

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ/T 349-2015
备案号 J 1989-2015

民用建筑氡防治技术规程

Technical specification for radon
control of civil building

2015-02-05 发布

2015-10-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

民用建筑氡防治技术规程

Technical specification for radon
control of civil building

JGJ/T 349-2015

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 5 年 1 0 月 1 日

中国建筑工业出版社

2015 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 746 号

住房城乡建设部关于发布行业标准 《民用建筑氡防治技术规程》的公告

现批准《民用建筑氡防治技术规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 349-2015，自 2015 年 10 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2015 年 2 月 5 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标[2010]43号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本规程。

本规程主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.建设规划与工程勘察;4.设计;5.施工;6.验收;7.室内氡治理。

本规程由住房和城乡建设部负责管理,由深圳市建筑科学研究院股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送深圳市建筑科学研究院股份有限公司(地址:深圳市福田区上梅林梅坳三路29号,邮编:518049)。

本 规 程 主 编 单 位:深圳市建筑科学研究院股份有限公司
泰宏建设发展有限公司

本 规 程 参 编 单 位:河南省建筑科学研究院有限公司
福建省建筑科学研究院
清华大学工程物理系
南华大学
苏州大学
北京固斯特国际化工有限公司

本规程主要起草人员:陈泽广 陈松华 刘 丹 符 适
王喜元 肖德涛 朱 立 黄金荣
孙 浩 黄 勇 严义清 刘秋林
王倩雪 孙 亮

本规程主要审查人员:刘森林 王自福 周竹虚 尚 兵
郑天亮 孟建民 李素华 黄晨光
肖 营 梅爱华 黄圭峰

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	建设规划与工程勘察	4
3.1	建设规划阶段	4
3.2	工程勘察阶段	4
4	设计	5
5	施工	11
5.1	防土壤氡施工	11
5.2	防氡涂料施工	12
5.3	防氡复合地面施工	13
6	验收	14
7	室内氡治理	18
7.1	一般规定	18
7.2	氡来源勘测	18
7.3	室内氡治理措施	18
附录 A	建筑材料氡析出率测定	21
附录 B	防氡涂料氡有效扩散长度测定	24
附录 C	土壤减压法	26
附录 D	排氡换气次数简表	29
本规程用词说明		37
引用标准名录		38
附：条文说明		39

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Construction Planning and Engineering Survey	4
3.1	Construction Planning Stage	4
3.2	Engineering Investigation Stage	4
4	Design	5
5	Construction	11
5.1	Construction for Soil Radon Resistance	11
5.2	Construction for Radon-resistant Coatings	12
5.3	Construction for Radon-resistant Composite Ground	13
6	Inspection and Acceptances	14
7	Indoor Radon Control	18
7.1	General Requirements	18
7.2	Investigation for Radon Source	18
7.3	Control Measures for Indoor Radon	18
Appendix A	Measurement of Radon Exhalation Rate of Building Materials	21
Appendix B	Measurement of Radon Diffusion Length of Radon-resistant Coatings	24
Appendix C	Soil Depressurization	26
Appendix D	Summary of The Ventilation Rate for Radon Exhaust	29

Explanation of Wording in This Specification	37
List of Quoted Standards	38
Addition; Explanation of Provisions	39

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、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、扩建和改建民用建筑氡防治的规划、勘察、设计、施工及验收。

1.0.3 民用建筑工程检测机构和氡治理施工单位应具备相应能力，施工前应对施工人员进行氡危害告知及防护知识教育，并应经过培训方可上岗。

1.0.4 民用建筑室内氡的防治，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家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 gas

土壤间隙中空气的氡浓度。

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。

2.1.3 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。

2.1.4 架空层 overhead layer

建筑物中仅以结构构件作为支撑，无围合墙体及门窗的开敞空间层。

2.1.5 空气隔离间层 air isolation layer

在土壤与一层楼板之间架空，通过通风稀释土壤中析出的氡浓度，隔离土壤氡进入一层空间的无使用功能的空间。

2.1.6 防氡复合地面 composite ground protected against radon

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

2.1.7 土壤减压法 soil depressurization

降低土壤中空气的压力，以减少氡向室内渗透的方法。

2.1.8 被动土壤减压法 passive soil depressurization

通过空气隔离间层、连接管道以及一系列的构造措施构成一套排氡系统，利用自然通风的“烟囱效应”使建筑物底板下方形成负压区，以减少氡气向室内渗透的方法。

2.1.9 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。

2.1.10 有效扩散长度 effective diffusion length

当氡气的浓度减少至射气源氡气浓度的 $1/e$ 时, 该点离射气源的有效距离。

2.1.11 防氡效率 radon mitigation efficiency

防氡涂料防止氡扩散的效率, 可用集氡室氡浓度与测量室氡浓度的差值与集氡室氡浓度之比表示。

2.2 符 号

a ——对氡析出率测量数据进行最小二乘法线性拟合得出的直线斜率;

$C_{0.3}$ ——换气次数为 0.3 次/h 的情况下的室内氡浓度;

$\bar{C}$ ——24h 或更长时间的室内氡浓度监测结果平均值;

C_0 ——室外空气中的氡浓度;

d ——防氡涂料试验样品厚度;

I_{Ra} ——内照射指数;

I_y ——外照射指数;

J ——待测试件的氡析出面的氡析出率;

k ——氡-222 在介质中的扩散系数;

l ——防氡材料的氡有效扩散长度;

n_0 ——试验装置中集氡室内的氡浓度;

n ——试验装置中测量室内的氡浓度;

S ——待测试件的氡析出面的面积;

T ——测量持续时间;

t ——通风时间;

V ——氡析出率测试箱中剩余空间的容积;

η ——被测房间对外门窗关闭状态下的单位时间内换气次数;

$\eta_{0.3}$ ——正常使用情况下的换气次数;

η ——换气次数;

λ ——氡-222 衰变常数。

3 建设规划与工程勘察

3.1 建设规划阶段

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，并应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现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 中规定的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。

3.2 工程勘察阶段

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现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 的有关规定。

4 设 计

4.0.1 新建、扩建的民用建筑工程应依据建筑场地土壤氡浓度或土壤表面氡析出率的检测结果按表 4.0.1 的要求进行氡防治工程设计。

表 4.0.1 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 ³)	土壤表面氡析出率 [Bq/(m ² ·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<0.1	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	≥0.1 且<0.3	除采取类别二要求的措施外, 地下室应按现行国家标准《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	≥0.3	采取综合建筑构造防土壤氡 措施

注：表中土壤类别系按土壤氡浓度范围或者相应的土壤表面氡析出率范围划分。

4.0.2 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。

4.0.3 3 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；3 层及以上可只对建筑材料释放的氡进行

防治。

4.0.4 当按现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 划分为Ⅰ类民用建筑工程场地的土壤氡浓度大于或等于 $50000\text{Bq}/\text{m}^3$ ，或土壤表面氡析出率大于或等于 $0.3\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 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_{γ}) 大于 1.3 时，工程场地土壤不得作为工程回填土使用。

4.0.5 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。

4.0.6 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 4.0.6 的有关规定。

表 4.0.6 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
一层架空	地上建筑可不采取其他措施
无地下室、无架空、 无空气隔离间层	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（图 4.0.6-1）
无地下室、无架空、 有空气隔离间层	1 一层及二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 一层采用防氡涂料墙面及防氡复合地面； 3 一层及二层安装新风换气机（图 4.0.6-2）
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（图 4.0.6-3）

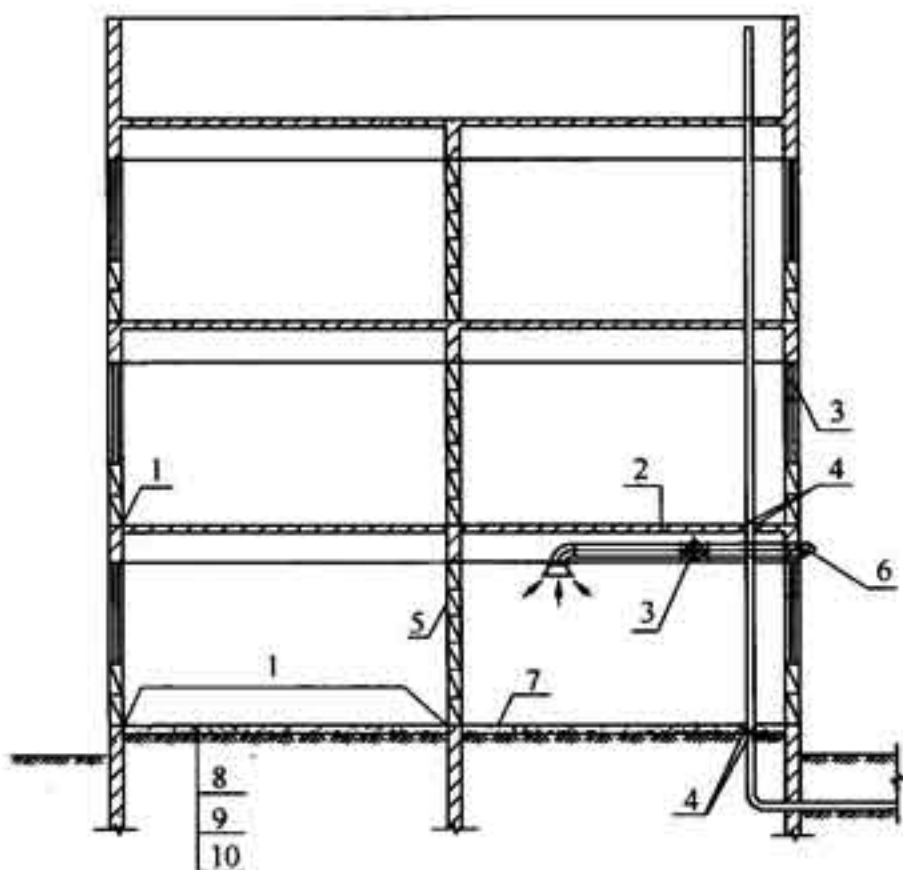


图 4.0.6-1 无地下室、无架空、无空气隔离间层综合建筑
构造防土壤氡措施示意

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—防氡涂料；6—防雨风帽；7—防氡复合地面；8—细石混凝土地面；9—膜隔离层；10—素土夯实

4.0.7 新建、扩建和改建的民用建筑氡防治工程设计应符合下列规定：

- 1 非采暖地区宜将建筑一层设计为架空层；
- 2 无地下室、无架空层建筑宜在地基与一层之间设空气隔离间层，空气隔离间层高度不宜大于 900mm，空气隔离间层四周应设通气口并保证气流畅通，通气口应加设防雨水措施；
- 3 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规程第 4.0.13 条。

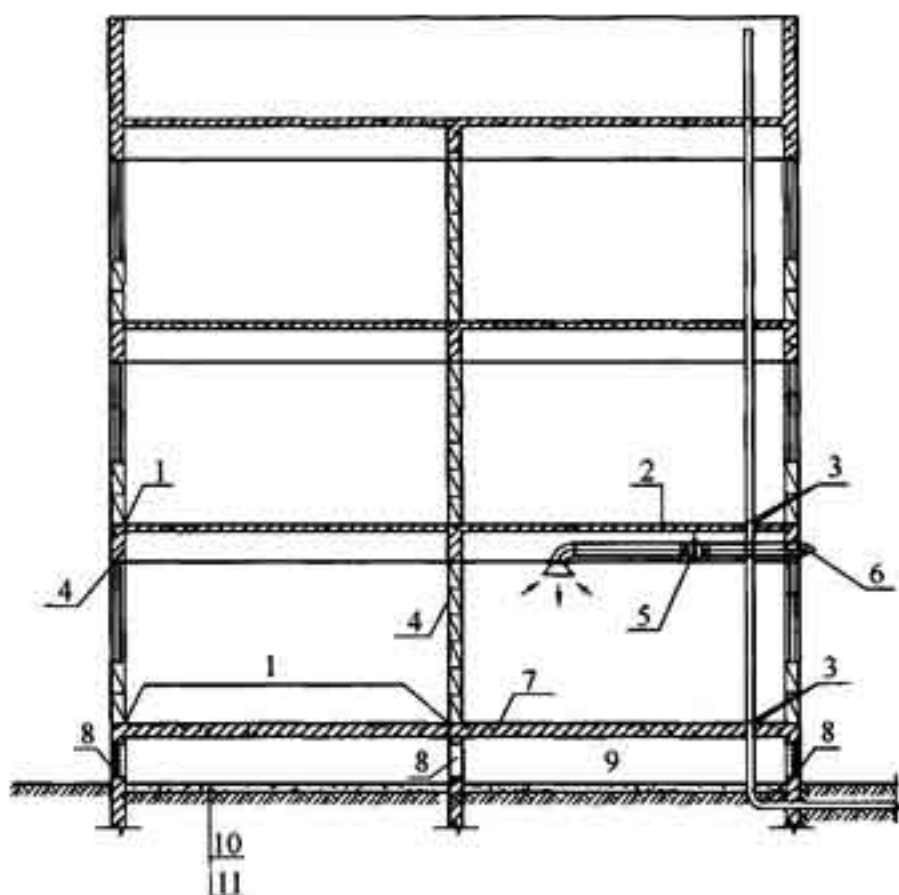


图 4.0.6-2 无地下室、无架空、有空气隔离间层综合建筑构造防土壤氡措施示意

1—不同材料交接处封堵；2—封堵楼板裂缝；3—设套管及安装密封；4—防氡涂料；5—换气机；6—防雨风帽；7—防氡复合地面；8—通风口；9—空气隔离间层；10—细石混凝土；11—素土夯实

4.0.8 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，必须采用机械通风系统，其氡浓度限量值应小于 $200\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

4.0.9 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。

4.0.10 夏热冬冷地区、寒冷地区、严寒地区的Ⅰ类民用建筑工程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。

4.0.11 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 $0.01\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。建筑材料表面氡

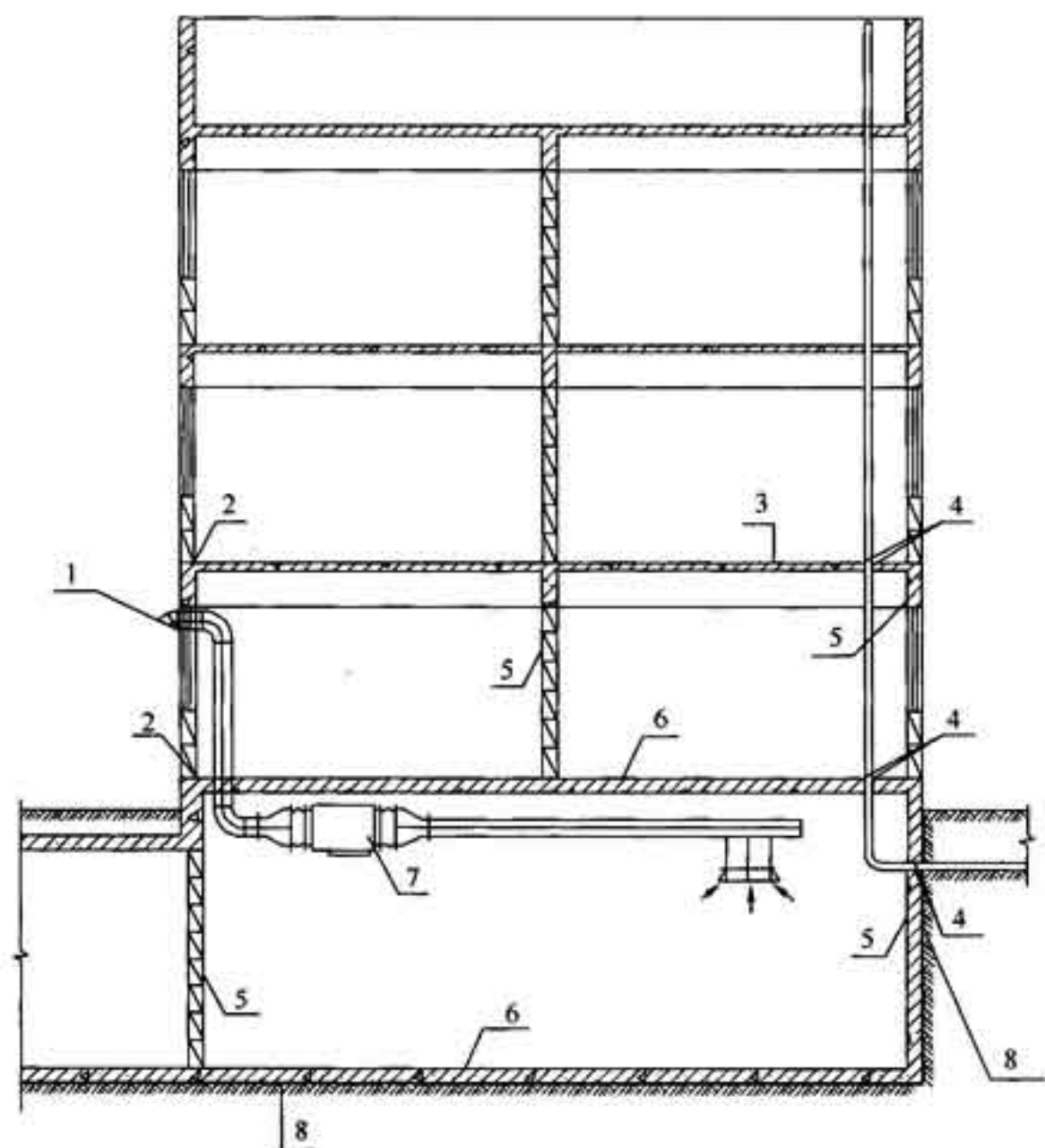


图 4.0.6-3 有地下室综合建筑构造防土壤氡措施示意

1—防风雨帽；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——级防水

析出率测量方法应符合本规程附录 A 的规定。抽检批次应符合现行国家标准《蒸压加气混凝土砌块》GB 11968 的有关规定。

4.0.12 民用建筑工程防氡复合地面应设置防氡层（图 4.0.12），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。

4.0.13 建筑防氡材料及密封材料性能应符合下列规定：

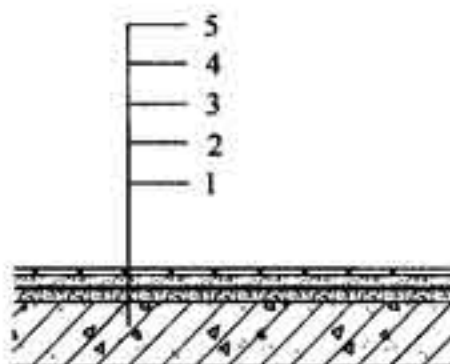


图 4.0.12 建筑物防氡复合地面示意图

1—混凝土楼地面；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—楼地面面层

1 防氡材料的防氡效率应达到 95% 以上，防氡层的厚度应为 3 倍防氡材料有效扩散长度且不超过 10mm，建筑防氡涂料、防氡膜的氡有效扩散长度的检测方法应符合本规程附录 B 的规定；

2 防氡涂料及密封材料用于内墙、顶棚及楼地面工程时，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《地下工程防水技术规范》GB 50108 的有关规定。

4.0.14 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。

5 施 工

5.1 防土壤氡施工

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

5.1.2 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。填充混凝土的强度必须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，丝径不得低于 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。

5.1.3 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《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 以内的采用环氧树脂密封裂缝，0.3mm 以上应采用注浆灌缝的工艺封闭裂缝。

5.1.4 土壤减压法施工应符合本规程附录 C 的规定。

5.2 防氡涂料施工

5.2.1 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，防氡材料在使用前应进行性能检测。

5.2.2 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，强度等级不应小于 M15，且不宜掺入外加剂。特殊情况下掺入外加剂时，砂浆强度应在原设计基础上提高一级。

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。

5.2.3 批刮弹性腻子施工应符合下列规定：

1 批刮腻子必须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；

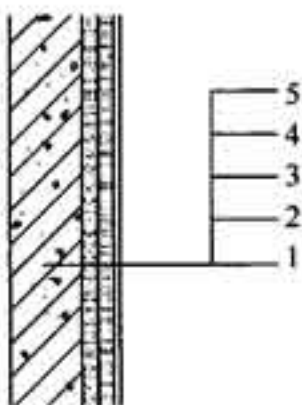


图 5.2.4 防氡墙面涂饰示意

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。

5.2.4 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（图 5.2.4）。

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。

5.3 防氡复合地面施工

5.3.1 地面防氡涂层与墙面防氡涂层之间应有可靠搭接，搭接宽度不应少于 200mm。

5.3.2 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 μ m，待上一道涂层涂刷完并充分干燥并验证后，方可进行下一道涂刷施工。

5.3.3 地面防氡涂料施工结束并充分干燥后，应做砂浆或混凝土保护层，保护层厚度不应小于 15mm。

6 验 收

6.0.1 民用建筑工程验收时，必须进行室内环境氡浓度检测，其限量应符合表 6.0.1 的规定。

表 6.0.1 民用建筑工程室内氡浓度限量

工 程 类 别		氡 (Bq/m ³)
Ⅰ类民用 建筑工程	幼儿园、中小学教室和中小学学生宿舍、老年人 居住建筑	≤100
	住宅、医院病房	≤200
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	≤400

6.0.2 民用建筑工程室内空气中氡的检测，所选用方法的测量结果不确定度不应大于 25%，方法的探测下限不应大于 10 Bq/m³。

6.0.3 民用建筑工程验收时，室内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环境氡浓度，抽检量不得少于房间总数的 5%；

2 实际房间与样板间使用同一设计、同一型号材料，样板间室内氡浓度检测结果合格的，抽检量可减半，但不得少于 3 间；

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，抽检房间比例不应低于 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%。

6.0.4 民用建筑工程验收时，室内环境氡浓度检测点数应符合表6.0.4的规定。

表 6.0.4 室内环境氡浓度检测点数设置

房间使用面积 (m ²)	检测点数 (个)
<50	1
≥50, <100	2
≥100, <500	不少于 3
≥500, <1000	不少于 5
≥1000, <3000	不少于 6
≥3000	每 1000m ² 不少于 3

6.0.5 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。

6.0.6 民用建筑工程验收时，室内环境氡浓度现场检测点应距内墙面不小于0.5m，距楼地面高度0.8m~1.5m。检测点应均匀分布，避开通风道和通风口。

6.0.7 民用建筑工程室内环境中氡浓度检测时，对采用集中空调的民用建筑工程，应在空调正常运转的条件下进行；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，对于测量方法的响应时间超过2h的，可以从对外门窗关闭开始测量，24h以后读取结果。

6.0.8 对采用自然通风的民用建筑工程，当室内环境氡浓度检测结果不符合本规程第6.0.1条规定时，应按下列方法进行确认检验：

1 在对外门窗关闭情况下，取48h或更长时间的监测结果的平均值作为测量结果；

2 仍然超标，应检测被测房间对外门窗关闭状态下的换气次数，根据氡浓度测量结果和实测的换气次数换算出房间换气次数为 0.3 次/h 的氡浓度作为最终超标与否的判定依据。换算可按下式计算：

$$C_{0.3} = C_0 + \frac{(\bar{C} - C_0)\eta_0}{\eta_{0.3}} \quad (6.0.8)$$

式中： $C_{0.3}$ ——换气次数为 0.3 次/h 情况下的室内氡浓度；

$\bar{C}$ ——24h 或更长时间的室内氡浓度监测结果平均值；

C_0 ——室外空气中的氡浓度，一般取 10Bq/m³；

η_0 ——被测房间对外门窗关闭状态下的换气次数；

$\eta_{0.3}$ ——正常使用情况下的换气次数，取 0.3 次/h。

6.0.9 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 建筑材料和装修材料的放射性内照射指数及加气混凝土砌块和空心率（孔洞率）大于 25% 的建筑材料的氡析出率检测报告；天然花岗岩石材或瓷质砖使用面积大于 200m² 时，产品的放射性内照射指数抽查复验报告；

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《地下工程防水技术规范》GB 50108 中一级防水要求进行设计、施工资料的文件资料；

7 建筑工程场地为四类土壤时，采取的建筑物综合防氡措

施的设计及施工文件资料；

8 I类民用建筑工程，场地为四类土壤时，工程场地土壤中的镭-226比活度检测资料及工程场地土壤内照射指数（ I_{Ra} ）大于1.0时，工程场地回填土放射性检验资料；

9 样板间室内氡浓度检测报告。

6.0.10 室内环境氡指标验收不合格的民用建筑工程，应进行治疗，经再次检测合格后方可投入使用。

7 室内氡治理

7.1 一般规定

7.1.1 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。

7.1.2 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规程规定的限量值以下。建筑物降氡改造时，应在专业人员指导下进行。

7.2 氡来源勘测

7.2.1 应查看本规程第 6.0.9 条中的有关资料和以往的检测结果，对氡浓度超标建筑物进行初步判断。

7.2.2 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。

7.2.3 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、地面等建筑材料泄露释放氡的情况，可采用氡的面析出率测量方法进行探测。

7.3 室内氡治理措施

7.3.1 建筑室内防氡降氡措施可选用表 7.3.1 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。开窗的时间和频率可按本规程附录 D 的方法执行。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。

表 7.3.1 降低建筑室内氡的治理措施

室内氡浓度(Bq/m ³) \ 氡来源	土壤氡	建材氡
200~400	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 封堵屏蔽氡来源; 3 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

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,换气次数和通风时间可按本规程附录 D 的方法执行。

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、地下管沟等处的裂缝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,实施方法应符合本规程第 5 章的有关规定。
- 3) 土壤减压施工方法应符合本规程附录 A 的规定。室内氡浓度小于等于 1000Bq/m³ 的建筑,可采用被动土壤减压法。室内氡浓度大于 1000Bq/m³ 的建筑可采用主动土壤减压法。

4 采用涂刷防氡涂料、涂层等方法处理墙面及顶棚。施工方法应符合本规程第 5.2 节和 5.3 节的规定。

5 可根据房间容积和氡水平选择净化除氡装置。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 建筑材料氡析出率测定

A.0.1 测量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 测量时建筑材料的温度应控制为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- 3 测量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测量状态下，氡析出率测试箱密封性应满足在超压 1kPa 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。

A.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 $5\text{Bq}/\text{m}^3$ ；
- 4 时间响应不应大于 10min 。

A.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。

A.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 10h 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，直至含水率达到测量要求；

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（1d 以上），放置过程中箱内外的温度应控制为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

A.0.5 测量应按下列步骤进行：

1 对氡析出率测试箱所在环境的温度控制为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，对连续测氡仪进行测量前的准备，并测量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测量要求后，将待测试件放入测试箱中，并进行密封；

3 用连续测氡仪进行约 10h 的连续测量，记录测量开始和结束时间，测量时间间隔 0.5h，测量时间在 2h 以上，10h 以内。

A.0.6 试件的表面氡析出率应按下式进行计算：

$$J = \frac{a \cdot V}{3600 \cdot S} \quad (\text{A.0.6})$$

式中： J ——待测试件氡析出面的氡析出率 [$\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$];

S ——待测试件氡析出面的面积 (m^2);

V ——氡析出率测试箱中剩余空间的容积 (m^3);

a ——测试箱氡浓度与测量时间关系曲线初始直线段的斜率（图 A.0.6），可采用最小二乘法线性拟合得出的直线斜率 [$\text{Bq}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$]。

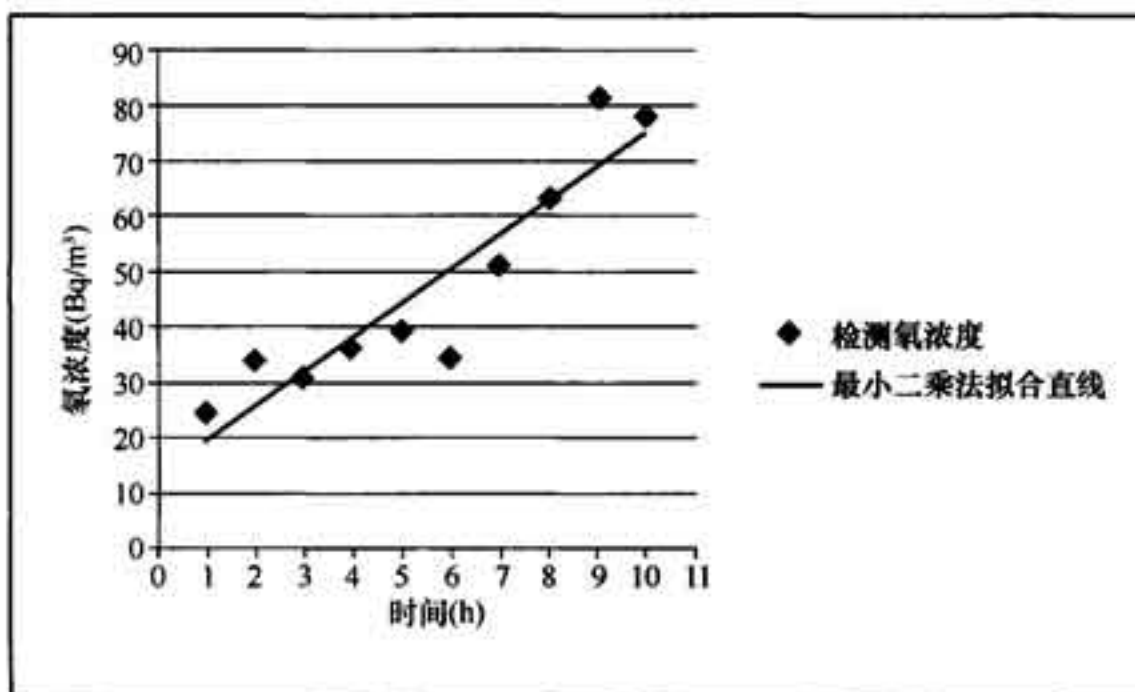


图 A. 0. 6 对氧析出率测量数据进行最小二乘法线性拟合
所得直线斜率 a 示意

附录 B 防氡涂料氡有效扩散长度测定

B. 0.1 测量样品及设备应符合下列规定：

1 集氡室中的氡浓度宜大于 $1 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$ ，测量室容积宜为 550 cm^3 ，涂料层有效面积宜为 100 cm^2 ；

2 以定性滤纸为载体，在定性滤纸的一面上涂刷防氡涂料，避免产生气泡，防氡涂料的涂层应均匀平整；按涂料的养护要求进行养护至涂料干燥；

3 测氡仪性能：

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 Bq/m^3 ；

4) 时间响应不应大于 5min。

B. 0.2 氡-222 在介质中的扩散系数应按式(1)进行计算：

$$k = \frac{\lambda d^2}{\left[\ln \frac{n_0 (1 - e^{-\lambda T})}{n} \right]^2} \quad (\text{B. 0. 2})$$

式中： k ——氡-222 在介质中的扩散系数 (m^2/s)；

n_0 ——试验装置中集氡室内的氡浓度 (Bq/m^3)；

n ——试验装置中测量室内的氡浓度 (Bq/m^3)；

λ ——氡-222 衰变常数， $2.1 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ；

T ——测量持续时间 (s)；

d ——防氡涂料试验样品厚度 (m)。

B. 0.3 氡-222 在防氡涂料中的有效扩散长度可按下式计算，氡-222在防氡膜中的有效扩散长度测量可按防氡涂料进行：

$$l = \sqrt{\frac{k}{\lambda}} \quad (\text{B. 0. 3})$$

式中： l ——氡-222 在介质中的有效扩散长度 (m)；

k ——氡-222 在介质中的扩散系数 (m^2/s)；

λ ——氡-222 衰变常数， $2.1 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。

不同防氡效率所需防氡涂料厚度可按表 B. 0. 3 执行。

表 B. 0. 3 不同防氡效率对应的防氡涂料有效厚度

防氡效率 (%)	50	80	90	95	98	99
防氡涂料有效厚度 (m)	$0.69 l$	$1.6 l$	$2.3 l$	$3.0 l$	$3.9 l$	$4.6 l$

注：对于各向同性的防氡涂料有效厚度等同于几何厚度。

附录 C 土壤减压法

C.0.1 土壤减压法的设计(图 C.0.1)和施工应符合下列规定:

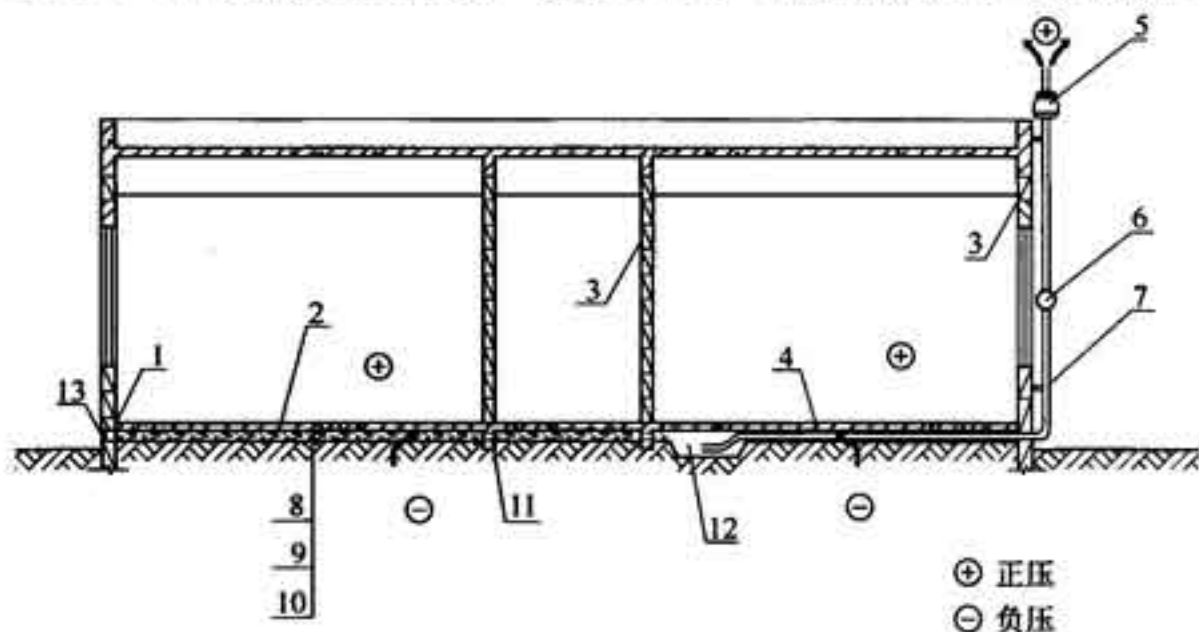


图 C.0.1 主动土壤减压法系统

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

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。

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的放置一层 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 在架空层中每个排氢分区中央位置应设置氢集气坑，尺寸应为 1200mm×1200mm×200mm；氢气排放管应沿底板下面铺设，水平进入集气坑。

C.0.5 氢气排放管的规格及安装和排氢系统的警示标志应符合下列规定：

1 新建民用建筑氢气排放管直径宜为 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。当氢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，应使用粘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 在排氢管道上应至少每 10m 设置一个标识，标识上应清楚的标识整个排氢系统的所有组成。在屋顶的出口以及排气管上应附上永久的警示标签。排氢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 根据建筑场地土壤氢浓度的不同情况，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氡可在施工时预留电源及其他管线。

2 在氡控制系统中，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。

附录 D 排氡换气次数简表

D.0.1 限量氡浓度值为 $100\text{Bq}/\text{m}^3$ 时, 排氡换气次数可按表 D.0.1 的规定取值。

表 D.0.1 排氡换气次数简表 (限量氡浓度值为 $100\text{Bq}/\text{m}^3$)

$\begin{matrix} C \\ t \\ \eta \end{matrix}$	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
0.15	12.97	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.20	8.22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.25	6.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.30	5.25	10.24	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.35	4.57	8.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.40	4.09	7.46	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.45	3.73	6.67	10.10	—	—	—	—	—	—	—	—
0.50	3.44	6.07	8.93	—	—	—	—	—	—	—	—
0.55	3.20	5.59	8.06	—	—	—	—	—	—	—	—
0.60	3.00	5.19	7.36	—	—	—	—	—	—	—	—
0.65	2.82	4.85	6.79	9.18	—	—	—	—	—	—	—
0.70	2.66	4.55	6.31	8.35	—	—	—	—	—	—	—
0.75	2.52	4.28	5.89	7.67	—	—	—	—	—	—	—
0.80	2.39	4.04	5.52	7.10	—	—	—	—	—	—	—
0.85	2.27	3.82	5.19	6.61	8.39	—	—	—	—	—	—
0.90	2.16	3.62	4.90	6.18	7.72	—	—	—	—	—	—
0.95	2.06	3.44	4.63	5.80	7.15	—	—	—	—	—	—
1.00	1.97	3.28	4.38	5.46	6.66	—	—	—	—	—	—
1.05	1.88	3.12	4.16	5.16	6.23	7.57	—	—	—	—	—
1.10	1.80	2.98	3.96	4.88	5.86	7.01	—	—	—	—	—
1.15	1.73	2.85	3.77	4.63	5.52	6.54	—	—	—	—	—
1.20	1.66	2.73	3.60	4.41	5.22	6.13	—	—	—	—	—

续表 D.0.1

C t η	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
1.25	1.59	2.61	3.44	4.20	4.95	5.77	6.78	—	—	—	—
1.30	1.53	2.51	3.29	4.01	4.71	5.45	6.33	—	—	—	—
1.35	1.47	2.41	3.16	3.83	4.48	5.17	5.95	—	—	—	—
1.40	1.42	2.32	3.03	3.67	4.28	4.91	5.61	—	—	—	—
1.45	1.37	2.23	2.91	3.52	4.09	4.68	5.31	6.08	—	—	—
1.50	1.32	2.15	2.80	3.38	3.92	4.46	5.05	5.73	—	—	—
1.55	1.28	2.08	2.70	3.25	3.76	4.27	4.81	5.42	—	—	—
1.60	1.23	2.00	2.60	3.13	3.61	4.09	4.59	5.14	5.81	—	—
1.65	1.19	1.94	2.51	3.01	3.47	3.93	4.39	4.90	5.49	—	—
1.70	1.16	1.88	2.43	2.91	3.35	3.77	4.21	4.67	5.20	—	—
1.75	1.12	1.82	2.35	2.81	3.23	3.63	4.04	4.47	4.95	5.54	—
1.80	1.09	1.76	2.28	2.72	3.12	3.50	3.89	4.29	4.73	5.25	—
1.85	1.06	1.71	2.21	2.63	3.01	3.38	3.74	4.12	4.53	4.99	—
1.90	1.03	1.66	2.14	2.55	2.92	3.27	3.61	3.96	4.34	4.76	—
1.95	1.00	1.61	2.08	2.47	2.83	3.16	3.49	3.82	4.17	4.56	5.02
2.00	1.03	1.57	2.02	2.40	2.74	3.06	3.37	3.69	4.01	4.37	4.79

注：1 表中的 C 为实测氡浓度，是指按现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 的规定，关闭门窗 24h 后测得的室内氡浓度。

2 表中 η 为换气次数，是指单位时间内建筑物室内的新风换气次数。如室内新风换气量为 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，室内容积为 10m^3 ，则换气次数为 0.5 次/h。

3 表中 t 为通风时间，是指换气次数 η 使室内氡浓度从实测值 C 下降到限量氡浓度值以下所需要的时间。

4 编制本简表时取新风中氡浓度为 $10\text{Bq}/\text{m}^3$ ，新风中氡浓度较高时，应适当修正换气次数。

D. 0.2 限量氡浓度值为 $200\text{Bq}/\text{m}^3$ 时, 排氡换气次数可按表 D. 0.2 的规定取值。

表 D. 0.2 排氡换气次数简表 (限量氡浓度值为 $200\text{Bq}/\text{m}^3$)

$\begin{matrix} C \\ t \\ \eta \end{matrix}$	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
0.10	11.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.15	5.70	11.96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.20	3.99	7.73	12.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.25	3.18	5.96	8.81	12.28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.30	2.70	4.98	7.18	9.58	12.67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.35	2.38	4.35	6.17	8.06	10.24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.40	2.15	3.89	5.48	7.06	8.78	10.88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.45	1.98	3.55	4.97	6.34	7.78	9.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.50	1.83	3.28	4.56	5.78	7.03	8.39	10.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.55	1.71	3.06	4.23	5.33	6.44	7.61	8.94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.60	1.61	2.86	3.95	4.96	5.95	6.98	8.11	9.46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.65	1.52	2.69	3.70	4.63	5.54	6.46	7.44	8.57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.70	1.44	2.54	3.49	4.35	5.18	6.01	6.88	7.85	8.99	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 D.0.2

$\begin{matrix} C \\ t \\ \eta \end{matrix}$	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
0.75	1.36	2.41	3.30	4.10	4.86	5.62	6.40	7.24	8.21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.80	1.30	2.29	3.12	3.87	4.58	5.27	5.98	6.73	7.56	8.54	—	—	—	—	—	—	—	—
0.85	1.24	2.17	2.96	3.67	4.33	4.97	5.61	6.28	7.01	7.84	—	—	—	—	—	—	—	—
0.90	1.18	2.07	2.82	3.48	4.10	4.69	5.28	5.89	6.53	7.25	8.09	—	—	—	—	—	—	—
0.95	1.13	1.97	2.68	3.31	3.88	4.44	4.98	5.54	6.12	6.75	7.46	—	—	—	—	—	—	—
1.00	1.08	1.89	2.56	3.15	3.69	4.21	4.71	5.22	5.75	6.31	6.93	7.64	—	—	—	—	—	—
1.05	1.03	1.80	2.44	3.00	3.51	4.00	4.47	4.94	5.42	5.92	6.47	7.08	—	—	—	—	—	—
1.10	0.99	1.73	2.33	2.87	3.35	3.81	4.25	4.68	5.12	5.58	6.07	6.60	7.21	—	—	—	—	—
1.15	0.95	1.65	2.23	2.74	3.20	3.63	4.04	4.45	4.85	5.27	5.71	6.18	6.71	7.33	—	—	—	—
1.20	0.91	1.59	2.14	2.62	3.06	3.47	3.85	4.23	4.61	4.99	5.39	5.82	6.28	6.81	—	—	—	—
1.25	0.88	1.52	2.06	2.52	2.93	3.31	3.68	4.04	4.39	4.74	5.11	5.49	5.90	6.36	6.89	—	—	—
1.30	0.84	1.47	1.97	2.41	2.81	3.17	3.52	3.85	4.18	4.51	4.85	5.20	5.57	5.97	6.43	—	—	—
1.35	0.81	1.41	1.90	2.32	2.70	3.04	3.37	3.69	4.00	4.30	4.62	4.94	5.27	5.64	6.03	6.48	—	—
1.40	0.78	1.36	1.83	2.23	2.59	2.92	3.23	3.53	3.82	4.11	4.40	4.70	5.01	5.33	5.69	6.08	6.53	—
1.45	0.76	1.31	1.76	2.15	2.49	2.81	3.11	3.39	3.66	3.94	4.21	4.48	4.77	5.06	5.38	5.73	6.11	—

续表 D.0.2

$\begin{matrix} C \\ t \\ \eta \end{matrix}$	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1.50	0.73	1.27	1.70	2.07	2.40	2.70	2.99	3.26	3.52	3.77	4.03	4.28	4.55	4.82	5.11	5.42	5.76	6.14
1.55	0.71	1.22	1.64	2.00	2.32	2.61	2.88	3.13	3.38	3.62	3.86	4.10	4.35	4.60	4.86	5.14	5.44	5.78
1.60	0.68	1.18	1.59	1.93	2.24	2.51	2.77	3.02	3.25	3.48	3.71	3.93	4.16	4.40	4.64	4.89	5.17	5.46
1.65	0.66	1.15	1.54	1.87	2.16	2.43	2.68	2.91	3.13	3.35	3.57	3.78	3.99	4.21	4.44	4.67	4.92	5.18
1.70	0.64	1.11	1.49	1.81	2.09	2.35	2.59	2.81	3.02	3.23	3.43	3.64	3.84	4.04	4.25	4.47	4.69	4.94
1.75	0.62	1.08	1.44	1.75	2.02	2.27	2.50	2.72	2.92	3.12	3.31	3.50	3.69	3.89	4.08	4.28	4.49	4.71
1.80	0.61	1.05	1.40	1.70	1.96	2.20	2.42	2.63	2.82	3.01	3.20	3.38	3.56	3.74	3.92	4.11	4.31	4.51
1.85	0.59	1.02	1.36	1.65	1.90	2.13	2.34	2.54	2.73	2.91	3.09	3.26	3.43	3.61	3.78	3.95	4.14	4.32
1.90	0.57	0.99	1.32	1.60	1.85	2.07	2.27	2.47	2.65	2.82	2.99	3.15	3.32	3.48	3.64	3.81	3.98	4.15
1.95	0.56	0.96	1.28	1.56	1.79	2.01	2.21	2.39	2.57	2.73	2.90	3.05	3.21	3.36	3.52	3.67	3.83	4.00
2.00	0.54	0.93	1.25	1.51	1.74	1.95	2.14	2.32	2.49	2.65	2.81	2.96	3.11	3.25	3.40	3.55	3.70	3.85

注：1 表中的 C 为实测氡浓度，是指按现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 的规定，关闭门窗 24h 后测得的室内氡浓度。

2 表中 η 为换气次数，是指单位时间内建筑物室内的新风换气次数。如室内新风换气量为 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，室内容积为 10m^3 ，则换气次数为 0.5 次/h。

3 表中 t 为通风时间，是指换气次数 η 使室内氡浓度从实测值 C 下降到限量氡浓度值以下所需要的时间。

4 编制本简表时取新风中氡浓度为 $10\text{Bq}/\text{m}^3$ ，新风中氡浓度较高时，应适当修正换气次数。

D.0.3 限量氡浓度值为 $400\text{Bq}/\text{m}^3$ 时, 排氡换气次数可按表 D.0.3 的规定取值。

表 D.0.3 排氡换气次数简表 (限量氡浓度值为 $400\text{Bq}/\text{m}^3$)

$\begin{matrix} C \\ t \\ \eta \end{matrix}$	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
0.10	5.25	11.31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.15	2.82	5.53	8.35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.20	2.03	3.89	5.68	7.50	9.44	11.62	14.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.25	1.64	3.10	4.47	5.81	7.15	8.56	10.08	11.83	—	—	—	—	—	—	—	—
0.30	1.40	2.64	3.77	4.86	5.92	6.99	8.10	9.29	10.61	12.16	—	—	—	—	—	—
0.35	1.24	2.33	3.31	4.24	5.14	6.02	6.92	7.84	8.83	9.91	11.14	—	—	—	—	—
0.40	1.12	2.10	2.98	3.80	4.59	5.35	6.11	6.89	7.68	8.53	9.45	10.49	11.71	—	—	—
0.45	1.03	1.93	2.73	3.47	4.18	4.85	5.52	6.19	6.87	7.57	8.32	9.13	10.03	11.08	—	—
0.50	0.96	1.79	2.53	3.21	3.85	4.46	5.06	5.65	6.25	6.86	7.49	8.16	8.88	9.68	10.60	—
0.55	0.90	1.67	2.36	2.99	3.58	4.14	4.68	5.22	5.75	6.29	6.84	7.41	8.02	8.67	9.40	10.22
0.60	0.85	1.57	2.21	2.80	3.35	3.86	4.36	4.85	5.33	5.81	6.30	6.81	7.33	7.89	8.48	9.14
0.65	0.80	1.48	2.09	2.64	3.14	3.63	4.09	4.54	4.98	5.42	5.86	6.30	6.77	7.25	7.76	8.31
0.70	0.76	1.40	1.97	2.49	2.97	3.42	3.85	4.26	4.67	5.07	5.47	5.87	6.29	6.71	7.16	7.63

续表 D.0.3

$\begin{matrix} C \\ t \\ \eta \end{matrix}$	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
0.75	0.72	1.33	1.87	2.36	2.81	3.23	3.63	4.01	4.39	4.76	5.13	5.50	5.87	6.25	6.64	7.06
0.80	0.69	1.27	1.78	2.24	2.66	3.06	3.43	3.79	4.14	4.49	4.83	5.16	5.50	5.85	6.20	6.56
0.85	0.65	1.21	1.69	2.13	2.53	2.90	3.26	3.59	3.92	4.24	4.55	4.86	5.18	5.49	5.81	6.14
0.90	0.63	1.15	1.61	2.03	2.41	2.76	3.09	3.41	3.72	4.01	4.31	4.59	4.88	5.17	5.46	5.76
0.95	0.60	1.10	1.54	1.93	2.29	2.63	2.94	3.24	3.53	3.81	4.08	4.35	4.62	4.88	5.15	5.42
1.00	0.57	1.05	1.47	1.85	2.19	2.51	2.80	3.09	3.36	3.62	3.88	4.13	4.37	4.62	4.87	5.11
1.05	0.55	1.01	1.41	1.77	2.09	2.39	2.68	2.94	3.20	3.45	3.69	3.92	4.15	4.38	4.61	4.84
1.10	0.53	0.97	1.35	1.69	2.00	2.29	2.56	2.81	3.05	3.29	3.51	3.74	3.95	4.17	4.38	4.59
1.15	0.50	0.93	1.29	1.62	1.92	2.19	2.45	2.69	2.92	3.14	3.35	3.56	3.77	3.97	4.16	4.36
1.20	0.49	0.89	1.24	1.56	1.84	2.10	2.34	2.58	2.79	3.00	3.21	3.40	3.59	3.78	3.97	4.15
1.25	0.47	0.86	1.19	1.49	1.77	2.02	2.25	2.47	2.68	2.88	3.07	3.25	3.44	3.61	3.79	3.96
1.30	0.45	0.82	1.15	1.44	1.70	1.94	2.16	2.37	2.57	2.76	2.94	3.12	3.29	3.46	3.62	3.78
1.35	0.43	0.79	1.11	1.38	1.63	1.86	2.08	2.28	2.47	2.65	2.82	2.99	3.15	3.31	3.47	3.62
1.40	0.42	0.77	1.07	1.33	1.57	1.79	2.00	2.19	2.37	2.55	2.71	2.87	3.03	3.18	3.33	3.47
1.45	0.40	0.74	1.03	1.29	1.52	1.73	1.93	2.11	2.28	2.45	2.61	2.76	2.91	3.05	3.19	3.33

续表 D.0.3

$\begin{matrix} C \\ t \\ \eta \end{matrix}$	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1.50	0.39	0.71	0.99	1.24	1.46	1.67	1.86	2.04	2.20	2.36	2.51	2.66	2.80	2.94	3.07	3.20
1.55	0.38	0.69	0.96	1.20	1.42	1.61	1.79	1.96	2.12	2.28	2.42	2.56	2.70	2.83	2.96	3.08
1.60	0.37	0.67	0.93	1.16	1.37	1.56	1.73	1.90	2.05	2.20	2.34	2.47	2.60	2.73	2.85	2.97
1.65	0.35	0.65	0.90	1.12	1.32	1.51	1.68	1.84	1.98	2.12	2.26	2.39	2.51	2.63	2.75	2.86
1.70	0.34	0.63	0.87	1.09	1.28	1.46	1.62	1.78	1.92	2.06	2.18	2.31	2.43	2.54	2.65	2.76
1.75	0.33	0.61	0.85	1.06	1.24	1.42	1.57	1.72	1.86	1.99	2.11	2.23	2.35	2.46	2.57	2.67
1.80	0.32	0.59	0.82	1.03	1.21	1.37	1.53	1.67	1.80	1.93	2.05	2.16	2.27	2.38	2.48	2.58
1.85	0.31	0.58	0.80	1.00	1.17	1.33	1.48	1.62	1.75	1.87	1.99	2.10	2.20	2.31	2.41	2.50
1.90	0.31	0.56	0.78	0.97	1.14	1.30	1.44	1.57	1.70	1.82	1.93	2.04	2.14	2.24	2.33	2.43
1.95	0.30	0.54	0.76	0.94	1.11	1.26	1.40	1.53	1.65	1.76	1.87	1.98	2.08	2.17	2.26	2.35
2.00	0.29	0.53	0.74	0.92	1.08	1.23	1.36	1.49	1.60	1.72	1.82	1.92	2.02	2.11	2.20	2.29

注：1 表中的 C 为实测氡浓度，是指按现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 的规定，关闭门窗 24h 后测得的室内氡浓度。

2 表中 η 为换气次数，是指单位时间内建筑物室内的新风换气次数。如室内新风换气量为 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，室内容积为 10m^3 ，则换气次数为 0.5 次/h。

3 表中 t 为通风时间，是指换气次数 η 使室内氡浓度从实测值 C 下降到限量氡浓度值以下所需要的时间。

4 编制本简表时取新风中氡浓度为 $10\text{Bq}/\text{m}^3$ ，新风中氡浓度较高时，应适当修正换气次数。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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 《地下工程防水技术规范》 GB 50108
- 2 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 3 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》 GB 50325
- 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 《蒸压加气混凝土砌块》 GB 11968
- 7 《建筑外墙用腻子》 JG/T 157
- 8 《弹性建筑涂料》 JG/T 172
- 9 《建筑室内用腻子》 JG/T 298

中华人民共和国行业标准

民用建筑氡防治技术规程

JGJ/T 349 - 2015

条文说明

制 订 说 明

《民用建筑氡防治技术规程》JGJ/T 349-2015，经住房和城乡建设部 2015 年 2 月 5 日以第 746 号公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组进行了大量的调查研究，总结了近年来国内氡防治技术在工程中的应用的实践经验，同时参考了国外先进技术法规和技术标准，通过调研和实验，取得了多方面的技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《民用建筑氡防治技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与本规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	42
2	术语和符号	43
3	建设规划与工程勘察	45
3.1	建设规划阶段	45
3.2	工程勘察阶段	45
4	设计	46
5	施工	52
5.1	防土壤氡施工	52
5.2	防氡涂料施工	52
5.3	防氡复合地面施工	53
6	验收	54
7	室内氡治理	57
7.1	一般规定	57
7.2	氡来源勘测	57
7.3	室内氡治理措施	58
附录 A	建筑材料氡析出率测定	61
附录 B	防氡涂料氡有效扩散长度测定	65
附录 C	土壤减压法	68
附录 D	排氡换气次数简表	71

1 总 则

1.0.1、1.0.2 为确保民用建筑室内氡污染符合标准，同时体现辐射防护三原则即辐射防护正当性、辐射防护最优化、个人剂量限值，本规程主要针对新建、扩建及改建的民用建筑，在其规划、勘察、工程设计、工程施工及工程验收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较强的专业知识，相关的检测机构及治理单位必须具有相应的治理能力。对于治理施工单位，由于其施工人员在长期的工作中接触氡的机会很多，容易受到氡污染的危害，必须对施工人员加强氡防护知识的培训，只有经过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规程的规定。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《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 及其他现行国家相关标准，做到室内环境的安全可靠。

2 术语和符号

2.1.3 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。

2.1.4 架空层是近年来出现的建筑空间形式，主要特征是仅有结构体作为支撑，没有门窗及墙体围合，是一个敞开的空间，在我国南方地区被普遍采用。架空层提供了一个具有良好通风和采光的空间，可以用于休闲集会、邻里交往、绿化和停车，提升空间品质。

2.1.5 这种结构形式在以往我国很多地区经常被采用，原本的设计目的是为了防潮。其构造特征是在土壤与一层楼板之间架空形成一个空气间层，通常这个间层比较低矮没有使用功能，间层内部及四周均设有通气口，因这种构造具有良好的通风功能，对防止土壤氡进入室内有很好的隔离作用。

2.1.6 防氡复合地面主要由混凝土楼地面、水泥砂浆找平层、防氡材料、水泥砂浆保护层构成，防氡材料的层基面应平整密实，防氡材料应具有较好的延展率、抗老化性能，防氡材料之上应做保护层，以防止其破损并延长使用寿命。

2.1.7~2.1.9 土壤减压法主要是通过降低土壤空气中的气压，以减少氡向室内渗透。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。被动土壤减压法不需要风机，较为节能，但在一般情况下效果不及采用了风机的效果。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。根据土壤氡浓度的大小，可以灵活

选择两种方法。

2.1.10 有效扩散长度是从防氦材料的扩散长度衍生而来，防氦材料的扩散长度是指当氦气的浓度减少至射气源氦气浓度的 $1/e$ 时，该点离射气源的距离。对于各向同性的防氦材料而言，防氦材料的扩散长度即为“扩散长度”定义中所说的该点离射气源的距离；而对于各向异性的防氦材料而言，其扩散长度并非如此。为此，特引入有效扩散长度的概念，将各向同性和各向异性防氦涂料统一起来，引入“有效扩散长度”的概念，并将其定义为“当氦气的浓度减少至射气源氦气浓度的 $1/e$ 时，该点离射气源的有效距离”。

2.1.11 目前测量防氦效率的方法一般是将防氦材料涂刷在氦析出率较高的块状物体上，通过比较涂刷防氦涂料前后块状物体释放氦的能力得出防氦效率的大小。用防氦效率评价不同防氦材料性能优劣的前提是不同防氦材料必须涂刷在氦析出率一样的物体上，若涂刷的物体氦析出率大小不同，则不同防氦材料性能优劣的比较则没有可比性。为了统一防氦效率的定义，本规程以附录 C 中检测仪器集氦室与测量室内氦浓度来定义防氦效率。同时用防氦材料的有效扩散长度作为评价材料防氦性能优劣的参数，而不直接用防氦效率这一概念。

3 建设规划与工程勘察

3.1 建设规划阶段

3.1.1 “国家级氡监测与防治领导小组”的调查和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进行调查或者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，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，其定义及范畴与本规程 4.0.1 表中相一致，土壤类别的划分按本规程 4.0.1 表中的依据进行划分。由于经济发展、城镇化不断扩大，需要在土壤类别为四类的区域建设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。如果环境氡对建设项目室内环境中氡浓度有较大影响的时候，有必要提出针对的处理措施并体现在环境影响评价报告中，政府规划管理部门根据环境氡结果及处理措施作出相应审批。对于没有有效降低环境氡对室内氡影响的措施，不应审批通过。

3.2 工程勘察阶段

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作出规定。对于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，如果测量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 设 计

4.0.1 本条要求“新建、扩建的民用建筑工程应依据土壤氡浓度或土壤表面氡析出率的检测结果并按本规程中表 4.0.1 的要求进行氡防治工程设计”，是对国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325-2010（2013 版）中第 4.2.4、4.2.5 和 4.2.6 条的具体化。在具体实施中，为了保证本条要求得到落实，有关部门在进行工程结构设计图审查时，需调阅工程勘察阶段的前期工作资料，了解工程地点的土壤氡浓度情况，审查工程设计中是否按规程表 4.0.1 要求落实了防氡降氡要求。

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，也包括顶棚和楼地面。

本规程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，共分为四类土，其限量分别为：一类土土壤氡浓度小于或等于 20000Bq/m^3 或土壤氡表面析出率小于或等于 $0.05\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；二类土土壤氡浓度大于 20000 且小于 30000Bq/m^3 或土壤氡表面析出率大于 0.05 且小于 $0.1\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；三类土土壤氡浓度大于或等于 30000 且小于 50000Bq/m^3 或土壤氡表面析出率大于或等于 0.1 且小于 $0.3\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；四类土土壤氡浓度大于或等于 50000Bq/m^3 或土壤氡表面析出率大于或等于 $0.3\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。其依据是：

1 从郑州市 1996 年所做的土壤氡调查中，发现土壤氡浓度达到 15000Bq/m^3 上下时，该地点地面建筑物室内氡浓度接近国家标准限量值；土壤氡浓度达到 25000Bq/m^3 上下时，该地点地面建筑物室内氡浓度明显超过国家标准限量值。我国部分地方的

调查资料显示,当土壤氡浓度达到 50000Bq/m^3 上下时,室内氡超标问题已经比较突出。从这些材料出发,考虑到不同防氡措施的不同难度,将采取不同防氡措施的土壤氡浓度极限值分别定在 20000Bq/m^3 、 30000Bq/m^3 、 50000Bq/m^3 。

2 在一般数理统计中,可以认为偏离平均值 (7300Bq/m^3) 2 倍 (即 14600Bq/m^3 , 取整数 10000Bq/m^3) 为超常,3 倍 (即 21900Bq/m^3 , 取整数 20000Bq/m^3) 为更超常,作为确认土壤氡明显高出的临界点,符合数据处理的惯例。

3 参考了美国对土壤氡潜在危害性的分级:1 级为小于 9250Bq/m^3 ,2 级为 ($9250 \sim 18500$) Bq/m^3 ,3 级为 ($18500 \sim 27750$) Bq/m^3 ,4 级为大于 27750Bq/m^3 。

4 参考了瑞典的经验:高于 50000Bq/m^3 的地区定为“高危险地区”,并要求加厚加固混凝土地基和地基下通风结构。本规程将必须采取严格防氡措施的土壤氡浓度极限量定为 50000Bq/m^3 。

5 参考了俄罗斯的经验:它们将 45 年内积累的 1 亿 8 千万个氡测量原始数据,以 50000Bq/m^3 为基线,圈出全国氡危害草图。经比例尺逐步放大后发现,几乎所有大范围的室内高氡均落在 50000Bq/m^3 等值线内,说明 50000Bq/m^3 应是土壤 (岩石) 气氡可能造成室内超标氡的限量值。

我国南方部分地区地下水位浅 (特别是雨季),难以进行土壤氡浓度测量。有些地方土壤层很薄,基层全为岩石,同样难以进行土壤氡浓度测量。这种情况下,可以使用测量氡析出率的办法了解地下氡的析出情况。实际上,土壤对室内氡影响的大小决定于土壤氡的析出率。我国目前缺少土壤表面氡析出率方面的深入研究,本规程中所列氡析出率方面的限量值及与土壤氡浓度值的对应关系均是粗略研究结果。待今后积累更多资料后,将进一步修改完善。

根据以上土壤分类,本规程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 4.0.6 条中根据不同的建筑形式有详细的阐述。

4.0.3 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，所以本规程规定 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。

4.0.4 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_γ) 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、外照射指数 (I_γ) 不大于 1.3 的土壤作为回填土使用。

4.0.5 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。

4.0.6 工程场地土壤为四类土时，最好的方法是將一层架空，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。但在采暖地区这样做增大了体形系数，增加了散热面不利于节能，应慎用。

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。隔离构造有以下三种：设空气隔离间层、设膜隔离层以及土壤减压法。

空气隔离间层是通过自然通风的方法降低土壤氡溢出土壤后的浓度，以减少土壤氡进入室内的数量。为保证隔离间层通风畅通，要求间层内部及四周均设有通气口，不能形成封闭空间。这种设计方法在我国很多地区均有采用，原本的目的是为了防潮，但这种构造同时对防氡也有很好的效果，一举两得。

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，以便在国内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，应形成完整的防氡系统。
- 5) 防氡膜不得应用在温度低于 5°C 的地方，因为有些材料在这样的情况下难以密封。
- 6) 防氡膜的氡扩散系数应在 $5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s} \sim 1 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

2 瑞典的技术资料：

防氡膜由一种特殊的塑料和弹性复合体。此复合体结构非常紧凑可以防止氡气渗透。

加强防氡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，可防止氡气穿透。

在防氡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，防氡膜可以作为防水系统中的一层。

3 英国的技术要求：

防氡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。防氡膜表面需要进行平滑处理，在防氡膜上应铺设保护层，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，在附录 A 进行了详细的介绍。

4.0.7 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，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。

4.0.8 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 的有关规定的建筑物，室内氡浓度一般都能满足本规程限量指标的要求。

4.0.9 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，提出必须使用机械通风换气的要求。

4.0.11 目前国际上很少有对建筑材料的析出率提出限量，现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 中对加气混凝土和空心率（孔洞率）大于 25% 的建筑材料提出 $0.015\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 即 $54.0\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 的限量。但建筑材料氡是室内氡的主要来源之一，本规程编制过程中通过对建筑墙体材料的检测和计算，确定其析出率的限量为 $0.01\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，比现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 限量更为严格。

4.0.12 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。

4.0.13 氡有效扩散长度是建筑防氡材料最重要的指标，这个指标是确保防氡材料有效防治室内氡浓度超标的保证。由于防氡材料的氡有效扩散长度测量在国内进行的较少，且标准测量方法还不够成熟，为此本规程先提出了在工程中的指标，然后在附录中给予相应的测量方法。

4.0.14 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。

5 施 工

5.1 防土壤氡施工

5.1.2 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。

5.2 防氡涂料施工

5.2.2 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 10%火碱刷洗,清水冲净,或用钢丝刷子彻底刷干净。抹灰前一天,墙、顶应浇水湿润,抹灰时再用笤帚淋水或喷水湿润。剔除顶棚缝灌缝混凝土凸出部分及杂物,然后用刷子蘸水把表面残渣和浮尘清理干净,刷掺用水量 10%的 108 胶水泥浆一道,紧跟抹 1:0.3:3 混合砂浆将顶缝抹平,过厚处应分层勾抹,每层厚度宜为 5mm~7mm。当抹灰层厚度大于 35mm 应采取在抹灰层中加设钢丝网加强措施。

5.2.3 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,墙面明显突出部位的砂浆疙瘩,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，不漏底。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~1mm 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。

5.2.4 防氡涂料涂刷时，应待腻子层实干后方可进行涂刷涂料，一般批刮最后一道腻子后，需要 24h (25℃) 方可实干。

涂刷防氡涂料前，基础含水率不得大于 8%，对于局部湿度较大的部位，可采用烘干措施进行烘干。刷浆时，要求做到颜色均匀、分色整齐，不漏刷、不透底。最后一道刷浆完毕后，应加以保护，不得损伤。

5.3 防氡复合地面施工

5.3.1~5.3.3 防氡复合地面施工应在墙面防氡涂料施工完毕后再进行施工，为保证良好的气密性，防氡地面要与墙面防氡涂料有可靠的交接，第一道防氡涂料施工完毕待 24h (25℃) 后充分干燥完成，方可进行第二道防氡涂料施工（每道施工厚度不得超过 150 μm），两道涂层间的接缝应错开，为保护好地面防氡涂料不被损坏，应做砂浆或混凝土保护层，保护层厚度不应小于 15mm，进行保护。

6 验 收

6.0.1 本条对Ⅰ类建筑中的幼儿园、中小学教室和学生宿舍及老年建筑验收时提出了更高要求，即不大于 $100\text{Bq}/\text{m}^3$ 。之所以提出更高要求，考虑了以下两方面情况：（1）世界卫生组织（WHO）2009年发布的《室内氡手册》建议将室内氡的年均浓度定为不大于 $100\text{Bq}/\text{m}^3$ ，我国国家标准《住房内氡浓度控制标准》GB/T 16146也已提出室内氡浓度“目标水平”为年均浓度不大于 $100\text{Bq}/\text{m}^3$ 。因此，将幼儿园、中小学教室和学生宿舍及老年建筑的室内氡浓度限量值确定为 $100\text{Bq}/\text{m}^3$ 比较合适，同时也代表了我国“十二五”规划建设小康社会的发展方向。（2）2007年～2010年全国10城市住宅建筑物的室内氡浓度综合调查（涉及人口4000万上下）结果表明：我国住宅室内氡浓度全年平均值在 $36.1\text{Bq}/\text{m}^3$ 上下，范围在 $10\text{Bq}/\text{m}^3 \sim 203\text{Bq}/\text{m}^3$ 之间；根据调查，在居民正常生活条件下，住宅室内氡浓度超过 $100\text{Bq}/\text{m}^3$ 的占被调查总户数的3.3%；超过 $150\text{Bq}/\text{m}^3$ 的仅占被调查总户数的1.0%；超过 $200\text{Bq}/\text{m}^3$ 的仅占总户数的0.14%。因此，可以预计，本规程将幼儿园、中小学教室和学生宿舍及老年建筑的室内氡浓度限量值确定为 $100\text{Bq}/\text{m}^3$ 后，不会出现大量这类建筑竣工验收时超标、难以交付使用的情况。

6.0.2 空气中氡的检测方法有多种，对于民用建筑工程的验收检测来说，由于检测工作量大，时间要求急，有的检测方法不太适用。因此，本规程只要求所选用的方法的测量结果不确定度不应大于25%，方法的探测下限不应大于 $10\text{Bq}/\text{m}^3$ 。检测方法的使用及具体要求内容多，不宜放在本规程正文里，另见现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325-2010（2013版）附录A与附录E。

6.0.3 民用建筑工程验收时，抽检房间数比例与现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 一致，但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，因此，提出“抽检房间比例提高到 10%，一楼不低于 40%，对于有连通地下室的别墅，地下室必检”等要求是必要的。

6.0.8 当采用自然通风的民用建筑室内环境氡浓度检测结果不符合本规程的规定时，须进行确认检验。这是因为本规程 6.0.1 条表 6.0.1 中的 I 类、II 类民用建筑工程氡浓度限量是指室内的年平均氡浓度，而实际检测对于采用自然通风的民用建筑工程按本规程第 6.0.7 条关闭对外门窗 24h 后进行，此时测量所得的氡浓度是室内最高的氡浓度。如果测量结果符合本规程规定，则室内的年平均氡浓度肯定小于第 6.0.1 条的氡浓度限量。如果测量结果不符合本规程规定时，其室内的年平均氡浓度仍然有可能小于第 6.0.1 条的氡浓度限量，所以，此时须进行确认检验。

确认时，考虑到初次检测的短时间性（一般 1h 左右）以及关闭门窗检测与实际情况（人时进时出，门窗时开时闭）的差别，工作须分两步进行：第一步，延长测量时间，在对外门窗关闭状态下进行连续 24h 测量，以 24h 平均值作为测量结果。如果仍然超标，应检测被测房间对外门窗关闭状态下的换气次数，并按第 2 款开展下一步工作；第二步，根据监测结果和实测的换气次数换算出房间正常使用情况下（换气次数为每小时 0.3 次）的氡浓度。如果符合本规定的规定，可评定合格；如果仍然超标，可判定该房间不符合本规程的规定。

第二步根据监测结果和实测的自然通风换算出房间正常使用情况下（换气次数每小时 0.3 次）氡浓度的主要原因是：根据世界卫生组织《室内氡手册》、现行国家标准《住房室内氡浓度控

制标准》GB/T 16146、现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 以及本规程第 6.0.1 条室内氡浓度限量，室内氡浓度控制的是年平均室内氡浓度值。对于工程验收来说不可能做一年的长期监测，实际工程验收时间要求很短，只能根据监测结果和实测的换气次数换算到正常使用情况下的室内平均氡浓度。根据调查，居民在天气良好情况下一般都有不同程度的开窗习惯，住宅在正常使用条件下，平均换气次数约为每小时 0.3 次，所以根据检测结果和实测的自然通风换算出房间正常使用情况下（换气次数每小时 0.3 次）的氡浓度可以判定房间是否超标。

6.0.9 本条是现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 - 2010（2013 版）中第 6.0.2 条的具体化。如果工程未做样板间，则可不提供样板间室内氡浓度检测报告。

7 室内氡治理

7.1 一般规定

7.1.2 建筑物降氡改造应遵循辐射防护最优惠原则。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。

7.2 氡来源勘测

7.2.1 复核本规程第 6.0.9 条要求的土壤、建筑材料和室内氡浓度检测报告及地质勘察等相关资料。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。

7.2.2 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。

7.2.3 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。

7.3 室内氡治理措施

7.3.1 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。

选择一超标住宅观测了不同开窗时间的降氡效果（表 1），开窗大于 2h，室内氡浓度降低大于 80%。开窗的时间和频率可参照本规程附录 D 选择。

表 1 开窗时间与降氡效果

开窗通风时间 (h)	C_{Rn} 开窗期间 (Bq/m ³)	C_{Rn} 日均 (Bq/m ³)	γ 开窗期间 (%)	γ 日均 (%)
0	—	264	—	—
2	63.0	217	76.1	18.0
4	51.5	205	80.5	22.5
8	38.5	179	85.4	32.2
24	42.4	42.4	84.0	—

注： γ 氡浓度降低率。

使用附录 D 需要知道房间的空气交换率，空气交换率的测量方法比较复杂，也可通过室外平均风速估算出房间的空气交换率。

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。室内每天平均换气次数应该包括 2 种状态，即静态换气次数（门窗关闭）和通风换气次数（门窗开启）之和。其表达式为公式：

$$H_p = \frac{(H_j \cdot T_j + H_D \cdot T_D)}{24} \quad (1)$$

式中： H_p ——室内平均换气次数（次/h）；

H_j ——室内静态换气次数（次/h）；

T_j ——门窗关闭时间（h）；

H_D ——室内通风换气次数（次/h）；

T_D ——门窗开启时间（h）。

北京地区窗关闭时室外主风平均风速与换气次数关系如下：

$$H_j = 0.00822X^3 - 0.1123X^2 + 0.6899X - 0.2393 \quad (2)$$

式中： H_j ——室内换气次数（次/h）；

X ——室外平均风速（m/s）。

净化除氡：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。对于后者曾受到争议，其焦点是空气中的氡子体以结合态与未结合态两种形式存在，过滤器收集到的是气溶胶和结合到气溶胶上的氡子体，而气溶胶浓度降低可能会导致未结合态氡子体浓度增高。同等浓度未结合态氡子体的剂量转换系数是氡气和结合态氡子体的 800 和 16 倍。虽然大量结合态氡子体被过滤掉，由于未结合态氡子体浓度增高，对人体的实际剂量可能没有降低。采用活性炭吸收氡气，需要的量非常大，很难长期使用。因此，1990 年美国 EPA 颁布的《住宅空气净化器》（Residential Air Cleaning Devices）中指出：不赞同将空气净化器作为减少氡衰变产物的方法，因该方法在减少氡引起的危险度的有效性方面未得到证实。同时，也指出现有的证据还不能禁止空气净化器使用。欧盟 1995 年出版《室内空气质量对人的影响：室内氡》（Europe commission. Indoor air quality and its impact on man, Report No15, 1995. Radon in indoor air）中基本接受了 EPA 的观点，但认为对于氡主要来源于建筑材料的建筑物可能会有效果。以往 EAP 提出的观点是基于理论计算和逻辑推理，由于未结合态氡子体测量技术复杂，未得到实验证实。1992 年，美国 Li C. S, 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率分别超过 90% 和 80%。考虑到我国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。

附录 A 建筑材料氡析出率测定

A.0.1~A.0.3 本附录参照了现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 有关规定，并参考了大量文献以及借鉴了大量实验的结果制定了建筑材料氡析出率检测方法。

对于建筑材料氡析出率测量，早些年不同的科学家提出了多种建筑材料氡析出率测量方法，如活性炭法、密闭腔体法、固体径迹法等等，市面上也出现了专门的氡析出率测量仪。

但是，建筑材料氡析出率的测量方法一直比较模糊。无论是土壤还是建筑材料氡析出率测量，都主要分两个步骤来完成：一是析出氡气体的收集，二是析出氡气体浓度的测量。

析出氡气体的收集主要分为动态收集和静态收集，前者是采用不含氡的载体气体将累积腔中的氡携带出来测量；后者是让氡在累积腔中静态增长，通过测量累积腔中的氡浓度来计算得到析出率。目前，绝大多数方法采用静态累积法收集析出的氡气体。而累积腔通常又可以分为半密闭和全密闭。前者像一个锅盖，罩在测量介质表面，常称“累积盖法”；后者则是一个全封闭结构，介质样品放入腔体内进行氡浓度的累积，常称“密闭腔体法”。

析出氡气体浓度的测量方法和普通的氡浓度测量方法没有什么不同，目前，主要应用的是活性炭法、固体径迹法和连续式测氡仪法等等。其中前两者是静态测量，即通过测量累积腔内的平均氡浓度，给出介质析出率的平均值；后者是动态测量，即通过测量累积腔内的氡浓度增长曲线，给出介质析出率值。

不同的累积方法和氡浓度测量方法组成了不同的建筑材料氡析出率测量方法，不同的方法使用范围和优缺点都非常明显。由于建筑材料样品通常规格不同，需要先将建筑材料切割成规格大小一致的样品，综合考虑泄露和反扩散的影响，选择密闭腔体法

收集，连续式测氡仪进行测量。前者保证了密封性的问题，后者保证了测量精度和反扩散的修正。

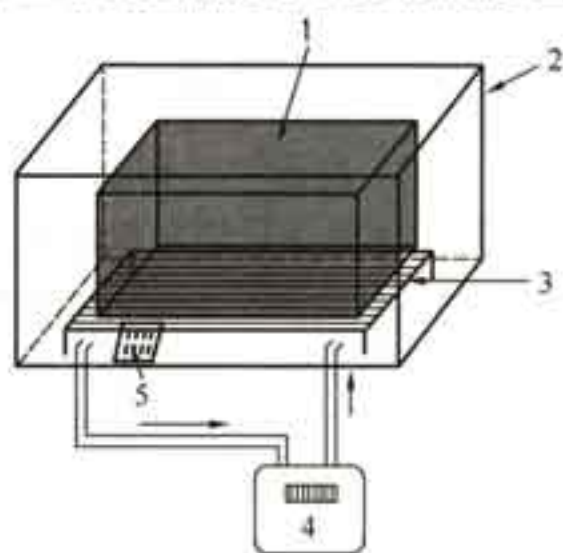


图1 建筑材料氡析出率测量示意

1—待测试件；2—测试舱；3—支架；
4—测氡仪；5—温湿度计

本规程中综合考虑文献、实验及实际应用中检测数量和检测难度，选取了密闭腔体法测量建筑材料表面氡析出率（图1）。具体考虑了建筑材料含水率、规格、环境温度和湿度等对建筑材料氡析出率测量过程中的影响，制定了建筑材料氡析出率测量的标准方法。

本规程主要选用了建筑施工中常用的建筑主体材料加气混凝土砌块和空心砌块作为实

验的主要对象，研究了在不同含水率、环境温度、环境湿度以及不同规格尺寸情况下的氡析出率变化情况。

对于不同含水率（0%、1%、5%、10%、20%、25%、30%、35%、40%和46%）的加气混凝土砌块，其氡析出率分别为0.068、0.275、0.482、0.626、0.828、0.941、1.10、0.927、1.14、1.10Bq/(m²·h)。实验结果表明：加气混凝土试块表面的氡析出率随着加气混凝土试块含水率的增加而增加，并呈对数增长关系。

不同环境温度（18、20、24、28、30℃）时，加气混凝土砌块氡析出率分别为：0.897、0.903、0.920、0.922、0.899、0.908Bq/(m²·h)。实验结果表明：在温度为18℃~30℃时，加气混凝土试块氡析出率基本恒定，变化微小。

不同环境湿度（60%、70%、80%、86%、100%）时，加气混凝土砌块氡析出率分别为：0.692、0.702、0.697、0.693、0.668Bq/(m²·h)。实验结果表明：在加气混凝土砌块含水率变化微小时，加气混凝土砌块氡析出率随湿度的变化较小。但是

当改变环境湿度时，建筑材料的含水率受环境湿度影响发生改变时，其建筑材料的氢析出率会发生较为显著的变化。

材料尺寸对建筑材料氢析出率的影响主要体现为建筑材料总体积不变的情况下，其单位时间内的氢析出率总量保持不变，而随着加气混凝土试块表面积增加，其表面氢析出率不断减小。另外，测试舱中放入多块相同样品时，被测样品的氢析出率保持不变。放入多块样品时可以提高样品的测量计数，有利于提高测量精度。

获得以上实验结果后，在制定建筑材料相关参数时还需要考虑实际检测过程中的检测难度。对于建筑材料规格尺寸，由于建筑材料氢析出率测量时，测试舱内材料的体积较大时，被测样品的测量计数较多，可以提高测量的精度；同时考虑到含水率、环境温度湿度的控制，体积不能过大。综合考虑加气混凝土砌块的尺寸大小控制为 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 200\text{mm}$ ，被测数量确定为四块；由于空心砌块易碎，不便切割，只能以原样品尺寸进行测量，数量定为两块。

对于建筑材料的含水率，调研资料显示表明加气混凝土砌块上墙含水率在 10% 左右，实验室测量的建筑施工时使用的加气混凝土砌块含水率也在 10% 左右，所以综合确定测量加气混凝土砌块氢析出率时其含水率为 10%。而空心砌块上墙含水率在 2% 左右，为了保守起见（即所测空心砌块氢析出率小于本规程限量时，不会导致室内氢浓度超标；大于本规程限量时，仍然有可能不会导致室内氢浓度超标）测量空心砌块氢析出率时其含水率为 5%。

对于环境温度及湿度，由于实验结果表明环境温度在 $18^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 的范围内，温度对加气混凝土试块氢析出率的影响较小。但是稳定的外部环境对于检测是有利的，故仍然设置了一个温度范围即 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，但是温度范围设置的较为宽松。另外，建筑材料氢析出率随湿度的变化影响较小，结合实验结果和文献描述可知环境湿度的改变主要通过改变建筑材料的含水率影响其氢析出

率的变化。加气混凝土砌块、空心砌块含水率分别为 10%、5% 时，箱体内湿度一般为 90% 以上，如果控制湿度可能会导致样品的含水率下降，从而引起氢析出率的变化。所以对于环境湿度，建筑材料氢析出率标准测量方法中对环境湿度不做特殊规定，只做记录即可。

A. 0.4 对于建筑材料含水率的控制方法，主要借鉴了现行国家标准《蒸压加气混凝土性能实验方法》GB/T 11969 中对含水率的控制方法，采用烘烤后再加湿的手段达到湿度的准确控制。当建筑材料含水率需要控制为 5% 和 10% 时，可以先将待测试件放入烘烤箱中，在 105℃ 的温度下烘烤至绝干（连续烘烤 10h 的时候，试件的质量变化小于 0.5%），然后通过向建筑材料表面均匀喷洒水汽至待测含水率对应的重量。为了能让水分在建筑材料内均匀分布，需要放置一段时间，时间为 1d~3d。

附录 B 防氩涂料氩有效扩散长度测定

B.0.1 本附录参照了现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 有关规定，并参考了大量文献制定了防氩涂料氩有效扩散长度的检测方法。

自防氩涂料出现后，就涉及防氩涂料的效果评价以及不同涂料防氩效果的比较问题，但对于涂料的防氩效果至今未形成统一的标准检测方法。

随着防氩涂料的广泛使用，人们对涂料的效果检测和评价的研究也越来越多，文献表明所谓的防氩是指某种材料的厚度达到其氩有效扩散长度的三倍或以上。反之，则无密封氩气的能力。所以若要明确一种材料在使用过程中是否可以达到防氩的目的，测量计算防氩涂料的氩扩散系数，通过氩扩散系数计算出材料的氩扩散长度，然后查询附录 C 中的表可以较为直观的判断材料在工程应用中是否有效防氩。但是此方法对于各向同性材料来说是适用的，而对于各向异性材料来说测量所得并非是其氩扩散长度，因为氩气在材料中的扩散并非均匀。为了统一各向同性和各向异性材料的测量方法，在这里引入“有效扩散长度”这一概念，即“当氩气的浓度减少至射气源氩气浓度的 $1/e$ 时，该点离射气源的有效距离。”

利用图 2 所示原理，通过测量计算防氩涂料的氩扩散系数，计算出氩有效扩散长度，推算出不同防氩效率下的防氩涂料厚度。

经本规程编制组成员充分讨论，并广泛征集科研人员和实际工程人员的意见后，本规程决定采用计算防氩材料的氩有效扩散长度，通过查询附录 C 中的表来进行防氩涂料的效果评价。

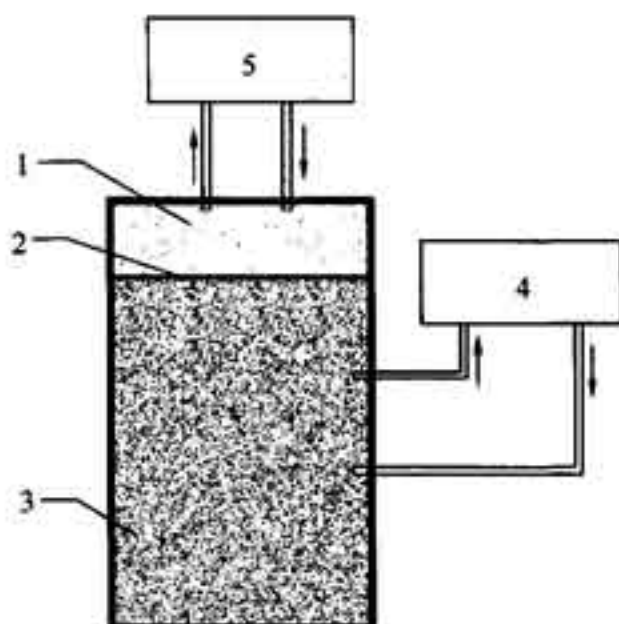


图 2 测量示意图

1—测量室；2—涂料层；3—集氡室；
4—测氡仪 A；5—测氡仪 B

B. 0. 2、B. 0. 3 由于国内对氡有效扩散长度的测量还处于起步阶段，较为成熟的实验装置及实验方法都不具备。为此，经本规程编制组成员充分讨论和征集业内人士意见后，对防氡涂料氡有效扩散长度的测量方法以及方法中的一些参数做出如下要求：

(1) 本规程采用的方法是在一个高氡累积箱上放置涂刷在定性滤纸上的防氡涂料，然后在防氡涂料上方设计一个测量室，通过测量室内氡浓度来计算氡扩散系数，进而计算出氡有效扩散长度。此方法便于维持高氡累积箱中的氡浓度稳定，也便于操作和降低成本。

(2) 高氡累积箱中的氡浓度要求稳定在 $1 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$ 。一般的墙体建筑材料在长期封闭的情况下，其内部的氡浓度低于 $1 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$ ；一般的土壤在长时间封闭的情况下，其内部的氡浓度也大约在 $1 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$ 左右。为反映防氡涂料在实际工程中的防氡效果，测试过程中高氡累积箱中的稳定氡浓度数量级定为 $1 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$ 。滤纸对氡几乎没有阻挡作用，用滤纸作为防氡涂料成型的载体利于涂料的成型。为真实反映防氡涂料的效果和便

于比较，在滤纸上涂刷防氡涂料时应按涂料的使用说明进行施工涂刷。

通过对集氡室和测量室内的氡浓度测量，计算出扩散系数 k ，进而计算出氡有效扩散长度 l 。为了验证此方法的合理性，说明氡有效扩散长度是防氡涂料的固有属性，进行了不同物质不同厚度氡有效扩散长度的测量。实验结果表明：相同物质不同厚度氡有效扩散长度测量结果一致，不同物质相同厚度的氡有效扩散长度是不同的。测量出氡有效扩散长度后，可以通过附录 C 中的表查询不同防氡效率的所需防氡涂料的厚度。

附录 C 土壤减压法

C.0.1 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 左右的空间，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的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缓解这一问题。

C.0.2 图 C.0.1 中说明如何在一层楼板与土壤之间创造和扩充负压区域，使得空气从室内流向该区域。从而阻止土壤中的氡进入室内。含有氡的空气被管道吸出到室外，氡的浓度也就被稀释。

为使图 C.0.1 中负压区域更有效，应该在底板放置高渗透性的骨料。若选择的骨料渗透率低，或被地梁或地垄墙阻断，压力场将不能延伸到整架空层。设计时应使压力场延伸到整栋建筑

一层楼板下面。为了确保压力场的适当延伸，应在板下铺装100mm~150mm厚的干净粗骨料。

在整栋建筑一层楼板下面铺装骨料的主要目的是为了稳定排气装置，在骨料下方则应铺设土工布可以阻止泥土和骨料混合，骨料上层也应该铺设一层土工布。虽然土工布不能为独立的氩屏障，但它能阻止混凝土渗入骨料层，从而保证骨料层的通透性。

C.0.3 在设计之初就定位地垄墙的位置是非常重要的，预先消除建筑的底板阻隔，将会大大减少防氩的成本。负压区通常会由地梁或地垄墙分隔成若干空间，需要在地梁或地垄墙上预留洞口或穿梁排气管，把被地垄墙分隔开的区域联系起来，减少气流流通障碍，其中洞口或排气管直径应为100mm±5mm，间距不应大于3m。

C.0.4 氩集气坑通过底板下的骨料层可以促进空气流通。由于排氩管的末端设在氩集气坑中的排气效率要比埋在骨料层中高很多，因此，在架空层中的适当位置构建一个宽1200mm×1200mm，深200mm的氩集气坑。氩集气坑暴露的最小骨料交界面面积约为排气管入口横截面面积的30倍时是非常有效的。排气管道应水平进入氩集气坑，集气坑应尽可能位于排氩分区中间的位置，垂直的排气管道不应随意设置，而应设置在最便于施工和使用的地方。

此外，排气管道应垂直于氩集气坑。新建住宅为设计者提供了更多选择，使氩集气坑设置更方便，覆盖在氩集气坑上面的底板，应进行适当的结构设计。

氩集气坑的位置应该设置在排氩分区中央的位置，处于中心位置的氩集气坑能够向四周提供更为均匀的压力。

C.0.5 氩防治方案中不打算密封各种裂缝时，垂直管道直径至少不应小于150mm，这种尺寸的管道是非常必要的。因为，在不密封的架空层中要得到与密闭架空层相同的低气压场，将需要更多的风量。

在管道的安装过程中，水平管道应至少保证1%的找坡，这

点非常重要。如果水平管道没有找坡，管道中的积水会使氦气在其中富集，如果管道出现裂缝，富集了氦气的积水将会流入室内，从而导致室内空气氦含量超标。

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，应该在排氦系统上作出足够的标识来防止类似的事情发生。在排氦管道上至少每 10m 设置一个标识，标识上应该能清楚地标识整个排氦系统的所有组成，以确保建筑未来的使用者不移动或拆卸该系统。在屋顶的出口以及排气管上应附上永久的警示标签，如“该气体可能包含高浓度的氦，在 7.5m 的范围内不应设置窗口或通风口”。

C.0.6 建筑场地为四类以下的土壤氦可在施工时预留电源及其他管线，建筑物使用后若室内氦含量超标，则可直接增加风机，将被动式土壤减压系统改造为主动土壤减压系统。防水电器开关应放在风机附近，以确保在维修时系统处于关闭状态。为防止土壤减压系统排出的高浓度的氦气进入建筑物室内，排气管末端应距离最近的进气口或窗口 7.5m 以上。

C.0.7 预警系统应包括一个电子压力传感装置，当系统压力降低时，它会激活警示灯或声响报警。除了风机运行外的情况外，还有一些因素可以妨碍排氦系统有效的运行，风机运行正常时，排氦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。

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以防止室内的空气渗入架空层中的低压区域，从而保证低压区的压力低于室内压力、减少风机的工作时间，从而延长排氦系统的工作寿命、降低系统的运行成本。

附录 D 排氡换气次数简表

D.0.1、D.0.2 本附录参考现行国家标准《地下建筑氡及其子体控制标准》GB 16356，对其中的计算和相关参数进行了修改，并建立实验房进行了相关的验证。

当室内氡浓度出现超标的情况时，采用通风降氡是一种控制氡的经济而有效的方法。通风换气的方法，即通过引入室外低氡浓度的新鲜空气来稀释和带走室内的氡及其子体，是室内氡浓度降低和保持在标准所要求的范围内的一种技术措施。

排氡换气次数简表计算的总体思路是：以房间密闭 24h 后的室内氡浓度值 C_i 为变量，通风后室内平衡氡浓度降至 100Bq/m^3 、 200Bq/m^3 或 400Bq/m^3 以下为目标，来考察室内氡浓度值与换气次数之间的关系，并计算通风所需时间。

在没有通风情况下，室内氡浓度随时间的关系满足下述微分方程：

$$\frac{dC}{dt} = \frac{J_0 \cdot S}{V} - \lambda C - \lambda_1 C - \lambda_2 C \quad (3)$$

式中，等式右边第一项是建材的氡析出率项，第二项是氡的衰变项，第三项是房间的氡泄露项，第四项是实验房内氡浓度的增加导致往建材内的扩散项。 C 为室内氡浓度、 J_0 为室内平均氡析出率、 S 为房间内面积、 V 为房间体积、 λ 为氡衰变常数、 λ_1 为房间的漏气率、 λ_2 为反扩散系数。

令 $\lambda^* = \lambda + \lambda_1 + \lambda_2$ ，并设室内的本底氡浓度为 $C_{\text{外}}$ ，则解方程 (3) 可得积累时间 t 后室内氡浓度为：

$$C = \frac{J_0 S (1 - e^{-\lambda^* t})}{\lambda^* V} + C_{\text{外}} e^{-\lambda^* t} \quad (4)$$

在知道 C (房间密封 24h 后室内氡浓度大小)、 $C_{\text{外}}$ 、 λ^* (根

据实验给出的经验值)、 S 、 V 和 t (24h) 的情况下, 可以得出房间内的平均氡析出率 J_0 。得出 J_0 后, 假设在无通风和有通风的情况下, 房间内的平均氡析出率不发生改变 (实际情况下会有所改变, 但对于民用建筑来说此数值变化不大)。

在通风情况下, 假设在通入新风的初始时刻, 室内氡浓度为 C_1 , 新风中的氡浓度为 $C_{\text{外}}$, 新风换气次数为 η , 由上述已经算出房间内的平均氡析出率 J_0 , 则室内氡浓度与换气次数的关系可以满足下述微分方程:

$$\begin{aligned}\frac{dC}{dt} &= -\lambda C - \lambda_1 C - \lambda_2 C + \frac{J_0 S}{V} + f\eta(C_{\text{外}} - C) \\ &= -(\lambda + \lambda_1 + \lambda_2 + \eta)C + \left(\frac{J_0 S}{V} + f\eta C_{\text{外}}\right)\end{aligned}\quad (5)$$

则:

$$C = \frac{J_0 S + f\eta V C_{\text{外}}}{V(\lambda^* + f\eta)} + \left(C_1 - \frac{J_0 S + f\eta V C_{\text{外}}}{V(\lambda^* + f\eta)}\right)e^{-(\lambda^* + \eta)t} \quad (6)$$

在通风的情况下, $\lambda^* \ll \eta$ 可以认为 $\lambda^* = 0$, 所以在确定了 J_0 (室内平均氡析出率)、 S (房间内面积)、 V (房间体积)、 C (控制氡浓度)、 $C_{\text{外}}$ (新风氡浓度本底)、 C_1 (通风零时刻的室内氡浓度)、 f (通风效率, 通过实验确定) 后, 即可以算出不同换气次数下, 达到控制氡浓度比如 100Bq/m^3 、 200Bq/m^3 、 400Bq/m^3 时所需要的通风时间。

由上述推导公式算出来的不同换气次数情况下的通风时间, 经过建立的实验装置氡模拟实验房验证, 与实验情况基本符合。在全国各地, 由于本底及通风设计不同, 通风时间可能与表中的计算结果有所差异。在这种情况下, 可以根据实际情况适当的延长或缩短通风时间。