

目 次

前言

- 1 范围
- 2 规范性引用文件
- 3 术语和定义
- 4 电站蒸汽锅炉常用安全阀类型
- 5 电站锅炉安全阀的安装数量
- 6 安全阀工作性能的要求
- 7 制造厂应进行的试验
- 8 安全阀的现场校验与调整
- 9 安全阀的安装和其他要求
- 10 安全阀的标志、铭牌

附录 A (资料性附录) 过热修正系数 K_{sh}

附录 B (资料性附录) 亚临界流动下的理论排量修正系数 K_b

前 言

本标准是根据原电力工业部 1995 年电力行业标准计划项目(技综[1995]44 号文)下达的任务而制定的。

安全阀是防止锅炉运行中超压,避免引起设备重大恶性事故的安全部件。制定本标准的目的是通过规范电站锅炉安全阀的合理配置和选用,帮助使用者正确掌握安全阀的现场安装、调整和校验,以保证安全阀的正常动作,避免发生拒跳、频跳和泄漏等现象,保证电站锅炉安全运行。

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站阀门标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准的起草单位:北京邦备机电技术有限公司、安徽省能源集团有限公司、哈尔滨哈锅阀门股份有限公司、西安热工研究院有限公司。

本标准的主要起草人:张传虎、刘琨、俞民、王泽清、杨百勋。

电站锅炉安全阀应用导则

1 范围

本标准规定了电站锅炉用安全阀的选用和性能要求及其试验、校验方法。

本标准适用于电站锅炉以蒸汽为介质、喉部直径为 20mm~250mm,工作压力为 0.35MPa~30MPa,工作温度小于 610℃的锅炉安全阀。其他如除氧器、加热器、连排扩容器等压力容器的安全阀可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过在本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 12241 安全阀 一般要求

GB/T 12242 安全阀 性能试验方法

ASME B31.1 压力管道规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

安全阀 safety valve

安全阀是一种自动阀门。它不借助任何外力而利用介质本身的力来排出一定数量的流体,以防止系统内部压力超过预定的安全压力数值。当压力恢复正常值后,阀门自行关闭并阻止介质继续流出。

3.2

压力 pressure

3.2.1

整定压力 set pressure

安全阀阀瓣在运行条件下开始升起时的进口压力(即阀门安装地点的工作压力或冲量接出点的工作压力),在该压力下,由介质压力所产生的力与阀瓣开启阻力平衡,由视觉或听觉可感知有介质连续排出,又称开启压力、起座压力,用 p_s 表示。

3.2.2

排放压力 relieving pressure

安全阀阀瓣达到规定的开启高度时,安全阀入口处的静压力(即整定压力加超过压力),又称全开压力,用 p_d 表示。

3.2.3

超过压力 over pressure

排放压力与整定压力之差,用 p_c 表示。

3.2.4

回座压力 reseating pressure

安全阀排放后,随着系统压力的降低,阀瓣与阀座重新接触,阀门开启高度为零,介质停止连续流出时安全阀入口处的静压力,用 p_r 表示。

3.2.5

启闭压差 blowdown

安全阀整定压力与回座压力的差值,通常用整定压力的百分数表示,用 Δp_{bl} 表示。

3.2.6

密封压力 sealing pressure

安全阀处于关闭状态下,满足密封性要求时安全阀入口处的最大介质静压力(安全阀的密封压力不应低于系统的额定工作压力或开启压力的 10%,取二者的最大值),用 p_m 表示。

3.2.7

背压 back pressure

背压(用 p_b 表示)分两种情况:

3.2.7.1

排放背压力 built-up back pressure

安全阀排放时,由于排汽侧阻力,在安全阀出口侧建立起来的压力,用 p_{bd} 表示。

3.2.7.2

附加背压力 adding back pressure

安全阀排放前,在排汽侧已经存在的或由其他压力源形成的压力,用 p_{bs} 表示。

3.2.8

设计压力 design pressure

蒸汽锅炉系统设计要求的的安全阀压力理论值,如设计整定压力、设计回座压力等。

3.3

机械特性 mechanical properties

3.3.1

频跳 chatter

安全阀动作过程中,阀瓣密封面和阀座密封面互相接触的瞬间,阀瓣迅速异常的来回运动。

3.3.2

颤振 flutter

安全阀动作过程中,阀瓣密封面和阀座密封面互相不接触,阀瓣迅速异常地来回运动。

3.3.3

卡阻 **sticking**

是指安全阀的活动部件,在运动中所产生的卡涩现象。

3.4

面积 **area**

3.4.1

流道面积 **flow area**

指安全阀入口端至阀座密封面间的流道最小截面积,又称喉部面积,用 A 表示。

3.4.2

帘面积 **curtain area**

当阀瓣全行程时,在其密封面之间的圆柱形或圆锥形通道面积,用 A_L 表示。

3.4.3

排放面积 **discharge area**

阀门排放时流体所通过的最小截面积,用 A_p 表示。

3.4.4

喉部直径 **throat diameter**

由阀门入口到阀座密封面之间最狭部位的直径,既流道面积所对应的直径,用 d_t 表示。

3.5

排放量 **capacity**

3.5.1

理论排放量 **theoretical flow capacity** (W_t)

流道横截面积与安全阀流道面积相等的,按理想喷管计算出的流量。

3.5.2

实测排放量 **measured flow capacity** (W_{ts})

通过实际试验,测定出的排量。

3.5.3

额定排放量 **rated relieving capacity** (W_r)

是指实测排放量中允许作为安全阀使用基准的那部分排放量,由阀门制造厂提供。

3.5.4

当量计算排量 **equivalent calculating capacity** (W_e)

指压力、温度、蒸汽性质等条件与额定排量的适用条件不同的安全阀计算排量。

3.5.5

排放量系数 **discharge coefficient** (K_d)

是实测流量 (W) 与理论流量 (W_t) (计算流量) 之比值 (即 $K_d = W/W_t$)。

3.6

开启高度 **lift** (h)

安全阀阀瓣离开关闭位置的轴向实际行程。

4 电站蒸汽锅炉常用安全阀类型

4.1 大容量的电站锅炉宜配用弹簧直接作用式的全启式安全阀或全量型安全阀以及相应的电磁泄放阀 (PCV), 该电磁泄放阀的整定压力应低于其他安全阀, 锅炉超压时, 先打开此阀泄压, 若汽压继续升高, 可依次打开其他安全阀, 则可减少其他安全阀的启动次数, 以免影响其密封性能。

4.2 对于按 ASME 规范设计的电站蒸汽锅炉, 不应采用重锤或重锤杠杆式安全阀, 应采用弹簧直接作用式安全阀。

4.3 电站蒸汽锅炉安全阀类型见表 1。

表 1 电站锅炉安全阀类型

分类方法	类 型	说 明
按作用原理	直接作用式	直接用机械载荷如重锤、杠杆加重锤或弹簧来克服阀瓣下的介质压力的安全阀

非直接作用式	先导式安全阀	由主阀和导阀组成,主阀依靠从导阀排除介质来驱动或控制的安全阀,该导阀本身应符合本标准要求的直接作用式安全阀
	带补充载荷式	在入口压力达到整定压力前始终保持有一增强密封的附加力,该附加力(补充载荷)可由外来的能源提供,而在安全阀达到整定压力时,应可靠地释放,即使该附加力未释放时,安全阀仍能在整定压力不超过规定压力 3%的前提下达到额定排量(对整定压力和工作压力很接近,而密封要求高时,应用此类阀门)
	动力控制安全阀	一种由动力源(电动、气动、汽动或液动)控制其开启或关闭的阀门(大型锅炉的系统中有多个安全阀时,可以配有此类阀门并提前动作,以保护其他工作安全阀,避免其频繁起跳)

表 1 (续)

分类方法	类 型	说 明
按开启高度	全启式安全阀	开启高度大于或等于 1/4 喉部直径
	微启式安全阀	开启高度在 1/40~1/20 流道直径的范围内
	中启式安全阀	开启高度介于微启式和全启式之间
	全量型安全阀	阀瓣内径为喉部直径的 1.15 倍以上;阀瓣开启时,阀座口流体通路面积必须是喉部面积的 1.05 倍以上;安全阀入口面积是喉部面积的 1.7 倍以上,开启高度大于 1/4 喉部直径
按有无背压平衡机构	背压平衡式	利用波纹管、活塞或膜片等平衡背压作用的元件,使阀门开启前背压对阀瓣上下两侧的作用相平衡
	常规式	不带背压平衡元件
按阀瓣加载方式	重锤或杠杆重锤式	利用重锤或重锤通过杠杆加载
	弹簧式	利用弹簧加载
	气室式	利用压缩空气加载
按动作特性	比例作用式	开启高度随“超过整定压力的增大成比例”变化(一般用于排放液体的安全阀)
	突跳动作式(两段作用式)	起初阀瓣随压力升高而成比例开启,在压力升高一个不大数值后,阀瓣既急速开启到规定的升高值(一般用于排放蒸汽的安全阀)

5 电站锅炉安全阀的安装数量

5.1 每台锅炉至少应安装两台安全阀。过热器出口、再热器进口和出口以及直流锅炉启动分离器都必须装安全阀。

直流锅炉一次汽水系统中有截断阀者,截断阀前一般应装设安全阀,其数量和规格由锅炉设计部门确定。

5.2 锅炉汽包和过热器上所有安全阀的排放量总和应大于锅炉最大连续蒸发量,当所有安全阀开启后,锅炉的超压幅度在任何情况下不得大于锅炉设计压力的 6%。强制循环锅炉按锅炉出口处受压元件的计算压力计算。

再热器进、出口安全阀的总排放量应大于再热器的最大设计流量;直流锅炉外置式启动分离器安全阀的总排放量应大于锅炉启动时的产汽量。

过热器、再热器出口安全阀的排放量在总排放量中所占的比例应保证安全阀开启时,过热器、再热器能得到足够的冷却。

5.3 对于大容量电站锅炉,一般选用具有高排放能力的全量型安全阀。

5.4 电站锅炉安全阀的配置应由锅炉制造厂或设计部门提出。

6 安全阀工作性能的要求

6.1 安全阀整定压力

安全阀的设计整定压力除制造厂有特殊规定外,一般应按表 2 的规定调整与校验。

表 2 安全阀整定压力

安装位置		整定压力	
汽包锅炉的汽包或 过热器出口	额定蒸汽压力 $p < 5.88\text{MPa}$	控制安全阀	1.04 倍工作压力
		工作安全阀	1.06 倍工作压力
	额定蒸汽压力 $p \geq 5.88\text{MPa}$	控制安全阀	1.05 倍工作压力
		工作安全阀	1.08 倍工作压力

表 2 (续)

安装位置		整定压力	
直流锅炉的过热器出口		控制安全阀	1.08 倍工作压力
		工作安全阀	1.10 倍工作压力
再热器			1.10 倍工作压力
启动分离器			1.10 倍工作压力

注 1: 各部件的工作压力指安全阀安装地点的工作压力(脉冲式安全阀为冲量接出地点的工作压力)。
注 2: 过热器出口安全阀的整定压力,应保证在该锅炉一次汽水系统所有的安全阀中,此安全阀最先动作

6.2 安全阀的回座压力

对可压缩介质,在压力低于整定压力 10% 的范围内,安全阀应关闭(不可压缩介质可为 20%)。

6.3 启闭压差

一般应为整定压力的 4%~7%,最大不得超过整定压力的 10%。

用于水侧安全阀不超过整定压力的 20%。

6.4 安全阀的流道面积(喉部面积)

指阀瓣进口端到关闭件密封面间流道的最小面积,可用来计算无任何阻力影响时的理论排量,及对应的流道直径 D_0 。

6.5 安全阀的排放面积

对于全启式安全阀,排放面积等于流道面积(A);对于微启式安全阀,排放面积等于帘面积(A_L)。

6.6 安全阀的排放压力

蒸汽用安全阀一般应小于或等于整定压力的 1.03 倍,水或其他液体应小于或等于整定压力的 1.20 倍。

6.7 安全阀的开启高度

当介质压力上升到本标准规定的排放压力的上限值前,开启高度应达到设计规定的最大值。一般弹簧直接作用式安全阀,全启式安全阀最大开启高度应不小于流道直径的 1/4,微启式安全阀最大开启高度应介于流道直径的 1/20~1/40 之间。

6.8 安全阀的理论排放量

理论排放量有多种方法计算(但其值差别不大),常用的为:

6.8.1 对于饱和蒸汽(最小干度为 98%,最大过热度为 10℃ 的蒸汽)

当排放压力为 0.1MPa~11MPa 时,有

$$W_t = 5.25A p_d \quad (\text{kg/h}) \quad (1)$$

$$p_d = 1.03 p_s + 0.1$$

当排放压力为 11MPa~22MPa 时,有

$$W_t = 5.25A p_d \left(\frac{27.644 p_d - 1000}{33.242 p_d - 1061} \right) \quad (\text{kg/h}) \quad (2)$$

6.8.2 对于过热蒸汽 (指过热度大于 10℃ 的蒸汽)

当排放压力为 0.1MPa~11MPa 时, 有

$$W_t = 5.25 A p_d K_{sh} \quad (\text{kg/h}) \quad (3)$$

当排放压力为 11MPa~22MPa 时, 有

$$W_t = 5.25 A p_d \left(\frac{27.644 p_d - 1000}{33.242 p_d - 1061} \right) K_{sh} \quad (\text{kg/h}) \quad (4)$$

6.8.3 对于用液体作为试验介质 (非黏性液体 $\mu \leq 0.02 \text{Pa} \cdot \text{s}$)

$$W_t = \frac{A \sqrt{\rho \Delta p}}{0.1964} \quad (\text{kg/h}) \quad (5)$$

$$\Delta p = p_d - p_b$$

式 (5) 仅适用于介质的雷诺数大于或等于 400 的情况, 否则应另作研究。

式 (1) ~ 式 (5) 中:

W_t ——理论排量, kg/h;

p_d ——实际排放压力 (绝对压力), MPa;

p_s ——安全阀的整定压力, MPa;

A ——流道面积, mm^2 ;

K_{sh} ——过热修正系数, 参见附录 A;

ρ ——密度, kg/m^3 ;

Δp ——压差, MPa;

p_b ——安全阀排放背压 (绝对压力), MPa。

6.8.4 对于用空气或其他气体作为试验介质

临界状态下 $\left[\text{即 } \frac{p_b}{p_d} \leq \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \right]$ 的理论排量:

$$W_t = 10 A p_d C \sqrt{\frac{M}{Z T}} = 0.9118 A C \sqrt{\frac{p_d}{v}} \quad (\text{kg/h}) \quad (6)$$

亚临界状态下 $\left[\text{即 } \frac{p_b}{p_d} > \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \right]$ 的理论排量:

$$W_t = 10 A p_d C K_b \sqrt{\frac{M}{Z T}} = 0.9118 A C K_b \sqrt{\frac{p_d}{v}} \quad (\text{kg/h}) \quad (7)$$

式 (6) ~ 式 (7) 中:

A ——流道面积, mm^2 ;

p_d ——实际排放压力 (绝对压力), MPa;

$$C = 3.984 \sqrt{\kappa \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1}}};$$

C ——绝热指数 κ 的函数, 即

p_s ——安全阀的整定压力, MPa;

M ——气体分子量, kg/kmol;

Z ——压缩系数, 在多数情况下 Z 为 1;

T ——实际排放温度, K;

v ——实际排放压力和排放温度下的比体积, m^3/kg ;

K_b ——亚临界流动状态下理论排量修正系数, 参见附录 B。

7 制造厂应进行的试验

7.1 安全阀制造厂家,应取得国家有权威的技术监督部门的审查和认证,具备相应的制造与试验能力,并取得制造许可。对安全阀试验的目的在于证实每台阀门是否可调整到适合其指定的运行条件,且能在规定的压力和温度下,不发生任何形式的泄漏。

7.2 所有试验装置、测量仪表及试验方法等,应符合 GB 12241 和 GB 12242 的要求。

7.3 试验项目:

7.3.1 水压强度试验

密闭阀座密封面,在入口侧腔体施加试验压力,该压力为安全阀公称压力的 1.5 倍。对于向空排放的安全阀或仅在排放时产生背压的安全阀,一般不需要在排放侧腔体部进行强度试验;对于全量型安全阀,当安全阀承受附加背压或安装于封闭的排放系统时,则应在排放侧腔体部位进行强度试验。试验压力为最大背压力的 1.5 倍。

7.3.1.1 水压强度试验介质一般用纯度适当的清水,水温在 $5^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间,阀腔内不应有残存的空气,保压期间应目测阀体各表面和连接处不得有泄漏、渗漏或出现任何残余变形。

7.3.1.2 水压强度试验的最短持续时间按表 3 的规定。

表 3 水压强度试验最短持续时间 min

阀门公称通径 DN mm	PN \leq 4MPa	4MPa<PN \leq 6.4MPa	PN>6.4MPa
	持续时间		
DN \leq 50	2	2	3
50<DN \leq 65	2	2	4
65<DN \leq 80	2	3	4
80<DN \leq 100	2	4	5
100<DN \leq 125	2	4	6
125<DN \leq 150	2	5	7
150<DN \leq 200	3	5	9
DN>200	3	6	11

7.3.2 安全阀的密封性试验

水压强度试验后应进行安全阀的密封性试验,常用介质为空气、蒸汽或水。

7.3.2.1 水压密封试验压力:对水或其他液体用的安全阀以及空气或其他气体用的安全阀,当整定压力小于或等于 0.3MPa 时,比整定压力低 0.03MPa;当整定压力大于 0.3MPa 时,为整定压力的 90%。安全阀在试验压力下无泄漏现象,即认为密封试验合格。

7.3.2.2 蒸汽密封试验压力:蒸汽用的安全阀用蒸汽作密封试验的压力为 90%整定压力或为回座压力最小值,取二者中较小值,用目视或听音的方法检查阀的出口端,如未发现泄漏现象,则认为密封合格。

7.3.2.3 空气密封性试验:用空气或其他气体作试验时,可在阀门的出口端加装盲板,其步骤如下:

a) 升高阀门入口压力,当达到安全阀铭牌标称整定压力的 90%以后,升压速度减慢(不超过 0.01MPa/s),观察并记录阀门的整定压力。

b) 降低阀门的入口压力,使阀门重新回到密闭状态,然后装上出口盲板(见图 1)。

c) 调节安全阀的入口压力并使之保持在密封试验压力,对于非金属弹性材料密封面的阀门,应无泄漏现象;对于金属密封面的阀门,观察和统计每分钟的气泡数,如从开始试验时起 5min 内(当阀门公称通径 DN \leq 80mm)或 10min 内(当阀门公称通径 DN>80mm)无气泡出现,则认为泄漏为零。如从第一个气泡出现两分钟内的气泡平均数小于或等于表 4 所列的数值,则为允许值。

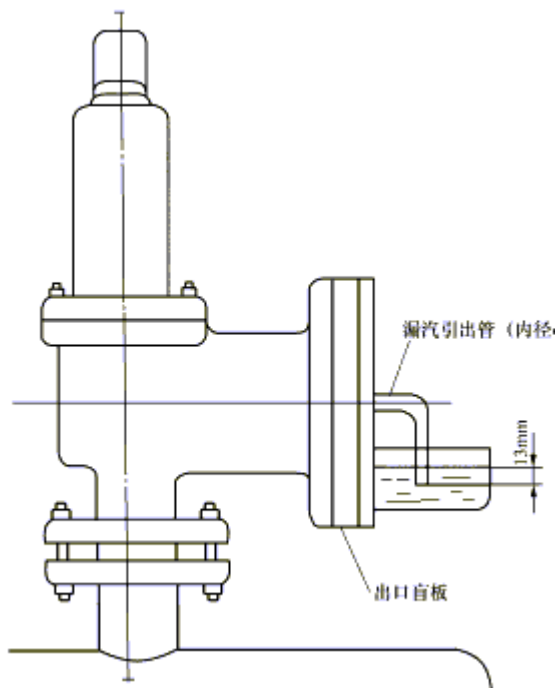


图 1 常温密封性能装置图

表 4 最大允许泄漏率

气泡数/min

安全阀类型	流通直径 mm	PN<10MPa	PN≥10MPa
一般安全阀	<20	40	60
	≥20	20	30
背压平衡安全阀	<20	50	75

7.3.3 安全阀动作性能试验

7.3.3.1 试验目的在于测定具体工作条件下，阀门动作前、排放中及关闭时的特性，例如：

- a) 整定压力；
- b) 回座压力；
- c) 启闭压差；
- d) 排放压力；
- e) 开启高度；
- f) 阀门动作的重复性；

g) 用目视或听觉确定阀门的机械特性，如回座能力是否良好、有无频跳、颤振、卡阻或有害的振动等。

7.3.3.2 试验用的安全阀应能代表所生产的各种压力和通径系列的产品。对每一通径的被试阀门，应采用三种有较大差别的弹簧进行试验，当需要对一个通径的阀门进行三种压力的试验时，可以在一台阀门上用三种有较大差别的弹簧来进行，也可以在三台同样通径的阀门上用三种有较大差别的整定压力来进行。为了确认其性能具有满意的重复性，每一试验应至少进行三次。

7.3.3.3 动作性能的允许偏差或极限值如下：

7.3.3.3.1 整定压力偏差见表 5 的规定。

表 5 整定压力偏差

设备名称	整定压力 (p_s) MPa	极限偏差 MPa
压力容器	$p_s \leq 0.7$	± 0.02

(包括高压加热器、除氧器、连排扩容器)	$0.7 < p_s$	$\pm 3\%$ 的整定压力
锅炉本体 (包括汽包、过热器、再热器)	$0.5 < p_s \leq 2.07$	
	$2.07 < p_s \leq 7.0$	± 0.07
	$7.0 < p_s$	$\pm 1\%$ 的整定压力

现场调试时,允许将安全阀或安全泄压阀上的弹簧重新调整,但重新整定的压力不得超出阀门铭牌上标记的整定压力范围的5%。

7.3.3.3.2 启闭压差:

a) 对于压差可调节的安全阀:为整定压力的4%~7%。

b) 对于启闭压差不可调节的安全阀:为整定压力的15%。

c) 对装于直流炉、压力容器(高压加热器、除氧器)和复合循环锅炉的再热器以及其他管道上的安全阀:不得超过整定压力的10%。

7.3.3.3.3 开启高度:开启高度不得小于阀门制造厂的设计值,并应用百分表或经过校准的其他测量仪表测量。测量开启高度时,阀门不允许有负偏差和频跳、颤振、卡阻或其他的振动现象。

7.3.4 安全阀排放量测定试验

7.3.4.1 用于试验的阀门应是与作用试验相同的阀门,同一型式、尺寸和整定压力的每组阀门,应取平均排放量的90%作为该组阀门的额定排放量。

7.3.4.2 当使用三种不同通径,但几何形状相似的样机进行排量系数测定时,若所用通径与进行动作性能试验时不尽相同,则其中至少应有一种阀门的动作性能是通过试验得到验证的。

7.3.4.3 在进行上述排放量试验中,也可以与动作性能试验同时进行,重复三次。设计和使用的试验设备应能保证试验测定的实际排量的误差在 $\pm 3\%$ 范围内,所测数据都应在平均值的 $\pm 5\%$ 范围内。

7.3.4.4 在试验进行中,禁止对阀门作任何调节,当试验工况有变动和偏差时,应给予足够的时间使流量、温度和压力达到稳定之后再读取测量值。

7.3.4.5 试验记录包括对试验项目的观察、测量、仪表读数和仪表校准记录等,由进行试验的机构保存备查。

7.3.4.6 安全阀实测排放量(W_1)的计算。

安全阀实测排放量应是通过安全阀的全部介质流量,随实验装置和测量方法不同,需注意以下条件:

a) 当采用节流孔板测定流量时,节流孔板进口处实测流量按式(8)计算:

$$W_1' = \frac{\pi}{4} d^2 a \xi \sqrt{2 \Delta p / v_1} \times 3600$$

(8)

式中:

W_1' ——节流装置进口处实测流量, kg/h;

d ——工作状态下节流孔板的直径, mm;

a ——节流孔板的流量系数;

ξ ——介质膨胀校正系数;

Δp ——节流孔板前后压差, Pa;

v_1 ——通过节流孔板介质的比体积, m^3/kg 。

b) 当介质为蒸汽时,应将流量校正到节流孔板前的干饱和状态:

$$W_1 = W_1' \sqrt{\frac{v_1}{v_{01}}}$$

(

9)

式中:

W_1 ——节流孔板前为干饱和状态时的实测流量, kg/h;

v_{01} ——节流孔板前干饱和蒸汽比体积, m^3/kg 。

c) 当采用流量计在试验阀入口侧测量排量时,如图 2 所示的试验系统(背压为大气压),应从流量计实测流量(W_1)中扣除在流量计中和试验阀之间的管道和容器中冷凝下来的介质质量(W_a)以及经由测量蒸汽湿度的热量计所排出的介质质量(W_{r1} 、 W_{r2}):

$$W_1' = W_1 - W_a - W_{r1} - W_{r2} \quad (10)$$

10)

式中:

W_1' ——安全阀实际排量, kg/h;

W_1 ——流量计实际排量, kg/h;

W_a ——管道或试验容器中冷凝的介质质量, kg/h;

W_{r1} ——流量计处热量计流量(校正到流量计前干饱和状态), kg/h;

W_{r2} ——安全阀出口处热量计流量(校正到阀门前干饱和状态), kg/h。

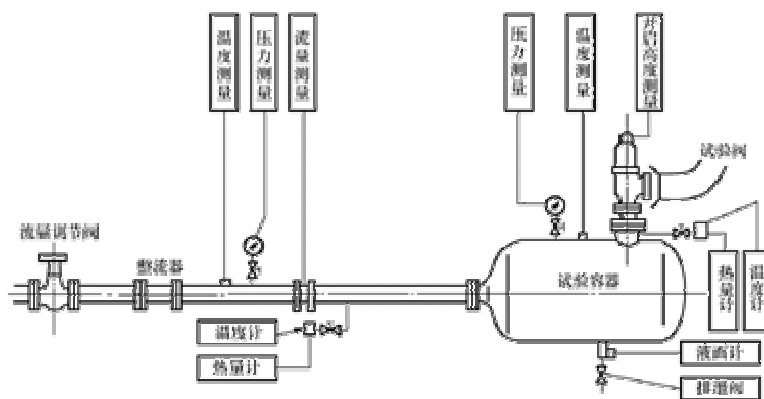


图 2 流量计测量的蒸汽试验系统图

d) 当采用称量冷凝液法测量排量时,应从收集到冷凝液总量中扣除循环冷却水漏入冷凝器的水量(由冷凝器泄漏试验确定)并加上经由安全阀阀盖和排放管道泄漏的介质质量,同时将安全阀实际排量校正到阀入口的干饱和状态,即:

$$W_1 = W_1' \sqrt{\frac{v}{v_0}} \quad (1)$$

1)

式中:

W_1 ——安全阀入口为干饱和状态时的实际排量, kg/h;

v ——安全阀入口蒸汽比体积, m^3/kg ;

v_0 ——安全阀入口干蒸汽比体积, m^3/kg 。

对液体介质,则可采用在安全阀出口用称量法测量其实际排量。

对排量试验应观测的项目以及用空气或其他气体作试验介质和背压高于大气压力的试验系统详见 GB/T 12242 的规定。

7.3.5 安全阀排量系数的确定

7.3.5.1 排量系数 K_d 的确定:

$$K_d = \frac{W_1'}{W_t} \quad (12)$$

式中:

W_1' ——试验所得实际排量;

W_t ——计算所得理论排量。

7.3.5.2 额定排放量 W_r 应是实测排量中允许作为安全阀应用基准的那一部分,且应不大于实测排量的 90%。

7.3.5.3 安全阀一定要有实测的排量系数,一般蒸汽用安全阀可用蒸汽试验,用于过热蒸汽时,再乘以修正系数,而且每隔 2 年~3 年要重新复查,排量系数也是安全阀取得许可证的必不可少的数据。

8 安全阀的现场校验与调整

8.1 安全阀的现场校验。

8.1.1 锅炉安装和大修完毕及安全阀经检修后,都应校验安全阀的整定压力。

8.1.2 带电磁力或其他辅助操作机构的安全阀,除进行机械校验外,还应做电气回路的远方操作试验及自动回路压力继电器的操作试验。

8.2 电站安全阀的现场校验方法一般采用在线热态校验,可分为用专门仪器(安全阀在线定压仪)校验和升压实跳校验。升压实跳校验由于工作环境恶劣,起跳次数多,会带来密封面的损坏、噪声污染和校验时的安全性等问题。

8.2.1 纯机械弹簧式安全阀及碟形弹簧安全阀可使用安全阀在线定压仪进行校验调整。校验调整可以在机组启动或带负荷运行的过程中(一般在 60%~80%额定压力下)进行。

8.2.2 首次经安全阀在线定压仪调整后的安全阀,应对最低起跳值的安全阀进行实际起跳复核,经复核,误差值在表 5 规定的整定压力偏差以内时,其他使用安全阀在线定压仪校验的安全阀可不必做实跳试验。

8.2.3 使用的安全阀在线定压仪应保证与实跳值的误差在允许的范围内,并具有数据自动记录和处理功能,避免人为判断因素带来的误差。安全阀定压仪与被测安全阀应具有一定的安全距离。

8.2.4 安全阀在线定压仪所配的压力传感器和力值传感器应定期校验。

8.3 在役电站锅炉安全阀每年至少应校验一次。每一个小修周期应进行检查,必要时应进行校验或排放试验。各类压力容器的安全阀每年应至少进行一次排放试验或在线校验。

8.4 安全阀一经校验合格就应加锁或加铅封,并在锅炉技术登录簿或压力容器技术档案中记录。

9 安全阀的安装和其他要求

9.1 安全阀应按制造厂提供的安装使用说明书进行安装。

9.2 安全阀应垂直安装,并尽可能靠近被保护的系统使其进口支管短而直。当安全阀装于一个进口支管上时,该支管的通道最小截面积应不小于安全阀进口截面积,同时进口支管中的压降应不超过整定压力的 3%或最大允许启闭压差的 1/3,在安全阀与汽包、集箱之间不得装有阀门或取用蒸汽的引出管。

9.3 如果几个安全阀同时装设在一个与汽包或联箱直通的总管上时,则此管流通截面积应大于与其相连的所有安全阀最小流通截面积总和的 1.25 倍。

9.4 安全阀应装设通到室外的排汽管,排汽管及其附件(包括消声器)不能影响该安全阀的正确动作;排汽管底部以及有可能产生凝结水情况的管道最低点(包括阀体)应装有疏水管(应安全接地)或有效的疏水装置。在排汽管和疏水管上不允许装设阀门。

每只安全阀最好有单独的排汽管,并且应当尽可能短,以避免对安全阀和管道产生过大的应力。如果必须装设排汽总管,其尺寸不得使所产生的背压超过制造厂推荐的数值,同时还应有条件进行检查和清洗。

排汽管的固定方式在任何时候都必须保持正确的位置,避免由于热膨胀或排汽反作用力而影响安全阀正确动作。无论冷态或热态都不得有任何来自排汽管的外力施加到安全阀上,排汽管本身需要有足够的强度。安全阀排汽管的热膨胀以及反作用力的计算可参照 ASME B31.1。

若安全阀的排放管与有压力的容器或管网相连,则安全阀的调整和尺寸选择必须保证即使在最高背压下(一般为后接容器或管网压力的 1.1 倍)也能及时地开始排汽和达到要求的排量(在这种情况下,制造厂应给出在保证安全阀正常工作和达到规定排量下的排放背压与进口压力的极限比值)。

9.5 对动力控制安全阀,在控制回路中的管道应尽可能短些,布置应有利于管道内介质的流动,必须防止控制管路中积聚凝结水及控制管路的结冻,管道应有 15%的倾斜度,以排除凝结水。

脉冲式安全阀接入冲量的导管应保温,导管上的阀门全开后,以及脉冲管上的疏水开度经调整后,都应有防止误开(闭)的措施,导管内径不得小于 15mm。

压缩空气控制的气室式安全阀必须配有可靠的除油、除湿供气系统及可靠的控制电源,确保正常连续地供给压缩空气。

9.6 在寒冷地区,对安全阀的阀体、管道和消声器等应采取防冻措施。

9.7 杠杆式安全阀上应各有防止重锤自行移动的装置和限制杠杆越位的导架,弹簧式安全阀要有防止随便拧动调整螺丝的装置。

9.8 安全阀应有防止人员烫伤的防护装置。

9.9 安全阀的制造厂应提供其主要零部件的材料清单及必要的备件,包括:

a) 阀体、阀座(喷嘴)、阀瓣、阀瓣座(或反冲盘)、导向套、弹簧、阀杆、调节圈、调整螺杆等材料清单及易损件备品。

b) 调整阀瓣的提升扳手,及其对外部调节机构(如调节整定压力的调整螺杆以及调节超过压力和启闭压差的调节圈等)进行封锁的手段等。

9.10 安全阀所用的关键备件,应由原制造厂提供[包括喷嘴(阀座)、阀瓣、阀瓣座、阀芯、异向套、阀杆、调节圈和弹簧等]。

10 安全阀的标志、铭牌

10.1 安全阀阀体上的标志至少应有下列内容:

- a) 公称通径(DN);
- b) 公称压力, MPa;
- c) 阀体材料代号;
- d) 制造厂名或商标;
- e) 指明介质流动方向的箭头。

10.2 安全阀铭牌至少应有下列内容:

- a) 产品型号;
- b) 公称通径, mm;
- c) 整定压力, MPa;
- d) 启闭压差, %;
- e) 工作温度(阀门设计的极限工作温度), °C;
- f) 标明基准流体(空气用 G、蒸汽用 S、水用 L 表示)的额定排量或额定排量系数, kg/h (%);
- g) 排放面积或流道直径, mm² (mm);
- h) 开启高度(升程), mm;
- i) 制造厂名;
- j) 制造日期;
- k) 出厂编号。



附 录 A
(资料性附录)
过 热 修 正 系 数 K_{sh}

过热修正系数见表 A.1。

表 A.1 过热修正系数 K_{sh}

绝对 压力 MPa	饱和 温度 ℃	进 口 温 度 ℃																	
		200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370
		过热修正系数 K_{sh}																	
0.4	144	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.86	0.85	0.84
0.5	152	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86	0.85	0.84
0.6	159	0.99	0.98	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86	0.85	0.84
0.7	165	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.90	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86	0.85	0.84
0.8	170	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85
0.9	175	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85
1.0	180	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85
1.1	184	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.90	0.89	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85
1.2	188	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.90	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85
1.3	192	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.86	0.85
1.4	195	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.86	0.85
1.5	199	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.86	0.85
1.6	201	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85
1.7	204		1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85
1.8	207		1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85
1.9	210		1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85
2.0	212			1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85
2.1	215			1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85
2.2	217			1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85
2.3	220			1.00	0.99	0.99	0.97	0.96	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85
2.4	222				1.00	0.99	0.98	0.96	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85
2.6	226				1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86
2.8	230				1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86
3.0	234					0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86
3.2	237					1.00	0.99	0.98	0.96	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86
3.4	241					1.00	0.99	0.98	0.96	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86
3.6	244						1.00	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.88	0.87	0.86
3.8	247						1.00	0.99	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.90	0.88	0.87	0.87
4.0	250						1.00	0.99	0.98	1.00	0.95	0.94	0.93	0.92	0.90	0.90	0.89	0.88	0.87
4.2	253							0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87
4.4	258							0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87
4.6	259							1.00	0.99	0.97	0.96	0.95	0.94	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87
4.8	261							1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89	0.88	0.87
5.0	264								0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87



5.2	266								0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88
5.4	289								1.00	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88
5.6	271								1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88

表 A.1 (续)

绝对 压力 MPa	饱和 温度 ℃	进 口 温 度 ℃																			
		380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570
		过热修正系数 K_{sh}																			
0.4	144	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73	0.73
0.5	152	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.73
0.6	159	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.73
0.7	165	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.74	0.73
0.8	170	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73
0.9	175	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73
1.0	180	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73
1.1	184	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73
1.2	188	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73
1.3	192	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73
1.4	195	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
1.5	199	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
1.6	201	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
1.7	204	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
1.8	207	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
1.9	210	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
2.0	212	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
2.1	215	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.82	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
2.2	217	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
2.3	220	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
2.4	222	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
2.6	226	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
2.8	230	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.73
3.0	234	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.73
3.2	237	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.79	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74
3.4	241	0.85	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74
3.6	244	0.86	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74
3.8	247	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74
4.0	250	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74
4.2	253	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74
4.4	258	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74
4.6	259	0.86	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74
4.8	261	0.86	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74
5.0	264	0.87	0.88	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74

[illegible]



21.0	370																				1.00
21.5	372																				
22.0	374																				

表 A.1 (续)

绝对 压力 MPa	饱和 温度 ℃	进 口 温 度 ℃																			
		380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570
		过热修正系数 K_{sh}																			
5.8	273	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74
6.0	276	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74
6.2	278	0.88	0.87	0.88	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74
6.4	280	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74
6.6	282	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74
6.8	284	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74
7.0	286	0.88	0.87	0.86	0.86	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74
7.5	290	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75
8.0	295	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75
8.5	299	0.89	0.88	0.87	0.88	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75
9.0	303	0.90	0.89	0.88	0.88	0.88	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.76
9.5	307	0.90	0.89	0.88	0.87	0.88	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75
10.0	311	0.90	0.90	0.88	0.87	0.88	0.85	0.85	0.84	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75
10.5	314	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75
11.0	318	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75
11.5	321	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.74
12.0	324	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74
12.5	327	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74
13.0	331	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74
13.5	333	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74
14.0	336	0.93	0.91	1.00	0.88	0.87	0.86	0.85	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75	0.73
14.5	339	0.94	0.92	0.90	0.88	0.87	0.86	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74
15.0	342	0.94	0.92	0.90	0.88	0.87	0.86	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.73
15.5	344	0.94	0.92	0.90	0.88	0.87	0.88	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
16.0	347	0.95	0.92	0.90	0.88	0.87	0.86	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73
16.5	350	0.95	0.92	0.90	0.88	0.87	0.86	0.84	0.83	0.82	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73	0.72
17.0	352	0.95	0.92	0.90	0.88	0.88	0.88	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72
17.5	354	0.94	0.93	0.90	0.88	0.88	0.88	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73	0.72	0.72
18.0	357	0.94	0.93	0.90	0.88	0.88	0.85	0.83	0.82	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72	0.71
18.5	359	0.94	0.93	0.90	0.88	0.86	0.84	0.83	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73	0.72	0.71	0.71
19.0	361	0.94	0.93	0.90	0.88	0.86	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72	0.71	0.70
19.5	364	0.94	0.92	0.90	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.79	0.79	0.77	0.76	0.76	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	0.70
20.0	366	0.93	0.92	0.90	0.87	0.85	0.83	0.81	0.80	0.79	0.78	0.76	0.76	0.74	0.74	0.73	0.72	0.72	0.70	0.70	0.69
20.5	368	0.93	0.92	0.90	0.87	0.85	0.82	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70	0.69	0.68

21.0	370	0.93	0.91	0.90	0.87	0.84	0.82	0.80	0.79	0.78	0.76	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.70	0.69	0.68	0.68
21.5	372	0.91	0.91	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80	0.78	0.77	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70	0.68	0.68	0.67	0.67
22.0	374	0.94	0.90	0.89	0.86	0.83	0.81	0.79	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66

附录 B

(资料性附录)

亚临界流动下的理论排量修正系数 K_b

亚临界流动下的理论排量修正系数见表 B.1。

表 B.1 亚临界流动下的理论排量修正系数 K_b

[illegible]