



· 总装部队军事训练“十二五”统编教材 ·

海洋水文装备试验

HAIYANG SHUIWEN ZHUANGBEI SHIYAN

齐久成 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

总装部队军事训练“十二五”统编教材

海洋水文装备试验

齐久成 主编

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

海洋水文装备试验 / 齐久成主编. — 北京: 国防工业出版社, 2015. 6

总装部队军事训练“十二五”统编教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 10044 - 0

I. ①海... II. ①齐... III. ①海洋水文 - 装备 - 试验 - 教材 IV. ①P731

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 135254 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 10 $\frac{1}{4}$ 字数 293 千字

2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 36.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

总装备部军事训练统编教材 编审委员会

(2013)

主任委员	张学宇		
副主任委员	陈志敏	蔡洙虎	
委 员	王福通	张忠华	李恒年
	王泽民	桂业伟	姚志军
	吴颖霞	郝光宇	姜国华
	李业惠	张 渊	田 平
秘 书	石根柱	余敬春	

海洋水文装备试验

主 编 齐久成

副主编 杨 健 张艳昆

编写人员 (按姓氏笔画排序)

王朋朋 艾锐峰 刘园园

刘铁军 刘海峰 齐久成

孙云鹏 李 伟 李 清

杨 健 吴 维 宋继烨

张艳昆 欧阳军 周 凯

赵士伟 赵希勇 贺可海

袁 峰 梁朝阳 韩百刚

程 杰 濮兴啸

主 审 姚志军

前 言

本书是总装部队军事训练“十二五”统编教材之一,编写本书的目的旨在总结靶场试验经验,为大专以上学历、从事海洋水文装备定型试验工作的专业技术人员提供专业训练教材,为其他专业从业人员提供学习参考书。

本书是靶场从事海洋水文装备定型试验工作的技术人员多年来创造性工作的总结,内容涵盖了海洋水文装备定型试验中的静态测试、动态比对、稳定性、可靠性、环境适应性等,重点阐述测试原理、试验技术、数据处理及误差分析等。

第1章介绍了海洋水文装备的特点、组成、分类、试验内容和发展趋势;第2章至第8章分别论述了水温测量装备试验,盐度(电导率)测量装备试验,深度(压力)测量装备试验,海流测量装备试验,波浪测量装备试验,潮汐测量装备试验,海洋浮标试验的基本概念、要求、方法、程序、数据处理和结果评定;第9章论述了海洋水文装备环境适应性试验中气候环境试验、力学环境试验、生物化学环境试验的基本概念、要求、方法、程序和结果评定;第10章论述了海洋水文装备可靠性试验的基本概念、原理、指标、流程和要求。各章之间既有区别又存在联系,前后呼应,共同组成了相对比较完善的海洋水文装备试验技术。

本书由齐久成任主编,姚志军任主审,杨健、张艳昆任副主编。全书共10章:第1章由吴维、齐久成、刘海峰编写;第2章由齐久成、袁峰、贺可海编写;第3章由程杰、赵士伟编写;第4章由杨健、刘园园编写;第5章由赵士伟、艾锐峰编写;第6章由孙云鹏、宋继烨编写;第7

章由濮兴啸、欧阳军、梁朝阳编写；第8章由袁峰、韩百刚、王朋朋编写；第9章由张艳昆、李伟、刘铁军、周凯编写；第10章由韩百刚、赵希勇、李清编写。全书由齐久成统稿，姚志军审稿。

白城兵器试验中心张帅、侯习平为全书的编写做了大量协调工作；北京国瑞智新技术有限公司、国家海洋技术中心（天津市海华技术开发中心）、水利部南京水利水文自动化研究所（南京扬子水利自动化技术开发总公司）、中国船舶重工集团公司第七二四研究所、长春天信气象仪器有限公司、广州赛宝仪器设备有限公司、苏州东菱振动试验仪器有限公司和重庆四达试验设备有限公司等单位在试验设备研制方面做出了重要贡献，总装教材办李国华高级工程师为本书的修改完善给予了悉心指导和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请专家、读者批评指正。

编者

2015年1月

目 录

第1章 概论	1
1.1 海洋水文装备概念与特点	1
1.1.1 基本概念	1
1.1.2 主要特点	1
1.1.3 开展海洋水文装备试验的意义	3
1.2 海洋水文装备组成与分类	4
1.2.1 基本组成	4
1.2.2 主要分类	5
1.2.3 海洋水文传感器	7
1.3 海洋水文装备试验及其发展趋势	8
1.3.1 试验内容	8
1.3.2 试验流程	12
1.3.3 发展趋势	13
第2章 水温测量装备试验	17
2.1 概述	17
2.1.1 温度的概念	17
2.1.2 海水温度测量方法	19
2.1.3 海水温度测量装备	21
2.2 静态测试	22
2.2.1 测试设备和标准器	22
2.2.2 测试要求	23
2.2.3 测试方法与程序	26
2.2.4 时间常数	27

2.2.5	数据录取和处理	28
2.2.6	测试结果评定	32
2.3	动态比对试验	33
2.3.1	动态比对试验设备设施	33
2.3.2	动态比对试验要求	34
2.3.3	动态比对试验方法	34
2.3.4	数据录取和处理	36
2.3.5	试验结果评定	38
2.4	稳定性试验	39
2.4.1	长期稳定性试验	39
2.4.2	环境应力稳定性试验	41
2.4.3	试验结果评定	42
第3章	盐度(电导率)测量装备试验	43
3.1	概述	43
3.1.1	盐度的概念	43
3.1.2	盐度测量方法	45
3.1.3	盐度测量装备	46
3.2	静态测试	48
3.2.1	测试设备和标准器	49
3.2.2	测试要求	51
3.2.3	测试方法及程序	52
3.2.4	数据录取和处理	53
3.2.5	测试结果评定	58
3.3	动态比对试验	58
3.3.1	动态比对试验设备设施	59
3.3.2	动态比对试验要求	60
3.3.3	动态比对试验方法	62
3.3.4	数据录取和处理	63
3.3.5	试验结果评定	66

3.4	稳定性试验	67
3.4.1	长期稳定性试验	67
3.4.2	环境应力稳定性试验	68
3.4.3	试验结果评定	68
第4章	深度(压力)测量装备试验	70
4.1	概述	70
4.1.1	深度的概念	70
4.1.2	深度测量方法	71
4.1.3	深度测量装备	72
4.2	静态测试	79
4.2.1	测试设备和标准器	80
4.2.2	测试要求	82
4.2.3	测试方法及程序	83
4.2.4	数据录取和处理	86
4.2.5	测试结果评定	90
4.3	动态比对试验	90
4.3.1	动态比对试验设备设施	91
4.3.2	动态比对试验要求	91
4.3.3	动态比对试验方法	92
4.3.4	数据录取和处理	93
4.3.5	试验结果评定	96
4.4	稳定性试验	97
4.4.1	长期稳定性试验	97
4.4.2	环境应力稳定性试验	98
4.4.3	试验结果评定	98
第5章	海流测量装备试验	99
5.1	概述	99
5.1.1	海流的概念	99
5.1.2	海流测量方法	101

5.1.3	海流测量装备	102
5.2	静态测试	106
5.2.1	测试设备和标准器	107
5.2.2	测试要求	109
5.2.3	流速测试方法及程序	109
5.2.4	流向测试方法及程序	111
5.2.5	数据录取和处理	112
5.2.6	测试结果评定	117
5.3	动态比对试验	118
5.3.1	动态比对试验设备设施	118
5.3.2	动态比对试验要求	120
5.3.3	动态比对试验方法	121
5.3.4	数据录取和处理	123
5.3.5	试验结果评定	126
5.4	稳定性试验	127
5.4.1	长期稳定性试验	127
5.4.2	环境应力稳定性试验	127
5.4.3	试验结果评定	128
第6章	波浪测量装备试验	129
6.1	概述	129
6.1.1	波浪基本概念	129
6.1.2	波浪测量方法	130
6.1.3	波浪测量装备	132
6.2	静态测试	138
6.2.1	测试设备和标准器	138
6.2.2	测试方法及程序	142
6.2.3	测试方法及程序	142
6.2.4	数据录取和处理	145
6.2.5	试验结果评定	149

6.3	动态比对试验	150
6.3.1	动态比对试验设备设施	150
6.3.2	动态比对试验要求	151
6.3.3	动态比对试验方法	151
6.3.4	数据录取和处理	152
6.3.5	试验结果评定	154
6.4	稳定性试验	155
6.4.1	长期稳定性试验	155
6.4.2	环境应力稳定性试验	156
6.4.3	试验结果评定	156
第7章	潮汐测量装备试验	158
7.1	概述	158
7.1.1	潮汐的概念	158
7.1.2	潮汐测量方法	159
7.1.3	潮汐测量装备	160
7.2	静态测试	164
7.2.1	测试设备和标准器	165
7.2.2	测试要求	173
7.2.3	测试方法及程序	173
7.2.4	数据录取和处理	180
7.2.5	试验结果评定	184
7.3	动态比对试验	185
7.3.1	动态比对试验设备设施	185
7.3.2	动态比对试验要求	186
7.3.3	动态比对试验方法	186
7.3.4	数据录取和处理	187
7.3.5	试验结果评定	190
7.4	稳定性试验	191
7.4.1	长期稳定性试验	191

7.4.2	环境应力稳定性试验	192
7.4.3	试验结果评定	192
第8章	海洋浮标试验	194
8.1	概述	194
8.1.1	海洋浮标的概念	194
8.1.2	海洋浮标测量方法	194
8.1.3	海洋浮标测量装备	196
8.2	静态测试	200
8.2.1	测试设备和标准器	201
8.2.2	测试方法及程序	201
8.2.3	数据录取和处理	217
8.2.4	测试结果评定	223
8.3	动态比对试验	224
8.3.1	动态比对试验设备设施	224
8.3.2	动态比对试验要求	225
8.3.3	动态比对试验方法	225
8.3.4	数据录取和处理	229
8.3.5	试验结果评定	231
8.3.6	对海洋浮标的整体评价	232
第9章	环境适应性试验	234
9.1	概述	234
9.1.1	基本概念	235
9.1.2	环境适应性试验方法	236
9.1.3	环境适应性试验装备	239
9.2	气候环境试验	239
9.2.1	低温试验	240
9.2.2	高温试验	242
9.2.3	温度冲击试验	242
9.2.4	恒定湿热试验	245

9.2.5	交变湿热试验	247
9.2.6	淋雨试验	250
9.2.7	太阳辐射试验	252
9.3	力学环境试验	254
9.3.1	振动试验	255
9.3.2	冲击试验	259
9.3.3	水静压力试验	263
9.3.4	倾斜和摇摆试验	264
9.4	生物化学环境试验	267
9.4.1	霉菌试验	268
9.4.2	盐雾试验	273
第 10 章	可靠性试验	278
10.1	概述	278
10.1.1	基本概念	278
10.1.2	可靠性试验要求	279
10.1.3	可靠性试验方法	280
10.2	可靠性基础	282
10.2.1	可靠度	282
10.2.2	累计故障分布函数	282
10.2.3	故障概率密度函数	283
10.2.4	平均寿命	284
10.2.5	故障率	284
10.2.6	指数分布	285
10.2.7	平均故障间隔时间和平均失效前时间	285
10.3	参数估计	286
10.3.1	定数截尾试验样本的参数估计	286
10.3.2	定时截尾试验样本的参数估计	288
10.4	可靠性试验方案选取及实施	290
10.4.1	可靠性试验	290

10.4.2	试验方案	291
10.4.3	被试品	294
10.4.4	试验时间(或次数)	294
10.4.5	应力和试验周期	295
10.4.6	试验偶然中断的处理	297
10.4.7	功能检查及参数检测	298
10.4.8	注意事项	298
10.5	故障的判定和处理	299
10.5.1	故障的判定	299
10.5.2	故障处理	303
10.5.3	试验结果评定	305
参考文献	311

第 1 章 概 论

1.1 海洋水文装备概念与特点

1.1.1 基本概念

海洋水文学又称物理海洋学,是海洋学的重要分支,主要研究海水的物理性质和海水各种运动的发生、发展规律,其主要研究对象有海水温度、盐度、深度、海流、波浪、潮汐、透明度、水色、海发光、海冰以及海洋—大气相互作用等。海洋水文装备通常是指测量海洋水文参数的仪器设备,包括水温、盐度(电导率)、深度(压力)、海流、波浪、潮汐测量装备及浮标、观测平台等。海洋水文装备试验对海洋水文装备的性能进行测试和评估,以确定其是否具备预期的使用效能。海洋水文装备试验技术研究对海洋水文装备进行试验的方法。

海洋水文装备的主要要求是确保其具有较高的准确性和可靠性,同时便于操作和维护,结构不宜过于复杂。装备在较长时间内保持运行初期的准确度是很重要的,即装备的稳定性也是衡量其优劣的重要指标之一。许多海洋水文装备需要长时间在海上使用作业,并且远离修理条件良好的基地,对暴露在海上自然条件下的装备来说,结构坚固、耐腐蚀也十分重要。因此,测量性能、可靠性、稳定性和环境适应性等是海洋水文装备试验所要考核的主要项目,也是海洋水文装备试验技术的主要研究方向。

1.1.2 主要特点

海洋水文装备的种类繁多,形态各异,其工作原理与自然科学的很多学科都有联系。例如:海水温度的测量既可以用温度传感器直接测

量,也可用遥感技术间接测量;综合测量海洋参数的海洋浮标(如 Argo 浮标),则涉及海洋学、通信工程、流体力学等各方面技术;高频地波雷达海洋探测技术,利用接收到的波浪的后向散射回波 Doppler 谱和 Barrick 建立的海洋回波散射截面方程,可得到海流、浪高、风场等海态信息,从而实现对海态的监测;在海洋水文数据的录取、转换、传输、计算、处理和显示等方面,有线、无线和光纤通信,遥测、遥控、编码和计算机软、硬件技术也是不可缺少的。因此,海洋水文装备是多学科的综合技术产品,要了解和掌握海洋水文装备的基本工作原理,必须掌握全面的业务技术知识。

海洋水文装备中无论是接触式测量还是非接触式测量,其测量性能因环境场是否稳定存在静态特性、动态特性的区别。静态和动态是相对概念,通常按照传感器的测量误差与环境场的稳定程度比值来确定。当传感器测量误差远大于环境场的不稳定时可以认为是静态测量(至少应满足 3 倍关系),否则是动态测量。传感器测量结果在静态测量和动态测量中最大的区别是对传感器时间常数的要求。静态测量中因环境相对稳定,可以忽略时间常数的影响。动态测量中因环境不断变化,如果传感器的时间常数过大,跟不上环境要素的变化,测量结果就会明显失真。

海洋水文装备的另一个测量特性是稳定性,也称漂移。无论是机械式测量还是电子式测量,元器件都会存在老化问题,随着时间的推移,测量性能必然发生改变。在一个新传感器启用之前,必须得到它的稳定性指标,以有效保证测量结果。

海洋水文观测的另一个特点是所处的环境条件与其他观测有很大区别,高盐、高湿、高压是海洋水文装备承受环境的最大特点。高盐、高湿是水上设备面临的最大环境挑战因素,高压是水下设备需要承受的最大考验。如何让海洋水文装备既能适应恶劣的海洋环境又确保较高的测量性能,是设备研制单位需要重点考虑的问题。

海洋水文装备试验是项复杂的、多学科的综合技术,不但包括海洋水文装备工作原理,还包括水文要素本身的基本特性和变化规律。在实际的试验工作中,试验人员应熟练掌握对海洋水文装备进行测试的标准设备,以及模拟环境试验设备的操作和维护等。随着世界各国对