

上海市地方标准

DB31/T 922—2015

建筑环境数值模拟技术规程

Technical standard of numerical simulation for building environment



上海建科院 | 上海斯维尔赠阅

2015-09-01 发布

2015-12-01 实施



上海市质量技术监督局 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 热环境模拟	3
4.1 通用规定	3
4.2 室外风环境模拟	5
4.3 自然通风模拟	7
4.4 机械通风模拟	9
5 光环境模拟	10
5.1 通用规定	10
5.2 天然采光模拟	11
5.3 遮阳有效性模拟	14
6 声环境模拟	15
6.1 室外声环境模拟	15
6.2 室内声环境模拟	17
附录 A (资料性附录) 室内噪声计算方法	19
附录 B (资料性附录) 常见建筑环境模拟软件列表	21
附录 C (资料性附录) 一种网格构建及过渡示意图	22



国家发展和改革委员会 | 国家市场监督管理总局

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由上海市质量技术监督局、上海市建筑科学研究院(集团)有限公司提出。

本标准由上海市建材专业标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:上海市建筑科学研究院(集团)有限公司、同济大学、上海理工大学、清华大学。

本标准参加起草单位:上海斯维尔软件科技有限公司、中海环境科技(上海)股份有限公司、北京绿建软件有限公司、上海飞熠软件技术有限公司、奥雅纳工程咨询(上海)有限公司。

本标准主要起草人:季亮、张金乾、李晓东、葛曹燕、黄晨、杨建荣、范宏武、林波荣、张丽娜、廖建平、谭洪卫、范静龙。

本标准参与起草人:吴剑春、高乃平、谢俊民、董昆、乔正珩、韩星、刘景立、蒋騫、李睿、王月梅、李悦、陈亘、叶森、黄维杰、庄姿君、李潇潇、吴成涛、贺懿、余祖斌。

建筑环境数值模拟技术规程

1 范围

本标准规定了建筑热环境模拟(含室外风环境模拟、自然通风模拟、机械通风模拟)、光环境模拟(含天然采光模拟、遮阳有效性模拟)和声环境模拟三大类建筑环境的技术流程和参数设定方法。

本标准适用于建筑的新建、改建、扩建工程在设计优化过程中的预测性模拟、施工图定稿后的检验性模拟和竣工后的测评性模拟。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

GB 3096—2008 声环境质量标准

GB/T 3768—1996 声学 声压法测定噪声源声功率级 反射面上方采用包络测量表面的简易法

GB/T 17247.1—2000 声学 户外声传播衰减 第1部分:大气声吸收的计算

GB/T 17247.2—1998 声学 户外声传播的衰减 第2部分:一般计算方法

GB 50033—2013 建筑采光设计标准

GB 50118 民用建筑隔声设计规范

GB/T 50378 绿色建筑评价标准

GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范

HJ 2.4—2009 环境影响评价技术导则 声环境

HJ 453—2008 环境影响评价技术导则 城市轨道交通

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数值模拟 numerical simulation

也叫数字仿真。是基于计算机软件,对建筑物理相关的问题建立虚拟的实验模型,设定反映客观情况的相关参数,并按定解条件,依托软件内置的数学工具进行数值求解,获得实验成果的方法。

3.2

物理模型 physical model

反映建筑、建筑构件、室内陈设等主要几何特征和尺寸模型。

3.3

计算域 computational domain

数值模拟中所有将模拟计算的空间。在 CFD 技术中,特指整个流场空间。

3.4

建模域 modeling domain

数值模拟中需构建几何模型的空间。以 CFD 技术进行的热环境模拟中,建模域的几何尺寸一般小

于计算域,特殊情况也可等于计算域。

3.5

特征尺寸 characteristic dimension

CFD 模拟中表征被模拟对象最主要几何特征的单一长度参数,本规程中以 H 表示。

3.6

计算参数 calculation parameters

适用于光环境模拟、CFD 模拟、声环境模拟;在计算开始之前应当输入计算机的计算前提条件,一般以参数的形式输入计算机。

3.7

边界条件 boundary condition

在流体力学问题中,边界条件特指在运动边界上微分方程组的解应该满足的条件。

3.8

初始条件 initial condition

物理过程初始时刻应该满足的初始状态,包含物理过程及其各阶导数的初值,即 $t=t_0$ 时的条件。在进行瞬态(非稳态)计算时,即指计算开始时刻的各状态参数。

3.9

网格线 mesh lines

网格线是指平面上网格与网格之间的分界线。

3.10

结构化网格 structured mesh

结构化网格是指网格区域内所有的内部点都具有相同的毗邻单元,一般可认为结构化网格的计算空间所有的网格均是正交网格。

3.11

网格过渡比 gradual change ratio of mesh

主要指 CFD 计算(气流环境的计算)中结构化网格的相邻两个网格的宽度之比。

3.12

网格独立性 grid independence

对结果精度不产生显著影响的网格特性。

3.13

风速放大系数 wind speed amplification factor

风速放大系数为建筑周围行人区 1.5 m 处最大风速与 1.5 m 高度处自然风来流风速(来流方向计算域边界线处未受影响之风速)之比。

3.14

建筑阻挡率 rate of obstructed area

在风速方向的法向面上建筑轮廓的投影面积与计算域投影面积之比。

3.15

参考平面 reference surface

测量或规定取值来源的平面。

3.16

累计太阳辐射得热量 accumulated solar radiative heat gain

在指定的时间间隔内所得到的太阳辐射得热的累积量。

3.17

点声源 point sound source

以球面波形式辐射声波的声源,辐射声波的声压幅值与声波传播距离(r)成反比。任何形状的声源,只要声波波长远远大于声源几何尺寸,该声源可视为点声源。在声环境影响评价中,声源中心到预测点之间的距离超过声源最大几何尺寸 2 倍时,可将该声源近似为点声源。

3.18

线声源 line sound source

以柱面波形式辐射声波的声源,辐射声波的声压幅值与声波传播距离的平方根($\sqrt{r}$)成反比。

3.19

面声源 area sound source

以平面波形式辐射声波的声源,辐射声波的声压幅值不随传播距离改变(不考虑空气吸收)。

3.20

源强 strength of sound source

声源的强度,常用声功率级或距声源一定距离处的声压级表征,对线声源或面声源、也可用单位长度(1 m)或单位面积(1 m²)的声功率级表征。

4 热环境模拟

4.1 通用规定

4.1.1 流程

热环境模拟宜按照如下流程进行。当软件功能、计算方法、分析内容相对特殊时可按需微调下列流程,但应作出说明。

- a) 了解项目需求,明确研究内容与研究对象;
- b) 确定建模域;
- c) 确定计算域;
- d) 建立物理模型;
- e) 确定湍流模型;
- f) 输入合理的边界条件和其他物性参数。如采用非稳态模拟,应输入初始条件;
- g) 划分网格,进行网格独立性验证,确定合理网格数量;
- h) 设定其他必要的计算控制参数;
- i) 进行迭代计算,确定计算收敛,对结果进行展示和分析。

4.1.2 软件选择

计算软件宜采用可靠且得到广泛验证的计算软件,宜为软件开发企业或专门科研机构开发的流体力学计算软件。

4.1.3 模拟结果的使用

本章所述的模拟类型中,除检验性模拟之外,基于 CFD 方法的数值模拟应根据建设工程设计的要求,依据数值模拟结果做方案之间相对特性的对比分析;模拟结果用于判定实际参数的绝对值时,宜同时进行关键工况实验验证,以校验数值模拟结果的绝对值。

4.1.4 建模及简化通用原则

- a) 物理模型的几何模型尺寸应按照实际建筑尺寸 1:1 构建,应包含重点组件;

- b) 物理模型宜按需简化,按需简化的原则应以确保对象物理量精度及符合模拟目的为前提,并依据 4.2~4.4 的规定;
- c) 可根据模型和边界条件的对称性设置对称面。

4.1.5 基础边界条件

a) 风速

热环境模拟的基础边界条件为室外风速、风向,室外气温。应当根据项目地的实测值以及模拟目的确定基础边界条件。当没有风速风向的实测值作为依据时,参照表 1 进行设定:

表 1 室外风环境基础边界条件

季节	主导风向	风速/(m/s)
夏	SE (东南)	3.1
冬	NW (西北)	3.1
春	ESE (东南东)	3.8
秋	NNE (北北东)	3.9

高度方向上风速须按照“指数定律”设定具有梯度特征的风速边界条件,参照式(1):

$$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^a \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

V ——高度为 Z 处的风速,单位为米每秒(m/s);

V_0 ——基准高度 Z_0 处的风速,单位为米每秒(m/s),本标准中取 10 m 处的风速;

a ——地面粗糙度指数。

地面粗糙度指数按照如下方式设定:

上海内环线以内:0.30

上海外环线和内环线之间:0.22

上海外环线以外:0.15

外环线以外的例外情况:郊区、郊县的城镇中心,且目标建筑(群)周边 500 m 范围内绿地或农田面积占比 $\leq 50\%$ 的:0.22;

b) 风温

风温参照表 2 进行取值。

表 2 室外风环境温度边界条件

季节	取值类型	推荐取值
夏季	空调室外计算温度	34.4 °C
	通风室外计算温度	31.2 °C
冬季	空调室外计算温度	-2.2 °C
	通风室外计算温度	4.2 °C
	采暖室外计算温度	-0.3 °C
过渡季节 (春、秋)	通风室外计算温度	17 °C 或其他需要研究的工况

注:室内供暖设施和空调设施同时开启时,取空调室外计算温度。

4.1.6 计算域和特征尺寸

风环境和自然通风模拟的计算域应参照模拟对象的特征尺寸确定,应保证计算域的独立性,以不影响模拟对象的计算结果为基本原则。

特征尺寸为计算域最高建筑的高度 H 。当最高建筑的高度为 100 m 以上的超高层建筑且高于周边其他建筑平均高度 2 倍以上时,可以最高建筑高度的 $1/2$ 作为特征尺寸 H 。

4.1.7 迭代计算的控制参数

迭代计算应在求解充分收敛的情况下停止,均方根残差应设定为小于 $10E-4$;或以观察点的物理量的值按照预期趋势变化时停止。非稳态计算的时间步长不应大于流体穿过一个网格的时间,宜设定为该时间的 0.75 倍。

4.1.8 报告编制的通用规定

建筑环境数值模拟报告应包含以下内容:

- a) 模拟目的、项目概况、研究对象的说明;
- b) 依据的技术标准;
- c) 物理模型、计算域、网格的展示及建模说明;
- d) 研究对象与模拟目的相关的设计技术和设计参数的说明;
- e) 主要应用软件与模拟方法;
- f) 边界条件、初始条件、其他控制参数的设定方法和计算精度说明;
- g) 模拟结果的展示和分析,不同类型的模拟参考 4.2~4.4 的条文;
- h) 其他根据模拟目的需要展示和分析的内容;
- i) 结论和建议。

4.2 室外风环境模拟

4.2.1 适用场合及操作原则

建筑室外风环境模拟用于指导建筑师或规划师在规划设计时建筑群合理布局,优化场地夏季与过渡季自然通风,避开冬季主导风向下的不利影响。如果是检验性分析或测评性分析,应根据定稿后的施工图信息或竣工图信息分析当前状态下的场地风环境是否能达到相关标准的要求。

4.2.2 建模域的确定

目标建筑(群)东南西北各 $1H$ 应予以建模,如图 1 所示。

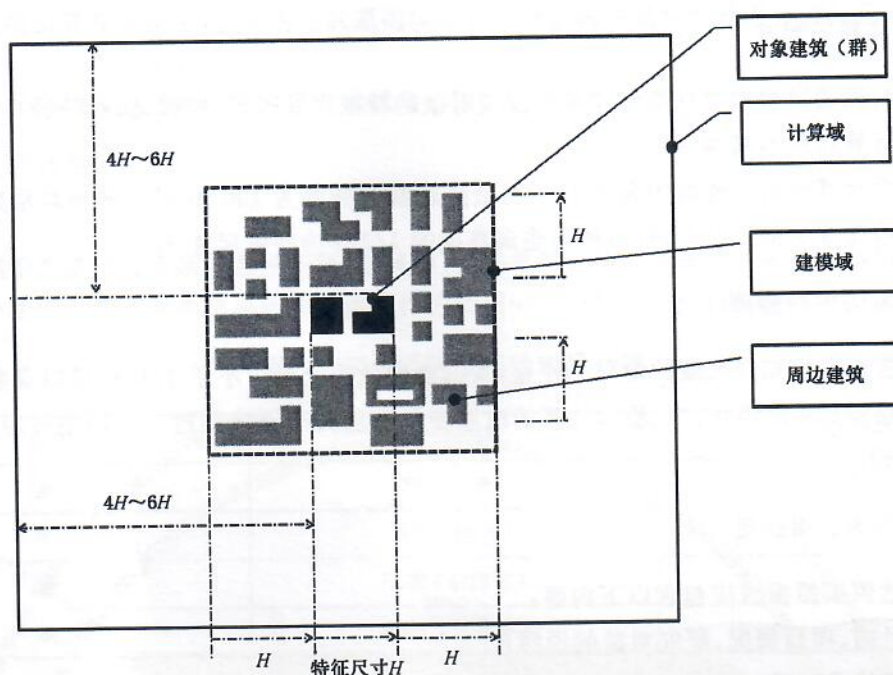


图 1 建模域与计算域的确定原则示意图

4.2.3 计算域的确定

计算域水平方向的长和宽应在模拟对象各向延伸 $4H \sim 6H$ (参见图 1)、垂直方向高度应在 $3H \sim 6H$; 建筑阻挡率不宜大于 5%, 当计算域大小超过计算能力时可适当放大建筑阻挡率但不应大于 10% 并做合理性说明。当模拟重点关注建筑物后的尾流流场时, 下风方向的长度应扩大至 $6H$ 或以上。

4.2.4 物理模型的构建原则

- 根据模拟目的对结果影响显著的主要构筑物予以建模;
- 建模域内既有建筑和同期建设的对结果影响显著构筑物应予以建模; *规划部门(外轮廓、限高)*
- 当研究内容和研究对象关注景观种植对风环境的影响时, 既有的连续种植乔木宜以树木模型、多孔介质或其他适当的方法予以建模;
- 可根据研究对象的尺度和研究内容对低矮灌木、小型构筑物等其他相对尺度较小的阻挡物予以建模或忽略, 并进行说明。

4.2.5 网格构建

- 距地面 1.5 m 高度内纵向网格不应少于 3 格;
- 风环境模拟的网格应以计算结果能充分反映模拟对象的物理特性为原则。宜采用多尺度网格, 使目标建筑较远处网格疏松, 目标建筑近处网格加密;
- 对形状规则的建筑宜使用结构化网格, 网格过渡比宜在 1.2~1.5 之间, 网格过渡宜在目标建筑区域外进行, 局部有必要进行快速过渡的区域可适当调整, 但不应大于 2;
- 对形状不规则的建筑可使用非结构化网格, 但在垂直方向上近地面的网格不宜采用四面体网格;
- 应在网格构建完成后对网格独立性进行分析说明。

4.2.6 湍流模型选取

根据计算对象的特征和计算目的,选取合适的湍流模型。可采用标准 $k-\epsilon$ 模型、零方程模型等。对风压系数重点关注或计算精度要求较高时,可采用其他精度更高的模型如 RNG $k-\epsilon$ 模型、LES 模型、DES 模型等,并应对采用的模型进行适用性说明。

4.2.7 边界条件

参照本标准 4.1.5 选取。如模拟目的需要考察湿度场的分布情况,还应根据权威气象参数数据设定湿度边界条件。

4.2.8 结果判定的参考平面

风环境模拟结果判定的参考平面为人员活动区的 1.5 m 高度处,屋顶花园、空中连廊等其他人行区的 1.5 m 高度也应作为参考平面。需考察垂直方向气流场时,还应给出能反映气流特征的垂直剖面。其他参考平面由使用者按需选择。

4.2.9 室外风环境结果展示和分析应包含的内容

- a) 涵盖全部目标建筑(群)的参考平面的各季节风速分布云图、风速矢量图;
- b) 各季节目标建筑物迎风面和背风面的外表面压力云图;
- c) 各季节工况下目标建筑人行区参考平面的平均风速、最大风速列表;
- d) 冬季工况下各参考平面的风速放大系数;
- e) 其他根据模拟目的需要展示和说明的数据和图表。

4.3 自然通风模拟

4.3.1 适用场合及操作原则

自然通风模拟,用于分析自然通风的气流组织,优化室内空间布局、优化开口位置或开口大小。或用于检验施工图或竣工图情况下室内自然通风效果是否达到相关标准的规定。

4.3.2 模拟方法及工具

自然通风应采用 CFD 方法或网络法进行模拟。

模拟以获取通风量和室内污染物平均浓度为目的,且室内空间联通复杂时,宜采用网络法;对于以下情形宜采用 CFD 方法:

- a) 大空间;
- b) 重点关注室内分布特征;
- c) 单侧换气;
- d) 同时存在进出气流的大开口。

采用 CFD 方法时,自然通风模拟可采用室内外联合模拟法或室外室内分步模拟法。计算软件、网格条件允许的情况下,宜采用前者。

4.3.3 建模域的确定

室内外联合模拟和分步模拟的室外建模域均应参照 4.2.2 中的规定。

4.3.4 计算域的确定

自然通风模拟的计算域可参照室外风环境模拟的相关规定。如因网格总量受限等原因需适当缩减

计算域时,应以确保室内计算结果正确为原则并作出说明。

4.3.5 物理模型构建

- a) 建筑门窗等其他通风口均应根据自然通风情形下常见的开闭情况进行建模并予以说明,宜参照如下原则进行建模:
- 对商业建筑及办公建筑,室内的内门按开启进行建模,对常闭防火门按关闭进行建模;
 - 对外窗按开启进行建模,对通往室外阳台、屋顶花园的门按关闭进行建模;
 - 对商业建筑及办公建筑的一层入口大厅,外门按 50% 开启率建模(如有实测数据时应按实测数据进行设定);
 - 对住宅建筑,户内的门、窗按开启进行建模,户内与楼道之间的外门按照关闭进行建模;
 - 对工业建筑,厂区所有的窗和门(除需常闭的门窗除外)均应按开启建模,工业建筑内大型设备应予以建模,办公隔间可不建模。
- b) 自然通风的通风口面积应按照实际的通风面积进行设置,不应直接以窗洞面积进行建模。若以窗洞面积建模通风口时,需设定阻力系数。
- c) 目标建筑室内空间的建模范围应构建所有室内隔断,宜包含大型橱柜类家具,可不包含桌、椅等不显著阻隔通风的家具。

4.3.6 网格优化

- a) 采用室内外联合模拟的方法时宜采用多尺度网格,室内的网格应符合模拟目标的需要,能反映所有显著阻隔通风的室内设施,网格过渡比宜在 1.2~1.5 之间,网格过渡宜在目标建筑区域外进行,局部有必要进行快速过渡的区域可适当调整,但不应大于 2;
- b) 采用室内、室外分步模拟的方法时,室内的网格应能反映所有显著阻隔通风的室内设施,通风口上宜有 9 个(3×3)以上的网格。

4.3.7 湍流模型选取

应根据计算对象的特征和计算目的选取合适的湍流模型并作出说明。可采用标准 k-ε 模型、RNG k-ε 模型、LES 模型、DES 模型或零方程进行计算。

4.3.8 室外边界条件

室外风速、风温宜参照本标准 4.1.5 的规定选取。太阳辐射得热应根据模拟目的和工况需要进行设定。

4.3.9 室内边界条件

对室内发热量相对较小,且重点关注自然通风风量数据时,可不考虑室内热边界条件;以分析室内热环境作为模拟目标的,或对象为高大空间时,应根据模拟目的和对象的尺度设定正确的热边界条件,设定简化的热边界条件时,应参照模拟目标以保证模拟对象的精度为原则,并予以说明。

4.3.10 自然通风模拟结果展示和分析应包含的内容

- a) 人员活动区离地 1.5 m 高度平面的速度分布云图、矢量图;考虑热边界条件的自然通风模拟还应包含前述区域的温度分布云图,典型剖面的温度分布云图;
- b) 主要通风口截面的速度分布云图,考虑热边界条件时还应有温度分布云图;
- c) 统计计算对象空间内的各主要功能空间的换气次数,考虑热边界条件时还应统计主要功能房间的通风情况下的室内外温差;

d) 其他根据模拟目的需要展示和说明的数据和图表。

4.4 机械通风模拟

4.4.1 适用场合及操作原则

机械通风模拟用于分析室内机械送风、空调送风、辐射及对流采暖情况下的室内空间气流组织及温度分布情况,用于指导暖通及建筑设计专业优化室内空调、采暖、地暖的布置位置、控制参数等。或用于检验施工图或竣工图情况下的室内人工控制的热环境是否达标。

4.4.2 建模域确定

与目标空间相联通的所有空间应建模,空间体积远小于目标空间且处于边角位置的空间可忽略。

4.4.3 计算域确定

对封闭空间的机械通风模拟、空调采暖模拟,计算域等于建模域;对敞开空间自然通风和机械通风结合的,参照本规程 4.3 内的有关条文。

4.4.4 物理模型构建

根据研究对象的尺度合理简化相对尺度较小的几何物体,对气流组织或模拟目标有显著影响的构筑物、大型设备或家具应予以建模,对其他进行简化的构筑物或家具应予以说明。

4.4.5 网格划分

- a) 室内最大的网格不宜超过 0.5 m,对特大的中庭空间或厂房而言,可放宽此限制,但应作出说明;
- b) 送风口、散流器附近及其他物理量梯度较大的区域应加密网格;
- c) 室内宜根据需要采用多尺度网格,网格过渡比宜在 1.2~1.5 之间。

4.4.6 湍流模型选取

根据计算对象的特征和计算目的,应选取合适的湍流模型并作出说明。室内机械通风模拟的流场雷诺数较高时,宜使用 RNG $k-\epsilon$ 、LES 或 $k-\epsilon$ 等湍流模型或采用零方程求解。室内采用置换通风或者地板送风时,宜使用 $k-\omega$ 模型、 $k-\omega$ SST、LES 或其他的低雷诺数模型。

4.4.7 传热边界条件

- a) 人体、设备、照明、外围护结构传热、太阳辐射得热的设定原则参见 4.3.8 和 4.3.9;
- b) 对地暖可在供暖的地面设置定壁温传热边界条件,散热片采暖可在散热片附近设置定壁温边界条件;对电散热片宜设置定热流边界条件;计算人体体感温度时,应开启辐射计算; PMV
- c) 室内空调/非空调房间的隔断墙,应设定相应的传热边界条件。

4.4.8 送回风边界条件

当送风口形式较复杂时可进行合理简化,以简化前后的送风质量、动量及能量基本吻合为原则,必要时可配合实测或实验进行简化。风口位置及参数宜参照设计文件进行设置,回风口可设置为速度边界条件或压力边界条件,设定为速度边界条件时应核算风量平衡。

4.4.9 其他边界条件

宜考虑渗透风边界条件,参见 4.1.5 设定渗透风的温度参数。渗透风的位置应尽可能符合真实情

况,渗透风可根据室内外压差设定正压或负压条件,也可根据幕墙气密性等级计算渗透风量设定速度边界条件。

4.4.10 机械通风模拟结果展示和分析应包含的内容

- a) 计算域内离地 1.0 m 和 1.5 m 高处的速度、温度分布云图;
- b) 主送风口的剖面或平面的速度、温度分布云图,速度矢量图;
- c) 高大中庭应给出空间内典型剖面的速度、温度分布云图;
- d) 计算湿度或浓度计算时,应包含上述位置的湿度和浓度分布图;
- e) 其他根据模拟目的需要展示和说明的数据和图表。

5 光环境模拟

5.1 通用规定

5.1.1 适用场合及操作原则

通用规定适用于本章所述的天然采光模拟和遮阳有效性模拟,各类型模拟除满足通用规定外,还应满足本标准 5.2 和 5.3 针对不同类型模拟的详细规定。

5.1.2 流程

光环境模拟应按照如下流程进行。当软件功能、计算方法、分析内容相对特殊时可按需微调下列流程,但应作出说明。

- a) 了解项目需求,确定模拟目的;
- b) 确定建模域;
- c) 建立物理模型;
- d) 设置计算参数,构建分析网格;
- e) 计算并输出结果,对结果进行展示和分析。

5.1.3 软件选择

计算软件宜采用国家或上海市建设主管部门认可的光环境模拟软件,也可使用正规科研机构或软件企业开发的光环境模拟软件。

5.1.4 建模原则

数值模拟所采用的物理模型尺寸应按照实际建筑尺寸 1:1 构建,物理模型应包含显著影响采光或遮阳的构件,可按需对模型进行简化,建模及简化原则应符合 5.2 和 5.3 相关内容规定。

5.1.5 周边遮挡物的建模范围

目标建筑周边 240 m 内的现有建筑和构筑物、设计方案已经规划管理部门审定的拟建建筑应作为遮挡物考察范围,当它与目标建筑的室外地坪 15°线有相交时(如图 2 所示),则应当予以建模。周围遮挡物的物理模型可适当简化,以外部主体轮廓为主。

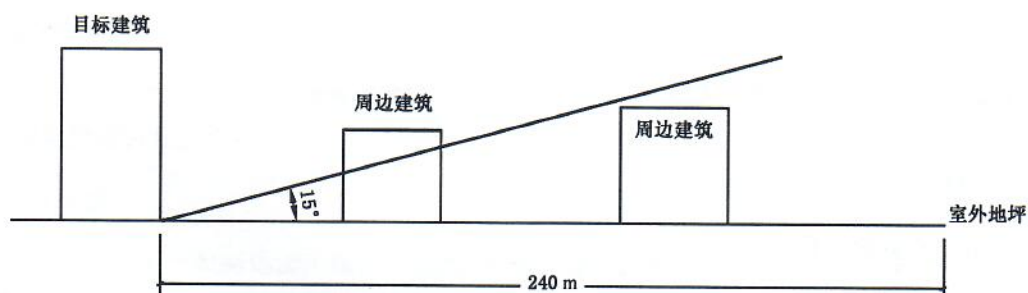


图2 建模域示意图

5.1.6 报告编制的通用规定

光环境模拟报告应根据执行模拟分析的目的编写,并包含以下内容:

- 模拟目的和项目概况;
- 评价指标及评估标准依据;
- 主要应用软件与模拟方法;
- 模拟对象的采光或遮阳措施介绍;
- 计算参数的选用与选取依据;
- 计算条件简化与处理方法;
- 模拟结果的表达与分析;
- 结论与建议。

5.2 天然采光模拟

5.2.1 适用场合及操作原则

天然采光模拟评价 GB 50033—2013 中规定的各类房间(场所)以及地下空间的天然采光品质,用于指导相关的设计优化,或依据施工图进行建模计算,校核施工图或竣工图状态下的采光效果是否达标。

5.2.2 几何模型的建模要求

几何模型应按照实际尺寸 1:1 构建,根据已知条件设定参数。应按照不显著影响采光计算结果的原则进行几何模型的构建、简化或忽略,可参照如下规则:

- 本规程 5.1.5 条所规定的周边建筑物应予以构建;
- 所有主要功能房间应建模,采光条件相同的房间可按类别合并,每类计算一个;
- 建筑内外各类影响采光的构件应予以构建,包含但不限于:门窗、外遮阳、阳台板、外挑梁板、雨棚、屋檐、结构挡梁、外凸墙体、建筑外凸造型;飘窗或凹窗应考虑其外凸或内凹距离;其他构件应根据其对建筑采光的影响程度确定构建、简化或忽略,并应在结果报告中作出说明;
- 地下顶部采光的建模还应包含覆土厚度,地上顶部采光建模应包含采光井井深;或根据 GB 50033—2013 附录 D 将覆土或井壁对采光的影响折算为玻璃透光率。

5.2.3 表面反射比的取值

设计阶段采光计算时,建筑饰面材料的反射比应根据设计资料所确定的材质取值,依据 GB 50033—2013 附录 D 选用;如现有设计资料无法确定建筑饰面材料的反射比,则材料表面的反射比

取值如下:

- a) 顶棚:0.75;
- b) 墙面:0.6;
- c) 地板:0.3;
- d) 周边遮挡物:0.3。

5.2.4 透明构件的参数设置

建筑门窗(含透明幕墙)可按门窗表的类型和参数进行分类设定,应在输入参数中考虑可见光透射比、挡光折减系数、玻璃表面反射比。计算参数应参照设计文件选取,设计文件无相应资料时,可参考 GB 50033—2013 附录 D 选取。

5.2.5 模拟结果取值标准

对采光计算区域划分网格后,用各网格点的采光系数的算术平均值作为房间平均采光系数。

5.2.6 网格划分

网格分辨率应权衡计算精度和计算效率,对于常见的 $10\text{ m}^2 \sim 100\text{ m}^2$ 的房间,网格间距不宜大于 0.5 m ;对于大于 100 m^2 的大空间,网格间距宜取 1.00 m ;对于小于 10 m^2 的小房间,网格间距宜取 0.25 m 。划分网格时,房间轮廓向内偏移半个网格大小,使得最靠边的网格点到墙面的距离等于网格间距的一半(如图 3 所示)。

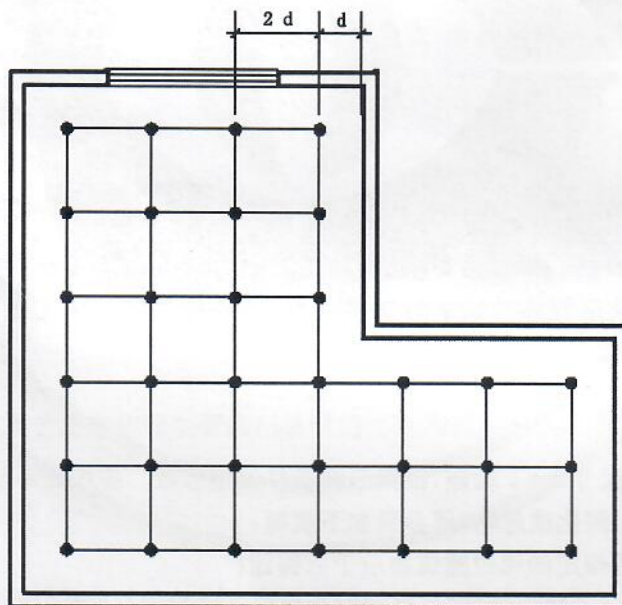


图 3 网格布点示意图

5.2.7 天空模型的选择

计算天然采光时天空模型应选择 CIE 标准全阴天模型,室外设计照度应取 $13\,500\text{ lx}$,光气候系数 K 取 1.10 。计算不舒适眩光时天空模型可选择 CIE 标准全阴天模型,室外设计照度可取 $35\,000\text{ lx}$,其他类型的采光性能分析可根据分析目的选用其他模型及室外参数,并应作出说明。

5.2.8 其他参数设定

采光模拟分析需要考虑天空光的直接漫射和房间内表面的间接反射。计算程序宜采用光线追踪法计算,光线反射的折返次数不宜低于 5 次。

5.2.9 参考平面

工业厂房参考平面取距地面 1 m,民用建筑主要功能房间取距地面 0.75 m,楼梯间、走廊、大堂等公共场所取地面。取室内地面计算采光时,为避免过于靠近边界,可取距地面不大于 0.01 m 的偏移。

5.2.10 评价指标

- 采光分析计算应参考 GB 50033—2013,以采光系数作为主要分析、输出与评价指标。另外还可用采光均匀度、全自然采光百分比(Daylight Autonomy)等评价指标对室内采光质量进行辅助评价。
- 不舒适眩光计算应参考 GB 50033—2013,采用不舒适眩光指数(DGI)作为评价指标。典型观察点可选择房间主入口处和房间正中处,视线方向参照图 4。

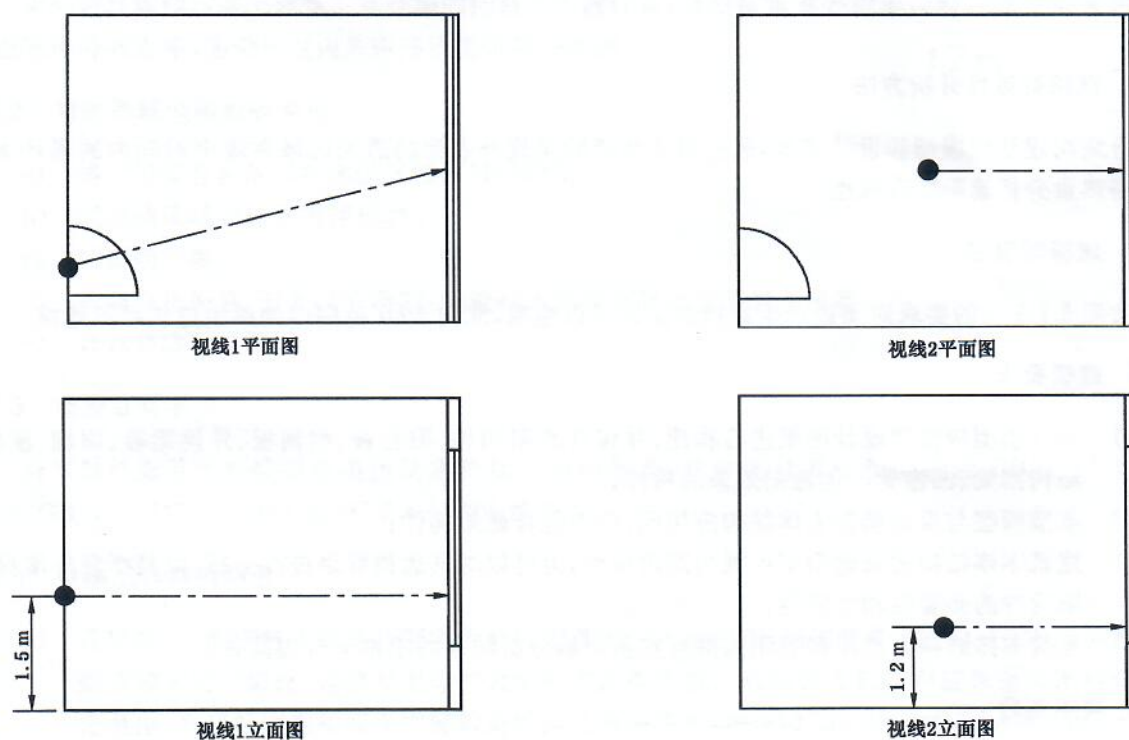


图 4 眩光观察视线示意图

5.2.11 住宅建筑的统计原则

住宅建筑按照施工图、竣工图绘制的房型进行采光统计分析。住宅的客厅和餐厅没有物理隔断时,应在合理位置进行功能区域的虚拟分隔,以便于对不同的功能区域按相应的采光要求进行统计;设置虚拟分隔时客厅的使用面积不得小于现行住宅设计标准对不同套型客厅的最小面积要求。

5.2.12 光环境模拟结果的展示和分析

光环境模拟结果的展示和分析应包含如下内容：

- a) 采光分析总平面图：表达目标建筑和周边遮挡物的位置关系；
- b) 采光分析对象的效果图及其在模拟软件中的三维物理模型；
- c) 光环境模拟结果图：
 - 天然采光模拟分析：标准层中最低层平面上主要功能空间的采光系数分布云图；非标准层各层主要功能空间的采光系数分布云图；
 - 眩光模拟分析：目标房间两种视线方向下的鱼眼图，图上标注眩光源的位置及亮度；
- d) 各主要功能空间的天然采光系数统计表，目标房间的不舒适眩光指数统计表。

5.3 遮阳有效性模拟

5.3.1 适用场合及操作原则

遮阳有效性模拟分析评价建筑遮阳构件的遮阳效果，用于指导相关的设计优化，确定合理的遮阳方式和节点做法，或依据施工图或竣工图进行建模计算，校核施工图或竣工图状态下的遮阳能力是否达标。

5.3.2 遮阳有效性分析方法

分别构建基准模型和设计模型，通过对比两者的建筑外表面的透光区域在规定时间内累计太阳辐射得热量分析遮阳的有效性。

5.3.3 建模域确定

按照 5.1.5 条的要求对周边产生遮挡的建筑予以建模，北向±60°范围内的周边建筑可不建模。

5.3.4 建模要求

- a) 设计模型应按照设计图纸进行构建，并包含遮阳构件、阳台板、空调板、外挑梁板、雨棚、屋檐、结构挡梁、凹窗等产生遮阳效果的构件；
- b) 基准模型与设计模型主体结构应相同，但不包含遮阳构件；
- c) 建筑本体结构的自遮阳不可视为遮阳构件，但可以对其遮挡效果进行分析，以判断额外增设遮阳构件的必要性和经济性；
- d) 建筑本体结构自遮阳和遮阳构件可在不影响分析结果的原则下合理简化。

5.3.5 网格划分

根据物理模型及遮阳措施的特征，研究外遮阳构件时应在建筑外表面的可透光区域外侧进行合理的网格铺设。网格线宜刚好捕捉到遮阳构件。

5.3.6 参数设定

- a) 输入项目所在地的正确纬度和经度信息；
- b) 气象参数应使用权威机构公开发布的相关数据并应至少包含直射辐射和散射辐射数据，数据的时间分辨率最大不得超过一天，宜采用逐时或更小分辨率的数据样本。

5.3.7 统计时间段

公共建筑的统计时间段宜取夏季 6 月 1 日至 9 月 30 日。住宅的遮阳有效性模拟分析宜同时考虑

冬季和夏季,夏季统计时间段同公共建筑,冬季统计时间段应取 12 月 1 日至 2 月 28 日。

5.3.8 遮阳有效性模拟结果的展示和分析

遮阳有效性模拟结果的展示和分析应包含如下内容:

- a) 遮阳分析总平面图:表达目标建筑和周边的遮挡物的位置关系;
- b) 遮阳构件措施的说明;
- c) 遮阳分析对象的效果图、节点图:分析对象在模拟软件中的物理模型、遮阳构件的详图及说明;
- d) 遮阳模拟结果图:在建筑各朝向立面图上图示并标注对比遮阳改善前后的累计太阳辐射得热量,编制各立面遮阳数据统计表。

6 声环境模拟

6.1 室外声环境模拟

6.1.1 适用场合

室外声环境模拟基于建筑室外声场的传播与扩散计算,分析建筑室外近地面噪声水平以及建筑外立面噪声分布水平,为设计室内外声环境提供基础数据。

1.2m

6.1.2 室外声环境模拟的流程

- a) 确定模拟分析的目标建筑区域及目标建筑;
- b) 确定建模域并建立物理模型;
- c) 构建噪声源;
- d) 构建分析网格,设置计算参数,设置噪声离散预测点或预测点集群;
- e) 计算并输出结果。

6.1.3 模拟软件要求

计算软件应可预测模拟各类建筑室外噪声源的影响,软件的计算模型应符合 GB/T 17247.1—2000、GB/T 17247.2—1998 和 HJ 2.4—2009 的要求。

6.1.4 建模域和建模精度

- a) 建模域:一般应包含目标建筑场所及其边界外 200 m 范围,当边界外 200 m~500 m 内有噪声影响较大的声源时,建模范围应扩大至包含此类声源。机场或飞机噪声应根据其影响情况确定范围,当目标建筑场所在主要航迹离跑道两端各 6 km~12 km、侧向各 1 km~2 km 范围以内时,应考虑飞机噪声影响;
- b) 物理模型的建模精度:建模时应考虑声源和遮挡物两部分,声源包括交通运输噪声、社会生活噪声及工业生产噪声。当目标建筑场所存在的固定设备(如室外空调机组等)产生噪声时,建模时 also 需考虑。遮挡物包括不平坦地形、各类建筑物、构筑物、绿化带及草地等。对象建筑外的各类建筑物及围墙、声屏障等构筑物的建模可只考虑外部主体轮廓;
- c) 软件选择:选用的软件计算精度与实际结果误差应在 2.5 dB(A) 之内。

6.1.5 声源简化

声源可根据模拟目的及声源特征进行简化,参考如下原则:

- a) 点声源:声源中心到预测点之间的距离超过声源最大几何尺寸 2 倍时,可将该声源近似为点

声源；

- b) 线声源：公路、铁路、轨道交通或者输送管道、运输路线等产生的噪声，分析时可将其看做由许多点声源连成一线组成的线状声源，可模拟为线声源；
- c) 面声源：当声源中心到预测点之间的距离小于声源最大几何尺寸 3 倍时，该声源宜用面声源模拟；
- d) 位于建筑物室内的声源，产生的噪声经室内多次反射后经建筑的围护结构向外传播，应将建筑围护结构作为声源，计算其对外环境的影响，围护结构声源的等效方法同上述 a)~c)。

6.1.6 数学模型的选择

软件选用的计算模型应满足 GB/T 17247、HJ 2.4—2009、HJ 453—2008 等现行国内标准或规范的要求，不满足时应采用校核修正的方法校验预测模型的适用性。校核修正方法如下：

- a) 对道路噪声，可在距道路行车道中线 25 m、高于路面 1.5 m 处设置预测点及实测点，通过比较预测点与实测点之间差值作为源强修正量，应确保类比道路车流量、车速、路面结构、车型比、昼夜比等与预测道路接近；
- b) 对单车源强校正时，参照距离应距车辆 7.5 m 距离；
- c) 对轨道交通噪声，可在距离轨道边线 25 m、高于轨面 1.5 m 设置预测点及实测点，通过比较预测点与实测点之间差值作为源强修正量；
- d) 对铁路噪声，可在距离轨道边线 25 m、高于轨面 3.5 m 设置预测点及实测点，通过比较预测点与实测点之间的差值作为源强修正量，列车类型不同时，应针对不同列车类型分别修正。

6.1.7 预测点设置和网格划分

- a) 预测点设置于目标建筑窗外 1 m 处，高于各层楼板 1.2 m~1.5 m，预测点应包含目标建筑的噪声预测最不利点；分析建筑室外近地面噪声水平时，预测点高于地面 1.2 m~1.5 m；
- b) 计算水平或垂直声场时，水平或垂直预测网格点间距应视计算区域大小及计算目的进行针对性设定，大多数情况下，可采用 2 m×2 m 的计算网格。

6.1.8 计算参数

a) 声源源强参数

- 点、线、面声源均应输入声源的声功率级。部分设备的声功率级可参照 HJ 2034 选取。当无法获知声源的声功率级但可知声源近场处的声压级时，可按照 GB/T 3768—1996 推荐的简易方法，利用距声源一定距离处的声压级及包络面面积估算声源的声功率级。声源源强应至少包含 31.5 Hz~8 000 Hz 的九个倍频带中心频率；
- 轨道交通噪声源强以距轨道中心线 25 m、高于轨面 1.5 m 处计，源强可通过实测或类比确定；铁路噪声源强以距轨道中心线 25 m、高 3.5 m 处计，源强可参照铁计[2010]44 号文确定，也可通过实测或类比确定。

b) 其他参数

其他参数的设定宜符合下列各项原则：

- 当声源距离遮挡物距离较近时，需考虑遮挡物的反射声影响，反射次数应不低于 5 次；
- 道路或铁路、轨道交通的昼/夜流量应不低于实际昼间/夜间的平均小时流量。如考虑的为规划道路或铁路，预测年限应考虑规划道路远期实施后产生的影响。对流量较低的铁铁路或专线铁路，可选择流量最大的一小时进行预测；
- 当模拟高架及地面道路、高架与高架之间组成的复合道路以及隧道出入口段噪声时，应考虑道路本身构筑物的多次反射声影响。当预测位于城区的道路或轨道交通地面线路，两

侧高楼林立、多次反射声明显时,需考虑建筑多次反射产生的影响,反射次数不宜低于5次;

- 隧道(或下穿地道)洞口噪声宜采用垂直面声源模拟,面声源源强可根据隧道内车辆源强、隧道形状、隧道内平均吸声系数等因素综合确定;
- 对指向性明确的声源,应考虑其指向性影响;
- 当声源为高速铁路时,除轮轨噪声外,还应考虑高速铁路的空气动力性噪声、桥梁结构噪声、集电系统噪声,宜分别计算上述各部分噪声的影响;
- 当轨道交通经过钢结构桥梁或特殊结构桥梁时,结构噪声影响突出,在预测中应重点考虑;
- 飞机噪声预测因子应为计权等效连续感觉噪声级,其他为等效连续A声级;
- 乔灌结合,绿化良好的绿化带降噪效果可按 $0.5 \text{ dB(A)} \sim 1 \text{ dB(A)}/10 \text{ m}$ 计算,绿化带建模高度为绿化带平均高度,绿化带最多考虑200 m距离;
- 当建模区域存在现有飞机噪声影响时,影响值可通过现状监测值类比确定。

6.1.9 室外声环境模拟结果的展示和分析

室外声环境模拟结果的展示和分析应包含如下内容:

- a) 声环境模拟分析总平面图:表达目标建筑和周边声源、遮挡物(包括非平坦地形)的位置关系;
- b) 声环境分析对象的效果图及其在模拟软件中的三维物理模型;
- c) 主要声源位置、源强参数及计算参数一览表;
- d) 模拟区域近地面处(距地面 $1.2 \text{ m} \sim 1.5 \text{ m}$)的昼间、夜间水平声场分布图及主要建筑外立面噪声预测结果表;
- e) 建筑外立面各典型位置的预测结果;
- f) 将预测结果对照GB 3096—2008的相应标准值,给出预测点达标或超标的结论。

6.2 室内声环境模拟

6.2.1 适用场合

室内声环境模拟基于室外及室内声场的传播规律,计算室内声源及室外声源对室内噪声的影响程度。

6.2.2 室内声环境模拟的流程

室内声环境模拟的流程包括:

- a) 确定模拟分析的室内空间;
- b) 确定室内噪声源及室外噪声源;
- c) 建立物理模型;
- d) 构建分析网格,设置计算参数,设置声环境离散预测点或预测点集群;
- e) 计算并输出结果。

6.2.3 声源强度确定

当进行室内噪声计算时,室外声源强度应符合6.1.5条规定,当所计算的房间体积较大,其室外噪声分布较不均匀时,宜根据该房间外墙区域内噪声声压级最大的点确定。

室内噪声源强度,由其噪声源的声功率级决定。

6.2.4 室内噪声计算方法

室内噪声的计算方法应符合噪声传播、隔音、衰减的基本原理。采用软件模拟计算时,软件计算核

心可采用附录 A 推荐的方法,也可以将围护结构(如窗户或门)作为声源对室内环境产生影响进行计算,采用其他方法计算时应对计算方法的合理性进行说明。

6.2.5 室内声环境模拟结果的展示和分析

室内声环境模拟结果的展示和分析应包含如下内容:

- a) 典型建筑物室内声环境模拟分析示意图,表达各室内声源与室外声源与室内封闭区域的位置关系;
- b) 声环境分析对象的效果图及其在模拟软件中的三维物理模型;
- c) 主要声源位置、源强参数及计算参数一览表;
- d) 典型室内典型楼层近楼板处(高于各层地面 1.2 m~1.5 m)的昼间、夜间水平声场分布图或计算结果表,室内噪声计算结果为声压级,计算值应至少包括室内中心点;
- e) 将预测结果对照 GB 50118 的相应标准值,给出预测点达标或超标的结论。

附 录 A
(资料性附录)
室内噪声计算方法

本规程推荐以下的室内噪声计算方法,该方法并非唯一计算方法,但是业界广泛采用并被认可的算法。

室内噪声为经室外传播进入室内的噪声和室内噪声源发出的噪声叠加而成,可根据式(A.1)计算得到:

$$L = 10 \lg(10^{L'/10} + 10^{L''/10}) \quad \text{..... (A.1)}$$

式中:

L' —— 经室外传入室内的噪声,单位为分贝(dB);

L'' —— 室内噪声源产生的噪声,单位为分贝(dB)。

① 经室外传播进入室内的噪声计算

经室外传播进入室内噪声由式(A.2)计算得出:

$$L' = L_1 - \bar{R} + 10 \lg\left(\frac{S}{A}\right) \quad \text{..... (A.2)}$$

式中:

L_1 —— 室外噪声,单位为分贝(dB);

S —— 外墙的面积,单位为平方米(m^2);

A —— 该房间吸声量,单位为平方米(m^2),由式(A.3)计算得到:

$$A = \bar{\alpha} S_{\text{表}} \quad \text{..... (A.3)}$$

式中:

$\bar{\alpha}$ —— 房间内表面的平均吸声系数;

$S_{\text{表}}$ —— 房间内表面积,单位为平方米(m^2)。

R —— 外墙隔声量,单位为 dB,若外墙由多种不同隔声量的构件组成,则 $\bar{R}$ 为其组合隔声结构的隔声量,由式(A.4)计算得到:

$$R = 10 \lg \frac{\sum_i S_i}{\sum_i S_i \cdot 10^{-R_i/10}} \quad \text{..... (A.4)}$$

式中:

S_i —— 构件 i 的面积,单位为平方米(m^2);

R_i —— 构件 i 的隔声量,单位为分贝(dB)。

② 室内存在噪声源时的噪声计算

当室内存在噪声源时,需考予以考虑,其产生的噪声可按式(A.5)计算:

$$L'' = \sum_i L_{w,i} + 10 \lg\left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{Rm}\right) \quad \text{..... (A.5)}$$

式中:

$L_{w,i}$ —— 声源 i 的声功率级,单位为分贝(dB);

r —— 预测点距声源距离,单位为米(m);

Q —— 指向性因素;

Rm —— 房间常数,单位为平方米(m^2)。

房间常数可按式(A.6)计算:

$$Rm = \frac{S_{\text{表}} \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}} \dots\dots\dots (A.6)$$

一般来说,房间做声学处理后,在相同的噪声源强度下,其室内噪声会比未处理的低;未做声学处理时, $\bar{\alpha}$ 可取 0.15~0.2(来源 GB/T 17249.2—2005 中的表 F.1)。

对于无指向性的点声源放在房间中央, $Q=1$;点声源放在刚性反射面上, $Q=2$;点声源放在相互垂直的刚性反射面相交的边上;点声源放在三个互相垂直的刚性反射壁面组成的房角上, $Q=8$ 。对于空调系统的送风或回风口,其中 Q 的取值参照图 A.1。

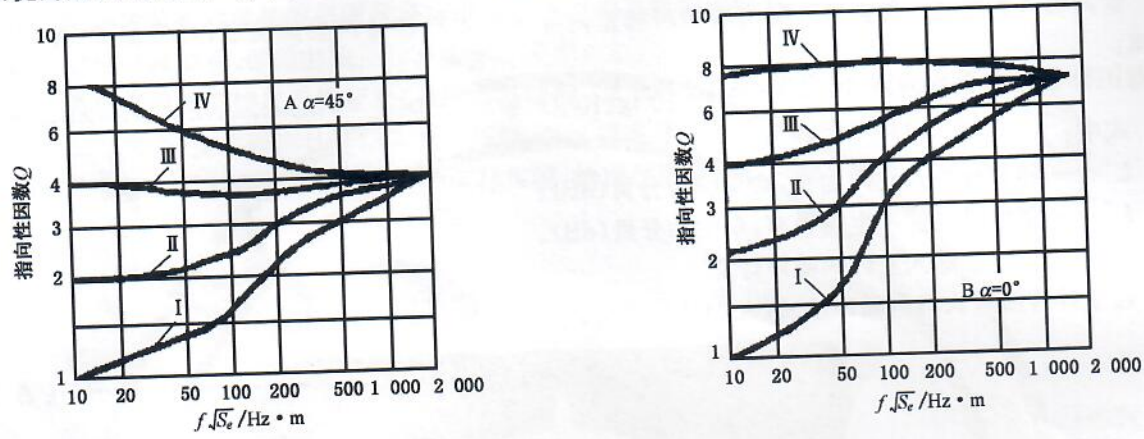


图 A.1 指向性因素 Q 查算图

图 A.1 为以 $f \sqrt{S_e}$ 出风口位置及声源对听者的辐射角为函数的指向性因素 Q 查算图;
矩形风口: $\sqrt{S_e} = \sqrt{BH}$ (其中 B 和 H 为风口的长和宽), 圆风口 $\sqrt{S_e} = D$ (D 为直径);
I: 房间中央(突出部分,或自由空间); II: 墙(顶棚)中央; III: 墙角; IV: 三面交角上。

附 录 B
(资料性附录)
常见建筑环境模拟软件列表

本资料性附录提供的信息来自于国内行业调研数据,供从业人员选择软件时参考。

B.1 CFD 模拟软件(用于热环境分析)

Fluent, Airpak, WindPerfectDX, PHOENICS, Vent, CFX, IES<VE>, STAR-CCM+, Flovent

B.2 网络法自然通风模拟软件

ESP-r, Contam

B.3 天然采光模拟软件

Radiance, Dali, IES<VE>, Ecotect(限 Radiance 核心)

经调研及实测, Ecotect 自带的天然采光模拟的数学模型, 计算结果与真实值有较大偏差, 因此推荐使用 Ecotect 在进行工程运用时, 仅采用 Ecotect 建模而采用 Radiance(4.x 以上版本)核心进行计算。

B.4 声环境模拟软件

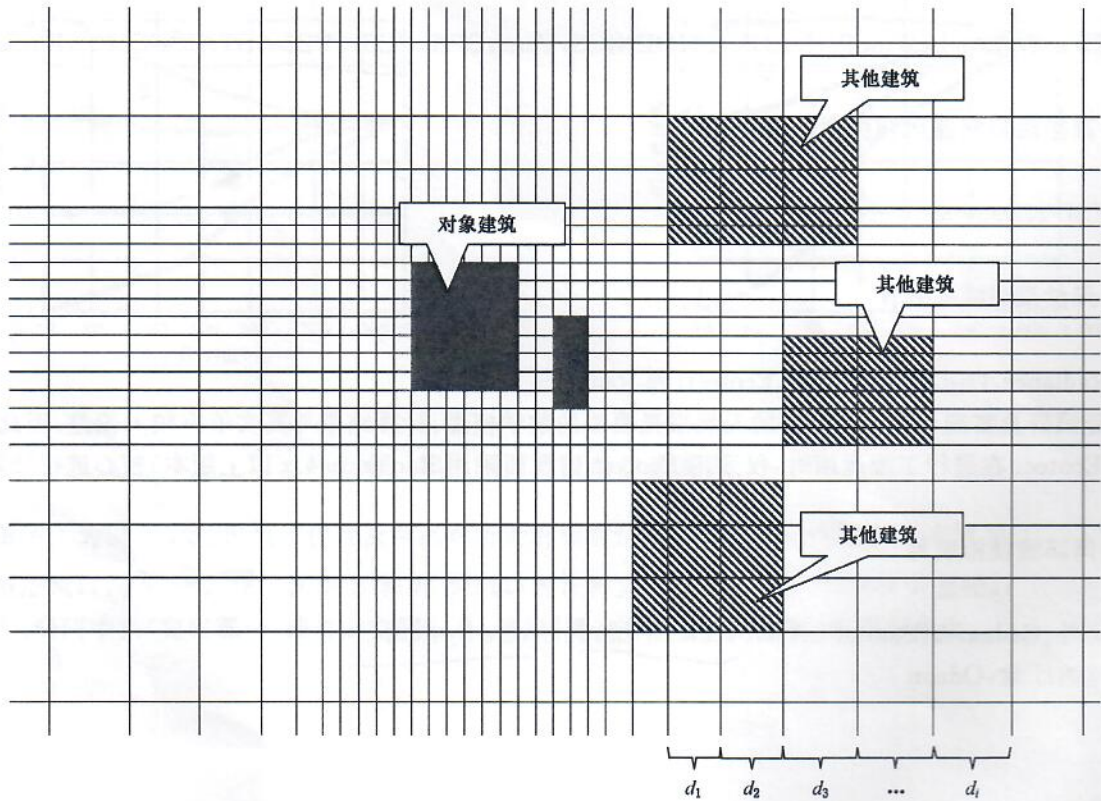
室外: Cadna/A, SoundPLAN, Predictor-LimA, Noise System

室内厅堂: Odeon

附录 C
(资料性附录)

一种网格构建及过渡示意图

图 C.1 推荐了一种结构化网格情况下的多尺度网格构建方法和网格过渡方法。
非结构化网格和其他结构化多尺度网格的构建方法灵活性较大,本规程不做提供,但仍应以合理过渡、确保收敛为原则。



注:

$d_1, d_2, \dots, d_i$ 为网格长度。

网格过渡比宜在如下范围:

$$1.2 < \frac{d_2}{d_1}, \frac{d_3}{d_2}, \dots, \frac{d_i}{d_{i-1}} < 1.5$$

图 C.1 一种可用的网格构建及过渡方法示意图

上海市地方标准
建筑环境数值模拟技术规程

DB31/T 922—2015

*

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)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

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 1.75 字数 46 千字
2016年11月第一版 2016年11月第一次印刷

*

书号: 155066·5-0455 定价 27.00 元



DB31/T 922-2015

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