

ICS 47.020.01

CCS U 07

T/CANSI

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 193—2025

船舶结构有限元分析模型数据交换格式
第3部分：求解结果数据

Data interchange formats for the finite element analysis model of ship
structures—Part 3: solution result data



2025-09-01 发布

2025-10-01 实施

中国船舶工业行业协会 发布



目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 基本要求	2
5.1 交换文件的格式要求	2
5.2 部件数据的层级结构	2
5.3 装配数据的层级结构	3
5.4 分析求解数据的层级结构	3
附录 A (规范性) 求解结果数据的定义	5
附录 B (规范性) 求解结果数据实例展示	12
参考文献	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是《船舶结构有限元分析模型数据交换格式》的第3部分，该系列标准已经发布了以下部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第2部分：前处理数据；
- 第3部分：求解结果数据；
- 第4部分：规范校核数据。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：中国船舶科学研究中心、中国船级社、深海技术科学太湖实验室、中船奥蓝托无锡软件技术有限公司、水上载运装备安全研究院（宁波）有限公司、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院。

本文件主要起草人：顾宇杰、王丽荣、李敏、丁军、金建海、孟凡冲、李淳芳、胡欣、李云骥、王裕飞、胡涛、孙川、吴子刚、刘语曦、老轶佳、胡杰鑫、王明皓、王靖瑶、李倩倩、李巧平。



引　　言

伴随着数字化、网络化和智能化的深入发展，数据共享和全生命周期管理已经成为船舶行业工程软件的发展方向。建立一套船舶结构有限元分析模型数据标准和交换格式，促进不同软件对于船舶结构有限元分析模型数据的统一描述和共享，有利于减少重复建模的资源浪费。

本文件的目的在于确立面向船舶结构有限元分析模型数据共享活动的、结构化和预定义的数据交换结构和格式，从而推动和促进船舶结构有限元分析模型数据的高度共享。

《船舶结构有限元分析模型数据交换格式》由4个部分组成。

- 第1部分：通用要求。目的在于规定船舶结构有限元分析中相关的术语和定义，统一相关概念，避免由于概念和术语不明确而造成的交流困难、歧义和误解；规定船舶结构有限元分析模型数据交换格式的组成部分、使用环节和单位制，给出相关技术要求。
- 第2部分：前处理数据。目的在于规定船舶结构有限元分析中前处理数据的交换格式，为船舶结构有限元分析软件之间前处理数据交换提供技术支持。
- 第3部分：求解结果数据。目的在于规定船舶结构有限元分析中求解结果数据的交换格式，为船舶结构有限元分析软件之间求解结果数据交换提供技术支持。
- 第4部分：规范校核数据。目的在于规定基于船舶结构有限元分析软件的求解结果进行船舶入级规范校核时数据的交换格式，为船舶结构有限元分析软件之间入级规范校核数据交换提供技术支持。





船舶结构有限元分析模型数据交换格式 第3部分：求解结果数据

1 范围

本文件规定了船舶结构有限元分析软件求解结果数据交换格式的基本要求，包括交换文件的格式要求、不见数据的层级结构、装配数据的层级结构以及分析求解数据的层级结构等。

本文件适用于船舶结构有限元分析软件之间求解结果数据的交换。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

T/CANSI 190 船舶结构有限元分析模型数据要求

3 术语和定义

T/CANSI 190界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数据块 **data set**

HDF5文件的主要对象之一，数据元素的一个多维数组以及支持元数据（metadata）。

3.2

根 **root**

不带任何属性的抽象元素，被具有语意重要性的元素直接或间接派生。

3.3

场输出 **field output**

场输出描述模型中物理量随空间位置的变化，记录整个模型或大部分区域在特定时间点的状态。

3.4

历史输出 **history output**

记录模型中特定位置的物理量随时间或分析步的变化过程。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

HDF5¹⁾：分层数据格式（Hierarchical Data Format 5）

1) 美国国家高级计算应用中心(National Center for Supercomputing Applications, NCSA)为了满足各种领域研究需求而研制的一种能高效存储和分发科学数据的新型数据格式。HDF可以表示出科学数据存储和分布的许多必要条件。新一代的HDF5是由NCSA于1998年发布。

5 基本要求

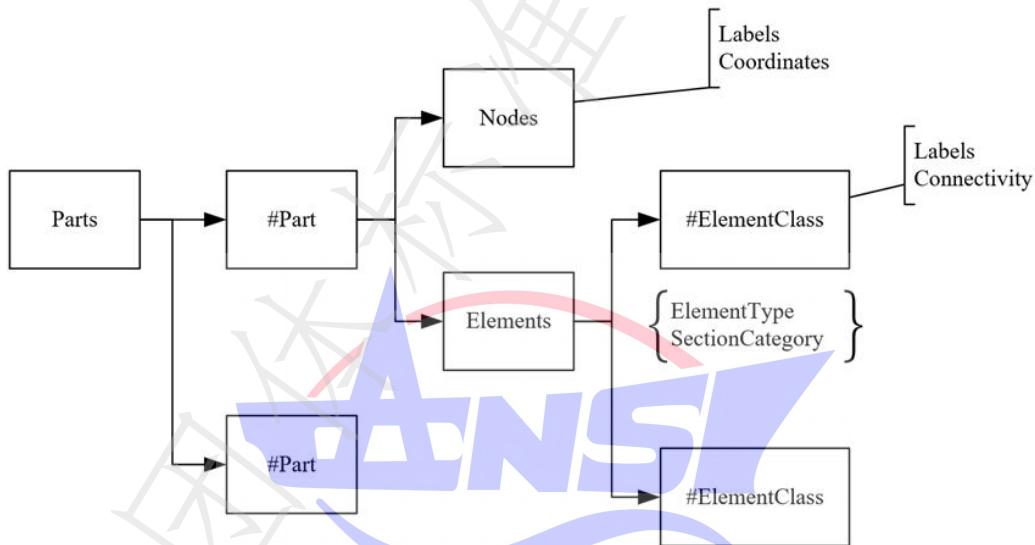
5.1 交换文件的格式要求

船舶结构有限元分析模型数据交换格式中求解结果数据应符合下列规定：

- 求解结果数据采用 HDF5 文件结构。
- 求解结果数据中应注明有限元分析软件的版本信息。
- 求解结果数据应包含部件 (Parts) 数据、装配 (Assembly) 数据和分析求解 (Steps) 数据三部分内容。其中，部件数据、装配数据是模型数据的输出，分析求解数据是分析结果数据的输出。
- 在 HDF5 文件中，求解结果数据的各部分内容均采用树状结构进行组织，见 5.2~5.4。
- 求解结果数据中具体树节点的数据元素应采用附录 A 的定义。
- 本文件中未涉及的数据元素，可在遵循 HDF5 文件格式要求的基础上自行扩展。

5.2 部件数据的层级结构

求解结果数据HDF5文件中部件数据的层级结构见图1，应以“Parts”作为部件数据的树节点名称。部件数据中的组 (Group) 见表1，具体定义见附录A.1。



注：图中方框内为当前Group的名字，{}中所述内容为当前Group的属性，批注内容为当前Group下的Datasets数据，加“#”Group为非固定名称Group。

图 1 部件数据的层级结构

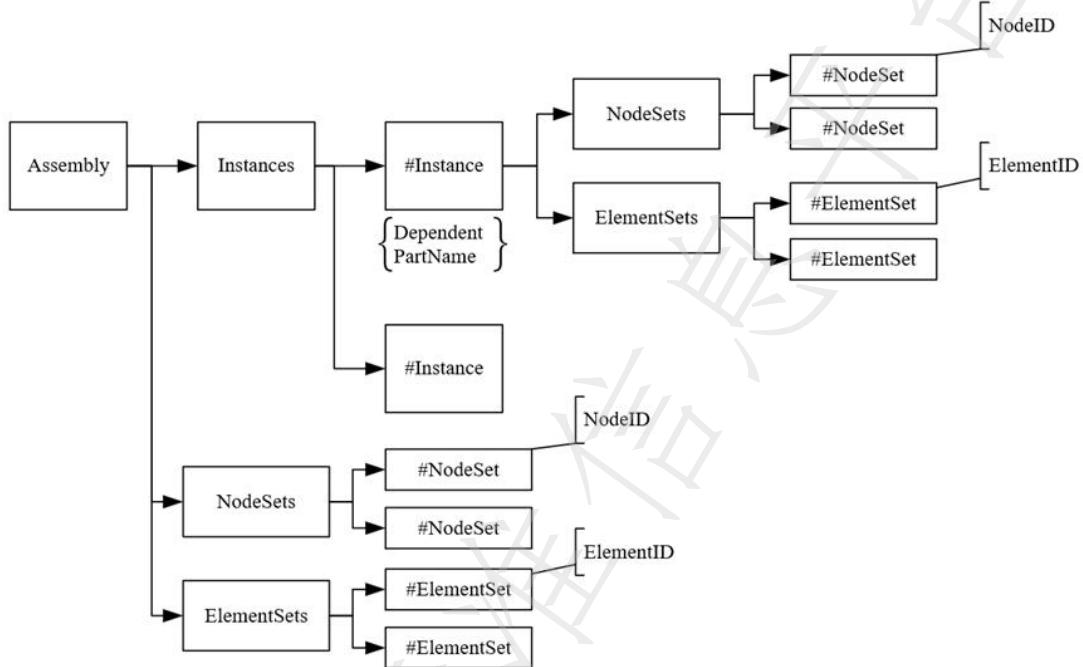
表 1 部件数据中的 Group

序号	Group名称	含义
1	Parts	部件集合组
2	Part ^a	部件组
3	Nodes	节点集合组
4	Elements	单元集合组
5	ElementClass ^a	单元分类组

^a 名称不固定

5.3 装配数据的层级结构

结果数据HDF5文件中装配数据的层级结构见图2, 应以“Assembly”作为装配数据的树节点。装配数据中的组见表2, 具体定义见附录A.2。



注: 图中方框内为当前Group的名字, {} 中所述内容为当前Group的属性, 批注内容为当前Group下的Datasets数据, 加“#”Group为非固定名称Group。

图2 装配数据的层级结构

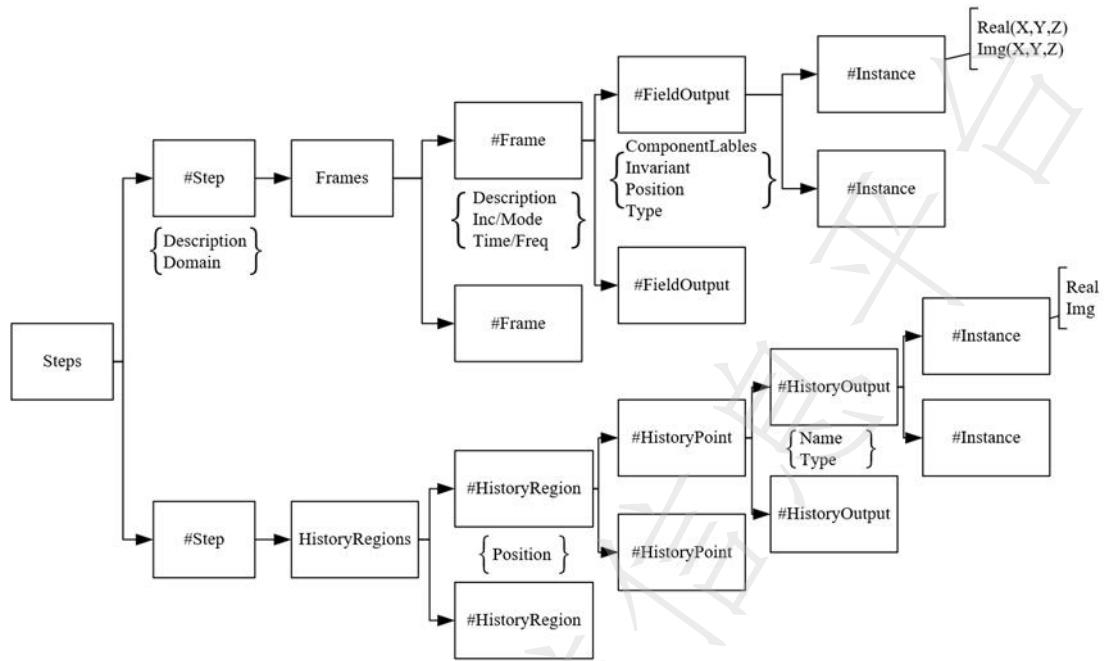
表2 装配数据中的 Group

序号	Group名称	含义
1	Assembly	装配组
2	Instances	实例集合组
3	Instance ^a	实例组
4	NodeSets	节点集合组
5	ElementSets	单元集合组
6	NodeSet ^a	节点组
7	ElementSet ^a	单元组

^a 名称不固定

5.4 分析求解数据的层级结构

结果数据HDF5文件中分析求解数据的层级结构见图3, 应以“Steps”作为分析求解数据的树节点。分析求解数据中的组见表3, 具体定义见附录A.3。



注：图中方框内为当前Group的名字，{}中所述内容为当前Group的属性，批注内容为当前Group下的Datasets数据，加“#”Group为非固定名称Group。

图3 分析求解数据的层级结构

表3 分析求解数据中的 Group

序号	Group名称	含义
1	Steps	分析求解数据集合组
2	Step ^a	分析求解数据组
3	Frames	场变量输出的时间帧集合组
4	Frame ^a	场变量输出的时间帧组
5	FieldOutput	场变量输出信息组
6	Instance ^a	实体组
7	HistoryRegions	历史输出对象集合组
8	HistoryRegion ^a	历史输出对象组
9	HistoryPoint ^a	历史输出时间组
10	HistoryOutput ^a	历史输出信息组

^a 名称不固定

附录 A
(规范性)
求解结果数据的定义

A. 1 部件数据

A. 1. 1 部件集合组

部件集合组 (Parts Group) 应采用表A. 1定义。

表 A. 1 Parts Group 格式说明

属性类别	描述内容
Group 名称	Parts
作用	作为部件数据的总目录, 包含模型所有的 Part
形式	目录名字固定为“Parts”
属性	无
数据	无

A. 1. 2 部件组

部件组 (Part Group) 应采用表A. 2定义。

表 A. 2 Part Group 格式说明

属性类别	描述内容
Group 名称	Part
作用	作为 Parts 的子目录, 存放一个 Part 的信息, 包含节点和单元信息
形式	以 Part 的名字作为目录的名字, 例如: Part-1、Part-2……
属性	无
数据	无

A. 1. 3 节点集合组

节点集合组 (Nodes Group) 应采用表A. 3定义。

表 A. 3 Nodes Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	Nodes	
作用	作为 Parts 的子目录, 存放当前部件中的所有节点信息	
形式	数据块名字固定为“Nodes”	
属性	无	
数据	Labels	数据块名字固定为“Labels” 此数据块为 $N \times 1$ 的数组, 每行存放一个节点的 ID
	Coordinates	数据块名字固定为“Coordinates” 此数据块为 $N \times 3$ 的数组, 每行存放一个节点的三维坐标

A.1.4 单元集合组

单元集合组 (Elements Group) 应采用表A.4定义。

表 A.4 Elements Group 格式说明

属性类别	描述内容
Group 名称	Elements
作用	作为 Part 的子目录, 存放当前部件中的所有单元信息
形式	数据块名字固定为“Elements”
属性	无
数据	无

A.1.5 单元分类组

单元分类组 (ElementClass Group) 应采用表A.5定义。

表 A.5 ElementClass Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	ElementClass	
作用	作为 Elements 的子目录, 存放 ElementClass 的信息	
形式	以 ElementClass 的编号作为目录的名字, 例如: ElementClass:1。一般根据单元类型及属性分类	
属性	ElementType	Type 为 String, 长度 length 为 Value 字符串的长度, Array Size 为 1, Value 为单元类型名字, 例如: S4R
	SectionCategory	Type 为 String, 长度 length 为 Value 字符串的长度, Array Size 为 1, Value 为截面类型名字, 例如: shell
数据	Labels	数据块名字固定为“Labels” 此数据块为 $N \times 1$ 的数组, 每行存放一个单元的 ID 此数据块的行数为当前 ElementClass 下的单元数量
	Connectivity	数据块名字固定为“Connectivity” 此数据块每行存放一个单元包含的所有节点 ID, 包含节点的数量根据 ElementClass 所属的 Element Type 来确定 此数据块的行数为当前 ElementClass 下的单元数量

A.2 装配数据

A.2.1 装配组

装配组 (Assembly Group) 应采用表A.6定义。

表 A.6 Assembly Group 格式说明

属性类别	描述内容
Group 名称	Assembly
作用	作为装配数据的总目录, 存放装配体信息
形式	目录名字固定为“Assembly”
属性	无
数据	无

A. 2. 2 实例集合组

实例集合组 (Instances Group) 应采用表A. 7定义。

表 A. 7 Instances Group 格式说明

属性类别	描述内容
Group 名称	Instances
作用	作为 Assembly 的子目录, 包含装配中所有的实例 (Instance)
形式	目录名字固定为“Instances”
属性	无
数据	无

A. 2. 3 实例组

实例组 (Instance Group) 应采用表A. 8定义。

表 A. 8 Instance Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	Instance	
作用	作为 Instances 的子目录, 存放一个实例 (Instance) 的信息	
形式	以 Instance 的名字作为目录的名字	
属性	Dependent	属性为整型, 值为 1 表示依赖 Part, 值为 0 表示不依赖
	PartName	Type 为 String, 长度 length 为 Value 字符串的长度, Array Size 为 1, Value 为依赖的 Part 的名称
数据	无	

A. 2. 4 节点集合组

节点集合组 (NodeSets Group) 应采用表A. 9定义。

表 A. 9 NodeSets Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	NodeSets	
作用	作为 Instance 或 Assembly 的子目录, 包含当前父节点下的所有节点集 (NodeSet)	
形式	目录名字固定为“NodeSets”	
属性	无	
数据	无	

A. 2. 5 节点组

节点组 (NodeSet Group) 应采用表A. 10定义。

表 A. 10 NodeSet Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	NodeSet	
作用	作为 NodeSets 的子目录, 存放一个节点集的信息	
形式	以节点集的名字作为目录的名字	
属性	无	

表 A.10 NodeSet Group 格式说明 (续)

属性类别	描述内容	
数据	SubsetIndex	数据块名字为子节点集的索引值, 作为 NodeSet 的子目录, 存放一个子节点集的信息。 行数据: 每行表示一个节点的 ID。 列数据: 排列全部节点。

A.2.6 单元集合组

单元集合组 (ElementSets Group) 应采用表A.11定义。

表 A.11 ElementSets Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	ElementSets	
作用	作为 Instance 或 Assembly 的子目录, 包含当前部件下的所有单元集 (ElementSet)	
形式	数据块名字固定为 “ElementSets”	
属性	无	
数据	无	

A.2.7 单元组

单元组 (ElementSet Group) 应采用表A.12定义。

表 A.12 ElementSet Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	ElementSet	
作用	作为 ElementSets 的子目录, 存放一个单元集的信息	
形式	以单元集的名字作为目录的名字	
属性	无	
数据	SubsetIndex	作为 ElementSet 的子目录, 存放一个子单元集的信息。数据块名字为子单元集的索引值 行数据: 每行表示一个单元的 ID。 列数据: 排列全部单元 Dataset 属性: ClassIndex: Type 为 int, Array Size 为 1, Value 为子单元集所属的单元类型索引

A.3 分析求解数据

A.3.1 分析求解数据集合组

分析求解数据集合组 (Steps Group) 应采用表A.13定义。

表 A.13 Steps Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	Steps	
作用	作为分析求解数据的总目录, 包含模型所有的 Step 信息	
形式	目录名字固定为 “Steps”	
属性	无	
数据	无	

A.3.2 分析求解数据组

分析求解数据组 (Step Group) 应采用表A.14定义。

表 A.14 Step Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group名称	Step	
作用	作为 Steps 的子目录, 存放一个 Step 的信息	
形式	以 Step 的名字作为目录的名字, 例如: Step-1, Step-2……	
属性	Description	Type为String, 长度length为Value字符串的长度, Array Size为1, Value为Step的描述
	Domain	Type为int, Array Size为1, Value为Step的域, Value边界元的值固定为2
数据	无	

A.3.3 场变量输出的时间帧集合组

场变量输出的时间帧集合组 (Frames Group) 应采用表A.15定义。

表 A.15 Frames Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group名称	Frames	
作用	当定义场输出时, Frames 作为 Step 的子目录, 存放当前 Step 下的所有 Frame (即场变量输出的时间帧)	
形式	目录名字固定为“Frames”	
属性	无	
数据	无	

A.3.4 场变量输出的时间帧组

场变量输出的时间帧组 (Frame Group) 应采用表A.16定义。

表 A.16 Frame Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group名称	Frame	
作用	作为 Frames 的子目录, 存放一个 Frame 的信息, 包含当前步下的 FieldOutput 变量信息	
形式	以 Frame (即场变量输出的时间帧) 的名字作为目录的名字, 例如: Frame0、Frame1、Frame2……	
属性	Description	Type 为 String, 长度 length 为 Value 字符串的长度, Array Size 为 1, Value 为 Frame 的描述
	Inc/Mode	Type 为 int, Array Size 为 1, Value 为 Frame 的增量值, 仅在时域中输出
	Time/Freq	Type 为 float, Array Size 为 1, Value 为 Frame 的频率值, 仅在频域中输出
数据	无	

A.3.5 场变量输出信息组

场变量输出信息组 (FieldOutput Group) 应采用表A.17定义。

表 A.17 FieldOutput Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group名称	FieldOutput	
作用	作为Frame的子目录, 存放一个输出帧Frame下的场变量FieldOutput输出信息	

表 A.17 FieldOutput Group 格式说明 (续)

属性类别	描述内容	
形式	以场变量输出FieldOutput的名字作为目录的名字, 例如: POR、U、UR……	
属性	ComponentLabels	Type为String, 长度length为单个分量字符串长度, Array Size为分量数量, Value为分量值, 如“U1, U2, U3”
	Invariant	Type为int, Array Size为不变量的数量, Value为不变量的值, 如“9, 10, 11, 1, 2, 3”
	Position	Type 为 int, Array Size 为 1, Value 值为枚举值“1, 3, 4”, 取值含义如下: Position=1 表示附着在节点上 Position=3 表示附着在积分点上 Position=4 表示附着在单元上
	Type	Type 为 int, Array Size 为 1, Value 值表示变量类型, Value 值为枚举值“2, 3”, 取值含义如下: 1) TYPE=2 表示 SCALAR 标量 2) TYPE=3 表示 VECTOR 矢量
数据	无	

A.3.6 实例组

实例组 (Instance Group) 应采用表A.18定义。

表 A.18 Instance Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	Instance	
作用	作为 FieldOutput 或 HistoryOutput 的子目录, 存放当前变量所属的实例 Instance	
形式	以 Instance 的名字作为目录的名字	
属性	无	
数据	Real	声明实部数据, 数据块名字固定为“Real” 行数据: 每行表示一个节点的实部数据集 列数据: 排列全部节点
	Img	声明虚部数据, 数据块名字固定为“Img” 行数据: 每行表示一个节点的虚部数据集 列数据: 排列全部节点

A.3.7 历史输出对象集合组

历史输出对象集合组 (HistoryRegions Group) 应采用表A.19定义。

表 A.19 HistoryRegions Group 格式说明

属性类别	描述内容
Group 名称	HistoryRegions
作用	当定义历史输出 (HistoryOutput) 时, 作为 Step 的子目录, 存放当前 Step 下的所有 HistoryRegion (即历史输出对象)
形式	目录名字固定为“HistoryRegions”

表 A.19 HistoryRegions Group 格式说明（续）

属性类别	描述内容
属性	无
数据	无

A. 3.8 历史输出对象组

历史输出对象组（HistoryRegion Group）应采用表A. 20定义。

表 A. 20 HistoryRegion Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	HistoryRegion	
作用	作为 HistoryRegions 的子目录，存放一个 HistoryRegion（历史输出对象）的信息	
形式	以 HistoryRegion 的类别名称作为目录的名字，例如：Node、Element、IntegratePoint……	
属性	Position	Type 为 String，长度 length 为 Value 字符串的长度，Array Size 为 1，Value 为 HistoryRegion 的描述
数据	无	

A. 3.9 历史输出时间组

历史输出时间组（HistoryPoint Group）应采用表A. 21定义。

表 A. 21 HistoryPoint Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	HistoryPoint	
作用	作为 HistoryRegion 的子目录，存放一个历史输出时间节点 HistoryPoint 的信息，包含当前 STEP 下的 HistoryOutput 变量信息	
形式	以 HistoryPoint 作为目录的名字，如输出设置中的 TimePoint	
属性	无	
数据	无	

A. 3.10 历史输出信息组

历史输出信息组（HistoryOutput Group）应采用表A. 22定义。

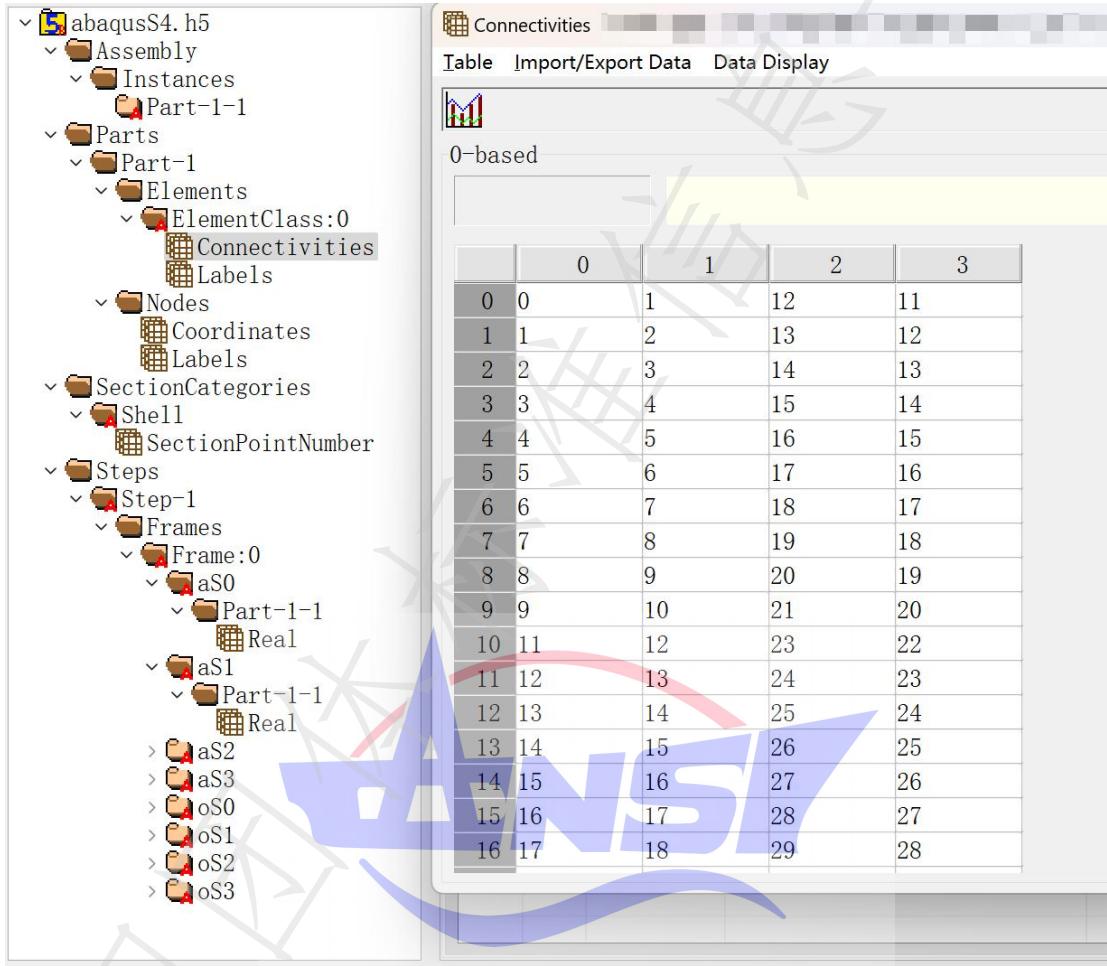
表 A. 22 HistoryOutput Group 格式说明

属性类别	描述内容	
Group 名称	HistoryOutput	
作用	作为 HistoryPoint 的子目录，存放一个历史输出变量 HistoryOutput 的信息，包含当前 STEP 下的历史输出变量 HistoryOutput 变量信息	
形式	以 HistoryOutput 的名字作为目录的名字，例如： U、UR、S、E……	
属性	Components	Type 为 String，长度 length 为单个分量字符串长度，Array Size 为分量数量，Value 为分量值，如 “U1, U2, U3”
	Type	Type 为 int，Array Size 为 1，Value 值表示变量类型，2 表示 SCALAR 线性值，3 表示 VECTOR 矢量
数据	无	

附录 B
(资料性)
求解结果数据实例展示

图B.1左侧所展示的层级结构为求解结果数据所包含的部件 (Parts) 数据、装配 (Assembly) 数据和分析求解 (Steps) 数据三部分内容；其中，截面属性 (SectionCategories) 为用户自定义内容。

图B.1右侧即为数据块部分，Connectivities数据块隶属于部件 (Parts) 数据下的Part-1中的Element目录下。



Connectivities

Table Import/Export Data Data Display

0-based

	0	1	2	3
0	0	1	12	11
1	1	2	13	12
2	2	3	14	13
3	3	4	15	14
4	4	5	16	15
5	5	6	17	16
6	6	7	18	17
7	7	8	19	18
8	8	9	20	19
9	9	10	21	20
10	11	12	23	22
11	12	13	24	23
12	13	14	25	24
13	14	15	26	25
14	15	16	27	26
15	16	17	28	27
16	17	18	29	28

图 B.1 求解结果数据实例

参考文献

- [1] GB 3102(所有部分) 量和单位[ISO 31(所有部分)]
- [2] GB/T 5271.1—2000 信息技术 词汇 第一部分: 基本术语
- [3] GB/T 7408—2005 数据元和交换格式 信息交换 日期和时间表示法(ISO 8601:2000, IDT)
- [4] GB/T 7727.2—1987 船舶通用术语 总体设计
- [5] GB/T 7727.3—1987 船舶通用术语 性能
- [6] GB/T 7727.4—1987 船舶通用术语 船体结构、强度及振动
- [7] GB/T 10853—2008 机构与机器科学词汇
- [8] GB/T 31054—2014 机械产品计算机辅助工程 有限元数值计算 术语
- [9] GB/T 33582—2017 机械产品结构有限元力学分析通用规则
- [10] HDF5 User's Guide, HDF5 Release 1.10, The HDF Group, June 2019