

蒸煮锅安全性的声发射鉴定

劳动人事部锅炉压力容器检测研究中心

万跃光 刘时凤 郭元亮

一、引言

国内某造纸厂蒸煮锅为碳钢铆接衬砖立式压力容器，其容积为 150M^3 （高13.8M），原系瑞典加德留斯公司制造。从1937年安装投产以来，曾分别于1956年、1965年和1974年三次更换衬砖，发现锅体材质内表面腐蚀严重。该厂为考虑生产安全，于1981年开始降压使用，最高工作压力由 6.5kgf/cm^2 降至 6.0kgf/cm^2 。

1983年初，又一次停产检验鉴定。参加鉴定的各方根据各自测得的有关参数进行强度计算，得出的结论有分歧。一方主张报废，另一方维持原压力生产运行。在这种情况下，采用了单探头声发射仪，对蒸煮锅的受力最大的筒体部位进行了逐板块的保压检查。目的是探查在一定的压力条件下，在各个铆接的板块上是否有表徵裂纹扩展的声发射信息，以便鉴定蒸煮锅的安全性。

二、实验和结果

锅体平面展开图如图1所示。从图1上可以

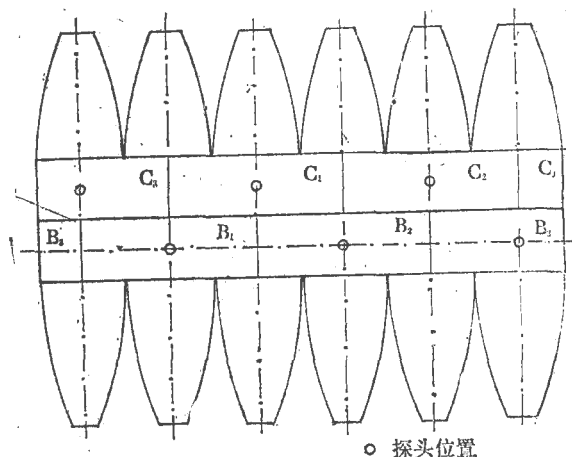


图1 锅体钢板展开平面图

看出，锅体上锥和下锥部分别由 D_1-D_6 和 A_1-A_6 板块构成，筒体部由 C_1-C_3 和 B_1-B_3 板块构成。筒体板厚度为27mm。锅体经过拆除衬砖，喷沙，清除内壁异物露出金属表面，锅体全部设置于室内，检测现场噪音背景较低，满足于声发射现场检测的要求。

现场采用的声发射检测设备系美国产4103型便携式单通道声发射仪。在检测过程中，仪器系统总增益为90db，门限电压为1伏。探头为差动式（抗电磁干扰强），并以声发射振铃计数率（计数/秒）作为监测参数。采用国际通用的，日本产 $\varnothing 0.5\text{mm}$ 、2H硬度的铅芯断裂信号作为声发射模拟信号。监测时，将探头偶合于锅体外部经过打磨露出光滑的金属表面的检测点上，从而监测声发射信号。

由于锅体系铆接成型，所以锅体的声传导路上的衰减是非均匀的。为了了解锅体声衰减情况，以便布置监测点，在空锅体的筒部上随意选择了一块钢板作衰减测量，在一个板块的中心线上，靠近铆接带设置探头，并且沿中心线每隔1米取一点作为信号注入点，在相邻的板块上同样沿着水平中心线作信号注入点（在两个板上，铆接带的边缘与中心线交点都取作零点）。然后在上述的各信号注入点注入铅芯断裂信号，测出相应的声发射计数率值。测试结果如图2所示。

从测试结果看出，在同一个板上相距5米。声发射信号衰减从400到100，说明在同一块板上，声衰减是较明显的，但可以检测。在相邻板上，仅隔一个铆接带就衰减了100，而3米处只剩下了30，这说明铆接带衰减是明显的。

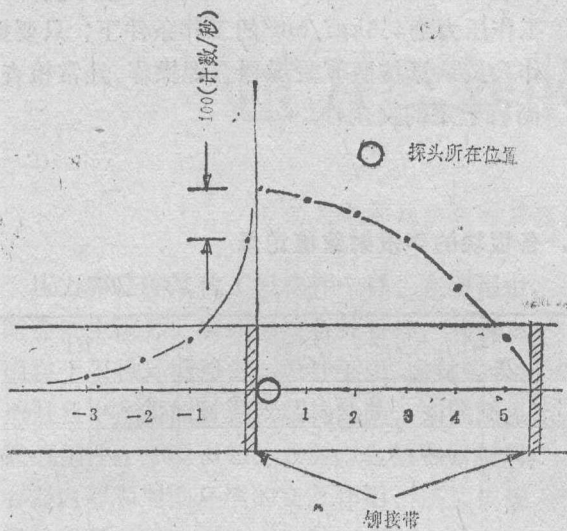


图 2

由于筒体是容器的最大受力部位，又根据上述的衰减测量确定在容器的筒体外表面的六个板块上的中心做为探头设置点，以便重点把握本板的声发射信息，同时也兼顾邻板的大信号。因而，在进行打压监测时，采用流动普查和定点检查相结合的办法来检测筒体的声发射信息。当进行正式监测时，为防止干扰，在厂房每层间安排四人，在锅体四侧监视，以保证声发射监测期间不得有人触摸或碰撞锅体。

打压的升压程序是从0到3kgf/cm²停十分钟，检查是否渗漏？如没有渗漏，再从3kgf/cm²升至4.5kgf/cm²停止，再检查。同时，在上述两过程中，在C₁板上作予测，以便使打压和声发射监测人员协同动作。当压力从4.5kgf/cm²升到6.0kgf/cm²时，开始保压并作正式监测。在保压期间，完成对C₁—C₃和B₁—B₃板的流动普查监测。每个板块监测十分钟，所得的结果如表1所示。

当压力从6.0kgf/cm²升至7.5kgf/cm²时，作第二阶段保压检查。当从C₁开始，查C₃时，出现了特大信号，故对其进行了57分钟的定点监测，其后又普查了B₁—B₃板块，所得结果如表2所示。

从表1可以看出，当压力为6.0kgf/cm²时，

除C₃和B₃板块没有出现和出现较小的信号之外，在其它四个板块上都检测到了信号。而且从统计量上来看相差不太大，这表明在6.0kgf/cm²条件下，筒体板块的声发射是较分散的，而且趋势相差不大。然而，从表2可以看出，当压力为7.5kgf/cm²时，各板块的声发射相比有显著的不同，原在压力为6.0kgf/cm²条件下，保持“安静”的C₃块出现了1×10⁴（计数/秒）特大信号，在随后的52分钟相继出现大小不相等的信号，其中100（计数/秒）以上出现了5次，其中最大信号为500（计数/秒）。在此压力下，其它板块在10分钟内出现的声发射都较小，如C₁块只出现120（计数/秒）一次，C₂块也只出现100（计数/秒）一次。而B₁和B₂块出现信号更小，最大的才为50（计数/秒），特别是B₃块竟无声发射出现。

上述的监测结果表明，在压力为6.0kgf/cm²条件下，各板块出现的声发射较为均匀，没有突出的，而且声发射量也不大。但是，当压力升至7.5kgf/cm²的条件下，打破了各板块的均匀发射的状态，而集中于C₃板块上发射了大量的声发射信息。

事后厂方提供，在历史上，正对C₃块的衬砖曾发生破损，使C₃块受腐蚀严重。另外，C₃块正对厂房门口，冷风影响使C₃块的内外壁的温差较大。上述情况与声发射检测相符。

从裂纹扩展的角度来分析，当压力为6.0kgf/cm²时，筒体各块虽有裂纹扩展，但没有优先发展的裂纹，而且表微裂纹扩展的声发射量较小。当压力为7.5kgf/cm²时，裂纹扩展优先发生在C₃板块上，而最大声发射量超过压力为6.0kgf/cm²的最大声发射量的33倍之多。这说明了压力为7.5kgf/cm²条件下，声能集中在C₃板上释放出来了，因而，其它板就相对“安静”一些。

三、结论

综上所述的检测结果分析，可以认为：锅体在6.0kgf/cm²压力下，虽有裂纹扩展但其量小且无优先发展部位，属于距失稳扩展较远

的慢扩展阶段；然而，在7.5kgf/cm²压力下，锅体产生了裂纹的优先扩展部，而且声发射量较在6.0kgf/cm²条件下大得多，大大地向失稳扩展阶段跨进一步。因此将7.5kgf/cm²水压折合到工作压力为6.0kgf/cm²的条件下，锅体工

作是不安全的；但如将6.0kgf/cm²水压换算到工作压力为4.5kgf/cm²的工作条件下，只要操作人员认真按照有关规程合理操作，经常检查，尚有一定的安全性。

表 1 在6.0kgf/cm²条件下，各板块的声发射数值记录

83.1.29

C1		C2		C3		B1		B2		B3	
N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T
100	9:56'35"	300	10:11'50"	没有	10:19'	300	10:35'40"	100	11:13'50"	40	11:51'20"
50	9:59'30"	60	10:14'25"		~10:30'						
100	10:1'	100	10:14'40"								
60	10:1'45"										

注：N为声发射计数率（计数/秒）

T为声发射发生时间

表 2 7.5kgf/cm²条件下，各板块的声发射数值记录

83.1.29

C1		C2		C3		B1		B2		B3	
N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T
		100	12:12'	104	12:28'	30	1:31'50"	30	1:44'10"	没有	
		40	12:19'	30	12:33'			27	1:46'		
30	11:59'10"			50	12:34'15"			70	1:47'30"		
30	11:59'45"			60	12:35'			50	1:50'		
120	12:3'10"			150	12:37'40"						
50	12:4'40"			40	12:43'						
40	12:5'			500	12:46'						
				60	12:50'50"						
				300	12:57'40"						
				100	1:8'45"						
				250	1:20'20"						

注：N为声发射计数率（计数/秒）

T为声发射发生时间