



HIDAS三维配筋系统

何家俊, 赵宏坚, 杨锡臻, 谢正坚

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 提出一种全新的基于三维模式的配筋设计系统—HIDAS (Harbor Investigation and Design Application System) 三维配筋系统。介绍该配筋系统的系统架构, 阐述系统的设计结构, 包括钢筋对象的组织结构, 系统提供的多种配筋模式和配筋流程管理, 现有的钢筋碰撞检测处理, 钢筋的更新管理机制以及配筋模型的出图技术。三维配筋设计更加符合设计人员的思维习惯, 直观性强, 籍以提高设计的效率和质量, 代表配筋设计发展的方向。

关键词: HIDAS; 港口工程; 三维模型; 钢筋配置

中图分类号: TV 222.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)03-0155-06

HIDAS three-dimensional reinforcement system

HE Jia-jun, ZHAO Hong-jian, YANG Xi-liu, XIE Zheng-jian

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

Abstract: This paper presents the design of a new three-dimensional reinforcement system, HIDAS Reinforced System. The paper introduces the framework of the reinforced system, and describes the system design structure, including the reinforced object organizational structure, a variety of reinforced mode the system provides and reinforced process management, existing reinforced collision detection processing, as well as reinforced update mechanism management, and reinforcement model plotting. Three-dimensional reinforcement design is more consistent with the designer's thinking habits. It can improve the efficiency and quality of design, and represents the development direction of reinforcement design.

Key words: HIDAS; harbor engineering; three dimensional model; reinforced configuration

目前, 在港口工程钢筋出图领域, 仍大多采用绘制二维配筋图的传统平面设计模式。通过传统方式进行配筋出图有许多弊端: 1) 设计人员必须具有较强的三维想象能力, 在脑海中构造出设计对象的空间形状, 再按照三视图的规律绘制二维配筋图, 这种方式工作量大, 容易产生人为错误。2) 在设计的过程中, 方案的反复修改是经常发生的事情, 在传统的设计方式下, 方案的变更需要把所有图纸进行人工修改, 容易发生遗漏的情况。3) 用CAD软件绘制出的工程图纸不能完全描述设计对象的信息, 钢筋用量、材料用量等信息的统计需要依靠设计人员, 这种工作十分繁

琐, 也容易出错。

为了解决这些问题, 本文提出了基于三维模式的配筋设计系统, 通过三维配筋形式来实现数据的集成。三维模型包含设计对象完整的几何结构信息、钢筋信息、钢筋定位信息等, 配筋构件完全依照现实的结构尺寸来设计, 各组钢筋在空间中的位置也是完全正确的, 可以为施工时的钢筋配置提供一个空间的参考。有了设计对象的三维配筋模型, 常规的二维配筋图设计直接由配筋模型得到。模型包含了完整的钢筋结构信息, 对模型的修改自动反映在各种视图上, 保证设计修改在三维模型和二维工程图中的一致性。另外,

收稿日期: 2013-06-28

作者简介: 何家俊(1984—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事港口工程设计软件系统研发。

三维模型包含了实际结构的特征，可以进行结构分析和各种物性计算，还可以自动统计钢筋用量，材料用量等信息。

1 配筋系统框架

1.1 基础层

HIDAS配筋系统是建立在HADDF平台上的配筋系统，基础层包括HOOPS绘图核心，ACIS造型核心，HADDF框架核心。基础层为上层设计模块提供图形三维数据存储，模型显示，对象生命周期管理，历史管理以及必要的图形几何算法。

ACIS造型核心是一个基于面向对象的几何造型引擎，它是SPACIAL公司的产品，许多著名的CAE/CAM软件都是基于这个造型平台设计出来的，如AutoCad、Turbo CAD、CADKEY等^[1]。只有图形数据还不行，需要图形显示核心把图形显示出来。HOOPS绘制核心就是一个图形显示框架，它是对OpenGL、DirectX这些底层图形驱动的延升、封装和优化，丰富图形显示的功能，提高显示的效率^[2-3]。HADDF核心包括基本几何图形算法、历史管理机制、任务与命令管理、对象生命周期管理等。

1.2 三维配筋设计系统

三维配筋设计系统建立在基础层之上，与用户交互，用户在系统上进行配筋模型设计及出图。首先，用户通过草图绘制，特征建模、线框建模等方式，创建三维构件模型。然后根据钢筋配置标准和规范，对模型进行配筋，最后在出图模块中导入配筋模型，进行出图，得到二维图纸。

三维配筋模块的系统管理，包括钢筋对象管理、配筋模式及流程管理、钢筋碰撞检测管理和钢筋组更新机制管理等。系统为用户提供了多种配筋模式，包括表面配筋、截面配筋、草图配筋、依赖现有钢筋配筋和线框配筋等，用户可以根据自身需要选择合适的配筋方式进行钢筋配置。

HIDAS配筋系统架构如图1所示。

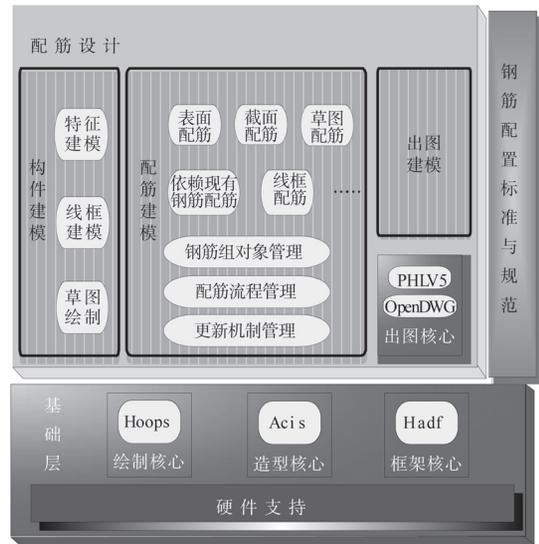


图1 HIDAS配筋系统架构

2 三维配筋系统设计

2.1 配筋对象组织结构

2.1.1 对象层次结构

配筋对象层次结构，自顶向下可以分为：钢筋组目录、钢筋子组、钢筋及钢筋段。钢筋组目录是钢筋子组的目录结构，钢筋子组是配筋设计的基本单元，一组钢筋包含多根钢筋，一根钢筋包含多个钢筋段，钢筋及钢筋段包含钢筋的结构信息。

配筋对象层次结构如图2所示。



图2 配筋对象层次结构

2.1.2 钢筋组

钢筋组是钢筋子组的目录结构，方便用户对钢筋子组进行目录分类。用户可以对钢筋子组进行拖拉操作，把钢筋子组拉到不同的钢筋组目录中。

2.1.3 钢筋子组

钢筋子组是配筋结构树中最基本的节点单元。在实际应用中，用户可以通过多种配筋方式进行钢筋配置。用同一种配筋方式配置出来的多根钢筋都存放在同一个钢筋子组中。钢筋子组也是用户操作的基本单元，用户要对某根钢筋位置进行修改，需要对钢筋子组进行编辑。

钢筋子组作为配筋设计的基本单元,对于钢筋基本属性的表示是完全一致的,基本属性包括:钢筋类型、钢筋等级、钢筋材料、钢筋直径等。

但是针对不同的配筋方式,其结构属性的表示可能不完全一致。结构属性可以划分为:形状相关的信息:参考面,参考边,钢筋面法向等;布置相关的信息:布置参考点,间距、钢筋数量等;关系属性:关联钢筋子组、关联构件顶点、边和表面等;其它辅助属性。

钢筋子组配置过程中,需要注意以下参数意义:

1) 保护层厚度。

保护层厚度表示混凝土表面离最外层钢筋的距离,在配筋系统里,构件的每个面有且只有一个保护层厚度,某个面保护层厚度变化了,所有依赖于该表面的钢筋子组都会相应发生变化。

2) 钢筋参考源。

钢筋参考源分为外缘,中间和内缘。在配筋系统里,钢筋是有厚度的,与实际施工过程无二,因此,在定位钢筋的时候,可以自主选择到钢筋哪个参考源的距离。

3) 自碰撞检测。

当配置一组箍筋时,经常发生一根钢筋不同段发生碰撞的情况,用户可以根据需要,选择是否检测这种碰撞,如果检测,系统会根据算法,对钢筋作自动调整,来避免该钢筋的自碰撞。

4) 显示根数。

配置完一组钢筋后,用户可以通过该选项确定显示前后多少根钢筋,而不需要所有钢筋都显示出来。

2.1.4 钢筋及钢筋段

钢筋是包含在钢筋子组里的,一个钢筋子组按照配筋需要,可以有多根钢筋,同一组钢筋构造属性是相同的。一根钢筋包含多个段,按钢筋段的作用不同划分,主要分为构造段(Construction)、连接段(Link)、锚固段(Anchorage)、弯钩段(Hook)。构造段是钢筋的主体,连接段是连接不同构造段或连接构造段与锚固段弯钩段的过渡段,锚固段和弯钩段是构造段的延伸。在配筋过程中,用户按照钢筋的实

际作用,选择不同的钢筋段。

2.1.5 钢筋模型的显示

在实际的工程应用中,构件模型和钢筋数量可能比较多,因此,系统需要显示大量三维钢筋模型,显示效率需要充分考虑^[4]。在三维配筋系统中,通过3种方式提高系统显示效率:

1) 在系统中,钢筋数量非常多,而钢筋对象用圆柱体来表示,模拟精度较大,显示效率非常低。因此,为了提高显示效率,运用LOD(Levels of Detail)机制,根据物体模型的节点在显示环境中所处的位置和重要度,决定物体渲染的资源分配,从而获得高效率的渲染运算^[5]。在不同的照相机显示级别下,系统把钢筋圆柱段模拟成不同个数的长方形面片。在系统里,分为5个LOD级别(cylinder = (24, 12, 6, 0, -1)),当钢筋段在第一级别时,分为24个面片,依次类推,特殊数字0表示用一条线来模拟钢筋段,-1表示不显示;

2) 设置显示列表的最小显示像素,当钢筋段对象在当前镜头显示环境下,它的范围盒子小于该像素时,则把该钢筋段从显示列表中剔除(不显示)。

3) 设置遮挡,当某些钢筋被遮挡时,把它们从显示列表中剔除。

2.2 配筋模式

2.2.1 初始化钢筋配置

在实际工程中,不同的钢筋类型对应不同的钢筋属性。在配筋系统中,通过一个xml配置文件,记录不同类型,不同种类,不同直径钢筋对应的钢筋属性,用户配置钢筋子组时,从配置文件中,初始化钢筋属性。

2.2.2 钢筋配置流程

用户新建一组子钢筋,需要先设置钢筋编号,钢筋材料、类型、直径等钢筋信息,然后根据构件轮廓,截面信息或者已有钢筋信息,构造钢筋子组的形状,设置钢筋锚固、弯钩等,再定位钢筋位置,设置钢筋间距,从而完成钢筋子组的布置。

设置钢筋子组流程如图3所示。

2.2.3 三维配筋模式

配筋系统为用户提供新建、编辑、删除钢筋

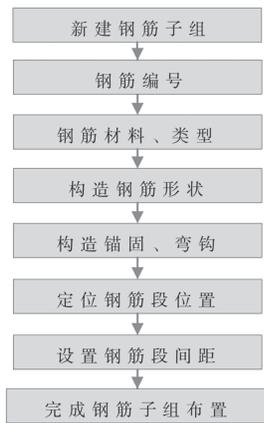


图3 配筋流程

组功能。当新建钢筋组时，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、依赖现有钢筋配筋、线框配筋等^[6]，配筋模式如图4所示。

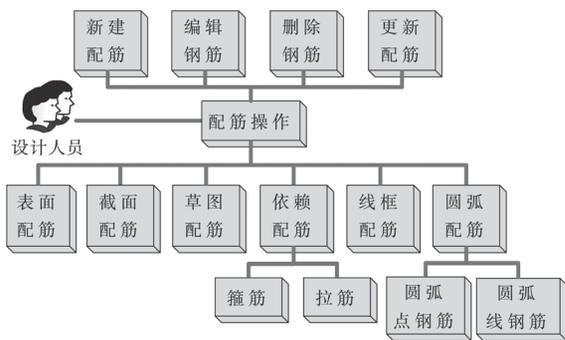


图4 配筋模式

1) 表面配筋。

表面配筋方式是常用的配筋形式之一，钢筋形状走势与构件表面平行，用户通过点选构件表面，来完成钢筋形状的设置。再通过点选布筋定位，完成钢筋在构件中的布置。表面配筋与模型结构表面相关联，因此，当模型特征发生变化时，钢筋位置随着模型变化自动更新。表面钢筋配置如图5所示。

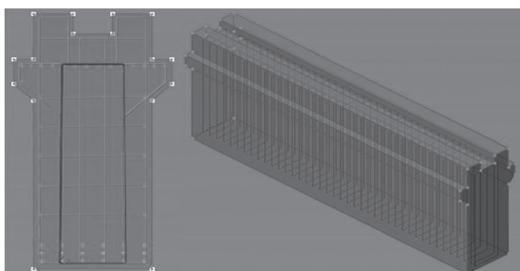


图5 表面钢筋配置

2) 截面配筋。

截面配筋方式是常用的配筋形式之一，截面配筋方式包括截面点筋和截面线筋两种。用户首先构造截面，然后通过选取截面上的几何或者构件模型上的几何，完成钢筋的造型和定位^[7]。

截面点筋配置方式用来配置主筋，主筋配置方向与截面方向垂直，主筋在截面中的位置借助于截面边，或者截面点来确定，同一个截面上的主筋可以在一次钢筋子组配置中完成，通过截面点筋配置，用户可以精确定义截面上的主筋位置，然后配置钢筋锚固、弯钩等钢筋信息，完成截面点筋配置。截面点钢筋配置如图6所示。

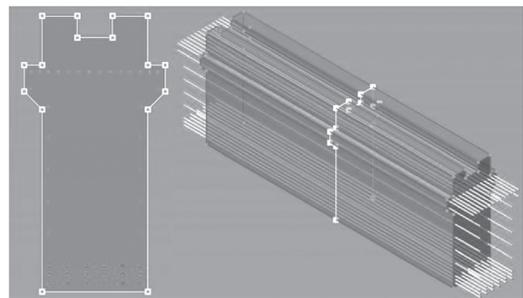


图6 截面点钢筋配置

截面线筋配置方式类似于表面配筋方式，只是设置钢筋形状的时候在一个截面中完成，操作方式更加方便，也更加直观。

3) 草图配筋。

由于配筋的复杂性，有时候钢筋形状与模型结构之间没有明确的关联关系，因此，系统提供草图配筋方式，这是一种人机交互的配筋方式，通过用户自定义草图拉伸来描述生成的钢筋。草图配筋功能通过使用草图命令绘制大致形状和尺寸的图形，其中每一个尺寸由一个或多个参数来控制，通过约束参数求解最终得到一个精确的二维钢筋形状。

草图配筋首先构造草图截面，再在截面上，通过二维约束的形式，来确定钢筋形状，最后，再确定草图钢筋在三维空间中的位置，完成钢筋的造型和定位。草图钢筋配置如图7所示。

4) 依赖现有钢筋配筋。

依赖现有钢筋配置方式可以用来配置箍筋、拉筋等钢筋组，箍筋和拉筋是用来固定主筋位

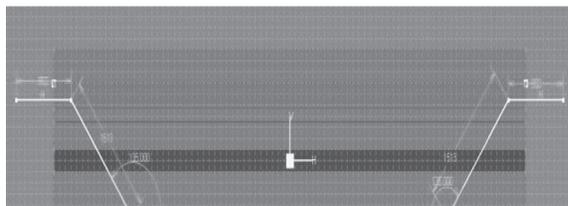


图7 草图钢筋配置

置,起到约束主筋的作用,一般情况下,配置这两种钢筋前,首先配置好它们依赖的主筋,然后根据主筋位置,即可确定箍筋和拉筋位置和形状。当依赖的主筋位置发生变化时,用户不需要重新对箍筋和拉筋进行配置,它们会自动找到所依赖的主筋,跟着主筋位置发生相应变化,实现自动更新。

5) 线框配筋。

线框配筋模式可以配置任意形状的钢筋。当不能通过上述方法,或者很难用上述方法配出需要的钢筋时,可以用线框配筋方式,通过在空间中定位点线位置,生成钢筋。在配筋模式下,用户根据坐标或者相对位置定好参考点,再把参考点连成线,形成钢筋轴线,最后根据钢筋轴线生成钢筋,来完成线框钢筋的配置。

2.3 钢筋碰撞检测及处理

当前,在二维钢筋图设计时,设计人员并没有预先考虑钢筋碰撞的情况,而是在实际施工时再进行处理。而在三维配筋系统中,设计人员可以根据实际施工情况,预先避免钢筋之间的碰撞。钢筋碰撞可以分为单根钢筋内不同钢筋段的碰撞和钢筋子组间碰撞。

1) 钢筋自相交碰撞。

钢筋自相交碰撞表示发生在一根钢筋内不同段的碰撞,产生自相交碰撞的钢筋多为箍筋或者带有锚固段的主筋,锚固段与主体钢筋发生碰撞。当发生这种碰撞的时候,通过移动碰撞处的钢筋段来达到避免钢筋自相交碰撞的目的。用户配置一组钢筋时,若选择了检测自相交碰撞,那么,程序会根据算法要求,对钢筋作自动调整,来避免该钢筋的自碰撞。

2) 钢筋组间碰撞。

钢筋组间的碰撞在用户配筋过程中经常发生,碰撞方式主要有两种表现形式,一种为整排钢筋发生碰撞,另一种为钢筋组中单根钢筋发生

碰撞。当设计人员配置完一组钢筋,系统会检测这组钢筋与已有钢筋组是否发生碰撞,当发生钢筋碰撞时,系统弹出对话框,显示碰撞的两组钢筋,由用户进行相应位置的调整。

2.4 钢筋组更新

当用户进行配筋设计时,钢筋组的形状和位置可以依赖于其他钢筋组,那么,这就产生一个问题,当被依赖的钢筋组发生变化时,如何通知依赖于此钢筋组进行定型或定位的其他钢筋组,使得它们能够自动更新,这需要一种更新机制。钢筋数据更新流程如图8所示。

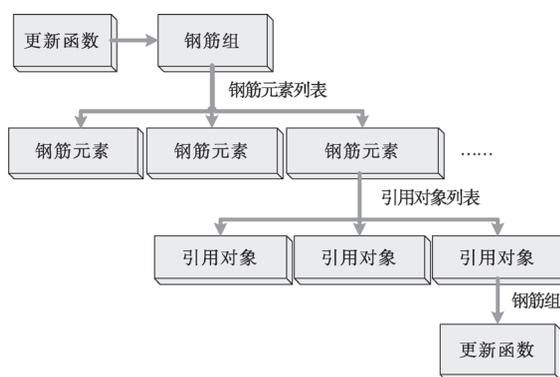


图8 钢筋数据更新流程

对于每个钢筋组对象,它都拥有一个钢筋元素列表,来记录这组钢筋中,哪些钢筋顶点或钢筋轴线被引用,而对于在钢筋元素列表中的每个元素,它拥有一组引用对象列表,记录哪些对象引用该元素。当某个钢筋组或对象引用到该元素时,对象列表就会把该钢筋组添加进去。

当一组钢筋对象发生变化时,会调用自身的更新函数,通知下面的钢筋元素列表,再由每个钢筋元素通知引用到该元素的钢筋组,形成一个消息传递通路,从而实现引用钢筋组对象的自动更新。

2.5 配筋构件出图

在三维模式下,通过把三维配筋模型导入二维图纸中,实现三维模型与二维图纸的数据关联,图纸中的图元不再是孤立的点、线、标注等图元,而是与三维模型数据建立起对应关系。

二维子图不再是通过传统的CAD辅助画图方式得到,而是通过投影、剖切三维配筋模型

得到。设计人员可以任意地从三维模型中得到实际尺寸的二维子图^[8]，并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。三维配筋模型包含了设计对象完整的几何结构信息，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。

3 工程应用

构件模型的尺寸大小与实际工程中的构件无异，模型设计出来以后，利用系统提供的多种配筋模式，对模型进行钢筋配置。配筋模型出来后，把模型导入出图模块，对模型进行剖切投影等操作，再对图纸进行钢筋标注和尺寸标注，得到二维图纸。

某工程的八格沉箱三维配筋模型及二维剖面如图9所示。

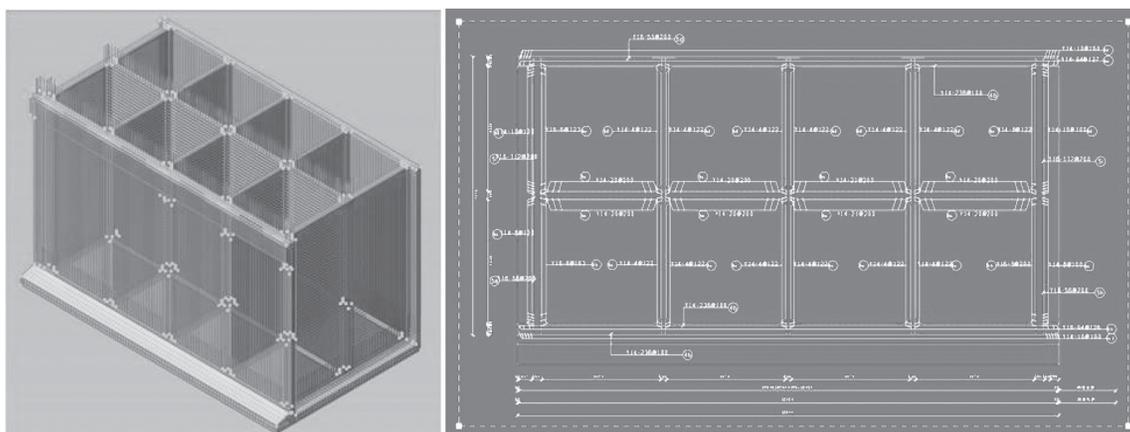


图9 沉箱三维实体配筋模型及剖面

4 结论

传统的平面配筋设计方式不能满足现代港口工程设计的需要，因此，本文提出了HIDAS三维配筋设计系统。该配筋系统基于ACIS-HOOPS图形造型显示架构、以HADF内核为对象管理基础，实现了构件模型的三维空间钢筋配置。设计人员建立了构件模型后，利用系统提供的各种配筋方式，钢筋对象管理模式，对模型进行配筋，快速、方便地在三维空间中实现钢筋配置，相当于把实际施工对象搬到系统中来，非常直观，准确。

当前，配筋设计还是以传统的平面设计方式为主，但是三维配筋系统更加符合人们的设计思维习惯，直观性强^[9]，配筋模型的信息完整丰富，有利于实现设计修改的自动更新和数据的自动化统计，可以提高设计的效率和质量，为计算分析和三维出图提供模型基础，也为施工时的钢筋配置提供一个空间的参考，是配筋设计发展的趋势。

参考文献:

[1] 王朕权, 雷跃明, 吴彦铭, 等. 基于ACIS/HOOPS平台的

CAD系统设计[J]. 计算机系统应用, 2006(10): 15-18.
 [2] 詹海生, 李广鑫, 马志欣. 基于ACIS的几何造型技术与系统开发[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 18-22.
 [3] Xu A P, Zang T, Ji Z P, et al. HO-CAD: A CAD System for Heterogeneous Objects Modeling Based on ACIS and HOOPS[C]// The 2nd International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems (ICINIS' 09). Tianjin, 2009.
 [4] 杨志明, 王毅. 三维布筋系统钢筋显示技术研究[J]. 水科学与工程技术, 2008(6): 20-22.
 [5] 柴继贵. 基于改进的LOD模型算法三维场景建模[J]. 科技通报, 2012, 28(4): 67-69.
 [6] 陈立平, 张红, 陈钢. 三维水工配筋CAD系统的集成方案[J]. 机械工程师, 2005(5): 24-27.
 [7] 张红. 面向水工配筋CAD的分析可视化系统研究与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2005.
 [8] 刘超, 樊菊平, 邓瞻, 等. 基于CATIA的蜗壳三维模型和二维出图模板研究[J]. 水电站设计, 2011, 27(1): 1-5.
 [9] 杜廷娜, 丁一, 何朝良, 等. 水电站大坝廊道三维配筋CAD系统设计[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2007, 30(10): 82-86.

(本文编辑 郭雪珍)