

GAOXINGNENG CHUANBOYONG
JINSHU CAILIAO

高性能船舶用金属材料

方志刚 主编



化学工业出版社

GAOXINGNENG CHUANBOYONG
JINSHU CAILIAO

高性能船舶用金属材料

方志刚 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书介绍金属材料的力学性能、微观结构、相组成以及合金元素和铁的作用、合金元素在钢中的分布及偏聚、微观元素在钢中的作用和影响等。以金属材料的成分-工艺-组织-性能-应用为主线,系统地介绍了结构钢、不锈钢、耐热钢、铝合金、钛合金以及金属复合材料等船舶常用金属材料。根据材料技术的发展,介绍了一些基于不同需求的以金属材料为主的船舶结构/功能材料,如隐身用金属材料、减振用金属材料、装甲用金属复合材料、超导材料等。

本书介绍了船舶用高性能金属材料的性能和应用,可作为材料科学和船舶工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

高性能船舶用金属材料/方志刚主编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 3

ISBN 978-7-122-14235-1

I. ①高… II. ①方… III. ①船用材料-金属材料
IV. ①U668. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 297644 号

责任编辑: 邢 涛

加工编辑: 林 丹

责任校对: 王素芹

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 20 $\frac{1}{4}$ 字数 413 千字 2015 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究

材料是运用于人类社会,能制造有用器件、结构和装备的实体物质。毫无疑问,人类历史就是一部利用材料为文明进步铺垫的历史。

从金属材料的定义来看,金属材料通常分为黑色金属、有色金属和特种金属材料。黑色金属又称钢铁材料,包括工业纯铁、铸铁、碳钢,以及各种用途的结构钢、不锈钢、耐热钢、高温合金、精密合金等。广义的黑色金属还包括铬、锰及其合金。有色金属是指除铁、铬、锰以外的所有金属及其合金,通常分为轻金属、重金属、贵金属、半金属、稀有金属和稀土金属等。特种金属材料包括不同用途的结构金属材料 and 功能金属材料,其中有通过快速凝固工艺获得的非晶态金属材料,以及准晶、微晶、纳米晶金属材料等;还有隐身、抗氢、超导、形状记忆、耐磨、减振阻尼等特殊功能合金,以及金属基复合材料等。

人类有“船”的历史很长,大约有超过 5000 年的历史,但是利用金属材料造船的历史又很短,还不到 150 年的时间。在这短短的 100 多年内,人们用合金钢、铝合金和钛合金制造船壳,用各种结构钢、不锈钢、钛合金、铝合金制造船舶动力装置和相关的辅助系统;利用隐身、超导、耐磨、减振、阻尼等特殊功能合金以及金属基复合材料,进一步提高了船舶性能,改善了人们使用船舶的工作和生活环境。现在世界上可以建造三十万吨的油轮、十万吨的航空母舰、下潜深度 900m 的潜艇、潜深 7000m 的深潜器以及各种类型的快艇等,所用材料种类几乎覆盖了金属材料的全部。船舶的发展需求有力地推动了金属材料的进步,这点在军事用途的舰船上表现得更为明显。

船舶在未来的较长时间内将朝着吨位更大、装载率更高、下潜深度更深、速度更快、可靠性更高、寿命更长以及绿色环保方向发展,这要求更多的高性能材料和新材料的不断涌现。何为高性能材料?何为新材料?这里包含着两个层面的含义,一是对传统材料的再开发,使其在性能上获得重大突破的材料;二是采用新工艺和新技术合成,开发出具有各种拥有不同金属材料亦或是非金属材料特性优点的材料。在对材料科学的研究过程中,材料科学家们在“系统论”的新时代,将开创一个合作研究的新局面,即将金属材料与非金属材料、高分子材料等不同材料的合理结合,形成新的高性能材料。因

此，金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料的界线将逐渐模糊，四类材料的统一性将会逐渐增加，未来船舶金属材料的概念和应用也是如此。

本书以金属材料为主线，较为全面系统地介绍了目前国内外已有和正在发展的各类船舶用金属材料的组成、结构、性能和应用，既有传统的合金钢、铝合金、铜合金、钛合金和不锈钢，又着重论述了反映当代船舶金属材料前沿的金属复合材料和金属功能材料。

全书由方志刚主编、统稿。参加编写的有：方志刚（第1、3、5、7~9章），孔小东（第2章），管勇（第4章），曹京宜（第6章）。

在编写过程中，得到了陈学群教授、左禹教授、蒋成保教授、姚广春教授的指导和帮助，在此一并表示感谢。

鉴于船舶金属材料内容非常广泛，金属复合材料和功能材料发展迅速，有关资料难以收罗殆尽，加之水平有限，不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。同时，对书中所引文献资料的作者致以衷心的感谢！

作者

2014年11月于北京

第 1 章 绪论

1

- 1.1 船用材料的发展历史 1
- 1.2 船舶的分类与组成 3
- 1.3 船用金属材料的分类 5

第 2 章 金属材料基础

6

- 2.1 概述 6
- 2.2 金属材料力学性能 6
 - 2.2.1 强度 6
 - 2.2.2 弹性和刚度 8
 - 2.2.3 塑性 8
 - 2.2.4 硬度 10
 - 2.2.5 韧性 12
 - 2.2.6 疲劳 13
 - 2.2.7 断裂韧性 14
- 2.3 材料的结构 15
 - 2.3.1 固体中的结合键 15
 - 2.3.2 金属的晶体结构与特性 17
- 2.4 金属的结晶 20
 - 2.4.1 金属结晶的过冷现象 20
 - 2.4.2 金属结晶的一般过程 21
 - 2.4.3 金属结晶晶粒大小的控制 23
- 2.5 合金的相结构 24
 - 2.5.1 合金与组织 24
 - 2.5.2 合金的相结构 25

2.5.3	合金的二元相图	27
2.5.4	合金性能与相图的关系	30
2.6	金属的塑性变形	32
2.6.1	单晶体金属的塑性变形	32
2.6.2	多晶体的塑性变形	34
2.6.3	塑性变形对金属组织和性能的影响	36
2.7	金属的热处理	38
2.7.1	金属热处理分类	38
2.7.2	钢在加热时的转变	38
2.7.3	奥氏体冷却时的转变	41
2.7.4	钢的退火和正火	43
2.7.5	钢的淬火	45
2.7.6	钢的回火	47
2.7.7	钢的表面淬火	49
2.7.8	化学热处理	49
2.7.9	钢的热处理新技术	52

第3章 船舶用钢

55

3.1	概述	55
3.1.1	钢的种类	55
3.1.2	舰船结构钢的发展现状	56
3.2	碳钢	59
3.2.1	铁碳相图及应用	59
3.2.2	碳钢及应用	61
3.3	合金钢	63
3.3.1	合金钢的分类和编号	63
3.3.2	合金元素在钢中的作用	64
3.3.3	合金结构钢的分类和特点	66
3.4	船体结构钢	77
3.4.1	概述	77
3.4.2	碳素船体钢	78
3.4.3	船用低合金高强度钢	80
3.4.4	船用高强度结构钢的展望	85

3.5 船用轮机材料	86
3.5.1 轮机零件和机械构件选材的一般要求	86
3.5.2 船用柴油机用钢	87
3.5.3 船舶锅炉用钢	90
3.5.4 汽轮机用钢	91
3.5.5 燃气轮机用钢	93
3.5.6 船舶轴系和机械用锻钢	94

第4章 不锈钢与超级合金

95

4.1 概述	95
4.2 不锈钢的分类	97
4.3 不锈钢性能和特点	100
4.3.1 马氏体不锈钢	100
4.3.2 铁素体不锈钢	102
4.3.3 奥氏体不锈钢	103
4.3.4 双相不锈钢	106
4.3.5 沉淀硬化不锈钢	109
4.3.6 典型船用不锈钢成分、特点及用途	110
4.4 不锈钢在海洋环境中的腐蚀	115
4.4.1 腐蚀类型	115
4.4.2 化学成分与工艺因素对耐海水腐蚀性能的影响	115
4.4.3 典型不锈钢在海水表层中的腐蚀概况	116
4.4.4 不锈钢在淡化海水水中的腐蚀情况	116
4.5 超级合金	117
4.5.1 哈氏合金 (Hastelloy alloy)	118
4.5.2 Monel 合金	120
4.5.3 Inconel 合金	120

第5章 铜及铜合金

123

5.1 概述	123
5.1.1 分类	123
5.1.2 牌号	124

5.2	纯铜	128
5.3	黄铜	129
5.3.1	普通黄铜	129
5.3.2	特殊黄铜	131
5.4	青铜	133
5.4.1	锡青铜	133
5.4.2	铝青铜	134
5.4.3	铍青铜	135
5.5	白铜	138
5.6	螺旋桨用铜合金	139
5.7	应用铜合金的注意事项	141

第6章 铝及铝合金

144

6.1	概述	144
6.1.1	铝及铝合金的分类	144
6.1.2	铝合金相关标准和牌号	146
6.1.3	铝合金的基本性能特点	147
6.1.4	铝及铝合金的基本用途	149
6.2	铝合金的时效	150
6.2.1	时效强化	150
6.2.2	回归现象	151
6.2.3	时效原理	151
6.3	铝合金的种类和特性	152
6.3.1	纯铝	152
6.3.2	变形铝合金	152
6.3.3	铸造铝合金	159
6.4	铝合金在船舶上的应用	162
6.4.1	国外船体铝合金在船舶上的应用概况	162
6.4.2	我国铝合金在舰船上的应用现状	164
6.4.3	铝合金在船舶上的应用要求	164
6.5	船舶用铝合金的腐蚀与控制	167
6.5.1	铝及其合金的腐蚀性能和特点	167
6.5.2	常见腐蚀形态	168

7.1 概述	175
7.1.1 生产、应用及发展	175
7.1.2 分类	177
7.1.3 理化性能及特点	179
7.2 钛及钛合金的生产和加工	182
7.2.1 冶炼工艺	182
7.2.2 加工工艺	183
7.2.3 焊接工艺	185
7.2.4 我国生产研发情况	187
7.3 主要钛合金牌号及其应用	187
7.3.1 船用钛合金的特点	187
7.3.2 在船舶上应用的钛合金种类和特点	188
7.4 钛合金在船舶上的应用	196
7.4.1 国内情况	196
7.4.2 国外情况	196
7.4.3 国外钛合金在船舶上应用的发展趋势	202
7.4.4 钛合金在船舶上的应用发展方向	203
7.4.5 钛合金在船舶应用部位探讨	204
7.5 钛合金在船舶上应用的腐蚀与防护	208
7.5.1 船用钛合金的表面处理工艺	209
7.5.2 防止接触腐蚀措施	209

8.1 概述	212
8.2 金属基复合材料	213
8.2.1 金属基复合材料分类	214
8.2.2 金属基复合材料的性能特点	217
8.2.3 金属基复合材料的制造方法	219
8.2.4 金属基复合材料的应用	223
8.3 爆炸焊接及复合材料	226

8.3.1	爆炸焊接机理	226
8.3.2	爆炸焊接的特点	228
8.3.3	船用过渡接头	230
8.3.4	爆炸复合材料的应用	235
8.4	金属阻尼材料	237
8.4.1	概述	237
8.4.2	金属阻尼材料分类及应用	239
8.4.3	研究和发展	244
8.5	泡沫金属材料	245
8.5.1	概述	245
8.5.2	泡沫金属特性	247
8.5.3	多孔金属材料的制备方法	248
8.5.4	多孔金属夹芯板	252
8.5.5	应用	257

第9章 金属功能材料

262

9.1	概述	262
9.2	超导材料	262
9.2.1	概述	262
9.2.2	超导材料的基本性质、特征和理论	265
9.2.3	超导材料的分类	268
9.2.4	高温超导材料的生产	272
9.2.5	超导材料的应用	274
9.3	永磁金属材料	286
9.3.1	材料的磁性	287
9.3.2	永磁材料的主要参数	290
9.3.3	常用永磁材料	292
9.3.4	永磁材料的应用	294
9.4	磁致伸缩材料	295
9.4.1	磁致伸缩材料的发展	295
9.4.2	概念和类型	297
9.4.3	磁致伸缩材料的应用	301
9.5	形状记忆合金材料	304

9. 5. 1	形状记忆效应	305
9. 5. 2	形状记忆合金类型和特点	307
9. 5. 3	形状记忆合金应用	308



第1章

绪 论

1.1 船用材料的发展历史

船舶是指能航行或停泊于水域进行运输或作业工具,按不同的使用要求而具有不同的技术性能、装备和结构形式。船舶在国防、国民经济和海洋开发等方面都占有十分重要的地位。船舶用材料是随着船舶发展历史进程而发展的。

船舶从史前刳木为舟起,经历了5000多年独木舟和木板船时代,这时的船体材料以木质材料为主。1879年世界上第一艘钢船问世,标志着以金属为船体材料的时代的到来,100多年来,以合金钢作为船体材料一直占据主要位置,其发展主要集中于合金成分优化和结构强度等级、工艺性能等方面的提高。

在1879年过去后的第12个年头,即1891年,瑞士苏黎世的Esher Whess公司建造了自重450kg的一艘小艇,世界上最早的铝船诞生。基于铝合金的密度小和铝合金材料技术的发展,铝合金在渔船、游艇制造中逐步得到广泛使用。对船体结构来说,达到同等强度和能满足船舶使用的条件下,铝合金船体的综合重量是钢结构船体的50%左右。同时,铝合金加工容易,耐腐蚀,耐疲劳。因此,铝合金很长一段时间是轻型船舶材料的首选。

美国海军于1950年开始注意到钛用于舰船工业的可能性,1963年开始进行大量的工程研究,成功地将钛用于各类动力的潜艇、水面艇、民用船。俄罗斯船用钛合金的研究和实际应用水平居世界前列,20世纪60年代开始在舰船上使用钛合金,到1968生产出世界上第一艘全钛合金艇体的潜艇入水。几十年来,美国、俄罗斯在核潜艇、水面舰船、常规潜艇、航母等上都大量采用了钛合金结构,且其钛合金应用部位广泛,如船体结构件、深海调查船及潜艇耐压壳体、管道、阀及配件、动力驱动装置中的推进器和推进器轴、紧固件、热交换器、冷凝器、冷却器、艇壳声呐导流罩等。

自从潜艇产生以后,人们就没有停止过对海洋深处的探索,深潜器的下潜深度正在一步步增加,至2012年我国深潜器深度达到7000m,标志着深潜技术处于世界领先地位,打破了美、俄等国的垄断。在深潜器耐压壳体的应用方面,美国开展得比较早,在很长的一段时间内,深潜器壳体是用高强度合金钢制造的。美国Alvin科研深潜器在1973年改建时将耐压壳体换成钛合金(板厚49mm),代替1964年建造时采用的HY100高强钢(板厚33.8mm),下潜深度从2000m增加到3600m,自此深潜器的壳体材料绝大部分采用钛合金材料制作。

同船体材料发展进程一样,船舶的推进长期依靠人力、畜力和风力。这种情形一直到19世纪初使用机器驱动船舶的技术应用以后才有所改变。

1807年,美国的富尔顿建成了第一艘采用明轮推进的蒸汽机船“克莱蒙脱”号,时速约为8km/h;1839年,第一艘装有螺旋桨推进器的蒸汽机船“阿基米德”号问世,主机功率为58.8kW。这种推进器充分显示出它的优越性,因而被迅速推广。推进系统及动力装置的产生标志着以铸铁、合金钢等钢铁材料进入到船舶上得到大面积应用。

1868年,中国第一艘载重600t、功率为288kW的蒸汽机兵船“惠吉”号建造成功。1894年,英国的帕森斯用他发明的反动式汽轮机作为主机,安装在快艇“透平尼亚”号上,在泰晤士河上试航成功,航速超过了60km/h。早期汽轮机船的汽轮机与螺旋桨是同转速的。后约在1910年,出现了齿轮减速、电力传动减速和液力传动减速装置。在这以后,船舶汽轮机都开始采用了减速传动方式。

1902~1903年在法国建造了一艘柴油机海峡小船;1903年,俄国建造的柴油机船“万达尔”号下水。20世纪中叶,柴油机动力装置遂成为运输船舶的主要动力装置。

英国在1947年,首先将航空用的燃气轮机改型,然后安装在海岸快艇“加特利克”号上,以代替原来的汽油机,其主机功率为1837kW,转速为3600r/min,经齿轮减速箱和轴系驱动螺旋桨,燃气轮机开始了在舰船上应用的征程。这种装置的单位重量仅为2.08kg/kW,远比其他装置轻巧。20世纪60年代,又出现了用燃气轮机和蒸汽轮机一起组成的联合动力装置,并应用于大、中型水面军舰。

当代海军力量较强的国家,在大、中型船舶中,除功率很大的采用汽轮机动力装置外,几乎都采用燃气轮机动力装置。在民用船舶中,燃气轮机因效率比柴油机低,用得很少。

在各类船舶用蒸汽机、柴油机、燃气机动力装置中,除各种各样的合金钢作为结构材料以外,具有耐磨、耐蚀、耐热性能的合金钢、钛合金、铝合金以及镍基合金应运而生,特别是在耐高温合金的开发和利用方面,近30年取得了长足的进步。如美国舰用燃气轮机等动力装置近年来多采用Hastelloy、Monel、Inconel等合金,用以提升设备的耐热性能和装置的效率。

原子能的发现和利用为船舶动力开辟了一个新的途径。1954年,美国建造的核潜艇“鹦鹉螺”号下水,功率为11025kW,潜航航速20节;1959年,苏联建成了核动力破冰船“列宁”号,功率为32340kW;同年,美国核动力商船“萨瓦纳”号下水,功率为14700kW。

现有的核动力装置都是采用压水型核反应堆汽轮机,主要用在潜艇和航空母舰上,而在民用船舶中,由于经济上的原因没有得到发展。20世纪70~80年代,为了节约能源,有些国家吸收机帆船的优点,研制了一种以机为主、以帆助航的船舶。用电子计算机进行联合控制,日本建造的“新爱德丸”号便是

这种节能船的代表。

常规动力潜艇具有吨位小、噪声低、机动性好、造价低、技术简单、没有核泄漏和退役后核废料处理问题等优点,但常规潜艇必须定期上浮充电,暴露率高,限制了常规潜艇的作战使用。针对常规潜艇暴露率高和水下一次续航力小的问题,世界各国都在寻求解决方法,其最佳途径是发展 AIP 潜艇。常规潜艇 AIP 动力是依靠潜艇内部所带的能源物质提供能量,不必用空气中的氧,因此潜艇不必上浮,故称为不依赖空气的动力。较成熟的 AIP 技术按能量转换装置的不同主要有燃料电池(FC)、热气机(SE)、闭式循环柴油机(CCD)、闭式循环蒸汽轮机(MESMA)、小核堆(AMPS)。其中燃料电池是主要的发展方向之一,这样对金属储氢材料和制氢技术的发展提出了更高的要求。德国在 1993 年研制出单块功率 34kW 的质子交换膜燃料电池并在 1997 年装在 212 型潜艇上。

现代舰船武器系统和日用电对电能的需求日益提高,目前舰船上携带燃料的 80% 的能量直接用于舰船机械推进,只有 20% 的能量用于发电提供武器、辅机、生活等所需的电能。直接能量武器、探测设备和电子装置等未来舰船新概念武器系统都要求舰船平台提供更大功率的电力保障。高能激光武器、电化学炮、微波武器、电磁弹射器等武器在未来 10~20 年内将逐步应用到舰艇上。高能武器上舰将大大改变平台的能量供需结构,平台设计应首先考虑武器系统的需求来统筹全舰的能源,把原动机全部用来发电,使更多的电能可供武器系统利用,从而产生了综合电力推进系统的概念和相关技术。在综合电力推进系统中,超导电机、永磁电机、储能装置是不可缺少的部分,高温超导材料、永磁材料、储能材料和技术在近 20 年来得到了飞速发展。

古代中国是当时造船和航海先驱。春秋战国时期就有了造船工场,能够制造战船;汉代已能制造带舵的楼船;唐、宋时期,河船和海船都有突出的发展,发明了水密隔壁;明朝的郑和七次下西洋的宝船,在尺度、性能和远航范围方面,当时都居世界领先地位。

近代中国造船业发展迟缓。1865~1866 年,清政府相继创办江南制造总局和福州船政局,建造了“保民”、“建威”、“平海”等军舰和“江新”、“江华”等长江客货船。

新中国成立后,船舶工业有了很大发展。20 世纪 50 年代建成了一批沿海客货船、货船和油船。20 世纪 60 年代以后,中国的造船能力提高得很快,陆续建成多型海洋运输船舶、长江运输船舶、海洋石油开发船舶、海洋调查船舶和军用舰艇,大型海洋船舶的吨位已达 30 万以上载重吨。除少数特殊船舶外,中国已能设计制造各种军用舰艇和民用船舶。在造船能力上和实际造船数量、吨位上,中国已经占据世界第一的位置,造船技术水平也跃居世界前列。

1.2 船舶的分类与组成

船舶分类方法很多,可按用途、航行状态、船体数目、推进动力、推进器等

分类。按用途，船舶一般分为军用和民用船舶两大类。民用船舶一般又分为运输船、工程船、渔船、港务船等。军用船舶通常称为舰艇或军舰，其中有直接作战能力或海域防护能力者称为战斗舰艇，如航空母舰、驱逐舰、护卫舰、导弹艇和潜艇，以及布雷、扫雷舰艇等，担负后勤保障者称为军用辅助舰艇。

按船舶的航行状态通常可分为排水型船舶、滑行艇、水翼艇和气垫船；按船舶的船体数目可分为单体船和多体船，在多体船型中双体船较为多见，现在三体船也不难见了；按推进动力可分为机动船和非机动船，机动船按推进主机的类型又分为蒸汽机船（现已淘汰）、汽轮机船、柴油机船、燃气轮机船、联合动力装置船、电力推进船、核动力船等；按船舶推进器又可分为螺旋桨船、喷水推进船、喷气推进船、明轮船、平旋轮船等，空气螺旋桨只用于少数气垫船；按机舱的位置，有尾机型船（机舱在船的尾部）、中机型船和中尾机型船；按船体结构材料，有钢船、铝合金船、木船、钢丝网水泥船、玻璃钢艇、橡皮艇、混合结构船等。

船舶是由许多部分构成的，按各部分的作用和用途，可综合归纳为船体、船舶动力装置、船舶舾装三大部分。

船体是船舶的基本部分，可分为主体部分和上层建筑部分。主体部分一般指上甲板以下的部分，它是由船壳（船底及船侧）和上甲板围成的具有特定形状的空心体，是保证船舶具有所需浮力、航海性能和船体强度的关键部分。船体一般用于布置动力装置、装载货物、储存燃油和淡水，以及布置各种舱室。

为保障船体强度、提高船舶的抗沉性和布置各种舱室，通常设置若干坚固的水密舱壁和内底，在主体内形成一定数量的水密舱，并根据需要加设中间甲板或平台，将主体水平分隔成若干层。

上层建筑位于上甲板以上，由左、右侧壁，前、后端壁和各层甲板围成，其内部主要用于布置各种用途的舱室，如工作舱室、生活舱室、储藏舱室、仪器设备舱室等。上层建筑的大小、层数和形式因船舶用途和尺度而异。

船舶动力装置包括：推进装置——主机经减速装置、传动轴系以驱动推进器（螺旋桨是主要的形式）；为推进装置的运行服务的辅助机械设备和系统，如燃油泵、滑油泵、冷却水水泵、加热器、过滤器、冷却器等；船舶电站，它为船舶的甲板机械、机舱内的辅助机械和船上照明等提供电力；其他辅助机械和设备，如锅炉、压气机、船舶各系统的泵、起重机械设备、维修机床等。通常把主机（及锅炉）以外的机械统称为辅机。

船舶舾装包括舱室内装结构（内壁、天花板、地板等）、家具和生活设施（炊事、卫生等）、涂装和油漆、门窗、梯和栏杆、桅杆、舱口盖等。

船舶的其他装置和设备中，除推进装置外，还有锚设备与系泊设备；舵设备与操舵装置；救生设备；消防设备；船内外通信设备；照明设备；信号设备；导航设备；起货设备；通风、空调和冷藏设备；海水和生活用淡水系统；压载水系统；液体舱的测深系统和透气系统；舱底水疏干系统；船舶电气设备；其他特殊设备（依船舶的特殊需要而定）。

1.3 船用金属材料的分类

船舶材料按照平台类型分,有船舶结构材料、动力机电系统材料,舰船上水中兵器用材料也属于船舶材料。按照材料类型可以分为结构材料、结构/功能一体化材料、特种功能材料三大类。结构材料又分为船体结构钢、轮机及其他结构钢、耐热钢、高温合金、不锈钢、特殊性能钢(防弹、低磁等)、焊接材料、铝合金、铜合金、钛合金等;结构/功能一体化材料分为树脂复合材料、金属复合材料、阻尼降噪材料等,特种功能材料分为涂料和涂层、阴极保护材料、电解防污材料、有源声学材料、隐身材料(吸波、吸声等)、密封材料及胶黏剂、装饰材料、橡胶、耐火及绝缘材料等。相对于民用船舶来说,军用舰船材料种类要多不少,可以说军用舰船材料的发展引领了船舶材料的进步。

对于船舶用金属材料,基本上可分为三大类:金属结构材料,金属结构功能一体化材料,金属功能材料。结构材料主要有结构钢、铜合金、铝合金、钛合金、锆合金、复合材料等。结构功能一体化材料和功能材料主要有金属阻尼材料、泡沫金属材料、超导材料、永磁材料、水声换能材料、储氢材料、记忆合金等。随着现代材料技术的进步,具有“金属”成分的材料已渗透到船舶结构、系统、附件的每一个部位,金属材料、非金属材料、陶瓷材料概念越来越模糊,结构材料、具有多种功能的结构材料也越来越多。复合材料由于材料成分、生产方法的不同发展成种类越来越多,具有记忆功能的许多材料同时具有阻尼特性,有些超导材料具有记忆功能,这些材料在船舶上都有非常广阔的前景。