

# 激励引领创新 共建全国科技创新中心

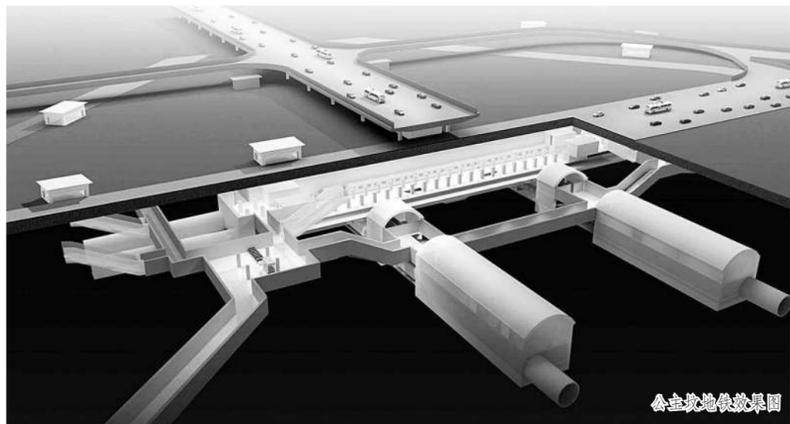
## ——“北京市科学技术奖”获奖项目巡礼(五)

**编者按** 从方便快捷的地铁到货运车辆智能监控,从高速公路不停车收费到动态停车诱导系统……近年来,北京市交通事业快速发展,其中,科技进步发挥了重要作用。如今,北京市的交通科技产业创新水平明显提

高,科技创新能力不断增强,市民日益感受到科技为交通带来的便利。需要指出的是,在北京市科委系列政策激励下,公共交通、道路安全等领域涌现出一批科技成果,服务于和谐社会的发展,加强了和创新了公共应急管理,提高了突发公共事件信息预警和应对能力。在2014年度北京科学技术奖获奖项目中,就有一批这样的优秀成果,为解决北京“城市病”,提供了有力的科技支撑。本期我们将为您推荐其中的两个获奖项目。

高,科技创新能力不断增强,市民日益感受到科技为交通带来的便利。需要指出的是,在北京市科委系列政策激励下,公共交通、道路安全等领域涌现出一批科技成果,服务于和谐社会的发展,加强了和创新了公共应急管理,提高了突发公共事件信息预警和应对能力。在2014年度北京科学技术奖获奖项目中,就有一批这样的优秀成果,为解决北京“城市病”,提供了有力的科技支撑。本期我们将为您推荐其中的两个获奖项目。

# 他们用科技创造地铁施工的穿越奇迹



公主坟地铁效果图

今天,城市居民的生活、出行方式正因为不断开掘的地铁而改变。

每天早上8点半,家住大红门的张欣都会准时乘坐10号线前往位于车道沟的单位。“以前上班要一个半小时,自从10号线通车后,一小时就到了。”张欣对每天路上能节约一个小时,感到很开心。

张欣并不知道,他每天上下班乘坐的10号线,开创了国内地铁施工的多项第一:它是北京地铁线路最长、换乘节点最多、工程环境最复杂、特一级风险工程总数最多的一条线路。全长57公里的10号线,建设难度极大,全线穿越风险工程1200多处,特级、一级风险工程198处;8次穿越既有地铁线路,零距离紧贴下穿地铁1号线公主坟站,变形控制3毫米内;12次下穿铁路;6次下穿昆玉河;多次长距离下穿平房群,穿越房屋17.5万m<sup>2</sup>;25次穿越重要桥梁,部分桥梁沉降控制3毫米内;地层复杂多变,国内外罕见。

面对建设难度如此之高的线路,北京市轨道交通建设管理有限公司迎难而上,组成产、学、研、用相结合的研究团队,历经10年,创新研发了穿越工程微变形控制成套技术,确保穿越安全,意义重大,在复杂地层中成功穿越了既有地铁车站、大型桥梁、高铁、铁路站场、楼房、河湖等重大风险工程,为今后大量的类似工程提供了可靠的技术。10号线二期工程自2013年通车后,客运量居路网各条线路之首,大大缓解了北京市区的

地面交通压力,社会效益显著。该项目荣获2014年北京市科学技术奖一等奖。

### 最苛刻的3毫米

在10号线二期工程建设难度“排行榜”中,公主坟站的施工难度无疑名列前茅。下穿既有1号线公主坟站建设新线车站是当时北京最大规模的穿越工程。它与1号线公主坟站的“零接触”,还要避开几百株古树、新兴桥桥柱和长安街西延主干道,都为这座车站的建设带来种种考验。

“在10号线公主坟站施工过程中,为了保持1号线的不停运、无限速,工程施工产生的既有站绝对沉降值必须小于3毫米。”北京市轨道交通建设管理有限公司副总经理苏斌告诉记者,如果超过3毫米就会造成上方的1号线运行速度减慢,影响运营。

为此,苏斌带领自己的团队积极组织技术攻关,大胆创新。施工过程中,如何控制既有站沉降是技术攻关焦点,项目部创造性地把千斤顶引入地铁施工领域,采用“CRD+千斤顶”工艺,通过控制千斤顶顶力来实现控制沉降,辅以检测埋入轨道下方,24小时自动检测,自动记录,自动传输,时时监控,并根据检测数据随时调整压力,最终变成被动控制为主动控制,实现安全顺利下穿,沉降控制在2.98毫米。创造了北京市轨道交通下穿工程的“规模最大、沉降最

小、造价最低”、首次实现新旧车站“零距离”接触、地铁大跨平顶直墙矩形断面下穿既有车站等一系列新纪录。

而为了避开古树、桥柱和干道,公主坟站建成后设了两个联络通道,4处直梯、26处扶梯,“上上下下、左躲右闪”地实现了与1号线的换乘与车站自身各自独立空间的上下线候车区域。

“最终10号线的公主坟车站结构紧贴1号线车站,真正零距离穿越,而沉降被成功地控制在3毫米以内,1号线列车运营没有受到任何影响,对后续类似工程施工积累了技术经验。”苏斌说。

### 让盾构“所向披靡”

与上世纪六十年代,北京修建地铁1号线时,“开膛破肚”的明挖方法相比,现在的人们几乎察觉不到地下深处地铁正在悄然掘进。

在地下挖掘绝非易事,国际上很多城市是地铁与城市同步发展,而北京这座千年古都,已经演变为国际大都市,地下管线纵横,地上高楼林立,要想在下方修建地铁,难上加难。

因此,一种先进的掘进技术被施工人员选用,那就是盾构法。盾构机通过盾构外壳和管片支撑四周围岩,防止发生往隧道内的坍塌,同时在开挖面前方用切削装置进行土体开挖,通过出土机械运出洞外,靠千斤顶在后部加压顶进,并拼装预制混凝土管片,形成隧道结构的一种机械化施工方法。

目前,盾构法已成为我国城市地铁隧道施工的主力,北京地铁10号线二期工程,盾构法所占比例达到了82.3%。

然而,北京复杂的地质条件,却让“无往不利”的盾构机屡屡“受挫”。“盾构下穿施工中最害怕的是卵石地层,特别是大粒径卵石地层。北京的地下,这种卵石特别多。”苏斌说。

据介绍,卵石是一种典型的力学不稳定地层,盾构在此不利条件下长距离穿越房屋、铁路、桥梁等,技术难度很大,属世界难题,掘进姿态控制、刀盘与刀具、换刀频率、换刀方案等均有先例。

技术人员针对不同地层分别采用不同的开口率、不同的刀盘型式、不同的耐磨材料、不同的螺旋输送机型式、不同的土体改良技术,保证了工程的顺利实施。

最为典型的案例就是,盾构曾6次在卵石地层中下穿昆玉河,昆玉河水深2米,同时,河床下卵石密布,

是北京少见的复杂地层。施工稍有不慎河水就会倒灌工地,造成重大安全事故。

为此,项目团队提出了地铁盾构隧道组划分方法,研发了砂卵石地层土体改良技术,确定了砂卵石地层穿越工程中盾构关键参数、刀盘型式与开口率对盾构适应性的影响,提高了砂卵石地层盾构换刀距离,避免盾构在重大风险工程下部被动式换刀,成功实现了盾构长距离下穿京西机务段、昆玉湖、平房群的特级风险工程。

此外,项目团队研发了盾构施工实时监控,实现盾构施工过程的实时远程监控;研发了“北京轨道交通工程安全风险监控系统”,实现了地层变形、地面变形及风险工程的实时监控。

据了解,通常情况下,砂卵石地层平均约150米需换刀一次,经研究技术改进后,换刀距离提高至平均350米—400米(大粒径卵石地层)或400米—700米(小粒径卵石地层),北京地铁10号线二期穿越砂卵石地层的盾构区间全长约32000米,改进后可减少换刀次数约为120次,每次换刀按150万计算,可节约成本18000万元。

### “纹丝不动”地穿越桥梁

通常,地铁线路通常沿城市繁华市区主干道布置。地铁在城市道路下方穿越不可避免会发生与既有线路、桥梁基础、建筑物基础、地下管线构筑物发生交叉穿越问题。

“当地铁穿越这些已经建成的建(构)筑物时,由于引起地层的变形,建筑在地层之上的这些构筑物也同样会发生变形,导致结构上的受力变化,进而影响到这些结构的安全,国内外地铁穿越工程事故频发,经济损失和社会影响巨大。”苏斌说。

北京地铁10号线区间下穿的道路和桥梁多数为主干路,车流量大,对地层变形和沉降控制要求高,一旦盾构施工引起的沉降超限或者控制不当引发地表塌陷,极易引发重大交通事故,不仅会带来巨大的经济损失,同时会造成恶劣的社会影响。

据了解,10号线工程穿越较大的桥梁就有25处。当地铁在这些桥梁的桩基础下或邻近处施工时,这些桥梁基础会发生下沉、倾斜,以及偏离原来的位置。那么如何解决穿越过程中的既有结构的安全性,成为地铁建设者们需要去研究的课题和重要问题。

项目团队在10号线的建设中,针对桥梁结构类型、

空间位置关系、保护方案、控制措施及现场监测结果进行系统研究,形成了穿越桥梁的关键控制技术体系。提出了主动桩基托换技术、被动桩基托换技术、预支顶同步顶升技术、隔离桩技术以及加强地体结构自身强度和刚度的方法等,保证了地铁下穿桥梁的变形控制和安全性。

“地铁10号线微变形控制技术”在三个方面取得了重要突破,紧贴下穿公主坟站变形控制在2.98毫米;砂卵石盾构的换刀距离提高了3—4倍;新兴桥异型板区桩基托换变形控制在2.75毫米,达到了国际领先水平。”苏斌说。

### 提高了我国地铁穿越的技术水平

如今,经历了重重考验的地铁10号线,已经贯通2年,每天都安全高效地将乘客送达目的地。但在其建设过程中形成的创新技术、先进经验却延续下来。

据了解,该项目共申请专利6项,其中1项发明专利和1项实用新型专利已获授权;获批北京市施工工法及企业工法各1项;出版专著4部;发表论文28篇。

多名院士与业内知名专家对项目所属的四个课题进行了成果鉴定,研究成果总体达到国际先进水平,其中大跨、浅埋、紧贴下穿既有地下结构微沉降控制设计与施工技术、桥梁桩基荷载和变形双控全主动托换技术、盾构穿越重大风险工程施工控制技术 etc 成果达到国际领先水平。

“如今,部分研究成果已在北京地铁6、7、8、9、14号线等多条地铁线路建设中推广应用,为北京地铁安全、快速建设提供了技术保障。”苏斌告诉记者。

据了解,通过合理运用本项目相关技术,工程建设参建各方在及时掌握轨道交通建设穿越重大风险工程关键技术的前提下,安全、高效、有序地解决了各项风险工程控制难题,提高了轨道交通建设效率,有效降低了施工风险,取得了显著的经济和社会效益。同时,项目研究成果为北京地铁建设领域标准的制定提供了有力的支持。参考项目相关研究成果,北京市轨道交通建设管理有限公司于2012年3月印发了《北京市轨道交通工程盾构施工管理相关规定(汇编)》,促进了城市轨道交通工程建设和领域的安全管理升级,推动了北京地铁建设的安全、有序进行。

不仅仅是北京,10号线的部分科技成果也在沈阳、深圳、广州、武汉、长春等多个城市轨道交通建设中推广应用,奠定了我国地铁建设穿越重大风险工程施工的技术基础。

“北京未来将建设近550公里轨道交通线路,越来越多的轨道交通线网建设将会遇到更多的穿越问题。全国近35个城市轨道交通规划得到批复,也将会遇到类似的穿越问题,因此本项目的研究成果具有广阔的推广应用前景。”苏斌说。

# 他们编织了一张货运车联网

它,是一张信息网。全国货车运行轨迹、状态实时传送汇总到你的面前,坐在电脑前,即可实现对每一辆货运车辆信息的抓取和分析。

它,是一张车联网。轻松收集全国上百万辆货车信息,处理并共享大量数据,实现车与路、车与车、车与城市网络的互联互通,从而实现更智能、更安全的驾驶。

它,是一张监管网。可以实现分部门、分层级对货运车辆进行动态监管及驾驶员违法驾驶行为的自动监管,让部、省、市、区县、运输企业多级联动的监管机制成为现实。

它,是一张安全网,可以实时获取全国货运车辆的位置、速度、工况等信息,实现车辆实时监控、分段限速等功能,实现对“超速、疲劳”危险驾驶行为的监管,以减少安全事故的发生。让货车不再是“祸车”。

它就是全国道路货运公共监管与服务平台(以下简称“平台”)。

“这个平台由我们研发和运营,它将缺乏有效管理手段的货运车辆纳入到统一的平台,提供自动化的监控与监管,全国货车运行情况皆可了如指掌。”北京中交兴路信息科技有限公司首席技术官胡道生告诉记者。

该平台根据交通运输部、公安部、安全监管总局要求,突破全国货运车辆安全的跨区域、跨部门、全方位动态监管的技术瓶颈,针对全国近1400万辆运营车辆,建设面向政府的行业公共性安全监管平台,开展货运车辆安全监管服务。项目广泛结合采用北斗卫星定位、车辆感知、高性能GIS和大数据应用等技术,全方位、多角度获取车辆信息,建立部、省、市、区县、企业多级联动的货运车辆安全监管体系,实现车辆动态信息与静态信息相结合,货运车辆公共平台与企业监控运营平台相协同的多级信息交互体系,开展车辆位置、车辆状态的公共安全监管与监控服务,并于2014年荣获北京市科学技术奖三等奖。

### 致力变革,让货车不再是“祸车”

摆在我们面前的是这样一组冷冰冰的数据:2012年货车的万车事故率比同期全国交通事故万车事故率高出1倍多,全国货车交通事故造成18621人死亡,其中货车司机死亡2666人,货车肇事导致的死亡人数约占交通事故死亡总数的28%。每一个交通事故的背后都是一个幸福家庭的悲剧。

“以往,政府对货运车辆的管理,可称之为‘看不见、听不到、管不着’,我国货运行业经营主体‘多、小、散、乱’的现状依然严峻。”胡道生指出,“在行业安全监

管体系中,道路货运安全成为交通安全的薄弱环节,企业安全主体责任缺失,驾驶员安全意识淡薄等问题亟待解决。”

众所周知,随着道路运输车里程和交通量的快速增长,交通系统越来越复杂越来越巨大。在这种情况下,依靠传统的交通管理方式,单从道路和车辆的角度考虑,很难有效应对分布式空间环境、区域性交互管理障碍和交通量快速增加所伴生的新问题。这些问题的妥善解决,必须借助现代科技手段,实现更为高效便捷的监管。“鉴于此,近年来国务院和交通运输部等部委相继出台了一系列政策法规并付诸实践,让我们看到了政府加强对道路货运车辆安全监管、保障道路运输行业健康发展的决心。这对于广大道路运输行业从业者而言,无疑是一大福音。”胡道生介绍说。

据了解,2011年,国务院安委会“客货运输车辆运行安全保障工程”明确提出,至2015年,大中型货运车辆动态监管装置安装使用率应达到95%,同时建立全国道路货运车辆公共安全监管与服务平台。2014年,《道路运输车辆动态监督管理办法》明确规定,旅游客车、包车客车、三类以上班线客车和危险货物运输车辆(即“两客一危”车辆)在出厂前应当安装符合标准的卫星定位装置;重型载货汽车和半挂牵引车在出厂前应当安装符合标准的卫星定位装置,并在2015年12月31日之前全部接入全国道路货运车辆公共监管与服务平台。

胡道生介绍说,早在2010年,中交兴路公司即已协助交通运输部完成了平台标准、终端标准、交换标准的编制工作,并协助其完成了上海世博会车联网联控项目一期开通,参与了建设全国重点营运车辆车联网联控平台,保障了世博会期间所有进出上海市周边的“两客一危”车辆的安全运营。

依托前期车联网联控项目建设经验,交通运输部对中交兴路公司委以重任。“2012—2013年,中交兴路配合交通运输部 and 总装备部联合实施‘重点运输过程监控管理服务示范系统工程’,在江苏、贵州、陕西、宁夏等9个示范省份完成北斗/GPS双模车载终端的安装服务。同时,中交兴路承担了全国道路货运车辆公共安全监管与服务平台的建设任务,承担起对重型载货汽车和半挂牵引车的自动监控工作,这是北斗卫星导航系统专项启动的第一个北斗系统民用示范工程。”回顾货运平台的承建经历,胡道生不无自豪,“经过2012年6月的试运营后,该平台于2013年1月1日正式投入使

用,至今持续安全稳定运行。”

### 服务为重,打造让司机心里踏实的平台

“你看这辆车,正行驶在郑州附近,它的车速、车况等数据都在实时更新。”通过交通数据显示屏,胡道生为记者作了直观的演示。

据介绍,这些联网的货车上都装有终端设备,自动读取并即时上传车辆数据。这样在平台上不但可以实时了解汽车的行驶速度、方向、行驶路线等信息,还可以了解司机是否违规驾驶,远光灯是否打开等细节。

“当平台发现车辆存在超速或疲劳驾驶等违章行为时,会自动下发提醒信息,通过屏幕显示和TTS语音播报提示司机;如果30秒后违规情形继续,则自动转发信息给车主或企业,由他们来规范司机行为;若仍不奏效,平台会将这辆车的信息发送至公安部门,公安部门会采取相应措施制止危险驾驶行为。”胡道生进一步解释道。

“为了让记者有更直观的感受,现场在平台调取了一辆山东牌照货车在今年5月份的全部运行轨迹。”北至黑龙江、南至广东、东至上海,西至乌鲁木齐,这辆车在这一个半月几乎走遍了全国。可以很清晰地看到,5月11日5点27分,司机在甘肃张掖发生疲劳驾驶。“通过平台屏幕记者看到,该货车全月运行里程达21206.5公里,运行总时长371.76小时,疲劳驾驶行为共计8次。”

“平台大数据显示,通过自动监控及提醒,车辆超速驾驶的纠正率高达96%,疲劳驾驶的纠正率亦达到41%之多。”胡道生为我们展示了更多数据。截至目前,平台共处理了超过7亿次超速和疲劳驾驶,自动提醒次数大于2.7亿,自动转发次数大于3100万。“根据对样本车辆从3月初到7月底的持续跟踪,发生疲劳的车辆数5个月同比下降37.6%。可以说,平台在督促驾驶员安全驾驶,培养良好驾驶行为习惯,降低交通事故发生率等方面,发挥着不可估量的作用。”

更值得一提的是还有平台的信息管理模块。平台与终端直接相连,这个是货运平台区别于车联网联控系统的一大特点。我们可以通过平台,将一些政策法规、通知公告、预警信息等直接推送至司机。例如,平台能为经过某一特定区域的车辆及时发送台风、冰雹等恶劣天气预警,让司机做到心里踏实、心里有数、心里不慌。

“通过人、车、路、货的实时监管和智能调度,可以有效提升政府部门监管能力和应急响应速度,大幅减少恶性公共安全事故,提高车辆运营效率,降低物流成

本,促进节能减排。”胡道生总结道。

### 技术护航,打造世界上最大的车联网平台

“截至2015年9月17日,平台入网车辆数已突破179万,接入服务商754家,兼容终端188款。毫无疑问,这是世界上最大的车联网平台,搭建这样规模的平台,全世界没有先例。”胡道生如是说。

然而,“没有先例”意味着平台建设极难“毕其功于一役”。中交兴路项目团队在不断探索下,克服重重难关,最终有效地解决了千万级车载终端接入、海量数据存储及超大规模用户访问等问题。

“如今,平台采用云通讯、云存储、云应用和开放平台技术等手段,整合各类硬件、软件、数据(车辆、驾驶员、货物等)资源,实现了平台的安全稳定、负载均衡、弹性扩容、数据安全等要求。”胡道生还特别指出,平台结合了“公共云”与“私有云”的特点,面向政府部门、道路运输行业用户和社会公众提供全方位的云服务。

不仅如此,项目团队还成功建立了面向货运行业的大数据分析模型,“针对海量移动目标产生的PB级时空数据进行实时高效的存储、处理、检索、分析和挖掘,包括车辆的轨迹数据、状态数据和驾驶行为数据等”。

这是个什么概念呢?胡道生解释道,随着接入车辆的持续增加,每日上传的动态位置信息已突破TB级别。按照100万辆货车每天产生的动态历史信息

(位置信息、照片等),数据存储1年的策略,大约需要365T的存储空间,千万级车辆每年存储大约需要4PB。如此庞大的数据量在业内亦属罕见,实时的存储及检索成为技术难题,传统的关系型数据库已满足不了需求。最终,项目团队与国内外一流的技术团队进行联合攻关,对大数据Hadoop架构进行改造,完美地满足了项目的需求。

项目团队所开发的面向货运行业的地理信息系统引擎,同样引人注目。这套引擎有效地解决了海量基础地理数据、行业深度数据、货车行驶数据的融合问题,并在此基础上研发了一系列满足货运行业应用需求的特色功能。

此外,项目团队还创新性地研制出一套车辆辅助驾驶系统及方法,可以为用户提供驾驶策略建议。据胡道生介绍,它利用数学建模,将环保驾驶问题转换为最优化问题,结合大数据技术、智能分析、实时计算技术,分析车辆行驶行为、驾驶员行为,进而求解出汽车在各个行驶速度范围内的最优驾驶策略,辅之以实时提醒,从而有效纠正驾驶员的不良驾驶习惯,提高驾驶安全系数,降低能耗。

随着“5号部令”的落地实施,平台入网车辆数正以每日8000辆左右的速度递增。胡道生表示,通过本项目的实施推广,实现对全国货运车辆安全的跨区域、跨部门、全方位动态监管,这一目标不再遥不可及。秉承“位置服务为基础、运输安全为主题、金融服务为手段、物流服务为核心”的理念,项目团队将立足货运车联网,持续创新,推动中国物流改革和产业升级,协助政府部门加强我国道路运输安全监管能力,提高安全信息综合服务水平。

(本版文字由本报记者申明采写)

全国道路货运车辆公共监管与服务平台

该平台展示了全国道路货运车辆的实时监控与服务功能。界面顶部包含平台名称、日期、用户管理、车辆管理、报警管理、统计分析、系统设置等选项。左侧为功能菜单，包括车辆管理、报警管理、统计分析、系统设置等。右侧为数据展示区域，包含车辆位置分布图、报警记录列表、统计分析图表等。底部有“车联网上的终端设备”的说明。