



ADVANCING
PUBLIC
TRANSPORT



► 概况介绍

针对清洁公交技术 的车库改造

2023年|1月



引言

气候变化和当地空气污染是推动交通部门向绿色清洁和零排放技术转型的主要因素。世界各国和地方政府均发布了交通脱碳愿景和计划，并制定了支持燃料车队向绿色清洁和零排放技术转型的目标和时间表。

作为转型过程中的关键利益相关者，公交部门表现坚定承诺将实现脱碳目标，并正在接受绿色清洁技术和创新，同时也在许多城市投资了大规模车队更新。然而，虽然向低排放和零排放公交转型可以大大改善城市生活质量和宜居性，但新技术的引入也给运营商的日常业务带来了一些挑战。

在实现技术组合多样化时，运营商需要考虑与各种技术特殊性及其运行要求相关的许多方面，如引入新设备、功能和任务，以及当地法规和标准。空间不足、车库选址、能源供应、高效运营设计以及确保符合特定技术规定，这些通常都是在规划新车库时需要应对的限制因素。

本系列概况介绍旨在概述在规划和部署新车库或升级现有车库的不同阶段需要考虑的主要方面。由于公交车队通常采用多种技术，不同类型的公交共用车库的情况并不罕见。本概况介绍的重点是全球最流行的几种技术：纯电动技术、氢燃料电池技术和天然气技术。做出技术选择后，很快就会讲解其发展历程，因此在这方面没有考虑或比较。该系列概况介绍属于 UITP 现有文件集，旨在缩短学习曲线、提高学习效率。相应文件包括 2018 年发布的《[公交招标结构](#)》，以及 UITP 公交委员会于 2020 年 6 月发布的《[车队更新检查单](#)》。

公交车库要素

可将公交车库定义为日常运营后维修和停放公交车的场所。该场所包含若干设施区域，旨在涵盖运营公交车队所需的管理、维护和行政任务。公交车库的主要要素如下：

- 出入口
- 公交停车位
- 清洗和清洁
- 充电和/或加注燃料，包括储能（蓄电池的再充寿命）
- 维护车间，包括消防安全系统
- 仓库和储存
- 行政和运营设施
 - 运营控制中心¹
 - 驾驶员设施（衣帽间、员工休息室等）
- 员工和外部人员的停车场

根据车库要素和要执行的任务，本系列强调说明了主要考虑因素，并为纯电动、氢燃料电池和天然气公交车库规划、部署和运营的不同要素和阶段给出了提示。

¹ 控制中心也可设在车库外。



► 资料来源：《UITP 实地考察公交车库》，2013 年

概况介绍 1. 纯电动公交车库

纯电动公交使用电力，是一种通过车载电池为动力传动系统供电的车辆。其车载电池需要充电，才能满足日常工作周期的要求。工作周期要求越高，能耗就越高，公交能源需求也就越大。影响纯电动公交能耗的典型因素包括地形和道路类型、暖通空调 (HVAC) 的使用、车辆重量和乘客载荷、速度和驾驶方式。

要满足繁重工作周期的要求，可以选择较大尺寸的电池，并在公交行驶结束返回车库后为其充电，即所谓的通宵充电；也可选择较小尺寸的电池，在公交行驶期间为其安排更为频繁的充电，即所谓的充电机会。

选择最合适的充电解决方案，以及确定最合适的充电策略是确定电动公交系统的两个基本步骤。在确定升级现有车库或规划新车库的需求和要求时，了解充电过程的工作原理也很重要。

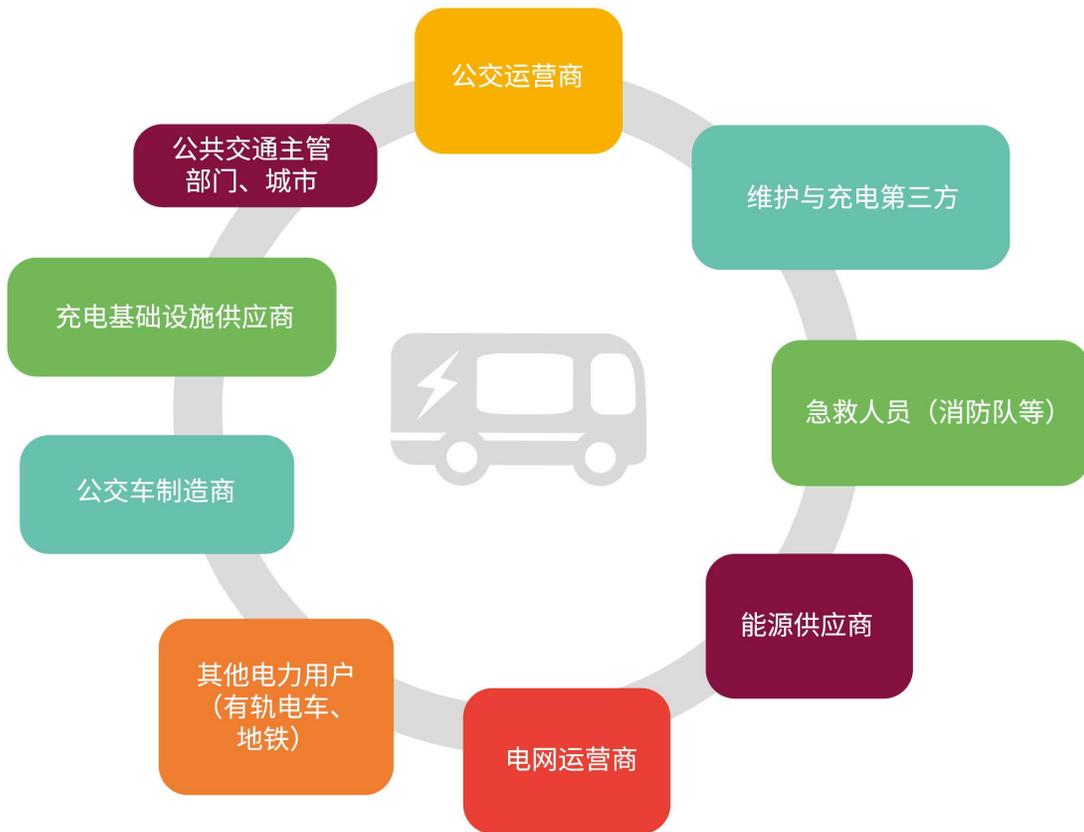
仔细评估整套流程和任务，并深入了解其要求，对于确保成功规划和部署电动公交车库至关重要。

如今，市场上有多种 IT 车库管理解决方案，可实现公交运营的高度灵活性和效率。由于相应解决方案有助于优化车队运营和整体车库效率，降低与所需地面、电源或电价（智能充电和能源管理）相关的成本，此类工具对电动公交车队的运营特别有意义。

位置和规模

为新的纯电动公交车库选址时，宜考虑以下标准：

- 靠近高压 (HV) 电网的连接点，同时考虑未来扩建和车库升级，确保日后得以正常运营，并应用配电系统运营商 (DSO) 规章制度。
- 鉴于从正确连接点输送电力到车库最终位置所需的布线成本最为昂贵，宜将其降至最低。
- 可用面积，足以容纳新的基础设施，即变压器、变电站、机柜、充电器（受电弓式解决方案、插头式解决方案）。
- 根据适用法规，应将变压器和变电站设置于安全区域内。
- 规模问题：大容量车库与中小型车库。为了确保高效的车库管理和运营（最大限度减少空载里程、确保公交维修设备和人力的合理比例，以及每辆公交车参与车库活动的最小面积），以及能源供应（基于向能源供应商/配电系统运营商 (DSO) 申请的总容量），必须根据车库特定选址确定适当车库规模。值得考虑的是，如果在靠近公交网络的位置修建不带维护设施的小型车库，是否会得到更多公众的认可。
- 在公交车无需充电时，与其他用户（有轨电车、地铁、办公设施……）共享电网和电力基础设施。
- 车库本身的便利性、靠近所服务的线路（网络），以及对火灾、洪水等潜在风险的考虑。有些国家/地区的法规禁止在居民区附近设置公交车库，如德国。
- 建议对所选车库进行详细的可行性研究和风险评估。这些是利益相关方（公交运营商、城市管理和交通管理局、能源供应商和配电系统运营商 (DSO) 等）共同寻求解决方案的基础。通常情况下，确保各方之间尽早开展对话，最棘手的问题也能轻松解决；例如，重叠的公交网络和供电网络图有助于确定所需电压和功率以及适当区域内的连接点。



► 利益相关者参与了电动公交部署。资料来源:UITP

能源供应

供电是规划阶段的核心要素，这是因为它对项目的及时实施起着决定性作用。与能源供应商和/或配电系统运营商 (DSO) 合作，是确保在分配项目期限内获得并网批准和有效许可的关键。如上文所述，通过加强合作和共同寻求解决方案，可以成功解决最初的瓶颈问题。

值得一提的方面有电网容量，以及在车库升级或新建车库的情况下确保未来能源供应的方式。几年前，首批部署电动车库的公交运营商还无需面对电网过载、供电限制和并网许可等问题。

作为部署纯电动公交的领先国家，荷兰在全面电气化之前已经面临挑战。目前，有能源公用事业公司宣布，由于已达电网容量上限，不再发放并网许可证。²

只要条件允许和经济可行，可以考虑就地整合可再生能源发电，减少对电网容量依赖。可以在车库屋顶安装光伏装置，有效应对峰时电价带来的问题，这有助于减少总体能源支出和电动公交车队的碳足迹。

规划能源需求时需要考虑的主要因素包括覆盖相应工作周期的日常运营要求、平均功率需求和峰值功率需求。

这对于确定车库能源需求（要求的总容量）和充电基础设施（如变压器尺寸），以及确定充电策略和系统整体可行性研究都至关重要。例如，在峰时充电和非峰时充电之间、公交车数量与电池尺寸之间、充电策略选择之间（以快充为主，还是仅采用慢充），以及千瓦时价格和电价之间进行权衡，做出合理规划。由于电网成本和电价计划可能变化很大且难以预测，建议与能源供应商和配电系统运营商（DSO）就相应事宜展开协商。

充电基础设施与充电策略

目前，市场上有几种充电解决方案可以满足公交运营商的需求。在欧洲，最广泛的解决方案是导电受电弓式和插头式充电。

虽然已有感应式充电的试点测试，但迄今为止的结果还不足以作为结论纳入本概况介绍。由于空间要求严苛、土建工程难以改造，以及能量传输效率较低，感应式充电优势较小，该技术对公交运营商的吸引力较弱。

充电基础设施的设计和安装以运营商选择的充电策略为基础，要考虑到每辆公交车的能耗、可用充电时间（例如，给定公交车夜间在车库停留的小时数，或行驶期间在终点站停留的分钟数）、所需充电器数量，以及充电器位置等参数。为了确定充电策略和每辆公交车所需的充电器数量，建议以不同充电方案进行迭代，并按每辆公交车一个充电器与充电器分布矩阵的关系进行（可用性与投资）估算。

² 阿姆斯特丹地区交通管理局（Vervoerregio Amsterdam）正在制定一项政策框架，以便确定和制定应急计划，确保电力供应。在能源短缺的情况下，确定能源获取的优先级是广受讨论的问题之一。

需要考虑的其他方面包括：

- 能源供应商现场可提供的电力容量
- 外部高压供电的可用性（冗余连接点）
- 高压供电系统的可用性（冗余）
- 内部高压系统（冗余水平与投资的关系）
- 充电器功率大小
- 充电技术选择和充电互操作性

充电策略基于车辆电池尺寸、工作周期和电源：

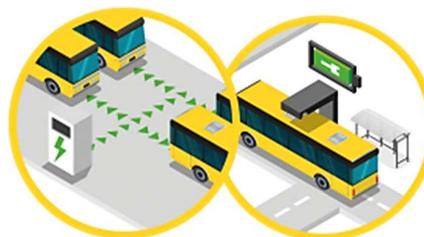
- 通过受电弓式或插头式解决方案，进行车库充电、快充/慢充、车辆行驶/熄火期间充电
- 通过受电弓式解决方案，在线路末端或中间站的车库或公共场所进行机会充电、快充和行驶期间充电³；
- 在沿线和车库将机会充电和车库充电结合起来、将快充和慢充结合起来，以及纳入用于电量平衡和预处理的通宵慢充。



车库充电



机会充电



组合充电



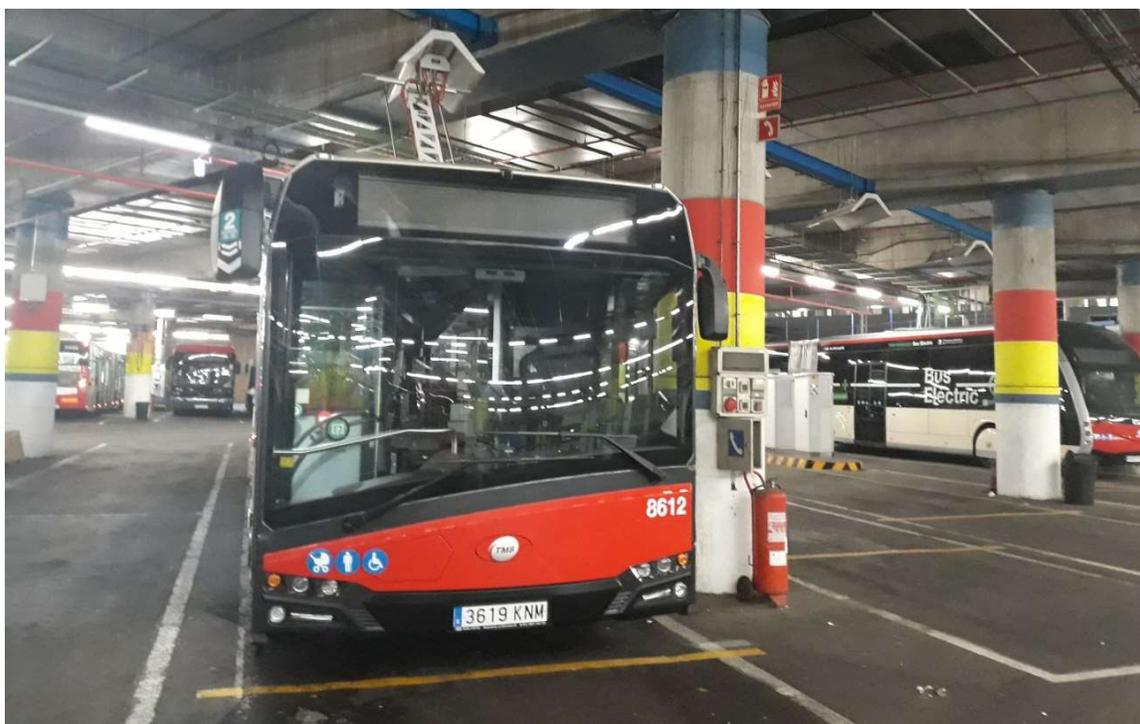
► 充电策略。资料来源:Heliox

³ Semitan 在南特运营的 e-BusWay 系统在中间站使用闪电充电。乘客上下车时，公交车会充电几秒钟。



对于主要采用机会充电的车队来说，行驶期间的充电需要大功率快充，以便最大限度缩短充电时间、方便运营。如果车库靠近线路终点/起点，则可以在运营场所进行机会充电。如果不靠近，则应在沿线的公共场所安装一些充电器，为机会充电提供便利。在这种情况下，在公共场所安装充电基础设施需要当地政府的规划许可（车库式解决方案可能也需要某些许可）。此外，夜间充电是为了平衡电量，并在次日将公交车投入使用前对其进行预处理（暖通空调 (HVAC) 要求和电池预热）。同样，在充电期间和窗口期也宜考虑计划外的充电事件。

▶ 通过插头式解决方案进行车库充电。资料来源:巴黎 RATP



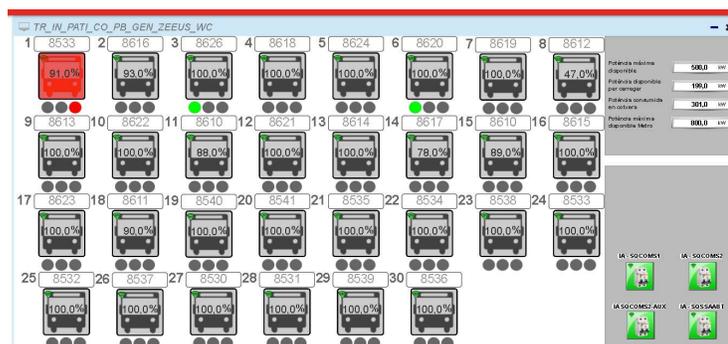
▶ 通过受电弓式解决方案 (50 kW) 进行车库充电。资料来源:巴塞罗那 TMB

若使用受电弓式解决方案，只要将公交车停放在相应的停车位上，并发出开始充电的指令，充电就会自动进行。通常情况下，这会由驾驶员进行。在车库时，插头式充电始终是备用选项。在仅采用手动插头式解决方案的车库中，充电仅可由持有资格证书的员工进行，因为员工需要插拔充电器和车辆插头。

► 在公交车站进行可互操作的大功率机会充电 (500 kW)。资料来源:巴塞罗那 TMB



宜考虑智能充电或非峰时充电；从长远来看，还可以考虑使用外部电池（充电电池/蓄电池），提高谷价时段的储能容量。这有助于减少电网压力和能源支出。



► 在车库进行充电监控。资料来源:巴塞罗那 TMB

案例研究

瑞典 Keolis

瑞典 Keolis 与能源供应商 Vattenfall 签订了一项协议，允许其管理并调整电力输送，以免电网过载或停电。在车库输电柜中安装额外设备后，能源供应商便能控制 Keolis 车库的能耗。一旦检测到电网频率下降，这项控制措施便会立即启动。这对操作员的影响非常有限，持续时间虽然仅有几分钟，却能大大降低局部停电的风险。这种双赢的解决方案保留了电网的全部容量，为电网管理者提供了安全保障，同时运营商也因这种灵活性而获得了补偿。



案例研究

Go-Ahead 滑铁卢车库

滑铁卢车库电动车改装的前期资本成本为 20,000,000 英镑，用于 51 辆公交车和相关基础设施，包括车辆维修制度。该系统采用通宵充电的方式供电，以此减轻电网压力，且受益于更便宜的非峰时电价。场地中间建有一座充电岛，岛上有 43 个智能充电装置。连接到公交车后，充电器会根据现有续航里程和次日里程需求计算所需电量。该系统可确保所有公交车的均衡用电量，最大限度降低电池过度使用的可能性。如有需要，滑铁卢车库还在战略位置安装了一些快充装置。相比使用标准装置而言，充满电量仅需一半时间（4 小时而非 8 小时）。



▶ 在滑铁卢车库用插头充电。资料来源:伦敦 Go-Ahead

设计与布局

基础设施可以安装在高处（各停车位无需安装充电器和电缆），且可以通过命令车辆和充电器自动启动充电（无需专职员工操作），因此在车库设计与布局方面，使用受电弓式技术可以节省空间，减少基础设施和人力成本⁴。此外，由于周围没有铺设电缆（开车碾压会造成损坏，或影响非专业人员的安全），因此不存在设备损坏或人员安全风险。



▶ 受电弓式支架充电：a) 哈莱姆车库 (Transdev NL) 的露天支架基础设施；b) 埃因霍温车库 (Hermes/Transdev) 天花板上的室内支架。资料来源:A. Abdulah (UITP)

⁴ 虽然初期成本较低，但插头式基础设施更容易损坏和磨损，可以假设在车辆的使用寿命内（通常为 15 年），电缆和充电器需要更换数次。

说到这里，有些城市的经验就很有借鉴意义：插头式充电基础设施也安装在高处，如智利圣地亚哥的 El Conquistador 车库，有 200 辆由 STP 运营的纯电动公交（共 350 辆欧六柴油车）。



► 智利圣地亚哥 El Conquistador 车库充电基础设施。资料来源:Red Metropolitana de Movilidad 和《En Concreto》杂志。

为减少运营问题或风险、健康和安全问题，插电式充电基础设施车库布局的其他考虑因素包括：

- 调整停车位，最大限度利用公交车和基础设施的任何现有地面，确保充电过程得以安全而高效地进行。
- 调整车流方向，使充电顺序与每日车辆分流计划中的公交服务需求相适应。这就有必要对收发车流程进行审查和调整。
- 建造中心岛和人行道，将充电器放置在公交车停靠处附近，员工便能在繁忙的操作环境中安全操作。
- 给出固定而清晰的停车布局，明确标示出停车位，确保驾驶员清楚知道车辆停放的位置和方式，即在所分配充电器的附近，以便充电。考虑为因电池问题而被隔离的车辆提供安全的停放区域，将该区域与其他区域隔离，或在空间狭窄的情况下，在公交车组队之间安装防火墙或其他设施。
- 增加公交停靠间隔，使员工能够安全而舒适地进行充电操作。

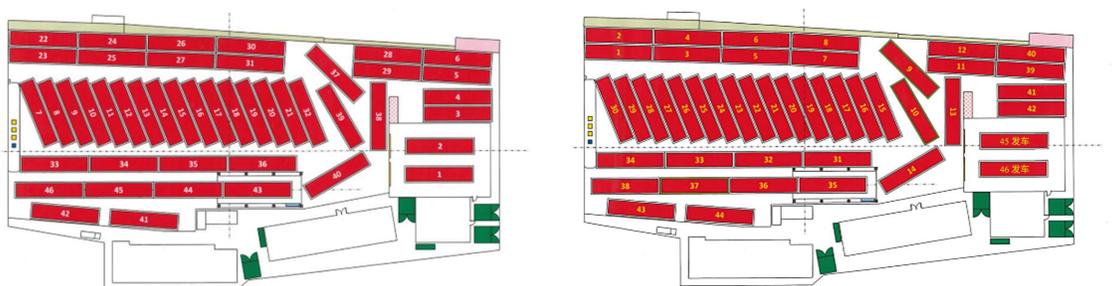
安装减速带或保险杠，以防在停放或操纵公交车时对充电器和机柜造成撞击。维修车辆可能需要载人升降机或其他设备。要考虑将相应设备放置在适合维护活动的位置（高度适当、远离其他设备、通道等），并适当考虑安全因素。例如，设备离地面有多高？是否可以安全操作？电线是否会带来绊倒危险？设备是否能抵御外界因素（寒冷、炎热、雨雪、日晒、灰尘等）的影响？节省空间的解决方案既适用于现有车库，也适用于新建车库：

- 集装箱式解决方案：可将设备放置在必要时可以移动的集装箱中。
- 高架解决方案：采用受电弓技术的天花板支架，或插头充电卷盘。
- 双充电插座：根据 OEM 的明确要求，在公交设计的两侧安装直流 CCS2 插入式充电插座，可使停车布局更加灵活，并能在多辆停靠的公交车之间共享充电点。该方案可减少基础设施点/成本和所需空间。
- 斜角充电插座（用于插头式解决方案）：原理为将充电器的插入角度调整为与公交车成 45 度角。通过弯曲和调整插头和插座的方向，可减少公交停靠间隔。

收发车流程

考虑到意外充电事件的潜在需求，可能需要调整运营车辆分流及收发车时间，以便在夜间延长充电时间或在白天进行多次充电。

驾驶员首次进行巡视检查需要进行修改和调整，以便适应新的车辆技术 — 检查区域/点与柴油车有所不同。



▶ 伦敦滑铁卢车库收发车安排。资料来源:Go-Ahead

运营设计

要使运营适应新技术，就必须充分利用新技术的能力。部分考虑因素如下：

- 由于电池容量和重量的限制，需要调整车辆行驶分流和充电制度，以便适应现有行驶里程能力；考虑到电池容量会随时间退化，行驶里程能力会有所降低。宜考虑高/低环境温度，以及其他影响公交调度的环境因素。
- 如果可能，宜将车辆电池容量规定为完成每日行驶里程所需容量的 120%（考虑到未来电池容量会出现衰减）

- 选择车辆/供应商时，宜将能耗作为重点标准，并充分评估车辆重量、传动系统效率和再生制动能力
- 设计足够的 IT 资源，以满足员工对运营信息的需求。
- “第二代”电动汽车设计将为行业提供关键支点 — 重量更轻、能耗更低、所需电池容量更小
- 必须特别注意车辆高度的变化 — 车顶电池或受电弓可能会改变单层/双层车辆的整体高度（低桥、维护大厅、树枝.....）

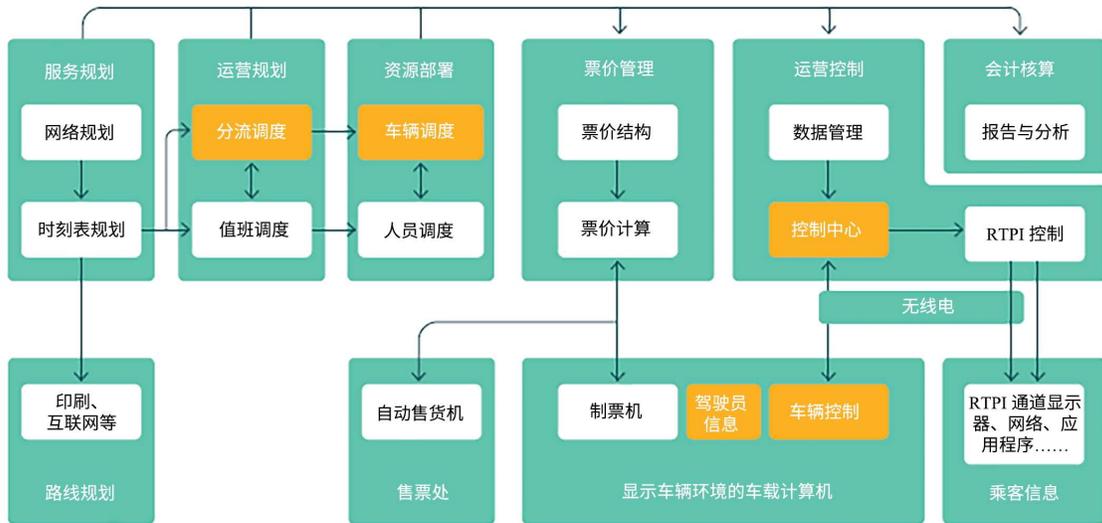
用于车队运营和监控的 IT 工具

电动公交规划和运营的大部分步骤通常由 IT 系统管理。相应系统需要适应不断变化的车队运营要求，包括公交车库的要求。

从子系统的运行和集成（排程、调度、智能充电、储能、充电系统、高压系统、闭路电视 (CCTV) 等）到车队监控（里程、能耗、充电状态 (SoC)、健康状况 (SoH) 等），实施适当的后台系统是车队成功转型的关键。

因此，可能需要投资实施硬件/软件，以便对关键资产进行实时监控：基础设施（充电期间）和车辆（行驶期间）。后者对于确保在电池保修条件和使用条款范围内驾驶车辆尤为重要。

公交行驶 IT 系统环境的典型要素如下图所示。该图显示了系统对与提供运输服务直接相关的所有主要业务流程的支持情况。



► 公交运营商 IT 系统概览。资料来源:《大规模公交电气化: IT 系统面临的新挑战》报告,

每个白色矩形代表一个主要功能模块, 通常相当于硬件和/或软件系统; 绿框代表相应模块在更高层次上的组合。箭头线表示模块之间的数据流; 箭头表示主要数据流方向。

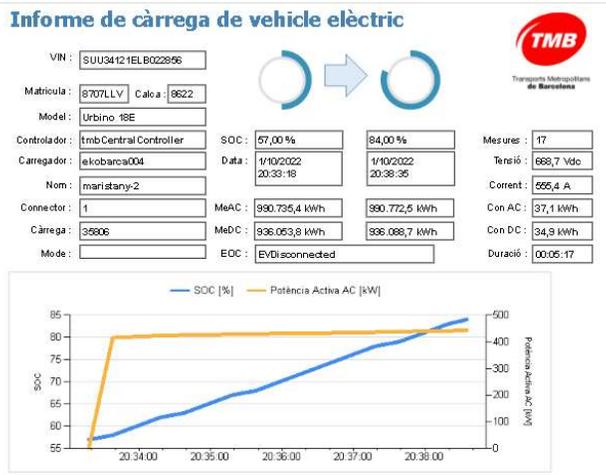
橙色高亮显示的模块是引入电动公交后受到最大影响的模块。其中, 资源部署(包括车辆调度和人员调度)与车库管理以及充电管理和运营控制密切相关, 特别是通宵充电。

资源管理流程通常分为两个步骤(通常也反映在 IT 系统的结构中): 资源规划与调度。就车辆而言, 调度流程与车库管理流程密切相关, 因为车辆可用性在很大程度上取决于车库活动, 如维护、清洗、加注燃料/充电和停车位置, 本报告各部分已对此进行了讨论。

电动公交的引入对资源管理流程以及相关软件系统提出了一系列额外要求。这主要影响到车辆规划/调度和车库管理流程, 但对人员规划/调度也有一定影响。车库管理中的某些 IT 影响还包括但不限于:

- 对于车辆在车库仍与外部电源连接时的预处理, 车库管理系统必须根据车辆调度来规划、按时启动并控制预处理过程。
- 两次行驶间隙, 车辆可在车库充电, 以便充满下次行驶所需的最低电量。车库管理系统必须对车库充电点的车辆分配进行相应规划和控制。

- 必须能从充电基础设施中检索到有关实际充电执行情况和由此产生的 SoC 信息，据此更新/重新计算里程和车辆分配。因此，电动车库管理和充电管理系统需要与充电基础设施建立新接口。
- 在值班规划和人员调度方面，必须考虑到驾驶员和维护人员处理电动汽车和充电基础设施的特定技能和资格认证。



► 监控电动公交充电。资料来源:TMB

如欲更全面地了解 IT 系统、其对公交运营的影响以及该领域的未来展望，请参阅 UITP IT 委员会最近发布的报告《大规模公交电气化：IT 系统面临的新挑战》[请点击此处访问](#)。

清洗和清洁

必须对车辆清洗和清洁制度加以调整，以便在车辆连接到充电基础设施时不执行涉及大量用水的流程。

维护

为了执行维护任务，车库车间的设计需要符合操作某种技术的设施和设备方面的所有必要要求，并确保员工的安全工作条件。例如，可能需要对工程车间加以调整，以便在专用区域开展专业维修和维护活动（高压、高空作业）。

纯电动公交的运营和维护需要考虑以下因素：

- 高空作业、接近暖通空调 (HVAC) 系统、电池等
- 电气设备工具
- 安全规程
- 接地装置、专用工具
- 个人防护设备 (PPE)
- 焊接等动火作业
- 自动探测和灭火系统：烟雾探测器和自动喷水灭火装置、火灾报警器
- 电池问题/故障车辆隔离区

在需要对车顶（电池、受电弓）进行维修和维护的情况下，相应人员可能需要接近设备（接近车顶设施、安全带）和高空作业的培训。

任何与电气维护和电池相关的任务都必须由持有资格证书的专业受训人员来完成。同样，必须适当界定车间，特别是控制区，并确定其履行的相应功能。对于仅采用一种技术的车库而言，可能没有必要这样做，但对于采用多技术的车库而言，宜明确划分和标识不同车间。

工程车停车位可能需要安装额外的较小/较低功率充电点，以便在维修和维护活动期间保证车辆电量充足。

最后，充电基础设施需要由持有高压处理资格证书的受训电工进行维修和维护 — 架空解决方案需要接近天花板支架。

员工培训

机械和工程人员

纯电动公交的运动部件较少，对润滑油和过滤器的依赖性有所降低，因此大大减少了车辆的维护工作。尽管轮毂电机需要冷却液和空气压缩机油，但最重要的传动系统对维护的依赖性要小得多。

操作/调度人员需要了解车辆的续航里程限制，并监控电池的充电状态和健康状况，最大限度减少电量耗尽造成的故障和其他不便。例如，调度员、楼层管理人员和经理需要了解路上行驶公交车的充电状态，或是被选中驶出或即将驶入车库公交车的充电状态。

工程技术人员需要接受从处理传统内燃机传动系统到高压传动系统的培训。例如，在开始维修和维护 (R&M) 活动前，对高压系统进行安全搬运和隔离，以及使用正确/专用的 PPE。需要获得高压作业资格证书。机械师和工程师需要学习安全规程。因为一旦发生事故，他们很可能是领导者，因此需要接受应急响应/公交车隔离规程，以及帮助急救人员进入现场的培训。

驾驶员

纯电动公交车的驱动、声音和性能都与柴油公交车不同。驾驶员需要接受培训和再教育，以便适应新任务和对应车辆类型的处理。例如，需要接受安全方面的培训和节能驾驶培训，特别是在加速和制动方面更是如此。纯电动公交有众多优点：由于采用了再生制动，其刹车片磨损非常有限。

最后，在使用受电弓式解决方案驾驶公交车时，充电成为了驾驶员日程安排的一部分。公交车驾驶员会在公交车站路线上充电，也会在沿线休息，喝咖啡或吃午饭。

案例研究

马德里 EMT - 电动汽车培训

第 1 级 - “混合动力和电动汽车”，21 学时

培训内容包括关于牵引系统和车载能源的理论知识，随后是车辆实践环节。

第 2 级 - “电力工程人员授权”，21 学时

了解员工在电力部门的工作岗位和经验，及其模块学位、职业培训或其他课程培训的完成情况，判断该员工以前是否接受过培训，进而确认其接受过相应主题的培训。工作人员要想操作车辆和进行安全设置，就必须接受培训。培训内容包括根据车辆品牌确定的必要条件和要求，通常由公交原始设备制造商 (OEM) 进行培训。培训详细介绍并展示了车队所有品牌和类型车辆的规程。成功完成培训后，员工便能获得操作无电压车辆的证书，即在将车辆设置为安全模式并验证无电压（电池除外）之后。

第 3 级 - “资格认证”，14 学时

工作人员要想对电池或任何带电压的组件进行操作，就必须获得资格证书。培训由公司外部的授权组织提供。培训内容包括与车辆带电压操作有关的必要知识，以及对车辆中因故障或无法安全断开电压而未释放电压的组件进行操作的必要知识。要获得资格认证，员工必须成功完成上述三个级别的培训。持有资格证书的员工可对任何车辆组件进行高压操作，也可自行更换电池中的电芯。

D. _____ con NIF _____
Y/Nº empleado _____ Pertenece a la EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTES DE MADRID S.A. desde el _____ y realiza los siguientes trabajos eléctricos:
Trabajos en baja tensión definidos en el R.D. 617/2001.

Teniendo en cuenta su capacitación y formación, el trabajador se nombra:

Trabajador autorizado: Trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta, según los procedimientos establecidos en el Real Decreto 614/2001.

Trabajador cualificado: Trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años¹.

Para la realización de los trabajos anteriormente descritos, teniendo en cuenta el siguiente cuadro:

| Clase de trabajo | Trabajos en tensión | | Mantén, sustitución, montaje y modificaciones | | | Trabajos en potencial | |
|------------------|---------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------|
| | Operación | Exposición y reparación de la tensión | Reparación | Mantenimiento | Mantenimiento | Preparación | Reparación |
| Baja tensión | A | T | C | A | A | A | T |
| Alta tensión | C | T | C + AE em vigilancia de su pda de trabajo | C de C capacitado por A | C de A | C | A T vigilado por A |

T= Cualquier trabajador
A= Autorizado
C= Cualificado
C+AE= Cualificado y autorizado por escrito

1. Los trabajos con riesgo eléctrico en AT no podrán ser realizados por trabajadores de una ETE (R.D. 216/1999)
2. La realización de las distintas actividades contempladas se hará según lo establecido en las disposiciones del R. D. 614/2001

| | | |
|---|----------------------|----------------------|
| Firma de la empresa, Dirección de Recursos Humanos | Firma del trabajador | Fecha: 12/03/2021 |
|---|----------------------|----------------------|

¹ Documento adjunto certificando la experiencia, en su caso. Para la cualificación se exige la realización adicional de un curso específico de capacitación.

▶ 培训结业证书。资料来源:马德里 EMT

表 1. 所需个人和集体设备

| | | |
|---------------|---|--|
| 个人防护设备 | | |
| 绝缘手套 |  | |
| 防护屏 |  | |
| 集体安全要素 | | |
| 防护信标 |  | |

放电杆



绝缘安全垫



方向盘罩 (安全锁)



连接器锁定挂锁



施工工具

绝缘工具



电压检测仪



绝缘检测仪



手册与指南

部署纯电动车队时，识别并最大限度降低潜在风险是需要执行的主要流程之一。

驾驶和操作纯电动公交车需要采用全新流程，保护员工、乘客或承包商的安全。这样一来，在基础设施施工之前、期间和之后，均要制定全面安全计划，包括仅有持有资格证书的人员（而非驾驶员）才能对公交车进行充电和维护的持续方法。

需要实施安全操作规程，帮助员工处理可能遇到的问题。例如，在车辆道路和运输管理局中该做什么/与谁联系。例如，在道路呼叫和/或故障情况下，制定适当的响应和拖车措施。

灭火系统规格必须与常规柴油车上安装的灭火系统规格有所不同，这是因为电气故障/电池热失控会引起火灾。

风险评估还宜考虑电弧闪光、高空坠落（平台上的工人）、电池寿命终止和适当处置。在此基础上，需要考虑更新火灾、泄漏、危险材料、应急响应和任何其他设施计划。

员工（车库内/外）

在工人进行干预时，要用锁来切断公交车电流。一般来说，好的做法是采用“上锁挂牌（LoTo）”程序，以便工人进行安全干预。

应急响应人员指南（车库内/外）

与外部应急服务协调的应急规程。

安全法规与标准

运营纯电动公交必须遵守相关法规和标准，首先要获得运营所需的许可和批准，其次要以安全而健康的方式运营，保护员工和公众免受潜在风险影响。

与公交行驶相关的常见风险包括事故、爆炸、火灾、（员工）触电/遭到电击，必须将其降至最低水平并适当缓解。风险应急计划大多是根据公司战略制定的。

致谢

本系列概况介绍由 UITP 公交委员会和 CVT T1 公交车库改造工作组成员合力编写而成。感谢马德里 EMT 和瓦隆尼亚 TEC 在这项工作中发挥的领导作用，并感谢所有提供意见的成员。

作者和撰稿人

Lidia León Talavera (马德里 EMT)

Christophe Martin (TEC)

Juan Abel Arias (Mobility ADO)

Josep Ariño (TMB)

Josep Maria Armengol (TMB)

Mario Canet (TMB)

Paul Debacker (STIB)

Thierry Guinard (Keolis)

Matthew Greener (Arriva)

Kan Horikiri (Michinori Group)

Francesco Manzulli (米兰 ATM)

Vasco Matos (Carris)

Robert Pribila (Wiener Linien)

Wolfgang Reitmeier (VDV)

Peter Robinson (Go-Ahead)

Marc J. Tuozzolo (新泽西捷运, NJ Transit)

Pascal Vachon (蒙特利尔 STM)

Philippe Vandewauwer (STIB)

Aida Abdulah (UITP)、Charlotte van Hek (UITP)

BEB 和 FCHB 技术附件

可在 MyLibrary 的 Excel 文档中查阅相应内容



ADVANCING
PUBLIC
TRANSPORT

这是国际公共交通联合会 (UITP) 的官方报告。UITP 代表了公共交通部门主要参与者的利益。其成员包括交通主管部门、所有集体客运方式的私营和公共运营商以及业界。UITP 负责客运的经济、技术、组织和管理方面，以及制定全球出行和公共交通政策。

本报告由 UITP 公交委员会和 CVT T1 公交车库改造工作组成员合力编写而成。感谢马德里 EMT 和瓦隆尼亚 TEC 在这项工作中发挥的领导作用，并感谢所有提供意见的成员。

