

应用于海洋平台建造的脚手架自动建模程序

刘立范, 王庆功, 姚大伟, 余明淦, 刘宝聚

海洋石油工程(青岛)有限公司, 山东青岛 266500

摘要: 由于目前还没有专门针对海工行业的脚手架建模软件, 而其他通用的建模软件对海工脚手架的适配性较低, 脚手架设计多依赖于经验, 不够直观。针对此问题, 基于 Visual Basic 平台进行 SolidWorks 二次开发, 编写脚手架自动建模程序, 以期能够快速建立不同形式的脚手架及统计脚手架搭设所需材料数量。首先, 确立了程序开发的目标和功能; 其次, 明确了程序开发的要点与流程; 再次, 建立了工程数据库; 最后, 编写代码实现了构想。经过测试, 该程序能够实现脚手架的自动建模, 且能够统计脚手架搭设的材料耗费, 为海工脚手架设计提供了一种有效的工具。

关键词: 脚手架; 三维建模; 二次开发; 自动建模

Automated scaffold modeling programs applied to offshore platform construction

LIU Lifan, WANG Qinggong, YAO Dawei, YU Minggan, LIU Baoju

Offshore Oil Engineering (Qingdao) Co., Ltd., Qingdao 266500, China

Abstract: Since there is no scaffold modeling software specifically for the offshore industry at present and other general modeling software has low adaptability to the offshore scaffold, the scaffold design mostly depends on experience and is not intuitive enough. Given this problem, the secondary development of SolidWorks was carried out based on the Visual Basic platform, and the automated scaffold modeling program was compiled, thereby quickly establishing different types of scaffolds and counting the amount of materials required for scaffold erection. Firstly, the goal and function of the program were established. Secondly, the key points and process of program development were clarified. Thirdly, the engineering database was established. Finally, the idea was realized by coding. After testing, the program can realize the automated scaffold modeling and count the material consumption for scaffold erection, thereby providing an effective tool for offshore scaffold design.

Keywords: scaffold; 3D modeling; secondary development; automated modeling

随着信息技术的发展, 各行各业纷纷利用编程手段搭上信息化这艘大船。在工程建模领域内, 已经有越来越多的技术人员利用二次开发技术进行参数化设计^[1-2], 以解放双手, 提高效率。利用 Visual Basic 进行编程对 SolidWorks 二次开发是此类问题常见的解决方案^[3]。

SolidWorks 是一款常见的三维建模软件, 因其优秀的实体造型、工程图绘制、动画制作、实物渲染等功能, 已拥有了大量拥趸。为适应不同行业的特殊需求, SolidWorks 公司开发了 API 接口, 使用户能够进行二次开发, 因此, 本文选择 SolidWorks 作为三维建模软件。鉴于 Visual Basic 6.0 的高执行性, 故选择其作为二次开发软件。VB 与 SolidWorks 的组合也是广大工程技术人员常见的选择, 譬如海洋平台^[4]、注塑机^[5]、机床专用夹具^[6]等领域中便不乏使用者。

本文基于 Visual Basic 6.0 平台对 SolidWorks 进

行二次开发, 编制了一个脚手架自动建模程序。该程序能够为脚手架搭设方案的设计节约时间, 并且能够快速统计出钢管长度和扣件个数, 有利于开展材料耗费预估以及核对分包商材料消耗数据等工作。

1 程序开发的目标和功能

目前, 脚手架的设计多使用二维绘图, 三维建模技术的应用较少。三维较之二维最大的优势在于形象、直观, 这样, 现场施工人员在读图时就能更准确地理解设计人员的意图, 从而更快地合理地搭设脚手架。再者, 对于脚手架的建模来说, 由于杆件、扣件众多, 手动建模效率低下, 因此利用程序进行自动建模的想法便自然形成。

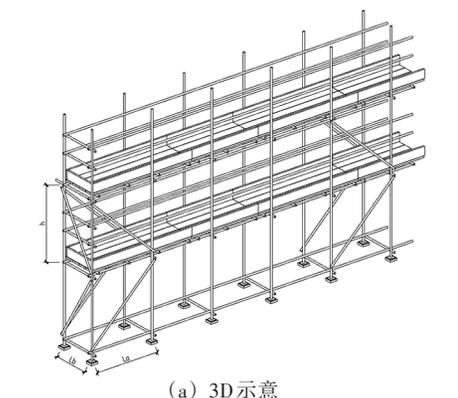
本程序的基本功能需求如下: 第一, 能够快速建立不同形式的脚手架; 第二, 能够统计脚手

架系统的材料耗费。

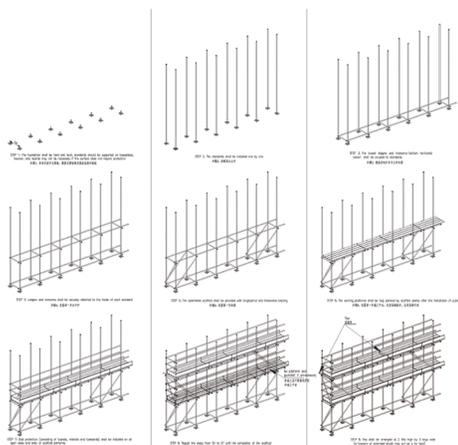
2 程序开发的要点与流程

2.1 程序开发思路

图1为落地双排架CAD图纸。从其搭建的标准设计流程可以看出，脚手架模型主要是由单一且标准的零件按照一定的次序通过不同的排列组合组成的。这样，可以利用子模型进行建模，即预先建立脚手架系统包括底座、立杆、扫地杆、水平杆、扣件等各组成零件，视之为子模型，随后按各自所处坐标“放置”并使其相互约束、配合。所建立的子模型也能够反复利用。



(a) 3D示意



(b) 标准化设计流程示意

图1 落地双排架CAD图纸

2.2 程序开发流程

依照程序开发思路，本程序编写思路如图2所示。图2中明确了本程序开发的3个核心环节：其一，建立工程数据库。据前所述，要按照坐标“放置”零件并使其相互配合的话，必然需要使用大量的坐标数据及配合数据。利用工程数据库存

放相关数据，能够清晰地厘清数据逻辑结构。其二，插入零件。此为SolidWorks自动装配的关键步骤，要求使用VB连接SolidWorks，并按照工程数据库中的数据进行插入。其三，添加配合。插入零件后，零件相互之间并无约束，需要利用SolidWorks的配合功能使其产生约束。

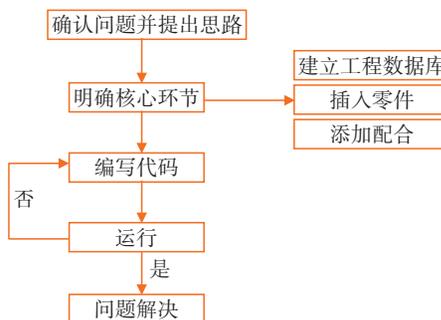


图2 自动建模程序编写思路

2.3 关键软件设置项

如图3所示，需要在Visual Basic 6.0平台中勾选相关引用。其中最关键的是勾选与SolidWorks 2019相关的引用：SldWorks 2019 Type Library、SOLIDWORKS 2019 Constant type library、SOLIDWORKS 2019 Commands type library。这些引用关系着SolidWorks二次开发API函数的使用。

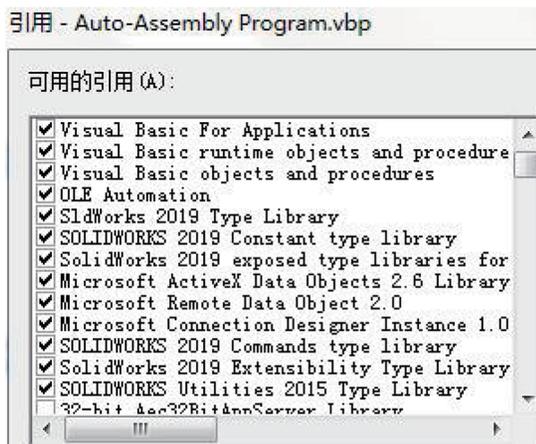


图3 勾选引用

3 建立工程数据库

工程数据库用于存储脚手架建模数据，主要包括各零件的放置坐标数据库及零件之间装配关系数据库。

3.1 坐标数据库设计

由于脚手架系统内零件相对位置关系比较固

定，因此可以轻易地获得其坐标。以某脚手架系统水平横杆的坐标为例，其格式如表1所示。

表1 脚手架建模坐标数据表示例

坐标轴	坐标值/m											
x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	0	0	0	1.8	1.8	1.8	3.6	3.6	3.6	5.4	5.4	5.4
z	0	2	4	0	2	4	0	2	4	0	2	4

3.2 装配关系数据库设计

所谓装配关系主要包括重合、同心、相切等。脚手架系统内的装配主要发生在钢管与扣件之间，本文采用基准轴重合方法实现二者的配合。钢管及扣件基准轴示例如图4所示。

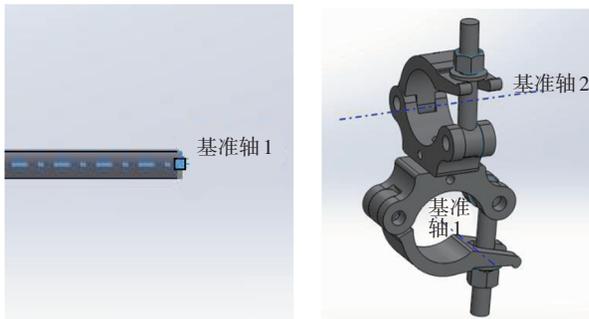


图4 钢管及扣件基准轴示例

在SolidWorks中，零件配合选择时的格式为“基准面/轴@” & 零件名称 & “@装配体名称”。为使钢管与扣件基准轴一一对应，使零件名称作为变量，按照指定的组合一一配对。某脚手架系统钢管与直角扣件配对格式示例如表2所示。

表2 脚手架建模零件配对表示例

配合序号	零件1	零件2
1	GG-1	ZJKJ-1
2	GG-2	ZJKJ-2
3	GG-3	ZJKJ-3
4	GG-4	ZJKJ-4
5	GG-5	ZJKJ-5
6	GG-6	ZJKJ-6
7	GG-7	ZJKJ-7
8	GG-8	ZJKJ-8
9	GG-9	ZJKJ-9
10	GG-10	ZJKJ-10
11	GG-11	ZJKJ-11
12	GG-12	ZJKJ-12

无论是坐标数据库亦或是装配关系数据库，最终都要被程序读取并使用。本文将其存储于TXT文档中，并利用Do Until EOF () ……Loop循环实

现读取，具体代码见下文。

4 代码实现

代码结构主要由四部分构成：第一，定义；第二，创建新装配体；第三，插入零件；第四，添加配合。现分别阐述如下。

4.1 定义

此部分主要为声明变量。

```
Private Sub jianmo_Click ()
```

```
Dim swApp As Object
```

```
Dim nassembly As Object
```

```
Dim boolstatus As Boolean
```

```
Dim path As String
```

```
Dim Part As Object
```

```
Dim longstatus As Long, warnings As Long,
```

```
longwarnings As Long
```

```
Dim AssemblyTitle As String
```

```
Dim tmpObj As SldWorks.ModelDoc2
```

```
Dim errors As Long
```

```
Dim swInsertedComponent As SldWorks.Component2
```

```
Dim Str As String
```

```
Dim x As Single
```

```
Dim y As Single
```

```
Dim z As Single
```

```
Dim x1 As Long
```

```
Dim x2 As Long
```

```
Dim matefeature As Feature
```

```
Dim Part1Name As String
```

```
Dim Part2Name As String
```

4.2 创建新装配体

此部分用于VB连接SolidWorks，并新建一个名为“脚手架”的装配体。

```
Set swApp = CreateObject ("sldworks.application")
```

```
swApp.Visible (True)
```

```
Set nassembly = swApp.NewAssembly ()
```

```
Set nassembly = swApp.ActiveDoc
```

```
nassembly.SetTitle2 ("脚手架")
```

```
AssemblyTitle = nassembly.GetTitle
```

4.3 插入零件

据上文所述，本程序核心环节在于插入零件与添加配合代码。如代码所示，读取存储在TXT文档中的坐标数据后，便可按照预定义坐标插入零件。

```
Set Part = swApp.ActiveDoc
path = "D: \program files (x86) \Microsoft Vi-
sual Studio\VB98\GG.SLDPRT"
Set tmpObj = swApp.OpenDoc6 (path, 1, 0,
"", errors, warnings)
Set nassembly = swApp.ActivateDoc3 (Assemb-
lyTitle, True, 0, errors)
Open "D: \program files (x86) \Microsoft Vi-
sual Studio\VB98\Auto-Assembly Program\坐标.txt"
For Input As #1
Do Until EOF (1)
Line Input #1, Str
x1 = InStr (Str, ", ")
x = Mid (Str, 1, x1 - 1)
x2 = InStr (x1 + 1, Str, ", ")
y = Mid (Str, x1 + 1, x2 - x1 - 1)
z = Mid (Str, x2 + 1)
Set swInsertedComponent = nassembly.AddCom-
ponent5 ("D: \program files (x86) \Microsoft Vi-
sual Studio\VB98\GG.SLDPRT", 0, "", False, "",
x, y, z)
Loop
Close #1
swApp.CloseDoc ("D: \program files (x86)
\Microsoft Visual Studio\VB98\GG.SLDPRT")
```

4.4 添加配合

此部分为实现钢管与扣件的重合配合。

```
Set Part = swApp.ActiveDoc
Part.ClearSelection2 True
Open "D: \program files (x86) \Microsoft Vi-
sual Studio\VB98\Auto-Assembly Program\零件序号.
txt" For Input As #1
Do Until EOF (1)
Line Input #1, Str
x1 = InStr (Str, ", ")
Part1Name = Mid (Str, 1, x1 - 1)
Part2Name = Mid (Str, x1 + 1)
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2 ("基准
```

```
轴1@" & Part1Name & "@脚手架", "AXIS", 0,
0, 0, True, 1, Nothing, 0)
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2 ("基准
轴1@" & Part2Name & "@脚手架", "AXIS", 0,
0, 0, True, 1, Nothing, 0)
Dim MateData As CoincidentMateFeatureData
Set MateData = Part.CreateMateData (0)
Dim EntitiesToMate (1) As Object
Set EntitiesToMate (0) = Part.SelectionMan-
ager.GetSelectedObject6 (1, -1)
Set EntitiesToMate (1) = Part.SelectionMan-
ager.GetSelectedObject6 (2, -1)
Dim EntitiesToMateVar As Variant
EntitiesToMateVar = EntitiesToMate
MateData.EntitiesToMate = (EntitiesToMateVar)
MateData.MateAlignment = 1
Set matefeature = Part.CreateMate (MateData)
Part.ClearSelection2 True
Part.EditRebuild3
Loop
Close #1
End Sub
```

如图5所示，运行代码后，一个直角扣件连接着水平横杆与纵杆。

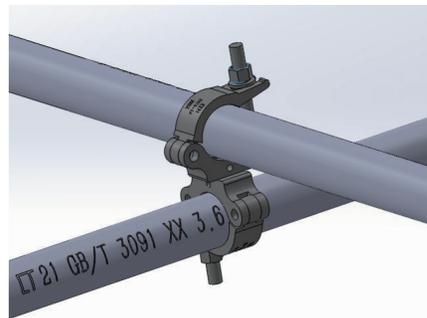


图5 钢管与扣件配合细节

4.5 建模示例

图6所示为代码成功运行后的操作界面，其中“读取数据”用于显示零件坐标数据，“自动装配”用于按照预先设置的坐标建模。图7所示为前文所提到的落地双排架的程序运行结果。利用材料统计模块可快速生成如表3所示的材料统计表，不足之处在于获取所使用钢管的总长度需要经过简单的计算（即子模型钢管的长度乘以个数）。还可进一步开发材料统计模块，直接获取钢管使用长度。



图6 自动装配程序运行界面

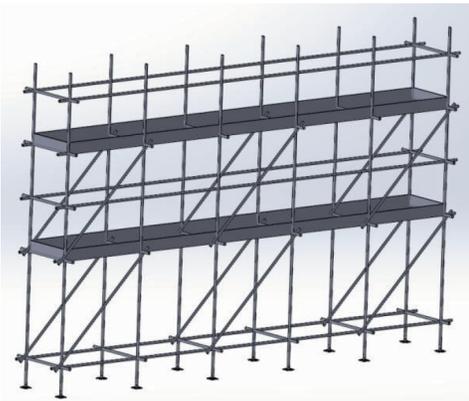


图7 落地双排架三维模型

表3 落地双排架材料

零件序号	零件名称	数量
1	底座/个	12
2	立杆/根	12
3	扫地杆横、水平杆横、防护栏杆横/根	10
4	扫地杆纵、水平杆纵、防护栏杆纵/根	22
5	斜撑/根	12
6	脚手板/块	2
7	踢脚板横/块	4
8	踢脚板纵/块	4
9	直角扣件/个	104
10	旋转扣件/个	12

5 结束语

本文以落地双排架搭设的标准设计流程为参考，实践了程序驱动式建模。结果表明，程序驱动式建模能够快速且细致地进行脚手架建模，弥补了现行绘图方式难以兼顾脚手架扣件的缺陷。本程序能够3D可视化呈现脚手架搭设步骤，可作演示教学用。本程序可应用于各类海洋平台建造过程中的脚手架方案设计，以便快速出图，并准确统计项目所需钢管长度、扣件数量等，为项目脚手架材料成本控制与预估及分包商管理等提供参考数据。未来可依托于本程序在以下方面开展进一步开发：其一，建立建模直接输入式交互界面；其二，进一步优化程序，降低对电脑的配置要求；其三，进一步开发材料统计模块。

参考文献

- [1] 文志彬, 罗毅, 吴琴锋, 等. 基于Dynamo的桁架钢筋混凝土叠合板参数化设计[J]. 建筑结构, 2022, 52(18): 128-132.
- [2] 金博宇, 周建波, 周秋忠. 知识驱动膜片弹簧离合器参数化设计[J]. 机械设计, 2021, 38(S2): 132-137.
- [3] 田文涛, 贺小华. 基于VB技术的SolidWorks二次开发与应用[J]. 计算机工程与科学, 2009, 31(7): 65-67, 76.
- [4] 张湘跃. 采用VB对SolidWorks二次开发的海洋平台三维建模[D]. 天津: 天津大学, 2006.
- [5] 韩念坤. 基于SolidWorks二次开发的注塑机模板钣金与塑化装置系列化设计[D]. 北京: 北京化工大学, 2018.
- [6] 李慧平. 基于SolidWorks二次开发的专用夹具CAFD系统研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2010.

作者简介:

刘立范(1986—), 男, 山东烟台人, 工程师, 2008年毕业于中国石油大学(华东)工程力学专业, 现从事海洋石油工程建造相关研究工作。Email: liulf4@cooec.com.cn

收稿日期: 2023-01-19