



T/CECS XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

建筑幕墙结构数值模拟分析标准

Standard for Numerical Simulation Analysis of Building Curtain Wall Structures

(征求意见稿)

***出版社

中国工程建设标准化协会标准

建筑幕墙结构数值模拟分析标准

Standard for Numerical Simulation Analysis of Building Curtain Wall Structures

T/CECS XXX-202X

主编单位：建科环能科技有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年××月××日

×××出版社

202X 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2023年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2023〕39号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共有7章和1个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本要求、建构模型、计算分析、计算书、有效性验证。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑幕墙门窗专业委员会归口管理，由建科环能科技有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给建科环能科技有限公司（地址：北京市朝阳区北三环东路30号，邮政编码：100013，邮箱：cecs@cabr-bctc.com）。

主编单位： 建科环能科技有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本要求	3
4 建构模型	4
4.1 几何模型	4
4.2 单元类型	4
4.3 网格划分	4
4.4 材料及截面特征	4
4.5 约束及边界条件	4
4.6 荷载条件	5
5 计算分析	6
5.1 一般规定	6
5.2 计算要点	6
6 计算书	7
7 有效性验证	8
附录 A 常用材料物理性能参数	9
用词说明	10
引用标准名录	11
附：条文说明	12

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic requirement.....	3
4	Model building.....	4
4.1	Geometry model.....	4
4.2	Type of element.....	4
4.3	Meshing.....	4
4.4	Material and section characteristics.....	4
4.5	Constraints and boundary conditions.....	4
4.6	Loading conditions.....	5
5	Calculation and analysis.....	6
5.1	General provisions.....	6
5.2	Calculation points.....	6
6	Calculation sheet.....	7
7	Effectiveness verification.....	8
	Appendix A Common materials parameter list.....	9
	Explanation of wording in this specification.....	10
	List of quoted standards.....	11
	Addition: Explanation of provisions.....	12

1 总 则

1.0.1 为提高建筑幕墙工程质量，规范建筑幕墙设计计算，保证建筑幕墙结构数值模拟技术的可靠性、科学性，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改建、扩建幕墙工程在设计优化过程中的预测性模拟、施工过程中的检验性模拟和竣工后的测评性模拟。

1.0.3 建筑幕墙结构数值模拟计算分析，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 数值模拟 numerical simulation

基于对实际问题的数学描述，采用计算机程序求解数学模型近似解的分析方法。

2.0.2 几何模型 geometric model

数值模拟分析中反映建筑幕墙结构及其构件的几何体。

2.0.3 计算参数 simulation parameter

在数值模拟求解前，在程序中输入的有限元模型的单元类型、材料特性及主要几何特征参数等。

2.0.4 边界条件 boundary condition

可以施加在有限元几何模型边界上的，满足微分方程组的求解要求条件的各类荷载及约束的统称。

2.0.5 网格过渡比 transition ratio of meshing

模拟计算中结构化网格的相邻两个网格的宽度之比。

2.0.6 网格独立性 mesh independence

在数值模拟中，计算结果对于网格尺寸的变化不敏感的性质。

2.0.7 有效性验证 effectiveness verification

采用不同的计算方式、计算软件等，对数值模拟计算结果进行一致性检验的过程。

2.0.8 子模型 submodel

子模型是指在一个复杂的模型结构中，相对独立且具有特定功能的组成部分。它是对主模型（整体模型）在某个局部或某个特定方面的细化描述。

3 基本要求

3.0.1 建筑幕墙结构数值模拟分析内容应包括，线性静力分析、接触分析、弹塑性分析、动力分析等。

3.0.2 建筑幕墙结构数值模拟分析中材料特性的参数设定，应符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133、《采光顶与金属屋面技术规程》JGJ 255、《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336、《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113的相关规定。

3.0.3 建筑幕墙结构数值模拟对象的几何模型及边界条件设定，应根据工程实际情况进行简化。

3.0.4 建筑幕墙结构数值模拟内容应包括计算模型、结构分析、结果处理及有效性验证等。

3.0.5 宜采用数值模拟方法进行幕墙结构分析计算的情况如下：

- 1 考虑几何非线性的金属板和玻璃面板的强度、挠度计算；
- 2 采用短槽式支承或背栓式支承且厚度大于 35mm 的石材面板强度计算；
- 3 四边支承的单片玻璃或夹层玻璃应力和挠度计算；
- 4 点支承玻璃和采光顶玻璃应力和挠度计算；
- 5 雨篷玻璃和金属屋面的强度计算；
- 6 高度大于 12m 的全玻幕墙玻璃肋平面外稳定性计算；
- 7 面板、支承构件或连接部位的局部应力分析。

4 建构模型

4.1 几何模型

- 4.1.1 几何模型尺寸应按照幕墙工程中构件实际尺寸 1:1 构建。
- 4.1.2 几何模型存在对称性，可设置对称边界条件，进行模型简化。
- 4.1.3 结构局部构造分析时，局部构造的几何模型选取范围，应以满足计算精度为原则。
- 4.1.4 计算点支承玻璃面板强度和挠度、背栓式石材面板大面强度和挠度，计算模型边界条件宜进行简化处理。

4.2 单元类型

- 4.2.1 数值模拟计算的单元类型应根据结构类型进行选取。
- 4.2.2 玻璃的厚度与短边长度比值小于 0.1，玻璃面板宜采用壳单元或薄板单元。
- 4.2.3 石材面板应采用厚板单元或实体单元；当面板厚度小于短边长度的 1/10 时，宜采用壳单元或薄板单元。
- 4.2.4 框支承幕墙结构的数值模拟计算，宜采用考虑剪切变形的梁单元。
- 4.2.5 索网支承幕墙结构的数值模拟计算，应采用考虑几何非线性的杆单元。

4.3 网格划分

- 4.3.1 数值模拟计算模型的网格划分应满足精度要求。
- 4.3.2 计算区域宜采用多尺度网格，在应力集中区、支座、连接处等关键部位逐步细化网格。
- 4.3.3 应依据计算模型几何特征，合理选用网格划分技术，对几何形状规则的结构可采用结构化网格、沿厚度方向几何形状特征无明显变化的结构可采用扫掠网格、几何形状无明显特征的结构可采用自由网格。
- 4.3.4 数值模拟计算模型网格划分完成后，应对网格独立性进行验证。

4.4 材料及截面特征

- 4.4.1 材料特性参数的选择，宜按本规程附录 A 的规定采用。
- 4.4.2 计算模型应明确构件的材料属性，并对构件截面特性进行计算。

4.5 约束及边界条件

- 4.5.1 数值模拟计算模型的边界条件设定，应满足计算精度的要求。
- 4.5.2 当不同单元间自由度不匹配时，应采用约束方程对连接部位节点自由度进行耦合。
- 4.5.3 建筑幕墙结构数值模拟计算的边界条件设定，宜按下列方式设置：

- 1 四边支承的玻璃面板，其四边应在垂直面板方向设置位移约束，底边应增加竖向位移约束，单侧边应增加水平位移约束；
- 2 四点支撑的玻璃面板，其支承点处应按简支约束处理；
- 3 直立锁边构造的金属板，其四边应按简支约束处理；
- 4 背栓式支承的石材面板，其支承点处应按简支约束处理；
- 5 框架式玻璃幕墙用横梁，其两端应按简支约束；
- 6 框架式玻璃幕墙用立柱，应按单跨、双跨或多跨简支约束；
- 7 全玻幕墙的玻璃肋，应按简支梁约束。

4.6 荷载条件

- 4.6.1 建筑幕墙结构数值模拟计算模型施加荷载类型包括风荷载、雪荷载、自重荷载、施工检修荷载、地震作用等。
- 4.6.2 各类荷载工况组合，应按现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的有关规定采用。
- 4.6.3 施加重力荷载时，可采用体荷载或加速度荷载形式。
- 4.6.4 荷载工况组合及施加顺序，应与结构实际受荷一致。
- 4.6.5 玻璃面板水平或倾斜时，应考虑自重对计算模型的影响。

5 计算分析

5.1 一般规定

5.1.1 建筑幕墙结构数值模拟计算应结合计算具体需求，选取计算模型。

5.1.2 计算分析模型的选择，应考虑几何非线性、材料非线性的影响。

5.2 计算要点

5.2.1 背栓式石材的孔洞、短槽式石材的槽口、点支承玻璃的驳接爪支承处，应建立子模型对应力集中处进行计算分析。

5.2.2 点支承玻璃幕墙支承部位的局部应力分析，应进行侧面强度计算。

5.2.3 计算夹层玻璃或中空玻璃时，应符合下列规定：

- 1 宜采用等效厚度方法计算面板挠度；
- 2 当计算的挠度值大于等效厚度时，宜考虑几何非线性进行面板强度、挠度计算。

6 计算书

6.0.1 建筑幕墙结构数值模拟计算书应包含以下内容：

- 1 工程概况及计算目标；
- 2 计算软件的选择原则；
- 3 构件及连接部位的力学模型；
- 4 相关材料物性参数及评价指标依据；
- 5 几何模型简化处理及网格划分质量分析；
- 6 约束及荷载边界条件处理分析；
- 7 计算条件简化与处理方法；
- 8 计算参数的选用与选取依据；
- 9 计算结果的表达与分析；
- 10 计算结果有效性验证分析；
- 11 结论与建议。

6.0.2 数值模拟模型信息应包括几何模型、网格划分、材料参数、边界条件等信息，并应包括网格独立性分析。

6.0.3 数值模拟计算信息应包括下列内容：

- 1 对荷载和作用的类别、荷载组合情况的说明；
- 2 对各类支承体系的强度、挠度及稳定性等，计算结果以表格及云图形式进行表达，并对结果进行评价；
- 3 对各类面板体系的强度及挠度等，计算结果以表格及云图形式进行表达，并对结果进行评价。对于局部构造分析的，应对局部应力计算结果进行评价；
- 4 对各类连接体系的强度计算，计算结果以表格及云图形式进行表达，并对结果进行评价。
- 5 当考虑几何或材料非线性时，应进行说明。

6.0.4 验证信息应包括支承体系、面板以及连接部位的应力、位移验算，并应对验证结果进行比较分析。

7 有效性验证

7.0.1 建筑幕墙结构数值模拟计算结果应进行有效性验证。

7.0.2 有效性验证应对构件的强度、挠度及稳定性等验算结果进行评价。

7.0.3 有效性验证的基本原则应包含以下内容：

1 点支承玻璃幕墙、采光顶及雨篷结构计算，应使用 1 种有限元软件分析平台，对计算结果进行校核；

2 面积在 $1000\text{ m}^2\sim 10000\text{ m}^2$ 的工程，应使用 2 种有限元软件分析平台，对计算结果进行校核；

3 面积在 10000 m^2 以上的工程，应使用 2 种以上有限元软件分析平台，对计算结果进行校核，并宜进行试验验证。

附录 A 常用材料物理性能参数

A.0.1 钢、铝与石材物理性能参数见表 A.0.1。

表 A.0.1 钢、铝与石材物理性能参数

材料名称	状态	弹性模量(GPa)	泊松比	密度(kg/m ³)	线膨胀系数(10 ⁻⁵ /°C)	抗拉、抗压强度(MPa)	抗剪强度(MPa)	局部承压(MPa)
铝合金	6063 T5	70	0.30	2800	2.35	85.5	49.6	-
Q235	-	206	0.30	7850	1.20	215	125	325
花岗岩	-	80	0.125	2800	0.80	$f_{gm}2.15$	$f_{gm}/4.30$	-

注： f_{gm} 石材试验强度平均值。

A.0.2 玻璃物理性能参数见表 A.0.2。

表 A.0.2 玻璃物理性能参数

材料名称	状态	弹性模量(GPa)	泊松比	密度(kg/m ³)	线膨胀系数(10 ⁻⁵ /°C)	大面(MPa)	端面(MPa)	边缘(MPa)	
玻璃	平板	72	0.20	2560	1.00	5~12mm	28.0	20.0	22.0
						15~19mm	24.0	17.0	19.0
						≥20mm	20.0	14.0	16.0
	钢化					5~12mm	84.0	59.0	67.0
						15~19mm	72.0	51.0	58.0
						≥20mm	59.0	42.0	47.0

用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《玻璃幕墙工程技术规范》 JGJ 102
- 2 《金属与石材幕墙工程技术规范》 JGJ 133
- 3 《采光顶与金属屋面技术规程》 JGJ 255
- 4 《人造板材幕墙工程技术规范》 JGJ 336
- 5 《建筑玻璃应用技术规程》 JGJ 113
- 6 《工程结构通用规范》 GB 55001
- 7 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 8 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068

建筑幕墙结构数值模拟分析标准

条文说明

目 次

1 总 则.....	14
2 术 语.....	16
3 基本要求.....	17
4 建构模型.....	19
5 计算分析.....	22
6 计算书.....	23
7 有效性验证.....	24

1 总 则

1.0.1 随着国家建筑行业的发展，不同类别的高层建筑不断出现在各地城市化建设进程中。除了传统构造形式的幕墙体系外，越来越多的更加复杂的建筑幕墙体系，包括采光顶和金属屋面体系，也是拔地而起，遍地开花。在各类异型建筑外围护结构的设计过程中，利用有限元数值模拟技术，对其安全性进行计算分析，成为了必要措施和手段。

所谓的有限元数值模拟技术，是将求解域离散为由有限个小的互连子域组成，对每一子域假定一个合适的（较简单的）近似解，然后推导求解整个域总的满足条件（如结构的平衡条件），从而得到问题的解。目的在于用较简单的问题代替复杂问题，求得问题近似解，而不一定是准确解。通过有限元技术，不仅可以获得高的计算精度，而且能适应各种复杂形状，因而成为行之有效的工程分析手段。

一般而言，有限元技术具备以下特征：

一个核心思想：将一个大的工程结构划分为有限个称为单元的小区域，在每一个小区域里，假定结构的变形和应力都是简单的，小区域内的变形和应力都容易通过计算机求解出来，单元之间通过约束条件进行拼接(变形协调等)，进而可以获得整个结构的变形和应力。同时，保留问题的复杂性，通过问题离散，利用数值计算方法求得近似解。

两大典型体系：离散系统和连续系统。离散系统可以归结为有限个已知单元体的组合。例如，幕墙立柱多跨铰接连续梁、建筑结构框架、桁架、网架结构。连续系统则是针对连续介质，通常可以建立它们应遵循的基本方程，即微分方程和相应的边界条件。由于建立基本方程所研究的对象通常是无限小的单元，这类问题称为连续系统。

三大基本方程：力的平衡方程——结构稳定条件、几何变形方程——变形协调条件、材料本构方程——本构公理条件。

但是，由于我国现行的门窗幕墙设计规范编制年代较早，没有相关条款对各类复杂外围护结构的安全性计算提出具体的方法，导致这类结构构造的安全性计算分析结果表达不规范，不能很好地指导工程实践活动。即使使用相同的结构分析程序，或者即使不同的人员模拟计算得到相同的结果，但在结果表达上也是不尽相同，缺少最基本的计算信息的描述要求。尤其是在如边界条件、参数设定、简化原则、关键结果等影响计算结果的关键要素和环节上，不具有规范性和统一性。这样的结果一方面对计算结果的可靠程度无法分析，同时也对计算分析结果的审核和比对造成困难。因此，为了防止使用者客观或主观上生产出不正确的数值模拟结果，需要对模拟计算过程和结果的表达进行一

定程度的规范，进而对分析计算结果的不确定性进行控制。

1.0.2 无论是新建工程还是改扩建工程，在设计阶段以及竣工后评估活动中涉及到建筑幕墙门窗等外围护结构的安全性计算采用有限元技术时，遵循的模拟计算流程和精度要求都应该是相同的。

2 术 语

2.0.2 本标准中的几何模型，是指建筑幕墙门窗中的受力部件模型。对于面板而言，既可以是整个面板，也可以是局部面板；对于支承框架，既可以是一个完整的支承跨度单元，也可以是局部干件；连接件等部件的几何模型，也包括整体和局部。

2.0.5 本标准中的网格过渡化，主要是指当几何模型被剖分为二维或三维结构化网格时，相邻的两个网格的宽度比值。该定义不适用于几何体为一维杆单元的情况。

2.0.6 本标准中的网格独立性，主要是指当提高几何模型网格剖分精度的情况下，数值模拟计算精度不再显著提高。此时，网格的剖分疏密度和结果的精确度达到了一个可以接受的平衡状态。

3 基本要求

3.0.1 目前，有限元数值模拟分析程序有很多，适用范围非常广泛，可以应用于各行各业的相关计算需求。其中，对于大部分商业化的通用性强的专业软件而言，经过了多年的使用验证，虽然其可靠性有非常好的保证，但是不同的软件性能差异较大，适用的条件也不尽相同。而部分专业性软件，因使用群体的限制，实践验证的充分性有待提高，并不能完全保证计算结果的正确性。尤其是类似于建筑幕墙门窗结构安全性计算领域，专业性非常强。目前，在专业领域，除了可以提供解析解的商业程序可以直接用于幕墙门窗结构计算外，尚无专业性的数值模拟软件可以使用。因此，本标准通过实践经验的总结，推荐了几个适用于解决建筑幕墙门窗有限元分析的通用性软件，可以在处理不同的模型和计算类别时，选择使用。

对于大型通用计算程序，对于不同的应用领域，程序中通常都会要求相应的参数设置和选用适应的计算模型。因此，尽管软件功能强大，能够正确应用对于计算结果的可靠性则至关重要。仔细研究程序的使用说明书，并结合专业领域的规范性技术要求，合理操作和设置软件。

3.0.2 对于通用性软件而言，程序中需要依据所参考的标准规范的要求，自行定义和输入一些专业性的计算参数，以保证基础信息的正确性，包括材料属性等内容。同时，依据的标准统一，对于计算结果的评定，提供了公平合理的条件。

3.0.3 在保证程序和模型选择正确的前提下，计算工况，应按设计资料和标准规范的规定，合理进行选择 and 配置，以保证与实际目标工程相符合。

3.0.4 模拟计算的流程，不同的计算程序通常会有差别。但是作为数值模拟工作的基本架构，任何程序都不能缺少建构模型、计算分析、结果处理及有效性验证等基本过程。

3.0.5 建筑幕墙结构的计算，对于常规型式的构造，通常采用标准规范中的解析计算或解析程序可以解决，也可以采用数值模拟程序进行计算或验证。但是对于一些特殊的构造型式，由于规范中没有规定相应的计算公式，或者超出了规范中的计算公式适用范围，亦或者需要对部件的局部进行受力分析时，数值模拟工具是唯一的选择。

比如，在现行规范 JGJ 133-2001《金属与石材幕墙工程技术规范》中，其 5.1.1 条文解释中，认为“建筑幕墙自重较轻，即使按最大地震作用系数考虑，也不过是 0.1~0.8 kN/m²，...”。而 5.2.5 条中关于垂直幕墙平面的分布水平地震作用标准值公式为：

$$q_{Ek} = \frac{\beta_E \alpha_{\max} G}{A} = \frac{\beta_E \alpha_{\max} \rho A t g}{A} = \beta_E \alpha_{\max} \gamma t$$

即

$$t = \frac{q_{Ek}}{\beta_E \alpha_{\max} \gamma}$$

对于 8 度抗震设计, $\alpha_{\max} = 0.16$, 动力放大系数 $\beta_E = 5.0$, 花岗岩容重 $\gamma = 28\text{kN/m}^3$, 则 0.1 kN/m^2 的石材厚度为

$$t = \frac{0.1}{5 \times 0.16 \times 28} = 4.46\text{mm}$$

0.8 kN/m^2 的石材厚度为

$$t = \frac{0.8}{5 \times 0.16 \times 28} = 35.71\text{mm}$$

据此可知, 该 JGJ 133-2001《金属与石材幕墙工程技术规范》中给出的安全性计算公式, 适用于花岗岩石材面板厚度范围为 $4.46\sim 35.71\text{mm}$ 。对于厚度不在该范围内的花岗岩石材幕墙的安全性计算, 则应采用有限元方法。

4 建构模型

4.1 几何模型

4.1.1 建筑幕墙的构件计算是分开进行的，按面板、框架、连接件等单独建模。因此，对于单独的构件而言，几何尺寸并不大，现有的计算机能力可以满足几何模型尺寸 1:1 搭建的要求。但是，对于数值模拟计算程序而言，由于计算量非常大，因此通常会将一些对计算结果影响不大的次要构造做简化处理，以节约计算成本。同时，对于一些构件，尤其是面板类整体建模时，因几何对称、边界对称及荷载对称的特征，完全可以设置对称面进行处理，节约计算成本。对于一些需要进行局部构造受力分析的计算，在模型的范围选取时，应充分考虑到局部截取后对计算结果的影响，在可能的情况下，尽量减少局部区域的范围。

4.1.4 对于一些特殊形式的幕墙体系，比如点支承玻璃幕墙和背栓式石材幕墙，支承部位相较于整个面板而言，面积可以忽略不计。当分析面板大面的强度和挠度时，局部支承部位的应力集中效应不会对计算结果产生影响。

4.2 单元类型

4.2.1 建筑幕墙的组成构件形式多样，因此在确定单元类型时，应根据模拟目标的类型进行选择。

4.2.2 建筑幕墙中的面板构件中，当面板面积较大时，在面板厚度方向的各种效应的变化比较于长度方向而言，可以忽略，因此可以按薄板或壳进行处理，在基本符合实际的基础上，可以极大地降低计算成本。不过对于厚度较大，或者需要关注厚度方向的各种效应时，应该考虑采用实体单元模型。支承体系模拟的单元类型，应根据支承形式，比如框架式、桁架式、拉索式等，并在充分分析模型需要考虑的各种影响下，选择对应的单元类型。比如，当使用 ansys 程序时，如玻璃的厚度与短边长度的比值小于 0.1 时，应采用 SHELL181 单元；如石材面板的面积较大时，可以考虑采用 SHELL 单元，否则按实体模型模拟，应采用 SOLID186 单元；框架体系模拟计算，采用 BEAM188 单元，充分考虑梁单元的剪切变形影响；索网体系结构，则采用 LINK180 单元，按几何非线性单元处理。

4.3 网格划分

4.3.1 网格划分在有限元计算中，起到非常重要的作用。一方面，网格划分的质量好坏，直接关系到计算结果是否收敛，或者收敛后计算结果的正确与否；另一方面，网格划分

的疏密程度与计算结果的精确程度之间的平衡，计算工作能否高效完成的关键。因此，应该对网格剖分做一些基本的原则性要求，以保证可以取得精确度达到满意程度的数值模拟计算结果。

在有限元计算中，网格划分通常要考虑以下因素：

网格数量：网格数量的多少将影响计算结果的精度和计算规模的大小。一般来讲，网格数量增加，计算精度会有所提高，但同时计算规模也会增加，所以在确定网格数量时应权衡两个因素综合考虑。在决定网格数量时应考虑分析数据的类型。在静力分析时，如果仅仅是计算结构的变形，网格数量可以少一些。如果需要计算应力，则在精度要求相同的情况下应取相对较多的网格。

网格疏密：在计算数据变化梯度较大的部位（如应力集中处），为了较好地反映数据变化规律，需要采用比较密集的网格。而在计算数据变化梯度较小的部位，为减小模型规模，则应划分相对稀疏的网格。这样，整个结构便表现出疏密不同的网格划分形式。

单元阶次：选用高阶单元可提高计算精度，因为高阶单元的曲线或曲面边界能够更好地逼近结构的曲线和曲面边界，且高次插值函数可更高精度地逼近复杂场函数，所以当结构形状不规则、应力分布或变形很复杂时可以选用高阶单元。但高阶单元的节点数较多，在网格数量相同的情况下由高阶单元组成的模型规模要大得多，因此在使用时应权衡考虑计算精度和时间。

网格质量：网格质量是指网格几何形状的合理性。一般而言，在关注的区域，网格尽量密集一些，而远虑关注的区域，网格渐渐疏松，但也应保持合理的网格过渡比。网格质量可用细长比，锥度比，内角，翘曲量，拉伸值，边节点位置偏差等指标度量。

网格布局：当结构形状对称时，其网格也应划分对称网格，以使模型表现出相应的对称特性（如集中质矩阵对称）。

增加网格数量和单元阶次都可以提高计算精度。为了兼顾计算精度和计算量，同一结构可以采用不同阶次的单元，即精度要求高的重要部位用高阶单元，精度要求低的次要部位用低阶单元。不同阶次单元之间或采用特殊的过渡单元连接，或采用多点约束等式连接。同时，有限元计算应进行网格独立性验证，以此最大程度地消除因网格剖分不当而对计算结果计算精度的影响。

4.4 材料及截面特征

4.4.1 材料的特征参数在工程实践中，也是五花八门，没有个统一的规定，导致计算结果的可信度下降。本标准在材料的物性参数选择上，给出了参考。所有参考的材料属性

参数，都是现行有效的规范中的相关规定。同时要求，数值模拟计算工作，应对选择的材料型号给出详细的规定，并对影响计算结果的信息，比如构件的截面特征等信息，进行计算说明。

4.5 约束及边界条件

4.5.1 约束和边界类型的选择，应根据建筑幕墙各个部件的实际状态进行处理，合理设置。对于同一计算模型中使用了不同的单元类型的，应对接触部位进行耦合处理，保证单元之间的信息传递。

4.5.2 本标准根据一些典型的建筑幕墙部件的使用特点，给出了具体的约束和边界条件规定。对于标准中未做具体规定的计算模型，应按力学理论进行分析，按实际使用情况，合理配置约束和边界条件。

4.6 荷载条件

4.6.1 建筑幕墙作为建筑外围护结构，相关的标准规范中对其承担的各种固定荷载和活荷载都做了详细规定。在施加荷载时，应充分考虑各种荷载及其组合效应。

5 计算分析

5.1 一般规定

5.1.1 有限元计算模型的选择，应按计算对象的特征和计算目的的不同，进行合理选择；

5.1.2 通用型的有限元计算软件，都提供了多种计算模型供选择。在建筑幕墙的计算分析时，应充分分析所计算模型的特征，对是否需要考虑几何线性或非线性，材料线性或非线性等的影响，作出正确的考虑和判断。

线性结构不必考虑因大变位、大挠度所引起的几何非线性性质。此外，钢结构的材料都按处于弹性受力状态而未进入塑性状态计算，即不考虑材料非线性性质。非线性结构无法忽略大变位、大挠度所引起的几何非线性性质，但有时可不计材料进入塑性状态影响，即不考虑材料非线性性质。

建筑幕墙金属框架结构主要按照线性结构计算，对于拉索杆结构，当节点外载荷作用时，结构会改变几何形状，产生较大的挠曲变形，属于几何非线性、材料线性结构，需要进行非线性分析。

5.2 计算要点

5.2.1 对于在支承体系中设置柔性接触的部位分析局部应力状态时，应充分考虑材料非线性的影响，并应建立详细的实体模型进行模拟计算。比如背栓式石材中背栓与石材间的环氧树脂胶、短槽式石材幕墙中金属挂件与石材间的环氧树脂胶、以及点玻幕墙中点支承驳接爪与玻璃孔间的硬质垫片等，都需要在进行局部构造分析时，考虑材料的非线性影响。

5.2.2 考虑到钢化玻璃产品的特征，其大面和侧面的抗压强度不同，侧面的抗压强度低于大面的抗压强度。因此对于点式幕墙的支承部位的局部应力分析，其应力计算结果应按侧面强度验算其强度；

5.2.3 夹层玻璃或中空玻璃计算时，宜先进行挠度计算，以确定是否采用大挠度理论进行计算。当按等效厚度计算的挠度大于等效厚度，则应改用大挠度理论进行重算，同时在强度计算时，也应采用大挠度理论。否则采用小挠度理论计算内外片的强度。

6 计算书

6.0.1 该部分规定的建筑幕墙结构计算数值模拟计算报告的内容，应是最基本的内容。在实际计算案例中，应根据项目特征，尽量将计算过程和信息表达充分。

6.0.2 模型信息的描述，主要用于判断数值模拟计算工作是否正确。其中包括的信息如几何模型、网格构建、物理模型、力学模型，以及网格独立性验证分析等，都对计算结果的正确性和精确性起到直观重要的作用。

6.0.3 计算信息通常由项目提出具体的要求。对于没有给出详细要求的计算工作，可以依据本标准的规定进行。

6.0.4 为了保证计算结果的正确性，有限元数值模拟计算需要进行验证，并将验证过程等信息在报告中体现，便于对计算结果的审核。

7 有效性验证

7.0.2 有效性验证是数值模拟分析中非常必要的环节，对于建筑幕墙构件而言，通常需要对所使用的材料构件的强度、挠度及稳定性等计算结果进行正确性验证，并给出评价结果。

7.0.3 有效性验证工作虽然是必须的，但是也带来非常大的工作量和计算成本，因此需要对有效性验证的执行提出基本的原则，尤其是对于一些特殊类型的幕墙构造和一些大型超大型项目，提出了相对严格的有效性验证规定。