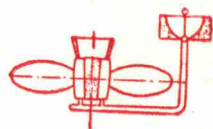
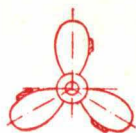


球 墨 鑄 鉄 在修造船方面的应用

王世英 編著

人 民 交 通 出 版 社



球墨鑄鉄在修造船方面的应用

王世英 編著

人民交通出版社

本書簡要地介紹了球墨鑄鐵在修造船方面的應用範圍、它的操作過程和熱處理工藝等，尤其對制作球墨鑄鐵時常常碰到的黑斑及夾雜等缺陷，作了系統的分析，並提出了實際可行的防止辦法，對降低球墨鑄鐵鑄件的廢品率，是有現實意義的。

本書可供船廠，零修站主修人員，鑄造人員、機務人員和中等文化程度的船員等閱讀、參考之用。

球 墨 鑄 鐵 在 修 造 船 方 面 的 應 用

王世英 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証出字第〇〇六號

新 華 書 店 發 行

人民交通出版社印刷廠印刷

*

1959年9月北京第一版 1959年9月北京第一次印刷

開本：787×1092 1/32 印張：1 3/4 張

全書：41,000 字 印數：1—700 冊

統一書號：15044·5185

定價(9)：0.21元

目 录

前 言	2
第一章 球墨鑄鐵的特性及其应用	3
第二章 船机上球墨鑄鐵鑄件鑄造 工艺	14
§ 1. 船用內燃机曲軸	14
§ 2. 推进器	27
§ 3. 活塞环	31
§ 4. 齒輪	33
§ 5. 考克芯子、搖臂、拉杆	37
第三章 球墨鑄鐵鑄造中的缺陷及其处理	38
§ 6. 黑斑	38
§ 7. 縮孔和縮松	41
第四章 球墨鑄鐵的热 处理	45
§ 8. 球墨鑄鐵热处理的意義	45
§ 9. 球墨鑄鐵的类型	46
§ 10. 正火处理	48
§ 11. 退火处理	51
§ 12. 淬火和回火处理	55
第五章 利用低質生鉄制作球墨鑄鐵和 節約用鎂量	57

前 言

近年来，球墨鑄鉄发展极为迅速，无论是在使用范围方面，还是在球化处理 and 球化理論方面，我国都取得了巨大的成績。特别是大跃进以来，我国的鑄造工作者解放思想，破除迷信，已經用球墨鑄鉄制造出无縫鉄管、热軋齿輪和高速柴油机零件等，并且汽輪机、水輪机的叶輪和主軸，也采用球墨鑄鉄試制成功。

球墨鑄鉄是1947年世界上才試驗成功的一种新型的金属結構材料，不仅制作容易，成本低廉（它只相当于鑄鋼价格的 $\frac{1}{2}$ 或更低），而且具有良好的机械性能，除了冲击和延伸性比鋼略低外，耐磨、耐蝕、抗震和抗氧化等性能，都比鋼好，并且抗拉强度很高，可以代替各种貴重鋼材制作許多重要的机器部件。

机械工业所提出的响亮口号：“以鉄代鋼、以鑄代鍛”，是非常适时的。目前，由于我国机械工业迅速飞跃的发展，某些方面出現了原材料不足的现象。广泛使用球墨鑄鉄，是解决当前鑄鋼、鍛鋼供应不足的最有效的措施。

随着客观形势的发展，党和政府正在全国范围内大力地发展水运事业，这样，势必要增添許多船只来满足运输上的需要，同时，大、中、小型的修造船厂和零修站也如同雨后春笋般地在各省、各县兴建起来。如何来满足修造船方面原材料的供应呢？这的确是件大事，所以进一步扩大球墨鑄鉄的使用范围，使它被应用到修造船各个方面去，在目前來說，是有較大的现实意义的。

作 者

第一章 球墨鑄鐵的特性及其應用

球墨鑄鐵是一種新的科學技術產物，是一種新型的結構材料。最近幾年來，世界各國都在廣泛地運用它和研究它，使它在機械製造、冶金、航空、航海和運輸事業中的地位日益提高，但對球墨鑄鐵的性能如何能適當地、有效地掌握和運用在某些零件上的問題，尚須作長時期的研究和探討，這裡僅就它某些方面的特性，對它在修造船方面的作用，作一個概括的敘述。

1. 結構強度 球墨鑄鐵能廣泛地被用來代替高級鑄鐵、可鍛鑄鐵和鍛鋼材料等，它除了具有其他的各項優良的特性之外，更具有較高的強度、屈伏極限、比例極限和硬度。從表 1 中，可以獲得一個比較明確的概念。

球墨鑄鐵與灰鑄鐵、孕育鑄鐵和 45 號
鍛鋼機械性能比較表

表 1

球墨鑄鐵 牌 號	機械性能 (不小於)				布氏硬度 H _B
	抗拉強度 公斤/毫米 ²	屈 伏 點 公斤/毫米 ²	延 伸 率 %	沖擊值公尺 /厘米 ² (無 缺口試樣)	
B45-0	45	36	—	—	137~255
B450-1.5	50	37	1.5	1.5	137~255
B460-2	60	42	2.0	1.5	137~269
B45-5	45	33	5.0	2.0	170~207
B440-10	40	30	10.0	3.0	156~197
灰 鑄 鐵	12-28	—	—	—	143~241
孕 育 鑄 鐵	45-50	—	0-1.5	—	137~255
45 號鍛鋼	64.55-66.3	36.9-40.7	24-26	5-9	180~199

从表 1 中获知，球墨鑄鉄具有很高的抗拉强度，它比灰鑄鉄高出 4、5 倍，比孕育鑄鉄高出 1 倍，接近鍛鋼。布氏硬度比鍛鋼要强，只是延伸率和冲击值較鍛鋼低，但比起灰鑄鉄和孕育鑄鉄来，却优越得多。被用作柴油机曲軸和凸輪軸的材料，球墨鑄鉄是完全可以胜任的。曲軸对延伸率的要求不高，一般 1 % 也就够了；至于对冲击值的要求也不过高，能达到 1.5 公斤/厘米² 也满足了。在这些方面，球墨鑄鉄都可以合乎曲軸的设计要求。苏联在 1952 年即利用它作为 600 匹馬力、每分钟 1500 轉較大型柴油机上的曲軸材料，美国福特汽車公司每天生产万根以上球墨鑄鉄汽車曲軸。事实証明，这种材料完全可以代替价值較昂，而且鍛造不易的 45 号鋼。

球墨鑄鉄被用来代替 45 号鍛鋼制作船用內燃机曲軸的技术經济效果，也是极其优越的，其二者比較情况列入表 2 中。

表 2

	鍛 鋼 曲 軸	球 墨 鑄 鉄 曲 軸
毛坯重量 (以 % 表示之)	100	33.4
成品重量 (以 % 表示之)	100	89.5
总的制造复雜程度 (以 % 表示之)	100	42.8
其中机械加工量 (以 % 表示之)	100	22.0
成 本 (以 % 表示之)	100	28.6
制造延續時間 (以 % 表示之)	100	33.3

再来研究球墨鑄鉄曲軸的疲劳强度性能，因为曲軸是在承受各种負荷及应力分布极不均匀的条件之下工作的。在內燃机工作过程中，由作用在曲軸上的負荷所造成的弯曲与扭轉力矩的大小和方向都在时刻交变着，所以曲軸应具有足够的疲劳强度。根据試驗，球墨鑄鉄和鋼曲軸材料比較，在两种材料的抗

拉强度相同的情况下，前者的疲劳强度应该相等或高于钢；当球墨铸铁的抗拉强度高于钢时，它的疲劳强度应当比锻钢为高。

表 3

材料类别	交变弯曲的疲劳强度 (公斤/毫米 ²)							
	光滑试样		光滑带孔试样		带肩试样		带肩带孔试样	
铁素体球墨铸铁	22.5	100%	19.5	86.6%	16.7	74.2%	15.5	68.82%
珠光体球墨铸铁	25.5	100%	20.5	80%	17.2	67.5%	15.5	60.8%
45号钢	30.5	100%	21.5	70.77%	19.5	63.82%	15.5	50.8%

表 3 是球墨铸铁和45号钢曲轴材料各种试样的疲劳强度。由表列数值可以知道：在光滑试样的情况下，45号钢的疲劳强度比球墨铸铁为高，但在带孔、带肩及同时带肩、带孔的试样中，钢的疲劳强度降低很快，这说明在这种情况下，球墨铸铁的优越性就更大了。对于铸造曲轴来说，它的弯曲疲劳强度在实际工作条件下，并不弱于45号钢。由上面的资料中可以认为，在交变弯曲负荷下，球墨铸铁作为曲轴材料是能满足要求的。

在扭曲的情况下，钢试样比球墨铸铁具有较低的抗震性及对缺口的敏感性，其数值大约如表 4 所示。

表 4

	球墨铸铁	45号钢
在扭转振动情况下的抗震性 φ (%)	4~8	2~4
在缺口的影响下，扭转疲劳强度的降低(%)	小于25%	小于60%

又根据试验所得的扭转疲劳强度数值列入表 5 之中。

表 5

	鋼		鑄 鐵	
抗拉強度 (公斤/毫米 ²)	60	90	37	58
扭轉時曲軸的疲勞強度 (公斤/毫米 ²)	42	11	5.6	6.7

上述資料說明，當曲軸在受扭轉應力較高的情況之下，用球墨鑄鐵作曲軸材料，不僅完全可靠，且比鋼更為堅固。

在我國內地，要獲得較大型柴油機曲軸材料，是相當困難的，往往由上海澆出鋼錠，運至太原等地軋鋼，再運回上海鍛打，然後再運至內地加工安裝，往返數千里，毛胚成本極高，是很不合算的。目前航運事業正在大規模地躍進，修造船廠担负了很重的造船、造機任務，還要支援農村電力、灌溉的需要，中、小型柴油機要求數量很多，材料往往供不應求，尤其45號鍛鋼曲軸材料，供應更形緊張，因此，以球墨鑄鐵來製造曲軸，是一條良好可行的途徑。

2. 耐磨性 球墨鑄鐵具有較高的耐磨性能。在無潤滑的條件下，珠光體或珠光體-鐵素體（鐵素體在40%以下）基體的球墨鑄鐵耐磨性，超過珠光體基體的孕育鑄鐵的耐磨性，也超過青銅（OLC5-5-5）和黃銅（JIC59-1）的耐磨性好幾倍。

在帶有潤滑油工作的條件下，球墨鑄鐵的耐磨性比青銅和黃銅都差，但經表面淬火後，其試樣的磨耗量與青銅、黃銅差不多。

球墨鑄鐵對鋼的摩擦係數，在無滑潤的條件下為0.45~0.50；在帶有滑潤油工作時為0.05~0.058，約為青銅和黃銅的3倍。

球墨鑄鐵可被推薦來代替在無滑潤摩擦部件上工作的零件

所用的灰鑄鐵和可鍛鑄鐵，可以被推荐为在有潤滑油条件下工作的某些滑动軸承上用的有色耐磨合金，不过，負荷要平稳，而单位負荷和相对滑动速度的最大值如下：

单位压力(公斤/厘米 ²)	100	75	50
相对滑动速度(米/秒 ²)	1.0	1.5	2.0

球墨鑄鐵用来浇注曲軸，除了它的强度合乎要求以外，其耐磨程度的好坏，也是在使用时要特别考虑的。有这样的一个試驗：发动机轉动1000小时以后，鍛鋼曲軸連杆軸頸的磨損为0.08~0.12毫米，支承軸頸的磨損为0.07~0.08毫米；球墨鑄鐵的連杆磨損为0.025~0.03毫米，支承軸頸的磨損为0.05~0.055毫米。

发动机的運轉是在有滑潤的条件下进行的。

由上面的記錄判定，球墨鑄鐵用作曲軸比鍛鋼的磨耗量小得多。

球墨鑄鐵也是船用机械活塞环的良好材料。活塞环在汽缸內工作，需要有良好的耐磨性、耐热性和优良的弹性，这些性能，都是球墨鑄鐵所具备的。

球墨鑄鐵还可以全部地代替高級灰口鑄鐵，用来制造船机上的汽缸、活塞、汽閥、齒輪等等，它們都是在摩擦的条件下工作的。

鑄造船舶上和船厂里加工和維修用的机床床面，球墨鑄鐵也是很理想的金属結構材料。

3. 耐热性 球墨鑄鐵組織中的石墨成球形，体积小，在高温时气体不容易沿石墨縫隙渗入金属內部而促成氧化作用，致使机械性能降低。同时，球墨鑄鐵組織中有一定数量的鎂存在，它使金属晶粒微細，而且經過球化和孕育处理的球墨鑄鐵，鉄質中所含的气体极少，硫的含量很低，所以促成球墨鑄

鉄具有良好的耐热性能。

球墨鑄鉄的高温机械性能見表 6。

不同温度和試驗時間下測定的各种材料的机械性能

(三个試样的平均值)

表 6

材 料 名 称	温 度, °C									
	20		425				500			
	抗拉強 度公斤 /毫米 ²	延伸 率	短期截荷 試 驗		長期截荷試 驗400小时		短期截荷 試 驗		長期截荷試 驗400小时	
			抗拉強 度公斤 /毫米 ²	延伸 率%	抗拉強 度公斤 /毫米 ²	延伸 率%	抗拉強 度公斤 /毫米 ²	延伸 率%	抗拉強 度公斤 /毫米 ²	延伸 率%
鑄鋼(CT25)	56.2	21.3	40.6	23.6	20.8	22.4	25.4	24.8	10.8	16.5
Π—球墨鑄鉄	59.7	1.2	52.9	7.2	26.5	10.6	37	11.1	13.2	11.9
Φ—球墨鑄鉄	44.1	15.8	35.9	14.6	22.2	6.2	22.8	15.2	8.0	11.2
Π-Φ可鍛鑄鉄	49.6	2.2	39.3	4.8	20.8	6.9	24	5.8	9.1	7.9
Φ—可鍛鑄鉄	25.3	5.9	20.3	4.7	11.7	7.0	12.8	4.6	7.4	9.2
孕育鑄鉄	22.3	—	22.0	—	13	1.2	16.3	—	7.0	0.9

由表 6 中看出, 球墨鑄鉄在常温和高温下的机械性能与鑄鋼相近似, 因此可以采用球墨鑄鉄来制造在温度低于 425°C、压力小于 40 公斤/厘米² 情形下工作的气閥附件。

球墨鑄鉄的化学成份中, 如果矽的含量达到了 5~6% 的时候, 則被称为高矽球墨鑄鉄, 它的鑄造性能良好, 綫收縮率和普通灰口鉄相似, 而流动性比普通灰口鉄高。高矽的球墨鑄鉄具有很高的耐热性能, 其抗生长性和抗氧化性和 X—28 高鉻鑄鉄相似, 在 1000°C 时, 氧化和生长現象仍然非常微小, 适用于鑄造在 900~1000°C 温度下工作的机件。不过它在常温下的脆性較大, 在操作过程中应避免冲击。

球墨鑄鉄具有优良的耐磨、耐热的性能和高的强度, 这正

是船机中需要的活塞环的好材料。用球墨鑄鉄制造活塞环时,还要考虑一下它的弹性。試驗結果表明,球墨鑄鉄活塞环的弹性比普通片状石墨鑄鉄及各种合金的片状石墨鑄鉄都要高得多。

各种鑄鉄活塞环的弹性及弹性系数 表7

性 能	鑄 鉄 类 别				
	普 通 灰鑄鉄	鉻 鎳 鉬 合金鑄鉄	錫合金 鑄 鉄	銅合金 鑄 鉄	球墨鑄鉄
彈性Q (公斤)	0.94	1.50	1.80	1.50	2.30
彈性系数E (公斤/ 毫米 ²)	7350	12550	15000	12600	19100

由試驗得知,球墨鑄鉄的耐热性比同成份的片状石墨鑄鉄及鉻鎳合金鑄鉄都高。

如果船舶动力中的活塞环工作正常,則能保証發揮机器的有效馬力。过去制造活塞环的材料大都是高級鑄鉄或 合 金 鑄鉄,往往发生耐热、耐磨性能不良,或弹性丧失而損失了馬力的缺陷,停泊检修所耗費的工时很多,如果能利用球墨鑄鉄作活塞环的材料,那么就可大大提高它的使用寿命,减少必需的儲备量,使停車修理的工时大为减少,并能更有效地加速船舶的周轉,这在航运經濟上,是有重大意义的。

4. 耐腐蝕性 球墨鑄鉄的耐蝕性在空气中与灰口鑄鉄相似,也与普通的碳素鋼相近似。

当球墨鑄鉄的基体中含有銅、鎳或表面进行了氮化处理之后,都可以提高耐蝕性。例如用球墨鑄鉄制的海水閥的外壳、閥、管子接头及其他类似的部件,寿命均較过去延长。現在世界航运发达的国家,在大型油輪上装載各种不同的液体貨,也用球墨鑄鉄制造各种耐腐蝕作用的管子,并且其强度远远超

过灰口鑄鉄，从而在设计制造时，将管子横截面及管壁厚度减薄，整个重量因而减轻不少。

球墨鑄鉄具有很高的强度和优良的耐蚀性能，故完全能作船舶推进器的材料。实践证明，这种推进器对于空泡破坏力具有高度的抵抗能力。我国目前的船舶推进器，大都系用錳鉄黃銅或鋁錳青銅制成，此种材料的价值极其昂貴，而在鑄造工艺上，相当費事，易出废品。由球墨鑄鉄制造的推进器，性能优良，鑄造工艺又不太費事，經濟效果又高。它可以完全代替高級的合金銅料来鑄造船舶推进器，为航运事业服务。

其他如船用裝飾品、船机上的軸承底壳、油門等，也可利用球墨鑄鉄鑄造。

5. 抗震性 片状石墨鑄鉄具有很高的抗震性，所以灰口鑄鉄音短而低，在抗震作用上是一种良好的結構材料。球墨鑄鉄的抗震性不如灰口鑄鉄，但比起鋼来要好得多。图 1 表示石墨对抗震性的影响。

球墨鑄鉄的抗震性不如灰口鑄鉄，但前者的結構强度比后者要高得多，所以珠光体的球墨鑄鉄柴油机座，无论在强度上、抗震性和經濟耐用等效果方面，都是比較合乎理想的結構材料。

6. 冲击韌性 球墨鑄鉄的冲击韌性較低，进行无缺口試样（ 20×20 或 10×10 毫米）試驗时，冲击韌性的最小值为 3 公斤·米/厘米²），相当于鋼材最常用的梅氏試样試驗数值的 0.8~1.0 公斤·米/厘米²。在有些情况之下，所得之試驗結果还要低，往往不超过 0.5 公斤·米/厘米²。所以提高球墨鑄鉄的冲击韌性，以适合机件的設計需要是非常重要的任务。按苏联的先进經驗，将鑄鉄中的矽量控制在 2.7% 以下、磷小于 0.08%、錳量小于 0.5% 时，可具有最高的韌性，冲击值可达 10~15 公斤·米

厘米²。其具体的結論是：球墨鑄鐵仅在韌性状态时才能得到很高的冲击韌性，而磷、矽含量低一些，含錳量也儘可能低一些，加一些鎢（为0.5%），并从650~750°C快冷，即可获得很高的冲击韌性的球墨鑄鐵。

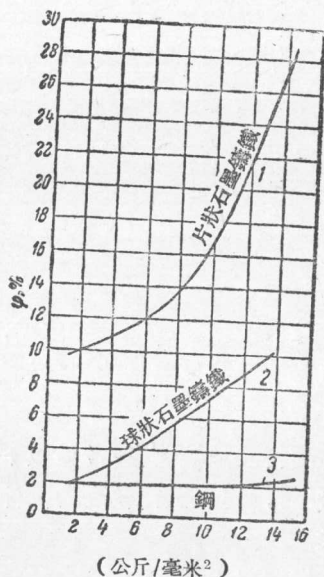
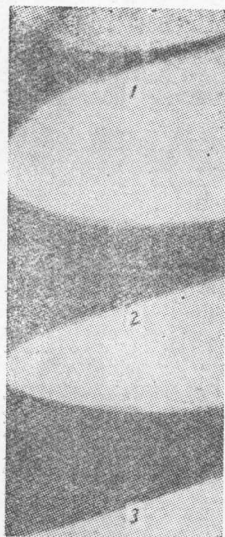


图1 石墨对鑄鐵抗震性的影响

考虑冲击韌性經常是促使机械的重要零件采用鋼鑄件的主要原因。过去，設計師們不敢大胆使用球墨鑄鐵，最主要的原因，是顧慮到它的冲击韌性低。以前对冲击韌性的研究不够完善，所得之数值也較低，事实上如果从化学成份上加以控制和改进，是能获得令人滿意的成績的。图2表示球墨鑄鐵、可鍛鑄鐵和灰口鑄鐵的硬度与冲击值的关系。

7. 延伸率 球墨鑄鐵具有优良的延伸性，在鑄态时，珠光

体占基体組織的90%以上、其余是铁素体时，延伸率通常在5%左右。如果铁素体占基体組織的80%左右，它的延伸率可以达到10%以上。

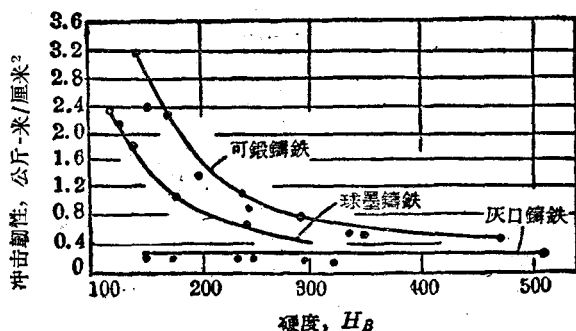


图2 球墨鑄鐵、可鍛鑄鐵和灰口鑄鐵的硬度与冲击值的关系

球墨鑄鐵經過热处理之后，延伸率高达20%以上，而且不怎么影响或降低其他的各种性能和强度。这个特性，还是别种金属望尘莫及的。

如将矽量控制在2.7%以下，磷量低于0.08%，錳量低于0.5%时，可以获得較高的延伸率，退火后，它的延伸率还可以进一步提高。

根据以上分析的多方面的特性，球墨鑄鐵用来制作船用机件，很大一部分是完全可以胜任的，現将推荐材料列表如下。

表 8
推荐球墨鑄鐵鑄造船舶蒸汽机主輔机及輔件名称表

号編	零 件 名 称	原 使 用 材 料	推 荐 材 料
1	无插入衬套的汽缸和汽缸衬套	鑄鐵C421-40·C424-44 C418-36	B460-2
2	有插入衬套的汽缸	鑄鐵C421~40·C418-36	B460-2
3	汽缸和衬套	鑄鐵C424-48·C432-52	B460-2

4	汽缸蓋, 汽門室蓋, 汽閥室蓋	鑄鐵C418-36·C421-40	B460-2
5	汽門室和汽閥室	与制造汽缸的材料相同	B460-2
6	活 塞	鑄鋼15-4020.15-4024, 25-4518	B460-2
7.	活塞環圈	鑄鐵C421-40. C424-44 C428-43	B460-2
8	圓汽門, 方汽門, 活塞式汽門	鑄鐵C418-36·C421-40·C424-44	B460-2
9	偏心外輪	鑄鋼15-4020.25-4518	B460-2
10	蒸汽机座板	鑄鐵C418-36·C415-32	B460-2
11	蒸汽机支架	鑄鐵C418-36·C415-32	B460-2
12	蒸汽机導板	鑄鋼15-4020.15-4024	B460-2
13	主軸承蓋	鑄鋼15-4020.15-4024	B460-2
14	凝汽櫃壳体	鑄鐵C415-32·C418-36	B460-2
15	推進器	錳鉄黃銅或鉛錫青銅	B440-10

推荐球墨鑄鉄鑄造船舶內燃机机件表

表 9

編 号	零 件 名 称	原 使 用 材 料	推荐材料
1	曲 軸	45号鋼	B460-2
2	汽 缸 套	MC428-43	B460-2
3	尾 軸	45号鋼	B460-2
4	起 动 齒 輪	45号鋼	B460-2
5	正 时 齒 輪	50号鋼	B460-2
6	凸 輪 軸	26号鋼	B460-2
7	惰 齒 輪	50号鋼	B460-2
8	調速器齒輪	50号鋼	B460-2
9	汽 門 搖 杆	45号鋼	B460-2
10	汽門搖杆軸	20号鋼	B460-2
11	搖 臂	20号鋼	B460-2
12	汽門搖杆座	45号鋼	B460-2
13	拉 柄	45号鋼	B460-2
14	搖 臂	45号鋼或BPOH10-2	B460-2
15	滾 輪	20号鋼	B460-2
16	汽 門 頂 套	20号鋼	B460-2
17	惰齒輪軸	20号鋼	B460-2
18	調速器头子	20号鋼	B460-2
19	油 泵 挺 杆	20号鋼	B 60-2

推荐球墨鑄鉄鑄造船用屬具及設備名称表

表10

編 号	屬具及設備名称	原使用材料	推荐材料
1	船用鉄 錨	鑄鋼15-4020; 15-4024	B460-2 B445-5
2	系 纜 柱	C418-36; C415-32	B460-2
3	錨 鏈 筒	C418-36; C415-32	B460-2
4	推進器軸支架	鑄鋼15-4024	B460-2
5	鍋爐內火牆	白口鑄鉄	B450-1.5 B460-2
6	艙里花格板		B445-5 40-10
7	起重機滑輪	C418-36; C421-40	B450-1.5 60-2
8	絞 纜 機 滾 筒	C412-28; C418-30	B460-2
9	起錨機等齒輪	C421-40; C424-44	B460-2 B460-2
10	舵 輪	C418-36; C415-32	B450-1.5 60-2
11	爐 柵	白口鑄鉄	B445-5 40-10
12	耐腐蝕管子及接头	C418-36	B445-5 60-2
13	夾藍蓋	C421-40; C418-36	B445-5 60-2
14	舵杆托脚	C418-36; C421-40	B445-5
15	錨 鍊	鑄鋼15-4020; 15-4024	B460-2

第二章 船机上球墨鑄鉄鑄件鑄造工艺

§1 船用內燃机曲軸

中型的柴油机曲軸总长为1340毫米，四只曲拐，主軸頸 $\phi 130$ 毫米，連杆軸頸 $\phi 110$ 毫米。在攷慮曲軸結構强度的时候，与鍛鋼曲軸有很大的不同，主軸頸和連杆軸頸作成中空，如图3所示。

1. 空心曲軸的結構强度 理論及实验証明，空心曲軸較实心曲軸的疲劳强度大有提高，改进之后曲軸的疲劳极限提高至20~25%。

軸孔中心的大小，对疲劳强度也有影响，一般的內孔直径