

# 南极生态环境及管理现状研究

高云泽<sup>1,2</sup>, 李瑞婧<sup>2</sup>, 金帅辰<sup>2</sup>, 高会<sup>2</sup>, 侯超<sup>1,2</sup>,  
曹胜凯<sup>1,2</sup>, 那广水<sup>2</sup>

(1.上海海洋大学海洋生态与环境学院,上海 201306; 2.国家海洋环境监测中心,辽宁 大连 116023)

**摘要:** 南极作为世界上最后一块“净土”,其丰富的自然资源和内在的科研、美学等价值受到了越来越多国家的关注。在全球变暖与人类活动(科学考察、商业捕捞、旅游等)等因素的影响下,南极出现了海冰面积区域性增减,南极生物物种数量波动,环境污染加重等问题。而现有的以“南极条约体系”为基础的管理政策因理念抽象等问题尚不能完全规范人类活动,南极生态环境保护的形势日益严峻。国际社会应通过跨学科间的国际协作,加强科学研究与管理之间的联系,完善南极生态环境管理政策,最大限度减少人类对南极生态环境的破坏。

**关键词:** 南极; 全球变暖; 人为活动; 生态环境响应; 管理

**中图分类号:**      **文献标识码:**A      **文章编号:**1007-6336(2018)00-0000-06

## Study on status and management of Antarctic ecological environment

GAO Yun-ze<sup>1,2</sup>, LI Rui-jing<sup>2</sup>, JIN Shuai-chen<sup>2</sup>, GAO Hui<sup>2</sup>, HOU Chao<sup>1,2</sup>,  
CAO Sheng-kai<sup>1,2</sup>, NA Guang-shui<sup>2</sup>

(1.College of Marine Ecology and Environment, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2.National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

**Abstract:** As the last ‘pure land’ in the world, the Antarctic attracts many countries’ interest because of rich natural resources as well as inherent scientific and aesthetic values. Under the influence of factors such as global warming and human activities (scientific research, commercial fishing, tourism, etc.), the Antarctic ecological environment problems such as regional increase/decrease of Antarctic sea ice area; fluctuation of Antarctic species; and aggravating of environment pollutants detected are emerging. However, the current management policies based on the "Antarctic Treaty System" cannot fully regulate human activities due to issues such as abstraction of ideas. The environmental protection in Antarctic is becoming increasingly severe. International community should develop interdisciplinary international collaboration, strengthen the link between scientific research and management and improve management policies of Antarctic ecological environment so as to minimize the destruction on the Antarctic ecological environment.

**Key words:** Antarctic; global warming; human activities; environmental response; management

南极,一块致力于全球科学研究、推动世界和平的自然保护区<sup>[1]</sup>,是地球上最偏僻,最孤独的地区,被称为是世界上最后一块“净土”<sup>[2-3]</sup>。南极陆地总面积 1366.1 万 km<sup>2</sup>,海洋面积 3800 万 km<sup>2</sup>,

收稿日期:2019-04-04, 修订日期:2019-07-03

基金项目:国家自然科学基金(41976222,41406088,21377032,4197060702);环境化学与生态毒理学国家重点实验室开放基金(KF2018-05);全球变化与海洋大气化学重点实验室开放基金(GCMAC1812);国家重点研发计划(2019YF0901104)

作者简介:高云泽(1994-),男,山西孟县人,硕士研究生,主要从事新型污染物环境行为研究, E-mail: yzg19942017@163.com

通讯作者:李瑞婧(1987-),女,工程师,主要从事污染物环境行为研究, E-mail: liruijing158@163.com

有丰富的生物、矿产、淡水等资源,在全球生物多样性、全球气候平衡等方面都扮演着重要的角色,具有环境、历史、教育、审美、科研、自然(荒野)等方面的价值<sup>[4-5]</sup>。

随着对南极研究的不断深入,人们发现目前南极生态环境正遭受着全球变暖与人类活动的巨大挑战。在全球变暖的影响下,西南极温度升高,成为西南极海冰大面积减少<sup>[6]</sup>,动植物种群数量、丰度变化的重要原因<sup>[7]</sup>;而人类在南极修建站基、捕捞南极生物、开展商业旅游等活动都对南极生态系统造成直接或间接的破坏,如船舶、飞机等交通工具通过废气排放的污染物会在生物体内富集对生物器官造成损伤等<sup>[7-10]</sup>。目前这些问题已引起全球多个国家地区、国际组织的重视,形成了以“南极条约体系”为主体的南极生态环境管理规范和保护公约来约束和规范人类在南极的活动<sup>[2]</sup>。然而,随着保护工作的不断深入,人们发现现有的管理政策已不能完全适应日益复杂的人类活动,凸显出理念政策抽象、非缔约国执法真空等问题,南极生态环境面临的严峻形势并未得到明显改善<sup>[2,7]</sup>。

本文将通过系统分析南极生态环境及管理现状,以期较为全面的认识南极生态环境状态及影响环境变化的主要因素,发现南极生态环境管理中存在的问题,为更好的保护南极生态环境提供理论基础。

## 1 全球变暖与南极生态环境

根据美国国家海洋和大气管理局(NOAA)公布的最新数据,1980年后全球温度持续增长近 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[9]</sup>,平均温度最高的5a均发生在2010年以后<sup>[8]</sup>。Ramesh等人监测发现,南极温度呈现出区域性变化:横断山脉以西(西南极)温度升高,而东南极温度则出现轻微降低趋势<sup>[11]</sup>。

德国波茨坦阿尔弗雷德韦格纳研究所(AWI)通过海洋-大气-冰气候模型分析发现当南大洋温度超过临界温度时就可能会造成南极冰盖下沉<sup>[9]</sup>。自1979年观测以来,南极海冰面积以 $1\%/10\text{ a}$ 的趋势增长;而在2016年后出现缩小的迹象。虽然这并不能够说明从此开始南极海冰面积就要<sup>[6]</sup>变小,但位于南极西部海域的别林

斯高晋/阿蒙森海冰面积在1979~2010年呈现 $(-5.6\pm 1.9)\%/a$ 的负增长趋势<sup>[6]</sup>,整个西南极海冰面积在过去30a减少近40%,说明温度升高是南极冰盖下沉、海冰融化的重要原因。

此外,温度升高会造成南极部分本地植物物种疯狂增长:南极公牛藻(Cochayuyo)在阿根廷群岛以及西南极半岛26a间增长近25倍<sup>[9]</sup>;同时也会为非本地植物物种在南极生存创造更加适宜的环境,这都会严重威胁南极脆弱的生态系统平衡<sup>[9]</sup>。对于南极动物,温度升高不仅会破坏其生存环境,还会直接危害其生命健康,进而影响其种群数量。在对南极阿德雷半岛3种企鹅数量长达近40a的监测研究发现(图1),冬季平均温度升高是影响其繁殖对数量变化呈现不同趋势的重要原因<sup>[10]</sup>。

## 2 人类活动与南极生态环境

### 2.1 科研站基活动

人类在南极活动主要集中在占南极洲总面积0.34%(甚至更少)的陆地区域<sup>[12-13]</sup>,活动类型集中在科研、旅游及商业捕捞三大方面,活动规模也在不断变化<sup>[7,14-15]</sup>。目前南极有80个科考站,其中41个为常年站<sup>[16]</sup>。南极站基大都修建在距海岸2km以内动植物较为密集的陆地无冰区域,约占南极总面积的0.05%<sup>[17]</sup>(如图2),其中南设得兰群岛站基密度较大。据统计,南极现存站基主要建于上世纪50年代中后期以及80、90年代(如图3)。

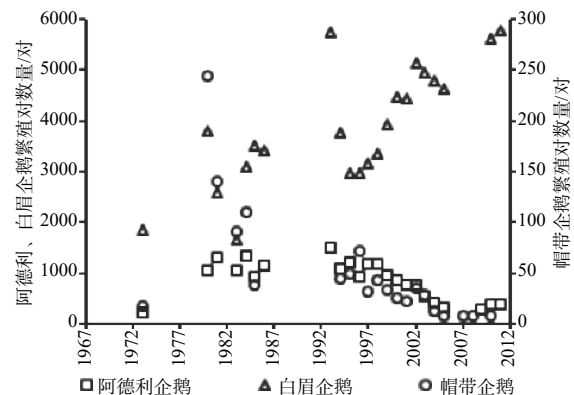


图1 阿德雷岛帽带企鹅、阿德利企鹅以及白眉企鹅繁殖对数量<sup>[10]</sup>

Fig. 1 Breeding pair numbers for Chinstrap, Adelie and Gentoo penguins on Ardley Island

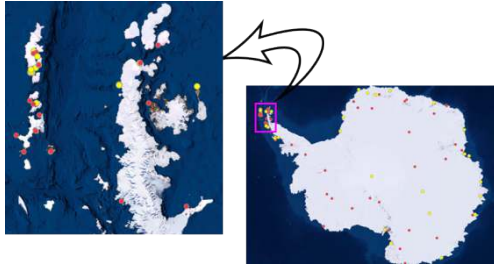


图2 南极站基分布图(红色:季节性站基;黄色:常年站)

Fig. 2 Distribution of Antarctic stations( Red: Seasonal station; Yellow: Year-Round station)

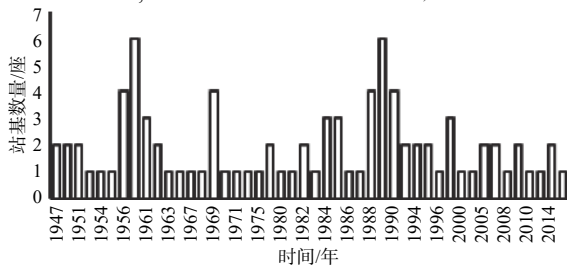


图3 南极现存站基建设时间统计(数据来源:COMNAP<sup>[16]</sup>)

Fig. 3 Statistics on building time of current Antarctic stations (Date from COMNAP)

建筑用地和就地挖掘建筑材料,不仅破坏了土壤结构,更破坏了动、植物生存空间<sup>[7]</sup>。在乔治王岛,随着考察站点与人类活动的日趋增多,本地敏感鸟种南方巨鸕的生存空间被极大压缩,导致群数量减少近90%<sup>[18]</sup>。高空建筑(如风车、电线杆、绳索等)则不可避免的造成了鸟类碰撞事件的发生,例如在澳大利亚“南极项目”中记录了一起14只鸟的撞击事故<sup>[19]</sup>。

站基运行过程中的人类活动如:燃料燃烧、泄漏,废水排放等成为南极环境中污染物的重要来源。南极站基运行主要能量来源为石油燃料燃烧,除突发性事故外,燃油的常规使用会产生约0.1%~1%的泄露<sup>[2]</sup>。2009年在别林斯高晋站报道了一起3000~5000 L燃油泄露事件<sup>[7]</sup>,对当地土壤、海水等环境介质中造成了严重污染。Chen等研究发现,南极沉积物中污染物的浓度与站基距离呈现出明显的负相关性<sup>[20]</sup>,这也说明了南极站基是南极环境中污染物的重要来源。尽管整体上南极环境中多环芳烃(PAHs)、多氯联苯(PCBs)等POPs浓度水平较低纬度地区低2~3个数量级,但仍存在局部南极区域检测值高于其他低纬度地区的情况<sup>[15, 21]</sup>。2013年,西南极半岛海水中

微塑料颗粒(<5 mm)的平均含量为22 particles/L (max=117 particles/L),高于Munari分析的罗斯海表层水体中微塑料的含量为0.0032~1.18 particles/m<sup>3</sup>。Waller等<sup>[22]</sup>研究了南极微塑料与站基分布的关系,发现人类活动较为密集的西南极海洋区域微塑料检出率明显高于南极其他海洋区域。目前人类活动和自然气候等因素对南极环境介质中污染物水平的影响程度还无法量化,仍需通过长期、标准化监测进一步分析。

## 2.2 南极旅游业

近年来南极旅游日渐升温,这其中不仅包括了商业旅游,还有各个国家、国际组织的科研团体。根据国际南极旅游组织协会(IAATO)对南极旅游人数的历史统计数据,南极旅游人数呈现逐渐增长的趋势(图4)。虽然在2008年受全球金融危机影响人数有所下降,但在2012年后开始反弹。其中,中国去往南极旅游人数不断增多,已经成为继美国之后第二大客源国。从2003年到2010年南极商业旅游人数增加近10倍,旅游业发展造成交通规模扩大,对南极环境造成的影响不容忽视<sup>[12-13]</sup>。此外,部分科研团队由于缺乏具体指导意见进入生态敏感区域,对周围植被、一些鸟类等生物繁殖地造成破坏<sup>[10]</sup>。

## 2.3 商业捕捞

南极海洋生物资源丰富,巨大的商业潜力吸引了各国的注意。人类对南极海洋生物的捕捞包括了磷虾、鲸、海豹等,图5显示了1973~2015年人类对南极磷虾捕捞总量以及捕鲸量(数据来源:CCAMLR<sup>[24]</sup>)。自上世纪60年代由日本和苏

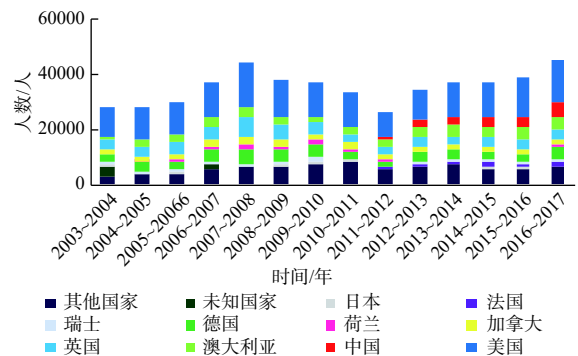


图4 各国南极旅游人数统计(数据来源:IAATO<sup>[23]</sup>)

Fig. 4 Statistics on number of Antarctic tourists (Date from IAATO)



联开始对南极磷虾的捕捞, 1991 年苏联解体磷虾捕捞量从 300000 t 减少到不足 100000 t, 之后 20 a 时间里, 磷虾捕捞量虽有一定增长, 但都低于估计储量及可捕捞量<sup>[25-26]</sup>。从目前的研究来看, 人类对于南极磷虾的捕捞并未对南极生态环境产生显著影响, 反而创造了一定的经济价值。相反, 对鲸、海豹等的过度捕捞导致其物种数量一度降到了原丰度的 2.5 ~ 6%<sup>[25, 27-29]</sup>。而位于食物链上层的海狗数量却逐渐恢复增长, 这会严重的改变南极陆地生物资源的空间分布以及脆弱的陆地栖息环境<sup>[10, 15, 27]</sup>。

### 3 南极生态环境相关保护政策

为确保人类在开发利用南极资源的同时, 保护其生态系统不受破坏, 推动南极科学活动的国际协作, 多个国际组织以及澳大利亚、中国等国家已出台多部关于南极生态环境管理的条例、公约(表 1)。其中《南极条约》是国际上第一部专门关注南极的国际公约, 后扩展到了“南极条约体系”(ATS), 将“和平”、“科学”、“环境”视为南极治理的三大主导价值<sup>[15]</sup>。其中, 《马德里协议》是针对南极环境保护的综合性法规, 是国际社会管理南极的又一里程碑。

一些协商国也通过政策条约或中长期发展规划来加强对南极生态环境的保护。如澳大利亚在推进国际南极环境保护中一直处于主导地位, 其政府将南极环境保护作为南极考察工作的一个主要目标<sup>[2]</sup>; 早在 2014 年, 中国就通过《南极考察活动行政许可管理规定》<sup>[30]</sup> 等条文将南极环境保护作为一项重要原则。2014 年, 习近

平总书记于在访问澳大利亚时指出, 要更好的“认识南极、保护南极、利用南极”, 这就要求在深入了解南极生态环境的同时, 还离不开相应管理政策的支持。

目前南极生态环境管理政策与实际工作仍存在一定差距, 主要集中在以下 4 个方面。

(1) 政策使用的局限性。如《马德里条约》中要求进行的“环境影响评价”在捕鲸等活动中的应用遭到很多国家质疑。反对者认为, 很多鲸类属于迁徙性物种, 该条约所规定的环境影响评价实施方案中要求对其同时进行直接影响与累积性影响的评估工作, 这在实际操作过程中很难兼顾。

(2) 政策概念的模糊性。如在《马德里条约》中的《环境影响评价指南》要求在全面进行环境影响评价时必须包含“差距和不确定性”的相关内容。各个国家对于“差距和不确定性”的描述方式不同, 列举的事项也存在差异。

(3) 执行力度不一致。受各国资金、政策导向、站基规模<sup>[1]</sup>、执行人员素质<sup>[7]</sup> 等因素影响, 一些具有同意约束力的条约在实际执行中会被各个国家修改为仅适用于自己国家的准则, 因此很难形成统一约束<sup>[27]</sup>。

(4) 监督与惩罚力度不到位。目前在南极对于执行情况的监管力度并不能够起到严格的规范作用<sup>[7]</sup>。以捕鲸业为例, 日本以科研、文化传统等幌子大肆在南极开展捕鲸活动, 无视国际公约, 国际社会仅是强烈谴责, 而无其他实际举措。

### 4 展 望

目前南极生态环境已经遭受到全球气候变化与人类活动的严峻挑战。由于南极环境的复杂性, 以及人们对全球气候变化和人类活动对南极影响的认识还远远不足, 现有南极生态环境管理机制还不能完全规范越来越多的人类活动。为最大限度减小对南极生态环境的破坏, 全面深入认识南极生态环境及管理存在的问题, 逐步完善南极生态环境管理政策, 而这需要建立在对南极生态环境有足够深入认识基础上。因此, 首先要积极建立跨学科全球合作。南极特殊的地理、气候等环境特征, 受到了全球气候变化、人

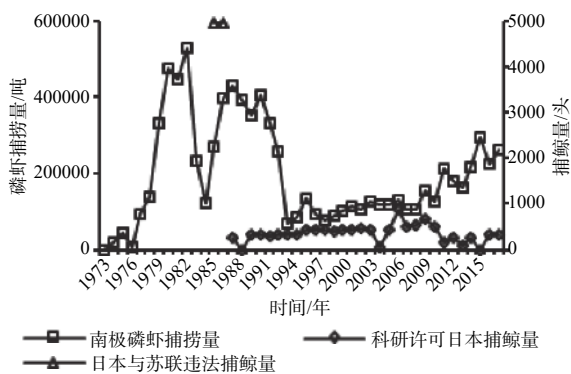


图 5 南极磷虾年捕捞量及捕鲸量

Fig. 5 Catches of total krill and whales from Antarctic

表1 南极条约体系及与南极生态保护有关的国际公约<sup>[2, 14, 27, 31-32]</sup>

Tab.1 Antarctic Treaty system and international legislation concerning the conservation of ecosystem within the Antarctic region

法律	南极条约		备注
	协商国	非协商国	
南极条约体系:			
南极条约(1959年签署, 1961年实施)	29	25	其目的主要在于推进科研方面的国际合作与世界的保护, 阻止在南极开展军事活动、核爆炸实验以及放射性垃圾的处理等。
保护南极动植物议定措施(1964年签署, 1982年实施)	—	—	通过设立自然保护区, 禁止一切采集和捕杀南极动植物的行为及任何种类的非本地动植物和个别微生物的引入。
南极海豹保护公约(CCAS)(1972年签署, 1982年实施)	15	—	禁止对海豹的一切商业性捕杀。南极海豹专家组SCAR组织仍要监测由于科学研究出现的捕捞或猎杀海豹的情况。
南极海洋生物资源养护公约(CCAMLR)(1980年签署, 1982年实施)	27	7	公约设立了针对CCAMLR区域内的海洋生物资源的委员会视察、管理机制, 要求禁止对南极珍贵海洋动物捕杀。
关于环境保护的南极条约议定书(马德里协议)(1991年颁布, 1998年实施)	29	11	包括(附款I)环境影响评价(EIAs); (附款II)南极动植物保护; (附款III)废物处理与管理; (附款IV)海洋污染的预防; (附款V)区域保护与管理; 包括南极特殊保护区管理计划(ASPAs)和南极特殊管理区域(ASMAs); (附款VI)环境紧急事件处理。
国际组织与法律:			
环境保护委员会(CEP)(1998年建立)	—	—	建立在马德里协议(Madrid Protocol)下的为南极条约协商会议提供建议的一个专家咨询团体, 已经为南极条约国提供了一系列的指导意义。
国际捕鲸委员会(IWC): 国际捕鲸管理公约(1946年签署, 1948年实施)	28	12	目的是为了适当保护鲸鱼种群, 使捕鲸业有序发展。根据该公约, 南大洋的大部分地区是不允许进行商业捕捞的。
野生动物迁徙物种保护公约(CMS)信天翁与海燕保护协议(ACAP)(2001年签署, 2004年实施)			旨在通过实施包括研究、监测和保护措施在内的行动来防止候鸟数量的下降, 这些措施包括降低偶然死亡率、栖息地维护等。
其他国际组织:			
国际南极旅游组织协会(IAATO)	超过100个国家与组织		致力于推进私营部门在南极开展安全、环境无害化旅行。
国家南极局局长理事会(COMNAP)	30		发展和促进在南极科学研究方面的最佳实践。

类活动等多重因素的影响, 其环境因子复杂多变, 且不同因素之间相互关联。由于人类对南极生态环境本地状况的认识远远不足, 所以很难确定人为与自然因素对生态环境的影响程度, 迫切需要通过不同学科之间的全球合作, 建立南极生态环境数据库, 在大数据基础上综合分析、评估南极生态环境状况, 全面认识南极。其次, 管理政策的制定要与科学研究相结合。针对南极统一管理规范的问题, 可通过科学研究与管理结合的技术手段, 提出更具有针对性、更具体、更具有普遍可操作性的生态环境保护管理政策, 以期逐步完善对南极生态环境的管理。各国际组织、国家积极协作, 资源共享, 使人类更充分的“认识南极, 保护南极, 利用南极”, 让南极造福全人类。

#### 参考文献:

[1] O'NEILL T A. Protection of Antarctic soil environments: a

- review of the current issues and future challenges for the Environmental Protocol[J]. *Environmental Science & Policy*, 2017, 76: 153-164.
- [2] 凌霄良, 陈丹红, 张侠, 等. 南极特别保护区的现状与展望[J]. *极地研究*, 2008, 20(1): 48-63.
- [3] 徐世杰. 生物探查: 南极资源研究新热点[N]. *中国海洋报*, 2008-07-18(002).
- [4] 凌晓良, 温家洪, 陈丹红, 等. 南极环境与环境保护问题研究[J]. *海洋开发与管理*, 2005, 22(5): 3-15.
- [5] Secretariat of the Antarctic Treaty. Status of Antarctic Specially Protected Area and Antarctic Specially Managed Area Management Plans[EB/OL]. [2018-05-02]. [https://documents.ats.aq/ATCM41/WW/atcm41\\_ww005\\_e.pdf](https://documents.ats.aq/ATCM41/WW/atcm41_ww005_e.pdf).
- [6] NASA. World of change: Antarctic Sea Ice[EB/OL]. [2018-07-13]. <https://earthobservatory.nasa.gov/WorldOfChange/SeaIceSouth>.
- [7] PETER HU, BRAUN C, JANOWSKI S, et al. The current environmental situation and proposals for the management of the Fildes Peninsula region[M]. Germany: Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), 2013.
- [8] NASA. 2017 Was the second hottest year on record[EB/OL].

- [2018-01-19]. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/91604/2017-was-the-second-hottest-year-on-record>.
- [9] SINGH J, SINGH R P, KHARE R. Influence of climate change on Antarctic flora[J]. *Polar Science*, 2018, 18: 94-101.
- [10] BRAUN C, HERTEL F, MUSTAFA O, et al. Environmental assessment and management challenges of the Fildes peninsula region[M]//TIN T, LIGGETT D, MAHER P T, et al. Antarctic Futures: Human Engagement with the Antarctic Environment. Dordrecht: Springer, 2014: 169-191.
- [11] RAMESH K J, SONI V K. Perspectives of Antarctic weather monitoring and research efforts[J]. *Polar Science*, 2018, 18: 183-188.
- [12] BURTON-JOHNSON A, BLACK M, FRETWELL P T, et al. An automated methodology for differentiating rock from snow, clouds and sea in Antarctica from Landsat 8 imagery: a new rock outcrop map and area estimation for the entire Antarctic continent[J]. *The Cryosphere*, 2016, 10(4): 1665-1677.
- [13] TERAUDS A, LEE J R. Antarctic biogeography revisited: updating the Antarctic Conservation Biogeographic Regions[J]. *Diversity and Distributions*, 2016, 22(8): 836-840.
- [14] 李 玮, 李国敏, 窦银科. 南极人类活动的环境影响与干预机制[J]. *山西煤炭*, 2018, 38(1): 13-16.
- [15] WOEHLER E J, AINLEY D, JABOUR J. Human Impacts to Antarctic Wildlife: Predictions and Speculations for 2060[M]//TIN T, LIGGETT D, MAHER P T, et al. Antarctic Futures: Human Engagement with the Antarctic Environment. Dordrecht: Springer, 2014: 27-60.
- [16] Council of Managers of National Antarctic Programs. COMNAP Antarctic Facilities List 31 March 2017[EB/OL]. [2018-03-03]. <https://github.com/PolarGeospatialCenter/com-nap-antarctic-facilities>.
- [17] HULL B B, BERGSTROM D M. Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystem Conservation and Management[M]//BERGSTROM D M, CONVEY P, HUISKES A H L. Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems. Dordrecht: Springer, 2006, 317-340.
- [18] 王自磐, 陈丹红, 赵 萍, 等. 南极人类活动的环境负效应与管理对策[J]. *海洋开发与管理*, 2008, 25(7): 33-42.
- [19] BROOKS S T, JABOUR J, SHARMAN A J, et al. An analysis of environmental incidents for a national Antarctic program[J]. *Journal of Environmental Management*, 2018, 212: 340-348.
- [20] CHEN D, HALE R C, LA GUARDIA M J, et al. Hexabromocyclododecane flame retardant in Antarctica: research stations as sources[J]. *Environmental Pollution*, 2015, 206: 611-618.
- [21] TEJEDO P, PERTIERRA L R, BENAYAS J. Trampling the Antarctic: consequences of pedestrian traffic on Antarctic Soils[M]//TIN T, LIGGETT D, MAHER P T, et al. Antarctic Futures: Human Engagement with the Antarctic Environment. Dordrecht: Springer, 2014: 139-161.
- [22] WALLER C L, GRIFFITHS H J, WALUDA C M, et al. Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 598: 220-227.
- [23] IAATO. Tourism statistics[EB/OL]. [2017-12-28]. <https://iaato.org/tourism-statistics>.
- [24] CCAMLR. Krill fishery report[EB/OL]. [2018-09-23]. <https://www.ccamlr.org/en/system/files/00%20KRI48%202018.pdf>.
- [25] LEAPER R, CHILDERHOUSE S. Present and future conservation management of Antarctic baleen whales[M]//TIN T, LIGGETT D, MAHER P T, et al. Antarctic Futures: Human Engagement with the Antarctic Environment. Dordrecht: Springer, 2014: 97-112.
- [26] 中国数字科技馆. 世界最丰富的磷虾资源[EB/OL]. [2017-12-30]. <http://amuseum.cdstm.cn/AMuseum/kexuekaocha/kksd/nj/njzy/njlx/njlx4.html>.
- [27] TIN T, LAMERS M, LIGGETT D, et al. Setting the scene: human Activities, environmental impacts and governance arrangements in Antarctica[M]//TIN T, LIGGETT D, MAHER P T, et al. Antarctic Futures: Human Engagement with the Antarctic Environment. Dordrecht: Springer, 2014: 1-24.
- [28] PETER H U, BÜBER C, MUSTAFA O, et al. Risk assessment for the Fildes Peninsula and Ardley Island, and development of management plans for their designation as Specially Protected or Specially Managed Areas[M]. Germany: Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), 2008.
- [29] MCMAHON C R, BESTER M N, BURTON H R, et al. Population status, trends and a re-examination of the hypotheses explaining the recent declines of the southern elephant seal *Mirounga leonina*[J]. *Mammal Review*, 2005, 35(1): 82-100.
- [30] 周 菲. 南极环境治理的中国参与——基于全球治理语境的探讨[D]. 武汉: 武汉大学边界与海洋研究院, 2016.
- [31] 陈 力. 论南极条约体系的法律实施与执行[J]. *极地研究*, 2017, 29(4): 531-544.
- [32] 朱建钢, 颜其德, 凌晓良. 南极资源纷争及我国的相应对策[J]. *极地研究*, 2006, 18(3): 215-221.