大规模整机装配三维设计方法探讨

撰文／太原重工股份有限公司技术中心　李晓宏　宋丽
陕西美德资讯有限公司　李鹏

重型机械产品的零件数大多在数万件以上，其三维设计的装配，由于计算机系统速度、内存的限制，已不能沿用传统方法，即所有零件全部装入的模式，必须采用简化其部件三维实体模型的方法实现。本文以三维软件 SolidWorks 为例，逐一分析软件的几种部件模型简化方法，论述其方法特点和适用范围。并在典型部件上进行主要功能的对比测试，结合常规产品挤压机、操作机及起重机整机装配的应用，推荐不同场合下的部件模型简化模式，整机装配方法并分析可能出现的问题及其解决办法。

一、引言

当前，三维设计在机械零部件方面得到全面的应用，开始向机、电、液一体的整机设计方向迈进，5000 个零件左右规模的部件以起重机桥架、锻压机本体为代表达到成熟应用的阶段。但其工程图生成时系统的速度滞后现象也开始出现，打开文件、剖视图生成等个别命令响应速度达到 4、5 分钟。在整机装配时，零件个数达到万件以上，死机、常用命令滞后一分钟和打开文件半小时以上的现象十分普遍，使得绝大部分产品总装无法执行，只能分部件显示或开始探索部件的简化方法。显然，有必要对软件功能做全面的研究，探索一种新的整机装配模式。

二、软件提供的部件简化方法和测试

几种部件基本的简化方法如下：重新建立简化模型；轻化方式装配；另存为包含所有零部件的多实体零件；另存为包含外表面零部件的多实体零件；另存为包含外表面的多曲面实体零件；生成 Speed Pak 配置。以下逐一论述其方法特点和测试情况。

1. 基本简化方法的特点

（1）重新建立简化模型。

一般以原有部件为基础，建立多实体零件，只保证安装尺寸、外型尺寸和部分剖视图的简化建模，以便上一级装配使用。公司现阶段起重机的系列标准件，全部采用了这一模式，具有以下特点：减少了打开文件的时间；模型稳定性增强；不支持部件内部的运动仿真；PDM 管理时须外挂明细表。由于重建模型工作量较大，只适用于 100 个零件规模以下的部件。

（2）轻化方式装配。

零件只有实体、曲面进入装配，其草图、方程式等设计参考压缩以减少内存的方法。以此为基础，屏蔽高精度的显示、自动扑捉和自动更新等附属功能，形成针对大装配体的通用模式。这种方法简单实用，支持干涉检查、视图生成等基本功能，是一种广泛使用的装配模式。其缺点是由于屏蔽了内部方程式，不支持参数化设计；视图标注时若未屏蔽草图，边界有可能为草图线，当以大装配模式打开，标注出现对象丢失的现象。在 5000 个零件规模内的部件，有较好的使用效果。

（3）另存为多实体零件。

包括所有零件的多实体零件、外表面零件的多实体零件和外表面的多曲面实体零件三种方式，操作方法简单易行。它简化了结构，提高了部件的保存、打开速度。前两种方法对干涉检查没有影响，曲面模型则不能自动检查，对视图生成来说第一种方法没有影响，后两个剖视不正确或不能出剖视图。主要缺点是其另存后的零件和原部件没有相关性，设

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn

计变更后不能自动随之改变。它适用于 1000 ～ 10000 个零件规模的部件简化，挤压机、工程机械等产品管路设计时一般用它处理机械设备模型。

（4）简化配置 Speed Pak。

简化配置 Speed Pak 是一种针对发动机类大型复杂部件开发的简化模式，它只提取大部件的配合面和简化外表面进入上一级装配，可极大地简化模型，用它进行一般大型部件的简化，可快速进行整机装配，但不能进行直接的干涉检查，工程图自动化功能也较弱，只能出部分视图，具体影响如表 1 所示。

表 1

对象	问题	推荐的解决方法
实体部分	不能自动进行干涉检查并显示干涉区域	放大可能的干涉处，目测确定
工程图部分	不能生成剖视图或剖示图不正确	添加空白视图或锁焦基本视图，用草图功能手工绘制剖视部分
	交替位置视图线型不正确且不能编辑	手工绘制
	幻化外表面不能标注尺寸	增加需标注部分为提取面，进入 SpeedPak 配置
	相贯线（切线边）只支持切边显示	
	带有 SpeedPak 的视图不能编辑其中的简化零部件线型	2015 版本可以
	视图转换为 DWG 格式后幻影外形线丢失	
	打印时不支持原企业模板线宽	需手工调整线宽设置
	明细表生成和序列号标注功能不稳定，明细表编辑不能进行排序等编辑	手工绘制明细表，序列号用注释方式生成

2. 典型部件的测试

以包含铸、焊和加工件的挤压机本体，复杂机构件发动机为典型代表，使用 SolidWorks2011 版本，在 HPZ600 工作站上进行测试。由于重建模型和轻化装配已有较好的应用，这里只作后几种方法的测试。

（1）挤压机本体的测试。

图 1 所示为本体基本装配体，共计零件数 5123 个，图 2 为其不同方式的简化模型，依次为多实体零件、外表面曲面零件、配合面加幻化外表面的 Speed Pak、只有配合面的 Speed Pak。速度、内存方面的对比测试如表 2 所示。

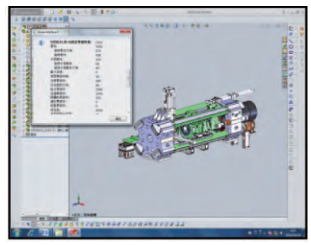

图 1

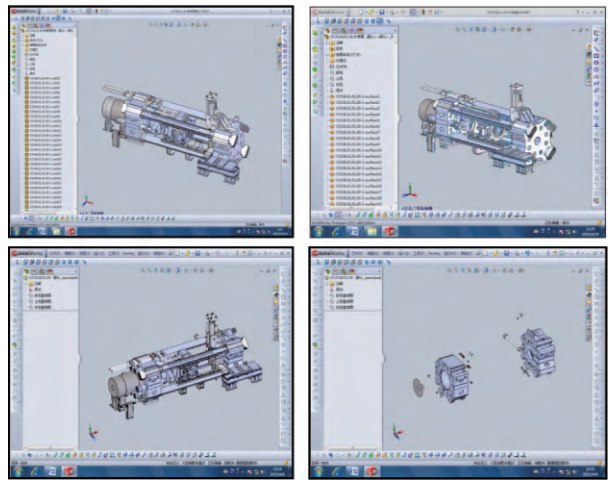

图 2

表 2

模型	基本装配	多实体零件	外表面	全表面 Speed Pak	配合面 Speed Pak
内存（G）	0.82	0.39	0.22	0.16	0.03
打开速度	60s	30s	10s	7s	3s

其内存大约减少 2 ～ 27 倍、速度大约提高 2 ～ 20 倍。

（2）发动机的测试。

图 3 所示为发动机的外表面多实体零件模型，实体个数 501 个，图 4 为配合面加幻化外表面的 Speed Pak、只有配合面的 Speed Pak。速度、内存方面的对比测试如表 3、4 所示。其内存减少 4 ～ 88 倍、速度提高 8 ～ 55 倍。

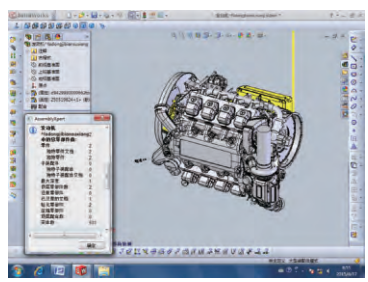

图 3

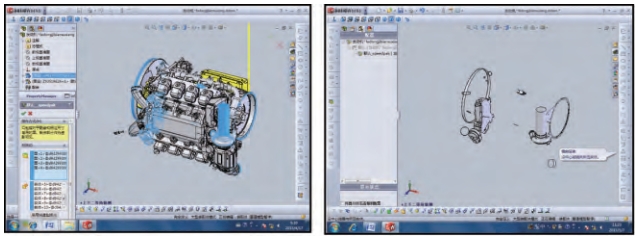

图 4

表 3

13000 个零部件	打开时间	内存
总装（简化装配体）	10s	0.22G
原总装（管路系统）	61s	1.46G

表 4

模型	外表面零件	全表面 Speed Pak	配合面 Speed Pak
内存	0.88G	0.22G	0.01G
打开速度	111s	13s	2s

三、典型产品的测试

对典型产品挤压机、操作机及起重机的新方法整机装配测试如下。

1. 某型号卧式双动挤压机的总装

一级部件压机本体、管路系统和供锭器装置了采用了简化配置 Speed Pak，其二级部件采用了存为多实体零件方式，在此基础上进行了总装，并生成了工程图，如图 5 所示。

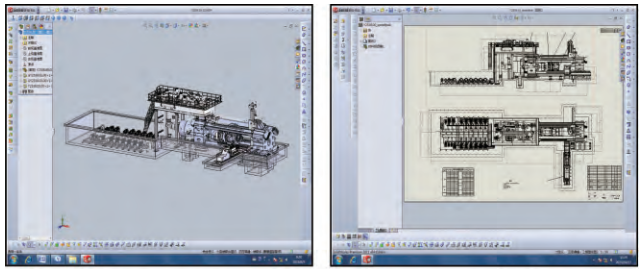

图 5

实体方面速度缩短 6 倍，内存减少 6 倍，实体操作无明显滞后。

针对 Speed Pak 工程图的弱点，剖视图采用增加地基剖视实体配置、添加区域剖面线的方式生成。明细表在零件装入基础零件时生成，而不是在零件装配完成后。序列号采用注释方式而不是序列号方式生成。

2.180 吨操作机本体的总装

对一级部件采用配合面加简化外形（幻化表面）处理，形成 Speed Pak 配置，然后进行本体装配，考虑机架为装配基准，不作简化处理，如图 6 所示。速度、内存方面的对比测试如表 5 所示。

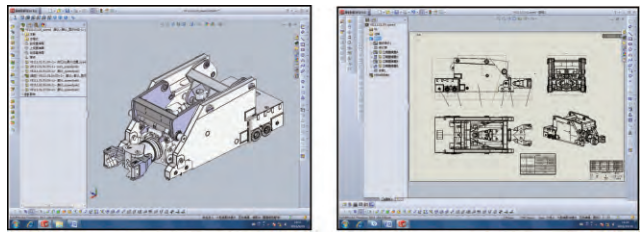

图 6

表 5

3482 个零部件	打开时间	内存
总装	6s	0.08G
原总装	48s	0.44G

实体方面速度缩短 8 倍，内存减少 5 倍，实体操作无明显滞后。

工程图方面主要是交替位置视图无法生成，需用草图手工绘制。

3. 铸造起重机的部件简化处理和总装

应用 Speed Pak 对某型号铸造起重机进行了一级部件的简化，在此基础上进行了总装。图 7 为主要部件的 Speed Pak 生成和总装实体图、工程图。铸造起重机新旧方法速度、内存方面的对比测试如表 6 所示。

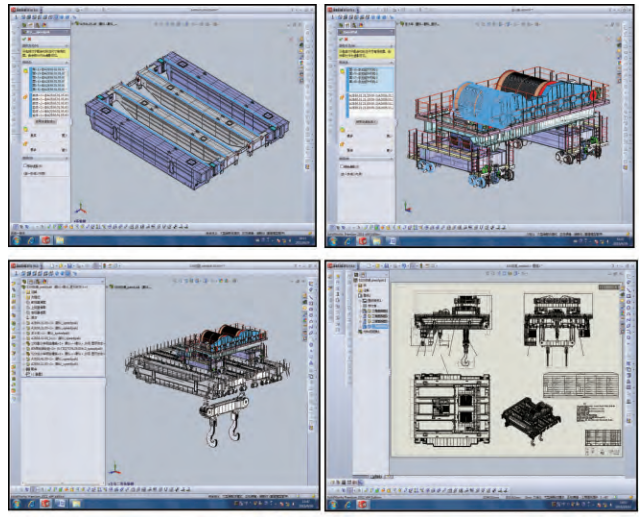

图 7

实体方面打开时间缩短 7 倍，内存减少 3 倍，操作略有滞后。工程图方面主要是明细表和序列号的自动标注问题，

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn

表 6

15000 个零部件	打开时间	内存
总装	11s	0.16G
原总装	77s	0.46G

现象同上。

四、总装及大型部件的简化推荐方法

SolidWorks 的大装配功能虽然种类繁多，但分析其原理，大致可分为三类：首先是零部件实体不变、组织不变，仅改变零件的内部关系是否进入内存、显示方式及屏蔽部分自动辅助功能的大型装配体模式。其次是零件实体或外表面不变、组织结构改变的方式，即大型部件存为零件。最后为零件实体、组织结构完全改变的模式即简化配置 Speed Pak。其次，系统的预设值也有一定程度的影响。以下对系统设置及推荐简化方法逐一叙述。

1. 系统的预设值

这一部分包括操作系统的优化、SolidWorks 软件的各种预设值、关闭附属插件和增加虚拟内存等，对这一部分的对比测试结果，速度提升大致在 10% 左右。

2.50 ～ 5000 个零件规模的部件简化

对 50 ～ 5000 个零件规模的部件而言，大型装配体模式受到广泛应用，适用于一般机械零部件的设计。其使用方式和功能的影响详见在软件帮助文档中有详细描述。

3.1000 ～ 10000 个零件规模的部件简化

大型装配体存为多实体零件，方法简单，适用于 1000 ～ 10000 个零件规模的部件，一般在机械设计完成后，液压、电气设计时的机械部分作为基础设备处理时采用，主要缺点是其多实体零件和原部件没有相关性，不能自动随之改变。

4.10000 件以上零件规模的产品总装

简化配置 Speed Pak 极其有效，可快速进行整机装配，但不能进行直接的干涉检查，可能需要部分手工处理。

五、系统软硬件的影响

大装配的速度问题，主要取决于三方面的因素：硬件、软件和建模方法，以上讨论了建模方法，这里介绍一下软硬件方面的履带吊测试情况。硬件方面对公司现有工作站（包括服务器）的各种机型在 SolidWorks 2011 作了某型号履带吊全地面底盘的测试，效果不大，多 CPU、内存利用率很低，推测可能是软件旧版本的算法并未考虑硬件的最新发展。软件方面，以联想工作站为平台，对 SolidWorks 的 2011 版和 2015 版做了测试，内存变化不大，打开速度提升一倍，多个操作速度提升 10 倍以上，如表 7 所示，可明显看到 SolidWorks 新版本对大装配处理的改善。

表 7

履带吊全地面底盘（40015 个实体）	2011 版	2015 版
打开模型时间	27min	15min
旋转模型等操作卡滞时间	3s	0.5s
接头拖入时间	60s	2s
管路生成时间	20s	3s
管路编辑等待时间	30s	5s
每个配合等待时间	80s	2s
内存占用	7.3GB	7.6GB

六、结语

从上述三台典型产品的使用效果看，推荐方法可以顺利实现上万零件规模的三维模型实体总装，但工程图方面自动化功能减弱，需手工处理部分视图和标注。这对一般大型机械产品的设计具有通用性。