

整个产品设计过程中，采用了自上而下的设计流程，大大提高了工程师设计的水平和效率，结构件使用验证优化功能使投入成本减少了10%以上，三维布管功能使得液压管路系统缩短设计周期30%以上。Inventor软件在整个项目的实施加快了产品推向市场销售的步伐，显著提升了产品的经济效益。

— 赵殿华

履带式平板运输车项目负责人
泰安泰山工程机械股份有限公司

四大设计难题迎刃而解

——Inventor在泰安泰山工程机械股份有限公司的应用

泰安泰山工程机械股份有限公司 赵殿华 宋洪勇 李燕



图片由泰安泰山工程机械股份有限公司提供

泰安泰山工程机械股份有限公司，位于山东省泰山山东麓，是集科研、开发、生产、服务为一体的科技型股份制企业。公司是吊管机、全液压移动电站、履带吊等管道施工装备机械的专业生产厂家，主导产品有“岱峰”牌DGY10-90型全液压履带式吊管机、湿地型吊管机、多功能吊管机、履带式起重机、管道铺填机、多功能焊接车、全液压移动电站和轮式挖掘机等。其中“岱峰”牌履带式吊管机被国家科技部、国家质检总局等五部委联合命名为“国家级重点新产品”。公司自主创新研制的国内最大的DGY90型履带式吊管机经过权威鉴定，填补国内空白，达到国际先进水平。

一、设计面临的四大问题

设计，是将思考变为实际产品的整个过程的活动，是将想法实物化而制定数据、资料的工作。

一般，设计者的思考过程是按照机能→机构→构造的顺序展开。具体流程是按照方案图→计划图→零件图→组装图的顺序进行。构成机械全体功能，由若干种基本功能，按照一定规则组合在一起。

作为工程机械生产企业，如何更快、更好的实现设计过程，从而制造出外形美观、性能优良、易于维修且成本节约的设备，无疑是一项复杂的系统问题。需要解决以下主要问题：

1.设计的必要性如何确定

设计某种机械。需考虑的问题有：有无制造必要？如何制造？具有什么功能？机构、材质、尺寸、加工方法如何？能否组装？力和强度是否满足？能否搬运？能否拆卸？操纵如何？舒适性怎样？维修保养是否方便？安全性如何？成本、人工是否经济？有没有需要考虑的其他制约因素？与相关法律法规政策是否相互抵触？

这就是“设计的必要性”问题，是设计逐渐具体化的过程，直接影响到设计成败。而且，这个过程复杂程度高，涉及到多行业和多学科。这个过程，好似雕刻家在雕刻一幅作品，将原材料上不需要的部分剥离，作品就自然的展现出来。

2.如何提高设计速度

一个产品，从设计、制造到工业性试验，如果花费过长的时间，那么等到最终产品出来，市场可能已经被别人抢去，甚至已经没有了市场。

用户从经济效益的角度出发，一般情况下不会等待太长的时间。如果不能够尽快地满足他们的需求，他们就会转向其他公司，或者寻求其他的解决方案。即便等待，等最终产品生产出来，他们也会提出更多更新的使用要求。这样，前期投入了大量人力物力设计制造出来的设备，就很有可能成了一堆废铜烂铁。



图片由泰安泰山工程机械股份有限公司提供

在这个快鱼吃慢鱼，灵活小批量设计为主，且强调对市场机会和客户需求作出快速反应的时代，如果企业的设计速度达不到客户的要求，后果会是相当严重的。为了达成快速设计制造的目标，设计人员提升业务水平是一方面，更为行之有效的是企业为设计人员选择一款真正实用、高效和全面的三维实体设计软件。

3.设计合理性、准确性、可引用性及完整性如何得以保障

具体的设计过程中，基准应清楚、直观，形状和位置尺寸应易于修改、更新，零部件可以重复引用，零部件特性参数应完整。这些，对于一个完整的设计过程都是必不可少的。

在以往的二维设计中，基准往往是以点和线的形式存在，不能够给设计者以直观表现，很有可能造成设计者在设计过程中出现选择基准不合理等情况发生。形状、位置、尺寸一旦确定，检查和修改起来特别不方便，设计者时常需要凭借记忆

返回到某个设计点重新进行设计。而且，二维设计的零件，往往不能够方便地应用到其他视图中去，且无法实现自动的剖切图样。另外，零件的表达仅仅用线条表示，其他如材质、重量等一系列重要参数信息都无法表示。更谈不上紧固件、结构件、动力传动部件等的自动生成。

4.工程图的快速更新和输出、数据管理与沟通、后续数据支持、格式的转换等问题

设计完成后，二维工程图能否从三维模型方便的输出、更新，数据的管理和沟通是否容易实现，后续所需的图样及数据表格能否方便地获得，能否实现多种格式的转换以便于交流合作。

对于以往的二维设计，这些都是非常耗时的工作。如果能够统统加以解决，就能够将设计者从繁重的设计工作中解放出来，使他们有更多的时间去接触用户和深入生产一线，以便做出快速的设计改动。

三、Inventor在全液压履带式平板运输车设计中的应用成效

考虑到以上设计中的问题和难点，公司对几家主要的三维设计软件进行了考察和比较。最终由于Autodesk Inventor在界面、图形显示、运算速度、库文件集成和工具模块集成等方面所表现出的突出优势，公司决定选择使用Autodesk Inventor作为重要产品——全液压履带式平板运输车的设计软件。

设计产品概况：全液压履带式平板运输车，是我公司在广泛吸收国内外同类产品先进技术基础上，研发的全新施工运输机械。选用康明斯柴油发动机，360°连续全回转随车起重机，及自行制造的专用全液压履带运输底盘，液压系统选用国际名牌配套。本设备适用于低接地比压地区以及江南水网地带的野外建设施工，集运输、吊重及搭载多种功能部件等功能于一身，一机多能。

该设备行走底盘、履带中心距和接地长度增大，通过性能良好，适应在低接地比压地区施工作业。中间为加强型钢架连接，抗扭强度高，履带张紧度方便可调。随机配置性能先进的360度全回转伸缩臂起重机，工作范围广，起重能力强。本机还可随机配备发电机组、空气压缩机等多种施工设备。

1.项目准备阶段

项目论证完毕后，确定了产品方案草图。此时，基本确定了所开发产品的外形尺寸及各功能部件组成。

下面根据设计要求，研发项目组着手对发动机、联轴器、齿轮箱、液压泵、液压阀、随车起重机等主要功能部件初步选型，并利用Inventor软件完成三维造型，然后进行主要传动部件的模拟装配，确定空间位置的同时也确保各部件之间接口的正确。

在这个阶段，Autodesk Inventor三维软件，帮助设计师在最短的时间内创建了数字样机，并利用数字样机来验证想要设计的功能。工程师在制造真实样机之前，就可以容易地发现设计过程中的错误。Autodesk公司作为AutoCAD软件的开发，非常了解机械产品设计的过程，并一直致力于研发出更为优秀的系列化软件，使得三维设计更加简便。

2.方案审查阶段

第1阶段完成后，由公司出面组织方案审查会。召开方案审查会时，通常会邀请设备最终用户、研发项目组及公司内相关部门负责人参加。

之前提到，设计人员通过使用Inventor软件，在实际机器未完成的情况下，就完成了对零件和装配的构思和功能设计验证，组成较为详尽的三维方案装配图。

在方案审查会上，研发项目组利用Inventor软件卓越的图形显示功能，将初步完成的设计验证结果和使用Inventor生成的运动仿真录像，结合装配位置表达，将不同机构运动位置评估设计结果，直观地展现在用户及公司决策者面前。Inventor在用户界面简单、三维运算速度和着色功能方面有突破的进展。使用Inventor，可以利用运动仿真，模拟产品真实的运动状况，减少样机试验的时间和成本，并可通过应力分析研究零件在载荷下的变形等状况。

只有全面分析和掌握了这些重要的信息和资料，才能够保证设计在预想的轨道上进行下去。

实际上，通过这个方案审查过程，Inventor已然实现了将设备最终用户拉入到产品前期设计中的可喜成绩。因为对于设备的将来，最终用户比设计人员有更优先的话语权。设计的成败，在方案审查会后已然可以得出准确的判断。

简言之，通过使用Inventor软件，无论是设计者、投资者还是最终用户对设备本身的绝大多数特性都做到了“心中有数”，并对产品的优缺点提出了重要的建议和意见。这样，会极大地规避以下风险：

◎样机制造后，设计者、投资者和用户三者之间，对产品本身的外观和性能产生较大分歧，设计存在硬伤。

◎设备在制成后遭到反复、严重的整改。

3.细化设计阶段

设计结果通过审查后，项目组继续利用Inventor三维设计软件，着手将前期设计作进一步的细化设计。

主要包括如下。

(1) 动力传动装置的设计

结合必要的设计计算，进行发动机水箱、发动机减震座、齿轮箱安装座及燃油箱等的设计。确定发动机空气滤清器及消声器的安装位置和具体安装方式，然后选定各水管、进气管、排气管等发动机附件的规格型号，与配套厂家进行协调。

如何精确地确定各水管、进气管等管件的长度，一直是一个比较有难度的问题。使用Inventor后，确定起来就得心应手了很多。

Autodesk Inventor三维可视化的设计加上卓越的着色显示，让设计者思路更加清晰，帮助设计者少犯错误，提升了设计质量。

(2) 液压系统及液压传动系统的设计

液压工程师根据设计要求，合理设计液压系统。正确选择液压泵、液压阀和行走液压马达。根据所选泵、阀、马达型号及安装要求，利用Inventor软件设计液压油箱、各泵安装法兰、功能阀座及马达安装座等。具体包括：吸油、回油滤清器的安装设计，液位计的安装设计，换向阀组的安装设计，各溢流阀、分流块等单个功能阀块的安装设计，齿轮箱接口的进一步细化设计等。

根据Inventor软件所呈现的整车空间布置，设计人员可以方便地对所选各液压元件在空间上进行合理的布置。对于使用液压传动的工程设备制造企

业来说，Inventor的三维布管功能是非常有用的。

在Autodesk Inventor中，设计人员在完成各液压力件的空间布置后，可以选择一个起点、一个终点和任意数量的中间点定义管路，来快捷的创建和修改管路。三维装配发生更改时，管路也会随之自动更新。

管路的位置可以通过使用三维草图工具，对管路进行精确控制。

Autodesk inventor还为设计者提供了丰富的管件库，设计师可以从中选取正确的管件，然后进行放置。这样，软件帮助设计者提高了设计质量，保障设计者能顺畅地组织零件，避免了繁杂的搜索过程。配件库不仅为设计师提供了常用的如GB、ANSI、DIN、ISO、JIS等配件、管道和软管等多种标准，还允许软件使用者在库中添加或者编辑管件的属性，包括现有零件编号以及用于管理配件、管道和其他标准件的文件名。

通过三维布管的方法，系统所需的标准和非标液压管件、接头、硬管、软管得以在设计过程中进行空间三维布局，不用像以往那样，等样机制造得差不多了再去确定液压管路。这样，就大大节省了样机的制造时间，为企业抢得市场先机提供了有利帮助。

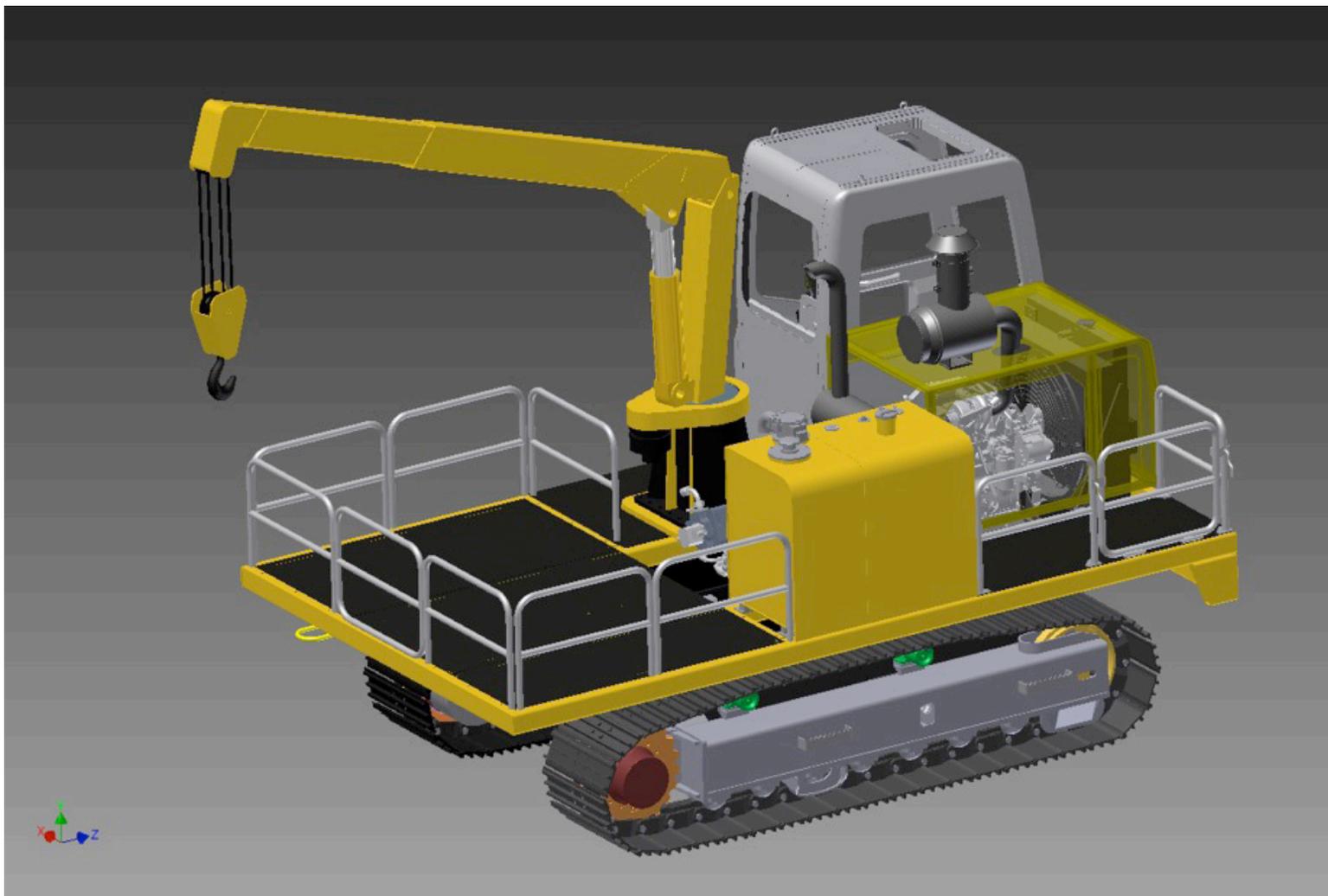
(3) 上车架、行走车架的设计

根据设计输入，利用Inventor软件，进行上车架、行走车架的细化设计。

在行走车架部件总成下左右履带架的设计中，已知接地比压要求，及行走液压马达、四轮一带、张紧装置等的外形及接口参数，要求设计左右履带架。

以往，在创建零件和装配模型之前，设计师无法做到对不同的结构方案进行有效的评估。而通过使用Inventor的草图环境，可以像使用二维布局一样快速表达设计构思。使用几何约束功能与草图修改工具，并结合颜色和线型的设置，可以更好地表达设计构思。最终，利用阵列、镜像、旋转、衍生零部件等功能，方便、快速、准确完成了履带架的设计。

设计过程中，应力分析模块的使用，给设计者提供了非常有价值的参考信息。设计师能够通过更改草图或约束，使整个设计得到及时更新。过盈分析、接触识别、设计医生等多种手段，也在最大程度上确保了设计的准确。



图片由泰安泰山工程机械股份有限公司提供

(4) 引擎罩、保护罩、防护板等钣金件的设计
Inventor的钣金设计，其功能比较齐全。所有钣金实际中的应用，Inventor都可以完成。设计师可以轻松设计出所需的钣金样式，并轻松获得所需要的展开下料图。

(5) 设计信息输出阶段
在本阶段，具体的设计宣告完成。设计者可根据需要，运用Autodesk Inventor所完成的所有设计

信息，方便地将工程图、展开图、应力分析结果、运动仿真结果、物料清单、布管文档、表达视图等输出成多种格式的文件，以供生产、供应、加工、焊接、装配、外协等不同部门和单位使用。Inventor提供了几十种不同的输出格式，基本囊括了用户所需要的所有文件格式，为不同单位、不同部门之间的沟通和交流提供了强有力的保障。

4.应用体会

采用Inventor设计的履带式平板运输车完全应用软件平台的各种功能和工具，脱离了纯二维的平面设计思路，显著提高设计的准确性和效率，三维模型的结构受力分析与模型实现联动，可快速校核设计的可行性，二维出图与模型联动，对因工艺性产生的设计问题可较早地发现并解决。

欧特克软件(中国)有限公司
100004
北京市建国门外大街1号
国贸大厦2座2911-2918室
Tel: 86-10-6505 6848
Fax: 86-10-6505 6865

欧特克软件(中国)有限公司
上海分公司
200122
上海市浦东新区浦电路399号
Tel: 86-21-3865 3333
Fax: 86-21-6876 7363

欧特克软件(中国)有限公司
广州分公司
510613
广州市天河区天河北路233号
中信广场办公楼7403室
Tel: 86-20-8393 6609
Fax: 86-20-3877 3200

欧特克软件(中国)有限公司
成都分公司
610021
成都市滨江东路9号
香格里拉中心办公楼1507-1508室
Tel: 86-28-8445 9800
Fax: 86-28-8620 3370

欧特克软件(中国)有限公司
武汉分公司
430015
武汉市汉口建设大道700号
武汉香格里拉大饭店439室
电话: 86-27-8732 2577
传真: 86-27-8732 2891

☎ 购买咨询: 400-080-9010

Autodesk®

Autodesk, Autodesk Inventor和Inventor是Autodesk, Inc.在美国和其他国家的注册商标。所有其他品牌名称、产品名称或商标分别属于各自所有者。Autodesk保留在不事先通知的情况下随时变更产品和服务内容、说明和价格的权利，同时对文档中出现的文字印刷或图形错误不承担任何责任。
© 2012 Autodesk, Inc., 保留所有权利。