

10.0 xx. xxx. xx

S

CCS X. xx

团 体 标 准

T/XXXxxxx—xxxx

山地丘陵地区建筑群室外风环境设计规范

Design code for outdoor wind environment of building complexes in
mountainous and hilly areas

2024-xx-xx 发布

2024-xx-xx 实施

浙江省产品与工程标准化协会 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和符号	1
3.1 术语	1
3.2 符号	3
4 基本要求	3
4.1 一般要求	4
4.2 特别要求	4
5 区域风环境评估与选址	4
5.1 一般要求	4
5.2 评估准则	5
5.3 选址建议	6
6 山地丘陵地区室外建筑群风环境试验与模拟方法	6
6.1 一般要求	6
6.2 风洞试验	6
6.3 数值模拟	7
6.4 现场实测	8
7 设计要求与优化设计	9
7.1 设计要求	9
7.2 优化设计	9
8 风环境评估报告	9
8.1 报告内容	9
8.2 审查内容	9
附录 A（规范性）示意图及其他相关要求	11
附录 B（资料性）案例分析	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。

本文件主要起草单位：浙江理工大学

本文件参编单位：浙江省气候中心、泛城设计股份有限公司、杭州敦固建筑特种工程有限公司、景宁畲族自治县气象局、浙江省气象信息网络中心、佐格微系统（杭州）有限公司（排名不分先后）

本文件主要起草人：

山地丘陵地区建筑群室外风环境设计规范

1 范围

本规范为不同用途或类型的山地丘陵地区建筑群（低矮农居建筑、高层建筑等）室外风环境提出科学、完善、综合的室外风环境评估体系，同时为绿色建筑工作内容提供参考，属于《浙江省标准化条例》规定的地方标准制定范畴。

本规范主要适用于浙江省山地丘陵地区新建、改建、扩建工程的室外风环境评估与设计。

本规范主要针对风环境方面的规定，不涉及抗风灾内容。

本规范为山地丘陵地区室外风环境设计提供技术依据，针对性提出山地丘陵地区绿色建筑风环境营造策略，提升山地丘陵地区绿色建筑风环境规划设计水平。

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。

GB 50180 城市居住区规划设计标准
GB 50352 民用建筑绿色设计标准
GB/T 50378 绿色建筑评估标准
GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
JGJ/T 338 建筑工程风洞试验方法标准
DBJ/T 15-154 建筑风环境测试与评价标准
DBJ 15-101 建筑结构荷载规范
DB33 / 1111 居住建筑风环境和热环境设计标准

3 术语和符号

下列术语与符号适用于本文件。

3.1 术语

3.1.1

山谷风 mountain-valley wind

山谷风是出现于山地及其周边地区的，具有日周期的地方性风。

3.1.2

街谷风 Street canyon Wind

指在城市中，由街道（或称为街谷）构成的狭窄空间内形成的局部风现象。

3.1.3

涡旋风 vortex wind

通常称为涡旋，指的是流体（如液体、气体或等离子体）顺着某个方向环绕直线或曲线轴的区域形成的运动模式。

3.1.4

涡流区 vortex region

指在流体流动中，由于流体的不稳定性或受到外部物体的影响，形成的一种旋转运动区域。

3.1.5

建筑室外风环境 building outdoor wind environment

指建筑群室外自然风在城市地形地貌或自然地形地貌影响下形成的受到影响之后的风场。

3.1.6

风参数 wind parameters

在室外风环境中主要指风速和风向两个参数。

3.1.7

风攻角 wind attack angle

风的主流风向与水平面之间的夹角。

3.1.8

良态风 normal wind

在特定地区或气候条件下，风速和风向处于正常范围内的，于日常生活和活动一般没有负面影响，是建筑设计和绿色设计中考虑的标准风载条件之一。本规范中的良态风是指风速在 0.5~5 m/s 之间的风。

3.1.9

强风 strong wind

强风通常指的是蒲福风级中的7级或更高级别的风，风速正常在 17.1 m/s 以上。

3.1.10

静风区 no wind zone

在气象中通常指风速小于2.0m/s的区域。

3.1.11

风压 wind pressure

由于建筑物的阻挡，使四周空气受阻，动压下降，静压升高。侧面和背面产生局部涡流，静压下降，动压升高。与远处未受干扰的气流相比，这种静压的升高和降低统称为风压。

3.1.12

平均风速 average wind speed

通常指2min或10min的平均风速。本文出现的平均风速若无特殊说明均为多年监测的历史风速数据的统计平均值。

3.1.13

极大风速 maximum wind speed

指给定时间段内3秒平均风速的最大值。

3.1.14

风洞 wind tunnel

是以人工的方式产生并且控制气流，用来模拟试验对象周围气体的流动情况，并可量度气流试验对象的作用效果以及观察物理现象的一种管道状实验设备。

3.1.15

风洞试验 wind tunnel test

根据相似性原理，在风洞中对建筑缩尺模型进行空气动力学模型测试，获取风环境参数、结构气动力、验证抗风性能等。

3.1.16

阻塞比 blockage ratio

建筑模型最大横截面的最大投影面积与物理风洞试验段横截面积之的比值。

3.1.17

主导风向 prevailing wind direction

指在特定地区或时间段内，风向出现频率最高的方向。

3.1.18

行人区风速放大系数 Pedestrian Area wind speed amplification

建筑物周围离地面高1.5m处最大风速与开阔地面同高度风速之比。

3.1.19

地面粗糙度 surface roughness

又称“粗糙度参数”。表示地球表面粗糙程度并具有长度量纲的特征参数。

3.1.20

风速概率 wind speed probability

约定时间段或者重现期，统计超过某一风速基准的概率。

3.1.21

风加速效应 wind speed-up effect

在特定地形条件下，风速相对于开阔地带的风速有所增加的现象。

3.1.22

气象研究与预报模型（WRF） weather research and forecasting Model

由美国国家大气研究中心（NCAR）和美国国家环境预测中心（NCEP）等机构合作开发的一款中尺度数值天气预报模式。

3.1.23

计算流体力学（CFD） Computational Fluid Dynamics

一种利用数值分析和数据结构来分析和解决流动问题的科学。

3.1.24

雷诺平均数值计算流体力学（RANS） Reynolds-Averaged Navier-Stokes

一种用于模拟和分析流体流动的计算方法，特别是在处理湍流问题时非常有用。

3.1.25

大涡模拟（LES） Large Eddy Simulation

一种用于流体动力学模拟的高级数值技术，特别是针对湍流流动的模拟。

3.1.26

湍流模型 turbulence model

以雷诺平均方程与脉动方程为基础，结合经验假设建立的描述湍流统计量之间关系的方程组。

3.2 符号

V —— 为风速

$R_{(1.5)}$ —— 为风速放大系数

P —— 为风速概率

η —— 为阻塞比

$V_{(1.5)}$ —— 为行人高度 1.5 m 处平均风速

4 基本要求

4.1 一般要求

- 4.1.1 山地丘陵地区建筑群室外风环境设计中主导的风参数（风速、风向）应根据设计需求确定重现期，选择对应时间周期内（年、月、日）的风参数数据测试、分析与统计结果。
- 4.1.2 山地丘陵地区建筑群室外风参数应结合历史统计资料、风洞试验、数值模拟、现场测试综合确定，并基于验证后的概率模型和设计需求得出数值。
- 4.1.3 山地丘陵地区建筑群室外风环境进行舒适度设计和评估时，应包括室外活动广场、休憩场所、主要出入口等行人活动频繁的区域。
- 4.1.4 山地丘陵地区建筑群室外风环境设计的研究区应根据类型和用途分为低矮农居建筑、高层建筑等不同区域，分类进行研究。
- 4.1.5 山地丘陵地区建筑群室外风环境评估前应进行可靠调研，应包括并不限于历史风场数据、地形地貌、水文情况等。
- 4.1.6 新建建筑工程或改建建筑工程符合高度超过 100 m 的高层建筑或其他对行人风环境有较高要求的建筑工程，应在规划和建筑设计中对建筑及其影响区域内既有建筑的风环境进行评估。
- 4.1.7 基本风压大于 0.5 kN/m²或建筑高度超过 50 m 的建筑，应对有行人活动的区域进行风环境评估。
- 4.1.8 评估成果在满足审查后，需要建设方、使用方、设计方、规划管理部门共同确认。

4.2 特别要求

- 4.2.1 本规范不涉及台风等强风灾害的设计，应首先满足安全性设计后进行风环境设计与评估。
- 4.2.2 山地丘陵地区建筑群室外风环境设计应以政府规划批准的项目要求为准，改建或扩建建筑群应综合考虑并避免改建、扩建后建筑群整体的风环境评估等级降低的情况。
- 4.2.3 山地丘陵地区风环境评估原则应包括适用性、客观性、可操作性、兼顾性。

5 区域风环境评估与选址

5.1 一般要求

- 5.1.1 山地丘陵地区风环境评估包括良态风和强风舒适度评估。
- 5.1.2 风环境评估应基于附近气象台站监测的风速风向数据进行，所依据的风速风向资料一般不少于 10 年，并宜进行现场实测。
- 5.1.3 风观测资料应主要包括风速、风向、风攻角、地表粗糙度系数、风速谱等，风速风向主要以风玫瑰图的形式给出，风玫瑰示意图可参考附录 A。
- 5.1.4 山地丘陵地区建筑群室外风环境舒适度评估应分夏季、冬季两季进行，以风速等指标进行评估，若邻近海边应考虑海陆风对室外风环境的影响。
- 5.1.5 风环境评估依据一般有平均风速、风速放大系数、最大风速概率、强风区面积比、超越阈值概率等。
- 5.1.6 山地丘陵地区应关注特殊地形导致的风加速效应，风速放大系数 $R_{(1.5)}$ 应按下式计算：

$$R_{(1.5)} = \frac{v_1}{v_0} \quad (1)$$

式中：

v_1 —— 复杂地形区域的平均风速，单位为米每秒（m·s⁻¹）

v_0 —— 开阔平坦区域的平均风速，单位为米每秒（m·s⁻¹）

- 5.1.7 人行高度处平均风速 $U_{(z)}$ 可利用附近气象站平均风速数据及风剖面公式换算，比较两种常用换算公式：

指数率风剖面公式如下：

$$U_{(z)} = U_r \left(\frac{z}{z_r} \right)^\alpha \quad (2)$$

式中：

$U_{(z)}$ —— 离地面 z 米处风速大小，人行高度处 z 一般取 1.5 m

z_r —— 为标准参考高度，单位为米（m）

α —— 地面粗糙度指数，地面粗糙度指数可按附录 A 采用，必要时应进行针对性的分析

对数率风剖面公式如下：

$$U_{(z)} = \frac{u^*}{k} \ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right) \tag{3}$$

式中：

k —— 冯卡门常数，一般取值为 0.4

u^* —— 大气边界层摩擦速度，单位为米每秒（ $m \cdot s^{-1}$ ）

d —— 为零平面位移高度，经验值宜取标准参考高度的 5%~20%

z_0 —— 粗糙长度，粗糙长度取值可按附录 A 采用

5.2 评估准则

5.2.1 山地丘陵地区风室外建筑群风环境舒适度在良态风时一般可用平均风速或日最大风速的超越阈值概率进行评估，而在强风时可用极大风速或日最大风速的超越阈值概率进行评估。

5.2.2 山地丘陵地区行人高度处（1.5m）风环境舒适度评估根据平均风速数据可按表 1 采用。

表 1 行人高度处相对舒适度标准（平均风速）

平均风速（m/s）	人体感觉
$V_{(1.5)} < 5$	舒适
$5 < V_{(1.5)} < 10$	不舒适，行动受影响
$10 < V_{(1.5)} < 15$	很不舒服，行动受到严重影响
$15 < V_{(1.5)} < 20$	不能忍受
$20 < V_{(1.5)}$	危险

5.2.3 山地丘陵地区若采用超越阈值概率来进行室外建筑群风环境舒适度评估，可按表 2 采用，表中的超越概率是指超过某一风速的时长与总时长的比值。

表 2 行人高度处相对舒适度标准（日最大风速）

风速阈值（m/s）	超越阈值概率（%）	舒适度等级	行人活动		
			坐	散步	行走
5	2.5	A	好	好	好
5	5	B	适中	好	好
5	10	C	差	适中	好
5	20	D	差	差	适中
5	>20	E	差	差	差

5.2.4 山地丘陵地区进行室外风环境评估应注意特殊地形对各季节主导风向的风加速效应导致局部风速增大，则应考虑风速放大系数对室外建筑群风环境的影响。

5.2.5 夏季主导风向下的风速放大系数均不宜小于 0.2；冬季主导风向下的风速放大系数不宜大于 2.0。

5.2.6 冬季和夏季主导风向下最大平均风速均不宜大于 5.0 m/s 且不宜小于 0.5 m/s。

5.2.7 山地丘陵地区风室外建筑群风环境安全性评估按表 3 采用。

表 3 风环境安全性评估

风速阈值（m/s）	超越阈值概率 P（%）	安全性评估
15	<0.05	安全
15	>0.05-0.3	一定风险
15	>0.3	危险

5.2.8 山地丘陵地区风环境设计与评估缺乏气象站点资料时，可用其他气象资料数据集进行推测，宜通过空间插值、数据迁移等可靠方法进行数据增广以满足评估需求。

5.2.9 除满足以上要求，应达到本规范提出的山地丘陵地区室外风环境评估体系模型等级中“一般”及以上等级。等级划分可见附录 A。

5.2.10 山地丘陵地区风环境评估前应收集完成气象站点编号、气象资料数据集名称、气象数据时间跨度和长度、风向玫瑰图等气象资料信息，以及地形地貌等信息。

5.2.11 评估报告应资料完整、真实准确、数据无误、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用和适宜长期保存，并应重点突出，有明确的工程指导意义。

5.3 选址建议

5.3.1 山地丘陵地区室外建筑群选址前应进行良态风舒适性、强风舒适性评估。

5.3.2 山地丘陵地区室外建筑群选址前宜利用历史数据统计、现场短期实测、数值模拟、风洞试验方法来进行风场研究。

5.3.3 山地丘陵地区室外建筑群选址宜避免直面峡管地形出入口，宜避开平均风速大于 5.0 m/s 的区域。

5.3.4 对新建建筑工程选址不应在项目建设完成后使既有建筑周边风环境评估等级低于项目建设前。

6 山地丘陵地区室外建筑群风环境试验与模拟方法

6.1 一般要求

历史风场数据来源可以是附近的气象站、长期测风塔、气象再分析数据、文献资料、国内外专业数据库；地形地貌和水文情况的来源可以是、卫星遥感图像、数字高程模型、国土测绘数据、国内外专业数据库、现场无人机与雷达探测。

6.2 风洞试验

6.2.1 山地丘陵地进行大气边界层风洞试验前，应检查风洞测试设备的合格证书和校测报告，定期准维护，其量程、精度和频率响应特性等应满足试验的测试要求。

6.2.2 进行风洞试验前，应进行标准模型试验对风环境风洞试验方法和结果的合理性进行验证，标准试验模型可按《建筑工程风洞试验方法标准》JGJ/T338-2014 执行。

6.2.3 山地丘陵地区室外建筑群的风洞试验模型应满足试验分析的各类要素且应在模拟的大气边界层风场中进行。

6.2.4 风洞试验的模型应满足以下要求：

- a) 风环境风洞试验模型的尺寸半径应大于建筑项目中心到最外围建筑的距离；模型应与原型几何相似，应具有周边可能影响研究对象的干扰建筑；应主要模拟建筑物的主要轮廓以及近地面对风环境影响较大的地形地貌；
- b) 风环境风洞试验模型的阻塞比宜小于 5%，且不超过 8%。阻塞比的计算公式应按照下式：

$$\eta = \frac{A_m}{A_c} \tag{4}$$

式中：

A_m —— 试验模型在试验段横截面的最大投影面积, 单位为平方米 (m^2)

A_c —— 风洞试验段横截面面积, 单位为平方米 (m^2)

c) 模型的几何缩尺比宜和湍流积分尺度缩尺比相近。

6.2.5 室外建筑群风环境风洞试验应根据不同的功能区域布置测点; 测点布置位置应对应原型高度 1.5 m 处; 风剖面的测点数量应不少于 10 个且分布宜超过待评估建筑物的高度。

6.2.6 风洞试验宜进行全风向的测试且风向角间隔不应大于 22.5° ; 选取的所有试验风向应包含当地风气候条件下冬夏两季和全年主导风向。

6.2.7 风洞试验报告应包括风洞试验模型信息、风洞试验信息、风洞试验结果等。

6.3 数值模拟

6.3.1 对建筑项目进行数值模拟前, 应采用标准模型试验进行数值模拟结果的准确性验证, 标准试验模型可对比风洞或者实测数据, 或采用已被证明结论可靠的文献算例。

6.3.2 山地丘陵地区室外建筑群风环境应先进行中尺度数值模拟如 WRF 等, 其数值模拟宜采用多层区域嵌套, 再进行小尺度数值模拟进一步验证如 CFD 等。

6.3.3 数值模拟中入流的风速与风向应根据历史气象数据进行统计, 应以主导风向与主导风向下的概率统计风速特征值作为入流的风速、风向。

6.3.4 山地丘陵地区风环境数值模拟中模型应满足以下规定:

- a) 模型需包含建筑周边的山体、水体等主要地貌特征物;
- b) 地形和附近山体宜利用高精度数字高程模型或其他数据来创建, 尽量减少与实际地形的误差;
- c) 模型尺寸半径应大于建筑项目中心到最外围建筑的距离; 若有模型中有超高建筑模型尺寸半径应大于 2 倍最高建筑高度;
- d) 应涵盖目标建筑群主要特征, 对风场有影响的雨棚、阳台、周边干扰建筑及植被等应在模型中展现; 其模型的精细度可适当放宽;
- e) 风环境数值模拟的计算域尺寸应以目标建筑尺寸向四周延伸至少 3 倍, 高度方向应延伸至少 5 倍建筑特征高度。

6.3.5 应至少选取两种网格划分方案, 对目标建筑模型边缘和重点关注的区域应进行网格加密并保证足够的网格分布密度; 对选取的多种网格划分方案下的平均风速模拟结果平均偏差应控制在 $\pm 5\%$ 以内。

6.3.6 邻近网格单元边长的增长不宜大于 1.2 且应小于 1.3, 网格单元的纵横比宜小于 5。

6.3.7 山地丘陵地区风环境数值模拟网格的种类应根据不同的模型有不同的选择, 对于平缓的地形宜选用六面体网格, 山区、深切峡谷宜选用四面体网格。

6.3.8 风环境数值模拟应设置合适的壁面函数和湍流模型, 应确保整个流域内的风速、湍流强度等特性与目标风场基本一致且流向无明显改变; 入口风向、风速设置应按照全风向模拟且风向角间隔不应大于 22.5° , 且选取的所有模拟风向应包含当地风气候条件下冬夏两季和全年主导风向。如条件有限应至少包含冬夏两季和全年的实际主导风向、风速。数值模拟中湍流特征参数的设定可通过下式得出:

指数率湍流特征参数公式如下:

$$\omega = \frac{\alpha}{\sqrt{C_u}} \frac{u}{z} \quad (5)$$

$$\varepsilon = \alpha C_u^{\frac{1}{2}} \frac{u}{z} \sqrt{D_1 z^\alpha + D_2} \quad (6)$$

对数率湍流特征参数公式如下:

$$\omega = \frac{u^*}{K \sqrt{C_u}} \frac{1}{z-d} \quad (7)$$

$$\varepsilon = \frac{(u^*)^3}{K(z-d)} \sqrt{C_1 \ln\left(\frac{z-d}{z_0}\right) + C_2} \quad (8)$$

式中:

- ω —— 湍流频率, 单位是赫兹 (Hz)
- ε —— 湍动能耗散率, 单位是每秒钟每千克流体中湍动能量的耗散量 (m^3/s^2)。
- α —— 地面粗糙度指数, 地面粗糙度指数可按附录 A 采用, 必要时应进行针对性的分析
- u —— 为平均速度, 单位是米每秒 (m/s)
- z —— 为离地面高度, 单位是米 (m)
- z_0 —— 粗糙长度, 粗糙长度取值可按附录 A 采用
- C_u —— 为湍流模型常数, 取 0.04
- k —— 冯卡门常数, 一般取值为 0.4
- u^* —— 大气边界层摩擦速度, 单位是米每秒 (m/s)
- d —— 为零平面位移高度, 经验值宜取标准参考高度的 5%~20%

C_1 、 C_2 、 D_1 、 D_2 —— 为常数, 可以根据现场实测或风洞试验数据拟合得到

6.3.9 室外建筑群风场数值模拟应采用适合建筑结构的绕流湍流模型; 相对简单的流动情况, 如均匀流或具有较少分离和涡流的流动宜用 RANS, 对于复杂流动, 如包含大尺度涡旋和分离流动的情况宜用 LES。对精度要求不高且只关注 1.5 m 高度风场变化的宜采用标准 $k-\varepsilon$ 模型, 其模型差分格式宜先采用一阶差分格式有助于减少初始条件或边界条件设置不当引起的数值不稳定性, 稳定时采用二阶迎风格式以减少数值扩散。二阶迎风格式在保持精度的同时, 相比更高阶的差分格式, 可以减少计算量, 提高计算效率。

6.3.10 数值模拟应在迭代计算步数内收敛, 收敛精度设置宜小于 10^{-6} 且不应大于 10^{-3} , 且数值模拟结果应与实测结果对比验证, 误差过大应重新设置参数进行数值模拟计算。

6.3.11 山地丘陵地区区域划分示意图、计算域尺寸示意图、网格划分方案示意图可参考附录 A。

6.3.12 数值模拟报告应包括:

- a) 模拟模型信息应包括几何建模、风向角工况、缩放比例、划分网格方案、网格尺寸及数量、边界条件、湍流模型的参数选取、计算域尺寸、求解器选取、收敛精度、网格质量检查等。
- b) 模拟结果应包括各测点布置图及各测点平均风速、各主导风向下的风速放大系数、风速云图、风速矢量图、主要的风流路径图等结果。
- c) 风场特征分析汇总。

6.4 现场实测

6.4.1 现场实测应结合当地地形和气象等条件, 选择典型区域工况进行测试, 测试时间以满足风场分析需要为准。

6.4.2 现场测试前应调查当地气象统计资料, 了解当地主导风向或不利大风风向等信息, 并进行必要的初步数值模拟。

6.4.3 现场实测应在主导风向或不利大风风向出现频次较高的时间段进行且每天测试应连续进行, 采样频率应每分钟至少记录一次风速、风向。根据大量测试案例分析, 一天中的较佳测试时间为上午 10 点到下午 4 点; 室外风速变化快, 呈现脉动性, 测试需连续测试, 且采样频率应至少保证一分钟采样一次以保证实测数据高分辨率, 便于分析风速和风向的短期变化。

6.4.4 现场测试前应检查测试仪器设备, 确保其量程、精度满足测试要求且应具备同时测试风速、风向的功能。可以选用的各类测试设备和仪器如激光雷达、测风设备、多功能气象站点、激光多普勒测风仪、遥测系统等。

6.4.5 现场实测宜保证检测仪器能同步、监测到全风向下的风速, 若条件有限, 应将仪器调至与主导风向一致以测量主导风向下的风速。

6.4.6 风环境现场测试区域选取应包括:

- a) 应选取主导风向下的目标测试地点外围上游开阔地带, 测试主导分风向下入口风速;
- b) 为评估风环境舒适度, 应在行人主要活动区域进行测量如休息广场、主要出入口、建筑周围的道路等;
- c) 测试区域还应在一些特殊的区域进行如三岔路口、被遮挡的静风区、两个高大建筑中间的道路上、一些特殊的弯道处、通风口、污染物堆放区域等。

6.4.7 现场实测测点位置宜在目标区域内均匀分布, 并覆盖主要特征位置。

6.4.8 风环境舒适度评估现场实测的测点应为地面或活动平台以上 1.5m 高度处。

6.4.9 现场实测数据应采用气象站点同时刻的风速资料作为参考和校准。

6.4.10 现场实测报告应包括：

- a) 现场测试方案应包括测试仪器信息、采样频率、测试时间、当地气象条件、测试地点的地形地貌、测点布置位置示意图、测点选取依据等；
- b) 现场实测结果应包括各测点的风速、风向，以及必要的增广数据等；
- c) 风场特征分析汇总。

7 设计要求与优化设计

7.1 设计要求

7.1.1 山地丘陵地区风环境设计前应获取当地历史气象条件、实测风参数数据、地形地貌、粗糙度类别、植被分布、建筑物、实测数据、区域风场特征初步分析和其他人造结构、微气候特征、地形模型、地方规范与法规等基本信息。

7.1.2 山地丘陵地区风环境设计应满足以下要求：

- a) 为防止强风导致人员受伤和财产受损，行人活动频繁的区域风速宜控制在 5 m/s 以下且不应超过 10 m/s；为保证空气质量满足舒适度要求，区域内平均风速不宜低于 0.5 m/s；
- b) 行人活动区域不宜布局在会产生涡流的区域；
- c) 山地丘陵地区风环境设计中建筑规划布局应充分考虑地形地貌和周围建筑，合理设计建筑剖面形状降低街谷风的影响；
- d) 合理调整建筑布局宜有利于夏季及过度季室外自然通风的措施；
- e) 建筑布局不应在冬季风向下产生过大的风速放大系数；
- f) 室外污染源堆放点不应设置在居住区域的上游且不宜设在涡流区。

7.2 优化设计

7.2.1 山地丘陵地区风环境评估结果较差时，应采取风环境改进措施或调整规划设计方案。

7.2.2 风环境改进宜采用下列措施：

- a) 宜调整建筑间距、建筑群高度、布置绿化植被、挡风墙或其他有效方法消除街谷风、涡旋风造成的不良影响；
- b) 建筑设计时宜钝化或粗糙化直角边以降低风速和减少涡流和湍流；
- c) 应对风速过大区域采取减小风速的措施如增加植被覆盖率以增加粗糙度、增设挡墙、使用塑料网、帆布等风障材料、设计微地形改变风流路径等；
- d) 宜在负压峰值区设置百叶窗式的扰流罩等降低负压值；
- e) 宜合理调整两建筑之间洞口的高宽比，一般不宜小于 1:10 同时洞口朝向不宜与冬季主导风向切向一致以减少风啸声。

7.2.3 风环境优化前应对优化方案或措施的有效性进行数值模拟检验以减少不确定性；可避免在实际环境中进行测试可能带来的风险和不便；宜评估不同方案的性价比，选择最优方案。

8 风环境评估报告

8.1 报告内容

8.1.1 山地丘陵地区建筑群室外风环境评估报告应包括项目背景与目的、地形地貌分析、气候条件分析、风环境模拟、风速风向分布、风场特征分析、风环境评估等级、安全性和舒适度的建筑群布局优化建议、风险评估与管理、直观展示评估结果的插图等、附录等。

8.2 审查内容

8.2.1 选址审查，应符合下列要求：

- a) 评估选址是否考虑了地形地貌对风环境的影响；
- b) 检查选址是否避开了可能的风灾风险区域，如易受强风影响的地区；
- c) 确认选址是否符合当地的规划和建设标准。

8.2.2 安全性审查，应符合下列要求：

- a) 检查评估报告中对风速和风向的分析是否充分，以评估潜在的风险；

- b) 审查建筑群的抗风设计资料是否符合安全标准；
- c) 评估报告是否提出了有效的措施。

8.2.3 舒适性审查，应符合下列要求：

- a) 审查风环境评估是否考虑了居民和使用者的舒适度，包括风速、风向和温度等；
- b) 检查评估报告是否提供了改善室外舒适度的建议，如通过建筑布局和植被配置来调节风速。

8.2.4 经济合理性审查，应符合下列要求：

- a) 审查检评估报告是否考虑了建筑群因风环境的建设和运营成本；
- b) 审查报告是否提出了经济合理的措施和优化建议；
- c) 审查评估是否考虑了长期运营和维护的经济性。

附录 A
(规范性)
示意图及其他相关要求

A.1 风玫瑰示意图

风玫瑰图应同时展现风速和风向数据，图 A.1 是风玫瑰示意图。

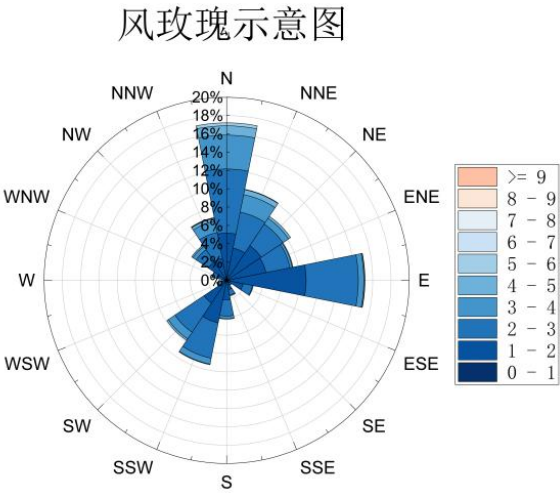


图 A.1 风玫瑰示意图

A.2 地面粗糙度相关系数

地面粗糙度类别对风剖面的影响不可忽略，对不同高度的风速宜用对数率或指数律风剖面换算公式进行换算。地面粗糙指数 α 应按表 A.1 来取值，粗糙长度应按表 A.2 来取值，必要时进行针对性分析。

表 A.1 地面粗糙度指数 α

地面粗糙度类别	定义	系数 α
A	近海海面、海岛、海岸及沙漠地区	0.12
B	田野、乡村、丛林、丘陵及房屋比较稀疏的乡镇市郊区	0.16
C	有密集建筑群的城市市区	0.22
D	有密集建筑群且房屋较高的城市市区	0.30

表 A.2 不同地形粗糙长度 z_0

地形分类	粗糙长度	地形特征描述
海洋地形	0.0002	开阔的海洋或湖泊、潮滩、没沙漠、柏油碎石和混凝土
光滑地形	0.005	没有明显障碍物和植被的无特征陆地表面
开阔地形	0.03	低植被（如草）覆盖的平坦地区
略粗糙的开阔地形	0.10	经常覆盖低矮作物的耕地
粗糙地形	0.25	覆盖较高农作物或障碍物，以及分散的障碍物
非常粗糙地形	0.5	分布大型的障碍群（大农场，森林）
封闭地形	1.0	被大小相似的大型障碍物覆盖的区域，障碍物高度与其高度接近
无序地形	≥ 2	低矮建筑和高耸建筑混合的中心城镇

A.3 建筑群区域划分示意图

山地丘陵地区室外建筑群风环境评估应针对不同类型或不同用途的建筑群有不同的要求和优化措施，图 A.2 为区域划分示意图。



图 A.2 区域划分示意图

A.4 最小计算域示意图

山地丘陵地区室外建筑群的风环境数值模拟计算域尺寸应以目标建筑尺寸向四周延伸至少 3 倍，高度方向应延伸至少 5 倍建筑特征高度，图 A.3 为计算域最小示意图。

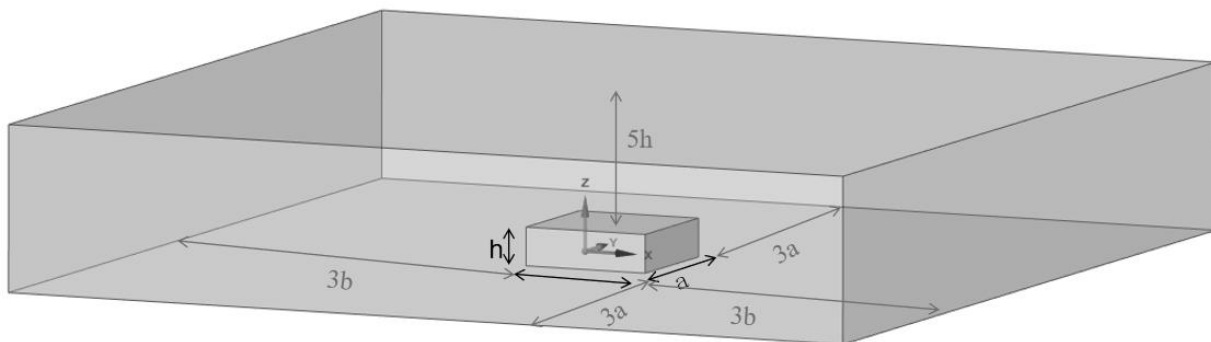


图 A.3 计算域示意图

A.5 最小计算域示意图

采用有网格数值求解的方法时，应至少选取两种网格划分方案且邻近网格单元边长的增长不宜大于 1.2 且应小于 1.3，网格单元的纵横比不宜大于 5；对目标建筑模型边缘和重点关注的区域应对网格进行加密并保证足够的网格分布密度。图 A.4 为网格加密示意图。

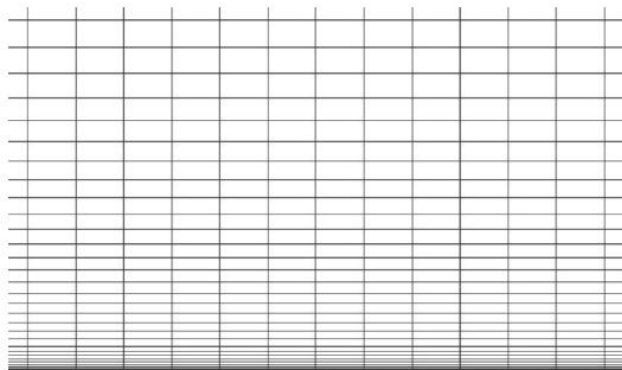


图 A.4 网格加密示意图

A.6 山地丘陵地区室外建筑群风环境评估模型

A.6.1 山地丘陵地区室外建筑群风环境的综合评估是一个复杂、系统以及难度较高的评估过程。宜采用定性和定量结合的方式。

A.6.2 风环境评估定性常用数据应包括强风区面积比、空气清洁度、建筑密度、建筑高度、建筑迎风面积比、街巷尺度、街巷绿化布局、温度特征、下垫面特征、水体特征等。

A.6.3 宜用基于层次分析法和熵值法的模糊综合评估来构建风环境评估模型。

A.6.4 常用评估指标宜按表 A.3 采用。

表 A.3 评估指标

目标层	第一指标层	第二指标层	第三指标层
室外风环境评估 (A)	社会环境 B1	行人舒适性 C1	行人高度风速 D1
			风速放大系数 D2
		行人安全性 C2	强风区面积比 D3
			空气清洁度 D4
	空间环境 B2	村落建筑排布 C3	建筑高度 D5
			建筑密度 D6
			建筑迎风面积比 D7
			建筑与迎风面夹角 D8
	基础环境 B3	村落街巷排布 C4	街巷走向 D9
			街巷尺度 D10
			街巷绿化布局 D11
		自然特征 C5	风速特征 D12
			风向特征 D13
			温度特征 D14
			其他气象特征 D15
		地理特征 C6	植被覆盖率 D16
			下垫面特征 D17
			水体分布 D18

A.6.5 获得各指标权重后根据同样数量的专家对目标建筑群进行匿名评估，并对问卷结果进行归一化处理得到风环境指标模糊隶属度统计表。

A.6.6 山地丘陵地区室外建筑群风环境评估等级分为 5 个等级，分别赋值为 100 分、80 分、60 分、40 分、20 分，分别对应特别好、比较好、一般、比较差、特别差。

A.6.7 山地丘陵地区室外建筑群风环境评估最终得分应按照下式：

$$I = U \cdot V^T \tag{9}$$

$$U = \omega \cdot R \tag{10}$$

式中：

I —— 最终得分

U —— 评估矩阵

V^T —— 是 5 个评级等级矩阵的转置

ω —— 指标权重

R —— 为模糊隶属度矩阵

A.7 山地丘陵地区室外建筑群风环境评估体系技术路线图

风环境评估技术路线图如图 A.5 所示。

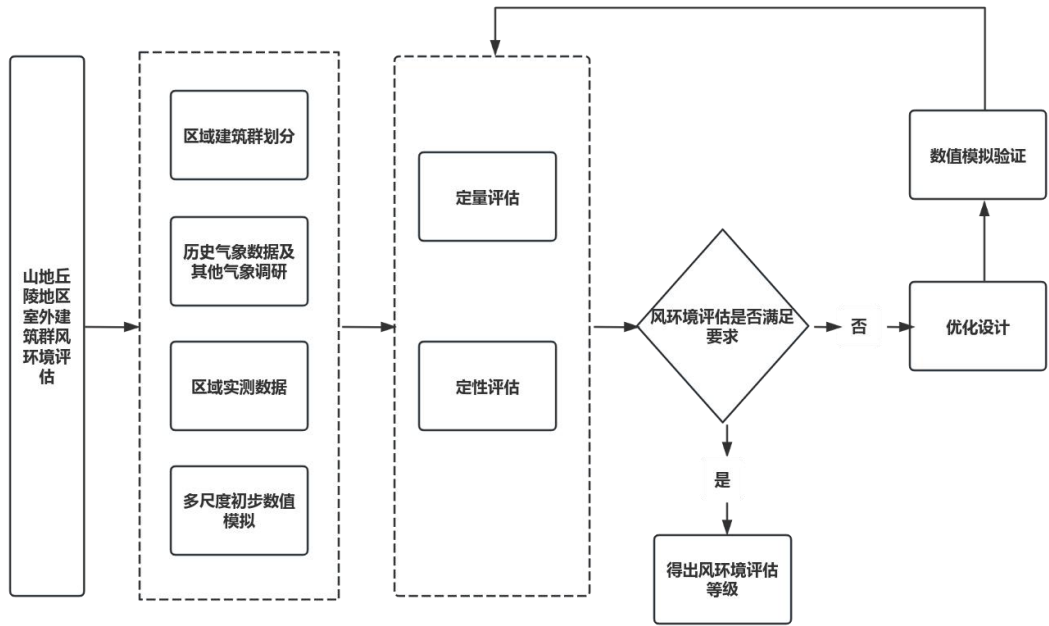


图 A.5 山地丘陵地区室外建筑群风环境评估体系技术路线图

附录 B
(资料性)
案例分析

B.1 说明

本规范以浙江省沿海山地丘陵地区某村落为例进行案例分析,为直观理解规范的实施方式提供参考,本规范仅以冬季进行案例分析。

B.2 该区域调研概况

B.2.1 该地东西北面环山,南临象山港,地势北高南低,最高峰海拔 302 米,属于沿海山地丘陵地区。从附近气象站获取 2007—2021 年的风场资料中得知该区域冬季盛行北风,主导风向为北西北风向,平均风速 2.0 m/s;夏季盛行东南风,主导风向为东东南风向,平均风速为 1.8 m/s。该区域地形地貌及高程等数据的于国内数字高程模型数据库中获取。

B.2.2 从附近气象站获取 2007—2021 年的当地风场资料(平均风速、最大风速、最大风速风向等)并对收集到的资料进行整理分析。结果表明当地全年平均风速最大情况出现在冬季。全年平均风速为 1.9 m/s,该区域全年最大平均风速为 4.7 m/s,其中 1 月平均风速为 2.1 m/s,与最小月平均风速的差值为 0.5 m/s。冬季夏季平均风速分别为 2.0 m/s 和 1.8 m/s。

B.2.3 从附近气象局收集 2017—2021 年相关气温数及气候舒适度数据,对月平均气温数据进行分析,得出当地气候受象山港海水调节,整体呈现冬暖夏凉,温暖湿润的特征。冬季气温整体偏高,夏季高温出现频次少,持续时间短。近 5 年平均气温为 18.7 ℃,月平均气温以 8 月份最高,为 28.2 ℃;1 月份最低,为 8.2 ℃。冬季(12 月到次年 2 月)平均最高气温 13.4 ℃。

B.3 现场实测环节

B.3.1 实地测量仪器主要选用 LWR2500 新型多普勒激光测风雷达、HWS3000 棒式全固态手持气象站以及 HWS1000 穿戴式多功能手持气象站进行风环境测试,对各测点的风速风向进行详细记录。

B.3.2 测试时间为连续三天且每天的测试时间为上午 10 点到下午 4 点,本案例仅以冬季现场测试为例且因条件有限案例中的实测时间仅为三天,在实际风环境评估中应至少分冬夏两季进行且测试时间应尽量久以满足风场分析。

B.3.3 该地建筑群区域划分与测点布置情况如下图 B.1 所示,图中 A 至 F 代表测点大概位置,实测方法应根据 7.3 现场实测的要求进行,其中,各个特征点表征如表 B.1 所示。

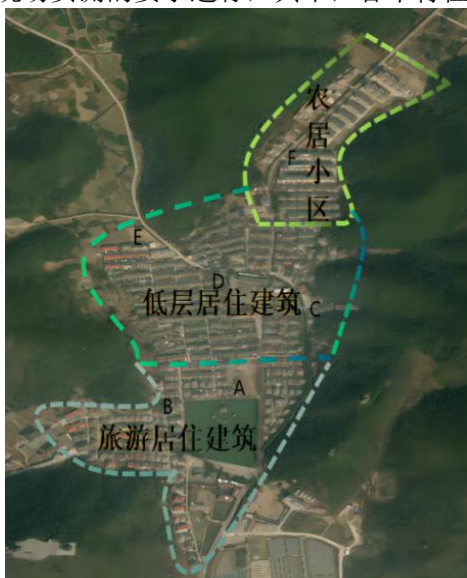


图 B.1 案例区域建筑群区域划分及测点布置图

表 B.1 各特征测点情况

测点	特征测点情况
A	某湖后，周围无遮挡，建筑多为横向布局。
B	湖西边，旅游民宿用房前，建筑多为纵向布局。
C	村居委会周边建筑群旁边空地，建筑群地势较高。
D	小体积民居建筑群东，无遮挡，建筑布局紧凑。
E	山坳入口处，新建民居建筑附近，后无遮挡。
F	某小区内，建筑群高度普遍较高。

B.3.4 测试结果归纳为表 B.2 所示。

表 B.2 各测点风速统计

测点	最小风速 (m/s)	最大风速 (m/s)	平均风速 (m/s)
A	0.2	2.5	0.7
B	0.3	3.2	1.0
C	0.3	2.7	0.7
D	0.2	3.2	0.8
E	0.2	2.2	0.6
F	0.2	2.0	0.6

B.4 该村数值模拟计算

B.4.1 中尺度气象数据获取与转换

- 本案例以目标村落为模拟的区域中心位置，采用三层区域嵌套设置，如图 B.2 所示中尺度 WRF 模拟的区域范围；
- 选取北京时间 2020 年 8 月 28 日 6:00 至 31 日 23:00 作为初始时间，初始风场资料选取 NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 的全球再分析资料，边界条件每 6 h 更新一次，地图投影方式为 Lambert 投影。由于地表粗糙度会影响湍流和通量的强度，因此本案例选取两种边界层参数方案 YUS、Shin-Hong 进行对比，数值模拟中各嵌套层网格设置及物理过程参数化方案配置见表 B.3 物理过程参数化方案配置表所示；
- 利用 WRF-ARW 模拟了三层嵌套模式，模拟研究村落中尺度风场特性，模拟结果输出为 Netcdf 风塔两天获取的数据进行分析得出选用 Shin-Hong 边界层参数方案的模拟结果与实测结果更为接近，WRF 模拟数据检验结果如表 B.4 所示；
- 后续在缺少数据的情况下宜采用 Shin-Hong 边界层参数方案的模拟结果作为目标村落的实际风场情况进一步分析且在一定程度上可以利用模拟结果替代实测数据以达到数据增广的目的。

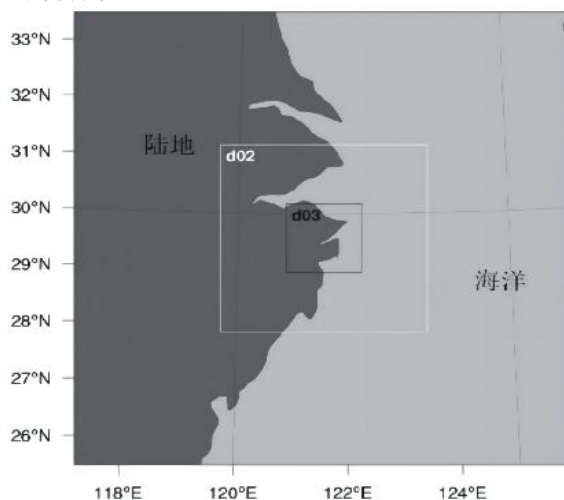


图 B.2 WRF 计算域

表 B.3 物理过程参数化方案配置表

参数	嵌套层		
	d01	d02	d03
水平分辨率/km	9	3	1
网格数	100×100	124×124	136×136
垂直分层	50		
微物理过程	WSM6		
积云参数化	New Tiedtke		
长波辐射	RRTMG		
短波辐射	RRTMG		
边界层	YSU		Shin-Hong

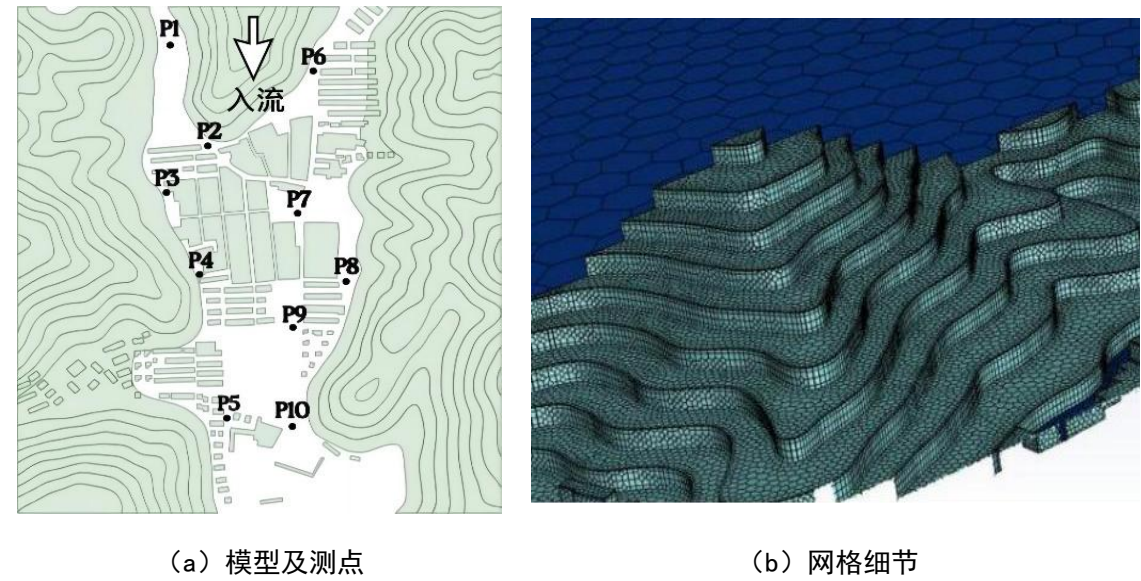
表 B.4 WRF 模拟数据检验结果

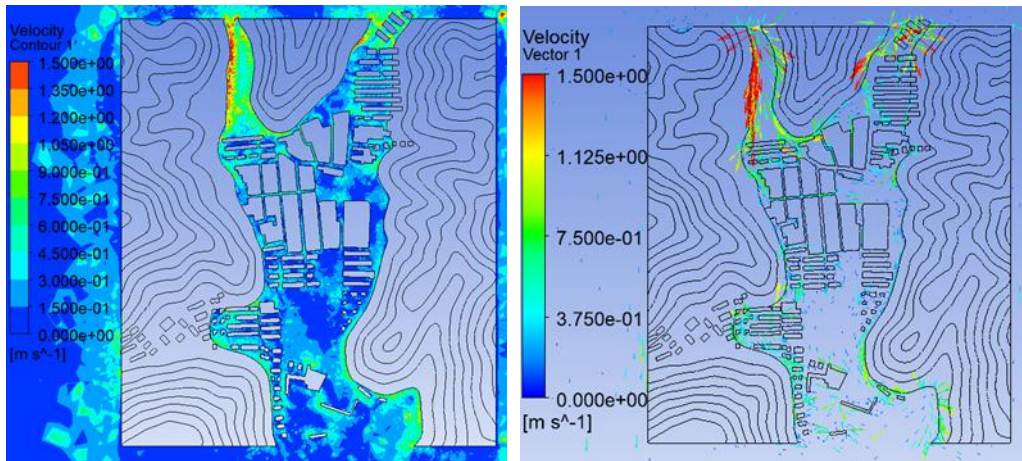
参数方案	模拟区域	均方根误差 (RSME)	相关系数 (R)
YSU	d01	3.37	0.23
	d02	3.04	0.56
	d03	2.87	0.44
Shin-Hong	d01	3.87	0.26
	d02	3.03	0.58
	d03	2.86	0.48

B.5 局部区域 CFD 模拟

B.5.1 计算域边界条件设置情况如下，以目标建筑尺寸为 H，计算域以地形模型为基准，向四周和上方延伸大约 3 H，即 3.5 km×3.5 km×0.5 km；速度入口边界（velocity-inlet）为入口边界条件，案例以冬季为例，入流方向为北风，入口风速取当地多年历史风速数据的统计平均值，对面设为压力出口（pressure-outlet），另外两个侧面和顶面采用对称边界条件（symmetry），底面及建筑物表面采用无滑移壁面条件（wall），地面粗糙度为 0.160m；网格采用六边形非结构网格共 141 万个，湍流模型选择标准 k-ε 模型，算法采用 SIMPLE 算法，数据收敛精度至 10⁻⁵，数值模拟可以采用 RNS 或者 LES 模式进行。

B.5.2 模型、网格细节、计算结果云图等如下图 B.3。





(c) 风速云图

(d) 风矢量图

图 B.3 CFD 模拟部分过程及结果图 a~d

B.5.3 数值模拟结果应与实测结果进行对比验证，从数值模拟结果中提取实测点位置对应的平均风速与实测平均风速对比。图中结果显示模拟效果较好，此模拟结果可用于分析风环境评估。对比结果如下图 B.4 所示。

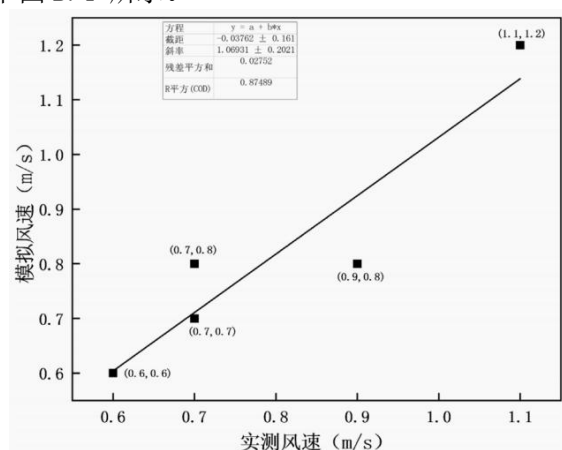


图 B.4 实测与模拟对比图

B.6 以平均风速和风速放大系数的定量风环境评估

B.6.1 根据地貌和建筑群布局情况将该区域划分为两条风流路径，测点 P1-P5 为路径①，测点 P6-P10 为路径②，提取数值模拟中 10 个测点平均风速数据如图 B.5。

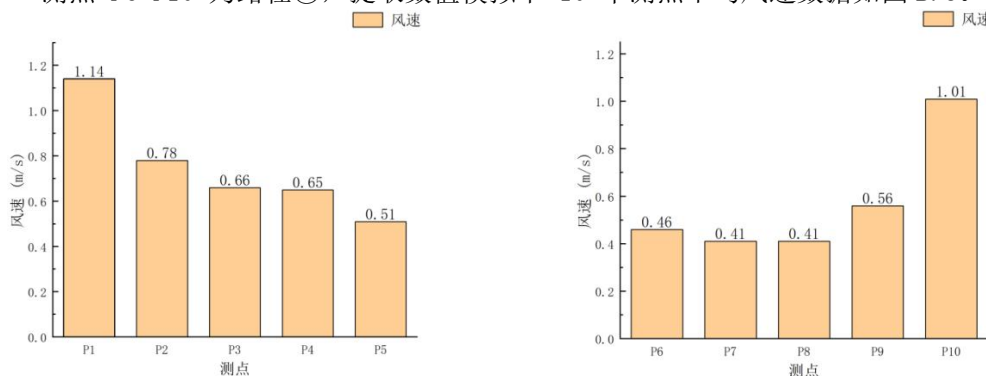


图 B.5 各测点平均风速数据

B.6.2 测点 P9 所在地较为空阔可当做开阔平坦区域，利用其他测点平均风速可计算各测点的风速放大系数。

B.6.3 以冬季为例进行风环境评估，各测点的风速放大系数均小于 2.0 满足本规范的要求。但某些测点的风速略低于 0.5 m/s，本规范中规定为保证空气质量满足舒适度要求区域内平均风速不宜低于 0.5 m/s，因此应对该区域建筑群进行风环境优化。

B.7 综合评价指标体系的定性风环境评估

B.7.1 邀请 15 位专家对山地丘陵地区室外建筑群风环境评估指标进行相对重要性打分，评估指标中的行人高度处风速 D1 和风速放大系数 D2 采用熵值法确定相对权重，把结果转化为标准化打分放入层次分析法计算中，除此外的所有指标采用层次分析法进行计算。

B.7.2 层次分析法权重计算示例以第一指标层 B 为例进行展示，表 B.5 为目标层 B 相对重要性打分表。

表 B.5 目标层 B 相对重要性打分表

维度指标	社会环境	空间环境	基础环境	权重
社会环境	1.000	1.702	2.851	0.498
空间环境	0.588	1.000	2.222	0.332
基础环境	0.388	0.450	1.000	0.170

表中可得判断矩阵 $B = \begin{bmatrix} 1.000 & 1.702 & 2.851 \\ 0.588 & 1.000 & 2.222 \\ 0.388 & 0.450 & 1.000 \end{bmatrix}$ ，其权重 ω_i 应按下式计算：

$$\omega_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \tag{11}$$

得出 $\omega_i = \begin{bmatrix} 0.498 \\ 0.332 \\ 0.170 \end{bmatrix}$ 为第一指标层 B 的单层权重。

B.7.3 计算出权重后还应通过一致性检验才能说明得到的权重是可靠的，一致性检验标准为 $CR \geq 0.1$ 时为不通过， $CR < 0.1$ 时通过，证明权重可靠，应按下式进行一致性检验：

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(B\omega)_i}{n\omega_i} \tag{12}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1} \tag{13}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{14}$$

式中：

- $\lambda_{\max}$ —— 为最大特征值
- CI —— 为一次性指标
- N —— 为矩阵的阶数
- RI —— 为平均随机一次性指标， RI 的取值应按表 B.6 采用

表 B.6 平均随机一次性指标 RI 取值

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.520	0.890	1.120	1.260	1.360	1.410	1.460	1.490

B.7.4 第一指标层 B 的 $\lambda_{\max}$ 为 3.016, CI 为 0.008, CR 为 $0.016 < 0.1$, 一致性检验通过。其他指标均应按照上述方法进行权重计算及一次性检验。

B.7.5 对于某些指标人为难以做出决策时可使用熵值法进行权重计算, 本规范以 D1、D2 两指标为例用熵值法求权重, 首先应对原始数据进行标准化后再进行求解, 求解应按照下式进行:

$$A = (a_{ij})_{m \times n} = \begin{Bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{Bmatrix} \quad (15)$$

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min(a_i)}{\max(a_i) - \min(a_i)} \text{ 或 } r_{ij} = \frac{\min(a_i) - a_{ij}}{\max(a_i) - \min(a_i)} \quad (16)$$

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (17)$$

$$E_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (18)$$

$$\omega_j = \frac{1 - E_j}{n - \sum_{j=1}^n E_j} \quad (19)$$

式中:

- A —— 原始数据矩阵
- r_{ij} —— 经标准化的原始数据矩阵
- p_{ij} —— 指标比重
- E_j —— 信息熵
- ω_j —— 权重
- m —— 为参与评估项目的数量

B.7.6 D1、D2 两指标权重如下表 B. 7。

表 B. 7 D1、D2 熵值法权重

指标项	信息熵值	信息效用值	权重
行人高度风速	0.981	0.019	0.601
风速放大系数	0.988	0.012	0.399

B.7.7 获取所有指标权重, 如表 B. 8 所示。

表 B. 8 所有指标权重表

一级指标	单层权重	二级指标	单层权重	三级指标	单层权重	最终权重
社会环境	0.498	行人舒适性	0.727	行人高度风速	0.601	0.218
				风速放大系数	0.399	0.144
		行人安全性	0.273	强风区面积比	0.777	0.106
				空气清洁度	0.223	0.030

表 B.8 所有指标权重表（续）

一级指标	单层权重	二级指标	单层权重	三级指标	单层权重	最终权重
空间环境	0.332	村落建筑排布	0.625	建筑高度	0.182	0.038
				建筑密度	0.349	0.072
				建筑迎风面积比	0.313	0.065
				建筑与迎风面夹角	0.156	0.032
		村落街巷排布	0.375	街巷走向	0.689	0.086
				街巷尺度	0.152	0.019
				街巷绿化布局	0.159	0.020
基础环境	0.170	自然特征	0.779	风速特征	0.518	0.069
				风向特征	0.183	0.024
				温度特征	0.157	0.021
				其他气象特征	0.142	0.019
		地理特征	0.221	植被覆盖率	0.349	0.013
				下垫面特征	0.329	0.012
				水体分布	0.322	0.012

B.7.8 隶属度计算仍需前述 15 位专家进行评估，整理记录专家评估情况并进行归一化处理汇总成模糊评估统计表，如表 B.9 所示。

表 B.9 冬季模糊评估归一化后统计表

三级指标	特别好	比较好	一般	比较差	特别差	合计
行人高度风速	0.133	0.200	0.400	0.200	0.067	1
风速放大系数	0.200	0.267	0.200	0.133	0.200	1
强风区面积比	0.133	0.267	0.200	0.133	0.267	1
空气清洁度	0.267	0.133	0.333	0.133	0.133	1
建筑高度	0.133	0.133	0.267	0.200	0.267	1
建筑密度	0.267	0.200	0.200	0.200	0.133	1
建筑迎风面积比	0.200	0.200	0.333	0.133	0.133	1
建筑与迎风面夹角	0.133	0.333	0.067	0.200	0.267	1
街巷走向	0.200	0.200	0.267	0.133	0.200	1
街巷尺度	0.133	0.467	0.200	0.067	0.133	1
街巷绿化布局	0.200	0.133	0.200	0.333	0.133	1
风速特征	0.133	0.133	0.267	0.200	0.267	1

表 B.9 冬季模糊评估归一化后统计表（续）

三级指标	特别好	比较好	一般	比较差	特别差	合计
风向特征	0.133	0.400	0.267	0.133	0.067	1
温度特征	0.200	0.133	0.200	0.267	0.200	1
其他气象特征	0.267	0.200	0.067	0.133	0.333	1
植被覆盖率	0.200	0.267	0.133	0.067	0.333	1
下垫面特征	0.133	0.133	0.267	0.200	0.267	1
水体分布	0.067	0.133	0.333	0.200	0.267	1

B.7.9 从上表可得到每个指标的隶属度如 C1 指标包含 D1、D2, 因此 C1 的隶属矩阵为:

$$R_{C1} = \begin{bmatrix} 0.133 & 0.200 & 0.400 & 0.200 & 0.067 \\ 0.200 & 0.267 & 0.200 & 0.133 & 0.200 \end{bmatrix}$$

B.7.10 利用 C1 指标的权重向量计算得到评估矩阵 U_{C1} :

$$U_{C1} = \omega_{C1} \cdot R_{C1} = [0.601 \quad 0.399] \cdot \begin{bmatrix} 0.133 & 0.200 & 0.400 & 0.200 & 0.067 \\ 0.200 & 0.267 & 0.200 & 0.133 & 0.200 \end{bmatrix}$$

$$= [0.160 \quad 0.227 \quad 0.320 \quad 0.173 \quad 0.120]$$

$$\text{同理 } U_{C2} = [0.163 \quad 0.237 \quad 0.230 \quad 0.133 \quad 0.237]$$

$$R_{B1} = \begin{bmatrix} U_{C1} \\ U_{C2} \end{bmatrix}$$

$$U_{B1} = \omega_{B1} \cdot R_{B1} = [0.727 \quad 0.273] \cdot \begin{bmatrix} 0.160 & 0.227 & 0.320 & 0.173 & 0.120 \\ 0.163 & 0.237 & 0.230 & 0.133 & 0.237 \end{bmatrix}$$

$$= [0.161 \quad 0.230 \quad 0.295 \quad 0.162 \quad 0.152]$$

$$\text{同理 } U_{B2} = [0.197 \quad 0.217 \quad 0.238 \quad 0.170 \quad 0.178]$$

$$\text{同理 } U_{B3} = [0.157 \quad 0.189 \quad 0.231 \quad 0.181 \quad 0.242]$$

$$U_A = \omega_A \cdot R_A = \omega_A \cdot \begin{bmatrix} U_{B1} \\ U_{B2} \\ U_{B3} \end{bmatrix} = [0.1774 \quad 0.2187 \quad 0.2652 \quad 0.1679 \quad 0.1759]$$

B.7.11 本规范将评估等级分为 5 个等级 $\{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\} = \{100, 80, 60, 40, 20\}$, 该地的风环境评估得分分为:

$$I = U_A \cdot V^T = [0.1720 \quad 0.2183 \quad 0.2655 \quad 0.1681 \quad 0.1761] \cdot \begin{bmatrix} 100 \\ 80 \\ 60 \\ 40 \\ 20 \end{bmatrix} = 61.382$$

可得知该区域的夏季室外建筑群风环境评估结果为“一般”。

B.7.12 本规范仅以浙江某地冬季室外建筑群风环境评估为参考案例, 在实际工程应用中应至少分冬、夏两季进行风环境评估。

B.8 风环境优化

B.8.1 根据指标得出该村落风环境综合评估分数为 61.382 对应等级“一般”，但出现风速低于 0.5 m/s 的情况，应对该地进行风环境优化。

B.8.2 该地若为待建建筑工程项目，宜按以下措施进行优化：

- a) 动态调整设计布局，改变建筑群密度，减少低风速区和高风速区，防止涡流和无自然气流区域；
- b) 对该区域建筑群局部优化，该区域建筑群分布可分为 A、B、C、D 四个板块如图 B.6 所示，高度分别是 17 m、14 m、11 m、20 m，本案例主要采取的优化方法主要是减小 A、C 部分的建筑密度，并且交换 A、C 两部分的建筑高度。数值模拟等其他同前述，得到各测点优化前后的平均风速数据如图 B.7 所示：

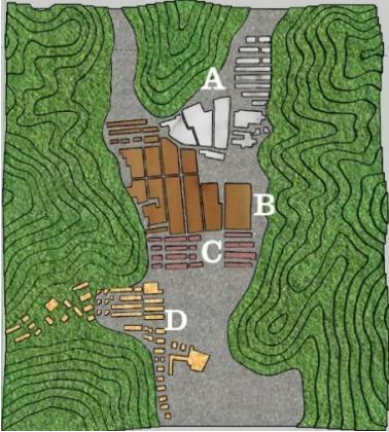


图 B.6 设计分布图

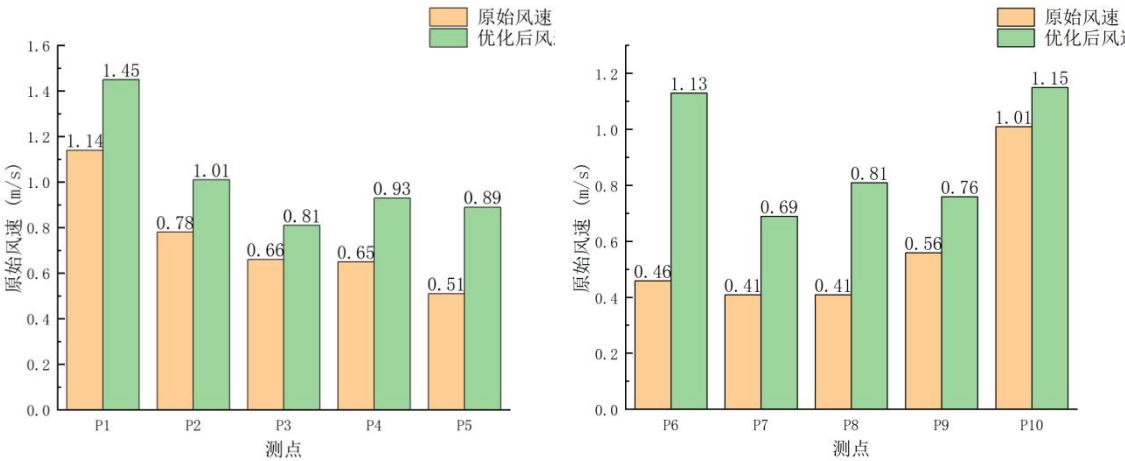


图 B.7 优化后各测点平均风速对比

- c) 经布局优化后明显改善该区域内的风速情况，大大提升舒适度。

B.8.3 该地若为既有建筑，宜按以下措施进行优化：

- a) 调整建筑物的高宽比，提升建筑区空气流通能力；
- b) 其他一些经济成本相对较低的措施，例如设置绿化植被、挡墙、在建筑群中设置水体等。