

建筑场地土壤氡浓度检测影响因素分析

吴燕辉

广东海业岩土工程有限公司, 广东 惠州

收稿日期: 2022年1月29日; 录用日期: 2022年2月18日; 发布日期: 2022年2月25日

摘要

在建筑场地土壤氡浓度检测过程中会遇到同一个测试人员对同一个地块测出的检测结果截然不同或者不同时期检测同一个采样点检测结果差别很大等诸类问题。据不少同行反映, 土壤氡浓度最终的检测结果并不精确。本文从多角度分析影响土壤氡浓度检测结果的因素, 从而得到客观、正确的评价。简单介绍准备工作、数据的处理、异常点上的处理, 重点介绍七大影响因素。试图找出影响土壤氡浓度测定结果准确性的相关因素, 以期为提高建筑场地土壤氡浓度检测准确性奠定研究基础。该文工作对从事土壤中氡气浓度检测人员对异常值的分析和以后对《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325-2020修订具有参考意义。

关键词

土壤氡浓度, 土壤氡浓度检测, 氡气, 土壤污染, 影响因素

Analysis of the Influencing Factors of Soil Radon Concentration Detection in Building Sites

Yanhui Wu

Guangdong Haiye Geo Technical Engineering Co., Ltd., Huizhou Guangdong

Received: Jan. 29th, 2022; accepted: Feb. 18th, 2022; published: Feb. 25th, 2022

Abstract

In the process of soil radon concentration detection on construction sites, there will encounter problems such as the same test results on the same plot or the different test results of the same sampling site are very different in different periods. According to many peers, the final detection

results of soil radon concentration are not accurate. This paper analyzes the factors affecting the detection results of soil radon concentration from multiple angles, thus obtaining an objective and correct evaluation. Based on the corrected introduction of the preparation work, data processing, the processing of anomalies, focusing on the seven influencing factors, we try to identify the factors affecting the accuracy of soil radon concentration measurement results, in order to improve the accuracy of soil radon concentration detection in building sites. This work is of reference significance for the analysis of outliers by personnel engaged in radon gas concentration detection in soil and the later revision of GB 50325-2020 of the Indoor Environmental Pollution Control Standard for Civil Construction Engineering.

Keywords

Soil Radon Concentration, Soil Radon Concentration Detection, Radon Gas, Soil Pollution, Influencing Factors

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

在进行建筑设计前，首先必须研究房屋地基土壤中氡气的积累、迁移及析出特性，即对该项目场地进行土壤氡浓度检测，这是有效采取防氡和降氡措施的重要手段，非常有必要并且必须执行。准确地检测土壤氡浓度是控制氡气污染和预防氡气对人体危害的重要前提。

2. 准备工作

在进行土壤氡浓度检测工作之前，通过以下措施保证检测结果的准确性以及可靠性，确保仪器的稳定工作状态。首先按照仪器说明书的要求安装好仪器并进行常规检查。主要检查项目为仪器的电量是否正常、能否进行持续作业，在进行土壤氡浓度检测工作时能够正常使用。由于氡气是通过取样杆、橡皮管、干燥器等环节到达探测器的，只有当气体收集系统的密封性能良好，土壤气体到探测器的气流畅通时，才能得到土壤气中真正的氡气浓度，因此在检查测氡仪时必须特别注意气体提取系统的密封性。检查进口过滤膜和连接软管是否堵塞，以保持气流畅通。同时对氡浓度进行检测的仪器和抽气装置之间进行数据连接的数据线是否连接正常，能不能进行准确的数据传输。如果在检测环境周围存在电磁辐射，这些因素就会使得数据出现异常，相关检测人员需要根据自己的工作经验来对其进行处理。为了减少外部影响，减少数据误差，增加数据的可比性，在检测前将仪器采样检测系统中的空气湿度降低到 10% 以下。

3. 影响因素分析

3.1. 下雨

不应在雨天进行现场取样测试，如遇雨天，应在雨后 24 h 后进行检测。如果遇到地下水较浅或者基坑开挖后排水不畅，就会导致雨后好几天场地很潮湿甚至有积水。不能机械地按照雨后 24 h 马上进行检测，并应在实际场地比较干燥时进行。在检测过程中经过研究发现，雨前进行检测结果要比雨后进行检测时准确度高很多。出现这种现象的原因主要是雨水在往土壤内部进行渗透的过程中，有一些氡气易溶

于水，所以会随着雨水流动到土壤深处，而且雨水会使得土壤的表层密度大大增加，部分氡气在向外辐射时会受到阻碍。因此在进行土壤氡浓度检测工作时，务必是等雨后干燥再进行检测。“暴雨后土壤氡浓度的骤降，这是地下水位升高、观测孔内积水导致的。雨过天晴一段时间后，土壤氡浓度将会恢复至正常背景值”[1]。现场检测布置点位时应该选取在比较干燥的土壤中。降雨量能够直接改变土壤含水量，从而影响氡气的浓度和取样时的取样量。氡气易溶于水，在土壤含水量不大的情况下，会随土壤含水量增加，而氡浓度有增高的趋势；但当土壤含水量增加到饱和或接近饱和(从表面特征观察，土壤黏结成块状或泥状)时，土壤氡浓度检测结果就会明显降低。这种现象主要是由于土壤干燥时，土壤氡气容易向大气中扩散或随土壤表层形成的上升气流而释放出来，致使氡浓度较低。随着降雨引起的地表含水量的增加，能形成透气性差的“屏蔽层”，阻碍氡气向大气中释放，使土壤氡浓度增加。

3.2. 土壤湿度

国内的一些研究成果表明，土壤中氡浓度与土壤的湿度有一定关系，当湿度增大时，孔隙率下降，测量到的氡浓度下降幅度较低，但是也应该给予足够的重视。地层深部包含有铀、镭和钍等土壤和岩石中所含的高浓度的氡气，在受到扩散、对流、吸引、地下水溶解、气压等作用的影响下能通过地层的断裂带、地裂缝等构造进入地表的土壤和岩石中。根据科学研究表明，人体所遭受的辐射伤害中氡气辐射占绝大多数。若建筑物或娱乐设施建立在地质断裂带上，氡气会随着地面上的裂缝扩散到人类活动空间中，对人类身体健康造成重大的影响。土壤湿度比较高的区域，在对氡浓度进行检测时，其浓度会比较低。这是由于雨水渗透到土壤的表面，氡气会向土壤的深度进行扩散，而水在某种程度上可以使土壤的密度有所增加，所以氡气很难扩散到外部在土壤中，会在土壤当中进行聚集。因此，在具体检测工作过程中，建筑场地土壤氡浓度务必要在场地较干的情况下实施检测作业。土壤中湿度过高，土壤表层密度增加，阻碍了土壤中氡气向地面扩散，而氡气在土壤表层下部积聚，氡浓度值较大。

3.3. 扩散系数

土壤游离氡的保存能力是决定土壤氡浓度背景水平的第三个重要因素。代表土壤氡气保存能力的参数是土壤氡气的扩散系数。射气扩散的难易程度，用扩散系数来描述。扩散系数越小，射气扩散就越慢，迁移的距离就越近。扩散系数小，土壤氡气保存能力强。黏土的扩散系数最小，游离氡保存能力最强；沙土的扩散系数大，对游离氡的保存能力较差；而坡积粗碎物的扩散系数最大，对游离氡的保存能力最差。在有些地区，铀含量平均值并不低，但由于土壤层很薄，土壤中含有大量坡积粗碎屑物，氡气很容易向大气中扩散释放，导致土壤氡浓度背景值并不高。“由于气体分子热运动的结果，使射气从高浓度的地方向低浓度的地方扩散。扩散作用是射气迁移的主要方式之一。射气扩散系数的大小与射气的分布和介质的性质有关。在不同介质中，射气的扩散系数不同。扩散系数的变化对射气浓度的分布产生显著的影响。在构造破碎带里由于射气系数增大、同时还由于地下水的作用，镭容易在其周围沉淀，因此往往在地表形成射气偏高场或异常。扩散系数的大小也受岩石的孔隙度、温度及透水性能的影响。孔隙度小，透水性能差则扩散系数小。孔隙度大，透水性能好则扩散系数大。当岩石温度升高时，扩散系数会增大”[2]。

3.4. 射气系数

岩石中在一定时间释放的气体与在同一体积岩石中同时产生的气体的比值称为射气系数。这就意味着，相同氡含量的岩石，射气系数小的，在它周围的射气浓度就低。造成的氡射气浓度差异越小，使得射气扩散系数减小，则射气迁移的距离就近。“射气系数的大小与岩石的破碎程度、湿度、温度和孔隙

度有关。岩石破碎得越厉害，射气系数就越大。在野外常遇到由于岩石局部破碎而造成射气浓度而增高。当岩石湿度增加时，岩石的孔隙度减小而使射气系数变小。岩石中孔隙变多而使射气系数增大，致密的岩石孔隙度小，这对射气扩散是不利的。射气系数还随温度的升高而增大。温度越高，射气扩散越容易，射气的迁移距离增大”^[2]。在通常情况下射气系数大，形成的游离氡的比例高，游离氡的浓度就高。

3.5. 土壤密实度

在具体检测的过程中发现，针对比较干燥的土壤，其密实程度越高，检测出来的土壤氡浓度便会越高。在对原因进行分析之后发现这是因为干燥的密实土壤，非常不利于空气的析出，所以会发生聚集情况，但是潮湿的土壤正好相反。氡气经常离开土壤和岩石，进入到岩石的空袭、缝隙和土壤颗粒间的小孔空间内。“邹新悦等人的研究表明，土壤为房渣土、填土时，此层土受人为因素影响，氡的流通和存储不佳，氡浓度较低。表层土壤为粉土、粉质黏土时，此层土壤土质较为均匀。土层疏松，孔隙度较大，土壤湿度不是很大，这些都有利于土壤层中氡的流通和储存，因此氡浓度较大。土壤为粉砂、细砂时，土壤中孔隙度更大，氡在土壤中有大量的存储空间，因此所含的氡浓度是最大的”^[3]。孔隙度是影响土壤中氡气循环和储存的主要因素。孔隙度越小，氡气越难穿透，土壤氡浓度越低。地基处理可以人为地减少土壤中的空气，从而降低氡气的渗透率。通过减少氡气的循环和储存空间，从而降低建筑物室内氡浓度。建议在施工过程中将氡气封闭入建筑物的所有通道、孔隙，避免氡气通过地基土、墙壁或地板进入房间。氡在可渗透的土壤中比非渗透的土壤移动更迅速，土壤和岩石中的缝隙使得氡更迅速的移动^[4]。土壤孔隙度和土壤密度是影响土壤氡浓度本底水平的两个次要因素。由于不同类型的土壤孔隙度和密度差异很小，因此对土壤氡浓度本底水平的影响很小。

3.6. 空气的温差

空气的温差对建筑场地检测的土壤氡浓度有一定的影响。一般空气温度较高时检测的土壤氡浓度数值相对较大，原因可能为当空气温度较高时，土壤中水蒸气蒸发，土壤的孔隙和透气性能随之加大，使土壤中氡气往地表散发的速度加快^[5]。浅层土壤中的氡气会逃逸到大气中。除了扩散外，还有其他一些效应可以加速或减缓氡气的迁移，如蒸发、风速和大气压力等，将对浅层土壤中的氡浓度产生重大影响。这些影响往往是季节性的或随机的，因此会相应地影响土壤氡浓度检测结果的代表性。

3.7. 大气压力

需要指出的是，气象因素对地表射气浓度分布的影响，要比深层大得多，因此增加取气深度将会减小气候变化对检测结果的影响。断层土壤中的氡气主要由断层氡气和土壤氡气组成，断层氡气通过对流、扩散、孔隙流体、地面应力应变等复杂过程向地表迁移，浅层土壤氡气的主要迁移方式为对流和扩散，因此，温度越高，对流和扩散活动越强，而且冬季寒冷天气，永久冻土，土壤孔隙度和渗透性较差，检测结果往往大大降低。气压则不仅对浅层或土壤的孔隙压力有明显的影响，对断层较深部位的影响也是很明显的。断层是孔隙和裂隙大量发育的部位，当大气压力发生改变时，压力差会形成地下压力梯度，大气压力的纵深效应可以改变断层内气体迁移的影响，进而造成氡浓度的大幅变化，压力增加会迫使空气进入土壤，降低了土壤气体中的氡浓度。随着大气气压的降低，地面气压将明显低于地下气压，形成压力差，使对流速度增大，所以表面附近的氡浓度增加了。

4. 背景值

决定某一区域土壤氡浓度本底值的主要因素是土壤中铀的等效含量、土壤中游离氡的比例和游离氡

的保护能力。决定土壤氡浓度的主要因素有两个：一是土壤本身的游离氡生产能力，即土壤中的铀(镭)含量；另一个是土壤保持游离氡的能力，即分散在大气中的氡气的比例。此外，当深层铀(镭)含量较地表过大时，也会对浅层土壤氡浓度产生重要影响，但这种情况一般是局部的，影响较小。

5. 数据的处理

抽气检测宜接续进行 3 次~5 次，第一次抽气检测数据应舍弃，检测结果应取后几次检测数据的平均值。一般高于区域平均值 3 倍以上的点称之为异常点。要对异常点进行重点复测，仪器在空气中重复排气后应等待 15 分钟以上，待氡室中氡子体衰变完后再进行检测。当同一检测点位出现数据异常的情况，应进行多次检测，以减少检测结果的统计误差。土壤检测工作包括检测前的准备和野外工作，一般建筑场地的土壤氡浓度检测和异常点处理。为检查现场试验的工作质量，应选择 3 个有代表性的剖面进行检查检测。检查检测的点位数量应占总工作量的 5%~10%。检查时应包括异常点及工作有问题的怀疑点，并尽可能均匀地布置在划定的国土红线范围内。检查异常点的检测结果应与其他检测结果绘在同一平面图上。如果剖面上两次测到的射气浓度变化趋势重复较好(即使在个别点上变化较大)，则可以确定测试结果是可靠的。另外，在试验区可选取 10 个点作为基点，每天早晚进行检测，以了解射气浓度值随日的变化情况。当使用多台仪器在一个地块检测时，通过在同一个检测点位复测，还可以对不同的仪器的读数一致性进行检查。不仅能够有效地减少人力、物力的消耗，而且很好地反映了断层土壤氡浓度的变化情况。

6. 异常点上的处理

检测过程中遇到异常的情况，应立即进行下列工作：

6.1. 重复观察检查

若发现氡浓度为平均值的 3 倍，或虽然氡浓度不到平均值的 3 倍，但异常受土地构造等因素控制明显时，可以判断为异常点。

6.2. 确定异常性质

在第一次读数的基础上过 15 分钟再读第二次数，根据两次读数之间的关系，确定异常性质。

6.3. 圈定异常范围

加密对监测点位的布置，对异常范围进行缩小并且采取复测措施。一般缩小范围为平均值的上下浮动百分之二十为止。

6.4. 进行多次抽气试验

目的是了解射气源的大小，帮助确定引起射气异常的原因。实地工作是获得原始资料的主要环节，未来的计算、整理和解释都是以此为基础的。在野外人们经常利用这一原理，通过土壤氡浓度检测来寻找构造破碎带，以达到地质调查的目的。

7. 结论

综上所述，影响土壤氡浓度检测结果的因素是多样而复杂的。本文通过对以上七个方面影响因素进行讨论，以及可能在现场还会遇到的其他干扰因素，如取样深度、干燥剂变色程度的差异、地质构造、测量时间等因素，在进行现场土壤氡浓度检测时，如果不重视这些影响因素，就会给检测结果带来很大

的误差。因此把握好质量关，才能保证检测的准确性和可靠性，在土壤氡浓度检测和进行异常评价时必须全面考虑这些影响因素的作用，并为绿色建筑的评估提供科学的依据。

参考文献

- [1] 汪栋, 方方, 丁卫撑, 等. 土壤氡浓度日变化影响因素研究[J]. 物探与化探, 2014, 38(3): 485-489.
- [2] 王喜元, 朱立, 范光, 等. 中国土壤氡概况[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 189-190.
- [3] 邹新悦, 陈刚, 黄晓, 等. 土壤中氡浓度检测及其影响因素[J]. 城市地质, 2016(9): 70-73.
- [4] 于磊. 土壤氡测定的影响因素探讨[J]. 中华民居, 2014(4): 114.
- [5] 毛晓慧. 建筑场地土壤氡浓度测定及其影响因素探讨[C]. 建筑科技与管理学术交流会论文集. 2013: 170-171.