

## 第六题

网格的 VTK 文本格式的存储结构

VTK 文本格式存储结构描述

VTK 文本文件格式的五部分概览

数据集格式

数据集属性格式

示例

参考资料

# 第六题

**Q:** 在此网格应用程序中，最终将计算出的网格存储在 VTK 格式的文本文件或二进制文件中。详细描述网格的 VTK 文本格式的存储结构是什么？

**A:**

## 网格的 VTK 文本格式的存储结构

参考官方文档<sup>[1]</sup> 以及 作业目录/Airfoil/writeVTK.cpp 中的 WriteMeshToVTKAscii 函数，该函数用于将网格写入VTK格式的文本文件中。

## VTK 文本格式存储结构描述

1. 第一部分是**首部**，包含文件版本和标识符。此部分仅有一行：`# vtk DataFile Version x.x`  
此行必须完全按指定格式给出，除了版本号 x.x，它会因不同版本的 VTK 而异。
2. 第二部分是**标题**。标题由以 `/n` 作为终止标志的字符串组成，最大为256个字符，可用于描述数据并包括任何其他相关信息。
3. 第三部分是**文件格式**。文件格式描述文件类型为 ASCII 或二进制文件，仅有一行。我们此处描述的是 VTK 的文本文件，因此该行应为：`ASCII`。
4. 第四部分是**数据集结构**。几何部分描述了数据集的几何结构和拓扑结构。此部分以包含关键字 `DATASET` 的行为开头，后跟**描述数据集类型的关键字**。然后，根据数据集的类型，其他关键字或数据组合用于定义实际数据。
5. 最后部分**描述数据集属性**。该部分以关键字 `POINT_DATA` 或 `CELL_DATA` 开头，然后紧跟一个指定点 (points) 的数目或单元格 (cells) 的数目的整数。然后其他关键字或数据组合用于定义实际数据集的属性（如标量，矢量，张量，法线，纹理坐标或字段数据等）。

PS：关键字 `POINT_DATA` 或 `CELL_DATA` 的先后顺序无关紧要。

## VTK 文本文件格式的五部分概览

```
# vtk DataFile Version 2.0           (1)
Really cool data                      (2)
ASCII | BINARY                       (3)
DATASET type                        (4)
...
POINT_DATA n                        (5)
...
CELL_DATA n
...
```

**Part 1:** Header

**Part 2:** Title (256 characters maximum, terminated with newline `\n` character)

**Part 3:** Data type, either ASCII or BINARY

**Part 4:** Geometry/topology. *Type* is one of:

```
STRUCTURED_POINTS
STRUCTURED_GRID
UNSTRUCTURED_GRID
POLYDATA
RECTILINEAR_GRID
FIELD
```

**Part 5:** Dataset attributes. The number of data items *n* of each type must match the number of points or cells in the dataset. (If *type* is `FIELD`, point and cell data should be omitted.)

值得留意的点是，

- 无论文件格式是二进制还是文本，所有关键字短语都以 ASCII 编写的。
- 索引值从 0 开始，故第一个点的 point ID 为 0。
- 单元格类型 (CELL) 和索引值是 int 类型。
- 几何/拓扑描述必须在数据属性描述之前发生。

## 数据集格式

VTK 支持五种不同的数据集格式：structured points, structured grid, rectilinear grid, unstructured grid, polygonal data。

- Structured Points (结构化点集)

支持一维到三维的结构化点数据集，在 VTK 文件中有如下表示：

```
DATASET STRUCTURED_POINTS
DIMENSIONS  $n_x$   $n_y$   $n_z$ 
ORIGIN  $x$   $y$   $z$ 
SPACING  $s_x$   $s_y$   $s_z$ 
```

- Structured Grid (结构化网格)

支持一维到三维的结构化网格数据集，在 VTK 文件中有如下表示：

```

DATASET STRUCTURED_GRID
DIMENSIONS nx ny nz
POINTS n dataType
p0x p0y p0z
p1x p1y p1z
...
p(n-1)x p(n-1)y p(n-1)z

```

- Rectilinear Grid (直线网格)

使用具有常规拓扑的数据集，沿 x-y-z 坐标轴对齐的半规则几何形状，在 VTK 文件中有如下表示：

```

DATASET RECTILINEAR_GRID
DIMENSIONS nx ny nz
X_COORDINATES nx dataType
x0 x1 ... x(nx-1)
Y_COORDINATES ny dataType
y0 y1 ... y(ny-1)
Z_COORDINATES nz dataType
z0 z1 ... z(nz-1)

```

- Polygonal Data (多边形数据)

多边形数据集包括表面图形基元顶点（和多晶体），线（和折线），多边形（各种类型）和三角带的任意组合。它由以下关键字定义：POINTS, VERTICES, LINES, POLYGONS, TRIANGLE\_STRIP。

具体格式参考[\[1\]](#)。

- Unstructured Grid (非结构化网格)

非结构化网格数据集包括任何可能的单元体类型的任意组合。它由点，单元体以及单元体类型共同定义。其中，

- 单元体关键字 CELLS 需要两个参数：单元体数目  $n$  和单元体列表的大小  $size$ 。单元体列表的大小是表示列表所需的整数值的总数。
- 单元体类型关键字 CELL\_TYPES 需要一个参数：单元体的数目  $n$ 。该值应匹配单元体关键字指定的值。

非结构化网格在 VTK 文件中的表示形式如下：

```

DATASET UNSTRUCTURED_GRID
POINTS n dataType
p0x p0y p0z
p1x p1y p1z
...
p(n-1)x p(n-1)y p(n-1)z

CELLS n size
numPoints0, i, j, k, l, ...
numPoints1, i, j, k, l, ...
numPoints2, i, j, k, l, ...
...
numPointsn-1, i, j, k, l, ...

```

```
CELL_TYPES n
type0
type1
type2
...
typen-1
```

- Field（字段）

字段数据是没有拓扑和几何结构的一般形式，没有特定的维度。通常，字段数据与数据集的 points 或 cells 相关联。但如果字段类型被指定为数据集类型，则定义一般的 VTK 数据对象。

## 数据集属性格式

VTK 支持以下数据集属性：scalars（标量），vectors（向量），normals（法线），texture coordinates（纹理坐标）， $3 \times 3$  tensors（张量）以及 field data（字段数据）。此外，可以定义使用与标量数据相关联的 RGBA 颜色规范的查找表。

详细内容参考[\[1\]](#)。

## 示例

- 可参考官方文档[\[1\]](#) 中的例子。
- 参考 `作业目录/meshSamples/t1.vtk`
- 此处展示 `作业目录/meshSamples/t9.vtk`。首行为 VTK 文件首部，可见支持的 vtk 文件版本为 2.0；第二行为文件名以及相关的信息描述，可见文件名应为“t9.vtk”，由 Gmsh 创建；第三行为文件格式描述，由 `ASCII` 可知本文件为文本文件格式；第四行为 `DATASET UNSTRUCTURED_GRID`，表明数据集结构类型为非结构化网格；由[数据集格式](#)中的描述可知，非结构化网格由 POINTS 和 CELLS 以及 CELL\_TYPES 共同定义，从本文件可看出事实上也确实如此。

```
1 # vtk DataFile Version 2.0
2 t9, Created by Gmsh
3 ASCII
4 DATASET UNSTRUCTURED_GRID
5 POINTS 0 double
6
7 CELLS 0 0
8
9 CELL_TYPES 0
10
```

## 参考资料

[\[1\] Kitware.File Formats for VTK Version 4.2\[EB/OL\].https://vtk.org/wp-content/uploads/2015/04/file-formats.pdf,2015-04.](#)

