



中华人民共和国国家标准

GB/T 36588—2018

过压保护安全装置 通用数据

Safety devices for protection against excessive pressure—Common data

(ISO 4126-7:2013, Safety devices for protection against excessive pressure—
Part 7: Common data, MOD)

2018-09-17 发布

2019-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和单位	2
5 安全阀性能确定	3
5.1 排量系数的确定	3
5.2 临界和亚临界流动	3
5.3 临界流动下的理论比排量	4
5.4 亚临界流动下的理论比排量	4
5.5 紊流区的雷诺数 Re 不小于 80 000 时的排量	4
6 额定排量的计算和流道面积确定	5
6.1 总则	5
6.2 用于排放气体或蒸汽用的阀门	5
6.3 排量的计算	5
6.3.1 排量计算的说明	5
6.3.2 临界流动下蒸汽的排量计算	5
6.3.3 湿蒸汽的排量计算	5
6.3.4 气体的排量计算	6
7 热力学性能	6
7.1 蒸汽压力系数 k_s	6
7.2 绝热指数 k 的函数 C	6
7.3 亚临界流动下的理论排量修正系数 K_b	6
7.4 压缩系数	18
7.5 黏度修正系数 K_v	19
附录 A (资料性附录) 不同介质中的排量计算示例	20
参考文献	23

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 4126-7:2013《过压保护安全装置 第 7 部分:通用数据》。

本标准与 ISO 4126-7:2013 的技术性差异及其原因如下:

——关于范围,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件和标准结构的要求,调整情况反映在第 1 章“范围”中,具体调整如下:

- 将 ISO 4126-7:2013 第 1 章的范围修改为“本标准规定了安全阀保护装置相关性能参数的通用数据。”;
- 调整 ISO 4126-7:2013 第 1 章的范围中“当排放温度大于 90%临界温度,排放压力大于 50%临界压力时,不推荐使用 6.3 规定的公式计算排量。另外,6.3 规定的方法不适用于气体发生凝结的情况”至本标准 6.3。

——关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下:

- 用修改采用国际标准的 GB/T 12241 代替了 ISO 4126-1;
- 用修改采用国际标准的 GB/T 28778 代替了 ISO 4126-4(见第 3 章);
- 删除了 ISO 4126-2 和 ISO 4126-3。

——删除了 ISO 4126-7:2013 第 3 章中的部分术语。因为这些术语在 GB/T 12241、GB/T 28778 中已有规定,且含义基本一致。

——调整了 ISO 4126-7:2013 第 4 章表 1 中符号内容如下:

- 删除了符号 PS。因为本标准不涉及该符号;
- 修改了符号 \dot{Q}_m 为 Q_m ,因为国际标准未统一;
- 修改了符号 μ_0 为 μ ,与其他采标标准保持一致。

——删除了 ISO 4126-7:2013 中部分公式编号。ISO 4126-7:2013 中解释数据来源的公式均进行编号,本标准按照我国习惯,删除了该类编号。

——拆分了 ISO 4126-7:2013 中表 2 为本标准的表 2~表 6。ISO 4126-7:2013 中将不同条件的蒸汽压力系数列在同一个表中,本标准为方便查找以及符合我国习惯将不同条件的蒸汽压力系数分别列出。

——调整 ISO 4126-7:2013 的 6.3 中悬置段至本标准 6.3.1,以适应我国标准结构的要求。

——删除了 ISO 4126-7:2013 的 7.6 不同气体参数的内容,因为气体参数是标准的。

——删除了 ISO 4126-7:2013 第 8 章和第 9 章中不同弹簧的技术要求,因为我国有相应的弹簧国家标准,且技术要求基本一致。

本标准还做了下列编辑性修改:

——转换 ISO 4126-7:2013 中的美制单位和计算公式为公制单位和计算公式。

——删除了 ISO 4126-7:2013 附录 A 中 A.1 的例 2。因为都是举例说明在临界流动下气体介质的排量计算。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国安全泄压装置标准化技术委员会(SAC/TC 503)归口。

本标准起草单位：合肥通用环境控制技术有限责任公司、上海华理安全装备有限公司、徐州八方安全设备有限公司、英桥机械制造有限公司、杭州华惠阀门有限公司、凯瑞特阀业有限公司、芜湖市金贸流体科技股份有限公司、浙江金龙自控设备有限公司。

本标准主要起草人：胡军、吴全龙、舒远、周代琼、陈立龙、李运龙、马忠、余金海、刘利利。

过压保护安全装置 通用数据

1 范围

本标准规定了安全阀保护装置相关性能参数的通用数据。

本标准适用于非闪蒸液体和非气/液两相介质。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 12241 安全阀 一般要求(GB/T 12241—2005,ISO 4126-1:1991,MOD)

GB/T 28778 先导式安全阀(GB/T 28778—2012,ISO 4126-4:2004,MOD)

3 术语和定义

GB/T 12241 和 GB/T 28778 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

安全阀 safety valve

一种自动阀门,它不借助任何外力而利用介质本身的力来排出一额定数量的流体,以防止压力超过额定的安全值。当压力恢复正常后,阀门关闭并阻止介质继续流出。

3.2

整定压力 set pressure

安全阀在运行条件下开始开启的预定压力。

注:该压力是阀门进口处测量的表压,在该压力下,在规定的运行条件下由介质压力产生的使阀门开启的力同时使与阀瓣保持在阀座上的力相互平衡。

3.3

超过压力 overpressure

超过安全阀整定压力的压力增量,通常用整定压力的百分数表示。

3.4

排放压力 relieving pressure

整定压力与超过压力之和。

3.5

排放背压力 built-up back pressure

介质流经安全阀及排放系统在阀出口处形成的压力。

3.6

附加背压力 superimposed back pressure

安全阀即将动作前在其出口处存在的静压力,是由其他压力源在排放系统中引起的。

3.7

流道面积 flow area

阀门进口端至阀座密封面间流道的最小横截面积(不是阀座和阀瓣之间最小的面积),用来计算无

任何阻力影响时的理论流量。

3.8

理论排量 theoretical discharge capacity

流道截面积与安全阀流道面积相等的理想喷管的计算排量,用质量流量或者容积流量表示。

3.9

排量系数 coefficient of discharge

实际排量与理论排量的比值。

3.10

额定排量 certified discharge capacity

实际排量中允许作为安全阀使用基准的那一部分,可按下列三者之一计算:

- a) 实际排量×减低系数(取 0.9);
- b) 理论排量×排量系数×减低系数(取 0.9);
- c) 理论排量×额定排量系数。

3.11

蒸汽干度 dryness fraction steam quality

每千克湿饱和蒸汽中含有干饱和蒸汽的质量百分数。

4 符号和单位

表 1 的符号含义和单位适用于本文件。

表 1 符号含义和单位

符号	说明	单位
A	流道面积(阀座与阀瓣间最小面积)	mm^2
C	绝热指数 k 的函数	1
K_b	亚临界流动下的理论排量修正系数	1
K_d	排量系数 ^a	1
K_{dr}	额定排量系数($K_d \times 0.9$) ^a	1
K_v	黏度修正系数	1
k	绝热指数	1
M	摩尔质量	g/mol
n	试验次数	1
p_0	排放压力	MPa(绝对压力)
p_b	背压力	MPa(绝对压力)
p_c	临界压力	MPa(绝对压力)
p_r	对比压力	1
Q_m	质量流量	kg/h

表 1 (续)

符号	说明	单位
q_m	单位面积下理论排量	kg/(h·mm ²)
q'_m	单位面积下实际排量	kg/(h·mm ²)
R	通用气体常数	1
Re	雷诺数	1
T_0	排放温度	K
T_c	实际临界温度	K
T_r	对比温度	1
μ	动力黏度	Pa·s
v_0	实际排放压力和温度下的比容	m ³ /kg
x_0	实际排放压力和温度下阀门进口端的湿蒸汽干度系数 ^b	1
k_s	蒸汽压力系数	h·mm ² ·MPa (绝对压力)/kg
Z	压缩系数	1

^a K_d 和 K_{dr} 值取小数点后三位。
^b x_0 值取小数点后二位。

5 安全阀性能确定

5.1 排量系数的确定

排量系数 K_d 可按式(1)计算:

$$K_d = \frac{\sum_1^n \left(\frac{q'_m}{q_m} \right)}{n} \dots\dots\dots (1)$$

K_d 计算结果应保留到小数点后第 3 位。

5.2 临界和亚临界流动

在达到临界流动之前,气体或蒸汽通过一个孔口(如安全阀的流道)的流量是随着下游压力的减小而增加的,一旦达到临界流动,下游压力的进一步减小将不会引起流量的进一步增加。

满足式(2)的流动为临界流动:

$$\frac{p_b}{p_0} \leq \left(\frac{2}{k+1} \right)^{[k/(k-1)]} \dots\dots\dots (2)$$

满足式(3)的流动为亚临界流动:

$$\frac{p_b}{p_0} > \left(\frac{2}{k+1} \right)^{[k/(k-1)]} \dots\dots\dots (3)$$

5.3 临界流动下的理论比排量

5.3.1 蒸汽排量按式(4)计算:

$$q_m = 0.288\ 3C \sqrt{\frac{10p_0}{v_0}} \dots\dots\dots(4)$$

式(4)允许用蒸汽数据表格来确定不同温度和压力下蒸汽的比体积,但式(4)在蒸汽温度达到饱和或超临界状态时,其计算误差将超过 20%。当蒸汽温度超过饱和温度 30℃,若将计算误差控制在 1%以内,可按式(5)计算:

$$q_m = \frac{10p_0}{k_s} \dots\dots\dots(5)$$

蒸汽压力系数 k_s 按式(6)计算:

$$k_s = \frac{\sqrt{10p_0 v_0}}{0.288\ 3C} \dots\dots\dots(6)$$

式中: $0.288\ 3 = \frac{\sqrt{R}}{10} = \frac{\sqrt{8.314\ 3}}{10}$

蒸汽压力系数 k_s 的值可以根据表 2~表 6 选用,表 2~表 6 中数据的计算依据见 6.3.2。

式(4)和式(5)适用于干饱和蒸汽和过热蒸汽。干饱和蒸汽是指干度不小于 98%的蒸汽,其中 C 是在排放条件下的绝热指数 k 的函数,按式(7)计算:

$$C = 3.948 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)}} \dots\dots\dots(7)$$

式中: $3.948 = \frac{3\ 600}{\sqrt{10^5} \sqrt{R}}$

应以安全阀进口处的实际流量为基准来确定 C 的 k 值,与 k 对应的 C 值参见表 7。

5.3.2 任意气体在临界流动条件下的排量按式(8)计算:

$$q_m = 10p_0 C \sqrt{\frac{M}{ZT_0}} = 0.288\ 3C \sqrt{\frac{10p_0}{v_0}} \dots\dots\dots(8)$$

压缩系数 Z 值见图 1。

5.4 亚临界流动下的理论比排量

亚临界流动下的排量按式(9)、式(10)计算:

$$q_m = 10p_0 CK_b \sqrt{\frac{M}{ZT_0}} = 0.288\ 3CK_b \sqrt{\frac{10p_0}{v_0}} \dots\dots\dots(9)$$

$$K_b = \frac{\sqrt{\frac{2k}{k-1} \left[\left(\frac{p_b}{p_0} \right)^{2/k} - \left(\frac{p_b}{p_0} \right)^{(k+1)/k} \right]}}{\sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)}}} \dots\dots\dots(10)$$

理论排量修正系数 K_b 的值见表 8。

5.5 紊流区的雷诺数 Re 不小于 80 000 时的排量

试验介质为非闪蒸液体,紊流区的雷诺数 Re 不小于 80 000 时的排量按式(11)计算:

$$q_m = 1.61 \sqrt{\frac{10(p_0 - p_b)}{v_0}} \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{式中: } 1.61 = \frac{3\,600\sqrt{2}}{10\sqrt{10^5}}$$

6 额定排量的计算和流道面积的确定

6.1 总则

额定排量系数 K_{dr} 应不大于试验测定的排量系数 K_d 的 0.9 倍,按式(12)计算:

$$K_{dr} \leq 0.9K_d \quad \dots\dots\dots(12)$$

当超过压力小于排量试验时的超过压力时,不允许用下列排量计算公式。只有当超过压力不小于排量试验时的超过压力时,才可以用下列公式来计算排量。

阀门在试验背压力下达到临界流动时所确定的额定排量系数可能不同于在较高背压力下的排量系数。

6.2 用于排放气体或蒸汽用的阀门

一般对气体和蒸汽并没有区分,术语“气体”是气体和蒸汽两者的统称。计算任一气体的排量,应先假定排放系数和流道面积为常量,然后用第 5 章的公式。

6.3 排量的计算

6.3.1 排量计算的说明

当排放温度大于 90% 临界温度,排放压力大于 50% 临界压力时,不推荐使用 6.3.2~6.3.4 规定的公式计算排量。另外,6.3.2~6.3.4 规定的方法不适用于气体发生凝结的情况。

注:排量计算示例参见附录 A。

6.3.2 临界流动下蒸汽的排量计算

临界流动下(饱和、过热或超临界)蒸汽的排量按式(13)计算:

$$Q_m = 0.288\,3CAK_{dr}\sqrt{\frac{10p_0}{v_0}} \quad \dots\dots\dots(13)$$

式(13)允许用蒸汽数据表格来确定不同温度和压力下蒸汽的比体积,但式(13)在蒸汽温度达到饱和或超临界状态时,其计算误差将超过 20%。当蒸汽温度超过饱和温度 30℃ 及以上时,若将计算误差控制在 1% 以内,可按式(14)计算:

$$Q_m = \frac{10AK_{dr}p_0}{k_s} \quad \dots\dots\dots(14)$$

蒸汽压力系数 k_s 的数值可根据表 2 选用。表 2 的数据是基于下列程序根据喷管流动迭代计算得出:

- 根据喷管进口压力给定几个喷管喉部压力来计算等熵膨胀效率;
- 根据给定的喷管喉部压力,来计算特定喷管喉部面积的质量流量;
- 参考 IAPWS-IF97 来选择给定喷管喉部压力下的蒸汽热力学性能;
- 迭代计算出最大质量流量值时,根据该最大值计算蒸汽压力系数 k_s 的值。

6.3.3 湿蒸汽的排量计算

蒸汽干度不小于 90% 的单一湿蒸汽的排量按式(15)计算:

$$Q_m = \frac{0.288 \ 3CAK_{dr} \sqrt{\frac{10p_0}{v_0}}}{\sqrt{x_0}} \dots\dots\dots(15)$$

湿蒸汽的排量也可以按式(16)计算:

$$Q_m = \frac{10AK_{dr}p_0}{k_s \sqrt{x_0}} \dots\dots\dots(16)$$

蒸汽压力系数 k_s 的值可根据表 2~表 6 选用。

6.3.4 气体的排量计算

6.3.4.1 在临界流动条件下的气体介质的排量按式(17)和式(18)计算:

$$Q_m = 10p_0CAK_{dr} \sqrt{\frac{M}{ZT_0}} = 0.288 \ 3CAK_{dr} \sqrt{\frac{10p_0}{v_0}} \dots\dots\dots(17)$$

$$A = \frac{Q_m}{10p_0CAK_{dr} \sqrt{\frac{M}{ZT_0}}} = \frac{Q_m}{0.288 \ 3CK_{dr} \sqrt{\frac{10p_0}{v_0}}} \dots\dots\dots(18)$$

6.3.4.2 在亚临界流动条件下的气体介质流量按式(19)计算:

$$Q_m = 10p_0CAK_{dr}K_b \sqrt{\frac{M}{ZT_0}} = 0.288 \ 3CAK_{dr}K_b \sqrt{\frac{10p_0}{v_0}} \dots\dots\dots(19)$$

注: K_b 的确定参见 5.4 中的公式和表 8。

压缩系数 Z 见图 1。

6.3.4.3 液体的排量按式(20)计算:

$$Q_m = 1.61K_{dr}K_vA \sqrt{\frac{10(p_0 - p_b)}{v_0}} \dots\dots\dots(20)$$

K_v 值见图 2。

7 热力学性能

7.1 蒸汽压力系数 k_s

蒸汽压力系数 k_s 的数值见表 2~表 6。

7.2 绝热指数 k 的函数 C

C 是绝热指数的函数,其数值见表 7。

7.3 亚临界流动下的理论排量修正系数 K_b

亚临界流动下理论排量修正系数 K_b 的数值见表 8。

表2 蒸汽压力系数 k_s 压力:大气压 \sim 0.2 MPa (绝对压力),温度:饱和 \sim 750 $^{\circ}\text{C}$

压力值 MPa (绝对压力)	饱和蒸汽 温度 $^{\circ}\text{C}$	饱和蒸汽 压力系数值	105	110	120	130	150	200	250	300	350	400	500	600	700	750
0.105	101.0	3.832	3.839	3.866	3.918	3.970	4.072	4.314	4.540	4.756	4.961	5.158	5.531	5.880	6.210	6.368
0.106	101.2	3.538	3.540	3.565	3.613	3.661	3.755	3.978	4.187	4.386	4.575	4.757	5.102	5.424	5.728	5.875
0.107	101.5	3.313	3.313	3.333	3.379	3.423	3.511	3.720	3.916	4.102	4.279	4.449	4.772	5.073	5.358	5.495
0.108	101.8	3.133	3.134	3.149	3.192	3.234	3.317	3.515	3.700	3.875	4.043	4.204	4.509	4.794	5.064	5.193
0.109	102.0	2.987	2.988	2.999	3.039	3.079	3.159	3.347	3.523	3.690	3.850	4.004	4.294	4.566	4.823	4.946
0.110	102.3	2.865	2.866	2.873	2.912	2.950	3.026	3.206	3.375	3.536	3.689	3.836	4.114	4.375	4.621	4.740
0.112	102.8	2.672	2.673	2.673	2.710	2.745	2.816	2.984	3.141	3.291	3.434	3.571	3.830	4.074	4.303	4.414
0.114	103.3	2.527	2.528	2.528	2.557	2.590	2.657	2.816	2.964	3.106	3.241	3.370	3.615	3.845	4.062	4.167
0.116	103.8	2.413	2.414	2.415	2.436	2.468	2.532	2.683	2.825	2.960	3.089	3.213	3.447	3.666	3.874	3.973
0.118	104.3	2.322	2.323	2.325	2.339	2.370	2.431	2.577	2.713	2.843	2.967	3.086	3.311	3.522	3.722	3.818
0.120	104.8	2.248	2.248	2.251	2.260	2.290	2.348	2.489	2.621	2.746	2.866	2.981	3.199	3.403	3.597	3.690
0.125	106.0	2.112	—	2.114	2.112	2.139	2.195	2.326	2.450	2.567	2.680	2.788	2.992	3.184	3.365	3.452
0.130	107.1	2.021	—	2.023	2.023	2.037	2.090	2.215	2.333	2.445	2.553	2.656	2.851	3.034	3.208	3.291
0.135	108.2	1.958	—	1.959	1.961	1.964	2.015	2.136	2.250	2.359	2.462	2.562	2.751	2.928	3.096	3.177
0.140	109.3	1.913	—	1.914	1.918	1.913	1.960	2.078	2.189	2.295	2.396	2.494	2.678	2.851	3.015	3.095
0.145	110.3	1.882	—	—	1.887	1.884	1.919	2.035	2.144	2.248	2.347	2.443	2.624	2.794	2.956	3.033
0.150	111.4	1.860	—	—	1.865	1.863	1.888	2.003	2.110	2.213	2.311	2.405	2.584	2.752	2.911	2.988
0.160	113.3	1.836	—	—	1.840	1.841	1.849	1.961	2.066	2.167	2.263	2.356	2.532	2.698	2.855	2.931
0.170	115.1	1.829	—	—	1.833	1.836	1.828	1.939	2.044	2.144	2.239	2.331	2.506	2.671	2.828	2.903
0.180	116.9	1.834	—	—	1.836	1.838	1.832	1.930	2.035	2.134	2.230	2.322	2.497	2.662	2.819	2.895
0.190	118.6	1.835	—	—	1.836	1.841	1.836	1.930	2.035	2.135	2.231	2.323	2.499	2.665	2.819	2.894
0.200	120.2	1.838	—	—	—	1.844	1.840	1.928	2.033	2.133	2.229	2.321	2.497	2.662	2.819	2.894

注1:使用线性插值法确定中间温度和压力的蒸汽压力系数值。

注2:表格中温度增量的选择是为了将线性插值法的最大误差控制在1%以内。

表 3 蒸汽压力系数 k_s

压力:0.2 MPa~4.0 MPa (绝对压力),温度:饱和~280 °C

压力值 MPa (绝对压力)	饱和蒸汽 温度 °C	饱和蒸汽 压力系数值	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280
0.2	120.2	1.838	1.844	1.840	1.840	1.862	1.884	1.906	1.928	1.950	1.971	1.992	2.013	2.033	2.054	2.074	2.094
0.3	133.5	1.860	1.865	1.868	1.866	1.861	1.880	1.902	1.924	1.945	1.967	1.988	2.009	2.030	2.051	2.071	2.091
0.4	143.6	1.876	—	1.881	1.885	1.883	1.878	1.897	1.919	1.941	1.963	1.985	2.006	2.027	2.048	2.068	2.088
0.5	151.8	1.888	—	—	1.894	1.897	1.896	1.893	1.915	1.937	1.959	1.981	2.002	2.024	2.045	2.065	2.086
0.6	158.8	1.898	—	—	1.899	1.906	1.908	1.905	1.910	1.933	1.955	1.977	1.999	2.020	2.041	2.062	2.083
0.7	165.0	1.906	—	—	—	1.911	1.916	1.916	1.912	1.928	1.951	1.973	1.995	2.017	2.038	2.059	2.080
0.8	170.4	1.913	—	—	—	—	1.921	1.924	1.922	1.924	1.947	1.969	1.991	2.013	2.035	2.056	2.077
0.9	175.4	1.919	—	—	—	—	1.923	1.929	1.930	1.927	1.943	1.965	1.988	2.010	2.032	2.053	2.075
1.0	179.9	1.924	—	—	—	—	1.924	1.932	1.936	1.934	1.938	1.961	1.984	2.006	2.028	2.050	2.072
1.1	184.1	1.928	—	—	—	—	—	1.934	1.940	1.941	1.937	1.957	1.980	2.003	2.025	2.047	2.069
1.2	188.0	1.932	—	—	—	—	—	1.934	1.943	1.945	1.944	1.953	1.976	1.999	2.022	2.044	2.066
1.3	191.6	1.936	—	—	—	—	—	—	1.944	1.949	1.949	1.949	1.973	1.996	2.018	2.041	2.063
1.4	195.0	1.939	—	—	—	—	—	—	1.944	1.951	1.953	1.950	1.969	1.992	2.015	2.038	2.060
1.5	198.3	1.942	—	—	—	—	—	—	1.944	1.953	1.956	1.955	1.965	1.988	2.012	2.034	2.057
1.6	201.4	1.944	—	—	—	—	—	—	—	1.953	1.959	1.959	1.961	1.985	2.008	2.031	2.054
1.7	204.3	1.946	—	—	—	—	—	—	—	1.953	1.960	1.962	1.960	1.981	2.005	2.028	2.051
1.8	207.1	1.949	—	—	—	—	—	—	—	1.952	1.961	1.965	1.963	1.977	2.001	2.025	2.048

表 3 (续)

压力:0.2 MPa~4.0 MPa (绝对压力),温度:饱和~280 °C

压力值 MPa (绝对压力)	饱和蒸汽 温度 °C	饱和蒸汽 压力系数值	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280
1.9	209.8	1.950	—	—	—	—	—	—	—	1.951	1.962	1.966	1.966	1.973	1.998	2.021	2.045
2.0	212.4	1.952	—	—	—	—	—	—	—	—	1.961	1.968	1.969	1.970	1.994	2.018	2.041
2.1	214.9	1.954	—	—	—	—	—	—	—	—	1.961	1.968	1.971	1.969	1.990	2.014	2.038
2.2	217.3	1.955	—	—	—	—	—	—	—	—	1.959	1.969	1.973	1.972	1.987	2.011	2.035
2.3	219.6	1.956	—	—	—	—	—	—	—	—	1.957	1.969	1.974	1.974	1.983	2.008	2.032
2.4	221.8	1.957	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.968	1.975	1.976	1.979	2.004	2.029
2.5	224.0	1.958	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.967	1.975	1.978	1.977	2.001	2.025
2.6	226.1	1.959	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.965	1.975	1.979	1.978	1.997	2.022
2.8	230.1	1.961	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.974	1.980	1.981	1.990	2.015
3.0	233.9	1.962	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.971	1.980	1.983	1.984	2.008
3.2	237.5	1.963	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.967	1.979	1.984	1.985	2.002
3.4	240.9	1.964	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.977	1.985	1.987	1.995
3.6	244.2	1.964	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.974	1.984	1.988	1.989
3.8	247.3	1.964	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.969	1.982	1.988	1.989
4.0	250.4	1.964	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.979	1.987	1.990

注 1: 使用线性插值法确定中间温度和压力的蒸汽压力系数值。

注 2: 表格中温度增量的选择是为了将线性插值法的最大误差控制在 1% 以内。

表 4 蒸汽压力系数注 k_s

压力: 0.2 MPa~4.0 MPa (大气压力), 绝对: 280 °C~750 °C

压力温 MPa (大气压力)	280	290	300	310	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650	700	750
0.2	2.094	2.114	2.133	2.153	2.172	2.210	2.248	2.285	2.321	2.410	2.497	2.580	2.662	2.741	2.819	2.894
0.3	2.091	2.111	2.131	2.150	2.170	2.208	2.246	2.283	2.320	2.409	2.496	2.580	2.661	2.741	2.818	2.894
0.4	2.088	2.109	2.128	2.148	2.168	2.206	2.244	2.282	2.318	2.408	2.495	2.579	2.661	2.740	2.818	2.894
0.5	2.086	2.106	2.126	2.146	2.165	2.204	2.242	2.280	2.317	2.407	2.494	2.578	2.660	2.740	2.817	2.893
0.6	2.083	2.103	2.124	2.144	2.163	2.202	2.241	2.278	2.315	2.406	2.493	2.577	2.659	2.739	2.817	2.893
0.7	2.080	2.101	2.121	2.141	2.161	2.200	2.239	2.277	2.314	2.404	2.492	2.577	2.659	2.739	2.817	2.893
0.8	2.077	2.098	2.119	2.139	2.159	2.198	2.237	2.275	2.312	2.403	2.491	2.576	2.658	2.738	2.816	2.892
0.9	2.075	2.095	2.116	2.136	2.157	2.196	2.235	2.273	2.311	2.402	2.490	2.575	2.657	2.738	2.816	2.892
1.0	2.072	2.093	2.114	2.134	2.154	2.194	2.233	2.272	2.309	2.401	2.489	2.574	2.657	2.737	2.815	2.892
1.1	2.069	2.090	2.111	2.132	2.152	2.192	2.232	2.270	2.308	2.400	2.488	2.573	2.656	2.737	2.815	2.891
1.2	2.066	2.087	2.108	2.129	2.150	2.190	2.230	2.268	2.306	2.399	2.487	2.573	2.656	2.736	2.814	2.891
1.3	2.063	2.085	2.106	2.127	2.148	2.188	2.228	2.267	2.305	2.397	2.486	2.572	2.655	2.735	2.814	2.890
1.4	2.060	2.082	2.103	2.124	2.145	2.186	2.226	2.265	2.303	2.396	2.485	2.571	2.654	2.735	2.814	2.890
1.5	2.057	2.079	2.101	2.122	2.143	2.184	2.224	2.263	2.302	2.395	2.484	2.570	2.654	2.734	2.813	2.890
1.6	2.054	2.076	2.098	2.119	2.141	2.182	2.222	2.262	2.300	2.394	2.483	2.570	2.653	2.734	2.813	2.889
1.7	2.051	2.073	2.095	2.117	2.138	2.180	2.220	2.260	2.299	2.393	2.482	2.569	2.652	2.733	2.812	2.889
1.8	2.048	2.070	2.093	2.114	2.136	2.178	2.219	2.258	2.297	2.391	2.481	2.568	2.652	2.733	2.812	2.889

表 4 (续)

压力:0.2 MPa~4.0 MPa (绝对压力),温度:280 °C~750 °C

压力值 MPa (绝对压力)	280	290	300	310	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650	700	750
1.9	2.045	2.067	2.090	2.112	2.133	2.176	2.217	2.257	2.296	2.390	2.480	2.567	2.651	2.732	2.811	2.888
2.0	2.041	2.064	2.087	2.109	2.131	2.174	2.215	2.255	2.294	2.389	2.479	2.566	2.650	2.732	2.811	2.888
2.1	2.038	2.062	2.084	2.107	2.129	2.171	2.213	2.253	2.293	2.388	2.478	2.566	2.650	2.731	2.810	2.887
2.2	2.035	2.059	2.082	2.104	2.126	2.169	2.211	2.251	2.291	2.386	2.477	2.565	2.649	2.731	2.810	2.887
2.3	2.032	2.056	2.079	2.101	2.124	2.167	2.209	2.250	2.290	2.385	2.476	2.564	2.648	2.730	2.809	2.887
2.4	2.029	2.052	2.076	2.099	2.121	2.165	2.207	2.248	2.288	2.384	2.476	2.563	2.648	2.730	2.809	2.886
2.5	2.025	2.049	2.073	2.096	2.119	2.163	2.205	2.246	2.286	2.383	2.475	2.562	2.647	2.729	2.809	2.886
2.6	2.022	2.046	2.070	2.094	2.116	2.161	2.203	2.245	2.285	2.382	2.474	2.562	2.646	2.729	2.808	2.886
2.8	2.015	2.040	2.064	2.088	2.111	2.156	2.199	2.241	2.282	2.379	2.472	2.560	2.645	2.727	2.807	2.885
3.0	2.008	2.034	2.058	2.083	2.106	2.152	2.195	2.238	2.279	2.377	2.470	2.558	2.644	2.726	2.806	2.884
3.2	2.002	2.027	2.053	2.077	2.101	2.147	2.191	2.234	2.275	2.374	2.468	2.557	2.643	2.725	2.805	2.883
3.4	1.995	2.021	2.046	2.071	2.096	2.143	2.187	2.230	2.272	2.372	2.466	2.555	2.641	2.724	2.805	2.883
3.6	1.989	2.014	2.040	2.066	2.090	2.138	2.183	2.227	2.269	2.369	2.464	2.554	2.640	2.723	2.804	2.882
3.8	1.989	2.007	2.034	2.060	2.085	2.133	2.179	2.223	2.266	2.367	2.462	2.552	2.639	2.722	2.803	2.881
4.0	1.990	2.000	2.027	2.054	2.079	2.129	2.175	2.220	2.262	2.364	2.460	2.551	2.637	2.721	2.802	2.880

注 1: 使用线性插值法确定中间温度和压力的蒸汽压力系数值。

注 2: 表格中温度增量的选择是为了将线性插值法的最大误差控制在 1% 以内。

表 5 蒸汽压力系数 k_s

压力:4.0 MPa~22.0 MPa (绝对压力), 温度:饱和~420 °C

压力值 MPa (绝对压力)	饱和蒸汽 温度 °C	饱和蒸汽 压力系数值	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420
4.0	250.4	1.964	1.990	2.000	2.027	2.054	2.079	2.104	2.129	2.152	2.175	2.198	2.220	2.241	2.262	2.283	2.304
5.0	263.9	1.962	1.986	1.991	1.995	2.023	2.051	2.078	2.104	2.129	2.154	2.178	2.201	2.224	2.246	2.268	2.289
6.0	275.6	1.956	1.967	1.982	1.989	1.992	2.020	2.049	2.078	2.105	2.131	2.156	2.181	2.205	2.228	2.251	2.274
6.5	280.9	1.953	—	1.972	1.984	1.989	2.004	2.034	2.064	2.092	2.119	2.145	2.171	2.195	2.219	2.243	2.266
7.0	285.8	1.949	—	1.959	1.977	1.985	1.989	2.019	2.049	2.079	2.107	2.134	2.160	2.186	2.210	2.234	2.258
7.5	290.5	1.944	—	—	1.966	1.979	1.984	2.002	2.035	2.065	2.095	2.123	2.150	2.176	2.201	2.226	2.250
8.0	295.0	1.939	—	—	1.952	1.971	1.980	1.986	2.019	2.051	2.082	2.111	2.139	2.166	2.192	2.217	2.241
8.5	299.3	1.933	—	—	1.936	1.960	1.974	1.979	2.003	2.037	2.069	2.099	2.128	2.155	2.182	2.208	2.233
9.0	303.3	1.927	—	—	—	1.947	1.966	1.974	1.987	2.022	2.055	2.086	2.116	2.145	2.172	2.199	2.224
9.5	307.3	1.921	—	—	—	1.931	1.955	1.968	1.973	2.006	2.041	2.074	2.105	2.134	2.162	2.189	2.215
10.0	311.0	1.915	—	—	—	—	1.942	1.960	1.967	1.990	2.026	2.060	2.092	2.123	2.152	2.180	2.207
10.5	314.6	1.908	—	—	—	—	1.926	1.950	1.961	1.973	2.011	2.046	2.080	2.111	2.141	2.170	2.198
11.0	318.1	1.900	—	—	—	—	1.908	1.938	1.953	1.961	1.995	2.032	2.067	2.100	2.131	2.160	2.188
11.5	321.4	1.892	—	—	—	—	—	1.924	1.944	1.953	1.979	2.017	2.054	2.088	2.120	2.150	2.179
12.0	324.7	1.884	—	—	—	—	—	1.906	1.934	1.946	1.962	2.002	2.040	2.075	2.108	2.140	2.170
12.5	327.8	1.876	—	—	—	—	—	1.886	1.921	1.938	1.948	1.987	2.026	2.063	2.097	2.129	2.160
13.0	330.9	1.867	—	—	—	—	—	—	1.906	1.928	1.938	1.971	2.011	2.049	2.085	2.118	2.150
13.5	333.8	1.857	—	—	—	—	—	—	1.888	1.917	1.931	1.954	1.996	2.036	2.073	2.107	2.140

表 5 (续)

压力值 MPa (绝对压力)	饱和蒸汽 温度 °C	饱和蒸汽 压力系数值	压力: 4.0 MPa~22.0 MPa (绝对压力), 温度: 饱和~420 °C																	
			280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420			
14.0	336.7	1.847	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.865	1.904	1.922	1.936	1.981	2.022	2.060	2.096	2.129
14.5	339.5	1.837	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.840	1.889	1.912	1.922	1.965	2.008	2.047	2.084	2.119
15.0	342.2	1.826	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.871	1.901	1.912	1.948	1.993	2.034	2.072	2.108
15.5	344.8	1.814	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.849	1.888	1.905	1.930	1.978	2.020	2.060	2.097
16.0	347.4	1.802	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.823	1.874	1.895	1.912	1.963	2.007	2.047	2.086
16.5	349.9	1.789	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.793	1.857	1.884	1.897	1.946	1.993	2.034	2.074
17.0	352.3	1.775	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.836	1.872	1.886	1.929	1.978	2.022	2.062
17.5	354.7	1.761	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.811	1.859	1.877	1.910	1.963	2.008	2.050
18.0	357.0	1.745	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.782	1.843	1.867	1.891	1.947	1.994	2.038
18.5	359.3	1.728	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.740	1.824	1.855	1.874	1.930	1.980	2.025
19.0	361.5	1.709	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.801	1.842	1.860	1.913	1.965	2.012
19.5	363.6	1.689	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.775	1.828	1.847	1.895	1.950	1.999
20.0	365.7	1.665	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.743	1.811	1.836	1.876	1.935	1.985
20.5	367.8	1.638	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.698	1.791	1.824	1.857	1.919	1.971
21.0	369.8	1.605	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.616	1.768	1.811	1.839	1.902	1.956
21.5	371.8	1.559	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.742	1.795	1.823	1.885	1.942
22.0	373.7	1.459	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.710	1.778	1.807	1.866	1.926

表 1: 使用线性插值法确定中间温度和压力的蒸汽压力系数值。

表 2: 表格中温度增量的选择是为了将线性插值法的最大误差控制在 1% 以内。

表 6 蒸汽压力系数 k_s

压力: 4.0 MPa~42.0 MPa (绝对压力), 温度: 380 °C~750 °C

压力值 MPa (绝对压力)	380	390	400	410	420	440	460	480	500	520	550	600	650	700	750
4.0	2.220	2.241	2.262	2.283	2.304	2.344	2.384	2.422	2.460	2.497	2.551	2.637	2.721	2.802	2.880
6.0	2.181	2.205	2.228	2.251	2.274	2.317	2.359	2.400	2.439	2.478	2.534	2.624	2.710	2.793	2.873
8.0	2.139	2.166	2.192	2.217	2.241	2.288	2.333	2.376	2.418	2.459	2.517	2.611	2.699	2.784	2.865
10.0	2.092	2.123	2.152	2.180	2.207	2.258	2.306	2.352	2.396	2.439	2.500	2.597	2.688	2.774	2.857
12.0	2.040	2.075	2.108	2.140	2.170	2.226	2.278	2.327	2.374	2.419	2.483	2.583	2.676	2.765	2.849
14.0	1.981	2.022	2.060	2.096	2.129	2.191	2.248	2.300	2.350	2.397	2.464	2.568	2.665	2.755	2.841
16.0	1.912	1.963	2.007	2.047	2.086	2.154	2.216	2.273	2.326	2.376	2.446	2.553	2.653	2.745	2.833
18.0	1.867	1.891	1.947	1.994	2.038	2.115	2.182	2.244	2.300	2.353	2.427	2.538	2.641	2.736	2.825
20.0	1.811	1.836	1.876	1.935	1.985	2.072	2.147	2.213	2.273	2.329	2.407	2.523	2.628	2.726	2.817
21.0	1.768	1.811	1.839	1.902	1.956	2.050	2.128	2.197	2.260	2.317	2.397	2.515	2.622	2.721	2.813
22.0	1.710	1.778	1.807	1.866	1.926	2.026	2.109	2.181	2.246	2.305	2.386	2.508	2.616	2.716	2.809
23.0	1.611	1.737	1.776	1.828	1.895	2.002	2.089	2.165	2.232	2.293	2.376	2.500	2.610	2.711	2.804
24.0	1.311	1.682	1.744	1.789	1.861	1.976	2.069	2.148	2.217	2.280	2.366	2.492	2.603	2.705	2.800
25.0	1.183	1.607	1.704	1.750	1.825	1.950	2.048	2.130	2.202	2.267	2.355	2.484	2.597	2.700	2.796
26.0	1.087	1.481	1.655	1.708	1.785	1.922	2.027	2.112	2.187	2.254	2.344	2.476	2.591	2.695	2.792
27.0	0.990	1.327	1.594	1.670	1.741	1.892	2.004	2.094	2.172	2.241	2.333	2.467	2.584	2.690	2.788
28.0	0.926	1.194	1.513	1.623	1.697	1.861	1.981	2.076	2.157	2.228	2.322	2.459	2.578	2.685	2.783

表 6 (续)

压力: 4.0 MPa~42.0 MPa (绝对压力), 温度: 380 °C~750 °C

压力值 MPa (绝对压力)	380	390	400	410	420	440	460	480	500	520	550	600	650	700	750
29.0	0.881	1.089	1.402	1.567	1.656	1.829	1.957	2.057	2.140	2.214	2.311	2.451	2.571	2.680	2.779
30.0	0.849	1.017	1.273	1.499	1.608	1.796	1.932	2.037	2.124	2.200	2.300	2.442	2.565	2.674	2.775
32.0	0.805	0.928	1.102	1.332	1.501	1.723	1.879	1.997	2.091	2.172	2.277	2.425	2.552	2.664	2.766
34.0	0.778	0.877	1.012	1.192	1.380	1.647	1.823	1.954	2.056	2.143	2.254	2.408	2.538	2.653	2.758
36.0	0.761	0.844	0.954	1.097	1.270	1.566	1.765	1.909	2.021	2.113	2.230	2.391	2.525	2.643	2.749
38.0	0.750	0.822	0.916	1.036	1.186	1.485	1.706	1.862	1.984	2.082	2.206	2.373	2.511	2.632	2.741
40.0	0.743	0.808	0.890	0.995	1.124	1.409	1.645	1.815	1.946	2.051	2.181	2.355	2.498	2.621	2.732
42.0	0.740	0.798	0.872	0.965	1.079	1.343	1.585	1.768	1.908	2.019	2.156	2.337	2.484	2.610	2.723

蒸 1: 使用线性插值法确定中间温度和压力的蒸汽压力系数值。

蒸 2: 表格中温度增量的选择是为了将线性插值法的最大误差控制在 1% 以内。

表 7 绝热指数的函数 C

k	C	k	C	k	C	k	C	k	C	k	C	k	C	k	C	k	C	k	C
0.40	1.647	0.60	1.957	0.80	2.198	1.001	2.395	1.20	2.560	1.40	2.703	1.60	2.829	1.80	2.940	2.00	3.039		
0.41	1.665	0.61	1.971	0.81	2.209	1.01	2.404	1.21	2.568	1.41	2.710	1.61	2.834	1.81	2.945	2.01	3.044		
0.42	1.682	0.62	1.984	0.82	2.219	1.02	2.412	1.22	2.576	1.42	2.717	1.62	2.840	1.82	2.950	2.02	3.049		
0.43	1.700	0.63	1.997	0.83	2.230	1.03	2.421	1.23	2.583	1.43	2.723	1.63	2.846	1.83	2.955	2.03	3.053		
0.44	1.717	0.64	2.010	0.84	2.240	1.04	2.430	1.24	2.591	1.44	2.730	1.64	2.852	1.84	2.960	2.04	3.058		
0.45	1.733	0.65	2.023	0.85	2.251	1.05	2.439	1.25	2.598	1.45	2.736	1.65	2.858	1.85	2.965	2.05	3.063		
0.46	1.750	0.66	2.035	0.86	2.261	1.06	2.447	1.26	2.605	1.46	2.743	1.66	2.863	1.86	2.971	2.06	3.067		
0.47	1.766	0.67	2.048	0.87	2.271	1.07	2.456	1.27	2.613	1.47	2.749	1.67	2.869	1.87	2.976	2.07	3.072		
0.48	1.782	0.68	2.060	0.88	2.281	1.08	2.464	1.28	2.620	1.48	2.755	1.68	2.874	1.88	2.981	2.08	3.076		
0.49	1.798	0.69	2.072	0.89	2.291	1.09	2.472	1.29	2.627	1.49	2.762	1.69	2.880	1.89	2.986	2.09	3.081		
0.50	1.813	0.70	2.084	0.90	2.301	1.10	2.481	1.30	2.634	1.50	2.768	1.70	2.886	1.90	2.991	2.10	3.085		
0.51	1.829	0.71	2.096	0.91	2.311	1.11	2.489	1.31	2.641	1.51	2.774	1.71	2.891	1.91	2.996	2.11	3.090		
0.52	1.844	0.72	2.108	0.92	2.320	1.12	2.497	1.32	2.649	1.52	2.780	1.72	2.897	1.92	3.001	2.12	3.094		
0.53	1.858	0.73	2.120	0.93	2.330	1.13	2.505	1.33	2.656	1.53	2.786	1.73	2.902	1.93	3.006	2.13	3.099		
0.54	1.873	0.74	2.131	0.94	2.339	1.14	2.513	1.34	2.663	1.54	2.793	1.74	2.908	1.94	3.010	2.14	3.103		
0.55	1.888	0.75	2.143	0.95	2.349	1.15	2.521	1.35	2.669	1.55	2.799	1.75	2.913	1.95	3.015	2.15	3.107		
0.56	1.902	0.76	2.154	0.96	2.358	1.16	2.529	1.36	2.676	1.56	2.805	1.76	2.918	1.96	3.020	2.16	3.112		
0.57	1.916	0.77	2.165	0.97	2.367	1.17	2.537	1.37	2.683	1.57	2.811	1.77	2.924	1.97	3.025	2.17	3.116		
0.58	1.930	0.78	2.176	0.98	2.376	1.18	2.545	1.38	2.690	1.58	2.817	1.78	2.929	1.98	3.030	2.18	3.121		
0.59	1.944	0.79	2.187	0.99	2.386	1.19	2.553	1.39	2.697	1.59	2.823	1.79	2.934	1.99	3.034	2.19	3.125		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.20	3.129		

表 8 亚临界流动下的理论排量修正系数 K_b

$k >$	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.001	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	$< k$	
p_b/p_o																					p_b/p_o
0.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.000	0.999	0.999	0.999	0.45
0.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.000	0.999	0.998	0.996	0.994	0.992	0.989	0.989	0.50
0.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.000	0.999	0.997	0.994	0.991	0.987	0.983	0.979	0.975	0.971	0.971	0.55
0.60	—	—	—	—	—	—	1.000	0.999	0.997	0.993	0.989	0.983	0.978	0.972	0.967	0.961	0.955	0.950	0.945	0.945	0.60
0.65	—	—	—	—	0.999	0.999	0.995	0.989	0.982	0.974	0.967	0.959	0.951	0.943	0.936	0.929	0.922	0.915	0.909	0.909	0.65
0.70	—	—	0.999	0.999	0.993	0.985	0.975	0.964	0.953	0.943	0.932	0.922	0.913	0.903	0.895	0.886	0.878	0.871	0.864	0.864	0.70
0.75	—	1.000	0.995	0.983	0.968	0.953	0.938	0.923	0.909	0.896	0.884	0.872	0.861	0.851	0.841	0.832	0.824	0.815	0.808	0.808	0.75
0.80	0.999	0.985	0.965	0.942	0.921	0.900	0.881	0.864	0.847	0.832	0.819	0.806	0.794	0.783	0.773	0.764	0.755	0.747	0.739	0.739	0.80
0.82	0.992	0.970	0.944	0.918	0.894	0.872	0.851	0.833	0.817	0.801	0.787	0.774	0.762	0.752	0.741	0.732	0.723	0.715	0.707	0.707	0.82
0.84	0.979	0.948	0.917	0.888	0.862	0.839	0.818	0.799	0.782	0.766	0.752	0.739	0.727	0.716	0.706	0.697	0.688	0.680	0.672	0.672	0.84
0.86	0.957	0.919	0.884	0.852	0.825	0.800	0.778	0.759	0.742	0.727	0.712	0.700	0.688	0.677	0.677	0.658	0.649	0.641	0.634	0.634	0.86
0.88	0.924	0.880	0.842	0.809	0.780	0.755	0.733	0.714	0.697	0.682	0.668	0.655	0.644	0.633	0.624	0.615	0.606	0.599	0.592	0.592	0.88
0.90	0.880	0.831	0.791	0.757	0.728	0.703	0.681	0.662	0.645	0.631	0.617	0.605	0.594	0.584	0.575	0.566	0.558	0.551	0.544	0.544	0.90
0.92	0.820	0.769	0.727	0.693	0.664	0.640	0.619	0.601	0.585	0.571	0.559	0.547	0.537	0.527	0.519	0.511	0.504	0.497	0.490	0.490	0.92
0.94	0.739	0.687	0.647	0.614	0.587	0.564	0.545	0.528	0.514	0.501	0.489	0.479	0.470	0.461	0.453	0.446	0.440	0.434	0.428	0.428	0.94
0.96	0.628	0.579	0.542	0.513	0.489	0.469	0.452	0.438	0.425	0.414	0.404	0.395	0.387	0.380	0.373	0.367	0.362	0.357	0.352	0.352	0.96
0.98	0.462	0.422	0.393	0.371	0.352	0.337	0.325	0.314	0.305	0.296	0.289	0.282	0.277	0.271	0.266	0.262	0.258	0.254	0.251	0.251	0.98
1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.00

7.4 压缩系数

根据对比压力确定的压缩系数 Z 见图 1。

对比压力 p_r 和对比温度 T_r 分别按式(21)和式(22)计算：

$$p_r = \frac{p_0}{p_c} \dots\dots\dots (21)$$

$$T_r = \frac{T_0}{T_c} \dots\dots\dots (22)$$

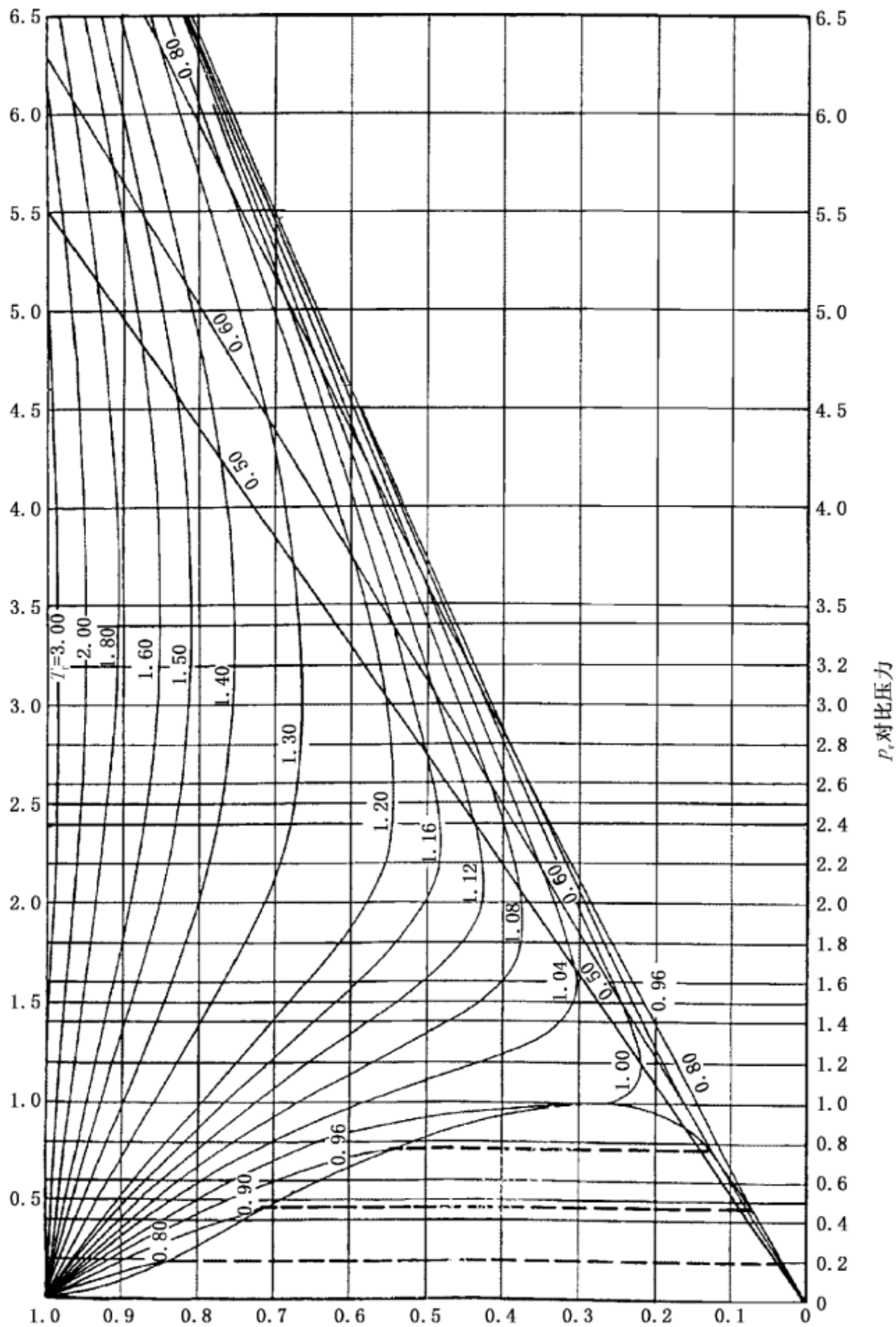


图 1 压缩系数 Z

7.5 黏度修正系数 K_v

7.5.1 黏度修正系数 K_v 见图 2。

7.5.2 可用式(23)计算 K_v ，图 2 是根据式(23)确定的曲线，用户应核查根据图 2 中曲线确定的数据。不能用式(23)类推计算超过图 2 曲线范围的数据。

$$K_v = \left(0.9935 + \frac{2.878}{Re^{0.5}} + \frac{342.75}{Re^{1.5}} \right)^{-1} \dots\dots\dots (23)$$

7.5.3 雷诺数可以根据式(24)计算：

$$Re = \left(\frac{Q_m}{3.6\mu} \right) \sqrt{\frac{4}{\pi A}} \dots\dots\dots (24)$$

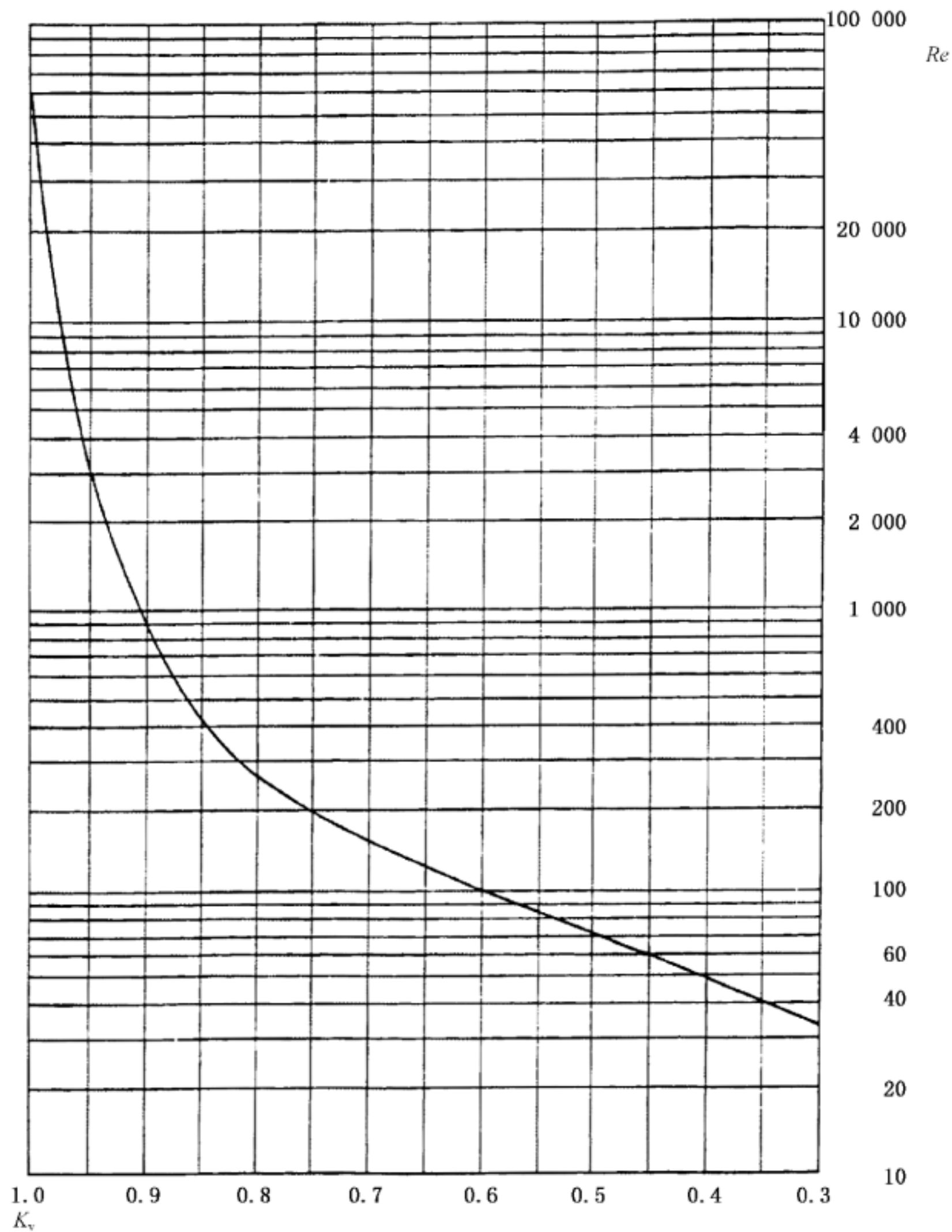


图 2 黏度修正系数 K_v

附 录 A
(资料性附录)
不同介质中的排量计算示例

A.1 在临界流动下气体介质的排量计算(见 6.3.4.1)

例 1: 用一根导管通入压力为 1.0 MPa 的氮气, 来计算安全阀的流道面积。

已知参数: 安全阀额定排量系数 $[K_{dr}]$: 0.87, 超过压力为 10%;

摩尔质量 $[M]$: 28.02;

绝热指数 $[k]$: 1.40;

排放温度: 20 °C;

流量: 18 000 kg/h;

整定压力: 1.0 MPa;

背压力: 1 个大气压。

$$T_0 = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$p_0 = [(1.0 \times 1.1) + 0.1] \text{ MPa} = 1.2 \text{ MPa}$$

因为 $\frac{p_b}{p_0} \leq \left(\frac{2}{k+1}\right)^{k/(k-1)}$, 所以为临界流动。

流道面积按式(A.1)计算:

$$A = \frac{Q_m}{10 p_0 C K_{dr} \sqrt{\frac{M}{Z T_0}}} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$C = 3.948 \sqrt{1.4 \times \left(\frac{2}{1.4+1}\right)^{(1.4+1)/(1.4-1)}} = 2.7$$

压缩系数可以从图 1 中查到。

计算过程如下所示:

对比压力按式(A.2)计算:

$$p_r = \frac{p_0}{p_c} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

p_c ——临界压力, 值为 3.394 MPa(该值来自热力学手册)。

对比温度按式(A.3)计算:

$$T_r = \frac{T_0}{T_c} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

T_c ——临界温度, 值为 126.05 K(该值来自热力学手册)。

$$p_r = 1.2/3.394 = 0.35$$

$$T_r = 293/126.05 = 2.32$$

$Z = 1.000$ (该值来自图 1)

$$A = \frac{18\,000}{10 \times 1.2 \times 2.7 \times 0.87 \times \sqrt{\frac{28.02}{1.00 \times 293}}} = 2\,065 \text{ mm}^2$$

A.2 在亚临界流动下气体介质的排量计算(见 6.3.4.2)

例 2: 如果背压从一个大气压增加到 3.6 MPa(表压)和额定排量系数为 0.8 的情况下,用一根导管通入最高允许压力为 5.5 MPa 的氮气,计算安全阀的流道面积。其余参数同 A.1 中例 1。

因为 $\frac{p_b}{p_0} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{[k/(k-1)]}$, 所以为亚临界流动。

注: $\frac{p_b}{p_0} = \frac{3.6+0.1}{(5.5 \times 1.1)+0.1}$

流道面积按式(A.4)计算:

$$A = \frac{Q_m}{10 p_0 C K_{dr} K_b \sqrt{\frac{M}{Z T_0}}} \dots\dots\dots (A.4)$$

$$K_b = \sqrt{\frac{\frac{2k}{k-1} \left[\left(\frac{p_b}{p_0}\right)^{(2/k)} - \left(\frac{p_b}{p_0}\right)^{(k+1)/k} \right]}{k \left(\frac{2}{k+1}\right)^{(k+1)/(k-1)}}} = 0.989 \dots\dots\dots (A.5)$$

K_b 可以通过式(A.5)计算获得,也可以通过表 4 查到。

$$A = \frac{18\ 000}{10 \times 6.15 \times 2.7 \times 0.989 \times \sqrt{\frac{28.02}{0.975 \times 293}}} = 437.471 \text{ mm}^2$$

A.3 液体排量计算(见 6.3.4.3)

例 3: 在给定排放介质为油的条件下,计算阀门流道面积。

已知参数:安全阀额定排量系数 $[K_{dr}] = 0.65$, 超过压力为 10%;

超过压力为 10%的油介质的质量流量 $[Q_m] = 45\ 000 \text{ kg/h}$;

比容 $[\nu] = 0.001\ 075\ 27 \text{ m}^3/\text{kg} = 1/\text{密度}$;

动力黏度 $[\mu] = 0.5 \text{ Pa} \cdot \text{s}$;

整定压力:3.0 MPa(表压);

背压力:0.3 MPa(表压)。

应用式(A.6)计算:

$$Q_m = 1.61 K_{dr} K_v A \sqrt{\frac{10(p_0 - p_b)}{p_0}} \dots\dots\dots (A.6)$$

假设是无黏度的介质(即忽略黏度),按式(A.7)计算流道面积:

$K_v = 1$

$$A = \left(\frac{Q_m}{1.61 K_{dr}}\right) \sqrt{\frac{\nu_0}{10(p_0 - p_b)}} \dots\dots\dots (A.7)$$

$p_0 - p_b = [3.0 \times 1.1 + 0.1] - (0.3 + 0.1) = 3 \text{ MPa}$

$$A = \left(\frac{45\ 000}{1.61 \times 0.65}\right) \sqrt{\frac{0.000\ 107\ 527}{3}} = 257.43 \text{ mm}^2$$

1) 选一个次大的孔口 A' , 这种情况下 $A' = 380 \text{ mm}^2$, 按式(A.8)求黏度修正系数的最小值:

$$K_v = \frac{A}{A'} \dots\dots\dots (A.8)$$

最小值： $K_{vm} = \frac{257.43}{380} = 0.68$

2) 按式(A.9)计算在给定排量和选定的孔口下的雷诺数 Re ：

$$Re = \left(\frac{Q_m}{3.6\mu} \right) \sqrt{\frac{4}{\pi A'}} = \left(\frac{45\ 000}{3.6 \times 0.5} \right) \sqrt{\frac{4}{\pi \times 380}} = 1\ 447 \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

从图 2 中查得：

$K_v = 0.92 > 0.68$

3) 正如上例计算所示，如果最小值 $K_{vm} \leq K_v$ ，选定的面积能够满足给定排放流量。要是结果相反，重复步骤 1)、2)。

参 考 文 献

- [1] IAPWS-IF97 国际水和水蒸气性质学会对工业用 1997 年 IF 公式水和水蒸气热力学性质的制定(IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam)
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
过压保护装置 通用数据
GB/T 36588—2018

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2018年9月第一版

*

书号: 155066 · 1-61034

版权专有 侵权必究



GB/T 36588—2018