

基于 MBD 的三维工程化设计应用

撰文 / 南车戚墅堰机车有限公司信息管理部 谢利

一、引言

当前，国内外大型装备制造企业的数字化技术发展迅速，三维数字化设计技术得到了广泛的应用。基于模型定义（Model-Based Definition, MBD）的数字化设计与制造技术已经成为制造业信息化的发展趋势。

企业为什么要推广 MBD 技术进行三维工程化设计呢？以二维工程图作为交付物，向工艺、制造、生产和检查等环节传递产品的几何结构及技术要求的传统研制模式存在如下问题。

（1）设计环节：由于以二维图作为交付物，三维模型不作为交付物，二维图更改后三维模型不及时更新，导致数据不一致。

（2）工艺、制造和检测环节：工艺、制造以二维图为准，增加了从图纸到形状的还原过程，容易出现理解歧义，并增加了出错概率。同时，工艺模型或图纸重建，增加了无价值劳动。管路、电缆以二维图为主，造成制造、装配误差较大，且不能形象地指导装配过程，导致现场更改较多。检测以二维图为准，数据手工录入效率低，准确性无法保证。

（3）检查机制：由于设计以二维图作为交付物，因此没有建立三维模型的检查机制，导致工艺、制造和检测等后续环节得不到准确的三维模型。

（4）标准规范：当前产品研发过程中遵循的标准规范是基于二维模式，缺乏三维工程化应用的标准体系规范，导致三维设计模型质量较差。

MBD 技术采用包含了三维几何模型、尺寸和尺寸公差、形位公差、基准、符号、表面粗糙度、属性、注释等产品制造信息的单一主模型来完整表达产品定义信息，并将其作为产品制造过程中的唯一依据，从而实现设计、工艺、制造和检测等环节的高度集成。采用 MBD 技术实现了单一数据源，

彻底改变产品数据定义、生成、授权与传递的模式，消除了传统研发模式中的三维模型与二维图纸之间的信息冲突，减少了创建、存储和追踪的数据量，实现三维数字化产品定义、三维数字化工艺开发和三维数字化数据应用，保证了产品制造信息的正确和快速传递，从而有效地缩短了产品研制周期，减少了重复工作，提高了产品质量和生产效率。

那么，MBD 技术如何落地？如何在三维设计模型上将后续工艺、制造、检测和质量检查等环节需要的信息完整的表达？是值得认真思考和研究的课题。笔者结合企业三维工程化应用项目的实施认为，制造企业基于 MBD 的三维工程化设计应用应从以下几个方面着手：三维模型与二维工程图表达差异分析；确定三维标注的内容；制定三维标注标准规范；开发三维标注工具；管理 MBD 模型数据。

二、三维模型与二维工程图表达差异分析

传统的二维工程图，从设计向下传递的信息，不仅包含了产品的几何投影信息，更为重要的是表达了完整的最终外形及尺寸、工艺和制造信息。在全三维设计过程中，如何对工艺、制造生产等过程中的技术要求等信息在三维模型中进行表达成为关键。

三维工程化设计的关键在于如何结合制造企业的产品特点和工艺制造特点，在传统的三维模型中，将原有二维图中产品的视图、剖面定向定位表达，以及尺寸、公差、粗糙度、注释、符号和技术要求等工艺信息，还有标题栏、球标和明细栏等零部件信息以工艺、制造、检测等部门能够接受的方式，进行规范表达、标注和显示，形成适合产品和企业设计特点的三维标注规范，纳入企业 PDM/PLM 系统进行有效管理。

表 1 二、三维工程图信息表达差异

序号	内 容	二维工程图	三维模型	备注
1	几何形状	一般	强	视图
2	剖面信息	一般	强	
3	尺寸标注	有	无	
4	尺寸公差	有	无	
5	几何公差	有	无	
6	表面粗糙度	有	无	
7	注释	有	无	
8	符号	有	无	
9	技术要求	有	无	
10	标题栏	有	无	
11	球标	有	无	
12	明细栏	有	无	

三、确定三维标注的内容

结合企业所使用的三维 CAD 软件和企业产品特点，通过开发必要的三维标注工具，在设计阶段由设计师将二维图中的主要信息较完整地表达达到三维模型上，在设计源头进行零部件信息的完整表述，同时能满足后续工艺、制造、生产、检测、检查和维修维护等产品生命周期各环节利用。

笔者不建议在设计阶段只对三维模型信息进行部分标注，显示重要的或者体现设计意图的信息，其余信息由制造、生产、检测等部门自行获取，这样可能造成各环节人员理解不一致，影响产品质量，由于各环节人员需通过三维测量等方式获取需要的信息，这必然会影响各个环节的工作效率。三维标注的内容应主要包括以下几点。

(1) 视图：三维标注引入类似二维图视图的概念，以方便进行尺寸、公差等标注时对零部件进行定位和定向，帮助读三维模型的工程人员能快速定向，提高三维模型的读取工作效率。一般零部件的视图定义如图 1 所示。

(2) 尺寸及尺寸公差，基准及形位公差，粗糙度、焊接符号、方向等符号，以及注释等，可以直接标注在三维

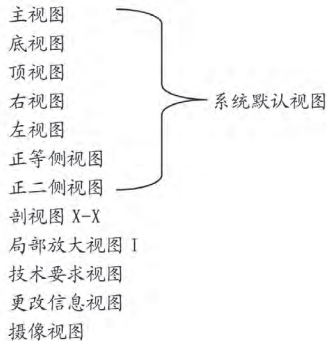


图 1 一般零部件视图定义

模型上。

(3) 技术要求：直接标注在三维模型主视图。

(4) 标题栏：标题栏中的信息主要是通过三维模型的属性来描述。

(5) 明细栏与球标：在三维环境下直接将图形界面中的零件与明细建立关联。

四、制定三维标注标准规范

三维标注涉及设计、工艺、制造和检测等业务环节，现有的标准规范都是针对二维图的，企业缺乏三维模型和三维标注的标准规范，无法对三维建模和三维标注进行约束。因此，企业需要针对产品特点，结合所适用的 CAD 工具，按照零部件制造特点分类研究三维标注的标准规范，统一企业三维设计环境和设计标准，规范三维标注，让三维模型及三维标注成为企业设计的交流语言，使设计、工艺、制造和检测等业务环节的工程技术人员在统一的设计环境中工作，为企业三维工程化设计的应用奠定基础。笔者所在企业在三维工程化设计过程中建立的标准规范如表 2 所示。

表 2 三维模型标注规范

序号	标准规范名称
1	CAD 软件安装与配置文件应用规范
2	三维模型模板文件编制与应用规定
3	二维图框模板文件编制与应用规定
4	三维标准件库的构建、使用和维护要求
5	基于 Creo 模型检查规范
6	三维标注规范 第 1 部分：通用要求
7	三维标注规范 第 2 部分：典型机加结构件
8	三维标注规范 第 3 部分：典型铸锻件
9	三维标注规范 第 4 部分：典型钣金结构件
10	三维标注规范 第 5 部分：典型焊接结构件
11	三维标注规范 第 6 部分：典型铆接结构件
12	三维标注规范 第 7 部分：管路
13	三维标注规范 第 8 部分：电缆
14	三维标注规范 第 9 部分：总装数字化样机

五、开发三维标注工具

目前，主流三维 CAD 软件都具有三维标注的功能，但不同的企业、不同的产品和不同的生产制造方式对三维标注提出了不同的要求，很难统一为一种模式。同时，主流三维 CAD 软件都只提供了三维标注的基本功能，三维标注的效率较低，很难满足企业三维标注的需要。因此，要推广应用三维工程化设计，就需要根据企业制订的三维标

注标准规范对三维 CAD 软件进行二次开发,以提高三维标注的方便性和工作效率,更好地表达设计意图,并传递给工艺、制造、检测和维修维护等环节。定制开发的基于三维 CAD 软件的三维标注工具采用图形化的操作界面,从视图管理、创建注释、整理注释和汇总输出四个方面,对三维标注进行了流程优化,操作简化,以提高标注效率,如图 2 所示。



图 2 基于三维 CAD 软件的定制化三维标注工具

六、管理 MBD 模型数据

经过三维标注的 MBD 模型必须纳入 PDM/PLM 系统才能进行有效的管理和利用。因此,应通过三维 CAD 软件与 PDM/PLM 系统的集成对 MBD 模型进行动态、有效管理。三维 CAD 软件与 PDM/PLM 系统的集成示意图 3 所示。

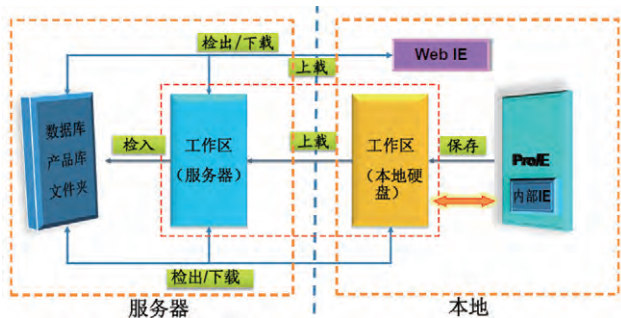


图 3 三维 CAD 软件与 PDM/PLM 系统的集成

通过模型检查工具的应用,对所有入库(检入 PDM 系统)零件、组件和二维图的规范性进行控制,对于不符

合要求的零件、组件和二维图则无法入库,从而保证入库模型的规范性。

七、结语

三维工程化设计是一种全新的技术,更是一种全新的管理,必然会受到传统二维设计思维和设计习惯的阻碍与限制,其影响最大的应该是工艺和制造部门。这是整个企业产品研制模型的变革,将彻底改变原有的二维工作流程。

总结企业推广三维设计、推进三维工程化应用的过程,主要有以下几点体会。

(1) 在三维工程化设计技术应用过程中,不可能依赖技术手段解决所有问题,有些困难和问题必须通过企业管理手段来解决,要从二维思维中跳出来,逐步向三维思维转变,需要从决策和管理层进行推进。

(2) 有效的产品数据管理平台是成功应用 MBD 的基础。产品数据管理平台是产品研发的基础平台,支持产品研发的核心业务流程。三维设计软件(如 Creo 软件)只有存在于与高度集成的产品数据管理平台系统中,

才是实现 MBD 的唯一途径。

(3) MBD 模型建立应与 MBD 标准和规范的建立紧密关联。需要针对各种不同的典型零部件,应详细定义每种零件标准的建模的过程和方法,形成规范,贯彻执行,确保三维模型的一致性以及三维建模的质量。

(4) 全面应用主模型技术是实现 MBD 的关键所在,产品零部件主模型贯穿设计、工艺、制造、检测、检验和维修维护等产品生命周期的全过程。

(5) 知识的捕获和重用(聚焦设计),是实现三维设计唯一出路。因此,建立符合企业自身产品、设计和制造模式的三维工程化标准规范体系和操作流程非常关键。