

华南理工大学科研团队助力绿色轨道交通

为地铁列车装上“会算电”的节能大脑

一列地铁驶离站台,要经历加速、匀速、惰行和制动。短短几分钟内,牵引电机、车载储能装置与供电网络持续交换能量。线路和时刻表看似固定,实际运行仍受客流、坡度、限速、停站时间及前后列车状态影响。如何在确保安全、准点前提下降低能耗,是城市轨道交通绿色转型的一道“计算题”。华南理工大学吴贤铭智能工程学院卢少锋团队持续开展列车节能运控、车载储能与车网融合研究,尝试构建既懂列车、又懂储能和电网的节能运控系统:根据实时状态规划速度曲线,在制动时尽可能回收能量,并将单列车控制延伸到多列车与牵引供电网络协同;随着新能源接入,研究还从“少用电”延伸到“更低碳”。

如何让列车“会算电”

传统方法往往先简化牵引特性,再离线计算一条速度曲线;一旦临时限速、停站时间或供电条件变化,原方案可能不再适用。列车运行控制还要在安全、准点、舒适与节能之间寻找平衡,牵引力受电机效率、功率限制、轮轨黏着、机械制动和再生制动能力等多重约束。

卢少锋团队将混合整数规划与凸优化结合,把复杂牵引和制动约束转化为高效求解的数学模型。关键之一是将机械制动与再生制动放进同一优化框架。再生制动可把减速动能转

化为电能,但受电网吸收能力、储能状态和制动需求限制,不能简单理解为“刹车就一定能发电”;只有同时算清列车怎样减速、何时切换制动方式以及电能流向哪里,才可能提高能量利用率。在部分算例中,相关方法求解速度较传统算法提高数十倍至数百倍,并兼顾全局最优性和工程可实施性。例如,相同离散分段数下,凸优化模型解算时间约为混合整数线性规划模型的十分之一。

节能控制要进入真实运营,就不能只在出发前计算一次。团队提出在线列车节能控制思路:系统持续接收速度、运行距

离、线路限速和剩余时间等信息,在运行中滚动更新建议速度或控制指令;遇扰动时可根据新约束重新规划。为验证算法在有限算力和实时通信条件下运行,团队搭建硬件在环实验平台:实时仿真器模拟列车和线路,实物控制器运行算法,闭环检验实时性、稳定性和控制逻辑。辅助驾驶界面可显示当前速度、线路限速、建议运行轨迹和累计能耗;基于边缘计算设备的原型用于验证车载部署条件。真正困难的不仅是求最优解,更要让解算速度、硬件资源与安全约束同时满足工程需要。

车网协同,让整条线路的车都省电

列车制动产生的再生电能,可被同一供电区间内正在加速的列车使用,也可被车载或地面储能装置吸收。如果此时没有合适用电负荷,或储能装置接近满电,部分能量便可能无法回收。因此,列车如何操控、储能装置配多大、何时充放电,都会影响再生能量实际利用效果。单列车节能,并不等于整条线路最节能;如果只追求每列车各自的最优速度曲线,反而可能错过系统层面的节能机会。牵引供电网络中的电压、潮流和变电所容量,也会限制列车牵引与再生制动能力。

卢少锋团队提出车载储能设备与列车运控协同优化方法,将运行策略、储能容量配置、能量管理和全生命周期成本纳入同一套模型。列车牵引时,储能可适时放电,减轻电网负担;制动时,则根据电量状态和后续运行需求吸收能量。模型要回答的是:在车辆全寿命周期内,如何以合适的设备规模和控制方式,在能耗、成本与运行性能之间取得平衡。团队进一步将研究拓展到车网融合的系统级优化,建立列车运行时分、再生能量利用与牵引电网调度一体化模型,并考虑新能源接入和供电网络潮流约束。通过分段线性化、模型预测控制等方法,原本耦合紧密、规模庞大的优化问题被拆解为可滚动求解的任务。

基于广州地铁真实线路参数开展的仿真显示,团队联合优化方法与先后进行的分步优化方法相比,具有显著节能。相当于把“怎样开好一列车”升级为“怎样让整条线路上的车与电协同工作”。未来,当光伏、储能和多种交通用能设施接入后,车网协同还可为削峰填谷、消纳可再生能源和降低全生命周期碳排放提供技术路径。

最低能耗未必最低碳,既要节能也要减排

列车低碳运行不能只看用

了多少电。随着风电、光伏等新能源逐步接入电网,电力来源和供电结构会随时间变化,不同时段电力对应的碳排放水平也可能存在差异。因此,列车运行优化关注的就不只是“用了多少电”,还包括“用了什么样的电、在什么时候用电”。

围绕这一问题,团队将碳流理论引入车载储能列车运行优化,对牵引阶段储存、制动阶段释放以及列车运行过程中实际消耗的碳流进行分析,并考虑不同能量来源对应的碳排放责任。团队还开展动态碳排放因子预测研究,考虑风电、光伏出力变化以及电网运行状态,预测电网侧碳排放水平动态变化,并尝试将随时间变化的“碳信号”传递到城轨用能侧。考虑碳流后的优化方案虽然能耗略微增加,但碳排放有更大幅度降低。这说明,最低能耗并不一定对应最低碳排放。当不同时段电力碳排放水平变化时,列车何时牵引用电、储能装置何时充放电,都可能影响最终碳排放结果。未来,列车运行优化可在安全、准点前提下,同时考虑速度、能耗、储能状态和碳排放水平,使协同目标从单纯节能拓展到低碳运行。

本报记者 冯海波
通讯员 樊济舟

π -HuB计划开启蛋白质组学赋能生物制造新篇章

继去年第一届人体蛋白质组导航国际大科学计划(以下简称“ π -HuB计划”)产业大会在广州召开后,第二届 π -HuB产业大会暨合成生物制造产业大会日前在湖南常德举行。大会以“解码生命智造未来”为主题,由常德市人民政府、广东智慧医学国际研究院主办。来自全球多个国家的顶尖院士专家、国内外科研学者、产业领袖与投资机构代表等400余位嘉宾齐聚一堂,围绕蛋白质组学与合成生物学的深度融合,共探大科学计划赋能生物制造产业的路径与机遇。

π -HuB计划的源头定位

π -HuB计划首席科学家在“读懂生命,书写生命”主旨报告中指出,蛋白质组学正在从“描述生命”走向“设计生命”的源头。报告从蛋白质组的“构成原理”与“演变规律”两大科学目标切入,阐明了一个核心逻辑:蛋白质组学揭示的构成原理,为合成生物学的理性设计提供了“可计算的设计依据”;蛋白质组学揭示的演变规律,为合成生物的“设计、构建、验证”闭环提供了系统级导航。 π -HuB计划以人体构成原理支撑预测、以生命导航系统指导设计,正是蛋白质组学赋能合成生物制造、推动生物制造产业升级的源头所在。

大科学计划产业化运营主体亮相

在大会上, π -HuB计划产业化运营主体——派勃(广州)国际控股有限公司正式发布。作为系统承接科研成果、赋能计划需求、开展产业投资、建设运营 π -HuB Park的市场化主体,派勃的成立标志着 π -HuB计划从“科研命题”走向“产业答卷”,形成了“院内孵化、院外转化”的双轮驱动格局。派勃的核心定位是“让蛋白质组学人人可及”——从全球寻找前沿技术,从产业发现真实需求,从创新寻找产业方向,从产品创造市场价值。同时发布的还有派勃品牌

视觉体系,标志着这一中国科学家领衔的国际大科学计划,正式以统一品牌形象走向产业前台。

大会正式发布“ π -HuB计划与生物制造产业融合十大应用场景”。这十大场景由广东智慧医学国际研究院设计、会同深圳先进技术研究院及常德市有关各方共同凝练,涵盖工业菌株的蛋白质组学导航与高通量定向驯化、酶工程与菌株代谢改造协同赋能绿色生物制造、细胞工厂的蛋白质组学诊断体系、合成生物学驱动的蛋白质组学核心工具创制、靶向蛋白质降解——蛋白质组的可编程编辑、虚拟细胞与人工细胞等方向。十大场景共同呈现了蛋白质组学系统级洞察如何赋能合成生物学的理性设计,为生物制造产业的升级换代提供了可复制的落地路径。

联合研究中心揭牌

大会期间,广东智慧医学国际研究院与常德市第一人民医院共建的“智慧医学联合研究中心(常德)”正式揭牌。该联合研究中心是 π -HuB计划临床运营中心广泛对接特色临床大队列与临床医学研究团队的重要布局,旨在推动蛋白质组学驱动的精准医学(PDPM)的真实落地。常德地区口腔癌发病率显著高于全国平均水平,约70%患者有槟榔咀嚼史。目前,双方已基于该中心启动地方特色癌症——口腔癌(舌癌)的蛋白质组学研究。联合研

究中心将依托 π -HuB国际合作网络,汇集国内外顶尖口腔癌临床研究团队,聚焦该癌种的早期筛查与精准诊治,形成“临床问题牵引、蛋白质组学验证、诊疗产品转化”的闭环。

跨界对话

大会还设置了“蛋白质组学与合成生物学、 π -HuB产业与生物制造产业跨界融合”主题对话,由数位学术专家、产业领袖与投资机构代表同台对话。大会组委会发布《蛋白质组学与合成生物学融合发展·湖南倡议》。这是两大领域全球首个联合发展倡议,从学科交叉、产业协同、开放共享、标准引领、人才培养、时代动能六个方面,呼吁全球生命科学界与产业界携手推动融合创新。

π -HuB计划国际执行总部——广东智慧医学国际研究院副院长郑煜梓表示,大科学计划的价值最终要落在产业转化上。 π -HuB计划以人体构成原理支撑预测、以生命导航系统指导设计,为新质生产力提供源头供给。未来, π -HuB产业将持续以大科学计划为需求牵引、以产业基金、产业园为载体,立足广州,扎根大湾区,加速构建从原创发现、技术孵化、产业落地到市场价值的闭环飞轮,为加快实现高水平科技自立自强书写大科学计划产业化的时代答卷。本报记者 刘肖勇 通讯员 刘张洁



大会现场

活动方供图