

现代直管水管锅炉的设计与研制

(英)T·吉布森

〔提要〕通过对锅炉市场的调查,发现市场上存在某一空白。为此,研制了一种新的现代水管锅炉结构。已有一些装置安装使用,现正在顺利地运行。

主题词:水管锅炉设计 沸騰床

引 言

工业用水管锅炉在英国已普遍使用了一百多年。近五十年来,占领市场的主要是弯管锅炉,就是众所周知的双鼓筒锅炉。这种锅炉大概有数千台在运行中。它们有燃用煤的,有燃用油与煤气的,还有燃用其他各种各样燃料的。

英国市场上的另一种工业锅炉是火管锅炉。对于汽化率、压力与对热要求较低的用途,通常都使用这种锅炉。

作者早就觉得市场上需要一种介于现有最大火管锅炉与最小水管锅炉之间的水管锅炉。对市场作了初步调查后,于1978年成立了一公司,开始对一种认为适于市场需要的设计进行制图。

市 场

如前所述,供应英国市场的锅炉厂家明显地分为两类:火管锅炉厂家与水管锅炉厂家。火管锅炉厂家数量很多,所生产的锅炉的出力范围很大。但这种锅炉由于在技术上有一些基本限制,因而对于超过某一极限的出力便不适用了。

而水管锅炉只要设计正确,在技术上的限制便不多。但在英国,水管锅炉现在主要由几家专门从事设计与生产动力站锅炉或大型工业锅炉的大公司来设计与提供,由此造成了英国的小型工业用水管锅炉较于火管锅炉或国外水管锅炉价格极高。这里所谈的水管锅炉是自然循环式的,不是强制循环式或助循环式。

由此可见,成本低、工艺水平高的中型

2. 试验表明,当弯曲角度为 120° 和弯曲角为 180° 时,两者的弯曲伸长率差异甚微,当弯曲角度恒定情况下,弯曲伸长率的值,随着弯轴直径的增大而减小。

3. 我们通过试验发现,当弯曲角为 120° 时,恰是试件冷弯过程中加载荷的最大值。而且,弯曲角为 120° 时,其冷弯受拉表面切向伸长最大,即应变 ϵ 的值最大,此时,如果焊缝处未出现裂纹等缺陷,则继续弯到 120° 角以后也不再出现裂纹等缺陷;如果弯至 120° 角时出现了裂纹,继续扩大弯曲角,其裂纹的形态和大小不发生变化。

四、结 论

对于锅炉,压力容器的一切检验,都应围绕防止压力容器脆性破坏为基点。炭素钢焊接接头冷弯试验的弯曲角度和弯轴直径,与实际构件的弯曲程度相差很大,就我国现行标准而言,比起世界各国同行业标准规定,无论从弯轴直径或弯曲角度以及缺陷长度规定,其要求指标是严格的,我们认为,冷弯检验项目,作为产品验收依据则意义不大,出于这种考虑,冷弯试验作为生产前的工艺鉴定试验是合适的。而且,对于炭素钢双面焊焊接接头冷弯试验,其弯曲角度 120° 为宜。

止了。这样，直管锅炉可以采用几乎是100%烟气密封的壳体，整个大体上是在饱和温度下，从而避免发生任何的膨胀差，防止壳体被拉坏及因烟气冷凝而产生腐蚀。对此特殊的鳍片壁结构有一点是值得指出的：鳍片不是位于中央，而是偏向一侧（锅炉的外侧）。总的来说，水冷壁围绕一个燃烧室，管子之间的鳍片接受燃烧室中的火焰及燃烧产物发光的与不发光的辐射。鳍片所吸收的总辐射量决定鳍片中部的最高金属温度。所吸收的辐射热通过鳍片与管子最终传导到管内的沸腾水中。鳍片所吸收的总辐射热量取决于鳍片对燃烧室的视角（鳍片上每一点的视角都不同）及鳍片的长度。把鳍片偏置（如图3所示），可以增加鳍片的长度，但因管子曲度的遮挡却大大减小了鳍片的视角，所以，其最高金属温度相似于中央鳍片。对这一点，曾通过详细的计算机研究作了验证，并在运行实践中得到了证实。偏置鳍片的实际优点是，对鳍片的尺寸不必如中央鳍片那样严格，另外，可以先把自由的管子装到集管上，然后利用集管与管子组合体作为一装配架把鳍片焊于其上。



图3 水冷壁偏置鳍片截面

研制了简单废热锅炉的基本设计后，下一阶段是引入一燃烧室。于1979年中，在一家酒厂安装了一台这种设计的锅炉。这是装用的第一台带有一燃烧室的直管锅炉，至今已成功地运行了两年。

虽然该锅炉的研制先是致力于使用纯废

热的锅炉，然后增加一燃烧室作补足与辅助燃烧，上面提的酒厂锅炉就是这样，但早就认识到，煤将会重新被用作主要燃料的。所以又集中研究了采用烧煤设备的设计。关于在该设计中所采用的烧煤方式曾作了各种考虑，最后认为机械化炉排燃烧方式与液化床燃烧方式都必须提供，因为在将来五至十年内的订货将是带有两种燃烧方式的锅炉，且随着时间的推移，液化床锅炉在市场上的比例将越来越大。

对烧煤的设计开始作初步研制后不久，便开始了关于订购三台安装在一家焦碳厂的链条炉排锅炉的谈判。于1979年底，签订了订购这些锅炉（连同一台燃用油与煤气的锅炉）的合同。每台锅炉的设计出力为每小时生产21吨在14巴计压与288℃下的蒸汽。这些锅炉燃用水洗煤屑，它们目前正在调试中。

从加工与建造的观点来看，直管锅炉的主要优点之一是每一管子单元分别装配，因而可以同时进行这些管子单元加工装配，从而大大地缩短了装配时间。并且，可以把这些单元先装配成若干组合体，最后装配起来。这样，根据运输与现场通道的限制情况，可以在工厂把整台锅炉装配好，或者各管子单元不组合起来，或者组合成某种大小的组合体，运输到现场再安装。由此，便可大大缩短现场安装时间。另外，因为大部分的压力件焊接工作就是管子单元的焊接，因此，现场的焊接工作比较少。

研制工作的下一阶段是把沸腾床燃烧方式引入直管锅炉中。实际上，在基本研制工作的早期已经开始此项工作，并在前文所述的废热锅炉与链条炉排式锅炉的研制期间仍继续进行。

沸腾床锅炉

因为在英国及其他许多国家都重新燃用煤，因此感到有必要花费大量的时间与努力

来研制一种沸腾床锅炉的基本设计,在早期,与国家煤局进行了讨论后认为,对沸腾床的装设,直管锅炉设计比其他设计有利得多。曾对一台试验用的半商业性沸腾床锅炉原型在运行中的问题进行了研究,所得的结论是,只要沸腾床是在为其最佳运行所需的参数范围内工作,沸腾床本身是良好的。而这则由锅炉本身及控制系统的功能来确保。已使用的沸腾床锅炉在运行中出现的问题,有许多都基本上是因为这些锅炉本来是设计采用其他燃烧设备,后来改装为采用沸腾床。所以,要获得可靠而有效的沸腾床锅炉的唯一途径是完全从头开始研制,把锅炉设计成其沸腾床只完成其需要完成的功能,并以最佳的方式工作。当与斯蒂汶森公司签订一项关于设计并安装一台沸腾床锅炉时,此研制工作已先走一步,此时已经可以对此特定用途进行最后阶段的详细研制。其基本原理示于图4。它显示了这种采用沸腾床的锅炉结构的一些优点。

第一个重要特点是作为主锅炉循环系统一部分的空气分配板完全由水冷却。如前所述,直管锅炉是自然循环的,它们具有极高的循环比。实际上,这是该种锅炉的一个共同特点,不仅是采用沸腾床燃烧方式的如此而已。原因是其循环管没有弯曲部分,且在自然循环回路中受到较少的限制。所获得的典型循环比根据不同的运行压力与燃烧方式

而在15:1至50:1之间。用水冷却配气板可以消除在其他一些沸腾床式锅炉中所遇到的许多问题。而且,当锅炉采用高温燃气起动机时,分配器喷嘴接触温度极高的燃气,这种冷却便十分重要。

这种设计的另一个重要特点是燃烧室的高度超过4米。这使床上方的自由板很高,从而大大减少了飞灰、床上材料与未燃碳进入管排及大气中。当燃烧产物从床上升起,它们将通过一带筛的出口离开燃烧室,由此垂直向下,通过一腔室,然后进入锅炉管排。如果有过热器,此过热器便装在此腔室中。如果没有过热器,此腔室仍然起着清除飞灰的作用。烟气到达腔室底部后急转90°而进入锅炉管排,携带的飞灰很大部分在其动量作用下抛进腔室底部的灰斗里。烟气继续向前,流过锅炉管排与省煤器,经由集尘器而最后进入烟道。

为了对沸腾床获得最佳控制,在床的周围装设用鳍片连接的壁管,并在床上装设冷却管。它们构成锅炉的自然循环回路的一部分。水洗煤从床的上部送入锅炉由一气动系统传输到锅炉前部。灰斗中的灰取出后经过筛选,把未燃碳与床上煤料筛出参加再循环,其余灰分由另一个气动系统运走进行处理。对床与锅炉的控制非常重要,这种控制采用了微处理机,因为只有这种系统才能控制与监测如此数量的变参数。现在斯蒂汶森有限公司安装的锅炉是英国最大的自然循环式沸腾床锅炉。它将每小时生产23吨在1.7兆帕斯卡(17巴)计压下与55℃过热的蒸汽。根据用户对蒸汽的需要情况,该锅炉设计为具有5:1的调节比。为此,分成两个沸腾床。因为使沸腾床有效工作的空气速度有一定的范围,所以单个沸腾床的调节比是有限的。诚然,当负荷减小时,单个沸腾床也能获得大的调节比,但需要增加过量的空气,这要降低锅炉的效率。

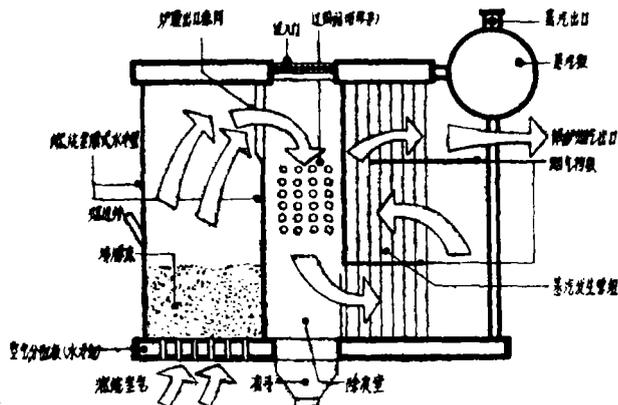


图4 沸腾床锅炉基本原理

两台燃烧无烟煤屑的新沸腾床锅炉

[美] 鲍勃·施维格 著

在无烟煤生产中的副产品无烟煤屑是无销路的，在美国东北部的宾夕法尼亚州，这种煤屑堆成了一座座小山。在沸腾床锅炉问世之前，大约有十亿吨这种低热值废物没有被利用，有一些堆在那里长达一个世纪。

一项为期两年的试验计划最近已经结束。试验证明了无烟煤屑可以用作工业的燃料。此试验使用一台原型沸腾床锅炉，它安装在宾夕法尼亚州沙莫金地区工业有限公司所拥有的工业区。在试验中，燃用了含有超过66%灰分和低于1998.24千卡/公斤(3600英热单位/磅较高热值)的无烟煤屑及含有更高灰分而低于1665.2千卡/公斤(3000英热单位/磅)热值的、从烟煤中水洗出来的废物，都很成功。

用于此试验中的沙莫金锅炉设计成每小时产生10623.6公斤(23400磅)在14.08公斤/平方厘米(200磅/英寸²)计压下的饱和蒸汽，它由多尔-奥利费公司和E·基勒公司制造(沸腾床燃烧系统由多尔-奥利弗公司制造)。此试验于1983年夏结束，为燃用劣质燃料的工业用沸腾床锅炉的设计积累了足够的数

据，完成了它的主要使命。

现在，美国联邦政府正在把此装置的所有权转让给沙莫金地区工业有限公司。该公司估计在该工业区的用户将不仅仅是在试验期间唯一联接供汽网的造纸厂一家。据说他们正考虑把此系统改造为联合运行。

目前在宾夕法尼亚州的威尔克斯巴勒蒸汽热管理局中心供热厂和东斯特劳兹堡州立学院的两台处于点火/试运阶段的燃用无烟煤屑的沸腾床锅炉，其设计就采用了在沙莫金获得的经验。这两台锅炉是多尔-奥利费与E·基勒公司的沸腾床研制计划中作公开试验用锅炉中的两台。

去年，该公司开始把注意力集中到更远的目标，致力于改革沸腾床的基本设计，使其与今天的装置相比较，在经济性和效率上都有所提高。

威尔克斯巴勒锅炉连接为市区350余家用户服务的供汽网，它设计为每小时提供27240公斤(60000磅)在8.8公斤/平方厘米(125磅/英寸²)计压下的蒸汽。它是由基勒/多尔-奥利弗锅炉公司(由多尔-奥利弗公司

炉在某些方面相似于十九世纪后期的锅炉，但是这新研制的结构充分利用了现代的制造技术与焊接技术以及现代材料。

此结构通过充分研制而能利用废热、采用油/气燃烧、机械化加煤炉排燃烧及沸腾床燃烧方式。

市场的需求量一直很大，有几台现正顺利运行，还有更多正在建造、安装与调试中。

总 结

对市场情况作了初步调查后发现，在英国的锅炉市场中，在最大型的筒形锅炉与小型的经济的水管锅炉之间存在着空白。

为此，设计了一种直管式自然循环水管锅炉，它有别于传统的双鼓筒锅炉。这种锅