不做“从 0 到 1”，他们如何推动行业创新？

■本报记者 李晨阳 见习记者 江庆龄

如果你近期搭乘过上海地铁，是否留意到，在车厢门和屏蔽门之间悄然出现的两块夹板？

这是上海申通地铁集团有限公司为防止屏蔽门夹人事件发生而想出的点子：在屏蔽门内侧安装长度更长、面积更大的夹板，同时把站台边缘的防踏空橡胶条加宽，这样就把站台、车门与屏蔽门之间的空隙进一步缩小，提升了防止乘客和物品被夹的保险系数。这个方法简单、便宜，从源头上解决了问题。目前这种夹板已经在上海地铁推广，很快就会覆盖上海所有的地铁线路。

上海申通地铁集团是当前上海轨道交通投资建设和运营的责任主体。自从 1993 年上海地铁 1 号线（南段）通车至今，上海申通地铁集团共运营管理总长 896 公里的 21 条轨道交通线、517 座车站，网络规模稳居世界前列。

多次摘得全国市政金杯示范工程奖、全国安装之星奖等国家级奖项的 9 号线；接连斩获中国土木工程詹天佑奖的 16 号线、12 号线、11 号线；捧回中国建设工程鲁班奖的 18 号线；问鼎被誉为国际工程界“诺贝尔奖”——菲迪克工程项目奖的 10 号线、12 号线……这些看似平平无奇的上海地铁线路背后深藏着不为人知的“功与名”。

▶行驶中的全自动驾驶列车。

◀地铁夹板。
上海申通地铁集团供图

“逼”出来的上海地铁

“上海建地铁，是被逼的。”接受《中国科学报》采访时，上海申通地铁集团董事长毕湘利略带调侃地说。

上海地处长江三角洲，土质松软，地下水丰富，在这里建造任何地下工程都好像“在豆腐里打洞”。因此，有国外专家曾断言：“上海建不了地铁！”

正因如此，从 20 世纪 50 年代就开始规划的上海地铁，足足等到 1993 年才建成运行。相比同时期提上日程、到 1969 年便实现了首次通车的北京地铁，算是“起了个大早，赶了个晚集”。即便是“赶晚集”，上海地铁建设的历程也着实让人钦佩。

时至今日，毕湘利依然记得 20 世纪 90 年代初在上海求学时，挤公交的地狱级体验。那是中国城市化进程的迅猛发展期，上海人口快速增长。当时有一首流行歌曲就叫《别挤了》：“别挤了，别挤了，为什么乘车这样难！”有人测算过，高峰期的公交车车厢竟能容下近 140 位乘客，也就是 1 平方米内要容纳 12 双脚。

上海人民的日常出行亟须向地下要空间。以中国工程院院士刘建航、上海地铁总工程师王振信为代表的一批先驱工作者，从 20 世纪 60 年代开始，在浦东塘桥段的农田里开展盾构隧道实验、在衡山路段构建两条 600 多米的试验隧道、在漕宝路修建了地下连续墙围护结构的基坑车站……他们通过开创性的施工方法，最终为修建上海地铁探索出一条可行的路。

2002 年底，上海获得 2010 年世界博览会举办权。根据测算，地铁至少要承担 40%的交通量，才能保证世博会每天的正常运行。为迎接意料之中的挑战，2004 年到 2005 年，上海市决定进一步深化轨道交通体制改革，重组成立了上海申通地铁集团有限公司。当时，上海全市只有 4 条地铁线路，不足 100 公里。

接下来的几年时间是上海地铁人“激情燃烧的岁月”。他们创造了 100 台盾构机齐头并进、100 座车站同时建设、100 公里新线同时投运的建设纪录，终于在 2010 年世博会前建成 400 公里的地铁线路，被世界地铁协会誉为“世界城市地铁建设发展史上的奇迹”。

上海申通地铁集团也在这峥嵘岁月里迅速成长，发展为国内地铁建设领域的领头羊。

2005 年，上海申通地铁集团在质疑声中提出策划全自动驾驶模式。当时不少专家认为，在劳动力资源丰富的情况下，没有必要冒着安全风险推行无人驾驶。“但我们真正的目标，恰恰就是安全。”毕湘利说，“我们去国外做了一系列考察，看到很多国家的全自动地铁线路技术已经非常成熟。而在技术已经成熟的情况下，系统比人更可靠——这是一个最简单的道理。”

2006 年 1 月，上海申通地铁集团选定在有上海地铁“白金线路”之称的 10 号线上，率先应用全自动驾驶。这条线路途经新天地、南京路、五角场等商业旅游中心，连接复旦大学、同济大学、上海交通大学等重点高校，通往虹桥机场、火车站等交通枢纽。之所以选择如此高难度的挑战，是因为他们预见到，未来的地铁将全面进入大流量时代，只有确保在这样的线路上实现自动驾驶，才能满足时代需求。

经过一系列探索，国内首条大客流全自动驾驶地铁线路在上海诞生，如今全自动驾驶线路已经在全国广泛应用。实践证明，这种线路在安全性、高效性和可靠度上都超越了人工驾驶。

2002 年，上海地铁开始了基于通信的列车自动控制系统（CBTC）研究；2005 年，上海地铁又在全球范围内率先形成了 CBTC 技术标准并启动了系统建设。相比于当时世界上主流的基于轨道电路的列车控制系统（TBTC），这种新型信号系统提供了一种更为高效的列车前后追踪模式：每一列车都可以实时获知前车和后车的精确位置，这样在客流量高峰期，地铁列车之间的时间间隔就可以更近，甚至在两分钟以内。在那之后，国内的地铁线路陆续开始推广应用 CBTC。

上海地铁像这样的“首例”还有很多，或许从半个多世纪前刘建航、王振信们立志“在豆腐里打洞”开始，工程创新的基因就已融入了上海地铁蜿蜒数百公里的血脉。

“四两拨千斤”的被动创新

作为一名工程技术背景出身的企业管理者，毕湘利对“创新”有自己的一番见解。

“为创新而创新是错误的，不实用的创新是没有意义的。”“地铁是干什么的？就是载客的。我们的任何创新都不能偏离这个初衷。让地铁故障更少、成本更低，更安全、更有效率地载客，就是我们所有创新的目的。”

就像文章开头提到的屏蔽门夹板，就是坚守这一初衷的小而美的创新。

在近些年新建的地铁站，屏蔽门几乎成了标配。这在安全管理和节能减排方面起到了一定作用，但也出现了一些因地铁夹人导致的严重后果。为了防止这类事故发生，业内人士想过很多办法，有人提出在每个车门处安装摄像头，或者增加红外线检测、人脸识别等设施，并把这些监测设备获得的信号上传系统，这样一旦检测到有人进入危险空间，地铁就无法开车。这些方法都足够高科技，但成本非常可观。

上海申通地铁集团反其道而行之，不做“加法”做“减法”。他们通过精细测算，确定了在保持安全行驶的前提下，站台与列车间隙的最小距离，并据此安装了防夹挡板和防踏空橡胶条。这些设施增加了站台门在关闭时与乘客的接触面积，一旦发生乘客被夹情况，门在遇阻后会自动打开，乘客即可安全退回站台。

另一个事例同样颇有“四两拨千斤”的效果。

在上海地铁 18 号线上，地铁隧道采用了新型承插式管片。这种管片相比过去的螺栓式管片有一个最大的特点，就是“难拼”。它像中国传统的榫卯结构，需要非常小心翼翼地拼接，稍有敷衍就拼不上去，从而使拼装管片的操作精度从厘米级提升到了毫米级。

“这就是用设计工艺倒逼施工工艺。我们不需要找人盯着施工单位，因为只要施工人员不认真、误差大，这活就干不下去。”毕湘利笑道。

2023 年 12 月，上海地铁 18 号线一期工程荣获中国建筑界最高奖项——中国建设工程鲁班奖（国家优质工程）。这次获奖有两个特点：第一，18 号线是以整条线路获奖的；第二，这是国内首条通车后无 A 类整改项目的线路，意味着 200 多个验收项目全部通过。这样的成绩，显然有赖于日复一日、点点滴滴处的精益求精。

在授受采访中，毕湘利提到一个在网络上流传甚广的故事。某知名公司引进了一条香皂包装生产线，但这条生产线有个缺陷：时不时会有一些盒子没能成功装入香皂。公司投入数十万元资金，聘请自动化专家设计了一套技术装备，能检测到流水线上的空肥皂盒，然后用机械手把它推走。另一家乡镇企业购买了同样的生产线，遇到了同样的问题，老板责令工人尽快解决。工人苦思冥想后，想出一个土办法：在生产线旁边放台电风扇吹风，空的香皂盒直接就被吹走了。

“把问题搞简单的人太少了，把问题搞复杂的人太多了。在工程上，最好的创新就是最简单、最实用的。”毕湘利笑道，“我们讲究的创新，是需求引领、问题导向。遇到问题，再去解决问题——这种‘被动创新’才是我们工作的常态。”

为了更安全、舒适的地下王国

“我们的创新从来没有超出牛顿三大定律的范畴，用的理论都是 300 多年前就有的。”

毕湘利坦言，上海地铁的绝大多数创新举措，都不是“从 0 到 1”——与基础研究不同，工程最重要的是控制风险、保障安全。因此，相比“从 0 到 1”的耀眼突破，他们更喜欢做“从 9 到 10”的补充完善，让已经比较成熟的技术变得更加成熟，从而让地铁比之前好一点，再好一点。

“从 9 到 10”的创新，同样容不得半点懈怠。

2005 年起，上海申通地铁集团就成立了后来成为国家企业技术中心的研发机构，以进一步培育自主创新的能力。2010 年，张江高科地铁站从地面改到地下后，留下了一段废弃轨道，大家干脆围绕这段线路打造了上海轨道交通综合实验基地。2021 年，在工业和信息化部的支持下，基地升级为“产业基础技术服务平台”，不仅服务集团内部，还承担了服务整个行业的任务。

与此同时，上海申通地铁集团积极向外探索，通过与校企共建院士专家工作站、博士后工作站、联合工程中心、协同创新中心等，把地铁领域科技创新的各方资源整合起来，打通创新链条，同时培养并向外输送了一批高级工程应用型人才。

相关数据显示，如今，上海地铁每年运输的客流量已经达到了 36 亿人次，接近全国铁路一年运输的客流量。

人们早已习惯了这个封闭又开放的地下生态系统：步履匆匆的打工族借此避过堵车和迟到的风险；“吃货”们自觉地把食物封口收好；音乐爱好者需要戴上耳机才能欣赏最喜欢的歌；而有些过于熟悉这里的人，每次等车都能精准选到座位最充裕的车厢……

2021 年春节前夕，地铁站终于开到了上海申通地铁集团的“家门口”——吴中路站。这是全球首例软土层地下大跨无柱车站，它没有传统的支柱结构，代之以净跨达到 21.6 米、有着光滑内壁的拱顶结构。吴中路站一改地下空间给人带来的压抑、逼仄的视觉感受，像一条流光溢彩的时空隧道，两边分别投射着浦东和浦西高楼林立的城市剪影。在这里，可以看到每个地铁闸门都是敞开的，高峰期人们可以丝滑地鱼贯而入，但如果有人没有按照规定刷卡，闸门就会立刻关闭，送上一记温柔的“智能闭门羹”。

“在描述地下工程空间的通达性和关联性方面有个理论叫‘空间句法’，它强调空间与个人和社会的关系——人类是渴望阳光的生物，如果大家有更好的选择，就不会选择在地下出行，因此我们希望打造出更好的地铁，让人们在这里感到更舒适、更安全。”毕湘利说。

这就是他们创新的意义。

防治重大疾病 中医药有“新招”

■本报见习记者 赵宇彤

“中医药是中华文明的瑰宝，希望大家传承精华、守正创新、互学互鉴，为中医药治疗重大疾病提出新思想、做出新探索。”在近日举行的香山科学会议第 769 次学术讨论会上，我国首位诺贝尔生理学或医学奖获得者、著名药学家屠呦呦发来书面致辞。

本次香山科学会议上，与会专家聚焦“中医药突破人类重大疾病治疗的新认识”，围绕“中医药在重大疾病治疗中的角色”“中医组方原理对多模态药物研究开发的指导意义”“中药材生产标准化规范化”等议题展开交流。

重大疾病治疗需要中医药介入

“癌症、心脑血管疾病、精神疾病等是死亡率高发的重大疾病，占中国每年死亡总人数的 70%以上。”中国中医科学院中药研究所研究员谭余庆表示，“重大疾病的发病机制复杂，均为多因素、多范围、多方向损伤病人机体，造成机体的重大损害和人体功能的减退，甚至缺失。”

目前，重大疾病的治疗手段有限，治疗效果也没有突破性进展。通过单一途径、单一靶点、单一模式的药物或者几种药物联合使用治疗重大疾病，难以实现根本性的治疗。

谭余庆以肝癌为例介绍，肝癌的发病因素极为复杂，不仅病因多样，呈现出多因素、多步骤的过程，而且病理类型多样，包括肝细胞癌、胆管细胞癌和混合细胞型肝癌。其生物学行为和治疗反应各不相同；此外，还存在发病机制复杂、诊断困难、治疗手段复杂和预后差等难题。

“肝癌的复杂性带来了较高的危害性，比如高死亡率、病情进展快、并发症多等。”谭余庆指出，“尽管目前临床有一些药物和手段用于治疗这一重大疾病，但都难以从根本上达到治疗目的。”

在重大疾病的阴影笼罩下，不少人将目光投向了中医药。

为什么重大疾病治疗还需要中医药的介入或者补充？在中国医学科学院药用植物研究所研究员齐云看来，中医药在增效、减毒、新靶点和新成分发现方面与西医治疗存在高度互补性，有望对个性化、异质性的重大疾病进行精准医疗。

“现代西医重‘病’，而中医却重‘证’，二者相辅相成。”齐云表示，未来在临床研究中，应当顺应中医药自身特点，重视其在重大疾病治疗中的角色和地位。

开发多模态药物是关键

如何最大限度发挥中医药在重大疾病治疗中的作用？谭余庆提出，开发多模态药物是关键。

“多模态药物的研究是中医药突破人类重大疾病治疗瓶颈的关键，它是一种创新型的药物概念。”谭余庆介绍，多模态药物由多个明确成分组成，后者以多种治疗模式整合在一起，组成一个新的药物递送系统，以达到更好的治疗效果；多模态药物同时具有多个靶向目标，通过多条途径，调动体内多个有利要素成分，从而形成组合药物；它是从重大疾病成因出发，或者从重大疾病产生的综合征出发，通过多途径、多靶点、多因素阻断或对抗发病的诱导因素，最终治愈该疾病或者明显降低该疾病诱导的高死亡率的药物成分群。

同样以肝癌为例，由于患者的个体差异和肿瘤的异质性，如何提供个性化治疗方案，有效改善患者的预后和生活质量，成为大家最关心的问题。

多模态药物能综合运用多种不同作用机制治疗肝癌，将冷冻消融、射频消融、靶向药物和免疫治疗等多种手段有机结合，共同作用于肿瘤组织，从多个角度攻击肝癌细胞或肝癌诱导的综合征，不仅能充分利用不同治疗模式的优势，弥补单一治疗手段的不足，还能在不增加创伤和风险的前提下，实现对肿瘤的精准治疗。

在研究开发多模态药物过程中，从中药里提取有效单体化合物也是重要环节。

“单体化合物通常具有更明确的靶向性和选择性，能够更精准地作用于疾病相关的生物分子，减少对正常细胞的损害。”谭余庆表示，许多中药单体化合物在抗肿瘤方面显示出巨大潜力，能够调节免疫系统，增强机体的免疫反应，如雷公藤内酯酮具有免疫抑制和抗肿瘤的生物活性，可用于治疗某些类型的癌症。

“随着科学技术的进步，我们期待会有更多从中药中提取的有效单体化合物被应用于重大疾病治疗。它们为疾病治疗提供了新的可能，助力中医药的现代化和国际化。”谭余庆说。

数字技术提供研发新手段

近些年，随着数字技术的快速发展，其与中医药研究的结合也越发紧密。

“人工智能为新药研发带来了前所未有的新技术手段，有望应用于药物研发中的多个场景和阶段，助力提高新药研发的效率和成功率。”谭余庆介绍称，人工智能技术可以通过分析学习大量中药复方数据，预测复方的疗效和作用机制，为新的复方研发提供参考。

同时，利用人工智能的算法和模型还能筛选分析重要的化学成分，预测有潜在药用价值的成分，并在已知中药成分的基础上，优化药物结构，提高疗效和安全性。

此外，3D 生物打印技术、类器官技术在中医药研究中也有大用途。

据北京中医药大学研究员赵保胜介绍，3D 生物打印技术以具有可黏合性和生物相容性的医用高分子材料、无机材料、水凝胶材料和活细胞等为原材料，与中医药结合，有望利用中药化学成分实现体外诱导干细胞定向分化，不仅为 3D 生物打印提供细胞来源，也能打印出与机体正常器官结构、功能相似的类器官，帮助人类深入探究不同疾病。

“类器官是利用成体干细胞或多能干细胞进行体外三维培养而形成的具有一定空间结构的组织类似物。”北京中医药大学生命科学学院教授黄光瑞告诉《中国科学报》，类器官技术可以更有效地在体外模拟疾病发生机制以及筛选疾病治疗的新靶点，有望成为自身免疫性疾病研究的有效工具。

“这些年，类器官在中医药研究中的应用越来越多，尤其在中医药防治肿瘤的领域。”然而，在黄光瑞看来，目前还存在类器官血管化技术不成熟、体外分化的类器官缺乏免疫细胞等问题。“类器官芯片或许能为应对以上挑战带来妥善的解决方案，微流控系统可以为类器官提供营养物质、促进免疫细胞循环，更系统、深入地揭示中医药多组织、多靶点、多通路的药用机制。”

集装箱

100 万吨 / 年甲醇制烯烃工业装置投料开车成功

本报讯（记者孙丹宁）近日，在内蒙古宝丰煤基新材料有限公司一期 260 万吨 / 年煤制烯烃和配套 40 万吨/ 年植入绿氢耦合制烯烃项目中，采用中国科学院大连化学物理研究所第三代甲醇制烯烃 DMTO-Ⅲ技术的首系列 100 万吨 / 年甲醇制烯烃工业装置投料开车成功并产出合格聚烯烃产品。

据介绍，内蒙古宝丰煤基新材料项目是目前全球单厂规模最大的煤制烯烃项目，也是全球唯一规模化用绿氢替代化石能源生产烯烃的项目。其核心包括 3 套 100 万吨 / 年甲醇制烯烃工业装置，均采用大连化物所和中石化广州工程公司合作开发的 DMTO-Ⅲ技术。DMTO-Ⅲ技术通过催化剂、反应器和工艺过程的创新，实现了单套工业装置低碳烯烃产量超过 100 万吨 / 年，且吨烯烃（乙烯 + 丙烯）甲醇消耗大幅降低。首系列甲醇制烯烃工业装置的顺利投产，标志着 DMTO-Ⅲ技术的又一次成功应用，为煤炭清洁高效利用和新能源与现代煤化工耦合发展提供了有力支撑。

截至目前，DMTO 系列技术实现技术许可 36 套，烯烃产能超 2400 万吨 / 年，其中 DMTO-Ⅲ技术许可 10 套，产能超 1000 万吨 / 年；DMTO 系列技术已投产 18 套工业装置，产能超过 1000 万吨 / 年，其中 DMTO-Ⅲ投产 2 套，产能 200 万吨 / 年。

湘江实验室发布 10 项科技创新产品

本报讯（记者王昊昊 通讯员张高阳）1 月 11 日，湘江实验室产品发布暨“四算一体”高端论坛在湖南长沙举行。

会上，湘江实验室正式面向社会发布“轩辕”人工智能（AI）预训练系列（文创、智造、病理）大模型、“湘江慧通”高保真城市交通三维建模套件、“湘江芯源”全自动干细胞智能制备系统、“湘江智伴” 具身智能居家服务机器人、“湘江天速”新一代智算加速引擎、“湘江翼航”低空智能无人值守蜂巢平台等 10 款科技创新产品。

其中，轩辕文创大模型提供的音视频 AI 算法能力服务舱和全息媒体创作互动平台，有效提高了高清音视频内容的生产效率、质量和管理水平；湘江智伴具身智能居家服务机器人突破了机器人在场景理解、大模型任务规划、多模态持续学习等方面的技术瓶颈，在家庭服务领域实现了成功应用；湘江翼航低空智能无人值守蜂巢平台突破多机蛙跳、无人机系留及高速图数同传等技术瓶颈，实现多无人机在复杂任务中的协同作业管理，在公安安防、边境管控、电力巡检、精准测绘等领域实现了成功应用。

在“四算一体”产业联盟第二批成员单位共建仪式环节，湘江实验室与湖南省公安厅、湖南广播影视集团、杭州宇树科技、芙蓉实验室等 14 家单位启动共建仪式。

京津冀共同推动合成生物制造产业协同创新发展

本报讯（记者沈春蕾）1 月 10 日，京津冀合成生物制造产业协同创新发展工作推进会在北京举办。本次会议由北京市科委、中关村管委会，天津市科技局、天开高教园管委会，河北省科技厅和工信厅，京津冀协同发展联合工作办公室共同主办，旨在发挥京津冀三地优势，推动合成生物制造新质生产力培育，努力构建京津冀合成生物制造协同创新发展新格局。

来自主办方的代表在会上发布了京津冀自然科学基金合作专项增设合成生物制造主题指南。该指南将引导京津冀地区科研团队围绕三地共同关注的合成生物制造应用基础问题开展联合研究，形成实质性合作。这批项目计划于 2025 年 3 月份启动。

京津冀合成生物制造产业创新联盟在会上宣布启动。联盟由北京化工大学牵头发起筹建，将打造生物制造领域的优质资源对接和成果转化产业化平台。

会上，中国科学院微生物研究所、中国科学院天津工业生物技术研究所、河北省科学院微生物所、北京合成生物制造技术创新中心等联合发布京津冀合成生物制造共性技术平台高水平共享倡议；京津冀三地伙伴园区代表共同签署合成生物制造伙伴园区计划；中国工商银行北京市分行、天津市分行、河北省分行三地分行为三地合成生物园区平台赠予“京津冀合成生物制造产业 2025 意向授信函”，为三地合成生物制造产业企业集体新增意向授信近百亿元。

琼州海峡最大艘新能源车专运船即将投入春运

“绿源二号”轮。 湛江海事供图

本报讯（记者朱汉斌 通讯员谢晓琳）日前，广东湛江海事部门在海安新港完成新能源车专用运输船“绿源二号”轮的安全检查工作。该船预计在春运前投入营运，为琼州海峡高峰期的新能源车辆过海运输带来实质性的突破和强有力的保障。

据了解，“绿源二号”轮是“绿源一号”轮的姊妹船，它长 129.8 米、宽 28 米，总吨 7404 吨。该轮经重大改建完成后将投入湛江海安新港至海口秀英港航线，能够在单航次中装载约 190 辆新能源小汽车，比“绿源一号”轮多装载约 30 辆新能源汽车，是琼州海峡最大的一艘专门用于运载新能源汽车过海的甲板货船。