

船用主蒸汽鍋爐的檢驗



周洪喆 編著

人民交通出版社

7547.81-524

船用主蒸汽鍋爐的檢驗

周洪喆 編著

人民交通出版社

本書主要敘述船用主蒸汽鍋爐從建造和修理到開始營運這一過程中的檢驗程序和標準，並介紹了一些用鍋爐在營運中常常發生的缺陷及其消除方法。

本書可供驗船工作者、鍋爐製造人員、船舶輪機員及機務人員閱讀。

船用主蒸汽鍋爐的檢驗

田洪誌 編著

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號

新華書店發行

人民交通出版社印刷廠印刷

*

1959年8月北京第一版 1959年9月北京第一次印刷

開本：787×1092毫米 印張：2張

全書：40000字 印數：1—1000冊

統一書號：15044·6164

定價(10)：0.28元

目 录

序 言

第一章	蒸汽鍋爐的选材	3
第二章	建造与修理中的鍋爐檢驗和标准	13
第三章	船用蒸汽鍋爐常发现的缺陷及其消除方法	33
第四章	鍋爐水压試驗	56
第五章	鍋爐蒸汽試驗、外部检查及航行試驗后的 内部檢驗	57
附录 1	鍋爐烟管及水管在安装前的水压試驗标准	59
附录 2	鍋爐附件及管系的水压試驗标准	60
附录 3	爐胆的測量位置和計算方法	60

序 言

船用主蒸汽鍋爐是船舶蒸汽动力装置中最重要的一部分，它直接使燃料的热能轉化为蒸汽热能以供蒸汽机運轉。由于鍋爐在船上如同人們的心脏，因此保証鍋爐在建造和修理中的質量、營運中的安全和延長鍋爐的使用壽命被作为本書的中心內容。

書中主要敘述船用主蒸汽鍋爐从建造和修理到开始營運这一过程中的檢驗程序和标准，并介紹一些旧鍋爐在營運中常常發生的缺陷。关于鍋爐强度計算，其他有关書籍中均有敘述，故本書不再重复。

目前我国有关船用鍋爐檢驗的書籍尚很少見。个人根据实际工作中的一些心得并将国内各主要修造船厂的經驗及有关資料加以整理，同时又节譯了苏联海运出版社1956年出版的“船用蒸汽鍋爐的損傷及其預防和修理”一書的部分材料，供实际工作人員參攷。

第一章 蒸汽鍋爐的选材

船用蒸汽鍋爐应采用馬丁爐或电爐冶煉出的酸性或碱性鎮靜鋼（全脫氧鋼）制造。

§1 鍋爐鋼板

鍋爐鋼板的制造工艺、鋼板的規格及其热处理等問題，应由鍋爐鋼板制造厂研究解决。制造鍋爐之前，应审查鋼板的化学成份及机械性能試驗証明書，同时要对鋼板作詳細的全面检查：表面有无裂紋、机械损伤、麻点等及内部有无夹灰、渣滓和其他足以影响鋼板强度的缺陷。

制造船用鍋爐的鋼板的化学成份見表1，机械性能見表2。

表1

鋼 类	鋼 号	碳 %	錳 %	矽 %	硫 %	磷 %
			不許超过		不許超过	
碳素鋼	15K	0.12—0.20	0.65	0.15—0.30	0.045	0.045
	20K	0.16—0.24	0.65	0.15—0.30	0.045	0.045
	25K	0.21—0.28	0.80	0.15—0.30	0.045	0.045
鉅 鋼	15M	0.10—0.18	0.4—0.7	0.17—0.37	≤0.04	≤0.04
	20M	0.15—0.25	0.4—0.7	0.17—0.37	≤0.04	≤0.04
鉅鉻鋼	12×M	≤0.16	0.4—0.7	0.17—0.37	≤0.04	≤0.04

注：1)碳素鋼中鉻、鎳和銅的含量各不应超过0.3%，而三者的总和不应超过0.7%；

2)鉅鋼中鉻、鎳各不应超过0.3%，鉅=0.40—0.55，鉅鉻鋼中鎳≤0.3，鉅=0.4—0.55，鉻=0.8—1.1。

表 2

鋼 类	鋼 号	抗拉強度 σ_b 公斤/平方公厘	屈服点值 σ_s 公斤/平方公厘 不少于	伸 长 率 %			冲击 韌性 α_k 公斤公 尺/平方公 分	180°的冷弯 試驗	
				f 当 σ_0 为	δ_{10}	δ_5		鋼板厚度 A 垫板厚度 D	
								$a \leq 30$ 公厘	$a > 30$ 公厘
碳素鋼	15 K	36—44	22	36—38	24	28	3	D=O	D=A
				36—40	23	27			
				41—42	22	26			
				41—44	21	25			
	20 K	41—50	25	41—42	22	26	7	D=A	D=2A
				43—44	21	25			
				45—47	20	24			
				43—50	19	23			
	25 K	45—55	23	45—43	20	24	6	D=2A	D=3A
				49—52	19	23			
				53—55	18	22			
中錳鋼	—	51—65	34	—	16	—	6	D=2A	—
鉬 鋼	15M	34—43	26	—	20	—	7	D=2A	—
鉬 鋼	20M	45—55	29	—	18	—	7	D=2A	—
鉬鉻鋼	12×M	45—55	30	—	18	—	6	D=2A	—

注：1) 抗拉强度允許比表 2 中規定数值多 3 公斤/平方公厘，但其他性能均須符合上表中的規定。

2) 在下述情況下，伸長率允許比規定数值減低：

(1) 鋼板厚度大于 21 公厘时，每增加 1 公厘允許減低伸長率 0.25%，但鋼板厚度在 21 公厘到 31 公厘之間时，伸長率的減低量不許超过 2%；

(2) 鋼板厚度超过 31 公厘时，伸長率的減低量不許超过 3%。

3) 屈服点的数值并非百分之百地准确（一般在强度曲綫上很不明顯），因此它不能作为决定廢品的依据。

4) 凡工作温度不超过 400°C 的鍋爐，可采用碳素鋼和中錳鋼；工作温度为 400—500°C 时，可采用鉬鋼和鉬鉻鋼。

5) 碳素鋼（15K、20K）可用于由于弯边、模压、焊接以及直接接触火焰或燃气而温度超过 700°C 的鍋爐各部件（爐胆、燃燒室、管板等）。

6) 碳素鋼（25K）可用于不直接接触火焰的鍋爐各部件（爐壳板、复板等）；中錳鋼可用于汽、水联箱；鉬鋼、鉬鉻鋼可用于过热器管、过热器联箱等。

对鍋爐鋼板除上述机械性能試驗外，还应补作下列試驗：

1. 老化感受性試驗。先取不小于100公厘长的試样，予以拉伸到等于10%的永久变形，然后在其工作部分作冲击韌性試驗（試驗前將試样置于250°C的油或空气內加热，約保持1小时，再經空气冷却至室溫15°C—25°C，此时作冲击韌性試驗，將測出的冲击韌性值与老化感受性試驗前的韌性值比較，便可示出鋼板的衰老程度）。15K号碳素鋼的比較值不許小于50%；20K号碳素鋼的比較值不許小于60%。凡用15K和20K的碳素鋼制成的鋼板，勿須进行老化感受性試驗。

2. 断口組織均匀性試驗。試样經折断后，检查截面上結晶顆粒的大小是否均匀、細密，同时不应有夹层、雜質、气孔等缺陷。鋼板厚度小于25公厘时，允許断面上有总长不超过20公厘的发紋和分层，单独发紋不应超过10公厘；厚度大于25公厘时，发紋长度不应超过15公厘。

3. 焊接性試驗（鍋爐为焊接結構）。順着試样上的焊縫折断后，检查断面上有无雜質、气孔及未焊透等缺陷，同时检查焊縫与基本金属交界处的硬度，該处硬度值应接近基本金属的硬度值。

船用鍋爐鋼板亦可用下列碳素鋼材制成，鋼号如下表中所示，化学成份見表3，机械性能見表4。

表 3

鋼 类	鋼 号	碳 %	錳 %	硫 %	磷 %
			不 少 于		
碳素鋼	3 TC	0.12~0.20	—	0.04	0.04
	4T	≤0.26	0.6	0.04	0.04
	5K	≤0.30	—	0.05	0.05

表 4

鋼 类	鋼 号	抗 拉 强 度 σ_b 公斤/平方公厘	伸 长 率 %	180°的冷弯試驗	
				鋼板厚度 A 垫板厚度 D	
				在冷状态时	試驗不可淬性
碳素鋼	3 TC	38—41	25	—	D=0
		41—43(不包括41)	24	—	D=0
		43—45(不包括43)	23	—	D=0
	4T	41—43	23	—	D=4
	5K	47—52	21	D=1.5A	—
		52—56(不包括52)	20	D=1.5A	—

注: 1) 碳素鋼 (3TC, 4T) 鋼板可用于弯边、模压、焊接 以及 直接接触火焰或燃气的鍋爐各部件。

2) 碳素鋼 (5K) 鋼板可用于不直接接触火焰且在制造时不弯边、模压等的鍋爐各部件。

对上述船用鍋爐鋼板除进行机械性能試驗外, 还应进行: 断口組織均匀性試驗和焊接性試驗 (鍋爐为焊接結構)。以上两种試驗的方法和要求已在前面叙述过了。鋼板厚度大于12公厘时, 还应进行冲击韧性試驗, 允許标准不許少于以下規定:

碳素鋼 (3TC及 4T) 8 公斤公厘/平方公分

碳素鋼 (5K) 6 公斤公厘/平方公分

§2 鍋 爐 牵 条

接触火焰的牵条可用15K和20K 碳素鋼制造, 不接触火焰的牵条可用25K 碳素鋼制造。

对牵条鋼材, 除进行拉力、冷弯試驗外, 对长牵条还应进行冷鍛粗或热鍛粗試驗。

1. 冷鍛粗試驗。試驗的高度等于直径的两倍, 在 冷 状 态

下鍛打，使鍛打后的高度为原高度的 0.4，检查表面有无裂紋、撕裂、斑点和附着的班皮等缺陷。

2. 热鍛粗試驗。試样的形状与冷鍛粗的試样相同，圓鋼直径大于30公厘时，在热状态下鍛打，使鍛打后的高度为原高度的 $\frac{1}{2}$ ，检查表面有无裂紋、撕裂、斑点和附着的班皮等缺陷。

鍋爐上其他次要的部件：角鋼、框架、烟箱、外罩板及灰坑等，凡接触火焰者采用15K和20K 碳素鋼，不接触火焰者采用25K 碳素鋼。

§3 烟 管

鍋爐烟管应用馬丁爐或电爐冶炼出的酸性或碱性 鎮 靜 鋼 (全脫氧鋼) 制造，同时烟管应是整拉或整軋的无縫鋼管。

关于烟管的加工、热处理及其尺寸标准应由制造厂进行和規定，但在安装到鍋爐上之前，应进行下列机械試驗：

1. 拉力試驗。

2. 拉伸試驗。

以上兩項机械試驗标准見表 5。

3. 扩口試驗 (在冷状态下)。用一錐度为 $\frac{1}{10}$ 的模子进行扩管，管壁厚度小于 4 公厘的管子，外径扩大10%；較厚的管子，外径扩大 6%。然后检查管子表面有无裂紋和其他缺陷。

表 5

鋼 号	抗拉强度 σ_b 公斤/平方公厘	伸 长 率 δ_{10} %
	不 少 于	
CT10	32	20
CT20	40	17

4. 压扁試驗。从管端割取长约 100 公厘的圓环，在冷状态下压扁，使管壁間的距离二倍于管壁厚度，这时管壁不应折断

和有裂紋。

5. 翻边試驗。在冷状态下将管壁向外翻轉 90° ，管子外径小于60公厘时，翻边的宽度只需8公厘；外径大于60公厘时，則外径每增加10公厘，翻边宽度增加1公厘，此时翻边宽度不应小于管壁厚度的1.5倍，管子經過翻边試驗后，不应有撕裂和裂紋。

注：碳素鋼制成的烟管中，硫、磷的含量各不得超过0.045%。

§4 沸水管和过热蒸汽管

鍋爐沸水管和过热蒸汽管应采用馬丁爐或电爐冶炼出的酸性或碱性鎮靜鋼（全脫氧鋼）制造，也可采用合金鋼。管子应為无縫鋼管。

用低碳素鋼制成的管子，其机械性能如下：

拉力試驗时的抗拉强度 σ_s 不应少于35公斤/平方公厘；

伸长率 δ_{10} 不应少于23%；

且硫、磷含量各不应超过0.045%。

工作溫度超过 400°C 的管子，用鉬鋼和鉬鉻鋼（表2）制造。凡用焊接連接的管子均应进行焊接性試驗，其方法与要求和第一节鍋爐鋼板的第3項相同。

§5 鍋 爐 鉚 釘

鍋爐鉚釘应由馬丁爐或电爐冶炼出的酸性或碱性鋼材制成，对鉚釘应进行下列試驗和检查：

1. 拉力試驗。
2. 冷鐵粗試驗。
3. 热鐵粗試驗。
4. 冷弯試驗。
5. 拉伸試驗。

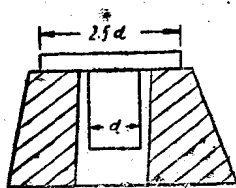


图 1

6. 打扁試驗：把鉚釘燒到赤熱，在孔模上打扁（圖1），不應有撕裂現象。

鉚釘機械性能試驗見表 6

表 6

鋼 類	鋼 號	用 途	抗拉強度	伸長率%		冷鍛	熱鍛	打扁	附 注
			σ_b	δ_{10}	δ_5	粗試驗	粗試驗	試驗	
			公斤/平方公厘			$\frac{h_1}{h}$	$\frac{h_1}{h}$	$\frac{D}{d}$	
				不少于					
碳 素 鋼	CT2C	鍋爐接觸火 焰部分	34—42	26	31	0.4	1/3	2.5	k —未鍛粗 前高度 h_1 —鍛粗后 高度
	CT4 ϕ	鍋爐圓筒及 其他重要部分	41—47	23	27	0.75	1/3	2.5	d —鉚釘直 徑 D —鉚釘頭 打扁后直徑

注：1) 碳素鋼中的化學成份不應超過下述規定：

硫——0.05%；磷——0.05%；鉻——0.3%；錳——0.3%；銅——0.25%。

2) 鉚釘直徑不滿 8 公厘時，直徑每減少 1 公厘，伸長率允許降低 1%。

7. 檢查硫的偏析：把溴化銀相紙浸入 5 % 硫酸溶液中，經過 3 分鐘后，取出放在吸水紙上吸干，然後緊貼在磨光的試樣上約 3 分鐘，再取下水沖洗，并用蘇打（硫代硫酸鈉）溶液定影，時間為 10 分鐘，最後以水沖洗 15 分鐘，紙上顯出黑色區域便是硫集聚的地方，如發現硫有顯著的集中，這種鉚釘不能使用。

鍋爐上的鉚釘，應經車床光車，使鉚釘形狀、尺寸完全準確，同時表面不應有任何裂紋、斑點、氣孔等缺陷。

§6 鍋爐用焊條

目前我國新製造的焊接結構蒸汽鍋爐，均系採用手工電弧

焊接法，因此本节仅叙述手工电弧焊所用的焊条材料，焊条的机械性能及化学成份见表7。

表7

焊条类型	焊条牌号	机械性能标准					化学成分标准	
		熔注金属		焊接接头			熔注金属	
		抗拉强度 公斤/平方公厘	伸长率 %	冲击韧性 公斤公尺/平方公分	弯曲 度数	抗拉强度 公斤/平方公厘	硫 %	磷 %
		不 小 于					不 大 于	
手—I	Э42А	42	22	14	180	42	0.05	0.05
手—II	Э42	42	18	8	120	42	0.05	0.05
手—III	Э38	38	15	8	90	38	0.05	0.05
手—IV	Э34	34	—	—	30	34	0.05	0.05

注：1) 被焊接鍋爐鋼內的含碳量不應超過0.22%，錳——0.8%，鎳、鉻、銅各不超過0.3%。含碳量超過0.22%時，應採用特別焊接工藝。

2) Э42焊條用於鍋爐次要部分，即不受熱應力、變負荷和沖擊負荷作用等處。

3) Э38焊條可用於鍋爐次要部件和結構中。

4) Э42焊條可用於在高温或低温下承受動負荷及靜負荷的各部件，但其塑性較低。

5) Э42А焊條可用於鍋爐各重要部件及在高温或低温作用下承受動負荷及靜負荷的各个部件，其塑性較高。

§7 鍋 爐 附 件

鍋爐上的所有附件以及過熱器聯箱均可採用鑄鋼制成，同時承受過熱蒸汽的附件也可採用鉚鋼材料，它們的機械性能和化學成份見表8和表9。

鍋爐上的一些閥和閥壳也可用有色金屬來製造，它們的化學成份和機械性能見表10。

表 8

鋼 类	鋼 号	抗拉强度 σ_b 公斤/ 平方公厘	屈服点值 σ_s 公斤/ 平方公厘	伸长率 $\delta_5\%$	断面收缩 率 $\psi\%$	冲击韧性 α_k 公斤公尺/ 平方公分	冷弯 角度	硬 度 HB
		不 少 于						
碳素鋼	25	45	23	22	35	4	90	124—178
	35	50	25	15	25	3.5	90	138—190
鉍 鋼	—	50	7	20	40	4.5	90	145—191

表 9

碳 %	錳 %	矽 %	硫 磷				鉍、%	鉻 %	鎳 %
			不 大 于						
0.20—0.30	0.50—0.90	0.17—0.37	0.05	0.06	0.05	0.06	—	0.30	0.50
0.30—0.40	0.50—0.90	0.17—0.37	0.05	0.06	0.05	0.06	—	0.30	0.50
0.20—0.30	0.50—0.75	0.20—0.40	0.04	—	0.04	—	0.4	0.30	0.30

表10

合金名称	合金的牌号	化 学 成 份 %							浇 铸	抗拉强度 σ_b 公斤/平方厘米	伸长率 δ_5 %	硬度 H _B	
		铜	铁	锰	砂	铅	铝	锡					铍
砂黄铜80-3П	ЛК80-3П	79-81	—	—	2.5-4.5	—	—	—	砂子内 其余铁模内	25 30	10 15	100 —	
锰黄铜58-2	ЛМ58-2	57-60	—	1-2	—	—	—	—	其余砂子内	35	20	90	
锰铁黄铜55-3-1	ЛМцХ55-3-1	53-58 0.5-1.5	3-4	—	—	—	—	—	砂子内 铁模内	45 50	15 10	100 100	
铝锰青铜9-2	БрАМ9-2	其余	—	1.5-2.5	—	—	8-10	—	砂子内	40	20	100	
镍铜铁锰合金 28-2.5-1.5 (蒙内尔合金)	НМДКМн 28-2.5-1.5	其余	2-3	1.2-1.8	—	—	—	—	砂子内 铁模内	35 38	20 20	— 100	

注：1) 铜铸件几乎完全采用铸件，因此表10完全是浇铸的有色金属。

2) 砂黄铜80-3П，锰黄铜58-2，锰铁黄铜55-3-1及铝锰青铜9-2仅用于蒸汽温度不超过265°C的附件。

3) 镍铜铁锰合金28-2.5-1.5可用于蒸汽温度在300°C到500°C间的铜铸件。

4) 铜铸件的主要附件一般采用锰黄铜53-2和铝锰青铜9-2。

第二章 建造与修理中的鍋爐

檢驗和标准

目前我国新建造的船用蒸汽鍋爐中，絕大多數采用焊接結構，因此本章主要介紹焊接結構鍋爐的檢驗和标准，同时附帶介紹一些营运中的鉚接結構鍋爐在修理中的檢驗和标准。

焊接鍋爐前，应检查鍋爐各部件的材料及焊条等，使确实符合第一章內的标准，同时各焊縫在焊接前应很好清洁。对主要焊縫，除进行焊接性試驗（見第一章）外，还应进行机械性能試驗：检查焊縫的抗拉强度試驗、弯曲試驗和冲击韌性試驗并应符合第一章表 7 中的标准。焊接后的各主要焊縫应由X 光或Y 射綫透視检查。

注：透視中發現焊縫內有缺陷时，則应在其附近繼續透視，直到所定缺陷的长度为止，将有缺陷处（該缺陷足以影响焊縫質量和強度）批掉重新焊接。

§8 鍋爐各種焊縫的標準形狀（包括過熱器）

1. 兩塊厚度相同的鋼板的焊縫標準形狀。

焊縫 形狀 序號	坡 口 的 准 備	焊 成 的 焊 縫
1		
2		
3		

圖 2

注：1) 焊縫的允許偏差：坡口角度 $\pm 5^\circ$ ；磨鈍 ± 1 公厘；間隙 ± 0.5 公厘；焊縫隆起高度 ± 1 公厘。

2) 對豎焊及仰焊，焊縫隆起高度允許偏差為 $\pm \frac{2}{1}$ 公厘。