

# 前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发〈2022 山东省工程建设标准制修订计划〉的通知》（鲁建标字〔2022〕8 号），标准编制组经广泛的调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准，结合我省氡检测和防治工作实际，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.建设规划与工程勘察；4.土壤氡检测；5.设计、6.施工；7.验收；8.室内氡治理及附录。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东省建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。各单位在标准实施过程中如有意见和建议，请寄送山东省建筑科学研究院有限公司（地址：济南市天桥区无影山路 29 号，邮政编码：250031，E-mail: sdjkyhjs@126.com，电话：0531-85595363）。

主 编 单 位：山东省建筑科学研究院有限公司

中建八局第一建设有限公司

参 编 单 位：中建五局第三建设有限公司

青岛正方圆检测有限公司

山东世德工程检测有限公司

青岛晟泰建设工程检测有限公司

滨州市博恒工程管理服务有限公司

商河县建筑工程质量检测有限公司

青岛诚达工程检测有限公司

主要起草人：赵明辉 孙秀萍 宫 哲 付 鹏 孙明超 马海霞 张 好 兰功峰  
柴玉霞 张 芳 高 志 王德卫 刘西峰 张永俊 周春雨 贾培海  
肖长燕 王露萍 王绍帅 张素萍 张 斌 程 飞 叶恒山 闫英海  
刘炳坤 张继华 殷晓梅 翟小叶 张立成 李小龙 郑海华 侯书平  
卢蓁滢 赵 靛 许哲涛 于子轩 史雅迪 王梦玲 袁连宝 刘红霞

主要审查人：王 华 许 庚 母锐敏 沈浩松 于晓明 栾玲玉 杨新飞 张秀英  
李大伟

# 目 次

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
3 建设规划与工程勘察.....	4
3.1 建设规划.....	4
3.2 工程勘察.....	4
4 土壤氡检测.....	5
4.1 氡浓度检测.....	5
4.2 表面氡析出率检测.....	5
5 设计.....	7
6 施工.....	10
6.1 一般规定.....	10
6.2 防土壤氡施工.....	10
6.3 防氡涂料施工.....	11
6.4 防氡复合地面施工.....	11
6.5 防氡膜施工.....	12
7 验收.....	13
8 室内氡治理.....	15
8.1 一般规定.....	15
8.2 氡来源勘测.....	15
8.3 室内氡治理措施.....	15
附录 A 土壤分类.....	17
附录 B 建筑材料氡析出率测定.....	18
附录 C 土壤减压法.....	20
本标准用词说明.....	22
引用标准名录.....	22
条文说明.....	23

# Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols.....	2
	2.1 Terms.....	2
	2.2 Symbols.....	2
3	Construction planning and engineering survey.....	4
	3.1 Construction planning stage.....	4
	3.2 Engineering investigation stage.....	4
4	Measurements of radon in soil .....	5
	4.1 Measurements of radon concentration.....	5
	4.2 Measurements of radon exhalation rate for surface.....	5
5	Design.....	7
6	Construction.....	9
	6.1 General requirements.....	9
	6.2 Construction for soil radon resistance.....	9
	6.3 Construction for radon-resistant coatings.....	10
	6.4 Construction for radon-resistant composite ground.....	10
	6.5 Construction for radon-resistant film.....	11
7	Inspection and acceptances.....	12
8	Indoor radon control.....	14
	8.1 General requirements.....	14
	8.2 Investigation for radon source.....	14
	8.3 Control measures for indoor radon.....	14
	Appendix A Category of soil.....	16
	Appendix B Measurement of radon exhalation rate of building materials.....	17
	Appendix C Soil depressurization.....	19
	Explanation of wording in this standard.....	21
	List of quoted standards.....	22
	Explanation of provisions.....	23

# 1 总 则

**1.0.1** 为防治民用建筑室内氡的污染，保障公众健康，做到氡防治措施技术先进、经济合理、安全适用，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于新建、扩建和改建民用建筑氡的检测及防治工作。

**1.0.3** 民用建筑工程氡检测机构和氡治理施工单位应具备相应能力，检测及施工前应对人员进行氡危害告知及防护知识教育；检测及施工人员经培训合格后方可上岗。

**1.0.4** 民用建筑室内氡的检测与防治，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和山东省现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

**2.1.1 土壤氡浓度** radon concentration in soil

土壤间隙空气中氡的放射性活度。单位为  $\text{Bq/m}^3$ 。

**2.1.2 氡析出率** radon exhalation rate

单位面积、单位时间内介质表面析出的氡的放射性活度。单位为  $\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

**2.1.3 氡浓度** radon concentration

单位体积空气中氡的放射性活度。单位为  $\text{Bq/m}^3$ 。

**2.1.4 防氡材料** materials protected against radon

能长期有效阻止土壤和建筑材料中氡析出的材料。

**2.1.5 防氡复合地面** composite ground protected against radon

在混凝土地面基础上按砂浆找平、防氡材料层、砂浆保护层顺序施工完成的复合地面。

**2.1.6 土壤减压法** soil depressurization

降低土壤中空气的压力，以减少氡气向室内渗透的方法。

**2.1.7 主动土壤减压法** active soil depressurization

利用风机抽气，使建筑物底板下方形成负压，以减少氡气向室内渗透的方法。

**2.1.8 土壤类别** category of soil

根据土壤氡浓度或土壤表面氡析出率大小对土壤进行的分类。

### 2.2 符号

$a$  —— 拟合曲线的斜率；

$I_{\text{Ra}}$  —— 内照射指数；

$I_{\gamma}$  —— 外照射指数；

$N_t$  ——  $t$  时刻后测得的室内氡浓度；

$R_s$  —— 土壤表面氡析出率；

$R_m$  —— 待测试件表面氡析出率；

$S_s$  —— 聚集罩所罩住的介质表面的面积；

$S_m$  —— 待测试件氦析出面的面积；

$t$  —— 检测经历的时间；

$V_s$  —— 聚集罩所罩住的罩内容积；

$V_m$  —— 氦析出率测试箱中剩余空间的容积。

## 3 建设规划与工程勘察

### 3.1 建设规划

**3.1.1** 在进行城乡建设规划时，应进行区域性土壤氡浓度或土壤表面氡析出率调查，并根据调查结果绘制区域性土壤氡等值线图。

**3.1.2** 土壤类别达到四类的区域，不宜按 I 类民用建筑建设用地进行规划。当城市建设必须在四类土壤区域建设 I 类民用建筑时，应进行环境氡对建设项目室内环境的影响评价。民用建筑工程 I、II 类的划分应符合本标准第 7.0.1 条的规定。土壤类别的分类要求应符合本标准附录 A 的规定。

### 3.2 工程勘察

**3.2.1** 新建、扩建的民用建筑工程场地土壤氡浓度或土壤表面氡析出率的检测布点应覆盖所有单体及地下建筑。

**3.2.2** 对于地下水位较浅或多石等不宜采用土壤氡浓度测量方法的地区，可进行土壤表面氡析出率的检测。

**3.2.3** 民用建筑工程场地土壤氡浓度检测方法及土壤表面氡析出率检测方法应符合本标准第 4 章的有关规定。

## 4 土壤氡检测

### 4.1 氡浓度检测

**4.1.1** 土壤中氡浓度宜采用少量抽气-静电收集-射线探测器法或采用埋置测量装置法进行检测。

**4.1.2** 测试仪器性能指标应符合下列规定：

- 1 不确定度不应大于 20% ( $k=2$ )；
- 2 探测下限不应大于  $400\text{Bq/m}^3$ 。

**4.1.3** 检测前，应查阅建筑工程的规划设计资料及工程地质勘察资料，测量区域范围应与该建筑工程地质勘察范围相同。

**4.1.4** 在工程地质勘察范围内布点时，应以间距 10m 做网格，各网格点即为检测点，当遇较大石块时，可偏离 $\pm 2\text{m}$ ，但布点数不应少于 16 个。检测布点位置应覆盖单体建筑基础工程范围。

**4.1.5** 采用少量抽气-静电收集-射线探测器法检测时，在每个检测点，宜采用专用工具打孔。孔径宜为 20mm~40mm，孔深宜为 500mm~800mm。抽气测量时，应根据仪器要求进行检测。

**4.1.6** 采用埋置测量装置法进行检测时，应根据仪器性能和检测实际需要成孔。

**4.1.7** 取样检测时间宜在 8:00~18:00 之间，现场取样检测工作不宜在雨雪天进行，如遇雨雪天，应在降水后 24h 后进行。工作温度应为  $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度不应大于 90%RH。

**4.1.8** 现场检测应有记录，记录内容包括检测点布置图、成孔点土壤类别、现场地表状况描述、测试前 24h 以内工程地点的气象状况等。

**4.1.9** 土壤氡浓度检测报告的内容应包括取样过程描述、检测方法、土壤氡浓度检测结果等。

### 4.2 表面氡析出率检测

**4.2.1** 土壤表面氡析出率的检测仪器设备应包括取样设备、测量设备。现场测量设备应符合以下规定：

- 1 不确定度不应大于 20%；
- 2 探测下限不应大于  $0.01\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。



#### 4.2.2 检测步骤应符合下列规定：

1 在检测建筑场地按 20m 建筑场地网格布点，布点数不应少于 16 个，应于网格点交叉处进行土壤氡析出率检测。工作温度应为 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度不应大于 90%RH。

2 检测时，应清扫采样点地面，去除腐殖质、杂草及石块，把取样器扣在平整后的地面上，并用泥土对取样器周围进行密封，准备就绪后，开始检测并计时（ $t$ ）。

3 土壤表面氡析出率检测过程中，应符合下列规定：

- 1) 使用聚集罩时，罩口与介质表面的接缝处应进行封堵；
- 2) 被测介质表面应平整，各个检测点检测过程中罩内空间的容积不出现明显变化；
- 3) 检测的聚集时间等参数应与仪器检测灵敏度相适应，一般为 1h~2h；
- 4) 检测应在 3 级风以下的条件下进行。

4.2.3 被测地面的氡析出率应按下列式进行计算：

$$R_s = \frac{N_t \cdot V_s}{S_s \cdot t} \quad (4.2.3)$$

式中： $R_s$ ——土壤表面氡析出率 [ $\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ];

$N_t$ ——经历  $t$  时刻测得的罩内氡浓度 ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )；

$V_s$ ——聚集罩所罩住的罩内容积 ( $\text{m}^3$ )；

$S_s$ ——聚集罩所罩住的介质表面的面积 ( $\text{m}^2$ )；

$t$ ——检测经历的时间 (s)。

## 5 设计

**5.0.1** 新建、扩建的民用建筑工程应依据建筑场地土壤中氡浓度或土壤表面氡析出率的检测结果，按表 5.0.1 的规定进行氡防治工程设计。

表 5.0.1 土壤分类及氡防治工程设计要求

土壤类别	土壤氡浓度 (Bq/m <sup>3</sup> )	土壤表面氡析出率 [Bq/(m <sup>2</sup> ·s)]	设计要求
一	≤20000	≤0.05	可不采取防土壤氡工程措施
二	>20000 且 <30000	>0.05 且 <0.10	应采取建筑物底层地面抗裂及封堵不同材料连接处、管井及管道连接处等措施
三	≥30000 且 <50000	≥0.10 且 <0.30	除采取类别二要求的措施外，地下室应按现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 及《地下工程防水技术规范》GB 50108 的有关规定进行一级防水处理
四	≥50000	≥0.30	采取综合建筑构造防土壤氡措施

**5.0.2** 改建的民用建筑工程应对原建筑进行室内氡浓度检测，依据检测结果采取氡防治措施。

**5.0.3** 三层建筑物以下氡的防治措施应包括土壤氡防治和建筑材料释放的氡防治，三层及以上可只对建筑材料释放的氡进行防治。

**5.0.4** 当 I 类民用建筑工程场地的土壤氡浓度大于或等于 50000Bq/m<sup>3</sup>，或土壤表面氡析出率大于或等于 0.30Bq/(m<sup>2</sup>·s) 时，应进行工程场地土壤中的镭 226、钍 232、钾 40 比活度检测。当内照射指数( $I_{Ra}$ )大于 1.0 或外照射指数( $I_{\gamma}$ )大于 1.3 时，工程场地土壤不得作为工程回填土使用。

**5.0.5** 工程场地为二类、三类土壤的民用建筑，与土壤直接接触的室内地面应采用混凝土地面，严禁采用土地面、砖地面。混凝土厚度不应小于 80mm，并应采取抗裂构造措施。

**5.0.6** 工程场地为四类土壤的民用建筑，氡防治工程设计采用的构造措施应符合表 5.0.6 的规定。

表 5.0.6 综合建筑构造防土壤氡措施

建筑形式	综合建筑构造防土壤氡措施
无地下室	1 一层及二层应封堵氡进入室内的通道，包括裂缝、不同材料连接处、管井及管道连接处等； 2 一层采用防氡涂料墙面、防氡复合地面； 3 在地基与一层地板之间设膜隔离层或土壤减压法； 4 一层及二层安装新风换气机
有地下室	1 地下室及一层封堵氡进入室内的通道，包括裂缝、不同材料连接处、管井及管道连接处等； 2 地下室及一层采用防氡复合地面及墙面防氡涂料； 3 地下室采用机械通风； 4 地下室采取一级防水处理

**5.0.7** 民用建筑与土壤直接接触的室内地面应封堵土壤氡进入室内的各种通道，包括暴露的土壤、与土壤接触的排水沟、地漏、管道、管道周边的孔隙以及地板、墙面的裂缝等部位；用于封堵土壤氡进入室内的密封材料的抗老化、延展率及与混凝土粘接强度等性能应符合本标准第 5.0.13 条的规定。

**5.0.8** 地下商场及其他有人员长时间停留的地下空间除采取一级防水处理和抗裂构造措施以外，应采用机械通风系统，其氡浓度限量值应小于  $150\text{Bq/m}^3$ 。

**5.0.9** 工程设计采用机械通风方式降氡时，通风换气次数应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定。

**5.0.10** I 类民用建筑工程冬季需要长时间关闭门窗使用时，房间宜配置机械通风换气设施。

**5.0.11** 加气混凝土砌块和空心率（孔洞率）大于 25% 的建筑材料表面氡析出率不应大于  $0.015\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。建筑材料表面氡析出率测量方法应符合本标准附录 B 的规定。

**5.0.12** 民用建筑工程防氡复合地面应设置防氡层。防氡层施工前应对基层进行找平，并在防氡层上设置保护层。

**5.0.13** 建筑防氡材料及密封材料性能应符合下列规定：

- 1 防氡材料的防氡效率应达到 95% 以上，并提供相应检测报告；
- 2 防氡涂料及密封材料用于内墙、顶棚及地面工程时，物理力学性能应符合现行行业标准《弹性建筑涂料》JG/T 172 的有关规定；
- 3 防氡层兼作地下工程内防水时，可选用涂膜或卷材类防水材料，并应符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 及《地下工程防水技术规范》GB 50108 的有关规定。

**5.0.14** 采用防氡涂料防氡时，内墙面打底腻子应采用弹性腻子，其动态抗开裂性应符合现行行业标准《建筑外墙用腻子》JG/T 157的有关规定，其他性能应符合现行行业标准《建筑室内用腻子》JG/T 298的有关规定。

# 6 施 工

## 6.1 一 般 规 定

**6.1.1** 对有氡防治工程设计要求的民用建筑，应严格按氡防治工程设计要求进行施工。

**6.1.2** 防氡材料在使用前应进行性能检测。

## 6.2 防土壤氡施工

**6.2.1** 地下室防水卷材兼作防氡层，其搭接宽度应在原有防水搭接宽度基础上增加 50mm。

**6.2.2** 基础底板防裂采取的措施应符合下列规定：

1 浇筑大体积混凝土基础时应采取设置后浇带的措施。填充后浇带时，应按施工缝的要求施工，填充后浇带的混凝土可采用微膨胀或无收缩混凝土。填充混凝土的强度应比原结构混凝土强度等级提高一级，湿润养护不得少于 28d。

2 基础底板混凝土初凝前宜在底板保护层内沿底板表面铺一层钢丝编织网片。钢丝网目数不得少于 80 目，丝径不应小于 0.5mm。

3 添加混凝土减水剂、增塑剂、膨胀剂等外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

**6.2.3** 地下室的地板应采取以下措施减少开裂：

- 1 在地板里预埋钢筋编织网；
- 2 添加纤维类材料增强抗开裂性能；
- 3 加强养护以确保浇筑混凝土的质量。

**6.2.4** 孔洞与缝隙的封堵应符合下列规定：

1 采取氡防治工程设计措施的民用建筑工程，其地下工程的变形缝、施工缝、穿墙管（盒）、埋设件、预留孔洞等特殊部位的施工工艺，应符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030、《地下工程防水技术规范》GB 50108 及《住宅装饰装修工程施工规范》GB 50327 的有关规定。

2 各类管道、管线、插座等设施穿透的孔洞、管道及套管和管线之间的缝隙应密封严实。密封材料宜采用弹性密封材料。

3 施工后期混凝土产生的裂缝在 0.3mm 以内的宜采用环氧树脂密封裂缝, 0.3mm 以上的应采用注浆灌缝的工艺封闭裂缝。

**6.2.5** 土壤减压法施工应符合本标准附录 C 的规定。

## 6.3 防氡涂料施工

**6.3.1** 抹灰工程施工应符合下列规定:

1 抹灰前基层表面的尘土、污垢、油渍等应清理干净, 混凝土墙面、砖墙面、顶棚等表面凸出部分应凿平, 对蜂窝、麻面、露筋等疏松部分应凿到密实处后, 用 1:2.5 水泥砂浆分层补平;

2 在不同材料基层交接处应采用加强网, 加强网与各基层的搭接宽度不应小于 150mm;

3 抹灰用砂浆宜使用预拌砂浆或抹灰石膏, 强度等级应符合现行行业标准《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220 的相关规定。

4 抹灰工程严禁出现空鼓、裂缝现象。当抹灰总厚度大于或等于 35mm 时, 应采取加强措施。

**6.3.2** 批刮弹性腻子施工应符合下列规定:

1 批刮腻子应在基层充分干燥后进行;

2 基层验收合格后, 用弹性腻子补平基层表面凹凸不平处, 然后满刮腻子一道, 待表干后打磨平整, 并应清除浮灰;

3 接着刮涂第二道腻子, 工序、材料同第一道, 待表面干燥后打磨平整;

4 重复第 3 步骤, 直到表面平整度达到防氡涂料施工要求。

**6.3.3** 涂刷防氡涂料应符合下列规定:

1 涂刷防氡涂料的施工应在腻子层充分干燥并将基层粉尘清理干净后进行;

2 涂刷防氡涂料不应少于两道, 在第一道防氡涂料干透后再涂刷第二道。涂刷顺序应上下左右交叉进行, 两道涂层间的接缝应错开; 防氡涂料与门窗框处应有可靠搭接。

**6.3.4** 防氡涂料施工完毕后, 应进行检验。涂料应颜色均匀, 分色整齐, 无漏涂, 不透底。

**6.3.5** 防氡涂料检验合格后方可进行下一工序施工。

## 6.4 防氡复合地面施工

**6.4.1** 地面防氡涂层与墙面防氡涂层之间应有可靠搭接, 搭接宽度不应小于 200mm。

**6.4.2** 地面结构层清理干净后，在面层上抹 M15 水泥砂浆找平，干燥后分道涂刷地面防氡涂料；每道施工厚度不得超过 150 $\mu$ m，待上一道涂层涂刷完毕并充分干燥且验证后，方可进行下一道涂刷施工。

**6.4.3** 地面防氡涂料施工结束并充分干燥后，应进行检验。涂料应无漏涂，不透底。

**6.4.4** 地面防氡涂料检验合格后，应做砂浆或混凝土保护层，保护层厚度不应小于 15mm。

## **6.5 防氡膜施工**

**6.5.1** 防氡膜的粘结基层应坚实、平整、干净、干燥。

**6.5.2** 防氡膜的收头部位、边缘连接处及管道周边，应采用压条或紧固件固定，并应进行密封处理。

**6.5.3** 防氡膜铺贴时，相邻防氡膜之间应有可靠搭接，搭接宽度不宜小于 80mm，搭接方式应符合该产品的技术要求。

**6.5.4** 防氡膜施工结束后，应进行检验，检验合格后方可进行下一程序施工。施工应符合下列要求：

- 1** 防氡膜的收头部位应粘结牢固，密封严密。
- 2** 防氡膜的搭接缝应粘结牢固，密封严密。
- 3** 防氡膜的搭接方式及宽度应符合要求。

## 7 验 收

**7.0.1** 民用建筑工程验收时，应进行室内空气中氡浓度检测，其限量应符合表 7.0.1 的规定。

表 7.0.1 民用建筑工程室内空气中氡浓度限量

工程类别		氡浓度(Bq/m <sup>3</sup> )
I 类民用建筑工程	住宅、居住功能公寓、医院、老年人照料房屋设施、托幼建筑、学校教室、学生宿舍、军人宿舍等	≤150
II 类民用建筑工程	办公楼、商店、旅馆、文化娱乐场所、书店、图书馆、展览馆、体育馆、公共交通等候室、餐厅、理发店等	

**7.0.2** 民用建筑工程室内空气中氡的验收，应在工程完成不少于 7d 后、工程交付使用前进行。

**7.0.3** 民用建筑工程室内空气中氡浓度检测方法，应符合现行行业标准《环境空气中氡的测量方法》HJ 1212 或现行国家标准《空气中氡浓度的闪烁瓶测量方法》GB/T 16147 的规定。

**7.0.4** 民用建筑工程验收时，室内空气中氡浓度抽检房间数量应符合下列规定：

1 抽检每个建筑单体有代表性的房间室内氡浓度，抽检量不得少于房间总数的 5%；每个建筑单体不得少于 3 间，当房间总数少于 3 间时，应全数检测；

2 托幼建筑、学校教室、学生宿舍、老年人照料房屋设施室内氡浓度检测，抽检量不得少于房间总数的 50%，且不得少于 20 间；当房间总数不大于 20 间时，应全数检测；

3 对于墙体材料使用加气混凝土、空心砌块、空心砖及工业废渣块体材料的建筑工程，抽检量不得少于房间总数的 10%，且每个建筑单体不得少于 3 间；当房间总数少于 3 间时，应全数检测；

4 抽检房间数量可从低层向上逐渐减少，工程场地为二、三、四类土壤时，人员长期停留的地下室及一层房间抽检比例不低于 40%。

**7.0.5** 民用建筑工程验收时，室内空气中氡浓度检测点数应符合表 7.0.5 的规定。

**7.0.6** 当房间内有 2 个及以上检测点时，应采用对角线、斜线、梅花状均衡布点，并应取各点检测结果的平均值作为该房间的检测值。

**7.0.7** 民用建筑工程验收时，室内空气中氡浓度现场检测点应距内墙面不小于 0.5m，距地面高度 0.8m~1.5m。检测点应均匀分布，避开通风道和通风口。



表 7.0.5 室内空气中氡浓度检测点数设置

房间使用面积 (m <sup>2</sup> )	检测点数 (个)
<50	1
≥50, <100	2
≥100, <500	不少于 3
≥500, <1000	不少于 5
≥1000	≥1000m <sup>2</sup> 的部分, 每增加 1000m <sup>2</sup> 增设 1 点; 增加面积不足 1000m <sup>2</sup> 时, 按增加 1000m <sup>2</sup> 计算

**7.0.8** 民用建筑工程室内空气中氡浓度检测时, 对采用集中通风的民用建筑工程, 应在通风系统正常运行的条件下进行; 对采用自然通风的民用建筑工程, 应在房间的对外门窗关闭 24h 以后进行。

**7.0.9** 民用建筑工程及其室内装修工程验收时, 应检查下列资料:

1 工程地质勘察报告、工程地点土壤氡浓度或氡析出率检测报告、工程地点土壤天然放射性核素镭 226、钍 232、钾 40 含量检测报告;

2 涉及室内新风量的设计、施工文件, 以及新风量的检测报告;

3 涉及室内环境氡污染控制的施工图设计文件及工程设计变更文件;

4 天然花岗岩石材或瓷质砖使用面积大于 200m<sup>2</sup> 时, 应抽查产品放射性复验报告;

5 建筑工程场地为二类土壤时, 建筑物底层地面抗裂措施设计、施工资料;

6 建筑工程场地为三类土壤时, 建筑物底层地面抗裂措施和地下室按现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 及《地下工程防水技术规范》GB 50108 中一级防水要求进行设计、施工资料;

7 建筑工程场地为四类土壤时, 采取的建筑物综合防氡措施的设计及施工资料;

8 I 类民用建筑工程, 场地为四类土壤时, 应提供工程场地土壤中的镭 226、钍 232、钾 40 的比活度检测报告。

**7.0.10** 当室内空气中氡浓度检测结果不符合本标准表 7.0.1 规定时, 应进行治理; 治理后应再次加倍抽样检测, 并应包括原不合格的同类型房间及原不合格房间。当再次检测的结果符合本标准表 7.0.1 的规定时, 应判定本工程室内空气中氡浓度合格。

## 8 室内氡治理

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 对建筑室内氡浓度超过限量的民用建筑，应查找超标原因，并应采取相应的治理措施。

**8.1.2** 治理室内氡污染可采用通风稀释、屏蔽和净化等方法，将室内氡浓度降低到本标准规定的限量值以下。建筑物降氡改造，应在专业人员指导下进行。

### 8.2 氡来源勘测

**8.2.1** 勘测前，应对氡浓度超标建筑物进行初步调查及初步判断。

**8.2.2** 初步调查宜包括下列工作内容：

1 查阅图纸资料。包括涉及室内环境氡污染控制的施工图设计文件、地面防氡措施设计及施工资料、地面抗裂措施设计及施工资料、涉及室内新风量的设计及施工文件等。

2 查阅报告。包括工程地质勘察报告、土壤中氡浓度（或土壤表面氡析出率）检测报告、新风量检测报告、花岗岩及瓷质砖的放射性检测报告、样板间室内氡浓度检测报告等。

**8.2.3** 对氡浓度超标建筑物，应实地勘察建筑物的构造、房间分布、通风状况、建筑材料、超标房间位置，分析氡的可疑来源，制定勘测方案。

**8.2.4** 氡来源的可疑点应采用时间响应快的仪器进行探测。对于墙面、地面等建筑材料泄漏释放氡的情况，可采用氡的表面析出率测量方法进行探测。

### 8.3 室内氡治理措施

**8.3.1** 建筑室内防氡降氡措施可选用表 8.3.1 中的治理措施，并应符合下列规定：

1 对室内氡浓度超标的民用建筑应优先采用自然通风措施。对于没有窗户或可开启窗户面积过小的房间，可通过增开窗户、增大开启面积或增加换气口，提高房间的新风量。

2 对于采用集中式空调的建筑，应按有关新风量设计标准的要求增加新风量；对于自然通风的建筑，可增加进风排风设备。

**3 防止土壤氡进入措施应符合下列规定：**

1) 对地板裂隙、地面和墙面的交界处、穿过地板或围墙的管道与线路、地下管沟等处的裂隙及孔洞应采用弹性密封材料封堵。

2) 整个地面的防氡降氡处理,可采用防氡复合地面、铺设防氡膜等屏蔽隔离技术,实施方法应符合本标准第 6 章的有关规定。

3) 土壤减压施工方法应符合本标准附录 C 的规定。

4 采用涂刷防氡涂料、涂层等方法处理墙面及顶棚。施工方法应符合本标准第 6 章的规定。

**表 8.3.1 降低建筑室内氡的治理措施**

室内氡浓度 (Bq/m <sup>3</sup> )	土壤氡	建材氡
150~400	1 加强自然通风; 2 采用屏蔽氡来源措施; 3 净化吸附或过滤氡子体	1 加强自然通风; 2 净化吸附或过滤氡子体
400~1000	1 加强自然通风或机械通风; 2 采用屏蔽氡来源措施; 3 封堵屏蔽氡来源; 4 土壤减压法	1 加强自然通风或机械通风; 2 屏蔽氡来源 (防氡涂料)
>1000	1 机械通风; 2 封堵屏蔽氡来源; 3 土壤减压法	1 机械通风; 2 屏蔽氡来源

**8.3.2** 当采用净化除氡技术时,在房间使用期间,应开启净化除氡装置并保持连续工作状态。

## 附录 A 土壤分类

表 A 土壤分类

土壤类别	土壤中氡浓度 (Bq/m <sup>3</sup> )	土壤表面氡析出率[Bq/(m <sup>2</sup> ·s)]
一	≤20000	≤0.05
二	>20000 且<30000	>0.05 且<0.10
三	≥30000 且<50000	≥0.10 且<0.30
四	≥50000	≥0.30

## 附录 B 建筑材料氡析出率测定

### B.0.1 检测样品及设备应符合下列规定：

- 1 空心砖、空心砌块的含水率应控制为  $5\% \pm 1\%$ ，加气混凝土砌块的含水率应控制为  $10\% \pm 1\%$ ；
- 2 检测时建筑材料的温度应控制为  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- 3 检测时箱内空气的湿度应为材料在测试箱中自然积累的湿度；
- 4 在氡析出率测试箱停止检测状态下，氡析出率测试箱密封性应满足在超压  $1\text{kPa}$  下，每分钟空气泄漏应小于测试箱容积的  $1\%$ ，测试箱内要有试件支架，测试箱的尺寸以能放下试件为宜。

### B.0.2 测氡仪器性能指标应包括下列内容：

- 1 工作温度范围应为  $-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 不确定度不应大于  $20\%$ ；
- 3 探测下限不应大于  $5\text{Bq/m}^3$ ；
- 4 时间响应不应大于  $10\text{min}$ 。

### B.0.3 建筑材料试件尺寸规格及数量应符合下列规定：

- 1 加气混凝土砌块试件尺寸规格应为  $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 200\text{mm}$ ，数量应为 4 块；
- 2 空心砌块试件尺寸规格宜为  $390\text{mm} \times 190\text{mm} \times 190\text{mm}$  或出厂尺寸，数量应为 2 块；
- 3 空心砖试件尺寸规格宜为  $290\text{mm} \times 190\text{mm} \times 90\text{mm}$  或出厂尺寸，数量应为 6 块。

### B.0.4 建筑材料含水率控制应按下列步骤进行：

- 1 对待测试件进行烘烤，把待测试件放入烘烤箱中，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  的温度下，连续烘烤  $10\text{h}$  的时候，试件的质量变化小于  $0.5\%$ ，烘烤至绝干并应记录此时试件的质量；
- 2 待烘烤至绝干的待测试件冷却后，应对试件进行加湿处理，直至含水率达到检测要求；
- 3 已经加湿好的待测试件应在与试件体积相当的密封箱中或者用塑料密封袋密封好放置一段时间（ $1\text{d}$  以上），放置过程中箱内外的温度应控制为  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

### B.0.5 检测应按下列步骤进行：

- 1 氡析出率测试箱所在环境的温度控制为  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，对连续测氡仪进行检测前的准备，并检测测试箱氡浓度本底值；
- 2 对待测试件称重，确保试件的含水率符合检测要求后，将待测试件放入测试箱中，

并进行密封；

3 用连续测氦仪进行约 10h 的连续检测，记录检测开始和结束时间，检测时间间隔 0.5h，检测时间在 2h 以上 10h 以内。

**B.0.6** 试件的表面氦析出率应按下式进行计算：

$$R_m = \frac{a \cdot V_m}{3600 S_m} \quad (\text{B.0.6})$$

式中： $R_m$ ——待测试件氦析出面的氦析出率 [Bq/(m<sup>2</sup>·s)] ；

$S_m$ ——待测试件氦析出面的面积 (m<sup>2</sup>)；

$V_m$ ——氦析出率测试箱中剩余空间的容积 (m<sup>3</sup>)；

$a$  ——测试箱氦浓度与检测时间关系曲线初始直线段的斜率，可采用最小二乘法线性拟合得出的直线斜率 [Bq/(m<sup>3</sup>·h)]。

## 附录 C 土壤减压法

**C.0.1** 土壤减压法的设计和施工（图 C）应符合下列规定：

- 1 在底板下应连续铺设一层 100mm~150mm 高的卵石或粒石，其粒径宜为 12mm~25mm；
- 2 底板下空间被地梁或地垄墙分割成若干空间时，应在地梁或地垄墙上预留洞口或穿梁排气管打断分隔；
- 3 在排氦分区中央应设置 1200mm×1200mm×200mm 的集气坑；
- 4 安装直径为 100mm~150mm 的 PVC 排氦管，从集气坑引至室外并延伸到屋面以上，排气口周边 7.5m 范围内不得设置进风口；
- 5 在排氦管末端应安装排风机；
- 6 设置报警装置。当系统非正常运行，底板空间的负压不能满足系统需求时，系统应发出警报。

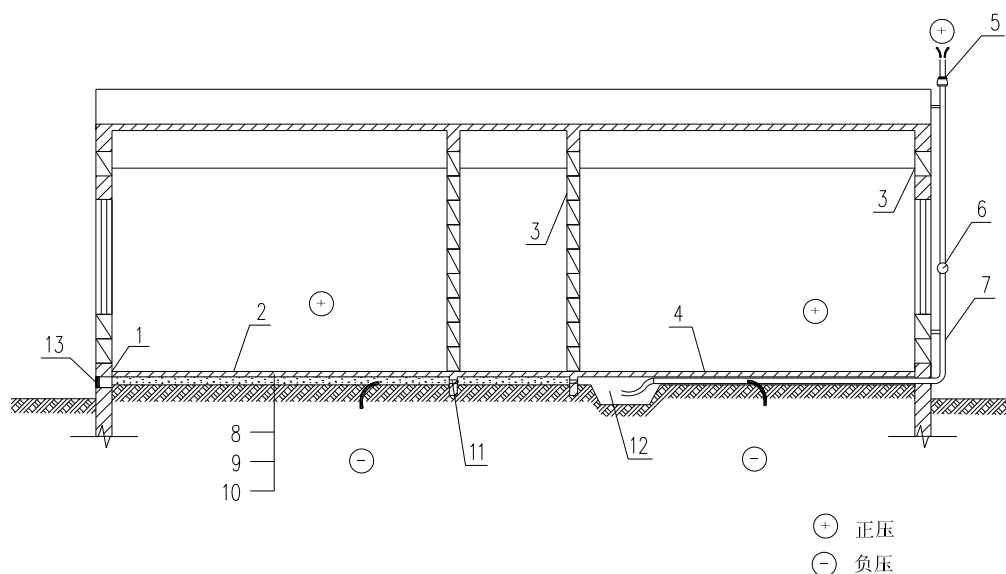


图 C 主动土壤减压法系统

- 1—聚氨酯嵌缝；2—复合地面防氦材料；3—防氦涂料；4—聚氨酯嵌缝膏；5—排风机；  
6—压力监控器；7—100PVC 氦排放管；8—结构楼板；9—骨料或架空层；  
10—素土夯实；11—穿梁排氦管；12—集气坑；13—进风口

**C.0.2** 骨料的规格和布置应符合下列规定：

1 铺装骨料的粒径宜为 12mm~25mm，粒径为 12mm 的骨料空隙率不应小于 40%；

2 应在整个底板下均匀地放置一层 100mm~150mm 厚的干净骨料，不得加入杂质；在骨料上层及下方应各铺设一层土工布。

**C.0.3** 粒石层外墙上设进风口，进风口位置应避免与排气管短路，并不留死角。在地梁或地垄墙上预留洞口或穿梁排气管，洞口或排气管直径应为 100mm±5mm，间距不应大于 3m。

**C.0.4** 在架空层中每个排氦分区中央位置应设置氦集气坑，尺寸应为 1200mm×1200mm×200mm；氦气排放管应沿底板下面铺设，水平进入集气坑。

**C.0.5** 氦气排放管的规格及安装和排氦系统的提示标志应符合下列规定：

1 新建民用建筑氦气排放管直径宜为 100mm~150mm 的 PVC 管或其他材质符合环保要求的管道。管道的尺寸应根据不同的实际情况选用。当氦防治方案中没有密封各种裂缝，垂直管道直径不应小于 150mm。

2 从楼板开始，应使用密封剂密封管道和楼板间的空隙，以及所有管路接头；所有水平管道保证不小于 1% 的找坡。

3 在排氦管道上应至少每 10m 设置一个标志，标志上应清楚地标示整个排氦系统的所有组成。在屋顶的出口以及排气管上应附上永久的警示标签。排氦口与窗户之间的最小距离应该按当地的具体气候条件及现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 来确定。

**C.0.6** 排风机的安装、选型及排气口设置应符合下列规定：

1 根据建筑场地土壤氦浓度的不同情况，排风机的安装时间可以不同。当建筑场地为四类土壤，在施工时应直接安装好排风机；当建筑场地为四类以下的土壤，可在施工时预留电源及其他管线。

2 在氦控制系统中，应选用专门为户外使用制造的风机。风机与管道连接应采用密封性好、运行噪声低、易于更换的系统。防水电器开关应放在风机附近。

3 排气管末端应距离最近的进气口或窗口 7.5m 以上。

**C.0.7** 主动土壤减压系统设计应包括空气压力报警系统。

**C.0.8** 应封堵底板与负压区之间的孔洞、裂缝、不同材料连接处、管井或管道周边空隙，防止室内的空气渗入架空层中的低压区域。



## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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用词，采用“可”。

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

## 引用标准名录

- 1 《建筑与市政工程防水通用规范》 GB 55030
- 2 《地下工程防水技术规范》 GB 50108
- 3 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 4 《住宅装饰装修工程施工规范》 GB 50327
- 5 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736
- 6 《空气中氡浓度的闪烁瓶测量方法》 GB/T 16147
- 7 《抹灰砂浆技术规程》 JGJ/T 220
- 8 《建筑外墙用腻子》 JG/T 157
- 9 《弹性建筑涂料》 JG/T 172
- 10 《建筑室内用腻子》 JG/T 298
- 11 《环境空气中氡的测量方法》 HJ 1212

山东省工程建设标准

民用建筑氡检测与防治技术标准

DB37/T 5263—2023

条文说明

# 目 次

1 总则.....	26
3 建设规划与工程勘察.....	27
3.1 建设规划.....	27
3.2 工程勘察.....	27
4 土壤氡检测.....	28
4.1 氡浓度检测.....	28
4.2 表面氡析出率检测.....	28
5 设计.....	29
6 施工.....	34
6.2 防土壤氡施工.....	34
6.3 防氡涂料施工.....	35
6.4 防氡复合地面施工.....	35
6.5 防氡膜施工.....	36
7 验收.....	37
8 室内氡治理.....	39
8.1 一般规定.....	39
8.2 氡来源勘测.....	39
8.3 室内氡治理措施.....	39

# 1 总 则

**1.0.1、1.0.2** 为确保民用建筑室内氡浓度符合标准，同时体现辐射防护三原则，本标准主要针对新建、扩建及改建的民用建筑，在其施工设计等各阶段提出规范性要求。

**1.0.3** 室内氡浓度的检测及氡污染治理，需要具备专业知识，相关的检测机构及治理单位应具有相应的技术能力。由于检测人员与施工人员在长期的工作中接触氡的机会很多，容易受到氡的伤害，必须对人员加强氡防护知识的内部培训。只有经过内部培训并考核合格的人员才能上岗。

**1.0.4** 民用建筑工程室内氡污染控制包括工程的设计、施工、治理等，这些控制措施必须符合本标准的规定。但是，为了不引起室内环境的其他污染及安全等问题，相关的氡污染控制措施还必须符合现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016、《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 及其他现行国家和山东省相关标准，做到室内环境的安全可靠。

## 3 建设规划与工程勘察

### 3.1 建设规划

**3.1.1** 国内外进行的住宅室内氡浓度水平调查结果表明：建筑物室内氡主要源于地下土壤、岩石和建筑材料，有地质构造断层的区域也会出现土壤氡浓度高的情况。因此，在进行城乡建设规划时有必要对区域性土壤氡浓度或者土壤表面氡析出率进行调查，并根据调查结果绘制区域性土壤氡等值线图，依据此区域性等值线图对土壤进行分类。

**3.1.2** 本条中提出的土壤类别达到四类的区域，其划分是依据土壤中氡浓度或土壤表面氡析出率，与现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 以及《建筑环境通用规范》GB 55016 在对不同氡浓度的场地采取防氡措施时，所考虑的土壤氡浓度限值保持一致。

### 3.2 工程勘察

**3.2.1** 本条对建筑工程小区或连体建筑的土壤氡浓度调查做出规定。建筑工程小区或连体建筑测量布点应覆盖所有单体建筑。因为氡气在土壤中有一定的扩散距离，如果检测布点不能覆盖所有单体建筑，则不能完全反映土壤氡对建筑室内氡的影响。

## 4 土壤氡检测

### 4.1 氡浓度检测

**4.1.1、4.1.2** 本条参照了现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 以及原核工业部地质探矿时的有关规定。

通过检测土壤中的氡气探知地下矿床，是一种经典有效的探矿方法。土壤中氡检测仪器需在野外作业，对温度、湿度环境条件要求较高。

由于土壤中氡含量一般较高，数量级一般在数百  $\text{Bq/m}^3$  水平以上，因此对仪器灵敏度不必提出过高要求，灵敏度可探测土壤氡浓度值不大于  $400\text{Bq/m}^3$  即可满足要求。

**4.1.5** 取样器深入建筑场地地表土壤的深度太大，将加大测试工作的难度；太浅，土壤中氡浓度受大气环境影响大，不足以反映深部情况。参照地质探矿的经验，一般情况下，取  $500\text{mm}\sim 800\text{mm}$  较为适宜。考虑到采样气体体积的需要，采样孔径的直径也不宜太大，以  $20\text{mm}\sim 40\text{mm}$  较为适宜。

成孔后，应使用头部有气孔的特制的取样器，插入打好的孔中，取样器在靠近地表处应进行密闭，大气不应渗入孔中，然后进行抽气测量，抽气测量宜连续进行 3 次~5 次，第一次抽气检测数据应舍弃，检测值应取后几次检测平均值。

### 4.2 表面氡析出率检测

**4.2.1、4.2.2** 土壤表面氡析出率检测的取样设备形状应为盆状，工作原理分为被动收集型和主动抽气采集型两种。土壤表面氡析出率的检测方法，通常采用聚集罩积累被测介质析出的氡，然后进行氡浓度检测。将聚集罩罩在地面上，土壤中析出的氡即在罩内积累，氡的半衰期较长(3.82d)，在数小时内氡的衰减量很少，因而在较短的时间段内，罩内氡积累量与时间成正比。为保证检测结果准确，检测时风力不宜超过 3 级。

## 5 设计

**5.0.1** 本条要求“新建、扩建的民用建筑工程应依据土壤中氡浓度或土壤表面氡析出率的检测结果并按要求进行氡防治工程设计”，是对现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016—2021 中第 5.2.2 条~5.2.4 条的具体化。

建筑物室内氡除了主要源于地下土壤和岩石以外，另一个主要来源就是建筑材料，除了砌块材料，混凝土、石材、墙地面砖等材料所释放的氡气都可能导致室内氡浓度超标，所以防治建材氡不仅是针对墙体，也包括顶棚和地面。

本标准根据土壤氡浓度或土壤氡表面析出率的大小对土壤进行了分类，其依据是现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 以及《建筑环境通用规范》GB 55016 在对不同氡浓度的场地采取防氡措施时，所考虑的土壤氡浓度限值。

根据以上土壤分类，结合现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016 以及《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325，本标准对设计提出相应的设计要求。对于一类土场地，其土壤氡对室内氡浓度影响较小，可不采取工程措施。对于二类土场地，土壤氡对室内氡浓度影响已经很明显，应采取建筑物底层地面抗裂及封堵不同材料连接处、管井及管道连接处等措施。对于三类土场地，除采取二类土场地的措施以外，还应应对基础进行一级防水处理，这样既可以防氡，又可以防地下水，事半功倍，降低成本。而且，地下防水工程措施有成熟的经验，可以做得很好。对于四类土场地，土壤氡对室内氡浓度影响非常突出，单靠一种构造措施很难达到防治氡的目的，故应采取多种综合的构造措施，在 5.0.6 条中根据不同的建筑形式有详细的阐述。

**5.0.3** 通过大量调研国内外关于氡检测及防治的相关资料，土壤氡对建筑的影响主要集中在 3 层以下，3 层及 3 层以上土壤氡对室内氡水平的影响甚微，而建筑材料中的氡对建筑的影响涵盖了建筑的全部空间，所以本标准规定 3 层以下要同时进行土壤氡和建筑材料氡的防治，3 层及以上可只进行建筑材料氡的防治。

**5.0.4** 本条对 I 类民用建筑工程的工程场地为四类土壤时做了特殊规定。土壤氡来自土壤本身和深层的地质断裂构造两方面，因此，当土壤氡浓度高到一定程度时，须分清两者的作用大小，此时进行土壤天然放射性核素检测是必要的。对于 I 类民用建筑工程而言，当土壤的放射性内照射指数( $I_{Ra}$ )大于 1.0 或外照射指数( $I_{\gamma}$ )大于 1.3 时，原土壤再作为回填土已不合适，而采取更换回填土的办法，简便易行。故 I 类民用建筑工程要求采用放射性内照射指数( $I_{Ra}$ )不大于 1.0 或外照射指数( $I_{\gamma}$ )不大于 1.3 的土壤作为回填土使用。



**5.0.5** 工程场地土壤为二类、三类土壤时，土壤氡对室内氡浓度影响非常显著，土地面、砖地面对土壤氡不能起到隔绝的作用，会直接导致室内氡水平超标，混凝土地面会将暴露的土壤覆盖起来，可以起到阻止土壤氡进入室内的作用，同时必须做好防裂措施，防止氡从裂缝或不同材料连接间隙进入室内。

**5.0.6** 对于不同的民用建筑，采取的综合建筑构造土壤防氡措施可参考图 1、图 2 所示。

工程场地土壤为四类土时，最好的方法是将一层架空，这样土壤中析出的氡散发到空气中，无法进入室内。这种方式比较适合非采暖地区，一层架空的同时可以为建设项目提供开敞的空间，可以用于休闲、绿化和停车，提升空间品质。但在我省普遍有冬季采暖的情况下，这样做增大了体形系数，增加了散热面，不利于节能，故本标准不使用该方法。

其他不同建筑形式无论哪种都应采取封堵氡进入室内通道的措施，这些通道包括暴露的土壤、与土壤连接的排水沟、管道、地漏，地板、墙面的裂缝及管道周边的孔隙。用于封堵的密封材料必须与混凝土等材料具有良好的粘接性能，同时具有良好的延展率等性能并应长期有效，故要求封堵材料符合相关标准及规范的性能指标要求。

四类土场地土壤氡浓度很高，所以要求与土壤氡接触的墙体及地面应采用防氡涂料墙面和防氡复合地面。另外，通风可以有效降低室内氡浓度，小型通风换气机比较适用于无中央空调的小空间，而地下室采用机械通风系统同样可以达到降低室内氡浓度的目的。

对于没有地下室的建筑地基与一层之间应设隔离构造措施阻止土壤氡进入室内。隔离构造，根据我省实际可有以下两种：设膜隔离层及土壤减压法。

膜隔离层在国外一些国家如英国、瑞典、捷克、加拿大等国家采用得比较多，尤其是在英国被大量的推广使用，但国内很少采用。鉴于这种方法造价比较低，且施工比较简单，故将以下几个国家的使用情况及技术要求进行简要介绍，以便在我省的使用中得以应用和推广。

#### **1 捷克的技术要求：**

1) 防氡膜应具有耐久性，其使用寿命与建筑寿命相等。因为防氡膜铺设于地下，未来的保养和维修工作几乎是不可行的，保养维修工作复杂且费用昂贵。

2) 防氡膜必须能抵抗土壤中微生物及化合物引起的腐蚀。

3) 防氡膜必须能承受建筑物的挤压，具有一定的延展率不容易被刺穿，防氡膜之间应光滑以减少膜之间的摩擦力引起破坏。

4) 防氡膜首选简单的材料（塑料铝膜），边缘的连接处、管道等应密封完好，具

有良好的气密性，应形成完整的防氦系统。

- 5) 防氦膜在环境温度低于 5℃ 时不得应用，部分材料在低温下难以密封。
- 6) 防氦膜的氦扩散系数应在  $5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s} \sim 1 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$ 。

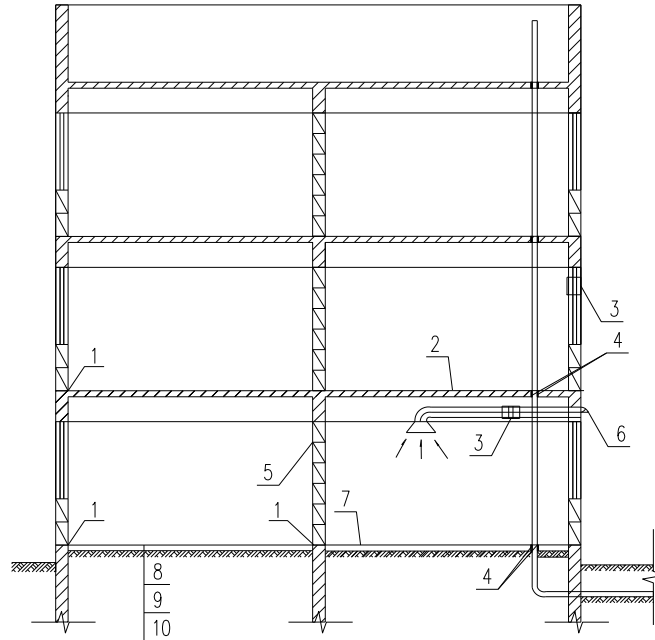


图 1 无地下室的综合建筑构造防土壤氦措施示意

- 1—不同材料交接处封堵；2—封堵楼板裂缝；3—新风换气机；4—设备管及安装密封；
- 5—防氦涂料；6—防雨风帽；7—防氦复合地面；8—混凝土地面；9—膜隔离层；10—素土夯实

## 2 瑞典的技术资料：

防氦膜由一种特殊的塑料和弹性复合体组成，此复合体结构非常紧凑可以防止氦气渗透。

加强防氦膜由聚酯膜组成弹性、耐刺穿、涤纶面膜，其下方铺设防腐的玻璃纤维，并且加上铝膜构成一个屏障，可防止氦气穿透。

在防氦膜表面需要涂刷滑石粉，以利于其迅速铺开。膜与膜的连接通过重叠焊接实现。

在潮湿的地面或者靠近水的含水层，防氦膜可以作为防水系统中的一层。

## 3 英国的技术要求：

防氦膜的铺装应延伸至建筑外墙，可以保持较好的气密性和防止湿气进入室内，连接处要考虑可靠的搭接和粘结。防氦膜表面需要进行平滑处理，在防氦膜上应铺设保护层，防止被高处坠落物体或尖锐物体损坏。同时，对防水、防潮、保护膜、防治漏气

等细节进行了详细的规定。

土壤减压法在国外也是一种普遍采用的氡防治措施，主要是通过降低土壤空气中的气压，以减少氡向室内渗透（本标准附录 C 有详细介绍）。土壤减压法主要包括两种方法：被动土壤减压法、主动土壤减压法。主动土壤减压法需要安装风机，使建筑物底板下方形成负压，此方法效果较好，但需要电源，较为耗能。

此外，在工程实践中，若有优于本标准的防治方法时，可经专家评估后采用。

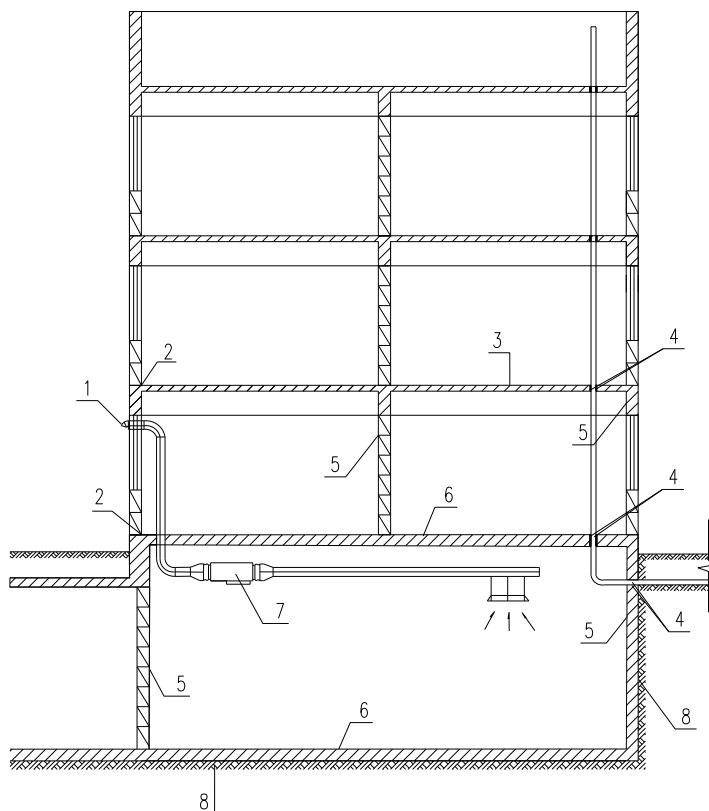


图 2 有地下室的综合建筑构造防土壤氡措施示意

1—防雨风帽；2—不同材料交接处封堵；3—封堵楼板裂缝；4—设套管及安装密封；

5—防氡涂料；6—防氡复合地面；7—排风机；8—一级防水

**5.0.8** 人员经常停留使用的地下空间除采取一级防水处理和抗裂构造外，还必须采用机械通风系统。实践证明，采用封堵的方法有时候还是不能完全阻止氡进入室内，或者随着使用时间的推移封堵措施很可能会失效，而通风是降低室内氡浓度的最有效手段。

**5.0.9** 经过实验和计算，通风换气次数满足现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 有关规定的建筑物，室内氡浓度一般都能满足本标准限量指标的要求。

**5.0.10** 考虑 I 类民用建筑的主要使用人群为未成年人及老人，对于长期关闭门窗使用的空间，提出使用机械通风换气的要求。

**5.0.11** 现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 中对加气混凝土制品和空心率（孔洞率）大于 25% 的建筑主体材料提出  $0.015\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$  的限量。本标准的要求与现行国家标准一致。

**5.0.12** 防氡复合地面示意图见图 3。防氡复合地面的防氡涂层基面应平整密实，涂刷厚度及道数应根据检测浓度及材料性能确定，防氡涂层应做保护层，可防止被刺穿并延长使用寿命。

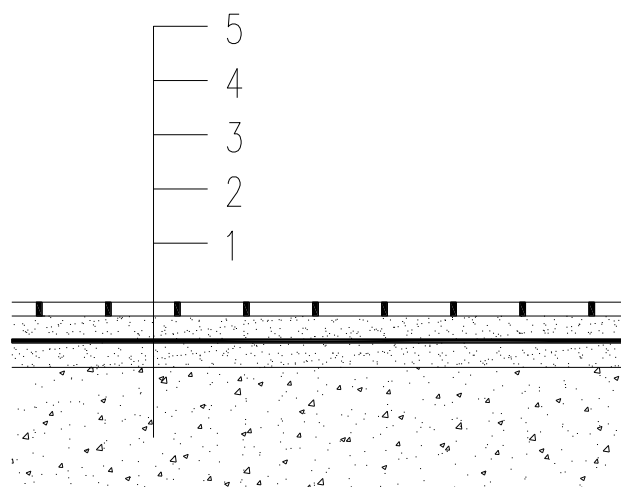


图 3 建筑物防氡复合地面示意图

1—混凝土地面；2—水泥砂浆找平层；3—防氡层（防氡涂料或防氡膜）；  
4—水泥砂浆保护层；5—地面面层

**5.0.13** 通过使用防氡材料降低室内氡浓度是目前室内氡污染治理中较为常用的手段，防氡材料主要包括防氡涂料、防氡膜、防氡卷材等。防氡材料可以用于房屋地面、墙面及顶棚等，可以长期有效地防止土壤和建筑材料中氡的析出，并且不会因为地面、墙面及顶棚等发生微裂纹而失效。

内墙弹性涂料通常使用寿命在 10 年左右，建议每 8 年~10 年重新粉刷一次防氡涂料。

**5.0.14** 防氡涂料的打底腻子应具有一定的张力，而弹性腻子正符合这一要求，墙面缝隙在受温度、湿度、外力等影响变形在一定范围时，弹性腻子可随之改变，墙面不会出现缝隙，减小对附着其上的防氡涂料的影响。

# 6 施 工

## 6.2 防土壤氡施工

### 6.2.2 基础底板防裂措施:

1 后浇带宜用于不允许留设变形缝的工程部位，后浇带应在其两侧混凝土龄期达到42d后再施工，后浇带应设在受力和变形较小的部位，其间距和位置应按结构设计要求确定，宽度宜为700mm~1000mm。

2 在基础底板表面铺设钢丝编织网时，编织网之间要有可靠的搭接，其搭接宽度不得少于100mm。

3 本条参照现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的有关规定进行施工。

### 6.2.5 土壤减压法的施工说明如下:

土壤减压系统可以通过设置隔板产生一个负压区而防止氡进入室内。如果整个底板区域都是负压区，那空气就会从建筑流向土壤，从而阻止土壤氡进入室内。

在一层楼板与土壤之间留出一个高度100mm~150mm的空间，并在此空间铺设粒径12mm~25mm的卵石或粒石，封堵各种裂缝和孔洞，采用风机排风使其处于负压状态，这个负压空间可以有效地阻止氡气从土壤进入建筑室内。

为了创造负压区，在板底下设置一个氡集气坑，然后用排气管道从坑里通到户外。在建筑外面的管道上设置排风机，在架空层形成一个负压区，系统是“主动式”的。若建筑中的空气压力较低则会造成建筑物周围土壤中的氡气体进入建筑物内，土壤减压系统通过制造压差，使架空层气压低于室内气压，这种气压差阻止了土壤中的氡气进入建筑物内。

主动土壤减压系统也可以被简化运用，如果需要的话还可以再补充排风系统。对于室内空气氡含量有可能超标的新建筑，安装一个简化的系统是一种谨慎和必要的投资，可以减少运营费用。如果采用这种系统后的住宅仍存在氡含量过高的问题，那么再通过增加排风机这种低投入的措施就可以使其得到缓解。

除了风机运行的情况外，还有一些因素可能妨碍排氡系统有效地运行，风机运行正常时，排氡系统未必能正常工作，因此，建议安装空气压力报警器，而不是那种由风机运行状况来决定是否报警的装置。报警装置应安装在一个经常有人查看的区域。住宅小

区可将报警装置安放在 24h 有人监控的值班室内；独栋别墅可将报警装置安放在电子门禁系统旁，以便日常查看。

此外，整个排氦系统的任何一个环节遭到有意或者无意的破坏，都有可能造成严重的后果，因此，应该在排氦系统上做出足够的标志来防止类似的事情发生。

## 6.3 防氦涂料施工

**6.3.1** 抹灰前用笤帚将顶、墙面清扫干净。如有油渍或粉状隔离剂，应用草酸或稀碱溶液刷洗，清水冲净，或用钢丝刷子彻底刷洗干净。抹灰过厚处应分层抹平，每层厚度不应大于 7mm~9mm。

**6.3.2** 批刮弹性腻子之前清除基层表面粉尘、油污、锈迹等，确保墙面清洁，检查基层牢固度，疏松、空鼓部分应予以铲除，墙面明显凸出部位的砂浆疙瘩，应打磨平整；对于吸水性强、比较疏松的基层，应用高渗透性封底界面剂处理，进行封闭和加固。

施工时弹性腻子满批 2 道~3 道，第一道以修补为主，第一道满批，要求批刮平整，不露底。为避免腻子收缩过大出现开裂和脱落，一次刮涂不宜过厚，根据不同腻子的特点，厚度以 0.5mm~1.0mm 为宜，腻子总厚度一般不超过 3mm 为宜，刮涂时掌握好刮涂工具的倾斜度，用力均匀，以保证腻子的饱满度。

内墙弹性腻子的粘结强度应符合现行行业标准《建筑室内用腻子》JG/T 298 的相关规定。

**6.3.3** 防氦涂料涂刷时，应待腻子层实干后方可涂刷涂料，一般批刮最后一道腻子后，需要 24h (25℃)方可实干。

涂刷防氦涂料前，基层含水率不得大于 8%，对于局部湿度较大的部位，可采用烘干措施进行烘干。最后一道刷浆完毕后，应加以保护，不得损伤。

## 6.4 防氦复合地面施工

**6.4.1、6.4.2** 防氦复合地面施工应在墙面防氦涂料施工完毕并检验合格后再进行。为保证良好的气密性，防氦地面要与墙面防氦涂料有可靠的交接，第一道防氦涂料施工完毕，待 24h(25℃)充分干燥后，方可进行第二道防氦涂料施工(每道施工厚度不得超过 150μm)。两道涂层间的接缝应错开，防氦涂料施工一般应涂刷 2 道~3 道。

为保护好地面防氦涂料不被损坏，砂浆或混凝土保护层应有足够的厚度。

## 6.5 防氦膜施工

**6.5.2** 收头部位应根据收口外露情况选择合适的压条。

**6.5.4** 收头是防氦膜细部施工的关键环节，也是一个薄弱环节。搭接缝质量也是关键，其好坏主要表现在两个方面：一是搭接缝粘结牢固，密封严密；二是搭接宽度应符合要求。

## 7 验 收

**7.0.1** 本标准对民用建筑工程的分类依据现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016 的规定，同时考虑了现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 中对 I、II 类民用建筑的划分，并将其中的幼儿园扩大为托幼建筑（考虑到少量托儿所是独立建设，未与幼儿园合建）。本标准未明确指出的民用建筑，可根据实际用途参照划分。

本标准的氡浓度限量依据现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016 的规定。

**7.0.2** 要求工程竣工验收检测至少在完工 7d 以后进行，一是经过一段时间后，污染物排放逐渐趋于稳定；二是与现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 的验收时间要求保持一致。

**7.0.3** 室内空气中氡浓度的检测方法有多种，现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 中提出了吸静电收集能谱分析法、泵吸闪烁室法、泵吸脉冲电离室法、活性炭盒-低本底多道  $\gamma$  谱仪法等四种方法，要求测量结果不确定度不大于 25% ( $k=2$ )，方法的探测下限不大于  $10\text{Bq/m}^3$ 。检测机构可根据情况自行选择国家现行标准中规定的检测方法。

**7.0.4** 条文中的房间指“自然间”，在概念上可以理解为建筑物内形成的独立封闭、使用中人们会在其中停留的空间单元。计算抽检房间数量时，指对一个单体建筑而言。一般住宅建筑的有门卧室、有门厨房、有门卫生间及厅等均可理解为“自然间”，并作为基数参与抽检比例计算。条文中“抽检每个建筑单体有代表性的房间”指不同的楼层和不同的房间类型（如住宅中的卧室、厅、厨房、卫生间等），底层停车场不列入抽检范围。对于室内空气中氡浓度测量情况，考虑到土壤氡对建筑物低层室内产生的影响较大，因此，一般情况下，建筑物的低层应增加抽检数量，向上可以减少。

近年来，多地幼儿园、学校教室装饰装修后发生室内环境污染物超标情况，故现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016、《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 要求，幼儿园、学校教室、学生宿舍、老年人照料房屋设施装饰装修后验收时，抽检量增加到不少于房间总数的 50%，并不得少于 20 间。

对于老年人照料房屋设施，抽检量可根据不同房间类型予以区分。根据现行行业标准《老年人照料设施建筑设计标准》JGJ 450，老年人照料设施应设置老年人用房（包括生活用房、文娱与健身用房、康复与医疗用房）和管理服务用房。室内氡浓度检测时，老年人用房抽检量不少于该类房间总数的 50%，且不少于 20 间；管理服务用房抽检量



不少于该类房间总数的 5%，且不少于 3 间。

对于工程场地土壤氡浓度大于  $20000\text{Bq}/\text{m}^3$ 【或土壤表面氡析出率大于  $0.05\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 】以及墙体材料使用加气混凝土、空心砌块、空心砖及工业废渣（粉煤灰、矿渣等）的建筑工程的情况，考虑到土壤氡对室内影响较大以及加气混凝土、空心砌块、空心砖及工业废渣（粉煤灰、矿渣等）氡的析出率较高，抽检房间比例提高是必要的。条文第 4 款中的“40%”是指所抽检的房间中，地下室及一层房间的数量不低于 40%。

**7.0.5** 随着房间面积的增加，测量点数适当增加是必要的，但不宜无限增加。

**7.0.8** 室内氡浓度检测的目的在于了解建筑物交付使用后室内空气中氡浓度状况是否符合标准规定，因此取样检测时的室内通风情况应尽可能与房屋交付使用后保持一致。采用自然通风的工程进行氡浓度检测时，要求门窗关闭 24h 后进行，主要考虑氡的衰变特性：氡释放到室内空气中后，一部分会衰变掉，放射性衰变计数统计涨落大，为了测得较稳定数据，有利于发现超标情况，所以要求检测在对外门窗关闭 24h 后进行。累积式测氡仪器可以从对外门窗关闭开始测量，24h 以后读取结果。

## 8 室内氡治理

### 8.1 一般规定

**8.1.2** 建筑物降氡改造应遵循辐射防护最优的原则。氡浓度超标不严重或季节性超标的情况，宜采用通风、屏蔽氡源、净化吸附或过滤氡子体等成本较低的临时性降氡措施。氡是单原子惰性气体，氡气的分子直径只有 0.46nm，很容易从土壤或建材中释放出来。氡气没有颜色和味道，只有通过检测装置才能够测量到，因此，房屋的降氡改造要在专业人员指导下，才可能达到预期的效果。

### 8.2 氡来源勘测

**8.2.1、8.2.2** 通过复核土壤、建筑材料、室内氡浓度检测报告及地质勘察等相关资料，对氡的超标状况有较充分了解，以利于初步判断。高天然辐射背景地区或土壤氡浓度 $\geq 30000\text{Bq/m}^3$ 的地下室和 3 层以下的房间重点考虑土壤氡的渗入；3 层及以上的房间主要考虑墙体材料氡的析出。

**8.2.3** 实地勘察的目的是寻找室内氡浓度增高的原因，通常氡的室内源项有地基土壤、建筑材料、地下水、天然气等。房间过于密闭则提供了氡气聚集的有利条件。另外，寒凉季节导致的室内外温差增加而形成的负压，会提高建筑物表面氡的析出率。

**8.2.4** 氡来源可疑点需要采用时间响应快的仪器进行探测。选择房间中心区作为参照点，采气管放在距离地面 1m 以上的位置，以防地面氡气的干扰。仪器按设定程序进行测量，测量周期通常只有 5min，取 3 次测量的均值。通过与参照点测值的比较，确定建筑物中氡气的释放点。

### 8.3 室内氡治理措施

**8.3.1** 自然通风：自然通风是利用室外新鲜空气稀释和驱除室内含氡空气的过程，是最简单、最方便和成本最低的降氡方法。一般的住宅，室内日均自然空气交换率约为每小时 0.2 次~0.5 次。采用节能技术修建的新型住宅的密封性较好，自然空气交换率降低到每小时 0.1 次。经常开窗，可以增加室内空气流通，稀释包括氡气在内的室内污染物。

根据目前室内污染的调查资料，室内空气质量与室内每天平均换气次数有直接的关系。

**8.3.2** 净化除氡技术是通过吸附氡气或过滤悬浮在空气中的氡子体来降低氡的危害。1992年，美国 Li C. S 和 Hopke P. K. 率先研究了空气过滤系统对室内普通粒子源的影响，采用自动半连续式活性加权粒度分布测量系统，测量项目包括氡浓度、凝结核、氡衰变产物活度粒径分布，结果证明空气净化可作为降低独立式结构房屋氡子体所带来的风险的一种手段。美国核物理学家 Steck 博士也认为滤网上吸附的微粒应该包括结合态氡子体和未结合态氡子体，因此空气净化器应该能够降低氡衰变产物和有效剂量。日本对市售的空气净化器进行了测试，结果显示气溶胶过滤率 2 次/h，氡剂量可减少 30%~50%。我国工程兵研制的空气净化系统降低结合态和未结合态氡子体的比重分别超过 90% 和 80%。考虑到我省室内氡的来源很大部分来自建筑材料，因此，这里推荐了净化除氡的技术。