

负责任研究与创新的国际研究:知识基础与研究热点*

杨德芳¹ 唐莉^{1,2}

¹(复旦大学国际关系与公共事务学院 上海 200433)

²(复旦大学上海市科技创新与公共管理研究中心 上海 200433)

摘要:【目的】从国际文献出发,对负责任研究与创新(RRI)领域知识基础与研究热点的现状及演进进行分析。【文献范围】以 Web of Science 三大核心数据库收录的 657 篇文献作为分析样本。【方法】运用文献计量和可视化分析方法,对该领域的知识基础和研究热点进行分析。【结果】荷兰和英国学者占据引领地位,而中国在该领域目前发文较少,影响力有待提高。该领域的推进建立在技术评估与预期治理、欧盟背景下的 RRI 概念与分析框架、全球视野下的 RRI 研究推进这三大知识基础之上。该议题研究热点主要聚焦在科学社会与治理、分析框架与治理实践、技术发展的伦理与价值、可持续性发展与影响力研究 4 个方面。【局限】数据范围有待进一步扩充,热点演化的时空趋势可进一步展开。【结论】自负责任研究与创新提出以来,不同领域和国别的学者围绕 RRI 的概念、分析框架与治理实践已展开了大量研究。未来该议题还需增加研究方法的多样性,拓展 RRI 在不同制度和社会情境下的应用分析。

关键词: 负责任研究与创新 知识基础 研究热点

分类号: C931

DOI: 10.11925/infotech.2096-3467.2022.0428

引用本文: 杨德芳,唐莉. 负责任研究与创新的国际研究:知识基础与研究热点[J]. 数据分析与知识发现, 2023, 7(1): 22-34.(Yang Defang, Tang Li. Responsible Research and Innovation: Knowledge Base and Research Hotspots[J]. Data Analysis and Knowledge Discovery, 2023, 7(1): 22-34.)

1 引言

负责任研究与创新(Responsible Research and Innovation, RRI^①)自诞生就引起了世界主要发达国家及国际学界的广泛关注^[1-4]。欧盟委员会尝试用 RRI 理念来应对社会“重大挑战”,在减轻研发与创新活动负外部性的同时,保持经济的可持续增长^[1,5]。2013 年,欧盟宣布启动“地平线 2020”(Horizon 2020)框架计划,明确将“负责任研究与创新”纳入政策文件中,强调研究与创新必须与欧洲社会的价值观、需求和期望相一致,呼吁所有行动者共

同参与进来,形成欧盟国家共同期望的社会价值^[6]。之后,RRI 成为欧盟各国学者关注的焦点^[7]。荷兰、英国、挪威等国家纷纷响应,积极推进 RRI 的实践。系列科技资助计划中强调“负责任研究与创新”的政策和倡议相继出台^[8-9]。在信息通信技术产业、神经科学研究、合成生物学等新兴科技领域,各国政府设立了围绕 RRI 的各类专项,如 Responsible-Industry Project^[10]、Human Brain Project (HBP)^[11]、Neuro-Enhancement: Responsible Research and Innovation (NERRI)^[12]和 Responsible Research and Innovation in Synthetic Biology (SYNERGENE)^[13]等。

通讯作者(Corresponding author): 唐莉(Tang Li), ORCID: 0000-0003-4971-6192, E-mail: litang@fudan.edu.cn。

*本文系科技部国家重点研发计划(项目编号:2020YFA0908604)的研究成果之一。

The work is supported by the Key R&D Program of the Ministry of Science and Technology of China (Grant No. 2020YFA0908604).

①在学界与日常生活中,负责任研究与创新 RRI 和负责任创新 RI 往往并提、互通、混用^[1-2]。一些研究将 RRI 和 RI 分别译为责任式研究与创新、责任式创新。本文统一采用“负责任研究与创新”一词的表述。在引用其他学者的文献时,尊重作者对 RRI 或 RI 的翻译和引用。

近年来,负责任研究与创新在我国也开始得到重视^[14]。2016年,国务院出台的《“十三五”国家科技创新规划》明确提出“倡导负责任的研究与创新,加强科研伦理建设,强化科研伦理教育,提高科技工作者科研伦理规范意识,引导企业在技术创新活动中重视和承担保护生态、保障安全等社会责任”^[15]。2019年,国家新一代人工智能治理专业委员会发布《新一代人工智能治理原则——发展负责任的人工智能》,提出和谐友好、公平公正、包容共享、尊重隐私、安全可控、共担责任、开放协作和敏捷治理等8项原则^[16]。负责任创新与原始性创新、可持续创新、开放性创新和包容性创新被列为建设新时代国家创新体系的重要特征^[17]。2022年3月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于加强科技伦理治理的意见》,进一步明确要求科技人员自觉遵守科技伦理要求,开展负责任的研究与创新^[18]。在学界,围绕概念内涵、理论框架、新兴技术治理三个维度,技术哲学和科技政策专业的学者从不同视角对负责任研究与创新展开探讨。一些学者从概念界定层面提出现有对RRI或RI的探讨大都局限于经济学领域,忽视了思想、知识、制度等非经济型创新^[19]。一些学者则对负责任研究与创新的“责任”问题和“反思”程度范围进行讨论^[20-23]。例如,梅亮等指出,作为欧洲情境下的产物,RRI已有理论研究缺乏对不同社会与政治情境因素的探讨;因此,注重“情境”因素,构建了具有普适性的责任式创新框架^[24-26]。还有学者聚焦人工智能、神经技术、量子科技、合成生物学等新兴技术领域,分析实施负责任研究与创新的必要性和实现路径^[7,27-30]。例如,马诗雯等阐释合成生物学“负责任创新”的必要性和紧迫性,提出应尽快健全相关体制机制建设,推进国家科技创新治理体系和治理能力的现代化^[7]。

当前,负责任研究与创新已被世界主要国家视为负责任国家的重要基石^[21],科技政策从“经济驱动”向“责任架构”的转型也日益广为接受^[31]。Douglas等提出,作为一种新型的科技治理范式,负责任研究与创新不仅应关注研究与创新产品的消极影响或风险,还应从政策拉动视角,更多地关注对包括新兴两用技术在内的重要科技发展的“正确的影响”(Right Impact)^[32]。

在各项全球治理行动中(例如应对全球金融危机、埃博拉疫情、新冠肺炎疫情等),中国充分展现了负责任大国的自觉担当^[33-34]。随着我国经济迅猛发展、综合国力与国际地位的快速提升,中国亟待提升全球科技治理水平和建设国际学术话语权的进程中对负责任研究与创新给予更多关注。遗憾的是,相对于国际已有知识储备,我国在该议题上起步较晚,目前影响力小,还远不能满足中国式现代化建设的战略需求^[35]。基于文献梳理,笔者发现目前学界针对负责任研究与创新的数据挖掘分析并不多,基于国际文献的探讨更是鲜见。为填补已有研究的空白,本文基于Web of Science核心数据库中收录的有关负责任研究与创新的成果,综合采用传统文献计量和可视化分析方法对该领域的知识基础和研究热点进行分析,为我国学者把握该议题国际研究的总体概况与发展演进、我国政府推进负责任研究与创新实践提供参考和学理依据。

2 数据和方法

2.1 数据收集

本文主要数据来源于科睿唯安Web of Science核心文集的Science Citation Index Expanded (SCI-Expanded)、Social Science Citation Index (SSCI)和Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)三大数据库。数据收集检索式为TS=("responsible innovation" OR "responsible research and innovation"),检索数据年限不限,文献类型为原创文章(Article)和综述(Review)。检索日期为2021年11月15日,通过登录复旦大学图书馆,下载657篇国际RRI研究文献。数据收集及研究设计如图1所示。

2.2 研究方法

本文使用Vantage Point数据挖掘软件对收集到的论文数据进行清洗和分析。除了对时间演进趋势、国家和机构分布、学科分布、科研资助进行分析之外,本文还运用关键词共现和共被引分析,借助VOSviewer工具,将该领域的知识基础和研究热点以可视化方式呈现,勾勒负责任研究与创新领域的研究概况和发展态势。

共被引分析(Co-Citation Analysis)是引文分析的一个重要工具,早在1973年,Marshakova^[36]和

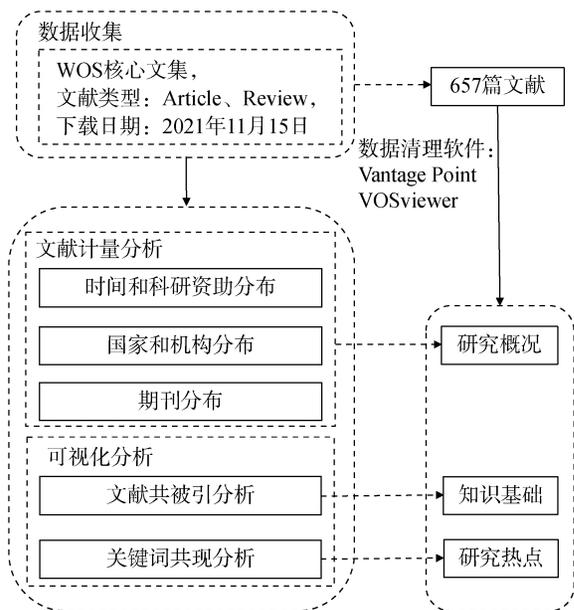


图1 数据收集及研究设计

Fig.1 Data Collection and Research Design

Small^[37]分别在其研究中提出的文献共被引的概念,使高被引论文及其共被引频次成为科学图谱研究的基石,以及探究学科知识基础的重要方法之一^[38-43]。简而言之,当两篇文献同时被第三篇文献所引用,这两篇文献存在共被引关系。文献经常被一起引用,表明他们在研究主题的概念、理论或方法上是相关的。共被引次数越多,文献之间的关系越密切,“距离”越近。按照研究对象类别,共被引分析可划分为文献共被引分析、作者共被引分析和期刊共被引分析^[43]。本文采用文献共被引分析,是建立在负责任研究与创新文献集的参考文献的共被引^①。

区别于作者关键词共现分析(Co-Word Analysis)^[44],本文对657篇文献进行共现分析的关键词^②,来源于标题、摘要、作者关键词等的集合。利用Vantage Point软件的自然语言处理(Natural Language Processing, NLP)功能对上述集合进行分

词,然后对分词后的术语进行自动清理与人工核校^③,最后借助VOSviewer软件构建关键词共现网络。

3 负责任研究与创新研究概况

3.1 时间和科研资助分布

Web of Science收录的负责任研究与创新研究最早发表于1978年^[45]。2011年,von Schomberg给出RRI的定义^[46],之后该议题在学界引起关注。2015年,负责任研究与创新的论文数量呈现快速增长趋势。其中,期刊*The Journal of Responsible Innovation*(简称JRI)于2014年的发行无疑起到巨大推动作用。截至2021年11月,JRI发文占该领域全球论文发表的近17%。

科学基金对基础研究具有重要的导向作用^[47-48]。受到资助的RRI论文数量及比例如图2所示,自2015年起,该领域国际发表报告基金资助的比例一直保持在60%以上,这一数值与Web of Science同一时期论文获得基金资助支持的均值基本持平^[49]。从资助国家或地区来看,欧盟资助的RRI论文数量最多,总计154篇,占总资助论文数量的36.5%,远超过其他国家或地区资助的论文数量(如表1所示)^④。英国、美国和荷兰所资助的论文数量及比例分别为67篇(15.9%)、58篇(13.8%)和51篇(12.1%)。

从科研文献的基金资助机构分布来看,欧盟委员会是负责任研究与创新研究的主要资金来源:资助发表的论文数量为134篇,占全球负责任研究与创新总论文数量的三成以上。进一步分析发现,欧盟“地平线2020”计划和欧盟“第七框架”计划是其中的主导资助项目,资助的论文数量共124篇,占欧盟资助论文总数的92.5%。此外,英国研究与创新(UK Research and Innovation)、美国国家自然科学基金(The US National Science Foundation)、荷兰科学

①不做特别说明,文中的共被引分析均指文献共被引分析。

②不做特别说明,文中的关键词均指对由文献的标题、摘要、作者关键词等组成的集合进行分词并通过自然语言处理和清理后所得到的关键词。

③包括删除停用词、合并同一个词根的不同形式(动名词、单复数、时态变化等)以及全称与缩写合并等。

④不做特别说明,文中的资助机构计数方法采取整数计数法(Whole Counting)。对于多个科学基金资助的学术成果,每个基金或资助机构计数一次。

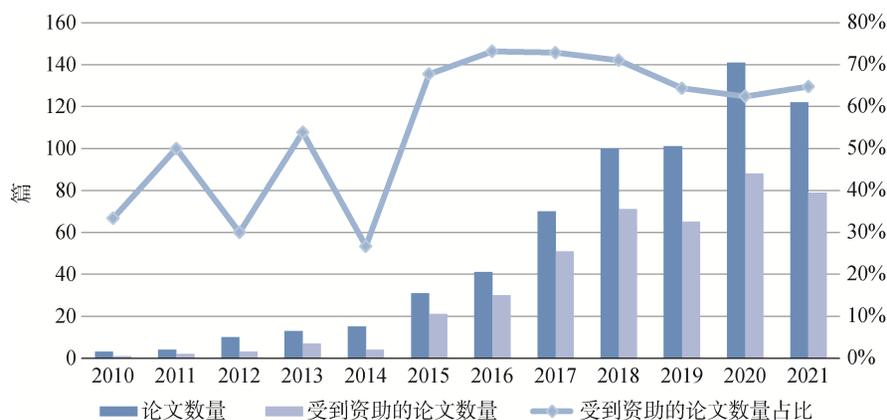


图 2 受到资助的 RRI 论文数量及比例(2010 年-2021 年)^①

Fig.2 Number and Proportion of Funded RRI Publications

研究组织 (The Netherlands Organisation for Scientific Research)、挪威研究理事会 (Research Council of Norway) 等科学基金资助机构也对负责任研究与创新议题的推进起到重要作用。

表 1 受到资助的论文数量排名前 10 的国家和机构(2010 年-2021 年)

Table 1 Top 10 Countries and Institutions in the Number of Funded Publications

| 序号 | 资助国家或地区 | 论文数量 | 比例% | 资助机构 | 论文数量 | 比例% |
|----|------------------|------|------|--|------|------|
| 1 | EU | 154 | 36.5 | European Commission | 134 | 31.8 |
| 2 | UK | 67 | 15.9 | UK Research and Innovation | 43 | 10.2 |
| 3 | USA | 58 | 13.7 | National Science Foundation | 39 | 9.2 |
| 4 | The Netherlands | 51 | 12.1 | Netherlands Organisation for Scientific Research | 27 | 6.4 |
| 5 | Norway | 23 | 5.5 | Research Council of Norway | 21 | 5.0 |
| 6 | Canada | 22 | 5.2 | Canadian Institutes of Health Research | 14 | 3.3 |
| 7 | Spain | 16 | 3.8 | Fonds de la recherche du Quebec | 8 | 1.9 |
| 8 | German | 14 | 3.3 | National Natural Science Foundation of China | 7 | 1.7 |
| 9 | Australia | 11 | 2.6 | The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation | 6 | 1.4 |
| 10 | China's Mainland | 8 | 1.9 | European Institute of Innovation and Technology | 5 | 1.2 |

3.2 国家和机构分布

从国家的发文数量来看,荷兰、英国和美国一直处于领先地位,发文量依次为 176 篇、161 篇和 102 篇,如图 3 所示。2010 年之前,只有美国和荷兰两个国家的学者发表了 RRI 相关的研究论文。之后,英国、德国、挪威和丹麦学者加入到该领域的探讨中。荷兰自从 2011 年后在该领域每年发文量稳居世界前三,具有显著话语权。此外,在发文数量排名前 10 的国家(或地区)中,6 个国家是欧盟成员国,这无疑与欧盟 2013 年将 RRI 纳入“地平线 2020”框架计划紧密相关。

与上述发达国家相比,中国在负责任研究与创

新领域的国际发表起步较晚,影响力较弱。在笔者收录的 Web of Science 分析样本中,中国大陆的第一篇 RRI 研究发表于 2014 年,且该论文是国际合作研究成果。截至 2021 年 11 月,中国大陆 RRI 发文 14 篇,以第一作者或通讯作者发文数量 9 篇,占发文总量的比例为 64%,且均为非国际合作文章。

负责任研究与创新论文在科研机构层面呈现集聚态势,大学依然是负责任研究与创新议题知识产出的主导机构^[53-54]。发文数量排名前 20 的机构均为研究型大学,占该议题全球总知识产出的 45%。发文数量最多的是荷兰的瓦格宁根大学与研究中心

^①Web of Science 自 2008 年起系统收集期刊论文的资助信息,详见文献[50-52]。

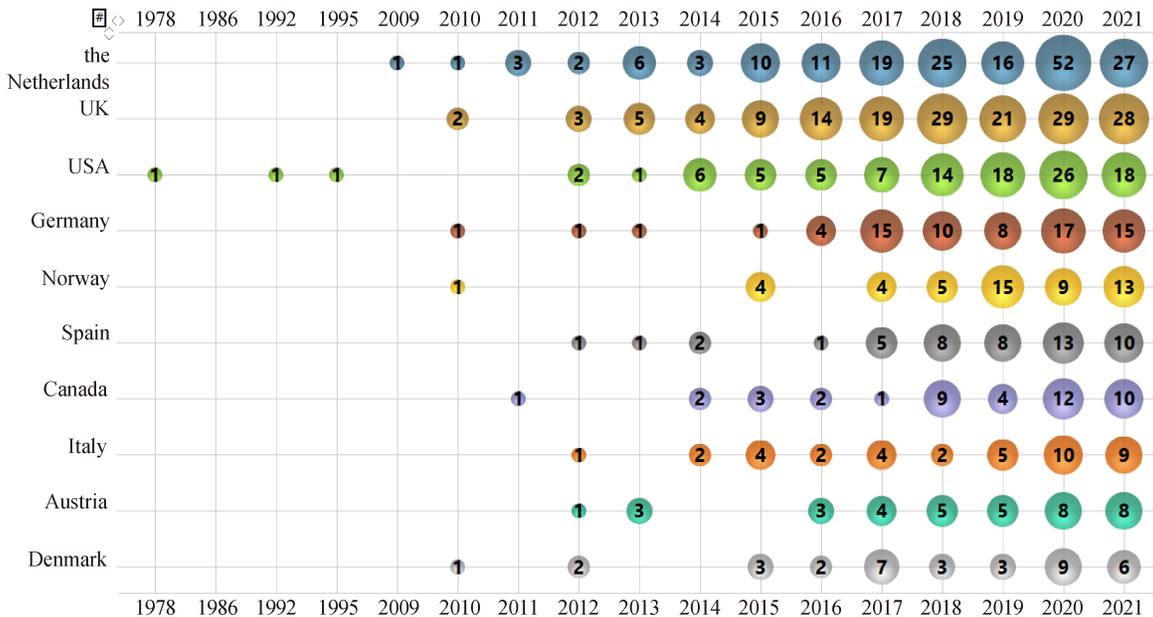


图3 RRI论文发表数量排名前10的国家分布^①

Fig.3 Distribution of RRI Publications in the Top 10 Productive Countries

(Wageningen University & Research), 发表论文 49 篇, 占负责任研究与创新总论文比例的近 8%。

3.3 期刊分布

从该议题国际发表的期刊分布来看, 负责任研究与创新研究跨学科特征显著^[19]。《The Journal of Responsible Innovation》发文数量最多, 自 2014 年创刊以来, JRI 邀请各国学者和实践者对负责任创新议题进行学术反思与辩论, 且重点关注了 RI 诸多尚未解决的难题^[55]。除了这一旗舰期刊之外, 负责任研究与创新的相关研究还常刊载 *Sustainability*、*The Science and Engineering Ethics*、*NanoEthics*、*Omicron-A Journal of Integrative Biology*、*Science and Public Policy* 等跨学科或交叉学科期刊上。这一期刊分布也体现出 RRI 研究与纳米科技、生物学、科技政策、伦理等多学科及跨学科研究领域的融合交汇。

4 负责任研究与创新研究的知识基础

经过剔重与清理后, 负责任研究与创新的 657 篇期刊论文共有 30 633 篇参考文献。选取参考文献

的被引用频次大于等于 20 的文献 69 篇, 构建参考文献的共被引网络图谱, 如图 4 所示。图中点 (Nodes) 的大小反映被引用次数的多少, 点间连线 (Edges) 的粗细代表共被引频次的高低, 而颜色的异同则表征是否属于同一聚类 (即基于相似的知识基础)。基于每个聚类中参考文献共被引次数最多文献的提炼^②, 将图 4 中的聚类结果分别标签 (Label) 为: 技术评估与预期治理、欧盟背景下的 RRI 概念与分析框架、全球视野下的 RRI 研究推进。

4.1 技术评估与预期治理

技术评估 (Technology Assessment) 与预期治理 (Anticipatory Governance) 可以看作是负责任研究与创新的前身^[59]。技术评估始于 20 世纪 70 年代初的美国。作为一种以科学为基础的政策咨询活动, 技术评估逐步发展成为评估和治理新兴技术的主要方法^[60]。这一时期的“科林格里奇困境”也引起人们关注。这一技术评估的双重困境是英国社会学家 Collingridge 在其 1980 年出版的 *The Social Control of Technology* 一书中所提出的, 即技术的未来发展

①多个国别合作的论文将在其每个参与贡献的国别中分别计数一次。

②比如聚类#2中, von Schomberg 和 Owen 等提出在欧盟政策背景下的负责任研究与创新的概念和特征^[46,56]。聚类#3中, Stilgoe 等提出了不囿于欧洲情境的更广泛的 RRI 概念^[57]; van Oudheusden 呼吁从政治和制度层面理解 RRI 的演进与落实^[58]。

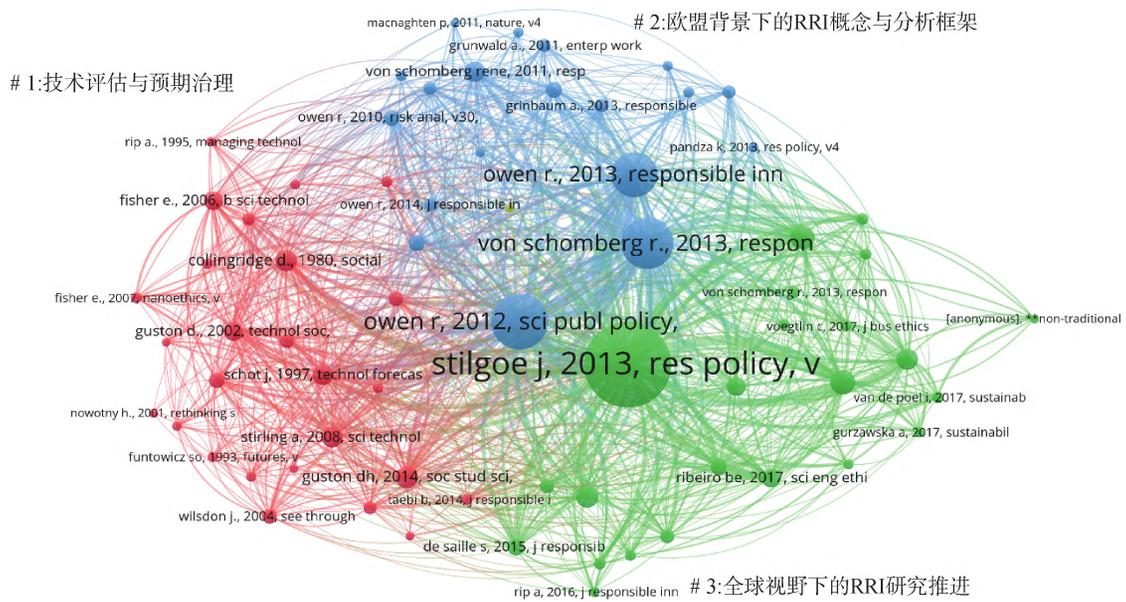


图 4 负责任研究与创新研究的文献共被引网络

Fig.4 Co-Citation Network of Responsible Research and Innovation Studies

轨迹、影响和外部性难以在技术生命早期阶段被准确预测;但当变化显著时,改变轨迹的成本则往往过高或难以实现^[61]。这种信息困境—控制困境也成为当前技术评估中科技创新与政策前瞻性治理相互作用的一个无法回避的议题。

20 世纪 80 年代,随着强调根据社会需求和价值“塑造技术”的社会建构主义范式的出现,Rip 等荷兰科技哲学学者开发了建构性技术评估(Constructive Technology Assessment,CTA)方法^[62],呼吁广大利益相关者在技术发展早期也应参与到预测新技术发展走向以及可能的伦理影响讨论之中^[63]。之后,美国学者 Guston 提出实时技术评估(Real-Time Technology Assessment,RTTA)^[64]。以纳米技术为案例,Fisher 通过 RTTA 实时评估进一步发现,增强技术评估的反思性将为研究实践带来谈判可能,从而为替代决策提供协商空间^[65]。

在实时技术评估的基础上,Guston 又提出预期治理的理念,旨在通过广泛地培养预见(Foresight)、参与(Engagement)及整合(Integration)的能力鼓励并支持科学家、工程师、政策制定者与公众反思他们在新技术发展中的角色。他认为包容以前被排除在外的行为者(公众等)可能不会减轻新兴技术发展中的所有负面影响,但可能导致创新(过程)朝着“正确

的影响”的方向进行轻微调整^[55]。从这个层面来看,预期治理和负责任研究与创新在理念上具有较高相似性^[2]。

4.2 欧盟背景下的 RRI 概念与分析框架

von Schomberg 和 Owen 是在欧盟政策背景下提出负责任研究与创新概念并阐释其特征的代表性学者。von Schomberg 提出的 RRI 概念强调道德可接受性、可持续性和社会期望,源于欧盟的基本价值观(权利和安全)、可持续发展目标(经济、社会和环境)以及欧盟条约(生活质量、平等)^[46]。他指出不负责任研究和创新的纠错成本是巨大的。

Owen 等总结了负责任研究与创新在欧盟政策背景下的三个特点:一是强调负责任研究与创新的民主治理导向及正确影响导向;二是强调负责任研究与创新的预期、审慎及反思这一既有实践的整合与制度化;三是关注责任本身在科研创新集体行动后果中所具有的不确定性和不可预测性^[56]。随后,Owen 等提出了 RI 的四维度框架:预期(Anticipatory)、反思(Reflective)、审慎(Deliberative)和响应(Responsive),以应对当前创新治理存在的缺陷^[59]。

4.3 全球视野下的 RRI 研究推进

随着欧盟 RRI 理念在国际学界影响力的提升,

5.1 科学、社会与治理

适应社会需求、回应社会重大挑战是负责任研究与创新研究的重要议题之一^[1,5]。在技术变革的背景下,RRI 常被视为减轻研发创新活动的负外部性的同时,保持经济持续增长的有效工具。2013 年,欧盟将负责任研究与创新纳入“地平线 2020”政策文件,呼吁加强科学与社会的合作,提升公众对科学的信心。科学与社会议题揭示了负责任研究与创新的本质,即科学的自由与发展需要以社会需求与价值满足为基本前提^[24]。一些学者提出负责任创新在应用到新兴技术治理实践时更需关注包容性、反思性和回应性^[71],让更多元化的专家群体(包括社会科学和人文哲学领域专家)和更广泛的重要利益相关者参与其中^[72]。

5.2 分析框架与治理实践

基于治理实践的多维分析框架是负责任研究与创新的另一热点议题。例如,科技政策专家 Stilgoe 等提出的预期(Anticipation)、反思(Reflexivity)、包容(Inclusion)、响应(Responsiveness)四维度负责任创新分析框架,预测创新产生的正面和负面影响,并对创新中出现的问题做出及时响应^[57]。从 RRI 的实际操作维度,Stahl 提出行动者(Actors)、活动(Activities)、规范(Norms)的三维度框架^[3]。应对社会挑战,欧盟在其 2014 年发布的 *Responsible Research and Innovation: Europe's Ability to Respond to Societal Challenges* 报告中进一步提出 RRI 分析框架应包含公众参与、性别平等、科学教育、科学成果的开放获取、伦理和治理 6 个维度^[73]。

在 RRI 的治理实践方面,Schuijff 等指出基本概念完善与早期影响预测有助于推进负责任研究与创新理论与实践的统一^[74]。Stahl 等对人类大脑项目(HBP)的实践评估表明,科技工作者和社会参与者在实质性问题上存在知识差距,只有使 RRI 真正成为研究和创新过程与产品的一部分,而不仅仅是外部需求/补充,RRI 方能在实践中真正发挥作用^[75]。

5.3 技术发展的伦理与价值

RRI 将技术发展的不确定性、目标动机、潜在伦理挑战与社会价值观等因素相结合,提倡在早期阶段让社会行为者参与并重塑创新过程^[24,57]。通过沟通反馈等活动,利益相关者能更明确技术发展走向,

意识到潜在挑战,从而在源头设计上尽可能防范风险,使研究与创新更加有效地满足社会需求和伦理价值^[76-78]。随着各国新兴技术的快速发展,其潜在的巨大经济前景和安全风险引起各国政府高度重视^[7,79]。一些学者对新兴技术的伦理问题进行探讨。例如,Stahl 等分析如何采用 RRI 应对护理机器人产生的潜在伦理问题^[80]。Stahl 等聚焦信息通信技术领域,呼吁决策者、研究人员和其他利益相关者在反思该领域发展的技术轨迹、产生结果及伦理问题的基础上,选择适宜的研发或项目管理技术^[81]。Buhmann 等指出 RRI 有助于抵消人工智能的不透明原则^[82]。

5.4 可持续性发展与影响力研究

一些学者关注负责任研究与创新的可持续性发展议题,提出可持续性应成为 RRI 的维度之一^[66]。von Schomberg 指出 RRI 作为透明的和互动的过程,其题中之意在于过程及成果的(伦理)可接受性、可持续性和社会可取性^[46]。Owen 等也认为在讨论 RRI 符合社会需求和价值观时,应考虑可持续性^[56]。此外,Foley 等以纳米技术创新为例,阐释了可持续和适应性管理在新兴技术治理中的重要性^[83]。聚焦中小企业,Halme 等分析揭示 13 家北欧中小企业的可持续创新因素,通过不同的资源组合进行负责任创新,中小企业才能够可持续发展^[84]。

6 结 语

本文使用文献计量和信息可视化方法对 Web of Science 核心文集收录的负责任研究与创新研究进行数据挖掘。研究发现:负责任研究与创新研究自 2011 年起在学界引起关注。得益于旗舰期刊 *The Journal of Responsible Innovation* 的发行,该跨学科议题自 2015 年起呈现快速增长趋势。荷兰、英国和美国在该领域一直处于研究领先地位,中国在 RRI 领域的国际发表起步较晚,影响力较弱。超过一半的 RRI 论文受到基金资助,而欧盟是 RRI 研究的最主要资金来源。负责任研究与创新领域的推进建立在技术评估与预期治理、欧盟背景下的 RRI 概念与分析框架、全球视野下的 RRI 研究推进这三大知识基础之上。该议题研究热点主要聚焦在科学社会与治理、分析框架与治理实践、技术发展的伦理与价

值、可持续性发展与影响力研究4个方面。

本文也有一些不足之处:第一,样本数据源于Web of Science收录的英文期刊论文,非英语的科技文献没有被揽括在内。第二,在述评该领域重点文献的文献计量分析时,仅揭示了RRI研究的整体概貌、知识基础和研究热点,尚未勾勒其时空动态变化趋势。未来需要结合多种分析工具,对该领域在不同阶段的研究热点趋势进行动态分析。

综上,自欧盟委员会成员 von Schomberg 于2011年首次提出负责任研究与创新概念以来,不同领域和国别的学者围绕RRI的概念、分析框架与治理实践已展开了大量研究。未来该议题需增加研究方法的多样性,拓展RRI在不同制度和社会情境下的应用分析;其中,应用RRI理念有效推进合成生物学、人工智能等新兴两用技术的全球治理尤其值得关注和探讨。本研究结果对中国在RRI领域的探讨也有一定的启示。未来中国学者在关注国际动态的同时,需要将负责任研究与创新嵌入到中国科技强国的语境下,与我国特有的科技创新治理实践相结合,提升我国在该议题上的国际学术话语权。

参考文献:

- [1] Wiarda M, van de Kaa G, Yaghmaei E, et al. A Comprehensive Appraisal of Responsible Research and Innovation: From Roots to Leaves[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, 172: 121053.
- [2] 廖苗. 负责任(研究与)创新的概念辨析和学理脉络[J]. *自然辩证法通讯*, 2019, 41(11): 77-86. (Liao Miao. Analysis on the Concept and Academic Contexts of Responsible (Research and) Innovation[J]. *Journal of Dialectics of Nature*, 2019, 41(11): 77-86.)
- [3] Stahl B C. Responsible Research and Innovation: The Role of Privacy in an Emerging Framework[J]. *Science and Public Policy*, 2013, 40(6): 708-716.
- [4] Stilgoe J, Guston D H. Responsible Research and Innovation[A]// Felt U, Fouché R, Miller C A, et al. *The Handbook of Science and Technology Studies*[M]. Cambridge: The MIT Press, 2017.
- [5] von René Schomberg R. A Vision of Responsible Research and Innovation[A]//Owen R, Bessant J, Heintz M. *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society*[M]. Wiley, 2013: 51-74.
- [6] European Commission. Options for Strengthening Responsible Research and Innovation: Report of the Expert Group on the State of Art in Europe on Responsible Research and Innovation [R]. Luxembourg: European Union, 2013: 13-56.
- [7] 马诗雯, 王国豫. 合成生物学的“负责任创新”[J]. *中国科学院院刊*, 2020, 35(6): 751-762. (Ma Shiwen, Wang Guoyu. “Responsible Innovation” in Synthetic Biology[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2020, 35(6): 751-762.)
- [8] UK Research and Innovation. Framework for Responsible Research and Innovation[EB/OL]. [2021-12-26]. <https://www.epsrc.ac.uk/research/framework>.
- [9] The Research Council of Norway. Portfolios[EB/OL]. [2021-12-25]. <https://www.forskingsradet.no/om-forskingsradet/portefoljer>.
- [10] UN Environment Programme. Responsible Industry[EB/OL]. [2021-11-26]. <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/responsible-industry>.
- [11] European Union. Human Brain Project[EB/OL]. [2021-12-14]. <https://www.humanbrainproject.eu/en/>.
- [12] Central European University. NERRI: Neuro-Enhancement: Responsible Research and Innovation[EB/OL]. [2021-12-01]. <https://www.ceu.edu/project/nerri-neuro-enhancement-responsible-research-and-innovation>.
- [13] European Union. Synenergene[EB/OL]. [2021-12-18]. <https://www.synenergene.eu>.
- [14] 赵延东, 廖苗. 负责任研究与创新在中国[J]. *中国软科学*, 2017(3): 37-46. (Zhao Yandong, Liao Miao. Responsible Research and Innovation in China[J]. *China Soft Science*, 2017(3): 37-46.)
- [15] 国务院关于印发“十三五”国家科技创新规划的通知[EB/OL]. (2016-08-08). [2021-12-26]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm. (China to Boost Scientific and Technological Innovation[EB/OL]. (2016-08-08). [2021-12-26]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm.)
- [16] 中华人民共和国科学技术部. 新一代人工智能伦理规范发布[EB/OL]. (2021-09-26). [2021-12-28]. http://www.most.gov.cn/kjbgz/202109/t20210926_177063.html. (Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. The New Generation of Artificial Intelligence Ethics Norms[EB/OL]. (2021-09-26). [2021-12-28]. http://www.most.gov.cn/kjbgz/202109/t20210926_177063.html.)
- [17] 程建平, 陈丽, 郑永和, 等. 新时代国家自然科学基金在国家创新体系中的战略定位[J]. *中国科学院院刊*, 2021, 36(12): 1419-1426. (Cheng Jianping, Chen Li, Zheng Yonghe, et al. Strategic Positioning of National Natural Science Foundation of China Within National Innovation System in New Era[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(12): 1419-1426.)
- [18] 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于加强科技伦理治理的意见》[EB/OL]. (2022-03-20). [2022-11-05]. http://www.gov.cn/zhengce/2022-03/20/content_5680105.htm. (General Office of the CPC Central Committee General Office of the State Council

- Issued “Opinions on Strengthening Ethical Governance of Science and Technology” [EB/OL]. (2022-03-20). [2022-11-05]. http://www.gov.cn/zhengce/2022-03/20/content_5680105.htm.)
- [19] 刘战雄. 负责任创新研究综述: 背景、现状与趋势[J]. 科技进步与对策, 2015, 32(11): 155-160. (Liu Zhanxiong. Summary of Responsible Innovation Research: Background, Current Situation and Trend[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2015, 32(11): 155-160.)
- [20] 刘战雄. 责任有限及其对负责任创新的启示[J]. 自然辩证法研究, 2015, 31(10): 41-45. (Liu Zhanxiong. Responsibility Finitude and Its Enlightenment for Responsible Innovation[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2015, 31(10): 41-45.)
- [21] 唐坚. “责任式创新”下的我国科技政策优化[J]. 科学管理研究, 2019, 37(4): 7-11. (Tang Jian. The Connotation of “Responsible Innovation” Under Progressive Semantics and Its Enlightenment to the Optimization of China’s Innovation Policy [J]. Scientific Management Research, 2019, 37(4): 7-11.)
- [22] 王小伟, 姚禹. 负责任地反思负责任创新——技术哲学思路下的 RRI[J]. 自然辩证法通讯, 2017, 39(6): 37-43. (Wang Xiaowei, Yao Yu. Reflecting Responsible Research and Innovation: RRI in the Context of Philosophy of Technology[J]. Journal of Dialectics of Nature, 2017, 39(6): 37-43.)
- [23] 李平, 廖苗. 对负责任创新“反思”维度的再思考[J]. 自然辩证法通讯, 2021, 43(4): 69-75. (Li Ping, Liao Miao. Rethinking the “Reflexivity” of Responsible Innovation[J]. Journal of Dialectics of Nature, 2021, 43(4): 69-75.)
- [24] 梅亮, 陈劲. 责任式创新: 源起、归因解析与理论框架[J]. 管理世界, 2015(8): 39-57. (Mei Liang, Chen Jin. Responsibility Innovation: Origin, Attribution Analysis and Theoretical Framework[J]. Management World, 2015(8): 39-57.)
- [25] 梅亮, 陈劲, 盛伟忠. 责任式创新——研究与创新的新兴范式[J]. 自然辩证法研究, 2014, 30(10): 83-89. (Mei Liang, Chen Jin, Sheng Weizhong. Responsible Innovation—Emerging Paradigm of Research and Innovation[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2014, 30(10): 83-89.)
- [26] 梅亮, 陈劲, 李福嘉. 责任式创新: “内涵-理论-方法”的整合框架[J]. 科学学研究, 2018, 36(3): 521-530. (Mei Liang, Chen Jin, Li Fujia. Responsible Innovation: An Integrated Framework of “Connotation-Theory-Approach” [J]. Studies in Science of Science, 2018, 36(3): 521-530.)
- [27] 李娜, 陈君. 负责任创新框架下的人工智能伦理问题研究[J]. 科技管理研究, 2020, 40(6): 258-264. (Li Na, Chen Jun. Research on Ethics of Artificial Intelligence Under the Framework of Responsible Innovation[J]. Science and Technology Management Research, 2020, 40(6): 258-264.)
- [28] 刘成科. 神经技术的伦理风险及其治理: 负责任创新的视角[J]. 自然辩证法研究, 2019, 35(6): 28-32. (Liu Chengke. The Ethical Risk and Its Governance of Neurotechnology: A Responsible Research and Innovation Perspective[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2019, 35(6): 28-32.)
- [29] 梅亮, 陈劲, 吴欣桐. 责任式创新范式下的新兴技术创新治理解析——以人工智能为例[J]. 技术经济, 2018, 37(1): 1-7. (Mei Liang, Chen Jin, Wu Xintong. Innovation Governance of Emerging Technology from Responsible Innovation Perspective: Lessons from Artificial Intelligence[J]. Technology Economics, 2018, 37(1): 1-7.)
- [30] 程鹏, 谭浩. 我国量子科技产业的“负责任创新”[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2021, 23(4): 7-14. (Cheng Peng, Tan Hao. “Responsible Innovation” in China’s Quantum Technological Industry[J]. Journal of Northeastern University(Social Science), 2021, 23(4): 7-14.)
- [31] 薛桂波, 赵一秀. 基于“负责任创新”的欧盟科技政策转型及启示[J]. 中国科技论坛, 2017(4): 172-177. (Xue Guibo, Zhao Yixiu. Transformation of EU S&T Policy Based on RRI and Its References to China[J]. Forum on Science and Technology in China, 2017(4): 172-177.)
- [32] Douglas C M W, Stermerding D. Governing Synthetic Biology for Global Health Through Responsible Research and Innovation[J]. Systems and Synthetic Biology, 2013, 7(3): 139-150.
- [33] 王京清. 充分展现中国负责任大国的自觉担当[EB/OL]. (2020-09-24). [2021-12-29]. <https://m.gmw.cn/baijia/2020-09/24/34217167.html>. (Wang Jingqing. Fully Show the Conscious Responsibility of China as a Responsible Power[EB/OL]. (2020-09-24). [2021-12-29]. <https://m.gmw.cn/baijia/2020-09/24/34217167.html>.)
- [34] 陈若愚, 杨碧琴, 霍伟东. 以新兴经济体为区域基础构建人民币区: 基于可行性与货币依赖视角的刍议[J]. 当代经济研究, 2019(7): 91-100. (Chen Ruoyu, Yang Biqin, Huo Weidong. Constructing RMB Zones with Emerging Economies as Regional Bases: Humble Opinions Based on the Perspectives of Feasibility and Currency Dependence[J]. Contemporary Economic Research, 2019(7): 91-100.)
- [35] 习近平: 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告 [EB/OL]. (2022-10-25). [2022-11-05]. http://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm. (Xi Jinping: Holding High the Great Banner of Socialism with Chinese Characteristics and Uniting the Struggle for the Comprehensive Construction of a Modern Socialist Country—Report at the 20th National Congress of the Communist Party of China[EB/OL]. (2022-10-25). [2022-11-05]. http://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm.)
- [36] Marshakova I V. A System of Document Connections Based on References[J]. Scientific and Technical Information Serial of VINI, 1973, 6(2): 3-8.
- [37] Small H. Co-Citation in the Scientific Literature: A New Measure

- of the Relationship Between Two Documents[J]. *Journal of the American Society for Information Science*, 1973, 24(4): 265-269.
- [38] 任永灿, 张建卫, 赵辉. 21世纪以来国内外团队创造力的比较研究[J]. *科研管理*, 2022, 43(11): 65-72. (Ren Yongcan, Zhang Jianwei, Zhao Hui. A Comparative Study of the Team Creativity at Home and Abroad Since the 21st Century[J]. *Science Research Management*, 2022, 43(11): 65-72.)
- [39] 陈燕, 郭彩琴. 我国社会治理研究知识基础与前沿热点分析[J]. *电子政务*, 2017(2): 57-64. (Chen Yan, Guo Caiqin. Analysis on the Knowledge Base and Frontier Hot Spots of Social Governance Research in China[J]. *E-Government*, 2017(2): 57-64.)
- [40] 贾慧英, 王宗军, 曹祖毅. 探索还是利用? 探索与利用的知识结构与演进[J]. *科研管理*, 2019, 40(8): 113-125. (Jia Huiying, Wang Zongjun, Cao Zuyi. Exploring or Exploiting? The Intellectual Structure and Evolution of the Exploration and Exploitation[J]. *Science Research Management*, 2019, 40(8): 113-125.)
- [41] 吴伟伟, 刘业鑫, 高鹏斌, 等. 技术管理的知识基础——管理学视角[J]. *技术经济*, 2016, 35(2): 49-57. (Wu Weiwei, Liu Yexin, Gao Pengbin, et al. Knowledge Base of Technology Management: A Perspective of Management Science[J]. *Technology Economics*, 2016, 35(2): 49-57.)
- [42] Tang L, Walsh J P. Bibliometric Fingerprints: Name Disambiguation Based on Approximate Structure Equivalence of Cognitive Maps[J]. *Scientometrics*, 2010, 84(3): 763-784.
- [43] 邱均平, 李俊佩. 图书馆学情报学期刊的同被引研究[J]. *情报理论与实践*, 2009, 32(2): 17-20. (Qiu Junping, Li Junpei. Research on the Co-Citation of the Journals of Library and Information Science[J]. *Information Studies: Theory & Application*, 2009, 32(2): 17-20.)
- [44] Callon M, Courtial J P, Turner W A, et al. From Translations to Problematic Networks: An Introduction to Co-Word Analysis[J]. *Social Science Information*, 1983, 22(2): 191-235.
- [45] Duke D L. Toward Responsible Innovation[J]. *The Educational Forum*, 1978, 42(3): 351-371.
- [46] von Schomberg R. Prospects for Technology Assessment in a Framework of Responsible Research and Innovation[A]// Dusseldorf M, Beecroft R. *Technikfolgen Abschätzen Lehren* [M]. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2012: 39-61.
- [47] Tang L. A Role for Funders in Fostering China's Research Integrity[J]. *Science*, 2022, 375(6584): 979-981.
- [48] Shapira P, Wang J. Follow the Money[J]. *Nature*, 2010, 468(7324): 627-628.
- [49] Tang L, Wang L, Hu G. Research Misconduct Investigations in China's Science Funding System. Under Review.
- [50] Tang L, Hu G Y, Liu W S. Funding Acknowledgment Analysis: Queries and Caveats[J]. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2017, 68(3): 790-794.
- [51] Liu W S, Tang L, Hu G Y. Funding Information in Web of Science: An Updated Overview[J]. *Scientometrics*, 2020, 122(3): 1509-1524.
- [52] Paul-Hus A, Desrochers N, Costas R. Characterization, Description, and Considerations for the Use of Funding Acknowledgement Data in Web of Science[J]. *Scientometrics*, 2016, 108(1): 167-182.
- [53] Taylor K, Woods S. Reflections on the Practice of Responsible (Research and) Innovation in Synthetic Biology[J]. *New Genetics and Society*, 2020, 39(2): 127-147.
- [54] 张松. 大学学科调整的驱动逻辑研究[J]. *研究生教育研究*, 2021(5): 84-89. (Zhang Song. Research on the Driving Logic of University Discipline Adjustment[J]. *Journal of Graduate Education*, 2021(5): 84-89.)
- [55] Guston D H. Understanding 'Anticipatory Governance' [J]. *Social Studies of Science*, 2014, 44(2): 218-242.
- [56] Owen R, Macnaghten P, Stilgoe J. Responsible Research and Innovation: From Science in Society to Science for Society, with Society[J]. *Science and Public Policy*, 2012, 39(6): 751-760.
- [57] Stilgoe J, Owen R, Macnaghten P. Developing a Framework for Responsible Innovation[J]. *Research Policy*, 2013, 42(9): 1568-1580.
- [58] van Oudheusden M. Where are the Politics in Responsible Innovation? European Governance, Technology Assessments, and Beyond[J]. *Journal of Responsible Innovation*, 2014, 1(1): 67-86.
- [59] Owen R, Stilgoe J, Macnaghten P, et al. A Framework for Responsible Innovation[A]//Owen R, Bessant J, Heintz M. *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society*[M]. Wiley, 2013: 27-50.
- [60] Grunwald A. Technology Assessment for Responsible Innovation [A]//van den Hoven J, Doorn N, Swierstra T, et al. *Responsible Innovation 1*[M]. 2014: 15-31.
- [61] Collingridge D. *The Social Control of Technology*[M]. London: Frances Printer, 1980.
- [62] Rip A, Misa T J, Schot J. *Managing Technology in Society: The Approach of Constructive Technology Assessment*[M]. Pinter Publishers, 1995.
- [63] Schot J, Rip A. The Past and Future of Constructive Technology Assessment[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 1997, 54(2-3): 251-268.
- [64] Guston D H. Real-Time Technology Assessment[J]. *Technology in Society*, 2002, 24(1-2): 93-109.
- [65] Fisher E. Ethnographic Invention: Probing the Capacity of Laboratory Decisions[J]. *NanoEthics*, 2007, 1(2): 155-165.
- [66] Burget M, Bardone E, Pedaste M. Definitions and Conceptual Dimensions of Responsible Research and Innovation: A

- Literature Review[J]. *Science and Engineering Ethics*, 2017, 23(1): 1-19.
- [67] Macnaghten P, Owen R, Stilgoe J, et al. Responsible Innovation Across Borders: Tensions, Paradoxes and Possibilities[J]. *Journal of Responsible Innovation*, 2014, 1(2): 191-199.
- [68] Ribeiro B E, Smith R D J, Millar K. A Mobilising Concept? Unpacking Academic Representations of Responsible Research and Innovation[J]. *Science and Engineering Ethics*, 2017, 23(1): 81-103.
- [69] Blok V, Lemmens P. The Emerging Concept of Responsible Innovation. Three Reasons Why It is Questionable and Calls for a Radical Transformation of the Concept of Innovation[A]// Koops B J, Oosterlaken I, Romijn H, et al. *Responsible Innovation 2* [M]. Springer International Publishing, 2015: 19-35.
- [70] Lubberink R, Blok V, van Ophem J, et al. Lessons for Responsible Innovation in the Business Context: A Systematic Literature Review of Responsible, Social and Sustainable Innovation Practices[J]. *Sustainability*, 2017, 9(5): 721.
- [71] Stemerding D, Betten W, Rerimassie V, et al. Future Making and Responsible Governance of Innovation in Synthetic Biology[J]. *Futures*, 2019, 109: 213-226.
- [72] Schaper-Rinkel P. The Role of Future-Oriented Technology Analysis in the Governance of Emerging Technologies: The Example of Nanotechnology[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2013, 80(3): 444-452.
- [73] European Commission. Responsible Research and Innovation: Europe's Ability to Respond to Societal Challenges[EB/OL]. [2021-12-29]. <http://www.apenetwork.it/application/files/3815/9586/0180/RR1.pdf>.
- [74] Schuijff M, Dijkstra A M. Practices of Responsible Research and Innovation: A Review[J]. *Science and Engineering Ethics*, 2020, 26(2): 533-574.
- [75] Stahl B C, Akintoye S, Bitsch L, et al. From Responsible Research and Innovation to Responsibility by Design[J]. *Journal of Responsible Innovation*, 2021, 8(2): 175-198.
- [76] van den Hoven J. Value Sensitive Design and Responsible Innovation[A]//Owen R, Bessant J. *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society*[M]. Wiley, 2013.
- [77] Bauer A, Bogner A, Fuchs D. Rethinking Societal Engagement Under the Heading of Responsible Research and Innovation: (Novel) Requirements and Challenges[J]. *Journal of Responsible Innovation*, 2021, 8(3): 342-363.
- [78] European Commission. Options for Strengthening Responsible Research and Innovation[R]. Report of the Expert Group on the State of Art in Europe on Responsible Research and Innovation. Luxembourg: European Union, 2013.
- [79] Tang L, Cao C. Prospects and Challenges: Introduction to the Special Issue on "Global Governance of Emerging Technologies" [J]. *Global Public Policy and Governance*, 2022, 2(3): 261-265.
- [80] Stahl B C, Mcbride N, Wakunuma K, et al. The Empathic Care Robot: A Prototype of Responsible Research and Innovation[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2014, 84: 74-85.
- [81] Stahl B C, Timmermans J, Flick C. Ethics of Emerging Information and Communication Technologies[J]. *Science and Public Policy*, 2017, 44(3): 369-381.
- [82] Buhmann A, Fieseler C. Towards a Deliberative Framework for Responsible Innovation in Artificial Intelligence[J]. *Technology in Society*, 2021, 64: 101475.
- [83] Foley R W, Bernstein M J, Wiek A. Towards an Alignment of Activities, Aspirations and Stakeholders for Responsible Innovation[J]. *Journal of Responsible Innovation*, 2016, 3(3): 209-232.
- [84] Halme M, Korpela M. Responsible Innovation Toward Sustainable Development in Small and Medium-Sized Enterprises: A Resource Perspective[J]. *Business Strategy and the Environment*, 2014, 23(8): 547-566.

作者贡献声明:

杨德芳:提出初步研究思路,收集与分析数据,撰写论文初稿;
唐莉:修正论文思路,核校分析结果,改写论文。

利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突关系。

收稿日期:2022-04-04

收修改稿日期:2022-05-23

Responsible Research and Innovation: Knowledge Base and Research Hotspots

Yang Defang¹ Tang Li^{1,2}

¹(School of International Relations and Public Affairs, Fudan University, Shanghai 200433, China)

²(Shanghai Center for Innovation and Governance, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: [Objective] This paper analyzes the status quo and evolution of knowledge base and research hotspots of responsible research and innovation (RRI) based on international literature. [Coverage] We retrieved and analyzed a total of 657 international articles on RRI from the Web of Science. [Methods] We used the bibliometrics and visualization techniques to explore these articles. [Results] Researchers from the Netherlands and the United Kingdom played a leading role in the field of responsible research and innovation, while China has not established its position in this domain yet. Technology assessment and anticipatory governance, conceptual development in the EU context, as well as refined framework in global context are the three knowledge bases of RRI. Science, society and governance, conceptual framework and practice, ethics and value of technology development, sustainability and impacts are the popular topics. [Limitations] The data coverage needs to be expanded. [Conclusions] This study calls for more diversity in research methods and expanding the application of RRI research in various contexts.

Keywords: Responsible Research and Innovation Knowledge Base Research Hotspots

利用匿名GPS数据追踪城市绿地使用情况,可为平衡城市绿地的利用和保护提供决策支持

近日,一项新的研究表明,来自公众智能手机中的匿名GPS数据可以用于监测公众对公园及城区的其他绿地的使用情况,这有助于为管理决策提供信息。

城区的公园和其他绿地具有非常重要的作用,包括促进人类身心健康、保护生态系统生物多样性以及雨水管理和降低热量等。人类与绿地的互动会影响这些功能,但是,以足够精细的分辨率去捕捉人类活动以进行绿地的管理是非常困难的。

来自智能手机的匿名GPS数据可能有助于应对这一挑战。为了验证这一方法的有效性,研究人员分析了匿名的智能手机数据,这些数据记录了人们对加拿大大多伦多地区53个绿地的访问情况,包括公园、步道系统和出于保护目的不对公众开放的区域。结果发现,GPS数据确实捕捉到了人们对这些绿地的使用情况,数据还揭示了绿地内的哪些区域有人类活动,其中既定的步道尤其受欢迎。此外还发现,人们偏向于在某些特定类型地方(如有岩层,以及某些树种的地方)进行活动。这些发现凸显了利用匿名GPS智能手机数据帮助管理绿地的潜力,使得政府可以在保护生物多样性的同时,优化绿地对人类的益处。

(编译自:<https://www.sciencedaily.com/releases/2022/12/221215161541.htm>)

(本刊讯)