



近地空间激光通信组网技术 专利导航报告

长春理工大学
国科（吉林）知识产权运营有限公司

目录

第 1 章 绪论	6
1.1 项目背景概述	6
1.2 主要研究内容	7
1.3 项目实施方法	9
1.3.1 检索数据库	9
1.3.2 检索截止日	10
1.4 数据质量评估及处理策略	10
1.5 相关约定事项	11
第 2 章 激光通信组网技术概述	14
2.1 近地空间概念	14
2.2 激光通信组网技术简介	14
2.2.1 激光通信的产生及信息搭载	15
2.2.2 激光通信基本流程	16
2.2.3 激光通信主要应用领域	17
2.2.4 激光通信组网技术	18
2.3 国内外研究现状	19
2.3.1 国外研究现状	20
2.3.2 国内研究现状	23
2.4 激光通信技术产业政策环境	26

2.4.1 激光通信技术全球政策环境	26
2.4.2 激光通信技术全国政策环境	28
2.4.3 激光通信技术吉林省政策环境	30
2.5 小结	33
第 3 章 空间激光通信技术专利态势分析	35
3.1 全球专利态势分析	35
3.1.1 全球专利申请趋势	35
3.1.2 全球专利申请人国家/地区分布	42
3.1.3 全球专利申请人分析	44
3.1.4 全球专利技术功效分析	50
3.2 中国专利态势分析	52
3.2.1 中国专利申请发展趋势	52
3.2.2 中国专利申请类型	54
3.2.3 中国专利法律状态	55
3.2.4 中国内地申请人省市分布	59
3.2.5 中国专利申请人分析	60
3.2.6 中国专利技术功效分析	65
3.3 吉林省专利态势分析	67
3.3.1 吉林省专利申请发展趋势	67
3.3.2 吉林省专利技术功效分析	70
3.3.3 吉林省专利申请人分析	72
3.4 本章小结	76

第 4 章 近地空间激光通信组网技术潜在合作伙伴/竞争对手分析	78
4.1 潜在合作伙伴/竞争对手遴选	78
4.2 潜在合作伙伴——华为技术有限公司	80
4.2.1 华为技术有限公司简介	80
4.2.2 华为专利创新趋势分析	82
4.2.3 华为专利运营情况	90
4.2.4 重点发明人分析	93
4.2.5 重点专利分析	95
4.3 潜在竞争对手——SA Photonics	98
4.3.1 SA Photonics 简介	98
4.3.2 SA Photonics 创新趋势分析	99
4.3.3 SA Photonics 专利运营情况	104
4.3.4 重点发明人分析	106
4.3.5 重点专利分析	108
4.4 本章小结	111
第 5 章 近地空间激光通信组网关键技术分析	113
5.1 APT 技术分析	113
5.1.1 技术简介	113
5.1.2 全球创新发展现状与趋势	114
5.1.3 全球主要创新地域分析	117
5.1.4 全球技术主要流向分析	121

5.1.5 中国创新发展现状与趋势	122
5.1.6 中国主要创新地域分析	124
5.1.7 技术功效	125
5.2 光学系统技术分析	127
5.2.1 技术简介	127
5.2.2 全球创新发展现状与趋势	130
5.2.3 全球主要创新地域分析	133
5.2.4 全球技术主要流向分析	137
5.2.5 中国创新发展现状与趋势	138
5.2.6 中国主要创新地域分析	140
5.2.7 技术功效	141
5.3 本章小结	144
第 6 章 主要结论与措施建议	146
6.1 主要结论	146
6.2 主要建议	149

第 1 章 绪论

1.1 项目背景概述

随着信息技术的飞速发展，通信技术在人们的日常生活和工作中扮演着越来越重要的角色。传统的微波通信技术虽然成熟稳定，但在高速、大容量数据传输方面却面临着诸多挑战。因此，近地空间激光通信作为一种新兴的通信方式，正逐渐受到业界的关注与青睐。

在此背景下，近地空间激光通信组网技术专利导航项目的提出显得尤为重要。该项目旨在通过梳理出技术发展的趋势与脉络，对国内外相关领域的专利进行深入挖掘与分析，为长春理工大学在这一领域的技术创新与发展提供有力支持。

具体来说，该项目将围绕以下几个方面展开工作：一是对国内外激光通信技术的专利进行全面收集与整理，形成系统的专利数据库；二是对专利数据进行分析与挖掘，提炼出关键技术与核心专利，为技术研发提供方向指引；三是对国内外激光通信技术的发展动态进行分析，为长春理工大学的技术研发与市场布局提供决策依据。

通过实施这一专利导航项目，不仅能够深入了解激光通信技术的发展现状与趋势，还能够为自身的技术创新与

市场布局提供有力支撑。同时，该项目还将有助于提升在国际激光通信领域的竞争力与影响力，为该领域的科技发展与产业升级注入新的活力。

本项目旨在帮助长春理工大学在当下的竞争格局中找准自身研发定位，面对激光通信技术的快速发展做到知识产权布局紧跟市场变化，结合现有技术发展对研发热点、空白点进行剖析，结合龙头企业及竞争对手情况对专利布局思路进行模仿超越，完成知识产权运营思路的构架，建立专利意识，保全核心技术不受侵犯。

1.2主要研究内容

本项目主要分析内容如下：

A：基于大数据分析方法，分析激光通信组网技术整体和各细分技术领域的创新趋势，并梳理各环节专利申请/授权趋势、法律状态及创新主体的分布情况。

B：基于获得的专利大数据，明晰专利保护现状，获取激光通信组网技术领域专利布局概况。

C：结合委托方创新研发和商业化运营需求进一步从技术、产品类型、产品应用等角度拆分专利信息，形成定制化专利分析内容，聚焦特定技术/产品领域，分析创新研发的走势、专利的保护客体，形成中国范围内激光器技术领域专利布局地图，旨在为委托方技术创新和专利挖掘布局

提供方向支撑。

D：选择华为技术有限公司和 SA Photonics 作为研究对象，分析重点创新主体的创新研发、知识产权布局和产品运营情况，为委托方产品研发提供知识产权保护的案例。

E：结合委托方创新研发和商业化运营需求拆分专利信息并制定技术分解策略，梳理出激光通信组网技术领域整体和各环节专利申请/授权趋势、法律状态及创新主体的分布情况，研判技术的创新发展趋势和专利布局的整体策略。

F：聚焦全球范围内委托方重点关注的细分技术/产品领域，分析细分技术/产品领域的创新研发的走势、创新主体的分布及专利的保护客体，并为委托方专利挖掘和布局提供策略支撑。

表 1-1 为技术分解表。

表 1-1 技术分解表

一级分支	二级分支	三级分支	四级分支
近地空间激光通信 终端	光学分系统	光学天线单元	主镜
			次镜
			反射镜
		子光路	分光片
			滤光片
			折射镜
			准直器
	机械分系统	转台结构	/
		子光路结构	/
			调制器
			放大器
		通信接收单元	光电探测器

			信号处理电路
			前置放大器
		通信编码单元	信道编码
			信源编码
		大气湍流对抗	自适应光学
			光纤章动
			apd 增益自动控制
	APT 分系统	捕获单元	终端姿态测量组件
			平台定位组件
			信标光/跟踪探测器
		粗跟踪单元	粗跟踪执行机构
			粗跟踪控制器
		精跟踪单元	精跟踪控制器
			精跟踪执行机构
			光斑中心检测组件
		提前量对准单元	提前量执行器
			提前量控制器
			探测组件

1.3项目实施方法

1.3.1检索数据库

1、本项目专利数据检索过程使用了 **incopat** 全球专利数据库，**incopat** 专利检索数据库。**incoPat** 目前收录了全球 170 个国家、组织或地区，超过 1.7 亿件的专利文献，其数据采购自官方和商业数据提供商，并且对专利著录信息、法律、运营、同族、引证等信息进行了深度加工及整合，可实现数据的 24 小时动态更新

2.本项目行业、资本等信息检索过程中使用万得、iFind、DataYes 等金融数据平台，通过产业链平台、研报信息等获取行业、市场发展等数据资源，与政策数据、专利数据多维融合，提高科技情报分析质量与深度。

3.本项目学术和科研信息检索过程中使用了中国知网、万方数据库等数据平台，将前沿学术和科研信息与专利中的技术信息融合，提高技术发展趋势分析的准确性和技术分析的深入性。

1.3.2检索截止日

近地空间激光通信组网技术专利数据检索截止日：
2023 年 12 月 31 日。

1.4 数据质量评估及处理策略

查全率和查准率是评估检索结果质量的指标。查全率用来评估检索结果的全面性；查准率用来衡量检索结果的准确性。

查全率计算公式为：查全率=查全样本/检索结果*100%。
查准率的评估方法是在检索结果集合中随机选取一定数量的专利文献作为查准样本专利文献集合，对查准样本的每篇专利进行人工阅读，并筛选出相关专利文献，对查准样本的每篇专利进行人工阅读，并筛选出相关专利文献，形

成有效样本。查准率计算公式为：查准率=有效样本/查准样本*100%。

本项目中，查全率评估主要采用抽取一定数量的专利申请人作为查全差准样本。在保障数据全面性的基础上，本项目从技术分支出发筛选各分支下目标专利文献，并对重点技术分支/重点申请人相关技术方向、技术手段等指标进行归类标引和人工处理，进一步通过聚类梳理研究激光通信技术的创新发展方向。

1.5相关约定事项

（1）关于专利数量统计中的“项”及“件”的说明：

项：同一项发明可能在多个国家或地区提出专利申请，在进行专利数量统计时，对于专利数据库中以一族数据的形式出现的一系列专利文献，计算为一项。通常，专利申请的项数对应于技术的数量。

件：在进行专利数量统计时，如统计一位申请人在不同国家、地区所提出的专利申请的分布情况，往往需要将同族专利申请分开进行统计，所得到的数据数量对应于专利的件数。一般情况下，一项专利申请可能对应于一件或多件专利申请。

（2）有效：在本报告中，有效是指截止到检索日，专利权处于有效状态。

(3) 审中：在本报告中，有效是指截止到检索日，专利申请处于国家实质性审查阶段的状态。

(4) PCT 指定期内：PCT 申请给予申请人自申请日（优先权日）起 30-31 个月的优先权期限，在此期间均可基于 PCT 申请指定进入某些国家，开始正式的申请阶段。

(5) PCT 指定期满：PCT 申请给予申请人自申请日（优先权日）起 30-31 个月的优先权期限，此期间已满但未提交正式国家阶段的申请。

(6) 专利被引频次：一项专利被引用的被次数越多，说明该项专利在该项技术领域的位置越为关键，一定程度上反映该专利在该领域技术发展中的基础性、引导作用。

(7) 技术生命周期：专利技术生命周期是指在专利技术发展的不同阶段中，专利申请量与专利申请人数量（个）的一般性的周期性的规律。通过对专利申请数量或获得专利权的数量与时间序列关系、专利申请人数量（个）与时间序列关系等分析研究，探究专利技术在理论上遵循技术萌芽期、技术发展期、技术成熟期和技术淘汰期的 4 个阶段周期性变化。

(8) 关于专利数据延迟公开的说明：在本报告中，由于下列原因可能导致 2022 年 11 月以后提交的专利申请的数量比实际的申请数量要有所缺失：**PCT 专利申请可能自申请日期 30 个月甚至 32 个月以后才进入国家阶段，从而导致**

与之相对应的国家公布的时间有所延迟；中国发明专利申请自申请日起最晚可 18 个月后才被公开。

第 2 章激光通信组网技术概述

2.1 近地空间概念

近地空间是指从地心起 $1.015 \sim 6.6$ 个地球半径范围内的空间区域即从地球海平面起 $100 \sim 36000\text{km}$ 的球壳状区域。

近地空间的激光通信技术属于激光通信技术的一部分，目前国内外在该领域的主流研究方向都是基于激光通信进行的。并且国内外的政策也大多是聚焦于激光通信技术。因此，第二章和第三章的内容都是围绕激光通信技术进行分析。

2.2 激光通信组网技术简介

探索活动，信息先行。激光通信组网技术作为一种新兴的通信技术，高宽带、重量轻、无电磁频谱限制等特点，正逐渐受到人们的关注。这种技术主要利用激光作为信息载体，通过光学天线进行信息的传输和接收，从而实现了在空间中的高效通信。

激光通信组网技术以其独特的优势，正在引领着新一代通信技术的发展方向。相较于传统的无线电通信，激光通信具有更高的带宽和更低的误码率，使得信息传输更加快速和准确。此外，激光通信还具有抗电磁干扰能力强、

保密性好等优点，为空间探索活动提供了强有力的信息保障。

总之，激光通信组网技术以其独特的优势和广泛的应用前景，正成为未来通信技术的重要发展方向。随着技术的不断进步和应用领域的拓展，相信这一技术将为人类的太空探索活动带来更加广阔的可能性。

2.2.1 激光通信的产生及信息搭载

激光是通过外部给予工作一定的能量使工作物质受激发，释放能量所产生的光。仅以这种方式产生的光很弱，因此引入泵浦源、增益介质、谐振腔三部分以提高激光的光学强度。如图 2-1 所示，1960 年世界上第一台红宝石激光器以氙闪光灯为工作物质、反射罩为泵浦源、红宝石棒做增益介质、两端的反射镜作为谐振腔。1962 年发明的半导体激光器开启激光器小型化的先河。由激光器产生的激光具有：方向性好、相干性好、能量大三个特点。信息的定向传输也依托于这三个优势。

激光通信以激光作为载体，通过对信息进行信号调制使之可以依附于激光，依据光的快速传播及激光优良的方向性进行点对点的信息通信。有别于传统单光束进行信息传递多使用偏振分光技术人为将一束光“分解”成多束同时进行信息搭载以增加光束携带的信息量。

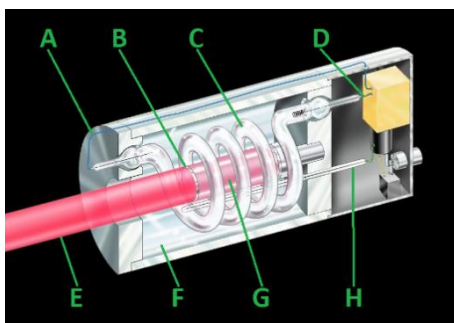


图 2-1 第一台红宝石激光器示意图。A - 正极引线。B - 镜面涂层。C - 氙闪管。D - 负极引线。E - 激光束。F - 泵浦腔。G - 红宝石棒。H - 触发线。^[1]

2.2.2 激光通信基本流程

激光通信通常是空中移动平台、地面固定/移动平台、卫星直接的通信，且通信前并无任何联系，如图2-2所示，其流程通常为：快速捕获、粗跟踪、精跟踪、动态信息传递。快速捕获是初次发送信标光，使中继卫星启动信息通信流程；粗、精跟踪是信息发出端与接收端多次相互发射信标光获取对方精确位置信息及运动轨迹，使双方具备发送、接收信息的条件；动态信息传输是将经过调制的光信号经由天线（或雷达）进行发射。

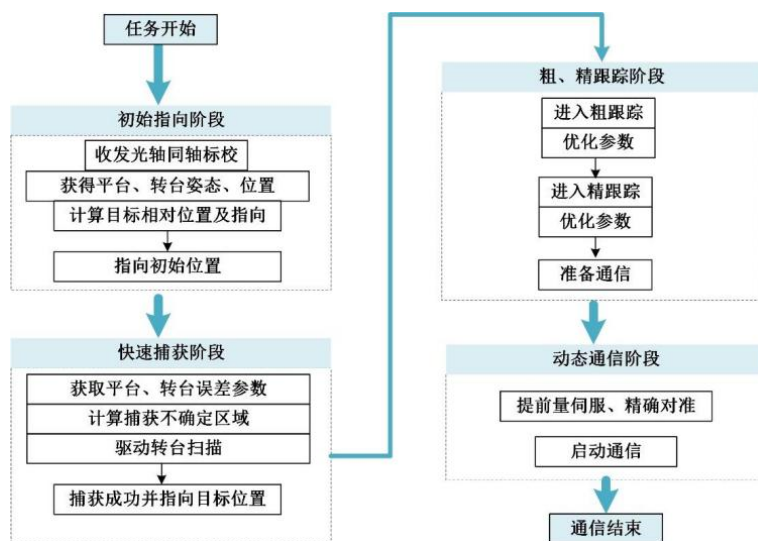


图 2-2 空间激光通信系统工作流程^[2]

上述过程中仅经过一颗中继卫星，一旦经过多颗中继卫星时则需要多颗卫星直接的信息通信，即卫星的组网通信。通信过程与前次类似，以快速捕获、粗跟踪、精跟踪、信息传递为主要流程，与之不同的是通信链路的选择：某几颗卫星收发信息量较大，呈现类“堵车”情况，后来的信息无法及时传输、又或者某几颗卫星发生故障，呈现“交通事故”使其他信息需要“绕路”传输。为此，引入空间拓扑的算法以期降低信息的等待时间，如图2-3所示。

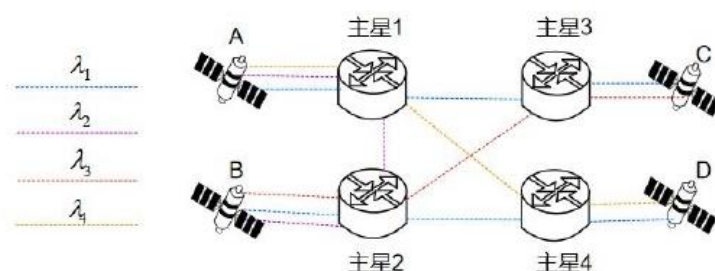


图 2-3 一对多卫星光网络波长路由结构^[3]

为实现前述信息通信流程需要各个部分的密切配合，即通过天线、雷达、光电路的捕获及跟踪、通过激光器、信号调制器、天线的光学信号收发，及担任各通信节点的卫星。

2.2.3 激光通信主要应用领域

在信息量呈爆炸性增长的今天,无论是民用,还是军事,对于大容量、高速率通信技术的需求都很迫切:

民用方面主要应用在地面间短距离通信及短距离内传

送数据;

军事方面主要应用在导弹靶场的数据传输和地面间的多路通信以及水下潜艇间的通信。未来战争的主战场将是太空、临近空间、航空、地面、海洋的立体空间,越来越多的国家认识到和掌握空间对于打赢未来战争的重要性。目前的航空、航天等侦察平台正向高空间分辨率、高时间分辨率、高光谱分辨率和多传感器复合侦察等方向发展,迫切需要将海量原始数据以无损压缩方式从侦察平台直接传输或中继传输至指控终端,满足现代军事实时性要求。

空间激光通信将是空间信息传输(GEO-CEO, GEO-LEO.LEO-LEO、LEO-地、星一空、空一空、空一地、GEO-地等链路)的最具有竞争力的通信模式。

2.2.4 激光通信组网技术

激光通信因其通信速率高容量大、防截获能力强、抗干扰能力强、体积小重量轻以及低功耗等突出优点,展现了广阔的应用前景。然而,目前的激光通信研究主要集中在点对点的形式,无法满足星地和星际间大容量、高速率信息传输的需求。未来空间激光通信的主要研究方向是建立激光通信网络,以提高信息利用率。

与“一对一”的激光通信相比,利用激光通信实现信息网络化所面临的困难,主要表现在如何适应网络拓扑的

高度动态性。例如，星际节点可能在不同轨道上高速运动，航天器和飞机等具有较高的机动性，从而导致网络拓扑需要实时调整。

在空间激光通信组网中，网络拓扑要求每个编队的主节点光端机具备一对多同时进行激光通信的能力。当多个编队按照特定队形协调运动时，每个编队的主节点彼此连接，形成网络主干，并分别接入若干接入节点。每个主节点可以通过多个链路同时与其他主节点和接入节点建立连接，从而实现多对多同时进行的激光通信主干接入网络。

多节点间组网同时激光通信是世界性难题，国外正在进行立项研究，国内尚属起步阶段。国内对于空间激光通信组网技术还在理论方案阶段，核心关键器件属于卡脖子模式，研制样机较为困难。对空间激光通信组网系统的光学特性、捕跟特性、通信特性的实验、测试、评价方法相对落后，缺少有效验证方法和技术途径。

由于上述原因，当下关于激光通信组网技术的专利数量较少，不足以支撑基于专利的激光通信组网技术的分析。因此本报告以下内容都是基于激光通信技术进行分析的。

2.3国内外研究现状

自激光器发明开始，世界上一些发达国家将光通信的优势引入激光通信领域，开始试制并验证空间激光通信的

可行性，取得了相当的成果。尽管我国在此方面起步较晚，在前有借鉴，后有国家的情况下，在诸多细分领域迎头赶上甚至实现部分超越。

2.3.1 国外研究现状

早期以美国、欧洲、日本为代表，投入大量人力物力进行激光通信实验装置及技术的研究与开发，并取得了一定的技术成果^[5]。

1. 欧洲

欧洲作为光通信的发源地，最早投入近地空间激光通信的研究，其主要研究单位包括：欧空局（ESA）、德国航空太空中心（DLR）、欧洲航空防务航天公司（EADS）、德国Tesat-Space公司、瑞士RUAG公司等。

20世纪70年代，ESA进行一系列激光通信器件、系统的研发，1985年ESA开始了半导体激光链路研究计划（SILEX），并于1999年以2.5Gbps的速度实现相距2.4km的地对地的激光通信传输^[6-8]。

20世纪80年代，ESA开启半导体激光卫星通信链路实验（SILEX）该项目研制两台激光通信并搭载于法国卫星上。于2001年进行地面与卫星间激光通信，双端距离达45000km^[9]。

2001年首次实现了星间激光通信链路，其实现了低地

球轨道（LEO）到地球同步静止轨道（GEO）之间50Mbps及反向2Mbps的传输速率^[10]。然而由于其自身重量及低效的传输速率尚不能代替同时期主流的射频传输方式。

2006年法国首次完成50Mbps相聚38000km的飞机平台与卫星间激光通信实验，是首次采用非相干光建立的激光通信链路^[10]。

2008年美德两国卫星首次实现了星间相干激光通信实验，数据传输速率达5.6Gbps，标志着相干激光通信在空间通信应用的开始^[11]。

近几年欧空局致力于开发功耗更低、尺寸更小、传输效率更高的第二代光通信终端。并于2016年发射卫星，对构建的欧洲数据中继系统（EDRS）其结果性能均满足预期，自2017年来已完成数万次激光连接，数据可用性达到99.5%^[12, 13]。2019年DLR与ESA的Alphasat卫星建立上行激光通信链路，发射器功率为15W，通信速率达1.8Gbps。

2021年欧盟发起为期7年的“欧洲地平线”计划推动产业发展与技术创新，其发展项目中包含空间激光通信技术。

2. 美国

激光通信技术在欧洲初步领先之后美国后来居上。其主要研究单位包括：美国弹道导弹防御组织（BMDO）、美国宇航局（NASA）、加州理工大学喷气推进实验室（JPL）、麻省理工学院的林肯实验室（Lincoln Lab）。

1994年JPT在NASA的资助下研制出激光通信演示系统(OCD), 250Mbps传输速率, 验证了远距离激光通信的可能性^[14, 15]。后于1995年BMDO开始研制用于星地激光通信的激光通信终端STRV-2^[16]。

2003年NASA于Lincoln lab共同开始月球激光通信实验计划(LLCD), 并于2013年成功建立工作波段为1500nm, 通信速度为10和20Mbps的上行链路、39至622Mbps的下行链路, 误差小于200ps的地月激光通信链路^[17]。

2011年美国以2.5Gbps完成相聚94km飞机间激光链路通信。同年由NASA研制的火星激光通信演示系统采用1060nm激光波长成功实现目前世界上最远激光通信, 其距离为 4×10^8 km, 由于距离及硬件限制, 其主镜口径为305mm, 通信速率为100Kbps^[18-20]。

2014年激光通信科学光在和项目(OPALS)中以50Mbps的速度使卫星和与之相距400km的国际空间站进行37s高清视频的传输。后于2017年采用中继卫星进行同步轨道-地面之间双向激光通信且规避云层及大气影响^[21, 22]。

NASA为构建全球通信组网和深空激光通信技术, 实施“激光通信中继演示计划”(LCRD), 并于2021年发射第一个长周期通信终端至GEO, 在未来用作如火星通信的中继终端使用^[23]。

3. 日本

尽管起步晚于欧美，但发展迅速。主要研究部门有宇宙开发事业团（NASDA）、高级长途通信研究所（ATR）、日本航空航天局（JAXA）

1994年发射工程试验卫星6号（ETS-VI），但未能进入预定轨道，后经多次调整，于次年于JPL的地面站以1Mbps的通信速度实现星地之间首次激光通信链接^[24]。

2005由JAXA制定的轨道间光通信测试卫星（OICETS）计划衍生出的通信终端LUCE与欧洲ARTEMIS卫星进行世界上首次双向激光通信链路，取得了误码率低于 10^{-6} 和捕获概率超过90%的结果^[25]。

而后日本开始通信终端小型化的研究，即日本所谓的第二代光通信终端，其要求与欧洲一致，均以高速小型低功耗为研制目标，并于2014年发射首颗50千克级微小卫星，并于2015年实现低地球轨道之间（LEO-LEO）2.5Gbps通信。JAXA开发利用激光通信系统（LUCAS），并针对性开发激光通信卫星。其卫星于2020年发射升空，并于2021年进行性能测试，结果暂未公布^[26-28]。

2.3.2国内研究现状

我国空间激光通信技术起步较晚，基础薄弱，研究始于上世纪90年代初，但是我国发展势头迅猛，主要研究机构包括，哈尔滨工业大学、长春理工大学、空军工程大学、

西安理工大学、电子科技大学等高校；以及航天科技集团504所、成都光机所、中电34所、上海光机所、中科院等科研院所也开展了空间激光通信技术的研究。

2000年中电34所完成地对地相距26km以155Mbps通信速率进行的激光通信，是我国较早一批开展激光通信实验的代表^[29]。此后各院校、科研单位相继开展此类研究，部分研究成果如表2-1所示。

表 2-1 中国各院校科研单位在空间激光通信领域的贡献

时间	单位	特点	通信距离	通信速率	通信波长	参考文献
2000	中电 34 所	地-地	26km	155Mbps		[29]
2003	上海光机所	三发射器	1.3km	155/622	800nm	[30]
2007	长春理工大学	船-地	20.4	300		[31]
2010	武汉大学	地-地	40km	7.5Gbps		[32]
2011	哈尔滨工业大学	双向动态	2000	504		[33]
2011	长春理工大学	船-船	7.5	2.5Gbps		[34]
2011	长春理工大学	船-飞艇	20.8km	1.5Gbps		[35]
2011	长春理工大学	双直升机	20km	2.5Gbps		[35]
2013	长春理工大学	飞机-飞机	144km	5.12Gbps		[35]
2016	上海光机所	墨子号	2000km	1.6Gbps	1550nm	[36]
2016	武汉大学	空间站-地面	400km	5Gbps	1550nm	[37]
2017	哈尔滨工业大学	卫星-地双向	45000km	1Gbps		[38]
2018	北斗三号	星间		10Gbps		[39]
2018	西安光机所	高速率实验			3.6 μm	[40]
2020	航天科技集团西安分院	卫星高速通讯		10Gbps	1550nm	[41, 42]
2020	深圳航星光网空间技术有限公司	星间	不小于3000km	100Mbps		[43]

其中 2016 年墨子号成功发射并以 5.12Gbps 的下行速率开展星地双向链路高速相干激光通信实验，该实验标志着我国空间激光通信从强度调制/直接探测走向相位调制/相干探测体制，也标志着量子科学实验正式进入工程研制阶段，也是创建全球规模量子互联网重要一步^[37, 44-46]。同年搭载于天宫二号上武汉大学研制的激光通信终端成功在空间站与地面进行多次空间激光通信，其中下行速率达到 1.6Gbps 水平^[47]。

2.4激光通信技术产业政策环境

进入 21 世纪以来，空间激光通信迅猛发展，主要得益于各主要国家政策大力推动，以及空间激光通信合作创新两个方面。据此简要摘述各领先发展国及我国对本项目技术的政策倾向。

2.4.1激光通信技术全球政策环境

如前所述，本部分摘述美国、欧洲、日本为发展空间激光通信近期所推行的相关法律、项目合作、研发计划。

从表 2-2 中可以看到，除美国以现行法令保持对空间激光通信的支持之外，欧洲和日本逐渐将激光通信本身摆在较次要位置，而后以发展相关技术产业为依托将本技术应用领域加以扩展，从而带动区域经济维持良性开发循环，相应的其技术优势可能会逐渐被新兴国家所填平。

表 2-2 美国、欧洲、日本对空间激光通信技术的发展规划

国家/地区	文件/法律名称	涉及发展技术
美国	42 USC 19331: Microelectronics research for energy innovation	设立国家半导体技术中心； 研究内容：半导体器件、光子器件

(续表 2-2)

	15 USC 278t: Advanced communications research activities	研究内容：光和量子通信技术
	15 USC 4656: Advanced microelectronics research and development	研究内容：先进半导体材料开发与制造
	42 USC 19069: Astronomy and satellite constellations	激励创新：研究卫星对地面光学未来技术
	6 USC 121: Information and Analysis	制定计划：发展信息技术、电信系统（包括卫星）
	51 USC 60601: Space weather	研究内容：空间天气（大气湍流、恶劣天气影响）
	15 USC Ch. 72: SEMICONDUCTOR RESEARCH	研究内容：半导体技术及材料
	47 USC Ch. 8: NATIONAL TELECOMMUNICATIONS AND INFORMATION ADMINISTRATION	研究内容：第五及下一代通信系统基础设施设备； 扶持目标：信息和通信技术制造商、供应商
欧洲	COMMISSION IMPLEMENTING DECISION on the adoption of the work programme for 2023-2024 within the framework of the Specific Programme implementing Horizon Europe – the Framework Programme for Research and Innovation and on its financing	激光机床领域和激光市场；高度定制化激光生产； 光集成电路；超低激光线宽、超高小光比调制器和开关、光耦合接口、封装；光子元件；眼安全激光；光学传感器（激光器）；激光扫描
日本	光・量子を活用した Society 5.0 実現化技術 研究開発計画	光学/量子通信确定为重要且高优先的技术 开发高光束质量、紧凑、节能的光子晶体激光

(续表 2-2)

		器； 降低电子元件加工成本； SiC 掺杂半导体激光器；显示器用多晶硅半导体的激光退火。 (激光通信发展为激光加工的副产物)
	「光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発・実証」	计划于 2024 年前完成管通信技术关键要素地面功能及性能论证，...2026~2027 年间发射多颗卫星验证星间通信功能和性能。

2.4.2 激光通信技术全国政策环境

在我国激光通信是一项新兴产业，在 2006 年拟定的《中国高新技术产品目录》中规定中大功率激光器做激光通信用，在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中第一次提及光电通信。为适应新发展形势，将之列为国家发展方向之一。本技术作为上游技术，为下游各类型测绘任务、通信任务、扫描侦察任务提供技术支撑，故国家在此方面提供一定的政策倾斜。表 2-3 列出部分直接相关政策文件。除表中各项政策之外，有诸多文件中对卫星“跟踪系统”“授时系

统”“传输效率”等性能提出更高发展需求。

表 2-3 我国对空间通信技术发展的政策

文件名称	发展方向	文件原文
工业和信息化部公告 2012 年第 31 号—产业转移指导目录（吉林省部分）（2012）	1.电子信息产业	集成电路封装测试、半导体光学器件、基础元器件、激光器件、敏感元件及传感器、信息安全产品
	2.装备制造业	光学仪器、光学望远镜、经纬跟踪仪
	3.建材工业	光学玻璃材料、光学晶体材料、人工晶体材料、微纳米复合材料
	4.新材料工业	工程塑料及塑料复合材料、废金属制品精密模具
国家民用空间基础设施中长期发展规划（2015-2025 年）（2015）	强化创新驱动	着力推动核心关键元器件、有效载荷、应用技术等重点领域和关键环节创新发展
	遥感卫星科研任务	掌握长寿命、高稳定性、高定位精度、大承载量和强敏捷能力的卫星平台技术，突破高分辨率、高精度、高可靠性及综合探测等有效载荷技术，提升卫星性能和定量化应用水平。
	天地协调、同步发展	优化卫星载荷配置与星座组网；提升系统整体效能
中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要（2011）	服务应用，统筹发展	建立一星多用、多星组网、多网协同、数据集成服务的相关机制
	培育发展战略新兴产业	高端装备制造业重点发展航空设备、卫星及应用、轨道交通设备、智能制造装备。
	全面提高信息化水平	统筹布局新一代移动通信网、下一代互联网、数字广播电视网、卫星通信等设施建设…。

从表中可以看到，尽管只有《工业和信息化部公告 2012 年第 31 号—产业转移指导目录》（吉林省部分）直接提及发展激光通信技术相关元器件，其他材料则以“卫星通信设施”“高精度授时系统”等方式较笼统地对卫星通信系统整体提出更高的要求。因此从国家政策上来看，发展激光通信技术依旧是我国通信领域较核心的发展项目。

2.4.3激光通信技术吉林省政策环境

吉林省十二五规划才明确提出发展“激光器”为代表的光学产业进入新时代。依据前述国家现有政策及省内现状，吉林省将激光通信作为发展的重点方向配套推出如表 2-4 中的政策。

表 2-4 吉林省对空间激光通信技术的发展政策

文件名称	发展方向	文件原文
《吉林省战略性新兴产业发展“十四五”规划》	提升高端装备制造产业竞争力	航空装备、卫星制造
政策解读	数字化转型	激光技术
(2021)	谋划未来发展产业	激光通信领域

(续表 2-4)

关于发布 2024 年中国工程科技发展战略吉林 研究院咨询研究项目招标指南的通知 (2023)	以卫星激光通信为牵引促进吉林省 激光产业高质量战略研究	全面分析激光通信、激光器件及设备产业发展现状及趋势；...；结合吉林省产业发展基础情况，研判分析吉林省发展激光产业的优劣势及面临的机遇挑战，明确激光通信产业发展重点，提出发展路径和政策建议。
吉林省人民政府办公厅关于印发加快构建吉林 产业发展新格局实施方案的通知 (2021)	改造提升产业优势	推进光电显示、新型元器件、集成电路设计与制造等电子信息产业想上下游拓展延伸
	培育壮大新兴产业 布局未来产业	建设以长春、吉林为核心的航空航天产业集群 推进激光通信工程化研究，提升产品性能，开拓抢占市场
	推进新型产业补链建链	将生物医药、电子信息、通用航空（无人机）、新材料 4 各具 有先发优势的产业作为主攻方向
	创新平台建设	打造国家半导体激光技术创新中心、吉林国家碳纤维产业创新中心等重大科技创新基地。 ...强化高端激光芯片的研发与应用。开展激光芯片、激光雷达等关键核心技术研究，推动激光通信工程化研究。建设国家半导体激光创新中心，加快形成激光制造、设备加工、多领域应用的全产业链布局。
吉林省战略性新兴产业发展“十四五”规划 (2021)	提升信息领域制造能力	
	加快商用卫星产业发展壮大	加快光学相机、图像传感器、星敏感器、飞轮、控制力矩陀螺、碳纤维构件、激光通信、北斗导航增强系统等关键核心部件研发制造。构建从卫星研制、火箭发射、网络运营到数据开

(续表 2-4)

	发的全产业链。
提升精密仪器及装备自研能力	开展适用于态势感知、精密测绘、精准定位、精确制导、精确跟踪、精密测控等应用的光电装备研制。
未来产业重点发展领域	建设国家半导体激光技术创新中心，以技术优势带动激光材料、激光设备、激光器件等产品研发生产，促进激光应用，逐步形成完善的激光制造、设备加工、多领域应用的产业链。

从文件原文中可以看到，各项政策以激光通信为核心，面向上游光学元件、电子电路、成型材料；下游辐射光学相机、通信元件等相关产业，打造以激光通信技术为核心的产业集群。长春理工大学作为本省本技术创新主体之一能够获得本省政策支持，且长春理工大学倾向于技术的理论研究，能够为相关企业构建较为明确的理论方向。

2.5小结

综上所述，本章以激光通信技术原理为切入点，对国外技术优势主体及我国发展取得成就进行简要梳理，并对各国家和地区产业政策进行摘述。

其中国外研发主体以欧洲、美国、日本三地起步较早，经过半个多世纪的发展技术储备最为深厚，曾取得了多项世界第一。如今，空间激光通信已经进入“利用”阶段，部分发展主体，在政策引导层面，将本技术的核心发展地位部分调整为下游各种具体观测项目及衍生行业。

我国激光通信技术起步较晚，但在较短时间内取得较大的进步。在意识到光电通信的重大潜力后我国在十一五计划中明确将光电通信写入计划，并在十二五规划列入并提出大力发展高端装备制造业。而后在十三五、十四五规划中则下放为通信相关技术，更加注重技术的下游应用，逐渐褪去“先进性”外衣，转变成传统发展项目。激光通信技术经过十几年的发展逐渐追平国外先发优势，甚至在部分领域有所领先，完成了从“能用”向“利用”的转变。具体到吉林省依托中国科学院长春光学精密机械与物理研究所和长春理工大学在本领域的深厚理论基础，在吉林省政策倾向中能够更快发展确立技术优势。

因此，吉林省将激光通信作为大力发展的重点项目，既顺应国家发展战略又顺应本地区原有科研基础，加之政

策倾斜，可以乘着激光通信技术从“利用”向“好用”转型的东风打成吉林省核心发展产业。

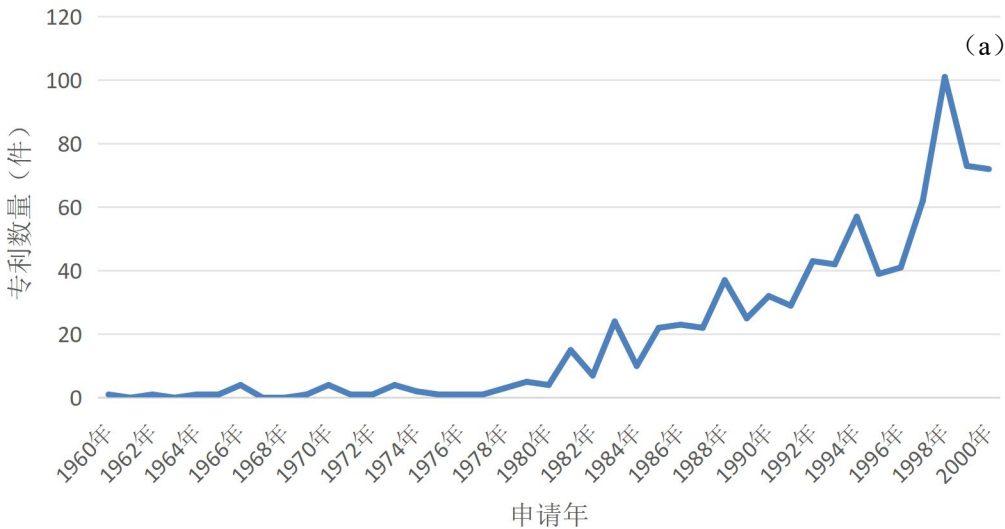
第3章 空间激光通信技术专利态势分析

本章对空间激光通信组网技术整体专利态势进行分析，以掌握全球、中国、吉林省空间激光通信组网技术产业的专利态势。

3.1 全球专利态势分析

3.1.1 全球专利申请趋势

截止至检索日，在空间激光通信组网技术领域内全球累计申请并公开的专利数量为5039件。如图3-1所示，近地空间激光通信组网技术的专利申请量整体呈增长的趋势。



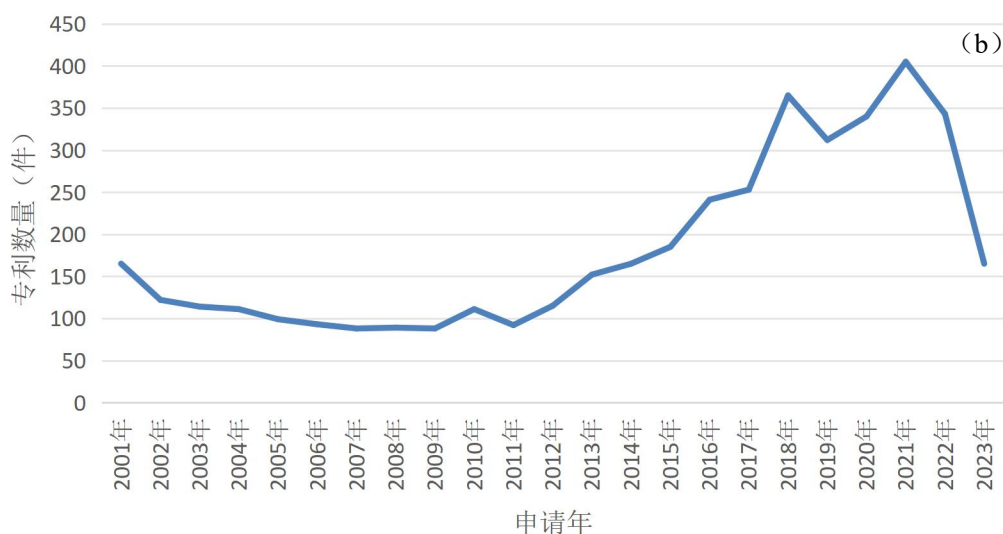


图 3-1 空间激光通信组网技术全球申请趋势 (a) 1960-2000 年; (b) 2001-2023 年

第一阶段（1960-1980年）

20世纪60年代，相关申请人开展了空间激光通信组网技术的研究，但该技术仍处于缓慢发展期，每年专利的申请量较少。

第二阶段（1981-2000年）

空间激光通信组网技术的研究在这一时期快速发展，专利申请量平稳上升，并于2000年达到了这一阶段申请量的峰值。

第三阶段（2001-2006年）

这一时期空间激光通信组网技术处于调整阶段，专利申请量有所下降。

第四阶段（2007年至今）

空间激光通信组网技术的专利申请量自2007年起至今正经历第二次快速发展期，该时期的专利申请量快速上升，申请人整体对空间激光通信组网技术发展前景感到乐观。

此外，除非申请提前公开，中国发明专利一般自申请日起18个月才被公开，所以部分专利仍未完全公开。因此，目前检索到的专利数据中专利申请的数量可能比实际的申请量要少。

结合全球空间激光通信组网技术的发展与相关专利申请趋势分析发现，在二十世纪七八十年代建立了基本的近地空间激光通信组网技术框架，相关的理论研究和实际应用仍处在尝试阶段，所以这一时期的专利申请数量较少；从八十年代到二十一世纪前，随着激光通信系统的性能提升、通信距离的增加、抗干扰能力的改进以及应用场景的拓展，这些技术突破推动了空间激光通信组网技术的快速发展，因此专利申请数量也快速增加；进入二十一世纪后，全球各个行业对于通信技术的需求不断增加，得益于技术突破、应用需求、技术投入和支持以及国际竞争与合作等多重因素的综合作用。这些因素相互促进，推动了该技术的创新和应用，为全球空间激光通信组网技术的发展提供了良好的前景。

3.1.1.1 全球专利申请类型

截止至检索日，共检索到全球空间激光通信组网技术相关专利 5039 件，如图 3-2 所示，其中发明专利 4736 件，占比 93.99%；实用新型专利 303 件，占比 6.01%。

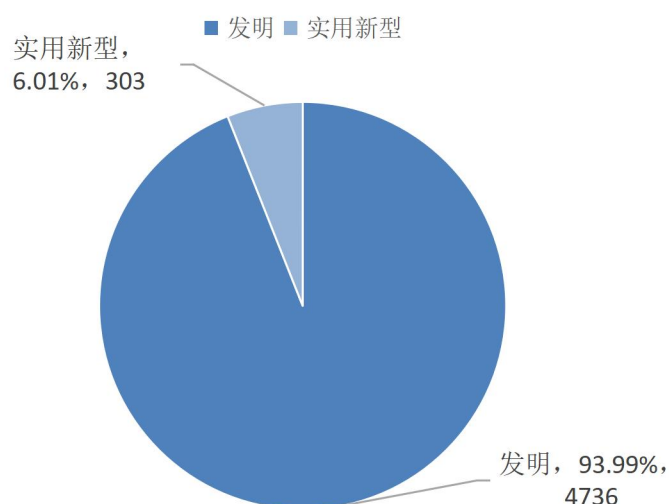


图 3-2 全球空间激光通信组网技术专利类型

通常发明专利通常涉及到技术领域的核心创新和重大突破，需要具备较高的创新水平和技术深度。在空间激光通信组网技术领域，发明专利占比高表明大部分专利涵盖了该领域内的前沿技术和核心创新，因此更适合申请发明专利来保护这些重要的技术成果。

另外发明专利相对于实用新型专利来说，对于技术的创新性、非显而易见性和实际应用性等方面的要求更高。在空间激光通信组网技术领域，由于涉及到复杂的光学通信、大气传输、数据处理等技术，发明专利更能够有效地保护这些技术的核心内容和创新点。

最后发明专利在技术创新和市场竞争中具有更高的保护力度和竞争优势。在空间激光通信组网技术领域，由于技术的核心价值和市场前景较为重要，申请发明专利可以更有效地保护技术创新，提高技术壁垒，增强企业在市场竞争中的地位。

所以，空间激光通信组网技术领域发明专利相对于实用新型的占比较高，反映了在全球空间激光通信组网技术领域，更多的创新集中在技术的核心方面，具有较高的创新水平和技术含量。

3.1.1.2 全球专利申请法律状态

截止至检索日，检索到的全球空间激光通信组网技术相关专利中，如图 3-3 所示，授权的专利占全部专利的 41.37%；未缴年费专利的占全部专利的 15.91%；期限届满的专利占全部专利的 12.99%；处于实质审查阶段的专利占全部专利的 9%；撤回的专利占全部专利的 7.21%；驳回的专利占全部专利的 5.5%；放弃的专利占全部专利的 3.6%；公开的专利占全部专利的 3.09%；权利终止的专利占全部专利的 0.87%；避重放弃的专利占全部专利的 0.26%；申请终止的专利占全部专利的 0.13%；权利恢复的专利占全部专利的 0.06%。下面从技术创新活跃度、市场竞争态势和知识产权保护情况三个方面分析全球空间激光通信组网技术法律状态。

从技术创新活跃度的角度来看，在全球空间激光通信组网技术领域，专利授权是技术创新成果的重要体现。根据数据显示，授权的专利占全部专利的 41.37%。这表明在该领域存在着大量的技术创新成果，并且这些成果得到了专利保护。反映出该领域的技术创新活跃度较高，吸引了较多的专利申请。

此外，还有 9%的专利处于实质审查状态，这也说明该领域的技术创新和专利保护仍处于快速发展的阶段。

从市场竞争态势的角度来看，在全球空间激光通信组网技术领域，根据专利数据库的数据，7.21%的专利申请被撤回，5.5%的专利申请被驳回。这表明该领域存在一定程度的竞争态势。专利申请被撤回可能是因为申请人认为申请前景不佳，或者技术上存在一定的问题；而专利被驳回则说明审查机构对于某些技术的判断存在差异，需要申请人进一步完善申请。这些都反映出该领域内部存在技术和市场竞争，申请人需要在技术和专利申请质量上进行深入思考和提升。

同时，有 3.09%的专利处于公开状态，意味着有较多申请人在该领域进行技术创新，并通过专利保护自己的技术成果。表明该领域可能存在较高的竞争压力和技术创新活动，申请人需要密切关注市场动向，加强技术研发和市场营销，以在激烈的竞争中取得优势地位。

从知识产权保护情况来看，15.91%的专利处于未缴年费状态，12.99%的专利因期限届满而失效，3.6%的专利申请人放弃了申请。这些数据表明专利权的维护面临一定的挑战，其中包括经济因素、战略因素等。专利持有人需要注意及时缴纳年费、合理规划专利维护策略，以确保专利权不会因此而丧失。

此外，还有 7.21%的专利处于撤回状态，这表明该领域存在一定的专利争议和风险，专利持有人需要及时应对和解决。

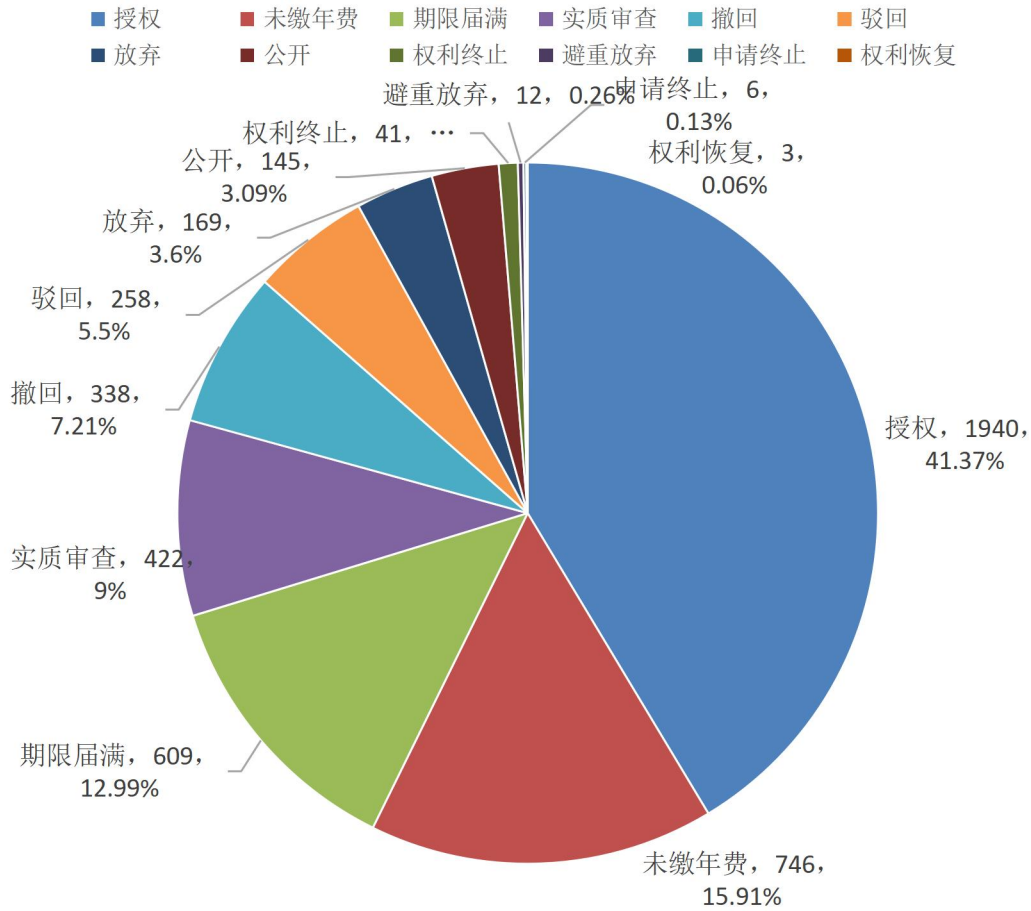


图 3-3 全球空间激光通信组网技术专利法律状态

注：PCT 申请属于专利申请的一种渠道，不属于法律状态，故不做统计

综上所述，全球空间激光通信组网技术领域的技术创新活跃度较高，存在相应的市场竞争态势，并且专利权维护面临一定的挑战。相关企业、研究机构和政府部门需要在技术研发、市场竞争和知识产权保护方面加强管理和规范，以促进该领域的可持续发展。

3.1.2 全球专利申请人国家/地区分布

3.1.2.1 全球专利申请技术来源地分析

技术来源地是指首次申请专利的国家/地区，也就是指该项专利技术最初由哪个国家/地区的申请人所提出。

如图 3-4 所示，全球空间激光通信组网技术专利的主要申请人来自于中国、美国、日本、韩国、德国等国家。其中申请人来自中国的专利共 1768 件，占全部专利的 35.09%；申请人来自美国的专利共 1300 件，占全部专利的 25.8%；申请人来自日本的专利共 1063 件，占全部专利的 21.1%；申请人来自韩国的专利共 178 件，占全部专利的 3.53%；申请人分布于德国的专利共 145 件，占全部专利的 2.88%。目前，中、美、日为全球空间激光通信组网技术的主要申请国家，三个国家的申请量占全球总申请量的 81.99%，是全球空间激光通信组网技术战略布局的重要竞争者。

其中，中国专利数量最多，占比 35.09%：中国近年来在科技创新和研发投入上持续增加，特别是在新兴领域如激光通信组网技术上取得了显著进展。中国专利数量的增加反映了中国在该领域的积极探索和发展态势，显示出中国对激光通信技术的重视和实力。

美国专利数量较多，占比 25.8%：美国一直以来都是科技创新的重要推动者，其在激光通信技术领域的专利数量反映了美国在该领域的技术实力和创新能力。美国的专利

申请数量虽然排名第二，但仍然显示出其在激光通信领域具有重要地位。

日本、韩国和德国的专利数量相对较少，分别占比 21.1%、3.53%和 2.88%：这几个国家在空间激光通信组网技术领域的专利数量虽然不及中国和美国，但仍然显示出它们在该领域的技术布局 and 投入。

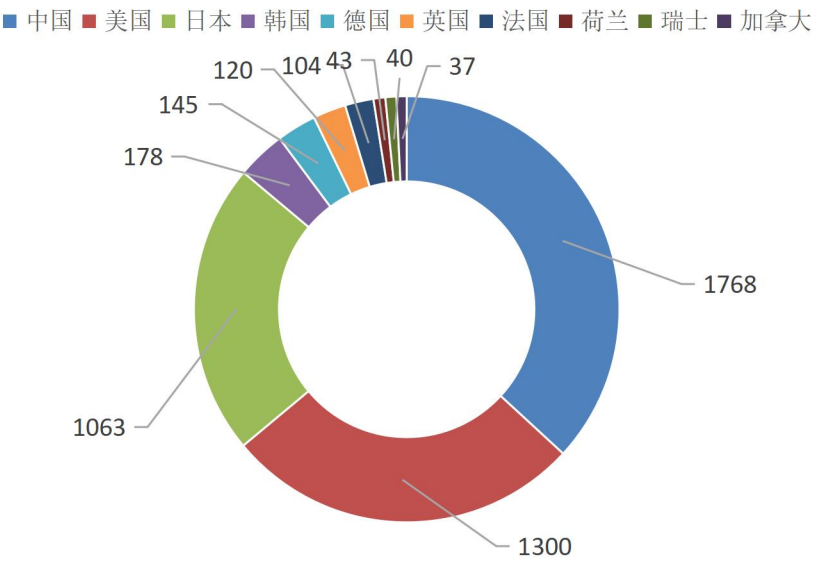


图 3-4 全球空间激光通信组网技术专利申请人分布国家

3.1.2.2 全球专利申请目标市场地分析

目标市场地即专利布局国家/地区，表示申请人希望在哪些国家或地区获得专利保护，显示其将该国家或地区视为相关技术或产品的主要销售市场。

如图 3-5 所示，自 20 世纪 70 年代以来，全球空间激光通信组网技术专利的主要布局国家/地区呈现不同的趋势。在该领域发展初期至 2000 年前，日本是专利布局的重点区域。进入 21 世纪，美国迅速崛起成为空间激光通信组网技

术的主要专利布局国家，确立了其在全球市场的主导地位。自 2008 年以后，中国和美国这两个主要布局国的专利申请趋势出现明显差异。中国整体上升势头迅猛且增长幅度较大；美国在 2020 年之前呈现缓慢上升的态势，但近两年的申请量有所下降。而日本在该领域的专利申请量急剧减少。其他国家/地区的申请量基本保持在较低水平，并没有明显的趋势变化。

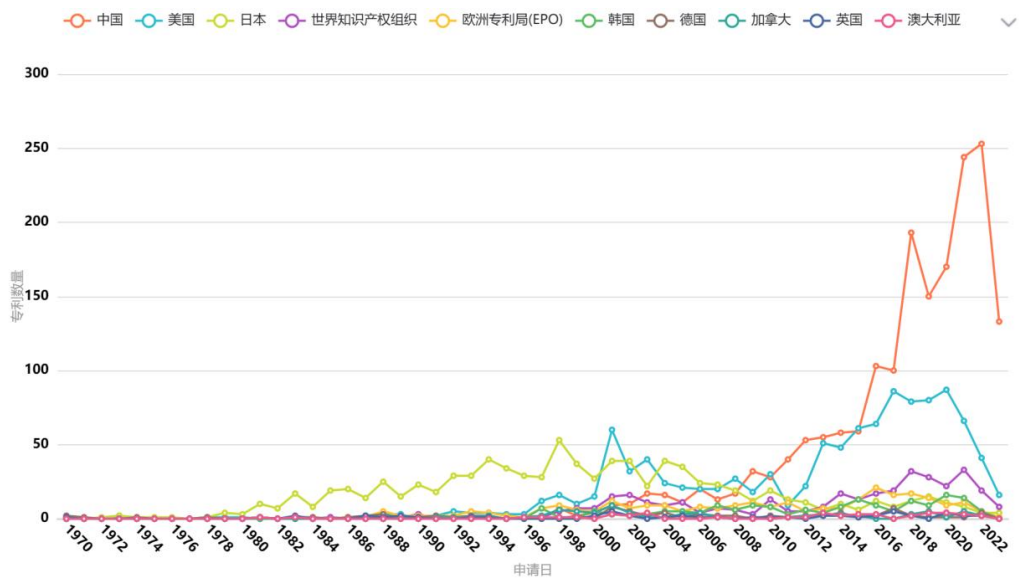


图 3-5 全球空间激光通信组网技术专利主要布局国家/地区申请趋势

3.1.3全球专利申请人分析

如图 3-6 所示，全球空间激光通信组网技术专利主要申请人中，中国申请人主要类型为高校和研究所等科研机构，外国申请人的主要类型为企业。这表明中国的高校和研究所在空间激光通信组网技术领域具有重要地位。这些机构拥有丰富的人才和研发资源，是空间激光通信组网技术创新的主要推动力量。科研院所积极参与专利申请，旨在

保护自己的研究成果，并为后续的技术转移和商业化提供基础。外国企业对空间激光通信组网技术的商业化应用和市场潜力十分重视，希望通过专利保护来确保自己在相关领域的竞争优势，意味着他们计划将空间激光通信组网技术用于产品开发、生产与销售，以实现商业利益。

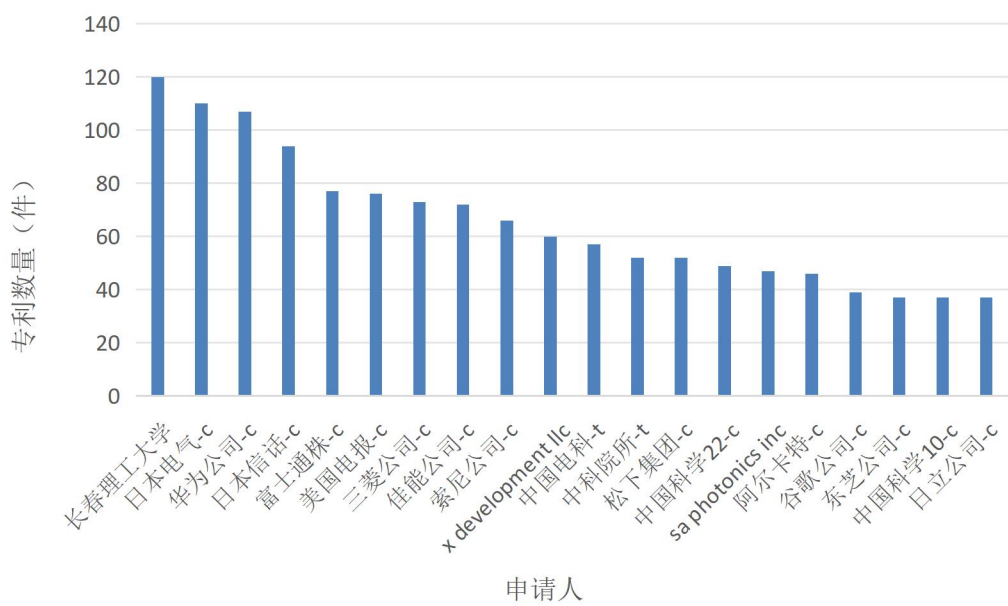


图 3-6 全球空间激光通信组网技术专利主要申请人（前 20 名）

日本电气有限公司(NEC Corporation，以下简称 NEC 公司)是一家日本跨国公司，涉及多个领域，包括信息技术、通信、半导体等。在通信方面，NEC 公司在卫星通信相关领域，拥有丰富的经验和技術，具有一定的实力和影响力。

1、专利申请总体趋势分析

早在 1966 年 NEC 公司就开始了空间激光通信组网技术相关专利的申请。截止到检索日，NEC 公司共申请了 110 件该领域的相关专利。申请趋势如图 3-7 所示，NEC 公司总体申请趋势相对松散，历年申请量较为随机。2014-2017

年为 NEC 公司申请量的高峰阶段，年平均申请 7 件近地空间激光通信组网技术相关专利。2002 年-2009 年为 NEC 公司申请量的低谷期，8 年仅申请了 4 件该领域的相关专利，其余年份则没有申请专利。

NEC 公司在空间激光通信组网技术专利申请趋势表明，其在该领域的专利申请上缺乏明确的创新战略和研发重点；专利申请缺乏针对性，资源投入较为分散。

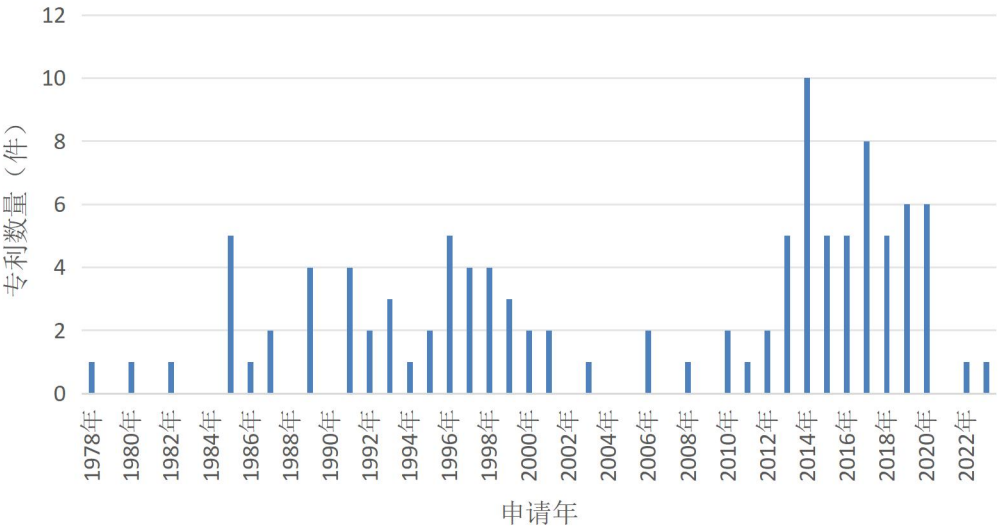


图 3-7 日本电气有限公司空间激光通信组网技术专利申请趋势

2、专利申请技术分布

NEC 公司申请的 110 件专利全部为发明专利，表明该公司在空间激光通信组网技术上具有较高的创造性和突破性。如图 3-8 所示，NEC 公司在空间激光通信组网技术涉及的领域包括：光发射机、光学电路、光接收电路、平行光束和反射镜。其中，光发射机、光学电路和反射镜为 NEC 公司在该领域的主要研究方向，这三个方向的专利占全部专利的 90%。



图 3-8 日本电气有限公司空间激光通信组网技术专利申请技术分布

3、专利运营情况

如图 3-9 所示，一方面 NEC 公司的近地空间激光通信组网技术专利申请集中在日本和美国。这表明该公司在本土市场和美国市场投入较多，这两个市场是其重点发展的地区。另一方面除了主要市场外，NEC 公司还在其他国家和地区，如 WIPO、德国、欧洲专利局等地区进行了专利申请。这表明该公司具有一定的国际化战略，希望在全球范围内保护自己的知识产权。

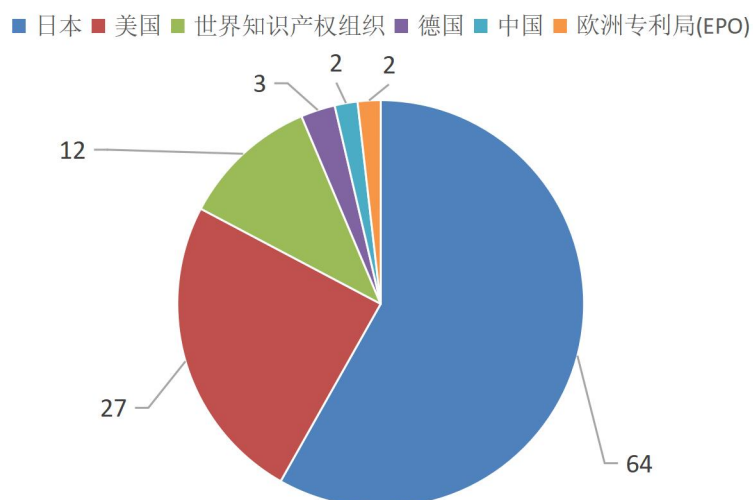


图 3-9 日本电气有限公司空间激光通信组网技术专利目标申请国

专利转让方面，如图 3-10 所示，首先 NEC 公司的近地空间激光通信组网技术专利转让数量整体较少，从 1980 年至今，该公司只发生了 39 次专利转让，平均每年不到 1 次，这表明 NEC 公司并不频繁地进行该领域的专利转让。其次 NEC 公司转让年份波动较大，尽管整体转让次数不多，但在某些年份，比如 2001 年、2015 年、2019 年等，专利转让次数较多，这可能与该公司战略调整、业务发展方向变化等因素有关。



图 3-10 日本电气有限公司空间激光通信组网技术专利转让趋势

如图 3-11 所示，NEC 公司在空间激光通信组网技术的专利转让对象多为内部，大部分专利转让都是在公司内部之间进行的，只有两次是转让给外部公司。这可能意味着该公司更倾向于内部资源的流动和共享，而不太倾向于把专利技术交给外部竞争对手。

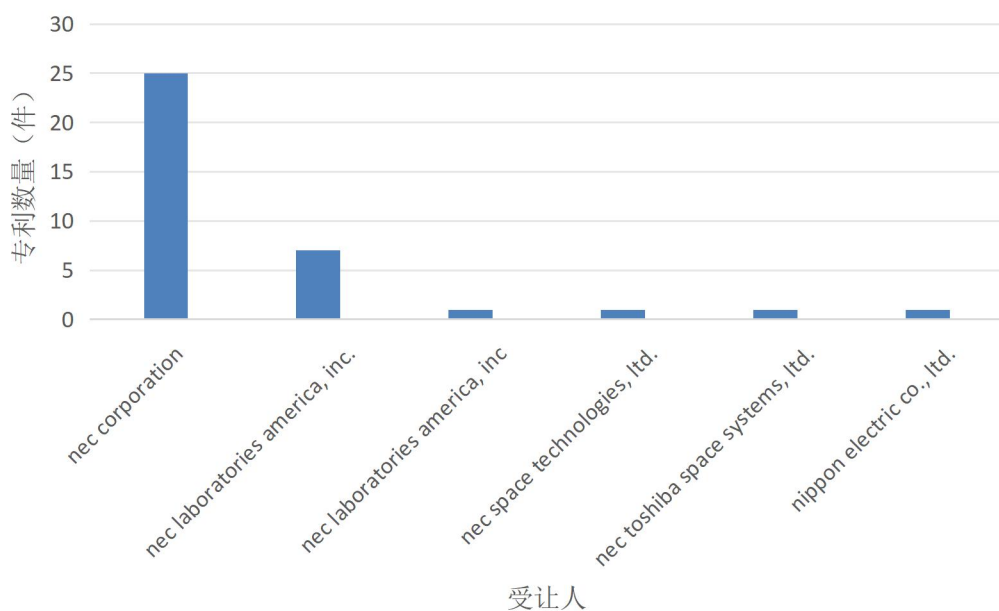


图 3-11 日本电气有限公司空间激光通信组网技术专利受让人排名

3.1.4全球专利技术功效分析

如图 3-12 所示，全球范围内，空间激光通信组网的专利主要涉及通信系统、通信方法和机械设备等领域。这些专利的技术效果主要体现在降低系统复杂性、降低成本以及提高效率等方面。尤其是在信息通信领域，空间激光通信组网专利数量较多，而在其他相关领域的专利数量相对较少，如电子电器、交通运输和计算控制等。总体而言，这些专利的创新主要集中在改善系统复杂性和降低成本方面，而在减小体积和提高可控性方面的专利相对较少。

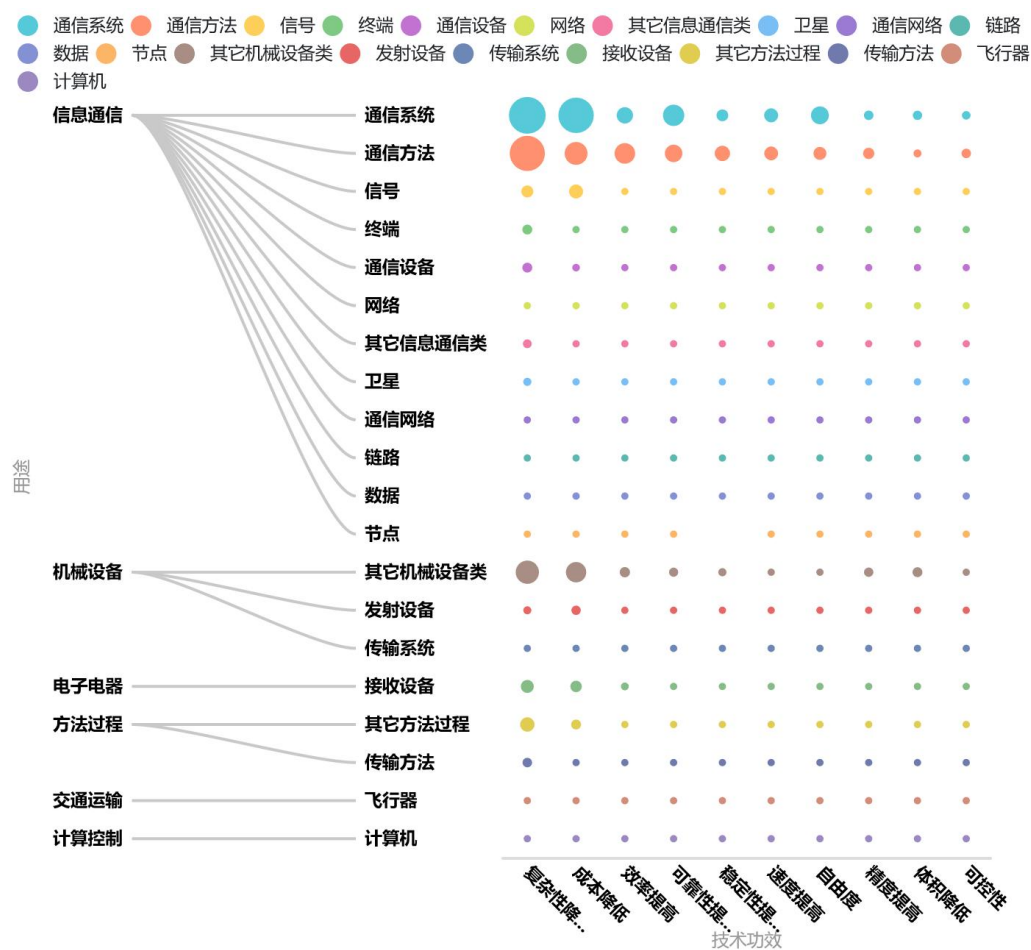


图 3-12 全球空间激光通信组网技术用途功效构成

如图 3-13 所示，在全球范围内，空间激光通信组网技

术的发展一直聚焦于简化复杂性和降低成本。这两个方向的创新一直是业界关注的焦点。复杂性降低的趋势总体上呈现出增长的趋势，尤其是从 2009 年开始。然而，从 2019 年到 2022 年之间，复杂性似乎出现了一些波动，最终在 2023 年达到了一个相对较高的水平。成本降低的趋势在整个时间范围内都是不稳定的。在 2000 年到 2010 年之间，成本降低的波动性较大。然而，从 2010 年后，成本降低的趋势逐渐稳定，并在 2017 年之后开始显著上升。

其余如效率提高、速度提高、体积降低等技术功效的提高趋势在整个时间范围内都呈现出了波动，尤其是在 2000 年到 2010 年之间。然而，从 2010 年后，稳定性提高的趋势逐渐稳定，并在 2018 年之后再次出现了增长。

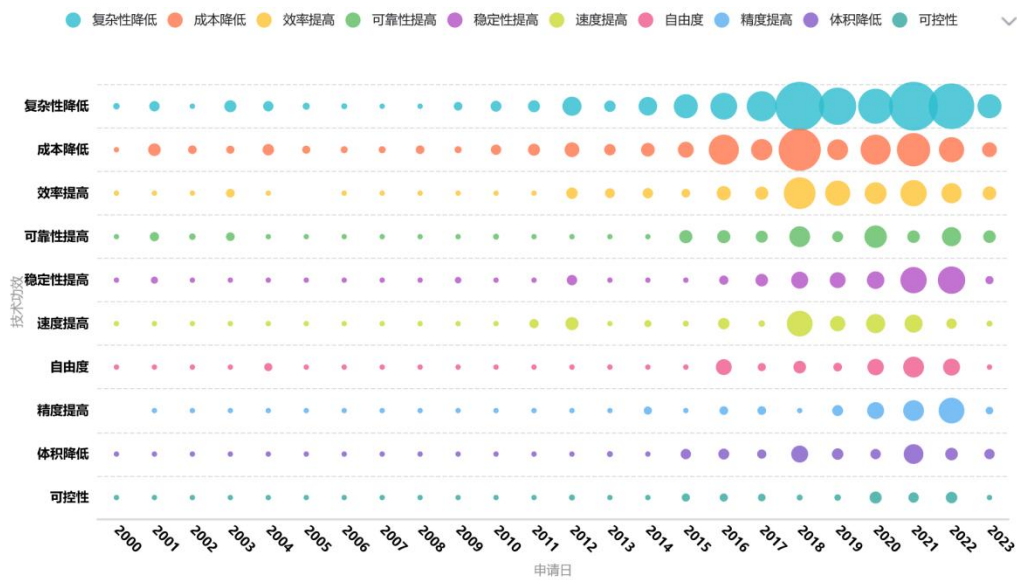


图 3-13 全球空间激光通信组网技术功效热点

3.2中国专利态势分析

我国空间激光通信组网技术研究起步较晚，发展过程总体经历萌芽期、探索期、发展期三个阶段；专利申请以发明专利为主；从法律状态分析我国专利活跃度较好，未缴年费现象较严重；从地区分布分析，表现出区域集中，全国在研的状态；从申请人类型分析，高校是我国专利最大来源，企业与高校部分区域研发能力错配。

3.2.1中国专利申请发展趋势

全国空间激光通信组网技术相关专利共计 1800 件，按年申请量统计，具体趋势情况如图 3-14 所示。

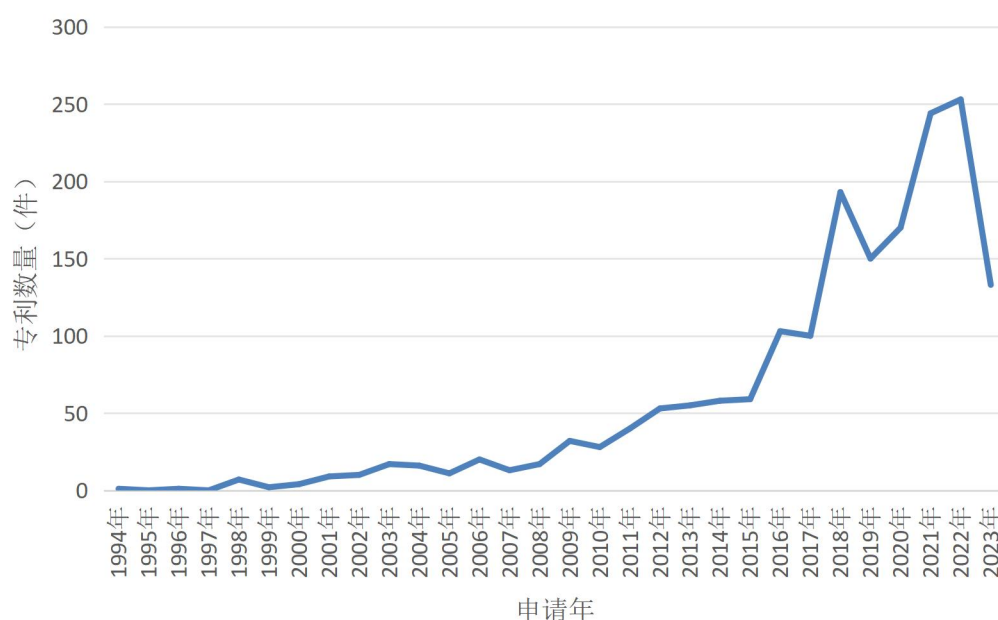


图 3-14 中国空间激光通信组网技术申请趋势

从图 3-14 中可以看出我国专利申请趋势逐年增加，我国科研实力逐步增强，针对于本项技术结合前述 2.2.2 我国研究现状，可以大致分为三个阶段：

1) 1994~2000 年为萌芽期，该阶段属于技术研发阶段，专利成果较少，仅有少数企业在我国申请专利，其中 1998 年共有 7 件专利申请，其中 6 件来自美国电话电报公司，包括激光通信的通信安全、激光通信通信系统及关键组件，另外 1 件由三星电子株式会社申请；

我国于 2000 年由中国科学院上海光学精密机械研究所首次申请本方面专利，为无线激光通信端机。标志着我国在激光通信领域内迈出第一步。

2) 2001~2010 年为探索期，2001 年开始我国沿通信保密、阵列传感器、移动终端三条研发线同步开始，逐渐扩展至包含激光通信收发端装置、激光通信方法、通信质量影响的全要素研究。该阶段中我国陆续取得地-地、地-空、船-地、空-空等实验性成果，也是在这一阶段中我国科研院所、相关企业逐渐取得自身研究成果，加以申请专利；

3) 2011 年至今为发展期，总体上解决从无到有的问题后，进入从有到精阶段，研究内容更加具体，以光端机为例：从收发端机依据已有技术的组装，对某一单一部件改进测试，到考虑端机所用期间细节：激光器选型、结构、工作状态；光学镜片材质、镀膜工艺；收发天线形貌结构；器件整体的排布方式。在实际应用中，对新一代技术进行组合、实验，取得如墨子号、北斗三号等实验星完成既定任务可喜成绩。此外大量申请也可以看到，科研人员通过专利申请以：背景技术的引用、已有缺陷的指出、改进方

法的提出、实施例的列举等方式为代表，有别于传统论文的，一种新的技术交流、沟通、比较、论证方式正逐渐被科研人员重视。

3.2.2 中国专利申请类型

从专利申请类型角度分析，如图 3-15 所示，发明专利累计 1533 件占比 85.17%，实用新型专利累计 267 件占比 14.83%，其中发明占绝大多数。基于发明专利的审理周期长、实质权属范围严格、保护内容要求详实等特点，结合我国对本技术从信号产生、编码、传递、接收、影响因素等全方位全要素研究的现状，在研发中依然以发明为主，足见我国将本项技术列为基础研究项目做重点推进。

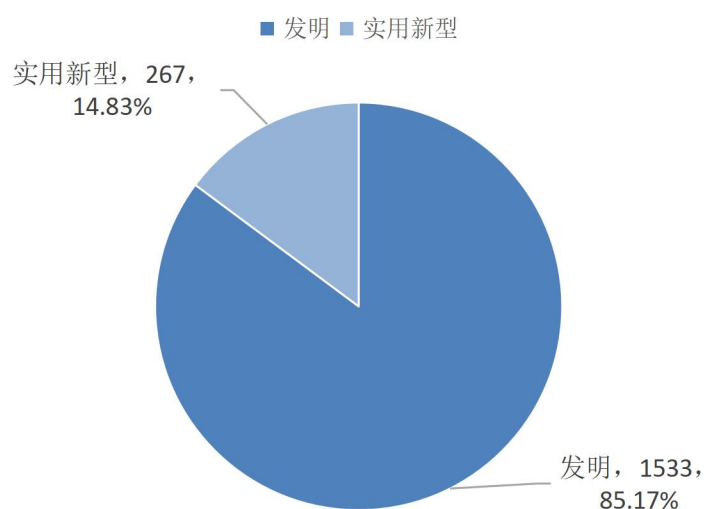


图 3-15 中国空间激光通信组网技术专利申请类型

3.2.3 中国专利法律状态

图 3-16 中可以看到，有效专利共计 896 件占比 49.78%，审中专利共计 331 件占比 18.39%，失效专利共计 573 件占比 31.83%。

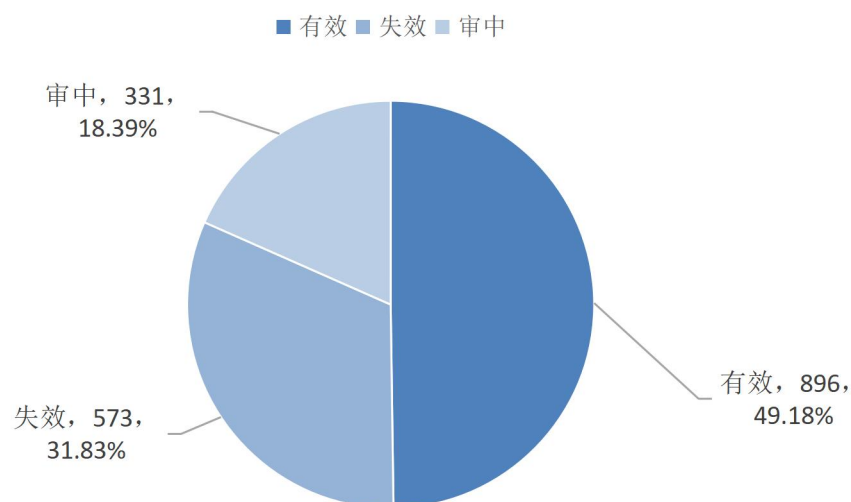


图 3-16 中国空间激光通信组网技术专利法律状态总览

如图 3-17 所示，失效专利中，未缴年费专利共计 238 件占比 41.54%，撤回专利 170 件占比 29.67%，驳回专利 136 件占比 23.76%，期限届满专利 14 件占比 2.44%，避重放弃 12 件占比 2.09%，放弃专利 3 件占比 0.52%。

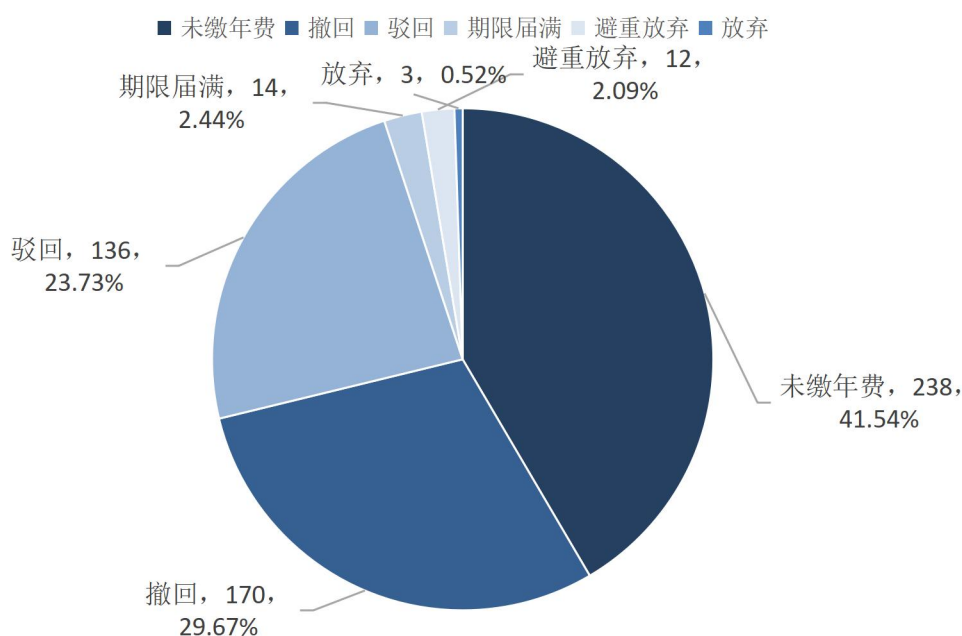


图 3-17 中国空间激光通信组网技术专利失效原因

整体情况可以看到：技术活跃方面，我国有效专利占比 49.18%，说明技术活跃度较高，研发人员乐于投入本领域技术研发；技术竞争方面，专利的撤回、驳回占全部专利的 17%说明整体技术具有一定竞争性，整体上表现出各具特色；技术保护方面，未缴年费、期限届满、避重放弃、放弃四项占全部专利的 14.83%，说明具有一定的保护意识，且企业经营情况、技术革新等都会造成未缴年费而放弃故不能一概而论的评价保护情况。

发明专利与实用新型专利在审查要求与授权难度有很大差异，下面对两类专利的法律状态分别进行讨论。

发明专利的法律状态情况如图 3.19 所示，其中授权专利 753 件占比 49.12%，实质审查专利 314 件占比 20.48%，撤回专利 170 件占比 11.09%，，未缴年费 140 件占比

9.13%，驳回专利 136 件占比 8.87%，公开专利 17 件占比 1.11%，放弃 3 件占比 0.2%。

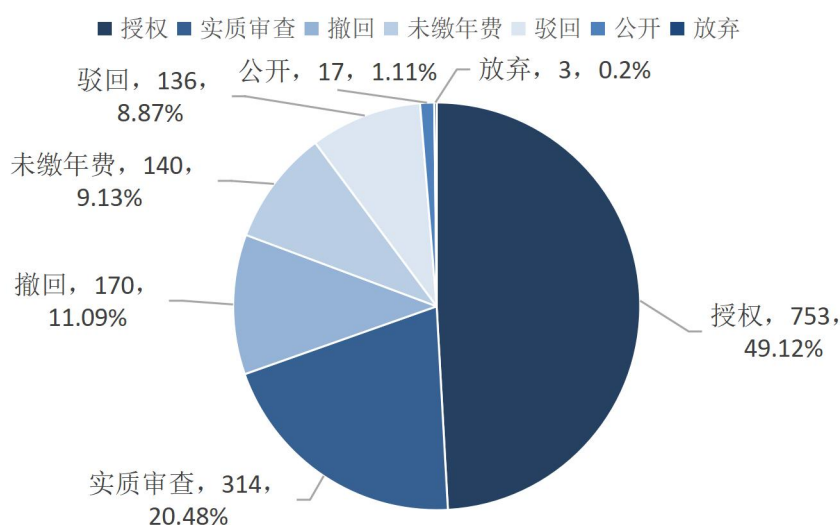


图 3-18 中国空间激光通信组网技术发明专利法律状态概况

从技术活跃度分析，授权专利、实质审查专利占比 69.60%，总量上占大多数，说明本领域始终有新的创意研究点被发掘、研究。从全国层面形成较好的集群优势，吸引研发人员投入本领域的研究。

从技术竞争分析，专利的驳回与撤回占比 19.96%，说明本领域技术创新竞争较为激烈。受保密期影响，部分专利重复申请、创新性被覆盖、授权前景不佳等综合因素判断而驳回、撤回。另有 1.11% 的专利处于公开而未进入审查阶段，说明申请人不断观望该申请授权前景、领域技术革新方向等情况，确保专利有的放矢、申有所用。

在专利权保护方面，授权占比 49.12%，未缴年费占比 9.13%。两类专利申请人具有较高重合度，说明在申请专利的过程中，受研发战略调整而主动放弃部分专利。

从实用新型角度分析，如图 3-19 所示，授权占比 53.36%，未缴年费 36.7%，期限届满与避重放弃各占 5.24% 和 4.49%。可以看出未缴年费而失效情况较为严重，有效的专利中呈现出长期持有趋势，现阶段期满失效为 5.24%。此外，避重放弃的占比较低，可能因为一方面发明专利审查周期长，另一方面院校科研人员不了解新型专利与发明专利存在连贯保护特性。

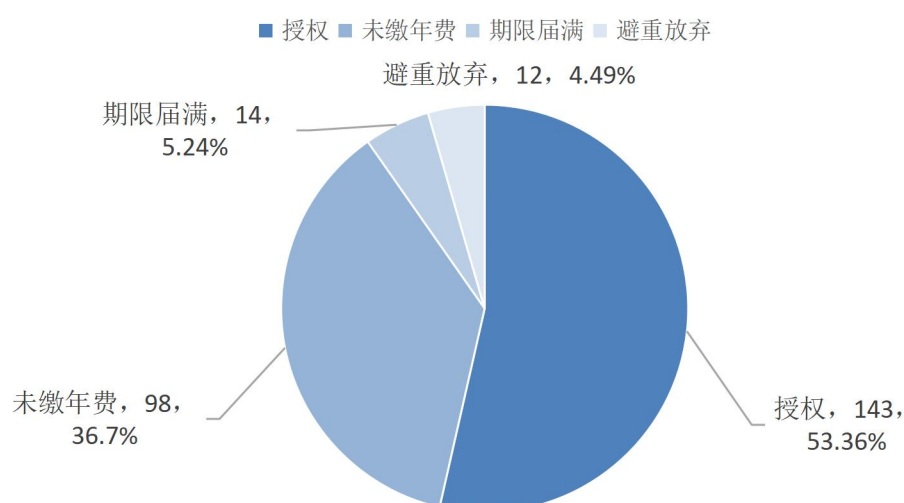


图3-19 中国空间激光通信组网技术实用新型专利法律状态概况

综上所述，我国专利状态总体尚可，技术研发、交流、转化较为活跃。发明专利方面呈现集群态势，技术探索、竞争较为活跃；部分申请人持观望态度；部分专利因研发战略调整而产生未缴费放弃等问题。实用新型方面，除年费缴纳问题外，势头良好有长期持有趋势。

3.2.4 中国内地申请人省市分布

如图 3-20 为我国各省申请专利情况，从图中可以看到申请人主要集中于北京（202 件）、广东（190 件）、江苏（171 件）、吉林（162 件）、陕西（153 件）、上海（151 件）、浙江（108 件）、湖北（102 件）、四川（84 件）等地。

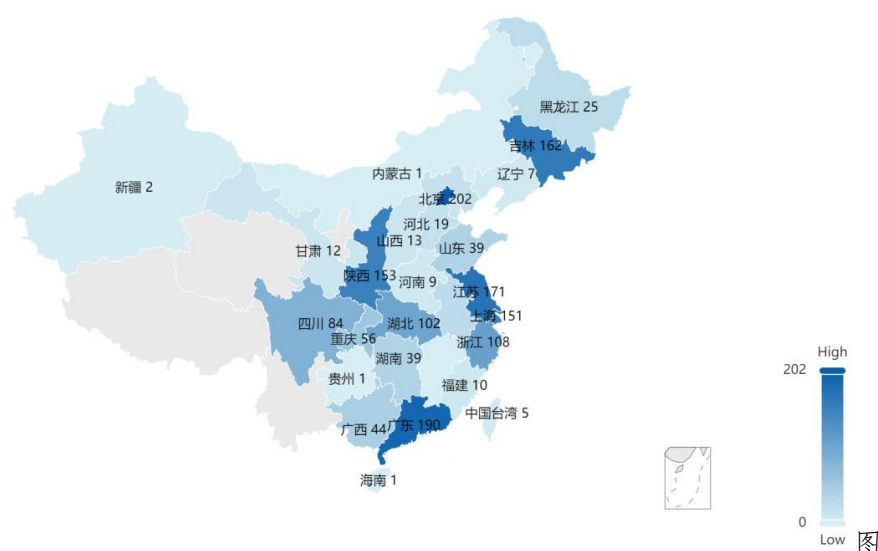


图 3-20 中国空间激光通信组网技术申请人省市区分布

各主要研究省份的集中既有历史因素也有实际需求因素：北京吸引各地人才到此扎根；广东、江苏、上海等地，开放较早，引入形成后发优势；吉林承接苏联转移的大量装备制造转移工程，在光学领域研发较早技术储备深厚；四川、陕西、湖北、上海等地由于历史上三线建设、人员南迁等原因，获得研发能力并持续开展研究。

其中北京市重点关注北京极光星通科技有限公司，该公司以信标光为核心扩展激光通信系统及通信装置；中国

科学院半导体研究所以光收发机为研究核心，涉及信息加密传输系统。

沿海省市中，中国科学院上海光学精密机械研究所兼具人才南迁及区位优势，成为该地区中最大的申请主体，以相干光为研发重点覆盖调制解调器、信号发射器、收发装置等领域；次多申请人为华为技术有限公司，以信息传输为研究起点，覆盖信号调校、光路中继、收发系统。吉林省需关注中国科学院长春光学精密机械与物理研究所，该研究所与长春理工大学同为王大珩创立，研究范围涵盖远场光传输和大气信道稳定通信延伸至光负载及对准。

腹地各省市中西安电子科技大学在本领域中亦有卓越贡献，该大学以激光通信的高效、稳定为入手点，分别针对大气湍流、通信协议两部分进行配套展开，涉及光编码、通信时效性、空间补偿方法等。

可以看到其余各省市区申请量虽不及上述各地区，同样有体量较大的申请主体：位于广西省的中国电子科技集团公司第三十四研究所；位于浙江的宁波光舟通信技术有限公司；重庆市的重庆邮电大学；位于河北的中国电子科技集团公司第五十四研究所等。

3.2.5 中国专利申请人分析

从申请人类型看，如图 3-21 所示，学校共申请专利 691 件（39.08%）成为我国最大的创新主体，企业 657 件

(37.16%) 和科研单位 283 件 (16.01%) 紧随其后。数量与申请人类型对比可以看到：学校为企业、科研院所提供创新人才，企业将人才与实际结合提出新的创新方案；科研院所则以人才为基础进行技术研发。表明在本领域内初步形成以人才为基础知识产权的良性循环。

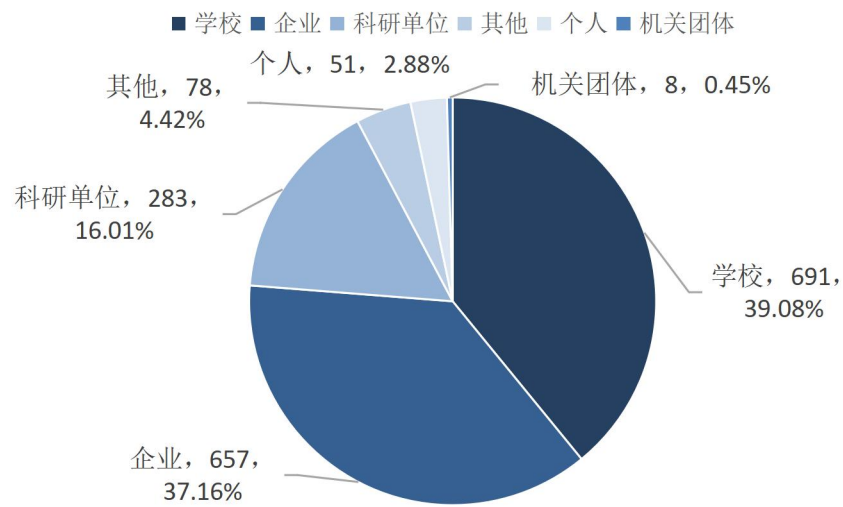


图 3-21 中国空间激光通信组网技术各类型申请人对研发贡献

3.2.5.1 大专院校

大专院校共申请 691 件专利，前十五位申请人如图 3-22 所示，其中长春理工大学共 120 件专利、西安电子科技大学 34 件、西安理工大学 30 件。申请趋势如图 3-23 所示，2001~2005 年总计共申请 10 件专利；2006~2010 年共申请 41 件专利，随后呈现加速发展态势。

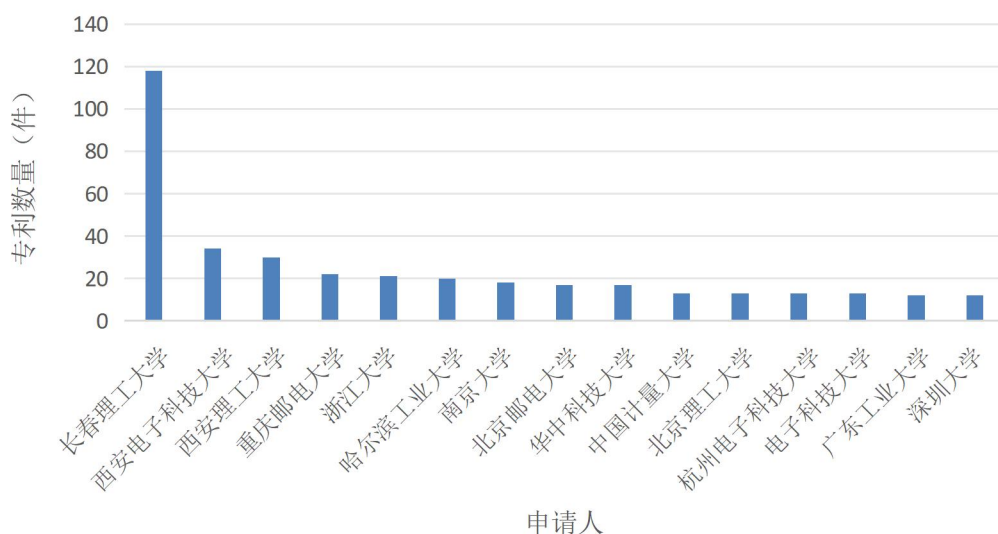


图 3-22 中国空间激光通信组网技术大专院校申请人排名（前 15 名）

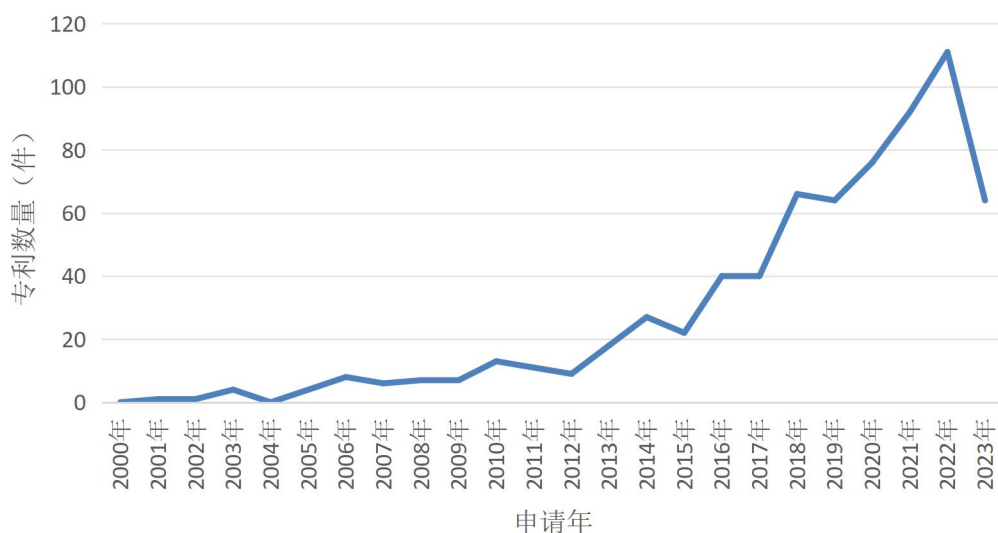


图 3-23 中国空间激光通信组网技术大专院校申请人专利申请趋势

3.2.5.2 科研单位

科研单位共申请 283 件专利，前十五位申请人如图 3-24 所示以上海光机所、中科院光电技术研究所、西安光机所、上海物理所、中科院半导体研究所申请量最高。如图 3-25 所示，技术功效可以看到上海光机所主要目标是降低系统复杂性，次要目标为精度、稳定性的提高；相比之下

西安光机所在提升效率、减小体积、降低复杂度方面表现较为均衡。

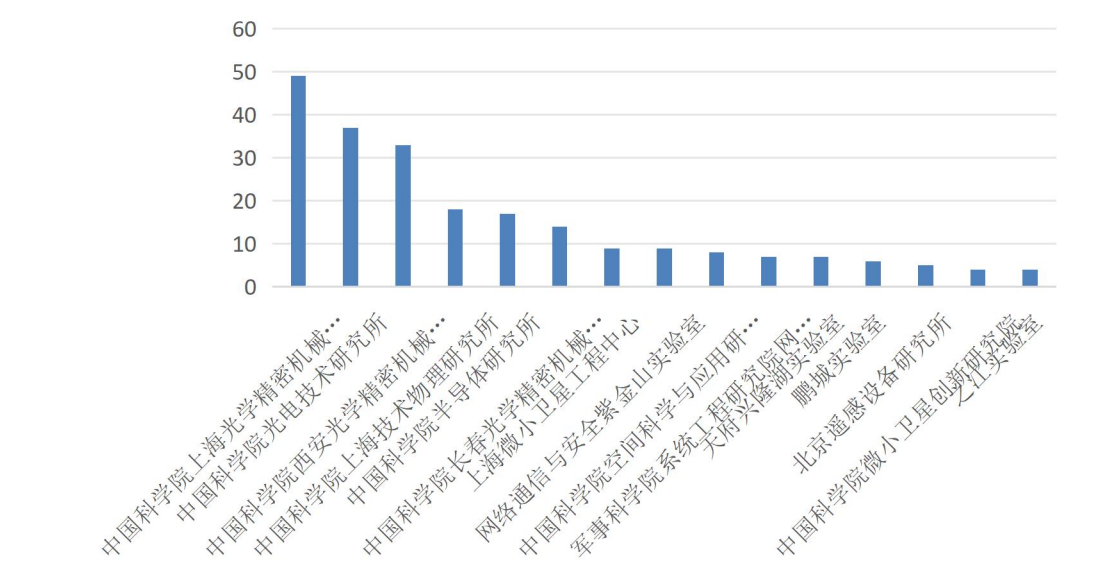


图 3-24 中国空间激光通信组网技术科研单位专利申请排名（前 15 名）



图 3-25 中国空间激光通信组网技术科研单位技术目的概览

3.2.5.3 企业

从图 3-26 中可以看到，企业专利申请总量为 657 件。企业中申请量较大的主体依次为：华为技术有限公司、中国电子科技集团公司第三十四研究所、宁波光舟通信技术

有限公司、西安空间无线电技术研究所、南京英田光学工程股份有限公司。省市区分布来看如图 3-27 所示可以看到与图 3-20 我国申请人省市区分布出入较大，集中表现在吉林、陕西、江苏、上海、四川等地，说明上述各地学术研发积极性很高，但所在省市相关企业数量较少、研发能力不够突出。

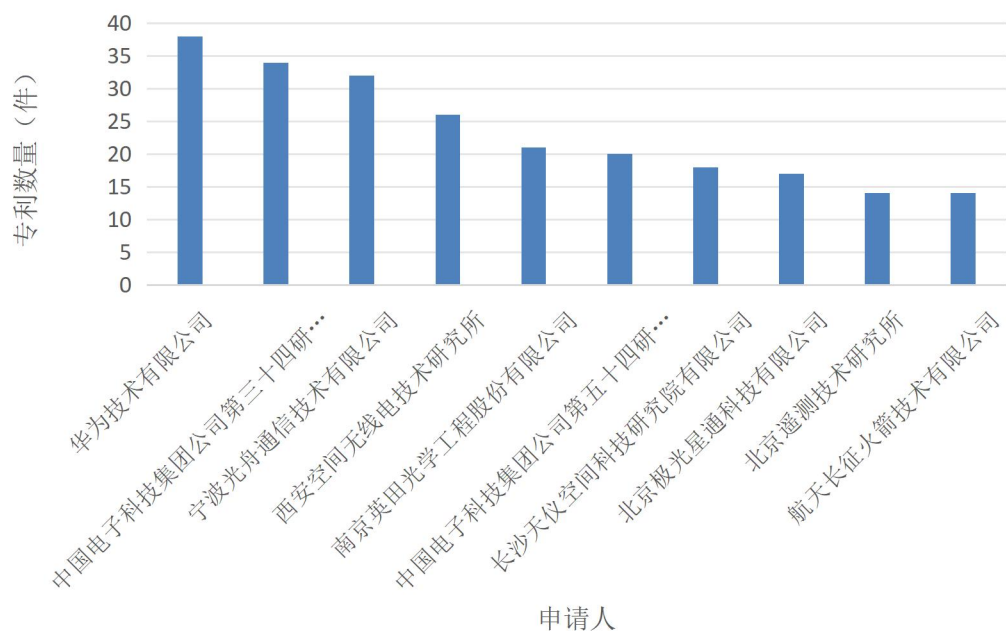


图 3-26 中国空间激光通信组网技术企业申请人排名（前 10 名）

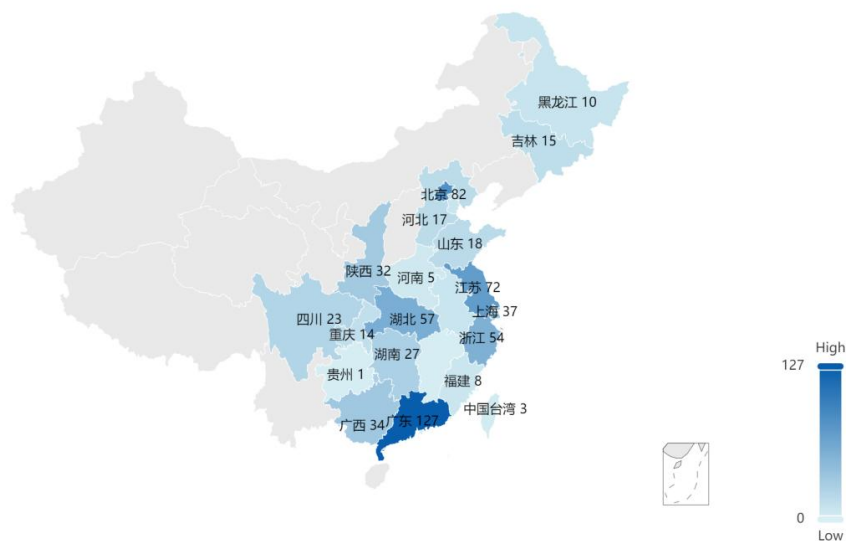


图 3-27 中国空间激光通信组网技术工矿企业申请省区市分布

3.2.5.4 个人

个人申请专利数量较少，相比于企业的自主运用，个人难以具备付诸实践的能力，因此专利转让方面较为活跃达 19.61%。

3.2.5.5 机关团体

从这两类申请人的名称见表 3-1，可以看到，本领域内同样有部队、关联团队进行研发，说明本技术已融入我国的方方面面。

表 3-1 申请人类型、国别、申请数量

申请人	类型	国别	申请数量（件）
西安空间无线电技术研究所	机关团体	中国	1
中国人民解放军 63921 部队	机关团体	中国	2
清华 伯克利深圳学院筹备办公室	机关团体	中国	1
中国人民解放军 63655 部队	机关团体	中国	2
中国科学院国家天文台长春人造 卫星观测站	机关团体	中国	4

3.2.6 中国专利技术功效分析

如图 3-28 所示，与全球专利技术功效构成相似，在中国，空间激光通信组网的专利涉及通信系统、通信方法和机械设备等多个领域。这些专利的技术效果主要在于简化系统、降低成本和提高效率等方面。尤其是在信息通信和机械设备方面，专利数量较多，而在电子电器、交通运输和军事武器等领域则相对较少。总体而言，这些专利的创新主要集中在改善系统复杂性和降低成本方面，而在精度

提高和便利性提高方面的专利相对较少。

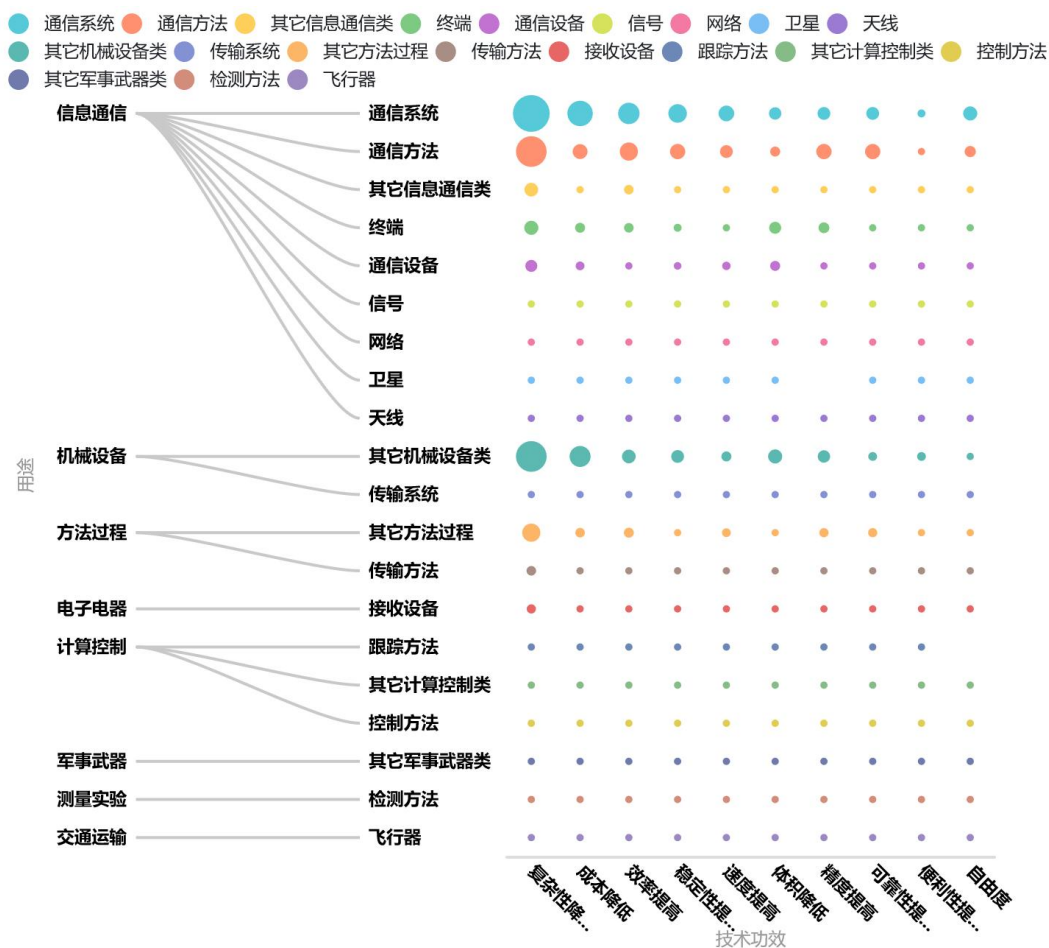


图 3-28 中国空间激光通信组网技术用途功效构成

如图 3-29 所示，中国空间激光通信组网技术功效热点的分布与趋势与全球空间激光通信组网技术功效热点相似。中国的技术功效热点同样主要分布在复杂性降低、成本降低与效率提高上。而且同样是在 2018 年后出现明显的增长。

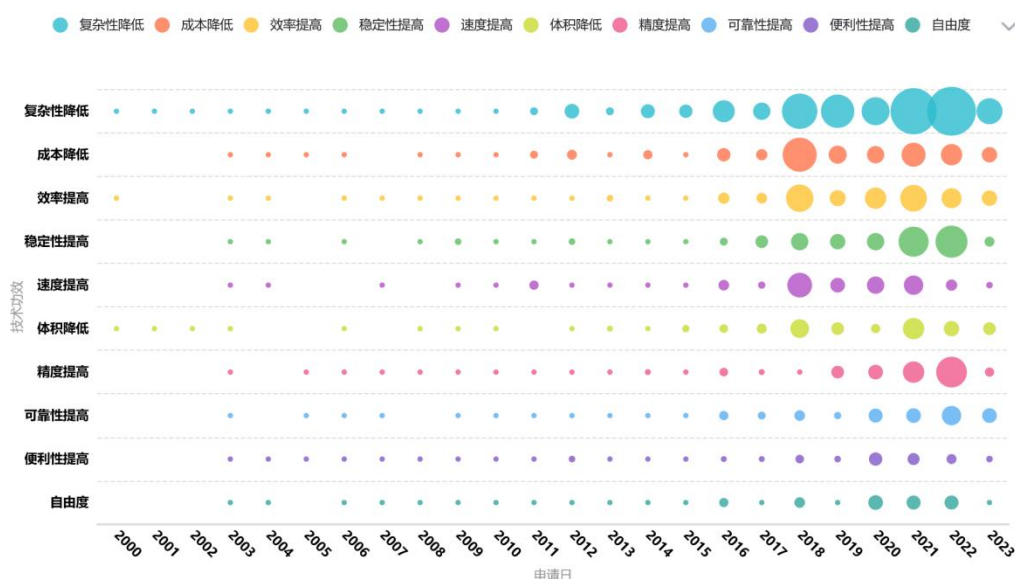


图 3-29 中国空间激光通信组网技术功效热点

3.3 吉林省专利态势分析

3.3.1 吉林省专利申请发展趋势

截止至检索日，吉林省在空间激光通信组网技术领域内累计申请并公开的专利数量为 162 件。如图 3-30 所示，吉林省空间激光通信组网技术的专利申请量整体呈增长的趋势。

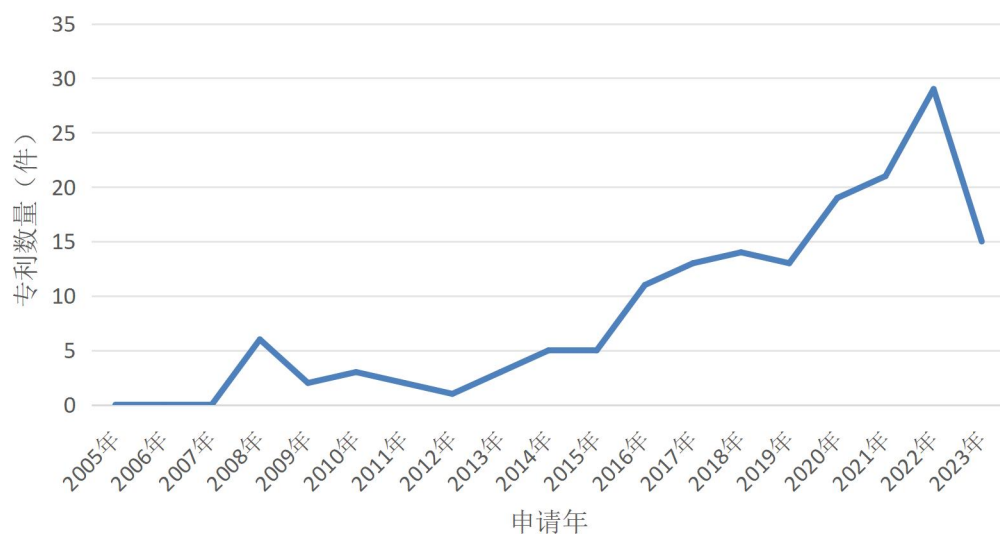


图 3-30 吉林省空间激光通信组网技术申请趋势

吉林省的申请人自 2008 年开始申请空间激光通信组网技术相关专利，直到 2015 年申请趋势呈平稳状态。2016 年后，吉林省的空间激光通信组网技术相关专利出现快速增长。这表明 2008-2015 年期间，吉林省的相关申请人的研发活动相对稳定，正在进行相关技术的积累。自 2016 年起的快速增长则表明吉林省对空间激光通信组网技术的重视程度增加，得益于国家政策对于科技创新的支持力度增加，以及产业发展对于该项技术的日益紧迫需求，相关科研机构、企业加大了在该领域的研发和创新的投入。

如图 3-31 所示，吉林省空间激光通信组网技术相关专利共 162 件，其中发明专利 148 件，占比 91.36%；实用新型专利 14 件，占比 8.64%。发明专利相对于实用新型的占比较高，反映了吉林省在该领域具有较强的科研创新实力和技术引领能力，对行业发展具有积极的推动作用。这也意味着吉林省在该领域的科技研究投入和成果转化取得了显著成就，为未来的科技创新和产业发展奠定了坚实基础。

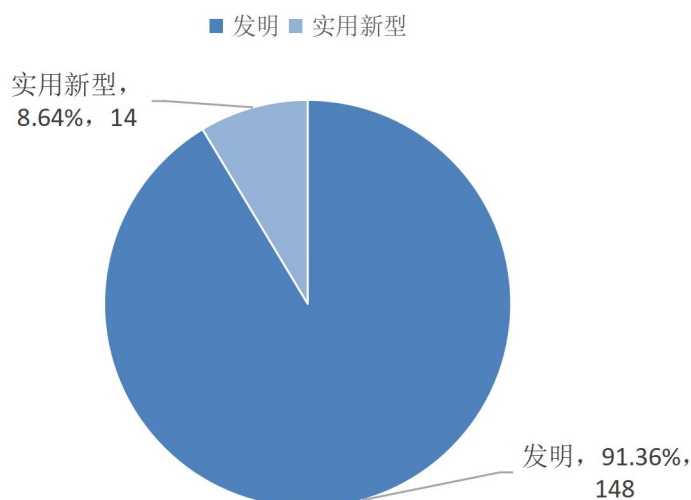


图 3-31 吉林省空间激光通信组网技术专利类型

如图 3-32 所示，吉林省空间激光通信组网技术相关专利中，有效专利 89 件占全部专利的 54.94%；表明吉林省在该技术领域中有了一定的创新能力和专利布局，已取得了一定数量的有效专利。失效专利 45 件，占全部专利的 27.78%；说明吉林省的相关技术领域中存在一定数量的技术更新和替代。审中专利 34 件，占全部专利的 17.28%。说明吉林省的相关技术领域，还有相当一部分技术正在研究和开发中，表明了吉林省对该技术领域的重视和投入，也可能意味着该技术领域还有待发掘的创新机会。同时，吉林省不存在空间激光通信组网技术的 PCT 专利，意味着吉林省的空间激光通信组网技术领域可能相对较少进行与国际合作和交流的创新活动，吉林省的空间激光通信组网技术领域可能主要关注国内市场，而不是国际市场。

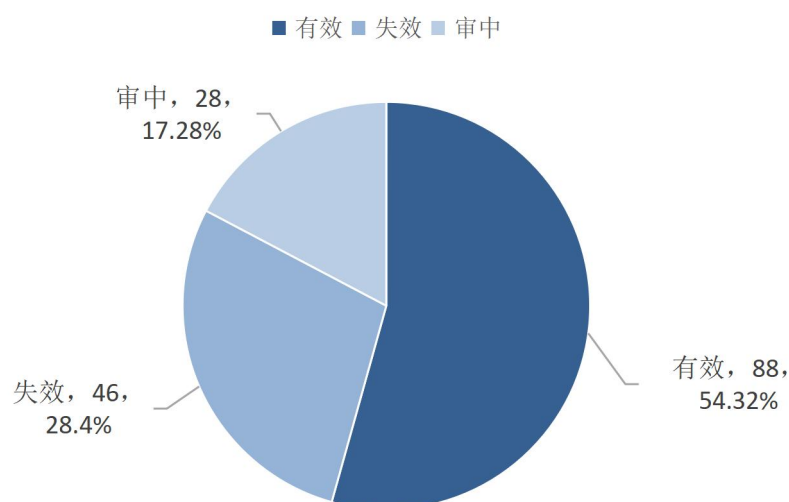


图 3-32 吉林省空间激光通信组网技术专利法律状态

3.3.2 吉林省专利技术功效分析

在吉林省，空间激光通信组网的专利涉及通信系统、通信方法和机械设备等多个领域。如图 3-33 所示，这些专利的技术效果主要在于简化系统、降低成本和提高效率等方面。尤其是在信息通信和机械设备方面，专利数量较多，而在电子电器、交通运输和军事武器等领域则相对较少。总体而言，这些专利的创新主要集中在改善系统复杂性和降低体积方面，而在精度提高和便利性提高方面的专利相对较少。

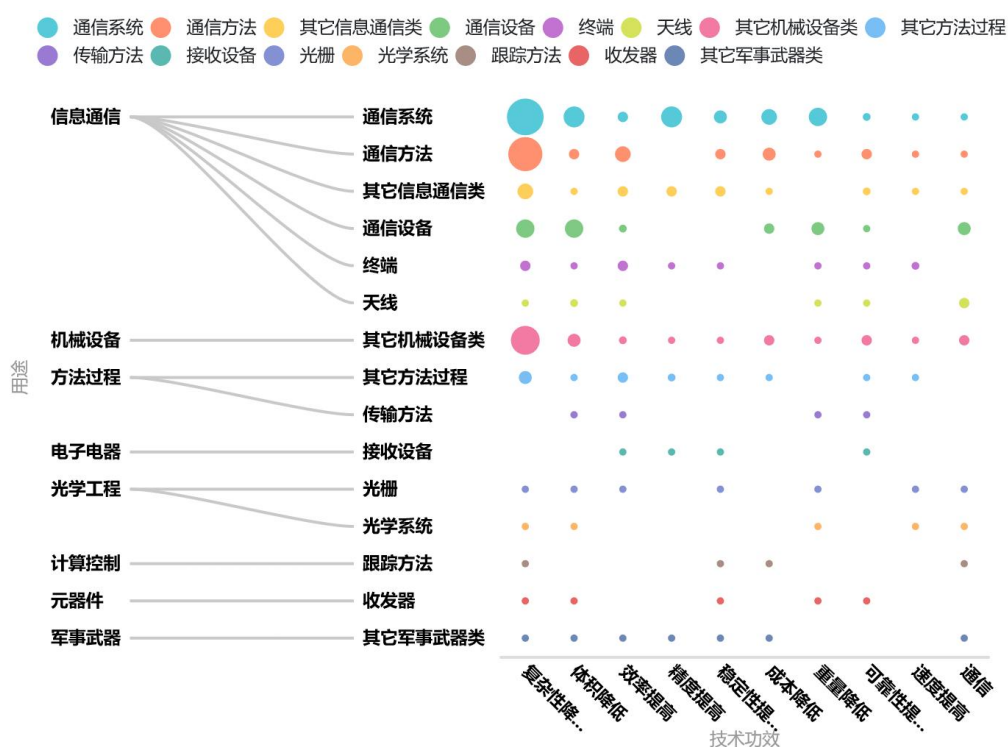


图 3-33 吉林省空间激光通信组网技术用途功效构成

从吉林省的空间激光通信组网技术功效热点来看，如图 3-34 所示，复杂性降低和效率提高是吉林省申请人主要想要实现的技术功效。其中从 2010 年开始，技术功效为复杂性降低的专利数量逐步增加，在 2018 年达到峰值，然后在 2019 年和 2021 年稍有下降。效率提高的趋势相对较为缓慢，主要集中在 2016 年之后，尤其在 2020 年和 2022 年有较大幅度的增长，表明在这个领域中，对效率提高的关注逐渐增加并取得了一定的成果。

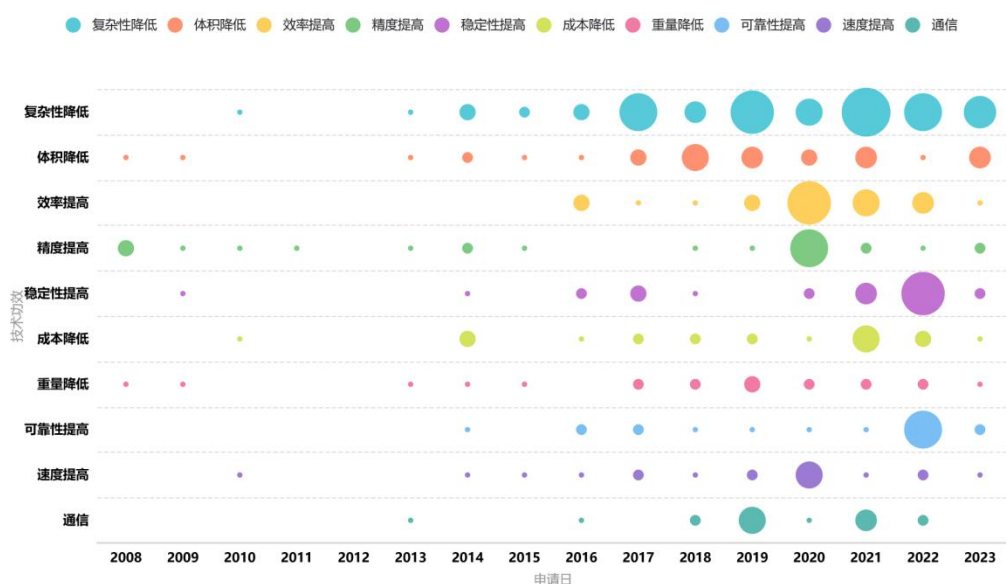


图 3-34 吉林省空间激光通信组网技术功效热点

3.3.3 吉林省专利申请人分析

如图 3-35 所示，吉林省空间激光通信组网技术专利申请人类别主要为大专院校。空间激光通信组网技术为一项跨领域、复合型的技术，大专院校通常拥有一定的科研实力和技术能力，有更加充分的理论基础和学科背景，以及更加广泛的研究领域，拥有高水平的研究团队和实验室设施，可以进行前沿的科研探索，挖掘并解决行业中存在的技术难题，不断地推动技术的发展和升级。

大专院校还可以通过专利的申请和商业化转化，将科技成果应用到实际生产和市场中，为社会创造经济价值和社会效益。大专院校会积极探索如何将专利成果转化为商业价值，例如通过技术转让、技术授权、科技成果孵化等方式，促进专利的商业化和推广。

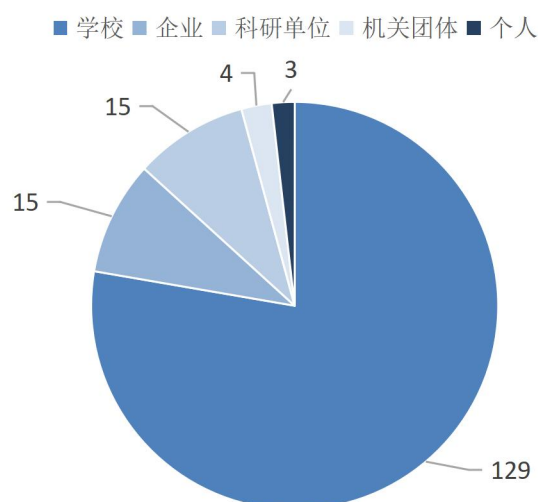


图 3-35 吉林省空间激光通信组网技术专利申请人类型

如图 3-36 所示，吉林省在空间激光通信组网技术专利的申请量最多的申请人为长春理工大学，其余申请人的专利申请数量都大幅低于长春理工大学。表明吉林省的其余申请人在空间激光通信组网技术的研究和创新能力与长春理工大学存在差距。

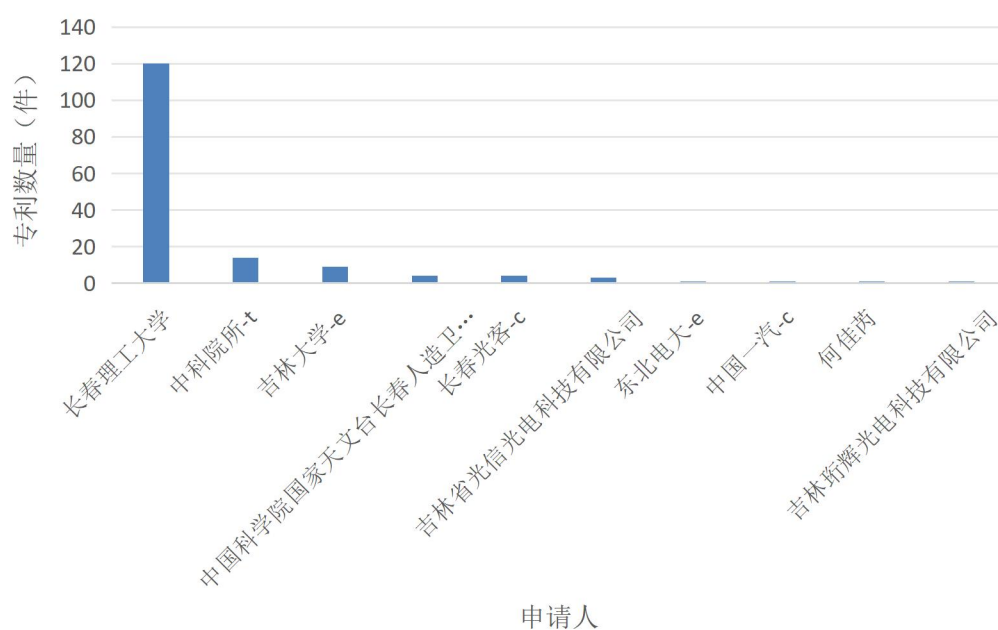


图 3-36 吉林省空间激光通信组网技术专利主要申请人排名

长春理工大学坐落于吉林省长春市，是一所以工学为

主，以光学工程为特色的大学。长春理工大学光电工程学院在我国同类学科中办学经验丰富，专业特色明显，师资力量雄厚，学科优势突出。学院拥有国家发改委批准的“空间光电技术国家地方联合工程研究中心”、吉林省空间光电技术重点实验室、吉林省空间光电技术工程研究中心等科研平台。

(1) 申请趋势

如图 3-37 所示，长春理工学对空间激光通信组网技术的研究始于 2008 年，截止至检索日，长春理工大学共申请了专利 120 件。2008 年至 2013 年期间，长春理工大学在该领域的申请数量较少。2013 年之后，长春理工大学在该领域的专利申请量快速上涨。



图 3-37 长春理工大学空间激光通信组网技术专利申请趋势

(2) 合作方

长春理工大学作为吉林省乃至中国空间激光通信组网技术领域的重要研究中心，其自身的研发模式和发展运行模式较为单一。如图 3-38 所示，首先，在长春理工大学所

申请的 130 件的空间激光通信组网技术专利中，仅有 5 件是与其他合作方共同申请的，并且其中 4 件是与其他科研机构共同申请的。这说明长春理工大学在空间激光通信组网技术领域拥有较为领先的技术实力和研发能力，能够独立完成大部分专利申请。但是与外部合作伙伴共同申请专利可以带来更多的技术优势和市场机会，同时也能够加速技术的转化和商业化进程。其次，在长春理工大学所有获得授权的空间激光通信组网技术专利中，转让专利数量为两件，没有对外授权许可的专利，表明长春理工大学在将科研成果转化为商业价值的能力相对较弱，缺乏与行业合作的渠道和机制，导致专利无法得到有效的市场应用和推广。

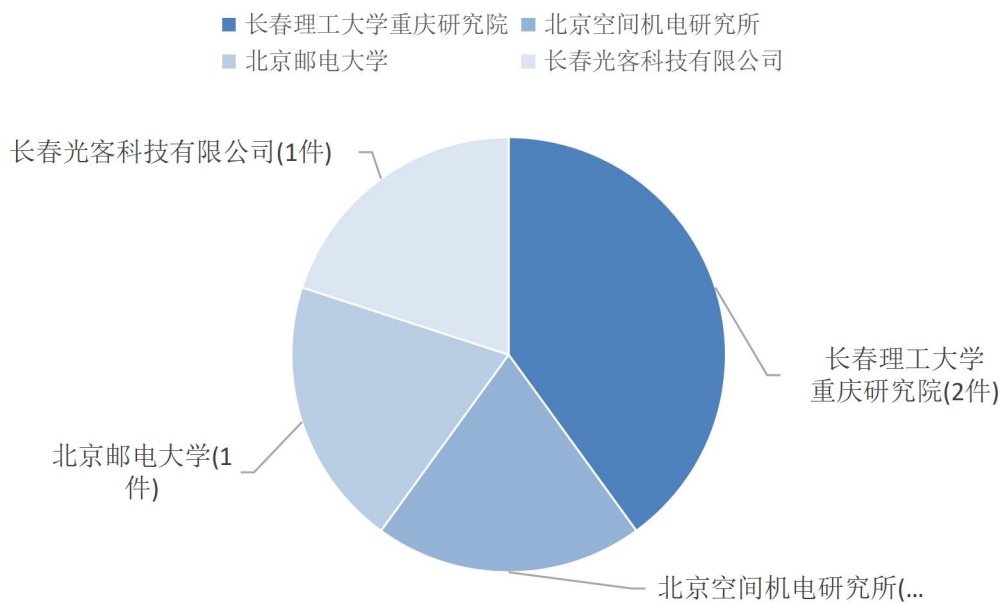


图 3-38 长春理工大学在空间激光通信组网技术的合作方

长春理工大学在吉林省的空间激光通信组网技术领域拥有较强的实力，这在其相关专利申请量的多样性和数量上得到了充分体现。空间激光通信组网技术是一项前沿的

通信领域创新，它具有高速、高带宽和安全性强等特点，被广泛认为是未来通信发展的重要方向。长春理工大学在吉林省的空间激光通信组网技术领域凭借雄厚的科研实力、理论与实践相结合的方法以及产学研结合的模式，展现出雄厚的实力。其多样性和数量领先其他申请人的专利申请量不仅体现了其在该领域的持续创新和研究成果，也为未来的技术应用和产业发展提供了坚实的支撑。

3.4本章小结

全球空间激光通信组网技术相关专利共计 5039 件，主要以发明专利为主，发明专利相对于实用新型的占比较高，该领域的创新程度较高。全球空间激光通信组网技术近年来专利申请量整体呈上升趋势，创新活跃度逐渐升高。从法律状态的角度来看，空间激光通信组网技术的创新活跃度较高，同时也存在一定程度的竞争。从全球地域分布的角度来看，中、美、日是空间激光通信组网技术相关专利技术申请人的主要来源国，这三个国家空间激光通信组网技术创新能力和活跃程度较高。同时中、美、日也是全球空间激光通信组网技术相关专利的主要专利布局国，但近年来美、日两国的专利布局趋势有所下降，而中国的布局趋势呈上升状态。日本电气有限公司作为全球知名的通信领域服务商，其在空间激光通信组网技术上有较强的实力。

中国国内，北京、广东、江苏、吉林、陕西为我国空间激光通信组网技术创新较为活跃的省市。北京专利数量全国居首，吉林省专利量在所有省市排名第 4 位。

吉林省在空间激光通信组网技术领域进行了大量的研究和创新，并取得了一系列相应的专利申请。近年来，专利申请数量呈现出上升趋势，表明吉林省在该领域的研究和应用正处于快速增长期。这些专利申请的申请人主要为大专院校，这也反映了吉林省高等教育机构在科技创新方面的积极性和实力。预计随着该领域的不断发展，吉林省在相关技术方面将取得更多的突破，并推动相关产业的快速发展。其中长春理工大学在相关领域实力强劲，相关领域的专利申请量大幅领先于省内其他申请人。但长春理工大学也存在外部合作方少，缺乏与行业合作的渠道和机制，导致专利无法得到有效的市场应用和推广的问题。

第 4 章近地空间激光通信组网技术潜在合作伙伴/竞争对手分析

4.1潜在合作伙伴/竞争对手遴选

结合上述产业信息，本章欲聚焦于行业中较为重要的企业进行多维分析。

华为技术有限公司是全球领先的信息与通信技术（ICT）解决方案提供商，拥有强大的研发实力。

从技术创新能力角度来看，据华为官方公布，华为投入巨资用于研发，长期位于全球企业研发投入排名的前列。华为拥有庞大的研发团队和先进的研发设施，致力于在 5G、光通信、人工智能等领域进行技术创新，这为开展近地空间激光通信组网技术的研发提供了坚实的基础。

从专利和知识产权角度来看，华为在全球范围内拥有大量的专利，其在通信技术领域的专利申请数量位居世界前列。这些专利涵盖了从基础通信技术到最新的 5G、激光通信等众多领域。与华为合作，可以充分利用其在激光通信等相关领域的专利技术，加速项目的研发和应用推广。

从全球化业务布局角度来看，华为的业务遍布全球 170 多个国家和地区，拥有广泛的合作伙伴和客户网络。这种全球化的业务布局有助于激光通信组网技术的全球推广和

应用，可以依托华为的全球网络，快速响应市场需求，拓展业务范围。

从市场和品牌影响力角度来看，作为全球知名的科技公司，华为在全球范围内享有较高的品牌知名度和市场影响力。通过与华为合作，不仅可以提升项目的知名度，还可以利用华为的市场渠道和客户资源，促进技术产品的快速落地和商业化。

从综合解决方案能力角度来看，华为具有提供从端到端综合解决方案的能力，这在复杂的激光通信组网项目中尤为重要。华为可以提供包括硬件设备、软件系统、服务支持在内的全套解决方案，帮助解决项目实施过程中遇到的技术和应用挑战。

基于以上几点，选择华为作为近地空间激光通信组网技术专利导航的重点合作伙伴，有利于充分发挥双方在技术、市场、品牌等方面的优势，加速技术创新和应用推广，共同推动近地空间激光通信技术的发展。

SA Photonics 是一家为自由空间光学（FSO）通信提供创新多域光子学技术的领先供应商。

SA Photonics 在激光通信领域拥有先进的技术和专利。他们在激光通信系统设计、光学器件制造、光学通信链路优化等方面有着丰富的经验和领先的技术实力。

SA Photonics 同时拥有大量的专利，并且在激光通信领域持续进行专利创新。这些专利覆盖了激光通信系统的关

键技术，包括激光器、光学放大器、光学调制器、接收器等各个方面。另外，SA Photonics 具有丰富的商业合作经验，在与政府机构、军事机构、航空航天公司等客户的合作中积累了宝贵的经验和资源。而且 SA Photonics 注重创新，在激光通信领域持续进行技术研发和创新。他们与多个研究机构、大学和行业合作伙伴进行技术交流合作，不断推动激光通信技术的发展和应用。选择 SA Photonics 作为合作伙伴可以与他们共同探索激光通信技术的前沿，提升项目的创新能力和市场竞争力。

综上所述，选择 SA Photonics 作为近地空间激光通信组网技术专利导航的重点竞争对手是基于其技术领先、专利数量和质量、商业合作经验以及创新能力等方面的优势考虑，有助于提升项目的技术水平、降低风险并拓展市场机会。

4.2潜在合作伙伴——华为技术有限公司

4.2.1华为技术有限公司简介

华为技术有限公司（以下简称华为）于 1987 年成立于中国广东省深圳市，是一家专注于信息与通信技术领域的基础设施和智能终端供应商。华为为全球 170 多个国家和地区提供服务，实现全球六大洲的战略布局。华为目前主要

从事的业务领域包括：ICT 基础设施业务、云计算业务、数字能源业务、终端业务、智能汽车解决方案业务。

1、ICT 基础设施业务：华为 ICT 基础设施业务聚焦于信息的分发、交互、传送、处理和存储，为全球电信运营商和政企客户提供领先的产品与解决方案，全面支持好千行万业的数智化转型。

具体来说，在 ICT 业务领域，首先华为在全球范围内建立了广泛的业务网络，能够为全球客户提供定制化的解决方案和服务，覆盖了通信运营商、政府机构、企业以及消费者市场。其次华为致力于 ICT 领域的技术创新，持续投入研发，推动了 5G、云计算、人工智能等领域的发展，并积极参与开源社区，推动行业标准的制定和发展。同时华为提供从网络设备到云计算、数据中心、物联网等多个领域的端到端解决方案，能够满足客户不同层次的需求，帮助客户实现数字化转型。并且华为的产品和解决方案经过严格的质量控制和安全认证，拥有可靠的性能和稳定的运行，保障客户业务的安全和稳定。最后华为与全球各界建立了广泛的合作伙伴关系，包括运营商、渠道商、行业合作伙伴等，共同推动 ICT 产业的发展和 innovation。

2、云计算业务：华为云一直秉持着“一切皆服务”的理念，致力于为客户、合作伙伴和开发者提供稳定可靠、安全可信、可持续发展的云服务。将华为云打造成为行业

数字化的基础支撑和创新引擎，助力各行各业实现智能化转型，让华为云成为各行业创新发展的沃土。

3、数字能源业务：华为数字能源将结合数字技术（Bit）、电力电子技术（Watt）、热管理技术（Heat）、储能管理技术（Battery）等四大领域的技术，聚焦于新能源、交通电动化和数字化转型三个主要领域。致力于构建包括新型电力系统能源基础设施、新型电动出行能源基础设施以及新型数字产业能源基础设施的“三新能源基础设施”，为推动社会实现“碳中和”这场重要社会变革提供全方位支持和保障。

4、终端业务：华为终端业务始终把消费者放在首位，持续优化软硬件生态系统，致力于为全球消费者提供更加丰富的智慧生活体验，覆盖各个场景。

5、智能汽车解决方案业务：经过多年的持续投入，华为智能汽车解决方案已经发展出了在智能驾驶、智能座舱和智能车控领域具有领先竞争力的技术。目前已经进入了全面交付阶段，为客户提供完整的解决方案。

4.2.2 华为专利创新趋势分析

如图 4-1 所示，截止至检索日，检索到华为公司在全球范围内申请近地空间激光通信组网技术的相关专利共 104 件，涉及 92 组专利同族。

华为在近地空间激光通信组网技术研发产出主要以发明专利为主，共计 103 件，占全部专利的 99.04%；实用新型专利 1 件，占全部专利的 0.06%。

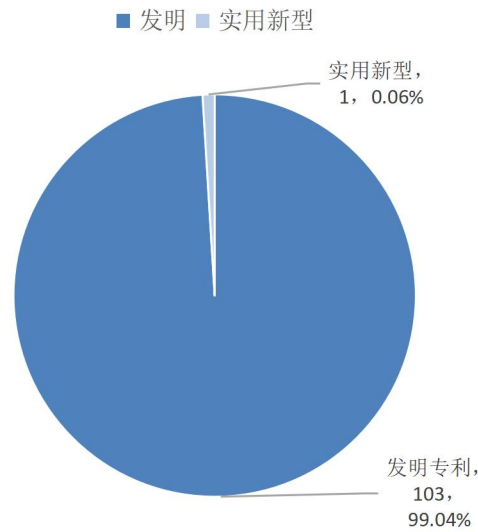


图 4-1 华为近地空间激光通信组网技术专利类型

如图 4-2 所示，华为发明类型的专利申请数量明显远远高于实用新型类型，这反映了华为在该领域的技术研发和创新活动更加注重于具有较高创新水平和技术含量的发明性成果。发明专利通常涉及对技术领域的重大突破或创新，具有较高的技术价值和市场竞争力，因此华为通过申请发明专利加重对这类成果的保护和申请。

而实用新型类型的专利申请数量只有 1 项，反映了华为在该领域的技术研发中较少涉及到与现有技术相比较而言具有较小改进或变化的创新成果。实用新型专利通常涉及对现有技术或产品的改进或优化，相比于发明性专利，其技术创新程度和市场竞争力可能较低，因此华为相对较少申请此类专利。

综合来看，华为在该领域的专利申请数据显示出了对技术创新和核心技术的重视，更加注重具有较高创新水平和技术含量的发明性成果的保护和申请。随着科技创新的不断推进和竞争的加剧，华为可能会继续加大对发明性专利的申请力度，保护自身的创新成果和知识产权，提升在该领域的竞争力和市场地位。同时，华为也可能在实用新型类型的专利申请上加大投入，不断优化和改进现有技术或产品，以满足市场需求和提升产品竞争力。

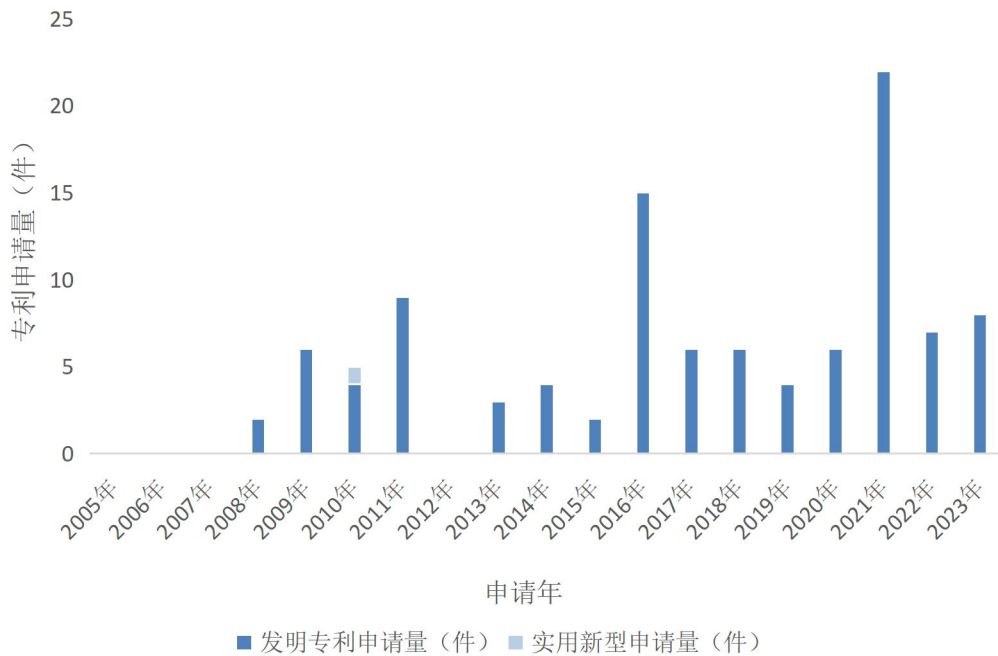


图 4-2 华为近地空间激光通信组网技术专利申请趋势

首先，2008 年至 2012 年期间，华为在该领域的专利申请数量相对较低。这段时间内，华为可能在该领域的研发投入较少，或者专注于其他领域的研究和发展。

从 2013 年开始，华为的专利申请数量开始逐渐增加，尤其是在 2015 年之后，呈现出了上升的趋势。2016 年的专

利申请数量达到了 15 项，远高于之前的水平。这表明华为在该领域的研发投入和创新活动在这一年出现了明显的增加。

2017 年至 2023 年间，虽然专利申请数量有所波动，但总体上仍保持在相对稳定的水平上，特别是在 2019 年至 2021 年间，呈现出了一定的增长趋势。

总的来说，华为在该领域的专利申请数量总体上呈现出了增加的趋势，尤其是在 2016 年之后。这反映了华为在该领域的技术研发和创新活动不断加强。

这种增长趋势的背后可能有多种原因。首先，随着科技行业的快速发展和竞争加剧，公司之间对于技术创新和知识产权的竞争也在不断加剧。华为作为一家全球领先的科技企业，需要不断加大在关键领域的技术研发投入，以保持竞争优势并保护自身的创新成果。

另外，还有可能是由于华为在该领域的技术研发取得了突破性进展，推动了专利申请数量的增长。随着科技创新的不断推进，华为可能在某些关键技术领域取得了重大突破，需要通过专利申请来保护相关的技术成果和知识产权。

在未来，可以预见华为在该领域的专利申请数量可能会继续保持增长的趋势。随着科技创新的不断推进和全球科技竞争的加剧，华为作为一家全球领先的科技企业，将继续加大在关键领域的技术研发投入，不断推出新的创新

成果，并通过专利申请来保护自身的创新成果和知识产权。同时，随着中国科技实力的不断增强和国际市场的不断拓展，华为在国际市场上的影响力和竞争力也将进一步提升，进一步推动了其专利申请数量的增长。

如图 4-3 所示，首先，有效专利数量相对较高，这表明华为在该领域的技术研发实力较强，能够成功地获得专利保护。这些有效专利可能包括创新性较高、技术实用性强的发明，为华为在该领域的技术领先地位提供了有力支撑。

其次，审中专利数量为 28 个，这表明华为仍在等待审查和批准的专利数量较多。意味着华为在该领域持续进行着创新，不断地提交新的专利申请，以保护其在该领域的技术成果。

最后，失效专利数量为 10 个。如图 4-4 所示，专利失效的原因包括：未缴年费、撤回、驳回、放弃、期限届满。其中，未缴年费是导致专利失效的主要原因之一。在许多国家，专利持有人需要定期缴纳年费以维持专利的有效性，如果未能按时缴纳，专利将会失效；撤回专利申请可能是因为专利持有人认为该申请不再具有商业价值或者存在技术上的缺陷，因此选择主动撤回申请，避免资源浪费；驳回是指专利申请被专利审查机构驳回的情况，这可能是因为专利申请不符合法定条件，或者存在先前技术的披露等问题，导致审查机构认为不具备授予专利的条件；放弃专利申请可能是因为专利持有人认为申请的专利不符合其商

业战略或者技术发展方向，因此选择放弃申请，转而寻求其他方式保护相关技术或创新；期限届满可能是指专利申请者未能在规定的期限内完成相关手续或提交必要文件，导致专利申请自然失效。

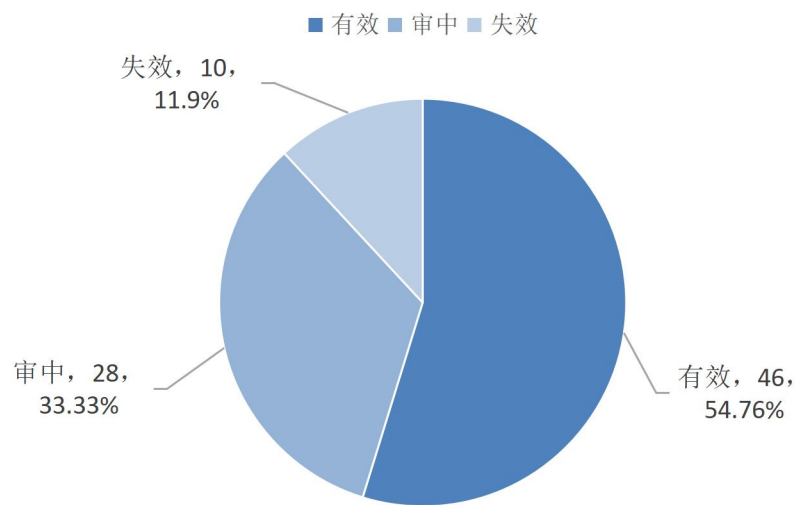


图 4-3 华为近地空间激光通信组网技术专利法律状态总览

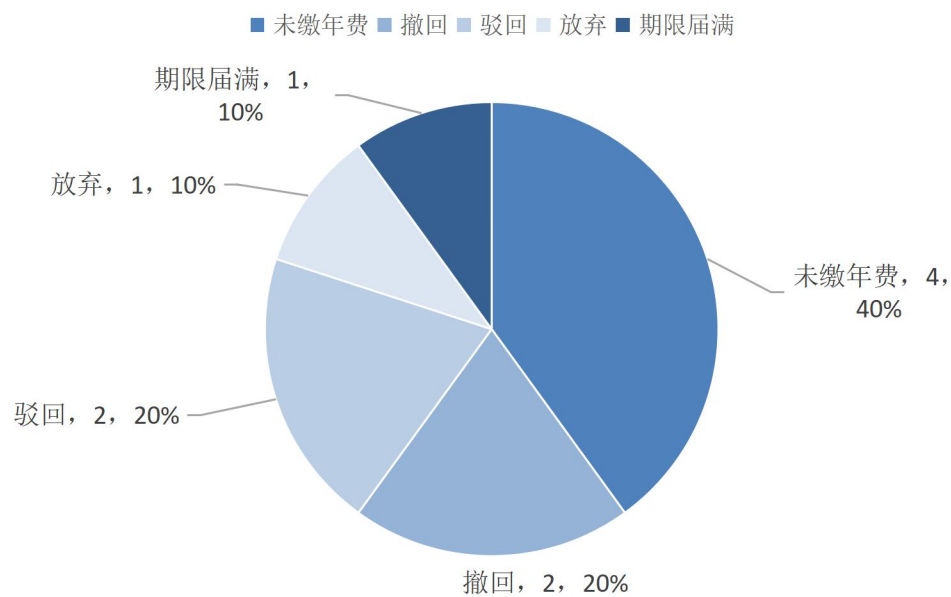


图 4-4 华为近地空间激光通信组网技术专利失效原因

如表 4-1 和图 4-5 所示，华为近地空间激光通信组网技术相关专利主要技术市场为中国（37 件）、美国（25 件），

在日本（2 件）和韩国（2 件）两个国家相关专利申请数量较少。

表 4-1 华为近地空间激光通信组网技术相关专利在不同国家和地区专利申请数量

受理局	专利数量
中国	37
美国	25
世界知识产权组织	20
欧洲专利局	14
日本	2
韩国	2
巴西	1
加拿大	1
印度	1
越南	1

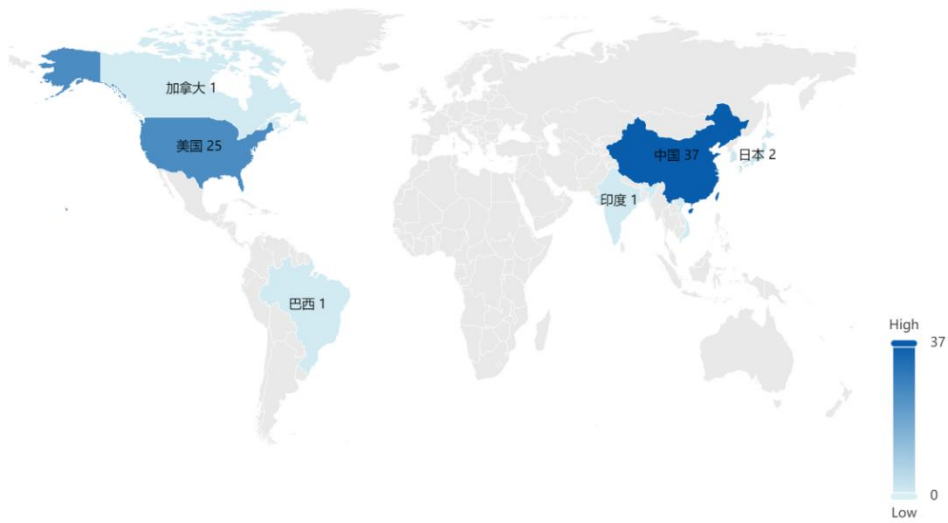


图 4-5 华为近地空间激光通信组网技术相关专利在不同国家和地区专利申请数量统计分析

由于华为在国内扮演着重要的自主研发企业角色，并拥有大量的技术研发人员，因此其在合作方面的专利申请数量相对较为有限。在 11 件近地空间激光通信组网技术的

申请人数大于等于 2 的专利中，其中 1 件为华为子母公司间的联合申请，3 件为华为公司与外部机构的合作申请，其余 7 件为与发明人（以个人名义）间的合作申请。

如图 4-6 所示，3 件与外部机构的合作申请中，都是与香港理工大学合作申请的专利（EP11750208 信号接收装置和基于微波光子技术的方法、EP2744125A1 信号发送方法，信号接收方法，无源光学网络装置和系统、CN102439876A 信号发送方法、接收方法、无源光网络 PON 设备和系统），涉及光通信信号发送与接收方法。7 件与发明人的联合申请（WO2011109982A1 光线路终端、光信号处理方法及光网络系统、WO2011147335A1 一种实现直接检测和相干检测的方法和装置、WO2011124164A2 自注入激光器、波分复用无源光网络系统及光线路终端、WO2017182095A1 用于传输光传输信号的装置和方法通过自由空间光路分离、WO2011110126A2 自注入光收发模块和波分复用无源光网络系统、WO2009109116A1 光发射机和光信号产生的方法、WO2011085552A1 兼容实现 PDM-BPSK 和 QPSK 调制的方法及装置）涉及光信号处理方法、自注入光收发模块和光发射机。



图 4-6 华为近地空间激光通信组网技术发展路线

从华为公司专利申请看，其技术发展可以分为三个阶段：2008-2015 年期间，创新方向集中于光学系统、通信终端、调制方法；2016-2020 年期间，创新方向包括光学系统、通信终端、调制方法及通信收发；2021-2023 年期间，重点研究方向为光学系统、通信终端、调制方法、ATP 技术。从近 15 年专利申请来看，华为公司专利始终坚持在光学系统、通信终端、调制方法方向进行专利布局，近年来增加了通信收发与 ATP 技术的专利方向。

4.2.3 华为专利运营情况

本节分析华为近地空间激光通信组网技术的成果转化情况，如图 4-7 所示，涉及的专利运营方式主要有专利权利转移、专利权许可、专利权质押和专利诉讼，共涉及专利 25 件。涉及专利权利转移事件的专利最多，共 24 件，占比

96%；涉及权利诉讼的数量为 1 件，共占比 4%；不涉及到权利许可和质押事件。

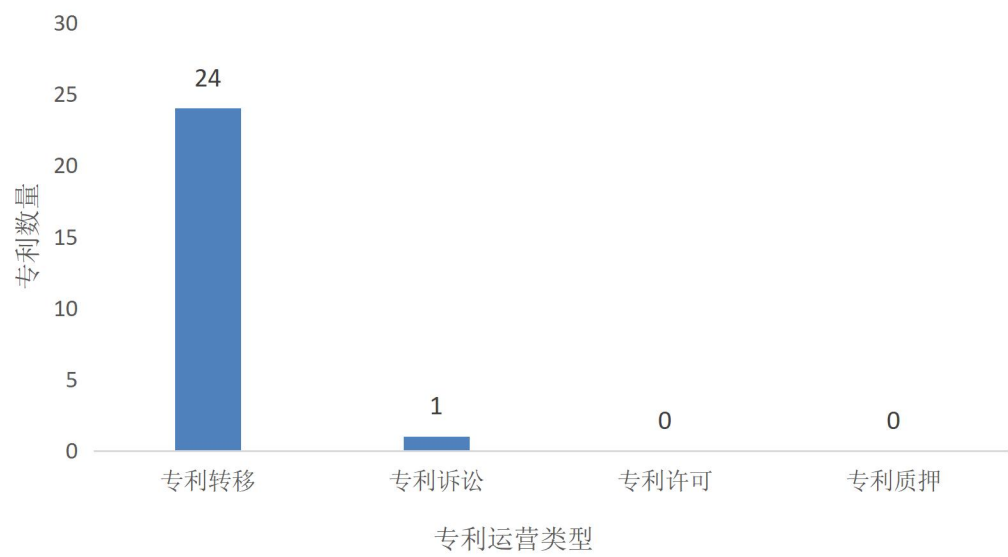


图 4-7 华为近地空间激光通信组网技术专利运营情况

1.专利转移

华为近地空间激光通信组网技术权利转移事件共计 24 件，全部为发明专利。如图 4-8 所示，权利转移事件主要发生在 2012 年之后，2014 年专利权利转移迎来了第一个小高峰 4 件,2019 年迎来第二个峰值 5 件。如图 4-9 所示，所有专利权力转移事件中 23 件涉及华为及其子公司，仅有 2 件专利为华为公司公司转给外部公司。



图 4-8 华为近地空间激光通信组网技术专利转让情况

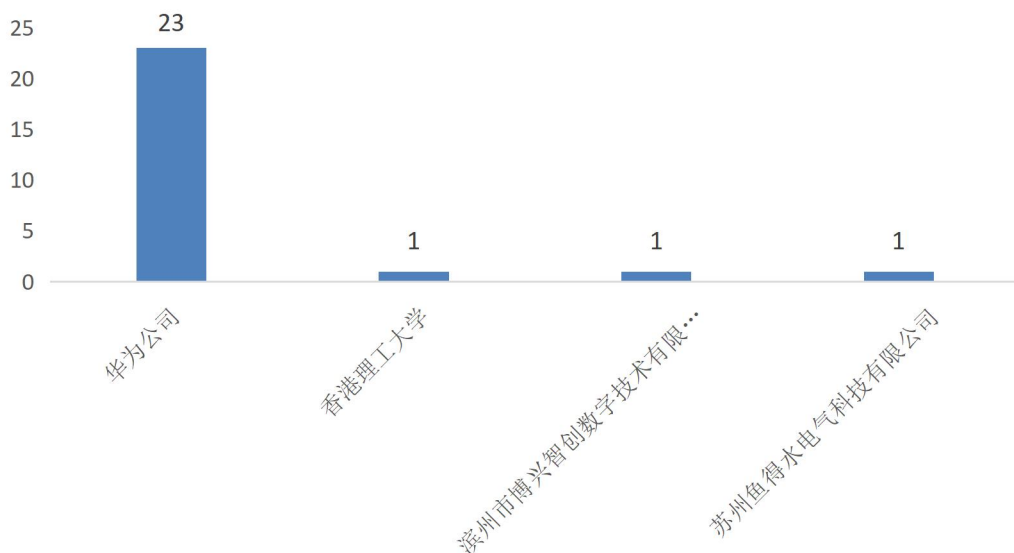


图 4-9 华为近地空间激光通信组网技术专利受让人排名

2.专利诉讼

华为近地空间激光通信组网技术相关专利中涉及专利诉讼的共有 1 件，诉讼专利列表如表 4-2 所示。

表 4-2 诉讼专利列表

序号	公开号	标题	法律状态	当前权利人	上诉人	被上诉人
1	JP2018508828A	(psa)匹配的偏振状态				

3.专利许可和专利质押

华为在近地空间激光通信组网技术相关专利中不涉及到专利许可和专利质押的情况，可能是因为华为认为近地空间激光通信组网技术对其未来的战略发展至关重要，希望保持完全的控制权以应对未来的市场变化。

4.2.4重点发明人分析

如图 4-10 所示，华为近地空间激光通信组网技术的第一发明人共有 83 位，作为第一发明人，专利申请数量在 2 件及以上的发明人有 16 人。其中 li ying 作为第一发明人参与全部专利中的 6 件专利。

通过计算第一发明人的技术贡献率可以更为准确地识别重点发明人。技术贡献率的计算方式如下：

申请贡献率 = (发明人的专利申请数量/企业总专利申请量) * 100%;

引用贡献率 = (发明人的专利申请被引用次数/企业总专利申请被引用次数) * 100%;

技术贡献率 = 申请贡献率 + 引用贡献率。^[48]

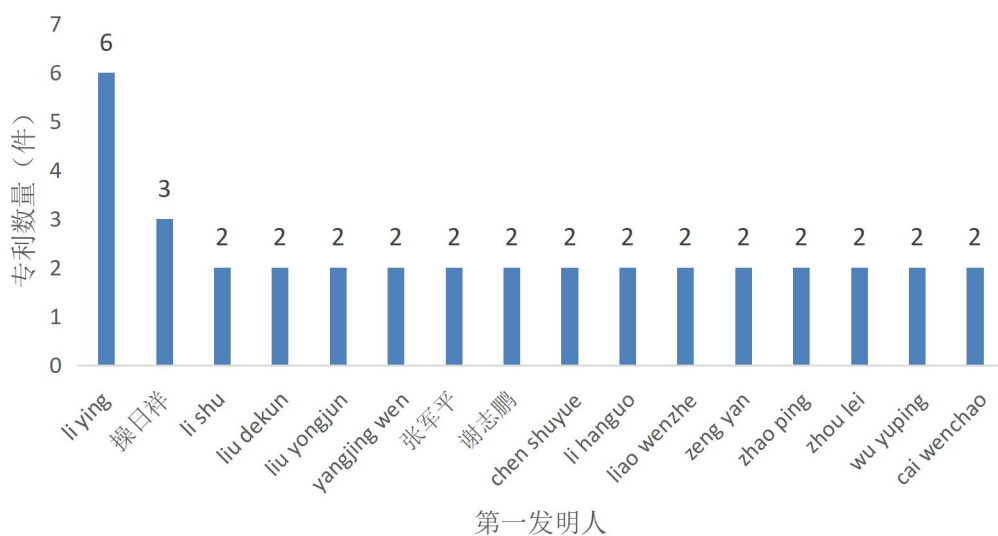


图 4-10 华为第一发明人专利数量

由上式对主要发明人的技术贡献度计算可得表 4-3。

表 4-3 主要发明人技术贡献表

发明人	专利数量	申请贡献率	引用数量	引用贡献率	技术贡献率
zeng yan	14	0.134615385	0	0	0.134615385
xie zhipeng	10	0.096153846	0	0	0.096153846
li ying	8	0.076923077	0	0	0.076923077
lin huafeng	7	0.067307692	29	0.098305085	0.165612777
lv chao	5	0.048076923	23	0.077966102	0.126043025
xu zhiguang	5	0.048076923	35	0.118644068	0.166720991
wu yuping	5	0.048076923	5	0.016949153	0.065026076
cao rixiang	5	0.048076923	5	0.016949153	0.065026076
wang zelin	5	0.048076923	2	0.006779661	0.054856584

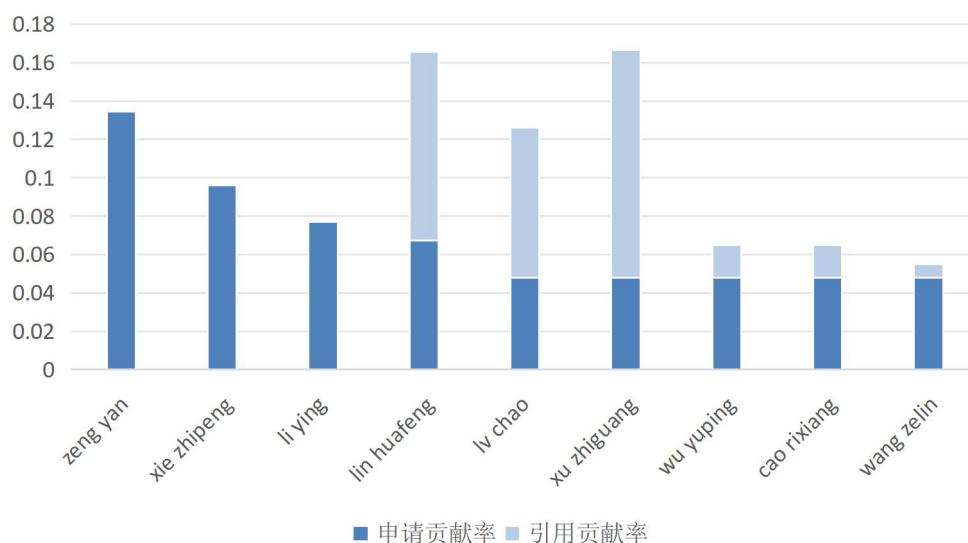


图 4-11 华为主要发明人技术贡献率

由图 4-11 可知出主要发明人的技术贡献率。可以看出，发明人 xu zhiguang 为华为在近地空间激光通信组网技术领域的重要发明人，其技术贡献率位居所有发明人前列。

4.2.5 重点专利分析

重点专利是根据专利的同族数量和合享价值度综合判断的，其中合享价值度是基于 Incopat 数据库的，Incopat 是一个专业的专利信息平台，利用大数据分析专利的技术稳定性、先进性和保护范围等方面，对专利进行评估和打分。这种评估考虑了专利的全面价值，因此具有较高的客观性。合享价值度的评分范围是从 0 到 10 分，分数越高，表示该专利的市场应用前景和价值越高。

而专利同族数量证明该技术的重要性和广泛应用性。另外也反映了市场潜力和商业价值，因为申请人可能希望在不同的市场保护其专利权。

1、中国专利 CN114815084A（一种光路瞄准装置、光路瞄准方法及光路瞄准系统）的同族数量为 9，合享价值度为 8，专利附图为图 4-12。

该专利用于在真空或大气中传输信息的自由空间光通信的捕获跟踪和指向光路系统中使用的光路瞄准系统(要求保护的)的光路瞄准装置。

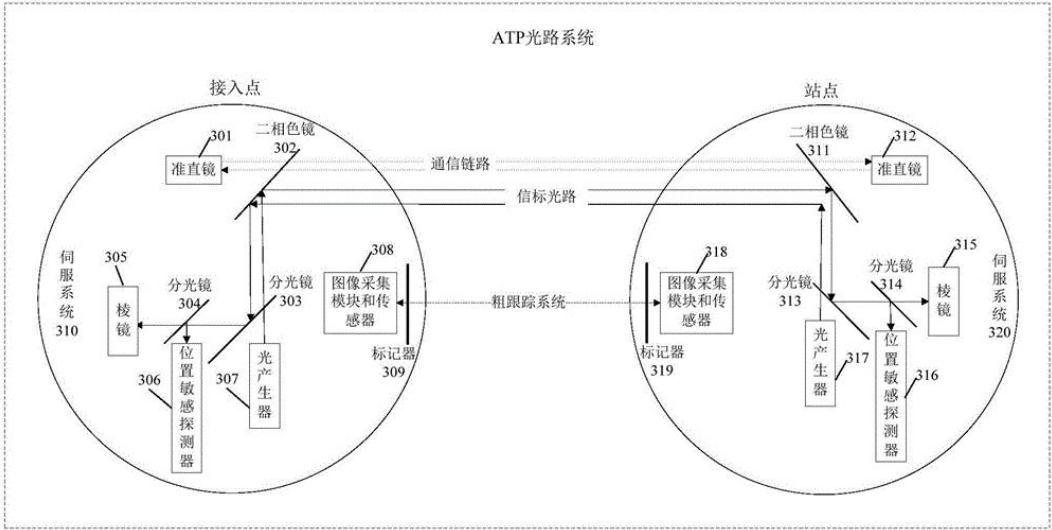


图 4-12CN114815084A 专利附图

该装置可以根据与探测器相对端的棱镜反射的信标光的位置信息，调整位置敏感探测器的对准角度，实现装置的精细瞄准，从而提高跟踪瞄准的精度。

该装置具有第一光收发器、第一位置敏感检测器和第一调节模块。所述第一光收发器用于向第二光路瞄准装置发射第一信标光。所述第一光收发器还用于接收由所述第二光路瞄准装置中的第二棱镜(305, 315)反射的第一信标光。所述第一位置敏感探测器(306, 316)，用于根据所述第二棱镜反射的第一信标光到达所述第一位置敏感探测器的位置

信息，确定所述第一光路瞄准装置的第一对准角度，并将所述第一对准角度发送给所述第一调整模块。第一调整模块，用于调整所述第一对位角度。调整后的第一对准角度满足第一瞄准精度阈值。

2、中国专利 CN111130615A（APT 子系统和太空飞行器的通信系统）的同族数量为 9，合享价值度为 9，专利附图为图 4-13。

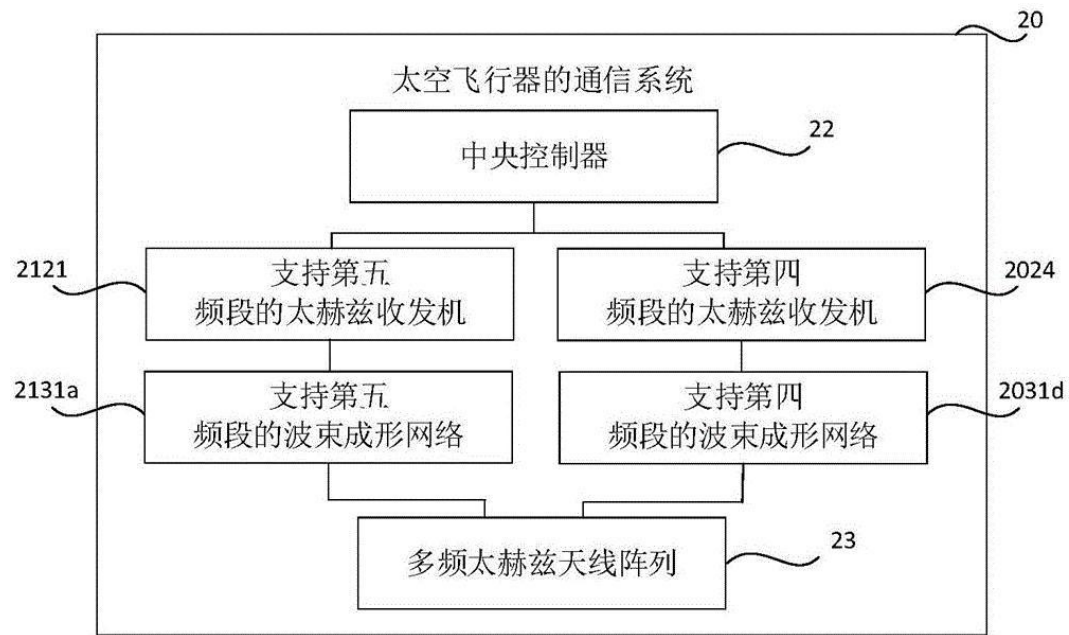


图 4-13CN111130615A 专利附图

该系统用于航天器通信系统(要求保护的)中的捕获、跟踪和指向(APT)子系统。其优势在于能够增强 APT 子系统的采集、指向和跟踪效率。

所述子系统包括依次连接的第一太赫兹收发器和太赫兹天线阵列。所述太赫兹天线阵列用于发射和接收太赫兹波。所述第一控制器用于控制所述第一太赫兹收发器通过所述太赫兹天线阵列捕获另一个 APT 子系统。所述太赫兹

天线阵列具有相互连接的第一波束形成网络和天线阵列。所述第一太赫兹收发器用于传输所述太赫兹波。所述第一波束形成网络用于对调制后的第一太赫兹波进行波束形成处理。

4.3潜在竞争对手——SA Photonics

4.3.1SA Photonics 简介

SA Photonics 成立于 2002 年，总部位于加利福尼亚州洛斯加托斯。该公司是一家领先的光电子技术公司，专注于设计、开发和制造高性能光电子设备和系统，以满足军事、航空航天、医疗、通信和工业等领域的需求。其客户包括美国政府及军方，从侧面证明了 SA Photonics 的技术实力。

SA Photonics 在光学通信、光纤传感、光电航天系统和激光雷达等领域拥有广泛的专业知识和技术能力。

光学通信：SA Photonics 的光学通信产品和解决方案用于数据中心互连、长距离传输和军事通信等应用。他们开发了高速、高容量的光纤通信设备，包括光纤放大器、光开关、光纤光栅和光纤通道等。这些产品能够实现高速数据传输和大容量的光信号交换。

光纤传感：SA Photonics 的光纤传感技术应用于多个领域，包括石油和天然气行业的管道监测、结构健康监测和

医疗诊断等。他们的传感器利用光纤的特殊性质，能够实时监测温度、压力、应变和振动等物理参数。这些传感器具有高灵敏度、远程监测和抗干扰能力。

光电航天系统：SA Photonics 为航天器和卫星提供先进的光电子系统，用于导航、定位、通信和地球观测等应用。他们的光电子系统包括光学通信设备、光纤陀螺仪、光纤陀螺仪测量系统和光学遥感系统等。这些系统具有高精度、高稳定性和抗干扰能力。

激光雷达：SA Photonics 开发了高性能的激光雷达系统，用于车辆感知、目标识别和无人驾驶等应用。他们的激光雷达采用先进的激光技术，具有高分辨率、长距离探测和高速扫描等特点。这些激光雷达系统能够提供精确的环境感知和目标检测能力。

SA Photonics 在技术创新和产品研发方面持续投入，并与政府机构、军事承包商和其他高科技公司合作。他们的团队由光学工程师、电子工程师、物理学家和软件工程师等专业人员组成，拥有丰富的行业经验和广泛的知识。

通过不断推动光电子技术的进步和应用，SA Photonics 致力于为客户提供创新的解决方案，满足不同领域的需求，并在光通信、传感技术、航天系统和激光雷达等领域保持领先地位。

4.3.2SA Photonics 创新趋势分析

截止至检索日，检索到 SA Photonics 公司在全球范围内申请近地空间激光通信组网技术的相关专利共 74 件，涉及 32 组专利同族。

如图 4-14 所示，2015 年到 2021 年期间，SA Photonics 公司的专利申请数量呈现了明显的波动。在 2015 年和 2016 年，专利申请数量达到了最高点，分别为 10 个。然后，在 2017 年和 2018 年，数量下降至 3 个和 2 个。之后，在 2019 年和 2020 年，数量又有所增加，分别为 1 个和 4 个。最后，在 2021 年，数量再次达到了最高点，为 12 个。2021 年申请量再次达到最高点的原因可能是由于美国跨国专业服务和信息技术公司 CACI 在 2021 年完成了对 SA Photonics 的收购。

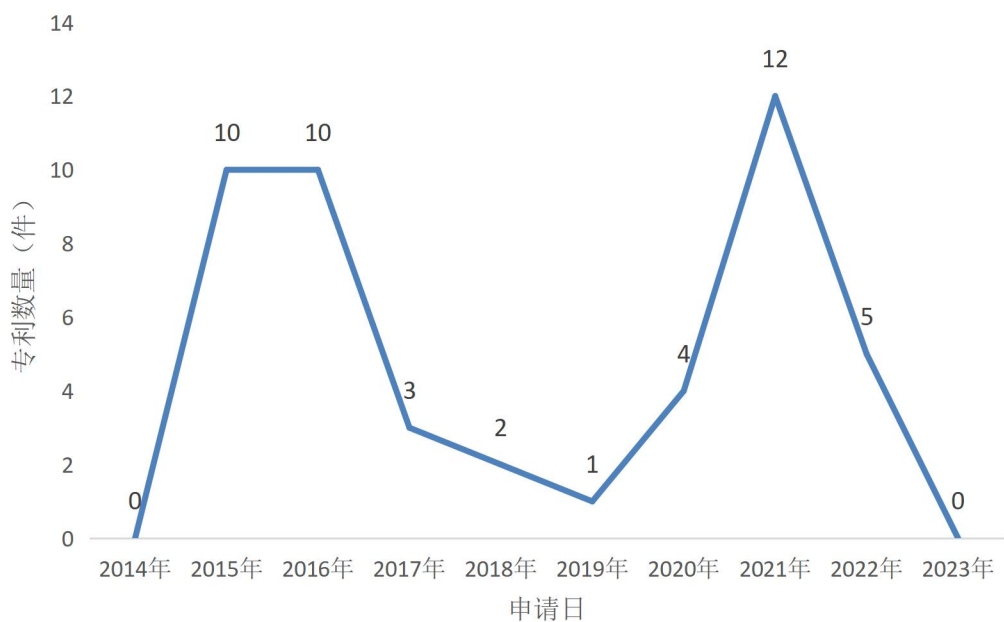


图 4-14 SA Photonics 公司的专利申请趋势

图 4-15 为 SA Photonics 公司的专利法律状态，首先，有效专利的数量是最多的，共有 32 项，占有所有专利的 84%。

这表明 SA Photonics 公司在近地空间激光通信组网技术领域拥有一定数量的合法专利并维持至今。有效专利的存在对公司来说非常重要，因为它们可以提供独占权，保护公司的创新成果，防止他人对其进行未经授权的使用或复制。

其次，审中的专利有 5 项。这些专利处于审核阶段，还没有得到最终批准或者被驳回。表明 SA Photonics 公司在积极地提交新的专利申请，并且这些专利正在审查过程中。这可能意味着该公司对未来的技术发展有着一定的规划和投入审中的专利可能具有潜在的商业价值。

最后，失效的专利只有 1 项。失效的原因是 SA Photonics 主动放弃了该专利，考虑到 SA Photonics 对该领域的相关专利维护状况较好，所以推测主动放弃该专利的原因可能是发现其专利可能侵犯他人的专利权，为了避免侵权诉讼或其他法律风险，选择放弃该专利。

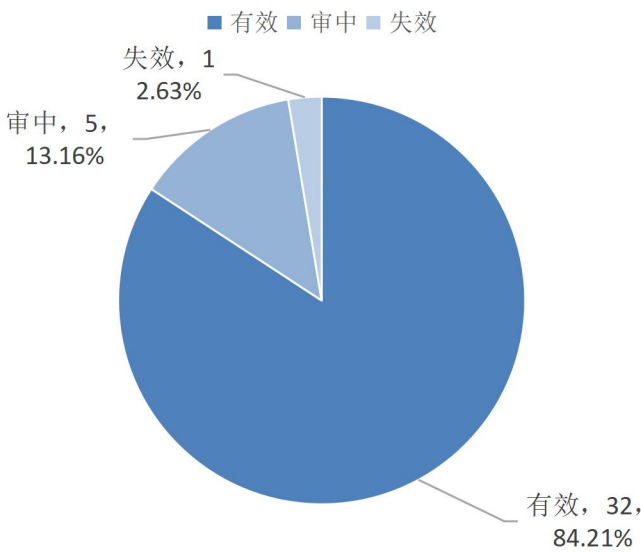


图 4-15 SA Photonics 公司的专利法律状态

综上所述，可以得出以下结论：SA Photonics 公司在近地空间激光通信组网技术领域拥有 32 项有效专利，这些专利为公司提供了独占权和保护创新成果的能力。同时，还有 5 项专利处于审中阶段，这些专利可能具有潜在商业价值。此外，该公司有 1 项失效的专利，失去了对该技术的保护。能够看出，在专利管理方面，SA Photonics 公司对近地空间激光通信组网技术领域的相关专利维护较好，有效专利占比高，同时存在一定数量的审中专利，失效专利仅有 1 件。表明 SA Photonics 公司对近地空间激光通信组网技术领域十分重视，以专利的形式确保公司的创新成果得到充分保护并产生商业价值。

如表 4-4 和图 4-16 所示，SA Photonics 公司近地空间激光通信组网技术相关专利主要技术市场为美国（24 件），世界知识产权组织（9 件），欧洲专利局（5 件）、澳大利亚（4 件）、印度（3 件）和墨西哥（2 件）。

表 4-4 SA Photonics 近地空间激光通信组网技术相关专利在不同国家和地区专利申请数量

受理局	专利数量
美国	24
世界知识产权组织	9
欧洲专利局	5
澳大利亚	4
印度	3
墨西哥	2

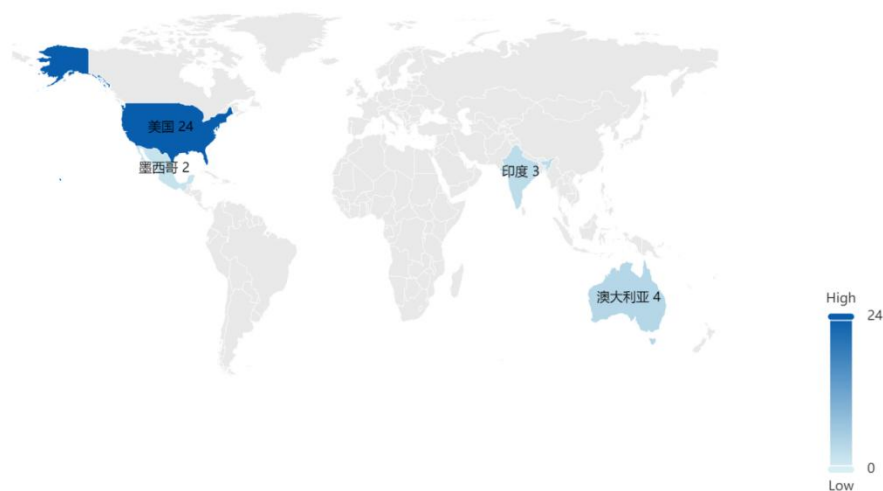


图 4-15SA Photonics 近地空间激光通信组网技术相关专利在不同国家和地区专利申请数量
统计分析

SA Photonics 作为美国政府及军方的供应商，其在近地空间激光通信组网技术领域的 47 件专利中，仅有一件是与发明人共同申请的（WO2023077132A1 具有自由空间光束分离器和超前点的自由空间光通信系统），剩余 46 件都是该公司作为独立申请人申请的。表明 SA Photonics 公司具备较强的研发能力，并且更倾向于依靠自身团队的技术实力来推动创新。



图 4-16 SA Photonics 近地空间激光通信组网技术发展路线

SA Photonics 公司在技术发展上经历了三个阶段。首先，从 2015 年到 2017 年，他们的创新重点放在了数据传输方向上。其次，从 2016 年到 2022 年，他们的创新方向扩展到了光学系统。最后，在 2020 年到 2022 年期间，他们的重点研究方向增加了通信装置。综上所述，自 2016 年以来，SA Photonics 公司将专利布局的重点放在了光学系统方向，2020 年增加了通信装置的专利布局方向。

4.3.3 SA Photonics 专利运营情况

本节分析 SA Photonics 近地空间激光通信组网技术的成果转化情况，如图 4-17 所示，涉及的专利运营方式主要有专利权利转移、专利权许可、专利权质押和专利诉讼，共涉及专利 22 件。涉及专利权利转移事件的专利最多，共 21

件，占比 95.45%；涉及权利诉讼的数量为 1 件，共占比 4.55%；不涉及到权利许可和质押事件。

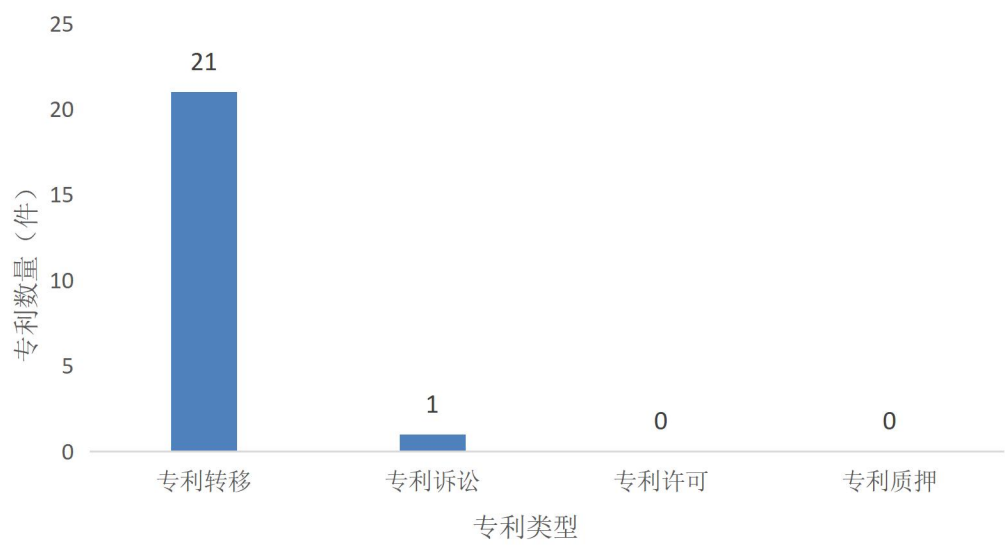


图 4-17SA Photonics 近地空间激光通信组网技术的成果转化情况

1、专利转移

如图 4-18 所示，SA Photonics 近地空间激光通信组网技术权利转移事件共计 21 件。权利转移事件主要发生在 2016 年之后，2017 年专利权利转移迎来了第一个小高峰 7 件,2021 年迎来第二个峰值 5 件。所有专利权力转移事件均为发明人转让给 SA Photonics 公司，也就是说，SA Photonics 在该领域的专利转移不涉及转移给外部公司的情况。



图 4-18 SA Photonics 近地空间激光通信组网技术权利转移事件

2、专利诉讼

SA Photonics 近地空间激光通信组网技术相关专利中涉及专利诉讼的共有 1 件，诉讼专利列表如表 4-5。

表 4-5 诉讼专利列表

序号	公开号	标题	法律状态	当前权利人	上诉人	被上诉人
1	IN201617025720A	与电轴的自由空间光通信跟踪补偿和 CO boresighted 发射和接收光学系统				

3、专利许可和专利质押

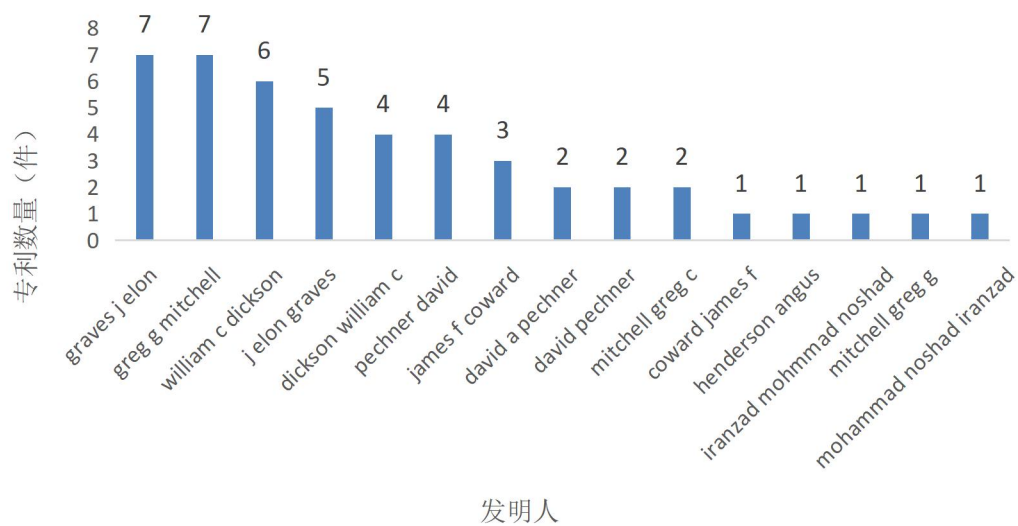
SA Photonics 在近地空间激光通信组网技术相关专利中不涉及到专利许可和专利质押的情况，可能是因为 SA Photonics 认为近地空间激光通信组网技术对其未来的战略发展至关重要，希望保持完全的控制权以应对未来的市场变化。

4.3.4重点发明人分析

如表 4-6 和图 4-19 所示，SA Photonics 近地空间激光通信组网技术的第一发明人共有 15 位，作为第一发明人，专利申请数量在 2 件及以上的发明人有 10 人。其中 graves j elon 和 greg g mitchell 作为第一发明人参与全部专利中的 7 件专利。

表 4-6 第一发明人技术贡献表（前 5 位）

发明人	专利数量	申请贡献率	引用数量	引用贡献率	技术贡献率
greg g mitchell	13	0.276595745	108	0.490909091	0.767504836
william c dickson	9	0.191489362	82	0.372727273	0.564216634
andrew k mcclaren	3	0.063829787	77	0.35	0.413829787
david pechner	3	0.063829787	63	0.286363636	0.350193424
j elon graves	5	0.106382979	48	0.218181818	0.324564797



图

4-19 SA Photonics 第一发明人（前 15 位）

通过计算第一发明人的技术贡献率可以更为准确地识别重点发明人。技术贡献率的计算方式参见 4.2.4。

主要发明人的技术贡献率如图 4-20 所示。可以看出，发明人 greg g mitchell 为 SA Photonics 在近地空间激光通信

组网技术领域的重要发明人，其技术贡献率位居所有发明人前列。

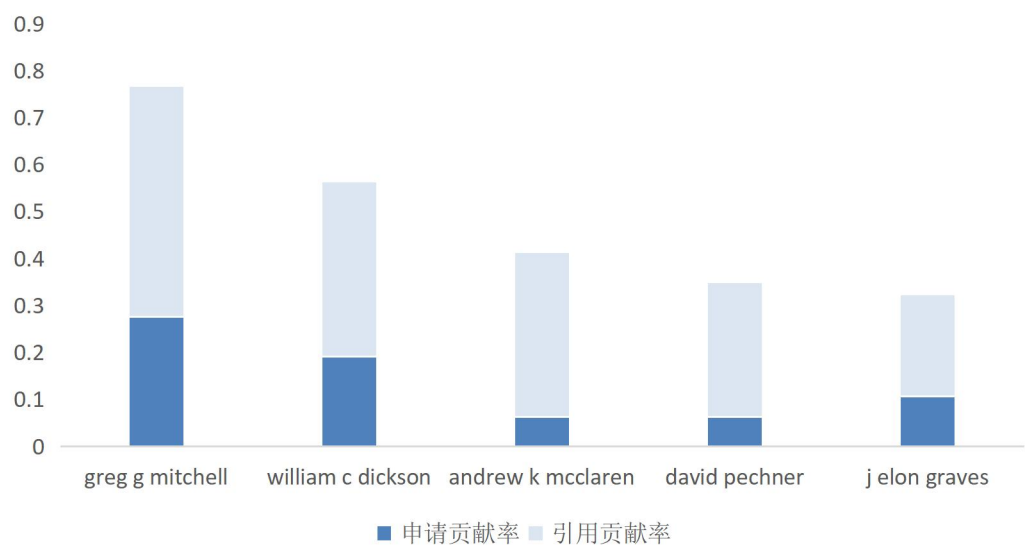


图 4-20SA Photonics 主要发明人的技术贡献率

4.3.5重点专利分析

重点专利的选择依据参见 4.2.5。

1、印度专利 IN201617025721A （数据重发，大气自由空间光通信系统）的同族数量为 9，合享价值度为 10，图 4-21 为该专利附图。

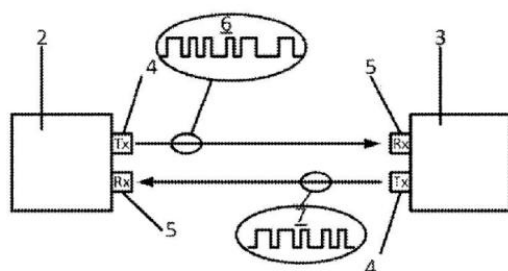


FIG. 1

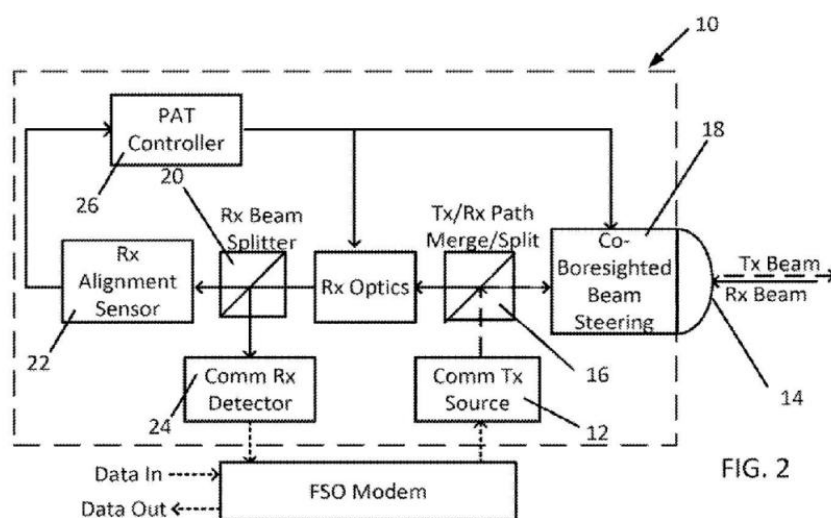


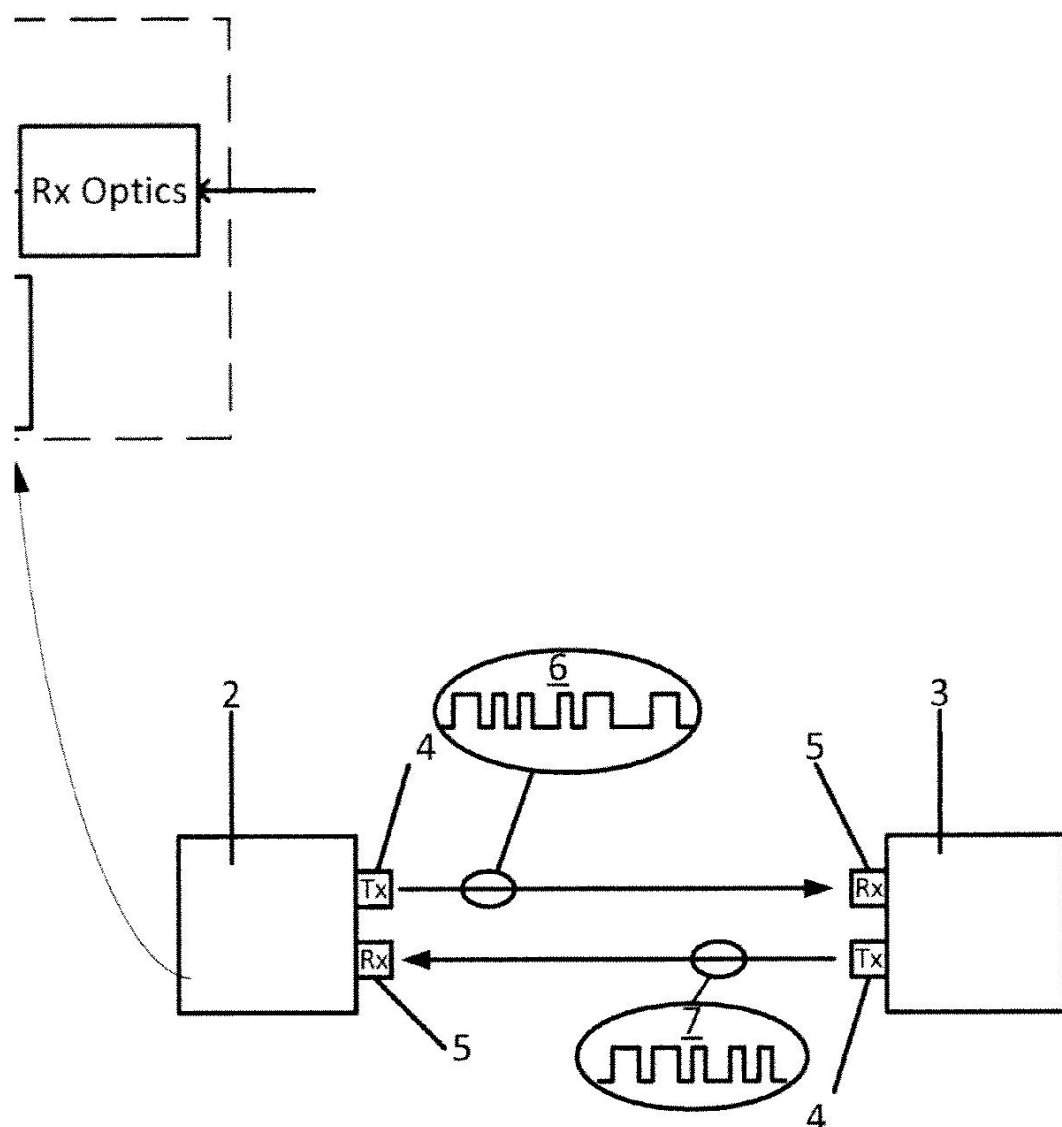
FIG. 2

图 4-21 IN201617025721A 专利附图

该系统用于多节点自由空间光(FSO)通信系统的 FSO-通信单元。其优势在于该单元提供具有高可用性和吞吐量的稳健和可靠的数据传输，需要技术来克服这种大气引起的衰落。降低了所需的发射功率，从而通过允许重传来节省机载和地面 FSO 节点处的宝贵功耗。

该单元具有用于发射光信号的光发射器。光检测器接收光信号并将光信号转换为电信号。处理器对光信号进行解码。存储器存储数据块。当没有确定具有阈值置信度的符号时，FSO 通信单元从电信号中确定具有特定置信度的符号。FSO 通信单元通过光发射机发送重传请求并且 FSO 通信单元将电信号存储在存储器中。

2、澳大利亚专利 AU2020200923A1（自由空间光学系统）的同族数量为 13，合享价值度为 8，图 4-22 为该专利附图。



该专利公开了一种自由空间光终端(要求保护的)的节点,用于在双节点双向自由空间光通信系统中发射和接收光信号。该节点极大地简化了自由空间光学终端的复杂性,同时保持了由单独的对准和检测传感器实现的益处。该节点使得光学部件能够跨对准传感器的可用部分散布、聚焦、重定向或修改信号,并且减少来自闪烁的影响或提高系统性能。

节点(10)具有耦合到接收和发射电子器件的光纤。发射/接收光纤的终端位于焦平面处。差分波前传感器定位在第一平面处。前光学器件产生用于在第一平面处彼此重叠的散焦图像,其中焦平面和第一平面是相同的平面。差分波前传感器使用焦平面内部和外部的对称散焦图像,在第一平面处产生镜像重叠图像。

4.4本章小结

本章选择了华为和 SA Photonics 分别作为重点合作伙伴和重点竞争对手,对这两家公司在近地空间激光通信组网技术的创新趋势、专利运营情况、重点发明人以及重点专利进行了分析。

其中,华为在知识产权领域的专利申请数量从 2013 年开始逐步增加,尤其在 2015 年后呈现明显上升趋势,虽然在 2017 年至 2023 年间有波动,但总体保持稳定,表明该公司在研发投入和创新活动上的持续努力。并且尽管存在一

定数量的失效专利，但华为在该领域拥有相对高数量的有效专利，显示其强大的技术研发实力，同时持续不断地提交新的专利申请以保护其技术成果。同时华为更加专注于保护和申请那些具有高度创新和技术含量的发明性成果。

由于华为是国内重要的自主研发企业，拥有大量技术研发人员，因此其与外部合作申请量相对较低。在 11 件近地空间激光通信组网技术的申请人数量大于等于 2 的专利中，其中 1 件为华为子母公司间的联合申请，3 件为华为公司与外部机构的合作申请，其余 7 件为与发明人（以个人名义）间的合作申请。在近地空间激光通信组网技术领域，**xu zhiguang** 是华为的关键发明人之一，其技术贡献率领先。

SA Photonics 公司在 2015 年到 2021 年期间的专利申请数量呈现出波动，其中 2015 年和 2016 年达到最高点，分别为 10 个，而在 2017 年和 2018 年下降至 3 个和 2 个，随后在 2019 年和 2020 年有所增加，2021 年再次达到最高点，可能是由于美国 CACI 公司对其进行收购。SA Photonics 公司拥有 32 项有效专利，占有所有专利的 84%，显示其在近地空间激光通信组网技术领域的创新实力；此外，公司还有 5 项正在审查中的专利，表明其持续投入新技术研发；而仅有 1 项失效专利，可能是公司为规避侵权风险而主动放弃的。

第 5 章近地空间激光通信组网关键技术分析

5.1APT 技术分析

5.1.1 技术简介

APT 技术具体是指捕获（Acquisition）、跟踪（Tracking）、指向（Pointing）技术，空间激光捕获、跟踪和指向系统的工作流程通常包括以下步骤：

目标探测：首先，系统需要探测并确定需要跟踪和指向的目标。这可能通过激光束的发射和目标反射回来的信号来实现。传感器或接收器负责接收目标反射的激光信号，并将其传递给系统的处理单元。

目标跟踪：一旦目标被探测到，系统需要跟踪目标的运动轨迹，并保持激光束与目标的对准。这通常涉及到激光束的跟踪和指向技术，根据目标的位置和运动状态调整激光器或反射器的方向和位置。这可能涉及到反馈控制系统来实现实时调整。

激光束发射和调整：一旦目标被跟踪到，系统会发射激光束并调整其方向和形状以保持与目标的准确对准。激光器通常由控制单元或反馈系统控制，以确保激光束的稳定性和精度。

目标测量：接收到的激光信号可以用于进行目标的测量，包括测量目标与观测平台之间的距离、速度、角度等。这些测量数据可以用于导航、通信、测绘等应用。

自适应光学调整：在大气扰动等环境因素的影响下，系统可能需要采用自适应光学技术来调整激光束的形状和方向，以保持高精度的跟踪和指向性能。这可能涉及到实时观测到的大气扰动的反馈控制。

5.1.2 全球创新发展现状与趋势

如图 5-1 所示，全球近地空间激光通信组网 APT 技术已申请了 515 件专利，其中发明专利 483 件，占比达到 93.79%，而实用新型专利则有 32 件，占比为 6.21%。就专利的法律状态而言，如图 5-2 所示，目前该技术中有 252 件专利处于有效状态，占比为 52.28%，有 159 件专利处于审查中，占比 32.99%，而失效专利则有 71 件，占比 14.73%。又如图 5-3 所示，失效专利中未缴年费占比 28.93%，期限届满占比 25.79%，驳回占比 18.24%，撤回占比 15.72%，放弃占比 6.92%，避重放弃占比 3.14%，权利终止占比 1.26%。

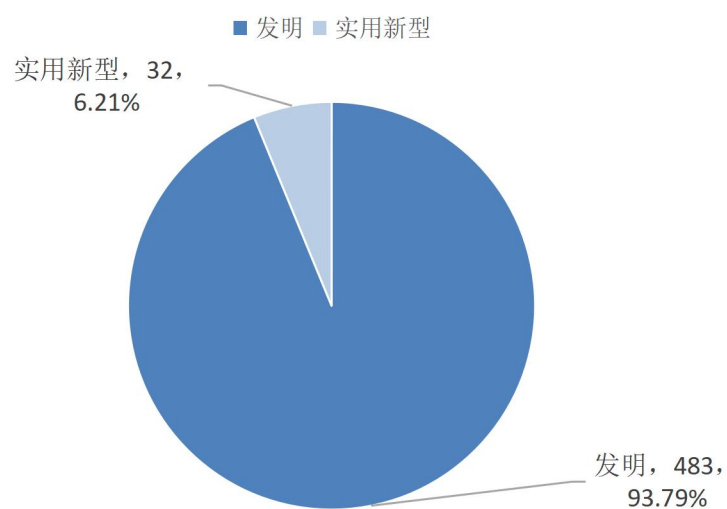


图 5-1 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利类型

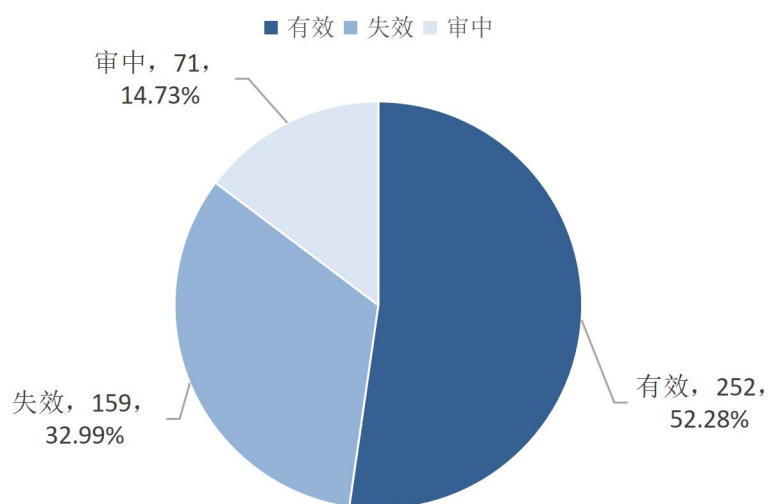


图 5-2 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利法律状态

注：PCT 申请属于专利申请的一种渠道，不属于法律状态，故不做统计

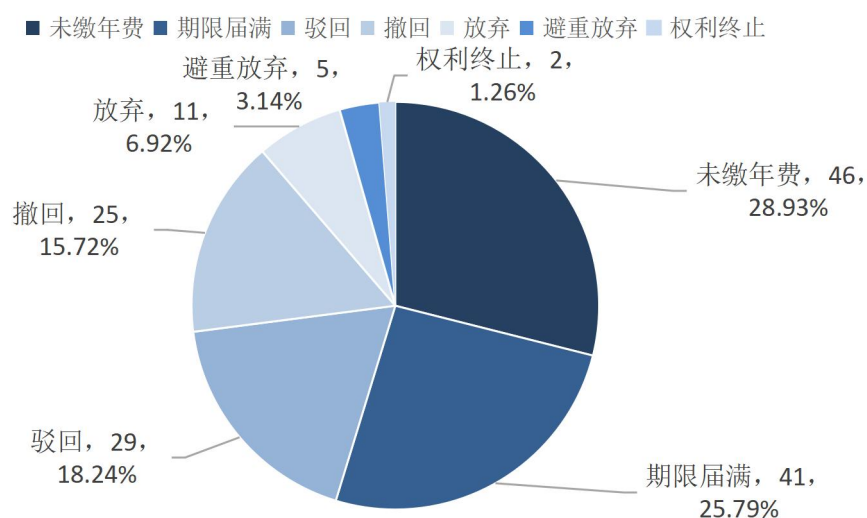


图 5-3 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利失效原因

全球近地空间激光通信组网 APT 技术的专利申请总体上呈增加的趋势，共计 515 件，涉及 433 组同族专利。总的趋势趋势可以分为四个阶段来描述：1995 年至 2001 年，专利申请数量稳步增长，其中 2000 年达到首次高峰，共计 10 件；2002 年至 2006 年，申请数量波动上升，但增速相对缓慢；2007 年至 2013 年，申请数量呈现上升趋势，尤其是在 2012 年达到 14 件的第二个高峰；2014 年至 2023 年，申请数量持续快速增长。

从图 5-4 中可以看出，从 1995 年到 2010 年，全球近地空间激光通信组网的 APT 技术一直处于发展阶段，专利申请量并不稳定，波动较大。自 2007 年开始，这项技术迎来了快速发展期，专利申请数量呈现迅速增长的趋势。（目前 2023 年专利申请尚未完全公开，已公开专利尚不能完全反应专利申请趋势和授权趋势，下同）

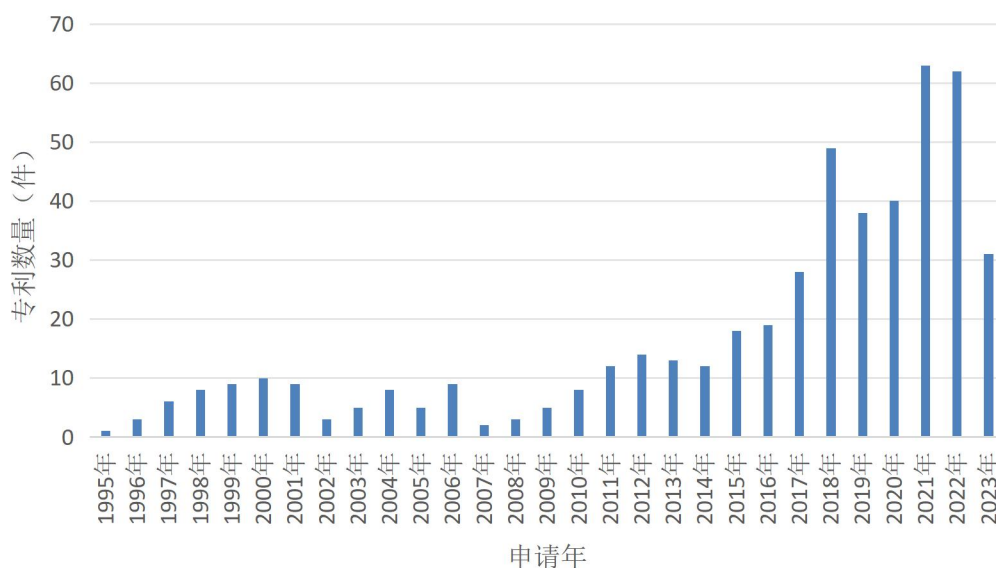


图 5-4 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请趋势

5.1.3 全球主要创新地域分析

如图 5-5 所示，全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请来源主要集中在中国、美国、日本、瑞士和法国。其中，来自中国的申请人提交了 306 件专利申请，占比达到 59.42%，居于领先地位；美国紧随其后，申请数量为 108 件，占比 20.97%；日本、瑞士和法国的专利申请数量分别为 41 件（占比 7.96%）、20 件（占比 3.88%）和 18 件（占比 3.5%）。目前，中国、美国和日本是全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请的主要来源国，表明这几个国家在该领域的技术创新能力和活跃程度较高。

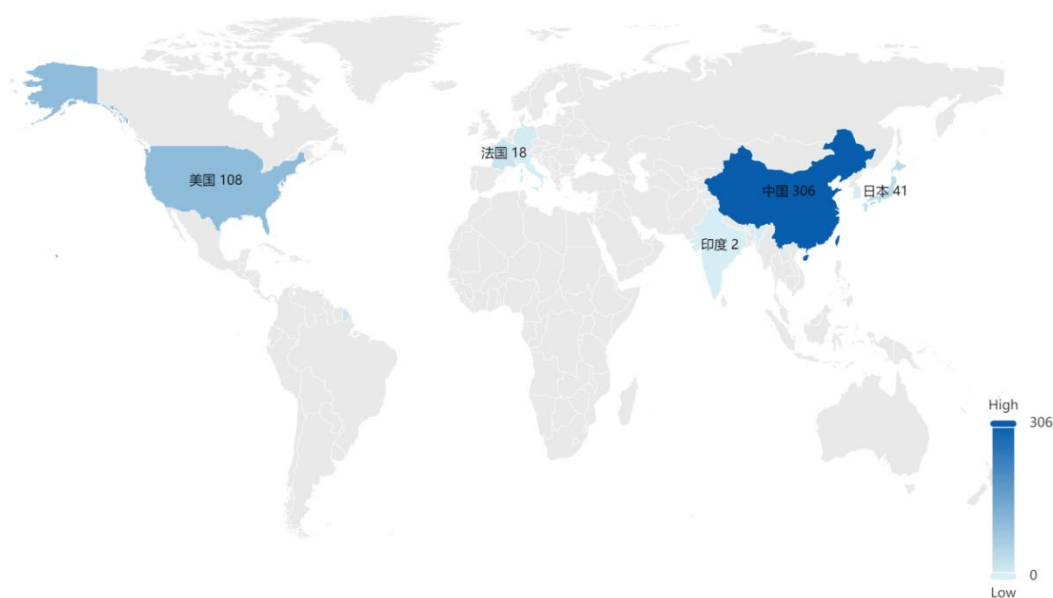


图 5-5 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利来源国家/地区

近 30 年，全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利主要来源国的专利申请趋势不同。如图 5-6 所示，中国自 2008 年起年专利申请量开始逐步上升；美国的专利申请量自 2012 年后呈现震荡上升状态；日本在 2006 年后只有零星的相关专利申请。

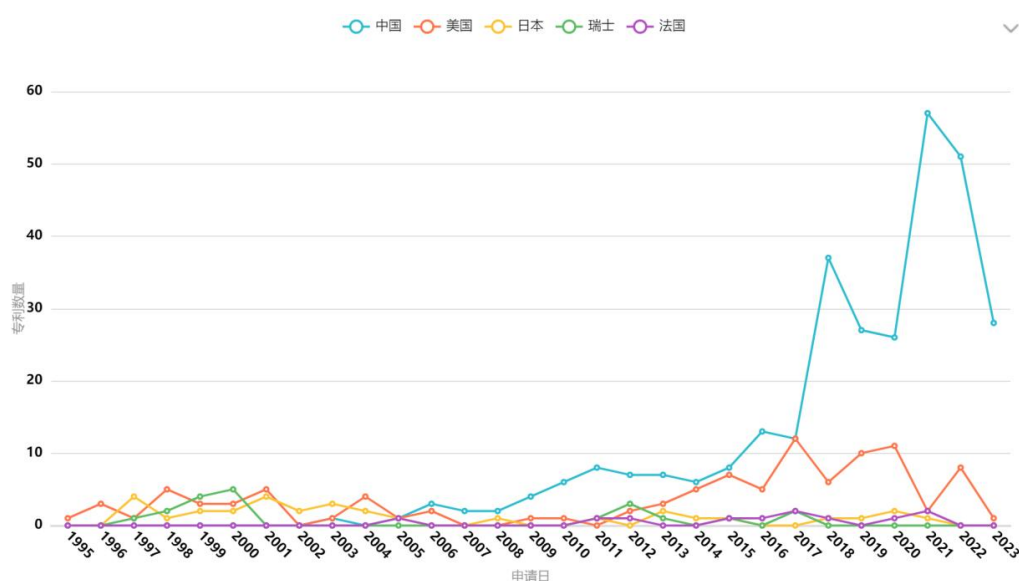


图 5-6 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利主要来源国家/地区申请趋势

如图 5-7 所示，从申请人排名来看，迄今为止“近地空间激光通信组网 APT 技术”方向专利布局企业中的前 10 名中，前 9 名均为中国申请人。这意味着中国在近地空间激光通信组网 APT 技术领域的专利布局处于领先地位，这种领先地位反映了中国在该领域的技术实力和创新能力。

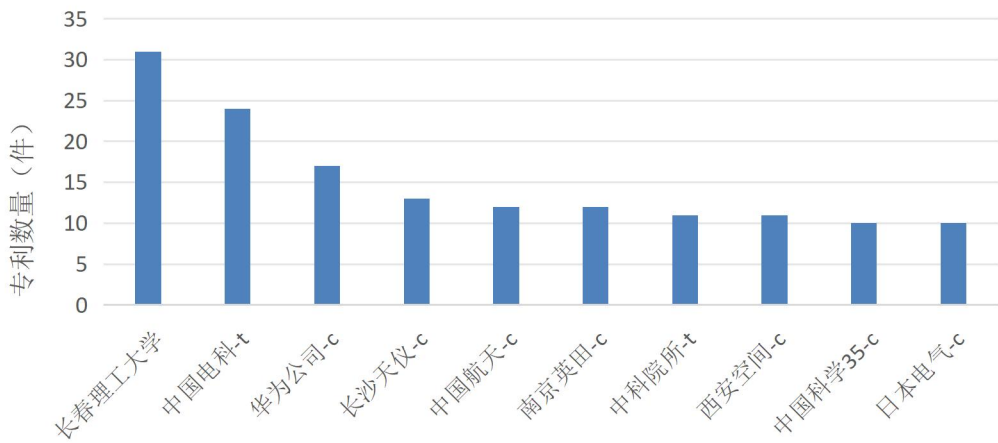


图 5-7 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请人排名

如图 5-8 和 5-9 所示，全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请主要布局在中国、日本、美国。其中，中国作为该技术的主要市场，至今为止有 302 件专利在此布局，远远超过了重点技术来源国美国的 67 件。其他国家或地区的专利申请数量均不到 50 件，凸显了中国在该领域的领先地位。

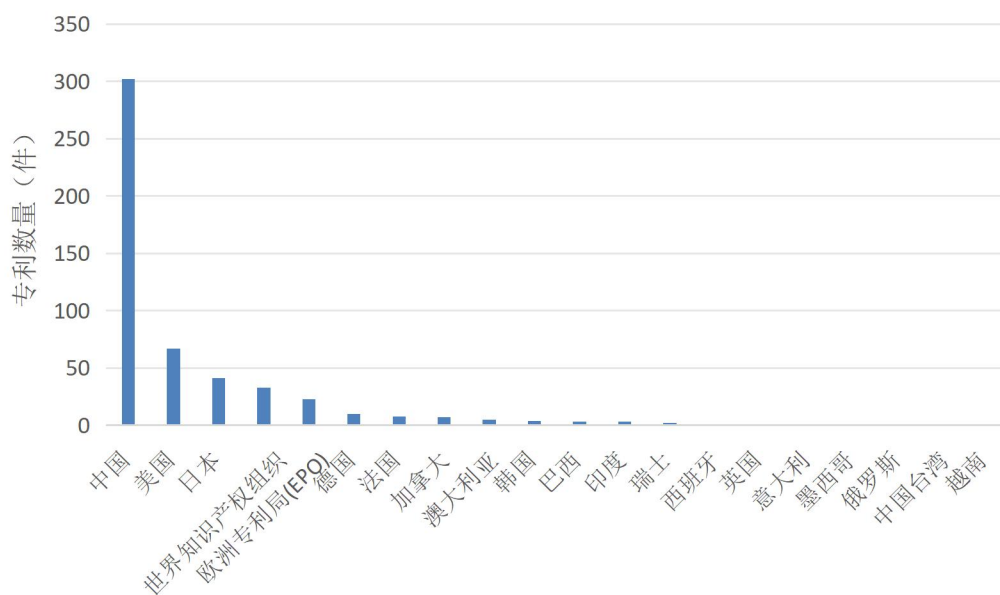


图 5-8 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利布局国家/地区排名

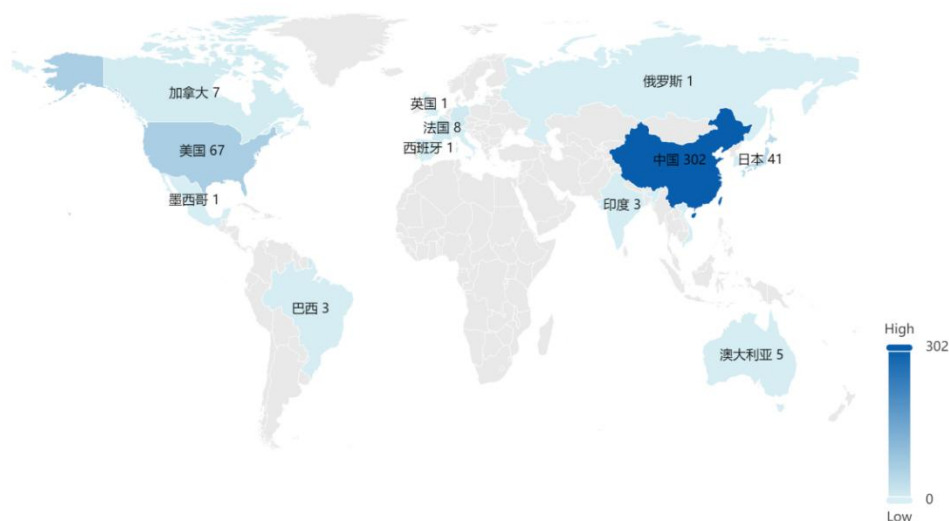


图 5-9 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利布局国家/地区分布

如图 5-10 所示，APT 技术主要布局于中国、美国、日本和德国。我国 APT 技术专利于 2010 年起专利申请量大幅上升。日本、美国和德国近 20 年技术布局趋势呈现波动状态。

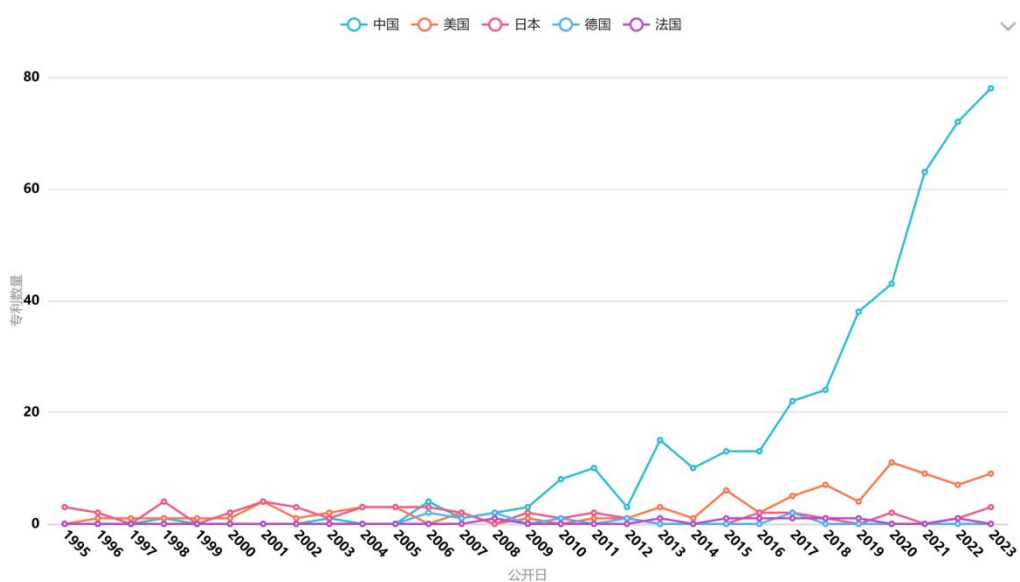


图 5-10 全球近地空间激光通信组网 APT 技术专利主要布局国家/地区申请趋势

5.1.4 全球技术主要流向分析

从中、美、日三大全球近地空间激光通信组网 APT 技术主要申请布局地域的专利申请情况看，如表 5-1 所示，目前三国专利局共有近地空间激光通信组网 APT 技术专利 410 件，其中来自中国的申请人共 306 件，在三国专利局近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请中占比 67.25%；

其中美国主体申请专利（108 件、在三国专利局近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请中占比 23.74%）、日本主体申请专利（41 件、占比 9.01%），来自三国专利局主体申请专利占全球专利的 88.35%，进一步表明三个国家是全球近地空间激光通信组网 APT 技术的主要技术来源国。

目前，中国局共有专利申请（302 件、在三国专利局近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请中占比 73.66%）、美国局共有专利申请（67 件、占比 16.34%）和日本局共有

专利申请（41 件、占比 10%），三国专利局中专利申请数量仍为全球前三名。

中国局专利申请量的占比远超排名第二的日本，证明中国市场的专利竞争强度最大。而美国和日本企业在三个国家都有专利布局，其中美国在海外专利布局数量较多，证明美国的专利海外布局情况最好。从中、美、日、三国专利局的近地空间激光通信组网 APT 技术专利技术流向看，各局除本土外、均有一定技术流向其他二局即在其他二局均有一定专利布局。

表 5-1 中、美、日近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请情况

目标市场地 技术来源国	中国	美国	日本
中国	293	1	0
美国	5	52	11
日本	1	3	27

5.1.5中国创新发展现状与趋势

如图 5-11 所示，中国近地空间激光通信组网 APT 技术的专利布局包括 302 件专利申请，其中 271 件为发明专利，占总申请量的 89.74%，而实用新型专利则为 31 件，占比为 10.26%。在法律状态方面，如图 5-12 所示，目前有 170 件专利处于有效状态，占比为 56.29%，60 件处于审查中，占比为 19.87%，而失效专利共计 72 件，占比 23.84%。

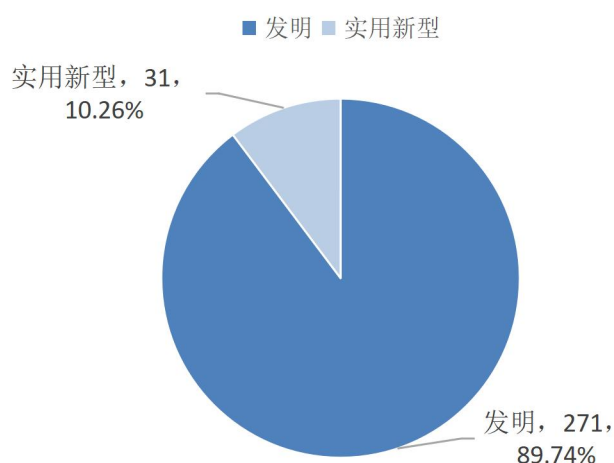


图 5-11 中国近地空间激光通信组网 APT 技术专利类型

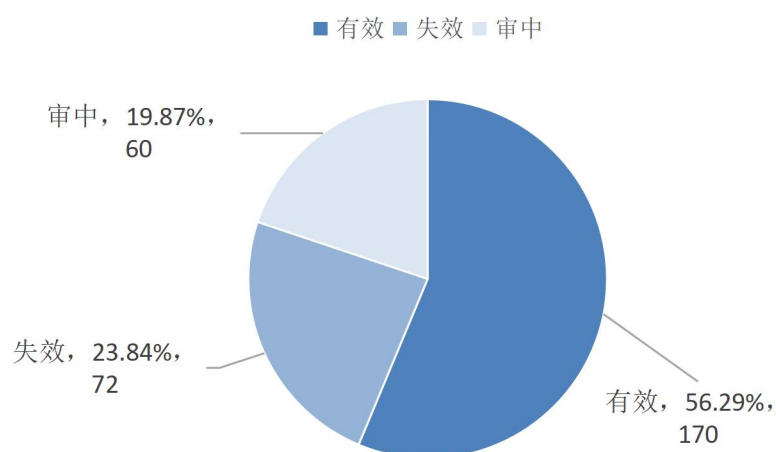


图 5-12 中国近地空间激光通信组网 APT 技术专利法律状态

中国近地空间激光通信组网 APT 技术的专利申请数量达到 302 件，涉及 301 个专利族。如图 5-13 所示，近 20 年来的专利申请总数达 300 件，占据了中国所有专利申请的 99.34%。这 20 年间的专利申请呈现出逐年增长的趋势，可以分为三个阶段：2000 年至 2007 年间，专利申请数量整体保持稳定，增长幅度相对较低；2008 年至 2014 年，申请数

量呈现稳步增长，但增幅并不高；而自 2014 年至今，专利申请量增长迅速，其中在 2022 年达到峰值，达到了 50 件。

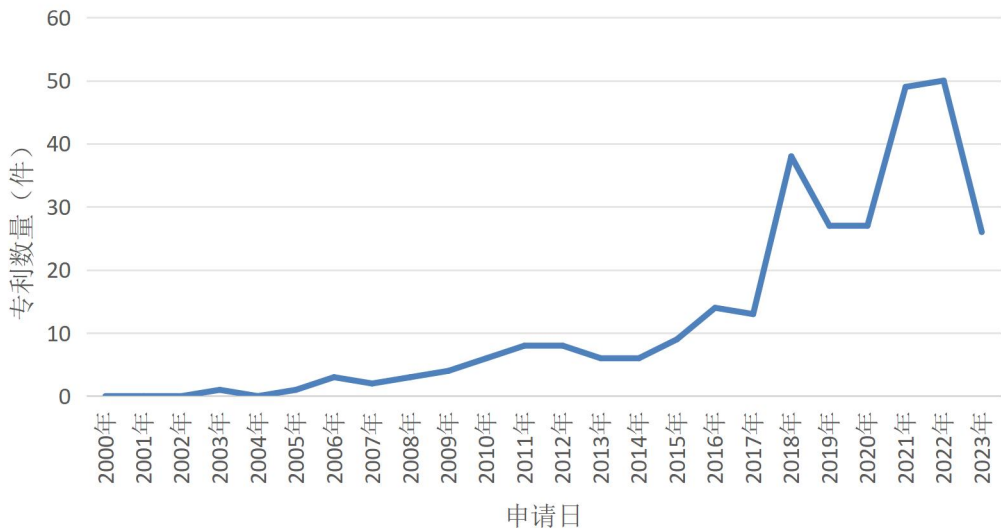


图 5-13 中国近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请趋势

5.1.6 中国主要创新地域分析

如图 5-14 所示，中国近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请主要集中在北京市、吉林省、陕西省、上海市和江苏省。具体而言，如图 5-15 所示，北京市的专利申请数量为 48 件，占总申请量的 15.89%；吉林省有 35 件专利申请，占比 11.59%；陕西省有 34 件，占比 11.27%；上海市有 27 件，占比 8.94%；江苏省有 26 件，占比 8.61%。目前，北京、吉林和陕西地区的近地空间激光通信组网 APT 技术专利申请量在全国占比均超过 10%，证明以上三地创新活跃度较高，成为该领域的主要创新区域。

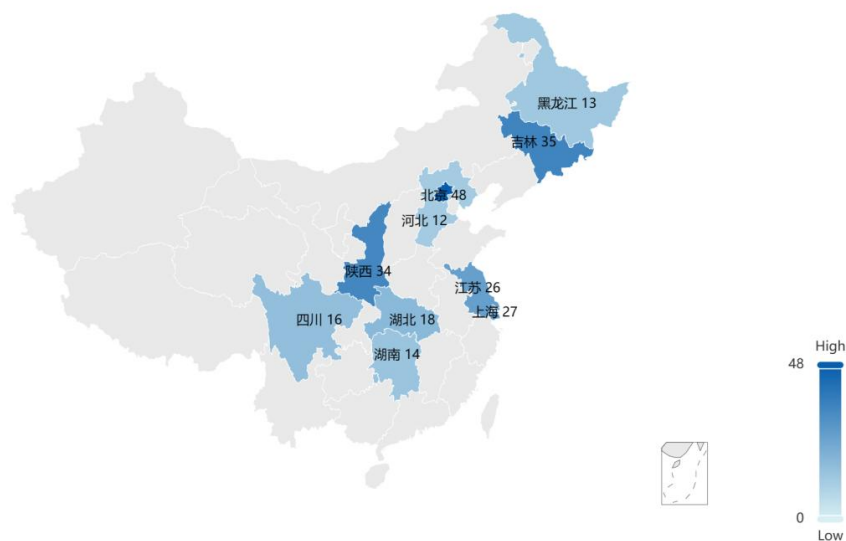


图 5-14 中国近地空间激光通信组网 APT 技术专利分布省市

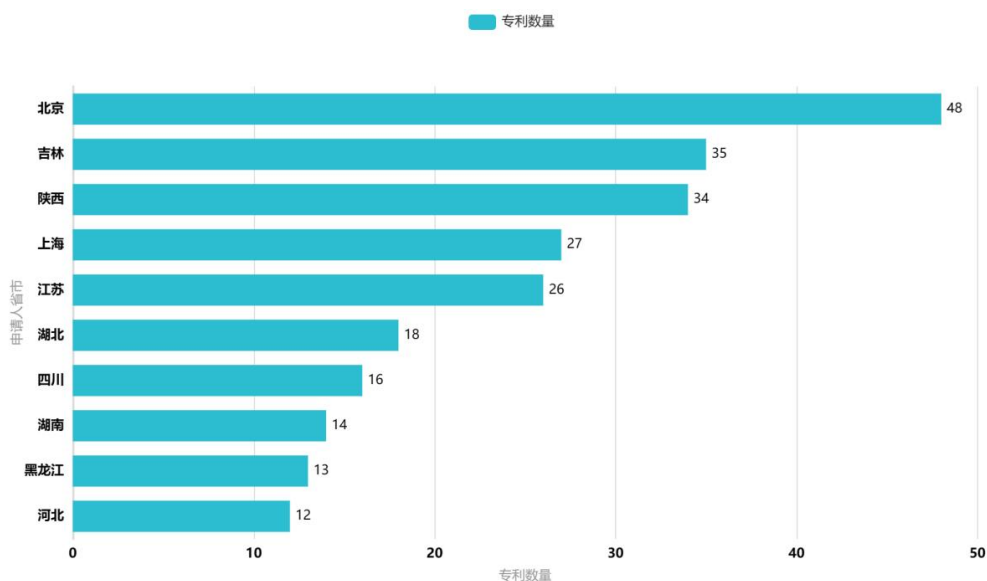


图 5-15 中国近地空间激光通信组网 APT 技术专利省市排名

5.1.7 技术功效

从全球近地空间激光通信组网 APT 技术的专利用途分布领域来看，如图 5-16 所示，近地空间激光通信组网 APT 技术专利分布在信息通信、机械设备、计算控制等领域中，达到的技术效果集中在复杂性降低、精度提高、体积降低和成本降低等方面。APT 技术专利较多集中在信息通信的

通信系统、方法及终端上，在该领域的其他分支专利数量相对较少。其他领域的技术包括方法过程、交通运输、军事武器等，但专利申请数量均较少。在技术效果方面，专利创新改进所达到的效果主要围绕在复杂性降低及精度提高方面，在功耗降低以及稳定性提高上的专利相对较少。

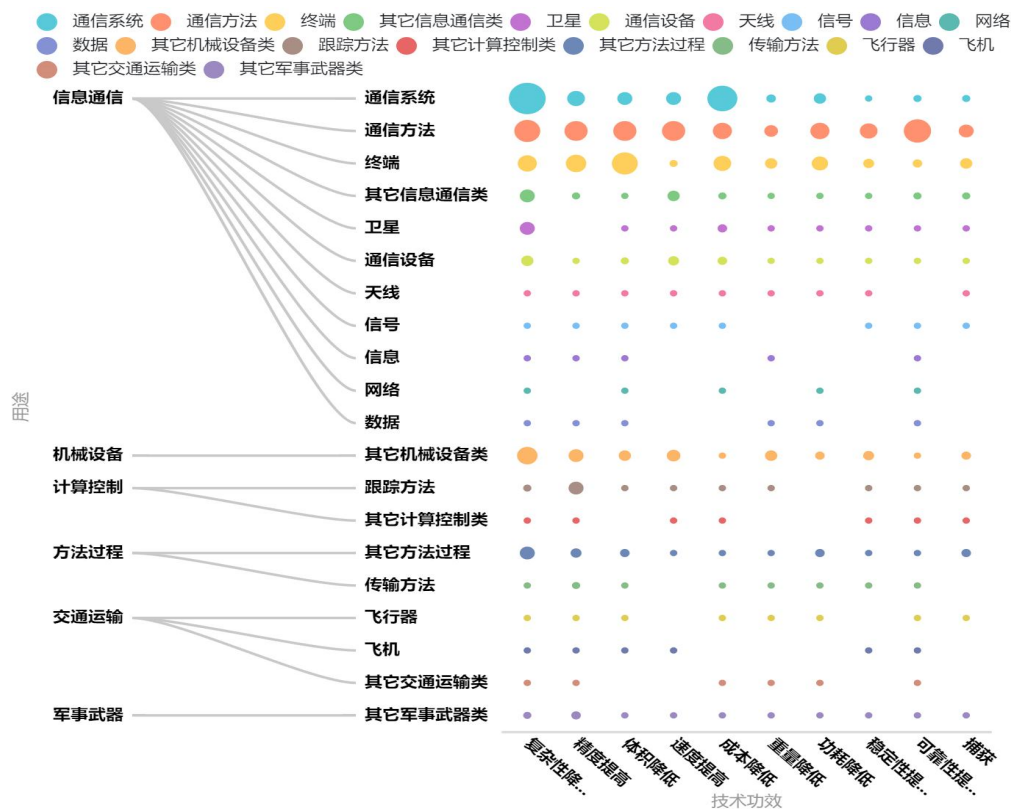


图 5-16 全球近地空间激光通信组网 APT 技术用途功效构成

在全球空间激光通信组网 APT 技术发展中，复杂性的降低以及体积的降低方向的创新一直是行业热点，如图 5-17 所示，在 2000 年至 2023 年间，复杂性降低专利的趋势数量总体上呈现出波动增长的趋势，尤其在 2018 年至 2023 年期间数量增长趋势最快，体积降低的趋势在整个时间范围内表现出波动变化，同样在 2018 年至 2023 年期间，增幅最大。其余如速度提高、成本降低、重量降低、功耗降低

以及稳定性提高等技术功效在不同年份间有波动，但总体趋势是逐渐增加的，尤其是在 2018 年之后。综合来看，从 2018 年开始，精度、速度、稳定性、可靠性和捕获能力都有了显著的改善，而体积、重量、功耗和成本也在持续降低。复杂性在此期间有所波动，但总体趋势可能是逐渐增加的。这些技术功效趋势反映了技术的不断进步、市场需求的变化以及行业的发展方向。

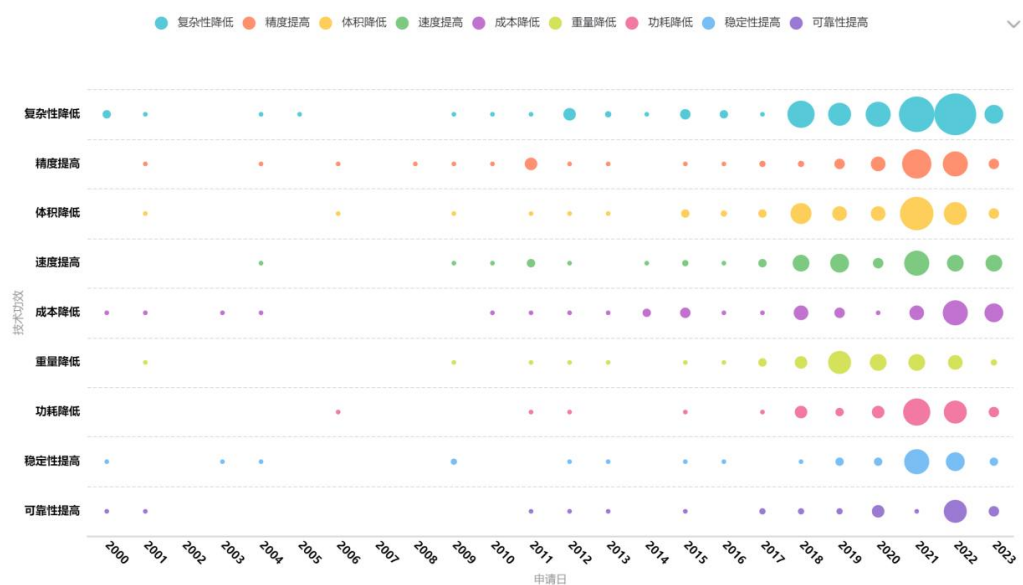


图 5-17 全球近地空间激光通信组网 APT 技术功效热点

5.2 光学系统技术分析

5.2.1 技术简介

近地空间激光通信组网技术中的光学系统在整个通信过程中扮演着至关重要的角色，其作用主要包括：

1、传输信号：光学系统负责将信息转换成激光光束，并通过空间传输到接收端。光学系统的设计要求能够实现高速、高带宽的信号传输，以满足通信需求。

2、提供通信通道：光学系统构建了通信的物理通道，通过激光光束在近地空间传输信息。相比于传统的无线电频率，激光通信具有更高的传输速率和更窄的波束宽度，能够提供更高效的通信通道。

3、实现精确定位：光学系统通过准确控制光束的传输方向和跟踪目标的位置，实现对通信目标的精确定位。这对于太空中的卫星通信和深空探测等任务至关重要。

4、抵抗干扰：光学系统需要具备抗大气干扰和天气影响的能力，以确保通信的稳定性和可靠性。这包括对大气湍流、云层遮挡和光学非线性效应等因素的抵抗能力。

5、支持高速通信：光学系统的高速传输能力使其成为实现大容量数据传输的理想选择。在太空探测任务中，高速通信对于传输大量观测数据和图像具有重要意义。

光学系统具体可分为光学天线单元和子光路单元。其中光学天线单元是光学系统的核心部分，可以采用独立口径收发模式或者共用口径收发模式。光学天线单元负责塑造激光光束的形状和方向，确保光信号能够准确地传输到目标接收器或终端；另外，光学天线单元的设计直接影响光学系统的传输效率。通过优化光学天线单元的结构和材料选择，可以最大程度地减少光信号在传输过程中的损耗；

而且光学天线单元的设计也可以考虑抗干扰性能，以减少外部干扰对通信系统的影响，从而提高通信的稳定性和可靠性。

子光路单元主要包括：

1、光学放大器：用于增强光信号的强度，以确保信号能够在传输过程中保持足够的强度。

2、光路复用器：用于将多个光信号合并成一个光信号，以提高光通信系统的效率。

3、滤光片：用于选择特定波长范围内的光信号，以减少光噪声和干扰。

4、分光片：将光信号分成多个分支，用于多通道通信或信号分配。

5、光学检测器：用于接收和检测光信号，并将其转换为电信号以进行处理和解调。

子光路单元可以对输入光信号进行分光，将光信号分成多个子信号，以便在通信系统中进行多路复用或者进行不同方向的传输。同时，它也可以将多个光信号合束成一个光束，以实现集中发送或者接收。

另外，子光路单元可以进行一些基本的光学信号处理，如波前调制、相位调制、频率调制等，以增强光信号的传输性能，提高通信系统的抗干扰能力和传输速率。

在光学系统中，子光路单元可以用于调整和校正光路路径，以保证光信号在传输过程中的准确性和稳定性。这包括对光路的对准、聚焦、衍射校正等操作。

子光路单元可以对多路光信号进行调度和管理，确保它们在系统中的正常传输和处理。这包括对光信号的路由、切换、优先级分配等功能。

综上所述，光学系统在空间激光通信技术的光学系统中起着整体协调和优化性能的作用，通过分光与合束、光学信号处理、光路调整和校正以及信号调度和管理等功能，确保光学系统能够高效稳定地进行数据传输。

5.2.2 全球创新发展现状与趋势

如图 5-18 所示，全球光学系统技术已申请了 2600 件专利，其中发明专利 2475 件，占比达到 95.19%，而实用新型专利则有 125 件，占比为 4.81%。就专利的法律状态而言，如图 5-19 所示，目前该技术中有 901 件专利处于有效状态，占比为 37.43%，有 215 件专利处于审查中，占比 8.93%，而失效专利则有 1291 件，占比 53.64%。

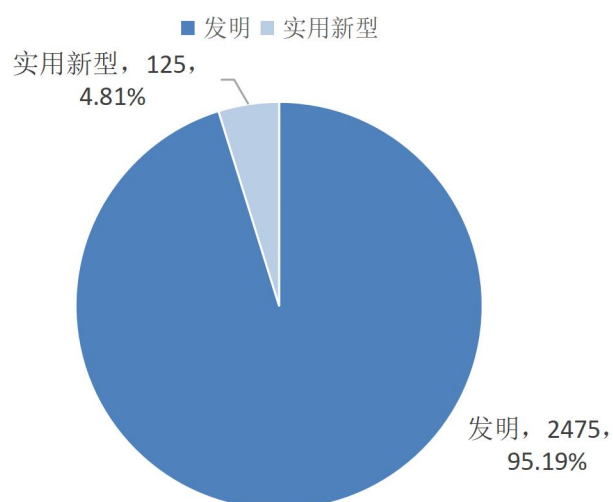


图 5-18 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利类

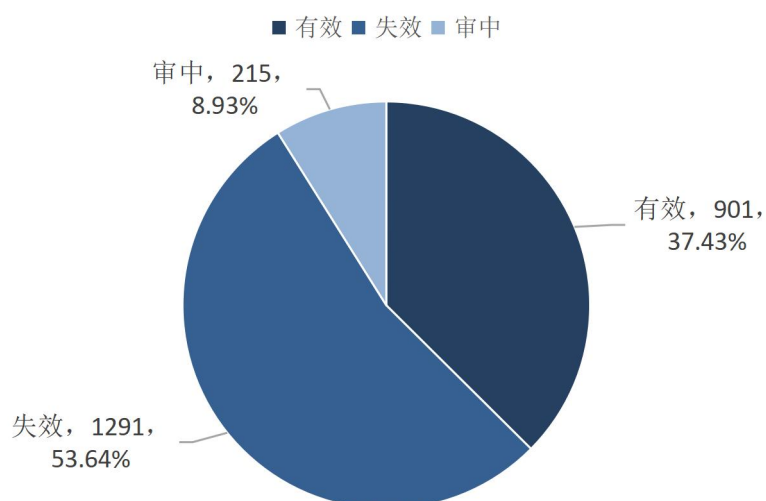


图 5-19 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利法律状态

注：PCT 申请属于专利申请的一种渠道，不属于法律状态，故不做统计

又如图 5-20 所示，失效专利中未缴年费占比 34.16%，期限届满占比 32.46%，驳回占比 8.91%，撤回占比 14.02%，放弃占比 7.44%，权利终止占比 2.4%，避重放弃、申请终止、全部无效共占比 0.4%。

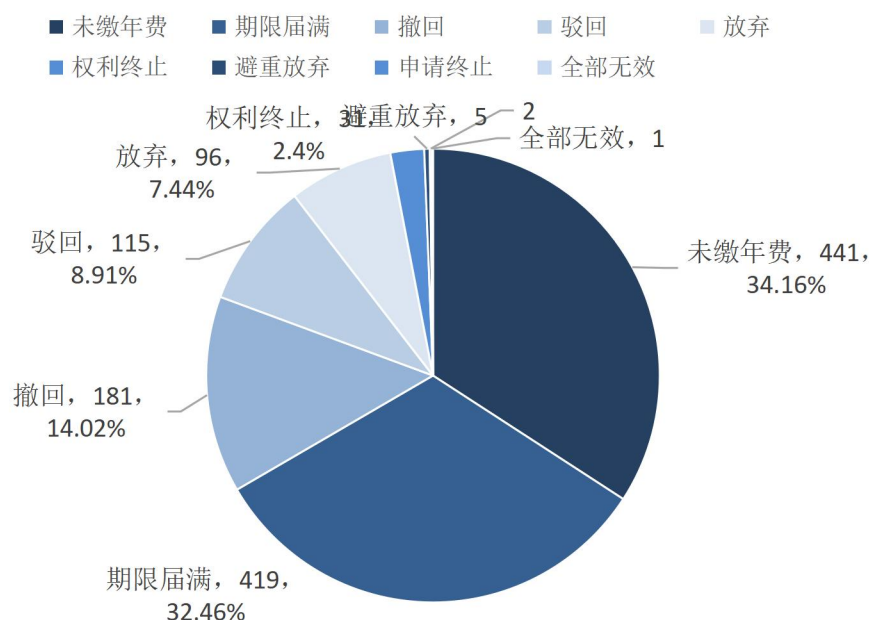


图 5-20 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利法律状态

如图 5-21 所示，全球近地空间激光通信组网光学系统技术的专利申请总体上呈增加的趋势，共计 2600 件，涉及 1995 组同族专利。总的趋势趋势可以分为四个阶段来描述：80 年代初期至 90 年代初期：这一时期，专利申请数量相对较少，可能是由于技术领域尚未得到充分发展。这段时期的增长可能受到技术成熟度和市场需求的影响。90 年代中期至 21 世纪初：在这段时间内，专利申请数量开始逐渐上升。21 世纪初至 2010 年代初：在这段时期，专利申请数量继续增长，但可能出现了一些波动。这可能与经济衰退、政策变化或市场需求的变化有关。2010 年代中期至 2020 年代初期：这一时期，专利申请数量再次出现增长，并达到了一个新的高峰。

从图中可以看出，总的来说，从 1980 年到 2000 年，全球近地空间激光通信组网光学系统技术一直处于发展阶段，

专利申请量呈缓慢上升状态。自 2000 年开始，这项技术迎来了发展期，专利申请数量呈现迅速增长的趋势。2006-2012 年期间专利申请量出现下滑，但 2013 年之后该领域的专利申请趋势再次迎来高峰。（目前 2023 年专利申请尚未完全公开，已公开专利尚不能完全反应专利申请趋势和授权趋势，下同）

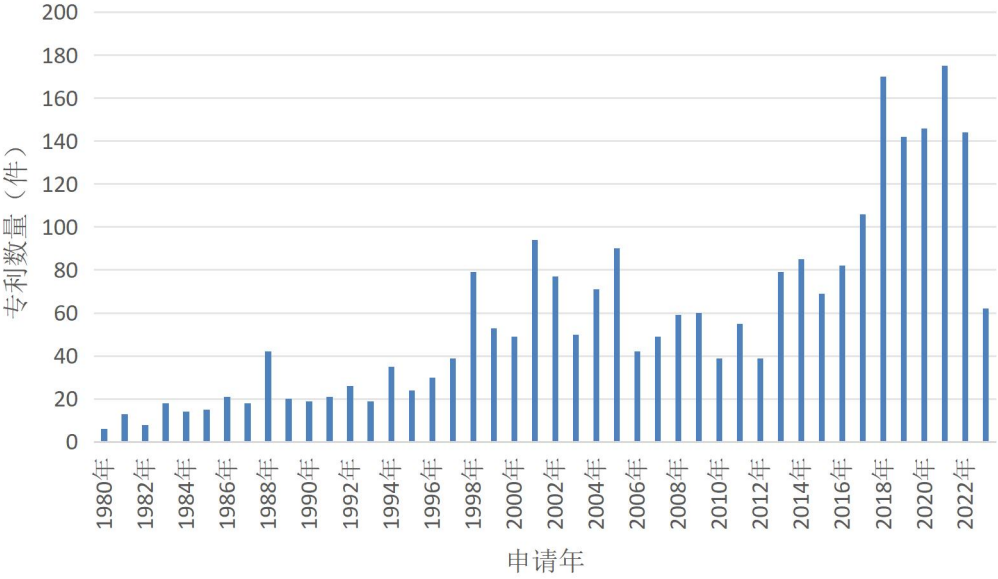


图 5-21 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利申请趋势

5.2.3全球主要创新地域分析

如图 5-22 所示，全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利申请来源主要集中在日本、中国、美国、韩国和德国。其中，来自日本的申请人提交了 839 件专利申请，占比达到 32.27%，居于领先地位；中国紧随其后，申请数量为 694 件，占比 26.69%；美国、韩国和德国的专利申请数量分别为 513 件（占比 19.73%）、109 件（占比 4.19%）和

97 件（占比 3.73%）。目前，日本、中国和美国是全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利申请的主要来源国，表明这几个国家在该领域的技术创新能力和活跃程度较高。

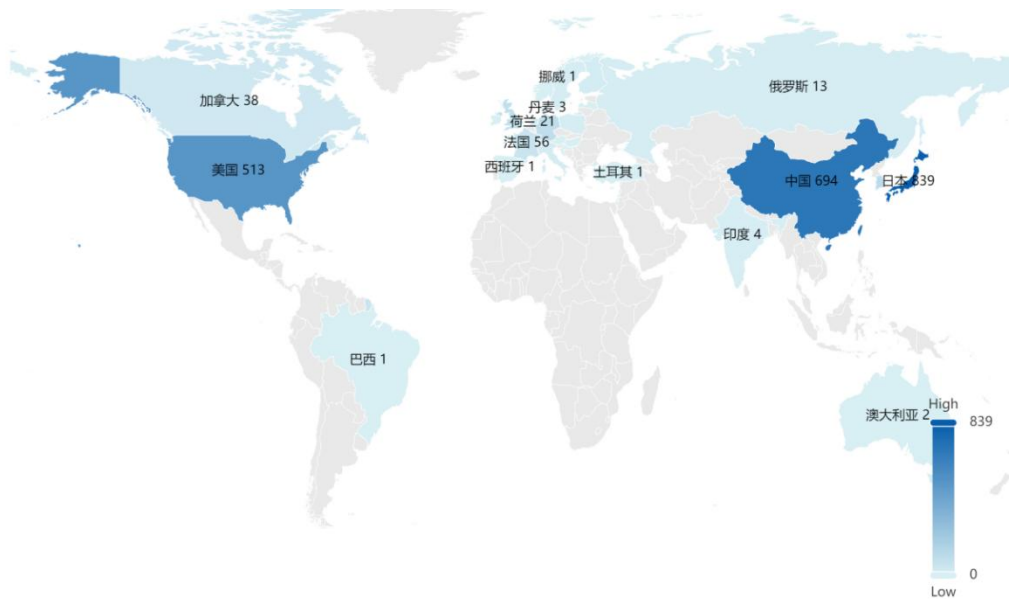


图 5-22 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利来源国家/地区

近 30 年，全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利主要来源国的专利申请趋势不同。如图 5-23 所示，中国自 2010 年起年专利申请量开始逐步上升；美国的专利申请量自 2012 年后呈现震荡上升状态；日本在该领域的申请量在 2011 年之前较多，但 2012 年后申请量降低，且一直保持在较低水平。

从申请人排名来看，如图 5-24 所示，迄今为止“近地空间激光通信组网光学系统技术”方向专利布局企业中的前 10 名中，有 7 家日本申请人，2 家中国申请人，1 家美国申请人。这从侧面反映了这三个国家在近地空间激光通信

组网光学系统技术领域的专利布局处于领先地位，这种领先地位反映了这三个国家在该领域的技术实力和创新能力。

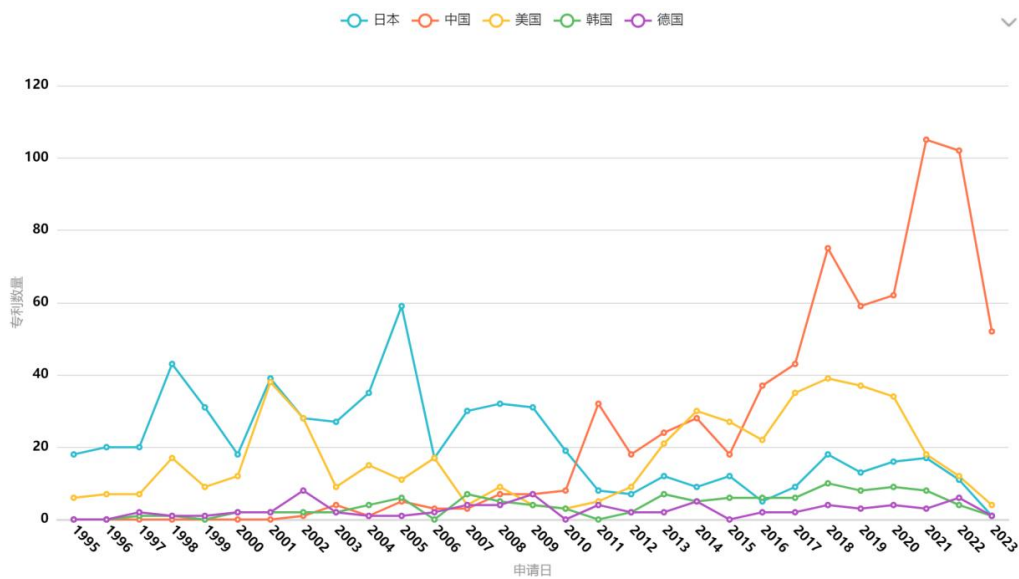


图 5-23 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利主要来源国家/地区申请趋势

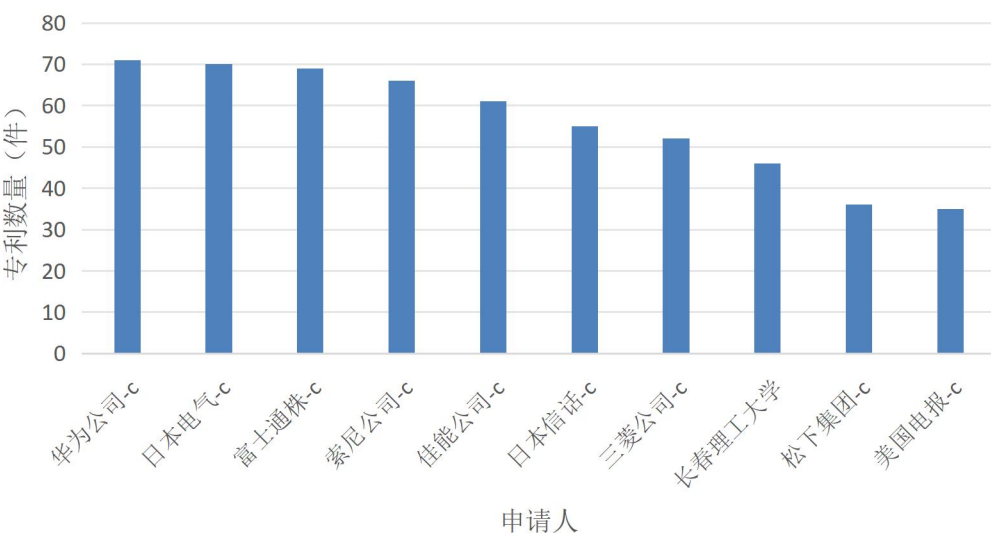


图 5-24 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利申请人排名

如图 5-25 和图 5-26 所示，全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利申请主要布局在中国、日本、美国。其中，中国和日本作为该技术的主要市场，至今为止有分别有 660 和 650 件专利在此布局，排名第三的美国有 526 件专

利在此申请。其他国家或地区的专利申请数量均不到 100 件，凸显了中、日、美三国在该领域的领先地位。

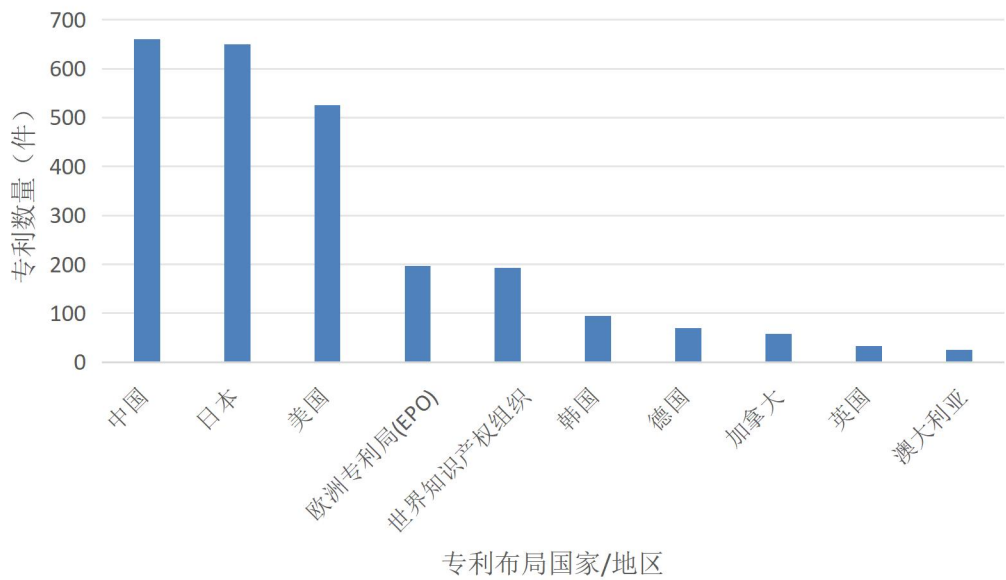


图 5-25 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利布局国家/地区排名



图 5-26 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利布局国家地区分布

如图 5-27 所示，技术主要布局于中国、美国、日本、韩国和德国。与来源趋势相似，中国专利布局量从 2010 年开始逐步上升；美国的专利布局量在 2013 年后也呈现上升趋势；日本的布局量 2010 年以后呈持续走低的态势。

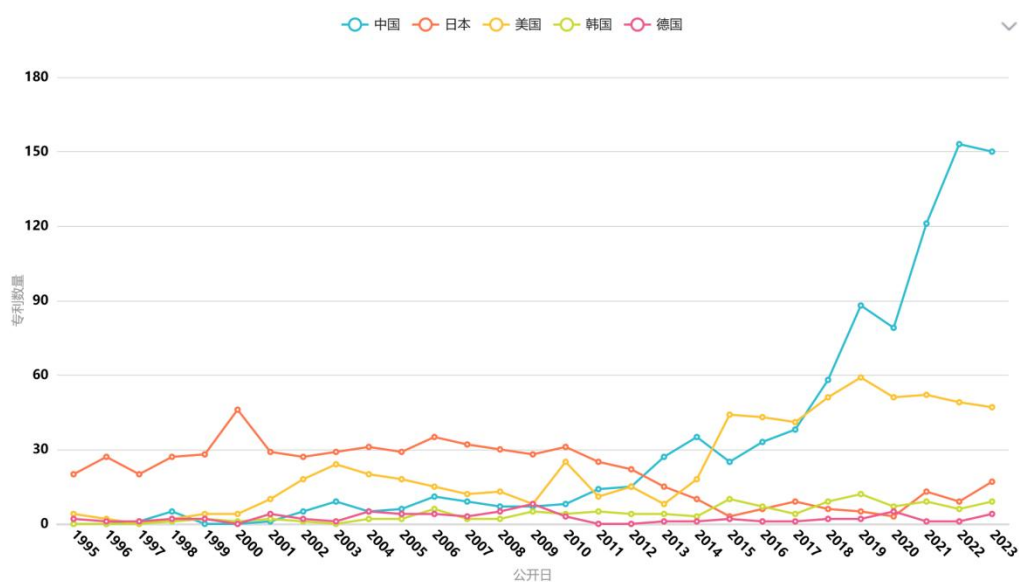


图 5-27 全球近地空间激光通信组网光学系统技术专利主要布局国家/地区布局趋势

5.2.4 全球技术主要流向分析

从中、美、日、韩四大全球近地空间激光通信组网光学系统技术主要申请布局地域的专利申请情况看，如表 5-2 所示，目前四国专利局共有近地空间激光通信组网光学系统技术专利 1931 件，其中来自中国的申请人共申请 694 件，在四国专利局近地空间激光通信组网光学系统技术专利申请中占比 32.2%；其中美国主体申请专利（513 件、在四国专利局近地空间激光通信组网光学系统技术专利申请中占比 23.81%）、日本主体申请专利（839 件、占比 38.93%）、韩国主体申请专利（109 件，占比 5.06%），来自日中美韩四国专利局主体申请专利占全球专利的 82.88%，进一步表明这四个国家是全球近地空间激光通信组网光学系统技术的主要来源国。

目前，中国局共有专利申请（660 件、在四国专利局近地空间激光通信组网光学系统专利申请中占比 34.18%）、美国局共有专利申请（526 件、占比 27.24%）、日本局共有专利申请（650 件、占比 33.66%）和韩国局共有专利申请（95 件，占比 4.92），四国专利局中专利申请数量仍为全球前四名。

中国局专利申请量与排名第二的日本数量相近，证明中国市场和日本市场的专利竞争强度相似。从中、美、日、韩四个主要市场的全固态电池专利技术流向来看，这四个市场的技术输出范围和海外专利布局涵盖了广泛的地域。除了在本土布局外，每个市场都有一定程度的技术输出到其他三个市场，并在这些市场中具有一定的专利布局。

表 5-2 中、美、日、韩四大全球近地空间激光通信组网光学系统技术的专利申请

目标市场地 技术来源国	日本	中国	美国	韩国
日本	576	15	138	13
中国	3	590	39	3
美国	53	31	240	18
韩国	3	8	27	60

5.2.5中国创新发展现状与趋势

如图 5-28 所示，中国近地空间激光通信组网光学系统技术的专利布局包括 660 件专利申请，其中 561 件为发明专利，占总申请量的 85%，而实用新型专利则为 99 件，占比

为 15%。在法律状态方面，如图 5-29 所示，目前有 367 件专利处于有效状态，占比为 55.61%，106 件处于审查中，占比为 16.06%，而失效专利共计 187 件，占比 28.33%。

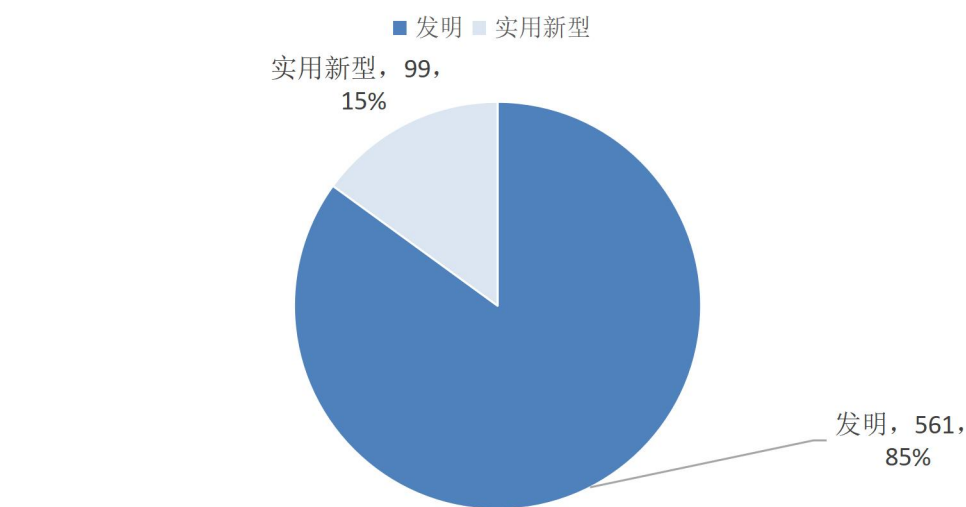


图 5-28 中国近地空间激光通信组网光学系统技术专利类型

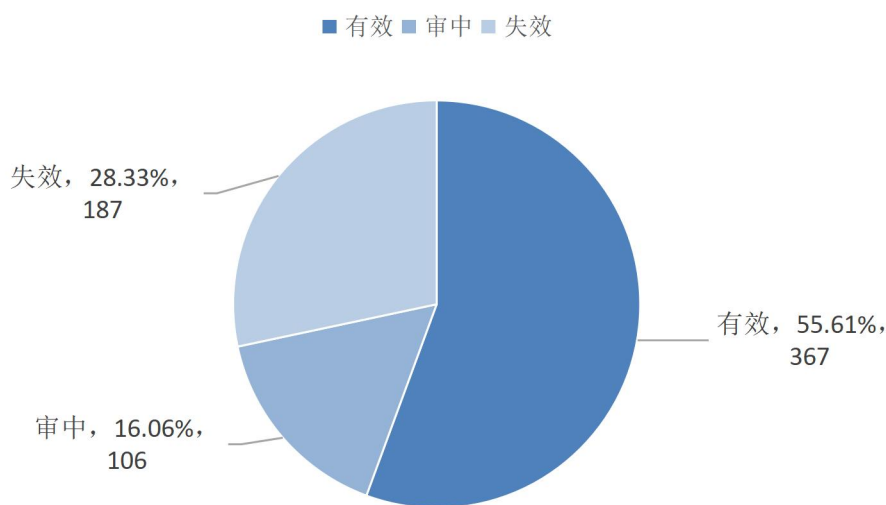


图 5-29 中国近地空间激光通信组网光学系统技术专利法律状态

中国近地空间激光通信组网光学系统技术的专利申请数量达到 694 件，涉及 640 个专利族，全部在近 20 年期间申请。如图 5-30 所示，这 20 年间的专利申请呈现出逐年增

长的趋势，可以分为三个阶段：2000年至2010年间，专利申请数量整体保持稳定，增长幅度相对较低；2010年至2015年，申请数量呈现震荡状态；而自2016年至今，专利申请量增长迅速，其中在2021年达到峰值，达到了105件。

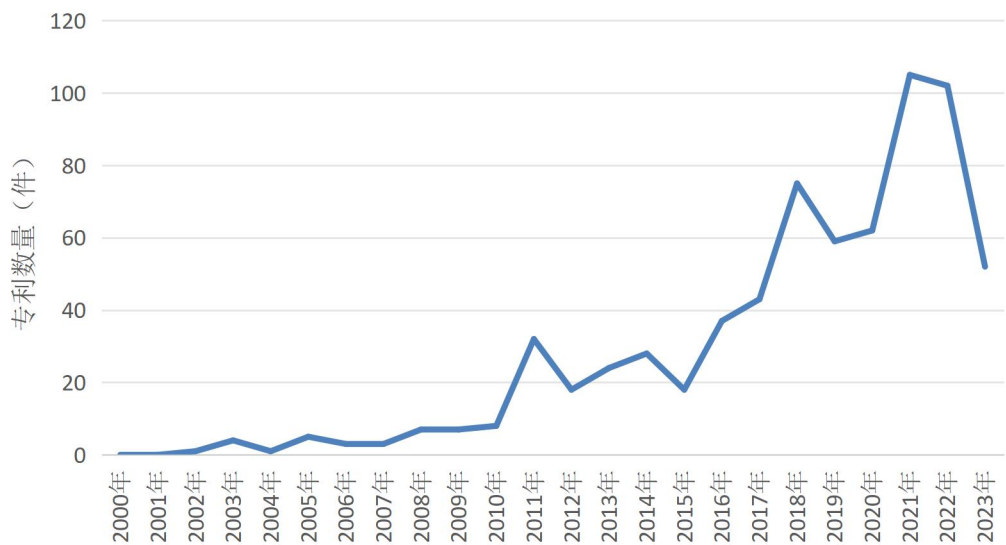


图 5-30 中国近地空间激光通信组网光学系统技术专利申请趋势

5.2.6 中国主要创新地域分析

如图 5-31 和图 5-32 所示，中国近地空间激光通信组网光学系统技术专利申请主要集中在北京市、江苏省、广东省、上海市和吉林省。具体而言，北京市的专利申请数量为 71 件，占总申请量的 10.23%；江苏省有 71 件专利申请，占比 10.23%；广东省有 70 件，占比 10.09%；上海市有 63 件，占比 9.08%；吉林省有 58 件，占比 8.36%。目前，北京、江苏和广东地区的近地空间激光通信组网光学系统技

术专利申请量在全国占比均超过 10%，证明以上三地创新活跃度较高，成为该领域的主要创新区域。

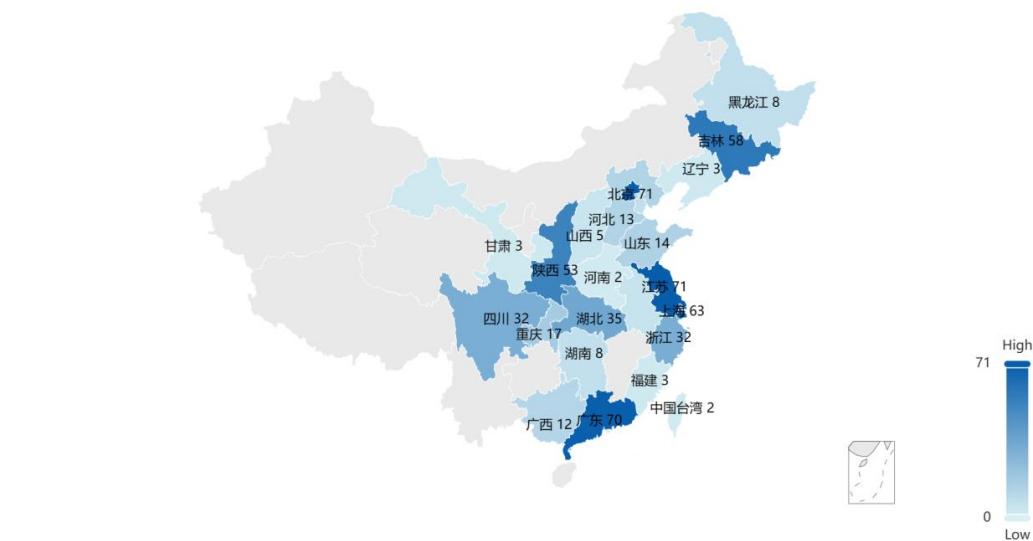


图 5-31 中国近地空间激光通信组网光学系统技术专利分布省市

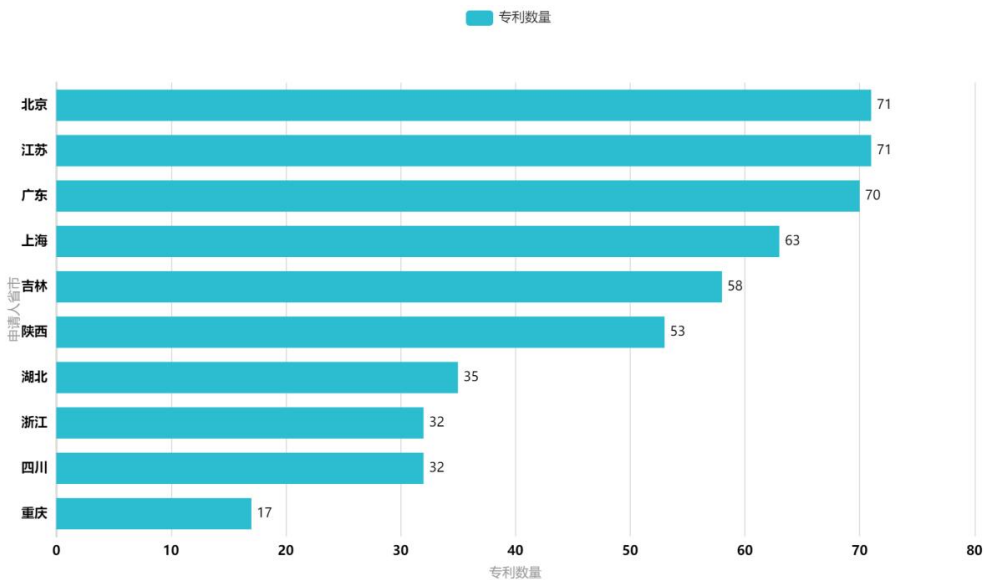


图 5-32 中国近地空间激光通信组网光学系统技术专利省市排名

5.2.7 技术功效

从全球近地空间激光通信组网光学系统技术的专利用途分布领域来看，如图 5-33 所示，近地空间激光通信组网

光学系统技术专利分布在信息通信、机械设备、电子电器等领域中，达到的技术效果集中在复杂性降低、成本降低、效率提高和稳定性提高等方面。光学系统技术专利较多集中在信息通信的通信系统、方法上，在该领域的其他分支专利数量相对较少。其他领域的技术包括方法过程、交通运输、计算控制等，但专利申请数量均较少。在技术效果方面，专利创新改进所达到的效果主要围绕在复杂性降低及成本方面，在速度提高以及可控性提高上的专利相对较少。

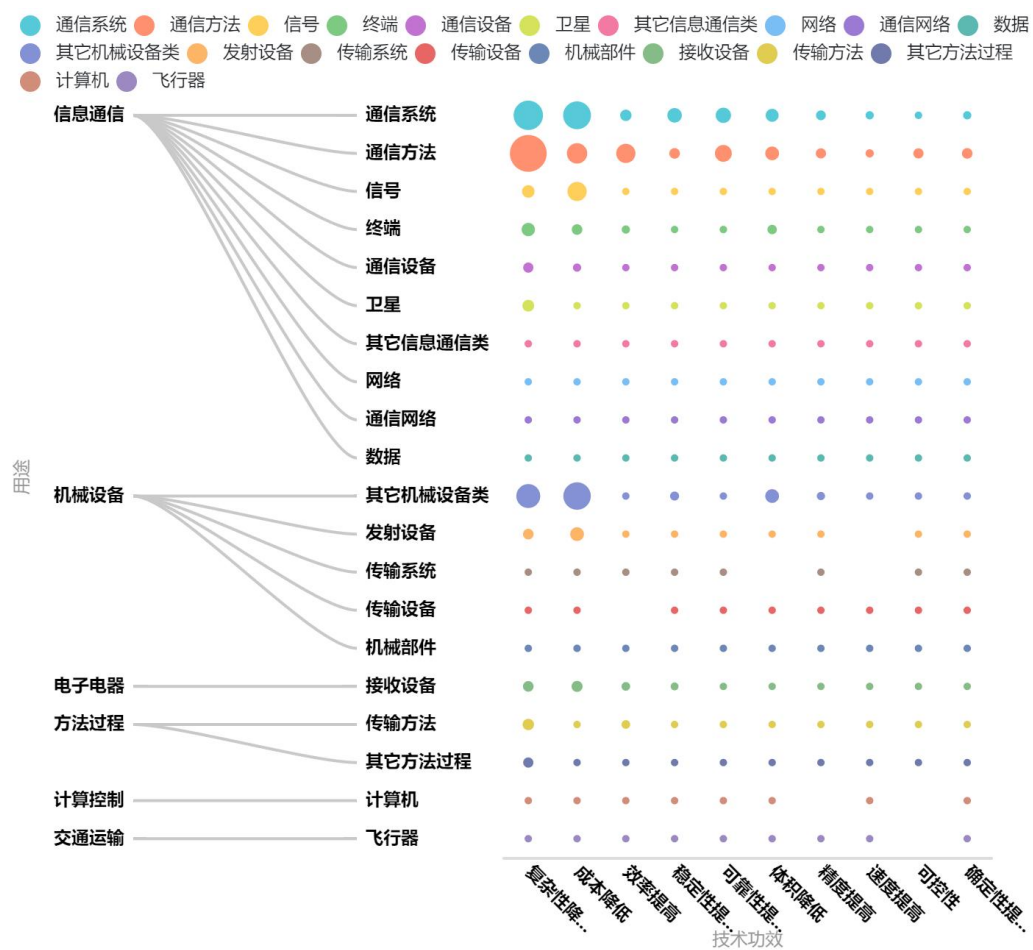


图 5-33 全球近地空间激光通信组网光学系统技术用途功效构成

在全球近地空间激光通信组网光学系统技术发展中，复杂性的降低以及成本的降低方向的创新一直是行业热点。如图 5-34 所示，从 2000 年到 2023 年，复杂性降低的趋势总体上呈现出波动增长的趋势。特别是在 2018 年至 2023 年期间，数量增加明显，专利申请数量从 20 件增加到了 41 件。这表明在这段时间内，人们对于简化技术设计和实施方面的需求不断增加。成本降低的趋势在整个时间范围内波动变化较大，但总体呈现出逐渐增加的趋势。在 2018 年至 2022 年期间，专利申请数量从 22 件增加到了 30 件。这反映了市场对于成本效益的不断追求。

其余如效率提高、确定性提高、体积降低、精度提高以及速度提高等技术功效在不同年份间有波动，但总体趋势是逐渐增加的，尤其是在 2018 年之后。综合来看，从 2018 年开始，精度、速度、稳定性、可靠性都有了显著的改善，而体积、重量、功耗和成本也在持续降低。复杂性在此期间有所波动，但总体趋势可能是逐渐增加的。这些技术功效趋势反映了技术的不断进步、市场需求的变化以及行业的发展方向。其他各项技术效果包括效率提高、确定性提高、体积降低、精度提高以及速度提高等的专利申请量存在波动，但总体呈现逐渐增加的趋势。

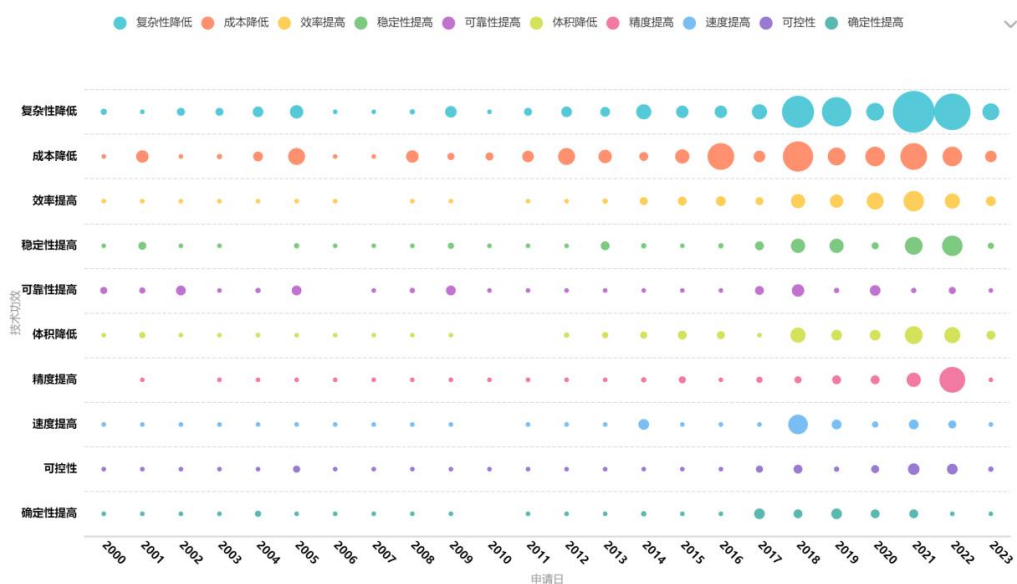


图 5-34 全球近地空间激光通信组网光学系统技术功效热点

5.3 本章小结

本章主要结合了近地空间激光通信组网技术中的 APT 技术方向和光学系统技术方向的专利情况，分析了这两个技术方向的现有技术研发情况：

从专利角度来看，近地空间激光通信组网技术中，日本、美国和中国在 APT 技术方向和光学系统技术的专利申请数量方面处于世界领先地位。同时，这些国家在近地空间激光通信组网技术中的 APT 技术方向和光学系统技术的创新能力和创新活跃程度也相对较高。因此，它们成为全球近地空间激光通信组网技术中 APT 技术方向和光学系统技术专利技术的主要贡献国家。

近 20 年，全球近地空间激光通信组网技术中的 APT 技术方向和光学系统技术方向专利技术主要目标市场国的专

利申请趋势均处于增长态势。作为全球范围内最大的技术市场国，受理局为中国的 APT 技术方向和光学系统技术方向的专利申请量在近年来与其他主要技术市场国拉开差距。自 2009 和 2016 年以来中国受理局在 APT 技术方向和光学系统技术方向的专利布局数量相较于同时期的其他技术市场国专利申请布局数量更多。中国专利年申请量的急剧增加与国内市场中企业自主布局的增多密切相关。这表明中国企业正积极投入近地空间激光通信组网技术领域，并通过专利申请来保护其创新成果。这种趋势表明中国在 APT 技术方向和光学系统技术的发展上取得了显著进展，使其成为全球近地空间激光通信组网技术的重要参与者之一。

第 6 章主要结论与措施建议

6.1 主要结论

近地空间激光通信组网技术拥有广阔的应用前景，它在解决通信速率、安全性和可靠性等方面具有重要意义。本篇专利导航报告从多个角度对这一技术领域进行了深入分析，包括研究背景、目的、方法，以及检索和数据处理过程，进而对近地空间激光通信组网技术的概述、专利态势、潜在合作伙伴/竞争对手分析以及关键技术进行了系统性探讨，得出以下结论：

1. 近地空间激光通信组网技术仍处在发展阶段，但该技术得到市场需求与政策支持，是未来通信的重要发展方向

从全球范围来看，近地空间激光通信组网技术的专利申请量整体呈增长趋势。中国、美国和日本在近地空间激光通信组网技术领域的技术布局处于领先地位。该领域的技术创新活动日益活跃，越来越多的国家和企业开始投入资源进行研发。

近地空间激光通信组网技术的发展可以大致分为三个阶段：缓慢发展期（1960-1980 年）、快速发展期（1981-2000 年）和持续增长期（2001 年至今）。近地空间激光通信组网技术的应用领域广泛，包括星星通信、星空通信、

星地通信等。随着技术的不断进步和成本的降低，这些应用领域将得到进一步的拓展和深化。同时，政府政策的支持和市场需求的增長也将为激光通信技术的发展提供动力。

近地空间激光通信组网技术作为一种新兴的通信技术，正受到各方的关注与青睐。传统通信技术虽然成熟稳定，但在高速、大容量数据传输方面却面临着诸多挑战。近地空间激光通信组网技术具有高速、高带宽、保密性强等优势，是未来通信技术的发展方向之一。

2. APT 技术和光学系统技术是近地空间激光通信组网技术的重点技术方向

APT（捕获、跟踪、对准）技术是近地空间激光通信组网中的关键技术之一。它对于确保激光通信的稳定性和可靠性至关重要。APT 技术的发展经历了多个阶段，从最初的机械式跟踪到后来的光电跟踪，再到现在的智能跟踪，技术不断进步，性能也不断提升。

光学系统技术是近地空间激光通信组网中的另一个关键技术。包括光学元件的制造、光学系统的优化等方面。光学系统技术的创新对于提高激光通信的传输速率、降低误码率、增强抗干扰能力等方面都具有重要意义。

除了 APT 技术和光学系统技术外，近地空间激光通信组网技术还涉及通信协议与算法、安全与隐私保护等方面的创新。这些创新点为激光通信技术的发展提供新的思路 and 方向。

3. 潜在合作伙伴与竞争对手中，华为公司专利布局较为广泛，SA Photonics 公司专利布局相对集中

在选择潜在合作伙伴时，需要考虑对方的技术实力、市场影响力、综合解决方案能力等因素。例如，华为公司作为全球知名的科技公司，在激光通信领域有着丰富的技术积累和市场经验，因此被视为潜在的合作伙伴。华为公司在全球范围内申请了 104 件近地空间激光通信组网技术的相关专利，这些专利涉及多个技术方向和子领域。华为注重在近地空间激光通信组网技术领域的全面布局，其专利布局方向涵盖了光学系统、通信终端、ATP 技术、调制方法等众多方向。这种分散布局策略有助于华为公司在不同技术领域保持竞争力，并灵活应对市场变化和技术发展趋势。

SA Photonics 公司在近地空间激光通信组网技术领域也具有较强的技术实力和市场影响力。该公司不仅拥有一定数量的专利储备，还在技术创新和成果转化方面取得一定成果。SA Photonics 公司在一段时间内集中布局了近地空间激光通信组网技术的专利，这意味 SA Photonics 公司在该领域进行了有针对性的研发，并希望快速建立技术壁垒或市场优势。技术领域的集中布局涉及多个技术方向，如在 2015-2017 年集中在数据传输方向布局，2016-2022 在光学系统领域集中布局。相较于华为公司的长期持续布局，SA Photonics 公司的布局更加聚焦于某一或少数几个核心领域。

以上结论是在分析过程中发现的关键问题和现象。这些关键发现不仅有助于更好地理解该领域的现状和发展趋势，还提供改进和优化的方向。基于以上结论，提出一系列具体的后续建议。这些建议旨在解决当前存在的问题，推动该领域的进一步发展。同时，也对该领域的未来发展趋势进行了展望，为相关决策者提供了重要的参考。

6.2 主要建议

结合上述五章的内容，针对近地激光通信组网技术的发展现状，提出以下几点建议，旨在推动该领域的创新发展：

一、应用方向建议

近地激光通信组网技术作为新一代通信技术的重要组成部分，正逐步展现出其在多个领域的广阔应用前景。近地激光通信组网技术具备高速率、低延迟、高保密性等显著优势，为多个新兴领域的发展注入了新的活力。

在卫星互联网领域，近地激光通信组网技术能够实现卫星之间的高速数据传输，为构建全球无缝覆盖的卫星通信网络提供有力支持。可以极大地提升卫星互联网的传输效率，还为实现全球范围内的即时通信和信息共享奠定坚实基础。

作战无人机群方面，近地激光通信组网技术能够确保无人机之间以及无人机与指挥中心之间的实时通信，为无

人机群的协同作战提供了可靠保障。通过激光通信，无人机可以实时传输侦察数据、作战指令等关键信息，从而大幅提升作战效率和准确性。

对于偏远山区的网络建立，近地激光通信组网技术同样具有显著优势。它能够跨越复杂地形，实现山区与城市中心的高速网络连接，为偏远地区的居民提供便捷的网络服务。有助于缩小城乡数字鸿沟，同时还能促进山区经济的持续发展。

空天地海一体化信息网络建立也是近地激光通信组网技术的重要应用方向之一。该技术能够实现空中、陆地、海洋等不同领域之间的无缝连接，为构建全球一体化的信息网络提供有力支持。这将有助于提升全球范围内的信息共享和协同作战能力，为应对各种复杂挑战提供有力保障。

因此，近地激光通信组网技术在卫星互联网、作战无人机群、偏远山区网络建立以及空天地海一体化信息网络建立等方面均展现出巨大的应用潜力，为未来的通信发展注入新的活力。

二、专利布局方向建议

近地空间激光通信组网技术可以为未来的太空通信提供高速、高带宽、低时延的解决方案。通过针对第三章专利数据的检索，近地空间激光通信组网技术在以下技术路线申请专利较少，可以考虑申请专利：

通信协议与算法：研究并设计适用于近地空间通信的新型通信协议和算法，以应对高速运动、信道淡化等特殊情况；利用深度学习和人工智能技术优化数据传输和处理过程，提高通信效率和可靠性。

安全与隐私保护：开发安全的激光通信加密技术，确保通信数据的机密性和完整性；研究隐私保护技术，防止通信内容被未经授权的人员获取。

抗干扰与自适应技术：开发抗大气干扰和恶劣环境影响的激光通信技术，提高通信系统的稳定性和可靠性；研究自适应光学技术，实现对大气扰动和光学系统误差的实时补偿。

系统集成与测试验证：进行激光通信系统的硬件与软件集成，确保各组件之间的兼容性和协调性；进行地面实验和空间验证，评估系统性能，并进行必要的调整和优化。

多光束并行通信：探索同时通过多条激光束进行并行通信的技术，包括光束分离和合并技术，以增加数据传输量和稳定性。比如在光束调度和管理方向，设计能够有效管理和调度多个光束之间的资源分配和通信流量的算法和系统；在抗干扰和交叉干扰技术方向，研究如何在多光束并行通信系统中降低干扰和交叉干扰的影响，以提高通信质量和可靠性。

在以上技术路线的专利数量少意味着该领域还未被充分探索或竞争尚不激烈，因此研发和专利保护可能会为申

请人带来商业机会和竞争优势。通过在该技术路线上进行重点研发，申请人有机会成为领先者，建立起技术壁垒，使其他竞争对手难以追赶。并且即使当前专利数量较少，但通过在该技术路线上进行重点研发，申请人可以在未来的产业布局中占据有利位置。在技术成熟、市场需求增加时，申请人可能已经建立起了自己的技术积累和市场份额。

总之，虽然以上技术路线上专利数量相对较少，但这也可能代表着尚未被充分发掘的商业机会。因此，在以上技术路线上进行重点研发是合理的，以便抓住市场机会并建立竞争优势。

三、专利风险规避建议

如第 5.2 节所示，近地空间激光通信组网技术在光学系统方向的相关专利达到了 2600 件，占该领域全部专利的 51.6%。该技术分支的专利数量较多，可以反映出该项技术在创新和研发方面的活跃程度和市场应用的更为广泛，意味着该技术领域内正在进行更多的创新研究和开发，并且有更多的企业或个人在该领域投入了研发资源。

现有的近地空间激光通信组网技术在光学系统技术的专利布局方向包括：光学天线的设计和制造方法的专利，包括天线结构、材料选择、表面处理等方面的创新，以提高天线的发射和接收性能，减小尺寸和重量。比如光路设计，将光学元件组合成光路系统，进行光路设计和光学仿真，以确保系统能够实现预期的性能指标；光学元件的制

造加工，利用先进的光学加工技术，对光学元件进行制造加工和表面处理，以满足设计要求。

近地空间激光通信组网技术在光学系统技术方向专利密集度较高，根据之前检索的数据，光学系统方向的专利数量较高，占据了该领域的一半。在这种情况下，新的专利申请可能会面临较高的竞争和复杂的审查过程，成功率可能较低。并且由于光学系统方向已经拥有大量专利，也可能意味着该领域的技术已经比较成熟。在成熟的技术领域中，新的专利申请可能更难获得，因为需要证明新技术的新颖性和创造性。最后由于该技术领域已经有大量的专利存在，新的专利申请可能会增加技术的商业化难度。可能需要支付更多的专利费用或进行交叉许可协议，以确保在市场上能够使用自己的专利。

因此建议在对技术方向进行技术规避，减少专利申请。

四、专利布局策略

根据上述结论 3 的内容，华为公司作为全球领先的科技企业，其在近地空间激光通信组网技术专利布局的广泛性和深度令人瞩目。然而这种较为分散的布局策略，并不适宜作为大多数专利权人的直接学习对象。华为公司之所以能够采取如此广泛的专利布局，背后支撑的是其雄厚的研发实力、庞大的资金支持和全球市场的战略考量。

对于大多数专利权人而言，资源相对有限，无论是在研发资金、人才储备还是市场影响力上，都难以与华为这

样的巨头相提并论。因此，盲目模仿华为的分散布局策略，可能会导致资源分散、焦点模糊，难以在特定领域形成核心竞争力。

相较而言，建议大多数专利权人学习 SA Photonics 公司集中在一个或几个重点领域进行专利布局的策略。这样做的好处在于，可以集中有限资源，深入挖掘和积累核心技术和专利优势，形成独特的竞争壁垒。同时，也有助于专利权人更加聚焦市场，精准把握需求，提升产品和服务的质量与效率。

在具体操作时，专利权人应明确自身的优势领域和潜在增长点，然后围绕这些领域进行专利布局。此外，还可以考虑与高校、科研机构等合作，共同开展技术研发和专利申请，以弥补自身资源的不足。

因此，专利权人在制定专利布局策略时，应充分考虑自身的实际情况和市场环境，避免盲目跟风或模仿。通过集中资源、聚焦重点领域，专利权人可以在激烈的市场竞争中脱颖而出，实现可持续发展。

另外，近地激光通信组网技术的专利布局未来规划应当深度聚焦于组网技术的核心环节与创新点，以确保在该领域的领先地位和竞争优势。具体而言，专利规划应首要关注激光组网形式的多样化与高效性，探索不同场景下激光组网的最优解，为技术落地提供坚实的支撑。在此基础

上，针对激光组网后不同链路间的隔离技术进行深入研究，以有效避免信号干扰，提升通信质量与稳定性。

同时，鉴于组网过程中需同时建立多条链路的需求，链路的捕获、对准与跟踪技术将成为专利布局的重点之一。这需要在技术研发上不断突破，确保链路的快速、准确建立与稳定维持。

所以，近地激光通信组网技术的专利布局未来规划应紧密围绕上述关键技术进行，通过持续的技术创新与专利部署，构建技术壁垒，为近地激光通信组网技术的发展与应用奠定坚实基础。

五、强化专利运营，推进科技成果产业化：

1、提高专利布局意识

鼓励师生提升专利布局意识，师生不仅仅在于完成专利检索、申请文件撰写和日常管理维护等工作，更重要的是能够结合自身优势开展专利布局，保护核心技术。

从创新源头抓起，在技术研发和生产经营中挖掘创新点，大到重大技术发明、小到工艺改进，进行分析归类，明确保护方式和专利布局策略，提高专利挖掘布局意识。在项目开展的早期阶段，进行充分的专利检索，了解相关领域内已有的专利信息，以避免重复申请或侵权的风险。注重日常管理和维护工作。及时跟踪专利审查进展，积极应对审查意见，并及时维护专利权益。通过加强专利布局

意识的培养，更好地推动科学研究和技术创新，为学校和社会做出贡献。

2、提高专利质量

2021 年国家知识产权局首次官方定义高价值发明专利，以下 5 种情况的有效发明专利纳入高价值发明专利拥有量统计范围:战略性新兴产业的发明专利、在海外有同族专利权的发明专利、维持年限超过 10 年的发明专利、实现较高质押融资金额的发明专利、获得国家科学技术奖或中国专利奖的发明专利。

对于长春理工大学该项技术现有专利从技术先进性、技术稳定性、保护范围三个维度进行评估，约 54%专利的价值度为 7-8 分（满分为 10 分），应后续注重提升专利质量：一是加强对专利申请文件质量的把关，制定专利申请文件审核标准，参照标准对专利申请文件的撰写质量进行审核和把关，确保好技术变成好专利；二是寻求专业服务机构的帮助，应该让“专业的人做专业的事”，加强与知识产权服务机构沟通、探讨，让企业技术优势与专业机构在专利撰写、布局策略方面优势结合起来，实现核心技术的有效保护。

3、人才培养与引进

技术人才是推动创新和发展的核心。技术人才的培养需要一个系统化的过程，包括理论知识的掌握和实践能力的提升。高校应与企业紧密合作，通过产学研结合的模式，

共同设立实验室和实习基地，让学生在校期间就能接触到实际项目。

在产业化方面，人才的培养更关注于如何将技术创新转化为市场化产品。这类人才需要具有跨领域的知识和能力，包括技术研发、市场分析、商业策略和项目管理等。高校可以开设跨学科的课程和项目，培养学生的综合能力。也可以通过内部创业孵化器和创新实验室，并提供资金和资源支持，将创意转化为实际产品。

培养知识产权人才，需要法律、技术和商业知识的综合教育。高校可以设立知识产权法专业，同时加强与企业的合作，开展实务课程和案例分析。

作为高校，将培养的人才输送到企业中，他们将所掌握的知识转化为实际应用，为企业的技术创新和发展提供了有力支撑，推动企业在竞争激烈的市场中持续进步，为国家经济的可持续发展和科技创新作出重要贡献。

在薄弱的领域，高校进行人才引进是提升自身综合实力、推动科研创新和学术发展的重要举措。通过人才引进可以迅速提高该领域的教学和科研能力，使高校在相关领域具备更强的学术竞争力和影响力。同时带动相关研究项目的发展，申请更多的科研经费和项目支持，并保持持续的创新能力，实现长期的发展目标。

参考文献

- [1] Ruby laser. 2023.12.3.
https://en.wikipedia.org/wiki/Ruby_laser
- [2] 陈国庆. 空间激光通信光学系统偏振特性研究 [D], 2020.
- [3] 杨帅. 基于光切换的一对多激光通信组网技术研究 [D], 2023.
- [4] 陈牧. 无线光相干通信中的信道噪声及其对相干检测性能影响研究 [D], 2018.
- [5] 柯熙政, 席晓莉. 无线激光通信概论 [M]. 北京邮电大学出版社, 2004.
- [6] OPPENHAEUSER G, WITTIG M, POPESCU A. The European SILEX project and other advanced concepts for optical space communications; proceedings of the Optical Space Communication II, F May 01, 1991, 1991 [C].
- [7] FLETCHER G D, HICKS T R, LAURENT B. The SILEX optical interorbit link experiment [J/OL] 1991, 3(6):273-9[
- [8] 牟冉. 空间激光通信光纤耦合方案对比研究 [D], 2020.
- [9] KARAFOLAS N, SODNIK Z, ARMENGOL J M P, et al. Optical communications in space [J]. 2009 International Conference on Optical Network Design and Modeling, 2009, 1-6.
- [10] A world first : Data transmission between European satellites using laser light. 22/11/2001.
https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure

-
- _Communications/A_world_first_Data_transmission_betw
een_European_satellites_using_laser_light
- [11] FIELDS R, LUNDE C, WONG R, et al. NFIRE-to-TerraSAR-X laser communication results: satellite pointing, disturbances, and other attributes consistent with successful performance; proceedings of the Defense + Commercial Sensing, F, 2009 [C].
- [12] SEEL S, Kämpfner H, HEINE F, et al. Space to Ground bidirectional optical communication link at 5.6 Gbps and EDRS connectivity outlook; proceedings of the 2011 Aerospace Conference, F 5-12 March 2011, 2011 [C].
- [13] ZECH H, HEINE F, TRöNDLE D, et al. LCT for EDRS: LEO to GEO optical communications at 1,8 Gbps between Alphasat and Sentinel 1a; proceedings of the SPIE Security + Defence, F, 2015 [C].
- [14] JEGANATHAN M, PORTILLO A A, RACHO C S, et al. Lessons learned from the Optical Communications Demonstrator (OCD); proceedings of the Photonics West, F, 1999 [C].
- [15] JEGANATHAN M, MONACOS S. Performance analysis and electronics packaging of the optical communications demonstrator; proceedings of the Photonics West, F, 1998 [C].
- [16] MOISION B, PIAZZOLLA S, HAMKINS J. Fading losses on the LCRD free-space optical link due to channel

-
- turbulence; proceedings of the Free-Space Laser Communication and Atmospheric Propagation XXV, F March 01, 2013, 2013 [C].
- [17] BOROSON D M, ROBINSON B S, MURPHY D V, et al. Overview and results of the Lunar Laser Communication Demonstration; proceedings of the Photonics West - Lasers and Applications in Science and Engineering, F, 2014 [C].
- [18] FLETCHER T M, CUNNINGHAM J, BABER D, et al. Observations of atmospheric effects for FALCON laser communication system flight test; proceedings of the Atmospheric Propagation VIII, F June 01, 2011, 2011 [C].
- [19] BISWAS A, MOISION B E, ROBERTS W T, et al. Palomar Receive Terminal (PRT) for the Mars Laser Communication Demonstration (MLCD) Project [J]. Proceedings of the IEEE, 2007, 95(2045-58.
- [20] BOROSON D M, CHIEN-CHUNG C, EDWARDS B. Overview of the Mars laser communications demonstration project; proceedings of the Digest of the LEOS Summer Topical Meetings, 2005, F 25-27 July 2005, 2005 [C].
- [21] 王杰华. NASA 将利用国际空间站测试“激光通信光学有效载荷” [J]. 中国航天, 2013, 11): 24-7.
- [22] ISRAEL D J, EDWARDS B L, STAREN J W. Laser Communications Relay Demonstration (LCRD) update and the path towards optical relay operations; proceedings of the 2017 IEEE Aerospace Conference, F 4-11 March 2017,

-
- 2017 [C].
- [23] Laser Communications Relay Demonstration (LCRD) Overview. DEC 07, 2021.
<https://www.nasa.gov/directorates/stmd/tech-demo-missions-program/laser-communications-relay-demonstration-lcrd-overview/>
- [24] TOYOSHIMA M, ARAKI K. In-orbit measurements of short term attitude and vibrational environment on the Engineering Test Satellite VI using laser communication equipment [J]. Optical Engineering, 2001, 40(5): 827-32.
- [25] JONO T, TAKAYAMA Y, SHIRATAMA K, et al. Overview of the inter-orbit and the orbit-to-ground laser communication demonstration by OICETS; proceedings of the SPIE LASE, F, 2007 [C].
- [26] KOLEV D R, TAKENAKA H, MUNEMASA Y, et al. Overview of international experiment campaign with small optical transponder (SOTA); proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Space Optical Systems and Applications (ICSOS), F 26-28 Oct. 2015, 2015 [C].
- [27] 光衛星間通信システム「LUCAS」. 24 Oct 2023.
<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/lucas/>
- [28] 光データ中継衛星搭載の光通信機器チェックアウトにおける光地上局との捕捉・追尾成功について.
2021.2.17. https://www.jaxa.jp/press/2021/02/20210217-1_j.html

-
- [29] 陈军帆. 基于光学相位共轭补偿的空间激光通信研究 [D], 2021.
- [30] 陈刚 董, 耿健新, 封惠中, 张位在, 方祖捷. 155/622 Mb/s 多发射器激光通信系统 [J]. 2004, 05): 583-7.
- [31] 王伟. 空间激光通信中单探测器粗精复合控制技术研究 [D], 2020.
- [32] 倪迎雪. 空间激光通信 APT 系统中快速反射镜关键技术研究 [D], 2018.
- [33] 姜会林, 安岩, 张雅琳, et al. 空间激光通信现状、发展趋势及关键技术分析 [J]. 2015, 34(03): 207-17.
- [34] 宋延嵩, 赵馨, 董科研, et al. 舰船间激光通信系统视轴捕获技术 [J]. 2016, 39(06): 16-9+52.
- [35] 宋延嵩, 常帅, 佟首峰, et al. 航空激光通信系统的特性分析及机载激光通信实验 [J]. 2016, 43(12): 215-26.
- [36] CHEN W, SUN J, HOU X, et al. 5.12Gbps optical communication link between LEO satellite and ground station; proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Space Optical Systems and Applications (ICSOS), F 14-16 Nov. 2017, 2017 [C].
- [37] 汪伟. 中红外波段高速空间激光通信技术研究 [D], 2020.
- [38] 谭振坤. 无线光通信中外差探测性能影响因素及实验研究 [D], 2019.
- [39] 韩慧鹏. 国外卫星激光通信进展概况 [J]. 2018, 08): 44-9.

-
- [40] SU Y, WANG W, HU X, et al. 10 Gbps DPSK transmission over free-space link in the mid-infrared [J]. 2018, 26 26(34515-28.
- [41] 中国卫星激光通信最高速率 10Gbps, 已通过在轨验证. 2020-04-09.
https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_6884578
- [42] 崔岳, 唐勇. 实践二十号卫星在轨核心试验全部完成 [J]. 2020, 07): 38-41.
- [43] 高世杰, 吴佳彬, 刘永凯, et al. 微小卫星激光通信系统发展现状与趋势 [J]. 2020, 13(06): 1171-81.
- [44] 丁少行. 星载激光通信端机指向误差分析及振动特性研究 [D], 2020.
- [45] 墨子号-百度百科. 2023-04-18.
<https://baike.baidu.com/item/%E5%A2%A8%E5%AD%90%E5%8F%B7/19900220#5-1>
- [46] Quantum teleportation. 20 December 2023.
https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_teleportation#Formal_presentation
- [47] 国内卫星激光通信由来. 2023-02-27.
<https://zhuanlan.zhihu.com/p/609753420>
- [48] 国家知识产权局学术委员会. 专利分析实务手册 (第二版) [M], 北京: 知识产权出版社, 2021: 193-194.

