

九、工程管理

1 工程研究前沿

1.1 Top10 工程研究前沿发展态势

在工程管理领域中，全球工程研究前沿集中于以下 10 个部分，分别是制造企业服务导向战略研究、电动汽车充电策略、共享社会经济路径下的土地资源利用、气候变化对干旱地区水资源的影响研究、基于移动设备传感器的精神疾病状况诊断、区域环境治理战略规划研究、基于分布式微型电网技术的能源管理、水-能源-粮食关联关系研究、生态系统服务在生态风险评估中的应用、建成环境对通勤的影响研究，其核心论文情况见表 1.1.1 和表 1.1.2。这 10 个工程研究前沿集中包含了机械、电气、能源、环境、医学、建筑、农业等众多学科。其中制造企业服务导向战略研究、电动汽车充电策略、共享社会经济路径下的土地资源利用为重点解读的前沿，后文会详细对其目前发展态势以及未来趋势进行解读。

(1) 制造企业服务导向战略研究

随着经济的发展，大部分顾客不再满足于物品本身，而是需要更多的服务，需要与物品相伴随的服务。把提供物重新界定为物品—服务包，符合顾客的期望，有助于满足顾客的需求。所以越来越多的传统制造企业开始重视服务，通过向顾客提供更多的增值服务，制造企业从原有的产品同质化向服务差异化，从出售单一产品向提供整体解决方案转变。制造服务化是制造与服务深度融合的一种先进制造模式，是面向制造的服务和面向服务的制造协同发展的新型产业形态。当前，制造服务化研究前沿中的关键问题为：制造服务化商业模式竞争力影响机理研究、产品与服务优化匹配与设计、制造与服务集成化优化决策控制、产品服务化供应链协同管理研究、新信息技术在服务化转型中的作用研究等。

(2) 电动汽车充电策略

伴随世界石油资源的供需紧张和车辆排放法规

表 1.1.1 工程管理领域 Top10 工程研究前沿

序号	工程研究前沿	核心论文数	被引频次	篇均被引频次	平均出版年	常被引论文占比	被专利引用的文献占比
1	制造企业服务导向战略研究	13	288	22.15	2015.92	23.1%	0.00
2	电动汽车充电策略	18	406	22.56	2015.50	0.0%	0.00
3	共享社会经济路径下的土地资源利用	13	381	29.31	2015.54	7.7%	0.00
4	气候变化对干旱地区水资源的影响研究	4	206	51.50	2016.25	25.0%	0.00
5	基于移动设备传感器的精神疾病状况诊断	5	172	34.40	2015.40	20.0%	0.00
6	区域环境治理战略规划研究	4	51	12.75	2016.75	0.0%	0.00
7	基于分布式微型电网技术的能源管理	4	42	10.50	2016.75	50.0%	0.00
8	水-能源-粮食关联关系研究	5	57	11.40	2016.40	0.0%	0.00
9	生态系统服务在生态风险评估中的应用	4	38	9.50	2016.75	0.0%	0.00
10	建成环境对通勤的影响研究	4	64	16.00	2016.25	0.0%	0.00

表 1.1.2 工程管理领域 Top10 工程研究前沿逐年核心论文发表数

序号	工程研究前沿	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
1	制造企业服务导向战略研究	0	1	1	3	1	7
2	电动汽车充电策略	0	0	2	8	5	3
3	共享社会经济路径下的土地资源利用	2	0	3	0	0	8
4	气候变化对干旱地区水资源的影响研究	0	0	0	0	3	1
5	基于移动设备传感器的精神疾病状况诊断	0	0	0	3	2	0
6	区域环境治理战略规划研究	0	0	0	0	1	3
7	基于分布式微型电网技术的能源管理	0	0	0	0	1	3
8	水-能源-粮食关联关系研究	0	0	0	0	3	2
9	生态系统服务在生态风险评估中的应用	0	0	0	0	1	3
10	建成环境对通勤的影响研究	0	0	1	0	0	3

的日趋严格，以电动汽车为代表的新能源汽车已成为汽车工业发展的趋势所在。为降低充电汽车的用电能耗并提高电网供电安全性，世界各国纷纷将电动汽车充电策略作为本国的战略研究方向之一。电动汽车作为一种新型的交通工具，同时又是一种用电负荷，在实际使用中面临如下两方面问题。第一，当前电动汽车的能量补给方式包括慢充、快充以及更换电池三种，电动汽车在行驶途中的耗电量受到多种因素的影响，如单位里程耗电量、载重负荷以及道路状况等。以充电成本最小为目标，根据不同电动汽车充电需求，确定合理的充电方式是促进电动汽车发展的重要环节。第二，电动汽车的无序充电会造成电力系统峰谷差加大、局部地区电压跌落等负面影响。为此，实施电动汽车有序充电成为实现电力系统削峰填谷和电动汽车经济运行最为方便和可行的途径之一。

(3) 共享社会经济路径下的土地资源利用

共享社会经济路径 (SSP) 是土地利用 - 生态环境 - 气候变化大系统研究的新情景框架。SSP 视野描述了未来社会的发展趋势，展示了主要因果关系的内部逻辑，包括以往难以通过模型捕获的趋势，是定量模型预测的重要补充。其主要通过对人口、人类发展、经济和生活方式、政策和制度、技术、

环境和自然资源的未来变化的五个定性描述为关键要素，构建模型定量 SSP 预测的基础和意义。根据未来社会经济面临的适应性和减缓气候变化的挑战，SSP 可分为可持续发展、区域竞争、不平等、化石燃料发展和中间道路发展五种路径，以涵盖缓解和适应气候变化的各种挑战组合，为未来的社会经济发展提供不同的途径，实现气候变化研究和政策分析。共享社会经济路径下土地资源利用充分涵盖了未来的可能发展情景，响应了农业和工业发展需求，为未来市场的法规体系、需求定位、生产力提升、环境影响、贸易和全球化程度提供指导。研究前沿以土地利用变化数据、空中场景分类 (Aerial Scene Classification)、遥感场景分类等技术为基础，集中在能源系统的发展、农业生产体系的改善、温室气体排放、环境影响、气候变化、城镇化等方面，为气候政策与其他社会目标的结合、生物多样性保护、提高生态系统服务价值、土地利用可持续化等问题提供解决方案。

(4) 气候变化对干旱地区水资源的影响研究

气候变化将改变大气降水的空间分布和时间变异特性，从而改变水循环，影响水资源时空分布格局。同时，在社会经济发展和全球气候变化共同影响下，干旱地区水资源需求和水资源压力日益增加，

干旱的影响进一步增强。当前,气候变化对干旱地区水资源影响研究主要集中在海洋-大气-陆地面过程及其干旱地区水资源响应与环境生态效应、全球及区域气候模式对干旱地区气候特征模拟能力评估、利用多种水文模型预估不同气候变化情景下干旱地区水资源的时空响应格局、辨析气候模式和评估模型对影响预估带来的不确定性特征、气候变暖背景下干旱灾害监测预测和预警技术等。在气候变化背景下,定量研究干旱地区水资源的时空响应特征,特别是极端水文过程的频率、周期、强度、持续时间和影响范围的演变情势,对水文极端灾害预警以及防灾减灾、保障社会稳定和经济可持续发展具有重大意义。

(5) 基于移动设备传感器的精神疾病状况诊断

传感器主要是指能够接受相关信号或是相关刺激并且获得相应反应的器件,能够在特定的时间和空间将等待测量的物理量或化学量转化为另外一种相对应输出的装置,以满足信息的传输、存储和处理等要求。智能手机、电脑和可穿戴传感器等移动设备可以持续监测与精神疾病相关的行为成分(如活动减少、精神运动迟缓、睡眠变化)和动机状态(如快感缺失),还可以监测精神疾病患者的心率、体温和皮肤电反应等生理状态,这些监测到的数据信息可以帮助精神科医生对患者进行实时监控和行为干预,从而更好地对精神疾病患者进行病情控制。移动设备传感器正成为一种诊断精神疾病的高新技术被广泛应用,但其挑战依然存在,最大的挑战就是无法将掌控的大量数据信息与患者的感受联系起来;另一方面的挑战就是无法保证患者对设备治疗过程的忠诚度。移动设备传感器的应用前景是通过使用物联网等来鼓励健康行为,从而可以帮助改善每个人的精神健康状况。基于移动设备传感器对精神疾病进行诊断和干预仅仅是一个开端,新一代技术将会为数字精神病学实践带来革命性改变,这种技术可以得到改进和普及,并与我们的文化相适应,以服务于全球人口。

(6) 区域环境治理战略规划研究

随着经济发展日益区域化,环境问题的区域性特点日益彰显。区别于传统环境治理模式,以特定的自然区域整体为治理对象的区域环境治理越发受到重视。区域环境治理规划要求以根据自然疆界划分的生态区域为治理对象,生态区域内的环境主体(尤其是地方政府)服务于生态区域的整体环境利益,分区、合作治理是其基本特点。环境问题的特殊性要求按自然区域进行有区别、针对性的分区治理,自然生态区内的各行政区域实现生态区域的整体环境目标而进行的环境治理合作。当前,区域环境治理规划研究集中于生态文明、大气污染、雾霾治理等问题,研究前沿的关键问题为:区域环境治理的法律保障和问责机制、跨区域环境治理中地方政府合作、复合激励机制构建等。在区域环境治理背景下,研究自然区域内地方政府之间的多元协同管理模式以及责任划分、法律保障,对进一步加强各地方政府之间通力合作、联防联控本区域环境污染问题有重大意义。

(7) 基于分布式微型电网技术的能源管理

分布式微型电网是指由分布式电源、储能装置、能量变换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发配电系统。微电网与常规配电网和供电电网的最大区别在于它可以在保证电能质量的前提下独立运行。微电网结合了现代的能源转换、电力电子、电网和自动控制等技术,已成为未来世界能源技术发展的重要方向。基于分布式微型电网技术的能源管理技术发展方向包括:加大对控制策略研究;对超额发出热能的弃用制订惩罚方案;使电网具备灵活性、可接入性、可靠性及经济性;企业从只做售电成为可以从发电,到配电、管电、售电,集四种功能为一体的企业,通过高效分布式能源集成,实现灵活的微电网控制,并支持新供应模式。研究前沿包括:分布式微网将可再生能源、储能系统及局部负荷并入电网优化配置;利用微电网突破新能源穿透功率极限限制;多个微电网的并联;微电网

在并网和孤岛运行时的稳定性；利用微电网提高电能质量；采用随机能源管理，解决随机供与需的不确定性及全系统的供需平衡；提高电能质量、能源利用、自主性、适应性等；多微网协调控制策略，提高多微网稳定性；交互功能更突出的能源管理系统；解决基于时间需求响应的优化策略；研制新型电力电子设备作为配套设施，如并网逆变器、静态开关和电能控制装置。用于微电网的超导储能技术，超级电容等。

（8）水-能源-粮食关联关系研究

水-能源-粮食关联关系（water-energy-food nexus）意味着水安全、能源安全和粮食安全的密不可分。任何单一资源系统的运行、决策和变迁都会与另外两个系统的变化相关联，而任何单一资源系统的应对策略往往造成资源问题在资源系统间转移，形成资源治理困境。Nexus方法要求从纯粹追求单一部门效率转变为采用跨部门、连贯和综合的视角探索资源问题解决方案，是资源治理理念的一次根本性转变，也对全球、区域和（次）国家层面的现有结构、政策和程序提出了挑战。对水-能源-粮食关联关系的理解包含三个核心层面：水、能源和粮食在生产、消费和废物处理过程中相互影响的核心关联关系；人口、贸易和气候变化要素驱动核心关联作用机制所形成的内在影响关系；关联关系变化作用于社会-经济-生态大系统所形成的外在影响关系。目前对全球、流域以及家庭层面关联关系研究的积累增长很快，城市和区域层面的数据积累与研究工具刚刚起步。未来，随着关联数据统计口径标准化、各时空维度 WEF-Nexus 模型整合及数据监控、多资源供需协同一体化模型的开发、基础设施（绿色、灰色和蓝色）系统韧性与可持续性的增强、智慧决策系统的发展，WEF-Nexus 范式将成为服务于人类可持续发展的重要领域。

（9）生态系统服务在生态风险评估中的应用

生态系统服务（ES）指人类通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接得到的生命支持产品和

服务，包括供给服务、调节服务、文化服务和支持服务，这些服务功能的可持续供给是经济社会可持续发展的基础，对人类提供的直接福利。ES明确了人类福祉与生态系统结构和过程之间的联系，其在生态风险评估中的应用体现在：明确生态风险评价中所应受到保护的环境价值，生态系统结构、过程与功能受到外界压力干扰展开风险分析，在风险分析过程中关注生态系统复杂作用过程，综合考虑生态系统整体性和复杂性，依据生态风险整体性表征评估如何影响服务的产出，相对应的是如何促进更全面的环境保护、明晰环境决策、政策和实施行动、推导环境质量标准、实现人类人体健康与生态风险评估的综合行动政策。在生态系统过程和服务学科领域主要关注生态系统服务分类及权衡关系、形成和提供机制、定量分析与评估方法、尺度效应与区域集成、生态系统服务的优化调控等。当前生态系统服务在生态风险评估中应用的关键问题为：全面评价生态系统不同风险源与受体之间的直接或间接的作用关系，建立生态系统生态风险的模拟及评价体系；外界压力作用下系统物质能量流动和循环速率，如何运用生态生产函数（EPF）评价特定外界压力干扰对生态系统服务产出的影响与风险程度；把握生态系统过程与社会经济之间的因果关系，建立各子系统间的非线性风险评价模型，提高评价过程与社会生态管理过程的对接性，推动生态系统服务在生态风险评估后续阶段作用的研究，将不同利益攸关者的博弈策略纳入到评估过程中。

（10）建成环境对通勤的影响研究

相对于交通拥堵收费、车辆单双号限行以及燃油税费等出行需求管理策略而言，发挥建成环境对交通出行影响的正面作用，降低人们对小汽车的依赖，被认为是解决交通问题的根本所在。建成环境形成会对居民日常出行行为产生根深蒂固的影响，在宏观层面决定了城市居民活动的空间分布，并且城市建成环境一旦形成就很难去改变，会对交通出行具有长久的“锁定效应”。鉴于通勤出行是人们

日常活动出行中最重要且最具规律性的组成部分，如何通过优化城市建成环境来影响通勤出行需求，减少小汽车拥有和使用以及促进居民向绿色出行的转变进而缓解交通问题，已成为城市交通规划及相关领域的国际前沿问题。近年来，大数据和时空行为科学等的新进展为深入研究建成环境与通勤出行的关联机制提供了可行的数据获取及研究手段。当前，建成环境对通勤影响研究的关键问题为：多尺度建成环境对通勤出行影响的微观机理、建成环境与交通需求管理对通勤出行影响的协同效应、建成环境对多维度交通行为的影响机理、轨道交通导向下建成环境与通勤出行的关联机制等。在中国城市发展背景下，研究中国典型城市建成环境对通勤的影响，可为现阶段我国土地利用与交通规划以及交通需求管理策略制定提供理论依据和决策支持。

1.2 Top3 工程研究前沿重点解读

1.2.1 制造企业服务导向战略研究

制造服务化的概念首先由 Vandermerwe 和 Rada 于 1988 年提出。后来，剑桥大学的 Andy Needly 将制造服务化定义为：制造服务化是通过从出售产品到提供产品及其相关的服务，即产品服务系统的转型，为顾客和企业创造价值的组织能力和过程的创新。制造服务化在战略上，可提高与客户合作关系，有助于企业可持续发展；经济上，服务的利润空间高，而且收益流持久稳定；环境方面，服务化下制造企业实施的产品全生命周期管理会导致企业减少资源消耗。《中国制造 2025》明确指出，生产性服务业是制造业转型升级的重要支点，是产业价值链提升的必由之路。

制造服务化包含三种主要模式，以飞利浦核磁共振设备为例，面向产品的制造服务化模式下飞利浦向医疗结构出售设备，同时提供设备使用过程中的维护维修等服务；面向使用的模式下飞利浦出租

设备给医疗机构，按照使用时间收取租赁费用；面向结果的模式下飞利浦直接提供检查服务和最终的检查诊断结果。

制造服务化的研究早期主要集中在欧洲，2008 年左右中国学者也开始了制造服务化研究，把制造企业向服务化转型的业务模式称为服务型制造。主要有上海交通大学和西安交通大学等高校的知名学者，其中上海交通大学 2013 年完成了我国服务型制造方面的一个国家自然科学基金重点项目。无论是研究论文发表数量还是指导企业实践方面，都处于世界前列。

下面对制造服务化中三个主要研究前沿进行分析，包括制造服务化商业模式竞争力研究、产品服务化供应链、新信息技术与制造服务化研究。

(1) 制造服务化商业模式竞争力研究

虽然制造服务化商业模式的优势得到了学术界和企业界的广泛认可，但在很多知名制造企业如 IBM、罗尔斯罗伊斯和陕鼓成功转型的同时，也出现许多企业如 Intel 和 Interface 在服务化转型中利润下降，甚至最终彻底放弃服务化业务的情形，被学界称为服务化悖论。关于制造服务化商业模式竞争力的研究对于指导企业选择合适的服务化模式，具有重要的理论指导意义。前沿问题包括：服务化类型的选择；服务广度选择以及与产品的配置；服务投入、市场竞争环境、产品特性和行业特征等对服务化绩效的影响研究。

(2) 产品服务系统配置研究

产品服务系统是指制造服务化企业提供的产品服务包，强调产品与服务融合，甚至整体解决方案，实现 1+1>2 的集成效应。产品服务系统配置始于理解客户需求，并转化为产品和服务特性需求，进而通过知识工程或优化模型来进行优化配置。随着新信息技术的发展，产品服务配置应该聚焦在产品-服务的全生命周期，通过从数据发现用户需求，集成商业模型、产品、服务、信息等多方面的优化，实现产品-服务-信息三者的真正融合和无缝集成。

关于产品服务系统及产品与服务优化配置研究前沿问题包括：产品服务系统模式及其选择决策；产品服务系统的优化配置；产品服务系统个性化定制方法等方面。

（3）制造与服务的控制和协同研究

服务型制造由于制造与服务融合，需要对制造与服务过程进行集成优化控制，它要求制造能力与服务能力有机结合，并形成完整系统功能，达到系统整体最优。制造与服务集成化控制由于顾客介入，还需要考虑顾客的行为。而且产品流与服务流耦合下会相互影响、相互作用，需对两者进行协同管理。信息技术的快速发展有助于制造企业实现制造与服务集成化控制和协同管理。关于制造与服务集成化控制和协同管理研究前沿问题包括：产品与服务需求联合预测；制造与服务混合系统资源优化配置以及实时分配；新信息技术下的制造与服务集成化控制系统优化；产品制造商与服务提供商协同机理等。

（4）基于新信息技术的制造服务化研究

以大数据、云计算、物联网为代表的新一代信息技术不仅增强了产品服务的功能和效果，而且通过提供基于新信息技术的服务，创造了新的增值价值，同时也产生了新型服务运行模式。因此，开展新信息技术背景下服务模式及其选择方法研究，对于推动企业向智能化和服务化转型、强化产品与服务集成、提升企业市场竞争力具有重要意义。关于新信息通信技术与服务化的研究前沿问题包括：研究运用新信息通信技术实现产品与服务融合；研究新信息通信技术背景下新型服务形态；研究制造企业价值创造模式；研究信息通信技术背景下制造企业服务化转型研究等。

目前随着新信息技术的迅猛发展，研究信息技术对制造企业服务化的影响是研究前沿。当前研究主要是新信息技术推进服务化转型的机理，包括新信息技术在服务化转型中的能力等。此外，需要进一步考虑客户使用行为和需求，不断完善产品设计、

制造和服务的集成优化理论；产品服务化供应链需要实现制造系统、维护系统、备件供应系统以及物流系统的协调，特别是使用/结果导向的产品服务系统下的供应链协调。还应进一步加大计算机科学、运筹学、管理科学、工程学等学科的跨学科的交叉研究，也是未来研究发展的方向。从应用的角度，我国在大飞机、高铁、船舶、核电等高端装备制造领域推进服务型制造，势在必行，前景广阔。

“制造企业服务导向战略研究”工程研究前沿中的核心论文数量排名前3的国家分别为芬兰、英国、美国（见表1.2.1），篇均被引频次排名前3的国家/地区分别是新西兰、加拿大、瑞士（见表1.2.1），从核心论文产出国和合作网络图（见图1.2.1）来看，在核心论文发表量排名前10的国家/地区中，英格兰、西班牙、芬兰、瑞典和瑞士之间的合作较多。

核心论文数量排名前3的机构分别为：林雪平市大学（Linköping Univ）、阿尔托大学（Aalto Univ）、剑桥大学（Univ Cambridge）（见表1.2.2），根据核心论文产出机构合作网络图（见图1.2.2）来看，在核心论文发表量排名前10的机构中，波士顿大学、达特茅斯学院和麻省理工学院之间合作较多。

根据表1.2.3可以看出，中国的施引核心论文数量还未进入前十的行列，处于非跟跑地位。

1.2.2 电动汽车充电策略

当前世界化石燃料供需紧张，以电动汽车为代表的新能源汽车已成为汽车工业发展的必然趋势。相对传统燃油汽车，电动汽车拥有独特的优势，如无污染、低噪声、高能效及易维修。这些特点使得电动汽车的保有量不断增长，2017年中国累计销售77.7万辆，同比增长53.3%。然而，电动汽车行驶里程受到电池所储电量的限制，制约了其市场份额的进一步提升。并且电动汽车充电需求具有较强的随机性，展现出充电方式的多样性以及充电站址选择的复杂性等特征。为此，制定科学的电动汽车充电策略将是促进电动汽车规模化推广的重要技术

表 1.2.1 “制造企业服务导向战略研究”工程研究前沿中核心论文的主要产出国家或地区

序号	国家 / 地区	核心论文数	论文比例	被引频次	被引频次比例	篇均被引频次
1	Finland	5	38.46%	100	34.72%	20.00
2	UK	5	38.46%	59	20.49%	11.80
3	USA	4	30.77%	116	40.28%	29.00
4	Switzerland	3	23.08%	110	38.19%	36.67
5	Sweden	3	23.08%	70	24.31%	23.33
6	Spain	3	23.08%	32	11.11%	10.67
7	Italy	2	15.38%	12	4.17%	6.00
8	Canada	1	7.69%	45	15.63%	45.00
9	New Zealand	1	7.69%	55	19.10%	55.00
10	Ireland	1	7.69%	20	6.94%	20.00

表 1.2.2 “制造企业服务导向战略研究”工程研究前沿中核心论文的主要产出机构

序号	机构	核心论文数	论文比例	被引频次	被引频次比例	篇均被引频次
1	Linkoping Univ	3	23.08%	70	24.31%	23.33
2	Aalto Univ	3	23.08%	35	12.15%	11.67
3	Univ Cambridge	3	23.08%	47	16.32%	15.67
4	Boston Univ	2	15.38%	102	35.42%	51.00
5	Dartmouth Coll	2	15.38%	102	35.42%	51.00
6	MIT	2	15.38%	102	35.42%	51.00
7	Hanken Sch Econ	2	15.38%	65	22.57%	32.50
8	Univ Granada	2	15.38%	12	4.17%	6.00
9	HEC Montreal	1	7.69%	45	15.63%	45.00
10	IMD Int	1	7.69%	45	15.63%	45.00

表 1.2.3 “制造企业服务导向战略研究”工程研究前沿中施引核心论文的主要产出国家或地区

序号	国家 / 地区	施引核心论文数	施引核心论文比例	平均施引年
1	UK	39	20.31%	2016.6
2	USA	28	14.58%	2016.0
3	Finland	27	14.06%	2016.5
4	Sweden	21	10.94%	2016.6
5	Germany	20	10.42%	2016.7
6	Italy	19	9.90%	2016.6
7	Spain	14	7.29%	2016.5
8	Switzerland	10	5.21%	2016.3
9	Denmark	7	3.65%	2016.9
10	Australia	7	3.65%	2016.9



图 1.2.1 “制造企业服务导向战略研究”工程研究前沿主要国家或地区间的合作网络

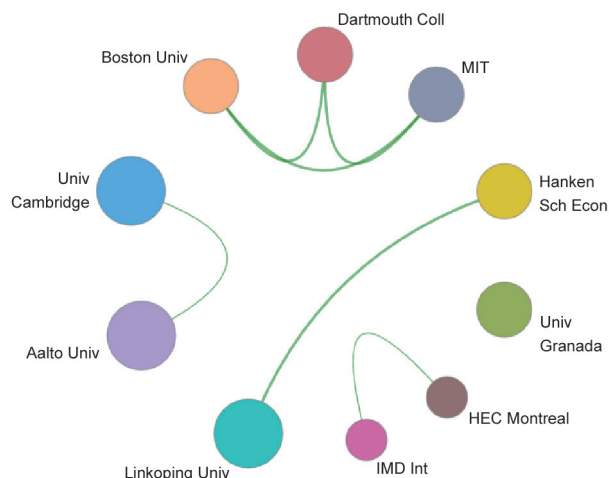


图 1.2.2 “制造企业服务导向战略研究”工程研究前沿主要机构间的合作网络

保障。

(1) 充电方式优化选择

慢速充电方式可有效延长电池使用寿命，充分利用低谷时段电价充电，高峰时段电价放电，从而降低充电成本，提高放电收益。但是该方式充电时间长，无法满足车辆在行驶途中的充电需求。快速充电方式充电时间短，可以大容量充电或放电。但该方式充电效率低、充电成本高，且在充电过程中产生的大电流会降低电池使用寿命，影响电力系统的电能质量。更换电池模式换电时间短，大幅提高了用户使用的方便性和快捷性。但由于短时间内难以实现电池外形和各项参数的标准化，且配套设施成本高，制约了该方式的推广应用。为此，以充电成本最小、行驶路线最短为目标，考虑电池容量、充电时间、配电系统节点电压、电力系统潮流、用户满意度等约束，建立电动汽车充电方式选择模型。并根据用户不同目标和偏好，在不同场景下优化选择快速充电方式、慢速充电方式或换电方式。

(2) 电动汽车路径选择与充电导航优化安排

在交通路况信息事先确定的情况下，考虑路径选择、电池容量及充放电状态互斥约束，构建不同电价机制下用户出行时间最短和充电成本最小的多目标决策模型。同时，根据电网负荷高峰、平段、

低谷等系统运行状态，制定不同的电价以鼓励用户有序充电，达到系统削峰填谷、提高电网供电安全性和经济性的目的。

(3) 基于群智感知的电动汽车路径优化及充电导航

在交通路况信息事先不确定的情况下，用户在出行过程中，利用自带手机内置的GPS等移动智能设备，将感知的实时交通路况和充电预约信息主动上传至决策中心（云平台）。并利用在充电站和充电桩中安装的红外线感知器确认等待充电的电动汽车数量和正在充电的电动汽车数量，获取实时交通速率信息和充电站信息。并且进一步考虑路径选择、行驶时间、电池容量和配电系统节点电压等约束，构建以路径行驶时间成本、充电站排队等候时间成本、电动汽车电池损耗成本及充电成本之和最优的路径优化及充电导航决策模型。通过合理引导用户有序充电和放电，缓解大量电动汽车接入对电力系统运行造成的负面影响。

近年来，对于电动汽车充电策略的改进各国学者展开了针对性研究。土耳其学者Bunyamin Yagcitekina, Mehmet Uzunoglu在2016年提出了电动汽车双层智能充电策略，即运用电动汽车的智能充电管理算法（SCMA）实现两级控制，以确定电动汽

车的最优充电路径，达到降低充电成本的目的。第一级控制用于电动汽车充电之前，考虑了变压器容量、充电站状态以及最短到达充电站的路线。第二级控制用于电动汽车的充电过程，保证充电的稳定安全，以减小对电网的负面影响，并防止变压器过载。韩国学者 Sang Keun Moon, Jin Kim 在 2017 年提出了一种电动汽车充电需求管理方法，通过建立电价波动对充电需求波动的影响曲线，找寻用户充电成本和电力负荷都达到理想状态的平衡点，并且减少充电操作的工作次数。美国学者 Mostafa Majidpour, Charlie Qiu 等人于 2016 年通过收集的客户收费数据以及充电站出站口的站点记录数据，开展了基于站点测量或用户信息的电动汽车充电负荷预测研究。通过运用四种不同的预测算法，即基于临近时间点的加权算法（TWDPNN），时间序列预测算法（MPSF），支持向量回归算法（SVR）和随机森林算法（RF）开展分析，研究表明，电动汽车用户数据可以有效提高充电负荷预测的精度，但也增加了电动汽车用户个人隐私泄露的风险。伴随着电动汽车保有量持续增长、用户类型不断增加、行驶覆盖范围不断扩大，后续拟通过电动汽车行驶路径优化、充电方式选择以及充电基础设施规划等，进一步深化电动汽车充电策略研究，以同时

实现电力与交通系统的协同运作，提高两个系统的综合运营效率。

“电动汽车充电策略”工程研究前沿中核心论文数量排名前 3 的国家分别为中国、美国、德国（见表 1.2.4），从核心论文数来看，中国基本处于领跑地位，篇均被引频次排名前 3 的国家/地区分别是：比利时、德国和美国（见表 1.2.4）。从核心论文产出国际合作网络图（见图 1.2.3）来看，中国和美国之间的合作较多。

核心论文数量排名前 3 的机构分别为：卡迪夫大学（Cardiff Univ）、香港大学（Univ Hong Kong）、维尔茨堡大学（Univ Wurzburg）（见表 1.2.5）。从核心论文产出机构合作网络图（见图 1.2.4）来看，卡迪夫大学和天津大学之间的合作较多。

2012—2017 年间，我国发表的与“电动汽车充电策略”工程研究前沿相关的论文核心论文为 6 篇（见表 1.2.4），主要由香港大学、天津大学和湖南大学发表（见表 1.2.5）。

1.2.3 共享社会经济路径下的土地资源利用

土地系统面临着来自各方面的新挑战，面临满足人类对粮食的需求、保护景观功能、保护甚至提高生态系统服务价值、减缓气候变化等要求。由于

表 1.2.4 “电动汽车充电策略”工程研究前沿中核心论文的主要产出国家或地区

序号	国家/地区	核心论文数	论文比例	被引频次	被引频次比例	篇均被引频次
1	China	6	33.33%	153	37.68%	25.50
2	USA	4	22.22%	109	26.85%	27.25
3	Germany	4	22.22%	115	28.33%	28.75
4	UK	4	16.67%	39	9.61%	16.00
5	Croatia	1	5.56%	27	6.65%	27.00
6	Switzerland	1	5.56%	27	6.65%	27.00
7	Belgium	1	5.56%	31	7.64%	31.00
8	Italy	1	5.56%	24	5.91%	24.00
9	Australia	1	5.56%	13	3.20%	13.00
10	Bosnia & Herceg	1	5.56%	13	3.20%	13.00

表 1.2.5 “电动汽车充电策略”工程研究前沿中核心论文的主要产出机构

序号	机构	核心论文数	论文比例	被引频次	被引频次比例	篇均被引频次
1	Cardiff Univ	3	16.67%	39	9.61%	13.00
2	Univ Hong Kong	2	11.11%	73	17.98%	36.50
3	Univ Wurzburg	2	11.11%	61	15.02%	30.50
4	Tianjin Univ	2	11.11%	24	5.91%	12.00
5	Argonne Natl Lab	1	5.56%	40	9.85%	40.00
6	Hunan Univ	1	5.56%	40	9.85%	40.00
7	FZI Res Ctr Informat Technol	1	5.56%	34	8.37%	34.00
8	Univ Zagreb	1	5.56%	27	6.65%	27.00
9	China Elect Power Res Inst	1	5.56%	18	4.43%	18.00
10	Tianjin Elect Power Res Inst	1	5.56%	6	1.48%	6.00

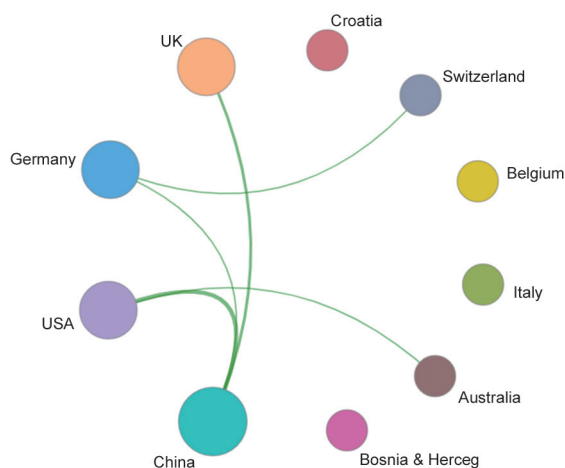


图 1.2.3 “电动汽车充电策略”工程研究前沿主要国家或地区间的合作网络

人口、经济、技术、政策、土壤等土地利用驱动因素不确定性较大，传统模型难以准确模拟土地利用动态变化趋势。共享社会经济路径下的土地资源利用研究能够综合多方面影响因素，分析不同路径下土地的动态变化，是近两年学界关注的新课题，在能源利用、环境保护、城镇化等方面已取得了一些成果，但从理论和实际应用方面来看，还迫切需要进一步深入的研究。

下面主要对共享社会经济路径下土地资源利用的未来趋势，以及在环境保护、能源利用、城镇化等方面的研究进行更加深度的分析。

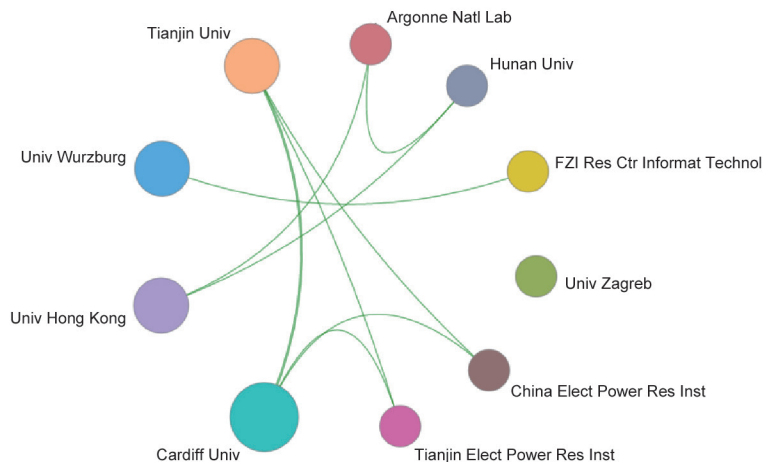


图 1.2.4 “电动汽车充电策略”工程研究前沿主要机构间的合作网络

(1) 土地资源利用对环境保护的影响

土地利用和土地利用变化对生物多样性保护、温室气体排放、土壤质量和粮食生产等都具有直接影响，目前林地向农业用地的转变所导致的碳排放是全球变暖的重要原因，为弥补这种农业扩张限制，农业生产力提高问题亟需解决。全球土地利用模型 MAgPIE（“农业生产模型及其对环境的影响”）是评估土地利用对经济和环境影响的重要工具，在不同 SSP 情景下，污染物排放、温室气体排放对景观变化、生态系统服务价值的影响程度不同，但都证明法规的完善、天然林的保护、碳汇和低碳技术的开发提高是保护环境的重要措施。

(2) 土地资源利用对能源利用的影响

能源对于人类的基本需求、发展和福祉至关重要，人类对能源储量和需求特征的未来变化从根本上由社会经济条件、可用能源资源、能源供应、转型技术和能源最终用途等多因素的影响。同时，温室气体（GHG）排放和其他环境、社会外部因素也影响到能源供给与需求。因此，能源系统的发展受到社会需求变化和战略政策选择的影响。目前全球土地利用模型和全球能源-经济-气候模型是能源利用研究的重要工具。

(3) 土地资源利用对城镇化的影响

对大都市城郊地区的研究发现，非农业用地的扩张主要以工业用地的增长为特征，造成了耕地和林地的巨大流失。其中国家主导的增长在非农业用地的扩张中发挥了主导作用，而自下而上发展的影响显著性较差，部分原因是规划在调节空间以适应不断增长的人口和经济增长需求的同时，在促进空间增长以吸引外部投资方面也发挥了关键作用。中国快速城镇化伴随着农民外迁和耕地使用强度的变化。目前农民外迁和耕地强度之间的关系仍不明确，已有研究表明，农民外迁与耕地利用强度呈现倒 N 型关系，家庭责任制（HRS）带来的生产率提高的积极影响是耕地利用强度增加的主要原因，农村劳动力过度流失而导致的劳动力短缺是耕地使用强度

下降的重要原因，但增加的肥料和农药投入或作物类型的变化最终可以弥补劳动力短缺的负面影响，并促进耕地利用强度的提高。此外，农田的过度集约利用对生态环境和国家粮食安全产生了负面影响。

遥感图像是土地资源利用研究的数据基础，随着卫星传感器技术的快速发展，高空间分辨率遥感（HSR）数据在军事和民用领域引起了广泛的关注，为充分利用这些数据，场景分类成为一项重要的先行任务。在利用大规模的数据集形成传感图像场景分类的基础上，运用非监督学习方法研究用于遥感场景分类的反卷积网络：首先，利用浅加权反卷积网络，通过最小化输入影像和卷积结果之间的重建误差，来学习每个图像的特征图和滤波器，这些特征图可以捕获高空间分辨率图像丰富的边缘和纹理信息；然后，利用空间金字塔模型（SPM）聚合不同尺度的特征，以维持 HSR 图像场景的空间布局，通过组合所提出的加权反卷积模型和 SPM 来获得 HSR 图像的差别化表达；最后，将表示向量纳入支持向量机模型以完成分类。也有研究者描述了用于遥感场景分类的大规模数据集——航空影像数据集（AID），通过收集并注释超过 10000 个遥感影像场景，提出了关于 AID 的典型遥感场景分类和深度学习方法的性能分析。

解决高分辨率（HR）光学卫星图像的自动语义标注问题的难度在于：卫星影像的复杂和模糊部分难以区分，完全监督的注释方法需要大量高质量像素级标签的训练样本。为了应对这些挑战，研究者结合判别性的高级特征学习和弱监督的特征转移提出了一个统一的注释框架。

土地利用和土地覆盖变化（LUCC）模拟模型是用于分析各种情景下未来景观动态的有效且可重复的工具，但仍有一些缺陷需要改进。未来土地利用模拟（FLUS）模型明确模拟了多个 LUCC 的长期土地利用空间变化，采用自上而下的系统动力学和自下而上的元胞自动机两种模型的结合应用，在 CA 模型中采用自适应惯性和竞争机制，以处理不同土

地利用类型之间的复杂竞争和相互作用，提高了模型准确模拟未来土地利用模式的能力。逐渐将气候变化、土壤条件等影响因素纳入模型，促进不同空间土地利用优化的识别能力提升是未来的发展趋势。

“共享社会经济路径下的土地资源利用”工程研究前沿中核心论文数量排名前3的国家分别为：德国、美国、澳大利亚（见表1.2.6）。篇均被引频次排名前3的国家/地区分别是：德国、美国和乌克兰（见表1.2.6）。从核心论文产出国的合作网络图（见图1.2.5）来看，在论文数量中排名前十的国家/地区之间的合作都较为紧密。

核心论文数量排名前3的机构分别为：波茨坦气候影响研究所（Potsdam Inst Climate Impact Res）、洪堡特大学（Humboldt Univ）、澳大利亚联邦科学与工业研究院（Commonwealth Sci & Ind Res Org）（见表1.2.7）。从核心论文产出机构的合作网络图（见图1.2.6）来看，在论文数量中排名前十的机构之间的合作都较为紧密。

从“共享社会经济路径下的土地资源利用”施引核心论文数量（见表1.2.8）来看，中国发表了24篇施引核心论文，排名第9，基本处于跟跑地位。

表 1.2.6 “共享社会经济路径下的土地资源利用”工程研究前沿中核心论文的主要产出国家或地区

序号	国家/地区	核心论文数	论文比例	被引频次	被引频次比例	篇均被引频次
1	Germany	10	76.92%	328	86.09%	32.80
2	USA	7	53.85%	172	45.14%	24.57
3	Australia	5	38.46%	115	30.18%	23.00
4	Japan	5	38.46%	104	27.30%	20.80
5	The Netherlands	4	30.77%	83	21.78%	20.75
6	Austria	4	30.77%	82	21.52%	20.50
7	Italy	3	23.08%	54	14.17%	18.00
8	Ukraine	2	15.38%	47	12.34%	23.50
9	South Korea	2	15.38%	26	6.82%	13.00
10	Norway	2	15.38%	42	11.02%	21.00

表 1.2.7 “共享社会经济路径下的土地资源利用”工程研究前沿中核心论文的主要产出机构

序号	机构	核心论文数	论文比例	被引频次	被引频次比例	篇均被引频次
1	Potsdam Inst Climate Impact Res	10	76.92%	328	86.09%	32.80
2	Humboldt Univ	4	30.77%	159	41.73%	39.75
3	Commonwealth Sci & Ind Res Org	4	30.77%	97	25.46%	24.25
4	Univ Utrecht	4	30.77%	83	21.78%	20.75
5	PBL Netherlands Environm Assessment Agcy	3	23.08%	71	18.64%	23.67
6	Graz Univ Technol	3	23.08%	70	18.37%	23.33
7	Int Inst Appl Syst Anal IIASA	3	23.08%	59	15.49%	19.67
8	Natl Inst Environm Studies	3	23.08%	63	16.54%	21.00
9	Pacific Northwest Natl Lab	3	23.08%	56	14.70%	18.67
10	Mercator Res Inst Global Commons & Climate Change	3	23.08%	54	14.17%	18.00

表 1.2.8 “共享社会经济路径下的土地资源利用” 工程研究前沿中施引核心论文的主要产出国家或地区

序号	国家 / 地区	施引核心论文数	施引核心论文比例	平均施引年
1	Germany	89	20.75%	2015.9
2	USA	75	17.48%	2016.1
3	The Netherlands	45	10.49%	2016.2
4	Austria	43	10.02%	2016.0
5	England	35	8.16%	2016.1
6	Australia	34	7.93%	2016.1
7	France	31	7.23%	2015.9
8	Japan	31	7.23%	2016.4
9	China	24	5.59%	2016.4
10	Italy	22	5.13%	2016.2



图 1.2.5 “共享社会经济路径下的土地资源利用” 工程研究前沿主要国家或地区间的合作网络

2 工程开发前沿

2.1 Top10 工程开发前沿发展态势

在工程管理领域中，全球工程开发前沿集中于以下 10 个部分，分别是电动汽车充电管理方法与系统、智能健康管理方法与系统、智能网联汽车技术、风险管理方法与系统、基于 BIM 的建造管理系统、基于定位技术的监控系统开发、能源管理控制方法与系统、物流管理方法与系统、医疗服务管理方法与系统、智能医疗管理方法与系统。其核心专利情况见表 2.1.1 和表 2.1.2。这 10 个工程开发前沿集中包含了机械、运输、能源、医学、建筑、

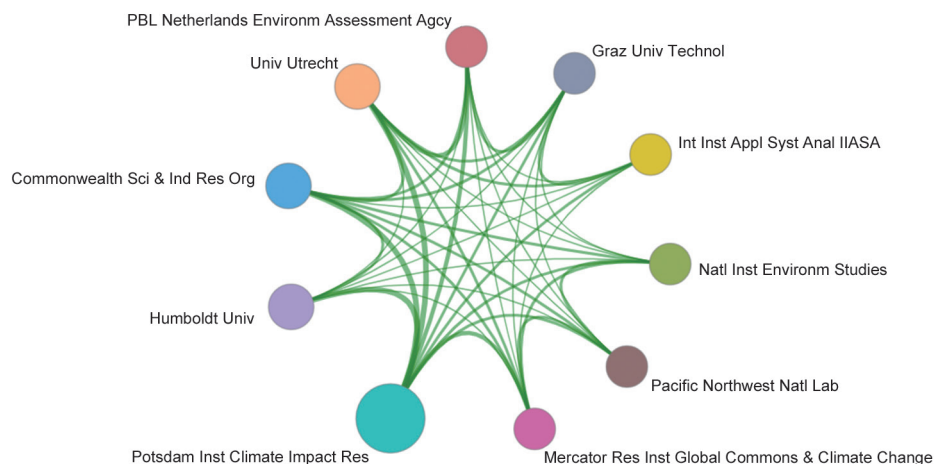


图 1.2.6 “共享社会经济路径下的土地资源利用” 工程研究前沿主要机构间的合作网络

表 2.1.1 工程管理领域 Top10 工程开发前沿

序号	工程开发前沿	公开量	引用量	平均被引数	平均公开年
1	电动汽车充电管理方法与系统	17	104	6.12	2013.24
2	智能健康管理方法与系统	20	98	4.90	2014.35
3	智能网联汽车技术	13	30	2.31	2013.77
4	风险管理方法与系统	14	148	10.57	2013.57
5	基于 BIM 的建造管理系统	8	58	7.25	2013.88
6	基于定位技术的监控系统开发	13	59	4.54	2013.23
7	能源管理控制方法与系统	55	279	5.07	2013.40
8	物流管理方法与系统	42	195	4.64	2013.83
9	医疗服务管理方法与系统	17	81	4.76	2013.76
10	智能医疗管理方法与系统	25	177	7.08	2013.84

表 2.1.2 工程管理领域 Top10 工程开发前沿的逐年核心专利公开量

序号	工程开发前沿	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
1	电动汽车充电管理方法与系统	6	5	4	0	2	0
2	智能健康管理方法与系统	1	2	7	9	1	0
3	智能网联汽车技术	3	4	2	2	1	1
4	风险管理方法与系统	4	3	3	3	1	0
5	基于 BIM 的建造管理系统	1	2	3	1	1	0
6	基于定位技术的监控系统开发	5	4	0	4	0	0
7	能源管理控制方法与系统	14	17	13	10	1	0
8	物流管理方法与系统	5	15	8	11	2	1
9	医疗服务管理方法与系统	4	1	8	3	1	0
10	智能医疗管理方法与系统	5	6	4	8	2	0

电子等众多学科。其中电动车充电管理方法与系统、智能健康管理方法与系统、智能网联汽车技术为重点解读的前沿，后文会详细对其目前发展态势以及未来趋势进行解读。

（1）电动汽车充电管理方法与系统

伴随世界石油资源的供需紧张和温室气体排放法规的日趋严格，以电动车为代表的新能源汽车已成为汽车工业发展的趋势所在。电动汽车是以车载电源为动力，通过电机驱动车轮行驶的一种新型交通工具。电动汽车通过充换电进行能量补给，行驶里程受到电池所储电量的限制，制约了电动汽车的

规模化推广应用。因此，开展电动汽车充电管理方法研究，引导电动汽车有序充电是提升新能源汽车行驶稳定性和可靠性，降低充电成本的重要研究方向。

（2）智能健康管理方法与系统

智能健康管理坚持预防为主、促进健康和防治疾病相结合，通过开发医疗与健康设备，以移动信息化技术为手段，形成自我健康管理及健康监测、健康风险评估和远程医疗协助有机结合的循环系统，实现对个体健康的全程监控，为全民健康水平的提高提供强有力的科技支撑。我国目前已完成

多种智能健康管理系统的的设计,主要技术有基于云计算的个人智能健康管理系统;基于信息集成、物联网、云技术的多功能信息化数据库健康管理系统;基于 Hadoop 与虚拟化存储等技术搭建的多维智能健康管理平台;基于 O2O 健康管理的健康报告智能提示系统等。但作为建设智慧城市的重要载体,智能健康管理系统也面临质量、信息整合、信息安全等方面问题。未来智能健康管理系统的的发展不仅要在技术方法上取得突破,还要提高全国范围内医院、社区、家庭智能健康管理系统的普及率,不仅仅实现个人全生命周期的健康管理,还可通过大数据的融合,为医疗、用药、护理、康复等多方面提供有力证据,对疾病起到预测、监控及管理的作用。

(3) 智能网联汽车技术

智能网联汽车(Intelligent connected vehicles, ICV),是指搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置,融合现代通信与网络技术,实现车与人、车、路、云端等智能信息交换共享,具备复杂的环境感知、智能决策、协同控制和执行等功能,实现安全、舒适、节能、高效行驶,并最终可替代人来操作的新一代汽车。ICV 技术体系由环境感知系统、智能决策系统、控制执行系统三个层次组成,涵盖汽车、信息交互与基础支撑三大领域,集中了环境感知、导航定位、智能决策控制和车联网等关键技术。ICV 不仅是未来汽车技术的发展方向,也是汽车走向智能化(自动驾驶)和网联化(车联网)相互融合的发展。根据全球知名咨询公司 Gartner 的智能机器领域新兴技术生命周期预测,未来 ICV 技术产业期望极高,被视为最具发展前景的新兴技术之一,世界各国已将 ICV 产业的发展提升至国家战略层面。

(4) 风险管理方法与系统

风险管理是通过风险识别、风险估测、风险评价,并在此基础上选择与优化组合各种风险管理技术,对风险实施有效控制和妥善处理风险所致损失

的后果,从而以最小的成本收获最大的安全保障。学者们在风险管理的研究中采用了多样化的分析方法,如蒙特卡洛模拟、层次分析法、人工神经网络、模糊数学、遗传算法、贝叶斯网络等。其中,为降低主观因素对风险评估结果的影响,引入模糊评价方法,以降低在使用专家打分、德尔菲法和层次分析的过程中,主观因素对风险评估结果造成的影响;加强风险偏好、风险态度等个体特征与风险感知和评估结果的关系的研究,引入心理学研究的相关理论,研究主观因素对风险评估结果的影响。另外,在风险管理系统中考虑风险因素之间的相关性、动态性和传递路径,以及在风险发生概率和影响程度的基础上,进一步考虑风险的可管理性、可预测性等特征,对风险评估模型进行改进。随着管理思想、方法和现代计算机技术的高速发展,更加集成和复杂的风险管理方法开始出现,用于处理更复杂的风险管理系统。

(5) 基于 BIM 的建造管理系统

BIM 以建筑工程项目的各项相关信息数据为基础建立建筑模型,通过数字信息仿真,模拟建筑物所具有的真实信息。BIM 是以从设计、施工到运营协调、项目信息为基础而构建的集成流程,它具有可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性五大特点。随着 BIM 技术在行业应用的不断推进,BIM 技术已从单一的 BIM 软件应用转向多软件集成应用,从桌面应用转向云端和移动客户端,从单项应用转向综合应用,并呈现出 BIM+ 的新特点。实现 BIM 模型的信息共享,搭建集成交付平台、设备信息管理模块、维护管理模块、操作维护知识库模块和应急计划管理模块等,提升多方协同的工作效率,施工、监理甚至物业从业人员可以识别特定设备的物理位置,有效地实现大量建筑设备信息的维护和应急预案的管理。基于 Web 的 BIM 系统,其在执行特定项目管理的过程中,将进度和成本与提供给 Web 的三维模型连接起来,可以在 Web 上进行三维模型的仿真,向便携式设备提供 2D 或 3D

图纸、工程进度信息和成本信息等，提高信息的流动性。将施工信息输入 BIM 系统，自动生成施工计划和施工绩效等信息，从而可以更有效地规划和管理建筑物的建造，最大化地体现信息的价值。

（6）基于定位技术的监控系统开发

基于定位技术的监控系统是指一种采用各类定位技术对监控客体的位置信息、状态信息等进行集成监控的信息系统。其主要构成部分包含：监控客体的辨识子系统、数据传输子系统、数据存储子系统及集成展示和控制子系统。目前在货物运输、垃圾收集运输监控、公交车辆运营、校车及学生安全监控等方面较广泛地应用。定位技术分为室内定位和室外定位两大类。室内定位技术包括：红外线、超声波、RFID、蓝牙、Wi-Fi、ZigBee、UWB 超宽带等；室外定位技术主要包括：GPS 和北斗民用定位技术。在工程管理领域特别是现场施工安全管理应用中，基于定位技术的监控系统将成为新的应用前沿。对于施工场地中人员、设备的安全监控，首要考虑的是定位精度和成本的问题，GPS 的定位精度在 10 米，北斗民用定位的精度在无基站条件下达到平面 10 米内，高程 10 米内，若部署基站，成本又急剧上升，无法满足工程需要。一种较可行的技术是采用蓝牙 + 相控阵，定位精度可达到亚米级，通过部署二级基站和定位标签，可对人员行动轨迹，设备的具体位置进行定位监控，成本也在可接受范围。

（7）能源管理控制方法与系统

能源管理是为了完成国家能源战略所采取的手段，涉及国家经济发展战略，是能源战略在不同阶段的外在具体体现。就能源管理而言，一方面，要保障充足的供应，为国民经济的发展提供可靠的能源保障。另一方面，要高效合理地利用能源，以促进社会经济健康发展和生活环境、生活质量稳步提升。主要技术方向体现在合同能源管理（Energy Performance Contracting，简称 EPC；在国内又称 EMC）、信息化能源管理系统、分布式能源管理系

统等方面。合同能源管理是一种基于市场的节能新机制，即由专业的节能服务公司与用能单位签订合同，为其提供节能项目用能状况的诊断、设计、融资、改造、施工、设备采购、安装调试、运行管理、人员培训、节能量测量和验证等服务并保证节能量或节能率，用能单位保证以节能效益向节能服务公司支付项目投资和合理利润的市场化节能机制。信息化能源管理系统是以信息网络为支撑，利用计算机网络技术、数据库技术等物流信息技术开发，实现数据维护、数据查询、数据统计、数据分析和节能管理等功能模块。分布式能源管理系统以分布式可再生能源发电为基础，构建可以实现实时、高速、双向的电力数据读取和可再生能源接入的能源互联网系统。能源互联网系统由智能能量管理系统、分布式可再生能源、储能装置、变流装置和智能终端等组成。通过以上技术保障低碳高效的能源消费。未来除在以上具体方向上需继续深化，还需建立完整高效的海外能源供给辅助体系，提高未来我国能源供给管理水平。

（8）物流管理方法与系统

物流是物品从供应地向接收地的实体流动过程，物流服务的基本功能包括将运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、回收、信息处理等。在现代社会经济发展中，物流服务在生产与生活中发挥着越来越重要的作用，先进的物流管理方法与物流系统具有广泛的应用前景。目前，物联网、移动互联网等技术的深化应用以及互联网驱动下的管理和商务变革，给物流管理方法和系统的开发提出了挑战，物流信息化、自动化、智能化、集成化呈现出趋势性要求。在企业物流服务方面，供应链结构下的上下游物流资源集成以及服务协同、搭建供应链物流集成控制平台是企业运营的基础。在生活物流服务方面，广泛的物流资源共享和服务协同是未来可行的方向。在区域物流管理方面，既要考虑区域物流资源的有效组织，现代信息技术支撑下考虑生态目标基于大数据的多式联运组织优化决策是

物流服务效率、服务水平、节能降耗的重要保证，又要考虑区域空间资源的有效利用，地表、空中与地下智能物流系统的有机融合将是重要方向。物流单项技术和单环节管理方法已趋成熟，区块链技术支持下的广域物流服务模型和综合优化决策方法与技术有待开发，大数据环境下物流动态风险分析与控制方法的应用将能提升实时物流服务质量。

（9）医疗服务管理方法与系统

医疗服务是具有资质的医疗机构及其医务人员运用各种卫生资源为服务对象提供的疾病诊断、治疗、康复和护理等临床服务活动总称。医疗服务管理方法与系统旨在通过采取有效的科学技术和先进的医疗管理模式，以提高医疗服务质量和效率。目前，医疗服务管理方法与系统正在向信息化、智能化、整合化、精准化方向发展。强调利用互联网+技术，构建区域医疗服务大数据和云计算平台，通过医疗服务系统的各种终端，构建整合型和智慧型医疗服务递送体系。随着远程医疗、精准医疗和互联网医疗的发展，医疗服务管理需要在标准化、精准化与医学问题复杂性之间找到均衡。在最佳医疗实践指导下，基于循证医学和成本控制要求，标准化的临床路径管理得到大力实施，缩小了弹性治疗的空间。对医疗大数据和互联网+的利用，进一步强化了医院诊疗系统的智能化和精准化，减少了服务的延迟和资源浪费，患者服务体验和满意度得到了提升。但鉴于疾病的发生和发展机制的复杂性、不确定性和个体差异性，尤其是慢性病发展更是难以预测，同时伴随着医疗成本上升和患者权益保护，医疗服务管理方法与系统的改进将面临更多挑战。

（10）智能医疗管理方法与系统

智能医疗是指通过先进的人工智能、物联网技术和数据融合技术，实现医疗服务要素之间的信息互动，进而借助数字化手段达到临床服务的智能化和自动化。目前智能医疗管理方法与系统的开发尚处于探索阶段，但人工智能和大数据技术在医疗卫生领域深入应用是势不可挡的。鉴于优质人力资源

的缺乏、人力服务效率的低下和卫生资源的浪费，智能医疗管理系统的出现将会进一步提升医疗服务效率和服务质量，优化卫生资源配置和共享，降低社会医疗成本。目前智能医疗管理系统在智能诊断、智能治疗、智能护理以及智能保健领域进行一些富有成效的探索，相继出现了智能药品、智能穿戴和手术机器人、读片机器人以及虚拟医生等智能化服务项目，通过给医务人员赋能和提供辅助，提高了临床决策和医疗实践的高效性和精准性。但现阶段智能管理系统的开发受到医疗环境和健康问题复杂性的影响，加之医疗服务要素之间配合千变万化，智能化管理系统还难以很好适应复杂的医疗实践活动。对医疗服务领域的人工智能来说，仍处于“弱人工智能”阶段，不能进行多任务学习，同时要依赖大数据学习，但随着精准医疗的发展，“小数据”学习可能成为未来发展方向。

2.2 Top3 工程开发前沿重点解读

2.2.1 电动汽车充电管理方法与系统

与传统的燃油汽车相比，以车载电源为动力并使用电机驱动车轮行驶的电动汽车具有低污染、低噪声、高效能、易维修等独特的优势。电动汽车作为一种新型的交通工具，在遵循交通网络流量控制的同时，满足人们的出行需求。而且，大量电动汽车接入电力系统，充电时作为负荷从电网获取电能，放电时作为电源回馈电能。电动汽车的有序充电和放电有利于降低电力系统峰谷差、消纳间歇性可再生能源发电。为此，开展电动汽车充电管理方法的研究对综合提升电力系统和交通系统的运营效率，促进能源、经济、环境的协调发展，具有重要的现实意义。

由于电动汽车保有量、用户类型、行驶覆盖范围不同，充电方式呈现出多样化的特点，充电需求具有较大的不确定性。当前电动汽车的能量补给方式包括慢充、快充以及电池更换三种，不同补给模

式下电动汽车的充电时间、充电成本和电池寿命均存在差异。电动汽车充电管理方法是以充电成本最小为目标，开展充电设施定价决策以及选址定容优化研究，在满足车辆行驶需求的同时，遵循电力系统的安全约束，实现电动汽车以及充换电站的经济运行。

（1）满足行驶需求的电动汽车有序充放电优化决策

在满足电动汽车行驶路径需求的前提下，考虑电池容量、电池充放电互斥约束，建立以充电成本和电力峰谷差最小为目标的充放电决策方法，以减轻无序充电带来的电力系统峰谷差加大、局部地区电压跌落等负面影响，提高电力系统的运行效率。

（2）考虑电动汽车用户需求响应的充电站定价决策

考虑电动汽车用户需求细分的差异性，通过价格和业务组合捆绑方式，设计充电站停车、充电以及放电的组合套餐，构建以充电站运行成本最小为目标的定价决策模型，以引导电动汽车有序充电和放电，在减少用户充电成本的同时，增加充电站的经济收益。

（3）考虑电动汽车能量补给特点的充换电站规划

充换电站作为交通路网节点服务设施和电力网络的负荷/电源节点，通过实施合理的选址规划来提高电动汽车充电效率。基于电动汽车的充电需求特性，考虑交通网络流量约束和电力网络运行约束，建立包括充换电站建设成本、运营成本以及新增路费和电网建设成本、运营成本的多目标充换电站选址定容决策模型，以确定与不同电动汽车充电需求相匹配的充电方式（快速充电、慢速充电、更换电池），减少电动汽车用户购电成本，同时为电动汽车充换电服务设施的规划建设提供技术支持。

当前，欧美及日本等国家都在大力发展电动汽车充电管理方法及其应用研究。美国的研究主要侧

重于对电动汽车电池系统的改进，2012年埃瓦尔有限责任公司（Elwha LLC）研发了一种可远程操控的电动汽车电池管理系统，通过对电池系统加载数据包，记录电池运行数据，评估电池的使用状态，并以此为用户提供充电策略建议。德国主要关注通过对电动汽车实现最优充电路径规划，以减少充电时间和成本，其依靠强大的汽车工业并配合电力产业集聚优势来大力推进电动汽车产业的发展。至2013年，德国已经建成充电站4454座，庞大的充电站数量为电动汽车选择最佳的充电路径提供了保障。罗伯特博世有限公司（Robert Bosch GmbH）开发了一款基于电池充电状态和导航数据的最优充电路径装置。该装置具有电池状态输出设备和持续更新的导航数据输出系统，依据电动汽车电池剩余电量和导航数据，为用户确定达到目的地的最优充电路径，从而节约充电时间和充电成本。日本的研究侧重于对电动汽车电池零件的科学管理，2012年丰田汽车公司开发了一套电动汽车电池零件管理系统，该系统由车辆管理装置、数据存储器和控制器三部分组成。该系统记录电池各部分零件的使用状态，并提示用户及时对陈旧或毁损零件进行修理更换。目前，国内外学者正开展对电动汽车的电池性能提升以及充电设施改进等问题的研究，而电动汽车充电基础设施共享、定价及规划的研究仍较为初步、分散，尚未形成能够协助电动汽车用户进行车辆与充电设施共享和有序充放电的定价和规划决策理论体系。因此，开展电动汽车充电基础设施共享、定价和规划研究，是立足于国内外经济可持续发展的重大现实需求，在未来具有重要的科学价值和经济价值。

“电动汽车充电管理方法与系统”工程开发前沿中核心专利产出数量排名前3的国家/地区分别是日本、韩国、美国，中国排名第四（见表2.2.1）。根据核心专利主要产出国家/地区的合作网络图（见图2.2.1）可以看出，各国之间的合作并不紧密，仅以色列和瑞士之间有一定合作。

表 2.2.1 “电动汽车充电管理方法与系统”工程开发前沿中核心专利的主要产出国家或地区

序号	国家 / 地区	公开量	公开量比例	被引数	被引数比例	平均被引数
1	Japan	7	41.18%	23	22.12%	3.29
2	South Korea	3	17.65%	33	31.73%	11.00
3	USA	3	17.65%	6	5.77%	2.00
4	China	2	11.76%	7	6.73%	3.50
5	Switzerland	1	5.88%	31	29.81%	31.00
6	Germany	1	5.88%	4	3.85%	4.00
7	Israel	1	5.88%	31	29.81%	31.00

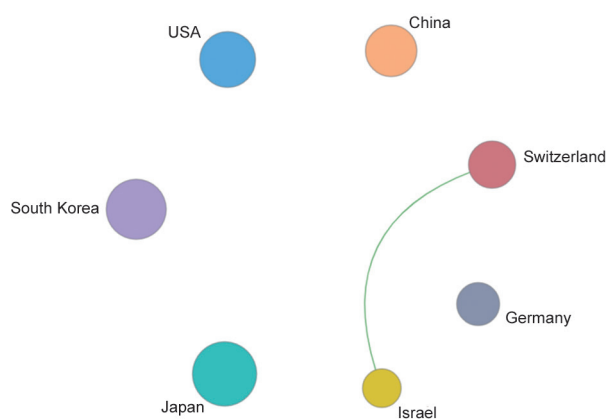


图 2.2.1 “电动汽车充电管理方法与系统”工程开发前沿主要国家或地区间的合作网络

2.2.2 智能健康管理方法与系统

自 20 世纪六七十年代，欧美管理领域的学者开始关注健康领域的管理问题。随着老龄化社会的进入、健康需求的增长、医疗支出的增加，各个国家都面临着前所未有的压力。近十年来，越来越多的学者开始关注这一领域，投身于健康领域的管理问题研究，包括关键医疗资源的管理优化、医疗决策的辅助优化以及公共卫生政策的优化。移动互联网技术、云平台以及智能穿戴设备技术日新月异的发展，使得个体健康信息的实时获取与海量医疗信息的存储分析得以实现，在此基础上智能健康管理方法与系统有了长足的发展。智能健康管理方法与系统能够为居民提供健康数据采集、存储、分析、健康咨询等全面的服务，支持居民健康智能管理、慢

病管理以及面向医院关键资源的智能管理。下面就个人健康管理、面向智慧医院的智能管理系统、面向社区医院的智能管理系统、智能养老服务系统四个方面展开讨论。

(1) 个人健康智能管理系统

个人健康智能管理是近五年来智能健康管理方法与系统的发展重点，主要是通过智能化可穿戴设备，实时收集个人健康信息，包括血糖、血压、脉搏、血氧、BMI、腰臀比、体温等生理指标，通过无线或蓝牙上传到健康管理平台或终端设备。在此基础上，对这些信息进行存储与分析，用户可通过网站和移动 APP 查阅个人的健康体征测量数据、饮食建议与推荐菜谱、健身建议、近期的健康趋势图等资讯。当居民健康状况出现异常时，如体征指标超出正常界限时，可通过手机短信方式，及时提醒用户关注，通过及时调整作息、饮食习惯等，实现对用户健康异常情况的及时响应，实现数字化和科学化健康管理。

(2) 智慧医院系统

智能健康设备将链接智能化的云端医院，通过互联网平台来建立覆盖患者诊疗全流程的数据库。患者通过互联网，在智慧医院系统进行挂号、诊疗等活动，而医生则可以通过该系统进行远程会诊等行为。通过线上完成的医疗环节就可以提高医疗工作的效率，减缓医疗资源紧张的现状。智慧医院系统将通过互联网云平台为每一个患者建立属于自己

的个人健康云档案，采用便携式智能健康设备进行检测，并将各项数据上传至个人健康云档案，方便医生进行复诊，并以此来调整治疗方案及药剂。同时，这份档案还可以使病人直观地了解自己身体数据的变化情况，更好地保障自己的健康。

（3）面向社区医院的智能管理系统

在欧美医疗体系中，社区医院有着“守门人”（gate-keeper）之称。社区医院作为居民健康的“守门人”，在为居民提供基础医疗服务的同时，也提供了预防、保健、康复、健康教育等卫生保健服务。面向社区医院的智能管理系统一般是通过在线或离线收集居民健康或就诊信息，通过在系统中构建居民健康档案，实现对居民全生命周期的健康监护，方便居民随时查询自己的健康数据与在线就诊，医护人员可以掌握管辖的社区居民的个人健康状况和群体健康态势，当居民身体状况异常时，及时提醒相关医生关注，并将医生的干预建议，包括饮食注意事项、药物调整、需及时到医院就诊等，及时通知用户个人或家属；当预判到社区某种流行病或社区居民健康出现某种不利迹象时，立即采取干预措施。另外我国没有传统的家庭健康体系，也极少有家庭有定期体检的习惯。通过构建家庭健康云档案，可以形成“商业医疗保险—云端家庭医生—社区医院”的完整家庭健康医疗与预防体系。在线上设立家庭医生，对每个家庭成员进行定期的诊断，由医生长期提供定向服务。对于不能在线上解决的问题，如抽血化验等，则可通过社区医院提供线下诊所服务。社区医院的布局可以让在线诊断、线下导诊和保险支付形成闭环，可以为用户提供一站式就医解决方案。这一体系的筹建也被认为是一种值得期待的变现方式。

（4）智能养老系统

在养老企业中，智能健康设备的作用也至关重要。通过智能健康管理系统完成基本的信息采集，建立老年人信息数据库，对老年人健康数据进行监控、日常检测，来保证老年人的健康生活。通过可

穿戴式智能健康便携式设备的检测，对老年人进行紧急求援、生活照料、家政服务、精神关怀、健康管理等，能够有效整合社会服务资源，建立完善的养老服务体系。

随着人工智能的发展，智能健康管理方法是近年来医疗健康服务工程研发的前沿，目前尚在智能管理的初步阶段。随着健康管理研究的深入，其不仅能应用于个人健康信息收集管理、健康咨询服务、远程医疗、门诊预约挂号和老年人健康管理等，其优越性还体现在与医疗相关的多个领域，如病情预测、智能导诊、智能诊断、用药管理、流行病预防等，所以未来的研发将侧重于智能医疗系统，将智能健康管理系统融入到智能医疗系统中。通过智能健康管理系统，医院管理者可以收集、存储海量医疗数据（包括临床数据与管理数据），这些为智能医疗（包括智能医疗决策与智能医疗管理）奠定了基础。通过机器学习，对个人健康大数据和图像检查结果进行智能分析，可以智能预测患者病情，优化医生诊断决策，减少误诊率，提高医疗服务效率和服务水平。

“智能健康管理方法与系统”工程开发前沿中核心专利产出数量排名前2的国家/地区分别是中国、韩国，其中中国产出的核心专利数量为19篇，处于绝对领跑地位（见表2.2.2）。我国在该领域产出的核心专利最多的机构为易特科（前海安测）信息技术有限公司（Anycheck Information Technologies Co Ltd），篇均被引数为2（见表2.2.3）。

2.2.3 智能网联汽车技术

自全球第一辆自动驾驶概念车出现以来，智能网联汽车（ICV）经历了近80年的发展历程，并依次经历概念推出、基础性研发、运行测试等阶段，即将进入市场化阶段。随着互联网技术的快速推进，通信、感知等技术的不断发展，ICV技术走上了向“智能+网联”的无人驾驶汽车发展道路。

ICV技术发展包括两大方面：一是智能化（即

表 2.2.2 “智能健康管理方法与系统”工程开发前沿中核心专利的主要产出国家或地区

序号	国家 / 地区	公开量	公开量比例	被引数	被引数比例	平均被引数
1	China	19	95%	97	98.98%	5.11
2	South Korea	1	5%	1	1.02%	1.00

表 2.2.3 “智能健康管理方法与系统”工程开发前沿中核心专利的主要产出机构

序号	机构	国家	公开量	公开量比例	被引数	被引数比例	平均被引数
1	Anycheck Information Technologies Co Ltd	中国	4	20%	8	12.25%	2.0
2	Hangzhou Yinjiang Intelligence Medical	中国	2	10%	5	5.10%	2.5
3	Jiaxing Zhiheng Precision Instr Co Ltd	中国	2	10%	7	7.14%	3.5

自动驾驶)，逐步实现车辆代替人进行驾驶操作，国际自动机工程师学会（SAE）将自动驾驶技术分为从驾驶支援到完全自动驾驶的 5 个发展阶段，通常所说的“无人驾驶”是指自动驾驶技术的最高阶段 Level 5；二是网联化（车联网），实现车辆与外界的智能信息交换，包括车车通信（V2V）、车路通信（V2I）等。

目前，无人驾驶发展已分化出两大技术派别：一是以通用、大众、奔驰等传统车企为代表的 ADAS 和自主智能技术，二是以谷歌、苹果、百度等互联网企业为代表的人工智能和网联化技术。前者主要由现有的汽车技术出发，配合感知和机器决策，逐步实现智能化无人驾驶；后者则通过计算机及互联网实现对传统汽车的控制和改造。两类技术虽然起点有异，但最终会融合，实现完全无人驾驶。

ICV 技术集中了汽车工程、人工智能、计算机、微电子、自动控制、通信与数据平台等领域技术，是一个集环境感知、规划决策、控制执行、信息交互等于一体的技术综合体，拥有相互依存技术链和产业链体系。

ICV 技术体系由环境感知系统、智能决策系统、控制执行系统三个层次组成，按技术发展路径分为三个方向：网联式智能（connected vehicle, CV），

自主式智能（autonomous vehicle, AV），及智能网联汽车（Intelligent connected vehicles, ICV）。ICV 融合了自主式智能汽车与网联式智能汽车的技术优势，涉及汽车、信息交互与基础支撑三大领域技术，实现这些功能主要依赖于环境感知、导航定位、智能决策、控制执行、信息融合和车联网等关键技术：

（1）环境感知与导航定位技术

该技术主要是对行驶中的智能网联汽车进行实时导航定位。环境感知系统是将先进的通信技术、信息传感技术、计算机控制技术结合起来，利用摄像头、毫米波雷达、激光雷达、超声波等主要车载传感器以及 V2X 通信系统感知周围环境，通过提取路况信息、检测障碍物，为 ICV 提供决策依据；在辅助和无人驾驶系统中，将北斗导航系统与电子地图、无线电通信网络、计算机车辆管理信息系统相结合，基于北斗系统的高精度定位，为自动驾驶车辆提供低成本广覆盖的高精度定位方案，实现车辆跟踪和交通管理等功能。

（2）智能决策技术

ICV 决策控制技术是通过信息的采集、处理等，对驾驶行为进行决策指导控制，其技术系统涉及信息融合技术、路径规划技术和车辆控制技术等关键技术，是整个 ICV 系统的核心部分。

（3）控制执行技术

车辆控制主要通过控制车辆动力、底盘和电子电器等系统的执行动作，实现车辆一体化控制并自动运行。

（4）信息融合技术

大数据是ICV决策的前提，信息融合技术是通过整合不同来源的数据，提高系统的可靠性、安全性以及信息的精度和可信度。

（5）车联网技术（即网联化）

车联网是以车内网、车际网和车载移动互联网为基础，按照约定的通信协议和数据交互标准，在车与人、车、路及云等之间进行无线通讯和信息交换，实现智能化交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制的一体化网络。车联网涉及传感器技术及传感信息整合、开放智能的车载终端系统平台、语音识别技术、服务端计算与服务整合技术、通信及其应用技术和互联网技术等关键技术。

目前，欧美日等国将发展ICV产业提升到国家战略层面高度。美国于2015年发布的《美国智能交通系统战略规划（2015—2019年）》，将实现车联网、推进车辆自动化定为两大战略重点；欧盟于2011年颁布《欧盟一体化交通白皮书》，重点发展车辆智能安全、信息化及交通安全管理，并将信息安全与可靠性和大规模示范应用验证作为重点技术研究，2013年推出的《地平线2020科研计划》，从标准体系、基础设施、网络安全等全方位推进ICV技术的研发；日本于20世纪90年代开始研究ICV和智能交通系统，2013年提出的建立一个最先进的IT国家战略中，包括了一些关于ICV的元素和目标，2020年日本自动驾驶汽车将行驶在高速公路。在ICV技术领域，欧美日已形成三足鼎立的局面。美国重点在网联化，其通过政府强大的研发体系，快速形成了基于V2X的网联化汽车产业化能力；欧洲形成了具有世界领先的汽车电子零部件供应商和整车企业，其在自主式自动驾驶技术相对领先；日本借助良

好的交通基础设施方面建设，积极推进、提高自动驾驶方面技术水平。

相对于欧美日等发达国家，中国的ICV技术研发起步较晚，我国于2015年发布了《中国制造2025》，将ICV与节能汽车、新能源汽车并列作为我国汽车产业发展的重要战略方向，并明确指出：2020年掌握智能辅助驾驶总体技术及各项关键技术，初步建立ICV自主研发体系及生产配套体系；2025年掌握自动驾驶总体技术及各项关键技术，建立较完善的ICV自主研发体系、生产配套体系及产业群，基本完成汽车产业转型升级。

从技术层面看，随着人工智能、信息通信、定位导航、大数据、云计算等技术在汽车领域的广泛应用，汽车由人工机械操作加速向电子信息系统控制转变，这是ICV技术发展的必然趋势。从产业层面看，随着互联网技术的快速推进，通讯、感知等技术的不断发展，传统汽车产业顺应融合大势，加速与信息通信、智能交通等跨界合作全面展开，汽车产业链面临重构，价值链不断延伸拓展，产业发展呈现智能化、平台化、网络化特征。ICV产业将是汽车、电子、信息、交通、定位导航、网络通信、互联网应用等行业领域深度融合的新型产业，是全球创新前沿和未来发展的制高点。

“智能网联汽车技术”工程开发前沿中核心专利产出数量排名前3的国家/地区分别是中国、韩国、日本，其中中国产出的核心专利数量为9篇，处于绝对领跑地位（见表2.2.4）。根据核心专利主要产出机构情况，机构均只产出1篇专利，其中天津安联程通信息技术有限公司（Tianjin Anlian Chengtong Information Technology Co Ltd）、济钢集团（JGJT）、上海哲山电子科技有限公司（Shanghai Zheshan Electronic Technology）篇均被引数均为5，排在前三（见表2.2.5）。根据核心专利主要产出机构的合作网络图（见图2.2.2）可看出，各机构之间的合作较少。

表 2.2.4 “智能网联汽车技术” 工程开发前沿中核心专利的主要产出国家或地区

序号	国家 / 地区	公开量	公开量比例	被引数	被引数比例	平均被引数
1	China	9	69.23%	24	80.00%	2.67
2	South Korea	3	23.08%	4	13.33%	1.33
3	Japan	1	7.69%	2	6.67%	2.00

表 2.2.5 “智能网联汽车技术” 工程开发前沿中核心专利的主要产出机构

序号	机构	国家	公开量	公开量比例	被引数	被引数比例	平均被引数
1	JGJT	中国	1	7.69%	5	16.67%	5
2	Shanghai Zhesan Electronic Technology	中国	1	7.69%	5	16.67%	5
3	Tianjin Anlian Chengtong Information Technology Co Ltd	中国	1	7.69%	5	16.67%	5
4	Hunan Chuanxin Electronic Technology Co Ltd	中国	1	7.69%	3	10.00%	3
5	WSGC	中国	1	7.69%	3	10.00%	3



图 2.2.2 “智能网联汽车技术” 工程开发前沿主要机构间的合作网络

领域课题组人员

课题组组长：何继善 孙永福 丁烈云

课题组成员：

陈晓红 傅志寰 郭重庆 胡文瑞 栾恩杰
刘人怀 凌文 陆佑楣 王安 王基铭
王陇德 王礼恒 吴启迪 王玉普 王众托

向巧 许庆瑞 徐寿波 汪应洛 袁晴棠
殷瑞钰 杨善林 朱高峰 郑静晨 周建平
赵晓哲 毕军 陈劲 蔡莉 丁进良
杜文莉 方东平 方鹏骞 高自友 黄海军
黄季焜 黄伟 胡祥培 华中生 江志斌
吕建中 骆汉宾 李启明 刘晓君 李一军
李永奎 李政 任宏 石勇 盛昭瀚

唐加福 唐立新 吴德胜 王慧敏 王红卫

吴建军 王崑声 王孟钧 王先甲 魏一鸣

王要武 于泽华 叶 强 曾赛星

执笔组成员：

丁烈云 王红卫 骆汉宾 钟波涛 贺 领

杨洪明 江志斌 方鹏骞 周建中 李红波

李玉龙 杨立兴 胡平放 刘振元 郭 健

余宏亮 刘军安 王周康 耿 娜 温 昶

刘文黎 曹 澍 侯佳伟 訾春艳 黑永健

吴海涛 赵 能