

三维干涉检查技术 在汽车涂装车间设计中的应用

窦怀素, 尹成果, 李颀, 丁学亮, 闫文璐, 韩静

中国汽车工业工程有限公司 天津 300113

摘要: 介绍了利用Navisworks软件在不同设计阶段进行三维干涉检查, 提前发现各专业之间干涉问题的方法。基于涂装车间各专业的建模特点, 详细介绍了模型数据格式的互转方法和模型汇总定位方法等。

关键词: Navisworks; 干涉检查; 三维设计; 汽车涂装

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.04.014

汽车涂装车间内部楼层结构一般为2-3层, 由于专业众多导致车间内部布局紧凑, 可利用空间紧张, 还存在设备跨楼层安装的情况, 导致工艺设备、输送机、土建结构、公用动力、电气桥架、车间消防以及车间照明等专业之间在施工过程中的干涉问题错综复杂^[1]。如果不提前进行干涉检查, 现场施工过程中将会耗费很大精力整改干涉问题, 造成施工进度滞后且增加现场改造成本。由于二维图不能直观体现设备的标高信息和空间布局, 利用传统的二维总图汇总检查方法很难直观排查出风管和公用管路的干涉问题且效率较低, 干涉问题的识别程度完全取决于设计负责人的经验^[2]。

近年来工艺和土建各专业三维设计水平不断提高, 设计方法逐渐成熟, 尤其三维总图设计效率得到明显提升, 使得三维干涉检查技术能够顺利应用于涂装车间设计的不同阶段, 主要包括工艺总图规划和制

造图设计这两个阶段。

三维干涉检查的软件基础

1. Navisworks软件

Navisworks (以下简称NW) 是Autodesk公司开发的一款三维软件, 其整合、浏览及审阅功能十分强大, 软件本身不具备三维设计功能, 通常用于三维总图汇总和干涉检查, 也可用于制作设备动作动画及车间漫游动画。该软件兼容性极强, 可打开几乎所有常见格式的三维模型且入门简单易于学习, 非常适合车间级别的模型汇总和干涉检查使用。

NW软件提供了自动干涉检查功能——ClashDetective, 通常使用该功能检查模型中的硬碰撞。为防止干涉检查结果中有过多重复的干涉问题, NW软件提供了一些规则设定, 用以忽略同一图层或图

块中的模型元素造成的重复干涉问题，从而节省审阅时间。

使用ClashDetective功能对机运模型和土建结构模型进行干涉检查之后的结果如图1所示，对检查结果审阅之后可对每个问题标注状态。

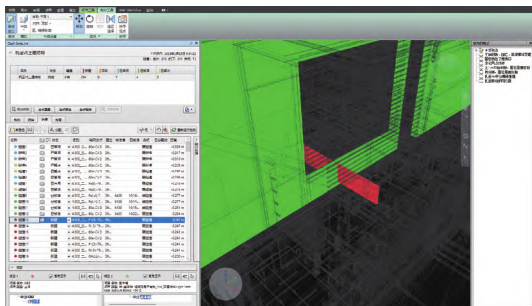


图1 干涉检查界面

对于人员通过性、维修空间及物流通道等非硬碰撞干涉问题，需要使用软件的漫游功能去人工识别。

以上两种方法发现的干涉问题，可通过软件中的视点功能保存，并通过审阅功能添加批注，还可通过建立不同专业的干涉问题文件夹和编辑视点名称说明干涉问题的解决状态等信息，让干涉问题的状态一目了然。所有专业的干涉问题，可通过各自的干涉视点文件汇总到总模型中，并通过nwd模型发布给所有设计人审阅。

2. 三维设计软件

不同专业的建模和出图需求不同，使用的三维设计软件功能侧重也不同。考虑与NW软件的数据兼容性，本文推荐如下几类三维设计软件。

1) 建筑模型推荐使用Autodesk公司的Revit软件。Revit和NW由同一家软件公司开发，有着良好的模型数据兼容性。

2) 工艺设备总图模型推荐使用Bentley公司的Microstation软件，并搭配使用Venturis公司的TriCAD工具集（基于Microstation平台开发）。TriCAD包含输送机、管路、风管、桥架、室体及钢平台等多个三维参数化设计模块，可实现快速三维总图建模。建模效率的提高，正是三维正向设计和干涉检查能够顺利实施的重要基础。

3) 机械三维详细设计及制造图出图推荐使用Autodesk公司的Inventor软件，NW可直接打开iam

文件并在模型树中展示设备完整的装配结构，能保留更多的源文件信息。其他常用机械设计软件，如SolidWorks、NX及Catia等设计软件的模型也可以被NW直接打开，但可能存在模型丢失的问题，兼容性不如Inventor。

4) 钢平台详细设计可根据设计习惯选择Tekla、BentleyProSteel以及RevitStructure等软件。

3. 三维模型数据格式转换

使用NW进行模型汇总的核心是将被汇总模型的文件格式转换为nwc。

最简单的转换方式为直接通过NW打开各种格式的三维模型，NW会自动生成一个nwc文件，模型汇总时可直接使用该nwc文件代替原模型，提高汇总模型的打开效率，但这种方法的缺点在于生成的nwc文件有模型丢失问题，一般仅Inventor模型、Revit模型和对模型丢失程度要求不高的情况，可采用这种方式。

对于Microstation创建的dgn模型，Autodesk官方提供了实用的导出程序，可直接利用该程序生成优化的nwc文件。

对于其他三维软件创建的模型，建议将模型转为三维dwg中间格式，再用NW打开dwg文件生成nwc文件，可最大程度地避免模型丢失。

三维模型汇总定位方法

进行三维模型汇总，需要所有模型有统一的定位基准，即“车间轴网”。为方便工艺专业进行建模和设备定位，通常选择车间轴网左下角的A-1交点为零点进行设备建模，即该点坐标为(0, 0, 0)。其中，A轴与软件坐标系X轴重合，1轴与软件坐标系Y轴重合，如图2所示。

所有软件建模都需要参考这一零点进行设备定位。

Revit和Microstation可参考轴网直接完成模型定位。而Inventor等机械设计软件建立的设备模型需要通过原始坐标系进行装配定位，即软件的零点为X-Y平面、X-Z平面和Y-Z平面的交点，按这三个平面与模型的距离关系进行定位。

若模型在建模阶段未按照轴网的位置进行定位，还可通过NW软件自带的“单位和变换”功能（见图



图2 车间轴网零点

3) 或在选定一个模型之后通过项目工具中的“变换”功能，对模型的位置和角度进行调整。

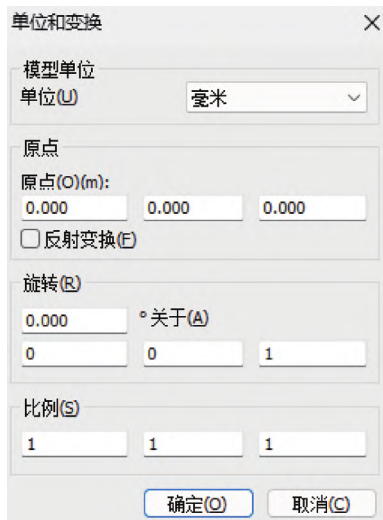


图3 Navisworks单位和变换

需要注意的是，NW软件的定位功能仅是一种补救措施，多用于调整模型标高及位置微调，若模型存在多个角度需要调整，使用NW定位将会变得很复杂。

工艺总图规划阶段的干涉检查

该阶段的干涉检查主要关注各工艺段的空间布局是否合理、物流通道是否畅通、楼板洞口位置是否和提资一致等明显问题。由于该设计阶段通常进度比较紧张，初版的三维总图可以用包络体搭配文字注释进行替代，即通过绘制长方体及中心线来表示工艺设备的空间占位，在对应的长方体上标注工艺段名称等注释。输送线路可使用最大车型的包络体进行占位，可直观体现车型和其他设备的干涉问题。另外，设备的

维修空间等需要占位的情况，也需要用包络体表示出来，比如升降机的维修吊杆扫过的空间，如图4所示。

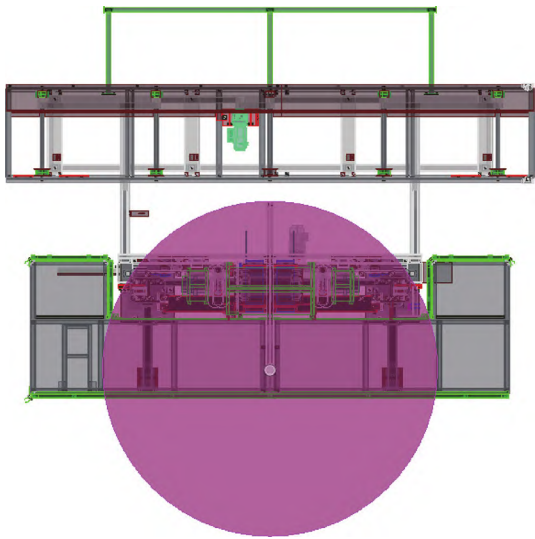


图4 升降机维修吊杆包络体

工艺总图级别的三维模型建模过程中需要注意多添加文字描述，让三维模型展示的信息更全面，方便不同专业设计人员获取必要信息，从而判断是否存在可能干涉的隐患。模型可以不详细，但必须有占位，用包络体替代即可，在后续设计过程中慢慢进行模型细化。

该阶段干涉检查的局限性在于设计时间的限制。所带来的主要问题包括：细小的管路支路一般不进行三维建模；在现场预制的设备，如管路支吊架一般不在三维中体现；Tricad绘制的风管不包含法兰、绘制的工艺设备缺乏结构细节；钢构及土建模型中的节点不体现细节等。在空间允许的情况下，以上问题最好通过在提资阶段或设计阶段保留一定的安全距离来解决，否则将给后续的详细干涉检查带来很大困难。

制造图设计阶段的干涉检查

该阶段的干涉检查，主要关注工艺总图规划阶段的模型中没有体现的细节造成的干涉问题。例如，在设计周期允许的情况下，可对管路支吊架进行干涉检查并进行管路共架设计，如图5所示，可将图中5条同一走向的公用管路进行共架设计，以达到优化使用空间的目的。

进行全车间制造图级别干涉检查的局限性在于详细模型的体量过大，经过汇总之后的总模型打开会非

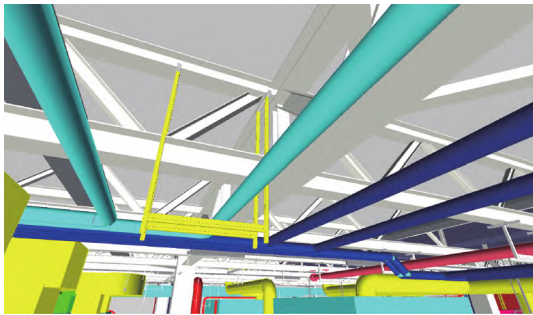


图5 管路共架设计

常困难且浏览过程中模型会经常卡顿，会极大降低干涉检查效率。因此在设备完成详细设计后，有交集的专业可在小范围内作业，以提高干涉检查的效率。典型的制造图级别干涉检查包括：室体和内部输送机的干涉检查、底涂输送系统和周边风管的干涉检查、设备钢平台和土建结构的干涉检查等。该阶段的干涉检查深度需要视各专业的的设计进度和深度而定，在项目进度紧张的情况下，可优先把模型中干涉隐患最大的部分设计出来，以方便各专业之间进行干涉检查。若一定要进行全车间详细模型的干涉检查，可对模型进行轻量化处理，如通过删除模型中的标准件、删除内部不影响干涉检查的零部件以及提取模型包络面等。

结语

三维干涉检查技术可显著提升设计质量并降低项目成本，但该项目在实际应用过程中，应结合项目进度来评估干涉检查的深度。若在项目进度不允许的情况下，一味地追求过于精细化的干涉检查显然是不可取的。另外，该技术的实施对企业的三维协同设计能力和三维模型管理能力也有着一定的要求，需要在实践过程中不断总结经验并形成适合企业自身的方法。

当前虚拟现实技术（VR）和增强现实技术（AR）已经非常成熟，未来可将三维干涉检查技术与以上技术相结合，使人身临其境处于车间环境中，创造更加直观和真实的干涉检查体验。

参考文献：

[1] 金国士，徐红璘.Navisworks在涂装车间规划中的应用[J].上海涂料，2011，49（8）：26-29.
[2] 罗明全，肖志伟，游和平.浅谈汽车涂装车间工艺设备数字化协同设计[J].汽车制造业，2024（1）：44-46. **AUTO1950**

汽车工艺师 2025年 第4期 广告目次 Advertisement Catalogue

单位名称	查询编号	位置
汽车工艺师		封面
金粉商城	8000	封二
《汽车工艺师》杂志订阅	0001	封三
公益广告	8000	封底
公益广告	8000	60