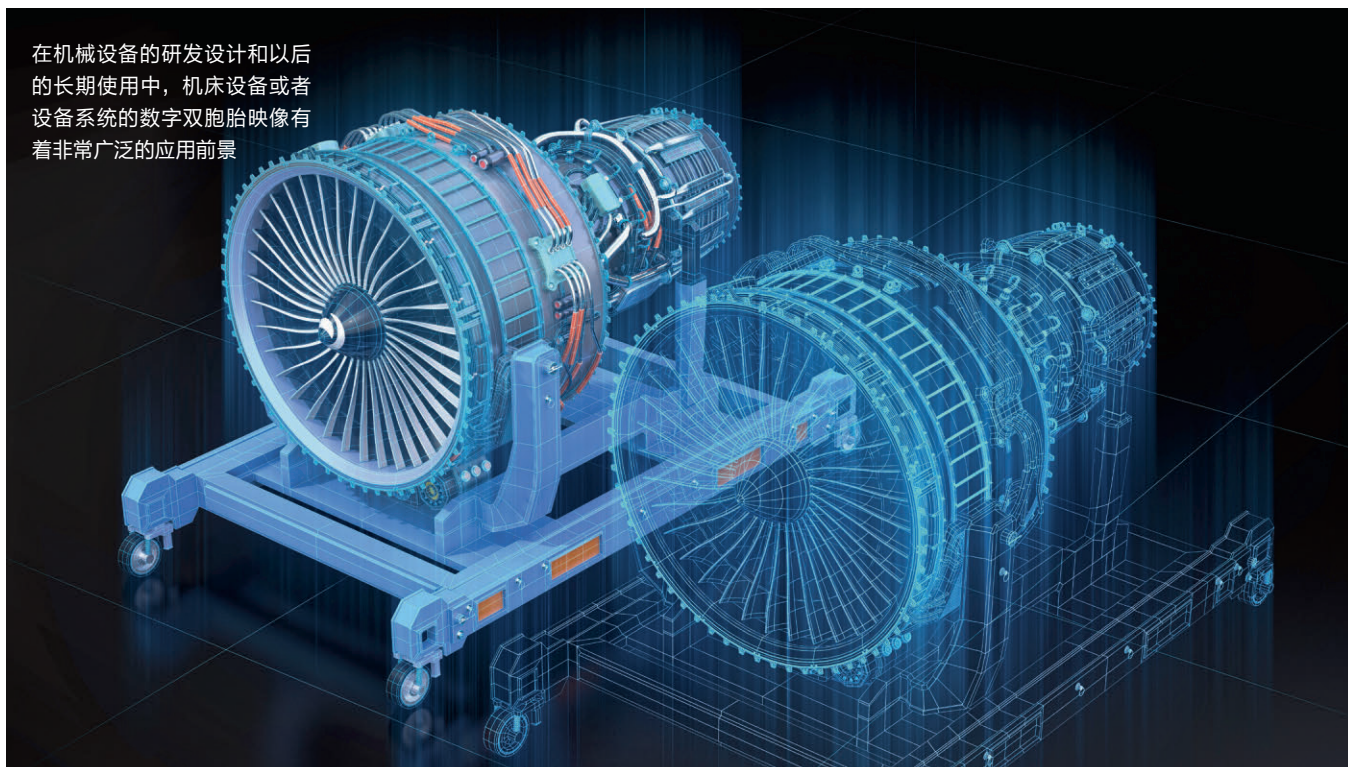


在机械设备的研发设计和以后的长期使用中，机床设备或者设备系统的数字双胞胎映像有着非常广泛的应用前景



模拟技术

数字双胞胎是工业 4.0 的基石

如果产品开发是建立在基于模拟的设计基础之上的，那么就不可避免的有一个数字双胞胎。在产品的整个寿命周期内真正的使用了数字双胞胎，就可以结合实时数据开发出更有意义的应用软件。



更多精彩内容请扫描二维码

文 | Philipp Wallner

一般情况下通常将数字双胞胎理解为物理系统运行时的虚拟动态映像，这些物理系统可以是单个的组件和仪器设备，也可以是一台机床或者是完整的电网。它可以通过模拟仿真来“完成或者执行”一些过程，获得仪器仪表、机床或者设备的当前数据和预设数据。

根据不同的使用目的，数字双胞胎有着不同的具体应用：它可以是一个简单的数据模型，也可以是一个完整的多域模型。在这些模型中包含了真实设备机械的、电气的、电子的、液压的或者

其他组成部件。建模方法也是多种多样的，从单纯的数据方法到物理方法或者是两者的组合。

基于模型设计诞生的数字双胞胎

尽管建模已经不是什么新鲜事物了，但是在智能化设备制造中因传感器、嵌入式系统和通信接口集成度不断提高的情况下，工业生产企业及其上游企业生产的产品中数字化双胞胎仍然在其整个使用寿命周期内有着很大的应用

潜力。在生产设备实时地产生大量数据的同时，数字双胞胎能够将这些数据转化为有用的信息，使其成为工业 4.0 的驱动器。

基于模型的设计方法不可避免的会导致创建仿真模拟模型，从而出现了数字双胞胎。基于模型的设计方法的最大优点是一个有着多种多样测试和验证可能性的快速设计过程。工程师们能够从多种条件下的仿真模拟查看设计的成果是否理想，是否可以从中受益，还可以是在设计过程中平行的进行仿真模拟，

即使没有真实的硬件也可以实现更高的测试覆盖率，从而节约了时间。在设计过程中使用的模型也是数字双胞胎的基础。

应用实例 1：工作过程的优化

到目前为止，一座建筑物费用支出的绝大部分是采暖或者制冷的能源费用。数字双胞胎应用的一个实际例子就是在大型建筑物中使用的 HLK 系统（建筑物采暖、通风和空调系统）。在楼宇中央控制系统中加入数字双胞胎就能由楼宇中央控制系统来控制 HLK，进行整座建筑物的采暖、通风和温度的调节控制。HLK 系统和调控方案的任何一点低效都会带来不应有的费用支出。为了克服这些低效，可以将楼宇中央控制系统与云服务平台连接起来，并使用数字双胞胎技术的数据进行机器学习，优化楼宇中央控制系统的运行。为了进一步改善楼宇中央控制系统的数据分析质量，可以使用浮动价格的能源数据，甚至可以使用预报的能源价格数据进行优化。采取这些措施之后，最多可以将 HLK 系统的能源消耗 25%。

应用实例 2：性能管理

电网的供电量有着很大的变化，例如在一天、一周或者一年的不同季节中

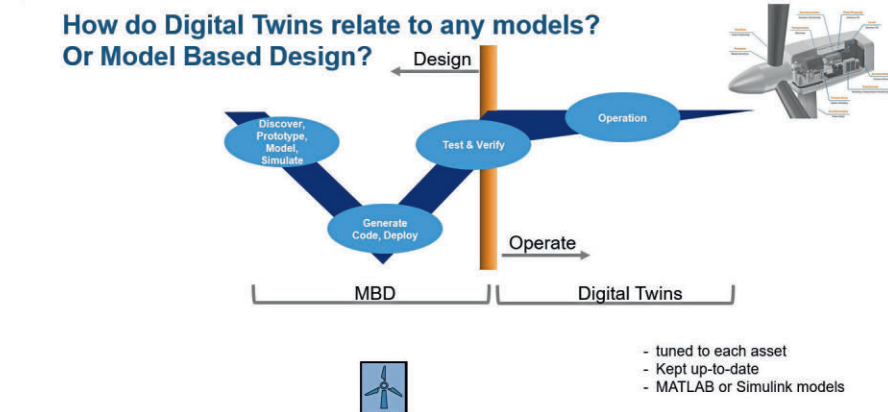


图 2 某电网在正常供电的同时利用数字双胞胎进行供电管理的仿真模拟示意图

或者因天气和可再生电力能源的发电量等因素而有着不同的电力需求，有着起伏很大的供电量。如果没有足够的电力储备，则供电量的波动、变化会导致电网停电。另一方面，储备没有使用的电力能源也是一件费用高昂的事情，同时也提高了电力交易所的总电价。因此，利用数字双胞胎技术来模拟假设的情况，可以显著的提高能源储备的决策水平。

此类优化的起点是电网记录的频率测量值。只要电网供电是平衡的，美国 60 Hz 的频率或者德国 50 Hz 的频率都不会变化。频率提高则表示电网的供大于求，频率变低则表示电力供应不足。将检测到的电网频率数据输入到仿真模型，并将仿真模拟的结果与电网系统的

实际反应进行对比就可以动态的评估电力能源储备状况，也就可以及时的进行修改和改进。

这样的仿真模拟要进行数百次，以确保考虑了所有可能出现的情况。通过使用并行计算机和电网的数字双胞胎，就使得电力供应商有能力以 30 min 为一个周期准确的计算电力能源的储备量了，也就可以降低不必要的费用支出，避免意外停电等故障。

应用实例 3：预防性维护保养

工业生产设备的停机时间带来的经济损失远远高于其所更换零部件的价格。因此，及时而有计划的设备维护保养对机械加工制造企业来讲是至关重要的，必须把故障停机时间降低到最小程度，避免生产过程的中断。机床设备操作者和制造商们尝试着使用传感器得到的数据了解何时要对机床设备进行检修，知道哪些零部件必须更换。使机床设备能够在最合适的时刻进行维修，并且有针对性地维修某个机床设备零部件。

机床设备最佳维护保养时间的预测需要可以检测故障或者错误情况的算法语言。但在机床设备正常操作和定期维护保养的情况下通常无法获得充足的故障以及错误信息数据。解决这一难题的方法就是创建机床设备的数字化双胞胎并通过仿真模拟生成各种故障条件下的传感器数据，以便有足够的信息

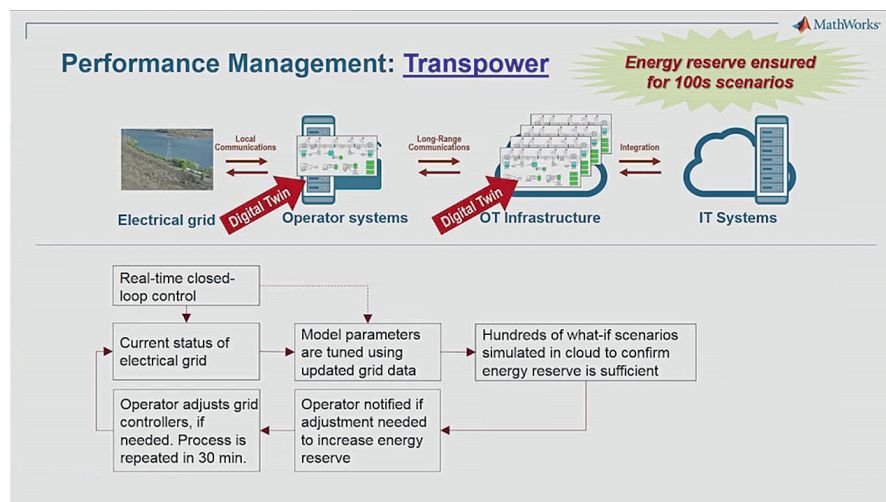


图 1 基于模型的设计 MBD 与数字双胞胎之间的相互关系

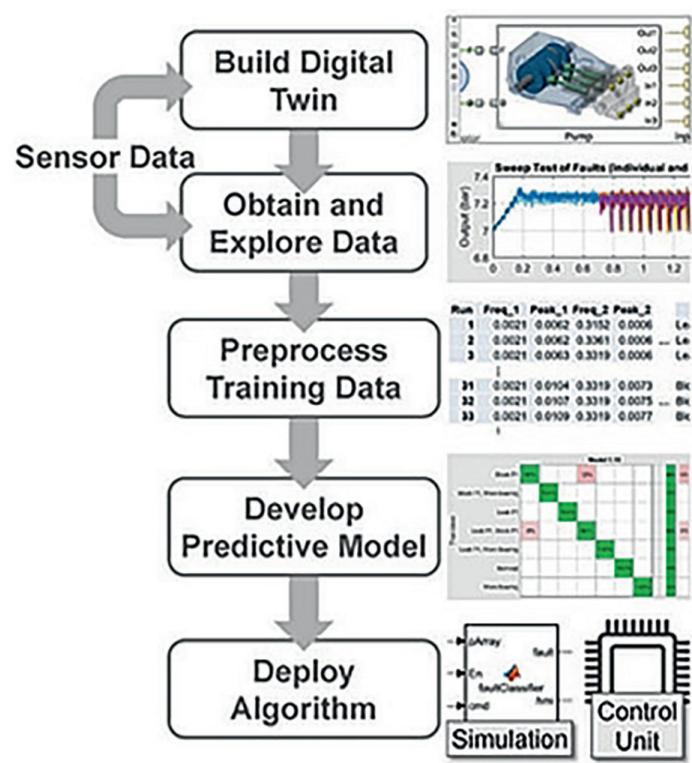


图 3 预防性维护保养算法语言的开发流程

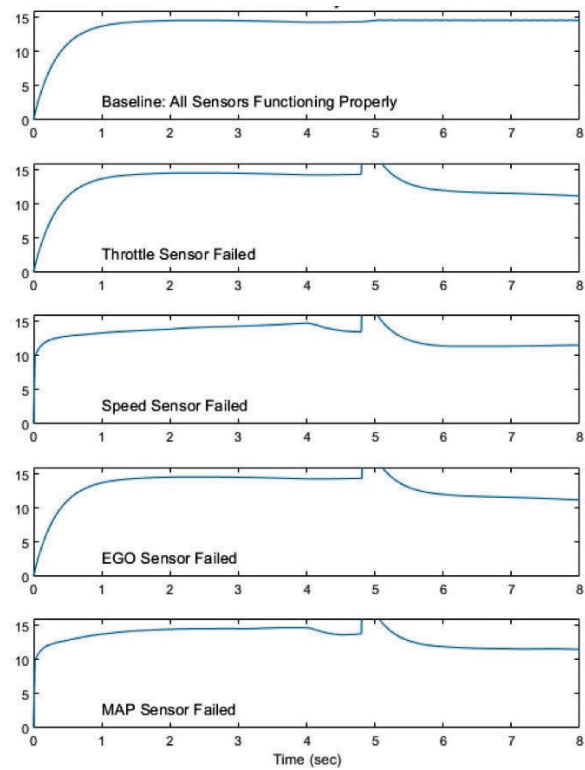


图 4 燃油控制系统中传感器检测值与所属错误、故障状态的对应曲线

让预防性维护保养算法语言进行机器学习。

利用数字化双胞胎的优点是无需物理系统来训练算法语言，从而降低了成本和风险。而且还可以按照设定的多个不同的故障、错误场景平行地进行仿真模拟。这不仅加快了机器学习的处理速度，而且也可以考虑多种故障、错误同时对机床设备产生影响时的综合情况。

完成机器学习的算法语言既可以直接集成到生产加工设备的控制系统中去，也可以集成到它的边缘设备中去，或者直接集成到机床设备的 PLC 可编程程序控制系统中去。

应用实例 4：检测异常

像飞机或者石油钻井平台之类的系统中，如果出现异常或者错误则会带来灾难性的后果。因此，识别异常和隔离导致错误的原因对于安全运行是至关重要的。在最简单的情况下只需同时设定值就可以识别有无异常了。当检测的实际参数超出了设定值的安全范围则会触

发报警警报。但这种方法也有缺陷和不足，在系统正常运行也会出现大量的误报、虚假报警以及不会触发报警提示的故障情况。因此，当造价不菲的机床设备甚至人员的生命受到威胁时，孤立的测量、识别复杂系统的工作运行状态不是最佳的安全保护方法。

在机器学习和统计学方法的帮助下可以实现连续性的系统监控，这就能够让机器学习的算法语言从多个传感器中获取到更多的综合性信息，识别出哪种信号表示的是异常情况，哪些信号表示的是可以“容忍”的错误。在识别出异常之后系统可以启动一系列的仿真模拟，判断出现这种工作运行状态的原因。然后，工程师或者自动化控制系统就可以采取合适的对策、减轻错误带来的恶果或者采取合适的抑制措施。

应用实例 5：车队管理

数字双胞胎技术也可以在车队管理的环境中使用，即在许多相同或者相似系统的运行、监视、维护保养和管理中

使用。这里的例子是航空航天工业企业中的实例：在大批量生产相同型号飞机的生产厂中的应用实例。在使用了数字双胞胎技术之后，这家飞机制造厂的 MOR 维护保养、设备维修和大修的成本费用以及飞机正常飞行的比例都远远的高出了它的竞争对手。

除此以外，从许许多多相同、相似设备中采集汇总的数据也能帮助用户判断企业生产效率的高低，并能帮助用户提高企业的生产效率和工艺过程的可靠性。

将来，数字双胞胎将成为许多仪器仪表、机床设备和系统必不可少的一个组成部分。通过不同的数据接口，它为不同的用户提供满足用户特殊功能要求的可能性。数字化双胞胎将使用户能够更加快捷、更加高效的查找问题的根源，根据查询到的错误根源做出最明智的决策，做出提高生产效率和减少能源消耗的优化改进，为企业的客户提供更好的服务以及开发更加高效、更加安全可靠的解决方案。 **MM**