

爱尔兰气候条件与 HUAYING 集成房屋产品适配建议书

基于爱尔兰 1991–2020 气候常态、TGD Part L 2021 能效门槛与 IS EN 1991-1-4 风荷载的量化评估

版本 2026-10-18 | 场地基准：都柏林 53.35°N / 6.26°W（全国代表性取值见第 2 章）

算法：IS EN ISO 6946 一维串联热阻 + 二维控制容积热桥求解 + EN ISO 13788 湿气判定

全部数值可复算，计算脚本随报告归档

目录

摘要

一、气候特征

二、太阳几何与朝向

三、合规门槛

四、产品差距诊断

五、适配方案

六、节点与施工控制

七、市场定位与商务建议

八、参数速查

九、局限与适用范围

摘要 三句话，先把结论说清

结论一 · 合规

100 mm 墙板在爱尔兰做不到合规。

Part L 2021 对墙体设定的底线值是 $U \leq 0.18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。现行 100 mm PIR 双面钢板做到 $U = 0.221$ (含节点 0.229)，缺口 23%。用 PIR 满足 0.18 需要 **124 mm** 保温，用 EPS 需要 **215 mm**。这不是工艺问题，是厚度预算的算术问题。

结论二 · 唯一出路

不要做更厚的单层板，要做“工厂板 + 现场内保温”的复合墙体。

把工厂 100 mm PIR 板与现场 50 mm 内保温叠加，总厚 150 mm，实际 U 降到 **0.152**，一次性越过 0.18 与 0.15 两条线。运输体积不变（仍是 2.2 m 宽的标准箱型），现场只增加一道工序，却换来 15% 的性能余量。

结论三 · 爱尔兰的特殊性

这里的主要矛盾是防潮，不是隔热。

全国年均降水 1,288 mm、西部达 1,430 mm，冬季室外相对湿度长期高于 85%，且金属外皮完全不可渗透。墙体一旦封闭就没有干燥能力——**防水必须靠外皮与板缝，而不是靠墙体排湿**。这一条决定了节点做法比保温材料更关键。

0.18 Part L 墙 ≤ 0.18 W/(m²·K)	0.152 推荐构造实测 U 值
1,430 最湿区年降水 mm (Valentia)	0.79 翼板上吸 ÷ 整箱自重

本报告要回答的四个问题

问题	答案	依据章节
爱尔兰的气候对箱房意味着什么？	温差不大（年均 9.8 °C），但 湿度高、风大、雨多且斜 ——病害以受潮和风揭为主，而非冻害	第一章
现有产品能不能直接卖？	能卖，但 不能作为永久住宅卖 。用于临时办公、工地营地、附属用房完全可行	第三、七章
要进住宅市场需要改什么？	墙体加厚到 150 mm（100 工厂 + 50 现场）、节点改 A 级舌榫、暖侧加连续隔汽层	第五、六章
改完值不值？	值得。墙体材料成本增量约 +41% （198 → 280 元/m ² ，用石膏板内衬），但打开的是爱尔兰住宅与附属住宅（Class 3A）市场	第七章

— 气候特征：温和，但绝不友好

爱尔兰属温带海洋性气候（Cfb），受北大西洋暖流调节，**冬无严寒、夏无酷暑**。这个"温和"的表象极具误导性——真正决定建筑成败的是另外三个参数。

1.1 气温：几乎没有设计压力，但有 40 天霜冻

指标	全国均值	说明
年均气温	9.8 °C	区间 8.5–10.8 °C，沿海最暖
最冷月（1 月）	5.4 °C	季节均值；内陆日均最低约 2.5 °C
最热月（7 月）	14.6 °C	季节均值；内陆日均最高 18–20 °C
极端最低（冬季）	–5 ~ –10 °C	内陆霜冻，沿海罕见；采暖设计外温取 –2 °C
年霜冻日数	40+ 天	Kilkenny 达 53 天；沿海较少

对箱房的意义

气温不是主要矛盾。–2 °C 的采暖设计外温，意味着**结露风险远大于冻胀风险**：外墙内表面只要低于 10.2 °C（室内 21 °C/50%RH 的露点）就会挂露。在 100 mm PIR 墙体上，板缝处的内表面温度实测可低至 6.3 °C（C 级节点）——这就是发霉的起点。

1.2 降水：西部是东部的 1.7 倍

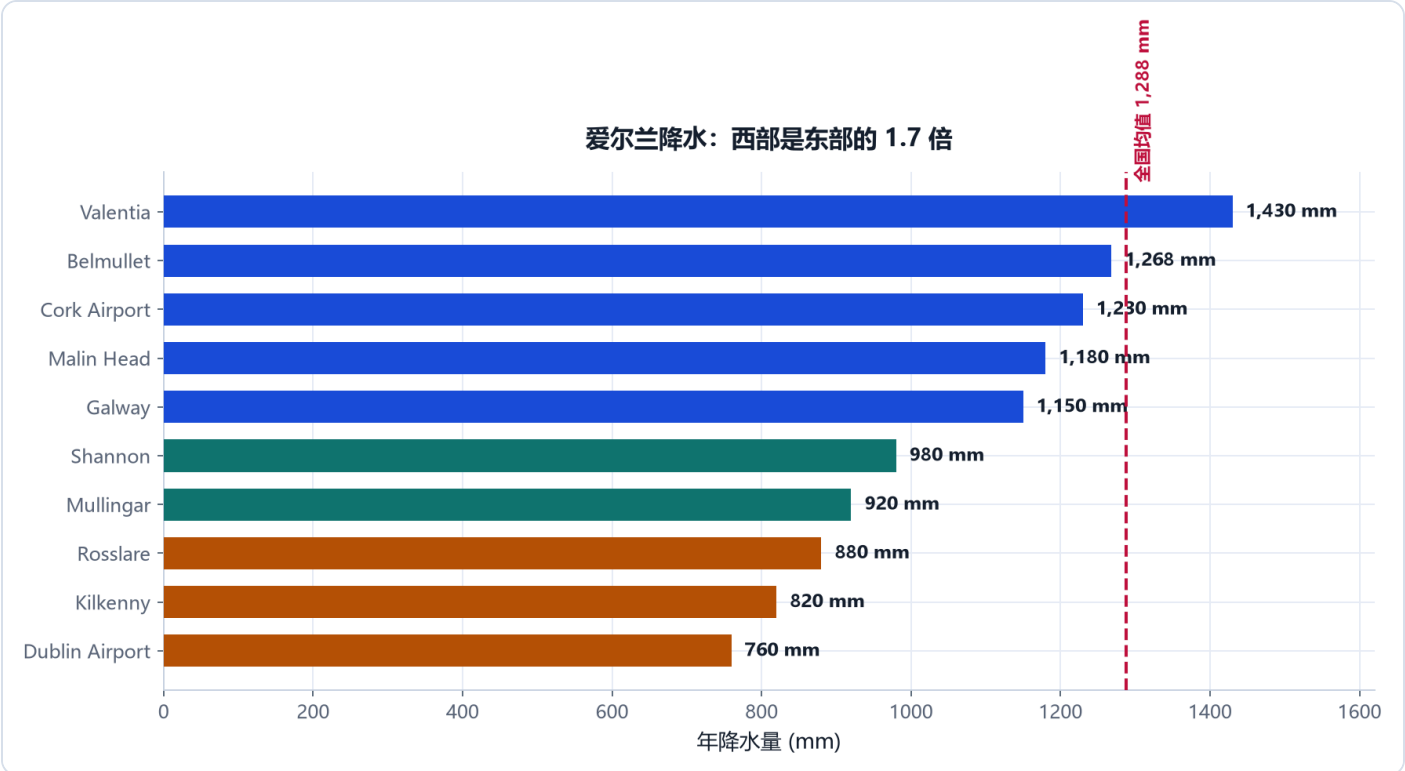


图 1 爱尔兰年降水量分布。全国均值 1,288 mm，东部都柏林 760 mm，西南 Valentia 达 1,430 mm。同一个国家内部差 1.7 倍，报价与配置必须按场地所在分区确定，不能全国一套。

1991–2020 气候常态显示，全国年均降水 **1,288 mm**，呈明显的西高东低梯度：东海岸 878 mm，西南山区 2,045 mm。冬、秋两季最湿（各约 370–380 mm），春季最干（256 mm）。年“湿日”（日降水 ≥ 1 mm）西部达 225 天，东部 151 天。

更关键的是**降水形态**。爱尔兰的雨多由大西洋锋面带来，几乎总伴随强风，因此是**斜雨（driving rain）**而非垂直落雨。Met Éireann 按 I.S. EN ISO 15927-3 编制的斜雨指数图显示，西部沿海年斜雨量可达 **800–900 L/m²**，都柏林机场约 **400 L/m²**。TGD Part C 据此把全国划为**中等暴露区**与**严重暴露区**两档，分界线大致沿西部与西北海岸，此外**任何山丘、山坡上的建筑、以及高出周边环境的建筑，一律按严重暴露处理**。

这是本报告最重要的一条气候结论

斜雨会在**板缝、窗洞、阴角**形成局部高压渗水。箱房的接缝密度是常规建筑的 5–10 倍（每 1.15 m 一条板缝，每个转角一条竖缝），这意味着**箱房的防水失效概率天然高于砖混结构**。在爱尔兰，一条没做好的板缝在两个冬季内就会表现为内墙霉斑——而客户只会认为是“中国房子的质量问题”。

1.3 风：决定箱房能不能"展开"

爱尔兰是欧洲风资源最丰富的地区之一。主导风向为**西南偏西**，年均风速从东南部的 3 m/s 到北部沿海的 8 m/s。内陆如 Carlow 每年大风日不足 2 天，而北部沿海如 Malin Head 超过 50 天。

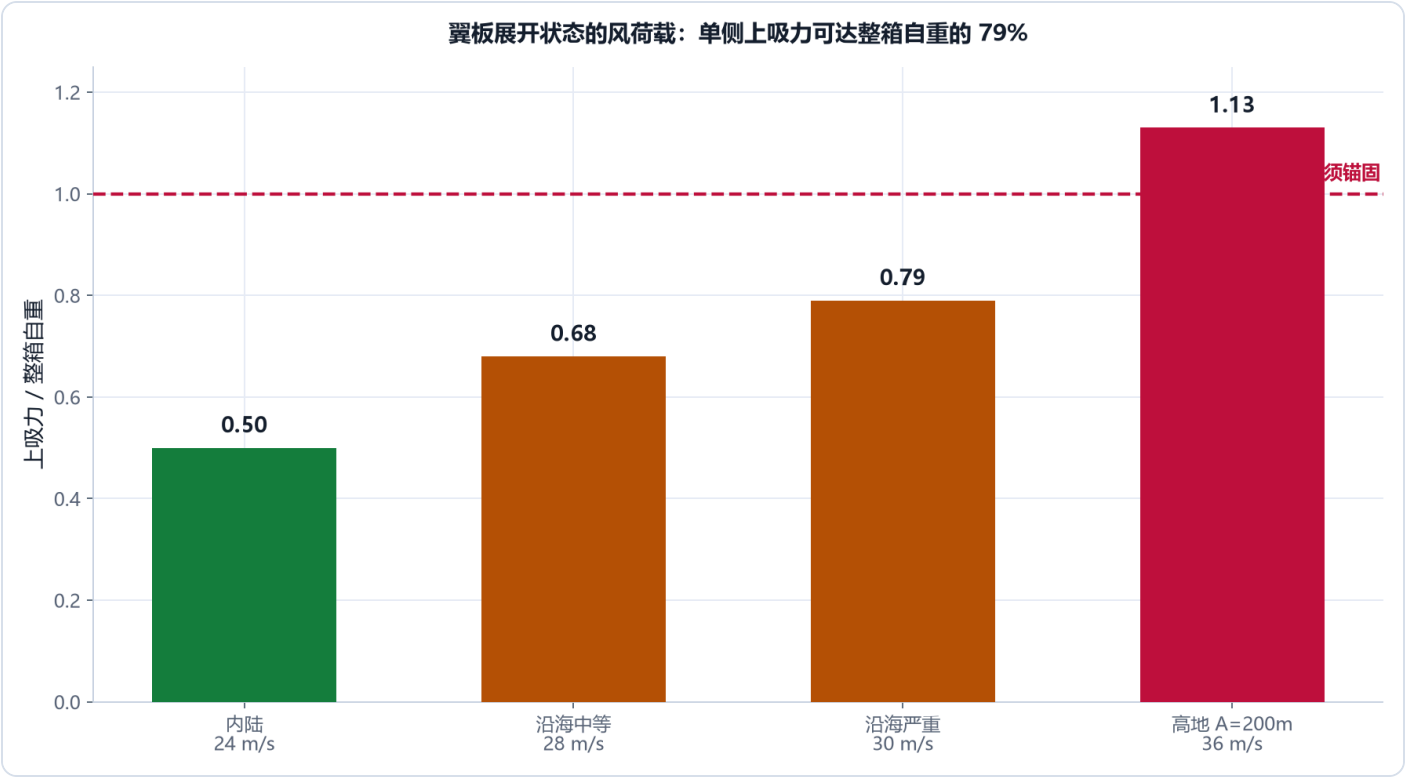


图 2 20ft 双翼箱房在展开状态下，单侧翼板承受的风上吸力与整箱自重的比值。按 EN 1991-1-4 爱尔兰国家附录 ($v_{b,map}$ 24–30 m/s, $c_{alt}=1+0.001A$) 与平面 $c_{p,e}=-2.0$ 计算。

场地类型	$v_{b,0}$ (m/s)	q_p (kN/m ²)	单侧翼板上吸 (kN)	上吸/自重	判定
内陆遮蔽 (Laois、Offaly)	24	0.68	22.2	0.50	可用，需常规锚固
内陆暴露 (Meath、Kildare)	26	0.80	26.0	0.59	可用
沿海中等 (都柏林、Wicklow)	28	0.93	30.2	0.68	需加强锚固
沿海严重 (Cork、Kerry、Galway、Donegal)	30	1.06	34.7	0.79	必须专项锚固设计
高地 (海拔 200 m 以上)	36	1.53	49.9	1.13	上吸超过自重，不可直接展开使用

必须写进合同的技术边界

在沿海严重区，单侧翼板的上吸力已达 **34.7 kN**（约 3.5 吨），相当于整箱自重的 **79%**。箱房靠自重抗风已经不安全，**必须做基础锚固**。海拔 200 m 以上或暴露山脊，上吸力超过自重，展开状态**不能作为永久使用状态**——这种情况下只能推荐折叠房或快拼箱，并且必须由当地结构工程师出具锚固方案。

二 太阳几何：夏季要遮，冬季要得

都柏林位于 53.35°N，太阳几何与低纬度地区完全不同：**正午太阳高度角从冬至 13.2° 变到夏至 60.1°，波动 46.9°**。全年 365 天正午太阳都在天顶以南，不存在热带那种“遮蔽方向反转期”，遮阳可以固定投向**南向**。

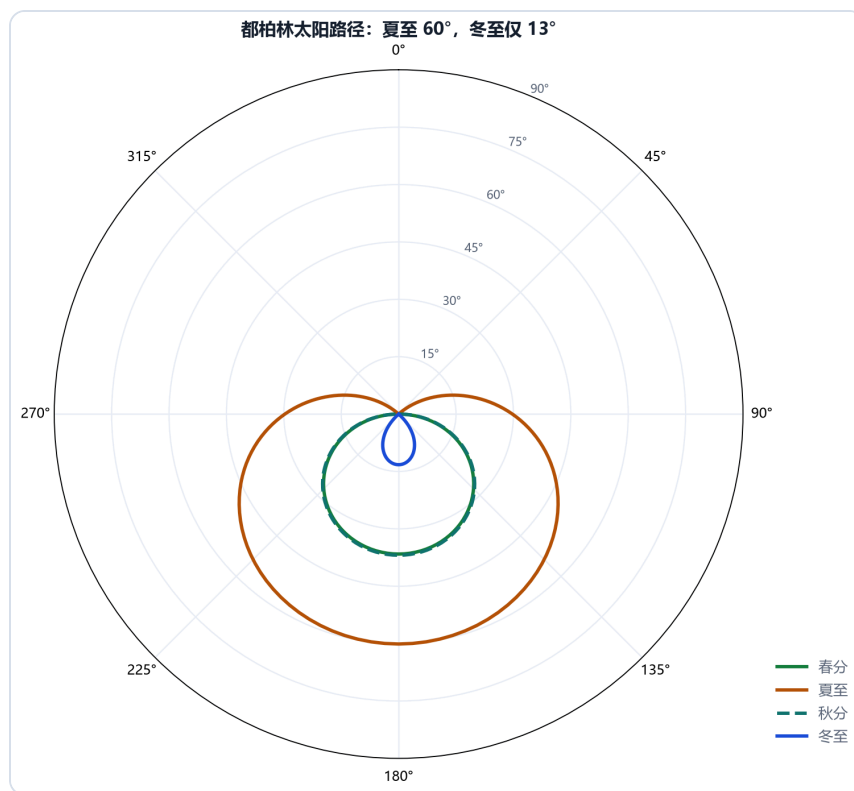


图 3 都柏林太阳路径极坐标图。径向为高度角，圆周为方位角。注意夏至日太阳从东北（48.6°）升起、西北（311.6°）落下，昼长 16.7 小时；冬至日仅从东南（132.3°）到西南（228.2°），昼长 7.2 小时。

2.1 关键几何参数

节气	正午高度角	昼长	水平挑檐 D/H	含义
春分	36.58°	11.9 h	1.347	过渡季，南墙受晒 11.9 h/日
夏至	60.10°	16.7 h	0.575	遮阳压力最大，但南墙受晒仅 9.5 h
秋分	36.90°	12.0 h	1.332	南墙受晒 12.0 h，全年最长
冬至	13.23°	7.2 h	4.253	太阳极低， 应尽量让阳光进来

这条对遮阳设计是决定性的

冬至要完全遮挡正午阳光需要 $D/H = 4.25$ （1.5 m 窗高需 6.4 m 挑檐）——这在任何建筑上都不可行，也**不应该做**。爱尔兰的采暖季（10–3 月）南向垂直面可收到 **92 kWh/m²** 的太阳辐射，这是免费的采暖能源。正确的做法是**只遮夏季、放过冬季**：夏至需要 D/H 0.575，即 1.5 m 窗高配 **0.86 m 挑檐**即可完全遮挡正午阳光。

2.2 各朝向得热指数

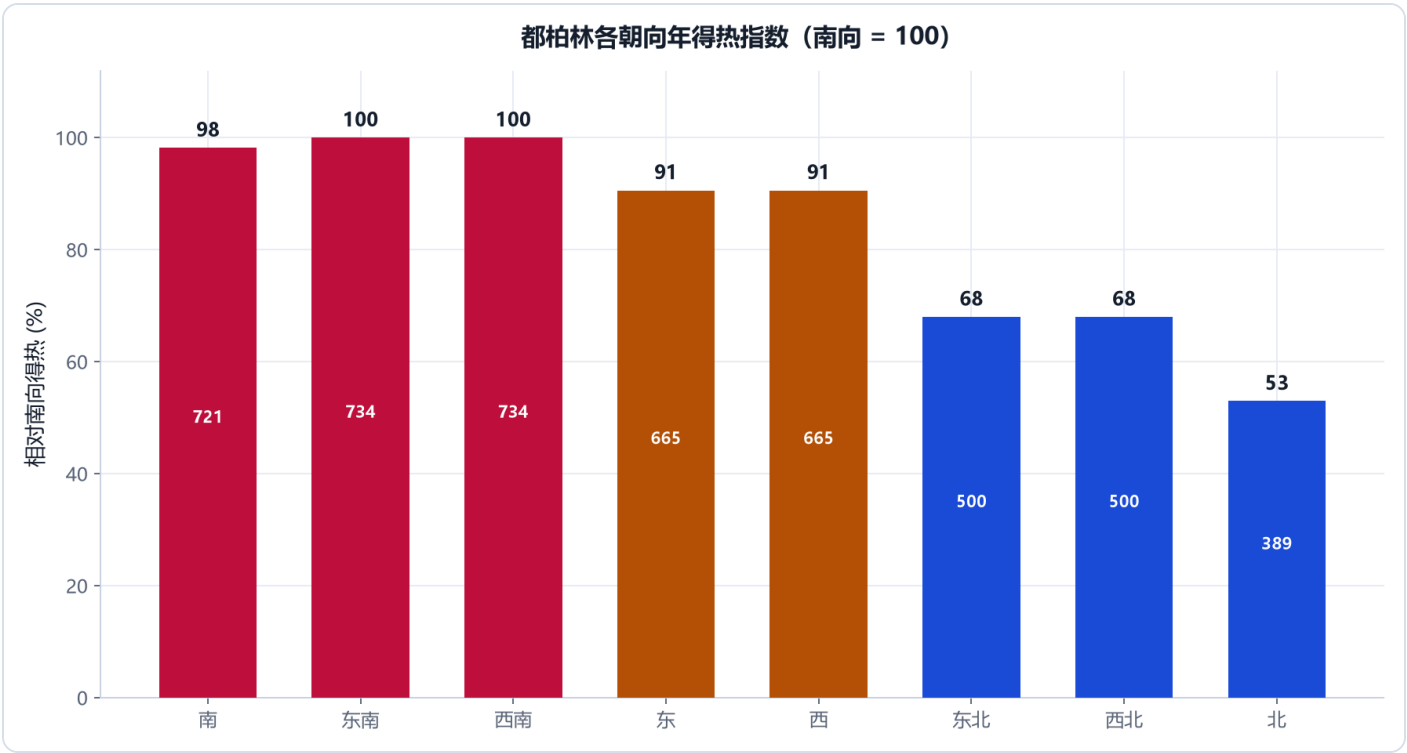


图 4 都柏林各朝向年得热指数。数值为该朝向垂直面的年太阳辐照 (kWh/m²·年)，百分比以南向为 100。南向 721、东南/西南各 734、东西各 665、北向 389。

按各朝向垂直面年辐照排序：**东南 ≈ 西南 (734) > 南 (721) > 东 = 西 (665) > 东北 = 西北 (500) > 北 (389)**。这个排序说明两件事：

- **东南与西南略高于正南**。原因是都柏林的云量大、直射比例低，散射占主导，而倾斜/侧向面能接收更多天空散射。实务上南向仍是首选采光面（冬季得热最多），但东南、西南同样优秀，布局不必强求正南。
- **东西向得热不低（各 665，为南向的 92%）**，且集中在低角度时段。在爱尔兰，西向下午的低角度阳光会造成眩光和局部过热，但总量不大，**用可调外遮阳即可，不必做固定垂直遮阳板**——这与热带/亚热带完全相反。

立面	春季 h/日	夏季 h/日	秋季 h/日	冬季 h/日	策略
南 S	11.9	9.5	12.0	7.1	主采光面，配 0.6–0.9 m 挑檐
东南 SE / 西南 SW	8.5	10.1 / 8.4	8.5	6.9	次采光面，西向加可调遮阳
东 E / 西 W	5.9	8.3 / 6.6	5.9	3.5	适度开窗，注意西晒眩光
北 N	0.0	5.4	0.0	0.0	可开小窗采光，几乎无得热负担

箱房的特殊约束：屋面是第一得热面

水平面年辐照 **942 kWh/m²**，是南向垂直面（721）的 1.3 倍。37.2 m² 屋顶在 6–8 月接收 **15847 kWh**。箱房屋面几乎是纯水平（坡屋顶坡度很小），因此**屋面隔热与通风比墙面遮阳更值得投入**。同时屋面也是光伏的最佳载体：爱尔兰年均 942 kWh/m² 的水平面辐照，配 20% 系统效率可得约 188 kWh/m²·年。

2.3 夏季过热：不是伪问题

爱尔兰传统上不需要制冷，但近年研究给出了警示：对 50 栋爱尔兰近零能耗住宅的实测显示，**26% 的新建建筑未通过 CIBSE TM59 过热判据**，48% 的住宅年均温度超过 WHO 建议值至少 10% 的时间。原因正是“高保温 + 高气密 + 缺遮阳”的组合——这恰好就是箱房的默认配置。

TGD Part L 要求在 DEAP 评估识别出过热风险时做 TM59 评估。对我们的产品意味着：**南向与西向玻璃必须配外遮阳或低 g 值玻璃**，并且必须提供可开启扇用于夜间通风降温。箱房热容量极低（见 5.4 节），夜间通风是唯一有效的被动降温手段。

三 合规门槛：爱尔兰的硬指标

3.1 Part L 2021 最低性能要求（住宅）

部位	最大 U 值 W/(m²·K)	我们的现状（100 mm PIR）	判定
外墙	0.18	0.221 / 含节点 0.229	不达标
屋面	0.16	可加厚实现	需加厚
地面	0.18	取决于基础做法	需专项设计
门窗	1.40	断桥铝双玻约 2.4–2.8	需改三玻或 Low-E
气密性	≤ 5 m³/(h·m²) @50Pa	未测	必须做鼓风门测试

此外还有三项整体性能指标：**EPC ≤ 0.30**（能量性能系数）、**CPC ≤ 0.35**（碳性能系数）、**RER ≥ 20%**（可再生能源比例）。这意味着即使围护结构全部达标，仍需配热泵或光伏才能通过 DEAP 计算。

3.2 关键认知：Part L 不豁免模块化建筑

这是最容易被误判的一条

爱尔兰的**规划许可豁免**（如 Class 3A 后院附属住宅，32–45 m²）与**建筑法规**是两套完全独立的制度。规划豁免**不等于**建筑法规豁免——任何供人居住的结构都必须满足 Building Regulations 1997–2021 的 A 至 M 部分，必须提交开工通知（Commencement Notice）、必须做 BER 评估、必须有指派认证人（Assigned Certifier）。CE 标记只证明工厂产品的性能声明，**不能替代场地阶段与整体合规**。

实务上这意味着：我们不能只卖箱子，必须提供一套**TGD 合规文件包**，包含 U 值计算书、节点热桥 ψ 值、气密性策略、防火等级声明（DoP）、通风设计依据。这不是成本负担，而是竞争壁垒——大多数中国供应商给不出这些东西。

3.3 其他强制项

要求	内容	对我们的动作
氦气 (TGD C 2023)	全境新建建筑均需 备用氦气井 ；高氦区（约占国土 1/3）另需 全底板密封膜	基础做法必须预留集气腔与穿出管；这是箱房常被忽略的项
防火 (TGD B)	居住单元需满足防火分隔与逃生要求；EPS 为 B1 级可燃	住宅用途建议 酚醛 (A2) 或岩棉 (A1) ，避免 EPS
通风 (TGD F)	高气密建筑需可控通风，实践中多为带热回收的机械通风	预留 MVHR 管道空间；箱房层高 2.26 m 是约束
声学 (TGD E)	分户墙与外墙隔声	双层板 + 岩棉内层可兼得隔声
无障碍 (TGD M)	门宽、转弯半径、卫浴尺寸	标准品门宽常不足，需核查

四 产品差距诊断：差在哪、差多少

把第三章的门槛逐条对照现有产品，会得到三个层次的差距，而它们的性质完全不同：**厚度是算术问题**（加厚即可，但受运输限宽约束）、**节点是几何问题**（同样的材料，缝的做法不同，U 值可以差三倍）、**体形是先天问题**（箱房的表面积与地板面积之比注定高于常规住宅，无法靠材料弥补）。混淆这三者会导致错误的投入方向——最常见的错误是把钱花在换保温材料上，而真正的漏点在板缝。

下面按"差距大小 × 修复难度"的顺序展开。先看最容易被忽视、也最容易算清楚的一项：厚度。

4.1 差距一：厚度不够（这是算术，不是工艺）

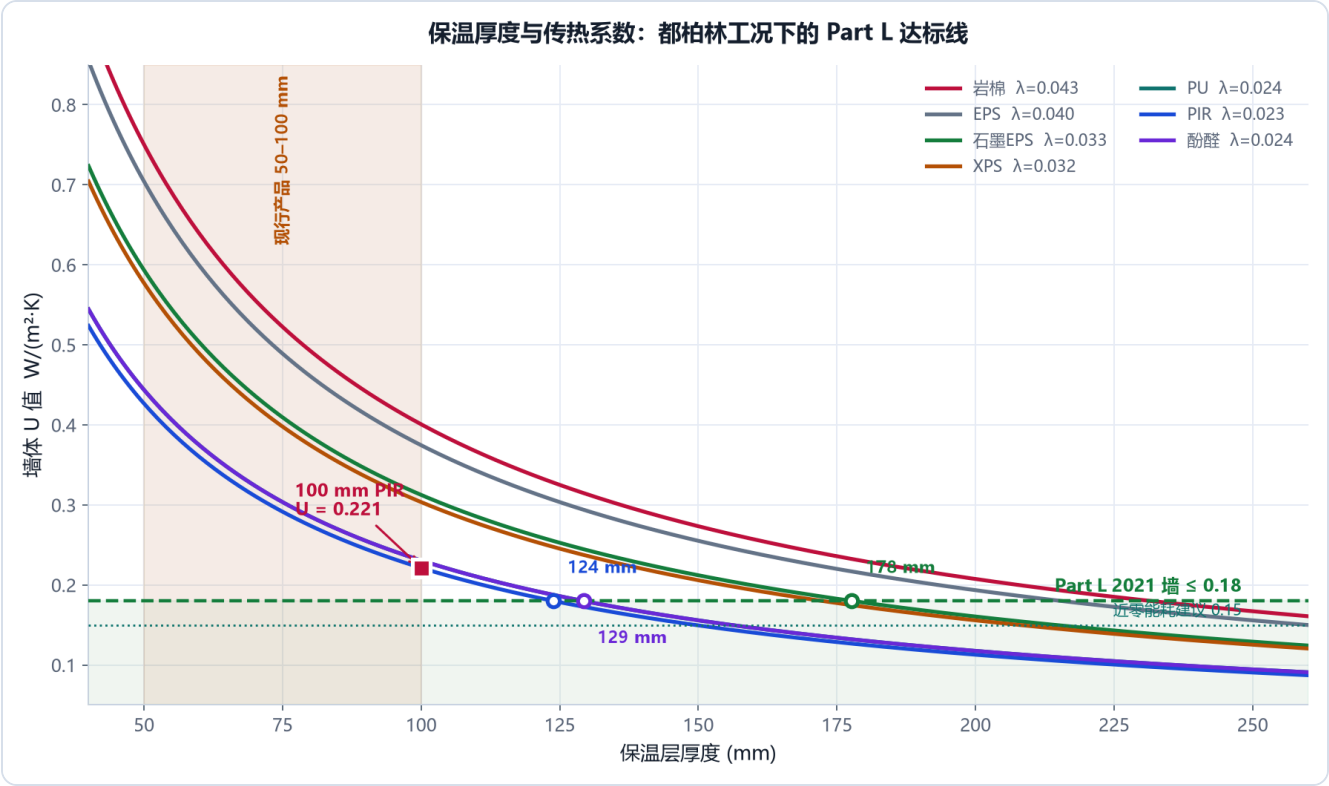


图5 保温厚度与墙体 U 值的关系。绿色虚线为 Part L 2021 的 0.18 底线值，青色点线为近零能耗建议值 0.15，橙色带为现行产品区间 50–100 mm。PIR 达到 0.18 需要 124 mm，酚醛 129 mm，石墨 EPS 178 mm，EPS 215 mm，岩棉 232 mm。

保温材料	λ W/(m·K)	达 0.18 需厚度	达 0.15 需厚度	100 mm 时 U 值
PIR	0.023	124 mm	149 mm	0.221
PU	0.024	129 mm	156 mm	0.231
酚醛	0.024	129 mm	156 mm	0.231
石墨 EPS	0.033	178 mm	214 mm	0.312
XPS	0.032	172 mm	208 mm	0.303
EPS	0.040	215 mm	260 mm	0.375
岩棉	0.043	232 mm	279 mm	0.401

一个直接的商业判断

PIR 与酚醛只需 124–129 mm，而 EPS 要 215 mm。当客户拿"中国 50 mm EPS 的报价"来比价时，真正的差别不是价格，是那 165 mm 的差距决定了这栋房子在爱尔兰是否合法。这句话可以直接用在谈判里。

4.2 差距二：体形系数——箱房的先天劣势

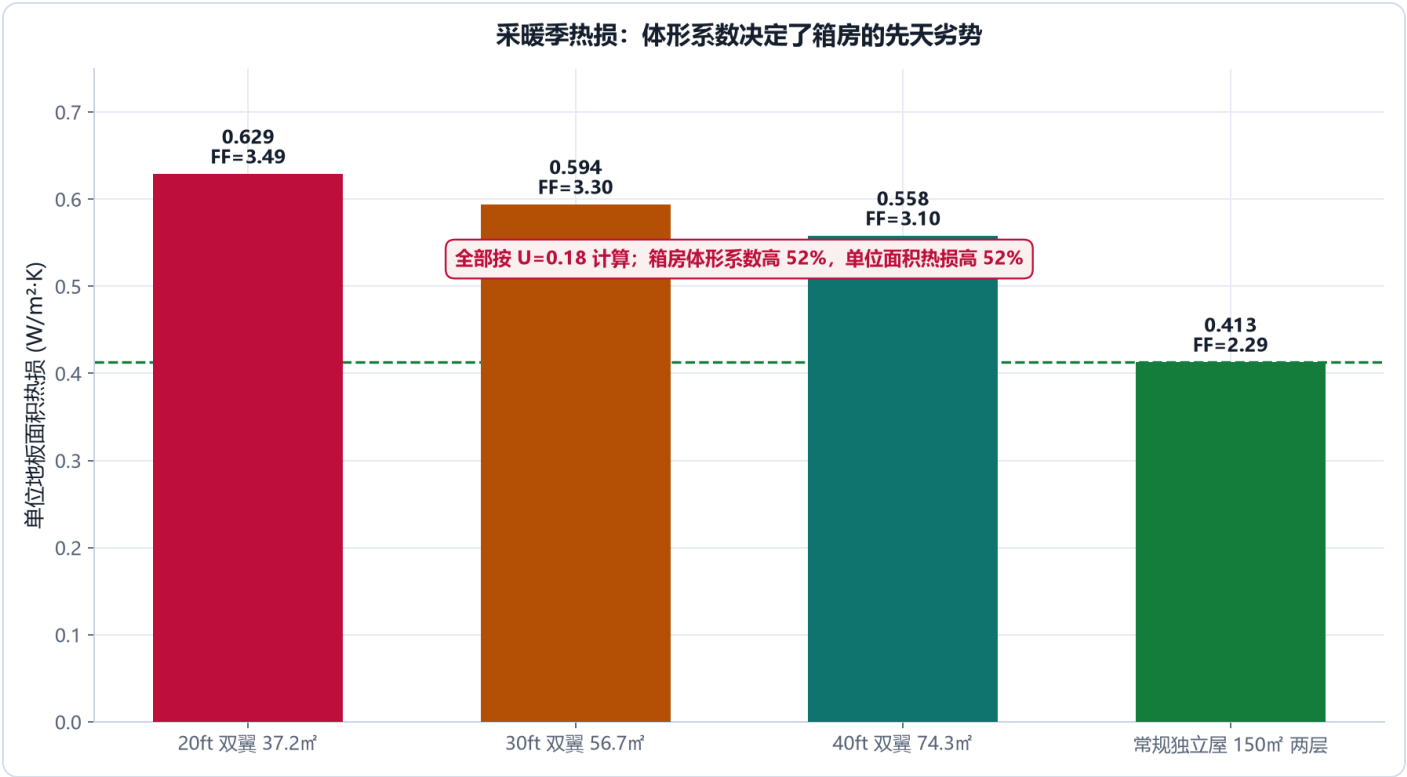


图 6 相同 U 值 (0.18) 下，不同体形的单位地板面积热损。箱房的体形系数（表面积/地板面积）显著高于常规住宅，这是几何决定的，无法通过加厚保温完全弥补。

类型	建筑面积 m²	体形系数	单位热损 W/(m²·K)	相对常规住宅
20ft 双翼	37.2	3.49	0.629	+52%
30ft 双翼	56.7	3.30	0.594	+44%
40ft 双翼	74.3	3.10	0.558	+35%
常规独立屋 (两层 150 m²)	150	2.29	0.413	基准

即使全部构件都做到 U = 0.18，20ft 箱房的单位面积热损仍比常规住宅高 52%。要让箱房达到常规住宅同等的热损水平，墙体 U 值需要做到 0.118——比 Part L 严 1.5 倍，物理上不可能在 150 mm 内实现。

所以正确的产品策略不是“硬碰”

不要试图让 20ft 箱房在 DEAP 计算里等同于 150 m² 砖混住宅。正确路径有三条：① 用 40ft 或拼接单元提高体形效率；② 靠光伏与热泵补足 RER 和 EPC；③ 更现实的选择——把箱房定位为**附属住宅（Class 3A）或非住宅用途**，绕开住宅的全套 DEAP 门槛。

4.3 差距三：节点热桥（最大的隐性损失）

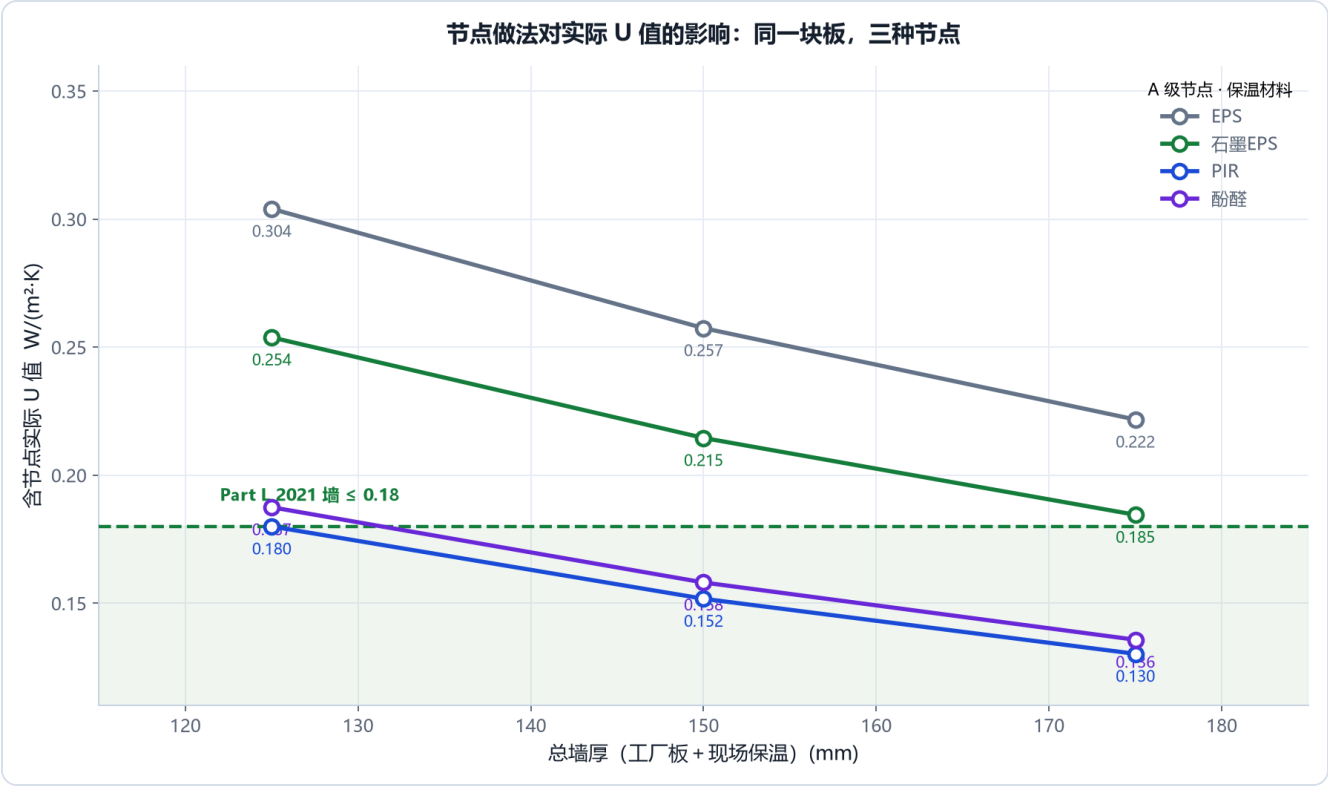


图 7 不同保温材料与厚度的复合墙体，在 A 级节点下达到的实际 U 值。总厚 150 mm 的 PIR（100 工厂 + 50 现场）为 0.152，酚醛 0.158，均在 0.18 以内；石墨 EPS 需 175 mm 才能达到 0.185。

节点做法	ψ W/(m·K)	含节点 U 值	相对干净板面	板缝内表面温度	判定
A 级 舌榫 + 偏心锁	0.009	0.229	+3.5%	20.1 °C	安全
B 级 普通咬口	0.041	0.257	+16.0%	19.2 °C	临界 (fRsi 0.92)
C 级 金属对穿	0.556	0.705	+218%	6.3 °C	严重霉变风险

同样是 100 mm PIR 板，节点从 A 级降到 C 级，U 值从 0.229 恶化到 **0.705**——相当于把 100 mm 的板子用成了 32 mm。更严重的是板缝内表面温度掉到 **6.3 °C**，远低于室内露点 10.2 °C，且 fRsi = 0.36，远低于防霉要求的 0.75。**这不是能耗问题，是会发霉的问题。**

节点的价值排序，与材料相反

在 100 mm 这个厚度上：把 PIR 换成岩棉，U 从 0.223 变到 0.404（差 0.18）；而把节点从 A 换成 C，U 从 0.229 变到 0.705（差 0.48）。节点做错的代价，是选错保温材料的 2.7 倍。采购谈判里死磕材料单价，却在节点上省了 20 元/m²，是典型的算错账。

五 适配方案：三套可选配置

基于前面的诊断，给出三套方案。共同点是都采用“工厂板 + 现场内保温”的复合构造——这是唯一既能在 150 mm 内达到 0.18、又不改变运输箱型的路径。

5.1 方案对比

方案	构造（由外到内）	总厚	U 实际	fRsi	适用
A 标准住宅款 ★ 首选	彩钢 0.45 + PIR 100 + 彩钢 0.40 + PIR 50（现场）+ 铝箔隔汽 + 石膏板/集成板	150 mm	0.152	0.98	永久住宅、附属住宅；满足 Part L
B 防火增强款	同上，芯材换酚醛（A2 不燃）	150 mm	0.158	0.98	多户拼接、公共建筑、防火审核严格项目
C 经济款	石墨 EPS 100 + 石墨 EPS 75（现场）	175 mm	0.185	0.98	成本敏感、非住宅用途、临时建筑

为什么不直接把工厂板做到 150 mm？

技术上可以，但会带来三个连锁问题：① 运输宽度从 2.2 m 增加到 2.7 m，40HC 装柜量下降；② 单板重量增加到约 18 kg/m²，吊装与人工搬运难度上升；③ 最关键的是——单层 150 mm 板仍然是“内外双金属”构造，板缝金属对穿的风险一点没减少。分层做法把工厂层与现场层错开，反而天然打断了金属热桥路径，fRsi 从 0.96 提升到 0.98。

5.2 屋面与地面

部位	做法	U 值	要点
屋面	PIR 150 + 通风空气层 + 防水层	0.154	水平面得热最大，建议做到 150 mm；预留光伏支架预埋
地面	PIR 100 + 100 mm 混凝土板 + 防潮/氡气膜	0.221	需独立找平，箱体底板不承担保温
门窗	断桥铝三玻 Low-E, g = 0.5–0.6, 整窗 U ≤ 1.4	1.3–1.4	南向可放宽 g 值到 0.6 以取冬季得热
热桥	所有金属连接件加隔热垫片，锚固点做断热处理	$\psi \leq 0.05$	按 TGD L 附录 D 的可接受构造详图执行

5.3 湿气控制：爱尔兰最关键的一章



图 8 三种构造的温度剖面与室内露点（10.2 °C）。左：无隔汽层，室内水汽可直达 2.2 °C 的钢内表面，必然结露；中：暖侧设连续隔汽层，水汽被阻断；右：双面钢板，两侧密闭形成封闭腔体。

构造	总 Sd	水汽路径	干燥能力	判定
C 单面钢 + PIR + 无隔汽层 + 集成板	450,005 m	直通 2.2 °C 冷界面	向内可、向外不可	禁止使用
B 单面钢 + PIR + 暖侧铝箔 + 集成板	500,005 m	被暖侧隔汽层阻断	向内可、向外不可	推荐
A 双面钢夹芯（现行）	900,005 m	两侧密闭，扩散通量为零	双向均不可	可用但无干燥能力

三条不可让步的湿气原则

1. **隔汽层必须在暖侧且连续。** 铝箔或专用隔汽膜都可以，但必须在门窗洞口、插座、板缝处连续搭接并密封。放在冷侧等于没放——水汽已经在里面了。
2. **永远不要做"单面钢 + 可渗透内衬 + 无隔汽层"。** 这条构造在爱尔兰两个冬季内必然长霉，而霉斑出现在内墙，客户索赔时我们无法举证。
3. **入墙含水必须在工厂端控制。** 双面金属板没有干燥能力，PIR 出厂含水率需 $\leq 2\%$ ，现场喷注层施工含水需 $< 18\%$ ，封闭前必须检测并记录。这一条要写进工厂检验规程。

5.4 热容量：低到需要专门设计

箱房的面密度只有约 11 kg/m²，整栋 37.2 m² 的有效热容约 **1.6 MJ/K** (42 kJ/(m²·K))。若地面为 100 mm 混凝土板，可提升到 **263 kJ/(m²·K)**，是纯轻质构造的 **6.3 倍**。

构造	单位热容 kJ/(m ² ·K)	后果
纯轻质（钢板 + 保温 + 木地板）	42	温度波动大、夜间降温快、夏季易过热
+ 100 mm 混凝土地面	263	温度稳定，可利用夜间通风蓄冷

建议：住宅用途**必须做混凝土地面**，且尽量外露（不铺厚地毯）。这不是舒适性偏好，而是 夏季过热与冬季温度波动的**唯一低成本解法**。

六 节点与施工控制：把纸面性能变成实际性能

6.1 板缝：A 级节点是硬要求

控制项	标准	检验方法
接缝形式	舌榫 + 偏心锁，金属伸入芯部 ≤50%	首件封样，剖面验收
金属贯通	严禁自攻钉贯通内外钢板	逐缝目视 + 抽查拆解
密封胶	中性硅酮或 MS 胶，双道（内挡水 + 外密封）	淋水试验 30 min
板缝偏差	≤2 mm	塞尺

6.2 抗风雨构造（针对斜雨）

- **等压腔设计**：外皮不追求完全密封，而是让渗入的水能在腔体内排出。外皮开排水孔，内侧做二次挡水。
- **窗洞**：窗台做≥5°外倾，窗框与洞口之间用**背衬棒 + 密封胶**双道，禁用单道打胶。
- **阴角与转角**：竖向转角必须用整板折弯或专用角件，禁止两块平板对接后打胶了事。
- **底部泛水**：箱体底边距完成地面≥150 mm，做滴水线，防止雨水沿壁面爬升进入底板。

一个容易被忽略的细节

爱尔兰风大且常伴雨，**雨水会沿墙面向上爬升（毛细 + 风压）**。箱体底部若直接坐在混凝土面上、没有滴水线和空腔，水会从底板边缘渗入。这个成本只有几十元/米的细节，是西部沿海项目返修率最高的原因之一。

6.3 施工顺序（现场内保温方案）

1. 基础：条形/筏板基础，预埋锚固件（按风荷载专项设计），预留氢气集气腔与穿出管。
2. 吊装就位：箱体展开、调平，**先做临时锚固**（防止展开状态被风揭）。
3. 板缝处理：外侧密封胶 + 内侧隔汽带连续粘贴。
4. 现场保温层：喷注或塞入 50 mm PIR/EPS，**确保与工厂板、龙骨紧密贴合无空腔**。
5. 隔汽层：连续铺设，所有搭接≥100 mm，用专用胶带，门窗洞口做加强层。
6. 内饰面：石膏板或集成墙板，**固定件不得穿透隔汽层**（或穿透处做密封）。
7. 气密性测试：鼓风门测试，目标 ≤5 m³/(h·m²)@50Pa，出具报告。
8. 隐蔽验收：拍照留档每一道密封，作为合规文件包的一部分。

七 市场定位与商务建议

7.1 三条产品线，对应三个市场

市场	合规要求	推荐产品	商务要点
临时/工地 (建筑营地、项目部)	不适用 Part L, 但需满足工地安全与消防	现行 75/100 mm 板, C 级节点可接受	价格竞争为主; 强调交付速度与装柜量。这是现有产品的 主战场
附属住宅 (Class 3A, 32–45 m²)	需满足建筑法规 + BER; 规划可豁免	方案 A (150 mm, 0.152) + 热泵/光伏	最现实的增量市场 。单套利润高于工地营地, 且政策鼓励
永久住宅 (独栋、社区)	全套 TGD + DEAP + BER + 认证人	方案 A/B + 40ft 或拼接单元	需本地设计团队配合; 周期长但单价高, 适合做标杆项目

7.2 墙体成本增量（材料口径）

构造	保温厚	材料成本 元/m²	相对现行	含节点 U	结论
现行 100 mm 双面钢板 PIR	100	198	基准	0.229	不达标
单层 150 mm 双面钢板 PIR	150	257	+30%	≈0.15	达标但节点风险未解
复合 100 + 50 + 石膏板 (方案 A)	150	280	+41%	0.152	达标且节点改善
复合 100 + 50 + 集成墙板	150	305	+54%	0.152	达标, 完成度高

按 20ft 双翼外墙面积 55.5 m² 计, 方案 A 的墙体材料增量约 **4,550 元/套** (约 USD 640) 。这个数字放在整套报价里不到 5%, 但它决定了产品能否进入住宅市场——**这是全案性价比最高的一笔投入**。

7.3 报价策略建议

- **必须按气候分区报价**。西部 (Galway、Mayo、Kerry、Donegal) 与东部 (Dublin、Louth) 在斜雨、风压、防腐要求上完全不同, 差价应在 **8–15%** 之间。全国一口价会让东部客户觉得贵、西部项目留下隐患。
- **把合规文件包作为增值项而非成本项**。U 值计算书、节点详图、DoP、气密性方案—— 这些是本地贸易商给不出的, 可以支撑 **3–5% 的溢价**。

- **防腐等级按场地分级：**沿海 10 km 内必须氟碳漆 + 316 不锈钢紧固件；内陆可用标准镀锌 + 304。不要全线上氟碳，那是浪费利润；也不要再在沿海省这一项，那是三年后的索赔。
- **明确技术边界并写进合同：**海拔 200 m 以上、暴露山脊、以及 $v_{b,0} \geq 30$ m/s 的场地，展开状态需专项锚固设计，或改用折叠房/快拼箱。提前说清，比出事后再解释便宜得多。

一句可以放在提案首页的话

"我们在爱尔兰卖的不是集装箱，是一套能通过爱尔兰建筑法规审查的围护结构方案。U 值 0.152、fRsi 0.98、附完整热桥计算书——这三样东西，比价格更能决定项目能不能落地。"

八 设计参数速查表

参数	取值	适用条件 / 说明
采暖设计外温	-2 °C	沿海；内陆取 -5 °C
室内设计温度	21 °C	住宅
室内设计相对湿度	50%	对应露点 10.2 °C
采暖度日数 HDD(15.5)	2,500 K·d	都柏林；西部约 2,700
墙体目标 U	≤ 0.18	Part L 2021 底线值；建议 0.15
屋面目标 U	≤ 0.16	建议 0.14
地面目标 U	≤ 0.18	带地暖时 0.15
门窗整窗 U	≤ 1.40	建议 1.1–1.3
气密性	≤ 5 m³/(h·m²)@50Pa	建议目标 3.0
防霉判据 fRsi	≥ 0.75	节点内表面温度系数
南向挑檐 D/H	0.575 (夏至)	1.5 m 窗高配 0.86 m 挑檐
屋面光伏潜力	942 kWh/m²·年	水平面辐照，20% 效率约 188 kWh/m²
年降水（都柏林 / 西部）	760 / 1,430 mm	报价须按分区
基本风速 $v_{b,map}$	24–30 m/s	按 IS EN 1991-1-4 图 NA.1

参数	取值	适用条件 / 说明
海拔修正 c_{alt}	$1 + 0.001A$	A 为海拔 (m)

九 局限与适用范围

9.1 本报告的适用边界

- **场地：**以都柏林 (53.35°N) 为太阳几何基准，气候数据取全国 1991–2020 常态与代表站点。爱尔兰境内太阳高度角差异很小（南北跨纬度约 4°），但**降水与风压差异巨大**，务必按实际场地核对。
- **建筑类型：**适用于单层箱式模块建筑，檐高 ≤ 12 m。多层或组合建筑需另行复核。
- **计算方法：**一维串联热阻 + 二维控制容积热桥求解。热桥 ψ 值为参数化模型结果，**正式报审需用经认可的二维传热软件（如 THERM、Psi Therm）按实际节点几何复算。**
- **风荷载：**按 EN 1991-1-4 与爱尔兰国家附录的简化取值。展开状态下翼板的体型系数需风洞试验或数值模拟确认，本报告取 $c_{p,e} = -2.0$ 为偏保守估计。

9.2 尚未覆盖、需进一步核实的事项

事项	为何重要	建议动作
展开机构的抗风疲劳	翼板反复收展 + 长期风振，铰接点可能疲劳	做 1,000 次收展循环 + 风振台架试验
板缝在斜雨下的实测渗漏	本项目仅做理论判断，无实测数据	按 EN 12155 / EN 1027 做淋水与气密试验
氦气防护的实际做法	箱房底板与基础的密封路径与常规建筑不同	与爱尔兰本地基础承包商确认集气腔做法
CE 标记与 DoP 的具体条目	需覆盖 EN 14509（夹芯板）等协调标准	核查现有 DoP 是否覆盖目标用途
BER 评估的实际得分	能否达标最终由 DEAP 计算决定	委托 SEAI 注册评估师做试算

关于数据来源

气候数据来自 Met Éireann 《Ireland's Climate Averages 1991–2020》与 Climatological Note No.17（斜雨分布）；法规依据为 TGD Part L 2021（住宅）、TGD Part C 2023 修正案、TGD Part F；风荷载依据 IS EN 1991-1-4:2005 及爱尔兰国家附录；计算方法依据 IS EN ISO 6946、EN ISO 13788、EN 14509。所有计算脚本（热工、太阳几何、湿气）随本报告归档，可独立复算。

HUAYING INTEGRATED HOUSING CO., LTD. | 阜城华营集成房屋有限公司

Container House Manufacturer & Exporter · Established 2003

Website: www.huaying1.com | Email: jack@huayinghouse.com | Telephone: +86 153-0318-4505

Facility: Fucheng, Hebei, China · more than 50,000 m² across six self-owned production sites

Certification: ISO 3834-2 · EN 1090 · CE DoP

本文件为技术建议书，不构成结构设计文件。具体项目须由当地注册结构工程师按实际场地条件复核。