



团 体 标 准

T/CI 824—2024

信息技术应用创新 CAE 软件通用
要求及测评方法

Information technology application innovation—General
requirements and evaluation methods for CAE software

2024-12-24 发布

2024-12-24 实施

中国国际科技促进会 发 布
中国标准出版社 出 版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 软件质量要求	1
4.1 前处理要求	1
4.2 求解器要求	3
4.3 后处理要求	8
5 软件供应链要求	9
5.1 软件开发	9
5.2 软件采购	9
5.3 软件交付	9
5.4 软件获取	10
5.5 软件运维	10
5.6 软件废止	10
6 软件服务保障要求	11
6.1 保障期限	11
6.2 技术支持	11
6.3 安装部署	11
6.4 维修维护	11
6.5 质量问题处理	11
7 测试评价方法	12
7.1 测试方法	12
7.2 评估方法	13
参考文献	15

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。

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。

本文件由中国软件评测中心提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：中国软件评测中心(工业和信息化部软件与集成电路促进中心)、三一重工股份有限公司、北京云道智造科技有限公司、合肥九韶智能科技有限公司、福建星瑞格软件有限公司、云南电网有限责任公司电力科学研究院、北京适创科技有限公司、浙江十沣科技有限公司、浙江大学、广州中望龙腾软件股份有限公司、北京大学重庆大数据研究院、上海积鼎信息科技有限公司、云翼(嘉兴)软件科技有限公司、熙流数字科技(上海)有限公司、上海索辰信息科技股份有限公司、大连理工大学、北太振寰(重庆)科技有限公司、中兴通讯股份有限公司、泉州职业技术大学、菏泽市智慧水务有限公司。

本文件主要起草人：李安伦、周银、郟永军、徐鹏、段志伟、孙慧玉、陈景润、孙羿斐、胡岩洁、罗坤、杜国旺、初德胜、张子珂、吴越、陈江玲、张文超、符凯、陆辰昱、焦立新、牟熙、柏凯、钟策、亢战、向导、戚晨、蔡海毅、张辉、李贺。

信息技术应用创新 CAE软件通用 要求及测评方法

1 范围

本文件规定了计算机辅助工程(CAE)软件通用要求及测评方法,涵盖了软件质量要求、软件供应链要求、软件服务保障要求和测试评价方法。

本文件适用于:

- a) CAE软件的使用者选择和评估CAE软件提供者;
- b) 第三方评价和认定CAE软件提供者的能力。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 软件质量要求

4.1 前处理要求

4.1.1 功能性要求

4.1.1.1 几何建模

创建或导入分析对象的几何模型,应符合以下要求:

- a) 格式的几何文件导入:STEP(.stp, .step)、IGES(.igs, .iges);
- b) 几何的创建:点、线段、弧、矩形、圆、椭圆、多边形、立方体、长方体、球体、圆柱体、圆锥体、椭球、棱柱、棱锥等形状;
- c) 几何的装配操作:移动、旋转、阵列(方形/环形)、线平行/共线、面平行/共线、孔对齐等;
- d) 几何的切分操作:面切分、体切分等;
- e) 编辑操作:撤销、重做、复制、阵列等;
- f) 几何的编辑操作:拉伸、旋转、扫掠、布尔运算(合并、差集、交集)等;
- g) 几何参数的修改:尺寸(线性尺寸、径向尺寸、角尺寸)、角度(两线角度、倾斜角度、旋转角度)、位置(坐标位置、相对位置、对齐方式)等;
- h) 表面处理能力:曲线和曲面构造、拟合、平滑、重构、倒角等;
- i) 异常几何检测:重叠几何、不连续边界、细小特征;
- j) 几何的清理与修复:删除细小特征、缺陷修复、移除冗余的边和顶点、封闭性修复;
- k) 交互式视图操作及渲染:支持缩放、旋转、平移等视图操作功能、支持反映几何三维外观和位置

关系的光照效果,支持模型点、线、面、体、材料属性等快速拾取功能;

- l) 常用几何模型数据库管理。

4.1.1.2 网格生成

将连续的几何体离散化成有限的元素集合,即网格,应符合以下要求:

- a) 格式的网格文件导入与导出:STL Surface (.stl)、VTK (.vtk)、Abaqus INP (.inp)、ANSYS CDB (.cdb)、Nastran Bulk Data File (.bdf)、Fluent MESH (.msh)、LS-DYNA (.k);
- b) 网格类型:一维线单元、三角形单元、四边形单元、四面体单元、六面体单元等,及其二阶单元;
- c) 网格自动生成参数的调整:最大单元大小、最小单元大小、最大单元增长率;
- d) 网格质量检查:网格统计(单元的数量、最小单元尺寸、最大单元尺寸)、偏度、最大角度、体积与外接半径之比、体积与长度之比、条件数、增长率、弯曲偏度;
- e) 手动调整网格的方式:局部网格细化、预定义的网格粒度序列、网格剖分控制、交互式网格剖分、平滑、添加、删除和移动边界和节点;
- f) 边界层网格的自动生成以及增长率和层数的控制。

4.1.1.3 域条件、边界条件及初始条件定义

定义外界作用于模型上的力学、热学或其他类型的加载条件,以及模型的约束条件,应符合以下要求:

- a) 添加域条件、边界条件的操作:通过点击或框选特定的模型区域、提供界面,为选定区域配置具体条件、输入具体数值或使用滑块选择参数值、快速选择包含常用的预设条件列表、边界层生成器、实时可视化反馈条件的应用效果、支持通过用户自定义函数(UDF)方式任意指定域条件、边界条件;
- b) 添加初始条件的操作:提供界面支持用户为整个模型设置初始条件、支持用户指定模型中某个区域或部件的初始条件、定义模拟的起始时间点,初始条件实时物理响应预览、批量初始条件设置、支持通过UDF方式任意指定初始条件;
- c) 检查:自动检查有必要的域条件、边界条件和初始条件是否已经设置、验证输入的参数是否在允许的数值范围内、检查不同条件之间是否存在冲突、为用户提供详细的错误和警告信息等。

4.1.2 性能效率要求

CAE软件前处理的性能效率应符合以下要求:

- a) 应快速处理大型数据集和复杂几何结构,包括网格生成、模型简化及材料属性分配等,通过算法优化和并行计算提升处理速度;
- b) 应实现数据处理的批量操作功能,用户可同时处理多个任务;
- c) 应优化内存管理,使软件在运行复杂模型或长时间任务时能保持高效的内存使用;
- d) 应减少软件启动和加载时间;
- e) 应提供性能监控工具,用户可实时监控软件操作的中央处理器(CPU)和内存使用情况,优化性能设置;
- f) 应减少与其他CAE分析工具的通信时间,提高数据交互过程的效率。

4.1.3 兼容性要求

CAE软件前处理的兼容性应符合以下要求:

- a) 与主流计算机辅助设计(CAD)件兼容,无缝接收和导出不同格式的CAD数据;

- b) 与主流 CAE 软件的网格格式兼容；
- c) 支持多种操作系统；
- d) 支持多种文件格式和标准,包括通用的交换格式如 STEP 和 IGES,确保数据的灵活处理和准确转换；
- e) 具备与云计算平台的兼容性接口,支持云端数据处理和分析,支持提交与管理远程作业,适应现代工程计算的需求；
- f) 支持集成新的功能和模块,保持软件的扩展性和未来的升级能力。

4.1.4 易用性要求

CAE 软件前处理的易用性应符合以下要求：

- a) 提供用户友好的图形用户界面；
- b) 提供详尽的帮助文档和在线教程；
- c) 具备可自定义的工具栏和工作区；
- d) 支持中英文语言界面；
- e) 提供智能化的工具和自动化流程；
- f) 提供有效的错误检测和提示机制；
- g) 具有直观且响应迅速的用户界面；
- h) 支持多工况定义、作业管理与后处理对比分析。

4.1.5 可靠性要求

CAE 软件前处理的可靠性应符合以下要求：

- a) 软件在处理大规模和复杂数据时具有稳定性；
- b) 提供精确的数据处理功能,确保网格生成和属性分配的准确性；
- c) 定期进行软件测试和更新,修复已知的漏洞和提升功能；
- d) 具备故障恢复功能,能在发生意外时保存或恢复用户的工作进度。

4.2 求解器要求

4.2.1 功能性要求

4.2.1.1 通用

可根据各物理场理论选择不同的数学模型和算法,包括有限单元法、有限体积法、有限差分法、边界元法、粒子法、格子玻尔兹曼方法等。

4.2.1.2 求解器设置

根据具体问题需求和相应分析类型,支持所需求解器的相关参数设置,如迭代方法、收敛标准、时间步长等,应符合以下要求：

- a) 直接法求解器参数设置:分解方法、填充策略、重排序方法、数值稳定性选项等；
- b) 迭代法求解器参数设置:迭代方法、预处理器、子预处理器、预处理器复用、容差、最大迭代次数、初始解等；
- c) 多重网格方法参数设置:多重网格方法、多重网格层数、多重网格循环方式等；
- d) 瞬态求解器参数设置:瞬态动力学求解方法、时间步进方法、时间步长、输出时间步长、最大步长约束、最小步长约束；

- e) 模态求解器参数设置:模态求解方法、模态阶数、收敛条件;
- f) 并行计算参数设置:CPU核心数、进程数、单进程线程数、远程访问配置;
- g) 基于图形处理器(GPU)加速的求解器相关参数设置。

4.2.1.3 结构力学

4.2.1.3.1 隐式结构力学求解器计算固体结构的力学特性或响应,应符合以下要求:

- a) 分析类型:线性静力分析、非线性静力/准静力分析、线性动力分析、非线性动力分析、模态分析、线性屈曲分析、非线性屈曲分析、谐响应分析、反应谱分析、随机响应分析、惯性释放分析、疲劳分析;
- b) 单元类型:杆单元、梁单元、壳单元,二维平面应力、平面应变、轴对称单元、三维实体;梁单元应支持任意截面形状、指定截面方向、端点自由度释放、复合材料设置;壳单元应支持复合材料设置;
- c) 材料属性:密度、线弹性、黏弹性、超弹性、塑性、黏塑性、蠕变、热膨胀、阻尼、疲劳、损伤、失效、状态方程;
- d) 约束类型:固定约束、刚体约束、运动耦合、分布耦合、接触、绑定、弹簧、运动副、指定位移/速度/加速度、支座运动、弹性支承、裂纹、多点约束;
- e) 载荷类型:集中力、力矩、压力、面力、重力、离心载荷、静水压力、螺栓预紧力、惯性释放、温度载荷,载荷应支持随时间、空间或频率变化;
- f) 初始条件:初始速度、初始应力、初始温度;
- g) 物理量的场结果输出:位移(模态)、转角、速度、角速度、加速度、角加速度、应力(分量、主应力、Mises、单元应力)、应变(分量、主应变)、塑性应变(分量、主应变、等效塑性应变)、内力、弯矩、支座反力、接触力;
- h) 接触类型:变形体与变形体、变形体与刚体、刚体与刚体接触、有限元与粒子接触。

4.2.1.3.2 结构显式动力学求解器计算固体结构在高速动态加载、爆炸、碰撞等作用下的力学特性和响应,应符合以下要求:

- a) 求解方法:显式/半显式Lagrange求解、ALE求解;
- b) 单元类型:质量单元、杆单元、梁单元、壳单元、平面单元、四面体、楔形体、六面体单元;
- c) 材料属性:弹性模型、弹塑性模型、超弹模型、黏弹模型、水动力材料、炸药模型、混凝土材料、陶瓷材料等;
- d) 材料状态方程:Jones-Wilkins-Lee、Mie-Gruneisen、Polynomial、Gamma-Law等;
- e) 损伤模型:Lemaitre、Gurson、Rousselier、Johnson-Cook、Borvik等;
- f) 边界条件:固定约束、弹性边界、人工边界等;
- g) 载荷类型:位移/速度/加速度加载、集中力、分布力、力矩、重力、温度加载等;
- h) 初始条件:初始速度、初始温度等。

4.2.1.4 流体力学

流体力学求解器分析流体在给定几何结构和边界条件下的行为,包括液体和气体的层流、湍流、化学反应、传热等,应符合以下要求:

- a) 分析类型:瞬态和稳态的单相流分析、多相流分析(包括欧拉-欧拉多相流、Mixture模型、VoF、欧拉-拉格朗日颗粒追踪)、相变多相流、层流/湍流分析、可压缩单相/多相流、非等温流动(热对流、热传导、热辐射)、共轭传热、组分输运、反应流、远场噪声分析;
- b) 材料属性:状态方程(密度)、黏度、摩尔质量、质量扩散系数、导热系数、比热容、标准状态温度、

标准状态焓、标准状态熵、吸收系数、散射系数、折射率；可支持特征振动温度、电荷量、分子结构类型、形成能、热扩散率；

- c) 域条件:热源项、参考系运动、网格运动、多孔介质;可支持的域条件包括质量、动量、湍流、组分源项;
- d) 边界条件:速度/压力/流量入口,压力/质量出口,压力远场,自由出流,壁面,对称,内壁面,内表面,重叠网格边界;应支持用户函数实现非均匀、非定常边界条件;
- e) 接触面:平移/旋转周期交界面、内壁面接触面、重叠网格交界面;
- f) 初始条件:压力、速度、温度、湍流、相分数、组分;应支持求解势流等初始化方式、局部及用户函数初始化功能;
- g) 输出的物理量:压力、速度、温度、湍流、相分数、组分浓度等求解变量,密度、黏度、导热系数、比热容等物理属性,壁面切应力、质量通量、热通量、壁面温度等边界,平稳续算所要求的其他场变量;可支持输出的物理量包括绝对压力、总压、总温、涡度、Q准则、湍黏度(比)、壁面切应力、辐射热通量、太阳辐射热通量等常用结果,反应速率、相变速率、重叠网格类型标识等重要模型变量,场变量的梯度。

4.2.1.5 多体动力学

多体动力学求解器计算多体系统的静力学、运动学或动力学特性,应符合以下要求:

- a) 分析类型:动力学分析、静平衡分析、运动学分析、初值分析、冗余约束分析、频率模态分析、谐响应分析;可支持逆向动力学分析、随机响应分析,其中动力学分析可支持HHT I3/SI2积分器、GSTIFF I3/SI2积分器、WSTIFF I3/SI2积分器;
- b) 刚体、柔性体建模类型:柔性体可基于模态综合法、有限单元法、动态减缩等,其中基于有限单元法的柔性体可支持共旋单元、绝对节点坐标单元、几何精确单元等;可支持子系统建模;
- c) 约束类型:固定副、旋转副、滑移副、圆柱副、球副、等速副、胡克副(万向副)、螺旋副、平面副、方向约束、共面约束、共线约束、平行约束、垂直约束、等距约束、齿轮副、耦合副、点线高副、线线高副、驱动副、通用约束;
- d) 载荷类型:集中力、力矩、弹簧、卷簧、衬套、接触力、重力;可支持的载荷类型包括摩擦力、模态力、分布力,其中接触力可支持任意几何形状的实体与实体间接触,可支持点、曲线、平面、球、圆柱等几何图元间接触;
- e) 工业元件建模类型:齿轮、涡轮蜗杆、皮带、链条、轴承、绳索、电机、凸轮、轮胎、引擎;
- f) 控制系统接口:Simulink、FMU,可支持内置的控制模型功能;
- g) 物理量的结果输出:体的位置、姿态、速度、角速度、加速度、角加速度、约束力、载荷力。

4.2.1.6 电磁学

4.2.1.6.1 低频电磁求解器计算电磁场的分布问题,应符合以下要求:

- a) 分析类型:静态分析、时谐分析、瞬态分析、线性分析、非线性分析、场路耦合分析;
- b) 单元类型:一阶和高阶的节点单元、一阶和高阶的矢量单元和节点-矢量混合单元,应支持自适应网格加密功能;
- c) 材料属性:线性、非线性和各向异性的介电常数、磁导率和电导率,以及永磁体材料;
- d) 约束类型:第一类边界条件约束、开边界条件、周期边界条件、悬浮电位、非线性纽曼边界条件;
- e) 激励类型:电压、电流、电荷、外加电磁场、电路、块状导体、多匝线圈;
- f) 初始条件:初始位置、初始速度、初始电流、初始电压、初始外加电磁场;
- g) 物理量结果输出:电压、电场、电流场、磁场、损耗、电磁力、电感、电容、电导、电荷、磁链。

4.2.1.6.2 高频电磁求解器求解电磁波的传播、辐射和散射特性,应符合以下要求:

- a) 本征模分析和电磁响应分析;
- b) 频域求解器:频域有限元、频域矩量法、弹跳射线法以及混合算法;
- c) 时域求解器:有限差分算法,可支持时域有限元、时域矩量法等算法;
- d) 单元类型:一维线单元、二维表面三角形单元、三维四面体单元,可支持一阶与高阶矢量单元,应支持自适应网格加密功能;
- e) 材料属性:线性各向同性和各向异性的介电常数、磁导率和电导率;
- f) 边界条件:理想电导体(PEC)、理想磁导体(PMC)、辐射边界条件、完美匹配层(PML)、集总RLC边界、有限电导体边界、阻抗边界、周期边界条件;
- g) 激励设置:波端口、集总端口、入射平面波、电压源、电流源、周期型端口;
- h) 物理量的场结果输出:电场(包括总场和散射场)、磁场(包括总场和散射场)、表面电流、功率损耗密度、表面功率损耗密度;
- i) 后处理结果计算:三维辐射方向图、三维雷达散射截面、网络参数计算(S、Z、Y参数);
- j) 频域求解器应支持插值扫频与快速扫频计算功能。

4.2.1.7 固体传热学

传热求解器计算固体热传导及辐射条件下的温度场分布,应符合以下要求:

- a) 分析类型:稳态分析和瞬态分析;
- b) 单元类型:二维平面单元、轴对称单元、三维实体单元、杆单元;
- c) 材料属性:密度、导热系数、比热容;其中导热系数包含各向同性和正交异性,各材料属性应支持随温度变化;
- d) 边界和激励:指定温度、表面热流密度、体热源、表面对流、对环境辐射、面对面辐射、接触传热;
- e) 初始条件:初始温度;
- f) 物理量结果输出:节点温度、热通量。

4.2.1.8 声学

4.2.1.8.1 压力声学求解固体或流体区域内的声压和声压级分布,符合以下要求:

- a) 分析类型:直接频响分析、模态分析、模态频响分析和复模态分析;应支持 Lanczos 和自动多重子结构法模态求解器算法;
- b) 单元类型:二维平面单元、轴对称单元、三维实体单元;可支持一阶与高阶单元;
- c) 材料属性:密度、声速(或声体积模量)、阻尼;可支持体积黏性、剪切黏性、流阻等;
- d) 边界和激励:声压边界、位移边界、速度边界、加速度边界、向内位置边界、向内速度边界、向内加速度边界、阻抗边界、辐射边界、单极点源、偶极点源、平面入射波、球面入射波、完美匹配层、绑定连接、面偶极子边界、管道模态边界、扇声源;
- e) 物理量结果输出:节点声压、相位、声压级、声功率级、声强、声指向性、板贡献量、传递损失、瀑布图、模态振型、散射场;
- f) 有限元求解器应支持的分析功能包括频域扫频自适应网格加密、自动完美匹配层、远场计算、传递函数计算;
- g) 有限元求解器应支持的多孔吸声材料模型包括 DB、JCA、Biot;
- h) 边界元求解器应支持的分析功能包括传统边界元与超奇异边界元、全空间与半空间边界元。应支持的求解算法包括直接求解、快速多极子、自适应交叉近似法、快速场点计算和高频边界元;
- i) 声源提取功能:包络面生成、凸网格生成、网格映射、快速傅里叶变换;

j) 频域求解器应支持的扫频功能包括线性扫频和倍频程扫频。

4.2.1.8.2 气动声学求解气体流动相关的声学效应,应符合以下要求:

- a) 分析类型:直接声学模拟、远场噪声分析、宽带噪声源分析;
- b) 材料属性:状态方程(密度)、黏度、导热系数、比热容;
- c) 域条件:参考系运动、网格运动;
- d) 边界条件:开放、闭合、无反射、声阻抗;
- e) 初始条件:压力、速度、温度、湍流;
- f) 输出物理量:压力、速度、温度、湍流等求解变量,密度、黏度、导热系数、比热容等物理属性,声功率、声功率级、声压、声压级、宽带噪声源。

4.2.1.9 多物理场耦合

多物理场耦合求解多个物理现象间的相互作用,多物理场耦合过程中,网格划分功能包含:根据物理场自动重新划分网格功能,应支持强耦合和弱耦合两种耦合方式,具体包括:

- a) 强耦合(直接耦合)指多个物理场的方程组联立,考虑相互作用并耦合求解。可支持流体-结构场、结构-温度场等耦合场的直接求解。
- b) 弱耦合(分离耦合)指各个物理场的方程分别单独求解,在耦合处传递物理场数据。可分为显式和隐式分离耦合:
 - 1) 显式分离耦合,各场按照固定的求解顺序分别推进,并在耦合时间点进行数据交互;
 - 2) 隐式分离耦合,通过迭代达到收敛。界面数据传输应支持多种方式,如磁盘、内存、网络等。

4.2.2 兼容性要求

CAE 软件求解器的兼容性符合以下要求:

- a) 应兼容至少一款通过安全可靠测评的芯片;
- b) 应兼容至少一款通过安全可靠测评的操作系统。

4.2.3 易用性要求

CAE 软件求解器的易用性符合以下要求:

- a) 应是独立运行的可执行程序,数据应通过文件形式交互与存储;
- b) 应具备详细的日志记录,实时显示求解状态和进度信息,包括计算时间、迭代次数、收敛情况等,帮助用户监控计算进度和诊断问题;
- c) 应具备模型合法性检查和自动修复功能,尽可能检测和纠正模型中的错误和不一致性,无法自动修复的应准确给出错误提示,帮助用户定位和修复问题;
- d) 应提供完善且易于理解的帮助手册和示例,帮助用户学习使用求解器的功能;
- e) 可提供二次开发的函数或插件接口,支持用户定制化开发和扩展算法功能。

4.2.4 可靠性要求

CAE 软件求解器的可靠性应符合以下要求:

- a) 使用经过验证和测试的数值算法,求解结果应与真实物理场景一致,确保算法的可靠性和稳定性;
- b) 能正确处理边界和约束条件,能准确描述材料的物理性质和行为模型,确保求解结果的物理合理性、真实性和可靠性;
- c) 具有良好的数值稳定性,不出现数值发散和振荡问题,保证稳定地收敛到正确解,确保求解结果

的可靠性和准确性；

- d) 具有高精度的数值计算能力,满足工程精度要求,确保计算结果的准确性和可信度；
- e) 具有错误检测和诊断功能,能及时发现并处理计算过程中的错误和异常,确保程序的稳定性和可靠性；
- f) 针对耗时较长的计算,具备手动或意外停止后的续算功能,确保计算过程的延续性和稳定性。

4.3 后处理要求

4.3.1 功能性要求

后处理是用于实现分析结果的判读和评定,通过多种方式展现工程问题的模拟结果,应符合以下要求:

- a) 后处理的数学运算功能:支持对必要的物理量进行数学、符号、代数等数学运算的功能；
- b) 多学科专用物理量后处理计算功能:提供各物理学科独特的物理量专用后处理及计算的功能,包括但不限于结构、流体、电磁、热、声学、多体等专用物理量的后处理；
- c) 支持物理场景的高质量真实感渲染功能:提供面向多学科的图形通用后处理功能,支持多学科结果数据的可视化显示及高效渲染处理；
- d) 支持多种图形显示模式功能:提供对后处理结果图形显示的全模式、内部透明模式、半透明模式、表面模式、剖面模式、变形与原始对比模式等多种显示模式处理功能；
- e) 后处理结果输出功能:支持多种格式的后处理结果/模型输出功能,包括但不限于图片、文本、动画视频导出等输出,其中图片、视频导出支持矢量图和高清晰度设置功能；
- f) 后处理仿真报告输出功能:支持用户定义报告模块输出报告功能。

4.3.2 性能效率要求

CAE 软件后处理性能效率符合以下要求:

- a) 能快速提取处理求解器计算出的复杂数据,通过算法优化和并行计算提升处理速度；
- b) 能对仿真结果数据进行快速可视化,支持千万级网格数据渲染效率；
- c) 能满足中大规模结果数据的后处理交互操作的实时性响应；
- d) 能满足大规模结果数据处理及显示性能要求。

4.3.3 兼容性要求

CAE 软件后处理兼容性应符合以下要求:

- a) 支持当前主流求解器文件格式的处理与导出；
- b) 支持集成不同物理场求解器,包括结构、流体、电磁、热、声学等求解器集成等；
- c) 兼容至少一款通过安全可靠测评的芯片；
- d) 兼容至少一款通过安全可靠测评的操作系统。

4.3.4 易用性要求

CAE 软件后处理易用性应符合以下要求:

- a) 具有完整的用户文档和帮助机制；
- b) 用户界面应风格统一,且排列规整；
- c) 编辑页面中的必输入项给出标识,并对未输入内容的给予提示；
- d) 根据软件与操作者的交互内容,给出相应的提示、日志等消息；
- e) 对具有严重后果的输入或操作应有提示,并进行撤销。

4.3.5 可靠性要求

CAE 软件后处理可靠性应符合以下要求：

- a) 在处理大规模和复杂数据时应具有稳定性,不出现崩溃或数据丢失情况；
- b) 提供精确的数据处理功能,且具有容错能力,能准确完成数据与图形处理；
- c) 具备故障恢复功能,能在发生意外时保存或恢复用户的工作进度。

5 软件供应链要求

5.1 软件开发

CAE 软件开发应符合以下要求：

- a) 已开展软件开发的安全保障分析；
- b) 已将软件作为组织资产进行管理；
- c) 具有软件供应链安全图谱,明确上游一级供应商；
- d) 具有安全可控的软件开发工作环境；
- e) 软件具备安全防护,能保护个人信息和重要数据不被泄露；
- f) 承诺所使用的外部组件不存在已公开漏洞未修复的情况；若存在已公开漏洞未修复的情况,或明确修复时间,或采取缓解防御措施,或提供漏洞分析和处置报告；
- g) 具有外部组件的使用审批机制；
- h) 具有开发/测试工具和设备的白名单；
- i) 对使用的工具、外部组件具有使用状态、安全状态的持续跟踪机制。

5.2 软件采购

CAE 软件采购应符合以下要求：

- a) 已根据软件应用的实际业务场景明确了软件供应链安全图谱要求；
- b) 已制定软件安全需求基线和防护架构；
- c) 已确定所采购软件的授权方式、授权使用期限及相应的技术协助要求；
- d) 具有软件来源多样性的保障策略和方案；
- e) 对于定制研发软件,具有对供方的安全开发要求；
- f) 已要求供方提供交付软件的真实性验证方法；
- g) 已明确对运维技术团队的技术能力要求；
- h) 当不可抗力因素(政治、外交、贸易、自然灾害、公共安全事件等)导致供应中断时,采购的软件具有可替代策略；
- i) 已明确软件供应链安全检测和风险评估的范围,涉及第三方机构的已明确第三方机构的能力、资质。

5.3 软件交付

CAE 软件交付应符合以下要求：

- a) 具有交付软件的完整性验证措施；
- b) 具有交付环节变化的监测机制,能及时通报变化；
- c) 能按约定方式对交付软件进行安全部署和配置；
- d) 已在合同或协议中对交付内容的范围进行约定；

- e) 能交付需方购买软件的使用授权,如许可证、产品序列号、许可协议等;
- f) 已在合同或协议中承诺提供软件相关的质量、安全服务等;
- g) 对于定制研发软件,能交付约定的技术资料;
- h) 对于定制研发或自主研制软件,能妥善保管交付内容;
- i) 若涉及软件分包、集成,具有相应的安全管理规范;
- j) 已开展软件供应链安全检测,包括源代码安全检测、二进制代码安全检测、容器镜像安全检测等。

5.4 软件获取

CAE 软件获取应符合以下要求:

- a) 已对获取软件进行端到端的完整性验证;
- b) 已对获取软件进行安全检测和风险评估,包括软件成分分析、源代码和二进制代码安全漏洞分析、容器镜像安全分析;重点关注的风险包括:发行版本或升级补丁停止交付或部署;
- c) 承诺所使用的外部组件不存在已公开漏洞未修复的情况;若存在已公开漏洞未修复的情况,或明确修复时间,或采取缓解防御措施,或提供漏洞分析和处置报告;
- d) 对于定制研发软件,已要求厂商提供软件相关技术资料。

5.5 软件运维

CAE 软件运维应符合以下要求:

- a) 具有软件运维方案;
- b) 已明确运维人员的访问权限,已确定不同权限人员开展软件运维的内容和边界;
- c) 已在约定的环境中使用软件;
- d) 供方已承诺不向未授权者提供运维相关数据,不将相关数据用于运维以外的目的;
- e) 已将软件作为组织资产进行管理,软件安装、升级维护时从安全可控的渠道获取软件安装包、升级包、补丁包;
- f) 具有可追溯台账,能及时更新维护软件供应链安全图谱;
- g) 能定期开展软件供应链的安全检测和风险评估,且满足:
 - 1) 覆盖软件本身、运维工具等方面的安全检测和风险评估;
 - 2) 能及时发现并处置安全漏洞,并按照相关规定向相关部门报告;
 - 2) 能识别授权即将到期或超过授权、维保期限仍在使用的软件;
 - 4) 能及时发现软件中断供应、停止授权、停止提供产品升级等持续供应风险;
- h) 已制定灾难恢复计划;
- i) 具有防范供应中断和服务中断等风险的安全策略,当不可抗力因素(政治、外交、贸易、自然灾害、公共安全事件等)导致供应中断时,能及时采取应对措施。

5.6 软件废止

CAE 软件废止应符合以下要求:

- a) 具有软件废止的处理制度和流程;
- b) 已建立针对数据的删除、净化机制,具有明确的数据销毁手段;
- c) 支持数据迁移到新的软件,能制定数据迁移计划,数据迁移后能对废止软件进行数据清除和卸载;
- d) 废止工作完成后能进行安全检测,确认软件及其相关信息被完全废止;

- e) 具有软件废止后防止软件泄露、数据泄露的操作方案；
- f) 能协助需方开展软件卸载、停用及数据备份、迁移、销毁等工作。

6 软件服务保障要求

6.1 保障期限

自销售之日起,软件服务保障周期不应小于6年,其中免费保障应自行协商。

6.2 技术支持

CAE软件技术支持应符合以下要求:

- a) 建立完善的技术标准体系;
- b) 在产品有效期内为用户提供持续的各类技术支持服务;
- c) 提供远程服务;
- d) 本地服务响应时间不高于4h,异地服务响应时间不高于12h;
- e) 提供用户培训服务。

6.3 安装部署

CAE软件安装部署应符合以下要求:

- a) 采用技术手段保障产品安装部署的完整性、安全性;
- b) 对用户所承诺的交货范围、交货时间及时兑现。

6.4 维修维护

CAE软件维修维护应符合以下要求:

- a) 对软件的安全漏洞提供免费安全修复支持;
- b) 标识关键信息系统和组件及其安全风险,针对安全风险场景等突发事件有相应应急处置方法;
- c) 提供生态适配支持,安全合同中约束的产品支持的技术环境开展生态适配,按照合同中约束的功能、性能等指标开展性能联调。

6.5 质量问题处理

CAE软件质量问题处理应符合以下要求:

- a) 对内部产生和外部顾客反馈的质量问题进行分析,质量问题原因定位应准确、合理;
- b) 当产品和服务发生重大质量问题时,实施技术归零和管理归零,技术归零要求定位准确、机理清楚、问题复现、措施有效、举一反三。管理归零要求过程清楚责任明确、措施落实、严肃处理,完善规章;
- c) 保留质量问题处理过程相关记录;
- d) 对质量问题的有效性进行跟踪、验证;
- e) 建立重大产品质量问题处理制度,包括质量问题发现、跟踪召回和报告制度等;
- f) 当确认质量问题是外部供方的原因所导致时,要求外部供方采取纠正和纠正措施,并评价措施的有效性。

7 测试评价方法

7.1 测试方法

7.1.1 功能测试

7.1.1.1 概述

功能性用于评估软件产品在指定条件下使用时,提供满足明确和隐含要求的功能的能力。在功能性测试中一般使用等价类划分法、边界值分析法、因果图法、判定表法、场景法等方法设计测试用例,同时将错误推测法、探索法、检查表法等基于经验的测试方法作为补充,从功能实现的完备性、正确性、适合性、安全性等方面对软件功能进行测试,并将功能测试结果与该标准中的功能要求比较,评价软件功能是否符合该标准中的指标要求。

7.1.1.2 黑盒测试

黑盒测试方法包括但不限于:

- a) 等价类划分法:一种典型的黑盒测试方法,通过将程序的输入划分为若干个部分,包括有效等价类、无效等价类,在每部分中选取代表性数据形成测试用例;
- b) 边界值分析法:一种对输入或输出的边界值进行测试的黑盒测试方法,作为对等价类划分法的补充,测试用例来自等价类的边界;
- c) 因果图法:利用图解法分析输入的各种组合情况来设计测试用例的方法;
- d) 判定表法:一种将复杂的问题按照各种可能的情况全部列举出来,使用判定表设计出完整的测试用例的方法;
- e) 场景法:使用被测软件与用户或其他系统之间的交互序列模型来测试被测软件的使用流程,测试条件是在测试中覆盖的基本场景和可选场景(即用户和系统交互的事件流用序列组成一个场景)。

7.1.1.3 白盒测试

白盒测试方法包括但不限于:

- a) 优先选用自动化测试工具进行静态结构分析;
- b) 以静态分析的结果作为依据,用代码检查和动态测试的方式对静态分析结果进行确认,提供测试效率及准确性;
- c) 使用多种覆盖率标准衡量代码的覆盖率。

7.1.2 性能效率测试

7.1.2.1 性能效率测试用于评估在指定条件下使用的资源数量的性能,对性能效率的测试可从时间特性、资源利用性、容量开展,并将性能效率测试结果与该标准中的性能效率要求比较,评价软件性能效率是否符合该标准中的指标要求。

7.1.2.2 性能效率的测试方法包括但不限于:

- a) 基准测试;测试环境确认后,对业务模型中涉及的每种业务做基准测试,获取单用户执行时的各项性能指标,为多用户并发和混合场景的性能测试分析提供参考依据;
- b) 并发测试;通过并发不同数目的虚拟用户访问,预测系统投入使用后能承受的最大用户数。并根据相应的响应时间和各项资源使用情况分析、确定系统存在的性能瓶颈;

- c) 负载测试;对被测系统增加负荷至事先选定的性能指标(如响应时间),变为不可接受或系统的某类资源使用已经达到饱和状态,获得系统的处理极限;
- d) 稳定性测试;被测系统在特定硬件、软件、网络环境条件下,给系统加载一定业务压力,使系统运行一段比较长的时间,检测系统是否稳定;
- e) 极限测试;在过量用户下的压力测试,确定系统的极限并发用户数;
- f) 场景测试;通过对系统体系架构和功能模块的分析以及对系统用户的分布和使用频率的分析,构造系统综合场景的测试模型,模拟不同用户执行不同操作,最大限度模拟系统真实场景,使用户预知系统投入使用后的真实性能水平,对系统做出相应的优化及调整;
- g) 吞吐量测试;模拟系统真实的使用场景,每隔一定时间段(如5 s、10 s)并发不同数目的虚拟用户执行访问,持续运行一段时间,计算每单位时间(秒、分、时、日)系统处理的能力(事务数/单位时间)。

7.1.3 兼容性测试

兼容性测试用于评估在共享相同的硬件或软件环境的条件下,产品、系统或组件能与其他产品、系统或组件交换信息或执行所需的功能的程度。从共存性、互操作性等方面对软件兼容性进行测试,将兼容性测试结果与该标准中的要求比较,评价软件兼容性是否符合该标准中的指标要求。

7.1.4 易用性测试

易用性测试指在指定的使用环境中,测试产品或系统在有效性、效率和满意度特性方面,为指定的目标可为指定用户使用的程度。从可辨识性、易学性、易操作性、用户差错防御性、用户界面舒适性、易访问性等方面对软件易用性进行测试,将易用性测试结果与该标准中的要求比较,评价软件易用性是否符合该标准中的指标要求。

7.1.5 可靠性测试

7.1.5.1 可靠性测试用于评估系统、产品或组件在指定条件下、指定时间内执行指定功能的程度。从成熟性、可用性、容错性、易恢复性等方面对软件可靠性进行测试,将可靠性测试结果与该标准中的要求比较,评价软件可靠性是否符合该标准中的指标要求。

7.1.5.2 可靠性测试方法包括但不限于:

- a) 测试系统在一定负载状态下持续运行12 h的稳定性,记录测试过程中系统的运行状况,测试系统的可用性和稳定性;
- b) 使用系统不支持用户输入的异常值作为测试输入,测试系统的容错性;
- c) 在系统中植入故障,测试系统容错性、易恢复性和成熟性;
- d) 在一定负载下,长时间大容量运行某种业务,测试系统稳定性;
- e) 在一段时间内持续使用超过系统规格的负载进行测试,验证系统可靠性。

7.1.6 安全性测试

对处理机密或敏感数据的CAE软件,安全性测试很重要。包括对软件的数据加密、用户身份验证、权限控制等方面的测试。

7.2 评估方法

CAE软件评估方法包括但不限于:

- a) 人员访谈:通过访谈的方式与被评估方进行交流、讨论等活动,获取相关证据,了解有关信息;

- b) 文档审核:由被评估方输入与产品相关的文档材料(如培训材料,以及与产品技术相关的设计方案、配置说明)、评估小组审核相关的文档材料是否满足标准要求;
- c) 配置检查:根据被评估方提供的技术材料,登录相关的系统工具平台,检查配置是否与材料保持一致,对文档审核内容进行核实;
- d) 工具测试:利用技术工具对系统工具进行测试,验证是否符合标准的技术能力要求,也可采信第三方的测试报告;
- e) 旁站式验证:评估人员在现场通过实地观察人员操作、技术设施和环境状况判断是否符合标准的技术能力要求。

参 考 文 献

- [1] GB/T 25000.51—2016 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价(SQuaRE) 第51部分:就绪可用软件产品(RUSP)的质量要求和测试细则
- [2] GB/T 38634.4—2020 系统与软件工程 软件测试 第4部分:测试技术
- [3] GB/T 43698—2024 信息安全技术 软件供应链安全要求
-

全国团体标准信息平台

中国国际科技促进会
团体标准
信息技术应用创新 CAE 软件通用
要求及测评方法
T/CI 824—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 31 千字
2025 年 2 月第 1 版 2025 年 2 月第 1 次印刷

*

书号:155066·5-10813 定价 43.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权所有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CI 824—2024