

电站锅炉安全阀 的使用和维护

李培华 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电站锅炉安全阀 的使用和维护

李培华 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共分五章,分别介绍了安全阀基础知识、设计与制造、选型与安装、使用管理、日常检修与维护等方面的内容,重点介绍了安全阀选型与安装中的注意事项、安全阀在使用过程中的校验与整定的原理和方法,以及安全阀的维护与检修工艺等,附录收录了部分安全阀使用与维护的法律法规,以供读者参考。

本书可作为电力工业锅炉集控运行人员与检修维护人员的学习资料使用,也可作为安全阀校验、检修人员的培训教材使用,对于非电力工业锅炉的运行与维护人员,以及其他用途安全阀的技术人员,也有一定的参考意义。

图书在版编目(CIP)数据

电站锅炉安全阀的使用和维护/李培华编. —北京:中国电力出版社, 2012.9

ISBN 978-7-5123-3512-7

I. ①电… II. ①李… III. ①火电厂-锅炉-安全阀-基本知识 IV. ①TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 224680 号



中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京市同江印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.375 印张 151 千字 1 插页
印数 0001—3000 册 定价 20.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

安全阀是工业锅炉上的重要保护设备，也广泛应用于其他设备与系统，对机组事故状态下的安全保护有着重要的意义。但安全阀的检修和维护对于整个锅炉系统设备来说，又显得微不足道，不能引起足够的重视。

随着我国电力生产的发展和装备水平的提高，一方面使电厂的管理走向现代化，新建的电厂基本上均实行点检定修制，仅设立设备检修管理人员或点检员，不再配备检修维护队伍。这样就减少了技术管理人员参与设备检修的机会。另一方面，引进型的机组与进口的设备较为普遍，大容量、高参数机组的投运，以及新工艺、新材料的广泛应用，对技术管理人员提出了更高的素质要求。

电厂的技术管理人员因对具体的检修作业从事较少，加之在专业方面又有偏向，如果要想了解一些设备的结构，学习某些设备的维护与检修工艺，除参与设备的解体与检修外，阅读一些理论与实践相结合的培训教材，就显得格外重要和迫切。

针对上述因素，从安全阀的使用、管理与维护出发，结合作者对安全阀的使用、管理与检修的多年经验，编写此书，以期能对电力工业锅炉的运行、检修与维护人

员有所帮助。

本书在写作过程中，得到了大唐淮北发电厂锅炉分场技术管理人员、克罗斯比（CROSBY）阀门公司北京办事处、德莱塞（DRESSER）工业公司北京办事处与华能巢湖发电有限公司领导的大力支持，在此表示感谢。

对于书中的不足之处，恳请广大读者与专家给予批评指正。

李培华

2012年9月

目 录

前言

第一章 安全阀基础知识	1
第一节 安全阀在火电厂中的应用情况	1
第二节 安全阀常用术语	5
第三节 安全阀的分类	8
第四节 安全阀工作性能的基本要求	11
第五节 安全阀的启闭过程	15
第六节 安全阀型号表示方法	21
第二章 高温高压弹簧安全阀的设计与制造	27
第一节 安全阀排放能力与迅速开启能力的设计	27
第二节 安全阀密封副的设计与制造	29
第三节 安全阀弹簧的设计与制造	31
第四节 安全阀部件材质的选择	33
第五节 安全阀出厂前的检验与整定	42
第三章 安全阀的选型与安装	44
第一节 安全阀公称压力与压力级	44
第二节 安全阀公称通径、排量与数量的选取	47
第三节 安全阀选用与安装时的注意事项	53
第四章 安全阀的使用管理	59
第一节 安全阀的技术档案与检修记录	60
第二节 安全阀的整定校验与放汽实验	63
第三节 安全阀校验整定时的注意事项	78
第四节 液压助跳整定安全阀时的技术分析	81

第五节	安全阀使用与维护中的其他事项	96
第五章	安全阀的检修与维护	100
第一节	收集原始数据	101
第二节	解体时弹簧压缩量的保持与释放	105
第三节	阀杆的检验与弯曲校正	110
第四节	支撑球面和支撑带及其研磨	114
第五节	组装时的润滑与保护	118
第六节	阀瓣的晃动度	119
第七节	密封面的检查、研磨与堆焊	122
附录一	DL/T 959—2005 电站锅炉安全阀	
	应用导则	132
附录二	GB/T 12243—2005 弹簧直接载荷	
	式安全阀	155
附录三	DL 612—1996 电力工业锅炉压力容	
	器监察规程（节录）	168
附录四	GB/T 12241—2005 安全阀一般要	
	求（节录）	173
附录五	TSG ZF002—2005 安全阀维修人员	
	考核大纲	176
附录六	某发电公司×号炉检修后安全阀液压	
	助跳整定试验方案	181
附录七	某电厂安全阀检修作业指导书	189
	参考文献	197

第一章

安全阀基础知识

第一节 安全阀在火电厂中的应用情况

在现代化的大容量、高参数的发电厂，安全阀被广泛应用于锅炉、压力容器等设备上。按照 DL/T 959—2005《电站锅炉安全阀应用导则》规定，“每台锅炉至少应安装两台安全阀”，“锅炉气包和过热器上所有的安装阀的排放量总和应大于锅炉连续蒸发量，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%”。比如 HG1900/25.4-YM7 型锅炉上主蒸汽系统共使用 6 个、总排量为 1706t/h 的高温高压蒸汽安全阀，再热器上共使用 8 个、总排量约 2262t/h 的高温高压安全阀。表 1-1 为哈尔滨锅炉厂、上海锅炉厂及东方锅炉厂三大锅炉厂家生产的 2000t/h 级锅炉上安全阀的安装配置情况。

表 1-1 国内三大锅炉厂家三种典型电力锅炉
安全阀的安装选用情况

锅炉型号	安装位置	生产厂家 或产品 系列	型号	数量	理论 排量 (kt/h)	备 注
HG1900/ 25.4- YM7 (哈 尔滨锅 炉厂)	过热器出 口联箱	美国 CROSBY 公司	HCA	3×2	总计约 1706	两侧对称 布置整定 压力递增
	再热器出 口联箱	美国 CROSBY 公司	HCI	4×2	总计约 2262.6	
SG2090/ 25.4- M975 (上海锅 炉厂)	炉顶部过 热器进口 联箱连接 管道	美国 DRESSER CONSOLIDATED	1753WD	2×2	387×4 =1548	两侧对称 布置整定 压力相同
	过热器出 口联箱	美国 DRESSER CONSOLIDATED	1743WF	1×2	307×2 =614	

续表

锅炉型号	安装位置	生产厂家 或产品 系列	型号	数量	理论 排量 (kt/h)	备 注
SG2090/ 25.4- M975 (上海锅 炉厂)	再热器进 口联箱	美国 DRESSER CONSOLIDATED	1705 RRWB	2×2	约 1217	两侧对称 布置整定 压力递增
	再热器出 口联箱	美国 DRESSER CONSOLIDATED	1785WF	2×2	约 662	
DG1900/ 25.4- II 1 (东 方锅炉 厂)	过热器出 口联箱	美国 CROSBY 公司	HCA	1×2	约 567	两侧对称 布置整定 压力相同
	屏式过 热器出 口联箱	美国 CROSBY 公司	HCA	2×2	约 1175	
	低温再 热器进 口联箱	美国 CROSBY 公司	HCI	2×3	约 1295	两侧对称 布置整定 压力略同
	高温再 热器出 口联箱	美国 CROSBY 公司	HCI	1×2	约 407	

此外，在汽轮机侧高压加热器上也使用一定数量的高温高压安全阀。在辅助系统，如辅汽联箱、启动锅炉系统等，也都使用一定数量的中、低压安全阀。

对于安全阀的选型、安装数量、安装位置及开启压力的整定，国家标准（以下简称国标）与电力行业相关标准（以下简称行标）均有详细的描述和规定。随着引进型与进口型高参数、大容量锅炉的生产、安装与使用，一些国外的相关标准，如《ISO4216 安全阀》（国际标准）、《ASME 锅炉及压力容器规范》（美国机械工程师协会标准）、《JIS B8210 蒸汽及气体

用弹簧安全阀》(日本工业标准)等也被引用,使目前对锅炉安全阀的使用要求复杂化。但安全阀的重要作用不但没有被淡化,而且日益显得更加重要。

安全阀之所以重要,与安全阀的作用是分不开的。安全阀是一种超压保护设备,安装在锅炉、压力容器、管道等系统之上。当阀前的系统介质压力超过安全阀整定的压力时,安全阀要准确地开启,及时地排放一定的介质,使系统压力下降。这对于设备与系统的安全保护是非常重要的,特别是锅炉等设备,当运行中的锅炉在汽轮机打闸后,即使燃料供给即时地切断,炉膛内的蓄热量能使锅炉热力系统的压力急剧地上升,使安全阀迅速地打开,否则,将造成锅炉的严重超压。当阀前系统中介质的压力降低到一定数值,达到安全阀回座的压力时,安全阀又能适时地关闭,停止介质的泄放,这有利于阀前热力系统内介质压力的恢复,并减少工质与能量损失。

鉴于安全阀的上述重要作用,本着简单、可靠的选用原则,同时从维修方便和价格适中等方面的因素考虑,电力工业热力系统上选用的安全阀绝大部分都是弹簧直接荷载式安全阀。本书主要介绍高温高压弹簧直接荷载式安全阀。

图 1-1 所示是典型的弹簧直接荷载式安全阀的外形图。

结合图 1-1 对安全阀的工作原理进行描述:安全阀的上阀瓣是依靠安全阀弹簧的作用力压紧在下阀瓣上的。当阀前系统内工质压力处于安全阀整定的安全压力范围内时,阀前系统介质对安全阀上阀瓣的作用力小于安全阀弹簧通过阀杆对上阀瓣的压力,上阀瓣被压紧在阀座上。同时,下阀座与上阀瓣之间存在着作用力与反作用力,多余的弹簧作用力由阀门下阀座对上阀瓣的反作用力给平衡掉,使上阀瓣达到一种力的平衡状

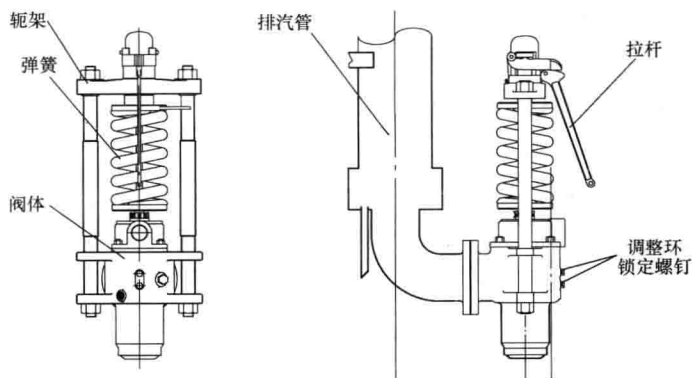


图 1-1 弹簧直接荷载式安全阀

态。上阀瓣与下阀座之间的作用力的存在，也给安全阀提供了密封比压，使安全阀不致泄漏。当阀前系统内部的压力逐渐升高，接近并超过安全阀整定的压力时，安全阀弹簧对阀瓣的作用力就会被热力系统介质对安全阀阀瓣的反向作用力平衡掉，使安全阀由密封到预泄漏，并逐渐发展到开启，最后将上阀瓣推离开下阀座，从而使安全阀完全打开，进入泄放状态。当系统内压力因介质的排放而下降时，作用于安全阀上阀瓣上的介质作用力也随着下降，弹簧对阀瓣的作用力在克服了介质对阀瓣的作用力后，使阀瓣下落，上阀瓣和下阀座接触，阀门重新关闭。

上述描述只是一个简单的描述，安全阀的详细工作原理，如两段作用的原理、启闭压差的大小、开启高度、超过压力大小等，将在以后的章节内进行详细描述。

性能良好的安全阀在阀前系统压力没有达到安全阀整定压力时不泄漏或预泄漏较小，在阀前系统压力达到安全阀回座压力后，安全阀能及时回座并关闭严密。其他性能指标，如动作准确性偏差、启闭压差、开启高度等要符合相关标准（如

DL/T 959—2005《电站锅炉安全阀应用导则》、GB/T 12243—2005《弹簧直接荷载式安全阀》、DL 612—1996《电力工业锅炉压力容器监察规程》等)的要求,同时还有相关机械性能方面的要求等。

第二节 安全阀常用术语

依据 DL/T 959—2005、JB/T 9624—1999《电站安全阀技术条件》等,安全阀常用的部分术语定义如下:

(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。

(2) 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,能看到或听到有介质连续排出,又称开启压力、起座压力,用 p_s 表示。

(3) 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。

(4) 超过压力(over pressure)。排放压力与整定压力之差,用 p_c 表示。

(5) 回座压力(reseating pressure)。安全阀开启后,随着系统压力的降低,阀瓣与阀座重新接触,阀门的开启高度为零,介质停止连续流出时的安全阀入口处的静压力,用 p_r 表示。

(6) 启闭压差(blow down)。安全阀整定压力与回座压力

的差值,用 Δp_{bl} 表示,通常用该值与整定压力之比的百分数表示,简称回座比。

(7) 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%,取两者的最大值),用 p_m 表示。

(8) 背压(back pressure)。用 p_b 表示,分两种情况:

1) 排放背压(built-up back pressure)。安全阀排放时,由于排汽侧受阻,在安全阀出口侧建立起来的压力,用 p_{bl} 表示。

2) 附加背压(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。

(9) 设计压力(design pressure)。系统设计要求的安全阀理论值,如设计整定压力、设计回座压力等。

(10) 机械特性(mechanical properties)。包括以下内容:

1) 频跳(chatter)。安全阀动作过程中,阀瓣迅速异常地来回运动,阀瓣密封面和阀座密封面有互相接触的瞬间。

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

3) 卡阻(sticking)。指安全阀的活动部件,在运动中所产生的卡涩现象。

(11) 流道面积(flow area)。指安全阀入口端至阀座密封面间流道的最小截面积,又称喉部面积,用 A 表示。在无任何排放阻力时,该面积可用来计算安全阀理论排量。

(12) 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。对于全启式安全阀,其排放面积等于该阀的流道面积;对于微启式安全阀,其排放面积为阀瓣开启高度与该处流道内径圆周所形成的一个圆柱或圆锥形的通道面积,即帘面积。

(13) 帘面积(curtain area)。当安全阀全开, 即阀瓣开启达到全行程时, 在其密封面之间形成的圆柱形或圆锥形通道面积, 用 A_L 表示。

(14) 喉部直径(throat diameter)。由阀门入口到阀座密封面之间最狭窄部位的直径, 即流道面积所对应的直径, 用 d_t 表示。

(15) 理论排放量(theoretical flow capacity)。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, 用 W_t 表示。

(16) 实测排放量(measured flow capacity)。通过实际实验测定出的排量, 用 W_{ts} 表示。

(17) 额定排放量(rated relieving capacity)。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, 用 W_r 表示。

(18) 当量计算排量(equivalent flow capacity)。指压力、温度、蒸汽性质等条件与额定排量的适用条件不同时的安全阀计算排量, 用 W_e 表示。

(19) 排放量系数(discharge coefficient)。实测流量 W_{ts} 与理论排放量 W_t 之比值, 用 K_d 表示(即 $K_d = W_{ts}/W_t$)。

(20) 开启高度(lift)。指安全阀阀瓣离开关闭位置的轴向实际行程, 用 h 表示。

(21) 公称通径。用 DN 和一个数字表示, 是表示与管路系统中与通径有关的一个数, 是一个圆整的数值, 仅有供参考意义, 对阀门的系列划分有用。我国一般用毫米(mm)来表示公称通径。对于安全阀来说, 公称直径指的是安全阀进口法兰(或喉径)处的大概数值, 且该数值经过圆整处理。通过公称直径将安全阀划分为不同系列。对于全启式安全阀, 进口通径一般小于出口通径。如 DN50, 表示通径为 50mm 系列。

(22) 公称压力。用 PN 和一个数字表示, 是表示与压力有关的代号, 是一个供参考用的圆整数, 单位是 MPa, 如 PN16 表示该阀的公称压力为 1.6MPa。对于安全阀来说, 选用的安全阀进口处的阀体所能承受的最高压力不能高于公称压力(安全阀出口处的阀体材料等级要比进口处低得多)。

第三节 安全阀的分类

鉴于安全阀的结构、种类较多, 使用范围广泛, 大致可以从以下角度对其进行粗略的分类。

1. 按公称压力分

在安全阀的铭牌上一般都写有该安全阀的工作压力或公称压力, 按该压力对安全阀进行分类如下:

(1) 低压安全阀。铭牌上的公称压力小于 1.6MPa 的安全阀。

(2) 中压安全阀。铭牌上的公称压力在 1.6~6.4MPa 之间的安全阀。

(3) 高压安全阀。铭牌上的公称压力在 6.4~80.0MPa 之间的安全阀。

(4) 超高压安全阀。铭牌上的公称压力大于 80.0MPa 的安全阀。

2. 按连接方式分

按安全阀与管道或压力容器的连接方式, 对安全阀分类如下:

(1) 法兰连接安全阀。安全阀的进口与管道的连接采用法兰连接的方式。

(2) 焊接连接安全阀。安全阀的进口与管道的连接采用焊接连接的方式。

(3) 螺纹连接安全阀。安全阀的进口与管道的连接采用螺纹连接的方式。

3. 按安全阀的开启高度分

安全阀的开启高度是指安全阀全启时上阀瓣离开下阀座密封面的高度。根据开启高度的不同,可以将安全阀分为全启式安全阀、微启式安全阀及中启式安全阀。

(1) 全启式安全阀。这种安全阀全启时的开启高度大于 $1/4$ 流道喉径 d_t , 这时安全阀的排放能力仅取决于该阀流道的最小截面积的大小。这种安全阀的动作过程属于两段作用式, 开启过程中, 要借助于一个升力机构以达到全启。这种安全阀主要用于气体介质, 如电厂锅炉蒸汽系统所使用的安全阀。

(2) 微启式安全阀。微启式安全阀主要有两种, 一种是开启高度大于或等于流道直径的 $1/40$, 另一种是开启高度大于或等于流道直径的 $1/20$ 。

(3) 中启式安全阀。全开时, 其开启高度介于上述两种安全阀的开启高度之间。此类安全阀使用较少。

微启式与中启式的安全阀在全开时的开启高度均小于安全阀流道直径的 $1/20$ 。当安全阀全开时的开启高度小于 $1/4$ 流道喉径时, 该安全阀的排放能力取决于该开启高度与下阀座喷口圆周所形成的一个圆台的帘面积。所以, 微启式安全阀与中启式安全阀的排放能力较小, 适用于液体介质等对排量要求不高的场所, 而对于要求排量较大的气体介质, 可选用开启高度较大的全启式安全阀。

4. 按安全阀的使用温度分

(1) 低温安全阀 (超低温安全阀)。使用于介质温度小于 -40°C 的安全阀。

(2) 常温安全阀。使用于介质温度在 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$ 范围内的安全阀。

(3) 中温安全阀。使用于介质温度在 $120\sim 450^{\circ}\text{C}$ 范围内的安全阀。

(4) 高温安全阀。使用于介质温度高于 450°C 的安全阀。

电厂锅炉上所使用的一般均为高温安全阀。

5. 按安全阀系统排放介质的方式分

(1) 全封闭式安全阀。该类安全阀对所排放的介质进行回收，主要用于有毒、可燃等介质。

(2) 开放式安全阀。该类安全阀对于所排放的介质不进行回收，阀门排放腔室与大气相通。在排放时，该类安全阀的结构有利于介质的及时排放，以免形成较高的背压，影响安全阀的排放；同时，介质的及时排放，也有利于阀门降温。

(3) 半封闭式安全阀。该类安全阀对介质进行部分回收。

6. 按介质对安全阀的作用原理分

(1) 直接作用式安全阀。工作介质直接作用于安全阀上，当介质对安全阀产生的直接作用力超过作用于安全阀上的弹簧或重锤的作用力时，该安全阀开启。这类安全阀的优点是结构简单、动作及时迅速、可靠性能高等，因此在火力发电厂及其他场合得到了广泛的应用。其不足点是其密封比压取决于安全阀上弹簧或重锤施加的机械作用力与介质作用力的差值，当介质压力接近于机械作用力时，密封比压就变得非常小，容易使安全阀出现渗漏。

(2) 非直接作用式安全阀。这类安全阀又可分为先导式安全阀及带辅助动力作用式安全阀等种类。先导式安全阀依靠从导阀排放过来的介质来进行驱动主阀进行动作，导阀可以是一个直接作用式安全阀，也可以是一个电磁泄放阀，也可以是两者共同作用，以提高导阀的可靠性。先导式安全阀可以对阀瓣施加更大的作用力，密封性能好，同时在排放时受背压影响较小，因而得到了较为广泛的应用。其缺点是该阀系统复杂，动