

研究论文

我国极地科学考察标准化建设现状与展望

罗光富^{1,2} 李丙瑞² 高源² 陈超^{1,2} 蓝木盛² 何剑锋^{1,2}

(¹ 南极长城极地生态国家野外科学观测研究站, 中国极地研究中心, 上海 200136;

² 中国极地研究中心, 上海 200136)

摘要 极地科学考察标准对规范极地调查、观测、监测等实施过程具有重要意义。本文在全面梳理现行的与极地相关的国家和行业标准基础上, 根据极地科学考察工作的迫切需求, 指出了我国极地科学考察标准化工作中的薄弱环节和急需解决的问题。对我国极地科学考察标准的统计和分析表明, 现行的国家标准有 6 项, 行业标准有 10 项, 仅为海洋标准总数的 3.4%, 是自然资源标准总数的 1.1%, 且大多数为基础通用类标准, 缺乏极地调查、观测、监测等技术类标准。根据自然资源领域标准体系的构建思路, 提出了极地科学考察标准的分类方法, 初步构建了极地科学考察标准体系框架, 提出了应尽快开展极地科学考察技术标准化建设、优先开展极地考察安全标准制定、探索极地科学考察国际标准研制的建议。

关键词 极地科学考察 标准体系 标准化

doi: 10.13679/j.jdyj.20220302

0 引言

南北极作为地球系统的两大冷源, 是全球变化的关键区和敏感区。通常把地球上 60°S 以南的地区称为南极, 它包括了南极大陆(即南极洲)、周围岛屿和南大洋, 是一块被海洋包围的冰雪大陆; 把北极圈(66°33'N)以北地区称为北极, 包括了北冰洋、边缘陆地海岸带及岛屿, 是一片被大陆包围的冰雪海洋^[1-2]。20 世纪初, 英国、挪威、澳大利亚等国家开始对南极开展初步科学考察^[3]。20 世纪 50 年代以来, 英国、阿根廷、智利、美国、苏联等国家陆续在南极建立考察基地和考察站, 对南极开展长期科学观测^[3]。截至目前, 包括中国在内已有约 30 个国家, 在南极建立了 100 多个考察站(按南极局局长理事会 COMNAP 统计的 station 和 camp), 在极地地球科学、生命科学、

物理科学等方面获取了大量重要研究成果。极地是探求地球演变和宇宙奥秘的天然实验室, 对全球气候变化具有关键影响, 作为全球环境和资源的新空间, 对人类发展进程具有十分重要的意义。

自 1984 年我国首次南极考察以来, 截至 2022 年已经开展了 38 次南极和 12 次北极科学考察, 主要包括南极陆基科学考察研究、南大洋考察研究和北极科学考察研究^[4]。我国积极开展国际极地科学前沿问题研究, 在极地冰川学、空间科学、气候变化等科学领域取得一批突破性成果, 先后在《自然》《科学》等国际顶级杂志发表多篇论文^[5-8]。据不完全统计, 2001—2016 年的科研项目投入达 3.1 亿元人民币, 是 1985—2000 年的 18 倍^[9]。依托南北极考察活动, 组织全国科研力量和资源参与南北极科学研究, 初步建立了一支门类齐全、体系完备、基本稳定的科研队伍, 组建

[收稿日期] 2022 年 4 月收到来稿, 2022 年 7 月收到修改稿

[基金项目] 南极重点海域对气候变化的响应和影响专项(IRASCC 2020-2022)资助

[作者简介] 罗光富, 男, 1989 年生。高级工程师, 主要从事极地生态观测监测与标准研制。E-mail: luoguangfu@pric.org.cn

[通信作者] 李丙瑞, E-mail: libingrui@pric.org.cn

了涵盖海洋、测绘遥感、大气化学等领域的重点实验室,推动极地科学研究向跨学科、多学科综合研究发展。

相对而言,极地科学考察(根据 GB/T 41026—2021《极地科学考察术语》,将极地科学考察定义为:对极地特定地域或海域的特定科学要素带有探索、研究性的调查、勘察、观测和监测活动)的标准化建设工作起步较晚,先进观测技术和标准的研发能力不足^[10]。现行的国家标准仅有《极地科学考察术语》《南极地名》系列等6项^[11-16],现行的行业标准也仅有10项^[17-26]。随着技术不断进步,装备不断更新,当前所使用的标准规范已经难以满足工作任务的需求,迫切需要出台相关标准,规范极地科学考察工作的实施过程、数据质量和作业安全。

1 极地科学考察标准化现状

1.1 国际极地科学考察标准现状

从标准化组织层面来看,与极地相关的国际标准化组织主要包括:国际标准化组织(ISO)设立的石油石化设备材料与海上结构标准化技术委员会(ISO/TC67)下设的第7和第8分委会,主要制定了北极石油和天然气作业的工作环境^[27]、环境监测^[28]、海冰^[29]、数据管理^[30]等标准;船舶与海洋技术委员会(ISO/TC8)下设的第3分委会,制定了极地船舶航行相关标准^[31];船舶与海洋技术委员会下设的海洋技术分委会(ISO/TC8/SC13),于2014年由中国申请成立,主要制定海洋观测、开发、保护等方面标准^[32]。与极地相关的国家标准组织主要包括:俄罗斯国家标准(GOST R),主要制定了北极石油开采、北极旅游等相关标准;美国国家标准学会(ANSI),主要制定了北极或低温条件下采暖与制冷相关标准;英国标准学会(BSI)和德国标准化学会(DIN),在极地方面主要将ISO制定的北极石油和天然气作业系列标准转化为了本国的国家标准。

从技术层面来看,当前世界各国的极地考察主要以科学前沿探索为主^[10,33-34],所使用的方法主要从文献中获取或者依据研究团队的经验积累,标准化的难度较大。南极局局长理事会(COMNAP)和南极科学委员会(SCAR)分别于

2000年和2005年制定发布了《南极环境监测手册》^[35]和《南极环境监测实用指南》^[36],内容包括了南极地区水体水质样品、冰雪样品、土壤/沉积物样品的采集、处理、保存和分析方法,以及数据管理等方面,为各国科学家对南极环境监测提供了指导,美国、澳大利亚、新西兰、瑞典、印度等^[37-39]部分南极监测项目参照上述标准执行,但是由于各南极考察国家监测水平和后勤支撑能力存在很大的差距,为了照顾多数国家能够实施,该手册采用的监测指标和技术方法都非常有限^[38,40]。2014年南极生物资源养护委员会(CCAMLR)出版了《南极生态系统监测标准方法》^[41],包含英语、法语、俄语和西班牙语4个版本,主要对南极企鵝、飞鸟、海豹、磷虾等重点海洋生物的监测方法提供了指南,缺乏南大洋海洋生态系统中底栖生物、鱼类、浮游植物等生物的监测方法,对环境的监测也局限于海冰和气象。此外,世界气象组织(WMO)编制的《气象仪器和观测方法指南》^[42]被各国考察站的气象观测项目广泛使用,我国的长城气象站和中山气象站也已加入了该组织^[1]。整体而言,目前国际上关于极地科学考察方面的标准还非常缺乏。

1.2 我国极地科学考察标准现状与面临的主要问题

我国的极地考察起步于20世纪80年代,经过几代极地人的开拓和实践,极地科学考察的空间区域不断由南极近海和大洋向南极内陆拓展,培养了一支高素质的极地调查队伍,积累了丰富的极地海洋、陆地调查经验。已形成以五站(南极长城站、中山站、昆仑站、泰山站和北极黄河站)、两船(“雪龙”号和“雪龙2”号)为基本平台,海上、冰上、内陆、固定翼飞机、卫星和空间观测有机结合的立体观测和探测系统^[10],形成了每年1次的南极科学考察、站基长期连续观测和每1~2年1次的北冰洋和北极科学考察的模式。

在国家标准和行业标准编制方面,通过全国标准信息公共服务平台和自然资源标准化信息服务平台,检索“极地”“极区”“南极”“北极”“南大洋”和“北冰洋”等关键词,结果显示极地科学考察现行的国家标准有6项,行业标准有10项(表1)。现行国家标准方面,其中《极地科学考察术语》由国家海洋标准计量中心、中国极地研究

中心等单位起草, 2014 年立项, 于 2022 年 7 月实施; 《南极地名 第 1 部分: 通名》等 4 项国家标准由民政部地名研究所、国家海洋局极地考察办公室等单位起草, 是《中国南极地名研究》项目的重要成果之一^[43], 该系列标准于 2008 年立项, 分别于 2013 年、2019 年和 2020 年实施; 《船舶和海上技术 极地水域船舶机械操作 导则》采用了 ISO 国际标准: ISO 18215: 2015, 由中国船舶工业综合技术经济研究院等单位起草, 于 2019 年实施。极地科学考察行业标准方面, 6 项标准由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC283)归口, 4 项标准由全国地理信息标准化技术委员会(SAC/

TC230)归口。其中 2018—2020 年, 由自然资源部发布并实施了 5 项标准, 包括《北极海洋生态系统评价指南》《极地考察队员岗前体格检查要求》《南极测绘基本技术规定》《南极地区 1: 50 000 地形图和图式》和《极地地区 1: 50 000 1: 100 000 遥感影像平面图制作规范》。1994—2017 年, 由原国家海洋局发布并实施了 4 项极地考察标准, 分别是《中国极地考察档案分类法》《中国极地考察档案著录细则》《极区海洋环境自动监测浮标》和《极地考察要素分类代码和图式图例》。2017 年, 由原国家测绘地理信息局实施了《南极区域低空数字航空摄影规范》。

表 1 我国极地科学考察现行标准
Table 1. Standards for polar scientific research and expedition

序号	标准号	标准名称	实施日期	标准状态
1	GB/T 41026—2021	极地科学考察术语	2022/7/1	现行
2	GB/T 29633.1—2013	南极地名 第1部分: 通名	2013/11/1	现行
3	GB/T 29633.2—2013	南极地名 第2部分: 分类与代码	2013/11/1	现行
4	GB/T 29633.3—2019	南极地名 第3部分: 命名	2019/10/18	现行
5	GB/T 29633.4—2020	南极地名 第4部分: 罗马字母拼写	2020/4/28	现行
6	GB/T 37328—2019	船舶和海上技术 极地水域船舶机械操作 导则	2019/10/1	现行
7	HY/T 0296—2020	北极海洋生态系统评价指南	2020/10/1	现行
8	HY/T 236—2018	极地考察队员岗前体格检查要求	2018/5/1	现行
9	HY/T 221—2017	极地考察要素分类代码和图式图例	2017/6/1	现行
10	HY/T 091—2005	极区海洋环境自动监测浮标	2006/1/1	现行
11	HY/T 030.2—1993	中国极地考察档案著录细则	1994/7/1	现行
12	HY/T 030.1—1993	中国极地考察档案分类法	1994/7/1	现行
13	CH/Z 4021—2019	极地地区 1: 50 000 1: 100 000 遥感影像平面图制作规范	2020/2/1	现行
14	CH/T 4022—2019	南极地区 1: 50 000 地形图图式	2020/2/1	现行
15	CH/T 1046—2019	南极测绘基本技术规定	2020/2/1	现行
16	CH/T 3018—2016	南极区域低空数字航空摄影规范	2017/3/1	现行

从技术层面看, 我国主要开展了极地冰川学、极地海洋科学、极地大气科学、极区空间物理学、极地生物与生态及人体医学、极地地质和地球物理学、极地天文学等方面的科学考察^[10]。早期的极地科学考察以填补空白式的探索性调查为主, 未形成持续开展的南北极系统化观测, 在这一时期, 各学科在极地科学考察中使用的标准主要参考国内海洋、大气、生物生态等相关国标和行标, 如南大洋和北冰洋调查使用《海洋调查规范》, 气象观测使用《地面气象观测规范》。“十二五”期间, 国家设立“南北极环境综合考察与评

估”专项, 改变了以往极地科学考察“拼盘式”或“搭车式”零散的考察和研究状况, 稳定并整合形成了一支学科齐全、代表国家水平的极地考察和研究队伍, 为规范、定期、系统地获取各个学科的基础数据提供了平台^[10]。依托该专项支持, 各学科科学家通过极地考察实践, 改进了相应国标或行标的技术方法, 出版了《极地科学考察总则》《极地生态环境监测规范》《南极磷虾资源调查与评估技术指南》《极地冰冻圈观测技术指南》《极地大气观测技术规程》《南极天文观测指南》《极地空间环境观测指南》《极地测绘指南》《极地利

质与地球物理考察技术规程》《极地动植物保护规定》等技术规程,为极地调查、观测、监测工作提供了参考方法。“十三五”期间实施“南大洋调查”专项,形成了《南大洋调查技术规程》和《南极调查监测技术规程》。总体而言,我国极地科学考察标准化工作基础较为薄弱,主要面临以下几个问题。

1. 标准数量相对较少,仅占海洋标准总数476项(以TC283归口的标准计算)中的3.4%,仅占自然资源标准总数1475项(以TC93、TC230、TC283和TC298归口标准计算)中的1.1%。

2. 标准内容主要为通用类标准,缺乏极地调查、观测、监测等技术指导类标准。极地长期的监测项目以及核心项目的观测连续性不够,大部分专业的业务化观测体系尚未形成,先进观测技术和标准的研发能力不足^[10]。其中通用标准8项,主要规范了极地科学考察术语、南极地名、极地考察队员体格检查、考察要素分类等内容;极地调查技术类标准4项,包括极地海洋行业标准2项,测绘行业标准2项,规范了北极海洋生态系统评价、海洋环境自动监测浮标、南极测绘等相关要求;极地成果类标准4项,规范了极地档案和极地测绘制图与图式要求。

3. 缺乏极地科学考察标准体系。标准体系作

为标准化工作的顶层设计,是各领域制定标准、修订规划和计划的主要依据,是一定范围内包括现有、应有和预计制定标准的蓝图,将指导未来一个时期内该领域标准化工作。亟需根据轻重缓急、技术成熟度等特点,制定极地科学考察标准体系。

4. 缺乏极地科学考察安全管理相关标准。国内针对极地科学考察和海洋安全生产管理方面的标准尚处于起步阶段。全国海洋标准化技术委员会公布的《2022年度重点支持立项海洋标准清单》^[44]中,极地科学考察较为紧迫和必要的标准有5项,其中4项与安全管理有关。安全生产标准是安全生产的底线、红线,是强化风险防控、消除事故隐患的重要技术手段,需加快编制极地科学考察安全标准。

2 自然资源领域标准体系分析

截至目前,自然资源部已发布《自然资源调查监测标准体系(试行)》^[45],以及10项行业标准体系(表2),其中《海洋调查标准体系》《海洋安全生产管理标准体系》,对极地科学考察的标准体系建设有很好的借鉴作用,本文予以扼要总结。

表2 自然资源领域标准体系统计表
Table 2. Statistics of standard systems for natural resources

序号	标准号	标准名称	实施日期	标准状态
1	HY/T 0332—2022	海洋大数据标准体系	2022/2/28	现行
2	HY/T 0323—2021	海水淡化与综合利用标准体系	2021/7/2	现行
3	HY/T 0307—2021	海洋安全生产管理标准体系	2021/6/1	现行
4	HY/T 265—2018	海岛保护与利用标准体系	2018/12/1	现行
5	HY/T 244—2018	海洋调查标准体系	2018/10/1	现行
6	HY/T 207—2016	海洋仪器设备产品与检测标准体系	2017/2/1	现行
7	HY/T 193—2015	海洋观测预报及防灾减灾标准体系	2016/6/1	现行
8	HY/T 181—2015	海洋能开发利用标准体系	2015/10/1	现行
9	HY/T 161—2013	海洋经济运行监测和评估标准体系	2014/5/1	现行
10	HY/T137—2011	中国海监执法标准体系	2011/3/1	现行

2.1 《自然资源调查监测标准体系(试行)》

2021年,自然资源部办公厅印发了《自然资源调查监测标准体系(试行)》^[45],该标准体系涵盖了当前自然资源调查监测标准化工作的主要内容,包括通用、调查、监测、分析评价、成果及

应用5大类,22小类,共计79项(系列)标准。

1. 通用类标准:规定了自然资源调查监测评价活动和成果所需的基础、通用类标准,包括术语、分类、质量3小类。其中术语、分类是体系的基础和核心。质量类标准是贯穿整个自然资

源调查监测活动质量监管、监督、验收等过程的通用要求。

2. 调查类标准: 规定了自然资源调查的主要内容指标、技术要求、方法流程等方面, 包括基础调查、海洋资源调查、湿地资源调查、水资源调查等 10 小类。

3. 监测类标准: 规定了自然资源监测的技术要求及方法流程, 包括常规监测、专题监测和应急监测 3 小类。

4. 分析评价类标准: 规定了自然资源调查监测的成果统计、分析、评价有关方法和内容, 包括统计、分析和评价 3 小类。

5. 成果及应用类标准: 规定了自然资源调查成果的管理要求、成果应该达到的指标、成果应用要求等, 包括成果内容、成果管理和成果应用 3 小类。

2.2 《海洋调查标准体系》

2018 年, 自然资源部发布了《海洋调查标准体系》^[46-47], 由自然资源部第二海洋研究所牵头起草, 整个标准体系框架按照海洋调查对象、调查装备、调查成果管理来设计。总共分了三个层次: 第一层次为基础通用标准; 第二层次包含海洋环境调查、海洋资源和能源调查、海洋经济和文化调查、海洋调查装备应用、海洋调查资料和样品管理; 第三层次为第二层次的下位类, 按照 5 个门类标准应包含的内容和适用范围, 再细分了 35 个次级门类标准。海洋调查标准体系的纵向结构代表层次, 横向结构代表标准化对象领域, 体系要素以海洋外业调查、内业分析测试、数据处理、质量控制等环节为主线, 结合各海洋调查对象涉及的技术和方法, 不同层次标准相互补充, 也相互制约, 形成一个有机整体。

1. 基础通用标准: 主要是海洋调查领域具有广泛适用范围的通用类标准, 包括《海洋学综合术语》《海洋调查规范 第 1 部分: 总则》等。

2. 海洋环境调查标准: 主要是基于《海洋调查规范》系列国家标准, 补充了原来规范中没有但是近年来已普遍实施的新调查要素(如海水二氧化碳分压等)的标准, 并对已有的调查要素补充了新的调查技术和方法。

3. 海洋资源调查标准: 包括海洋矿产资源(包括海洋油气资源、海底矿产资源、海洋天然水

合物)、海洋生物资源(包括渔业资源、生物基因资源)、海洋可再生能源(包括潮流能、波浪能、温差能、风能等)、海水资源调查以及海洋资源调查基础通用标准等 5 类。

4. 海洋经济和文化调查标准: 包括海洋物质文化调查、海洋非物质文化遗产调查、海洋产业调查、海洋经济专题调查, 目前国内开展的相关工作较少, 在编的标准包括《海洋经济常用术语》等。

5. 海洋调查装备应用标准: 下设海洋调查船应用、海洋调查支撑装备应用通用调查平台应用 3 类, 包括《海洋调查船术语》《海洋资料浮标作业规范》《载人潜水器潜航员培训大纲》等已实施的行业标准。

6. 海洋调查资料和样品管理标准: 下设 6 个三级目录, 分别为海洋调查资料整编处理、海洋调查数据制图、海洋调查数据库、地质样品管理、生物样品管理和冰雪样品管理, 包括《海洋要素图式图例及符号》《海洋调查规范 第 7 部分: 海洋调查资料交换》等已实施的行业标准。

2.3 《海洋安全生产管理标准体系》

2018 年, 自然资源部发布了《海洋安全生产管理标准体系》^[48-49], 由国家海洋标准计量中心牵头起草, 分为三个层次。第一层次为海洋安全生产管理基础通用标准; 第二层次为人员安全、平台场所安全、设施设备安全和作业安全组成的安全管理要素; 第三层次为第二层次的细分标准。

1. 基础通用标准: 主要为海洋安全生产涉及的术语、分类、图示图例等通用标准。

2. 人员安全标准: 主要为保证人身安全, 对海洋调查作业人员身体及心理健康状况提出的要求, 包括人员安全防护措施、职业健康、人员培训等标准。

3. 平台与场所安全标准: 主要为海洋调查船、航空器、深潜器等海洋作业平台及海洋站等场所的安全管理要求。

4. 设施设备安全标准: 主要为海洋环境调查、观测、监测及辅助设备海洋设施的安全、检修与维护相关标准。

5. 作业安全标准: 包括了海岛海岸带调查作业安全、海上调查作业安全、水下潜航作业安

全、极地科考作业安全等标准。

3 极地科学考察标准体系建设探讨

3.1 极地科学考察标准分类探讨

2022年实施的国家标准《极地科学考察术语》将极地科学考察细分为8个学科,包括极区空间物理、极地大气、极地冰川、极地生物、极地地质、极地物理海洋、极地测绘、极地人体医学。国家自然科学基金委将极地科学归为海洋科学(D06)领域,将极地科学定义为:研究极地特有的各种自然现象、过程 and 变化及其与极地以外的地球系统单元相互作用的科学,主要包括极区空间、极地大气、极地海洋、极地生物圈、极地土壤与岩石圈、极地冰冻圈、极地观测探测、极地工程环境、极地保护与利用,以及南北极与青藏高原环境变化的关联等。2017年实施的行业标准《极地考察要素分类代码和图式图例》^[19],根据极地科学考察要素的所属学科领域、属性特征和现状,将极地科学考察要素分为9大类,分别为:极地物理海洋、极地气象、极地化学、极地生物、极地地质、极地地球物理、极地地貌、极地海冰冰川和积雪、极地海洋物理。

由此可见,极地科学考察涉及的学科范围广泛,涉及地球系统中的大气圈、海洋圈、冰冻圈、极地生物圈、极地土壤与岩石圈等各圈层^[2,10],是“水、土、气、生、冰”构成的各圈层相互作用和相互影响的统一整体。因此,在考察内容上有一定的普遍性,每个学科或者要素大类都可以编制单独的一项甚至多项的标准体系,如极地海洋方面,可以将包括《海洋调查标准体系》《海洋安全生产管理标准体系》《海洋仪器设备产品与检测标准体系》《海洋大数据标准体系》等现行的行业标准应用于极地海洋调查。

但是,极地科学考察也具有一定的特殊性。首先,缺乏针对极地海冰的观测规范,尽管《海洋调查规范》中含有海冰观测的少量内容,但是对于南北极海冰观测的适用性不强,此外除了海冰本身的物理要素外,缺少海冰样品分析方面的标准。其次,在极地冰区和低温环境下作业,对考察

船舶、人员装备等方面有更高要求,比如:1)极地冰区考察要求使用的调查船舶具有一定的抗冰性能;2)极地低温环境调查,要求科考使用的仪器设备具有耐低温性能;3)低温环境作业,对室外作业人员装备需要有保暖功能,在结冰情况下还需配备防滑鞋;4)在有浮冰的海域开展作业时,需要考虑浮冰对仪器设备收放的干扰。

因此,在编制极地科学考察标准体系时,既要考虑极地科学的系统性和全面性,将现已开展的且技术方法成熟的学科或要素标准规范纳入标准体系,又要考虑极地科学的特殊性,避免将已有的国家标准或者行业标准不经修改直接套用到极地科学考察。

3.2 极地科学考察标准体系框架设计探讨

按照GB/T 13016—2018《标准体系构建原则和要求》,编制极地科学考察标准体系应遵循目标明确、全面成套、层次适当、划分清楚等原则。标准体系表应包括以下内容:极地科学考察现有和应有的全部标准;不同类别标准间的相互联系和相互制约关系;标准使用的优先顺序;未来一个时期内应制定、修订、更新的标准。

分析借鉴《自然资源调查监测标准体系(试行)》《海洋调查标准体系》等已有的标准体系构建经验,通过调研和总结我国极地科学考察标准化现状和极地科学考察国家战略需求,根据系统工程和标准化的原理,梳理了极地科学考察的要素、过程、装备、成果等方面的标准,在全面完整的前提下,尽量避免交叉重复,保持标准的统一性和协调性。按照极地科学考察的工作流程和《极地考察要素分类代码和图式图例》的要素分类,极地科学考察标准体系可设计成6大类(图1),包括基础通用类标准、极地调查标准、极地观测标准、极地监测标准、极地分析评价标准、极地成果及应用标准。

1. 基础通用类标准。规定极地科学考察活动所需的基础、通用类标准,包括术语、分类、质量、人员要求等。目前已有《极地科学考察术语》《南极地名》系列等国家标准,《极地考察队员岗前体格检查要求》《极地考察要素分类代码和图式图例》等行业标准。需要补充编制极地质量管理、人员培训、安全管理等方面的标准。

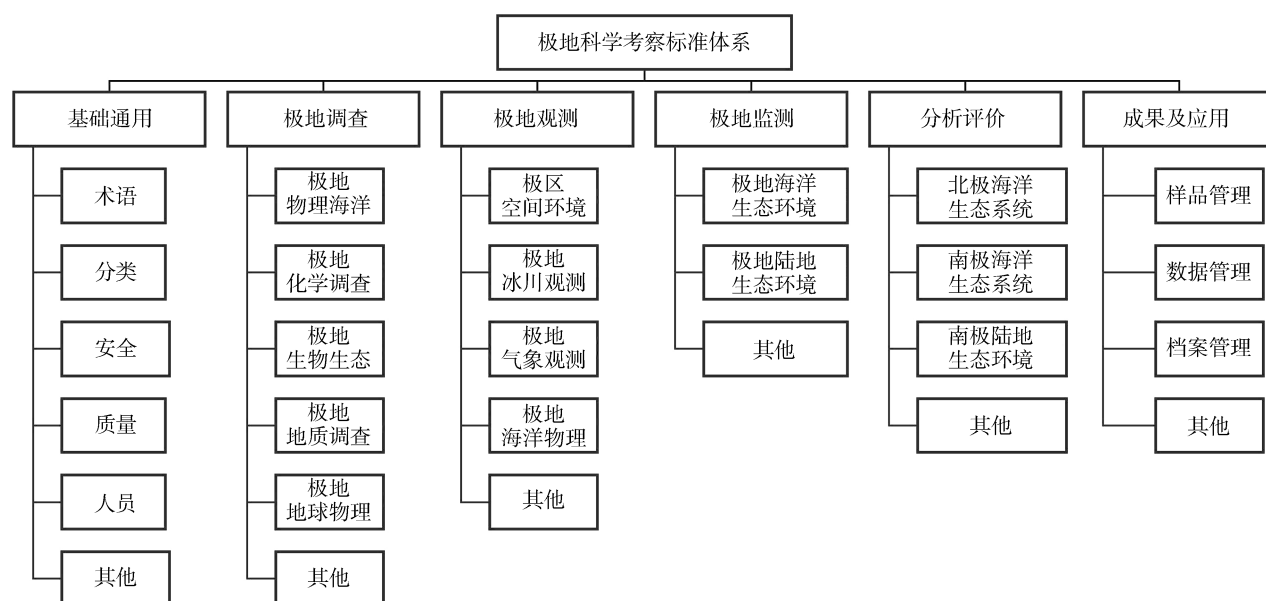


图 1 极地科学考察标准体系框架初步设计图

Fig.1. Framework of the polar scientific research standard system

2. 极地调查标准。极地调查是对特定地域或海域的特征要素及相关要素进行调查,并在此基础上对其时空分布特征及其变化与演变规律做出初步评价的过程^[11]。目前已有 2 项行标,分别是《南极测绘基本技术规定》和《南极区域低空数字航空摄影规范》。拟编制标准包括:《极地物理海洋调查规范》,包含海水温度、盐度、密度、海流、海浪、潮汐等要素;《极地化学调查规范》系列,包含海水、沉积(土壤、陨石、岩石)、大气、生物和雪冰等的化学参数;《极地生物生态调查规范》系列,包括极地海洋生物、陆地生物、微生物、极地生态等;《极地地质调查规范》系列,包括海洋地质、陆地地质、矿产资源等;《极地地球物理调查规范》系列,包括重力、地磁、地壳厚度、陆地地貌、冰川地貌、人文地貌等。

3. 极地观测标准。极地观测是对极地特定地域或海域的部分要素进行定量测量(测定、分析)或定性描述(鉴定、估值),并将结果汇总成数据文档(报表)的过程^[11]。目前没有正式实施的极地观测标准,拟编制的标准包括:《极区空间环境观测规范》,包括极光观测、电离层观测和地磁观测等内容;《极地冰川观测规范》,包括物质平衡、表面运动、温度观测、遥感观测等内容;《极地气象观测规范》系列,含地面气象、高空气象、

边界层气象、极地天气系统等;《极地海洋物理观测规范》系列,包括海洋光学、声学等。

4. 极地监测标准。极地监测是依据规定的技术法规,使用统一的、可比的采样和检测手段,在设定的时间内,获取特定极地地域或海域内部分环境要素及其分布、变化的资料,以阐明其时空分布、变化和规律及其对全球环境影响与对策的全过程^[11]。目前已实施 1 项行标,为《极区海洋环境自动监测浮标》。正在编制《极地生态环境监测规范》,内容涵盖极地海水、沉积和土壤、生物、雪冰等相关样品的采集、存储、运输、分析的基本要求和方法。

5. 极地分析评价标准。包括极地科学考察的成果统计、分析、评价有关方法和内容的标准。目前已实施 1 项行标,为《北极海洋生态系统评价指南》。拟编制的标准包括《南极海洋生态系统评价指南》《南极陆地生态环境评价指南》等。

6. 极地成果及应用标准。主要为极地科学考察成果的管理要求、成果应该达到的指标、成果应用要求等,包括成果内容、成果管理和成果应用等标准。目前已实施 4 项行标,分别为《中国极地考察档案分类法》《中国极地考察档案著录细则》《南极地区 1:50 000 地形图图式》等。拟编制的标准包括《极地调查监测数据汇交与审查规

范》系列等。

此外,《海洋调查标准体系》中将海洋调查装备应用标准设立为一个大类,下设海洋调查船应用、海洋调查支撑装备应用、通用调查平台应用等标准。目前,极地装备方面已有无人冰站、西风带浮标等我国自主研发的极地环境高技术装备在极地成功应用,观测技术逐步成熟,建议后续将相关工作标准化,并根据仪器设备的观测要素归入极地科学考察标准体系第三层次的对应学科或要素中。

4 未来极地科学考察标准制定的重点

根据前文初步设计的极地科学考察标准体系框架,按照技术成熟度和轻重缓急,本文对未来极地科学考察标准化工作提出近期、中期和远期标准制定的建议。

1. 加快制定极地科学考察作业安全规范(近期,未来2~3年)。安全生产标准作为安全生产的底线、红线,是强化风险防控、消除事故隐患的重要技术手段,为安全生产法律法规的贯彻实施提供了基础技术支撑。目前,国内针对海洋安全生产管理方面的标准少而分散,在极地科学考察方面更是严重缺失^[49]。随着我国极地考察保障能力不断提升,参与极地考察的队员人数显著增加。其中“雪龙2”号执行南大洋或北冰洋调查航次期间的队员规模维持在30~40人,且超过70%队员为第一次参加极地考察或者海洋调查,对极地考察安全管理也提出了更高要求。按照国务院安全生产委员会“管行业必须管安全、管业务必须管安全、管生产经营必须管安全”的要求,结合现阶段我国极地事业发展和安全生产管理需求,积极推进我国极地安全生产管理标准化工作显得尤为重要和紧迫。尽快制定极地考察作业安全技术标准,是对极地考察安全管理工作的总结,可以促进极地安全生产管理的制度化、规范化、标准化,对降低极地考察安全重大事故的发生具有重要意义。

2. 推动极地科学考察技术规程修订成行业标准(中期,未来5~10年),完善极地科学考察标准体系。包括:“十二五”期间出版的《极地科学考察总则》《极地生态环境监测规范》《南极磷虾

资源调查与评估技术指南》等技术规程,以及“十三五”期间编制的《南大洋调查技术规程》和《南极调查监测技术规程》。这些技术规程中目前已在国家海洋标准化技术委员会(TC283)立项,正在研制的行业标准包括:《极地生态环境监测规范》《极地冰川观测规范》《极地海冰生物检测样品的预处理方法》等。此外,“雪龙”号和“雪龙2”号实验室经过多年积累,对极地大洋考察涉及的重要仪器设备(船载CTD布放与回收、潜标布放与回收、磷虾拖网作业、底栖生物拖网作业等)均制定了详细的操作细则和注意事项,但尚未整理成国家或行业标准。因此,宜尽快将极地科学考察技术规程修订成行业标准。

3. 探索极地科学考察国际标准研制(远期)。极地作为“战略新疆域”,是今后世界各国开展装备研发、技术比拼的重要平台。近年来,极地调查技术和研究方法迅猛发展,装备不断更新,自治式水下无人潜器(AUV)、缆控水下机器人(ROV)、海底地震调查系统(OBS)、无人机、无人冰站、冰海两用浮标等在极地科学考察中成功应用,相关的国际标准尚处于起步阶段,有很大的发展空间。2014年,国际标准化组织——船舶与海洋技术委员会海洋技术分委会(ISO/TC8/SC13)首届主席和秘书处落户中国,有效推动了海洋技术国际标准在我国的起步与发展^[32]。2021年,《海洋环境影响评估(MEIA)-海底区海洋沉积物调查规范-间隙生物调查》^[50]国际标准正式发布,这是由我国主持制定的首项ISO海洋调查领域的国际标准,标志着中国海洋调查技术标准国际化工作取得重要突破。2022年,《船舶与海洋技术-海底地震仪主动源探测技术导则》^[51]国际标准正式发布,这是由我国主持制订的首项海洋地球物理调查国际标准。以上两项国际标准对极地科学考察国际标准化工作具有重要参考意义,我国已在极地科学考察和极地后勤保障方面取得长足发展^[1,9,34,52],掌握了极地冰川学、海洋学、地质学、生物生态学、大气科学、日地物理学等^[53]学科方向的调查方法和资料成果处理技术,将我国具有自主创新的极地科学考察技术转化为国际标准,可为人类“认识南极、保护南极、利用南极”贡献更多智慧和力量。

参考文献

- 1 陆龙骅, 卞林根. 中国极地大气科学观测工程[J]. 中国工程科学, 2012, 14(9): 72-84.
- 2 陈立奇. 极地系统科学考察——大科学系统工程管理探索[J]. 中国工程科学, 2004, 6(2): 1-7.
- 3 凌晓良, 龙威, 张侠, 等. 国外南极考察管理机构与考察管理模式的对比分析[J]. 海洋开发与管理, 2008, 25(3): 43-50.
- 4 刘瑞源. “中国极地科学考察研究三十年进展”系列专著介绍[J]. 极地研究, 2020, 32(1): 132.
- 5 SUN B, SIEGERT M J, MUDD S M, et al. The Gamburtsev Mountains and the origin and early evolution of the Antarctic Ice Sheet[J]. Nature, 2009, 459(7247): 690-693.
- 6 SUN L G, XIE Z Q, ZHAO J L. A 3, 000-year record of penguin populations[J]. Nature, 2000, 407(6806): 858.
- 7 QI D, OUYANG Z X, CHEN L Q, et al. Climate change drives rapid decadal acidification in the Arctic Ocean from 1994 to 2020[J]. Science, 2022, 377(6614): 1544-1550.
- 8 GAO L B, RINTOUL S R, YU W D. Recent wind-driven change in Subantarctic Mode Water and its impact on ocean heat storage[J]. Nature Climate Change, 2018, 8(1): 58-63.
- 9 国家海洋局. 中国的南极事业[R]. 北京: 国家海洋局, 2017.
- 10 “极地科学创新发展项目预研究”项目组. 中国极地科学创新发展报告[M]. 北京: 海洋出版社, 2018.
- 11 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 极地科学考察术语: GB/T 41026—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- 12 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 南极地名 第 1 部分: 通名: GB/T 29633.1—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- 13 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 南极地名 第 2 部分: 分类与代码: GB/T 29633.2—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- 14 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 南极地名 第 3 部分: 命名: GB/T 29633.3—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- 15 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 南极地名 第 4 部分: 罗马字母拼写: GB/T 29633.4—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- 16 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 船舶和海上技术 极地水域船舶机械操作 导则: GB/T 37328—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- 17 中华人民共和国自然资源部. 北极海洋生态系统评价指南: HY/T 0296—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- 18 国家海洋局. 极地考察队员岗前体格检查要求: HY/T 236—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- 19 国家海洋局. 极地考察要素分类代码和图式图例: HY/T 221—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- 20 国家海洋局. 极区海洋环境自动监测浮标: HY/T 091—2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- 21 国家海洋局. 中国极地考察档案分类法: HY/T 030.1—1993[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- 22 国家海洋局. 中国极地考察档案著录细则: HY/T 030.2—1993 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- 23 中华人民共和国自然资源部. 极地地区 1: 50 000 1: 100 000 遥感影像平面图制作规范: CH/Z 4021—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- 24 中华人民共和国自然资源部. 南极地区 1: 50 000 地形图图式: CH/T 4022—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- 25 中华人民共和国自然资源部. 南极测绘基本技术规定: CH/T 1046—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- 26 国家测绘地理信息局. 南极区域低空数字航空摄影规范: CH/T 3018—2016[S]. 北京: 测绘出版社, 2017.
- 27 Petroleum and natural gas industries-Arctic operations-Working environment: ISO 35101[S]. ISO, 2017.
- 28 Petroleum and natural gas industries-Arctic operations-Environmental monitoring: ISO 35103[S]. ISO, 2017.
- 29 Petroleum and natural gas industries-Arctic operations-Ice management: ISO 35104[S]. ISO, 2018.
- 30 Petroleum and natural gas industries-Arctic operations-Metoccean, ice, and seabed data: ISO 35106[S]. ISO, 2017.
- 31 Ships and marine technology-Vessel machinery operations in polar waters-Guidelines: ISO 18215[S]. ISO, 2015.

- 32 马乐天, 冯旭文, 吕小飞, 等. 国际背景下的海洋调查技术标准化发展路径研究[J]. 海洋学研究, 2020, 38(1): 87-94.
- 33 KENNICUTT M C, CHOWN S L, CASSANO J J, et al. Polar research: Six priorities for Antarctic science[J]. Nature, 2014, 512(7512): 23-25.
- 34 陈留林, 孔嘉, 邓三鸿, 等. 国际极地科学研究概况和热点计量分析[J]. 极地研究, 2021, 33(2): 294-306.
- 35 COMNAP, SCAR. Antarctic environmental monitoring handbook: Standard techniques for monitoring in Antarctica[M]. Hobart: COMNAP-SCAR, 2000.
- 36 COMNAP. Practical Guidelines for Developing and Designing Environmental Monitoring Programmes in Antarctica[EB/OL]. (2005-01-01)[2022-04-13]. <http://www.comnap.aq>.
- 37 WATIER C. Environmental Monitoring at Swedish Research Stations in Antarctica[D]. Sweden: Royal Institute of Technology, 2008.
- 38 WILSON P. Are the SCAR/COMNAP guidelines effective in monitoring the impacts of human activities on the Antarctic environment? [D]. Christchurch: University of Canterbury, 2012.
- 39 TIWARI A K. Environmental monitoring around Indian Stations[J]. Proceedings of the Indian National Science Academy, 2017, 83(2): 399-413.
- 40 WALTON D W H, SCARPONI G, CESCO P. A scientific framework for environmental monitoring in Antarctica[M]//Environmental Contamination in Antarctica. Amsterdam: Elsevier, 2001: 33-53.
- 41 CCAMLR. Ecosystem Monitoring Program: standard methods[EB/OL]. (2014-06-01)[2022-04-13]. <http://www.ccamlr.org>.
- 42 World Meteorological Organization. Guide To Meteorological Instruments and Methods of Observation[M]. Geneva: WMO, 2008.
- 43 中国地名研究所. 中国南极科学考察区域地名规范研究[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2011.
- 44 全国海洋标准化技术委员会. 2022 年度重点支持立项海洋标准清单[R]. 天津: 国家海洋标准计量中心, 2022.
- 45 中华人民共和国自然资源部. 自然资源调查监测标准体系(试行)[R]. 北京: 中华人民共和国自然资源部, 2021.
- 46 中华人民共和国自然资源部. 海洋调查标准体系: HY/T 244—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- 47 冯旭文, 吕小飞, 高学民, 等. 海洋调查标准体系的研究与构建[J]. 标准科学, 2020(3): 115-119.
- 48 中华人民共和国自然资源部. 海洋安全生产管理标准体系: HY/T 0307—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- 49 张燕歌, 周瑾, 叶盛林, 等. 我国海洋安全生产管理标准体系研究[J]. 标准科学, 2020(11): 68-73.
- 50 Marine environment impact assessment (MEIA)-Specification for marine sediments in seabed areas-Survey of interstitial biota: ISO 23040: 2021[S]. ISO, 2021.
- 51 Ships and marine technology-Technical guidelines for active source exploration with ocean bottom seismometers (OBS): ISO 3482: 2022[S]. ISO, 2022.
- 52 孙波, 唐学远, 肖恩照, 等. 南极机场冰雪跑道工程技术发展现状与展望[J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 161-168.
- 53 陈连增. 中国极地科学考察回顾与展望[J]. 中国科学基金, 2008, 22(4): 199-203, 247.

Research on the status of polar scientific research and expedition standards development and its countermeasures

Luo Guangfu^{1,2}, Li Bingrui², Gao Yuan², Chen Chao^{1,2}, Lan Musheng², He Jianfeng^{1,2}

¹Antarctic Great Wall Ecology National Observation and Research Station, Polar Research Institute of China, Shanghai 200136, China;

²Polar Research Institute of China, Shanghai 200136, China)

Abstract

This article reviews the current status of polar scientific research and expedition standards. The results revealed that there are only 6 national standards and 10 industrial standards for polar investigation, repre-

senting 3.4% of the total number of marine industry standards and 1.1% of the total number of natural resources industry standards. Most polar investigation standards are basic general standards, and polar surveying, observation, and monitoring standards are lacking. By combining the construction concept of natural resources standard systems, and analyzing the classification methods of polar scientific research and expedition standards, a framework for a polar scientific research standard system was preliminarily constructed. On this basis, suggested action includes strengthening the revision of technical regulations into industry standards, formulating safety standards for polar investigation, and exploring the development of international standards.

Keywords polar scientific research and expedition, standard system, standardization