

地震预警领域研究态势分析报告（2001-2018年）

□ 中国科学技术信息研究所 王晓丽 刘 华 徐少明

前言

地震是破坏性最大的自然灾害之一，具有突发性和不可预测性，对社会以及人类生命财产都造成极大的危害。地震预警是一种有效减轻地震灾害的技术手段，它具体是指在地震发生后，利用地震观测站监测到的实时地震数据信息，快速地计算出地震位置、震源深度、震级大小等地震参数以及预警目标区和预测烈度，并进行阈值判断和预警警报发布，在破坏性地震波到达预警目标区之前采取措施，以达到防灾减灾的目的¹。

地震预警系统（earthquake early warning system, EEWS）是地震预警应急响应中最先发挥作用的工程系统，旨在快速提供关于地震参数和强地面运动参数的可靠估算。进入21世纪后，地震预警系统可以在地震发生后的几秒至几十秒内提供警报，此时破坏性较强的地震面波没有到达某些特定的区域（例如预警“盲区”以外的近震区），而这些区域也极有可能是极震区，因此地震预警系统在防震减灾方面有着非常巨大的潜力²。墨西哥、日本、和意大利等国家和地区已经开始大力发展符合当地实际的预警系统并已正式投入使用。同时，国际上针对多源观测地震数据、P波震相拾取、地震定位、震级估计和烈度预测等地震预警关键技术也开展了大量的学术研究。

为了全面揭示地震预警研究的总体发展态势，本报告选取了发文量、被引率和被引频次等多个指标，针对地震预警领域的科技论文进行了统计分析、主题挖掘和知识链接，并以图表和可视化方式加以展现，以期对相关领域的研究人员提供参考。

一、数据来源及研究方法

（一）数据来源

本报告中涉及的科技论文均来自于Science Citation Index Expanded (SCI Expanded, 以下简称SCIE) 数据库。SCIE是科学引文索引扩展版（即网络版），是针对科学期刊文献的多学科索引。它为跨150个自然科学学科的8,300多种主要期刊编制了全面索引，并包括从索引论文中收录的所有引用的参考文献³。

（二）数据集构建

结合前期对地震预警领域的调研，检索策略的构建主要基于以下四个方面：①“地震早期预警”；②“地震预警系统”；③“地震P波震相拾取”；④“震源和震级的快速实时估计”。经过多轮“数据检索→数据下载→关键词分析→检索结果浏览→检索式调整”的过程数，辅以施引文献分析和补充，最终确定检索式。

检索时间：2019年11月24日

时间跨度：2001-2018年

检索共获得论文记录527条，经过文献类型筛选，保留“Article”、“Review”、“Proceedings Paper”和“Editorial Material”四种文献类型的论文作为分析数据集，共计522条数据。通过SCIE数据库，进一步导出所有曾经引用过522篇论文的论文（施引文献），共获得3365篇施引文献的8763条引用记录，形成施引文献数据集。

（三）数据处理

数据规范：为了获得更准确的分析效果，本报告对以上构建好的数据集进行了解析和规范，共规范作者机构名称375个，规范基金名称452个，从作者关键词和摘要中抽取1421个词语进行规范，并将其合并成为地震预警领域术语表。

论文责任认定：对于每一篇论文，本报告选取一位作者作为责任者，选取的规则为：数据记录中的第一作者作为责任者，该第一作者所标注的排名第一的单位即为该论文的归属单位。

（四）数据分析方法

合著分析。以论文中的作者署名信息为线索，两两抽取同一篇论文中的作者，可以获得学者之间合作发表论文的情况。合著分析在一定程度上反映学者之间的科研合作情况。此外，通过关联作者地址信息，可以在作者合著的基础上加以引申，分析机构合作和国家/地区合作。

共被引分析。以施引文献数据集为基础，两两抽取同一篇施引文献中的参考文献对，计为两篇论文的一次共被引。两篇论文共同被引用，可以认为是具有内在的主题关联。

1. 王勇胜, 韦永祥. 地震预警技术研究现状及展望[J]. 科学技术创新, 2018(14):27-29.

2. 李佳威, 秦玉峰, 蒋策. 地震预警系统的实践及与实时地震学发展之间的关系[J]. 科技导报, 2017(05):67-74.

3. Science Citation Index Expanded™(SCI™ Expanded)[EB/OL]. http://images.webofknowledge.com/WOKRS533AR16/help/zh_CN/WOK/hp_database.html#dsy367-TRS_science_citation. [2019-9-10]

关键词共现分析。多数论文中都会带有作者给出的数个关键词，即作者关键词。由于作者关键词一般数量较少，本报告还对论文的题名和摘要进行切分，抽取更多的关键词。统计这些关键词两两之间在同一篇文献出现的频率，可形成一个由这些词对关联所组成的词共现网络，网络内节点之间连线的粗细可反映主题内容的关联，在相当程度上揭示论文研究主题的相关性。

二、地震预警研究概况

地震预警的构想最早是美国Cooper博士在1868年提出⁴。但限于当时的技术水平，这个设想没有实现。直到最近30余年，随着地震观测技术、地震观测仪器、计算机技术、数据传输方式和处理方法等多种技术的发展成熟以及公众对于地震安全日益增长的需求等多方面因素的综合影响下，Cooper博士的这一设想才逐渐变为了现实⁵。地震预警研究的发展也很好地呈现在科技论文的产出上。

2001-2018年，地震预警论文发文量为522篇，从图1中可以看到，发文量整体呈增长态势，个别年份数量有所波动。2014年后发文量增速加快，在2018年达到了峰值75篇。反映出地震预警研究领域的科研创新活动越来越活跃，更多的国家和地区意识到地震预警在防震减灾方面的巨大作用，并努力加快地震预警的实现。

2001-2018年，地震预警领域的522篇论文中共有476篇被引用了8763次，被引率达到91.2%。被引频次年度分布情况见表1和图1。2009年和2011年地震预警领域发表的论文被引次数最高，出现了两个引用高峰。从图1中可以看出，这两年地震预警领域论文的发文量和被引频次都较前一年都有了大幅的增长，这可能受到了2008年中国汶川地震、2010年海地地震和2011日本大地震等大规模地震事件的影响。

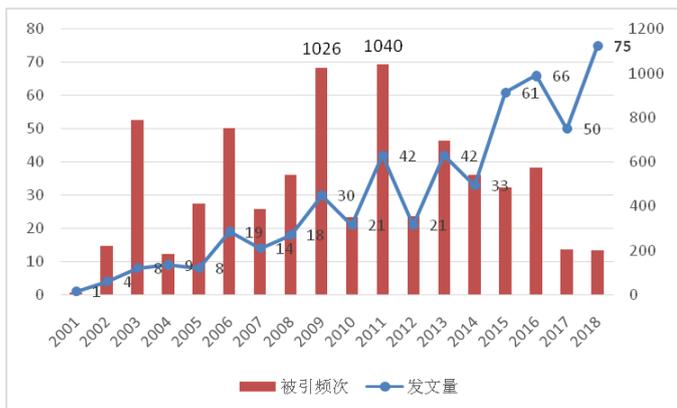


图1 发文量及被引频次年度分布

本报告同时分析了论文的篇均被引频次情况以及近两年发表的论文对整个数据集各年份论文的引用情况，可以在一定程度上反映地震预警领域近期的研究态势。从表1可见，2003年论文的篇均被引频次为历年最高，这是由于该年有一批高被引论文集中出现，8篇论文中有3篇论文引用超过100次。同时，2003年论文在近两年的篇均被引频次也为历年最高，表明2003年相关研究的影响力一直在持续。

表1 发文量、被引频次及篇均被引年度分布

年份	发文数量	被引频次	篇均被引	2018/19被引次数	2018/19篇均被引 ⁶
2001	1	9	9	2	2
2002	4	220	55	46	11.5
2003	8	790	98.6	125	15.63
2004	9	185	20.6	29	3.22
2005	8	411	51.4	60	7.5
2006	19	752	39.6	130	6.84
2007	14	387	27.6	61	4.36
2008	18	540	30	82	4.56
2009	30	1026	34.2	218	7.27
2010	21	351	16.7	95	4.52
2011	42	1040	24.7	261	6.21
2012	21	352	16.8	102	4.86
2013	42	697	16.6	223	5.31
2014	33	541	16.4	218	6.61
2015	61	485	8	230	3.77
2016	66	575	8.7	384	5.82
2017	50	202	4	183	3.66
2018	75	200	2.7	200	2.67

三、地震预警研究的国家/地区分布

(一) 国家/地区的贡献度与影响力

地震预警研究的522篇论文涉及51个国家/地区，其中，美国发文量为172篇，位居第一，随后是意大利、中

4.Cooper. Letter to Editor [J].San Francisco Daily Evening Bulletin, 1868, 3.

5.张红才. 地震预警系统关键技术研究[D]. 2013.

6.注：2018/2019篇均被引的数值计算为：2018/19被引次数/该年份论文数量

国大陆、日本、中国台湾和德国（见表2）。从总被引频次来看，美国、意大利和中国台湾位列前三，说明这些国家/地区的发文受到较高的关注度。结合两项指标，可以看出，美国、意大利和中国台湾的相关论文在数量和质量均有着不俗的表现。

中国大陆地震预警研究论文总量为64篇，主要集

中在近5年，其中以2018发文量最多，达到19篇。从引用情况来看，中国大陆地区64篇论文有55篇被引用，被引率达到85.9%。中国大陆的发文中，第一作者发文所占比例较高（见表2），体现出在其参与的科研活动中占据主导地位。

表2 发文量、被引频次及篇均被引国家/地区分布（发文量TOP20）

序号	国家/地区	发文数量	第一作者 论文数量	第一作者论文数 量占比	被引频次	篇均被引
1	美国	172	119	69.2%	4712	27.40
2	意大利	82	54	65.9%	1794	21.88
3	中国大陆	64	58	90.6%	349	5.45
4	日本	61	50	82%	663	10.87
5	中国台湾	57	48	84.2%	1381	24.23
6	德国	49	26	53.1%	767	15.65
7	法国	26	15	57.7%	637	24.50
8	瑞士	22	15	68.2%	278	12.64
9	印度	22	15	68.2%	348	15.82
10	西班牙	20	15	75%	144	7.20
11	土耳其	17	9	52.9%	332	19.53
12	英国	15	8	53.3%	238	15.87
13	希腊	14	10	71.4%	262	18.71
14	智利	12	5	41.7%	133	11.08
15	墨西哥	12	12	100%	223	18.58
16	韩国	12	10	83.3%	59	4.92
17	伊朗	10	10	100%	15	1.50
18	以色列	10	7	70%	153	15.30
19	罗马尼亚	9	3	33.3%	97	10.78
20	卢森堡	7	4	57.1%	48	6.86

从图2可以看出，综合各国家/地区在地震预警领域的发文量和被引频次，美国学术规模和研究水平处于第一梯队，体现出美国在该研究领域有着较高的学术影响力；意大利、中国台湾、日本、中国大陆和德国则处于第二梯队；法国等其它国家/地区共同处于第三梯队。

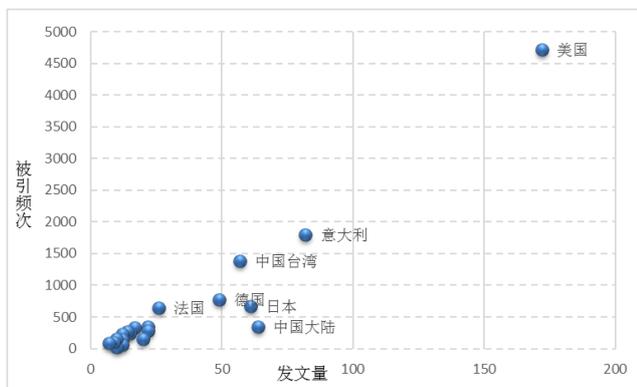


图2 主要国家/地区的科研影响力分布

(二) 国际科研合作网络分析

图3展现了地震预警研究的国际合作关联网⁷。可以看出，美国、意大利、德国、法国和土耳其等国家/地区共同组成了全球范围内地震预警领域的核心科研合作网络。美国和意大利两个国家的发文数量最多，且与其它国家/地区有着广泛的科研合作，其中心节点作用体现得较为明显。

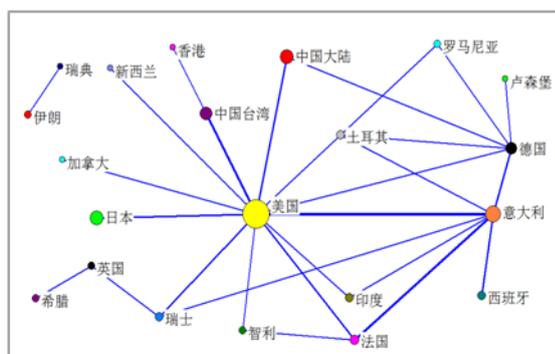


图3 国家/地区国际合作关联网

四、地震预警研究的重点机构分析

(一) 研究机构的贡献度及影响力分析

地震预警研究的522篇论文由51个国家/地区的375个机构发表，发文量前20的机构见表3。可以看到，排名前三的机构分别是加州理工学院、台湾大学和那不勒斯腓特烈二世大学，中国地震局排名第七。

表3 研究机构的发文量、被引频次及篇均被引（发文量TOP20）

序号	国家/地区	机构名	发文数量	被引频次	篇均被引
1	美国	加州理工学院	61	2015	33
2	中国台湾	台湾大学	45	1132	25.2
3	意大利	那不勒斯腓特烈二世大学	34	830	24.4
4	美国	加州大学伯克利分校	32	1058	33.1
5	美国	美国地质勘探局	28	274	9.8
6	德国	德国地学研究中心	25	286	11.4
7	中国大陆	中国地震局	22	195	8.9
8	意大利	意大利国家地球物理与火山研究所	21	545	26
9	瑞士	苏黎世联邦理工学院	21	274	13.1
10	中国台湾	台湾气象局	17	457	26.9
11	中国大陆	武汉大学	15	146	9.7
12	意大利	那不勒斯菲里德里克第二大学	15	418	27.9
14	日本	日本气象厅	14	227	16.2
13	土耳其	博加济奇大学	14	289	20.6
15	意大利	意大利 AMRA 研究中心	13	461	35.5
16	印度	印度理工学院	12	313	26.1
17	美国	华盛顿大学	12	156	13
18	美国	斯坦福大学	12	193	16.1
19	中国台湾	台湾中研院	11	320	29.1
20	美国	南加州大学	10	410	41

7. 注：图中点的大小表示国家/地区的发文量，连线的粗细表示国家/地区间合作论文的数量，图中合作少于3次的关系未予显示。

（二）研究机构的科研合作网络分析

图4展现了地震预警研究的机构合作关网络⁸。在地震预警研究中，不同研究机构之间的合作关系，整体呈现出以本土内部合作为主，少数跨国机构合作并存的局面。其中，加州理工学院、加州大学伯克利分校等机构之间紧密的科研合作不仅体现在科技论文的合作上，在地震预警系统的开发建设中也有体现，2019年10月17日，美国加利福尼亚州正式推出的首个全州性地震预警系统就是由这些

机构共同开发⁹。

（三）研究机构的主题关联分析

基于论文共被引数据分析，可以揭示出不同研究机构之间的主题关联关系（见图5）¹⁰。可以看出，加州理工学院、加州大学伯克利分校、意大利那不勒斯腓特烈二世大学和台湾大学等机构是研究机构主题关网络中的主要节点，且相互之间关联较多，意味着上述机构的论文研究主题相关度较强。

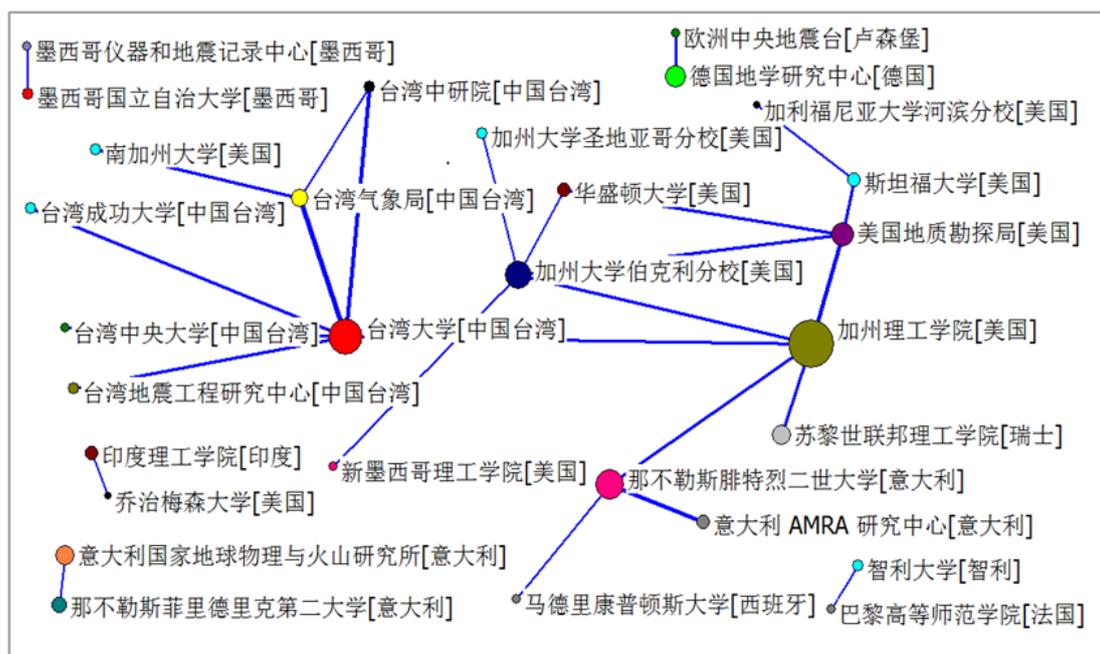


图4 研究机构的科研合作网络

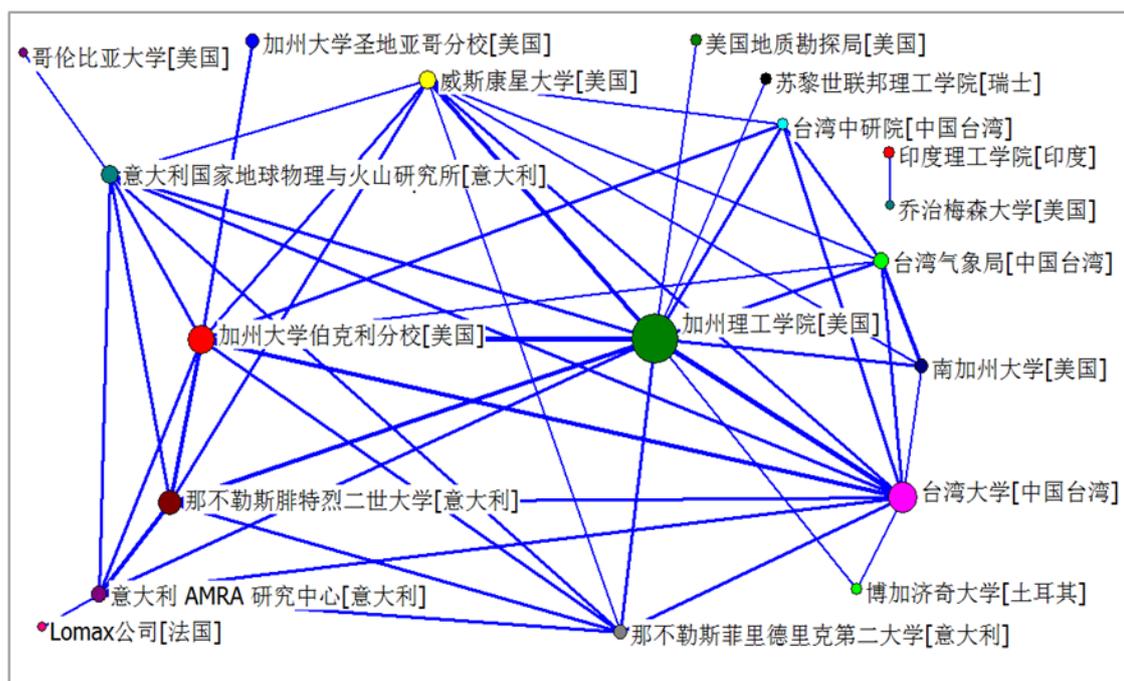


图5 研究机构主题关联图

8.注：图中点的大小表示研究机构的发文量，连线的粗细表示研究机构之间合作论文的数量，图中合作少于4次的关系未予显示。
9.http://www.xinhuanet.com/2019-10/18/c_1125123409.htm

10.注：图中点的大小表示研究机构的总被引频次，连线的粗细表示共被引次数，共被引次数少于115次的关系未予显示。

五、地震预警研究的主题分布态势

(一) 词频分布态势

基于对地震预警论文的解析与统计，分别获得关键词的词频列表及年度分布，见表4和图6。在表4的词频列表中，对于该研究领域来说相对通用的“Earthquake early warning”、“Earthquake early warning system”等词语的词频最高，相对专指一些的“large earthquake”、“P-wave”和“earthquake magnitude”等词语紧随其后。从图6的关键词词频年度分布中，可以看出，地震预警系统开发建设、地

震波拾取技术以及准确地获取地震震级和烈度数据是近几年地震预警研究的重点内容。

(二) 共现关联态势

地震预警领域关键词共现关联图见图7¹¹。可以看出，与“Earthquake early warning”最相关的关键词是“Earthquake early warning system”，这两个关键词构成了整个关键词共现网络的中心节点。“large earthquake”、“P-wave”、“earthquake magnitude”等专业内的关键词与之共同形成了地震预警领域研究网络。

表4 论文关键词词频TOP30

序号	关键词	词频	序号	关键词	词频
1	Earthquake early warning	205	16	false alarm	24
2	Earthquake early warning system	176	17	source parameter	23
3	large earthquake	69	18	origin time	22
4	P-wave	62	19	lead time	22
5	earthquake magnitude	58	20	southern California	20
6	P-wave arrival	43	21	earthquake location	19
7	Magnitude estimation	43	22	standard deviation	19
8	real-time	38	23	time window	18
9	strong-motion data	35	24	Tohoku Earthquake	18
10	Moment magnitude	33	25	arrival time	18
11	earthquake wave	31	26	empirical relation	18
12	Ground motion	30	27	Earthquake station	18
13	earthquake event	30	28	case study	17
14	epicentral distance	29	29	earthquake hazard	17
15	earthquake network	26	30	Seismic data	17

11.注：图中节点大小代表关键词文档词频的相对高低，点与点之间连线的粗细反映共现次数多少，共现次数低于11次的关系未予显示。

关键词

2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018

Earthquake early warning	10	7	19	9	18	16	17	30	17	29
Earthquake early warning system	5	8	12	8	15	7	21	29	24	27
large earthquake	3	5	5	4	3	7	6	4	9	11
P-wave	3		4	1	8	7	3	3	6	10
earthquake magnitude	3	2	4	1	5	3	5	4	9	12
Magnitude estimation	6	2	4		3	4	4	3	4	5
P-wave arrival	1	4	1		1	1	4	5	4	11
real-time		1	4	1	2	4	5	4	6	9
strong-motion data	3	1	2	1	3	4	3	6	3	5
moment magnitude	5	1	3	2	1	1	3	5	4	3
Earthquake wave					2	2		11	3	7
earthquake event					2	2	3	5	7	9
Ground motion	3	1	1		4	2	1	2	4	5
epicentral distance	4	2	2	1	2	2	4	4	5	1
earthquake network		1	2		3	2	4	4	3	2
false alarm	2	1	3	1	2	2	4	3	2	1
source parameter	1	3	2		1	1	2	3	1	5
lead time					1		7	5	4	5
origin time					1	2	1	3		11
southern California	4		1			2		2	2	1

图6 论文关键词年度分布TOP20

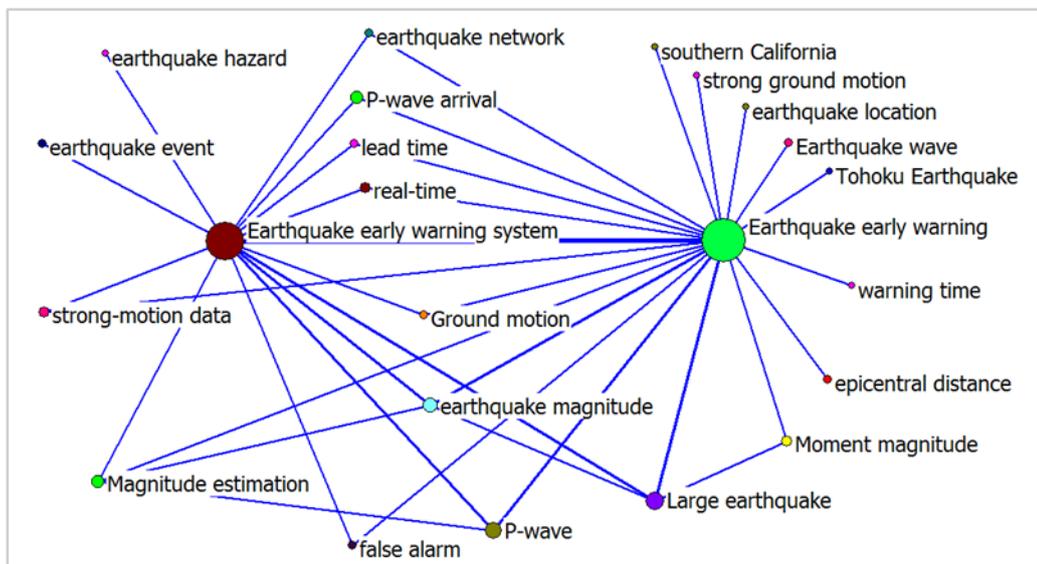


图7 论文关键词共现关联图

地震传感器技术专利分析报告（2009-2018年）

□ 中国科学技术信息研究所 王晓丽 薛永琴 刘 华

引言

地震作为最具破坏力的自然灾害之一，给人民生命财产安全带来了严重危害，重视地震安全、加强地震监测、地震预报预警是社会经济发展的必然需求。地震工作需要收集、存储、计算大量可靠的地球科学综合信息，这在很大程度依赖于地震仪器的发展。目前，地震仪器已经由最初的机械方式记录发展到现在整合了电子技术和计算机技术的数字测震时代。地震计、检波器等地震仪器已成为监测地震活动、观测地球内部信息的重要工具，被广泛应用于地震监测、地震预报预警，地震探测等领域。

地震传感器是地震采集设备的核心模块之一，对地震采集设备的性能有着很大影响¹。它能感受到被测量的信息，并将感受到的信息，按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。近年来，国内外许多公司和科研机构都在利用压电陶瓷、涡流、激光、光纤等原理，积极探索和研制新的地震传感器设备。同时，随着MEMS传感技术、无线通信、片上集成系统和低功耗嵌入式技术的进步，地震传感器也在朝着低功耗、微型化、芯片化、智能化、网络化、低成本、高可靠以及全频带观测的方向发展。

本报告基于Orbit专利数据库，从技术总体态势、区域竞争力、技术领域、主要专利权人等多个维度对地震传感器技术专利进行了分析。通过揭示地震传感器的发展趋势、潜在市场、技术主题、主要研发机构等内容，反映出专利中蕴含的技术信息、经济信息和法律信息，以期对相关研究人员和机构提供参考，发挥专利信息对技术研发的支撑作用。

1. 数据来源及构建

1.1 数据来源

本报告采用的专利数据均来自于Orbit专利数据库。Orbit是由Questel（科思特尔）公司开发的专利信息检索和分析数据库，它将全球专利数据集成在一个平台上，提供独特的Fampat专利家族供用户进行检索和分

析，并对分析结果提供可视化的呈现方式。

在Orbit发明和实用新型检索模块中，共收录了108个国家/地区/组织的专利的著录信息，24个国家/地区/组织的全文专利数据（表1中列出了本报告中涉及的国家/地区/组织专利代码），Orbit专利数据库所收录的专利带有详尽完整的专利法律状态信息。Orbit数据库还提供关键词语言助手、公司树、专利号检索助手等辅助功能。

代码	国家/地区/组织	代码	国家/地区/组织
CN	中国	BR	巴西
US	美国	GB	英国
WO	世界知识产权组织	MX	墨西哥
EP	欧洲专利局	KR	韩国
CA	加拿大	RU	俄罗斯
AU	澳大利亚	JP	日本
DE	德国	FR	法国
TW	中国台湾		

表1 专利国家/地区/组织代码

1.2 检索策略及数据集构建

专利分类能够较为精准地表达专利中所蕴含的技术主题，利用专利分类号进行检索是一种有效地提高查全率和查准率的检索方法。国际专利分类法（International Patent Classification，简称：IPC）是国际上通用的专利文献分类法，因此本报告采用IPC分类号进行专利检索。通过前期调研以及与委托方技术人员多次讨论，确定检索方案如下：

IPC分类号：

①G01V-001/16 Receiving elements for seismic signals; Arrangements or adaptations of receiving elements（地震信号的接收元件；接收元件的配置或改进）

②G01V-001/18 Receiving elements, e.g. seismometer, geophone（接收元件，例如：地震仪、地震检波

1.袁昊. 质量数据分析在地震传感器测试中的应用研究[J].石化技术, 2019,26(06):142-144.

器)

时间范围：2009-2018

检索时间：2019年12月31日。

检索式：((G01V-001/16)/IPC OR (G01V-001/18)/IPC) AND EAPD=2009-01-01:2018-12-31。

在构建分析数据集时，本报告选取专利家族数据进行分析。专利家族是指具有共同优先权的，在不同国家或国际专利组织多次申请、多次公布或批准的内容相同或基本相同的一组专利文献。专利家族数据有助于了解某类技术的演变过程、最新技术发展趋势、专利申请的市场价值、竞争对手的市场策略或某项技术的国际市场垄断范围。

经检索得到2241项专利家族数据，对检索结果中的专利权人等信息进行规范化处理，最终得到本次专利分析的数据集。

2. 专利总体态势分析

2.1 专利发展趋势分析

根据专利申请年信息，统计出该技术领域历年的专利申请量，如图1所示²，从专利数量上来看，2009-2018年间地震传感器专利数量整体呈现增长态势，总量由192项上升至最高293项。从增长率来看，2014和2016年专利增长率出现两个小高峰，其它年份虽略有波动，但整体变化幅度不大。

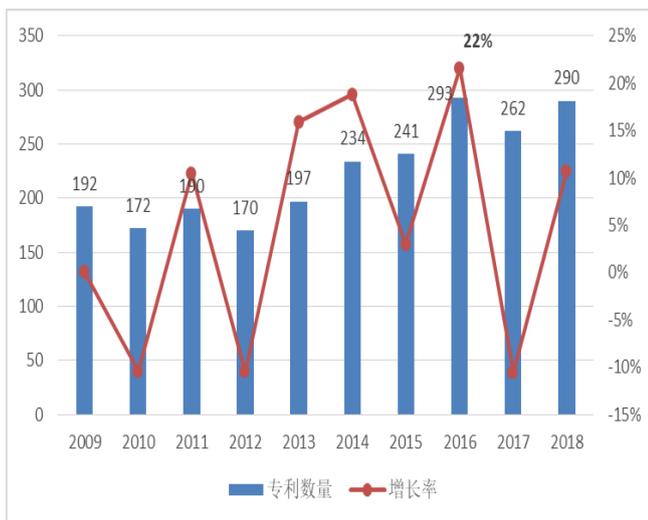


图1 专利数量年度趋势

2.2 专利法律状态分析

专利是受法律规范保护的发明创造，专利法律信息包括：专利保护范围，专利权人，专利发明人，专利

的生效时间，专利申请的标志等。在Orbit数据库中专利法律状态分为：申请中、授权、过期、撤销、放弃。图2呈现了该项专利技术的法律状态，专利申请总量2241项，其中授权有效专利量1185项，授权有效专利占比为52.88%。进一步分析每年专利的法律状态如图3所示。

维持专利权需要成本，只有当该专利带来的收益大于维持专利权的成本时，专利权人才会继续维持权利。所以授权有效专利从一定程度上反应了专利的技术水平和重要性。同时，利用已公开的无效专利，研发机构可在此基础上进行产品生产或产品开发，从而减少研发投入，避免侵权风险。

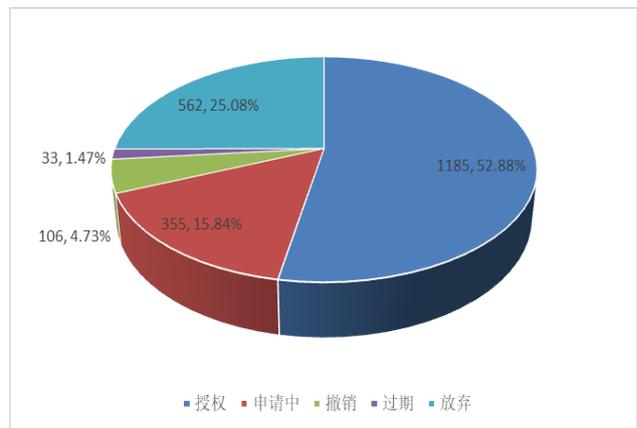


图2 专利法律状态占比

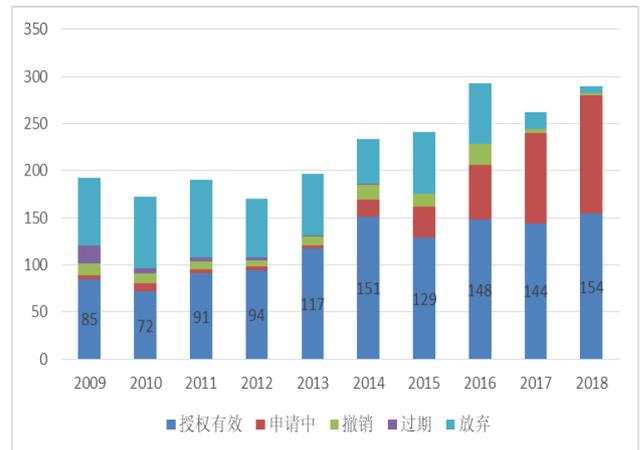


图3 专利法律状态年度分布

3. 全球专利区域竞争力分析

3.1 区域申请趋势

通过对国家/地区/组织每年的专利数量进行分析，可在一定程度上反映出该项技术在各区域的发展趋势。如图4所示³，中国（CN）的专利数量上升趋势较为明

2.注：由于专利申请到公开有一定的时间延迟，2018年的专利数量和增长率不能反应当年的真实专利情况，仅作参考。

3.注：热力图中颜色越深，表示专利数量越多。

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CN	78	91	101	95	81	106	120	166	186	202
US	65	39	33	33	54	65	52	52	29	27
KR	8	5	0	8	9	8	17	27	8	35
RU	6	4	5	7	8	16	6	14	14	7
JP	12	10	13	2	10	4	6	3	2	2
WO	0	2	7	3	6	9	12	7	7	1
EP	0	2	3	8	6	4	2	2	0	4
DE	4	1	3	2	3	2	6	3	3	2
FR	4	4	3	1	2	2	2	2	5	0
TW	1	3	8	1	2	4	1	0	2	3

图4 专利区域申请趋势TOP10

明该项技术在中国呈快速发展态势。美国专利数量在2009年和2014年出现两个高峰；韩国近几年相关专利数量明显增多，2018年达到峰值35项。

3.2 技术来源

通常研发机构会首先在本国申请专利而使其成为优先权国，所以专利最早优先权国可以用来反映专利技术的原创来源。如图5所示，中国（CN）在该领域的专利申请量为1226项，其中含授权有效专利为549项，专利数量居全球首位，美国（US）以449项专利位居第二。相较其它国家/地区，两国专利数量领先优势明显，是该技术的主要来源国。

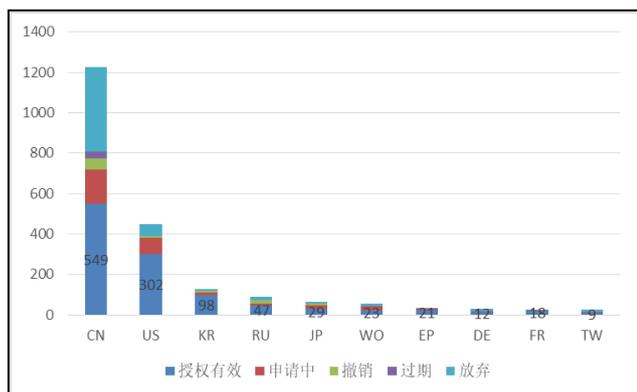


图5 专利最早优先权国TOP10

3.3 技术目标市场

通过分析专利的公开国可以了解该项技术的全球技术市场布局，为选择技术开发目标区域提供参考依据。从图6可以看出：在该技术领域中国（CN）专利数量为1394项，其中含授权有效专利621项，居全球首位，美国（US）以专利数量693项，有效专利386项紧随其后。表明中国和美国同样也是全球主要技术应用国。

世界知识产权组织（WO）的专利申请量位居第三，根据PCT协议，申请人只需提交一份申请，即可请求在150多个缔约国中同时对其发明进行专利保护。因此通过PCT途径申请专利越多说明该技术全球化趋势越强。

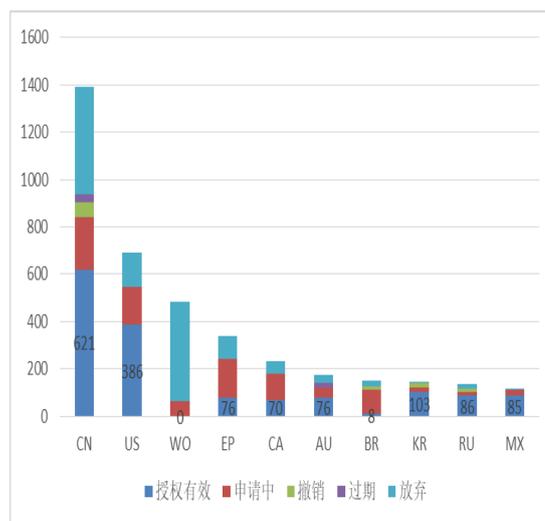


图6 专利公开国TOP10

4. 专利技术领域分析

4.1 专利IPC分类号分布

IPC是按照发明创造的技术主题为特征进行的分类，同一项专利可能具有若干个分类号。对检索到的专利IPC分类号数量进行分析得到表2，从中可以看出，地震传感器密切相关专利主要涉及了G01V-001/38（地震学；地震或声学的勘探或探测-专用于被水覆盖的区域）和G01V-001/20（接收元件的配置，例如，地震检波器的排布类型）等类别。

表2 专利IPC分类号TOP10

序号	IPC分类	专利数量	分类号释义
1	G01V-001/18	1643	接收元件，例如，地震仪、地震检波器
2	G01V-001/16	717	地震信号的接收元件；接收元件的配置或改进
3	G01V-001/38	303	地震学；地震或声学的勘探或探测-专用于被水覆盖的区域
4	G01V-001/20	279	接收元件的配置，例如，地震检波器的排布类型
5	G01V-001/00	255	地震学；地震或声学的勘探或探测
6	G01V-001/22	213	将地震信号送至记录或处理设备
7	G01V-001/28	184	地震数据的处理，例如，分析、用于解释、用于校正
8	G01V-001/24	115	地震数据的记录
9	G01V-013/00	97	包括在G01V1/00至G01V11/00各组中的仪器或设备的制造、校准、清洁或修理
10	G01V-001/30	91	地震数据的处理-分析

4.2 地震传感器聚类分析

对2009-2018年地震预警领域专利进行概念聚类分析，得到该技术领域代表性的主要概念。从图7中可以看出，概念聚类最大的簇是水中地震检波器（hydrophone），其它主要概念还包括：地震勘探探测

（earthquake detection）、地震波获取（acquiring seismic wave）、检波器外壳（geophone housing）、地震勘探探测设备(seismic survey instrument)等。（图8是在图7的基础上更加清晰的呈现了主要概念的细化组成）。



图7 地震传感器概念聚类



图8 地震传感器概念聚类细分

4.3 地震监测传感器聚类分析

为了解用于地震监测传感器的技术内容，进一步选取图8中的地震监测（seismic monitoring）概念中的113项专利做聚类分析，可以看出（图9）地震监测概念又聚类为：光纤电缆（fiber optic cable）、地震发生（earthquake

occurrence）和地震警报（earthquake alarm）等几大概念簇。图10是对图9主要概念的细化，从中可以看出地震监测（seismic monitoring）这一概念与地震数据（seismic data）、光纤（optical fiber）等相互关联。

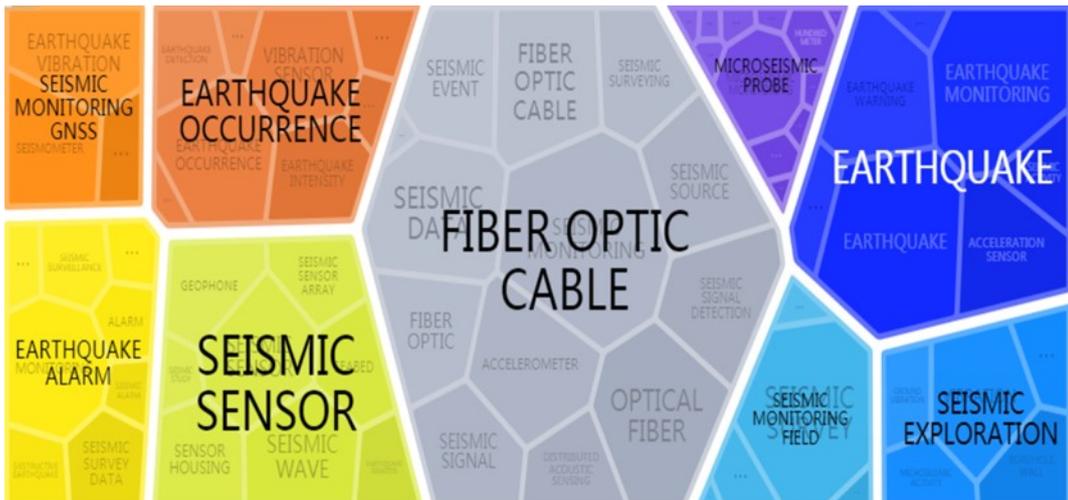


图9 地震监测传感器概念聚类

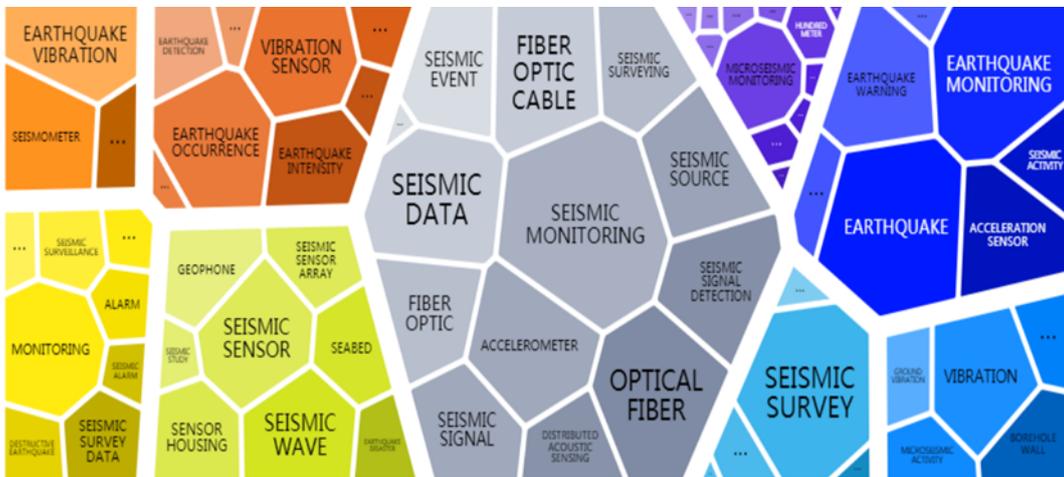


图10 地震监测传感器概念聚类细分

5. 专利权人分析

5.1 主要专利权人申请活跃度分布

对专利权人进行分析，可在一定程度上反映出该技术领域的主要研发主体以及技术市场竞争格局。图11显示了全球排名前十的专利权人，其中西方奇科国际有限

公司、法国地球物理服务公司和斯伦贝谢系统科技有限公司位列前三，来自中国的机构在专利权人TOP10中占据六席。从图11看出，主要专利权人的专利数量差距不大，表明专利技术密集度不是很高，没有形成技术垄断局面。

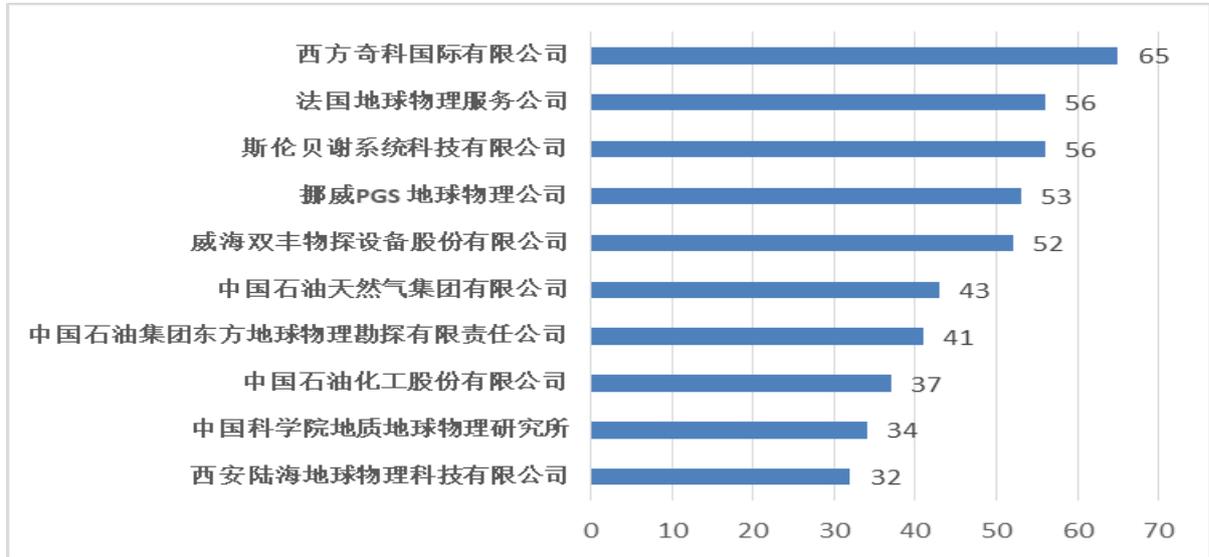


图11 专利权人TOP10

5.2 专利权人申请活跃度

对专利权人TOP10的申请趋势分见图12。图中反映出不同机构的申请活跃程度还是存在差异性的：西方奇科国际有限公司和GECO科技公司专利申请在2009、2010和2014年间申请了较多专利；法国地球物理服务公

司则在2013-2015年间连续申请了大量的专利；挪威PGS 地球物理公司则每年专利申请数量较为稳定；我国西安陆海地球物理科技有限公司在2018年集中申请了大量专利。

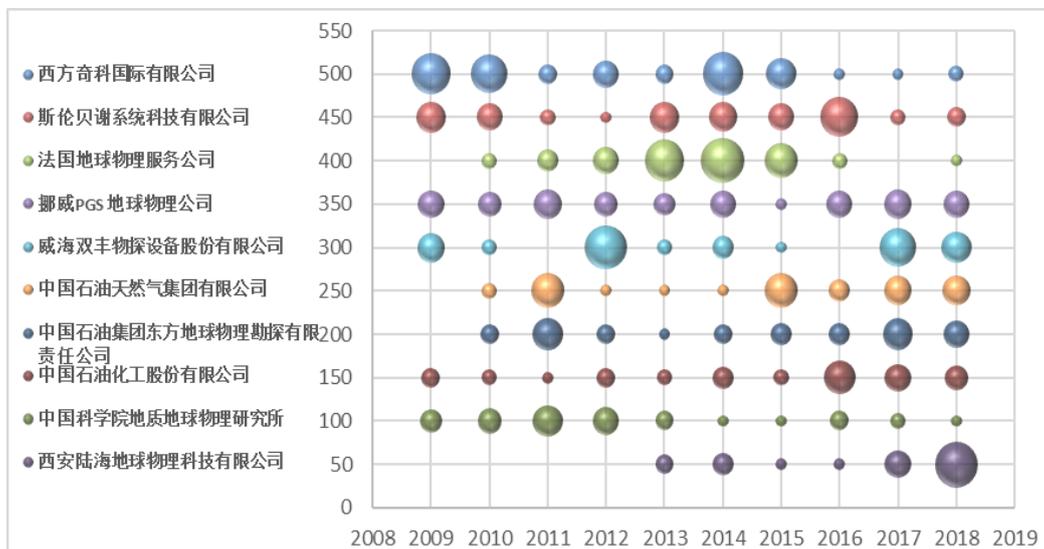


图12 专利权人申请活跃度TOP10⁴

4. 注：图中气泡大小代表专利数量的多少。

5.3 专利权人市场布局

对主要专利权人申请专利的公开国进行分析，一定程度上可以反映主要专利权人的目标市场和潜在市场。从图13可以看出西方奇科国际有限公司、法国地球物理

服务公司和挪威PGS地球物理公司等在全球范围内专利布局较为广泛，相较而言，我国主要研发机构的专利市场布局还是以本土为主。

	CN	US	WO	EP	CA	AU	BR	KR	RU	MX
西方奇科国际有限公司	8	61	63	23	14	13	9	0	3	20
斯伦贝谢系统科技有限公司	6	49	42	21	14	4	4	0	1	8
法国地球物理服务公司	16	53	22	35	29	10	16	0	12	15
挪威PGS 地球物理公司	10	49	4	24	14	33	32	0	0	13
威海双丰物探设备股份有限公司	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中国石油天然气集团有限公司	43	3	6	3	0	0	0	0	0	0
中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中国石油化工股份有限公司	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中国科学院地质地球物理研究所	31	4	7	2	0	1	0	0	0	0
西安陆海地球物理科技有限公司	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图13 专利权人市场布局TOP10

5.4 专利权人技术领域分布

分析主要专利权人的IPC分类号，可在一定程度上反映出专利权人的核心技术领域。如图14所示，除去检索时采用的G01V-001/18、G01V-001/16两个分类号外，西方奇科国际有限公司等国外机构在被水覆盖区域的地震或声学的勘探（G01V-001/38）以及地震信号接收元

件的配置（G01V-001/20）等技术领域也有着广泛的专利布局。此外，法国地球物理服务公司在地震数据的处理（G01V-001/28）技术领域也申请了大量的专利。我国相关机构则更侧重于地震接收元件，例如：地震仪和地震检波器传感器的研发。

	G01V-001/18	G01V-001/16	G01V-001/38	G01V-001/20	G01V-001/00	G01V-001/22	G01V-001/28	G01V-001/24	G01V-013/00	G01V-001/30
西方奇科国际有限公司	22	53	38	25	16	7	20	17	8	9
斯伦贝谢系统科技有限公司	30	33	12	13	6	10	11	5	4	6
挪威PGS地球物理公司	34	35	25	20	18	14	11	12	4	4
法地球物理服务公司	31	30	45	19	9	4	16	4	7	6
威海双丰物探设备股份有限公司	52	2	0	0	0	0	0	0	4	0
中国石油天然气集团有限公司	43	0	2	9	1	1	5	0	1	1
GECO 科技公司	41	0	2	3	1	1	1	0	0	0
中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司	35	2	0	9	4	5	0	4	3	0
中国石油化工股份有限公司	30	4	5	2	0	11	3	3	0	2
中国科学院地质地球物理研究所	32	3	0	0	0	0	0	0	3	0

图14 专利权人技术布局TOP10

5.5 专利权人引用关联分析

对专利数量排名前20的专利权人的专利引用的情况进行分析，得到专利权人专利引用关联图。从图15中可以看出⁵，西方奇科国际有限公司中心节点作用明

显，与多个专利研发机构有着专利引用的关系。GECO 科技公司专利和西方奇科国际有限公司相互专利引用量最多，表明两者专利技术依赖性较强。

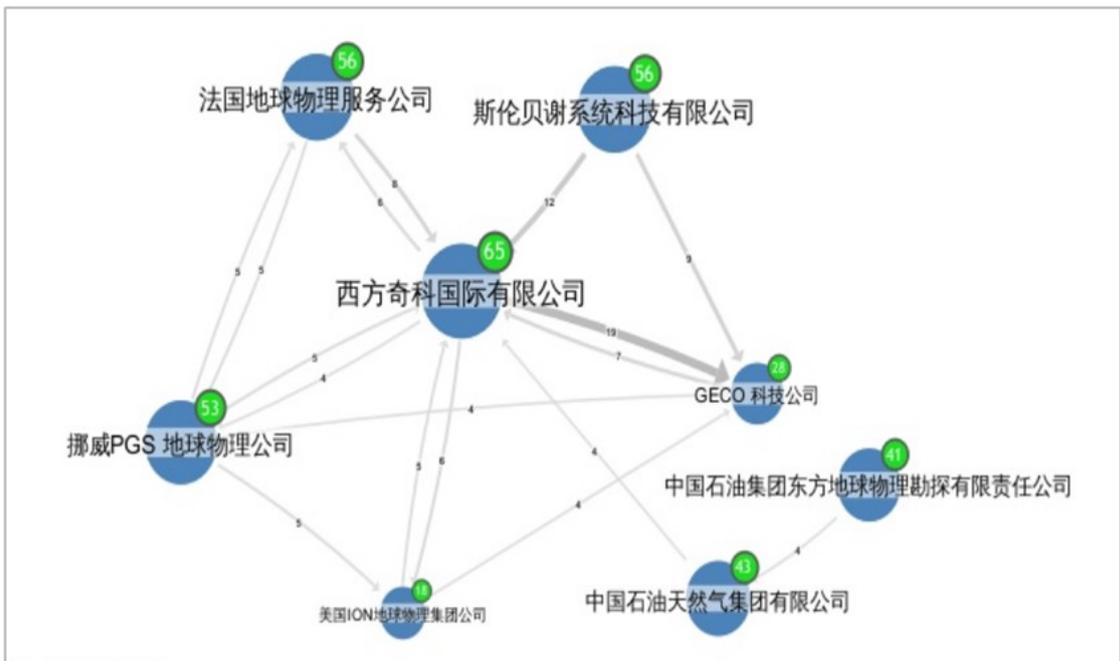


图15 专利权人引用关联分析

6. 结论

地震传感器是地震采集设备的重要模块，对其性能有着很大影响。本报告以Orbit数据库收录的地震传感器专利为数据源，从该技术领域的总体态势、区域竞争力、技术领域、主要专利权人等多个维度对地震传感器专利技术进行了分析，得出结论如下：

从近10年的规模和发展趋势来看，该技术同族专利数量整体呈上升趋势。通过分析专利优先权数量得出，中国和美国是该项技术的主要来源国。同时，中国的专利公开量已达到全球第一，表明中国市场已经引起全球重点关注，在该技术领域上已经具备了较强吸引力和市场潜力。

从技术研发领域来看，除检索用到的两个IPC分类号外，相关专利主要还涉及被水覆盖区域的地震勘探以及地震检波器主接收元件的配置等技术分类。专利研发

技术热点侧重于地震探测、地震波获取、检波器外壳、地震勘测设备等方面。从技术布局来看，我国专利技术主要侧重于地震仪、地震检波器传感器等地震接收元件的开发，专利数量相对较为集中，研发覆盖的技术范围比较窄，需注重合理的专利技术布局，以提高专利技术的整体价值。

从技术竞争机构来看，主要专利权人之间专利数量的差距不大，没有形成技术垄断局面。在市场布局方面，发达国家的重点机构非常重视专利技术全球性布局，除了在本土市场申请专利外，在美国、中国、欧洲和中国台湾等市场均布局大量相关技术专利，此外还通过PCT申请系列专利。我国相关机构应加强国际专利技术市场布局意识，根据技术、市场和竞争总体规划，选择需要进入的国家/地区获取专利保护，为开拓全球市场保驾护航。

5.图中节点大小代表专利数量的多少，连线粗细表示专利间相互引用数量的多少，引用次数小于4次的关系不予显示。