

冬奥园区里的“清华智慧汽车总动员”

► 段鸿杰 吕婷 任欢欢 胡小琴

白雪在阳光的照射下闪闪发光，耀眼极了。在北京冬奥会首钢示范园区内，不同类型的自动驾驶车辆正在来回穿梭。与一般车辆不同的是，这些车没有驾驶员直接操作，却可以熟练地进行自主避障、路径规划、智能调度等。这就是由清华大学与首钢集团牵头，联合百度、智行者、福田、交管局等多家参与单位研制的全天候多车型 L4 级无人驾驶汽车。

驰骋冰雪 科技筑梦

作为北京市科技冬奥专项“全天候多车型自动驾驶技术开发及首钢园区功能示范（科技冬奥）”的项目负责人，清华大学车辆与运载学院杨殿阁教授从 2018 年起带领团队针对冬奥全天候运行的特殊工况，围绕“车”“路”“云”“仿真”“示范”，研发了中巴公交、物流车、清扫车、Mini 巴士、智能共享轿车、Mini 配送车与 Mini 清扫车七种类型的无人车；建设了首钢园区智慧道路，开发了智能网联汽车云端控制与调度平台，实现对无人驾驶汽车的实时监控与远程调度；搭建了面向首钢园区、崇礼赛区、延庆赛区的自动

驾驶模拟仿真平台，开展了首钢园区全天候多车型 L4 级自动驾驶功能示范。

“面向冬奥复杂多变极寒天气以及中国的人车混杂复杂道路交通场景，在自动驾驶相关技术研发过程中，团队基于清华多学科优势，利用人工智能技术、车路协同技术，充分发挥中国大数据云平台、北斗高精度定位、中国标准高精度地图以及中国 5G 车联网通信技术的优势，联合多家单位进行技术攻关，实现了全天候高级别自动驾驶技术并向全世界展示。”杨殿阁说。

该项目研发的多种车型 L4 级自动驾驶车辆，结合了首钢冬奥园区实际应用需求，围绕首钢冬奥园区无人接驳、无人公交、无人清洁、无人文件及快递派送、共享约车等实际应用场景，为 2022 年北京冬奥会自动驾驶示范提供了强有力的技术支撑与保障。

行人、车辆、物流、环卫与园区外无缝对接的未来新型交通系统正在成为现实，完整的自动驾驶生态环境即将揭开面纱。据杨殿阁老师介绍“如果进展顺利的话，人们很快就能看到智慧城市、未来交通的雏形。”

复杂天气与疫情的双重挑战

自动驾驶是一项十分复杂的系统工程，需要多学科知识的交叉融合和团队成员的密切配合，以及在不同环境下充分的测试与验证。

冬奥期间存在极端特殊天气情况，这种复杂天气往往对自动驾驶整车技术稳定性与可靠性都带来极大挑战。

“北京冬天下雪比较少，而且很快就融化了，所以雪天对我们来说是非常珍贵的。哪怕半夜下雪，也会抓紧时间安排工作，紧急通知各单位采集数据并开展测试与验证。”课题组博士后杨蒙蒙说，自动驾驶车辆需要在雪天特殊天气环境下尽可能全面测试，意味着要在下雪状态、融雪状态、冰雪状态等不同情况、白天与夜间全天候进行道路测试。

同时，突然暴发的新冠疫情为整个项目开展带来了更大挑战。

“有一天测试时，突然听说北京新发地暴发疫情，为不影响进度，我们尽可能充分采集自动驾驶数据，一边做好疫情防护，一边加班加点测试。”课题组曹重博士后回忆说。

面对冬奥特殊天气与疫情的

双重挑战，在课题组老师与同学的共同努力下，以及联合单位的配合下，团队按照原计划完成了项目数据的测试与验证。项目组研发的多种不同类型自动驾驶车辆，均开展了包含雨、雪、雾等不同天气全天候的自动驾驶道路测试，车辆整体性能具有较好的稳定性与可靠性。



“锱铢必较”，确保万无一失

“失之毫厘，谬以千里”，自动驾驶技术需要着眼于细节，只有时刻抱着严谨求实的精神，才能将运行风险降到最低。

“自动驾驶汽车在行驶过程中，会遇到很多不确定性风险。但在北京冬奥会上，自动驾驶必须万无一失。而克服不确定性风险的法宝，就是课题组师生的智慧与汗水。在课题组自动驾驶地图、高精度定位、可信赖决策等技术的支撑下，相信自动驾驶汽车将为科技冬奥添加浓墨重彩的一笔。”课题组江昆老师说。

“自动驾驶系统对定位的精度要求通常在10cm左右，也就是一个巴掌大的范围，同时还要求定位系统克服环境的影响，时时刻刻输出准确的定位。”团队温拓朴博士生如是说。

为了实现定位系统的高精度和可靠性，团队成员们采用了多传感器融合的方式，结合GPS/IMU、激光雷达、相机与高精度地

图等定位信息进行系统性算法研究与整合。

正所谓“魔鬼在于细节”，团队研究了全新的多传感器标定算法，精细建模了激光雷达的内参，大幅减小了激光雷达的轨迹漂移。在测试过程中，往往为了几厘米的精度提升，需要对系统进行更加严谨的设计和处理。

一次次反复推敲、一遍遍推倒重来，最终功夫不负有心人，各个算法模块逐步圆满完成任务。

出发，向未来！

自动驾驶技术的研发不仅涉及到车辆工程领域，还涉及人工智能、电子信息、通信、大数据、地理信息和交通等多学科知识的交叉融合，清华大学顶尖人才优势和多学科优势为自动驾驶技术的研发“保驾护航”。

中国自动驾驶采取了独特的智能网联技术路线，不仅重视单车的智能，也更重视网联智能，重视道路的智能和交通系统的智慧化，体现“车-路-云-网-图”

五位一体的特色。清华大学车辆学院是智能网联汽车“中国方案”的倡导者和领导者，不仅提出了智能网联汽车“中国方案”的概念，也在相关核心关键技术的研究上为智能网联汽车“中国方案”的技术体系提供了强有力的支撑。

清华大学自动驾驶相关研究工作不仅获得了麻省理工学院、密歇根大学等国际知名大学的认可，牵头共建的中美清洁汽车联盟国际合作平台也获得了丰田、奔驰和日产等国际一流汽车企业的赞誉。国际知名大学和国际一流车企纷纷与清华建立了智能汽车相关联合研究中心，在自动驾驶领域携手攻关、同向发力。

“自动驾驶正在带来一场技术革命，不仅将改变整个汽车产业、未来交通系统、人类的移动出行模式和生活方式，也将彻底改变整个世界。”杨殿阁说。

即刻出发，一起向未来。

【资料提供：清华大学车辆学院
题目为本刊所加，内容略有改编】