

· 科学论坛 ·

交通与运载工程学科践行板块改革侧记

王之中^{1*} 皮大伟² 吴兵³

1. 国家自然科学基金委员会 工程与材料科学部, 北京 100085

2. 南京理工大学 机械工程学院, 南京 210094

3. 武汉理工大学 智能交通系统研究中心, 武汉 430063

[摘要] 2021年,国家自然科学基金委员会进一步推进科学基金资助改革。工程与材料科学部作为技术科学板块有机组成部分,瞄准国家目标、夯实实际需求、聚力学科建设、推动成果落地,十分注重基础研究解决实际需求背后的核心科学问题的能力。通过系统分析2020—2021年基金申报数据,解析本学科基金申请中存在的“虚、软、非共识”等共性问题,提出相关改革举措,深入分析这些问题的成因,并提出相关改革举措,以此引导本学科的基础研究更加面向实际工程需求,深入践行技术科学板块改革精神。

[关键词] 技术科学板块;交通与运载工程;数据分析;板块改革

交通与运载工程学科隶属于国家自然科学基金技术科学板块,于2019年底成立并独立运行。两年来,在科学基金学科构架下,交通与运载工程学科积极投身科学基金改革,落实改革相关举措,“瞰前沿、聚共识、谋布局、求发展”,落实交通强国目标,探索与既有学科交叉融通、和谐发展之路,逐步形成了稳定的申报群体,各交通体系的申报量稳步提升,人才基金及重点项目分布趋向合理。

针对科学基金申报项目出现的立论依据“虚”、研究方案及技术路线“软”、工程目标及成果“非共识”的现象,对学科2020—2021年的基金申报数据进行系统分析,总结“虚、软、非共识”问题的成因,研究对策,从代码体系重构、《科学问题百问》征稿与论证工作、基于RAMS(Reliability, Availability, Maintainability and Safety, RAMS)的工程技术评价体系建设、自动驾驶仿真测试平台及相关技术研发等方面提出具体改革举措,进一步夯实行业需求,推动成果落地,践行技术科学板块改革^[1-3]。

1 问题与分析

针对道路、轨道、水路、航空、航天、管道运输、作



王之中 博士,高级工程师,现任国家自然科学基金委员会工程与材料科学部工程四处交通与运载工程学科项目主任。

业运输等交通运输方式,交通与运载工程学科研究交通参与者、运载工具、交通设施、环境与信息等要素构成的系统及系统与要素之间的相互作用与内在规律。通过研究系统的规划与设计、运行与控制、集成与匹配、运维与管养,实现各种交通方式和综合交通系统的安全、经济、高效、节能、环保^[4]。

交通系统边界开放、随机时变,是一个自适应、自组织的复杂大系统;交通参与者、运载工具、交通设施、环境与信息等诸要素强耦合。交通与运载工程学科涉及工程、社会、管理等多学科交叉,不同学科方向的侧重带来不同的学科视角。系统目标的实现与效能的提升既需要工程科学的技术驱动,又依赖社会科学和管理科学的人因驱动。学科研究与实践的对象,往往涉及政府的多方并管、多头干预。以交通基础设施全周期管理为例,涉及发改委、自然资

源部、住建部、交通运输部、公安部等政府管理机构。九龙治水,权责分配、理念冲突、部门利益等进一步增加了实践的困难,加剧项目的“虚、软、非共识”的倾向。

1.1 研究背景不实,研究目标虚化,研究成果难落地

交通与运载工程各交通运输体系处于不同的发展阶段,总体目标、核心问题等本征差异大。航空、航天等领域工程实践走在基础研究之前,基础研究未能充分发挥其引领作用。航空、航天、轨道交通等体系准入门槛高,存在行业壁垒,体系外的研究人员不容易获知工程中的真实问题和实际需求,基础研究脱离行业需求。

申报中出现两类不良趋向:其一表现为关注学科上层“共性”的“泛化”倾向—脱离应用背景,科学问题出现信息化、管理化、人文化趋势,研究结果对解决实际问题帮助不大,技术路线可能与行业规章冲突,研究成果无法落地。另一表现为来自“非真实需求”下的“弱牵引”——往往通过对未来场景的想象(如:未来A技术的实现可能会对B要素的影响)构造课题,缺乏现实、真实的工程需求牵引。

研究背景的不实,导致研究目标虚化,相当占比的申请没有验收指标。申请人习惯于“四唯”评价,研究成果难以落地实施。

1.2 研究目标设置存在争议,研究成果考评非共识

交通与运载系统本身是一个复杂大系统,涉及的要素众多,且彼此间呈强耦合,部分研究目标的设置及研究成果的考评在学术共同体内难形成共识。在申请中的具体表现如下:

一是在多目标冲突中,片面强调某一目标的作用。例如新出现的车辆动力电池储能V2G(Vehicle to Grid)技术,对系统经济性问题考量不足,技术路线必然难以推广。

二是在多数面向未来场景的申请中,研究往往建立在想象与多种假设基础之上,一旦某一假设与未来实际发生冲突,研究工作的立论基础可能将被彻底推翻。涉及多学科融合的申请中,由于科研人员本身知识架构的木桶效应,以及对未来技术认知的匮乏,更容易做出错误的研判。这要求申请人布局超前研究前,尤其需要广泛征集学界看法,加强相关技术与理论可行性方面的论证和调研。

譬如:曾被广泛关注的设想运行速度高达1000 km/h的“真空管道磁悬浮”技术,由于对磁悬

浮技术本身的认知不足,成套技术论证不够,可行性也越来越不被看好。

三是研究成果能否真正用于工程实际存在非共识。行业标准及测试评价手段的缺失,导致单项技术的评价指标无法与行业应用关联,缺乏行之有效的测评方法对单项技术本身及其工程可用性进行评价。以2020—2021年E1202(交通规划与设计)、E1203(交通信息与控制)的申报情况为例:174项E1202的申报中,约62%未提及成果验证,其中约33%拟采用仿真验证,实证验证仅占5%;200项E1203的申报中,约49%未提及成果验证,其中约45%拟采用仿真验证,实证验证仅占6%。仿真手段及测试标准的匮乏,外加人因要素的影响,无法说服交通管理部门落地试点研究成果,更加剧了研究内容的“虚”化感。

1.3 边界约束条件不清,技术路线软化,研究成果难应用

行业壁垒的客观存在,及时掌握行业的实际需求难,准确把握行业特有的约束条件及边界条件更难。申请人为了降低申报难度,简化处理研究目标,通过边界与约束条件的设定,规避技术路线中的核心难点,造成研究与实际脱节。

信息技术快速发展,管理新理念层出不穷,申请人盲目追求研究热点,忽视学科基础根基,简单照搬、借用跨学科新理论、新方法,实践于交通体系及运载工具,对于学科核心矛盾的解决没有帮助。

另外,由于缺乏系统层面的单项技术测评标准与测试手段,单项技术的贡献与系统总体功能的研究难以开展,行业标准亦没有构建完成。

以自动驾驶技术为例,研究机构/行业认知不统一,用户需求不一致,行业自身尚未建成标准体系,分解到感知、决策与控制单项技术指标的工作尚未开展。单项技术的性能评价不能放到整个系统中进行验证,缺乏统一的仿真环境和高效的测评手段。特别是单项技术相关指标与测评能力的匮乏,使得不同学科间的研究成果表征存在较大差异无法互认,研究普遍具有盲目性及片面性。

2 思考与举措

交通与运载工程学科是基础研究中最接近于应用的学科,各交通体系的研究目标存在巨大差异,不同交通体系自身特性带来的约束条件也千差万别,

研究面临的多目标冲突与约束条件的矛盾是各交通体系产生“卡脖子”问题的根本原因。因此,学科从各交通体系的差异性出发,以学科树为工具,重新梳理构建学科体系,鼓励交叉融通,关注新增长点,把握交通系统与运载工具变革及多学科融合发展的机遇。通过学科体系重构工作引领学科改革,针对申请中出现的“虚、软、非共识”现象,从《科学问题百问》征集与论证、公共仿真测试平台建设、基于RAMS的工程技术评价体系构建三方面提出具体措施:

2.1 《科学问题百问》征集与论证

针对研究背景虚的问题,以《科学问题百问》的编撰工作为抓手,在学部大力支持下,依托科学基金专项项目,通过系列学术活动,摸清家底,凝聚人气,汇聚行业共识,夯实真实需求。完整覆盖学科的七大交通体系,并特别关注了各体系的均衡及和谐发展。

在《科学问题百问》一书的征稿及专题论证工作中,充分发挥学术共同体的积极性,依靠双跨院士、双聘专家、行业学会与协会的纽带和桥梁作用,破除航空、航天、轨道体系的行业壁垒,架构工程界与学术界的联系桥梁。

通过将立项研究背景评审工作前置,促进工程技术与基础研究共同发展,凝练跨行业、跨学科的重点、重大类项目,彻底夯实需求牵引的项目资助导向。

第一阶段“自下而上”广泛征集,超140个依托单位的4200余名专家学者积极参与编撰工作,汇聚了约600余项问题建议;第二阶段“自上而下”,由领军学者掌舵把关,优秀学者亲力亲为,按各交通体系进行顶层设计,综合考虑覆盖度、关联度、发展历程等因素,设计《科学问题百问》总体架构,对第一阶段征集的科学问题进行归并凝练,尤其关注军民融合及发展科学问题中面向未来技术,运用RAMS评价、民生影响等多方面的综合判据,多次迭代、螺旋提升科学问题的质量;针对科学问题归并凝练后出现的体系“缺块”现象,通过定向约稿进行补充;邀请各交通体系的领军学者为各领域的科学问题撰写综述,“学史明理、展望未来”,梳理相关领域科学问题的前世今生,总结研究热点,预判未来发展趋势及新兴学科生长点。

2.2 公共仿真测试平台建设——以自动驾驶为例

自动驾驶相关基金项目申报量在车辆工程中占

比达到30%,是学科申报量最大的独立方向。以自动驾驶技术研究方向作为切入点,建设公共仿真测试平台,开展结题项目仿真测试比赛,以“赛”代“评”。通过结题项目的客观评价,改变基金项目“严进宽出”的现状。践行科研范式改革,改革科学基金评价体系,推进“破四唯”相关工作。

自动驾驶仿真技术的研究是汽车领域、交通工程领域的研究热点。它以数学建模的方式将自动驾驶的应用场景进行数字化还原,建立尽可能接近真实世界的系统模型,通过仿真测试进行分析和研究达到对自动驾驶系统和算法进行测试验证的目的。

自动驾驶功能验证的“多支柱法”规定了仿真测试、场地测试与真实道路测试共同支撑自动驾驶功能的评价。对比场地测试与真实道路测试,仿真测试无须使用真实车辆,使用/维护成本低,场景覆盖面宽,算法众多,可实现低成本的加速测评。

美国著名智库兰德公司估计,一辆L5级别的自动驾驶车辆正式上路,需要经过110亿英里的测试。若使用100辆测试车,以25英里每小时的平均速度24小时不间断测试,需要花费500年的时间。且由于事故偶发性和时空多变性,场景难以穷举、难以复现;交通事故、韧性交通研究中的极限工况无法通过道路测试进行覆盖^[5-7]。

目前,自动驾驶仿真技术研究在我国刚刚起步。符合中国国情的行业标准尚未建成,自动驾驶单项技术与综合性能的关系的认知亟待提升。通过与中国汽车工程学会开展的深度合作,确保系统内自动驾驶单项技术标准、综合性能的相关测评技术及流程,符合行业标准。

自动驾驶测试场景库正处于多部门重复投资、多头建设的误区中。通过国家智能网联汽车创新中心等“国家队”合作,确保测评使用的场景库的权威性。创新测试平台的可持续发展机制,积极探讨、推进用户、平台多赢的平台运行模式,通过互换、购买等形式,丰富场景库的内容,加速场景库成熟,保障场景库的更新、换代及长期稳定发展,同时避免多头盲目重复建设。

测试平台课题的设立,将进一步推进对行业标准的讨论,加速行业标准出台及自动驾驶单项技术测评体系的完善。仿真测试平台的建成,将对自动驾驶技术领域的基础研究带来深远的影响;研究人员借助平台工具,可随时测试并获取客观、统一的

评测结果,通过对比测评结果探明其研究对自动驾驶单项指标与综合性能的影响;随时对标国内外最新研究进展与行业标准变化,有利于课题组及时调整研究目标,矫正研究方案,真正实现研究的“需求牵引、问题导向”,颠覆传统的自动驾驶研究范式。

另外,测评系统的构建与运行,将有利于打破科研机构与产业部门的壁垒,实现彼此的双向可视。平台融入了行业对单项技术与综合性能的指标要求,测评结果非常具象化的向基础研究人员展示了其研究水准的排位及与行业标准的差距。而系统运行累积的历史测评数据,非常直观地展示了实战结果最优异的科研队伍,有利于产业部门了解基础研究的最新成果,实现产—研精准、快速对接。另外,平台算法测试结果和国家智能网联汽车创新中心的算法库互通,使得测评平台成为理论算法应用转化的“加速器”,推动理论成果上“货架”,提升我国自动驾驶技术科研核心竞争力。

同时,系统可以自然向交通工程领域辐射,为韧性交通、交通安全等研究目标提供技术支撑。

2021年已通过三项面上项目的支持,快速启动仿真测试技术相关基础研究工作;2022年拟通过两个及以上的重点项目支持,推进仿真平台的搭建;2023年拟立项在环检测重点支持领域。计划通过三年的持续资助,完成自动驾驶学科测评体系构建。

2.3 基于RAMS的工程技术评价体系构建

针对项目技术路线软的问题,强化基于RAMS的工程技术评价。交通运载学科处于基础研究体系的末端,交通与运载系统本身是一个复杂大系统,举国体制的特性决定了项目投入大、且涉及民生利益,面向未来技术的不确定性等因素,使得项目资助一定要考虑总体和分项技术的成熟度进行适时推进,避免为重大错误决策背书。

(1)学科在未来的项目评审、业绩考评、项目结题等全过程中推动基于RAMS理论的评价体系建设,从可靠性、可用性、可维护性和安全性等4个维度评价拟实施技术路线的可行性及未来单项技术突破的影响^[8]。

(2)发挥科学基金的正确导向作用,把握重点资助方向,服务国家工程;服务技术科学板块的改革,在重大、重点、人才类项目的遴选中推广RAMS评价体系,将高层次竞争类项目切实与“卡脖子”关键技术的攻关挂钩,提高关键技术的攻关能力;从指南→立项→评审→结题全过程进行推广应用,强化申请人从四性角度对基金申请项目的自我评价,进一步强调基金申请与实施过程对解决实际工程问题的贡献,尤其注重面向未来的目标及技术的可用性,鼓励申请人做“有用”的研究。

3 结束语

交通与运载工程学科作为一个技术科学板块的新成员,将准确把握学科定位,通过与行业、学会的深度合作,夯实“需求牵引,问题导向”;充分发挥学术共同体的积极性,进一步开展战略调研,开展本领域重大、重点类项目的凝练;开展学科体系重构,构建基于RAMS的工程技术评价体系,深化学科改革,彻底解决科学基金申请中出现的“虚、软、非共识”现象。

参 考 文 献

- [1] 国家自然科学基金委员会. 2021年度国家自然科学基金项目指南. 北京:科学出版社, 2021:1—2.
- [2] 王之中,张鹏. 2020年度交通与运载工程学科国家自然科学基金管理工作综述. 交通运输工程学报, 2021, 21(2): 1—6.
- [3] 李静海. 深化科学基金改革推动基础研究高质量发展. 中国科学基金, 2020, 34(5): 529—532.
- [4] 王之中,皮大伟,吴兵. 国家自然科学基金委员会交通与运载工程学科2021年度管理工作综述与未来工作展望. 交通运输工程学报, 2021, 21(6): 48—54.
- [5] 涂辉招,刘芳丽,崔航,等. 实测数据驱动的自动驾驶道路测试驾驶模式辨别方法. 中国公路学报, 2021, 34(4): 231—239.
- [6] 王润民,朱宇,赵祥模,等. 自动驾驶测试场景研究进展. 交通运输工程学报, 2021, 21(2): 21—37.
- [7] 徐向阳,胡文浩,董红磊,等. 自动驾驶汽车测试场景构建关键技术综述. 汽车工程, 2021, 43(4): 610—619.
- [8] 王之中,皮大伟,吴兵. 从工程科学走向工程技术—新时期交通与运载工程学科发展与展望. 交通运输工程学报, 2021, 21(5): 45—49.

Sidelights on the Reform of Transportation and Vehicle Engineering Discipline

Zhizhong Wang^{1*} Dawei Pi² Bing Wu³

1. *Department of Engineering and Material Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085*

2. *School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210096*

3. *Intelligent Transportation System Research Center, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063*

Abstract The National Natural Science Foundation of China further Promotes the reform of science funding in 2021. As an integral part of the Technological science section, the Department of Engineering and Material Sciences aims at national goals, consolidates actual needs, coheres discipline construction, and promotes the implementation of achievements, focusmg on the ability of fundamental research to solve the core scientific problems behind practical needs. The discipline of Transportation and Vehicle Engineering systematically analyzes the data of 2020—2021 funding application, analyzes the causes of common problems of “virtual, soft and non-consensus” in funding application, put forwards relevant reform measures, guides fundamental research to meet practical engineering needs, and implements the reform of Technological Science Section.

Keywords technological science section; transportation and vehicle engineering; data analysis; reform of section

(责任编辑 刘敏 张强)

* Corresponding Author, Email: wangzz@nsfc.gov.cn