

船舶与海洋工程结构的 PCL 参数化建模

任慧龙 曾 骥 戴愚志

哈尔滨工程大学船舶工程学院

船舶与海洋工程结构的 PCL 参数化建模

PCL Parametric Modeling of Ship and Ocean Engineering Structures

任慧龙 曾 骥 戴愚志

(哈尔滨工程大学 船舶工程学院)

Ren Huilong Zeng Ji Dai Yuzhi

(College of Shipbuilding Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

摘 要：以直立于深海中的钢质圆柱形结构(灯塔)为例，利用 PCL(Patran Command Language)语言进行了参数化建模研究。根据用户的实际问题，将圆柱结构模型的内径、外径、高度和板材厚度等设成参数，取不同的参数对圆柱进行模态分析，并对结构进行优化设计。在以上过程中引入了中文界面，并对用户界面、数据传送和事件响应等方面的一些问题进行了探讨。

关键词：PCL 语言；参数化建模；中文界面；数据传送

Abstract : Parametric modeling method based on PCL is studied with a cylindric steel structure fixed at the sea bottom as an example. According to the practical problem, the outside radius, the inner radius and the height of the structure, as well as the thickness of the shell and plate of the cylindric structure are denoted by parameters. The structural mode analysis and optimal design of the cylinder are carried out with the different parameters being used. Chinese interfaces are applied in the above procedures, and some problems including user interface, data transmission and event responses are discussed.

Key words: MSC.Patran Command Language; Parametric modeling; Chinese interface; data transmission

1 引言

MSC.Patran 和 MSC.Nastran 是集成的并行框架式有限元前后处理及分析仿真系统，能够非常有效的解决许多工程实际问题。但对于实际工程中的不同问题以及不同的用户，在提高工作效率方面，仅依靠 MSC.Patran 和 MSC.Nastran 现有的功能是不够的。诸如，船舶在建造和入级时，船东和船级社经常要求进行船体结构的有限元计算。像油船、散货船等，虽然各自结构有其不同特点，但同一条船的平行舭体部分的结构是很规则的，每个肋距上的结构几乎相同。若每一条船都从头到尾进行全船有限元建模，则相当费时费力。PCL 语言的二次开发，为用户解决这些问题提供了一个有广阔发展前景的空间。根据实际问题，将需要变化的量设成参数，即进行 PCL 参数化建模，对提高计算工作效率有重要的实际意义。

2 用户菜单

不可否认, MSC.Patran 的前处理是最优秀的, 但面对用户的一些特定的、个性化的要求时, 就稍逊色于 PCL 了。全功能计算机编程语言 PCL 是一个高级的、模块化结构的编程语言, 类似于 C 语言和 FORTRAN 语言, 具有一定的 C++ 语言的特性。利用这些特性可方便地制作用户菜单。具体过程是, 利用 `ui_menu_create()` 生成用户菜单, `ui_item_create()` 生成菜单项, 通过菜单项的 name 调用响应函数 `ui_exec_function()`。图 1 给出了用户菜单结构。



图 1 用户菜单

```
.....
menu= ui_menu_create (menubar, "cylinder_menu", "灯塔")
ui_item_create (menu, "clsx", "材料属性 E...", FALSE )
ui_item_create (menu, "cssz", "模型建立 M..", FALSE )
ui_item_create (menu, "zkbj", "边界条件 BC..", FALSE )
...
CASE ("clsx")
UI_EXEC_FUNCTION ("cylinder_clsx", "display")
...
```

3 材料窗口

由于几何模型、单元划分以及属性添加集成在一个函数里, 因此需要首先建立材料, 下面就窗口的建立、数据传送和事件响应进行探讨。

3.1 窗口的建立

根据用户需要, 建立 isotropic 材料。在文件 `cylinder_clsx.pcl` 中, 利用函数 `form_id=ui_form_create("", FORM_X_LOC_SML_NX2_SML, FORM_Y_LOC, "UL", FORM_WID_SML, FORM_HGT_FULL, "材料属性", "")` 生成材料属性窗口, 在此窗口下生成三个数据输入框:

1) 弹性模量数据框: `dbx1_id=ui_databox_create(form_id, "", UNFRAMED_L_MARGIN, y_loc, 0.0, DBOX_WID_SINGLE, "弹性模量", str_from_real(Elastic_Modulus), TRUE, "REAL", 1)`。

2) 泊松比数据框: `dbx2_id=ui_databox_create(form_id, "", UNFRAMED_L_MARGIN, y_loc, 0.0, DBOX_WID_SINGLE, "泊松比", str_from_real(Poisson_Ratio), TRUE, "REAL", 1)`。

3) 密度数据框: `dbx3_id=ui_databox_create(form_id, "", UNFRAMED_L_MARGIN, y_loc, 0.0, DBOX_WID_SINGLE, "密度", str_from_real(Density), TRUE, "REAL", 1)`。用 `ui_button_create()` 函数生成“确认”和“取消”按钮。如图 2。

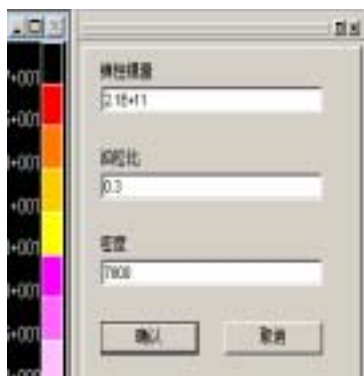


图 2 材料性质

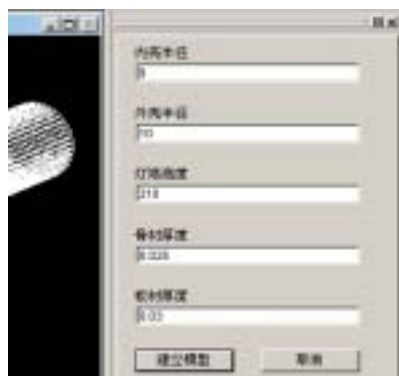


图 3 参数设置



图 4 边界条件

3.2 数据传送

在 `display()` 显示函数中, 首先将 `Elastic_Modulus`, `Poisson_Ratio`, `Density` 定义全局变量。其次, 利用 `ui_wid_set()` 函数获取数据框的 ID, 如 `ui_wid_set(dbx1_id, "VALUE", Elastic_Modulus)`。再次, 在确认响应函数 `ok_cb()` 中, 用 `ui_wid_get(dbx1_id, "VALUE", Elastic_Modulus)` 函数获取数据, 并用 `ui_wid_save("cylinder_clsx")` 来保存窗口数据。最后, 通过函数 `c_material(Elastic_Modulus, Poisson_Ratio, Density)` 来实现参数传递。

3.3 事件响应

在 3.2 中调用了外部事件响应函数 `c_material.pcl`。由于材料建立函数 `material.create()` 中的材料性质是一维字符串数组, 而从窗口中传入的参数是实数, 因此需要进行数据转换。如下所示:

```
...
STRING C[20](4)
C(1)=str_from_real(Elastic_Modulus)
C(2)=str_from_real(Poisson_Ratio)
C(3)=str_from_real(Density)
C(4)=""
material.create("Analysis code ID", 1, "Analysis type ID", 1, "steel", 0, "", "Isotropic",
1, "Linearity", 1, "Homogeneous", 0, "Linear Elastic", 1, "Model Options IDs", [ "", "", "",
"", "" ], [0, 0, 0, 0, 0], "Active Flag", 1, "Create", 10, "External Flag", FALSE, "Property
IDs", ["Elastic Modulus", "Poisson Ratio", "Density"], [2, 5, 16, 0], "Property Values",
C )
...
```

窗口建立中需要调用窗体 `appforms.p` 头文件和字符串 `appstrings.p` 头文件, 但 PCL 不识别头文件, 需要用 C 预编译器将含有该语句的 `*.pcl` 文件编译成 `*.cpp` 文件。

4 模型建立

4.1 几何模型

模型参数化的尺度有：内壳半径 inner_radius、外壳半径 outer_radius、圆柱结构高度 height、以及纵骨厚度 frame 和环肋板 plate。几何参数设置窗口如图 3 所示，有关窗口的建立、数据传送同理 3.1、3.2。有关参数结构如下：

```
sgm_const_curve_2d_circle_v1( "1", 1, inner_radius, "Coord 0.3",
    "", "[0 0 0]", FALSE, sgm_create_curve_2d_created_ids )
sgm_const_curve_2d_circle_v1( "2", 1, outer_radius, "Coord 0.3",
    "", "[0 0 0]", FALSE, sgm_create_curve_2d_created_ids )
ga_group_transform_translate_1( 1, ["cylinder0"], "Coord 0",
    "<0 0 3>", 24, 1, "cylinder", height/3.0 )
```

4.2 单元划分

该模型设有 40 根纵骨、3 米长设有一道环肋骨。用函数 fem_create_mesh_surf_4() 来划分单元，单元大小为 $\text{elem}(1) = \text{str_from_real}(2.0 * \text{outer_radius} * 3.14/40.0)$ ，如下所示。

```
fem_create_mesh_surf_4( "IsoMesh", 49152, "Surface 1", 1, elem, "Quad4" @
    , "#", "#", "Coord 0", "Coord 0", fem_create_mesh_surfa_num_nodes, @
    fem_create_mesh_surfa_num_elems, fem_create_mesh_s_nodes_created, @
    fem_create_mesh_s_elems_created )
```

4.3 添加属性

为便于给单元赋属性，本文将属性相同的单元设成一个 group。用函数 db_get_group_id() 找到 group 的 ID，通过 ID 利用函数 db_count_elems_in_group() 找到组中的单元，即可通过函数 elementprops_create() 设置属性。

在 cylinder_dimension.cpp “建立模型”按钮响应函数中，调用事件响应函数 c_model(inner_radius, outer_radius, height, frame, plate)，即可完成几何模型建立、单元划分、添加属性等整个过程。

4.4 边界条件

如图 4 所示，可对 6 个自由度进行约束，并自定义边界条件名。从数据框中获取的数据由函数 ui_wid_get() 如：

```
ui_wid_get( lbc_name_box, "VALUE", lbc_name )
ui_wid_get( dbx1_id, "VALUE", load_value_string(1) )
ui_wid_get( dbx2_id, "VALUE", load_value_string(2) )
ui_wid_get_vstring( select_data_box, "VALUE", node_list)
```

并函数 cylinder_lbc(node_list, load_value_string, lname) 进行数据传递，最后用函数 loadsbc_create2(lname, "Displacement", "Nodal", "", "Static", node_list, "FEM", "Coord 0", "1.", loads, ["", ""]) 建立边界条件。

4.5 工程算例

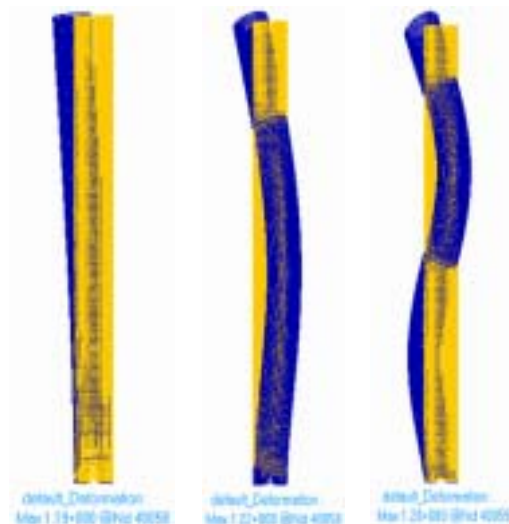
将编写好的 *.pcl 和 *.cpp 文件添加在 p3epilog.pcl 文件中，注意要在 *.pcl 和 *.cpp 文件名前

加!!input 命令, 本文的 p3epilog.pcl 的内容为:

```
...
!!input cylinder_clsx.cpp
!!input cylinder_menu.cpp
cylinder.init()
```

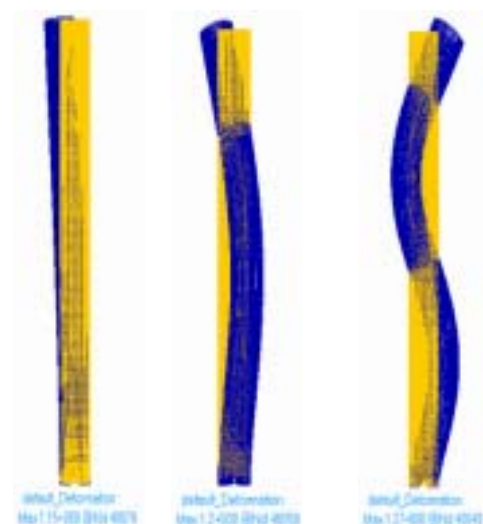
这样当 MSC.Patran 运行时, 系统便会自动首先运行 p3epilog.pcl, 将用户界面自动添加在 MSC.Patran 的菜单栏中 (如图 1 所示)。运用本文开发的 PCL 用户程序进行实际算例如下。

一个 210m 长的圆柱固定于海底, 其材料弹性模量为 $2.1 \times 10^{11} \text{N/m}^2$, 泊松比为 0.3, 密度为 7800kg/m^3 。下面给出两组参数的模型, 分别进行模态分析。图 5 中, 内壳半径=9m、外壳半径=10m、高度=210m、骨材=0.025m、板材=0.03m。图 6 中, 内壳半径=8m、外壳半径=10m、高度=210m、骨材=0.03m、板材=0.035m。计算结果如图 5 和图 6 所示。通过改变参数设置, 还可方便地进行结构优化设计。



Mode1 Mode3 Mode7
Freq=0.42203 Freq=2.414 Freq=6.0224

图 5 内壳半径=9m 圆柱模态振型



Mode1 Mode3 Mode7
Freq=0.39354 Freq=2.2285 Freq=5.517

图 6 内壳半径=8m 圆柱模态振型

6. 结论

本文结合对固结于深海的圆柱进行模态分析为例, 进行 PCL 参数化建模二次开发。探讨了用户界面设置、数据传送、事件响应等方面的一些问题。并对两组参数进行了建模和模态分析, 整个建模过程不到 2 分钟。PCL 参数化建模为结构优化设计提供了相当大的方便。

参考文献:

- [1] James G.Grose, Douglas A. Marx, Mark Kranz, Paul Olson and Carl Ball. 用 MSC.Patran 进行参数化设计与分析——一种新功能
- [2] 唐友宏, 陈宾康. 用 MSC.Patran 的 PCL 二次开发用户界面

- [3] 杜家政, 隋允康. 用 PCL 对 NASTRAN 进行二次开发的方法和技术
- [4] MSC.Patran2000(r2), PCL Reference Manual, Volume 1: Function Descriptions
- [5] MSC.Patran2000(r2), PCL Reference Manual, Volume 2: Code Example
- [6] MSC.Patran2000(r2), PCL and Customization