

基于 BIM 的石油化工装置工艺管道三维协同设计与碰撞检查应用

沈俊怡

江苏航天惠利特环保科技有限公司南京分公司

摘要: 本文首先阐述了 BIM 在石油化工行业的应用现状,接着介绍石油化工装置工艺管道设计基础,包括基本要求、流程以及装置特殊性对设计的影响。详细探讨了 BIM 在三维协同设计中的应用,涵盖三维模型的建立与管理、协同设计工作流程与团队协作机制。深入分析了碰撞检查的必要性与方法,如碰撞检查的定义、作用、流程与方法论。还研究了碰撞检查在 BIM 中的实现,包括 BIM 软件在碰撞检测中的应用以及检测结果的分析与处理。最后探讨了 BIM 技术面临的挑战与未来发展方向。

关键词: BIM; 石油化工装置; 工艺管道; 三维协同设计; 碰撞检查

一、BIM 在石油化工行业的应用现状

近年来,信息技术更新换代的速度越来越快,BIM(建筑信息模型)技术在石油化工行业里用得也越来越多。它借助三维数字技术,把石油化工装置从设计、施工到运营每个阶段的信息都整合到一起,让这些信息能在不同环节之间共享和传递,设计人员画图、做方案的效率提高了不少,施工时出现的误差和问题也少了很多。现在,BIM 技术已经用到石油化工装置的好几个方面了,比如工艺管道怎么布置更合理、设备放在什么位置更安全、结构能不能承受住压力这些。像长三角地区的一些大型石化项目,就用 BIM 技术模拟了整个施工过程,提前发现了管道碰撞的问题。这些应用让石油化工行业朝着数字化的方向走得更稳了,很多企业都开始把 BIM 技术当成转型的重要工具。

二、石油化工装置工艺管道设计基础

2.1 工艺管道设计的基本要求与流程

在石油化工装置的三维协同设计里,用 BIM 技术做碰撞检测时,工艺管道设计的基本要求和流程是绕不开的关键部分。工艺管道设计有不少严格的细节要求,首先得能满足装置的生产需要,保证物料能安全、稳定地输送。另外,管道本身的强度够不够、会不会漏、耐不耐腐蚀这些问题也得考虑到。工艺管道设计一般要走几个步骤:先分析需求,再做初步设计,接着是详细设计、出施工图,最后还要审查设计成果。需求分析的时候,得把管道要输送的物料类型、流量大小、压力和温度范围搞清楚,装置对管道怎么布置有没有特殊要求也得明确。初步设计阶段,就根据前面分析的结果,把管道往哪走、管子粗细、用什么材料这些核心参数定下来。详细设计时要把细节做得更细,比如管道怎么连接、支架怎么装、要不要做保温这些都得考虑到。到了施工图设

计阶段,就得把详细设计的内容变成施工能用的图纸。最后是设计审查,这一步要把设计成果全面检查一遍,确保设计符合相关的标准和规范。

2.2 石油化工装置的特殊性及其对设计的影响

石油化工装置在运行时往往会面临高温、高压的环境,同时还存在易燃、易爆风险,部分介质还具有很强的腐蚀性。这些特点让工艺管道的设计工作需要格外谨慎,毕竟管道系统的安全稳定直接关系到整个装置的正常运转。从材料选择来看,高温环境下的管道得用能扛住高温的材质,还得做好保温处理;高压条件下的管道则要保证足够的强度,连接处的密封性也不能出问题。在易燃易爆的区域,管道设计得严格按照防爆要求来做,避免因泄漏引发安全事故。要是遇到强腐蚀性的介质,就得选耐腐蚀的材料,或者给管道做防腐涂层,这样才能让管道用得更加久一些。

三、BIM 在三维协同设计中的应用

3.1 BIM 三维模型的建立与管理

在石油化工装置的三维协同设计与碰撞检测工作中,BIM 三维模型的搭建和日常管理是绕不开的关键环节。这套模型能把装置涉及的各类信息整合到一起,比如设备参数、管道走向等,为后续不同团队一起设计、提前排查部件碰撞问题打基础。搭建 BIM 三维模型时,得严格跟着石油化工装置工艺管道的设计规则来。工艺管道设计有固定的要求和步骤,像管道用多粗的管径、选什么材质、怎么排布方向,都得精准确定。另外石油化工装置本身有不少特殊属性,比如经常处于高温高压环境,还容易着火爆炸,部分介质有强腐蚀性,这些情况都得考虑到模型里,让模型能如实反映装置的真实状态。模型建好后也不能不管,得有一套更新和维护的办法。设计过程中难免有变动,这时候就得及时调整模型内容,保

证模型信息和实际设计同步。此外，还应注重模型的版本控制，避免不同版本之间的混淆和冲突，为后续的协同设计和碰撞检测工作提供可靠保障。

3.2 协同设计的工作流程与团队协作机制

协同设计的工作流程得先把各阶段的任务和目标说清楚。比如初步设计阶段要做方案构思和草图绘制，详细设计阶段得把工艺管道的各项参数确定下来，到了施工图设计阶段，还要把设计成果变成能直接施工的图纸文件。这些阶段环环相扣，每个环节的责任也得划分清楚。团队协作机制里，建一个统一的沟通平台挺关键的。设计人员、施工人员、监理人员都能在这个平台上及时交流信息、反馈遇到的问题。另外，得把每个人的角色和职责定明白，让大家知道自己该做什么、有哪些权限，避免出现职责不清导致的推诿现象。此外，定期召开协同会议，对设计进展、遇到的问题及解决方案进行讨论与协调，保证协同设计工作高效有序推进。

四、碰撞检查的必要性与方法

4.1 碰撞检查的定义及其在设计中的作用

在石油化工装置的三维设计工作里，碰撞检查是一项关键环节。简单来说，就是把工艺管道模型和其他相关专业的模型放在一起，检查它们在空间上有没有互相冲突的地方。具体操作时，系统会自动识别不同模型之间的几何干涉情况，比如管道和建筑结构撞到一起、设备和电缆桥架空间重叠这类问题，这样就能在设计阶段就把潜在的隐患找出来。

从实际作用来看，碰撞检查能帮着避免施工时因为空间冲突不得不返工的情况，这样工程花的钱和用的时间都能更有保障。另外，它还能通过三维画面直接显示冲突在哪里，设计人员不用再慢慢找，很快就能定位问题然后调整方案。还有一点也很重要，不同专业的设计人员能通过这个环节更好地配合，让工艺管道和建筑结构、电气仪表这些系统的空间安排更合理，施工的时候也能更顺利。像有些项目里，管道和设备的位置冲突就是靠这个办法提前解决的，没影响到后面的施工进度。

4.2 碰撞检查的流程与方法论

碰撞检查的整个过程，通常要经过好几步。首先是前期准备，这个阶段得先把检查的范围、要遵循的标准和精度要求确定下来，同时还要仔细核对各个专业模型的信息是不是完整、准确。之后是模型整合，就是把建筑、结构、机电这些不同专业的 BIM 模型，都放到同一个平台里组合起来，这样才能全面查找模型之间的冲突。然后进入冲突检测环节，

会用专门的碰撞检测软件，让软件自动找出模型之间在几何形状上的矛盾，再生成一份详细的冲突报告。接下来是分析处理冲突结果，设计人员要仔细研究这份报告，弄清楚冲突到底是什么类型、严不严重，再想办法制定解决这些问题的方案。最后是反馈优化，把处理冲突的结果反馈到原来的模型里，对模型做一些必要的修改和调整，这样才能保证设计是合理的，施工的时候也能顺利进行。从方法上来说，碰撞检查得遵循几个原则，比如要全面、系统，还要能根据情况动态调整，这样才能保证检查的结果既准确又高效。

五、碰撞检查在 BIM 中的实现

5.1 BIM 软件在碰撞检测中的应用

在石油化工装置的三维设计与碰撞检查实际操作中，BIM 软件在碰撞检查环节里的应用十分关键。石油化工装置设计要处理大量复杂的工艺管道和设备，要是不同部件之间出现空间冲突，不仅会让工程花费变高，还可能耽误施工进度，甚至埋下安全方面的隐患。BIM 软件能凭借自身的功能优势，找出并解决这些可能存在的碰撞问题。具体来说，BIM 软件会先搭建起三维模型，把装置里的管道、设备、结构等各个部分，用数字化的方式精准地呈现出来。这种数字化的呈现形式，让设计人员能在虚拟环境里全面查看和分析整个装置。在碰撞检查这一步，BIM 软件可以自动扫描整个模型，快速找出不同元素之间的空间冲突和相互干扰的情况。同时，软件还能生成详细的碰撞情况报告，清楚地说明碰撞发生的位置、类型和严重程度，给设计人员提供有针对性的修改方向。另外，BIM 软件支持多个专业的人员一起工作，不同专业的设计人员能在同一个平台上实时沟通和配合，进一步提升碰撞检查的效率和准确性。

除了上面提到的功能，BIM 软件还能把各类数据整合到一起。它可以将装置设计过程中的管道规格、设备参数、材料信息等数据，都集成到三维模型里。这样一来，在进行碰撞检查时，不仅能发现空间上的冲突，还能结合这些数据对碰撞问题做更深入的分析，判断碰撞是否会影响装置的性能和运行稳定性。而且，BIM 软件可以根据实际需求调整设置，设计人员能按照石油化工装置的具体特点和需求，灵活设置碰撞检查的规则和参数，让碰撞检查更符合实际工程的情况，提高检查结果的可靠性和实用性。

5.2 碰撞检测结果的分析与处理

拿到碰撞检测报告后，设计人员得先仔细看看里面的碰撞信息。比如说，先看碰撞发生的位置，判断它是不是在关

键工艺区域里——关键区域的碰撞很可能会影响整个装置的正常运行。还要区分碰撞的类型，是硬碰撞还是软碰撞。硬碰撞一般是实际空间被占用导致的冲突，得赶紧处理；软碰撞可能和操作空间、维护空间有关，处理优先级可以稍低一些。

针对不同严重程度的碰撞，要拿出对应的解决办法。严重的碰撞必须马上改设计，重新规划管道或设备的位置，保证符合安全和生产的要求。一般的碰撞可以结合工程实际情况，在不影响整体设计和功能的前提下，优化局部设计来解决。

处理碰撞问题时，设计人员还得和各个专业团队多沟通。因为碰撞可能涉及管道、设备、结构等多个专业领域。通过跨专业的交流协作，能找到更合理、更全面的解决方案，避免只靠一个专业处理而引发新问题。同时，要及时更新 BIM 模型，把修改后的设计准确放进模型里，方便后续再查碰撞情况，确保所有碰撞问题都能解决好。

六、BIM 技术的挑战与未来发展方向

6.1 当前 BIM 技术面临的挑战

石油化工装置工艺管道设计的推进过程中，首先遇到的问题就是数据整合和共用的难题。这个领域涉及的信息类型很多，像设计时要参考的参数、设备的具体信息、材料的规格标准等等，这些内容通常分散在不同的专业软件和系统里。要把这些数据无缝地整合到一起，并且让大家高效使用，得同时解决技术上的障碍和管理上的问题。另一方面，模型的准确性和复杂程度之间的平衡也不好把握。如果模型做得特别精准，确实能更真实地还原实际情况，但这样一来，模型需要的数据量会变大，计算起来也更复杂。这就对电脑硬件的性能和软件的功能提出了更高的要求，可能会让整个设计过程花更长时间，成本也跟着增加。还有一个不能忽视的挑战是 BIM 技术人才的缺乏。现在行业里既熟悉石油化工工艺管道设计，又能熟练操作 BIM 技术的复合型人才很少。这种人才缺口直接影响了 BIM 技术在石油化工领域的普及应用，也限制了它向更深层次发展的可能。

6.2 BIM 技术的发展趋势与创新方向

随着技术的不断发展，BIM 技术正在朝着更智能、更集成、更协同的方向前进。从智能化的角度来看，BIM 系统结合人工智能和机器学习技术后，能自动发现设计里可能存在的问题，给出合适的解决方案，还能一步步优化设计的整个过程。像建筑结构的受力分析、管线碰撞检查这些环节，系

统都能提前预警，帮设计人员节省不少时间。

集成化方面，BIM 技术会进一步打通不同软件和系统之间的数据障碍，让设计、施工、后期维护等各个阶段的数据能顺畅传递。比如设计软件里的模型参数，不用手动转换就能直接导入施工管理系统，减少了数据重复录入的麻烦。

协同化上，BIM 技术能让项目团队里的不同成员实时配合、及时沟通。通过云端平台，大家可以同时在线编辑和查看同一个模型，谁做了什么修改、修改了哪些内容都能清楚看到，这样项目管理的效率更高，也更透明。另外，物联网、大数据这些新技术的兴起，也让 BIM 技术有了更多融合的可能。把这些技术结合起来，石油化工装置里工艺管道的设计会更精准、更高效，未来的发展空间也会更大。

结语

在石油化工装置工艺管道设计这个领域里，BIM 技术的应用正慢慢显露出它的价值。比如说，三维协同设计和碰撞检查，这些技术手段能让设计工作更准确、更高效，施工时可能遇到的问题也会减少，成本也能降下来。技术一直在进步，创新也没停下脚步，BIM 技术在石油化工行业里的作用会越来越大。行业发展的方向也会朝着智能化、集成化和协同化走。现在看来，BIM 技术很可能会成为石油化工装置工艺管道设计里必不可少的工具，就像日常工作里离不开的基础设备一样，这些变化也会给行业持续发展带来新的动力。

参考文献

- [1] 李丹妮. 石油化工装置工艺管道设计的探讨[J]. 辽宁化工, 2023(05):688-690+700.
- [2] 夏志. 石油化工装置工艺管道的设计[J]. 现代盐化工, 2022(02):62-64.
- [3] 赵松林;李振华;陈佳;谢希鸽;甘述琦. 石油化工装置 BIM 正向设计的应用[J]. 化工设计通讯. 2024, 51(12):5.
- [4] 安静;陈湏;安旭鹏. 基于 BIM 技术的工艺管道预制安装技术研究[J]. 中国设备工程, 2024(05):106-108.
- [5] 王润泽;冷超. 基于 BIM 技术的石化工程项目的设计优化[J]. 石化技术, 2024(11):148-150.