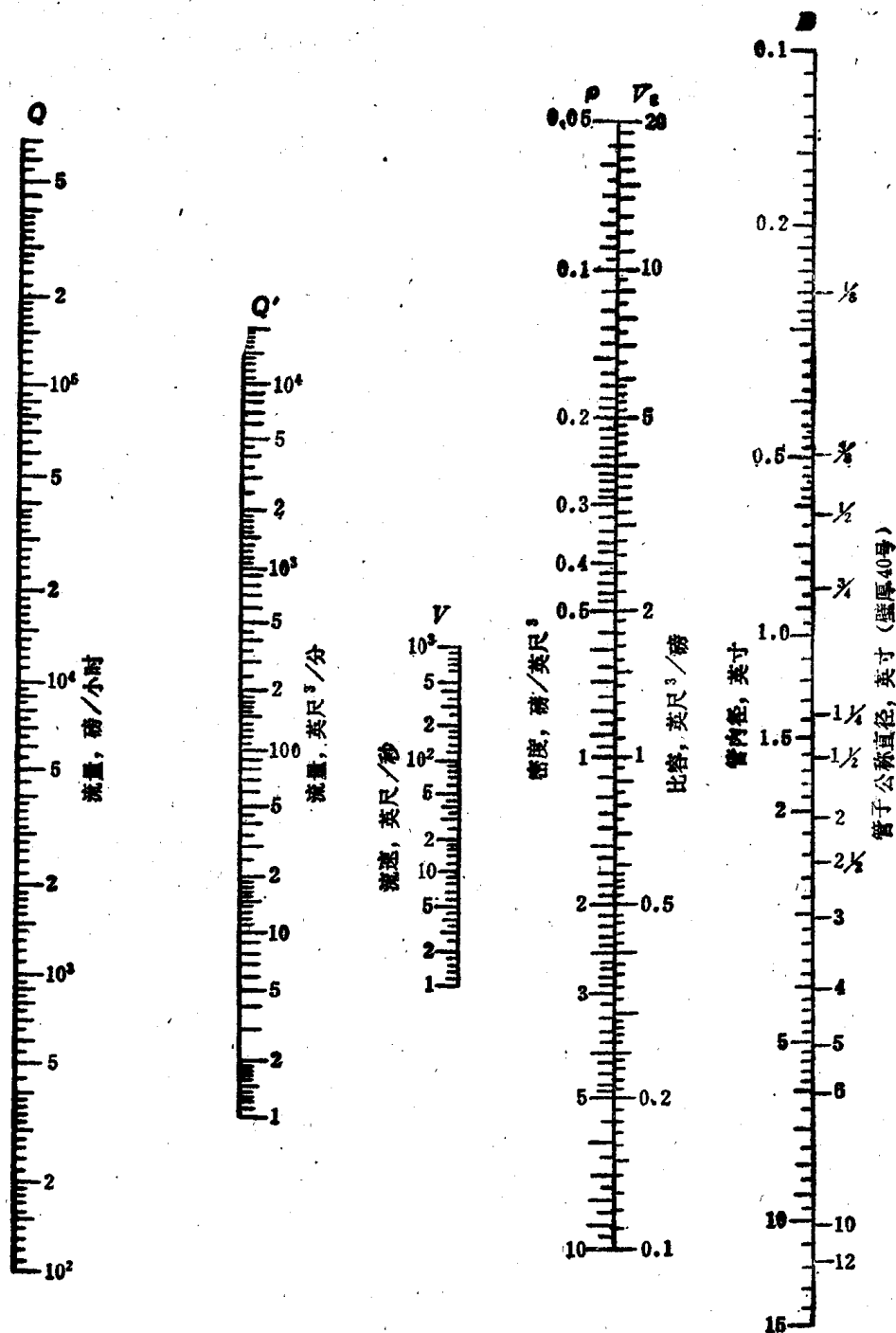


图 5.1.2 管道内气体流速算图

5.1.3 管道内空气的直线速度

基本依据

本图是依据下式绘制的：

$$V = 466 h^{0.4} Q^{0.24}$$

式中 V —— 空气的直线速度，英尺/分；
 h —— 每百英尺管长的压降，英寸水柱；
 Q —— 标准状态空气的流量，英尺³/分。

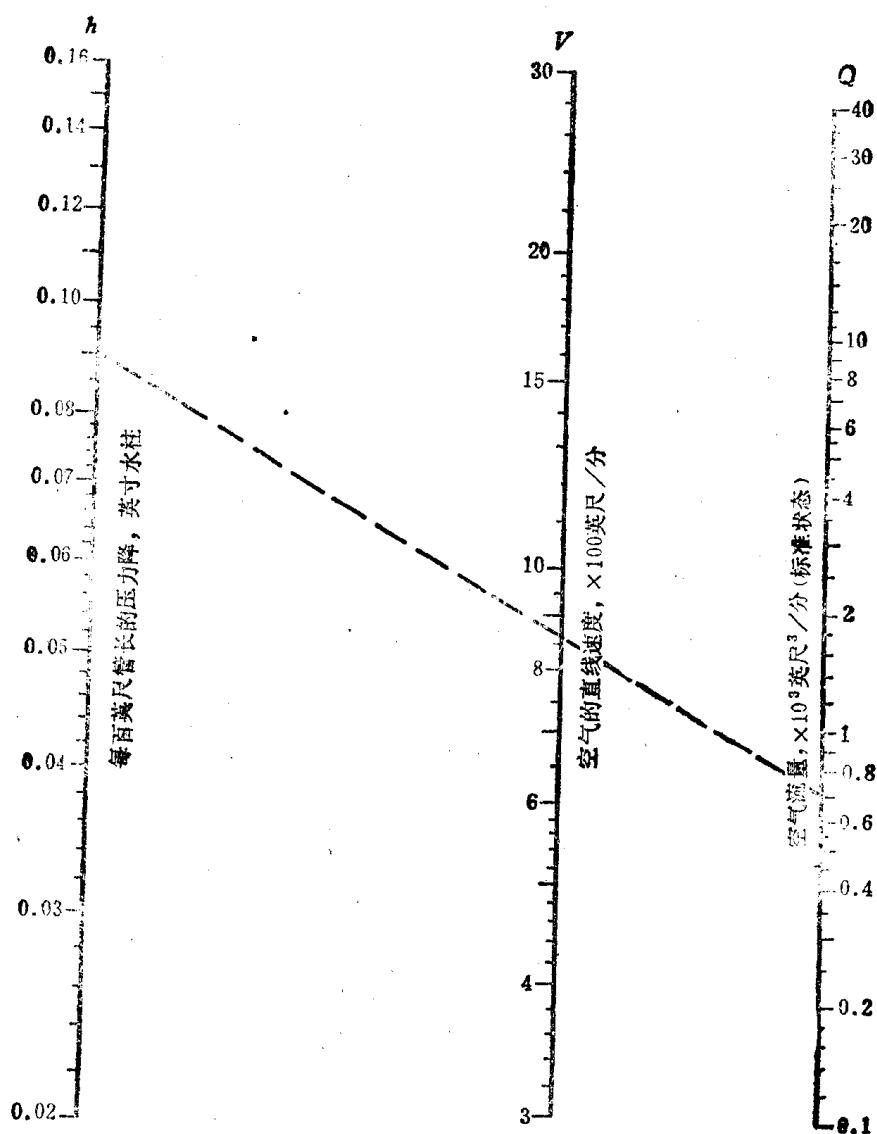


图 5.1.3 管道内空气的直线速度算图

应用范围

用本图计算空气的直线速度时,管道的表面粗糙度为0.0005。标准状态下空气的运动粘度为 1.62×10^{-4} 英尺²/秒。

例题

标准状态的空气以700英尺³/分的流量在管道中流动,如果每一百英尺管长的压力降为0.09英寸水柱,求空气的直线速度。

〔解〕由图5.1.3,将标尺h上的0.09与标尺Q上的700相连,在标尺V上读得空气的直线速度为 8.6×100 英尺/分。

资料来源

Davis, D. S., Chemical Engineering Process, 40, (7), 255(1959)。

5.1.4 水在管道中不冻结的最低流速

基本依据

当环境温度低于32°F,如果水在管道中的流速过低就会冻结。使水在无保温的管道中不冻结的最低流速,可以用下式计算:

$$V = \frac{A(0.5T_w - T_a + 16)}{18000D^2(T_w - 32)}$$

式中 V——水不冻结的最低流速,英尺/秒;

T_w ——水温度,°F;

T_a ——空气温度,°F;

A——管道裸露的表面积,英尺²;

D——管道内径,英尺。

本算图就是依据上式绘制的。

使用方法

用本算图求水在管道中流动不冻结的最低流速时。依次连接标尺 $T_a \rightarrow T_w \rightarrow R_1$ 、 $R_1 \rightarrow D \rightarrow R_2$ 与 $R_2 \rightarrow L \rightarrow V$ 即可。

例题

温度为45°F的水,流经公称直径 $1\frac{1}{2}$ 英寸、长300英尺、壁厚为40号的无保温管道,空气温度为-10°F,求防止水冻结所需要的最小流速。

〔解〕由图5.1.4,将标尺 T_a 上的-10与标尺 T_w 上的45相连,延长参考线 R_1 相交,将此交点与标尺D上的1.5相连并延长交参考线 R_2 于一点,再将此交点与标尺L上的300相连,延长后与标尺V相交,此交点就是防止水在管道中冻结的最低流速,其值为1.72英尺/秒。

资料来源

1. William Sisson, Power Engineering, January, p. 51(1977)。

2. Maintenance Engineering Hand book, second edition, p. 9-308, published by Mc Graw-Hill Book CO.

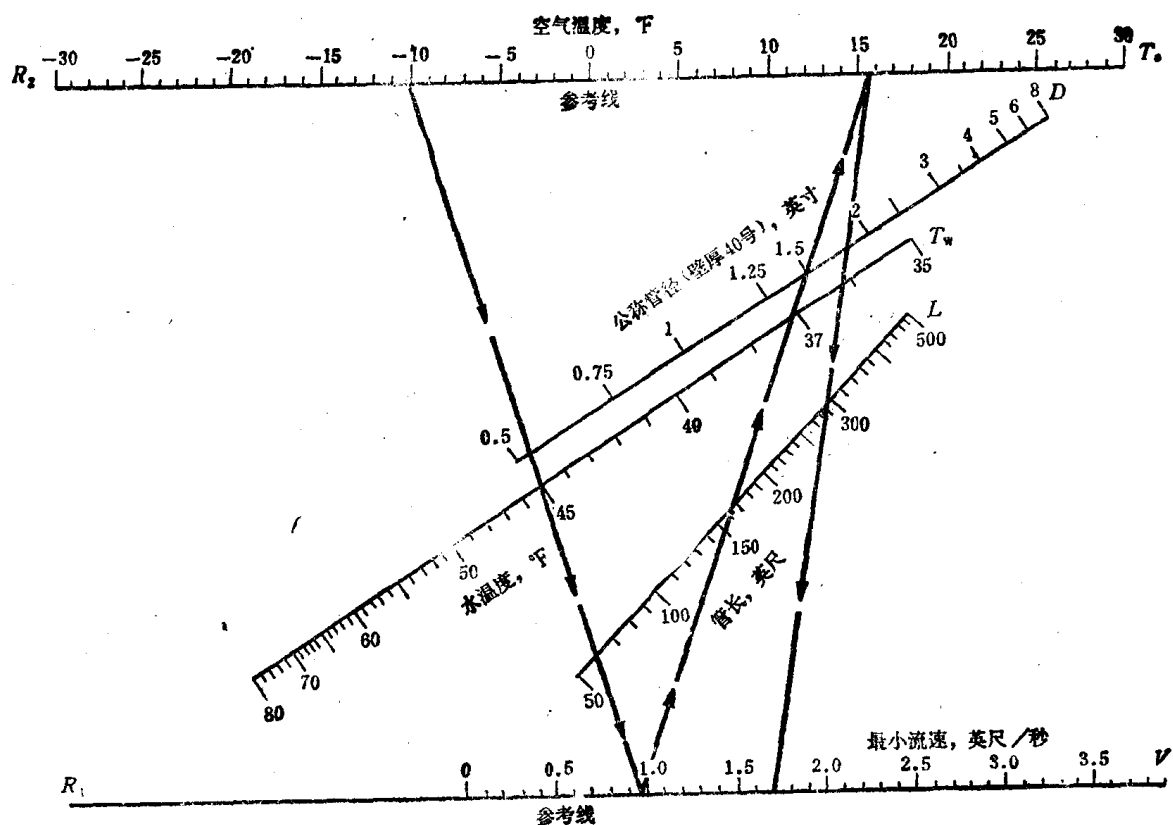


图 5.1.4 水在管道中不冻结的最低流速算图

5.1.5 已知压头下水从管道中排出的流速和流量

基本依据

在已知压头下，水从管道中排出的流速可用下式计算：

$$V = c \left[\frac{hD}{L + 54D} \right]^{1/2} \quad (1)$$

式中 V ——平均流速（近似值），英尺/秒；

D ——管道内径，英尺；

L ——管道总长度，英尺；

h ——总压头，英尺水柱；

c ——系数，为管道内径的函数，见(第8页)表。

总压头可以是贮水槽内的水面到排出点的实际距离，也可以是泵等机械提供的压力。1 磅/英寸²表压相当于垂直距离2.309英尺水柱的压头。

图5.1.5 (1) 就是根据式 (1) 绘制的。

用式 (1) 求出的流速乘以管道的横截面积，则得排出水流量 Q ：

$$Q = \frac{\pi}{4} V D^2 \quad (2)$$

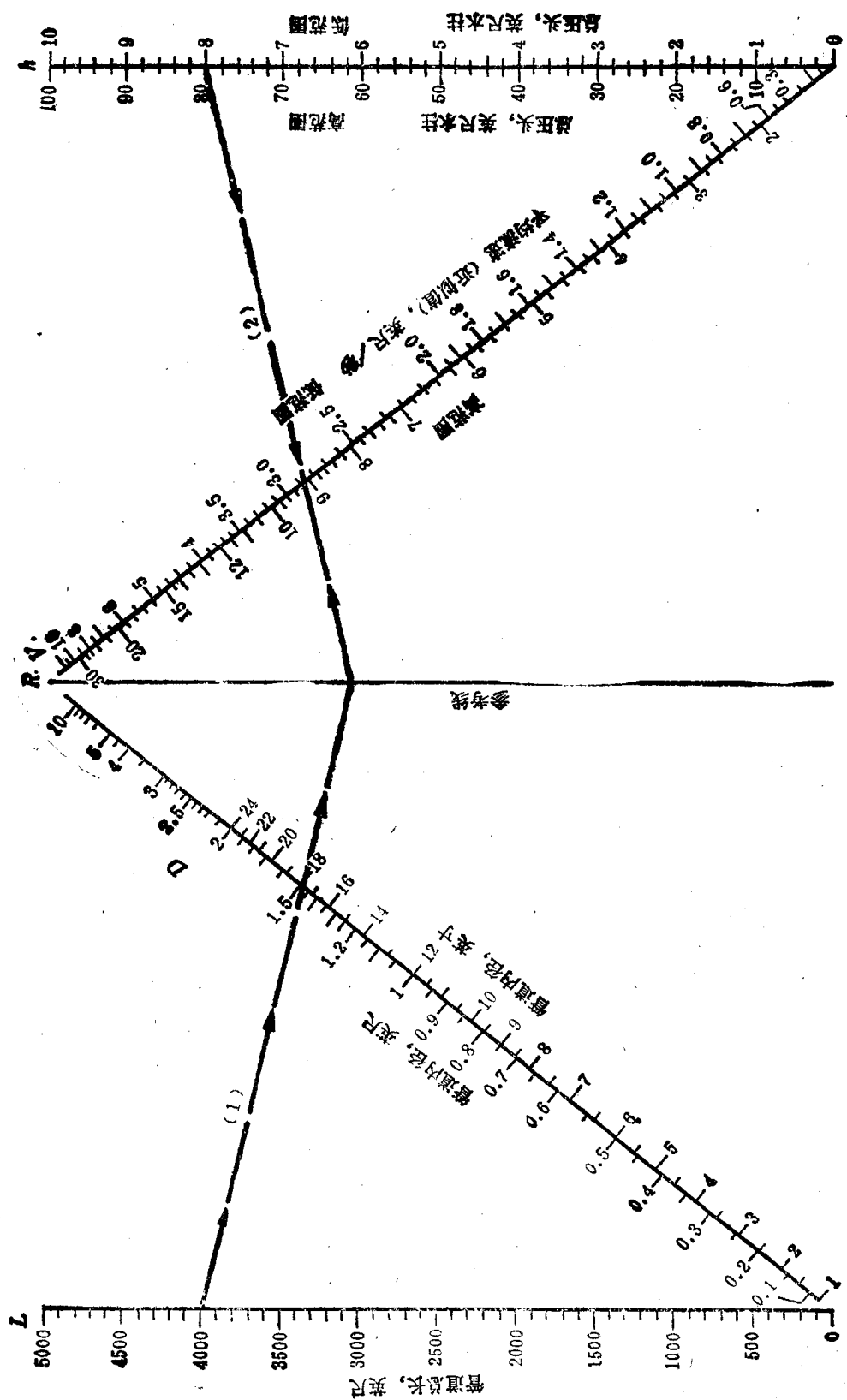


图 6.1.5(1) 已知压头下水从管道中排出的流速算图

管内径 D , 英尺	C	管内径 D , 英尺	C	管内径 D , 英尺	C
0.1	23	0.8	46	3.5	64
0.2	30	0.9	47	4.0	66
0.3	34	1.0	48	5.0	68
0.4	37	1.5	53	6.0	70
0.5	39	2.0	57	7.0	72
0.6	42	2.5	60	8.0	74
0.7	44	3.0	62	10.0	77

图5.1.5 (2) 就是根据式 (2) 绘制的。

误差范围

用公式 (1)、(2) 所得结果, 与实际输送量的误差在5~10%范围内。

使用方法

图5.1.5(1) 上标尺 h 和 V 各有两套数据, 左侧是高范围, 右侧是低范围。当 h 值在低

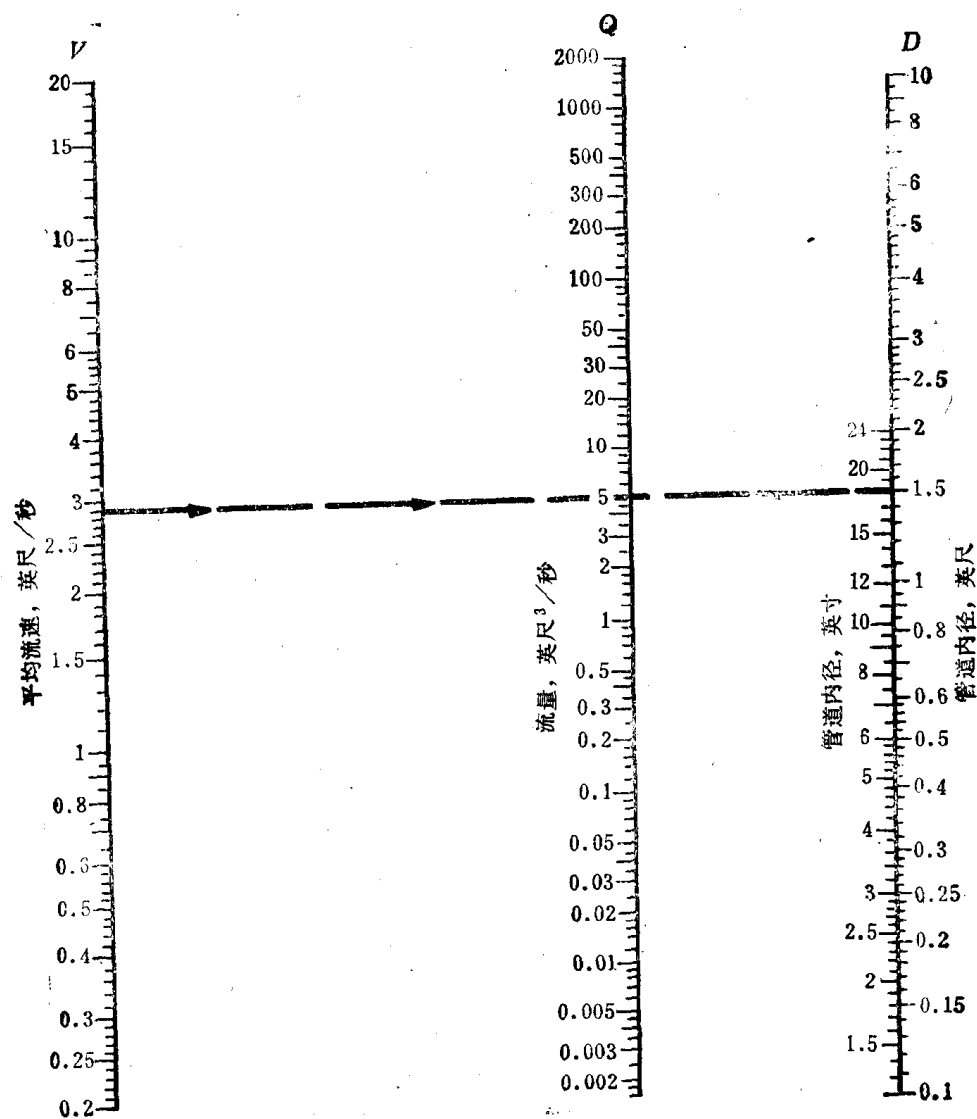


图 5.1.5(2) 已知压头下水从管道中排出的流量算图

范围时, V 值也必需在低范围内读出, 反之亦然。用此图求水的排出流速时, 依次连接标尺 $L \rightarrow D \rightarrow R$ 和 $R \rightarrow h \rightarrow V$ 即可。

例题

管道长4000英尺, 直径 D 为18英寸 (1.5英尺), 求压头 h 为8英尺水柱时水的排出速度 V 和流量 Q 。

〔解〕 由图5.1.5(1), 将标尺 L 上的4000与标尺 D 上的1.5相连, 延长与参考线 R 相交, 将交点与标尺 h (低范围) 上的8相连, 交于标尺 V , 在标尺 V (低范围) 上读得流速为2.88英尺/秒。再由图5.1.5(2), 将标尺 V 上的2.88与标尺 D 上的1.5相连, 交于标尺 Q , 在交点读得流量为5.08英尺³/秒。

资料来源

Zanker Adam, Heating Piping and Air Conditioning, August, p. 85~86(1972)。

5.1.6 水蒸汽的流速

基本依据

管道内水蒸汽的流速一般用下式计算:

$$V = 3.056 \frac{WS}{D^2}$$

式中 V ——水蒸汽流速, 英尺/分;
 W ——水蒸汽流量, 磅/小时;
 S ——水蒸汽比容, 英尺³/磅;
 D ——管道的实际内径, 英寸。

各种压力的水蒸汽的流速推荐值如下:

0~30磅/英寸² (表压) 的饱和水蒸汽: 1000~4000英尺/分。
 10~30磅/英寸² (表压) 的饱和水蒸汽: 4000~6000英尺/分。
 30~150磅/英寸² (表压) 的饱和水蒸汽: 6000~10000英尺/分。
 过热水蒸汽: 6000~15000英尺/分。

使用方法

求流速: 依次连接标尺 $W \rightarrow P \rightarrow R$ 与 $D \rightarrow R \rightarrow V$ 即可。

求管径: 依次连接标尺 $W \rightarrow P \rightarrow R$ 与 $V \rightarrow R \rightarrow D$ 即可。

例题

1. 压力为10磅/英寸² (表压) 的饱和蒸汽流入内径30英寸的管道, 流量为160000磅/小时, 求流速。

〔解〕 按图5.1.6, 将标尺 W 上的160000与标尺 P 上的10相连, 与参考线 R 相交, 将交点与标尺 D 上的30相连并延长与标尺 V 相交, 在交点读得流速为8900英尺/分。

2. 压力为20磅/英寸² (表压) 的饱和水蒸汽, 今欲输送5000磅/小时, 限制流速为6000英尺/分, 求管道直径。

〔解〕 按图5.1.6, 将标尺 W 上的5000与标尺 P 上的20相连, 与参考线 R 相交, 将交点

与标尺V上的6000相连并延长与标尺D相交，在交点读得管道内径为5.5英寸，可采用6英寸的标准管。

资料来源

Caplan, F., Heating, Piping & Air Conditioning, April, p. 153~154(1964).

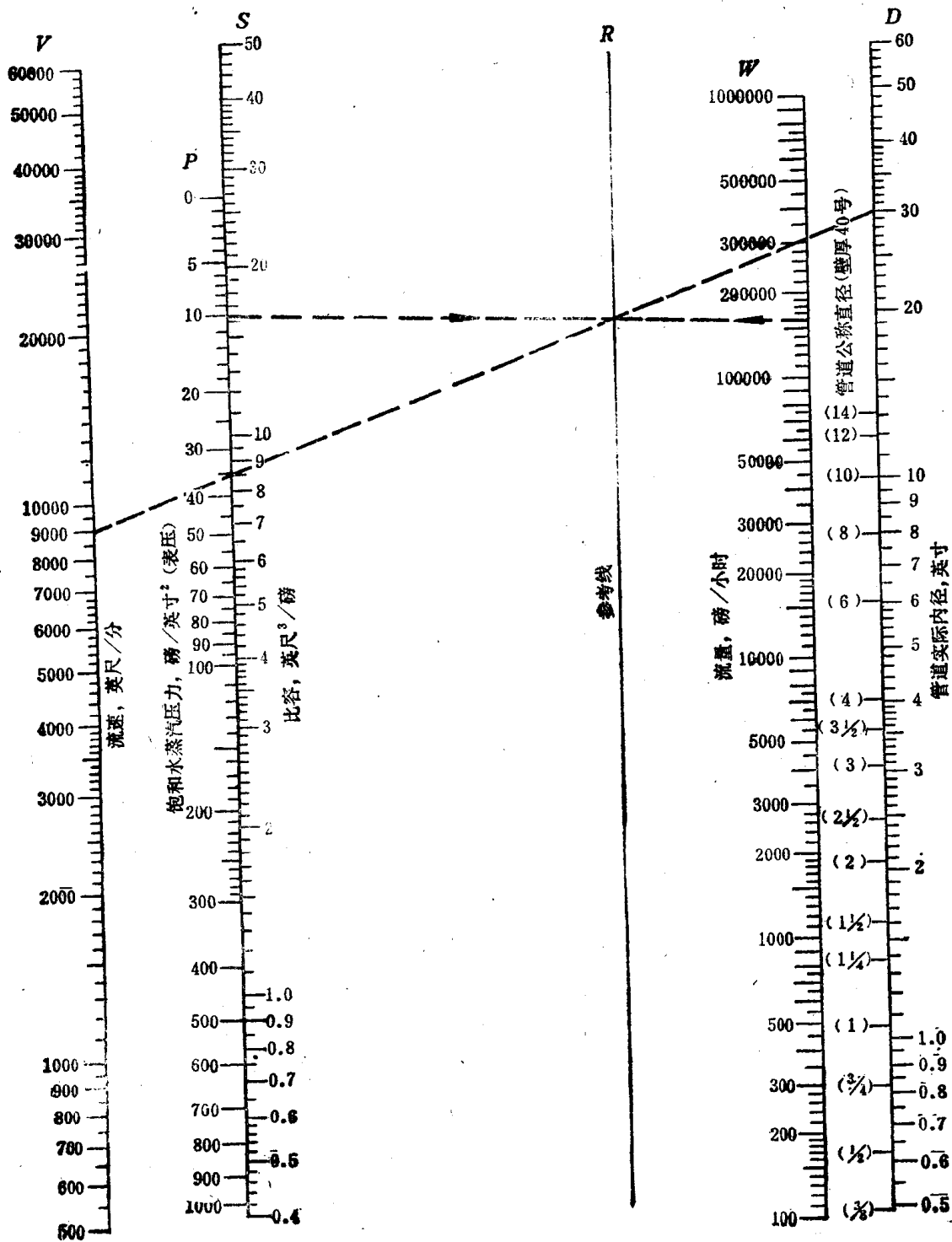


图 5.1.6 水蒸汽流速算图