



21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

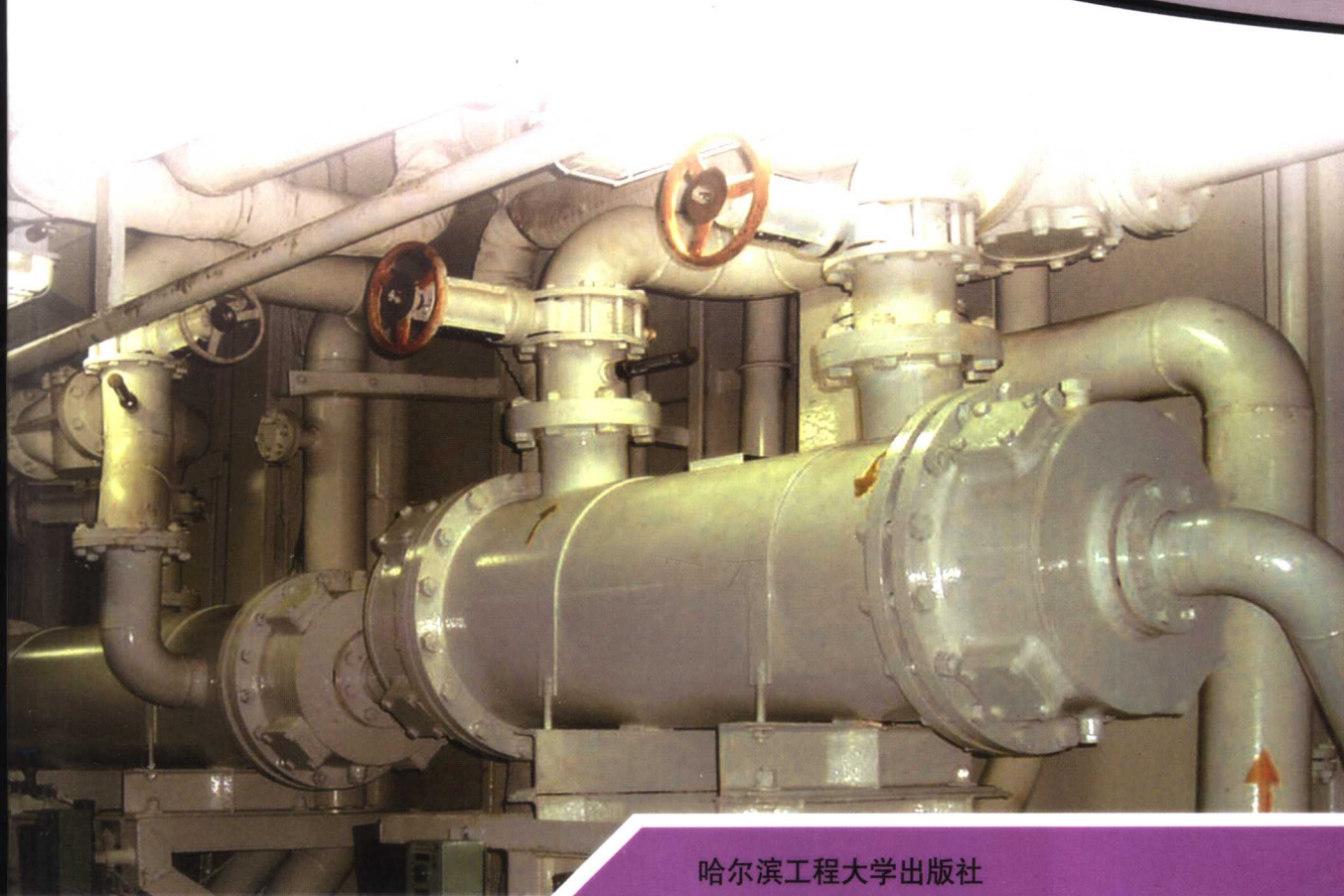
船舶动力专业



船舶管路系统

CHUANBO GUANLU
XITONG

主编 付锦云
主审 顾宣炎



哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶动力专业 >>>

船舶管路系统

**CHUANBO GUANLU
XITONG**

主编 付锦云

主审 顾宣炎

江苏工业学院图书馆
藏书章

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书共分五章,包括船舶管路系统的概念、设计和生产的发展概况、管路系统的基础知识、船舶管路系统的原理设计和生产设计、船舶管子的弯制与管路的安装等内容。介绍了目前国内外船厂比较先进的管系设计和生产的方法、使用的设计软件和生产过程。

本书可作为高等职业技术学院轮机工程专业和船舶舾装专业的教材或教学参考书,亦可供从事船舶设计、生产及航运系统的有关工程技术人员与管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶管路系统/付锦云主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2006

ISBN 7-81073-819-4

I. 船… II. 付… III. 船舶-管路系统-高等学校:技术学校-教材 IV. U664.84

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 067018 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 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 10
字 数 208 千字
版 次 2006 年 8 月第 1 版
印 次 2006 年 8 月第 1 次印刷
印 数 1—2 000 册
定 价 17.00 元

高等职业教育系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任	孙元政			
副主任	刘 义	刘 勇	罗东明	季永清
	施祝斌	康 捷		
委 员	丛培亭	刘 义	刘 勇	孙元政
	陈良政	肖锦清	罗东明	季永清
	俞舟平	胡适军	施祝斌	徐立华
	康 捷	蔡厚平		

前言

船舶管路系统

CHUANBO GUANLU XITONG

本书参照新出版的《钢质海船入级与建造规范》和《内河钢船建造规范》，并结合目前造船的新工艺和新技术，系统地介绍了船舶管路系统设计和生产的相关知识。全书共分五章，以海洋运输船舶管路系统的特点为主，兼顾内河船舶。第一章绪论，重点介绍了船舶管路系统的含义和组成，船舶管路生产设计的发展简史和趋势；第二章船舶管路的基础知识，重点介绍了船用管子的代号、管材、规格、特性和选用的一般原则，管径、壁厚的计算与质量检验，管路附件的类型、特点及适用范围等；第三章船舶管路系统的原理设计，介绍了船舶动力管系，船舶管系的功用、类型、原理、组成及管系的布置设计等；第四章船舶管系的放样设计，介绍了管系放样的基本知识、弯管参数的计算、机装生产设计、船装生产设计及管系放样的设计软件等；第五章船舶管子的弯制与管路的安装，介绍了管子弯制的方法和设备、管子的校对、管子的强度试验、管子的化学清洗与表面处理、船舶管路的安装与质量检验、管路的绝缘与油漆等。

本书第一章，第二章由武汉船舶职业技术学院付锦云副教授编写；第三章由武汉船舶职业技术学院彭维高级工程师编写；第四章由武汉船舶职业技术学院王鸿舰讲师编写；第五章由南通航运交通职业技术学院徐向荣讲师编写。书中的有关插图由武汉船舶职业技术学院陶洁副教授处理，全书由武汉理工大学顾宣炎教授主审。

本书在编写过程中得到了武汉船舶职业技术学院和南通航运交通职业技术学院的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者缺乏经验，水平有限，收集的资料亦不够全面，加之时间仓促，书中内容难免有不妥或错误之处，恳请批评指正。

编 者

2006年4月

目 录

21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶管路系统

第一章 绪论

第一节 船舶管路系统的含义及其组成

第二节 船舶管路生产设计的发展简史

第二章 船舶管路的基础知识

第一节 管系等级

第二节 船用管子的材料、规格、特性及选用

第三节 管路计算与质量检验

第四节 管系中的附件、设备与检测仪表

第三章 船舶管路系统的原理设计

第一节 船舶动力管系的原理设计

第二节 船舶管系的原理设计

第四章 船舶管系的放样设计

第一节 概述

第二节 管系常用符号

第三节 船舶管系放样基本原理

第四节 弯管参数计算

第五节 管系放样的步骤

第六节 管路布置基本规范

第七节 计算机管系放样软件简介

第五章 船舶管子的弯制与管路的安装

第一节 管子的弯制

第二节 管子的校对与焊接

第三节 管子的强度试验

第四节 管子的化学清洗与表面处理

第五节 船舶管路的安装与检验

第六节 管路的绝缘与油漆

参考文献

1

1

1

5

5

5

9

14

41

41

69

90

90

91

94

99

105

109

118

122

122

137

140

141

143

146

149



第一章 绪 论

第一节 船舶管路系统的含义及其组成

在船舶动力装置中,船舶管路系统泛指为专门用以输送流体(液体或气体)的成套辅助机械(如泵、风机、压气机、分油机等)、设备(如热交换器、箱柜、过滤器、空气瓶等)、检测仪表和管路(管子及其附件)的总称,简称管系。

船舶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,以保证船舶的生命力、安全航行以及船员和旅客的正常生活和工作。

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

船舶管系按任务的不同,其组成部分主要有:(1)舱底水管系;(2)压载水管系;(3)消防管系;(4)通风管系;(5)供水管系;(6)注入、测量、透气管系;(7)蒸汽管系;(8)疏排水管系。

除此以外,根据不同类型的船舶还设置了液压管系、浸水管系,在一些专用船舶(如原油运输船、化学品运输船、液化气体船等)上,还设有一些专用系统,常见的有液货装卸系统、洗舱系统、惰性气体保护系统及液货加热系统等。

在动力管系中,有些发动机本身带有不可分割的有关机械、设备部分,在柴油机设计中已解决,称为内部动力系统,其余部分称为外部动力系统(在动力装置设计中解决)。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、副机、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,动力管系担负着很重要的作用。

船舶管系按其基本任务可分为保船的管系、生活设施管系和驳运储藏管系三个类别,为此船舶管系必须具有可靠性和一定的活力性。

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能力。系统的可靠性是靠正确地掌握系统的技术要求,合理地选用零部件以及准确地遵守安装的技术要求来达到的。

活力性是对某些系统(海损时的排水系统、灭火系统等)的特殊要求,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、以及配备双套机械和管理来保证的。

第二节 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。管系工程的特点是多规格、多品种、多数量,并要在较短的设计、加工和安装周期内完成繁重的工作内容。由于其工作性质的复杂性和产品的单件性,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。有效地提高船舶管系的生产技术水平,已成为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。

(一)20世纪50年代中期以前是第一阶段

对于管子的弯曲加工,基本上 $\phi 25\text{ mm}$ 以上的管子采用灌砂热弯方式,这种方法的劳动强度大,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,使管子弯曲的效率和质量都有一定程度的提高。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,因此影响了船舶的建造周期。

(二)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,对管系实尺放样进行研究,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以及综合放样。终于使得管子的加工基本上脱离了现场,即消除了管子的加工依附于船体的局面。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 $\phi 203 \sim \phi 305\text{ mm}$ 的管子。同时也发展了中频弯管机,用来弯曲大口径的管子,而火焰弯管机逐渐被淘汰。并且还研制成功了内场校管装置,使管子加工的效率和质量得到了很大的提高。

(三)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。许多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优化,形成管系设计的比例绘图方法,即电算处理法。

(四)20世纪80年代进入第四阶段

许多船厂相继建造出口船舶,然而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,因此各厂相应地采取了很多措施,船舶管系的设计和加工也得到了很大的发展,主要体现在如下七个方面。

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,并利用计算机数控绘图机自动绘制系统安装图,以及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在某些研究所和船厂得以实施。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强的预见性。

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

4. 管系预舾装技术得到了应用、推广和发展。管系预舾装技术的实质是将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和预装的优越性,并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. 继续努力研制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, 并且达到了单面焊接、双面成形的技术要求, 以及法兰与管子做到了双面焊接。许多船厂还从国外引进一批质量较高的电焊机。

7. 推广使用热浸镀锌工艺。

(五) 从 20 世纪 90 年代开始第五阶段

在此期间管系的设计及施工的最大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的文件。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在相应软、硬件支持下, 实现了管系的计算机辅助设计、施工和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、自动绘图以及自动统计等工作。

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, 它应用电子计算机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, 使管子加工工艺程序实现流水作业生产。它不仅保证了管子的加工精度, 还大大地提高了劳动生产率。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等因素, 但由于这种工艺采用先弯曲后焊法兰的方法, 而弯曲后的管子形状多样, 所以给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”还存在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, 以及管子加工的精度要求等问题。

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的, 或由专业厂家来安装的, 这样既保证了设备质量, 又降低了船厂成本。

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为复杂。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个区域, 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时间和所属地区放在对应的托盘上, 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达成共识。

托盘的含义有如下两种。

(1)它是一个作业单位,相当于工艺项目,并且划分得比较合理。

(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其相对应。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,互相对应,按照托盘交货期,有程序地完成所需的舾装作业。

区域托盘管理的工作流程: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并制定托盘管理表→决定作业日程并制定工事日程→决定作业人员配置→确定作业场所、工具设备和运输车辆→按每个托盘单位进行配料→按每个托盘单位有序地工作→统计实际工作量并与计划值相比较。

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,但依然存在加工周期长、效率低的情况。究其原因主要有两个: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,手工操作占很大比例,大部分船厂仍未实现管子加工的流水线。



第二章 船舶管路的基础知识

第一节 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,不同用途的压力管系,按照其设计压力 and 设计温度,一般分为三级,见表 2-1。

表 2-1 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 /℃
蒸汽和热油	> 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级或Ⅲ级规定时,即定为Ⅱ级管系或Ⅲ级管系。

②有毒和有腐蚀性的介质、加热温度超过其闪点的可燃介质 and 闪点低于 60℃的介质,以及液化气体等所用的管系一般为Ⅰ级管系;如设有安全保护措施以防漏泄或漏泄后产生的后果,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 and 锅炉放汽管等)为Ⅲ级管系。

⑤其他介质指的是空气、水、滑油和液压油等。

⑥热油是指热油系统的循环油液。

第二节 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,也就决定了管子的种类 and 规格的繁多以及具有不同的特性。

在各类船舶上常用的管子主要有三大类别,即钢管、铜管和塑料管。

(一) 钢管

钢管按制造工艺分为无缝钢管 and 有缝钢管两类,钢管的材料有普通碳素钢、优质碳素钢、合金钢 and 不锈钢等,主要用于Ⅰ级 and 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、12Mn₂ 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)而成的,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、良好的延伸率和工艺性(即可以冷弯、可以热弯和具有良好的焊接性),所以在船舶各管系中应用得最为广泛。例如,蒸汽管、燃油管、滑油管、压缩空气管、冷却水管、消防管等,规格见表 2-2。

表 2-2 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 ③ ④ ⑥ ⑧ ⑨ ⑩	与船体结构有 关的舱柜的空 气管、溢流管和 测量管 ⑩ ② ③ ④ ⑥ ⑦ ⑧	舱底、压载水管 和一般海水管 ① ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ 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 ⑧ ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧
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,表中所列测量管的最小壁厚是适用于液货舱外部的测量管;



- ③对于允许采用的螺纹管的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, 可允许适当地减小;
- 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应另行考虑;
- ⑦舱底水管、测量管、空气管和溢流管的最小内径应为, 舱底水管: $d = 50 \text{ mm}$, 测量管: $d = 32 \text{ mm}$, 空气管和溢流管: $d = 50 \text{ mm}$;
- 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排气管的最小壁厚应另行考虑;
- ⑩货油管的最小壁厚应另行考虑。

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, 在高温环境下不易被氧化、不结皮、并保持较高的机械性能的特点。但是这种管子不宜热弯, 在大量的含有氯离子的介质中易产生应力腐蚀。不锈钢管除用于潜艇中高温、高压、高清洁度以及工作介质的腐蚀性大的特殊系统外, 一般船舶不宜采用, 规格见表 2-3。

2. 有缝钢管

这类钢管是由钢板卷曲后焊接而成的。根据表面颜色又分两种, 其中一种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, 人们习惯称其为白铁管, 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。

由于有缝钢管对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、卫生水和舱底水等系统, 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汽系统。

(二) 铜管

常用的铜管有紫铜管和黄铜管, 紫铜管由含铜量在 99.5% 以上的纯铜拉制和挤制而成, 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腐蚀性, 但它不适用于高温、高压系统, 再加之价格较贵, 因此, 在一般的船舶上, 紫铜管只用于压力表管或直径 $\phi \leq 14 \text{ mm}$ 的液压油类管。紫铜管在舰艇上得到了广泛应用, 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 $550 \sim 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。规格见表 2-4。

表 2-3 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
≤ 10	1.0
11 ~ 18	1.5
19 ~ 83	2.0
84 ~ 169	2.5
170 ~ 246	3.0
247 ~ 340	3.5
341 ~ 426	4.0
427 ~ 511	4.5
512 ~ 597	5.0



表 2-4 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
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,所以一般只用于热交换器的管束及通话管。

黄铜管系由 H62、H68,锡黄铜 HSn70-1、HSn62-1,铅黄铜 HPb59-1,铁黄铜 HFe59-1-1 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。

(三)双金属管

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,内层镀有 0.6 ~ 0.8 mm 厚的 T4 号铜,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。

双金属管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。这种管子的加工较困难,因为钢和铜的熔点、机械性能都不同,所以最好采用冷弯工艺。

(四)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。其主要优点是质量轻、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、冷却水管等。

常用的铝管材料牌号有 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。

(五)塑料管

塑料管一般由耐冲击聚氯乙烯制成,它的质量轻,比目前船上常用的任何一种金属管都轻,而且耐腐蚀性能强,还具有摩阻小、绝缘、隔音、吸振、耐磨、绝热、不需油漆、加工与安装工艺较简便等优越特性。但是它也存在强度低、耐热和防火性能差、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。因此,目前这种管子仅用于工作温度在



-0~+60℃,且工作压力小于0.6 MPa的管系中,如甲板排水管、污水管、洗涤水管、空气管等。随着塑料管的材料性能的不断改进以及制造工艺的不断完善,它必将会获得广泛的应用。

(六)钛合金管

钛合金是一种新型材料,用这种材料制造的管子的特性优于无缝钢管和紫铜管,并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,它目前的应用仅局限于舰艇上某些特殊的场合。

二、管子的选用原则

管子的选用主要应遵循以下三个方面的原则。

(一)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、耐热性等方面的要求。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、抗腐蚀等方面的要求之外,还应考虑是否受水击、振动等外界环境条件。

(二)工艺要求

所选用的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、检修等方面的工艺技术要求。

(三)经济要求

在选用管子的过程中,考虑使用要求和工艺要求的同时,还要防止大材小用、优材低用。在符合使用要求的前提下,尽量考虑经济性,以降低船舶的建造成本,船舶的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,并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选择,尽量减少品种规格的数量和不常采用的规格牌号。

第三节 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、压力等参数确定其管径和管壁厚度。

一、管径计算

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。计算公式为

$$d = 0.0188 \sqrt{\frac{q_v}{v}} = 0.0188 \sqrt{\frac{q_m}{\rho v}} \quad (2-1)$$

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汽动力装置的蒸汽管路、凝水管路、给水泵的吸入管路、油泵吸入管路等。后一种方法则考虑海水管路的腐蚀,给水管路阀体、阀座的腐蚀等。在实际应用中,常推荐的管内压力和流速,见表2-5所示。腐蚀速度见表2-6。

表2-5 各种管内流体压力和流速

管子名称	压力/MPa	流速/(m/s)	备注
海水、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
蒸汽管路	≤3.92	20~40	

表2-6 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/a)
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、管子壁厚的计算

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

(一)压力概念

(1)压力:单位面积上所受到的正压力称为压强,而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PN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:对管子和附件等作强度试验的压力称为强度试验压力,用字母 PS 表示。

(二)管子壁厚的计算

各管系输送不同介质时,它们的内壁受不同的压力、流速和温度的作用,在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》的有关规定公式进行计算。

受内压的管子,其最小壁厚为

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

式中 δ ——最小计算壁厚,mm;

δ_0 ——基本计算壁厚,mm,计算见公式 2-3;

b ——弯曲附加余量,mm;

c ——腐蚀余量,mm。

钢管的腐蚀余量可查表 2-7 获得。

表 2-7 钢管腐蚀余量

管系用途	腐蚀余量/mm	管系用途	腐蚀余量/mm
过热蒸汽管系	0.3	滑油管系	0.3
饱和蒸汽管系	0.8	燃油管系	1.0
货油舱蒸汽加热管系	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		

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, $c = 0$ 。

基本计算壁厚 δ_0 的计算公式为

$$\delta_0 = \frac{PD}{2[\sigma]e + P} \quad (2-3)$$

式中 δ_0 ——基本计算壁厚,mm;

P ——设计压力,MPa;

D ——管子外径,mm;

$[\sigma]$ ——管子许用应力,MPa;

e ——焊接有效系数,对无缝钢管、电阻焊和高频焊钢管及铜和铜合金管取 1, 其他方法制造的管子,另行考虑。