



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

中日两国地震应急技术专利数据可视化分析与对比研究

苟扬 李睿 李娟

四川大学灾后重建与管理学院 成都 610207

摘要: [目的/意义] 对比中日两国地震应急技术在研究现状、关键技术、研发热点和演进路径上的共性和特性,为中国相关应急产业的发展规划提供参考。[方法/过程] 基于德温特专利数据库(DII)中1966-2021年收录的中日两国地震应急领域相关专利,借助CiteSpace软件进行专利文献计量、代码共现分析、聚类分析、时间线分析。[结果/结论] 中国地震应急技术的研究滞后日本近10年;日本技术创新的主体是企业,企业间合作密切,而中国以高校和国有企业为主体,且机构间缺乏合作;两国在地震应急领域的关键技术发展方向上基本保持一致,但是在监测预警、应急通讯、建筑抗震等热点领域,日本已经度过技术成熟期,而中国仍处于技术追随阶段;相比中国,日本在地震应急技术的智能化、无人机技术等新兴领域研究更深入。最后针对中国地震应急技术的发展提出了4点建议。

关键词: 德温特专利数据;知识图谱;文献计量指标;CiteSpace;地震应急技术

中图分类号: G350

Visualization Analysis and Comparative Study of Earthquake Emergency Response Technology Patent Data in China and Japan

GOU Yang LI Rui LI Juan

Sichuan University, Institute of Disaster Management and Reconstruction, Chengdu 610207, China

Abstract: [Objective/Significance] The similarities and characteristics of earthquake emergency response technology in research status, key technologies, research hotspots and evolution paths between China and Japan are compared to provide a reference for the development planning of related emergency industries in China. [Methods/Processes] Based on the patent information related to earthquake emergency response in China and Japan collected in Derwent Innovations Index(DII) from 1966 to 2021, patent bibliometrics, code co-occurrence analysis, cluster analysis, and timeline analysis were performed with the help of CiteSpace software. [Results/Conclusions] The results showed that the research on earthquake emergency response technology in China

基金项目 国家社科基金西部项目“创新经济学视野下的专利引用关系再认识及其评价意义再研究”(20XTQ008)。

作者简介 苟扬(1998-), 博士研究生,研究方向为信息资源管理;李睿(1972-), 博士,副院长,教授,博士生导师,研究方向为科学计量与评价, E-mail: li_rui@scu.edu.cn;李娟(1999-), 硕士研究生,研究方向为应急情报分析。

引用格式 苟扬,李睿,李娟. 中日两国地震应急技术专利数据可视化分析与对比研究[J]. 情报工程, 2022, 8(4): 71-84.

lags behind that in Japan by nearly 10 years; The institutions of technological innovation in Japan are mainly enterprises, and the cooperation between enterprises is close; However, China's innovation institutions are mainly universities and state-owned enterprises, and there is a lack of cooperation between these institutions; The development direction of key technologies in the field of earthquake emergency response is basically the same between the two countries. However, in hot areas such as monitoring and early warning, emergency communication, building earthquake resistance, etc, Japan has already passed the technology maturity stage, while China is still in the technology following stage; compared with China, Japan has more in-depth research in emerging fields such as the intelligence of earthquake emergency technology and UAV technology. Finally, four suggestions are put forward for the development of earthquake emergency technology in China.

Keywords: Derwent Patent Data; knowledge atlas; bibliometrics indicator; CiteSpace; earthquake emergency technology

引言

地震应急领域的技术创新是推动中国防震减灾事业现代化的重要抓手。为贯彻落实习近平总书记关于防灾减灾救灾和防震减灾的重要指示批示,推动防震减灾事业高质量发展,党的十八大以来,国家相关部委先后出台《新时代防震减灾事业现代化纲要(2019-2035年)》《国家地震科技发展规划(2021-2035年)》等一系列政策文件,明确提出要加强地震科技创新,提升地震监测预警预报能力、风险防治能力和应急响应服务能力。然而,如何把握技术创新的关键点和热点方向,以制定符合中国国情的地震应急技术发展计划,成为防震减灾领域亟待解决的问题。

当前,正值全球科技新一轮创新浪潮^[1]。美国、日本、智利等国家皆高度重视地震科技在防震减灾中的价值,以减灾需求为导向,启动了一系列重大防震减灾研究计划^[2]。其中,日本与中国同处亚欧—太平洋板块的交界处(环太平洋火山地震带),地理位置相近,其地震应急技术的发展具有成熟的法律基础和丰富的

技术储备^[3]。2013年,日本实施的《国土强韧化行动计划》加大对防震减灾的资金投入,强调科技减灾的重要性,努力将日本建设成“防震大国”。之后,日本通过《第五期科学技术基本计划(2016-2020)》,将智慧化信息化减灾放在地震应急领域发展的关键位置,使其在灾害预警、灾害救援、建筑抗震等地震应急技术方面具有全球领先性和示范性。此外,日本注重以专利形式对知识产权进行保护,并通过专利异议制度等法律法规来预防“专利注水”,保障专利价值^[4]。

中国已有学者关注了地震应急技术的热点和发展趋势。其中,定量研究的不多,张晋辉^[5]利用专利分析工具TDA和TI,从多角度对德温特专利数据库(DII)中的地震预警技术的现状进行分析;季婉婧等^[6]基于incoPat科技创新情报平台对防震减灾领域研发态势进行分析,并指出未来全球防震减灾专利将继续围绕地震监测预警,应急救援和减震隔震等领域开展。而大多数学者主要开展定性研究,如刘瑞丰^[7]、白纪韬^[8]、刘建中等^[9]、姜立新等^[10]分别归纳出震级测定技术、减震抗震技术、微地震监测

技术、地震应急指挥技术等的发展和研究现状。同时,现有研究虽然取得了丰硕的成果,但是侧重于地震应急技术的某一个具体领域,缺乏整体性的把控。

基于此,本文依托中日两国在德温特专利数据库中的地震应急技术专利数据,借助 CitaSpace 软件制作科学知识图谱,将专利数据进行可视化表现,从情报学视角多维度、深层次比较两国地震应急技术的研究现状、研发热点与前沿的共性和特性,并以此为中国未来地震应急技术热点挖掘和创新发展提供综合见解。

1 数据来源

本文以 Derwent Innovations Index (DII) 作为主要检索数据库^[11]。DII 囊括了全球 60 多个专利机构的 4000 多万项发明和 8000 多万条同族专利,具有检索数据充分、检索科学、分析结果全面等优势^[12]。研究依据 2015 年中国工业和信息化部、国家发展改革委制定的《应急产业重点产品和服务指导目录》和日本总务省 2013 年修订的《日本标准产业分类》,参考中国防震减灾的三大工作体系:地震监测预报、地震灾害防御、地震应急救援,将两国地震应急技术检索词设定为 TS=(“earthquake” and (“monitor” or “warning” or “defense” or “detect*” or “distress signal” or “transport” or “rescue” or “communication” or “command” or “materials”))、公开年设定在 1966-2022 年,检索日期为 2022 年 4 月 11 日,手动剔除删除与主题无关的专利文献,结果显示以中国和日

本为专利受理国分别得到相关专利数据 9985 条和 11440 条。此外,两国样本数据中绝大多数专利皆来自本国专利权人,且两国专利拥有量前 20 名的专利权人皆是其本土机构,研究数据能用于分析中日两国相关领域的技术特征。由于专利数据从申请到公开常有 18 个月的滞后期,故 2021 年、2022 年的数据仅供参考。

2 分析工具

本文利用 CitaSpace 5.6.R5 (64-bit) 和 Excel 软件进行专利数据分析^[13-15],总体包括研究现状、研究热点与前沿两部分内容。研究现状内容如下:其一,构建专利数量年度分布曲线图,从整体上呈现中日两国地震应急技术的发展脉络和增长趋势;其二,在 CitaSpace 中选择机构 (Institution) 为节点生成合作网络图谱,以探究中日两国地震应急技术的产学研布局情况、突出专利权人及其在共现网络中的地位与专利权人间的合作关系。

研究热点与前沿包括三部分内容:首先,基于德温特手工代码 (MC),在 CitaSpace 中选择类别 (Category) 为节点生成中日两国德温特手工代码共现网络图谱,以分析两国在地震应急领域的关键技术;其次,基于形成的共线网络图谱,利用对数似然比算法 (Log-Likelihood Ratio, LLR)^[16]对类别 (Category) 进行聚类,形成聚类视图以挖掘中日两国在地震应急领域的热点主题;再次,形成德温特手工代码时区图谱,总结中日两国地震应急领域研究前沿的演变路径及其现阶段的研究热点。研究具体流程如图 1 所示。

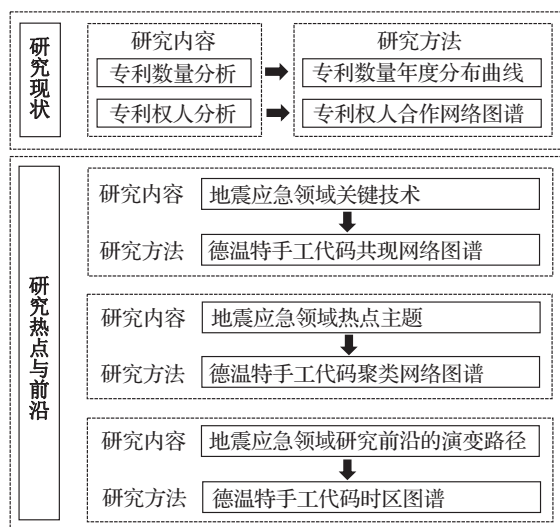


图1 中国、日本地震应急技术专利分析流程图

3 研究现状

3.1 专利数量分析

将检索得到的1966-2022年中日两国德温特专利数据按年份进行统计分析，从整体上呈现两国地震应急技术的发展脉络和增长趋势如

图2所示。

综合分析可知，日本地震应急领域第一篇专利文献出现在1976年，由株式会社日立制作所申请，提出了一种可以抵御地震引起的横向振动的反应堆支撑结构；中国第一篇地震应急技术专利始于1985年，设计了一种带平行弹性板的减震器，来吸收地震波或膨胀能量。两国都经历了较长的缓慢发展期，自1995年起，日本专利申请量快速增长，而中国在2008年之后专利申请量才得到显著提升，在2012年年申请数量首次超过日本。相比之下，中国地震应急技术的研究滞后日本近10年，且专利申请总量少。但是，从2018-2022年的专利申请量变化曲线来看，日本近几年的专利申请数量呈现波动下降的态势，而中国近5年在地震应急领域的技术创新活跃，累计申请专利4468件，占其全国专利总量的44%，这表明未来中国相关领域发展空间巨大。

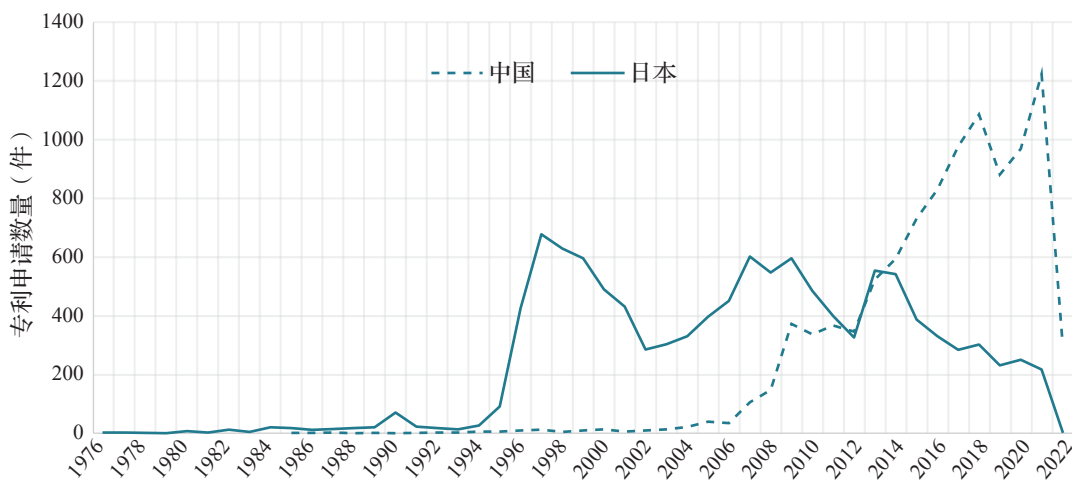


图2 中国、日本地震应急技术专利的年度分布

再分别对两国地震应急技术专利申请量的整体变化趋势进行分析。2008年以前，中国地震应急技术一直处于零散研究阶段。2008年5

月12日汶川地震，既显现了中华民族和衷共济、众志成城的伟大力量，也暴露出中国应急救援技术装备落后和体制机制的缺陷问题^[17]。同年

12月,国务院修订通过《中华人民共和国防震减灾法》,从国家层面支持防震减灾科学研究和技术转化,地震应急技术研究进入高速发展时期。2010-2013年,属于短暂的波动稳定期。2013年4月20日芦山地震后,专利申请量再次激增,相继发布的《国务院办公厅关于加快应急产业发展的意见》《国家突发事件应急体系建设“十三五”规划》《国家地震创新工程》等,进一步推动中国地震应急技术的发展。期间,受2019年全球新冠肺炎疫情的影响,技术创新受阻,专利申请量出现短暂回落,但是之后继续呈现递增式发展。

与中国不同,日本专利申请量经历了3个快速发展期:1995-2001年,1995年1月17日阪神地震,标志着日本列岛进入“大地动荡时代”^[18],日本政府随即制定了《地震防灾对策特别措施法》《建筑物抗震改修促进法》,设立内阁信息中心,促使日本专利申请量进入高速增长阶段。其中,1997年申请数量多达678件。2006-2011年,日本地震应急技术专利申请量进入第二个快速发展期。2008年受全球金融危机的影响,专利申请量出现小幅度下滑。2011-2015年,2011年3月11日日本东部海域发生9.0级强烈地震,引发大规模海啸和福岛核电站泄漏事件,给日本防灾事业带来沉重打击。次年,日本地震应急技术的专利申请量迅速增多。由此可知,地震应急技术的专利申请数量的变化与国家相关政策文件和突发事件有显著关系。

3.2 专利权人分析

由检索得到的德温特专利数据可知如表1所示,中国和日本在地震应急技术领域都涌现

出了一批卓越的机构。中国地震应急技术的产学研布局结构较为合理,专利申请量前10位的专利权人有4个企业,6个高校。其中,中国石油集团(CNPC)和中国石化(Sinopec)分别以185件、174件专利,位居专利权人拥有专利数的前2位,它们是中国石油石化类龙头企业。排名靠前的中国石油东方地球物理公司(BGP)和中国石油(PetroChina)也都是中国石油集团的控股有限公司。表1中的6所中国高校在土木工程、机械工程、材料科学与工程、地质资源与地质工程等学科上各有所长。其中,同济大学土木工程防灾国家重点实验室自1988年批准建立以来,有力推动了中国工程防震减灾领域的技术创新并培养了大量高素质人才。

日本专利申请量排名前10位的机构多为跨国制造类公司。清水建设(Shimizu)、大成建设(Taisei)、大林组(Obayashi)、竹中工务店(Takenaka Corporation)和鹿岛建设(Ajima)皆有百年历史,是日本5大综合建设业公司;东芝和松下两家电器企业分别排在第4和第7位;排名第5位的三菱电机的产品覆盖范围广,包括工业自动化(FA)产品和机电一体化(Mechatronics)等。结合专利申请机构类别并联系实际可知,日本地震应急技术的创新主体是企业,其尚未形成单独的应急产业链和专门的应急产品制造企业,应急产品横切于各个行业之中。

同时,专利受理国为中国的前500位专利权人中,申请人国家为日本的专利权人包括三菱电机、东芝电梯、日立制作所、三菱电机大楼技术服务、日本电气、电信沟通无界限、日立水户工程,专利申请数量依次为36件、31件、

27 件、16 件、13 件、13 件、11 件, 这些机构也是日本本土受理的专利的核心专利权人; 专利受理国为日本的前 500 位专利权人中, 申请人国家为中国的专利权人仅有中兴通讯股份有限公司 (7 件)。可见, 中日两国间地震应急技术专利交流活动较少; 且由得到的专利数据可知, 绝大多数受理的专利的专利权人来自本国, 这也能体现出文章研究数据的科学有效性。

为进一步分析中日两国地震应急技术的专利权人合作情况, 将已收录的中日两国德温特专利数据转换为 WOS 结构并导入 CiteSpace。在 CiteSpace 软件中以机构 (Institution) 为节点, 设置时间跨度 (Time span) 为 2000-2021 年,

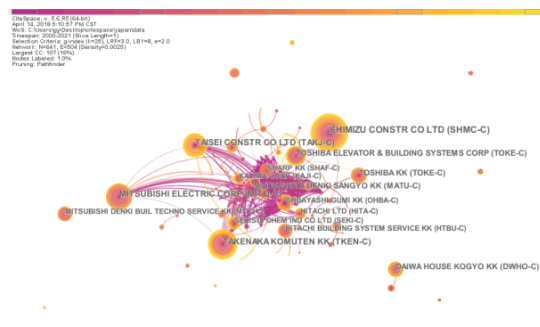
时间切片 (Years Per Slice) 为 1 年, 修剪算法为 Pathfinder-Pruning sliced networks; top N 为 50。运行软件, 分别得到中日两国专利权人的合作网络图谱如图 3 所示。图中节点大小表示数量, 节点环表示年轮, 连线粗细描述合作强度, 连线颜色代表首次合作时间^[19]。结果显示: 中国专利权人合作网络图谱的节点数量 $N=684$, 连线数量 $E=327$, 网络密度 $Density=0.0014$, 日本的 $N=641$, $E=504$, $Density=0.0025$ 。相比日本, 中国地震应急技术的机构间合作较少, 研究团体分散。同时, 日本合作网络图谱对应节点和连线颜色较深, 其地震应急技术的研究历史悠久。

表 1 中国、日本地震应急技术的主要专利权人

专利权人(中国)	数量/件	专利权人(日本)	数量/件
中国石油天然气集团公司	185	清水建设株式会社	305
中国石油化工股份有限公司	174	大成建设株式会社	220
中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司	142	株式会社大林组	200
沈阳建筑大学	82	东芝电器营销株式会社	187
同济大学	80	三菱电机株式会社	182
北京理工大学	78	株式会社日立制作所	176
中国矿业大学 (北京)	62	株式会社竹中工务店	172
吉林大学	59	松下电器产业株式会社	166
东南大学	53	鹿岛建设株式会社	144
中国石油天然气股份有限公司	48	东京瓦斯株式会社	123



(a) 中国



(b) 日本

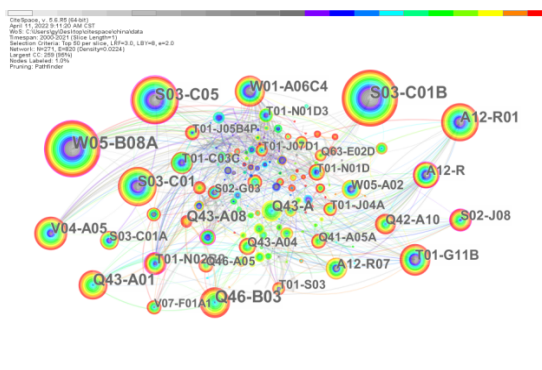
图 3 中国、日本地震应急技术的专利权人合作网络图谱

4 研究热点与前沿

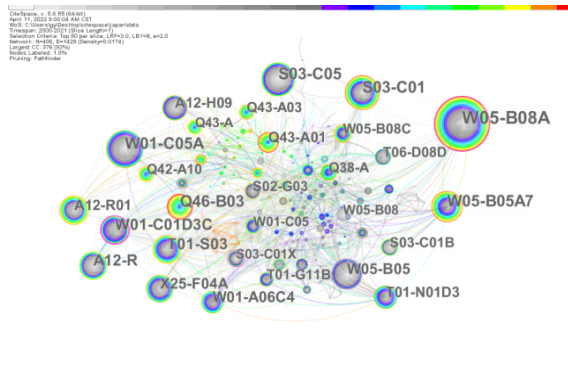
4.1 地震应急领域关键技术

德温特手工代码 (MC) 是根据每个专利文献的特征和应用前景来对专利进行归类, 能够很好的反映某个领域研究的关键技术^[20]。研究基于已转化为 WOS 结构并导入到 CiteSpace 软

件的中日两国地震应急技术专利数据, 以 Category (MC) 为节点构建共现网络。Time span 为 2000-2021 年, Years Per Slice 为 1 年, 修剪算法为 Pathfinder-Pruning sliced networks, top N 为 50。运行软件, 合并近义词, 删除无关词汇, 分别得到两国的德温特手工代码共现网络图谱如图 4 所示, 详细图谱信息如表 2、表 3 所示。



(a) 中国



(b) 日本

图 4 中国、日本地震应急技术专利的德温特手工代码共现网络图谱

由图 4 可知, 中日两国共现网络图谱的主题词间共现程度都较高, 各节点间关联紧密。中国地震应急技术主要集中于机械领域 (Q), 而日本在通讯领域 (W) 的研究成果更为突出。同时, 两国地震应急领域专利文献皆广泛分布在德温特手工代码大类分类的塑料 (A)、机械 (Q)、仪器仪表 / 测量和测试 (S)、计算和控制 (T)、通信 (W) 中, 研究主题丰富。结合实际, 应急产业具有横切性, 涉及的行业多, 得益于当前制造业、计算机、通讯技术、大数据和物联网技术的飞速发展, 两国在地震监测预警、生命搜索与救援装备、应急通讯和建筑物抗震等方面都取得长足发展。

为进一步厘清中日两国地震应急领域的关键技术, 分别对两国频次 (Fred) 和中介中心

性 (Betweenness centrality) 高的德温特手工代码进行统计分析。囿于本研究中, 中介中心性高的手工代码都集中在频次排名前 20 位的手工代码内, 故只按照出现频次由高到低对中日两国前 20 位的德温特手工代码 (MC) 进行排序 (表 2、表 3)。

在共现网络图谱中, 频次表示节点出现的次数。由表 2、表 3 可知, 中日两国地震应急技术的手工代码分布比较相似, 其中, 频次排名前 20 位的手工代码中有 9 个相同, 依次为地震报警器 (W05-B08A)、检测、传输或记录地震信号 (S03-C01B)、庇护所、通讯站 (Q46-B03)、地球物理自然灾害预测与探测 (S03-C05)、墙壁 (Q43-A01)、建筑 / 土木工程 [一般] (A12-R01)、地震学、地震 /

声波勘探 (S03-C01)、无线链路技术 (W01-A06C4) 和建筑 / 土木工程 [其他] (A12-R)。中介中心性是以经过某个节点的最短路径数目来刻画节点重要性的指标,表示点在其他点之间调节能力的强弱程度^[21]。中国中心性排名前3位的手工代码为地震报警器 (W05-B08A)、建筑、土木工程 [其他] (A12-R)、结构的振动或冲击测试 (S02-J08); 日本位列前3

位的代码分别是便携的 / 手持式产品 (W01-C01D3C)、地震报警器 (W05-B08A)、带有信号到中央站和警报信号传输的警报 (W05-B05)。这些关键词分别在中日两国共现网络中占据核心位置,在其地震应急技术领域的发展中有纽带作用。由此可知,中日两国在地震应急领域的技术发展方向基本保持一致,但是研究的中心和侧重点不同。

表2 中国频次前20位的德温特手工代码

Fred	Centrality	Year	MC	Meaning	Translation
815	0.18	2005	W05-B08A	EARTHQUAKE ALARM	地震报警器
760	0.08	2002	S03-C01B	DETECTING, TRANSMISSION, OR RECORDING OF SEISMIC SIGNALS	检测、传输或记录地震信号
627	0.05	2014	Q46-B03	SHELTERS, KIOSKS	庇护所、通讯站
485	0.11	2003	S03-C05	GEOPHYSICAL NATURAL DISASTER PREDICTION AND DETECTION	地球物理自然灾害预测与探测
418	0.03	2014	Q43-A01	WALLS	墙壁
318	0.07	2007	A12-R01	BUILDING, CIVIL ENGINEERING [GENERAL]	建筑, 土木工程[一般]
293	0.09	2007	S03-C01	SEISMOLOGY, SEISMIC/ACOUSTIC PROSPECTING	地震学、地震/声波勘探
289	0.02	2019	Q43-A08	GENERAL BUILDING INSULATION	一般建筑绝缘
273	0.10	2006	V04-A05	TO EARTH	至地下
262	0.01	2014	Q43-A	TYPES OF BUILDING STRUCTURES	建筑结构类型
227	0.09	2008	W01-A06C4	RADIO LINK	无线链路技术
205	0.09	2006	T01-G11B	TEMPERATURE MEASUREMENT AND CONTROL	温度测量和控制
181	0.14	2011	S02-J08	VIBRATION OR SHOCK TESTING OF STRUCTURES	结构的振动或冲击测试
166	0.15	2006	A12-R	BUILDING, CIVIL ENGINEERING [OTHERS]	建筑、土木工程[其他]
164	0.02	2014	Q42-A10	DREDGING, SOIL SHIFTING, EXCAVATIONS AND FOUNDATIONS	疏浚、土壤移动、挖掘和地基
158	0.02	2002	A12-R07	R07 WALLS, WALL COVERINGS AND CEILINGS	墙壁、墙壁覆盖物和天花板
140	0.11	2009	T01-N02B2	MONITORING	监控
137	0.05	2006	T01-C03C	RADIO LINK	无线链路技术
115	0.04	2008	W05-A02	WITH AUDIBLE INDICATION	声信号指示
109	0.00	2014	Q43-A04	FLOORS	地板

表 3 日本频次前 20 位的德温特手工代码

Fred	Centrality	Year	MC	Meaning	Translation
528	0.12	2000	W05-B08A	EARTHQUAKE ALARM	地震报警器
266	0.05	2000	W01-C05A	WITH ANNUNCIATOR OR ALARM SYSTEMS	带有信号器或警报系统
257	0.03	2013	Q46-B03	SHELTERS, KIOSKS	庇护所、通讯站
255	0.03	2000	S03-C05	GEOPHYSICAL NATURAL DISASTER PREDICTION AND DETECTION	地球物理自然灾害预测与 探测
254	0.06	2008	W05-B05A7	WITH CENTRAL STATION SIGNALLING TO ALARM SENSORS OR SUBSTATIONS	中央站信号报警传感器或 变电站
253	0.08	2000	S03-C01	SEISMOLOGY, SEISMIC/ACOUSTIC PROSPECTING	地震学、地震/声波勘探
216	0.24	2001	W01-C01D3C	PORTABLE; HAND-HELD	便携的;手持式(产品)
200	0.09	2001	T01-S03	CLAIMED SOFTWARE PRODUCTS	声称的软件产品
192	0.07	2000	A12-R	BUILDING, CIVIL ENGINEERING [OTHERS]	建筑、土木工程[其他]
189	0.11	2000	W05-B05	ALARMS WITH SIGNALLING TO CENTRAL STATION AND ALARM SIGNAL TRANSMISSION	带有信号到中央站和警报信 号传输的警报
185	0.03	2000	X25-F04A	CONTROL	控制
181	0.05	2008	W01-A06C4	RADIO LINK	无线链路技术
168	0.05	2001	A12-R01	BUILDING, CIVIL ENGINEERING [GENERAL]	建筑, 土木工程[一般]
165	0.08	2001	A12-H09	SHOCK ABSORBERS [MECHANICAL ENGINEERING]	减震器[机械工程]
153	0.07	2005	T01-N01D3	FROM REMOTE SITE OR SERVER	从远程站点或服务器
151	0.02	2013	Q43-A01	WALLS	墙壁
129	0.10	2001	W05-B08C	ADVERSE WEATHER-RELATED DISASTER ALARM	不良天气相关的灾害警报
122	0.01	2000	T06-D08D	LIFTS	电梯
122	0.00	2000	S03-C01B	DETECTING, TRANSMISSION, OR RECORDING OF SEISMIC SIGNALS	检测、传输或记录地震信号
118	0.00	2010	Q38-A	ELEVATORS, ESCALATORS, LIFTS, MOVING WALKWAYS	电梯、自动扶梯、升降机、 自动人行道

4.2 地震应急领域热点主题

基于德温特手工代码共现网络图谱(图4),选取对数似然比(Log-Likelihood Ratio, LLR)算法来聚类,利用标题术语(Title Terms)对聚类结果进行标签,得到中日两国地震应急领域专利数据的德温特手工代码聚类网络图谱如图5所示,详细聚类信息如表4、表5所示。中日两国图谱的聚类模块值Modularity Q都大于0.3,

表明聚类结构是显著的。聚类排序从#0开始,数字越小,聚类中包含的关键词越多,聚类颜色显示研究主题的年份变化,颜色越深,表明研究主题越新^[22]。

由图5和表4、表5可知,中国聚类内各节点在技术类别和内容上有较高的一致性(聚类平均轮廓值Mean Silhouette都大于0.7)^[23]。中国地震应急领域技术分为9个聚类(Cluster#0-8),

其中有 8 个聚类出现在 2009-2011 年,表明该阶段中国地震应急技术的创新性强。而日本地震应急技术包括 12 个聚类(Cluster#0-11),与中国相比,其聚类数量较多,研究主题更为丰富,且相关领域研究具有长期性和稳定性。其中,Cluster#3 是研究时间范围内日本出现最早的热点主题,以海相(sea phase)进行标记。日本是群岛国家,海沟型地震较多,对沉积岩和沉

积环境等海象相关领域的研究,有利于探究海沟型地震的产生原理和征兆,提高地震监测预警能力。而 2017 年出现的 Cluster#11(unmanned aircraft),表明自动化、无人机技术等的研究,是日本应急领域发展新的突破口。由此可知,虽然中日两国皆针对地震应急技术的热点问题开展了广泛的探究,但是,在地震应急领域的热点或前沿应用领域,日本还是领先于中国。



图 5 中国、日本地震应急技术专利的德温特手工代码聚类网络图谱

表 4 中国德温特手工代码聚类

Cluster ID	Size	Silhouette	Mean(Year)	Top terms (LLR)
#0	52	0.729	2009	seismic data (416.58, 1.0E-4); detecting module (416.4, 1.0E-4); aseismatic bed (343.83, 1.0E-4)
#1	50	0.890	2011	inner side (577.82, 1.0E-4); steel column (400.07, 1.0E-4); mounting surface (384.03, 1.0E-4)
#2	46	0.819	2010	earthquake alarm (429.8, 1.0E-4); wall body (427.77, 1.0E-4); main body (398.37, 1.0E-4)
#3	28	0.866	2011	predicting method (399.27, 1.0E-4); second gear (374.09, 1.0E-4); first gear (374.09, 1.0E-4)
#4	22	0.837	2010	optical fiber (514.14, 1.0E-4); vibration table (263.09, 1.0E-4); earthquake data (241.41, 1.0E-4)
#5	20	0.745	2009	support saddle (167.53, 1.0E-4); bidirectional focus (137.04, 1.0E-4); calculating focus operator (137.04, 1.0E-4)
#6	17	0.811	2009	saturable reactor (184.34, 1.0E-4); collecting module (130.39, 1.0E-4); acquiring disaster situation (128.92, 1.0E-4)
#7	17	0.937	2011	display screen (251.3, 1.0E-4); fastening bolt (162.46, 1.0E-4); sleeve hole (162.46, 1.0E-4)
#8	7	0.933	2016	top plate (164.14, 1.0E-4); processing land (110.9, 1.0E-4); coherent data (110.9, 1.0E-4)

表 5 日本德温特手工代码聚类

Cluster ID	Size	Silhouette	Mean(Year)	Top terms (LLR)
#0	107	0.812	2006	digital broadcast receiver (411.9, 1.0E-4); personal handyphone system (190.04, 1.0E-4); display unit (174.85, 1.0E-4)
#1	48	0.801	2005	personal handyphone system (407.85, 1.0E-4); acceleration sensor (330.54, 1.0E-4); control apparatus (300.76, 1.0E-4)
#2	46	0.784	2015	core concrete (276.41, 1.0E-4); lead plug (267.74, 1.0E-4); seismic isolation apparatus (262.02, 1.0E-4)
#3	35	0.933	2002	sea phase (155.24, 1.0E-4); preset amount (114.05, 1.0E-4); hot-rolling steel (86.46, 1.0E-4)
#4	34	0.83	2003	transition metal element (127.65, 1.0E-4); luminosity fluorescent (119.7, 1.0E-4); particle-thinning agent (119.7, 1.0E-4)
#5	31	0.926	2009	electric vehicle (233.61, 1.0E-4); solar cell module (200.1, 1.0E-4); outlet socket (166.63, 1.0E-4)
#6	26	0.904	2006	lining material (159.82, 1.0E-4); memorial service grave (93.72, 1.0E-4); earthquake-proof coffin tombstone (93.72, 1.0E-4)
#7	26	0.885	2003	fire department (114.24, 1.0E-4); gate molding box (114.24, 1.0E-4); large-sized door device (114.24, 1.0E-4)
#8	9	0.976	2010	forming apparatus (65.21, 1.0E-4); processing part printing safety (40.27, 1.0E-4); execution process (40.27, 1.0E-4)
#9	6	0.995	2010	radio base station (17.5, 1.0E-4); internet protocol telephone service (17.5, 1.0E-4); resource allocation (17.5, 1.0E-4)
#10	5	0.992	2002	users input (30.75, 1.0E-4); robot camera (30.75, 1.0E-4); alarm status (30.75, 1.0E-4)
#12	3	0.992	2017	unmanned aircraft (17.5, 1.0E-4); performing detailed investigation (17.5, 1.0E-4); and-landing part (17.5, 1.0E-4)

综合分析两国聚类及其内部的相关专利文献，可将地震应急技术研究归纳为 5 个热点问题：1）地震监测预警，包括地震参数快速判测、警报信息快速发布和预警信息接受终端等技术；2）地震应急通讯保障，涉及的聚类有光纤、数字广播接收机、个人手持电话系统、无线电基站；3）地震应急情报获取，包括灾情、求救信息、救援进展等相关灾害信息；4）地震应急救援设备研发，包括求生设备、救援设备中关键技术和产品的研究；5）建筑建设，主要为内侧、支座、顶板、填芯混凝土、衬里材料等建筑材料选择和建筑设计。

4.3 地震应急领域研究前沿的演变路径

基于德温特手工代码共现图谱（图 4），

构建中日两国德温特手工代码时区分布图谱（Timezone），更直观的呈现 2000-2021 年间中日两国地震应急技术的研究前沿及其演变趋势。图中节点依据首次被标记时间定位于不同时区，节点大小代表关键词在整个时间段内出现的频次，节点随着时间轴依次自左向右上移，节点间的连线表示对应关键词的传承关系。由图可知，中国地震应急领域关键技术的时间整体晚于日本，在日本对地震报警器（W05-B08A）、庇护所和通讯站（Q46-B03）、地震学、地震 / 声波探测（S03-C01）等关键技术开展多年研究之后，中国才进行初步研究。

图 6a 是中国专利数据时区分布图谱，从中可以将中国地震应急领域的研究前沿划分为 3 个阶段。2000-2013 年，出现了大量的德温特手

工代码,包括计算机与控制、科学仪器、工程仪器仪表、全球定位系统、电话和数据传输系统、机械等。由连线可知,这些代码之间的传承关系强,且由节点大小可知,相关地震应急技术研究较为深入,研究持续时间长,研究热度高;2014-2019年,新出现的热点主要集中在Q(机械)大类。同时,教育设备或系统、搜寻装置等也逐渐受到关注;2020年至今,商业模式(T01-J05A2A)成为研究新热点,国家大力促进应急产业的商业化建设,注重产学研深入交融、供应链运营优化和应急产业园区建设等。

从图6b可以看出,日本地震应急领域的研究前沿分为5个时期。2000-2004年,研究内容

多样,包括工程仪器仪表、科学仪器、计算和控制、报警和遥控、电话和数据传输系统、聚合物应用等;2005-2007年,新出现的研究有数据传输、温度测量与控制等;2008-2012年,电梯、报警信号和无线电链路等是重要的研究话题;2013-2016年,建筑和施工成为研究的新热点,主要包括墙面和天花板的设计、水利工程和污水处理等;2017年至今,日本地震应急技术的创新活跃度不足,新出现的专利代码少,这既说明日本地震应急技术的研究较为成熟,也表明相关领域的开拓出现瓶颈。由此可知,相比日本,现阶段中国技术创新活跃,但是很多方面仍处于技术追随阶段,且技术发展不够成熟。

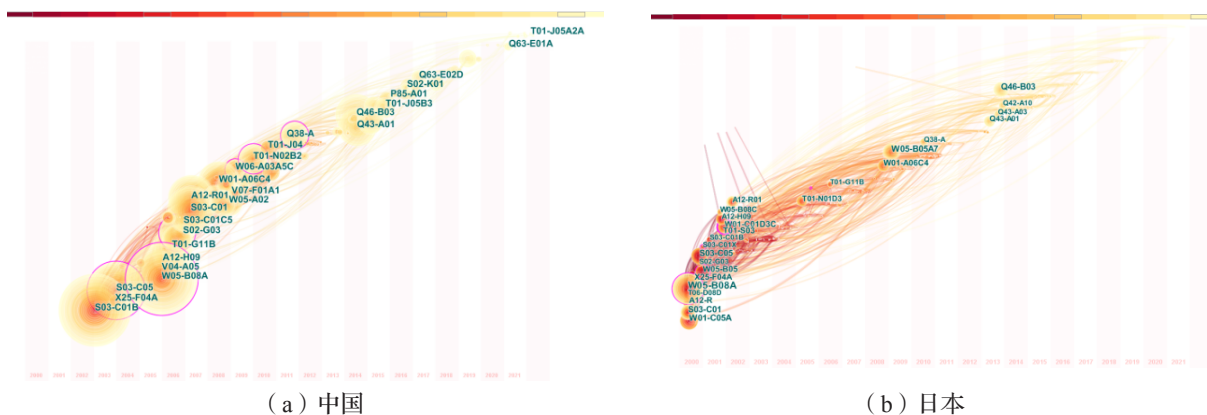


图6 中国、日本地震应急技术专利的德温特手工代码时区图谱

5 结论与建议

5.1 结论

本研究依据德温特专利检索平台收集的中日两国地震应急技术专利数据,主要运用CiteSpace软件进行文献计量和科学知识图谱分析,其结论如下:

①由年度分布曲线可知,中日两国在地震应急领域皆有了一定的发展基础。虽然相较于日本,中国地震应急技术研究的起步时间晚,专利申请总量少。但是中国现阶段技术创新活跃,相关领域的发展空间巨大。②由专利权人可知,日本地震应急技术创新主体是企业,且企业间合作密切,同时,其应急产品横切于各个行业之中,技术创新更加贴近市场需求。而

中国的创新主体以高校和国有企业为主,产品市场化程度较低,且机构间缺乏合作。③由共现图谱可知,中日两国在地震应急领域的技术发展方向上基本保持一致,但是各有侧重点。日本对应急通讯等新兴研究的研究较为深入,而中国更注重在机械制造等传统领域的研究。④由聚类图谱可知,中日两国都针对地震监测预警、应急通讯、应急情报、救援装备、建筑抗震等地震应急领域的热点问题开展了一定的讨论,但是,日本的研究范围更广,其研究也更符合日本具体的国情。⑤由时区图谱可知,现阶段,中国关注防震减灾的商业化建设。同时,在一些比较成熟的技术方面,日本已经度过技术成熟期,而中国仍然处于技术追随阶段。

5.2 建议

针对中日两国地震应急技术的共性和特性,为促进中国地震应急技术的发展,本文提出如下建议:

①抓住科技创新机遇,营造良好政策环境。当前正值全球地震科技创新的新一轮浪潮,中国应以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,以国家“十四五”防震减灾规划为背景,紧密围绕地震监测预警、地震信息服务、地震应急通讯、地震应急救援、房屋抗震减震等热点问题,加快建立针对地震应急技术发展的政策文件和激励措施,以形成地震科技发展的良好政策环境。

②坚持市场化改革,促进应急产业商业化。一方面,要坚持由国家实施地震科技创新工程,设立重大科技计划项目,搭建地震科技交流平台等。另一方面,要加快促进应急产业的商业

化发展,推动应急产业园区建设,引导国内在建筑、互联网、医疗等领域实力雄厚的企业参与地震应急技术的创新研究。

③深化科创开放合作,融入全球创新网络。针对研究基础薄弱、机构间缺乏合作等问题。中国要积极融入全球地震科技创新的大流中,加强国际间合作交流,学习发达国家的先进经验和前沿技术。同时,国内机构应加强科研协作,协调产学研资源,提升地震应急技术的全球布局力度,为未来地震应急技术的快速发展打下坚实的基础。

④面向国家发展需求,把准科技发展方向。一方面,要优化资源配置,坚持需求导向、急用先行、重点突破的原则,着力补齐地震科技的短板,重点突破热点问题。另一方面,要提高地震应急技术的成果转化率,增强地震科技的自主创新能力,着力发展符合中国国情、具有自主知识产权和社会实用性的新型地震应急技术,以推动防震减灾事业现代化。

参考文献

- [1] Lee S M, Trimi S. Innovation for creating a smart future[J]. Journal of Innovation & Knowledge, 2018, 3(1):1-8.
- [2] Uehara H, Ando K. Studies for prevention and mitigation of natural disasters using the K computer[J]. Fujitsu Scientific & Technical Journal, 2014, 50(3):3-8.
- [3] 李纪恩,李一行,陈平.日本地震预警信息发布法律制度与实践[J].世界地震工程,2013,29(3):41-44.
- [4] 李扬.日本专利权当然无效抗辩原则及其启示[J].法律科学:西北政法学院学报,2012,30(1):168-177.
- [5] 张晋辉.基于TDA和TI的国际地震预警专利情

- 报分析[J]. 震灾防御技术, 2016, 11(2):427-433.
- [6] 季婉婧, 宋姗姗, 苏小芸. 基于专利角度的防震减灾领域技术研发态势分析[J]. 地震工程学报, 2021, 43(6):1317-1325.
- [7] 刘瑞丰. 震级测定技术的发展与展望[J]. 城市与减灾, 2021(4):45-50.
- [8] 白纪韬. 建筑抗震技术及其发展走向[J]. 山西建筑, 2021, 47(5):52-55.
- [9] 刘建中, 唐春华, 左建军. 微地震监测技术发展方向及应用[J]. 中国工程科学, 2013, 15(10):54-58.
- [10] 姜立新, 吴天安, 刘在涛, 等. 地震现场应急指挥技术系统的结构与设计[J]. 地震, 2004(3):35-41.
- [11] Guan J C, Shi Y. Transnational citation, technological diversity and small world in global nanotechnology patenting[J]. Scientometrics, 2012, 93(3):609-633.
- [12] Daim T, Lai K K, Yalcin H, et al. Forecasting technological positioning through technology knowledge redundancy: Patent citation analysis of IoT, cybersecurity, and Blockchain[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2020, 161:120-329.
- [13] Chen C M. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. Journal of the American Society for information Science and Technology, 2006, 57(3):359-377.
- [14] 李先跃. 中国文化产业与旅游产业融合研究进展及趋势——基于 Citespace 计量分析[J]. 经济地理, 2019, 39(12):212-220.
- [15] Chen C M, Hu Z, Liu S, et al. Emerging trends in regenerative medicine: a scientometric analysis in CiteSpace[J]. Expert opinion on biological therapy, 2012, 12(5):593-608.
- [16] Lee W D. Small sample likelihood based inference for the normal variance ratio[J]. Journal of the Korean Data and Information Science Society, 2013, 24(4):911-918.
- [17] 赵西安. 从汶川地震看结构抗震设计与施工中的—些问题[J]. 建筑科学, 2008, 24(7):97-100.
- [18] 王瓚玮. 战后日本地震社会记忆变迁与灾害文化构建——基于阪神淡路大地震为中心的考察[J]. 南京林业大学学报: 人文社会科学版, 2017, 17(4):124-134.
- [19] 邵泽宇, 孟天宇. 基于知识图谱的区块链专利数据挖掘[J]. 技术与创新管理, 2020, 41(6):588-595.
- [20] 杨奎浪, 徐茜. 基于专利计量的智能纺织品技术创新前沿研究[J]. 丝绸, 2021, 58(6):48-55.
- [21] Fish B, Kushwaha R, Turán G. Betweenness centrality profiles in trees[J]. Journal of Complex Networks, 2017, 5(5):776-794.
- [22] 宗利永, 肖颖, 麻祥才, 等. 基于知识图谱的柔性版印刷技术应用专利数据挖掘[J]. 包装工程, 2019, 40(13):259-267.
- [23] 谢谦, 刘沛林, 徐美. 中国传统村落景观研究的知识图谱分析[J]. 经济地理, 2022, 42(4):202-208.