

动力电池产线数字化 规划技术实践研究

李明将, 李鑫, 赵晟

一汽-大众动力科技有限公司 广东佛山 528225

摘要: 聚焦于动力电池产线数字化规划技术的实践研究, 旨在通过先进的数字化手段优化产线布局、提升生产效率与降低成本。数字化规划技术不仅能够提高产线效率与灵活性, 还能降低生产成本, 为动力电池制造的智能化、自动化转型提供了有力支撑。

关键词: 数字化规划; 3D工厂; 仿真; 虚拟调试; 工厂可视化

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.06.004

随着新能源汽车产业的迅猛发展, 动力电池作为其核心部件, 其性能与生产效率对新能源汽车的竞争力具有决定性影响。然而, 传统的动力电池产线规划往往依赖于人工经验, 存在效率低下、成本高昂以及灵活性不足等问题, 难以满足当前市场对高质量、高效率生产的需求。

通过集成先进的建模、仿真及优化手段, 能够实现对产线布局的精准设计、生产流程的高效规划以及生产性能的全面评估。

笔者搭建了数字化工艺规划一体化平台如图1所示, 主要包括五个模块: 工艺规划模块、工艺仿真模块、虚拟调试模块、流程仿真模块以及工厂布局模块。

生产线工艺开发确实是一个高度系统性和综合性的工程, 如图2所示, 它贯穿于产品设计、生产准备、

实际生产以及后续改进的全过程。为了确保产线工艺开发的高效性和质量, 选择合适的工具软件以及建立相应的流程和标准至关重要, 同时, 秉持产品全生命周期工艺开发的理念也是不可或缺的一环。

3D工厂建模及干涉检查

在工厂设计与规划阶段, 运用专业的三维建模软件西门子Technonatic系列中的processdesigner, 依据实际测量数据和设计要求, 精细构建出工厂的三维数字化模型(见图3)。该模型不仅准确反映了工厂的空间结构和布局, 还具备高度的交互性, 为后续的分析与优化提供了坚实基础。随后, 利用先进的干涉检查技术, 对工厂内各类设备进行详尽的空间冲突分析, 及时发现并修正潜在的设备干涉问题(见图4), 确保工厂布局的合理性与设备运行的顺畅性, 为工厂的高

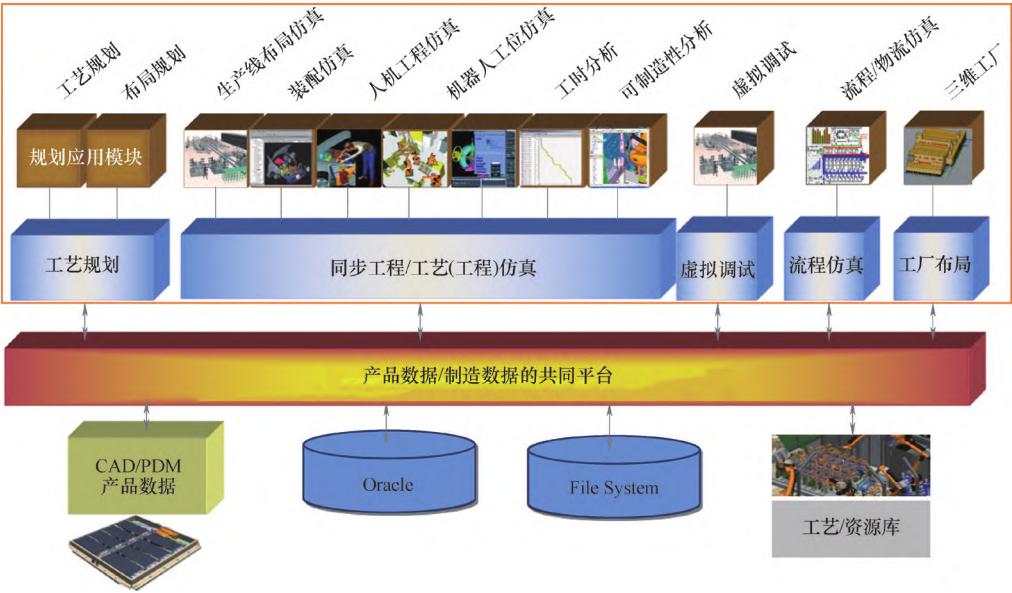


图1 数字化工艺规划一体化平台

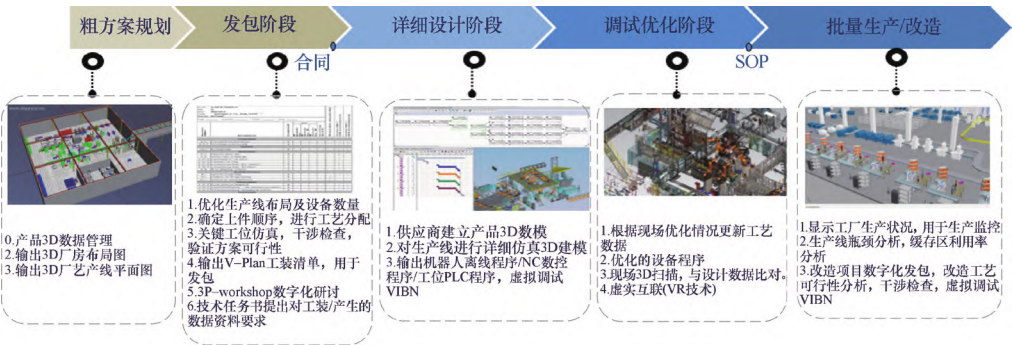


图2 数字化规划在项目各阶段应用

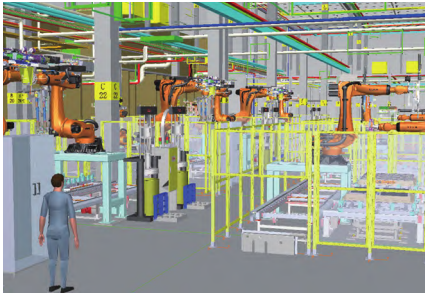


图3 动力电池车间三维建模

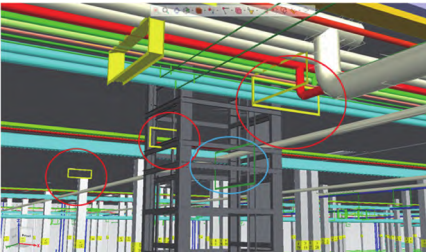


图4 动力电池车间设施三维干涉检查

效、安全运营提供了有力保障。

生产线工艺仿真

在电池产线的设计与优化过程中，引入了西门子 Process Simulate 仿真工具。通过对产线各环节的精确建模与仿真（见图5），深入分析了生产流程中的每一个细节，有效识别并解决了潜在的效率瓶颈（见图6）。这一过程不仅提升了产线的整体运行效率，还确保了产品质量的稳定性。借助Process Simulate，成功实现了



图5 电池产线工艺动态仿真



图6 动态仿真工艺干涉检查

电池产线工艺的全面优化，为电池制造的精益化、智能化生产奠定了坚实基础。

工厂物流仿真

采用西门子Plant Simulation软件，对电池产线进行高精度的3D工艺仿真。通过细致建模，全面复现产线布局与设备交互，深入分析生产流程，精准预测产能与效率。这一方法不仅帮助提前发现并解决潜在的生产瓶颈，还优化了资源配置，提升了整体生产效率。借助Plant Simulation的功能，成功实现了电池产线工艺的智能化模拟与优化，

运用西门子Plant Simulation软件，针对电池产线展开详尽的3D工厂物流仿真。通过如图7所示的高精度建模，精确模拟了物料流动、设备交互及人员操作等关键环节，深入剖析了物流系统的效率与瓶颈。这一过程不仅帮助优化了物料路径与库存管理，还显著提升了整体物流效率与响应速度。借助Plant Simulation的先进功能，成功实现了电池产线物流系统的智能化仿真与优化，保证了电池生产的高效、流畅性。

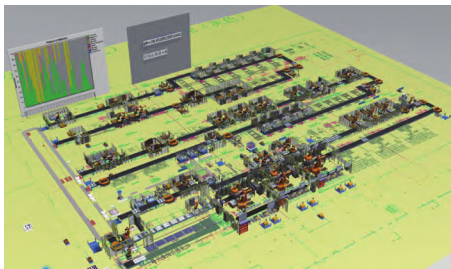


图7 动态仿真工艺干涉检查

产线虚拟调试

在电池产线的开发与优化过程中，引入了图8所示的虚拟调试模型，通过构建高精度的虚拟产线模型，

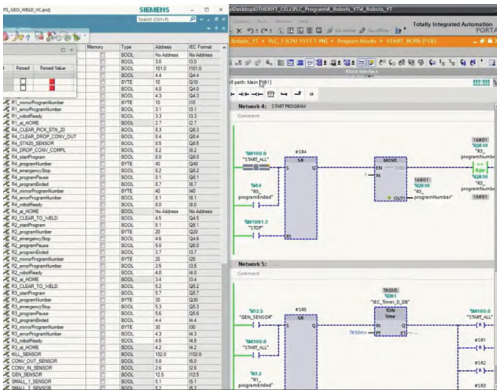


图8 产线开发虚拟调试模型

全面模拟了实际生产环境，能够在虚拟环境中对产线进行详尽的调试与优化。这一过程不仅显著缩短了产线调试周期，降低了调试成本，还大幅提升了产线运行的稳定性和效率。借助虚拟调试技术的强大功能，成功实现了电池产线的高效、精准调试，为电池制造的高品质、高效率生产奠定了坚实基础。

三维点云扫描技术

在电池产线的构建与优化中，采用Faro三维点云扫描技术。该技术通过高精度的三维激光扫描设备，迅速获取产线设备的三维点云数据，为后续的三维建模与工艺仿真提供了精准的基础。借助这一技术，不仅实现了产线布局的快速优化，还显著提升了设备安装的精度与效率。在产线建设完成后，通过点云扫描构建虚拟工厂模型，类比修正前期设计模型，保证了虚实结合的双胞胎工厂模型一致性，作为数字资产可用于未来产线的进一步扩容改造。

基于Unity 3D的三维可视化工厂

U3D引擎，即Unity3D，是一款功能强大的跨平台游戏引擎，支持2D和3D游戏开发。它广泛应用于游戏、VR/AR、建筑可视化等领域，以其易用性、跨平台能力和活跃的社区支持而受到开发者的喜爱。利用Unity 3D引擎开发了一款三维可视化的电池工厂模拟系统。该系统通过精细的三维建模，全面复现了电池工厂的生产环境、设备布局及工艺流程，实现了生产过程的直观展示与实时监控。借助Unity 3D的渲染与交互功能，用户能够轻松浏览工厂的各个角落，深入了解生产细节，为电池工厂的高效管理、优化决策提供了有力的可视化支持。

(下转第60页)

动润滑的减速器的润滑效果得到改善。从图8可以观察到，在倒车工况下，随着油泵电压的增加，在4775r/min时，主动润滑的润滑效果得到改善，但是在6000r/min时，主动润滑的润滑效果变差。

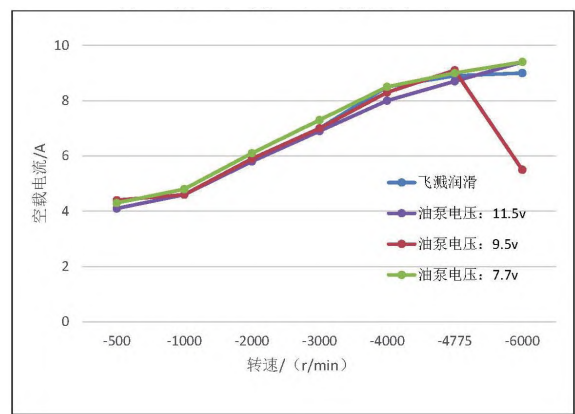


图8 不同流量时整车倒车工况-空载电流测试结果对比

结语

基于本文的试验背景，新能源汽车电驱系统减速器通过系统结构优化、润滑系统油量的调整，采用主动润滑和飞溅润滑方式都可以取得较好的润滑效果。减速器润滑性能是由多种因素共同作用的结果，在实

（上接第53页）

结语

本文通过对动力电池产线数字化规划技术的深入实践研究，探讨了如何利用先进的数字化手段提升产线效率、降低成本并增强生产灵活性。通过采用Unity 3D引擎进行三维可视化建模，实现了对电池工厂生产环境的直观展示与实时监控，为优化决策提供了有力支持。

同时，还引入了虚实互联技术和Plant Simulation软件，对电池产线进行了详尽的工艺仿真与物流仿真。这些技术不仅帮助我们提前发现并解决了潜在的生产瓶颈，还显著提升了整体生产效率和物流响应速度。

动力电池作为新能源汽车的核心部件，其性能与生产效率对新能源汽车的发展至关重要。本研究通过数字化规划技术的实践应用，为动力电池产线的智能化、自动化转型提供了有力技术支撑，推动了新能源汽车产业的创新发展。

展望未来，将继续深化数字化规划技术的研究与

际的产品设计过程中要综合全面的考虑各种因素的影响力。

参考文献:

[1] 乐智.纯电动汽车电机驱动系的冷却系统设计与研究[D].天津:河北工业大学,2011.

[2] 张忍.地铁齿轮箱轴承飞溅润滑数值仿真分析研究[D].郑州:中原工学院,2022.

[3] 王楠.机车齿轮润滑油流场仿真分析[D].大连:大连交通大学,2019.

[4] 张佩.电动汽车减速器搅油损失的理论、仿真及实验研究[D].镇江:江苏大学,2017.

[5] 刘桓龙,谢迟新,李大法,等.齿轮箱飞溅润滑流场分布和搅油力矩损失[J].浙江大学学报(工学版),2021,55(5):875-886.

[6] 傅志红,郭鹏程,刘祥环.电动汽车高速减速器润滑仿真分析与试验[J].重庆理工大学学报(自然科学),2021,35(1):1-7.

[7] 葛海龙,刘敏,乔良,等.润滑油量对某油冷电驱动系统散热性能的影响[J].上海汽车,2019(12):35-40,45. **AUTO1950**

应用,不断优化动力电池产线,为新能源汽车产业的持续健康发展贡献更多力量。

参考文献:

[1] 聂卫东.企业信息化数字化系统建设的战略规划与实践路径探讨[J].产品可靠性报告,2024(11):37-38.

[2] 王涛.中国信息通信研究院产业与规划所城市数字化部副主任刘小林:以城市数字化转型助力城市高质量发展[N].贵阳日报,2024-11-01(2).

[3] 张志亮,张九丽,杨自诚,等.企业数字化转型规划模型研究[J].互联网周刊,2024(4):34-36.

[4] 李亚东,赵利.浅谈工厂车间智能制造发展趋势[J].现代制造,2024(11):48-50.

[5] 张善翔,胡力宏,周巍,等.5G+数字孪生在数字化工厂中的应用[J].通信与信息技术,2023(4):24-26,117. **AUTO1950**