

中国核科学技术进展报告

(第五卷)

——中国核学会2017年学术年会论文集

第9册

- ▲ 核情报分卷
- ▲ 核技术经济与管理现代化分卷
- ▲ 核电子学与核探测技术分卷

中国原子能出版社

中国核科学技术进展报告

(第五卷)

——中国核学会 2017 年学术年会论文集

第 9 册

核情报分卷

核技术经济与管理现代化分卷

核电子学与核探测技术分卷



中国原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国核科学技术进展报告. 第五卷, 中国核学会 2017
年学术年会论文集. 第 9 册, 核情报、核技术经济与管理
现代化、核电子学与核探测技术 / 中国核学会主编. —
北京: 中国原子能出版社, 2018. 4
ISBN 978-7-5022-8808-2

I. ①中… II. ①中… III. ①核技术—技术发展—研
究报告—中国 IV. ①TL—12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 016055 号

内 容 简 介

中国核学会 2017 学术双年会于 2017 年 10 月 16—18 日在山东省威海市召开。会议主题为“安全、绿色、和谐、发展”。大会共征集论文 1 400 篇, 经过专家审稿, 评选出 701 篇较高水平论文收录进《中国核科学技术进展报告(第五卷)》, 报告共分为 10 册, 并按 26 个二级学科设立分卷。

本册为核情报、核技术经济与管理现代化和核电子学与核探测技术分卷。

中国核科学技术进展报告(第五卷) 第 9 册

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)
策划编辑 付 真
责任编辑 蒋焱兰
特约编辑 刘思岩
装帧设计 赵 杰
责任校对 冯莲凤
责任印制 潘玉玲
印 刷 保定市中画美凯印刷有限公司
经 销 全国新华书店
开 本 890 mm×1240 mm 1/16
印 张 28.5 字 数 885 千字
版 次 2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5022-8808-2 定 价 120.00 元

网址: <http://www.aep.com.cn>
发行电话: 010-68452845

E-mail: atomep123@126.com

中国核学会 2017 年 学术年会大会组织机构

大会名誉主席 王寿君

大会主席 顾 军

执行主席 李冠兴

大会副主席 (按姓氏笔画排序)

王 森 刘永德 孙汉虹 余剑锋 张延克 张维岩
祖 斌 贺 禹 赵 军 康克军 詹文龙 雷增光

高级顾问 丁中智 马栩泉 王乃彦 王大中 张国宝
杜祥琬 陈佳洱 胡思得 钱绍钧 穆占英

学术委员会

主 任 李冠兴

副主任 叶奇蓁 邱爱慈 陈念念 赵志祥 程建平

成 员 (按姓氏笔画排序)

王贻芳 卢文跃 叶国安 司胜义 田佳树 华跃进
张永学 张志俭 张志忠 张金带 李建刚 杨华庭
陈炳德 陈森玉 罗志福 罗顺忠 姜 宏 赵宏卫
赵振堂 唐传祥 柴国早 彭先觉 曾毅君 樊明武
潘传红 潘自强

组委会

主 任 雷增光

常务副主任 于鉴夫

副 主 任 王 志 庄火林

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁有钱 马文军 王丽瑶 王国宝 石金水 帅茂兵
朱科军 刘 伟 刘亚强 孙 晔 李景辉 苏艳茹
张 建 张 勇 杨海峰 陈东风 陈怀璧 陈 伟
胡绍全 郑卫芳 段旭如 郝朝斌 黄 伟 彭太平
解新芳 魏素花

秘书处

主 任 秦昭曼

副主任 徐若珊 张 玮 黄海英

成 员 (按姓氏笔画排序)

于清妍 王 宇 王 凯 叶 琦 龙 云 刘世伟
孙俊燕 张宝珠 李 钢 李小禹 李 静 沈 莹
杨 爽 苏明煜 杜婷婷 陈 旭 陈晓鹏 胡 静
耿庆云 秦子淇

主办单位 中国核学会

承办单位 中国核工业建设集团公司

协办单位 中国核工业集团公司

国家电力投资集团公司

国家核电技术公司

中国广核集团有限公司

清华大学

中国工程物理研究院

中国科学院

中国华能集团公司

中国大唐集团公司

技术支持单位 各专业分会及省级核学会、哈尔滨工业大学(威海校区)

专 业 分 会 铀矿地质分会、铀矿冶分会、核能动力分会、核材料分会、同位素分离分会、核化学与放射化学分会、辐射防护分会、核化工分会、核物理分会、计算物理分会、粒子加速器分会、核电子学与核探测技术分会、脉冲功率技术及其应用分会、核聚变与等离子体分会、辐射物理分会、辐射研究与应用分会、同位素分会、核农学分会、核医学分会、核技术工业应用分会、核情报分会、核技术经济与管理分会、核测试与分析分会、核安全分会、核工程力学分会、铜系物理与化学分会

省级核学会 北京市核学会、湖南省核学会、江西省核学会、广东省核学会、四川省核学会、浙江省核学会、湖北省核学会、福建省核学会、黑龙江省核学会、陕西省核学会、辽宁省核学会、甘肃省核学会、山西省核学会、吉林省核学会、新疆自治区核学会、安徽省核学会、河南省核学会、江苏省核学会、上海市核学会、天津市核学会、贵州省核学会、山东省核学会

中国核科学技术进展报告

(第五卷)

总编委会

主任 李冠兴

副主任 叶奇蓁 邱爱慈 陈念念 赵志祥 程建平

委员 (按姓氏笔画排序)

王贻芳	卢文跃	叶国安	司胜义	田佳树
华跃进	张永学	张志俭	张志忠	张金带
李建刚	杨华庭	陈炳德	陈森玉	罗志福
罗顺忠	姜宏	赵红卫	赵振堂	唐传祥
柴国旱	彭先觉	曾毅君	樊明武	潘传红
潘自强				

编委会办公室

主任 于鉴夫 潘启龙

副主任 王志 李涛 秦昭曼 谭俊

成员 (按姓氏笔画排序)

王丹	王朋	王笑	左浚茹	付凯
付真	李新邦	刘岩	孙凤春	宋翔宇
朱彦彦	肖萍	张关铭	张书玉	张宝珠
赵志军	赵明	胡晓彤	秦子淇	徐若珊
韩霞	蒋焱兰			

核情报分卷

编委会

主任 潘启龙

副主任 柳卫平 赵武文

委员 (按姓氏笔画排序)

郝朝斌 丁其华 李志君 尹忠红

核技术经济与管理现代化分卷

编委会

主任 张 建

委员 (按姓氏笔画排序)

金 蓓 王 佳 吴 杨

核电子学与核探测技术分卷

编委会

主任 王贻芳

委员 (按姓氏笔画排序)

刘以农	刘振安	安 琪	朱科军	苏 伟
吕军光	肖国青	陈盛祖	陈 刚	邹士亚
房宗良	胡 涛	龚 建	章红宇	黑东炜

前言

《中国核科学技术进展报告(第五卷)》是中国核学会 2017 学术双年会优秀论文结集。

2015 年以来,中国核科学技术领域亮点频出,喜讯不断:中国三代压水堆核电“华龙一号”全球首堆示范工程穹顶吊装圆满完成;全球首条高温气冷堆燃料元件生产线投料生产;北京正负电子对撞机重大改造工程(BEPCII)建成;大亚湾实验测得最精确的反应堆中微子能谱;国际热核聚变实验堆超热负荷第一壁原型件率先通过国际权威机构认证;国际首座微堆低浓化成功实施;用于激光核物理研究的 OPCPA 超高峰值功率激光系统处于国际同类装置领先水平;玲龙一号(ACP100)模块式小型堆全球首个通过 IAEA 安全审查;中国先进大型铀纯化转化生产线建成投产;自主化核级数字化仪控系统平台“和睦系统”研制成功与规模化应用……

以上所取得的成绩首先得益于中国共产党的坚强领导。习近平总书记 2015 年对核工业创建六十周年重要批示指出,“要坚持安全发展、创新发展、坚持和平利用核能,全面提升核工业的核心竞争力,续写我国核工业新的辉煌篇章。”总书记的重要批示确立了核工业发展新的指导思想,开启了核工业发展的新时代。其次,得益于成千上万中国核科技工作者顽强拼搏、锐意进取、不畏挫折、无私忘我的工作精神,正是广大核科技工作者勇于登攀、勇于创新,才攻克了一个又一个科技难关,不断推动中国核科技事业蓬勃发展,推动核行业向前进步。

中国核学会 2017 学术双年会于 2017 年 10 月 16—18 日在山东省威海市召开,由中国核工业建设集团公司承办。会议主题为“安全、绿色、和谐、发展”。学术年会报告分为大会报告、分会场口头报告和张贴报告;同期举办核医学科普讲座、“高温气冷堆与四代核能”高端论坛、青年论坛、妇女论坛等多层次的专题论坛。年会发布了中国核学会“2015—2017 年度中国十大核科技进展”和《宣传绿色核能 建设美丽中国——科普行动宣言》;进行了优秀论文及团队贡献奖颁奖活动。来自核能动力、铀矿地质、核材料、核安全等 20 多个分会的 84 篇论文获得中国核学会 2017 年学术年会优秀论文奖。核工程类专业工程教育认证、核专利信息服务两个团队获得团队贡献奖。

大会共征集论文 1 400 篇,经过专家审稿,评选出 701 篇较高水平论文收录进《中国核科学技术进展报告(第五卷)》公开出版发行。《中国核科学技术进展报告(第五卷)》分

为 10 册,并按 26 个二级学科设立分卷。

《中国核科学技术进展报告(第五卷)》顺利结集、出版与发行,首先感谢中国核学会全体分支机构和 22 个省级(地方)核学会的鼎力相助;其次感谢总编委会和 26 个(二级学科)分卷编委会全体同仁的严谨作风和治学态度;再次感谢中国核学会秘书处和出版社工作人员,在文字编辑和校对过程中做出的具体贡献。

《中国核科学技术进展报告(第五卷)》编委会
2018 年 3 月 10 日

核情报(含计算机技术)
Nuclear Information
(including Computer Technology)

目 录

提升军工科研院所专利运营能力的探讨	曹继芬,王同胜,伍险峰(1)
与国际社会并进开展小型核聚变装置研究	刘 渊(5)
机构知识库的发展对我国科研院所的启示	郭慧芳(9)
规范科研项目档案整理提高科研档案质量	胡惠萍(16)
大数据时代下的企业档案工作分析	杨 茹(20)
德国核电站的退役现状	郭慧芳(24)
美国海水提铀经济性实现突破	宋 岳,刘 渊(31)
基于专利分析的核燃料领域 MAX 相材料发展态势研究	
.....	张雅丁,莫 丹,吕岩甲,等(35)
国外放射性废物处置设施选址情况研究及对我国的启示	
.....	张 雪,陈亚君,信萍萍,等(40)
俄罗斯 REMIX 燃料循环技术发展简析	孙晓飞(47)
美国空间核动力技术与装备发展动向分析	许春阳(50)
核电厂社会稳定风险分析研究	朱荣旭,赵 锋,王海峰,等(55)
国外大型核场址综合治理主要原则	王 超(60)
利用专利信息 开展专利布局	莫 丹,张雅丁,吕岩甲,等(63)
主要核电国家乏燃料运输及贮存政策与体系建设	陈思喆,陆 燕,信萍萍(67)
日本六个所后处理厂建设历程回顾	陆 燕,信萍萍,张 雪,等(72)
美国扩大军用氟材料生产能力	高寒雨(78)
美国核军工安全监管体系建设的启示	刘 渊(82)
奥巴马核政策总结	宋岳 赵松(85)
俄罗斯暂停美俄政府间《钚管理和处置协议》的技术因素分析	高寒雨(89)
国内外浮动式核电站发展综述	赵 松,宋 岳(93)
浅谈大数据环境下核情报人才培养和客户服务	张 静(99)
核电厂由运行向退役过渡若干问题探讨	陈亚君,张 雪,陆 燕,等(104)

美国能源部核相关预算重点与趋势分析 宋敏娜(110)

快堆产业化技术创新战略联盟创新管理 程中楠,张东辉,马海云(117)

科研院所专利文献开发利用的实践与思考——以中国原子能科学研究院为例
..... 刘文平,杜静玲(122)

国际铀市场现状及未来价格走势分析 郭志锋,戴 定,赵 宏(127)

美国能源部自主研发助力美国核科技创新 杜静玲,刘文平(131)

情报信息资源开发与企业技术创新 杨 彦 (139)

IAEA 核安全核应急管理体系及法规标准体系研究 王 政,丁其华,赵 宏(144)

高级计划与排程 APS 技术在生产计划管理中的设计与应用 赵 勇,杨丽丽(151)

网络环境下基于核科技信息库建设研究与实践 陈 刚(158)

提升军工科研院所专利运营能力的探讨

曹继芬,王同胜,伍险峰

(中国原子能科学研究院,北京 102413)

摘要:专利运营的动力是企业实现市场垄断和超额利润,军工科研院所是军民融合的主力,专利运营是其走向市场的必然选择。本文较详细分析了军工科研院所专利运营的现状、存在的主要问题及其原因,并据此讨论了提供军工科研院所专利运营能力的具体措施。

关键词:军工科研院所;专利运营;知识产权

在知识产权大家族中,专利是最具有技术含量、商业价值和核心竞争力的知识产权^[1]。专利制度已经存在了 300 多年,随着创新要素配置全球化和知识产权竞争全球化的深入,国外发达国家不断加强专利运营,一方面加强研发,不断创造和积累专利,保持技术优势,另一方面加强专利布局和运营,已基本形成了一个相对完整的产业链,并实现盈利^[2]。

我国专利制度起步较晚,但也已经走过了 30 年的历程,尤其是 2008 年国家知识产权战略实施以来,我国知识产权工作取得了长足进步,专利申请量连续多年位居世界首位并保持稳定增长,对经济社会发展发挥了重要作用,基本完成了专利数量的初步积累。与美、日、德等知识产权强国相比,我国知识产权实务虽存在一些差距,但近些年在专利运营管理方面的差距更是日益突出。为此,近期国家层面出台一系列政策鼓励创新、鼓励知识产权运营及成果转化,知识产权运营是大势所趋。

军工科研院所作为研发创新的聚集地,是技术创新的国家队,关系着我国国防科技工业的发展和国防建设。早期的军工科研院所虽然主要服务于国防科技的应用研究和武器装备研发,但也有部分技术涉及民用领域,从专利申请量来看,军工科研院所申请的公开专利远多于国防专利。目前,国家正在实施军民融合战略,鼓励军转民,加速军用技术民用化,将会产生更多的公开专利。因此,如何将军工科研院所的公开专利加以运营,加速我国国民经济的发展,是未来一段时间要解决的重要问题。

1 军工科研院所专利运营现状及存在的主要问题

军工科研院所涉及核、航天、航空、兵器、船舶等领域,国家在这些领域投入了大量资金和人才支持,在科研过程中产生了大量先进的技术和研究成果。为保护这些先进技术,其所申请的专利分为两类:一类是涉及国防安全系统的技术,属于不宜公开的国防专利;另一类是民用或不含军用背景的军民通用技术,属于公开专利。

国防专利的运营非常复杂,本文重点探讨军工科研院所拥有的公开专利运营问题。

1.1 专利运营现状

近年来,军工科研院所的相关专利申请增长迅速,管理层及科研人员的知识产权意识逐步提高,为院所科研生产、民品经营、对外合作起到了保驾护航的作用。以中国原子能科学研究院为例(以下简称“原子能院”),专利存量持续增大,截至 2016 年年底,专利申请量已达到 1 600 多件。特别是自 2008 年至今,原子能院陆续重点策划布局了快堆、后处理和加速器等重点领域专利集群,布局了近 600 余件专利,为原子能院在这些重点领域的竞争合作提供了重要的谈判筹码和有利保障。

即便如此,军工科研院所还是普遍存在重专利保护、轻专利运营的现象,即专利申请量持续增大,

但是专利许可、转让、质押、实施等情况较少。

笔者认为,虽然专利数量累积不可或缺,但这只是知识产权经营的第一步,知识产权占有数量的增加并不能保证军工科研院所收益上涨、成长提速,有时还会成为羁绊其发展的绊脚石。例如,原子能院目前拥有专利 1 600 多件,其中大部分专利主要是在单位内部实施,成功转让/许可给其他单位的较少,只有 15 件,并且受让/受许可单位多为核领域的兄弟单位。为管理这些专利,每年需支出近百万元的专利费用。

1.2 产生主要问题的原因

军工科研院所专利运营能力不强,究其原因,无非存在以下主要制约因素。

(1) 专利申请动机多样化,运营动力明显不足

经营性企业申请专利的动机主要是占领市场、获取经济利益。与经营性企业不同,军工科研院所申请专利的动机还在于提高其战略地位、完成项目考核任务要求等,随着专利需求的不同,专利申请的动机模式也发生了重大演变,呈现出战略化、复杂化和多样化的趋势。不同的专利申请动机导致不同的专利申请行为,可将军工科研院所的专利申请动机概括为市场化动机和非市场化动机两类。

据 2016 年 11 月 6 日全国人大常委会在《中华人民共和国促进科技成果转化》实施情况报告中公开的数据显示,我国科研院所、高校科技成果运营实施数量仍然偏少,“重研发、轻专利”“重论文、轻转化”等现象依旧存在,12%的发明人申请专利的目的是为了成果转化,32%是为了完成科研课题的结题任务,45%是为了职称评定或晋升。

经过多年的努力,尤其是两期军工知识产权推进工程的实施,军工科研单位“重申请、轻运营”的现象有些改观。如图 1 所示,以原子能院专利申请的动机为例,经过统计分析发现:市场化动机占 34%,如保护技术、占领市场(26%),后续课题申请的基础(8%);非市场化动机高达 66%,如通过成果鉴定、报奖(28%),完成项目/课题任务书考核指标(16%),完成单位专利考核指标(9%),个人职务职称晋升(8%),获得专利奖励(4%)等。

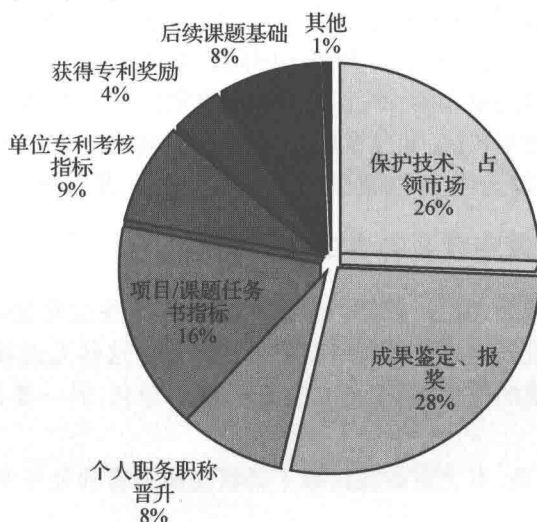


图 1 原子能院专利申请动机统计图

(2) 配套政策迟迟未落地,运营积极性不高

从新修订的《中华人民共和国促进科技成果转化法》实施至今,政策“红包”一个接一个,几乎每个月都有与科技成果转化相关的文件出台,但作为科技成果产出重镇的军工科研单位,配套政策没有很好跟上,从而极大影响专利运营的积极性,具体体现在如下几个方面。

① 专利转让许可机制过于严格且单一

军工科研院所科技成果是一类特殊的国有资产,在相关权利转移转化时,科研院所负有国有资产监管、保值增值的职责,为此制定出台一系列具体的流程和管理细则加以落实。

以原子能院为例,原子能院在专利转化运营过程中,既要遵循其上级管理部门——中核集团公司资产管理流程,按照《中国核工业集团公司资产评估管理办法》《中国核工业集团公司资产评估机构库》等相关管理制度进行无形资产评估及资产处置,同时又要按照原子能院内部的资产管理规定进行操作,致使转化运营程序相对较复杂,运营周期较长,成本较高,无形中增加了专利运营的难度。

②专利申请前端激励措施到位,后端激励措施欠缺

目前,军工科研院所关于专利相关激励措施主要是针对专利申请与授权阶段。以原子能院为例,发明专利授权后,会有两部分奖励:一是中核集团兑现 10 000 元奖励;二是原子能院配套 4 000 元奖励。这些激励措施极大促进了各单位和科研人员申请专利的积极性。

在专利转化运营激励方面,虽然国务院 2015 年发布了《中共中央国务院关于深化体制机制改革加快实施创新驱动发展战略的若干意见》中关于科研人员收益不低于 50% 的政策,但是军工科研院所目前大都未出台具体落地政策。因此,后端激励政策尚未真正到位。

③相应的国家税收激励政策缺失

根据新的国家科技成果转化相关法律法规,军工科研院所将对专利运营做出突出贡献的科技人员给予高额奖金激励。但是,国家对于运营收益奖金激励没有明确的税收政策。在实际执行中,这部分奖励会按照“工资、薪金”所得进行纳税,根据《税法》相关规定,最高税率为 45%。

笔者认为,科技成果从诞生到实现转化充满了“偶然性”,对多数科技人员来讲,一生仅能成功运营一件或几件专利,其所获得的奖金属于“偶然所得”,根据相关法律,税率可以降至 20%。

(3) 未建立专业运营团队,技术与市场间缺少桥梁

随着国家制定和完善知识产权相关法律、法规,国内知识产权法制体系不断完善,给知识产权运营提供了便利的市场环境和转化运用氛围,国内相关企业事业单位相继成立专利运营办公室。例如,华为、中科院上海生命科学研究院、清华大学成立知识产权管理办公室,中国地质大学、华东理工大学成立了知识产权技术转移中心。

相对来讲,军工科研院所在这方面的改革比较滞后。截至目前,绝大多数军工科研院所还是沿用以前的技术运营模式,未真正实现技术转移与专利保护相融合,缺乏集市场、法律、技术专业于一体的专业管理团队。

2 加强军工科研院所专利运营能力建设的对策

同其他各项管理一样,提高军工科研院所专利运营能力离不开国家、上级管理部门的政策支持,这是外因,是市场主体需要积极呼吁的,也是比较难以改变的。相对于外因,科研院所自身的主动性也非常重要,尤其是面对民参军的激烈环境,主动提高自身的专利运营能力就显得尤为必要。借鉴一些高校、跨国集团的成功做法,军工科研单位可以考虑从如下方面进行努力,以提高专利运营能力。

2.1 成立专业的专利运营团队

参考华为、清华大学、中科院生命科学研究院等单位的技术转移部门设置,尽快在军工科研院所内部成立承担专利日常管理和专利运营任务的技术转移中心。其中专利运营部门负责专利许可、转让、评估、融资、质押、产业化推广及谈判等业务,专利日常管理部门则负责专利申请、维护、专利信息检索、数据管理及专利纠纷处理的事务。

2.2 继续增加专利存量,尤其是高质量的专利存量

有效的专利存量是专利经营得以进行的前提^[3],专利数量的增加可以增加运营者商业谈判的筹码、增加运营者的市场运营资本,同时也可以凭借积累的专利数量构建专利联盟、专利群等。

2.3 建立多元化的专利资产评估机制

由于军工科研院所技术领域的特殊性,成员单位间进行专利经营的比例较大,因此应简化评估机制。例如,成立评估小组,评估小组中应包含军工科研院所相关领域技术专家。

2.4 外部积极配合、内部加强引导

专利运营作为成果转化的一种重要形式,在目前国家政策的大力推广下发展迅速,目前国家知识产权局已经成立了两批专利运营试点企业。因此要积极争取成为知识产权运营试点单位,同时对内部科研人员和管理人员要加强专利运营的宣传和引导。

2.5 加强专利保护后端的激励措施

一项专利经营的成功离不开专利的技术人员(发明人)和经营人员,技术人员最了解技术,经营人员最了解如何寻求市场需求和经营策略。因此,要出台相应激励措施,鼓励技术人员持续技术创新,鼓励经营人员发挥自身优势实现专利转化。

3 结论

正如房子是用来住的一样,专利制度是市场经济的产物,专利挖掘、保护、管理只是过程中的几个环节,而专利运营才是以技术公开换取市场垄断的终极目标,军工科研院所的专利运营也是如此。军工科研单位应一方面积极呼吁有利于专利运营的政策尽快落地,另一方面积极修炼内功,提升专利质量和运营质量,聘请或组建专业运营团队作操盘手。

参考文献:

- [1] 刘红光,孙惠娟,刘桂锋,等. 国外专利运营模式的实证研究[J]. 图书情报研究,2014,(02):39-44+49.
- [2] 常利民. 我国专利运营对策研究[J]. 电子知识产权,2014,(08):70-73.
- [3] 毛金生,陈燕. 专利运营实务[M]. 知识产权出版社,2013.

Discussion on improving patent operation capability of military institutes

CAO Ji-fen, WANG Tong-sheng, WU Xian-feng

(China Institute of atomic energy)

Abstract: Patent operation is the driving force of enterprises to achieve market monopoly and excess profits, military institutes is the main force of military and civilian integration, patent operation is the inevitable choice to the market. In this paper, the author analyzes the current situation, the main problems and the reasons of the patent operation in the military institutes, and discusses the concrete measures to provide the patent operation ability of the military research institutes.

Key words: Military institutes; Patent operation; Intellectual property

与国际社会并进开展小型核聚变装置研究

刘 渊

(中国核科技信息与经济研究院,北京 100048)

摘要:核聚变是在极端高温高密度条件下两个较轻原子核结合成较重原子核并释放巨大能量的过程。目前人类已初步掌握聚变能,在成功研制出有史以来威力最强的武器——氢弹之后,于20世纪50年代开展受控核聚变能源的应用研究。迄今已形成了磁约束核聚变和惯性约束核聚变两条主要技术路线,并均已完成科学可行性研究,进入到实验验证阶段。目前国际社会已在建和建成以国际热核实验堆(ITER)和美国国家点火装置(NIF)为代表的典型大型验证装置。近年来,受益于科学理解深化、工程技术进步,国际上涌现出多种受控核聚变新方案,尤其是美国、加拿大等国提出的小型化核聚变装置发展异军突起,有望缩短核聚变应用预期,同时在空天、海洋各种平台得到多种应用,大幅提升人类能源利用和科技水平。我国在核聚变研究领域已具有国际先进水准,应统筹规划,从点火科学理论基础、关键技术实验验证和聚变反应堆工程化研究三个层面同步攻关小型核聚变装置技术路线,开创核聚变自主开发新局面。

关键词:核能;核聚变;小型装置

能源是人类赖以生存的基础,也是世界发展和经济增长的最基本驱动力。自“钻木取火”以来,人类对能源利用主要经历了“从生物燃料到化石燃料”和“从化石燃料到核裂变能”的能源方式变革。近年来,随着基础科学技术的进步,核聚变能有望于未来二三十年间取得关键性突破,永久解决人类能源问题。

核聚变是在极端高温高密度条件下两个较轻原子核结合成较重原子核并释放巨大能量的过程,是宇宙最基本的能源来源(恒星)。事实上,人类已初步掌握核聚变能,并由此制造出氢弹,但这种掌握是不可控的,巨大的核聚变能在极短时间内释放,仅能用于制造核武器。人类对受控核聚变的研究始于20世纪50年代,迄今形成了磁约束核聚变和惯性约束核聚变两条主要技术路线,并均已完成科学可行性研究,进入到实验验证阶段。

近年来,受益于长期研究的积累及相关科学技术的进步,国际上涌现出多种受控核聚变新方案,尤其是小型实用化核聚变装置研究异军突起,有望缩短核聚变能应用预期。

1 以 ITER 和 NIF 为代表的核聚变技术持续推进

磁约束核聚变研究始于20世纪50年代,该技术利用磁场与高热等离子体来引发核聚变反应。现阶段应用最多的“托卡马克”聚变系统呈圆环状,通过圆环外缠绕的线圈产生环形磁场,实现等离子体的约束和控制。国际热核实验堆(ITER)是“托卡马克”磁约束核聚变装置的典型代表。该装置电功率500 MW,占地两个足球场,耗资超过400亿美元,目标是全面验证核聚变能源开发利用的工程可行性。2006年,欧盟、中国、俄罗斯、日本、印度、韩国、美国7方在法国启动了ITER工程建造,预计2025年完成装置安装和调试,2035年后才能进行全功率聚变^[1]。ITER是人类发展聚变能源、实现商业核聚变电站的关键一步。项目计划建成能与未来实用聚变堆规模相比拟的受控热核聚变实验堆,解决通向核聚变电站的关键问题。项目原计划历时35年,建造阶段10年、运行和开发利用20年、退役阶段5年。目前,ITER项目处于场址土建工程阶段,目前正安装地面支撑结构和抗震系统;项目参与方正生产并交付ITER装置环形磁场线圈和变压器等部件。ITER装置原计划应于2015年完成建造,但因经费预算不断增加、组织管理经验不足、参与国政治等原因造成建造不断拖期^[2]。

作者简介:刘渊(1982—),男,高级工程师,硕士,现主要从事核情报研究。