

· 软件开发 ·



HIDAS三维智能化设计系统

赵宏坚, 卢永昌, 何家俊, 杨锡臻

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 当前港口工程勘察设计仍然以分散作业、单机操作, 各工序、各专业彼此分开, 以图纸、表格、文字互提资料的二维的、离散的作业模式为主, 该作业模式不但效率低、资料共享性差, 而且错漏现象时有发生。为改变行业现状, 介绍全新的港口工程勘察设计一体化智能化系统HIDAS的设计模式特征和研发状况。HIDAS以三维设计为基础, 整合各专业生产流程, 实现港口工程勘察设计行业全专业的三维设计、全生产流程的无缝数据连接、可定制的自动化分析、可定制的自动化成果输出和多专业协同设计。

关键词: 港口工程; 勘察设计; 三维设计; 可视化设计

中图分类号: TV 222.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)02-0204-06

Three-dimensional intellectualized and integrated system of harbor engineering

ZHAO Hong-jian, LU Yong-chang, HE Jia-jun, YANG Xi-liu

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: The main work pattern of harbor engineering investigation and design industries is two dimensional separated working. Its features include design separated, data store in different documents and tables, information exchange by lettering. This pattern is not only ineffective and difficult to share data, but also making mistakes and omissions easily. This article proposes a new system of harbor engineering investigation and design industries, named HIDAS. HIDAS is three-dimensional designing based and whole production process integrated, realizes full profession three-dimensional design, seamless data link, customizable auto analysis, customizable result data output and product lifecycle management. This article introduces the features of design pattern in HIDAS and the development status of the system.

Key words: harbor engineering; investigation and design; three-dimensional design; visual design

20世纪90年代以来, 港口工程设计甩掉了图板, 全面实现了计算机辅助绘图, 大大提高了生产效率。同时, 在交通部有关部门的大力支持下, 港口工程计算机软件有了很大发展, 在水工结构设计、港口总平面设计、装卸工艺、波浪水文处理、经济效益评价、地基处理、工程概预算等方面都开发了相应的软件。这些软件的广泛应用, 使业内的设计质量、设计效率和整体技术水平都有了很大的改善和提高。

但即使如此, 随着港口工程的复杂程度越来越高, 大型工程的数量日益增多, 仅提高个体的效率和质量还远远不够, 现有作业模式的生产能力仍不能满足日益增长的市场需求。目前, 港口工程勘察设计仍然以分散作业、单机操作为主, 各工序、各专业彼此分开, 以图纸、表格、文字互提资料, 不但效率低、资料共享性差, 而且错漏现象时有发生。因此, 以信息技术改造传统的勘察设计作业模式, 实现港口工程勘察设计的一

收稿日期: 2013-11-12

作者简介: 赵宏坚(1979—), 男, 博士, 工程师, 主要从事港口工程设计软件系统研发。

体化和智能化,是港口工程勘察设计行业进一步提高生产能力的迫切需求。

自20世纪90年代起,国际CAD设计领域已逐渐转向全三维设计^[1-4],这种设计模式与传统二维设计模式的本质区别在于设计对象通过直接建立三维模型来表达,并在原来纯二维的设计环境基础上,增加了更直观灵活的三维设计环境,让设计变得更直观、更轻松。在机械行业,全三维设计系统的应用走在世界的最前列,有大批先进的设计系统,如CATIA^[5],UG,Pro/E等。在建筑行业有Autodesk公司和Bentley公司的BIM^[6-7]解决方案。在港口工程行业,暂时没有比较合适的三维设计解决方案。

HIDAS (Harbor Investigation and Design Application System)是由中交第四航务工程勘察设计院主持研发的创新性系统,旨在改变现有港口工程勘察设计工作模式。

1 HIDAS作业模式特点

1.1 全专业三维设计

实现港口工程绝大部分专业的三维设计,设计成果以三维数据模型的形式进行表达。采用三维设计模式进行港口工程勘察设计不但可以很好地解决传统二维设计模式工作量巨大且容易发生错漏的问题,大大提高设计效率和设计质量,还可以向其他专业传递更多的设计信息,拓展CAD系统对工程人员的辅助功能。

1.2 全流程无缝数据连接

使港口工程设计过程中的离散数据处理方式转变为全过程无缝数据处理方式。当设计过程中的主要表达对象全面转成三维时,就可以把这些离散数据全部整合在一起,从而形成统一的工作数据流,这些繁重、单调的数据提取工作将不复存在。

建立了统一的三维数据模型后,各专业或各设计过程的相关信息和参数都可以以属性的方式保存在三维模型上,各专业或过程对数据的保存和提取都可以通过统一的方式进行,因此数据的

利用将不再需要进行格式的转换。

1.3 可定制的自动化分析

使港口工程设计过程中的分析过程变得直观容易。在设计分析过程中,一些重要的分析软件比较难使用和推广;另一方面一些好的分析模式和模型只存在于小部分人手中,不利于知识和经验的共享。新设计模式在三维数据模型的基础上,把各种复杂的分析软件整合起来,提供较为标准和统一的分析过程,并把常用并证明比较有效的分析模型整合到系统中,使用户既能按既定的模式进行自动化分析,又能交互式地实现自定义的分析过程。

1.4 可定制的自动化成果输出

使港口工程设计过程中的全人工成果输出转成可定制的自动化成果输出。把三维结构对象到二维成果图纸的转化,制作成可干预的自动化输出,当设计出现变更,只需要对三维结构对象进行修改,然后重新输出就可以方便地完成成果的变更,既大大提高了修改效率,又减少了修改过程中可能出现的错误。

有了设计对象的三维模型,常规的二维工程图设计可以直接由三维模型投影各种视图而形成,设计人员只需对视图中个别线条进行调整,并标注工程符号,即可满足工程图纸的要求。各种视图之间通过三维模型建立起内在的对应关系,不但保证了视图的正确性,而且对模型的修改能自动反映在各种视图上,保证了设计修改在三维模型和二维工程图中的一致性。

1.5 多专业协同设计

新模式下的协同设计是指多个专业的设计人员在统一的系统平台上,通过数据共享协同,快速高效地共同完成一个设计项目。通过建立支持各专业的通用三维CAD基础平台,使地质、总图、水工、工艺等各个专业采用统一的三维数据模型设计平台进行设计,专业之间借助平台提供的数据接口进行数据模型共享,使同一构件元素,只需输入一次,各个专业即可共享元素数据并于不同的专业角度操作该构件元素,从而实现

数据的一致性和专业间碰撞检查的可视性，可以高效整合上下游各专业间的数据。

2 HIDAS系统功能

HIDAS系统的主要功能模块有：进行工程三维地质可视化的三维地质建模模块，进行水工结构物设计的构件设计、构件装配、构件分析和构件配筋等模块，输出成果的工程出图模块，进行协同工作的协同设计模块，见图1。

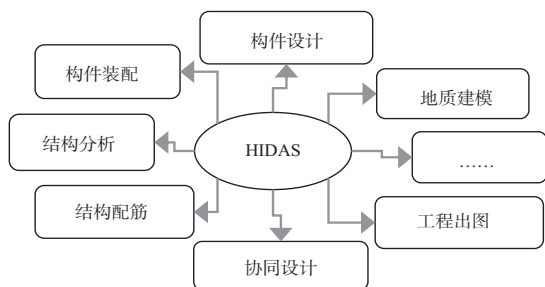


图1 HIDAS系统功能

2.1 地质建模

地质建模是对取得的勘察资料，如钻探、物探等资料，加上各种室内试验数据，通过三维建模技术把三维地质模型最大限度接近真实地构造出来。地质三维模型包括地表模型和地层模型。三维地表模型构造出来后具备辅助工程选址、进行各种工程结构物布置、提前呈现整体工程设计效果等功能。三维地层模型构造出来后，能够对地下情况有比较直观的了解，能够对地层进行开挖、回填、设计结构物等操作，可以进行各种稳定性的分析。见图2，3。地质建模模块主要包含地质勘察数据管理、地质模型三维可视化及分析、地质成果输出等功能。

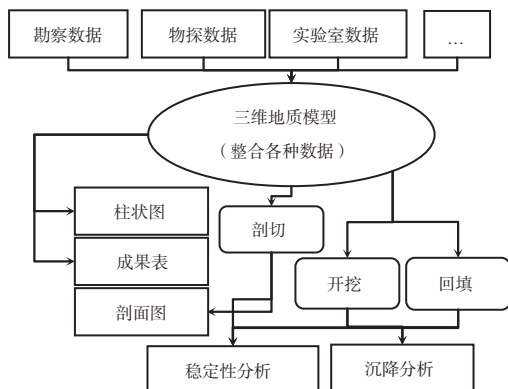


图2 三维地质模块构建和应用流程

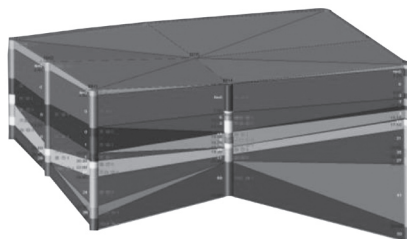


图3 三维地质模型

三维地质模型的建立有全自动构建和交互式构建两种方式。全自动构建以地层层号、地质时代、地质成因、岩土类型、岩土名称、岩土性状指标等作为分层要素，结合地层的空间分布，按照项目特点和勘察阶段的综合要求，通过设定分层规则和变异性标准，采用自动识别技术对地质模型进行全自动构建。在分层要素不充分或场地、地基复杂等级很高时，由工程师通过专业操作进行交互式构建。三维地质模型建立后，可以通过三维实体模型的布尔运算操作实现模型的剖切、开挖和回填。通过这些操作后的模型，可以把剖面、模型等数据导入到岩土分析软件中进行稳定和沉降分析。

三维地质模型建立后，通过剖切、开挖等操作，可以直接输出柱状图、剖面图等地质成果图，也可以通过各种分析功能完成物理力学性质统计成果表。

2.2 构件设计

构件化设计的主要思想是对设计对象的结构进行分解，形成独立的构件，然后分别对这些构件进行设计，最后把这些构件装配组合起来形成最后的产品对象。构件设计是三维构件化设计的基础。

在HIDAS里，构件设计的主要功能包括草图设计、特征建模、特征修改、线框建模、几何操作等功能。

构件设计首先通过图元的绘制和约束的施加进行构件轮廓草图的设计，在草图的基础上通过凸出、旋转等特征操作形成三维构件实体，再通过倒角、偏移等操作进行三维特征的修改，对于使用特征操作不能完成的三维建模，可以通过直接在空间中绘制点、线、面，再加上缝合操作

来完成建模操作, 这种建模方式称作线框建模。当各种几何模型完成建模后, 还可以通过对几何模型进行布尔合、交、减等操作来形成新的几何体, 此外还能对几何进行引用、阵列等操作, 见图4。

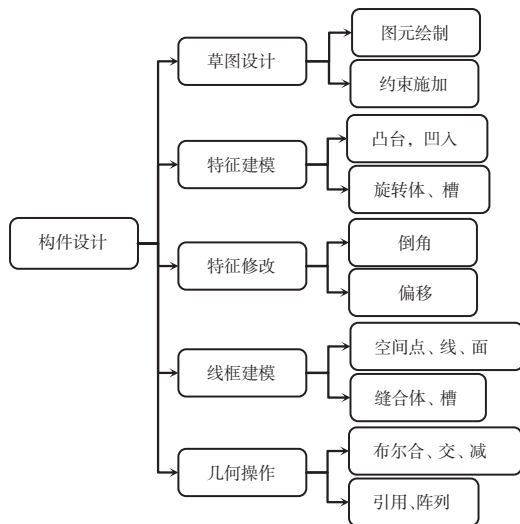


图4 构件设计主要功能

2.3 构件装配

构件装配技术, 是把各种已经设计好的构件模型装配成一个工程结构模型, 通过对构件进行各种空间定位操作, 如移动、旋转等, 加上各种约束手段, 如网格约束、三维几何约束等, 可以把这些构件的相对位置严格确定下来, 完成装配工作。

HIDAS在构件装配中提供了参考面网格约束设计, 通过在装配空间中进行参考面的设计, 建立一个三维立体网格参考面体系, 在此参考体系下进行三维空间的二维构件定位。进入参考面后可以通过一点式定位和两点式定位等定位操作对三维构件进行空间定位, 通过提供构件复制、阵列等拷贝操作来提高构件定位的效率。当构件进行修改后, 为了使修改能迅速体现在结构上, 系统还提供了单构件刷新、多构件刷新等结构自动重建操作, 以满足不同的刷新需求。构件装配的各种功能见图5。

2.4 结构分析

三维结构分析是指使用通用有限元分析技术对设计的工程对象以及集合进行分析, 主要技术

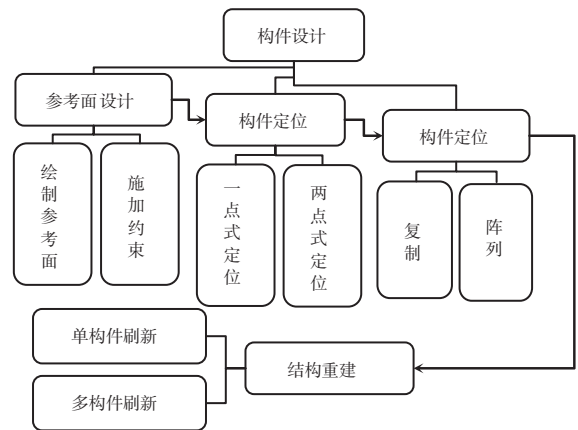


图5 构件装配主要功能

包括分析模型转换、前处理、分析求解和后处理输出。

HIDAS通过同参异构的多几何构件设计技术, 加上多种人工干预手段, 可以实现设计模型到分析模型的快捷转换, 无需对计算模型进行重建。在HIDAS中具备统一的前处理功能, 可以设置材料、边界、荷载、作用效应组合等各种参数, 并支持多种网格划分功能。通过多分析内核整合技术, HIDAS可以实现同一计算模型使用不同的计算内核进行计算, 无需转换计算模型和重新设置参数。最后HIDAS还具备统一的后处理输出技术, 能方便地输出各种计算结果, 包括各种计算书。见图6。

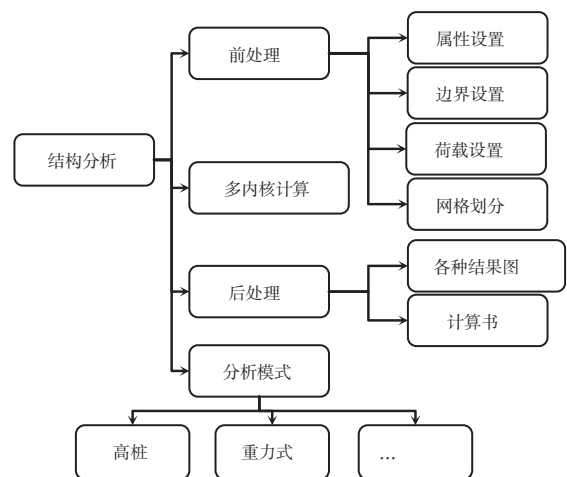


图6 构件分析主要功能

2.5 构件配筋

HIDAS构件配筋主要是指对三维构件进行三维钢筋配置。该配筋系统实现了钢筋数据的集

成，配筋模型中包含了设计对象完整的几何结构信息，给出了完整的钢筋模型结构，是真实结构在三维平台上的展示，钢筋位置与现实无异，真实反映了钢筋配置情况。

在HIDAS中，钢筋组是配筋设计的基本单元，同一组钢筋的基本属性是一样的，基本属性包括钢筋类型、钢筋等级、钢筋材料、钢筋直径等；构造属性包括形状相关的信息、布置相关的信息、关系属性、保护层厚度、钢筋参考源等。

系统提供了多种配筋模式，用户根据需要选用合适的方式进行钢筋配置，配筋模式包括表面配筋、截面配筋、草图配筋、依赖配筋、线框配筋、圆弧配筋等，通过这些配筋模式，可以对任意形状的钢筋进行配置。

2.6 工程出图

HIDAS实现了二、三维集成的出图方式，把三维模型导入二维图纸中，常规的工程图设计直接由三维模型通过剖切、投影等各种操作得到，设计人员只需对视图中个别线条进行调整，标注工程符号，即可满足工程图纸的要求。各种视图之间通过三维模型建立起内在的对应关系，不但保证了视图的正确性，而且对模型的修改能自动反映在各种视图上，保证了设计修改在三维模型和二维子图中的一致性。

在进行钢筋标注时，只需要点击钢筋投影线，系统会自动识别该图元所对应的基本信息，钢筋编号、钢筋等级、钢筋直径等属性自动标出。进行尺寸标注时，系统会捕捉顶点位置来完成标注，当三维模型的尺寸发生变化时，二维子图会更新图元信息，尺寸标注也会相应的自动变化，不需要设计人员重新标注。

除了提供二三维出图关联的操作外，三维出图系统还为设计人员提供了在二维CAD中的各种常用图元绘制功能，因此，整个出图过程都可以在HIDAS系统中完成。

3 HIDAS设计特征

HIDAS设计模式是一种全新的设计模式，区别于传统基于二维CAD的数据离散的作业模式，

HIDAS作业模式基于三维CAD，数据统一，智能化，相互协作。其特征主要表现在两个方面，一个是构件化设计，另外一个智能化设计。

3.1 构件化设计

以高桩码头的一个排架设计为例，说明构件化设计的工作流程（图7）。在HIDAS中对一个排架结构进行设计，首先在结构空间设计好对应的参考平面，包括纵横轴网参考面和高程参考面。然后在构件库中选取相应的构件，如横梁、纵梁、面板等，根据排架设计的尺寸修改构件相应的尺寸，然后把构件导入到结构空间中，经相应定位后，形成排架结构模型。

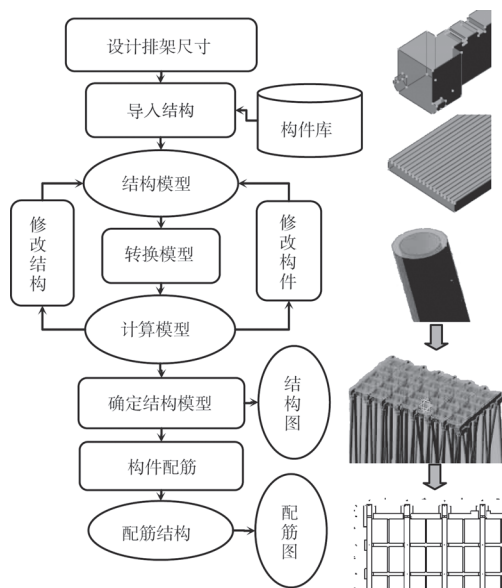


图7 构件化设计流程

把设计模型转换成计算模型，进行结构计算（这里忽略地质模型的导入），根据计算的结果，修改结构模型，这里的修改包括结构尺寸的修改和构件本身尺寸的修改等。修改完的设计模型重新转换成分析模型，进行结构计算，根据计算结果再调整设计模型，直到结构模型满足设计要求。

结构模型确定后，就可以出各种结构图纸，如梁板布置图、立面图、桩位图等等。另外，可以把结构模型上的构件保存成独立的构件，然后分别对这些独立的构件进行钢筋配置，最后再把结构上的构件刷新成配筋后的构件。这样既可以对单独构件出配筋图纸，也可以在结构模型上对

复合构件出配筋图纸。

在整个设计流程中,设计的中心都是围绕着构件进行的。因此,在HIDAS上进行的设计过程是一种构件化的设计过程。这种设计方式有两个比较重要的特性:1)直观。构件化设计具备和现实世界产品生产相似的流程,因此设计过程比较直观。2)重用。构件化设计可以把已设计好的构件存进构件库,下次进行相似产品设计时,只需要简单修改一些参数和属性就能得到所需构件。构件化设计中的直观和重用两大特性都直接导致了设计过程具有更高的效率和更少的错误率,因此它是一种比较先进的设计方式。

3.2 智能化设计

智能化设计是HIDAS设计模式的另外一个重要特征。智能化设计主要表现在智能化修改、智能化辅助设计和自动化统计等。

得益于强大的几何约束求解功能,HIDAS中的草图设计和结构中的参考面设计都可以施加各种几何约束。约束的施加使得几何间的相对位置得以保持。因此,在HIDAS中对构件或结构的修改是非常方便的,比起传统无约束的几何构件,修改效率会大大提高。

在HIDAS中,工程图纸和设计模型是存在内部关联关系的,当设计模型发生修改时,工程图纸的对应修改大部分能自动完成,这样就能大大提高成果图纸的修改效率。另外,在图纸中进行图元标注时能自动获取模型中对应的属性信息,如在图纸中标注钢筋的型号、间隔等信息,用户不需要自己填写,系统会根据你点选的图元自动找到这些钢筋的信息并绘制出来。

在HIDAS中具备许多智能化的辅助设计功能,如钢筋配置中,钢筋是否碰撞可以通过系统提供的碰撞检查功能检测出来,它使得配筋过程中出现钢筋打架的情况会大大减少。另外,构件碰撞检测功能也具备相似的功能,在这个功能的辅助下,碰桩情况很容易被检测出来。它可以辅助设计人员更好、更合理地进行设计,减少在设

计过程中可能出现的错误。

在HIDAS中,能对模型的各种数据作自动化的统计,如钢筋表、材料表、计算书的自动生成等。点击一个按钮就完成了统计,比较传统的手工统计,效率不可同日而语,尤其在设计模型出现频繁变更时,该特性的好处尤为突出。

4 结语

提出港口工程勘察设计一体化智能化作业模式,该作业模式突破传统二维设计方式,以更为直观的三维设计为基础,并统一设计和分析过程、设计和出图过程,实现全流程无缝的数据连接和可定制的自动成果输出。

详细介绍了HIDAS系统的各个功能模块,包括地质建模、构件设计、构件装配、结构分析、结构配筋、工程出图等。这些模块的相互协作,能大大减少设计中的重复劳动、错漏现象,提高工作效率、保证图纸质量,使设计人员能够更加专注于设计本身,从而最终提高设计的质量。

参考文献:

- [1] 孔凡新. 三维设计软件的发展[J]. 机械制造与自动化, 2003(4): 82-85.
- [2] 关琰. 计算机辅助产品设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [3] 陈伯雄, 刘镡. 三维设计是必然趋势[N]. 计算机世界报, 2006-07-03(B10-B12).
- [4] 刘小雄. 三维CAD技术在机械设计中应用探讨[J]. 科技创新与应用, 2013(8): 50.
- [5] 李原, 彭培林, 邵毅, 等. 基于CATIA的标准件库设计与实现[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005(8): 229-233.
- [6] 祝元志. 数字技术再掀建筑产业革命?——BIM在建筑行业的应用前景与挑战[J]. 建筑, 2010(3): 14-26.
- [7] 张建平, 余芳强, 李丁. 面向建筑全生命期的集成BIM建模技术研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012(1): 10-18.

(本文编辑 武亚庆)