

WELL标准“中国化”之路

——从有关空气条文出发

Presented by

毛华雄

目录

- 1/ “健康建筑” 背景
- 2/ 中国“国情”与WELL标准的对比
- 3/ 适应中国“国情”的“健康建筑”

“健康建筑” 背景



- ◆ “LEED” “BREEAM” “绿色建筑” 标识：绿色、节能、环保
- ◆ “WELL”：健康Health、愉悦Well-being、舒适Comfort
- ◆ 实现手段：区别于LEED等，强调现场取样和第三方检测
- ◆ 健康建筑：建筑是一种塑造环境的工具，使人健康、愉悦和舒适
- ◆ 2016年4月在北京组织召开了《健康建筑评价标准》制定研讨会

Over the same period, strategies to enhance human health and well-being have played a relatively small role in the evolution of building standards.

It harnesses the built environment as a vehicle to support human health, well-being and comfort.

中国“国情”和WELL标准的对比

2016年2月WELL V1标准发布，将对人有影响的环境参数分为**七项**，包括空气、水、营养、光、健身、舒适和心理等，共102项性能指标，其中与空气相关的项目有**29项**。

| 序号 | 项目 | 序号 | 项目 | 序号 | 项目 |
|----|---------|----|-----------|----|---------|
| 1 | 空气质量标准 | 11 | 基本材料安全 | 21 | 置换新风 |
| 2 | 禁烟 | 12 | 湿气管理 | 22 | 害虫防治 |
| 3 | 通风效果 | 13 | 空气吹洗 | 23 | 高级空气净化 |
| 4 | 减少有机挥发物 | 14 | 空气渗透管理 | 24 | 燃烧最小化 |
| 5 | 空气过滤 | 15 | 增加通风量 | 25 | 减少有毒物质 |
| 6 | 细菌与霉菌控制 | 16 | 湿度控制 | 26 | 增强的材料安全 |
| 7 | 施工污染管理 | 17 | 直接源通风 | 27 | 抗菌表面 |
| 8 | 健康入口 | 18 | 空气质量监控和反馈 | 28 | 可清洁环境 |
| 9 | 清洁协议 | 19 | 可开启窗口 | 29 | 清洁设备 |
| 10 | 杀虫剂管理 | 20 | 室外空气系统 | | |

国外标准

中国国情



室内污染物浓度限值

美国WELL标准从污染物种类、浓度限值和实时监测3个方面分别提出了要求。

我国目前相关标准主要以GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》的相关规定为准。

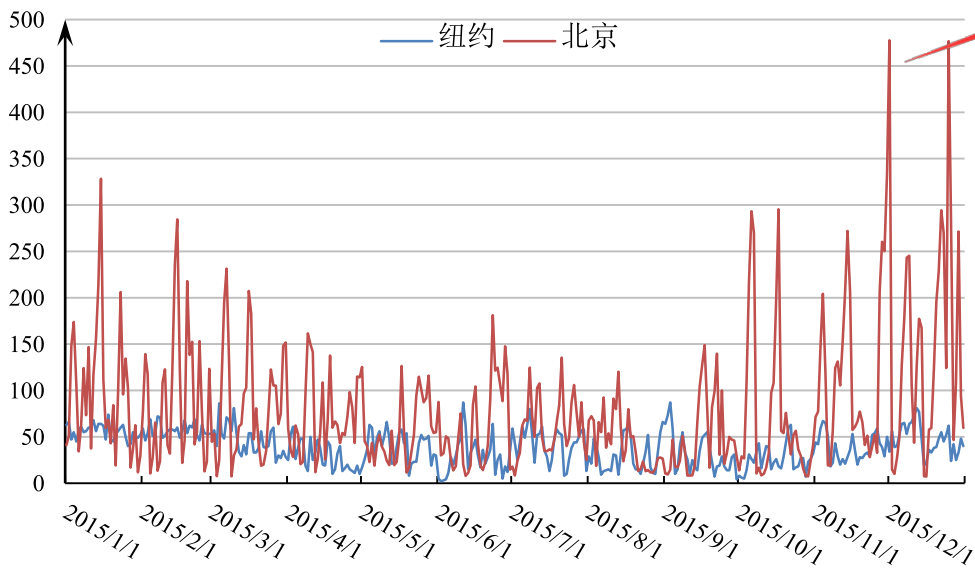
| 序号 | 美国WELL标准 (常见污染物浓度限值) | | | 我国标准GB/T 18883—2002 (部分污染物浓度限值) | | | 备注 |
|----|-------------------------|-------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|
| | 参数类别 | 参数 | 限值 | 参数类别 | 参数 | 限值 | |
| 1 | 可挥发性物质 | 甲醛 | <27 ppb (0.027 mg/m ³) | 化学性 | 甲醛 | <0.10mg/m ³ ↑ 3.7 | 一级: 35 μg/m ³ (GB3095-2012《环境空气质量标准》24h平均) |
| 2 | | 总挥发有机物 | <500 μg/m ³ (0.50 mg/m ³) | | 总挥发有机物 | <0.60mg/m ³ ↑ 1.2 | |
| 3 | | CO | <9 ppm (9 mg/m ³) | | CO | <10mg/m ³ ↑ 1.1 | |
| 4 | 颗粒物和无机气体 | PM _{2.5} | 15 μg/m ³ | PM _{2.5} | —— | | |
| 5 | | PM ₁₀ | 50 μg/m ³ (0.05 mg/m ³) | PM ₁₀ | <0.15 mg/m ³ ↑ 3.0 | | |
| 6 | | O ₃ | 51 ppb (0.051 mg/m ³) | O ₃ | <0.16 mg/m ³ ↑ 3.1 | | |
| 7 | 辐射性物质 | 氡 | <4 pCi/L △ (148 Bq/m ³) | 放射性 | 氡 | <400 Bq/m ³ ↑ 2.7 | |

备注: △ 放射性活度的国际单位为贝克勒尔Bq, 美国则习惯用居里Ci。1pCi/L =37Bq/m³

室内污染物浓度限值

室内污染物浓度限值与**大气环境**息息相关。

单位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$



✓ 北京室外PM2.5浓度远高于纽约

✓ 污染物通过围护结构缝隙及通风空调系统进入室内

? 严苛标准在中国如何实现

? 难以实现的WELL标准如何推广



室内污染物浓度限值

污染物的动态监测

- ✓ 前提：室内常见污染物及建筑材料等污染物浓度限值满足要求
- ✓ 典型污染物：颗粒物、CO₂、O₃
(三选二)
- ✓ 设备具有检测、记录（每小时）、传输和屏幕显示功能
- ✓ 数据保存3年

| 项目 | 分辨率 |
|-----------------|---|
| 颗粒物 | ≤35000个/m ³ 或 ≤10μg/m ³ |
| CO ₂ | ≤25ppm |
| O ₃ | ≤10ppb |

备注：颗粒物监测仪器的分辨率要求并未说明针对的粒径通道，考虑到WELL标准中仅对PM_{2.5}与PM₁₀浓度限值提出了要求，在实际执行过程中，可认为是对PM_{2.5}与PM₁₀监测仪器的分辨率要求。（可通过计数浓度转换得到计重浓度，因此对计数浓度也提出要求）

室内污染物浓度限值

选取CO₂浓度作为室内污染物的代表

| 参数类别 | 美国WELL标准 | | 中国国家标准GB/T 18883—2002 | |
|-----------------|-----------------------------|---|--------------------------|---------|
| | 要求值 | 说明 | 要求值 | 说明 |
| CO ₂ | 800 ppm | 46.5 m ² 以上，且人员密度大于0.27人/米 ² ；95%以上时间满足要求 | 1 000 ppm | |
| 新风量 | 41.65 米 ³ /（时·人） | ASHRAE 默认值（人员+面积） 提高30% ，人员密度按照0.125人/米 ² 计算 | 30 米 ³ /（时·人） | 住宅、办公建筑 |



| 项目 | 分辨率 |
|-----------------|--------|
| CO ₂ | ≤25ppm |



建筑装饰材料污染控制

美国WELL标准

我国相关室内装饰装修材料标准

| 类型 | 限值 | 类型 | 限值 |
|--------------|----------------------------------|--------------|-----------------------|
| 全氟化合物 (PFCs) | 禁止添加 (占比超过5%的材料, 浓度达到或超过100 ppm) | 全氟化合物 (PFCs) | 无规定 |
| 卤化物 | 0.01% | 卤代烃 | 0.1% |
| 邻苯二甲酸酯 (增塑剂) | 0.01% | 无规定 | 无规定 |
| 异氰酸酯基聚氨酯 | 禁止使用 | 游离二异氰酸酯基聚氨酯 | 0.4% |
| | | 甲苯二异氰酸酯基聚氨酯 | 1.0% |
| | | 游离甲醛 | 0.01% |
| 脲甲醛 | 0.01% | 甲醛挥发量 | 1.5 mg/L |
| | | 甲醛挥发量 | 1.5 mg/m ² |



- GB 18580—2001室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量[S].
- GB 18581—2009室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量[S].
- GB 18582—2008室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量[S].
- GB 18583—2008室内装饰装修材料胶粘剂中有害物质限量[S].
- GB 18584—2001室内装饰装修材料木家具中有害物质限量[S].
- GB 18586—2001室内装饰装修材料聚氯乙烯卷材材料地板中有害物质限量[S].
- GB 18587—2001室内装饰装修材料地毯、地毯衬垫及地毯胶粘剂有害物质释放限量[S].



涂漆、腻子、胶状物、木质家具、地毯

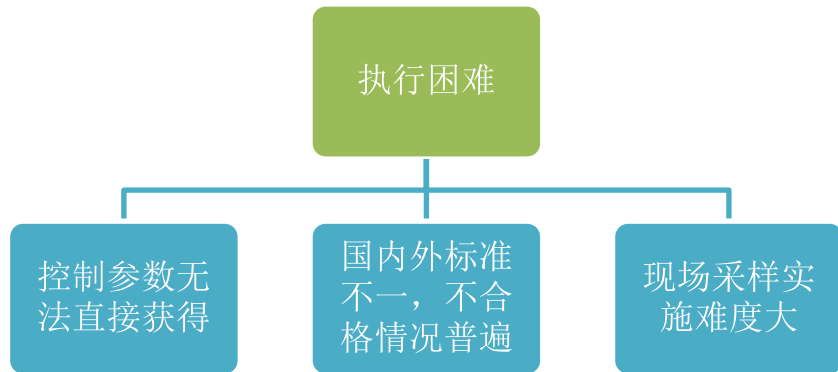
建筑装饰材料污染控制

WELL

- 成品家具、软性装饰
- 5类污染物
- 限值要求严格

国标

- 装饰原材料
- 2类有规定，其余3类仅参考类似污染物
- 要求较WELL明显宽松



WELL强调的现场和第三方检测将如何实现？

In order to achieve the requirements of the WELL Building Standard, the space must undergo a process that includes an on-site assessment and performance testing by a third party.

空气渗透



WELL标准要求通过测试来检查建筑围护结构的漏风量

- 建立详细的围护结构的气密性测试计划和补救措施
- 优化建筑的能源效率
- 维持室内空气质量和舒适性

表 1 建筑外门窗气密性能分级表

| 分级 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| 单位缝长 分级指标值 $q_1 / [m^3 / (m \cdot h)]$ | $4.0 \geq q_1$ >3.5 | $3.5 \geq q_1$ >3.0 | $3.0 \geq q_1$ >2.5 | $2.5 \geq q_1$ >2.0 | $2.0 \geq q_1$ >1.5 | $1.5 \geq q_1$ >1.0 | $1.0 \geq q_1$ >0.5 | $q_1 \leq 0.5$ |
| 单位面积 分级指标值 $q_2 / [m^3 / (m^2 \cdot h)]$ | $12 \geq q_2$ >10.5 | $10.5 \geq q_2$ >9.0 | $9.0 \geq q_2$ >7.5 | $7.5 \geq q_2$ >6.0 | $6.0 \geq q_2$ >4.5 | $4.5 \geq q_2$ >3.0 | $3.0 \geq q_2$ >1.5 | $q_2 \leq 1.5$ |



可开启外窗和置换通风

可开启外窗

WELL标准要求每个正常使用的空间都要有可开启外窗，动态监测系统通过建筑周围环境的臭氧浓度、PM₁₀浓度、空气温度和相对湿度等参数，给出是否阻止外窗开启的指示

阻止条件

臭氧水平超过51ppb或
PM₁₀水平超过50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

温度高于或低于室内设定温度8 $^{\circ}\text{C}$

相对湿度超过60%

置换通风系统设计

置换通风系统通过下部送风、上部回风的方式提高通风换气效率。置换通风系统需要进行CFD模拟分析，必须满足下列条件之一，置换通风才可以用于制冷或供热系统：

使用条件

当送风口为下部侧送时，送风温度应比室内设计温度稍高或稍低，且系统应以System Performance Evaluation（系统性能评估）或ASHRAE Guidelines RP-94为设计准则

当采用地板送风（UFAD）时，送风温度比室内设计温度稍高或稍低，且该系统必须使用ASHRAE地板送风准则作为设计依据

空气冲洗要求

空气冲洗又可称为污染物稀释，是在建筑施工后、正式使用前，对室内强制通入新风，以除去或减少施工导致的污染物残留，如VOCs和颗粒物等

- 空气冲洗前提：室内温度须高于15℃，相对湿度须低于60%；
- 冲洗方式：
 - 投入使用前一次性冲洗4500m³/m²
 - 或投入使用前冲洗1066m³/m²，投入使用后冲洗3200m³/m²

热湿能耗
系统及现状



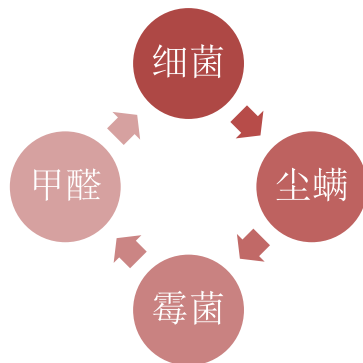
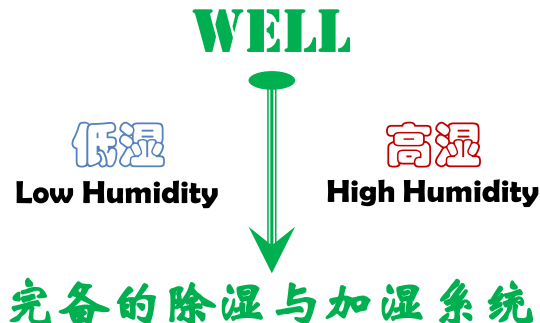
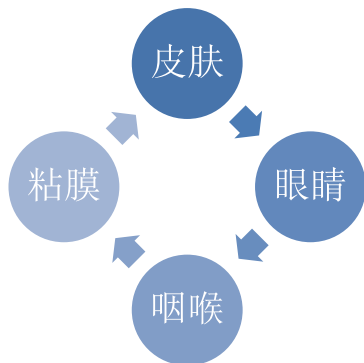
注意：美国、中国流行空调形式的差异

美国以集中式空调为主；
中国除集中式空调外还有大量半集中式系统。

| 方案 | 冲洗总风量/ (m ³ /m ²) | 冲洗时间/h | |
|------------|--|-------------|------------------|
| | | 集中式系统（直流系统） | 半集中系统 |
| 方案一（投入使用前） | 4 500 | 150（6.25天） | 1200（50天） |
| 方案二 | 一次清洗 （投入使用前） | 1 066 | 36（1.48天） |
| | 二次清洗 （投入使用后） | 3 200 | 107（4.44天） |
| | | | 285（11.84天） |
| | | | 854（35.56天） |

注：①集中式空调系统按照10次/时换气次数、3 m层高计算冲洗时间；②半集中系统按照0.125人/m²，新风30 m³/（人·时）计算。

相对湿度控制



标准重大差异!

湿度限值

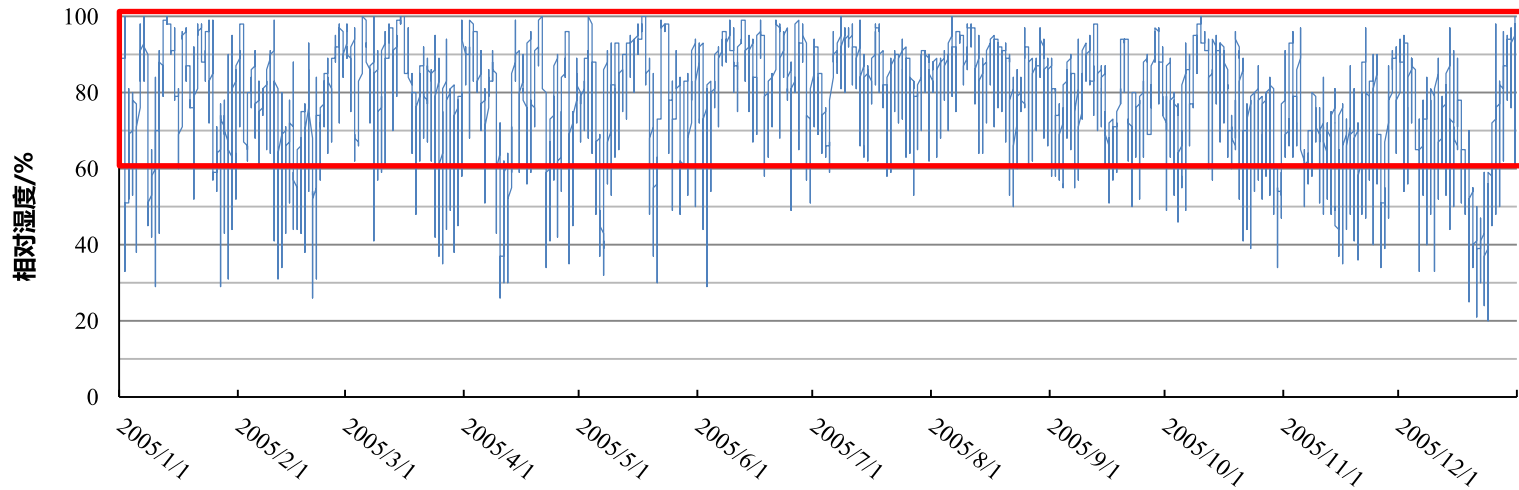
| 类别 | WELL标准 | 设计规范 (GB 50736—2012) | 室内空气质量标准 |
|------------|--------|-------------------------|----------|
| 夏季工况相对湿度/% | 30~50 | 40~60 | 40~80 |
| 冬季工况相对湿度/% | | ≥30 | 30~60 |
| 过渡季 | | — | — |

注：①我国标准GB 50736—2012按照热舒适I级标准进行对比分析后给出限值；②美国WELL标准要求95%的时间满足相对湿度要求。

- ? 过渡季仍然有严格的湿度要求（95%以上时间）
- ? 冬季工况，我国仅限定最低湿度30%，WELL标准则需要控制湿度不高于50%
- ? 夏季工况，我国要求湿度为40%~60%或40%~80%，WELL范围收窄要求为30%~50%

相对湿度控制

数据来源：中国空气质量在线监测平台



上海典型年全年大气相对湿度变化曲线

- @ 很大部分建筑需要对现有空调系统的除湿、加湿系统进行改造或增设备，因此造成投资增加、运行能耗增加
- @ 过渡季可满足自然通风条件的天数减少，进而造成通风和空调能耗增加
- @ 美国WELL标准对相对湿度的允许范围更低，除湿或加湿成本更高

空气污染控制

污染源处局部排风是空气污染控制的有效手段

局部污染源

- @ 化学品储存柜可能是有害气体和VOCs的来源
- @ 打印机会产生臭氧
- @ 卫生间会有霉菌等



卫生间



吸烟室



打印机



化学品

控制方法

WELL标准要求对污染源进行隔离。同时为降低风险，相关使用人员应将其工作范围和邻近区域设定为控制区，限制无关人员进出，同时设置排风在源头将污染物排出。

- ✓ 通过安装闭门器等构件，使房间与相邻空间隔绝
- ✓ 空气直排，不能循环使用

空气过滤

设置适当的过滤装置，以保证室内良好的空气质量。活性炭→吸附有机污染物&大粒径颗粒物
纤维过滤器可用来过滤小粒径颗粒物

| 项目 | 要求 |
|--------|--|
| 过滤预留 | a. 预留未来活性炭过滤器的位置 b. 系统可加装其他过滤器 |
| 颗粒物过滤 | a. 通风系统使用美国标准中 MERV13 （或更高级别）级别的纤维过滤器来过滤室外空气 b. 若申请项目可证明，在一个自然年的 95% 的时间中，建筑 周边1.6km 范围内室外 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 浓度在小于WELL空气质量标准条文限值的(15$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 50$\mu\text{g}/\text{m}^3$)，可选择不进行颗粒物过滤。 |
| 空气过滤维护 | a. 每年必须向IWBI(国际WELL建筑研究所)提供空气 过滤 系统维护 记录 |



欧洲标准：F7

国家标准：GZ

美国标准：MERV13

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------|----------|-----|----------------|-----|-----------|-----------------|-----|--------------------|----------|--------|-----|
| F8 | F8 高中效 fine | 908-2001 | 第二级 | 779:2012 效率(%) | 90% | 52.1-1993 | 高中效 high-medium | GZ | 3/T 14295-效率 Initi | 2.2-2007 | MERV14 | 高中效 |
| 中效 fine | F7 | | 第 | 80% | | | 71 | 70% | | | MERV13 | 中效 |

数据来源：同济大学洁净技术研究室-林忠平教授课题组

适应中国“国情”的“健康建筑”

- ? WELL标准与我国相关标准有较大差别
- ? WELL认证手册指出，在进行国际项目（非美国）认证时，极有可能因为当地标准与WELL标准不同，而导致WELL项目的推进困难。

WELL提供的解决方法

- ✓ 坚持WELL标准的要求
- ✓ 若提供依据证明国内标准的某一项目可以与WELL标准的项目等效，则可向国际WELL建筑研究所（IWBI，the International WELL Building Institute）申请，按照本地标准进行认证。
- ✓ “项目创新”与“替代方案”通道。（注意：以科研成果为支撑）



限值要求不能降低!

借鉴WELL的理念，建立适合中国“国情”的“健康建筑标准”

结束



THANK YOU



予哲机电工程咨询（上海）有限公司

毛华雄 13764163468

2016年10月26日