

基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息 分类方法研究

杨光付¹, 邢焕革², 裴达夫¹

(1.中国人民解放军九一八七二部队, 北京 102442; 2.海军工程大学 管理工程系, 武汉 430033)

摘要: 目的 研究基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息分类方法。方法 运用系统工程的观点, 结合舰船装备腐蚀与防护的特点, 从全系统、全寿命周期角度对舰船装备腐蚀与防护信息涵盖的内容进行分析。根据相关信息分类标准, 以标准化工作为基础, 结合舰船装备腐蚀与防护信息特征, 对舰船装备腐蚀与防护信息分类体系的要求与方法进行研究。结果 依据线面结合的信息分类方法, 构建了基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息分类体系。结论 提出了舰船装备腐蚀与防护信息分类体系的原则要求及分类方法, 设计了基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息分类体系。

关键词: 舰船装备; 腐蚀与防护; 信息分类; 共享平台

DOI: 10.7643/ issn.1672-9242.2017.05.019

中图分类号: TJ01

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2017)05-0086-07

Information Classification of Corrosion and Protection for Ship Equipment Based on Sharing Platform

YANG Guang-fu¹, XING Huan-ge², QIU Da-fu¹

(1. Unit 91872 PLA, Beijing 102442, China; 2. Dept. of Management Engineering, Navy University of
Engineering, Wuhan 430033, China)

ABSTRACT: **Objective** To study information classification methods of corrosion and protection for ship equipment based on sharing platform. **Methods** By using the system engineering thought and in combination with characteristics of ship equipment corrosion and protection, the information covering contents about the ship equipment corrosion and protection were analyzed from the view of the whole system and whole life. According to relevant information classification standard, in combination with features of ship equipment corrosion and protection information and on the basis of the standardization, principles and requirements on the information classification system about ship equipment corrosion and protection were studied. **Results** According to the information classification method on line and surface, the corrosion and protection information classification system for ship equipment based on sharing platform was constructed. **Conclusion** Principles and classification methods for the information classification system about the ship equipment corrosion and protection are put forward; and the corrosion and protection information classification system for ship equipment based on the sharing platform is designed.

KEY WORDS: ship equipment; corrosion and protection; information classification; sharing platform

随着海军战略转型、装备发展以及非战争多样化军事任务的需要, 舰船活动范围和装备使用频率大大

增加, 舰船装备腐蚀与防护工作也变得越来越突出, 迫切需要从全系统、全寿命角度, 统筹开展海军舰船

装备全寿命期腐蚀防护技术与体系建设研究, 而构建互连互通的舰船装备全系统全寿命期腐蚀与防护信息共享平台就是其中的一项任务, 其目的是通过共享的信息平台, 为机关、部队、院校、厂所等单位提供分类组织良好的舰船装备腐蚀与防护信息服务, 一方面可以实现海军舰船装备腐蚀与防护信息的统一归口管理, 另一方面也可以促进机关、部队、院校、厂所彼此之间的信息交流, 为促进腐蚀防护新技术、新材料在舰船装备中的应用创造条件。

从信息管理的角度来看, 舰船装备腐蚀与防护不仅包含有腐蚀与防护专业领域内的各种信息, 而且还涉及到舰船装备全系统、全寿命周期各阶段环节与此密切相关联的各类信息, 内容十分繁杂庞大^[1-3]。因此, 如何科学合理地构建基于共享平台的舰船装备腐蚀防护信息分类体系, 不仅是关系到舰船装备腐蚀与防护信息资源实现共享的基础, 而且也是为实现舰船装备腐蚀防护全寿命周期管理提供技术支持。当前, 有关舰船装备腐蚀与防护信息分类体系的研究成果有公开报道的并不多见。为了使从事舰船装备腐蚀与防护领域的人员在舰船装备腐蚀防护论证设计、研制建造、使用维修、管理决策、效果评估、方案改进等过程中能够快速、高效地获取和利用舰船装备的腐蚀与防护信息资源, 有必要对基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息进行分类研究。通过建立科学、规范、精简、高效、实用的基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息分类体系, 以实现信息受用者在互连互通的共享平台上通过最简便的方式, 在最短的时间内获取其认为最有价值的信息, 这对于实现舰船装备腐蚀与防护信息资源的统一管理和充分共享具有非常重要的现实意义。

1 舰船装备腐蚀与防护信息资源构成

1.1 信息定义

尽管腐蚀与防护领域至今对舰船装备腐蚀与防护信息尚无专门的定义, 但是从舰船装备防腐蚀防护保障工作的认知上, 人们似乎达成了基本一致的看法, 即应该从舰船装备全系统、全寿命出发, 结合舰船装备腐蚀与防护特点来规范舰船装备腐蚀与防护信息的定义。按照系统工程的观点, 结合舰船装备腐蚀与防护的特点, 文中对舰船装备腐蚀与防护信息定义为: 舰船装备在全系统、全寿命周期过程中产生的与舰船装备腐蚀防护密切相关的各类事物状态与特征的反映。它主要包括舰船装备全系统、全寿命过程中与论证设计、研制建造、使用管理、维护修理等密切相关的信息^[4-6]。基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息, 即利用共享的平台来存储和管理舰船装备

全系统、全寿命周期过程中产生的与腐蚀防护控制密切相关的各种信息, 为从事舰船装备腐蚀与防护人员提供信息查询与相关服务。

1.2 信息内容

从以上定义上来看, 舰船装备腐蚀与防护信息资源主要包括以下内容。

1) 舰船装备腐蚀防护基础信息。通常是指舰船服役的环境信息与所用材料信息。舰船装备所处的环境包括海洋环境与大气环境, 大气环境是指舰船服役的海区气候环境, 而海洋环境由是指舰船长期训练的海域。通常大气环境要素包括大气温度、湿度及降水等, 海洋环境要素主要包括海水盐度、温度、pH、溶解氧度、导电率等, 而舰船装备所用材料包括金属与非金属材料。以上信息属于舰船装备腐蚀防护的基础信息内容。

2) 舰船装备腐蚀与防护工程应用信息。通常是指舰船装备在全系统、全寿命周期过程中各阶段环节所涉及到的腐蚀与防护方面的信息, 主要包括在论证设计、研制建造、检测试验、使用管理、等级维修等不同阶段所涉及到的舰船腐蚀防护设计文书、舰船材料选型、防腐结构设计、防腐蚀技术设计与试验、舰船装备腐蚀防护监测与维护、舰船装备腐蚀调查报告以及舰船装备典型腐蚀故障案例等内容信息, 它是以舰船平台为基础, 从舰船装备的论证、设计、研制、建造、使用与维修等不同阶段来反映舰船装备腐蚀与防护密切相关的信息。

3) 舰船装备腐蚀与防护法规标准信息。主要是指舰船装备防腐与防护通用基础标准、控制技术标准、评价标准、指导管理标准等。包括国外船舶腐蚀防护法规标准信息、国内船舶腐蚀防护法规标准信息、海军舰船装备腐蚀防护法规标准信息等。其中国外船舶腐蚀防护法规标准信息主要是指近十年来国外船舶行业所涉及到的船舶材料、管路系统、紧固件、涂料涂装和阴极保护等方面防腐蚀法规标准, 包括美国、英国、法国、德国、日本、挪威、俄罗斯等国家和国际船级社颁布的防腐蚀行业规范、技术要求, 以及船舶腐蚀与防护、防污损、环保等方面的国际(ISO)标准; 国内船舶腐蚀防护法规标准信息主要是指国家标准、国军标、船舶行业标准、海军标等法规标准编制背景、适用范围、使用情况等信息。

4) 舰船装备腐蚀与防护科研试验信息。主要包括与舰船装备腐蚀与防护控制相关的腐蚀与防护科研项目、科研试验活动、最新研究成果等方面信息。其中科研试验信息主要包括试验类型、试验任务、试验条件、试验方法、考核指标与判别标准等信息; 试验条件包括试验设施、仪器设备、人员配备、测试条

件、腐蚀试验环境等信息；试验方法包括对金属材料、非金属材料、涂料、涂镀层的性能测试，腐蚀防护与失效分析等试验所采取的方法。

5) 舰船装备腐蚀与防护行业动态方面的信息，主要包括与从事舰船装备腐蚀与防护控制相关的行业科研机构、技术力量、科技人才、试验资源等方面信息。

6) 舰船装备腐蚀与防护文献资料信息。主要包括与舰船装备腐蚀与防护相关的腐蚀数据手册、图表、专业期刊、专利、腐蚀专业会议论文集、学术专著、学术交流资料等文献资料。

7) 舰船装备腐蚀与防护人才队伍信息。主要包括与舰船装备腐蚀与防护领域相关的舰员队伍、施工队伍和管理队伍的建设内容与培训体系建设内容等。

2 基于共享平台的信息分类要求及方法确定

分类体系反映的是整个领域知识的体系结构，其目的是实现信息受用者通过最简便的方式、在最短的时间内获取其认为最有价值的信息^[7]。针对基于共享平台的舰船装备腐蚀防护信息资源的分类，本着在不影响信息共享实用性的前提下，应尽可能保持腐蚀防护学科属性严谨的逻辑关系，注意舰船装备腐蚀防护全寿命周期所涉及的类目划分与组合。因此，文中将根据相关信息分类标准，结合舰船装备腐蚀与防护信息特征，本着以应用为先导，以标准化工作为基础来提出舰船装备腐蚀与防护信息分类体系原则要求及分类方法。

2.1 信息分类要求

参照腐蚀防护领域相关标准的信息分类特点，结合海军舰船装备腐蚀与防护在论证设计、研制建造、使用维修、管理决策、效果评估等阶段的客观实际需要，在设计基于共享平台的舰船装备腐蚀防护信息分类体系时需要着重考虑以下三方面要求。

1) 遵循传统信息分类规范化要求。基于共享平台的舰船装备腐蚀防护信息分类体系是为各级装备职能部门、舰艇部队、研究院、设计所、修理厂、院校等单位用户提供信息查询与管理服务，其信息分类应尽可能与专业领域的传统文献信息分类保持一致，从信息体系分类的设计上要体现基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息管理的规范化要求。

2) 方便信息资源高效检索性要求。基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息既然是为用户提供信息查询与管理服务的，为提高信息共享使用效率，对于舰船装备腐蚀与防护信息分类而言，应以方便用户

对信息资源的检索与查询为主，从信息分类体系的设计上要体现用户对舰船装备腐蚀与防护信息多途径、多视角的检索要求。

3) 便于共享平台信息管理升级要求。伴随着舰船装备的发展，腐蚀防护技术也在不断发展与完善之中，其信息分类体系也是处在动态的变化之中。为此，在设计规划基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息分类体系时不仅要求有利于信息系统的管理，而且还要为舰船装备腐蚀与防护信息的不断完善与发展留有空间。

2.2 信息分类原则

根据舰船装备腐蚀防护信息分类要求，以舰船装备腐蚀防护全寿命信息管理为核心，以舰船装备腐蚀防护信息共享平台的研制为需求，在构建基于共享平台的舰船装备腐蚀防护信息分类体系时应遵循以下原则^[8—9]。

1) 科学性。分类应符合当前信息组织基本规则，适应基于共享平台的舰船装备腐蚀防护信息管理要求，按照舰船装备腐蚀与防护专业学科属性或特征进行分类，体现舰船装备腐蚀与防护信息分类的科学性。

2) 系统性。分类应基于系统性原则，体现系统工程的原理要求，综合运用线分类法和面分类法，使分类体系具有较好的层次性和内在的逻辑关系，既能反映类目属性，又能反映类目之间的相互关系，使舰船装备腐蚀与防护信息分类形成层次合理、结构协调的分类体系。

3) 实用性。分类应符合信息受用者的使用要求，在满足舰船装备腐蚀与防护全寿命周期管理的要求前提下，充分考虑各级装备职能部门、舰艇部队、研究院、设计所、修理厂、院校等单位对信息类别的不同需求，最大限度地考虑分类体系的兼容性，方便不同单位机构对舰船装备腐蚀防护信息的共享与使用，以提高分类体系的实用性。

4) 开放性。分类应着眼舰船装备腐蚀防护信息资源的扩展要求，为体系分类的扩充留出空间。由于腐蚀与防护领域至今对舰船装备腐蚀与防护信息尚无专门的定义，况且舰船装备腐蚀与防护信息资源覆盖的内容与范围会随着舰船装备发展以及防腐蚀技术进步而出现调整。因此，分类体系的设计应具有前瞻性和开放性，体现内容扩展需求。

2.3 信息分类方法确定

从信息的内容属性或特征来看，常见的信息分类方法主要有线分类法和面分类法。

线分类法也称层级分类法^[10]。它是将分类对象按照选定的属性或特征依次有序地划分为相应的层级类，每层级又分为若干类目，形成树状结构的分类体

系。从线分类方法运用来看,它是将同层级类目以并列关系进行组合,将不同层级类目以隶属关系进行组合,在体系上构成了树状结构。从认知上看,线分类法符合人们对事物的认识习惯,具有结构层次清晰、逻辑属性关系明确的特点,但是分类体系结构一旦确定,修改扩充不易。相应的分类结构如图 1 所示。

面分类法也称平行分类法^[11]。它是将分类对象的若干个属性或特征视为相互之间没有隶属关系的若干个面,每个面中又可分成许多彼此独立的若干个类目。从面分类方法运用来看,它是以行“面”形式体现类目的数量,以列“面”形式体现属性或者特征,从而确保不同“面”的类目互不交叉。从分类体系结构上看,类目属性或者特征的改变,很容易通过增删列“面”数量得到反映,而类目的数量也很容易通过行“面”的增减来实现,因而具有较好的结构弹性,但是分类体系层次性不强,结构逻辑关系不明。其结构如图 2 所示。

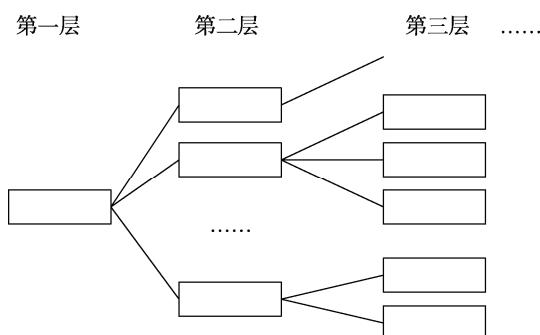


图 1 线分类结构

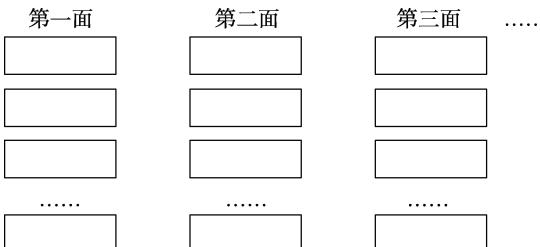


图 2 面分类结构

舰船装备腐蚀防护信息涵盖的内容信息广泛,从基本体系上看,涵盖了舰船装备腐蚀防护控制的基础内容信息;从舰船结构上看,涵盖了船体、管路系统、设备、舾装等腐蚀防护信息内容^[10];在防护控制体系上,涵盖了包括论证设计、建造和施工、使用管理、维护保养等全寿命过程中所有阶段环节;在技术方法应用上看,涵盖了包含选材、工艺、安装、涂装保护、阴极保护(牺牲阳极和外加电流)、电绝缘、镀层等各种方法内容;从适用标准上看,涵盖了包括国家标准、军用标准、海军标准和行业标准等在内的多种信息内容;从文献资料上看,涵盖了专业期刊、专利、

腐蚀专业会议论文集、学术专著等内容;从科研类型上看,包含了军队的预研、型号、维改等项目;从人才队伍建设上看,涉及到技术人员、使用人员、施工人员和管理人员等的培训与管理。总体上看,内容体系庞杂,范围广泛。单独使用线分类法或面分类法难以从体系上将舰船装备腐蚀防护信息资源进行合理分类,无法满足基于信息共享平台的实际使用需求。因此,文中拟采用线、面结合的分类方法提出基于共享平台的舰船装备腐蚀防护信息分类体系。

3 信息分类体系设计

根据舰船装备腐蚀与防护信息分类要求及分类方法,从工程应用、法规标准、科研试验与学术交流、人才队伍培训、行业动态以及文献资料等六个方面来设计基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息分类体系。

3.1 工程应用基础类信息分类体系设计

舰船装备腐蚀与防护工程应用基础类信息反映的是舰船装备在论证、设计、研制、建造、使用与维修等不同阶段与腐蚀防护密切相关的信息。这类信息主要包括以下信息。

3.1.1 舰船型号分类

由于不同型号舰船担负的使命任务不同,其装备类别差别较大,因而舰船装备在论证、设计、研制、建造、使用与维修等全寿命管理期间所采用的腐蚀防护技术与管理方法差别较大,为合理区分舰船装备腐蚀防护所采取的工程基础类信息,以不同型号舰船为对象,以舰船担负的作战任务为依据,在信息分类方法应用上采取以线分类法为标准,如图 3 所示。

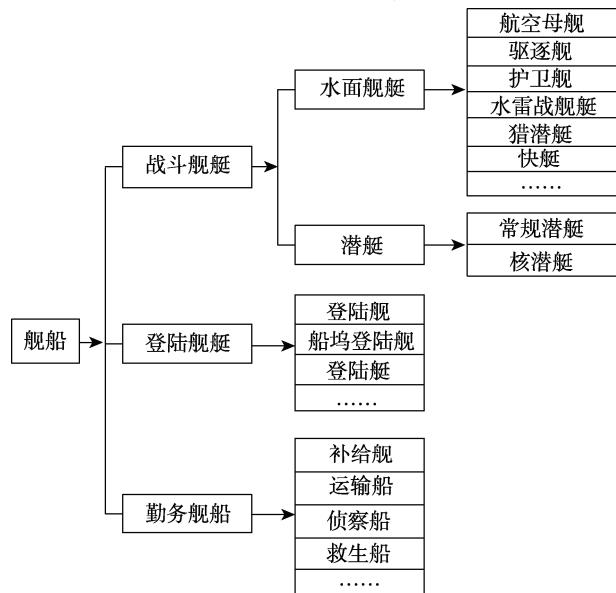


图 3 舰船型号分类

3.1.2 以船体结构和管路系统腐蚀特征分类

1) 船体结构。舰船船体结构的腐蚀情况与船体各部分所处的环境条件、执行任务海域、执行任务强度、舰龄以及维护保养水平相关。通常情况下,针对水面舰船而言,可分为外部船体结构与内部船体结构腐蚀防护。舰船外部船体结构的腐蚀防护主要是以船体水线作为标志来进行划分的,可分为水线以上部分船体结构、水线区船体结构、水线以下部分船体结构。船体水线以下部分的结构主要分为船首部、船尾部、船舷和船底四部分。船体水线区以上部分主要是指舰船的干舷、甲板、上层建筑、桅杆、甲板设施、火炮、导弹发射设备、鱼雷发射设备、海上补给接收设备、天线设备等,如图4所示。

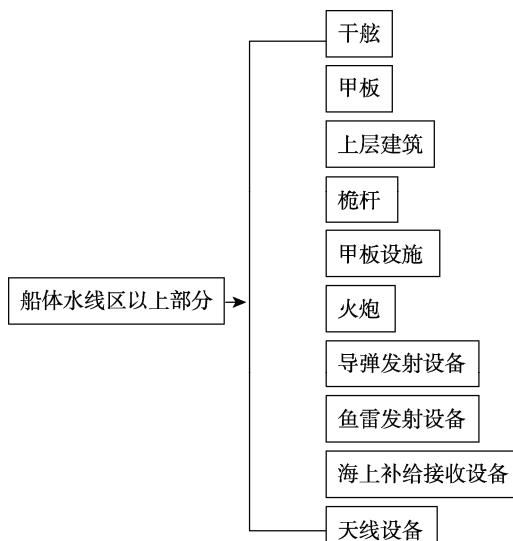


图4 船体水线以上部分的结构

舰船内部结构根据使用条件不同,主要分为以下五种类型:一类是干燥舱,包括居住舱、工作舱、储藏舱、弹药舱等;二类是潮湿舱,包括淋浴舱、洗漱舱、厕所、洗衣机室、厨房、开水间、锚链舱;三类是液舱,主要包括油舱(燃油舱、航空油舱、滑油舱)、水舱(淡水舱、饮用水舱、水柜、锅炉水舱、压载水舱)、液货舱等;四类是底舱和隔离舱,如艏尖舱、艉尖舱、机舱、锅炉舱、泵舱、污水舱等;五类是烟道与烟管。

2) 管路系统。舰船上的管路系统通常包括动力管系与船舶管系。动力管系是指舰船主机正常工作时需要铺设的管系,如燃油管系、滑油管系、冷却管系、压缩空气管系、排气管系等。船舶管系是指满足舰船航行安全、舰员日常生活时而铺设的管系。通常包括舱底水管系、压载水管系、消防管系、通风管系、空调管系、日用管系、疏排水管系、蒸汽管系、空气管系等。

3.1.3 以舰船装备腐蚀机理与形态分类

舰船装备长期航行于海洋之上,处在海水包围之中。根据舰船装备腐蚀机理和腐蚀形态,可以采取如下方法对其进行分类。

按腐蚀的机理进行分类^[12—17],可以分为以下类别,如图5所示。

按腐蚀的形态进行分类,可以分为以下类别,如图6所示。

3.1.4 舰船装备防腐蚀控制技术分类

舰船装备腐蚀防护控制的方法很多,归纳起来主要有合理的选材、防腐蚀设计、表面保护技术、环境介质处理技术、电化学保护技术等。这些腐蚀防护控制技术分别应用于舰船装备论证设计、研制建造、使用管理和维护修理不同阶段环节之中^[18—19]。

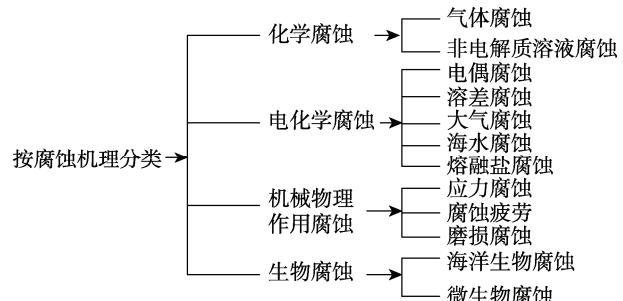


图5 腐蚀机理分类

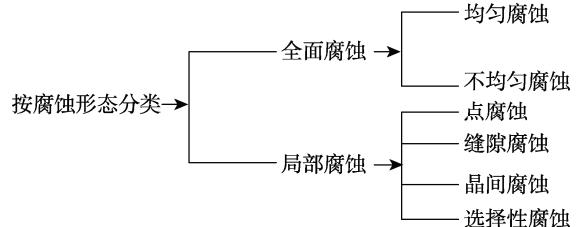


图6 腐蚀形态分类

3.1.5 舰船装备腐蚀防护工程应用基础类信息描述

以上从五个方面对舰船装备腐蚀防护工程应用信息进行了分类,但是分类体系与侧重点不同,从整体上看,既不系统,也不直观。为了较全面地描述舰船装备腐蚀防护在工程应用时的信息类别,依据上面不同视角、不同层次的舰船装备腐蚀防护分类特点,综合运用线分类与面分类法,以海军舰船类型与型号为主线,以舰船船体结构、管路系统和舰上设备为防护对象,以腐蚀机理和防护技术应用为支撑,按全系统、全寿命管理的不同阶段腐蚀防护信息需求进行划分,来描述海军舰船装备腐蚀防护工程应用基础信息,如图7所示。

从图7中可以看出,采取这种线、面结合的分类方法,既可以从整体上掌握不同型号类别的舰船装备腐蚀与防护信息的层次性,又能清楚地反映舰船船体

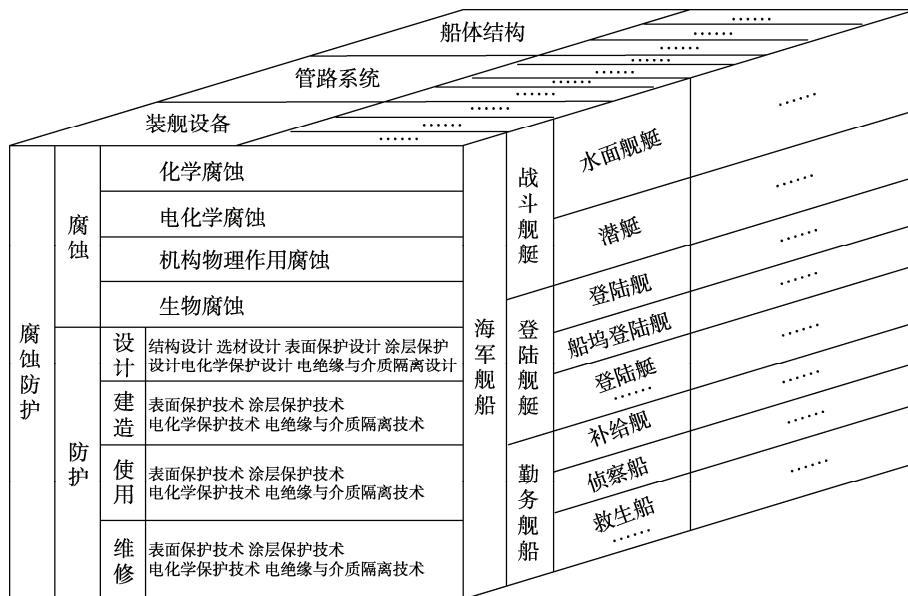


图 7 舰船装备腐蚀防护工程应用基础类信息

结构、管路系统、舰上设备三者之间腐蚀防护信息类目之间的逻辑关系，而且对于新型号类别的舰船易于添加和修改类目，具有较好的弹性和灵活性。

3.2 法规标准信息分类体系设计

舰船装备腐蚀与防护法规标准信息主要包括国外船舶腐蚀防护法规标准信息、国内船舶腐蚀防护法规标准信息、海军舰船装备腐蚀防护法规标准信息等^[20]。为此在信息分类上采取面分类方法，如图 8 所示。

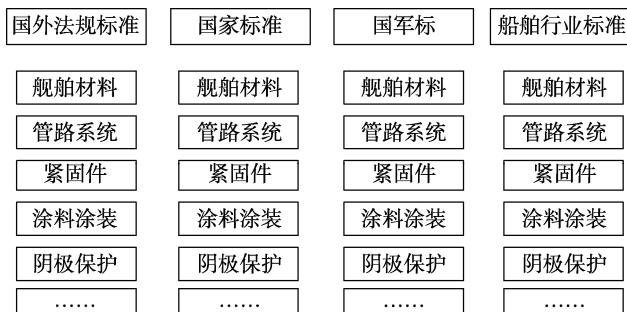


图 8 舰船装备腐蚀与防护法规标准信息分类体系

3.3 科研试验信息分类体系设计

针对舰船装备腐蚀与防护科研试验信息分类，以军队科研项目类别进行分类，即分为预研项目、型号项目、军队科研、维改等，在信息分类方法上采取面分类法，如图 9 所示。

3.4 文献资料信息分类体系设计

舰船装备腐蚀与防护文献资料信息主要包括与腐蚀防护相关的专业期刊、专利、腐蚀专业会议论文集、学术专著、学术交流资料等文献资料，在信息分类方法上采取线面结合的分类法，如图 10 所示。

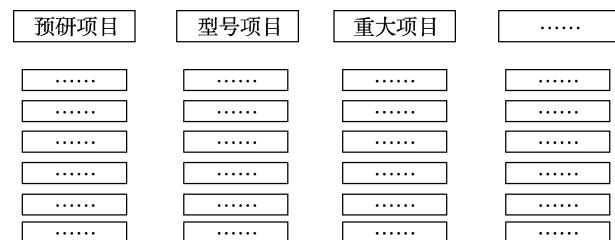


图 9 舰船装备腐蚀与防护科研试验信息分类体系

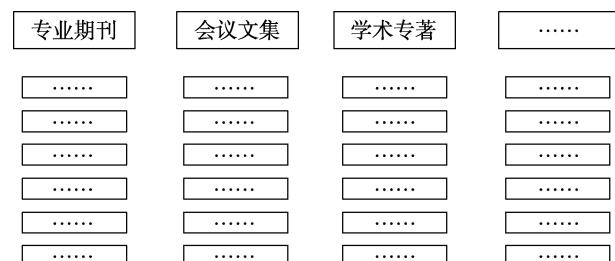


图 10 舰船装备腐蚀与防护文献资料信息分类体系

3.5 人才队伍信息分类体系设计

舰船装备腐蚀与防护人才队伍信息主要包括与舰船装备腐蚀防护领域相关的舰员队伍、施工队伍和管理队伍的建设内容与培训体系建设内容等，在信息分类上采取面分类法，如图 11 所示。

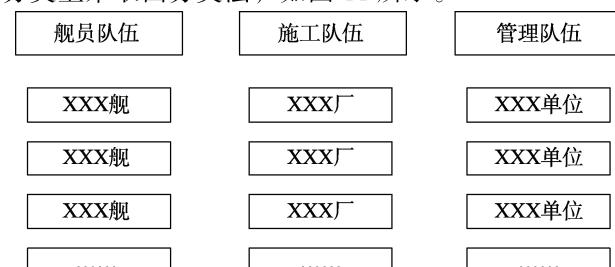


图 11 舰船装备腐蚀与防护人才队伍信息分类体系

4 结语

文中从全系统、全寿命角度出发,提出了舰船装备腐蚀与防护信息定义,明确了舰船装备腐蚀与防护信息涵盖的内容。根据相关信息分类标准,结合舰船装备腐蚀与防护信息特征,本着以应用为先导,以标准化工作为基础来提出舰船装备腐蚀与防护信息分类体系原则要求及分类方法。设计了基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息分类体系,为研制基于共享平台的舰船装备腐蚀与防护信息管理系统奠定了基础。

参考文献

- [1] 朱石坚. 舰船装备保障流程管理[J]. 中国舰船研究, 2016, 11(1): 19—26.
- [2] 罗忠, 朱晓军, 张志华. 舰船装备保障系统规划模型研究[J]. 中国工程科学, 2015, 17(5): 51—57.
- [3] 李宇明, 耿斌. 战场环境下装备保障信息系统安全风险与防护[J]. 装备环境工程, 2015, 12(2): 91—94.
- [4] 李伟, 金国庆. 基于大数据的舰船装备维修保障信息分析系统设计[J]. 舰船电子工程, 2016, 36(2): 96—99.
- [5] 杨长胜, 蓝启城. 海军航空装备腐蚀防护与控制管理架构设想[J]. 装备环境工程, 2014, 11(1): 105—110.
- [6] 方志刚, 刘斌, 王涛. 舰船腐蚀预防与控制系统工程[J]. 舰船科学技术, 2016, 38(1): 137—140.
- [7] 韩小孩, 张耀辉. 装备维修保障信息分类与描述[J]. 四川兵工学报, 2012, 33(9): 49—53.
- [8] 王盼卿, 李晓辉. 一种基于知识因素表示理论的装备信息分类描述方法[J]. 国防科技大学学报, 2011, 33(5): 150—155.
- [9] 郭美荣. 网络信息分类基本原则探讨[J]. 情报探索, 2011, 159(1): 9—11.
- [10] 韩凝. 空间信息在面向对象分类方法中的应用[D]. 浙江: 浙江大学, 2011: 52—53.
- [11] 欧洁, 俞学宁, 朱礼军, 等. 基于网易的网络信息分类体系研究[J]. 图书馆学研究, 2012(1): 50—53.
- [12] 徐滨士. 舰船装备再制造防腐蚀技术研究及应用[J]. 中国材料进展, 2014, 33(7): 405—413.
- [13] 杨青松, 雷渡民. 舰船重点部位腐蚀监测系统研究[J]. 中国工程科学, 2015, 17(5): 63—70.
- [14] 江炎兰, 陈菊娜, 吴世永. 舰船的腐蚀与涂层保护技术[J]. 腐蚀与防护, 2012, 33(2): 139—143.
- [15] 张波, 方志刚, 李向阳, 等. 铝合金船舶的腐蚀防护技术现状与展望[J]. 中国材料进展, 2014, 33(7): 414—417.
- [16] 沈军, 李健, 魏荣俊, 等. 某型直升机内部结构腐蚀防护与修理对策研究[J]. 装备环境工程, 2016, 13(1): 45—61.
- [17] 彭志军, 王学强, 叶彬. 某型飞机腐蚀防护及设计改进[J]. 装备环境工程, 2014, 11(6): 84—89.
- [18] 张晓丽, 吕平, 梁龙强, 等. 海洋浪溅区钢结构的腐蚀与防护研究进展[J]. 上海涂料, 2016, 54(4): 24—28.
- [19] 侯保荣. 海洋钢结构浪花飞溅区腐蚀防护技术[J]. 中国材料进展, 2014, 33(1): 26—29.
- [20] 朱虹, 张艳琦, 史立武. 我国信息分类编码标准研究综述及展望[J]. 中国材料进展, 2011, 30(11): 36—40.