

· 联合资助方经验交流 ·

## 高速铁路基础研究联合基金回顾与展望

周黎<sup>1,3\*</sup> 王岐东<sup>2,3</sup> 郭树东<sup>1,3</sup> 曲云腾<sup>1,3</sup>  
赖一楠<sup>2,3</sup> 王之中<sup>2,3</sup> 安源<sup>4</sup> 高钰涵<sup>4</sup>

1. 中国国家铁路集团有限公司 科技和信息化部, 北京 100844
2. 国家自然科学基金委员会 工程与材料科学部, 北京 100085
3. 高速铁路基础研究联合基金管理办公室, 北京 100085
4. 中国国家铁路集团有限公司 科技成果知识产权管理办公室, 北京 100081

**[摘要]** 在高速铁路基础研究联合基金(以下简称“高铁联合基金”)设立十周年之际, 本文对高铁联合基金进行全面回顾, 系统回顾了高铁联合基金实施总体情况, 介绍了管理举措与实施经验, 梳理总结了项目实施成效, 并对下阶段高速铁路基础研究进行了展望。

**[关键词]** 高铁联合基金; 基础研究; 实施成效

2004年, 国家发布《中长期铁路网规划》, 我国铁路特别是高速铁路进入快速发展期。党的十八大以来, 我国高铁持续快速发展, 在服务群众出行、推动产业转型升级、服务经济社会发展和国家重大战略中发挥了突出作用。截至2020年底, 我国铁路营业里程14.6万公里, 其中高速铁路营业里程达3.8万公里, 居世界第一。我国已成为高铁运营里程最长、在建规模最大、商业运营速度最高、技术体系最全面、运营场景和管理经验最丰富的国家。我国高铁技术发展坚持开放合作, 从引进、消化、吸收再创新到自主创新, 充分发挥新型举国体制优势和铁路巨大市场优势, 形成了系列化复兴号动车组等一大批重大科技创新成果, 推动了高铁关键装备、工程建设、运营管理成套技术达到世界领先水平, 成为我国自主创新的一个成功范例。

高铁技术领跑世界, 基础研究发挥了重要作用。2011年4月, 国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)和原铁道部设立了高铁联合基金, 旨在发挥国家自然科学基金的导向和协调作用, 调动社会优势力量开展高铁基础研究<sup>[1]</sup>, 着力解决高铁发展中面临的重大科学问题和关键共性技术难题, 取得了一系列原创、突破性成果, 有力支撑了我国高铁技术持续发展。



**周黎** 中国国家铁路集团有限公司科技和信息化部主任, 正高级工程师, 博士生导师, 国铁集团专业领军人物。主要从事交通运输规划与管理、铁路科技发展战略与政策、高速动车组等领域研究和管理工  
作, 先后主持多个铁路重大科技攻关项目和重大试验的实施。担任中国铁道学会副理事长、铁路BIM联盟理事长、国际铁路联盟研究委员会(IRRB)副主席, 曾获全国创新争先奖、中国铁道学会特等奖等奖励。

### 1 实施总体情况

2011年4月, 自然科学基金委和原铁道部签署高铁联合基金一期协议。2013年, 铁路管理体制改革后, 由中国国家铁路集团有限公司(原中国铁路总公司, 简称国铁集团)和自然科学基金委继续共同组织推进高铁联合基金的实施。2016年9月, 双方续签高铁联合基金二期协议。

高铁联合基金设立十年以来, 共投入经费3亿元, 年均资助经费3000万元。高铁联合基金两期共资助项目117个, 其中: 重点支持项目107项, 平均资助强度230万元/项; 培育项目10项, 平均资助强度60万元/项。

#### 1.1 资助领域分布

高铁联合基金聚焦高速动车组、工务工程、通信

信号、牵引供电、运输安全等重点领域相关研究(见图1),各领域资助项目数分别为22、44、15、18和18,占比分别为18.8%、37.6%、12.8%、15.4%和15.4%。

我国地域辽阔、气候及地质条件复杂,高铁工程建设方面难题较多,工务工程领域立项数最多。高铁联合基金设立之初,正值我国高速动车组引进消化吸收阶段,高速动车组领域立项数较多。

### 1.2 受资助单位分布

高铁联合基金设立十年来,获批项目共涉及75个法人单位,形成了基础研究强大合力。

高铁联合基金共资助22个依托单位,其中高校19个,科研院所3个(如图2所示)。铁路特色院校/研究院优势明显,西南交通大学、北京交通大学、中南大学、中国铁道科学研究院发挥了主力军作用,其中,西南交通大学牵头39项(占比33.3%)、北京

交通大学26项(占比22.2%)、中南大学17项(占比14.5%)、中国铁道科学研究院7项(占比6.0%),同时清华大学、中国科学院相关专业研究所、浙江大学、东南大学、同济大学等国内高水平科研单位也充分发挥各自专业领域优势,积极投入高铁基础研究。

高铁联合基金鼓励依托单位开展产学研合作,通过加强与相关科研机构、工程建设、装备制造、运输企业合作,加快基础研究成果落地应用。中国中车、通号集团等装备制造企业;铁路勘察设计院等设计单位;铁路局集团公司等运用单位也广泛参与联合基金研究。重点项目的合作比率(两家及以上单位合作研究的占比)呈现逐年上升趋势,从2011年77.8%,上升到2021年90.9%,其中2017年和2018年达到100%,平均合作比率88.8%。图3为高铁联合基金项目机构合作图谱。

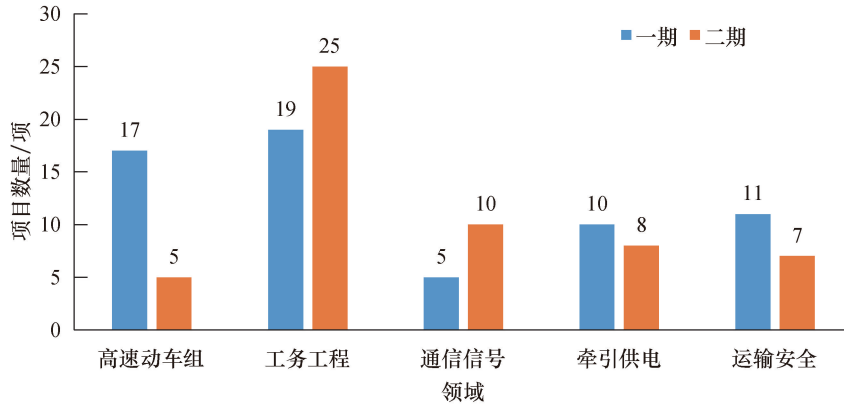


图1 高铁联合基金资助项目领域分布

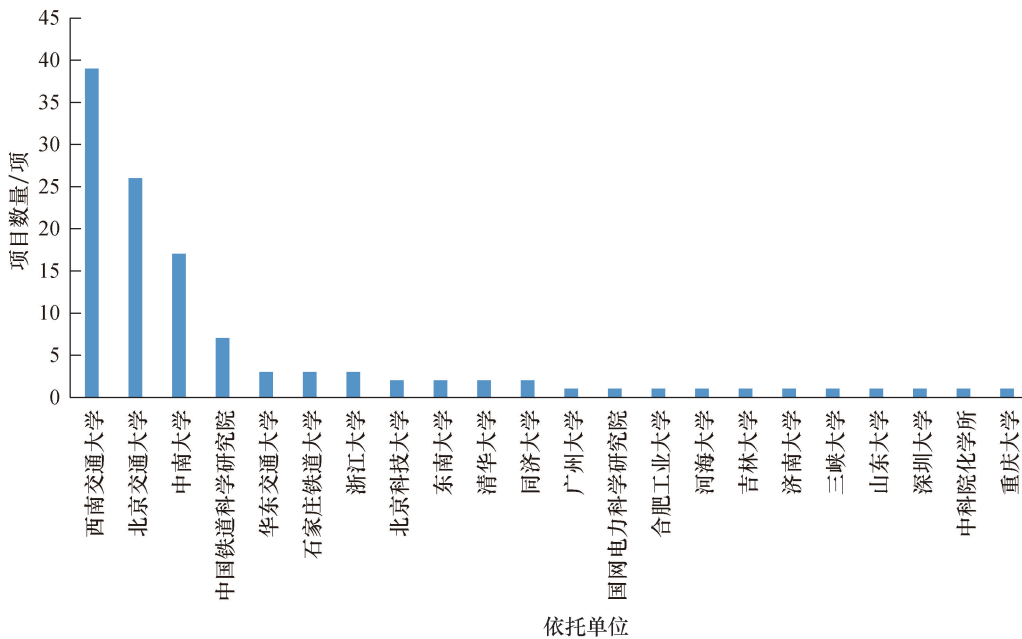


图2 高铁联合基金项目依托单位分布

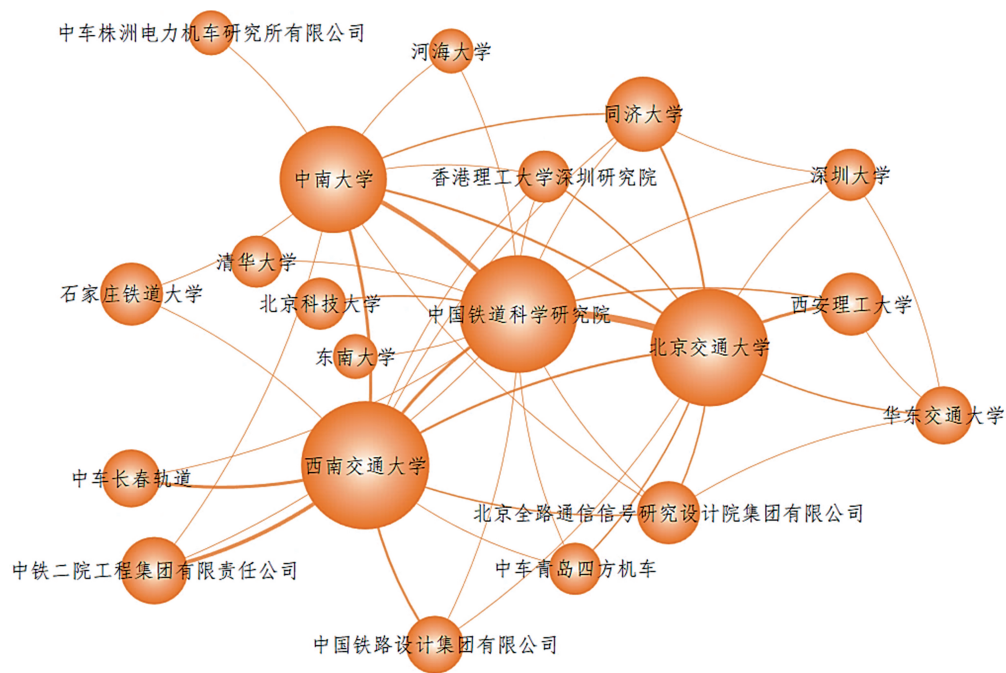


图3 高铁联合基金项目机构合作图谱

在合作单位及参与合作次数方面,中国铁道科学研究院除牵头承担7个项目外,作为合作单位参与了26个项目,参与合作次数最多。表1为主要合作单位及参与合作次数统计结果。

## 2 组织管理与实施

高铁联合基金作为国家自然科学基金的组成部分,其申请、评审、结题等工作流程按照《国家自然科

学基金联合基金项目管理办》执行。自然科学基金委和国铁集团共同设立高铁联合基金管理委员会(以下简称“管理委员会”),负责审批联合基金项目指南、确定资助计划、批准资助项目和经费以及决策联合基金项目运行中的重大事项。管理委员会下设联合基金管理办公室,负责组织与协调项目指南的论证、项目实施、监督检查和结题验收等相关管理工作<sup>[1]</sup>。

高铁联合基金资助项目管理流程分为指南编制、项目评审、过程管理以及结题验收几部分,其中指南编制、指南发布、项目征集、项目评审及评审立项为年度工作流程。指南编制由国铁集团每年根据我国铁路行业发展趋势、国家科技政策和国铁集团需求,提出年度项目指南建议,经联合基金管理办公室组织专家论证、会商后予以发布。项目评审、项目实施、监督检查及结题验收等过程管理工作纳入国家自然科学基金日常管理。为作好高铁联合基金的组织实施工作,双方积极探索高铁联合基金项目管理的有效举措,提升管理规范化水平。

### 2.1 坚持用户需求牵引

高铁联合基金聚焦高铁建设、运行面临的实际问题,凝练科学问题,强化需求导向、问题导向和目标牵引,形成年度项目指南,积极促进工程需求与基

表1 主要合作单位及参与合作次数

合作单位	合作次数
中国铁道科学研究院	26
中车长春轨道客车股份有限公司	8
同济大学	7
中铁二院工程集团有限责任公司	7
北京交通大学	6
西安理工大学	6
中车青岛四方机车车辆股份有限公司	6
中南大学	6
北京全路通信信号研究设计院集团有限公司	5
香港理工大学深圳研究院	4
中车株洲电力机车研究所	4
中国铁路设计集团有限公司	4

基础研究的有机结合。高铁联合基金一期重点聚焦高铁建设运营初期的动车组安全服役、固定设施服役性能、防灾减灾和运输安全等领域提出立项需求。二期重点聚焦智能高铁、信息新技术应用、复杂条件下工程建设等方向提出立项需求。例如 2019 年高铁联合基金项目指南在“智能装备”和“智能建造”两个领域设立自主选题,开展自由申报。

## 2.2 强化顶层规划,积极开展绩效评估

注重加强高铁联合基金绩效评估,高铁联合基金一期实施期满后,管理办公室组织开展了绩效评估工作,评估组从战略定位、实施绩效和组织管理等方面对高铁联合基金一期实施五年的总体情况进行评估分析,并对高铁联合基金二期组织实施提出意见建议<sup>[2]</sup>。

强化高铁联合基金资助方向顶层规划设计,2017 年管理办公室针对工务工程、装备技术、通信信号、供电技术、运营管理等领域,分别设立了 5 个战略咨询课题,组织来自有关高校、科研机构、工程建设、装备制造、铁路运输等单位的专家,系统梳理分析高铁技术发展现状、尚待解决的问题以及前瞻性研究方向,提出下一阶段高铁联合基金资助方向建议。

## 2.3 注重成果共享和转化应用

加强研究成果共享,定期、分领域召开项目研讨会,促进交流合作、信息资源共享。管理办公室及时总结梳理阶段性最新研究成果,一期资助项目按期完成研究任务后,组织编著出版了《高速铁路基础研究新进展(2015—2019)》,系统总结了资助项目在基础理论方面的突破及指导实际应用的情况。同时,积极推动成果落地和转化应用,强化用户单位与项目研究全过程跟踪、对接,并积极提供成果应用条件,有效缩短基础研究到生产应用的距离<sup>[3]</sup>。

# 3 实施成效

高铁联合基金实施十年来,充分发挥了国家自然科学基金的导向和协调作用,广泛吸引了全社会优势资源开展高铁基础理论和前瞻技术研究,促进了铁路行业协同、开放创新,形成了一系列重要研究成果,为推动我国高速铁路理论和技术发展发挥了重要积极作用,达到了设立的预期目标。

## 3.1 高速动车组领域

在高速动车组领域,系统开展了动车组转向架

载荷谱、关键部件可靠性、空气动力学、车轮多边形磨耗、轴承服役性能演化、振动与舒适性等方面的研究,为优化改进动车组设计,保障高速列车服役安全性提供了技术支撑。例如,在动车组转向架载荷谱方面,开展高速列车转向架结构损伤一致载荷谱建立方法与试验验证研究,研究揭示了结构震动对关键零部件疲劳寿命和可靠性影响特性,提出了载荷谱试验验证方法,获得了准确评估转向架关键零部件疲劳寿命的试验载荷,研究结果已经应用于复兴号高速动车组转向架构架载荷测试和载荷谱建立上,提升了转向架的结构可靠性与服役安全性。在空气动力学方面,开展了高速列车空气动力学行为与外形、结构协同设计基础理论研究,揭示了高速列车/隧道耦合空气动力学行为规律,得到隧道内气动载荷谱、高速列车气动噪声产生机理及衰减规律,研究成果完善了高速列车空气动力学基础理论和研究体系,为我国高速列车研制和高速铁路隧道设计提供了理论基础。

## 3.2 工务工程领域

在工务工程领域,组织开展了无砟轨道服役性能、桥梁全寿命周期性能设计和智能运维、隧道安全风险控制、路基沉降变形控制等方面研究,为提升高铁建造技术和工务养护维修水平提供了理论支持。例如,在无砟轨道服役性能方面,开展高速铁路无砟轨道路基长期动力稳定性及基于极限状态法的设计方法研究,建立了路基长期刚度衰减规律以及累积沉降的分析方法,基于可靠度理论,得到路基结构各极限状态全生命周期内的可靠度指标和分项系数,为我国高速铁路路基设计、建设以及后期路基状态的评估和维护提供科学依据和指导。在道床劣化机理方面,开展高速铁路散体道床劣化机理研究,揭示了高速铁路散体道床劣化演变机理,形成了一整套具有我国自主知识产权的集研究、分析、应用为一体的高速铁路散体道床多维理论体系,为我国高速铁路有砟轨道结构的设计、施工、运营安全与养护维修提供理论基础。在轨道结构故障诊断方面,开展高速铁路轨道结构检测关键理论与方法研究,建立了基于双向应变法、无线自组网技术的无缝线路状态检测理论,提出高敏感区段多参数、多源评判的综合评估理论,建立基于人工激励、模态参数识别轨道刚度检测理论,对确保高速列车的安全运行、实现轨道结构科学养护维修具有十分重要的意义。

### 3.3 通信信号领域

在通信信号领域,开展了宽带移动通信网络、列车运行安全控制、自主协同运行控制、高铁运营环境监测、自动驾驶理论、新一代移动通信等方面研究。例如,在列车运行安全控制方面,开展基于自主感知的列车运行安全控制和保障理论与方法研究,分析了列车运行状态安全感知机理,构建了面向铁路列车控制与保障安全应用的感知安全性能评价体系,形成了基于自主感知的列车运行安全控制和保障理论与方法,研究成果对我国下一代高速铁路列控系统 and 面向低密度线路的新型列控系统方案设计、系统优化、功能验证和测试评估等提供全方面的理论基础和技术支持。

### 3.4 牵引供电领域

在牵引供电领域,开展了电力牵引系统安全性预测、接触网关键零部件失效机理、传动系统振动机理、牵引变压器轻量化、非接触供电系统机理等方面研究。例如,在电力牵引系统安全性预测方面,开展高速铁路牵引供电关键设备服役性态演变机理及系统健康诊断研究,揭示了高速铁路牵引变压器、接触网、综合接地系统三大关键设备的服役性态演变规律,实现早期故障预警、状态检修和故障快速识别,对保障我国高速铁路牵引供电设备安全可靠服役具有重要意义。在接触网关键零部件失效机理方面,开展高速铁路受电弓/接触网机械电气相互作用损伤机理研究,掌握了机械冲击、载流摩擦、电弧烧蚀等共同作用对弓网系统的损伤机理,建立了弓网系统的机械电气损伤理论,提出了弓网服役性能提升的关键技术,有效提升了高速列车弓网系统服役可靠性,保障了高速列车的安全稳定运行。

### 3.5 运输安全领域

在运输安全领域,开展了成网条件下列车开行方案优化、大风等特殊条件下安全行车组织、高铁地震预警技术、周期化列车运行图编制、多专业协同安全控制等方面的研究,有力保障了高铁运行安全、提升了高铁运行效率。例如,在大风等特殊条件下安全行车组织方面,开展铁路沿线风切变致高速列车运行安全性与乘坐舒适性劣化机理及控制方法研究,揭示了高速铁路突变边界风场演化机理,提出了适用于切变风环境新的列车运行性能评价指标,建立了防风设施过渡段通用设计方法、列车抗切变风气动外形设

计方法、列车强瞬态动力响应抑制方法,显著提升了大风环境下列车运行安全性与乘坐舒适性。

## 4 展望

把握国际铁路竞争主动权,巩固扩大我国铁路技术在世界铁路的领跑优势,需要进一步加大铁路基础理论研究和前瞻技术攻关,力争取得更多原创性、引领性突破<sup>[4]</sup>。

一是服务国家重大战略,聚焦川藏铁路工程建设、时速400公里高速铁路、智能铁路等重点领域,组织实施技术创新攻坚,更大力度吸引和调动各方科技资源,系统开展重大科学问题和关键技术难题研究,为工程实施提供有力理论支撑。

二是充分发挥我国铁路建设运营场景丰富、实践积累数据海量的独特优势,持续深化铁路轮轨关系、空气动力学、弓网关系、电磁兼容等基础理论研究,突破长期徘徊的技术瓶颈。瞄准世界铁路技术前沿,持续加大新技术、新材料、新能源等前瞻技术在铁路领域的应用研究。

三是进一步总结高铁联合基金实施成效,加强绩效评估,推进已资助项目的组织实施,加强研究成果共享,进一步打通成果应用贯通机制,推动成果转化应用<sup>[5]</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] 国家自然科学基金委员会,中国铁路总公司. 高速铁路基础研究联合基金协议书(第二期). (2016-09-14)/[2021-07-29]. <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab445/info55602.htm>.
- [2] 王之中,谭立刚,高钰涵,等. 服务“一带一路”引领高铁科技未来——高速铁路基础研究联合基金实施5周年回顾与展望. 中国科学基金, 2017, 31(3): 239—243.
- [3] 中国国家铁路集团有限公司科技和信息化部,国家自然科学基金委员会工程材料科学部. 高速铁路基础研究新进展(2015—2019). 北京:中国铁道出版社, 2020.
- [4] 中国国家铁路集团有限公司. 新时代交通强国铁路先行规划纲要. (2020-08-13)/[2021-07-29]. <https://www.sxiejfyxgs.com/36/22143.html>.
- [5] 陈登,张蕾,谢焕瑛,等. 国家自然科学基金成果应用贯通机制的探索与思考. 中国科学基金, 2021, 35(2): 271—275.

## Review and Prospects of HSR Fundamental Research Joint Fund

Zhou Li<sup>1,3\*</sup>      Wang Qidong<sup>2,3</sup>      Guo Shudong<sup>1,3</sup>      Qu Yunteng<sup>1,3</sup>  
Lai Yinan<sup>2,3</sup>      Wang Zhizhong<sup>2,3</sup>      An Yuan<sup>4</sup>      Gao Yuhan<sup>4</sup>

1. *Department of Science Technology and Information Technology, CHINA RAILWAY, Beijing 100844*

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

3. *Management Office of HSR Fundamental Research Joint Fund, Beijing 100085*

4. *Management Office of S&T Achievements and Intellectual Property, CHINA RAILWAY, Beijing 100081*

**Abstract** On the 10th anniversary of the establishment of the High Speed Railway (HSR) Fundamental Research Joint Fund (referred to as HSR Joint Fund), this paper conducts a comprehensive review of the HSR Joint Fund, and analyzes the implementation of the HSR Joint Fund in a systematic manner. It summarizes the management measures as well as the implementation experience and results, and discusses the prospects of advancing HSR fundamental research in the next phases.

**Keywords** HSR Joint Fund; fundamental research; implementation results

(责任编辑 姜钧译)

---

\* Corresponding Author, Email:zhouli@rails.cn