



项目引领、任务驱动

示范性高等职业院校课改规划教材



船舶管系放样制作与安装

主编 孙文涛 主审 刁玉峰

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

船舶管系放样制作与安装

主编 孙文涛

主审 刁玉峰

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书共分三编,包括管路系统基础知识,管系放样设计,管路加工、制作与安装三部分。上篇管路基础知识介绍了船舶管路的入门知识,让读者对船舶管路有一个基本认识;中编管系放样设计介绍了船舶管路动力系统和船舶系统的放样知识;下编介绍了经过管系放样出来的管子零件图如何被加工、制作及如何进行安装等知识。

本书主要是针对船舶工程动力装置专业编写的,也可作为船舶轮机工程和船舶舾装工程施工人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

船舶管系放样制作与安装/孙文涛主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2010.8
ISBN 978 - 7 - 81133 - 848 - 5

I. ①船… II. ①孙… III. ①船舶管系 - 工艺学
IV. ①U664.84

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 152912 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 14.5
字 数 351 千字
版 次 2010 年 8 月第 1 版
印 次 2010 年 8 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

本书是根据高职院校课程“以工作过程为导向”来开发的精神并结合船厂实际编写的。现今在船厂里从事船舶管系方面的工作包括两方面:一方面是船舶管系放样设计,另一方面是船舶管系加工、制作与安装。本书按照工厂的实际需求,把船舶管系方面的内容分为上编、中编、下编三部分。上编介绍了船舶管系的基础知识和一些常识知识,包括船舶管系概述、船舶管路的基础知识、管路附件,这些知识对于将要从事船舶管系设计、加工和制作的人员来说都是必备的知识;中编介绍了船舶管路动力系统及船舶系统的原理和放样知识,这些知识是从事船舶管系放样设计人员必须掌握的知识;下编介绍了经过管系放样出来的管子零件图如何被加工、制作及加工出来的管子如何进行安装等方面知识。这些知识是从事船舶管系加工、制作及安装人员必须掌握的知识。中编包括 10 个工作任务:船舶燃油管系放样设计、船舶滑油管系放样设计、船舶冷却管系放样设计、船舶压缩空气管系放样设计、船舶排气管系放样设计、船舶舱底水管系放样设计、船舶压载水管系放样设计、船舶消防管系放样设计、船舶供水管系放样设计、船舶疏排水管系放样设计。下编包括 3 个工作任务:船舶管系加工与检验、船舶管系自制附件的制作与安装、船舶管系安装。下编的 3 个工作任务各自又包括若干模块(子任务),这些模块之间既相互联系,又相互独立。

本书由渤海船舶职业学院孙文涛担任主编,渤海造船厂王继宝担任副主编。上编由渤海船舶职业学院韩彩娟、孙月秋编写,中编由渤海船舶职业学院孙文涛、渤海造船厂郭长泰编写,下编由渤海船舶职业学院孙文涛、渤海造船厂王继宝、常兴编写。全书由渤海船舶职业学院刁玉峰主审。在编写过程中,编者参考了多年的教学讲义和船厂的资料及其他参考资料,在此深表谢意。

由于编者是第一次按工作过程编写教材,加之水平有限,收集的资料不够全面,书中内容难免有不妥和错误之处,恳请业界同仁批评指正。

编 者

2010 年 5 月

目 录

上编 管路系统基础知识	1
模块 1 船舶管系概述	1
模块 2 船舶管路的基础知识	5
模块 3 管路附件	15
中编 管系放样设计	46
模块 1 管系放样基本原理	46
模块 2 放样步骤及放样软件	75
工作任务 1 船舶燃油管系放样设计	89
工作任务 2 船舶滑油管系放样设计	104
工作任务 3 船舶冷却管系放样设计	116
工作任务 4 船舶压缩空气管系放样设计	127
工作任务 5 船舶排气管系放样设计	134
工作任务 6 船舶舱底水管系放样设计	138
工作任务 7 船舶压载水管系放样设计	143
工作任务 8 船舶消防管系放样设计	147
工作任务 9 船舶供水管系放样设计	156
工作任务 10 船舶疏排水管系放样设计	162
下编 管路加工、制作与安装	166
工作任务 1 船舶管系加工与检验	166
模块 1 弯管样棒和管子零件加工	166
模块 2 管子的弯制	170
模块 3 弯管机床和弯管工艺	173
模块 4 金属管子的手工热弯	179
模块 5 画线与校管	181
模块 6 强度试验	184
模块 7 管子的清理与表面处理	186
工作任务 2 船舶管系自制附件的制作与安装	188
模块 1 通舱管件和座板	188
模块 2 管子支架的制作	192
模块 3 马鞍和虾壳管的制作	196
工作任务 3 船舶管系安装	200
模块 1 管子零件加工图的识读	200
模块 2 管系安装图纸的识读	206
参考文献	226

上编 管路系统基础知识

模块 1 船舶管系概述

一、船舶管路系统的含义及其组成

在船舶动力装置中,“管路系统”是泛指为专门用途而输送流体(液体或气体)的成套设备,以保证船舶动力装置可靠正常地工作以及船舶安全航行而设置的辅助机械、辅助设备、检测仪表、附件以及管路的总称,简称管系。

辅助管路系统按用途分为两大类:为推进装置服务的管系称为动力管系,以保证推进装置正常工作;为全船服务的管系称为船舶管系,以保证舰船的生命力、安全航行以及船员和旅客的正常生活和工作。

动力管系按其任务的不同,主要有:(1)燃油管系;(2)滑油管系;(3)冷却管系;(4)进排气管系;(5)压缩空气管系。

船舶管系按其任务的不同,主要有:(1)通风管系;(2)舱底水管系;(3)压载水管系;(4)消防管系;(5)蒸气管系;(6)疏、排水管系。除此以外,根据不同类型的船舶还设置液压管系、浸水管系和生活水管系等。

动力管系与主发动机本身的有关设备联合工作,但管系中的机械设备并不属于发动机本身的设备,如燃油管系向发动机的供油设备提供燃料,压缩空气管系向发动机的启动系统供给启动空气等。在小功率或高速轻型发动机中,有些辅助管系就是发动机本身的一个不可分割的组成部分,是自带的设备,如发动机的冷却管系、滑油管系等。在大型船舶中,因长期航行于海洋里,在安全可靠及经济性方面有较高的要求,因而管系中设备较多,管路复杂,通常各管系是与主发动机分开的。

动力装置能否可靠地正常工作,除了决定于装置的主要设备(主机、辅机、锅炉等)本身的技术性能外,动力管系的技术性能也起着重要的作用。在动力装置的生命力方面,动力管系担负着更重要的作用。

为了保证动力装置可靠地正常工作,对动力管系的基本要求有:

1.工作可靠性。在船舶倾斜、摇摆、颠簸、船体振动等各种特有情况下,管系能正常运转,船舶在各种特有情况和各种工况下,被输送的流体仍能在设计规定的技术参数(压力、温度、黏度等)下正常工作。

2.管系的生命力。当管系的机械发生故障,设备管路发生阻塞或损坏等事故时,管系具有恢复正常工作的能力。如设置后备机械以担任几个任务及各机构能相互通用;又如流体的正常输送能从另一管路绕过故障而继续运行等。

3.在满足生命力的条件下力求设备少,管路简单。这样一方面可以减小动力装置的尺寸和质量,减少投资;另一方面可以简化机舱布置,便于管理和使用,还可以减少操作错误。

4.在采取兼用的措施时,必须防止关联管系之间在工作中发生相互干扰,以致引起装置

中的某些部分工作失常的严重情况,如一泵兼作燃油和滑油输送任务时,燃油和滑油发生相混现象。

船舶管系按其基本任务可分为保船的、生活设施和驳运储藏三个类别,为此船舶管系必须具有可靠性和一定的活力性。

工作可靠性是船舶管系必须具备的性能,它要求系统在运行中不出故障,同时也能适应特殊的工况,如:摇摆、颠簸、冲击、振动,以及对海水、湿空气及结冰等的抗御。

系统的可靠性是靠正确地掌握系统的技术要求,零部件的合理选用以及准确地遵守安装的技术要求来达到的。

活力性是指对某些系统的特殊要求(海损时的排水系统、灭火系统等),要求它们不仅在正常工况下,而且在海损、火险等具有一定破坏和纵、横倾情况下,仍能正常工作。活力性是靠多套设置、分组设置、配备双套机械和管理来保证的。

二、船舶管路生产设计的发展简史

船舶管系的设计、加工和安装是造船工程中的一项重要内容。管子工程的特点是多规格、多品种和多数量。在较短的设计、加工和安装周期内要完成繁重的工作内容。由于其工作性质的复杂性和产品单件性,使其长期以来一直处于落后状态。随着国际市场上船舶工业竞争性加剧,各国都在致力于降低船舶的总造价,缩短造船周期,相应地提高船舶管系生产技术水平,这已成造船工业的重要发展目标。

我国船舶管系设计和施工按发展特征,大致经历了如下几个阶段。

1. 20世纪50年代中期前是第一阶段。管子的弯曲加工,基本上 $\Phi 25\text{ mm}$ 以上的管子采用灌砂热弯方式,这种方法劳动强度大、效率低、弯管质量差。20世纪50年代中期开始,逐渐扩大了机械冷弯作业的比例,管子弯曲的效率和质量都有了一定的提高。但由于这个时期,管系的施工设计采用现场取样方式,管子的加工滞后于船体的建造,工作量大,影响了船舶的建造周期。

2. 第二阶段是20世纪60年代。随着造船工业的发展,对船舶的品种、性能、质量和船舶建造周期都提出了更高的要求,而管子加工和这种要求相比,还存在着很大的差距。为此,各船厂设法提前加工管子,力图实现管子的“预制”。基于船体实尺放样的启示,研究了管系实尺放样,在样台取得管系的布置和管子的坐标尺寸。后来又发展了管系的比例放样甚至综合放样。终于使得管子的加工基本上脱离了现场,也即消除了在管子的加工上依附于船体的局面,由于施工设计的变革,反过来又促进了加工设备的更新,各厂相继研制出一批液压弯管机,其规格扩大到能弯 $\Phi 203 \sim 305\text{ mm}$ 的管子。同时也发展了中频弯管机,以弯曲大口径的管子,逐渐淘汰了火焰弯管机,并且成功研制了内场校管装置,管子加工的效率和质量得到了进一步的提高。

3. 20世纪70年代初进入第三阶段。由于我国电子技术的发展,各厂都开始寻求把电子技术应用于管子加工的途径,管子的切割、焊接和弯曲设备开始采用数字控制方式。不少船厂相继着手研究管子加工自动线和流水线。

20世纪70年代中期,电子计算机在管系施工设计中的应用研究得到推广,使布置设计后的各项计算、绘图和设计工作逐步实现了优化,形成管装设计的比例绘图——电算处理法。

4. 20世纪80年代进入了第四阶段。不少船厂相继建造出口船舶,管子生产成为造船

过程中的瓶颈,管子加工的进度和质量直接影响船舶建造周期,各厂相应采取很多措施,船舶管系的设计和加工也得到了很大的发展,主要体现在如下几个方面:

(1)在管系综合放样的基础上,继续开展电子计算机技术在管系布置设计中的应用研究。从取代管系综合放样中人工计算曲形参数及绘制管子零件图开始,发展到由计算机自动输出弯管的指令及套料计算,利用计算机数控绘图机自动绘制系统安装图,进行计算机辅助设计等。

(2)利用机舱的比例模型进行舾装工程设计的工程模型法也在某些研究所和船厂实施。工程模型法具有灵活性、直观性和多重思考性,对生产工艺及实船运行中可能出现的问题有很高的预见性。

(3)在管系加工方面开始采用数控的工艺装备,某些装备可由人工测量方式转为自动测量方式,从而提高了加工精度和效率。

(4)管系预舾装技术的应用、推广和发展,其实质是船上现场安装的工作转化为车间(平台)的内场作业。各个船厂采用的单元组装、分段组装及机舱大单元组装等方式不同程度地体现了预制预装的优越性,取得了改善施工条件、减轻劳动强度、提高产品质量、节约原材料和缩短造船周期的显著效果。

(5)继续研制出一批质量较高的液压有芯弯管机,逐渐淘汰弯管质量低劣的无芯弯管机,并开始选用标准弯头取代耗能高、效率低的某些弯管机。

(6)为了提高管系的焊接质量,各厂逐渐推广应用 CO_2 气体保护焊和氩弧焊封底等焊接方法,并达到了单面焊接双面成型的技术要求,法兰与管子做到双面焊接。不少船厂也从国外引进了一批质量较高的电焊机。

(7)推广使用热浸镀锌工艺。

5. 第五阶段是从 20 世纪 90 年代开始的。在此期间管系的设计及施工最大的特点是采用了国内外先进的技术,使管子的质量有了明显的提高,不但满足了国内规范和标准的要求,而且也满足了国外有关船级社的规范要求。另一特点是注重管子加工工艺的研究,编制专用或通用工艺文件。其特征如下:

(1)在改进设计管理和继续完善“三化”(标准化、系列化、通用化)工作的同时,管系设计技术的发展方向是在相应软、硬件支持下,实现管系的计算机辅助设计、施工、管理信息集成化的道路。用专用的船舶管路程序系统完成管路的布置、自动划分管子零件、管路的干涉检查及弯管工艺性检查、管子零件计算、自动绘图、自动统计等工作。

(2)建立管子加工流水线。管子加工流水线是近年来国内外管子加工工艺不断发展和逐步完善的一项新技术,它应用电子计算技术和数控技术使管子加工从备料、切割、法兰焊接、弯曲以及管子输送、装卸等工艺过程实现半自动化或全自动化,使管子加工工艺流程实现流水作业生产。它不仅保证了管子的加工精度,且大大提高了劳动生产率。目前管子加工流水线主要有“先弯后焊”和“先焊后弯”两种不同的工艺流程。

“先弯后焊”工艺流程:储料架→测长→套料→下料→弯管→校对→焊接→泵水。它属于有余量加工,即管子在下料时留有一定的余量,待弯曲后再切割掉余量,因此可不必考虑材料伸长量的因素,但由于这种工艺采用先弯曲后焊法兰,而弯曲后的管子形状多样,对实现自动焊接带来较大困难,且耗工费时。

“先焊后弯”工艺流程:储料架→定长切割→法兰定位点焊→自动焊接→泵水→弯曲。它可实现直管切割、直管焊接、直管泵水强度试验、直管输送,有利于实现单机自动化和全线

自动化,由于采用了套料和定长切割,实现无余量加工,可提高管材利用率,减少余量切割的工序。但要实现“先焊后弯”也有一些较难解决的技术问题,如弯曲中管材延伸量和弯角回弹量的控制,管法兰进行卧式自动施焊的可靠性问题,管子加工的精度要求等。

(3)开展对工艺设备标准化、系列化、通用化工作的研究。工艺设备的“三化”工作应包括设备的主要规格、性能及尺寸的确定,精度指标、检测方式、电气控制及其基本组件、设备标准、附件及备件、辅助设备标准化等。目前各船厂的规模越来越小,很多设备都是从专业设备厂家购买或由专业厂家来安装,这样既保证了设备质量,也降低了船厂成本。

(4)船舶管系托盘管理的应用。造船生产的管理,以舾装作业的管理最复杂。其特点是工种多、工件多、品种多、工序多、协作面广、综合性强、作业周期长,为此将整条船分成若干区域,根据常规的系统图,按区域绘制出综合布置图和安装图,并把采购的材料或成品按生产工序所要求的时间和所属的区域放在对应的托盘上,在计划规定时间内将托盘送往指定的区域和地点进行预舾装和单元组装。

托盘安装就是把所需舾装件的信息集中起来,以保证区域舾装进行作业的一种方法。实际上,托盘是一种移动式平台,各种器材可以放在托盘内储存和运送。它使设计、器材供应和施工三方面的信息一体化,使各类人员对如何施工有一个共同的认识。

所谓托盘,其含义有二:

①它是一个作业单位,相当于工艺项目,但划分得比较合理;

②它又是一个器材集配单位,相当于配套安装明细表,但比配套安装明细表更为广泛。

所谓区域托盘管理,就是使以具体舾装件为对象的一个区域作业场所或作业阶段,由一个作业小单位与它相对应。每个现场作业小单位与它的工作图、物量、日程、作业者、集配材、工作准备、进度、实绩等一连串管理信息相连接且互相对应,按照托盘交货期,有序地完成所需的舾装作业。

区域托盘管理的工作流程如下:

把舾装工程划分成区域图→按区域单位做成工作图→计算每个单位的物量制订托盘管理表→决定作业日程制订工事日程表→决定作业人员配置→确定作业场所、工具设备、运输车辆→按每个托盘单位进行配料→按每个托盘单位进行有序地工作→统计实际工作量与计划值比较。

(5)新材料的应用。工程塑料和玻璃钢等在造船舾装中的应用研究发展较快,实践证明:目前用于船舶管系的工程塑料管有 MBS(苯乙烯、丁二烯、甲基丙烯酸甲酯、三六共聚)、PVC(聚氯乙烯)塑料管和 CPE(氯化聚乙烯)改性 PVC 塑料管等,常用它们作为常温低压管系材料,使用效果良好。

目前我国管子加工的质量,虽已达到有关规范和标准要求,个别加工技术也已达到国际先进水平,但加工周期长、效率低的情况依然存在。究其原因主要有两种:一是我国造船选用管材品种多,这就使弯管设备必须具备多种模具和夹头长度,弯管时需经常调换模具,增加了辅助时间;二是我国管系加工机械化程度低,手工操作占很大的比例,大部分船厂仍未实现管子加工的流水线。

模块2 船舶管路的基础知识

一、管系等级

为了确定适当的试验要求、连接形式以及热处理和焊接工艺规程等,对不同用途的压力管系,按其设计压力 and 设计温度一般分为三级,如表 1-1 所示。

表 1-1 管系等级

管 系	I 级		II 级		III 级	
	设计压力 /MPa	设计温度 /℃	设计压力 /MPa	设计温度 /℃	设计压力 /MPa	设计温度 /℃
蒸气和热油	> 1.6	> 300	≤ 1.6	≤ 300	≤ 0.7	≤ 170
燃 油	> 1.6	> 150	≤ 1.6	≤ 150	≤ 0.7	≤ 60
其他介质	> 4.0	> 300	≤ 4.0	≤ 300	≤ 1.6	≤ 200

注:①当管系的设计压力 and 设计温度中的一个参数达到表中 I 级规定时,即分别定为 I 级管系;当管系的设计压力 and 设计温度均达到表中 II 级和 III 级规定时,即分别定为 II 级管系和 III 级管系;

②有毒和腐蚀介质、加热温度超过其闪点的可燃介质和闪点低于 60℃ 的介质以及液化气体等一般为 I 级管系;如设有安全保护措施以防泄漏和泄漏后产生的后果,也可为 II 级管系,但有毒介质除外;

③货油管系一般为 III 级管系;

④不受压的开式管系,如泄水管、溢流管、透气管和锅炉放汽管等为 III 级管系;

⑤其他介质指空气、水、滑油和液压油等;

⑥热油指热油系统的循环油液。

二、船用管子的材料、规格、特性及选用

(一)管子的材料、规格和特性

管子是用来输送各种工作介质的通道,由于各种工作介质的压力、温度、流量及腐蚀性不同,决定了管子的种类、规格的繁多及具有不同的特性。

在各类船舶上常用的管子主要有三大类别,即金属管、非金属管、复合管。下面对几种船舶上常用的管材予以介绍。

1. 钢管

钢管按制造工艺分为有缝钢管和无缝钢管两类,钢管的材料有普通碳素钢、优质碳素钢、合金钢和不锈钢等,主要用于 I 级和 II 级管系的管子。

(1)无缝钢管

制造无缝钢管的材料牌号一般为 10 号、20 号、30 号等优质碳素钢,及 A2, A3, A4 等普通碳素钢,合金钢则为 10Mn2, 09Mn2V, 16Mn, 15MnV, 12MnOV 等,不锈钢多为 0Cr18Ni9Ti, 1Cr18Ni, 10Ti, 1Cr18Ni10Ti 等。

无缝钢管是由圆坯加热后,经穿管机穿孔轧制(热轧)而成,或者经过冷拔成为外径较小的管子。

由于无缝钢管具有足够的强度、良好的焊接性、良好的延伸率和工艺性(既可以冷弯、也可以热弯),所以在船舶各管系中应用得最为广泛。例如:蒸气管、燃油管、滑油管、压缩空气管、冷却水管、消防管等,规格如表 1-2 所示。

表 1-2 钢管外径与最小公称壁厚

外径 D /mm	最小公称壁厚 δ /mm			
	一般用 管③④ ⑥⑧⑨ ⑩	与船体结构有关的 舱柜的空气管、溢 流管和测量管①② ③④⑥⑦⑧	舱底、压载水管 和一般海水管 ①③④⑤⑥⑦ ⑧	通过压载舱和燃油舱的舱底水管、 空气管、溢流管和测量管,通过燃 油舱的压载管和通过压载舱的燃 油管①②③④⑤⑥⑦⑧
10.2~12	1.6			
13.5~17.2	1.8			
20	2.0			
21.3~25	2.0		3.2	
26.9~33.7	2.0		3.2	
38~44.5	2.0	4.5	3.6	6.3
48.3	2.3	4.5	3.6	6.3
51~63.5	2.3	4.5	4.0	6.3
70	2.6	4.5	4.0	6.3
76.1~82.5	2.6	4.5	4.5	6.3
88.9~105	2.9	4.5	4.5	7.1
114.3~127	3.2	4.5	4.5	8.0
133~139.7	3.6	4.5	4.5	8.0
152.4~168.3	4.0	4.5	4.5	8.8
177.8	4.5	5.0	5.0	8.8
193.7	4.5	5.4	5.4	8.8
219.1	4.5	5.9	5.4	8.8
244.5~273	5.0	6.3	6.3	8.8
298.5~368	5.6	6.3	6.3	8.8
406.4~457	6.3	6.3	6.3	8.8

注:①具有有效防腐蚀措施的管子,其最小壁厚可适当减薄,但减薄最多不超过 1 mm;

②除液货闪点小于 60℃的液货舱测量管外,表列测量管的最小壁厚是适用于液舱外部的测量管;

③对于允许采用的螺旋管最小壁厚应自螺纹根部量起;

④焊接钢管和无缝钢管的外径和壁厚的数值取自 ISO 的推荐文件 R336,若按其他标准选取管子壁厚可允许适当减小;

⑤通过深舱的舱底水管和压载水管的最小壁厚应另行考虑;

⑥直径较大的管子的最小壁厚另行考虑;

⑦舱底管、测量管、空气管和溢流管的最小内径应为舱底管: $d = 50$ mm,测量管: $d = 32$ mm,空气和溢流管: $d = 50$ mm;

⑧本表所列的最小壁厚一般是指公称壁厚,因此不必考虑负公差和弯曲减薄余量;

⑨排气管的最小壁厚另行考虑;

⑩货油管的最小壁厚另行考虑。

不锈钢管也属于无缝钢管的范畴,它除具备一般无缝钢管的特性外,还具有耐腐蚀性强,在高温下不易被氧化,不结皮,并保持较高的机械性能等特点。但是这种管子不宜热弯,在含有大量的氯离子介质中易产生应力腐蚀,它除用于潜艇中高温、高压、高清洁度、工作介质腐蚀性大的特殊系统外,一般船舶不宜采用,规格如表 1-3 所示。

表 1-3 不锈钢管外径与最小公称壁厚

管子外径 D/mm	最小公称壁厚 δ/mm	管子外径 D/mm	最小公称壁厚 δ/mm
≤ 10	1.0	247 ~ 340	3.5
11 ~ 18	1.5	341 ~ 426	4.0
19 ~ 83	2.0	427 ~ 511	4.5
84 ~ 169	2.5	512 ~ 597	5.0
170 ~ 246	3.0		

(2)有缝钢管

这类钢管是由钢板卷曲后经焊接而成,根据表面颜色又分两种,其中之一是为了提高钢管的抗腐蚀能力,在管子表面镀上一层耐腐蚀的锌层,由于镀锌后的管壁内外表面呈银白色,人们习惯称为白铁管,而没有镀锌的有缝钢管统称为黑铁管。

制造这类管子的材料牌号有 A2, A3, B2, B3 等, A 类钢多用于船舶。

由于有缝钢管所选用的材料无严格要求,故其机械性能也相对较差。白铁管只适用于常温和工作压力 $P \leq 0.1 \text{ MPa}$ 的日用水、卫生水、舱底水等系统,黑铁管可用于输送低温、低压的水和油等工作介质,有时也可用于低压的废气和蒸气系统。

2. 铜管

常用的有紫铜管和黄铜管两种,紫铜管由含铜量 99.5% 以上的纯铜拔制和挤制而成;黄铜管由铜基合金制成,两者相比较,紫铜管的韧性稍高一些,黄铜管的强度稍高一些。

(1)紫铜管

紫铜管经退火后,质地柔软,工艺性好,具有很高的塑性和耐蚀性,它不适用于高温、高压系统,再加之价格较贵,在一般的船舶上,只用于压力表管或直径 $\Phi \leq 14 \text{ mm}$ 的液压油类管,但它在舰艇上得到广泛应用,如海水系统、液压系统、滑油系统等。

常用的紫铜管材料牌号有 T1, T2, T3, T4, TUP 等,由制造厂供应的紫铜管均未退火,故在加工过程中,首先应对弯曲部位进行退火,退火温度一般为 $550 \sim 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$,规格如表 1-4 所示。

表 1-4 铜和铜合金管外径与最小公称壁厚

外径 D/mm	最小公称壁厚 δ/mm	
	铜	铜合金
8 ~ 10	1.0	0.8
12 ~ 20	1.2	1.0
25 ~ 44.5	1.5	1.2
50 ~ 76.1	2.0	1.5

表 1-4(续)

外径 D/mm	最小公称壁厚 δ/mm	
	铜	铜合金
88.9 ~ 108	2.5	2.0
133 ~ 159	3.0	2.5
193.7 ~ 267	3.5	3.0
273 ~ 470	4.0	3.5
508	4.5	4.0

注:①外径和壁厚的数值取自 ISO 标准;②若按其他标准选取管径,管子壁厚可允许适当减小。

(2) 黄铜管

黄铜管的特点是抗海水及空气的腐蚀能力很强,而且有很好的导热率,但由于冶炼困难、产量少、价格较贵,一般只用于热交换器的管束及通海管。

黄铜管是由 H62、H68、锡黄铜 HSn70-1、HSn62-1、铅黄铜 HPb59-1 和铁黄铜 HFe59-1 等拉制或挤制而成,黄铜管在加工过程中也均应首先进行退火处理。

3. 铝管

铝管是拉制或挤制而成的无缝管,一般船舶铝管由硬铝合金拉制而成。主要优点是质量轻、耐腐蚀、塑性好、易加工,常为一般轻型快艇所采用。由于其机械性能不及铜管,只适用于低温、低压的场合,如燃油管、滑油管、冷却水管路等。

常用的铝管牌号有 LF2-M 防锈合金铝、LF2、LF21、LY11、LY12 等。这种管子既可冷弯,也可热弯,冷弯前需经退火处理。

4. 钛合金管

钛合金是问世不久的新型材料,用这种材料制造的管子特性优于无缝钢管和紫铜管所具备的特性,且克服了无缝钢管耐腐蚀性差,紫铜管强度低的问题。但由于其价格昂贵、规格较少,所以它目前的应用只局限于舰艇上某些特殊的场合。

5. 塑料管

塑料管一般由耐冲击聚氯乙烯制成,它具有质量轻(比目前船上常用的任何一种金属管都轻),耐腐蚀性能强的特点,还具有摩阻小、绝缘、隔音、吸振、耐磨、绝热、不需油漆和加工与安装工艺较简便等优越性,但是也存在着强度低、耐热性差、防火性能差、膨胀系数大、易老化、破损不易修补、焊接温度不易控制等缺陷。所以,目前这种管子仅用于工作温度在 $0 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,工作压力小于 0.6 MPa 的管系中,如甲板排水、污水、洗涤水、空气管等。随着塑料管的材料性能不断改进,制造工艺的不断完善,必将会获得广泛地应用。

6. 玻璃管和有机玻璃管

玻璃管的优点是耐化学腐蚀性能好,清洁、透明、易于清洗,流动阻力小,价格低廉;缺点是耐压低,容易损坏。玻璃管可用于温度为 $-30 \sim +150\text{ }^{\circ}\text{C}$,且温度急变不超过 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的介质,高强度玻璃管的工作压力可达 0.8 MPa 。

有机玻璃管除了具有玻璃管的优点外,还具有强度高、耐温性能好等优点,适用于有腐蚀性介质的管道。

7. 橡胶管

橡胶管能耐多种酸碱液的腐蚀,但不耐硝酸、有机酸和石油产品的腐蚀。可用做抽吸管、压力管和蒸气管等。

8. 双金属管

所谓的双金属管是指管壁由两层不同的金属组合而成的管子,即外层为 10 号优质碳素钢,内层为镀有 0.6~0.8 mm 厚的 T4 号铜制成,管子的外径 D 为 6~70 mm,壁厚 δ 为 1.5~6 mm,管长 L 为 3~7 m。

这种管子具备了钢管和紫铜管的双重特点,既有较高的机械强度,又有较强的耐腐蚀能力。因此,它一般专用于高压空气管路,常用于舰艇上。这种管子加工较困难,因钢和铜的熔点、机械性能都不同,所以最好采用冷弯工艺。

(二)管子的选用原则

管子的选用主要应遵循保证使用要求、工艺要求及降低成本等三个方面的原则。

1. 使用要求

使用要求主要是指管系对管子的机械强度、刚度、尺寸大小、质量、抗腐蚀能力、耐热性等的要求。不同系统中的管子除要满足管内流通的工作介质在压力、温度、流量、抗腐蚀等要求,还应考虑是否受冲击、振动等外界环境条件。

2. 工艺要求

选用管子在满足使用要求的前提下,还应达到弯曲、焊接、安装、维护保养和检修等方面的工艺技术条件。

3. 经济要求

在选用管材过程中,应在考虑使用要求和工艺要求的同时,防止大材小用、优材劣用。在符合使用要求的前提下,尽最大努力降低船舶的建造成本,船舶设计阶段是实现这个目标的最佳时机。

综上所述,管子的选用需要考虑各方面的要求,但是在许多情况下,选出同时满足上述各方面要求的管子,也是很困难的,因此,首先要抓住主要矛盾,即满足工作介质的压力、温度和腐蚀性对管子的要求且兼顾其他方面的要求,在此基础上,最后按照有关规范和标准进行,尽量减少规格的数量和不常采用的规格牌号。

三、管路计算与质量检验

管路计算主要根据管系中所输送的工质、流速、温度和压力等参数,确定其管径和管壁厚度。

(一)管径计算

公称通径是仅与制造尺寸有关且引用方便的一个圆整数值,不适用于计算,它是管道系统中除了用外径或螺纹尺寸代号标记的元件以外的所有其他元件通用的一种规格标记。

一般情况下公称通径的数值既不是管道元件的内径,也不是管道元件的外径,而是与管道元件的外径相接近的一个整数值。

应当注意的是并非所有的管道元件均必须用公称通径标记,例如钢管就可用外径和壁厚进行标记。

公称通径的标记由字母“DN”后跟一个以 mm 表示的数值组成,如公称通径为 80 mm 的管道元件,标记为 DN80。

管道元件公称通径系列如表 1-5 所示,表中黑体字为常用公称通径。

管道元件的公称通径在我国工程界也有称其为公称直径的,两者的含义完全相同。

表 1-5 管道元件公称通径系列/mm

公称通径系列 DN							
3	50	225	450	750	1 200	2 000	3 800
6	65	250	475	800	1 250	2 200	4 000
8	80	275	500	850	1 300	2 400	
10	90	300	525	900	1 350	2 600	
15	100	325	550	950	1 400	2 800	
20	125	350	575	1 000	1 450	3 000	
25	150	375	600	1 050	1 500	3 200	
32	175	400	650	1 100	1 600	3 400	
40	200	425	700	1 150	1 800	3 600	

管径是根据管内流体的流速和流体流经管子的能量损失来决定的。在流量一定的情况下,管径主要取决于管内流体的流速,用下式计算:

$$d = 0.018 \sqrt{\frac{q_v}{v}} = 0.018 \sqrt{\frac{q_m}{v \cdot \rho}} \quad (1-1)$$

式中 d ——管子内径,m;

q_v ——流体的容积流量, m^3/h ;

v ——管内流体的流速, m/s ;

q_m ——流体的质量流量, kg/h ;

ρ ——流体的密度, kg/m^3 。

选定合适的流速是十分重要的。流速过小,管径变大,各种管路附件的直径随之变大,从而使整个管系的质量增加,并使初投资增加。如果流速过大,虽然可使管径减小,但流体在管内的能量损失增加,甚至超过所允许的范围而影响工作。

管内流体的流速依据管内的能量损失或管子的腐蚀程度而定。前一种方法主要用于蒸气动力装置的蒸气管路、凝水管路、给水泵的吸入管路和油泵吸入管路等。后一种方法则考虑海水管路的腐蚀和给水管路阀体阀座的腐蚀等。在实际应用中,常推荐的管内流速,如表 1-6 所示。

表 1-6 各种管内流体流速

管子名称	压力/MPa	流速/(m/s)	备 注
海、淡水管路	0.166 6 ~ 0.294	0.5 ~ 1.5	
锅炉给水管路		< 2.5	常取 2
燃油吸入管路		0.1 ~ 1.0	
滑油吸入管路		0.15 ~ 1.5	
滑油压出管路		0.25 ~ 2	
压缩空气管路	2.45 ~ 2.94	12 ~ 15	管径为 15 ~ 150 mm
蒸气管路	≤ 3.92	20 ~ 40	

腐蚀速度如表 1-7 所示。

表 1-7 不同材料管子的腐蚀速度

管子材料	工作介质	管壁腐蚀程度/(mm/年)
碳钢(10号、20号)	滑油、燃油、空气	0.1
不锈钢	滑油、淡水	0
双金属	滑油、空气	0.1
铜	滑油、空气、淡水	0.1
	海水	0.15
铜镍合金	海水	0.1

(二)管子的壁厚计算

管壁的厚度对于其能够承受工作介质的压力大小,起着决定性的作用,下面简单介绍管子壁厚的计算公式及有关几个常用的压力概念。

1. 压力概念

(1)压力:单位面积上所受到的正压力称为压强,工程上习惯把压强称为压力。

(2)公称压力:是指管子、附件等在 0℃时所能承受的压力,它没有考虑温度对金属强度的影响。公称压力用字母 P_N 表示,其后标注压力数值。

(3)工作压力:是指一定温度的液体或气体在工作状态下允许通过管子的压力。工作压力用字母 P 表示。

(4)强度试验压力:是指对管子和附件等作强度试验的压力,用字母 P_S 表示。

2. 管子壁厚的计算

各管系输送不同介质,它们的内壁受不同的压力、流速和温度的作用,计算时必须保证管子的必要强度,并按《钢质海船入级与建造规范》有关规定公式计算。

受内压的管子,其最小壁厚为

$$\delta = \delta_0 + b + c \quad (1-2)$$

式中 δ ——最小计算壁厚,mm;

δ_0 ——基本计算壁厚,mm,计算见公式(1-3);

b ——弯曲附加余量,mm,计算见公式(1-4);

c ——腐蚀余量,mm。

钢管的腐蚀余量可查表 1-8,对于铜、铝、黄铜和镍含量低于 10% 的铜镍合金, $c = 0.8$ mm;对于镍含量为 10% 及以上的铜镍合金, $c = 0.5$ mm;对于介质对管材不产生腐蚀者, $c = 0$ 。

表 1-8 钢管腐蚀余量

管系用途	腐蚀余量 c/mm	管系用途	腐蚀余量 c/mm
过热蒸气管系	0.3	滑油管系	0.3
饱和蒸气管系	0.8	燃油管系	1.0
货油舱蒸气加热管系	2.0	货油管系	2.0
锅炉开式给水管系	1.5	冷藏装置制冷剂管系	0.3
锅炉闭式给水管系	0.5	淡水管系	0.8
锅炉排污管系	1.5	海水管系	3.0
压缩空气管系	1.0	冷藏货油盐水管系	2.0
液压油管系	0.3		

壁厚计算:

(1)按管道外径确定壁厚时, δ_0 按下式计算

$$\delta_0 = \frac{PD_w}{2[\sigma]\eta + P} \quad (1-3a)$$

(2)按管道内径确定壁厚时, δ_0 按下式计算

$$\delta_0 = \frac{Pd_n}{2[\sigma]\eta - P} \quad (1-3b)$$

式中 δ_0 ——基本计算壁厚, mm;

P ——设计压力, MPa;

D_w ——管子外径, mm;

d_n ——管子内径, mm;

$[\sigma]$ ——管子许用应力, Pa;

η ——许用应力修正系数, 如表 1-9 所示。

表 1-9 许用应力修正系数 η

序 号	项 目	系数 η
1	无缝钢管	1.00
2	单面焊接的螺旋钢管(按有关技术条件检验合格者)	0.60
	对于纵缝焊接钢管及容器如下取用:	
	A. 手工电焊或气焊	
3	双面焊接有坡口对接焊缝	1.00
4	有氩弧焊打底的单面焊接有坡口的对接焊缝	0.90
5	无氩弧焊打底的单面焊接有坡口的对接焊缝	0.75
	B. 熔剂层下的自动焊	
6	双面焊接对接焊缝	1.00
7	单面焊接有坡口对接焊缝	0.85
8	单面焊接无坡口对接焊缝	0.80