

三维数字化技术在石化智能工厂中的价值及典型应用探讨

李 斌 (中国石油呼和浩特石化公司, 内蒙古 呼和浩特 010070)

摘要: 数字化转型已经渗透到各个行业和领域, 其中, 石化工厂尤为明显。当前, 数字孪生等三维数字化技术在石化智能工厂中发挥了越来越重要的作用。为此, 本文对其应用价值进行简单分析, 并从生产过程模拟、设备维护与故障预测、生产优化与节能减排、安环管控以及腐蚀监测与管理等方面分析数字孪生三维数字化技术的典型应用, 旨在能够为推动数字化、智能化工厂建设提供帮助。

关键词: 智能工厂; 生产管控; 石化; 数字孪生

0 引言

数字孪生技术是将海量数据与时间联系起来, 并通过包括 5G 在内的物联网技术向云端传输, 将现实世界投射到数字世界之中, 再通过三维可视化重构之后, 展现给用户^[1]。其模拟与优化功能可以对石化生产过程中的各种设备和流程进行精确的模拟和优化, 同时能够及时发现生产过程中的各种问题和风险, 并采取相应的措施进行解决和防范。因此, 石化智能工厂应当重视三维数字化技术, 并将其充分应用到生产各环节中, 为推动石化产业发展提供信息与技术支持。

1 三维数字化技术在石化智能工厂中的价值

1.1 提高生产效率

随着科技的不断进步, 三维数字化技术已经成为了提高石化生产效率的重要手段。通过模拟和优化生产过程, 可以更加精准地掌控生产流程, 提高生产效率。例如, 数字孪生技术的应用可以实时监控和优化生产过程, 及时发现和解决问题, 避免了实际生产中的停工和调试, 从而大大提高了生产效率。

三维数字化技术不仅提供了精准的生产过程监控, 还可以通过数据分析和优化算法, 对生产过程进行深度挖掘和改进。使得石化生产过程更加高效、安全、可靠, 并且能够更好地满足环保要求。

1.2 优化设计方案

随着科技的发展, 三维数字化技术已经成为了一种强大的工具, 其能够真实地模拟产品的外观、尺寸和性能。这一技术为设计师提供了一个无与伦比的平台, 使其能够更直观地评估设计方案, 并根据模拟结果进行优化。通过该方式, 设计师可以在实际制造之前发现问题、解决问题, 从而提高设计效率和质量。

同时, 数字孪生技术的运用为设计师提供了一个全新的验证手段。该技术可以创建产品的虚拟模型, 并进行仿真和验证。确保设计的可行性和可靠性, 同时也缩短了产品从生产到上市的时间。通过该方式, 设计师可以更好地理解产品的性能, 以便进行更有效的优化。

1.3 提高产品质量

随着科技的不断发展, 三维数字化技术已经成为提高产品质量的重要手段。通过三维数字化技术, 可以精确地模拟产品的制造过程, 从而发现和解决潜在的问题, 提高产品的质量和可靠性^[2]。

在石化智能工厂中, 数字孪生技术的应用尤为突出。数字孪生技术通过对工厂生产过程中的各种数据进行实时监控和分析, 能够及时发现和解决潜在的问题, 从而提高产品的质量和可靠性。这些数据包括设备运行状态、物料质量、生产环境等多个方面。通过数字孪生技术, 可以实现生产过程的可视化、可预测和可控制, 从而达到提高产品质量的目的。

1.4 降低生产成本

通过三维数字化技术, 可以在石化产品生产初期就预测和解决潜在的问题, 避免了生产过程中的停工和调试, 从而降低了生产成本。在石化产品生产初期, 三维数字化技术通过构建数字模型, 对生产流程进行全面的模拟和预测。这使得潜在的问题在生产过程中被及时发现并解决, 避免了因故障或异常情况导致的停工和调试。该方式不仅提高了生产效率, 也降低了因停工和调试导致的额外成本。

1.5 增强数据安全性

首先, 三维数字化技术可以将石化生产过程中产

生的大量生产数据存储在计算机中，以电子形式进行保存，避免了传统纸质文档易损坏和丢失的问题。这种数据存储方式可以随时进行查阅和调用，确保了数据的可追溯性和可靠性。

其次，三维数字化技术可以实现对数据的实时监控和异常预警，及时发现和解决数据异常问题。此外，通过设置安全访问权限和加密保护等措施，可以增强数据的安全性和可靠性，防止数据被非法获取或滥用。

最后，三维数字化技术可以实现对大量生产数据的快速处理和分析，从而为生产过程的优化和产品质量控制提供及时准确的数据支持。同时，通过与人工智能等先进技术的结合，可以对数据进行深度挖掘和利用，进一步提高数据处理效率。

2 三维数字化技术在石化智能工厂中的典型应用

2.1 生产过程模拟

在石化工厂中，生产过程的复杂性往往超出了传统的管理和设计方法所能处理的范围。然而，通过三维数字化技术，能够构建出数字化工厂模型，该模型能够真实地模拟整个生产过程。从原材料的运输，到加工，再到反应等各个步骤，都可以在模型中准确地反映出来。这为设计师提供了一个独特的机会，使其能够更精确地评估设计方案，预测可能的问题，并提前进行修正。

通过模拟生产过程，设计师可以观察和分析生产线上各个设备的运行情况和相互之间的配合关系。通过预测可能出现的瓶颈和问题，设计师可以提前制定相应的优化方案和措施。例如，针对可能出现的设备故障或生产中断等问题，设计师可以提前进行设备维护和备份，以保障生产的稳定性和持续性。同时，数字孪生技术可以进一步用于对生产过程进行实时监控和调度。这意味着在实际生产过程中，一旦出现任何异常情况，都可以立即在数字孪生模型中进行调整，以最大限度地减少对实际生产的影响。除此之外，数字孪生模型还可以用于对生产过程中的能源消耗和排放进行实时监测和分析。这不仅有助于了解设备的性能特点，还可以为设备的优化运行提供数据支持，实现节能减排的目标。同时，利用数字孪生技术，还可以对生产过程中产生的废弃物进行模拟和分析找出源头及处理方法为生产优化提供支持。

2.2 设备维护与故障预测

在石化工厂中，设备的正常运行是保证生产顺利进行的关键因素。然而，由于设备运行的环境恶劣、负荷大、长期使用等原因，设备故障是不可避免的。

为了减少设备故障对生产的影响，提高设备的运行效率，三维数字化技术被广泛应用于设备维护和故障预测中^[3]。

通过实时监控设备的运行状态，可以获取设备的各种参数，如温度、压力、振动等。此类参数可以反映设备的运行状况，当参数出现异常时，往往意味着设备可能出现了故障。基于这一点，可以利用三维数字化技术对这些参数进行数据分析和预测。通过对历史数据的分析，可以了解设备的性能退化趋势，预测未来可能出现的问题。同时，基于设备属性和动设备三维零件爆破模型，可以更加高效地定位设备故障点，精确分析相关数据，从而制定出完善的检修计划和编制检修工单。这种先进的技术手段使得设备检修过程更加精确、科学和高效，大大提高了设备的使用效率和寿命。

另外，使用数字孪生技术对设备维修过程进行模拟分析，能够预测可能出现的问题和难点，从而提前制定维修计划和准备必要的工具。此外，数字孪生技术还可以在不实际拆卸设备的情况下，对设备的内部状态进行评估和预测。这有助于减少设备维修的时间和成本，同时也可以降低对设备造成二次伤害的风险。

2.3 生产优化与节能减排

在石化工厂中，生产优化和节能减排是实现可持续发展的重要手段。通过数字化工厂模型和数字孪生技术的结合应用，可以实现生产流程的优化，提高能源利用效率，减少废弃物的排放，实现节能减排的目标。

首先，数字化工厂模型可以通过模拟和分析生产流程中的各个环节，能够找出生产过程中的瓶颈和浪费环节，进而进行优化和改进。同时，数字孪生技术可以实现对生产过程中产生的废弃物进行模拟和分析。通过对废弃物的来源、性质和处置方式进行模拟和分析，可以找出源头及处理方法，为生产优化提供支持。其次，数字孪生技术还可以实现能源管理和节能减排。通过实时监测设备的能耗和排放情况，可以及时发现能源浪费和环境污染问题。同时，数字孪生技术可以模拟设备的运行情况和性能特点，为设备的优化运行提供数据支持。通过调整设备的运行参数和优化设备配置，可以实现能源的有效利用和减少废弃物的排放。最后，数字化工厂模型和数字孪生技术的结合应用可以实现生产过程的可视化和智能化。通过实时数据采集和可视化展示，可以及时了解生产过程中的各种情况和问题，并做出智能决策和调度。这种

智能化的生产方式可以提高生产效率和质量，并降低生产成本。同时，数字化工厂模型和数字孪生技术的结合应用还可以帮助企业更好地适应市场的变化，提高竞争力。

2.4 安环管控中的应用

石化企业生产管理中，对于安全环保领域的管控力度要远超其他生产制造企业，因为一旦石化企业出现安全事故，其造成的安全与环保影响极大。并且，当前智能石化工厂存在着安环管控情况复杂、相关人员稀少等问题。除此之外，相关部门要求石化企业在出现问题时，响应时间要短、处理速度要快、影响要控制到最小^[4]。为满足上述要求，智能石化工厂在安环管理过程中，需要利用平台对设施信息、运行状况以及其他相关因素进行准确跟踪。而利用三维数字化技术，能够为上述要求提供良好的技术、信息支撑。

具体实施过程中，石化企业安环管理部门可以在污水排放点增设泄漏检测与修复模块（LDAR）以及数据监测传感器，以此来实现实时监测污水排放点的泄漏情况以及相关的环境数据，当发生泄漏时，模块和传感器会立即触发警报，同时将检测数据发送至管理系统。在接收到检测数据后，三维数字模型可以进行分析和预测。该模型可以利用大数据分析和机器学习技术，将当前的检测数据与专家数据库中的历史数据进行对比分析。通过模式识别和趋势预测，模型可以准确地预测出可能出现的安环风险，并评估其可能的影响。同时，在此基础上，管理系统可以将预测结果与专家数据库中的最佳实践数据进行对比，从而针对泄漏修复、设备维护、生产流程调整等多个方面给出优化建议与处理措施，以确保生产过程的安全性和环保性。

除此以外，智能石化工厂还可以结合安全风险等级自动评估模型以及监控集成系统，可以更有效地进行生产过程的安全管理。对于具有高风险等级的环节，工厂可以提前进行干预，采取更加严格的安全措施，以防止事故的发生。同时，监控集成系统提供的大量数据也可以用于评估模型的优化与改进，使模型能够更准确地反映工厂的实际状况。

2.5 腐蚀监测与管理中的应用

石化企业因其产品的特殊性，致使其成为腐蚀高发行业。因此，对于石化企业来说，腐蚀管理是其日常生产中的重点环节。根据石化生产的特性，其腐蚀管理大致可以分为管道内部腐蚀与管道外部腐蚀。

管道内部腐蚀与内部介质、流速等因素有关。内

部介质性质，如腐蚀性、温度、压力等，以及流速的变化都会影响管道的腐蚀速率。管道外部腐蚀与空间布局、工厂环境（温度、湿度）等因素有关。由于管道长时间暴露在环境中，外部腐蚀问题也不容忽视^[5]。

通过三维数字化技术，可以模拟管道所处环境的物理和化学特性，评估外部腐蚀的风险。同时，可以在重点腐蚀管控部位加装传感器并实行编号管理，实时监测外部环境因素的变化，以及腐蚀情况的发展。当管道发生腐蚀时，利用三维数字化技术可以实现快速报警和自动扩检。通过将检测到的腐蚀数据与预设的安全阈值进行比较，一旦发现超过阈值的情况，系统可以立即触发报警机制，通知相关人员进行处理。同时，利用三维模型可以准确预测腐蚀的发展趋势，为维修和更换管道提供决策支持。

此外，通过将实验室信息管理系统（LIMS）与腐蚀监测系统对接，可以利用三维数字化技术对腐蚀成因及速率进行分析。通过大数据分析和机器学习等方法，可以对腐蚀数据进行处理，识别影响腐蚀的关键因素，为优化管道设计和提高防腐效果提供科学依据。在三维模型上，利用分析结果可以对石化管道进行复检。通过对模型的虚拟操作和评估，可以直观地展示管道的腐蚀情况和健康状态。这不仅有助于提高腐蚀管理效率，还可以为预防性维护和安全生产提供有力支持。

3 结语

综上所述，三维数字化技术在石化智能工厂中具有极高的应用价值。利用三维数字化技术不仅可以提高生产效率、优化设计方案，还能够提高产品质量、降低生产成本，同时还可以增强数据安全性。随着科技的不断发展，有理由相信三维数字化技术，将在石化工业中发挥越来越重要的作用，为人们的生活和工作带来更多的便利和效益。

参考文献：

- [1] 王华, 魏岩. 数字化交付模式下三维数字化工厂建设[J]. 油气与新能源, 2022, 34(04): 93-98.
- [2] 张剑. 三维数字化技术在化工智能工厂中的应用研究[J]. 粘接, 2022, 49(01): 116-118.
- [3] 张鹤, 陈馨, 朱志斌. 打造数字孪生工厂实现三维可视化全过程管理[J]. 中国勘察设计, 2021(08): 86-89.
- [4] 李兴东, 刘暄. 数字技术赋能石化行业实现“双碳”目标[J]. 世界石油工业, 2022, 29(06): 26-34.
- [5] 顾硕. 数字化转型助力智能工厂发展[J]. 自动化博览, 2022, 39(07): 7.