

《国外机械工业基本情况》参考资料

工 业 锅 炉

上海工业锅炉厂研究所编

第一机械工业部科学技术情报研究所

一九八〇年

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的工业锅炉部分。内容介绍了国外工业锅炉的产品设计结构、制造工艺、科研工作的现况和发展趋势以及工业锅炉的应用；此外还介绍了美、苏、日等国工业锅炉生产的发展和行业概况。可供锅炉制造业及应用部门的科技人员及教学工作者参考。

工 业 锅 炉

上海工业锅炉厂研究所

(内 部 资 料)

*

第一机械工业部科学技术情报研究所编辑出版

机械工业出版社印刷厂印刷

北京市中国书店 上海市科技书店 重庆市新华书店
经 售

*

1980年8月北京

代号: 79-63 · 定价: 0.65 元

出 版 说 明

以华主席为首的党中央向全国人民提出了新时期的总任务，全国从上到下一心一意搞四个现代化。机械工业要适应“四化”的要求，必须为国民经济各部门提供现代化的技术装备。为此，需要研究和学习国外机械工业的先进技术和经验。在这种形势下，我们组织有关单位编写一套《国外机械工业基本情况》参考资料。这项工作第一次开始于1973年，1975年基本完成。这次是第二轮，在内容和范围上都比上次有所充实和扩大。

这套参考资料按专业分册出版。本书为工业锅炉分册，主编单位是上海工业锅炉厂研究所，参加编写单位是杭洲锅炉厂余热所，主要执笔人员有沈葆昌、杨一农、陈蕙芝同志。

第一机械工业部科学技术情报研究所

目 录

第一章 日本的工业锅炉

第一节 一般概况	1
第二节 产品与设计	5
第三节 锅炉制造工艺	12
第四节 锅炉制造业	15
第五节 科学研究	19
参考资料	23

第二章 欧美的工业锅炉

第一节 综述	25
第二节 生产技术	30
第三节 科研机构及科研工作	46
参考资料	48

第三章 苏联的工业锅炉

第一节 概况	51
第二节 比斯克锅炉厂的生产流水线	58
第三节 苏联锅炉行业的组成情况	62
参考资料	62

第一章 日本的工业锅炉

第一节 一般概况

日本的锅炉制造企业多兼生产其他各种产业机械（如化工设备等），个别厂商还承包锅炉安装工程及配管工程。^{〔1〕}

日本的工业锅炉中包括了热水锅炉、特殊燃料锅炉及自备电站锅炉；通常用于工艺供汽、供热、自用发电和建筑物取暖，小容量快速蒸发器也用于家庭生活中。日本将上述锅炉统称为一般产业用锅炉（简称一般用锅炉），以区别于电站、船用及机车锅炉。工业锅炉的容量最小为0.07吨/小时的快速蒸发器，大的有30~400吨/小时、压力为15~130大气压、蒸汽温度520℃以下的自备电站及中型产业用锅炉。但一般工业锅炉的容量多在20吨/小时、25大气压以下。

日本的工业锅炉，起源于兰开夏、康尼许、考克兰锅炉和某些船用锅炉，以后向直管式、弯管式水管锅炉过渡。水管锅炉，则由自然循环方式发展到强制循环与直流的方式。按锅炉的形式分，主要有立式锅炉、炉筒烟管锅炉、铸铁制锅炉、小型水管锅炉和直流锅炉。

日本1955年前后开始普及整装（快装）锅炉，其容量多在20吨/小时以下，最大的达40吨/小时。^{〔2〕〔3〕}

整装（快装）锅炉的优点是热效率高、性能好、整体搬运、安装使用简便、占地小，可用重油作燃料（日本工业锅炉约93.1%燃油，燃煤只占1.0%）。燃烧装置和锅炉本体是做成一体的，使用条件好，即在其运行中对给水、燃料和压力容易控制，并可实现自动化（日本工业锅炉达90.7%实现自动控制）。^{〔4〕}因而，整装（快装）锅炉很快取代了旧形式的各种锅炉。

到1976年止，日本工业锅炉总安装数为122611台。1955~1976年工业锅炉的安装数见表1-1。^{〔4〕}按燃料种类、控制方式划分的安装数见表1-2。^{〔4〕〔5〕}

表1-1 1955~1976年日本工业锅炉安装数（台）

项 目 \ 年 次	1955	1965	1970	1975	1976
锅 炉	44357	70197	105135	121746	122611
第一种压力容器	13067	34357	64787	88415	92020

注：第一种压力容器系指存有大气压以上沸点温度液体的加热器、反应器、蒸发器、蓄热器。

1976年安装的锅炉台数同1975年的相比：燃油的增1069台（+9.5%），燃气的增421台（+11.6%），燃煤的减少409台（-25.6%），其他锅炉减少261台（-6.3%），全自动的增2782台（+3.3%），手动的减少1472台（-11.5%）。

由于日本锅炉燃油多，高效整装和全自动多，故锅炉的设计、制造、科研，皆以省能、减少公害以及安全运行为目的。^{〔6〕}

一、关于省能（包括能源开发）

表1-2 按燃料种类、控制方式划分的工业锅炉安装数(台) [()内为%]

年 次	燃 料				自 动 式			手动式	合 计
	油	煤	气	其他	全自动	燃料系自动	其 他		
1969	87460 (87.4)	7645 (7.6)	5043 (5.0)		40849 (40.8)	21575 (21.6)	7243 (7.2)	30481 (30.4)	100148 (100)
1971	100194 (91.4)	4695 (4.3)	4663 (4.3)		57032 (52.0)	23212 (21.2)	6119 (5.6)	23189 (21.2)	109522 (100)
1973	110316 (93.4)	2392 (2.0)	2067 (1.7)	3390 (2.9)	73929 (62.6)	21959 (18.6)	5477 (4.6)	16800 (14.2)	118165 (100)
1975	113103 (92.9)	1800 (1.3)	3637 (3.0)	3406 (2.8)	83396 (68.5)	20556 (16.9)	4958 (4.1)	12839 (10.5)	121746 (100)
1976	114172 (93.1)	1191 (1.0)	4058 (3.3)	3190 (2.6)	86178 (70.3)	20524 (16.7)	4542 (3.7)	11367 (9.3)	122611 (100)

(此表按日本劳动基准局统计)

日本燃料贫乏,总需要量的90%要依靠国外输入,其中仅石油就达99.7%。^[4]故日本锅炉界致力于省能,主要是提高燃烧效率,减少散热,余热利用,排水回收;采取产业废弃物、都市垃圾燃料化;普及地域集中供热及其他。

此外,从能源开发入手,对锅炉燃煤作出新评价,开辟直接燃煤的新途径。^[7]

(一) 采用流化床燃烧炉(沸腾炉)。所研制的流化床燃烧锅炉,正处于应用阶段的初期。鉴于有关辅助技术,诸如硫的回收、灰渣利用及处理、脱硫装置小型化,和价格竞争等问题,估计1980年前才能半实用化;1984年前,研制出煤处理量达40吨/小时的流化床锅炉(相当于10万千瓦)。^[8]

(二) 将煤气化或液化的流体直接在炉内燃烧。估计1980年和1990年才有可能实现。

(三) 利用煤的胶态燃料,即以20~50%的微粒状煤均匀地拌和于重质燃料油中,避免自燃,便于输送贮存。与煤粉锅炉比较,烟气流速可高些;无需引风机;灰渣油渣处理量少;出灰装置容量小;不要贮煤场和磨煤机。最近,关于各种煤和油的混合性、煤的胶态(稳定性及粘度)在贮存、输送、燃烧的影响,已进行研究和试验。^[30]

二、关于防止公害

为防止90%以上锅炉燃油(主要燃重油)造成的大气污染,日本政府于1967年订有环境保护基准;而锅炉的排放标准,见表1-3。^[9]

表1-3 日本锅炉排放标准

烟尘及其他粉尘(克/标米 ³)				硫的氧化物(标米 ³ /小时)	
锅	燃用油气	200×10 ³ 标米 ³ /小时以上	0.10	$S = K \times 10^{-3} \times He^2$ K, 为不同的指定地域的系数,对于特别地区,其K=5.26;1970年2月实行时,没有特别区,其K=8.26; He, 被修正的排出口高度(米)	
		40~200×10 ³ 标米 ³ /小时	0.20		
		40标米 ³ /小时以下	0.30		
炉	燃用5000大卡/公斤以下的煤		0.80		
	燃用上述以外的燃料		0.40		

作为防止SO_x的措施，主要是重油脱硫、排烟脱硫及高空排放。由于排放的标准严格，以重油脱硫，即使能设法获得含百分之一硫分的重油，仍达不到规定排放的要求，而重油加氢脱硫的成本高；因此近年来日本大力发展排烟脱硫的技术，曾把干法脱硫作为重点，但湿法也受到重视，其中应用较广的是以碱液作吸收剂的湿法脱硫。〔10〕

与此同时，高空排放方式的高层烟囱正在逐步减少。日本在代表性大气污染区，设有15个监视测站，所测SO_x的平均浓度，1975年为0.021PPm（1967年为0.059PPm），其中SO_x值达到环境标准的规定值的比重为80%。〔4〕要求1978年全部达到和保持规定排放的标准值。〔11〕对于锅炉，要求造成低No_x浓度。为此，除尽可能使用含N少的油燃料，或向气体燃料转换外，还要解决燃烧的技术问题；为此，日本采取二段燃烧，排烟再循环法，研制新的低No_x燃烧室，使用排烟脱硝装置。综合这三项措施，可控制No_x浓度为140PPm，降低率达60%。近年来，还在促进乳化燃料技术的实用化。〔4〕

为减少设备、运行保养费，减少使用者的负担，还提出脱硫脱硝的办法。〔12〕1977年政府第三次修订了No_x的排放标准，小型锅炉也是限制对象。

至于大气降下的排尘（重力或雨水降下的排烟粉尘），1971年月平均为10吨/千米²以上的测定点占29.2%，1975年减到9.2%。〔4〕日本锅炉大多是燃油燃气的，其除尘措施较简单，是用干式处理的旋风离心集尘装置和电气集尘装置。

表1-4为1966年~1975年防止大气污染装置的安装台数。〔13〕防公害产业是六十年代诞生的新产业，1966年其产值为340亿日元，1970年为1945亿日元，1975年达6830亿日元。〔14〕

表1-4 防大气污染装置安装台数

年 份	合 计	集 尘	重油脱硫	排烟脱硫	排气处理	高层烟囱	有关器具
1966	9158	6107	85	267	468	1521	710
1970	84242	39814	9892	3634	9299	18131	3472
1971	124651	49725	16010	8247	12722	29503	8392
1972	132690	64271	24436	14923	11896	9126	8038
1973	209272	75109	38099	37757	33248	9536	15523
1974	334253	100131	29282	146713	29920	7886	20321
1975	312464	77141	79676	95204	29540	6651	15781

注：1. 排气处理包括恶臭处理装置等；2. 有关器具是与防公害有关的计量仪器、泵、送风机。

三、关于安全运行

日本1976年锅炉事故共22起，其中自动控制的为20起，占90.9%；包括炉内、烟道瓦斯爆炸10起，低水位事故7起。另外，把压力容器算在内的25起事故中，以55个事故原因计，其中管理不善为48项，占87.3%，结构不当为5项，安全装置不良为2项。〔4〕

统计说明，自动控制锅炉的保养、运行管理很重要。为防止事故，日本提出由官方、制造商、使用业主、操作、检查、研究单位共同建立的协同的体制。〔15〕对高效整装（快装）锅炉，应尽可能多的设置检查清理孔（门），特别是自动控制，尽量做得完善配套齐全；必要时采用二套机构，通过两种参量变化实行控制。锅炉的其他附属设备要完善。锅炉制造厂商为维护信誉，严格质量管理，对出厂后的锅炉要尽心服务。为此，有些厂商开办用户学习班，讲授锅炉的使用、操作、维护等有关知识；有的在全国范围内如设置维修网，服务项目从锅炉安

装工程到现场运行的调整指导，乃至在安装后进行一月甚至一年间的无酬保修。〔16〕

锅炉的安全使用与水质管理的关系很大。即使是低压锅炉，因热负荷或受热面的蒸发率高，对水质同样极其重视；日本的水质管理，主要是按锅炉的压力划分，确定给水的要求。在1970年时20公斤/厘米²以下的低压中小型锅炉，按全国给水分分类，80%锅炉用软化水，10%用纯水，10%用回水或热水，热媒体。〔17〕现在，日本锅炉已全用软化水（不用纯水）。日本工业锅炉的水处理，以及加药装置、加药泵，大多和锅炉整装在一起。对压力超过20公斤/厘米²的中、高压锅炉，则附设有除气器。但某些经常启停的低压锅炉，停炉时，因回水配管系统内会混进氧气并溶于水中；同热分解出的、溶于冷凝水的CO₂相作用，而引起腐蚀，为此，除加进脱氧剂、PH调整剂外，也设置有除气器。

热水锅炉主要受水中氧的腐蚀，特别是水温40~80℃时。故热水锅炉多用铸铁制成，它比钢材较耐氧腐蚀；或用不产生应力的耐腐蚀材料（日本规格SUS）。采暖专用锅炉，则做成密闭系统，并投入必要的药品，如亚硝酸系防蚀剂，以免水呈酸性和分解；也可与PH调整剂兼用之。对有铜材料共存的水系，还加进防铜蚀剂。

对结有水垢的锅炉，采用喷淋式水垢除去法的专利。〔4〕其循环图如图1-1所示使用盐酸加中和剂、防锈剂，此法用药少，酸洗过程时间短，常温下即可进行，且无腐蚀。

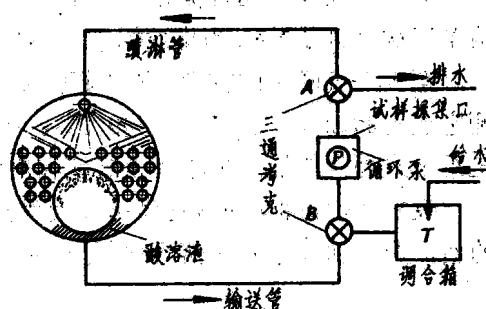


图1-1 喷淋式水垢除去法循环图

对锅炉停炉的长期保养，以前用的干式法，有充气（N₂）、加热、放干燥剂、冷冻机除湿；现推广使用的是有好评的英国BERNE公司的MUNTERS除湿机，其装置如图1-2所示。

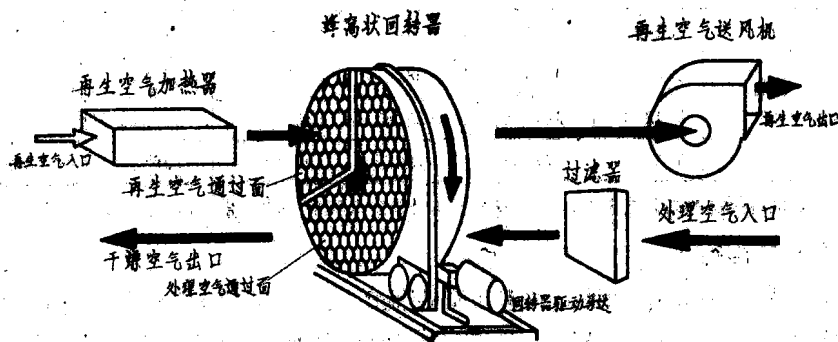


图1-2 MUNTERS除湿机

该除湿机是一旋转装置，被处理的湿空气，〔18〕与加热的再生空气，在其中经热交换除湿，并被氯化锂（LiCl）干燥之。干燥后的空气送回锅炉内。再生空气自成一封闭系统，即经热交换后冷却的再生空气通过送风机，回到加热器。对于容量为20吨/小时的锅炉，风量50米³/小时，外界空气20℃，60%相对湿度时，除湿能力为0.54公斤（水）/小时，其驱动功率为800瓦（装机）。

1973年日本的40家锅炉厂，职工总数11836人，1974年减至11672人。包括电站锅炉在内

的产量, 1976年为5354台、33638吨/小时, 产值115501百万日元。表1-5为日本锅炉的产量。〔4.19〕1973年每个锅炉从业人员平均产值为814万日元; 每个锅炉从业人员平均蒸发量为4.4吨/小时。

表1-5 1970~1977年日本锅炉的产量与产值

年 月	生 产 量		
	数 量 (台)	容 量 (吨/小时)	金 额 (百万日元)
1970年	9964	56126	112101
1971年	8885	60305	124699
1972年	8170	52184	111714
1973年	8507	52467	96303
1974年	6153	51098	109660
1975年	4435	42290	142673
1976年	5354	33638	115501
1977年 1 月	431	3267	14581
2 月	483	5060	16555
3 月	550	1486	5618
4 月	369	6540	15136

日本锅炉的阀门、风机、泵等多由专业厂制造; 水处理设备、防公害装置、燃烧器(油、气)部分在专业厂制造。

1973年日本锅炉进出口的金额, 如表1-6所示。〔36〕〔37〕

表1-6 1973年日本锅炉产品进出口金额 (百万日元)

产 品	输 出				输 入			
	1970	1971	1972	1973	1970	1971	1972	1973
蒸汽锅炉 (采暖除外)	9942	8794	9803	12034	298	268	171	292
蒸汽锅炉的附属装置及蒸汽原动机用回水器	5233	4345	5207	6216	164	144	147	425

第二节 产品与设计

日本工业锅炉多为全自动的 (起码是燃烧自动化) 整装 (快装) 式, 以油为燃料, 效率达85~90%。日本1976年工业锅炉按形式划分的安装台数如表1-7。〔4〕

表1-7 1976年日本工业锅炉按形式划分安装台数

锅 炉 形 式	蒸 汽 锅 炉							热水锅炉	合 计
	炉筒烟管	铸铁制组合	立式	水管	烟管	直流	其他		
设 置 数	29286 (23.9)	22825 (18.6)	13075 (10.7)	12739 (10.1)	7836 (6.4)	4330 (3.5)	4063 (3.3)	28457 (23.2)	122611 (100)
增减 (±) (与1975年比)	+754 (+2.6)	+235 (+1.1)	-938 (3.3)	+24 (+0.2)	-589 (-7.0)	-63 (-1.4)		+1721 (+6.4)	

注: () 内为%

由于烟管锅炉，康尼许、兰开夏锅炉形式落后、效率低，其产量是在大幅度减少（与1975年比，烟管减7.0%，康尼许减9.3%，兰开夏减11.6%）〔4〕而热水锅炉增加很大，这与地域集中供热，倾向于工厂的中央给热方式有关。

日本锅炉及其设计要点如下：〔3〕〔16〕〔23〕

一、立式锅炉 由于结构简单、便宜、安装操作简便、占地小，作为小型锅炉应用相当广。新型的立式锅炉效率达75~86%。图1-3为丸善社制的立式非管圈锅炉，本体由环状水室组成，自水室中央的园筒形燃烧室上部，向下喷射燃料油燃烧，烟气加热水室内部后转至水室外侧，按螺旋状流动进行充分的传热。蒸发量为300~500公斤/小时，锅炉效率约80%。图1-4是函馆船坞（ドック）社1969年制造的AD型立式锅炉。锅炉中心设有螺旋园筒形燃烧室，重油燃烧器装在燃烧室顶部。烟管和水套相互交错连接。烟气从燃烧室出来后经过烟气连接口进入第一烟道，在其中烟气旋转流动，然后进入第二烟道，从第二烟道出口排向烟囱。流经第一、第二烟道的烟速高达20~30米/秒。锅炉的第一、第二水筒是汽水混合物上升筒，第三水筒是降水筒，水循环可靠。蒸发量0.14~2.4吨/小时，最高工作压力10大气压，锅炉效率达85%以上。图1-5是有着特别结构的立式锅炉，为荏原制作所与西德黑西耳公司技术协作的产品。本体由上下二个环状水室，由较粗的垂直水管连结组成。这些水管在燃烧室的周围，以同心园作二列配置。燃料油自上部向下喷射，在中央燃烧室完全燃烧；烟气在由水管形成的通路里，垂直水管巡回流动。蒸发量0.2~2吨/小时，锅炉效率86%。

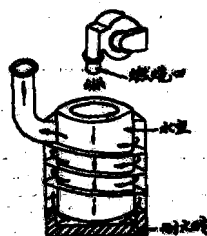


图1-3 立式锅炉
(丸善社制)

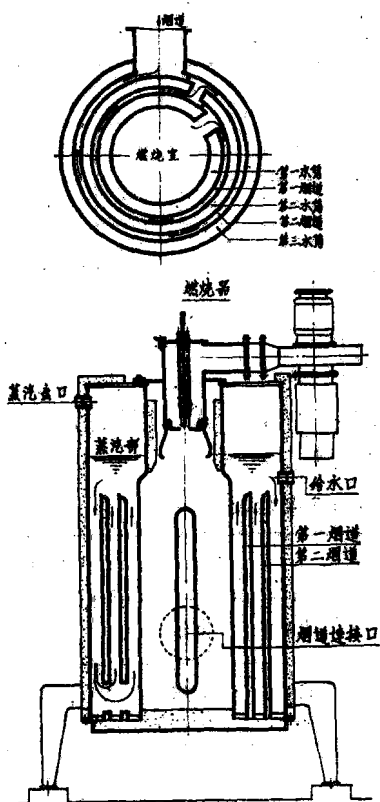


图1-4 立式锅炉(船坞社制)

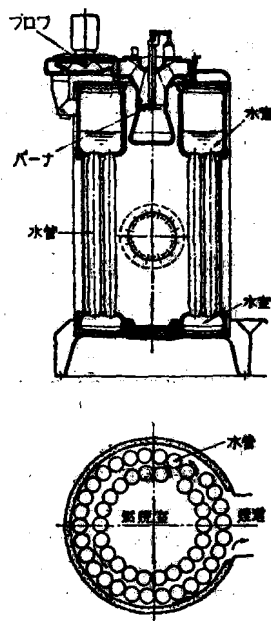


图1-5 立式锅炉(荏原社制)
707—风机，バーナー—燃烧器

图1-6是较新出现的川崎社制BH立式锅炉。这与荏原的超小型锅炉的结构大致相似。川崎BH锅炉和荏原超小型锅炉相同，上部有汽水室、下部有水室，两室间装有相当细的立水管。但在荏原超小型锅炉起下降管作用的是外侧的水管列，而川崎BH是在后方装置一根粗管子作为下降管，管子用耐火砖衬围住砌设。此外，BH的燃烧器不是装在炉顶，而是在炉体直管中部横向装置。烟气流动如图中箭头所示。蒸发量1~2吨/小时，锅炉效率约86%。

二、炉筒烟管锅炉 它是由船用苏格兰锅炉发展起来的一种形式，由于水处理技术好，烟管布置得较密，效率高，而逐渐取代了效率低的炉筒锅炉和立式锅炉，已成为日本最普及，应用最多的锅炉形式。蒸发量：燃油的达18吨/小时，燃气的达25吨/小时，工作压力7~10大气压，成为系列。整体快装，与本体同在一个底盘上的还有给水泵、注药装置、燃烧器泵、控制盘等机件。

日本的炉筒烟管锅炉多设计成返转燃烧方式：由燃烧器喷出的重油在点燃后产生的烟气当到达炉筒的另一端后，受耐火砖（干背）或锅筒水隔套（湿背）阻挡而折回炉子前部进入烟管。图1-7为田熊（タクマ）锅炉制造社制的干背式RE-BN型锅炉，图1-8为平川铁工所制的湿背式MP型锅炉，都是返转燃烧方式。湿背式避免了耐火砖脱落事故，后部散热损失少，但由于强度，湿背部分要有多支撑加固，结构复杂，内部检修困难，水容量较小，见图1-9（左）；现在平川铁工所改进的形式见图1-9（右），〔16〕避免了上述缺陷。

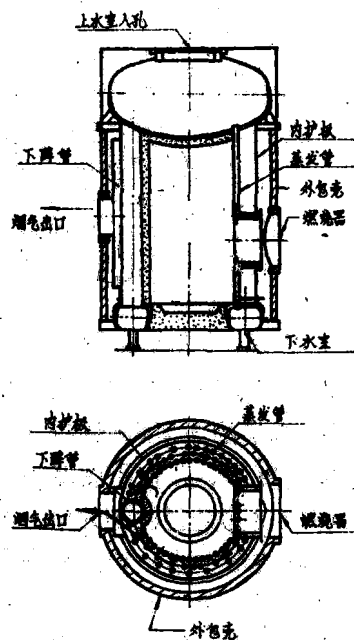


图1-6 BH立式锅炉(川崎社制)

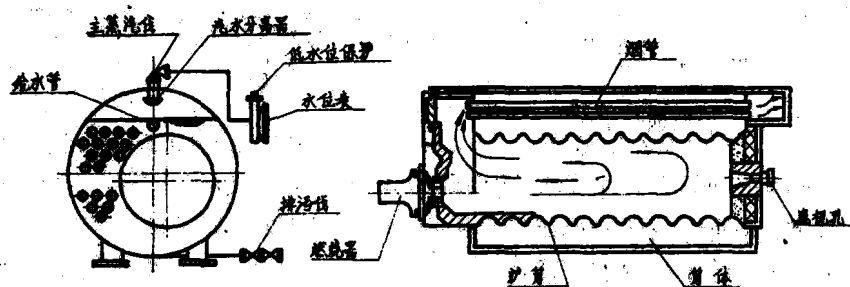


图1-7 炉筒烟管锅炉タクマRE-BN形

炉筒烟管锅炉多做成二或三回程，烟管内烟气流速高达30~40米/秒，约以30%、15%的热吸收分布。烟气温度：燃烧室出口1100℃，二回程出口500℃，三回程出口280℃。锅炉受热面蒸发率70公斤/小时·米²。田熊（タクマ）RE-BN型锅炉用特殊内螺旋烟管，烟速高达55米/秒，传热效果很高，传热面积及烟气通路因螺旋形式而增加，做成二回程即能充分保证出力；结构紧凑，可小型化。炉筒偏心安装，有利于水循环。平川MP型锅炉，前部烟箱做成双重外壳，燃烧所需空气通过外壳之间予热，有利于燃烧，并减小炉子散热损失。

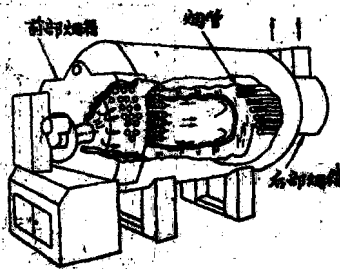


图1-8 炉筒烟管锅炉 (平川MP形)

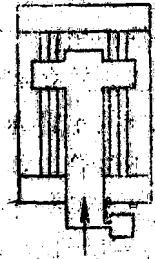


图1-9 炉筒烟管锅炉湿背结构形式

日本锅炉还采取微正压燃烧方式强化燃烧, 锅炉效率可达85~90%。如田熊 (タクマ) RE-BN锅炉的效率可保持在88%以上。由于蒸汽出口与正常水面的间距, 常保持在400毫米的足够高度下, 蒸汽干度能保持约98.5%。

图1-10为丸善社制的MS-3P型炉筒烟管锅炉, 不同于其他结构的是, 采用了扁圆形封头、锥状波形炉筒, 炉筒和烟管两侧偏心配置。因扁圆封头强度好, 不用拉撑板, 易于清扫, 水循环良好。蒸发量0.7~8.0吨/小时, 最高工作压力7大气压, 锅炉效率为87%。

三、小型水管锅炉 因水处理方法进步, 水垢问题少, 也广为应用。日本各厂商生产的形式多样, 但大同小异, 不是D形就是A型, 或S型。为确保微正压燃烧, 采用气密全焊膜式水冷壁结构, 见图1-11 (左)、(右)。[20]为减少散热损失, 预热燃烧空气, 外壳有不少做成双层中空的。锅炉的细部结构据各厂商自行的设计, 或采用国外引进的技术, 各有其特点。锅炉蒸发量4~30吨/小时, 工作压力10、16、22大气压, 锅炉效率87~90%。

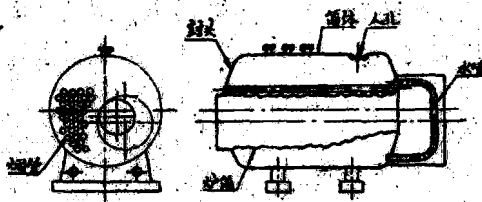


图1-10 炉筒烟管锅炉 (丸善MS-3P形)

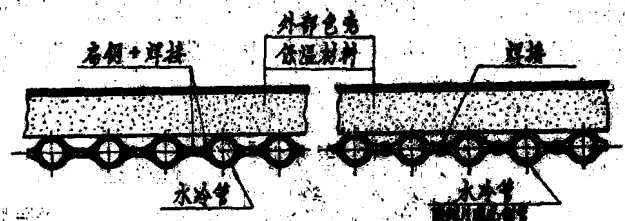


图1-11 气密全焊膜式水冷壁结构

三菱CE-VP100型锅炉, 它的炉膛四周为水冷壁管所包围, 锅炉管外径为 $\phi 50.8$ 及 $\phi 76.2$, 不用集箱。为使燃烧烟气形成二个迴程, 在本体内设有焊了鳍片的管子, 以起到烟气折流作用。锅炉无专门的不加热的下降管, 水循环良好。蒸发量6~22吨/小时, 最高工作压力16大气压。单位传热面蒸发率为100公斤/米²小时, 锅炉效率在不设空气予热器及省煤器时85%以上。

图1-12为川崎社的BS 整装 (快装) 锅炉, 只有一只锅筒, 有大口径不受热下降管, 锅炉水循环量是蒸发量的100倍。燃烧室分予燃室和主燃室, 由燃烧器喷射出的大部分重油, 在于燃室内燃烧, 所产生的热又气化, 未燃烧的另一小部分, 并导入主燃烧室完全燃烧之。蒸发量1.5~7吨/小时, 工作压力10、16、22大气压, 锅炉经济效率为88%。

平川WTP形锅炉, 上部是大直径的汽水锅筒, 以造成大的水面面积和大的水容量, 在锅筒和下部的集箱间有数根口径较大的下降管, 同时受热的水管直径较大, 从而活跃了锅炉

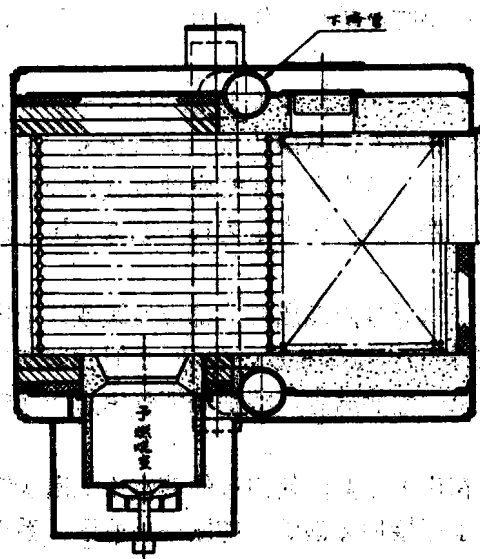
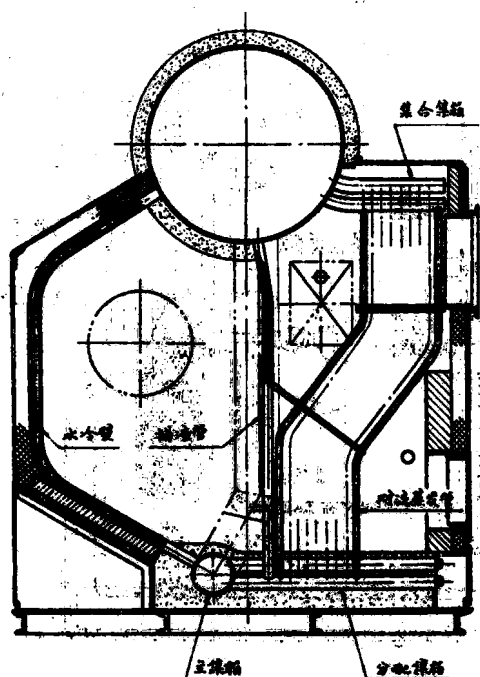


图1-12 单锅筒水管整装锅炉
(川崎BS形)

的水循环，燃烧室的水冷壁及本体的所有表面为全膜式壁结构。锅炉蒸发量3~30吨/小时，最高工作压力10~16大气压，锅炉效率在无空气予热器和有空气予热器时，分别为87%及90%。

四、小型直流锅炉 它是每小时蒸发量为70~300公斤到几吨的小型直流式全自动快速蒸发器；小容量的，启动后2~3分钟即可送出蒸汽。这类锅炉的性能优良，效率高达80~90%，对锅炉操作者要求低，为工厂、采暖、医院、土建施工等广泛应用。^{〔3〕}它的传热面为一根钢管卷成线圈状，构成省煤器和蒸发部；由给水泵压送的给水从外侧管圈顺序进入内侧管圈变成蒸汽。蒸发管出口蒸汽干度约80~90%，并自动调节给水量和燃料量，所得湿蒸汽用炉外汽水分离器（旋风式）分离。分离出的水分在分离器同新的给水混合，以提高给水温度，并回收热量和水处理的药品。川崎生产的这类SG蒸发器，其蒸发量为0.18~4.8吨/小时，压力10、16、大气压。田熊（タクマ）生产的克莱顿蒸发器为锅炉水强制再循环结构，循环倍率约2，比普通强制循环锅炉的循环倍率（12~18）小得多；这种与蒸汽负荷无关的小型直流锅炉，如图1-13所示。由于经常以定量的循环水供给加热管，加热管出口蒸汽在负荷最大时，干度为60%，因而锅炉水浓缩造成的水垢沉积可控制在最小的限度内；给水处理较简单，可用一般软水。蒸汽分离另由给水分离器（兼蓄热器）进行；将分离出的干度为99%的蒸汽送往使用处。分离出的水通过循环泵一部分连续或间隙排污，防止炉水浓缩。在强制循环下，锅炉在极低负荷下也能运行。蒸发量0.07~2吨/小时，压力10~20大气压。

五、铸铁制组合锅炉 热水采暖的水暖水管式或直流式锅炉，以铸铁制锅炉为多。热水采暖与蒸汽采暖相比的好处是：（1）与放热器的蒸汽泄漏有关的损失少；（2）供热配管细，材料节约；（3）能利用100℃以下的低温热源热等。铸铁制锅炉最高工作压力1~3大气压，强度足够，对水的耐蚀性较之钢制锅炉好；做成片状，可根据负荷需要组合，传热面积约2~100米²。

六、特殊燃料锅炉 可用木屑、树皮、甘蔗渣为燃料。燃烧方式以固定炉排手烧的多，

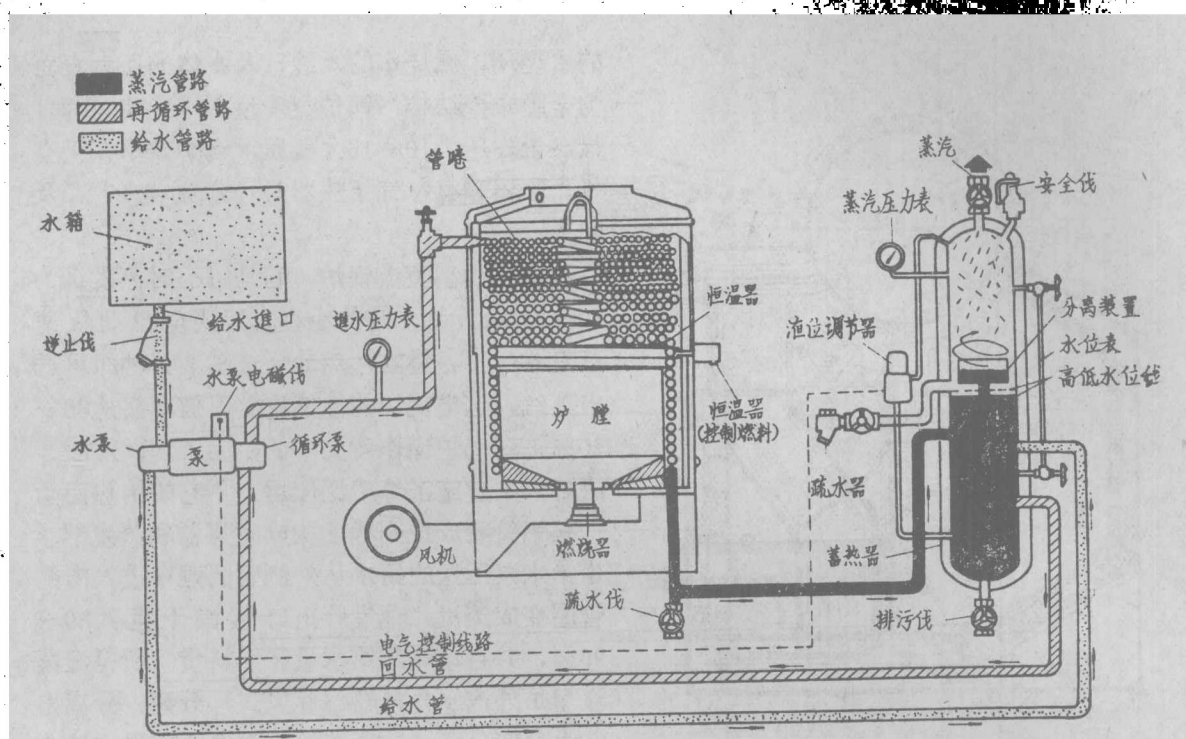


图1-13 小型直流锅炉（タグマ克集模式）

近来使用旋转加料器，推料器等加料。蒸发量3~30吨/小时，最高工作压力10~35大气压，采用送引风通风方式。

焚烧废弃物的是都市垃圾焚烧炉。垃圾水分通常在40~60%，低发热值为800~2000大卡/公斤。燃烧温度考虑到灰熔点及 NO_x 的发生，最高为950℃。从防止发生臭气出发，最低温度维持在750℃，必要时用辅助燃料助燃。由于垃圾烟气中含有有机酸的腐蚀性气体和较低熔点的灰分，故为了防止受热管的腐蚀和烟气通路的堵塞，蒸汽压力定为16~23大气压，蒸汽温度为饱和温度或250℃。

石川岛播磨重工业公司研制了燃用甘蔗渣、树皮、木屑等固体燃料，都市垃圾或产业废弃物的锅炉和回转燃烧器。⁽²¹⁾其结构特殊新颖，由旋转的水冷管构成。12吨/小时甘蔗渣锅炉用的120吨/日的小型回转器，已于1972年试运行结束，性能满意，特别是烟气密封和回转燃烧器的水冷管回转接头密封好。

七、特殊锅炉 间接加热锅炉（双重蒸发锅炉）在化工工业，使用过的蒸汽不能回送锅炉，要用大量新水作补充，而增加运行费，于是出现了间接加热锅炉。如图1-14所示，系小型直流式，川崎制，锅炉的一、二次压力分别为13大气压和3~7大气压，热效率为80~90%，经2~3分钟即能启动。

热媒体（热流体）锅炉是以低饱和压力获得高饱和温度的热媒体质，代替水工质的锅炉，多用于纤维、化学工业，以获得200~400℃的高温，而不需很高压力的热源。其结构原理与一般工业锅炉相近似，但要求容存热媒的量少些（因其价格昂贵）。图1-15为昭和电气社制的热媒体锅炉，有燃油燃气两种，热出力100000~6000000大卡/小时，最高工作压力340℃，流量10~500米³/小时。

八、油燃烧器 锅炉产品设计的另一重要方面是使燃烧器能燃烧各种油类。

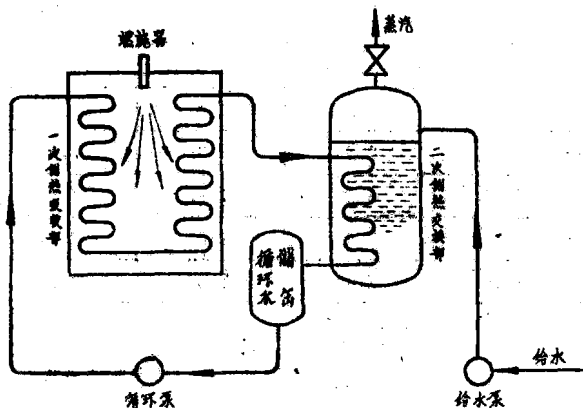


图1-14 间接加垫锅炉 (川崎制)

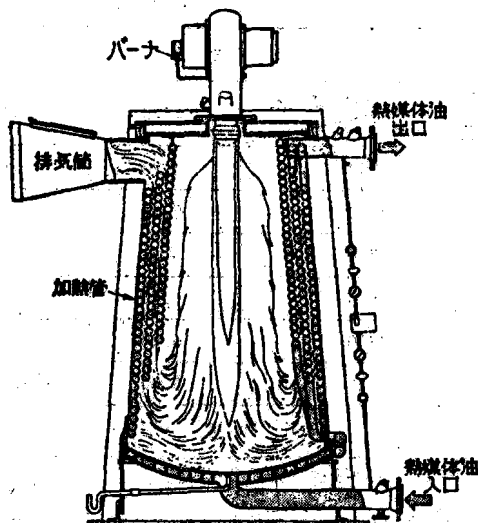
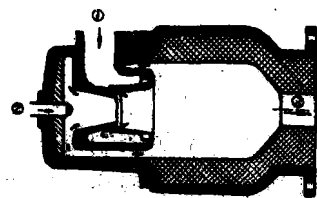


图1-15 热媒体锅炉 (タクマ圆锥加热器)

全燃烧、高负荷完全燃烧、超细雾化、自动化或控制性、安全运行，便于维修；现在的重点是研究低 Nox 的燃烧器如何组成燃烧器自身的烟气再循环，二段燃烧或薄膜燃烧、淡淡燃烧等；同时实行低氧燃烧，即保证完全燃烧下减少一次空气量，抑制 Nox 的生成，并提高热效率。

低 Nox 的燃烧器适用于中小型锅炉；因其炉膛尺寸的限制，很难使排烟再循环、二段燃烧、及低 Nox 燃烧器三者结合好，故从燃烧器入手，以减少 Nox 的含量，又出现了许多种低 Nox 燃烧器。

图1-16是可燃煤油、轻油、丙烷、天然气等的DAIDO-CALORIC燃烧器。^[22]能使部分高温燃烧烟气返回燃料喷射室与新燃料混合。燃料一遇高温气体，就先分解，而后同进入的空气反应，故燃烧迅速完全，几乎无过剩空气和残余未燃烧物，排气中 CO 和 Nox 含量极少，基本可达到无公害要求；燃烧时的噪音极小。在背压广泛变化时，也能保持燃烧的稳定。



(1)空气进口(2)燃料进口(3)燃烧气体
图1-16 DAIDO-CALORIC燃烧室

九、机械燃烧装置 在日本燃煤的锅炉中（仅占1%），蒸发量在15~100吨/小时的用煤粉燃烧、抛煤机加链条炉排，及链条炉排三种燃烧装置形式。对于10吨/小时以下的，则多用链条炉排燃烧装置。表1-8为飒波（サ、バ）铁工所的链条炉排尺寸的标准规格，有A型和D型两种；变速有无级变速和八级变速两种。

十、锅炉自动控制 采用电气式全自动比例燃烧控制，和靠浮筒及电极自动给水控制二种。

电气式全自动比例控制，对应于蒸汽需要量的增减，检出蒸汽压力的变化，自动地调节燃油量，使压力保持一定，除有在点火前的炉内吹扫，自动点火，异常状态的自动停止，停炉后吹扫等功能外，还可依靠火眼监视自动燃烧、保障安全，而依靠浮筒式及电极式两种参量的变化，则可检出异常低水位并发出警报或指示灯，以防脱水事故。

表1-8 帆波（サッパ）铁工所链条炉排尺寸的标准规格（米²）

A 型						
炉排宽（米） 炉排长（米）	1500	1600	1700	1800	1900	2000
3200	4.80	5.12	5.44	5.76	6.08	
3540	5.31	5.66	6.02	6.37	6.73	7.08
3700	5.55	5.92	6.29	6.66	7.03	7.40
3880	5.82	6.21	6.60	6.98	7.37	7.76
4220	6.33	6.73	7.17	7.60	8.02	8.44
4400	6.60	6.60	7.46	7.92	8.38	8.80
D 型						
炉排宽（米） 炉排长（米）	750	900	1100	1200	1300	1400
2700	2.02	2.43	2.93	3.24	3.51	3.78
2850	1.13	2.56	3.13	3.42	3.70	3.99
3000	2.25	2.70	3.30	3.60	3.90	4.20
3150		2.83	3.46	3.78	4.09	4.41
3300			3.63	3.96	4.29	4.62
5500				4.20	4.55	4.90

在小型锅炉里给水自动控制用浮筒式作水位检测器；中型以上的锅炉用电极式水位检测器。

所有自动装置里全设有手动回路，以便于检修、调节。同时设有联锁回路，避免失误。工业锅炉自控的可靠性提高，小型化将以采用计算机来实现。

第三节 锅炉制造工艺

日本工业锅炉的制造（设计）、使用、监督，为日本劳动省劳动基准局所管辖。^{〔23〕}按日本工业技术标准的规格，有关结构、材料、焊接，从材料到产品皆实行严格的质量管理。

日本锅炉钢管部分用焊接钢管，以代替无缝钢管；炭素钢焊接管有大量采用的趋势。^{〔24〕〔25〕}焊接钢管的制造利用高频诱导加热法进行，质量检查严格，使用无损探伤方法，保证钢管强度。

田熊（タクマ）RE-BN型锅炉用内螺旋管，由公司自行轧制、退火，并为劳动省基准局批准。整体快装型锅炉的小批生产，按工艺流程总装检查；小型直流式快速蒸发器，是在流水线上装配。

焊接有手工弧焊、半自动弧焊与自动焊。气密全焊膜式水冷壁的焊接，用多头埋弧或CO₂保护自动焊。有的用鳍片自动电阻焊设备，也有用美国燃烧工程公司专利的PPM膜式自动焊机。^{〔1〕}焊接的探伤用X光探伤机。

为延长锅炉使用寿命，避免使用中出現裂纹和腐蚀，在卷板、弯管和焊接后，进行热处理，以消除应力或减少加工硬化的程度。^{〔23〕}

程^[23]。(图 1-17 中, 转向定位焊、转向焊接, 应是轴向定位焊、轴向焊接)。

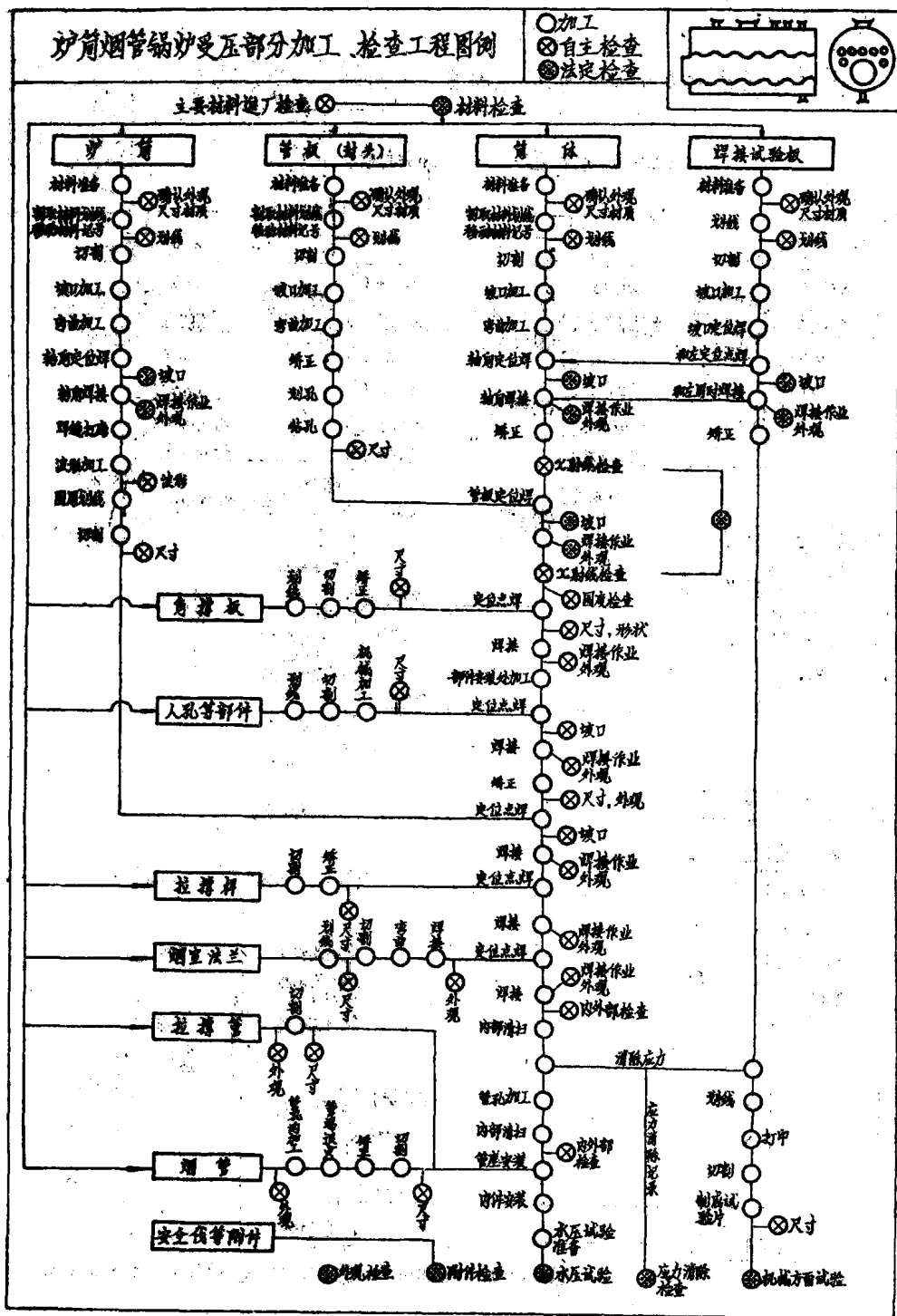


图1-17 炉筒烟管锅炉受压部件制造、检查工序流程