

船员适任培训与航海教育专业核心课程统一教材 // 轮机工程技术 ▶

船舶辅机

(操作级) ■

交通运输部海事局组织编写

主编单位

浙江国际海运职业技术学院
武汉理工大学
泉州海洋职业学院
安徽交通职业技术学院
渤海大学

人民交通出版社股份有限公司

北京

图书在版编目(CIP)数据

船舶辅机/交通运输部海事局组织编写. —北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2022. 7

ISBN 978-7-114-17979-2

I. ①船… II. ①交… III. ①船舶辅机 IV.
①U664. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 098903 号

Chuanbo Fuji

书 名: 船舶辅机

著 作 者: 交通运输部海事局

责任编辑: 杨 川

责任校对: 赵媛媛 魏佳宁

责任印制: 刘高彤

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.chinasybook.com>

销售电话: (010)64981400, 59757915

总 经 销: 北京交实文化发展有限公司

印 刷: 北京印匠彩色印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 43.5

字 数: 1032 千

版 次: 2022 年 7 月 第 1 版

印 次: 2022 年 7 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-17979-2

定 价: 98.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

编审人员名单

理论知识编写组

主 编:徐合力(武汉理工大学)

安 骥(上海海事大学)

徐振洪(烟台大学)

副主编:丁 杨(渤海大学)

刘德宽(重庆交通大学)

李长伦(大连海洋大学)

教学实训编写组

主 编:胡贤民(浙江国际海运职业技术学院)

王福秋(青岛远洋船员职业学院)

林杰民(泉州海洋职业学院)

副主编:于 洋(山东交通学院)

王连海(山东交通学院)

陆惠明(江苏海事职业技术学院)

情景实操编写组

主 编:王柏友(烟台海员职业中等专业学校)

刘正华(湖北交通职业技术学院)

周武红(安徽交通职业技术学院)

副主编:张金良(天津理工大学)

胡国超(广州航海学院)

王 永(秦皇岛兴荣海事中等职业学校)

主 审:甘念重(武汉理工大学)

参 编:吴国强 郑泽军 黄兴旺 周宏基 唐华浩

王 涛 王 玲 涂志平 袁 健 李明智

关业伟 张 堃 张东方 康小刚 黄 华

邹得球 叶晓华 江元河 李长熊 刘泽宇

陈跃华 王 强 齐万昌 罗 飞

关于本套教材

一、本套教材编写特点

1. 体例创新,以“用”带学

2021年10月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于推动现代职业教育高质量发展的意见》,文件中明确提出了要“改进教学内容与教材”。依据这一文件精神,结合航海职业教育改革要求和航海专业课程教学创新要求,本套教材将航海业务进行了“情境化”处理,以“操作要点”这一“用”为中心,将航海业务中需掌握的必备知识、相关知识进行整合、优化,将学生的学习场景带入到实际工作的情境中来,明确学生的学习任务,增加学生学习兴趣,提升学生实践能力。

2. 结构新颖,利于掌握

本套教材由若干个教学情境构成,这些情境完全按照生产实际和岗位需求来设计。每个教学情境又包含了“情境导读”“必备知识”“操作要点”等内容,每个“必备知识”/“操作要点”通过【解释】【相关知识】【经验指导】等栏目逐层递进,最大程度上利于学生对这些知识和技能吸收和掌握。

【解释】通过设置一系列醒目的小标题(带有●记号的标题),对“必备知识”/“操作要点”的内容进行详细讲解、说明。

【相关知识】对与该“必备知识”/“操作要点”相关的知识点、关键词、公式、术语等作扼要的说明。

【经验指导】对与“必备知识”/“操作要点”有关的实际应用知识进行提示、指导,向读者传授航海实际作业经验。

3. 课证融通,学以致用

依据《高等职业学校轮机工程技术专业教学标准》中教学内容要求进行编写,以各种场景“操作要点”为主线,辅以必会的理论知识、经验指导和典型案例等,符合航海类专业的“课证融通”职业教育特点,实现理论和实践的有机融合。

二、本套教材使用方法

1. 教学情境的使用方法

本套教材设立了若干个教学情境,每个教学情境下的“必备知识”/“操作要点”,均是航海专业必须掌握的重点知识,也是《高等职业学校轮机工程技术专业教学标准》要求的重点教学内容,这些重点内容,在实际操作时能够给航海专业人员带来很多参考和帮助。带有●记号的标题是本套教材对于“必备知识”/“操作要点”所提炼出的关键词,它能直接扼要地表明在航海专业中应注意的知识要点和应掌握的技能要点。

2. “热题库”自主学习系统的使用

本套教材配套了“热题库”自主学习系统,学生可以通过微信[扫一扫],扫描下方的二维码进入该系统。



“热题库”自主学习系统是一款满足学生课前预习、课后复习的基于微信公众号平台的配合专业课程教学和学习系统。该系统根据学生自主学习的特点,在功能上设置了“新题练习”“热题研习”“熟题重温”“错题重做”“机编模拟”和“典型试卷”六大功能,在内容上又开发了“互动教材”和“经典习题”,“互动教材”作为课前预习的内容与教师课堂教学相呼应,“经典习题”作为课后复习的内容满足学生学习巩固的需要。另外,本系统还可以由教师组建班级,学生加入到“我的班级”,可以使老师实时了解学生的学习动态和课堂教学效果。

“热题库”自主学习系统的使用方法如下:

(1)使用微信[扫一扫]扫描上方的二维码,关注公众号。

(2)点击公众号下方菜单中的“练·热题”进入。

(3)点击“更多考试”,选择想要学习的科目进入。

(4)当点击任意模块出现收费界面时,可以选择“输入激活码”,刮开图书封底的激活码涂层,在激活码页面输入激活码,即可免费使用。

(本激活码也可以激活公众号下的其他科目,一经激活,本码作废,请谨慎使用)

3. 课堂互动教学系统的使用

本套教材配套了课堂互动教学系统,该系统由后台管理(教师使用)和课堂前端(师生共用)两部分组成。

(1)后台管理(教师使用)的注册和使用

教师通过关注“水运书摘”微信公众号,点击下方“练·热题”进入首页,点击下方“公号档案”功能区中的“教师注册”,刮开由人民交通出版社股份有限公司发放的“教师邀请卡”上的涂层,在“教师注册”页面输入激活码,即可进入“教师工作区”。教师还可以在“教师注册”页面采用“手机短信激活”的方式进行注册,具体方式如下:输入“教师姓名”、选择“所在学校”,并用手机接收验证码并输入后,完成注册。教师通过点击“教师工作区”中的“教师信息”可以获得后台管理(教师使用)的登录名和密码,使用电脑端的IE浏览器输入网址:“<https://retiku.cn/manager/jtclick.html>”,输入登录名和密码,即可进入课堂教学互动系统的后台管理。在后台管理中,教师可在“PPT课件”中下载获取相应教材的配套课件,还可从“课件管理”和“共享课件”中编辑和生成自己的互动课件,共享自己认为满意的互动课件给同行教师。

(2)课堂前端(师生共用)的使用

课堂前端(师生共用)包括一套互动教学设备,教师通过该设备调取后台管理中教师自

主编辑生成的互动课件,用于课堂教学。学生通过答题器与教师产生互动。教师通过使用该系统,一方面,可以实时了解学生的课堂学习动态,不断调整教学重点;另一方面,还可以调动学生课堂听课的积极性,提高学生的课堂学习效率。

三、“案例进课堂”资源获取

为了着力推行产教融合的职业教育模式,统筹规划课程体系与教材建设,强化立体化数字资源建设,本书同步推出了“案例进课堂”资源库,实现了教学模式上的创新,便于教师授课和学生扩展知识的学习。

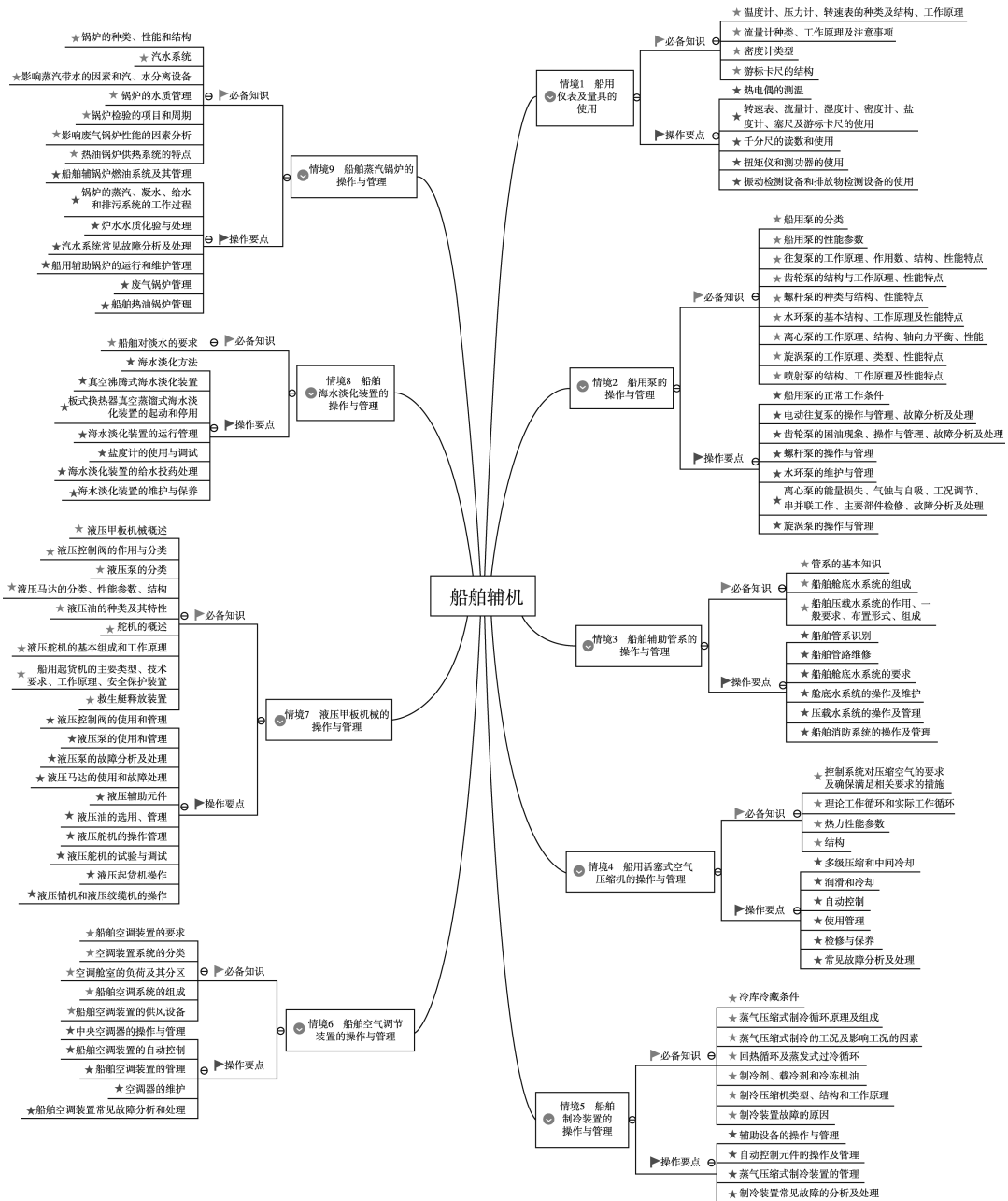
“案例进课堂”资源库可以通过以下方式获取:

Windows 系统的电脑客户端,可通过 IE 浏览器,输入以下网址:

<http://www.chinasybook.com/tas.zip>

进行下载安装(下载文件中含说明书)。

关于本书



《船舶辅机》知识导图

前言

2020年12月,船员考试管理改革工作会议在深圳召开,交通运输部海事局就启动船员适任培训统一教材编写工作作了部署。

2021年6月,交通运输部海事局在人民交通出版社股份有限公司召开集中办公会议,研讨船员适任培训统一教材编写思路,明确了“用什么、教什么、考什么”的教材建设原则。明确要以《中华人民共和国海船船员适任考试和发证规则》《海船船员培训大纲(2021版)》为依据,兼顾《高等职业学校航海技术专业教学标准》《高等职业学校轮机工程技术专业教学标准》,既要满足船员适任培训实际需求,也要服务航海职业教育改革国家战略。

为了众筹各方智慧,妥善做好教材建设的具体工作,2021年6月,部海事局发布了《交通运输部海事局关于征集操作级船员适任培训教材编写人员的通知》,启动教材编审人员征集工作,得到来自航海本科、高职高专院校老师和航运企事业单位专家的广泛响应,有力支持了统一教材编审人员的遴选工作。

2021年10月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于推动现代职业教育高质量发展的意见》,结合交通运输部等六部委联合发布的《关于加强高素质船员队伍建设的指导意见》,统一教材建设既要契合国家对职业教育改革的愿景目标,也要满足行业打造合格产业劳动者大军对培训考试方式的改革诉求,教材建设需要从内容上、形式上和功能上进行系统性创新。

本套教材在内容上,力求知识满足实际需求,实现航海职业教育知识体系与船员适任培训场景的融合与孪生,实现案例进课堂;在表现形式上,以情境设计为导向,突出知识与实操的关联性,实现纸质教材与数字教材的相互融合;在功能上,以数字教材为基础,配套课堂教学互动课件和满足课前预习、课后复习需求的“题库”自主学习系统等教学工具,寓教于问、寓学于答。

此外,正在行业推广应用的“船员岗位培训与评估系统”,可为航海新技术、新设备、新法规等方面的知识反哺与更新建立有效机制。

按照编写人员专业特点,本套教材各科目编写组分为理论知识、情境实操和教学实训三个单元。

本套教材包括船舶管理、海上货物运输、航海学(船舶定位与导航)、航海学(航海仪器操作)、航海学(气象观测与分析)、船舶操纵、船舶值班与避碰、航海英语、船舶管理(含机舱资源管理)、船舶主推进动力装置、船舶辅机、船舶电气、轮机自动化、轮机维护与修理、轮机英语15门课程。

在教材编审过程中,得到了航海教育培训研究分委会、各直属海事局、各航海院校、相关航运企事业单位和人民交通出版社股份有限公司的关心和支持,在此一并表示感谢。

交通运输部海事局
2022年7月

目录

情境1 船用仪表及量具	1
必备知识1:膨胀式温度计	2
必备知识2:常见的热电偶	6
操作要点3:热电偶的测温	8
必备知识4:金属电阻温度计	11
必备知识5:半导体电阻温度计	13
必备知识6:热辐射温度计	15
必备知识7:其他温度计	17
必备知识8:测压管	19
必备知识9:U形管压力计	21
必备知识10:差压计	23
必备知识11:斜管微压计	25
必备知识12:弹性式压力计	26
必备知识13:电气压力计	30
操作要点14:离心式转速表	32
操作要点15:定时式转速表	34
必备知识16:光电式转速计和磁电式转速计	35
必备知识17:发电式转速表	37
操作要点18:涡轮流量计	38
操作要点19:涡街流量计	40
操作要点20:其他速度式流量计	42
必备知识21:容积式流量计	43
必备知识22:压差式流量计	46
必备知识23:恒压式流量计	48
必备知识24:质量流量计	50
操作要点25:湿度计	52
操作要点26:浮子式密度计	54
操作要点27:静压式密度计	56
操作要点28:其他液体密度计	57
操作要点29:盐度计	58
操作要点30:塞尺	60
必备知识31:游标卡尺的结构	62
操作要点32:游标卡尺的读数方法	65

操作要点 33:游标卡尺的使用	67
操作要点 34:千分尺的读数方法	71
操作要点 35:千分尺的使用	73
操作要点 36:扭矩仪	79
操作要点 37:测功器	82
操作要点 38:振动检测设备	85
操作要点 39:排放物检测设备	86
情境 2 船用泵的操作与管理	89
必备知识 1:船用泵的分类	90
必备知识 2:船用泵的性能参数	92
操作要点 3:船用泵的正常 work 条件	94
必备知识 4:往复泵的工作原理	96
必备知识 5:往复泵的作用数	97
必备知识 6:往复泵的主要部件与空气室	99
必备知识 7:往复泵的性能特点	103
必备知识 8:电动往复泵的基本结构	106
操作要点 9:电动往复泵的操作与管理	108
操作要点 10:电动往复泵的故障分析及处理	110
必备知识 11:齿轮泵的结构与工作原理	112
操作要点 12:齿轮泵的困油现象	115
必备知识 13:齿轮泵的性能特点	117
操作要点 14:齿轮泵的操作与管理	119
操作要点 15:齿轮泵的故障分析及处理	121
必备知识 16:螺杆泵的种类与结构	122
必备知识 17:螺杆泵的性能特点	124
操作要点 18:螺杆泵的操作与管理	126
必备知识 19:离心泵的工作原理	128
必备知识 20:离心泵主要部件	129
必备知识 21:离心泵的轴向力平衡	133
必备知识 22:离心泵的定速特性曲线	135
操作要点 23:离心泵的能量损失	136
必备知识 24:离心泵的性能特点	137
操作要点 25:离心泵的气蚀	139
操作要点 26:离心泵的自吸	141
操作要点 27:离心泵的工况调节	143
操作要点 28:离心泵的串、并联工作	145

	操作要点 29:离心泵主要部件检修	147
	操作要点 30:离心泵常见故障分析及处理	150
	必备知识 31:水环泵的性能特点	153
	操作要点 32:水环泵的维护与管理	155
	必备知识 33:旋涡泵的工作原理	156
	必备知识 34:旋涡泵的类型	158
	必备知识 35:旋涡泵的性能特点	161
	操作要点 36:旋涡泵的操作与管理	164
	必备知识 37:喷射泵的结构和工作原理	165
	必备知识 38:喷射泵的性能特点	167
情境 3	船舶辅助管系的操作与管理	169
	必备知识 1:船舶管系的基本知识	170
	必备知识 2:船舶管路常用阀门	173
	操作要点 3:船舶管路维修	176
	操作要点 4:船舶舱底水系统的要求	178
	必备知识 5:船舶舱底水系统的组成	180
	操作要点 6:舱底水系统的操作及维护	181
	必备知识 7:船舶压载水系统的作用	183
	必备知识 8:对船舶压载水系统的一般要求	184
	必备知识 9:船舶压载水系统的布置形式	185
	必备知识 10:船舶压载水系统的组成	187
	操作要点 11:压载水系统的操作及管理	188
	操作要点 12:船舶水消防系统的操作及管理	190
	操作要点 13:居住舱室水喷淋灭火系统及机舱局部 水雾灭火系统的操作及管理	194
	操作要点 14:CO ₂ 消防系统的操作及管理	197
	操作要点 15:船舶日用水系统的操作及管理	200
	操作要点 16:船舶通风系统的操作及管理	203
情境 4	船用活塞式空气压缩机的操作与管理	207
	必备知识 1:控制系统对压缩空气的要求及确保满足相关要求的措施	208
	必备知识 2:活塞式空气压缩机的理想工作循环	210
	必备知识 3:活塞式空气压缩机的实际工作循环	212
	必备知识 4:活塞式空气压缩机的热力性能参数	214
	操作要点 5:活塞式空气压缩机的多级压缩和中间冷却	216
	必备知识 6:活塞式空气压缩机的结构	218
	操作要点 7:活塞式空气压缩机的润滑和冷却	222

操作要点 8: 活塞式空气压缩机的自动控制	224
操作要点 9: 活塞式空气压缩机的使用管理	226
操作要点 10: 活塞式空气压缩机的检修与保养	228
操作要点 11: 活塞式空气压缩机的常见故障分析及处理	232
情境 5 船舶制冷装置的操作与管理	235
必备知识 1: 冷库冷藏条件	236
必备知识 2: 蒸汽压缩式制冷循环原理及组成	238
必备知识 3: 蒸汽压缩式制冷的工况及影响工况的因素	240
必备知识 4: 回热循环	242
必备知识 5: 过冷循环	244
必备知识 6: 制冷剂的要求	245
必备知识 7: 制冷剂的种类和编号	246
必备知识 8: 常用制冷剂的性质	248
必备知识 9: 载冷剂	251
必备知识 10: 冷冻机油	253
必备知识 11: 常用制冷压缩机类型及其应用	255
必备知识 12: 往复式制冷压缩机的结构和工作原理	258
必备知识 13: 热力膨胀阀的结构和工作原理	260
操作要点 14: 热力膨胀阀的安装、维护与调试	262
操作要点 15: 电子膨胀阀的操作及管理	264
操作要点 16: 电子膨胀阀的系统调试	266
操作要点 17: 油分离器的操作及管理	267
操作要点 18: 储液器的操作及管理	268
操作要点 19: 冷凝器的操作及管理	269
操作要点 20: 蒸发器的操作及管理	272
操作要点 21: 其他制冷辅助设备的操作及管理	274
操作要点 22: 电磁阀的操作及管理	276
操作要点 23: 温度控制器的操作及管理	278
操作要点 24: 压力控制器的操作及管理	280
操作要点 25: 油压差继电器的操作及管理	282
操作要点 26: 蒸发压力调节阀的操作及管理	284
操作要点 27: 直动式水量调节阀的操作及管理	286
操作要点 28: 制冷装置的气密试验、抽空试验及冷库隔热试验	288
操作要点 29: 制冷装置的使用管理	290
操作要点 30: 制冷剂的充注和取出	293
操作要点 31: 制冷剂的检漏	295

操作要点 32: 制冷装置更换干燥剂	297
操作要点 33: 制冷装置参数调整	298
操作要点 34: 冷冻机油的添加与更换	301
操作要点 35: 不凝性气体的危害及其检查与排除方法	303
操作要点 36: 蒸发器融霜	304
操作要点 37: 制冷装置冰塞故障及处理	307
操作要点 38: 制冷装置制冷剂充注过多或过少故障及处理	308
操作要点 39: 制冷装置压缩机不能起动或起动后很快停车故障及处理	309
操作要点 40: 制冷装置压缩机在运行中突然停车或起、停频繁故障及处理	310
操作要点 41: 制冷装置冷量不足, 库温降不下来故障及处理	312
操作要点 42: 制冷装置压缩机效率差故障及处理	313
操作要点 43: 制冷装置压缩机频繁地起动和停机故障及处理	314
操作要点 44: 制冷压缩机“敲击”故障及处理	316
操作要点 45: 制冷装置压缩机排气温度过高故障及处理	317
操作要点 46: 制冷装置压力异常的原因及处理	318
情境 6 船舶空气调节装置的操作与管理	320
必备知识 1: 船舶空调装置的要求	321
必备知识 2: 空调装置系统的分类	323
必备知识 3: 空调舱室的负荷及其分区	328
必备知识 4: 船舶空调系统的组成	330
操作要点 5: 中央空调器空气的吸入、过滤和消音	331
操作要点 6: 中央空调器空气的冷却和除湿	334
操作要点 7: 中央空调器空气的加热和加湿	336
必备知识 8: 船舶空调装置的供风设备	338
操作要点 9: 船舶空调装置夏季降温工况的温度控制	340
操作要点 10: 船舶空调装置取暖工况时的温度控制	343
操作要点 11: 船舶空调装置取暖工况的湿度控制方案	345
操作要点 12: 船舶空调装置湿度调节器	347
操作要点 13: 船舶空调装置的管理	349
操作要点 14: 空调器的维护	352
操作要点 15: 船舶空调装置常见故障分析及处理	353
情境 7 液压甲板机械的操作与管理	357
必备知识 1: 液压传动的工作原理	358
必备知识 2: 液压系统的组成	361
必备知识 3: 液压系统的分类	362
必备知识 4: 液压控制阀的作用与分类	366

必备知识 5:单向阀	367
操作要点 6:电磁换向阀	369
操作要点 7:电液换向阀	372
操作要点 8:溢流阀	374
操作要点 9:减压阀	379
操作要点 10:顺序阀	382
操作要点 11:节流阀	385
操作要点 12:普通型调速阀	387
操作要点 13:旁通型调速阀	389
操作要点 14:比例控制阀	391
操作要点 15:插装阀	396
必备知识 16:液压泵的分类	400
操作要点 17:斜盘式轴向柱塞泵	401
操作要点 18:斜轴式轴向柱塞泵	405
操作要点 19:轴向柱塞泵的故障分析及处理	408
操作要点 20:柱塞式液压泵的使用和管理	410
操作要点 21:双作用叶片泵	411
操作要点 22:单作用叶片泵	415
操作要点 23:限压式变量叶片泵	417
操作要点 24:叶片泵的特点及使用	419
操作要点 25:变量泵的变量控制方式	420
必备知识 26:液压马达的分类	421
必备知识 27:液压马达的性能参数	422
操作要点 28:连杆式液压马达	425
操作要点 29:静力平衡式马达	428
操作要点 30:内曲线式液压马达	430
操作要点 31:液压马达的使用和故障处理	434
操作要点 32:蓄能器	435
操作要点 33:滤油器	439
操作要点 34:液压油箱	445
操作要点 35:密封件	448
必备知识 36:液压油的种类及其特性	451
操作要点 37:液压油的选用	453
操作要点 38:液压油温度的控制	456
操作要点 39:液压油污染的控制	459
操作要点 40:液压油更换前检测	462

操作要点 41: 液压油更换指标	464
操作要点 42: 液压油的更换步骤和注意事项	465
必备知识 43: 舵的组成和分类	466
必备知识 44: 阀控型液压舵机工作原理	468
必备知识 45: 泵控型液压舵机工作原理	471
必备知识 46: 十字头式转舵机构	476
必备知识 47: 拨叉式转舵机构	478
必备知识 48: 滚轮式转舵机构	479
必备知识 49: 摆缸式转舵机构	480
必备知识 50: 转叶式转舵机构	481
必备知识 51: 液压式操纵系统	483
必备知识 52: 伺服油缸式操纵系统	484
必备知识 53: 伺服电机式操纵系统	485
操作要点 54: 舵机管理注意事项	487
操作要点 55: 舵机系统的清洗和充油	489
操作要点 56: 舵机的试验和调整	490
操作要点 57: 舵机常见故障分析	493
必备知识 58: 船用起货机的主要类型	495
必备知识 59: 对船用起货机的基本技术要求	497
必备知识 60: 液压起货机操纵机构的主要类型和工作原理	499
操作要点 61: 阀控型开式起重液压系统	502
操作要点 62: 泵控型闭式起货机构液压系统	504
必备知识 63: 液压起货机安全保护装置	507
操作要点 64: 液压起货机操作	509
操作要点 65: 液压锚机	512
操作要点 66: 液压绞缆机	516
操作要点 67: 绞缆机刹车力测试	520
必备知识 68: 救生艇释放装置	522
必备知识 69: 救生艇释放装置辅助设备	525
必备知识 70: 对救生艇的要求	528
情境 8 船舶海水淡化装置的操作与管理	530
必备知识 1: 船舶对淡水的要求	531
操作要点 2: 海水淡化方法	532
操作要点 3: 真空沸腾式海水淡化装置	534
操作要点 4: 板式换热器真空蒸馏式海水淡化装置的起动和停用	539
操作要点 5: 海水淡化装置的运行管理	542

操作要点 6: 盐度计的使用与调试	544
操作要点 7: 海水淡化装置的给水投药处理	546
操作要点 8: 海水淡化装置的维护与保养	548
情境 9 船舶蒸汽锅炉的操作与管理	550
必备知识 1: 船用锅炉的种类	551
必备知识 2: 锅炉的主要性能参数	553
必备知识 3: 立式横烟管锅炉的结构与性能特点	555
必备知识 4: 立式直水管锅炉的结构与性能特点	557
必备知识 5: D 型水管锅炉的结构与性能特点	559
必备知识 6: 针形管锅炉的结构与性能特点	562
必备知识 7: 立式烟管废气锅炉的结构与性能特点	564
必备知识 8: 强制循环废气锅炉的结构与性能特点	566
必备知识 9: 废气锅炉与燃油辅助锅炉的联系	568
操作要点 10: 水管锅炉与烟管锅炉的性能特点比较	570
操作要点 11: 水位计	572
操作要点 12: 安全阀	575
操作要点 13: 其他锅炉附件	578
操作要点 14: 船舶辅助锅炉的燃烧及传热	580
操作要点 15: 燃烧器	583
操作要点 16: 压力式喷油器	584
操作要点 17: 回流式喷油器	587
操作要点 18: 蒸汽式喷油器	588
操作要点 19: 旋杯式燃烧器	589
操作要点 20: 配风器	591
操作要点 21: 电点火器及火焰感受器	594
操作要点 22: 燃烧器使用管理要点	595
操作要点 23: 采用回油式喷油器的燃油系统	596
操作要点 24: 采用旋杯式喷油器的燃油系统	598
操作要点 25: 采用双喷嘴压力式喷油器的燃油系统	600
操作要点 26: 燃烧方面常见故障分析	602
必备知识 27: 汽水系统	604
必备知识 28: 影响蒸汽带水的因素	606
必备知识 29: 汽、水分离设备	608
操作要点 30: 锅炉蒸汽、凝水、给水、排污系统的工作过程	610
必备知识 31: 水质指标和水质标准	614
操作要点 32: 炉水水质化验与处理	616

操作要点 33: 给水管理	619
操作要点 34: 汽水系统常见故障分析及处理	622
操作要点 35: 船用锅炉的冷态点火前的准备	625
操作要点 36: 船用锅炉手动点火升汽	627
操作要点 37: 自动化锅炉的自动点火操作	630
必备知识 38: 锅炉自动控制的内容	632
操作要点 39: 锅炉运行中的管理	634
操作要点 40: 停炉及其保养	636
操作要点 41: 锅炉低温腐蚀及其预防	638
必备知识 42: 锅炉检验的项目和周期	639
操作要点 43: 锅炉本体的内部检查和检验的准备工作	640
操作要点 44: 锅炉本体的内部检验检查的主要内容	641
操作要点 45: 船用锅炉的检验	643
操作要点 46: 锅炉水垢的清洗	645
操作要点 47: 典型的废气锅炉系统	647
操作要点 48: 废气锅炉蒸发量的调节方法	649
必备知识 49: 影响废气锅炉性能的因素分析	651
操作要点 50: 废气锅炉的积灰与着火	653
操作要点 51: 避免废气锅炉积灰着火的措施	655
必备知识 52: 热油锅炉供热系统的特点	658
操作要点 53: 船用热油锅炉供热系统的组成及工作过程	659
操作要点 54: 船用热油锅炉供热系统的辅助装置	661
操作要点 55: 船用热油锅炉供热系统的控制和安全设备	663
操作要点 56: 热油锅炉的运行管理	665
附录 常用液压元件图形符号	668
参考文献	672

情境 1 船用仪表及量具

情境导读

温度计、压力计、转速表、流量计、湿度计、密度计、盐度计、塞尺、游标卡尺、千分尺、扭矩仪、测功器等是船舶轮机中重要的测量仪表及量具，在船舶轮机应用中具有着举足轻重的作用。





必备知识 1 : 膨胀式温度计

要 点

习惯上,把测量温度的仪器、仪表和装置都称为温度计。温度计是船舶轮机中最重要的测量仪表之一。

测量温度的方法归纳起来,通常可分为两大类:一是与被测温度的物体相接触的直接测量法;二是与被测温度的物体不相接触的间接测量法。采用直接测量法测量温度的温度计也称为接触式温度计,比如热膨胀温度计、热电偶温度计、热电阻温度计等;采用间接测量法测量温度的温度计也称为非接触式温度计,比如光学高温计、光电高温计和辐射高温计等。下面介绍几种目前轮机工程中常见的接触式温度计。

常用的膨胀式温度计包括玻璃管式液体(水银、酒精)温度计、双金属片温度计和压力表式温度计。

解 释

● 玻璃管式液体温度计

玻璃管式液体温度计是最常见的温度测量装置之一,也是日常生活及工程实际当中见到最多的一种温度计,如空气温度计、体温温度计等都是这种类型。玻璃管式液体温度计的液体工作介质常用的是酒精或水银,又称为酒精温度计、水银温度计。

玻璃管式液体温度计如图 1-1 所示,它是由液体工作介质、薄壁玻璃包及带有毛细管的玻璃杆茎所组成。玻璃包和玻璃杆茎使液体工作介质与外界相隔离。温度计玻璃杆茎底部的测温包具有较大的容积,它包含大部分的液体工作介质;当液体工作介质受热时体积增大,液体工作介质沿玻璃杆茎内的毛细管上升,到达一定位置时停止上升,该位置具有刻度即可读出温度数值;玻璃杆茎顶部的玻璃腔是为避免温度超出温度计测量范围而设置。

玻璃管式液体温度计的测量精度主要取决于液体工作介质的体积膨胀系数。液体体积膨胀系数是指一定质量的液体,在压力保持不变的条件下,温度每升高一个单位温度所引起的液体体积的相对变化量。由此可知,当相同的温度变化时,液体工作介质的体积膨胀系数越大,则液体在毛细管中上升的高度也越大,即温度计越灵敏、测量精度也就越高。液体工作介质一般为酒精、水银。酒精的体积膨胀系数比水银大,约为水银的 6 倍。标准大气压下,酒精的液相温度范围是 $-114 \sim 78^{\circ}\text{C}$,水银的液相温度范围是 $-39 \sim 367^{\circ}\text{C}$,但温度升高时,玻璃管中的压力会高于标准大气压,所以其量程的上限会高于其沸点,水银温度计可测

量 500℃ 以上甚至到 600℃ 的温度。此外,玻璃杆内的毛细管的直径也是影响温度计灵敏度的一个重要因素,毛细管的直径越小,则液体在毛细管中上升的高度就越大,毛细作用对测量精度的影响同样增大。毛细管的尺寸是依据测温包的尺寸、液体工作介质的种类以及温度计测量范围要求等所决定的。



图 1-1 玻璃管式液体温度计

玻璃管式液体温度计具有价格低廉、使用方便、读数直观、性能稳定和精度高等优点,被广泛用于科学研究、工业生产以及日常生活等各个领域。它的缺点为测温范围窄、易破损、不能远程传递和记录,使其在自动控制与自动调节中的应用受到限制。船上主机缸套水温度计有用酒精温度计的,柴油机排烟管温度计有用水银温度计的。

玻璃管温度计的正确读数:

- (1) 温度计示数稳定后开始读数,读数时视线应与毛细管中液面相平。
- (2) 如果是水银温度计,视线应与水银凸面平齐,如果是酒精或煤油温度计,视线应于液体凹面平齐。

● 双金属片温度计

双金属片温度计的结构如图 1-2 所示。它是由两种线膨胀系数不同的金属片焊接制成。当温度升高时,因两种金属片的长度变化量不同,致使双金属片向热膨胀系数小的一侧弯曲,通过类似于弹簧管式压力表上所用的传动机构,带动指针偏转,即可指示温度数值。

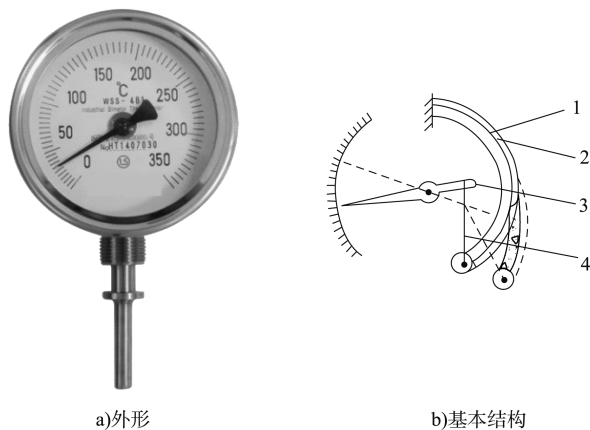


图 1-2 双金属片温度计的结构

1-双金属片(热膨胀系数较大);2-双金属片(热膨胀系数较小);3-指针(或记录笔);4-传动杆

多数情况下,双金属片温度计作为温度自动记录仪使用,也可用于遥控测量。

● 压力表式温度计

压力表式温度计的工作原理因与压力表的工作原理相同,因此称为压力表式温度计。图 1-3 是一种在制冷系统中遥测温度所用的膨胀式温度计,它的感温元件为测温包,测温包与毛细管、弹簧管组成一个封闭空间,内有液体工作介质。当测温包中的液体工作介质随温度变化发生热胀冷缩时,液体工作介质的压力发生变化,使得弹簧管发生形变,通过机械传动机构,带动指针偏转,即可指示温度的数值。

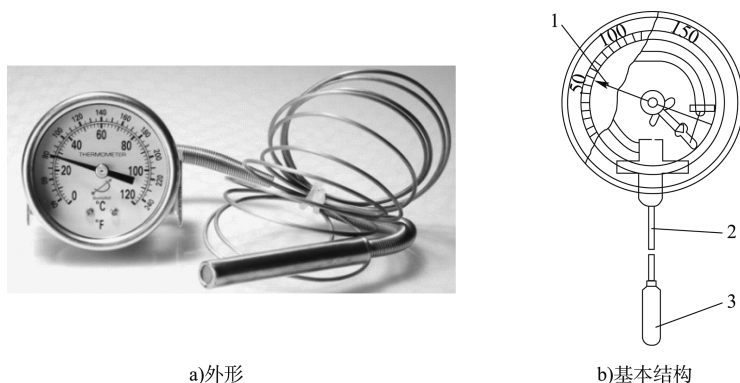


图 1-3 压力表式温度计

1-压力表;2-毛细管;3-测温包

压力表式温度计又分两种:

一种是充入的蒸发液体(WTZ-280),工作时蒸发液体的饱和蒸汽压力与温度成非线性关系,故表盘刻度不均匀,目前 1/3 部分精度等级 2.5;另一种充入的是稳定的压力气体(一般为氦气),工作时,气体压力与温度成线性关系,表盘刻度均匀,但受环境温度影响大,精度不如 WTZ 型。

相关知识

依据温度测量的基本原理,寻找测量温度的方法有如下特殊要求:

(1)所选择的物理参数,其数值变化应只与温度有关,而与其他因素无关或关系不大,即要求所选择参数仅是温度的单值函数。

(2)所选择的物理参数,其与温度之间的函数关系必须是稳定的,并且要简单明了,同时其随温度的变化应该是连续的。

(3)所选择的温度计的测温介质,应能够迅速与被测介质达到热平衡,温度的跟踪性要好。

事实上,完全满足以上要求是不可能的。但是,人们从大量的实践中,已经找到比较成熟且基本满足以上要求的测温方法。归纳起来,主要都是利用物体的热膨胀性、热电变换、热电阻、热辐射以及熔点、硬度、颜色等随温度变化的物理效应和化学效应来实现温度测量,比如:

(1)利用物质的热胀冷缩现象测量温度,比如测量介质为固体的双金属片温度计、测量

介质为液体(酒精、水银等)的玻璃管液体温度计、测量介质为气体的气体温度计等,这类温度计的应用很普遍,也是最早被采用的温度计。

(2)利用物体的热电效应随温度变化的现象测量温度,比如热电偶温度计。

(3)利用物体的导电率随温度变化的现象测量温度,比如电阻温度计。

(4)利用物体的热辐射强度随温度变化的现象测量温度,比如光学高温计、光电高温计和辐射高温计等。

此外,还有利用物体的磁化率随温度变化现象制造的磁温度计、利用正向电压随温度变化现象制造的二极管温度计等。



必备知识 2 : 常见的热电偶

要 点

热电偶是一种热电型的温度传感器,它将温度信号转换成电势(毫伏)信号,配以测量电势信号的仪表或变换器,即可实现温度的测量和温度信号的转换。

热电偶是目前应用最广泛的温度测量元件,它既可用于流体温度的测量,又可用于固体温度的测量;既能测量静态温度,又能测量动态温度。

如果把两种不同的金属或合金导体 A 和 B 组成闭合回路就构成简单的热电偶回路。当 A 和 B 的两个连接点温度 T 、 T_0 不同时,如 $T > T_0$ 时,闭合回路就会产生一定大小的电动势,该电动势也称为热电势。当材料一定时,两接点的温度相同时,热电势为零。当温差越大时,则热电势越大。

解 释

● 铂铑₁₀-铂(PtRh₁₀-Pt)热电偶(S型热电偶)

铂铑₁₀-铂热电偶(S型热电偶)如图 1-4 所示。它的正极是铂铑合金丝(铂 90%,铑 10%),负极是纯铂丝。其物理化学性能稳定,测量精度高,常用于精密温度测量以及作为基准温度计使用。可用于中、高温区的温度测量,使用范围通常为 300 ~ 1300℃,短期可达 1600℃。但灵敏度较低,室温下灵敏度仅有几个 $\mu\text{V}/\text{℃}$ 变化,且价格昂贵,较少在中低温度下使用。



图 1-4 S 型热电偶

● 镍铬-镍硅(NiCr-NiSi)热电偶(K型热电偶)

镍铬-镍硅热电偶(K型热电偶)以镍铬为正极、镍硅为负极。其化学性能稳定,灵敏度高(室温下为 $41\mu\text{V}/\text{℃}$ 变化),成本低,价格低廉,非常适合于中、高温度的测量,工作范围通常为 100 ~ 1000℃,短期可达 1300℃。镍铬合金的名义成分为 90% 镍和 10% 铬及少量硅等,镍硅合金的名义成分为 97% 镍和 3% 硅及少量钴等。

● 铜-康铜(Cu-CuNi)热电偶(T型热电偶)

铜-康铜热电偶(T型热电偶)以铜为正极、康铜为负极。因铜丝和康铜丝易做到材质均

匀,同时其性能稳定、复现性好,且价格便宜,所以铜-康铜热电偶被广泛用于液氮温区(80K)至室温的测量。在室温下,其灵敏度可达 $40\mu\text{V}/\text{C}$,在液氮温度下,其灵敏度为 $16\mu\text{V}/\text{C}$ 。在中、低温区,铜-康铜热电偶往往是首选的测温仪表之一。铜丝具有高纯度(99.999%以上),康铜的成分是60%铜和40%镍。

● 镍铬-康铜(NiCr-CuNi)热电偶(E型热电偶)

镍铬-康铜热电偶(E型热电偶)如图1-5所示。以镍铬为正极、康铜为负极,其综合镍铬-镍硅热电偶和铜-康铜热电偶的一些优点,可用于80~3000K的温区。它的最大优点是灵敏度高,室温下可达 $70\mu\text{V}/\text{C}$,所以镍铬-康铜热电偶对测量小温差是非常有利的。



图1-5 E型热电偶

● 镍铬-金铁热电偶

几乎所有的热电偶的热电势都随着温度的降低而减小,灵敏度也随之下降,热电偶的这一特性对于低温测量是非常不利的,因此,一般热电偶只能用于80K以上温区。而镍铬-金铁热电偶却较好地克服了这一缺点,可以工作在1~300K温区,灵敏度高,温度变化为1K时,输出热电势为 $10\mu\text{V}$,是康铜的30倍。此外它还具有稳定性好、热导率低的优点,这对低温测量非常有利。

镍铬-金铁热电偶的正极为镍铬、负极为金铁。金铁丝是在纯金中掺入微量的铁原子融合而成,随着掺入的铁原子的比例增加,镍铬-金铁热电偶在低温段的灵敏度降低而在高温段灵敏度升高(以10K为交界点)。

相关知识

常用热电偶可分为标准热电偶和非标准热电偶两大类。所谓标准热电偶是指国家标准规定了其热电势与温度的关系、允许误差,并有统一的标准分度表的热电偶,且有与其配套的显示仪表可供选用。非标准热电偶在使用范围或数量级上均不及标准热电偶,一般也没有统一的分度表,主要用于某些特殊场合的测量。另外,根据使用的习惯还有以下几种不同的分类方法:

- (1)按其热电势与温度之间的关系以及使用性能,分为常用热电偶和特殊热电偶。
- (2)按其适应的温度范围不同,分为高、中温热电偶和低温热电偶。
- (3)按其结构类型不同,分为铠装式、插入式和裸线式热电偶。



操作要点 3：热电偶的测温

要 点

在温度测量工作中,经常会遇到一些温度测量问题,例如温度的多点检测、多处显示、平均温度测量等,通过合理地布置热电偶的测温线路即可满足这些不同的要求。

解 释

● 多支热电偶共用一台显示仪表

在温度测量中,特别是船舶轮机中的温度测量,多数是为监测机械运行工况是否正常而进行。通常情况下,这种测温仅作定期检测,而无须进行连续观测,因此,为简化控制台面并减少显示仪表的数目,常将分度号相同而被测温度值相近的数支热电偶,通过一个切换开关共用一台显示仪表,轮流(或按要求)显示各支热电偶检测的温度,同时,使得这些热电偶具有相同的系统误差。

多支热电偶共用一台显示仪表的测温线路如图 1-6 所示,图中的两种线路相比较,常用的是图 1-6b) 的形式,因该线路设置辅助热电偶,实现了热电偶参比端的温度补偿,所以可以节约大量的补偿导线。线路中的切换开关可为手动型,也可为自动型,根据测量要求可随时或定期按照顺序将各支热电偶分别与显示仪表接通,分别对相应的测量点进行测量。

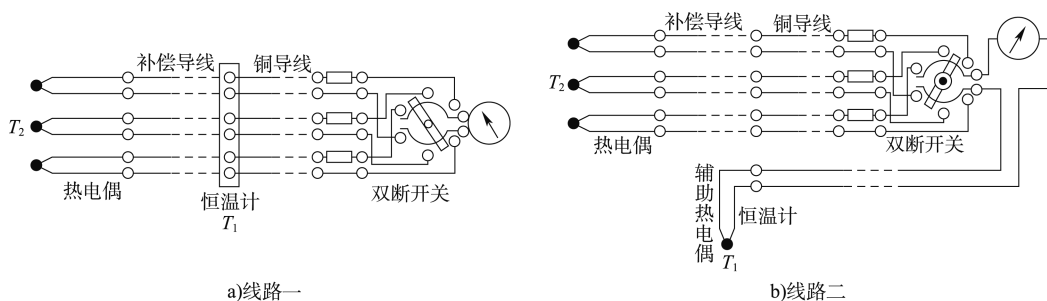


图 1-6 多支热电偶共用一台显示仪表的测温线路

对于具有多通道、可自动扫描的显示仪表,只要将各支热电偶按照仪表不同通道接入即可,无须外接转换开关。同时还可人为选择扫描起始点以及扫描速度和时间间隔,以满足不同的测量和显示要求。

应用这种测温线路时需注意的是：

(1) 线路中所用各支热电偶的分度号应一致, 并且还应与显示仪表所标注的热电偶分度号相同。

(2) 接线时应格外注意热电偶正、负极性, 不得接反。

(3) 线路中的外接电阻是用于调整每一支热电偶测量线路的总电阻值, 以使每一支热电偶测量电路的总电阻值相同, 并且应等于显示仪表所规定的外接电阻值。

如图 1-7 所示为热电偶温度计, 船上常用的测量柴油机气缸排气温度的温度计, 在操作台上设有切换开关, 仅用一个表头即可读出每一个气缸的排气温度, 该表头实际上是一个毫伏表, 但其刻度为温度刻度, 可以显示温度值。

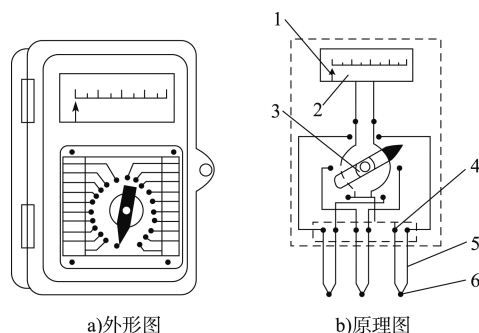


图 1-7 热电偶温度计

1-温度指针;2-表盘;3-切换开关旋钮;4、5、6-热电偶

● 一支热电偶配用两台显示仪表

在实际工程现场测温时, 有时需要将一支热电偶产生的热电势输送至两台显示仪表, 以实现分别在两处(如现场和控制室)同时显示同一温度, 测温线路如图 1-8 所示。这时测温线路的显示仪表多选用电位差计, 不宜选用动圈式仪表。

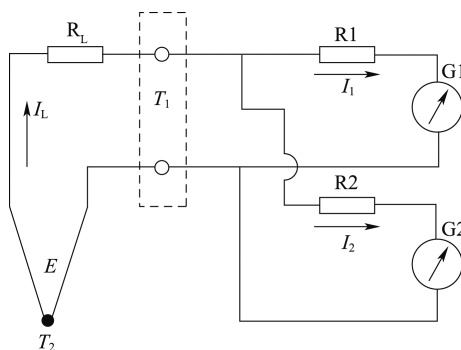


图 1-8 一支热电偶配用两台显示仪表的测温线路

● 平均温度的测量

由于热电偶测温仅能测出某一点的温度, 如果想测量某一区域(比如某一壁面)的平均温度时, 可将布置在该区域不同测点处的数支分度号相同的热电偶, 采用并联法或串联法连接至同一台显示仪表, 以获得平均温度。此方法获得的是热电偶测得温度的平均值, 即为这

些测点处温度的平均值。测点的数目与各测点的位置,应根据被测对象的温度分布情况和测量要求进行恰当地选择,以真正反映被测对象的平均温度。

相关知识

● 热电偶的优点

热电偶具有以下明显的优点:

- (1)结构简单、制作方便、价格便宜,不仅有定型的标准化产品,而且也可以自行制作。
- (2)测温范围宽,从1K到3000K的温度范围内,每个温区都有各种不同型号的热电偶可供选择使用。
- (3)测温精度较高,高温区的复现性和稳定性很好。
- (4)体积小、热容量小、热惯性小。
- (5)由于它直接输出电势信号,所以便于信号的远距离传输和自动记录、控制,更有利于集中检测、记录和控制。



必备知识 4 : 金属电阻温度计

要 点

在实际工程中,温度的测量除广泛使用热电偶外,热电阻温度计也是应用非常广泛的一种测温仪表。特别是在工业生产中,中低温度的测量大多采用热电阻温度计。

热电阻温度计是利用导体或半导体的电阻值随温度的变化而变化的特性来实现测温的。

目前应用最广泛的金属电阻材料是铂和铜。同时,随着低温和超低温技术的发展,目前可用作热电阻材料的还有合金、碳以及半导体材料——锗等多种新型热电阻材料。

解 释

一般来说,纯金属与合金具有正的电阻温度系数,其电阻值随其温度的升高而增加。金属电阻温度计就是利用这一特性进行工作。铂、铜、钢、铁、镍等几种金属材料均可作为热电阻体,但由于难以得到纯净的铁和镍,且其特性曲线也不平滑,因此在实际工程当中很少使用。工业中,热电阻应用最多的是铂和铜。

● 铂电阻温度计

由于铂具有很高的化学稳定性,且容易提纯,便于加工,因此它是热电阻温度计中最常用的材料。铂电阻(WZB)是用高纯铂丝制成,其优点是测温精度高,线性和稳定性好,性能可靠,电阻温度系数大,测温范围为 $-260 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 。由铂丝作敏感栅制成的温度片可测 $-18.3 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 的机件表面温度。铂电阻的缺点是在还原气体中易被侵蚀变脆。

铂电阻温度计主要由铂电阻丝、石英管、U形玻璃管、引线及耐热绝缘的防护套管等组成,如图1-9所示。通常引线之间的绝缘要求大于 $5 \times 10^9 \Omega$ (500°C 以下)。电阻器和保护套管的热接触多采用加氦气的办法来实现。热接触不良会增加自热效应和响应时间。

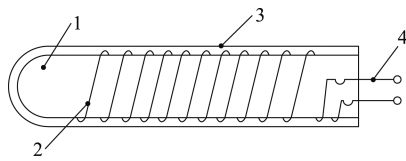


图 1-9 铂电阻温度计基本结构

1-玻璃或陶瓷骨架;2-铂电阻丝;3-玻璃或陶瓷敷层;4-引出线

● 铜电阻温度计

铜电阻(WZC)通常用于 $-50 \sim +150^{\circ}\text{C}$ 的测温,在该测温范围内,其电阻值与温度有良好的线性关系。同时,铜的电阻温度系数 α 高于其他金属,且价格相对便宜,容易提纯。

铜电阻的缺点是电阻率低,因此铜电阻丝必须做得细又长,从而使它的机械强度降低;另外,铜电阻在高温下容易氧化。所以,铜电阻多在低温和无侵蚀性的介质中工作。

● 合金电阻温度计

合金类似很不纯的金属元素,通常合金对温度的变化是不灵敏的,但也有例外的情形,例如纯金属掺入微量磁性金属组织的合金会出现一些反常现象。在锗、铂等金属中掺入微量的铁、钴等磁性金属,在极低温下,其电阻和温度关系会表现出与纯金属不同的特性。微量杂质的作用使得合金具有很大的正电阻温度系数,如含 0.5% (原子比) 铁的铈-铁合金能够制成一种很有用的低温温度计,可以弥补铂电阻温度计在低温下灵敏度降低的缺点。

相关知识

● 热电阻温度计的特点

热电阻温度计之所以得到广泛的应用,主要是因为它具有以下几个突出的优点:

- (1) 测量精度高,复现性好。
- (2) 灵敏度高,输出信号强,便于显示仪表的识别、检测。
- (3) 由于热电阻温度计是电信号的传递,所以易于实现巡检、自控、越限报警和自动显示、记录等功能。

● 热电阻的接线方法

(1) 两线制,如图 1-10a) 所示,这种方法存在引出线电阻随温度变化而产生的附加误差。(引出线:由热电阻体至接线端子的连接导线)

(2) 三线制,如图 1-10b) 所示,这种方法可以消除引出线电阻的影响,工业上多采用这种方法。

(3) 四线制,如图 1-10c) 所示,不仅可消除引出线电阻的影响,还可消除连接线导线间接触电阻及其阻值变化的影响,多用于标准铂热电阻的引出线上。

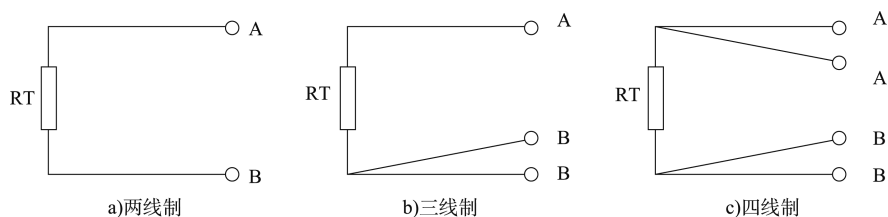


图 1-10 热电阻的接线方法

RT-热电阻感温元件;A、B-接线端子的标号



必备知识 5 : 半导体电阻温度计

要 点

由于纯金属或合金电阻温度计随着温度的下降,其电阻值减小,灵敏度也随之下降,至极低温度时甚至无法使用。而半导体电阻温度计具有负的电阻温度系数,当温度降低时,不但其电阻值增加,而且更重要的是它的灵敏度也随之升高。这种特性对于低温测量是极为理想的。半导体电阻温度计除灵敏度高之外,还有体积小、热容量小的优点,可在工业上及作为精密温度测量工具使用。

解 释

● 锗电阻温度计

锗是最常用的半导体材料,纯锗在低温下的电阻率非常高,且对温度的灵敏度低,因此,必须掺杂微量的杂质以提供载流子,加入的杂质多为锑、砷和钢等。通常所说的锗电阻是指含杂质的锗。

锗电阻是迄今所研究过的半导体材料中最理想的低温测量元件,它的电阻与温度关系非常稳定,重复性很好,标定一次可长期应用,而且它的测量精度可达到 0.005K 。由于锗电阻相对金属电阻温度计在低温下具有明显的优点,很多国家将锗电阻温度计作为 $4.2\sim 20\text{K}$ 之间的标准测量仪表。(图 1-11)

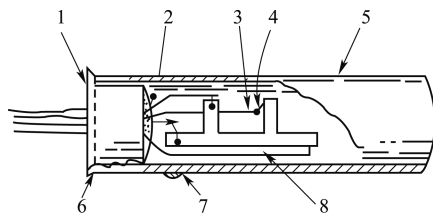


图 1-11 锗电阻温度计结构示意图

1-铂环;2-铅玻璃封口;3-铂丝;4-金丝;5-铂套;
6-焊接点;7-充氮孔;8-锗桥

● 热敏电阻温度计

热敏电阻通常是由两种以上过渡金属(Mn、Ni、Cu、Fe、Co等)氧化物的粉末按照一定比例混合在 $1000\sim 1300^\circ\text{C}$ 高温下烧结成的多晶半导体。热敏电阻和半导体电阻一样具有负的电阻温度系数,随温度降低,不但阻值增加,而且电阻的变化率也急剧增加,因此热敏电阻的测量灵敏度较高。

相关知识

不同材料的电阻值随温度变化的大小,通常用材料的电阻温度系数 α 来表示,其物理意义是:材料在单位温度变化时,其电阻值的相对变化量。一般来说,纯金属和合金的电阻温度系数为正值,而半导体的电阻温度系数则为负值。实验证明,大多数金属当温度升高 1°C 时,其电阻值要增加 $0.4\% \sim 0.6\%$,而半导体的电阻值要减小 $3\% \sim 6\%$ 。



必备知识 6 : 热辐射温度计

要 点

热辐射温度计是根据物体的热辐射随其温度的变化规律测量物体温度,具有比其他测温技术更为明显的优越性,所以目前热辐射温度计得到越来越广泛的应用。

热辐射测温仪表按照其测温的工作原理不同,可分为全辐射测温仪、单色测温仪、亮度测温仪、比色测温仪、三色测温仪等。按照其测温范围可分为 700 ~ 3200℃ 的高温测温仪、100 ~ 700℃ 的中温测温仪、100℃ 以下的低温测温仪。

解 释

● 全辐射温度计

全辐射温度计(如图 1-12 所示)是以热辐射的斯蒂芬-波尔兹曼定律为测温原理。它是利用热电传感元件,通过测量物体热辐射的全部波长的总能量来确定物体的表面温度。



图 1-12 全辐射温度计

● 单色温度计

单色温度计是通过测量物体热辐射中的某一波长范围($\lambda \sim \lambda + d\lambda$)内所发出的辐射能量来确定物体的表面温度。一般根据所设计的温度计的测温范围来确定所需要的测量波段,并选用一定的滤光片将此波段以外的热射线全部滤掉,由此还可以显著削弱其他光源对测温结果的影响。

单色温度计的测温误差,除与被测物体的黑度有关外,还和所使用的测温波长有关。理论分析显示,黑体定标的单色温度计所使用的测温波长越短,由物体的黑度所引起的测温误差越小。因此,单色温度计一般工作于短波区。因为热辐射的峰值辐射波长随温度的升高而向短波方向移动,所以,单色温度计适用于高温测量。

● 比色温度计

比色温度计是通过测量物体热辐射中的两个不同波长范围($\lambda_1 \sim \lambda_1 + d\lambda_1$ 、 $\lambda_2 \sim \lambda_2 + d\lambda_2$)内所发出的辐射能量的比值来确定物体的表面温度。

比色温度计的测温误差取决于所使用的两个测温波长 λ_1 、 λ_2 以及这两个测温波长所对

应的被测物体的黑度 ε_1 、 ε_2 ,且 ε_1 和 ε_2 相差越小,则测温误差就越小;若 ε_1 和 ε_2 相等,则被测物体的温度就等于黑体定标的比色温度计的读数温度。因此,对于比色温度计,提高测量精度的关键是选择适当的两个测温波段,以使得这两个测温波段的被测物体的黑度差最小。显然比色温度计采用的方法能够明显减小被测物体的黑度对测温误差的影响。

● 三色温度计

三色温度计是依次取三个不同波长的波段,通过测量这三个波段内所发出的辐射能量,将第一、第三波段辐射能量之积除以第二波段辐射能量的平方,由所得之商来确定物体的表面温度。理论分析显示,三色测温可使其测量结果与被测物体的黑度无关,可提高热辐射测温的精度。

● 红外热像仪(图 1-13)

热像仪可以将物体自身发出的热辐射转换成可见的图像,这种图像称为热像图或温度图。因热像图中包含了被测物体的热状态信息,故而通过热像图的观察和分析,可获得被测物体表面或近表层的温度分布及其所处的状态。



图 1-13 红外热像仪

现有的热成像技术基本上都是使用两类热像仪,即光机扫描热像仪和非机械扫描热像仪。其中,非机械扫描热像仪又分为热释电热像仪、红外扫描热像仪、红外摄像热像仪等多种形式。因这种测温方法简便、直观、精确、有效,且不受测温对象的限制,所以它在温度测量技术中有着广阔的应用前景。目前国内研制和使用的红外热像仪以光机扫描热像仪及热释电热像仪为主。

相关知识

● 热辐射温度计的优点

- (1) 不扰乱被测物体的温度场。
- (2) 由于是非接触测温,因而就可以不受高温气体的氧化和腐蚀。
- (3) 测温范围广,从理论上讲,这种温度计的测温上限是无限的。
- (4) 由于是非接触测温,这种温度计不必与被测物体达到热平衡,它与被测物体是以辐射换热的方式传热,这种换热方式的速度和光速一样快,因而热惯性小,灵敏度高。
- (5) 可对远距离物体、带电物体及其他不可接触物体或高速运动物体等进行温度测量。



必备知识 7 : 其他温度计

要 点

目前轮机工程中常见直接测量法除上述介绍的几种,还包括二极管温度计、电容温度计、示温涂料及变色温度指示器等。

解 释

● 二极管温度计

物理学指出,二极管在稳定的正向电流的条件下,其正向电压随温度的降低而增加。半导体二极管温度计正是利用此原理而制成的。

二极管的正向电压 U 和温度 T 之间的关系,在较大的温度范围内都表现出良好的线性关系,因此,用这种温度计的测温 and 定标都比较简单。只要在此温度范围内选定两个温度点,即可利用线性关系得到温度的分度。另外,二极管温度计的灵敏度较高,用普通的测压技术,其测温的准确度就可达到 0.1°C 。通常来说,当温度降低到某一温度以下时,二极管的正向电压 U 与温度 T 之间的关系就失去了线性。非线性关系时,有的二极管的灵敏度变得更高(比如硅二极管),这对低温测量更加有利。

半导体二极管的优点为:①可用于 $1 \sim 400\text{K}$ 温度范围的测量;②灵敏度高;③与半导体电阻温度计相比,受磁场的影响较小;④价格低廉。

半导体二极管的缺点为:①复现性差;②体积较大;③不能做点的温度测量。

● 电容温度计

电容温度计的测温原理是利用电容器介质的介电常数随温度显著变化的特性进行测温。它不受磁场影响,即使在 150kGs 的强磁场下,影响也只在 $\pm 1\text{mK}$ 以内。

电容温度计在 $0.1 \sim 72\text{K}$ 的温度范围内,电容-温度关系是单调函数。特别是在 5.2K 以下时,电容-温度关系为线性,此时的灵敏度也非常高。在液氦温度下自热很小(约为 70pW),并随温度的下降而降低。热响应快,重复性为 $\pm 13\text{mK}$ 左右。但稳定性较差,存在瞬时电容漂移,所以应将组件密封放置在套管内。

● 示温涂料

示温涂料是利用某些物质的颜色随温度的变化而变化的特性进行测温。如复盐碘化汞

(HgI_2)和碘化亚铜(Cu_2I_2),当温度达到 70°C 时可从红色变成黑色。

一般要求示温涂料的颜色随温度而变化的过程必须是不可逆的。示温涂料的测温精度为 $\pm(5\sim 8)^\circ\text{C}$ 。变色温度和所处温度的延续时间有关,延续时间越长,变色温度就越低。所以,有时要用变色温度-时间关系曲线校正测试结果。

在零件表面上,示温涂料的涂膜应越薄越好,通常为 $0.03\sim 0.05\text{mm}$ 。当同时使用多种具有不同变色温度的示温颜料以能一次观察零件的温度分布时,示温涂料可以涂成宽度约为 10mm 的带状条纹。此外,虽然示温涂料对零件的传导换热影响甚微,但是,它对零件的辐射换热的影响却不能忽略不计。因此,示温涂料最好以狭窄条状或点状涂在零件表面上。由于示温涂料不宜接触高温燃气及摩擦面,故其使用受到了一定限制。

为了方便进行零件温度分布的实际观察,还可以通过选取某种具有多点温度下相继变色的物质,或是可以通过混合多种具有单个变色温度的颜料而制取示温涂料。

● 变色温度指示器

根据某些物质的颜色随温度的变化而变化的性质而制成的示温片和示温带,用变色来测试或指示物体的表面温度,称为变色温度指示器。测温时,仅需将表面温度指示器(示温片或示温带)黏附在被测机件的干燥表面,并保持良好的接触;当被测表面温度达到该指示器所代表的温度时,便显示出数字或图形,根据该指示器标出的温度数值,便可判断机件表面温度。通常表面温度指示器的测温范围为 $40\sim 260^\circ\text{C}$ 。

示温蜡片是利用某些物质在不同温度下可以发生熔化或变色的特性进行测温。使用时,可根据机件额定工作温度选择对应的示温蜡片粘贴在监测部位,当被测部位温度超过示温蜡片额定温度时,示温蜡片即溶化脱落,从而可发现过热现象。另外,若是需要了解机件表面温度的变化,则可在机件的相应部位贴上 $2\sim 3$ 种在其温度变化范围内的不同温度的示温片,即可反映出温度的细微变化。

此外,还有根据上述同样原理制成的携带式的结构简单的测温笔,它是根据画在机件表面上的笔痕的变色时间长短来判定温度范围。

相关知识

● 测量温度方法分类

测量温度的方法很多,但归纳起来,通常可分为两大类:一是与被测温度的物体相接触的直接测量法;二是与被测温度的物体不相接触的间接测量法。

直接测量法中,测量温度的元件与被测量的物体直接接触,当敏感元件与被测量的物体呈热平衡时,根据温度的定义,此时敏感元件给出的就是被测量物体的温度。采用直接测量法测量温度的温度计也称为接触式温度计,比如前述的热膨胀温度计、热电偶温度计、热电阻温度计等均属此类。

间接测量法中,测量温度的元件与被测量的物体不直接接触,而是通过辐射等原理来测量被测物体的温度。采用间接测量法测量温度的温度计也称为非接触式温度计,比如前述的辐射高温计等均属此类。



必备知识 8 : 测压管

要 点

习惯上,将测量流体压强的仪器、仪表及装置称为压力计或压力表。压力表是船舶动力装置中最重要的仪表之一。

压力计的种类很多,根据工作原理可分为液柱式压力计、弹性式压力计、电气式压力计和活塞式压力计等四大类。

液柱式压力计因其结构简单、使用方便、价格低廉且测量精度较高,所以至今仍被广泛地用于测量低压、负压、压差等。其缺点是玻璃管易碎、体积偏大、读数不方便等。

解 释

测压管是一种最简单的液体压力(压强)测量仪器,它是利用一端开口的玻璃管连接在管道或容器的侧壁,根据玻璃管内液面上升的高度,测得管道或容器中液体压力的数值。

如图1-14所示为测压管,如果测压管内液面上升的高度为 h ,已知液体的密度为 ρ (或已知液体的重度 $\gamma, \gamma = \rho g, g$ 为重力加速度),则点 A 的表压力为 $p_{\text{表}} = \rho gh = \gamma h$;如果大气压力为 p_a ,则该点的绝对压力为 $p = p_a + \rho gh = p_a + \gamma h$ 。可见,只要用标尺量出测压管内液面上升的高度 h 值,再乘以液体的重度 γ ,即可得该点的表压力。

为了降低测压管内液面上升时受毛细管现象的影响,规定测压管的内径不得小于5mm,通常采用内径为10mm左右的玻璃管作为测压管。测压管多用来测量较小的压力,一般小于9800Pa,不适用于测量较大或微小的压力。在测量较大及微压或气体压强时,必须进行改造。此外,这种测压计只能用于测量液体的压力,不适用于测量气体或蒸气的压力。

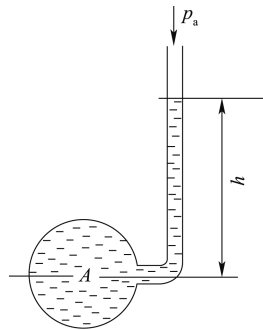


图 1-14 测压管

相 关 知 识

压力计的种类很多,根据工作原理可分为液柱式压力计、弹性式压力计、电气式压力计和活塞式压力计等四大类。液柱式压力计是利用液体静力平衡的原理制成的;弹性式压力计是利用弹性元件在压力的作用下产生的变形来测量压力的;电气式压力计是在上述两种压力计的基础之上将压力引起的液柱的变化或弹性元件的变形转换成电量而测量压力的;

活塞式压力计是用来校验压力表的。

测量表压力的仪器称为压力计或压力表；而测量大气压力的仪表则称为气压表；测量负压力（真空）的仪表则称为真空表。测量两个压力之差的仪器称为差压计，差压计根据其工作原理同样也可分成液柱式差压计、弹性式差压计和电气式差压计等三类。在自动检测中，应用得最多的是电气式压力计和差压计。