

# 地下建筑通风降氡效率研究

李晓燕<sup>1,2</sup> 王燕<sup>1,2</sup> 郑宝山<sup>1</sup> 王学<sup>1</sup>

1 (中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室 贵阳 550002)

2 (中国科学院研究生院 北京 100049)

**摘要** 用 Model 1027 型连续测氡仪对中国呼和浩特市某地下建筑作通风降氡效率研究。该地下室有 4 种通风方式: 进风(只开进风机, 简称 B)、排风(只开排风机, 简称 P)、进排同时(同时开启进风机和排风机, 简称 BSP)、进排轮流(轮流开启进风机和排风机, 简称 BRP)。比较 4 种通风方式的降氡效率, 得出进排同时降氡效果最好。用此方式分别每天通风 1、2、3 h, 观察 24 h 氡浓度变化, 得出每天早晨通风 2 h, 足以满足氡浓度 8 h 维持在国家限定标准以下。

**关键词** 氡, 地下建筑, 通风

**中图分类号** X125, X142, X503.1, X508

氡是一种放射性气体, 是铀的衰变子体镭-226 在自然衰变过程中释放出来的。人类受到的整个天然辐射照射剂量中有 50% 以上来自氡及其子体。人接受氡的暴露量越大, 肺癌的发病率就越高<sup>[1,2]</sup>。在人类生活环境中, 氡主要来源于地下土壤和室内建筑材料, 氡水平在与土壤相连的地下室和地下空间最高<sup>[3]</sup>。

在中国, 随着人口的增长和经济的发展, 越来越多地开发出了一些地下生活场所, 如地下超市, 地下停车场、地下娱乐城等。这些人口密集, 自然通风差的地下建筑一般都配有机械通风设施, 通过机械通风来降低室内氡浓度和改善室内空气质量。

我们在 2003 年 7 月至 9 月对全国近 100 个地下建筑室内空气中氡进行了为期三个月的固体径迹法(SSNTD)测量, 其中, 呼和浩特市一新建地下建筑在不通风情况下氡浓度测量值为 818 Bq/m<sup>3</sup>, Model 1027 型连续测氡仪 24 h 测量结果为 702 Bq/m<sup>3</sup>, 若取平衡因子  $F$  为 0.5, 则平衡当量浓度分别为 409 Bq/m<sup>3</sup> 和 351 Bq/m<sup>3</sup>, 超过了 GB/T16146 地下空间氡及其子体的控制标准(I 类工程平衡当量氡浓度不超过 200 Bq/m<sup>3</sup>)。该地下建筑为近年新建, 待验收, 主要作补充式办公用所。其中会议室、健身房等是职工频繁出入的地方。地下建筑内装配了全新的机械通风设施, 因此降氡主要靠机械通风来完成。

我们在 2004 年 8 月用 Model 1027 型连续测氡仪在不同通风情况下对该建筑内氡浓度进行了二十多天的连续观测, 以期提供最佳通风条件。

## 1 测点位置及氡水平

呼和浩特市位于中国内蒙古自治区中部的土默川平原上, 东经 110°46' 至 112°10', 北纬 39°35' 至 40°51'。处阴山山系中段的大青山中部, 土壤放射性核素比活度为 <sup>238</sup>U: (22.5 ± 2.1) Bq · kg<sup>-1</sup>; <sup>226</sup>Ra: (22.6 ± 2.2) Bq · kg<sup>-1</sup>; <sup>232</sup>Th: (40.6 ± 6.3) Bq · kg<sup>-1</sup>, 均低于全国相应核素水平<sup>[4]</sup>。测点位于呼和浩特市一办公楼地下约 10 m 处, 使用面积 2320 m<sup>2</sup>。建筑材料部分来自包头的煤渣砖。包头产煤中含有少量的放射性核素<sup>[5]</sup>。初步估计氡浓度超标与煤渣砖有关。

## 2 监测仪器与选点

Model 1027 型连续测氡仪, 美国 Sun-Nuclear 公司生产, 量程范围: 0.1—999 pCi / L (1 pCi / L = 37 Bq · m<sup>-3</sup>), 灵敏度: 2.5 (计数 / h) / (pCi / L), 精确度: ± 25% 或 ± 1 pCi / L。仪器经南华大学核科学技术学院氡实验室刻度, 刻度系数为 1.3。

选取位于地下建筑中部的健身房(第一次测点)作为测量地点, 两台仪器分别放在房间的两个角落, 离地面和墙壁约 0.4 m。仪器每隔一小时记一次数, 测量结果取两仪器平均值。

## 3 实验过程及结果

### 3.1 通风方式比较

该地下建筑内部空间 9744 m<sup>3</sup>, 有进排风机各

一台，风量分别为 8500 m<sup>3</sup>/h 和 7200 m<sup>3</sup>/h，通风方式有进风（只开进风机，简称 B）、排风（只开排风机，简称 P）、进排同时（同时开启进风机和排风机，简称 BSP）、进排轮流（轮流开启进风机和排风机，简称 BRP）4 种。

分别在不同时间采用 4 种通风方式通风 3 h 后，观察 24 h 氡浓度的变化。通风时间均为早晨十点左右，采用 4 h 平均值作为观察值。

测点放一干温湿度计，每次测量开始和结束时读取当时的温度和湿度。

图 1（图中 BV：通风前；VS：通风结束）是分别经 4 种通风方式通风 3 h 后地下建筑内氡浓度 4 h 平均值变化情况比较。显然，图 1 中显示 4 种通风方式降氡效果有两种走势，第一，单独排风降氡效果相当微弱，通风结束时氡浓度只比通风前降低了 6%，采用此种方式通风达不到降氡目的；第二，进风、进排同时、进排轮流 3 种通风方式都有降氡作用，这说明起主导作用的是进风。进风、进排同时、进排轮流 3 种情况下通风结束时与通风前氡浓度相比分别下降了 59%、64%、68%。通风后第一个 4 h 氡浓度平均值与通风前相比分别降低了 54%、80%、67%。本次试验虽然 3 种通风方式下通风前氡浓度相差较大（最高为进排同时：500 Bq/m<sup>3</sup>，最低为进风：178 Bq/m<sup>3</sup>），但通风 3 h 后第一个 4 h 平均值却很接近，这也说明进排同时具有更强的降氡效果。

将 4 种通风方式试验开始和结束时测点的湿度和温度列于表 1。虽然四种通风方式试验起点的湿度有微小差别，但每一种通风方式试验开始和结束时的温度、湿度变化都不大，而讨论通风效果的好

坏是比较各种通风方式下通风前后氡浓度相对降低的百分比的大小。所以，气象因素对此次试验的影响不大。

因此，降氡效果由好到差的通风方式依次为：进排同时、进排轮流、进风、排风。进排同时为最佳排风方式。以下实验均采用此通风方式。

表 1 测量开始和结束时的温度和湿度

Table 1 Temperature and humidity at the start as well as in the end of the experiment

通风方式 Ventilation type	At the start		In the end	
	Temperature/°C	Humidity/%	Temperature/°C	Humidity/%
进风 B	14.0	70	13.0	70
进排同时 PBS	12.5	75	13.0	74
排风 P	13.0	71	14.0	72
进排轮流 PBT	14.0	73	13.5	73

### 3.2 通风时间对降氡效果的影响

因机械设备不宜长期工作，且晚上室外空气湿度大，通风对工程的保护有影响，故只连续通风（进排同时）8 h。通风前氡浓度 4 h 平均值 632 Bq/m<sup>3</sup>，通风 4 h 后氡浓度平均值是 259 Bq/m<sup>3</sup>，与通风前相比降低了 59.0%，通风 8 h 即通风结束时氡浓度 4 h 平均值为 54.7 Bq/m<sup>3</sup>，与通风前相比下降了 91.4%（见图 2，图中 BV：通风前；VS：通风结束），通风结束后，氡浓度又继续上升。

### 3.3 最佳通风时间

每天分别通风 1、2、3h 后关闭通风，观察氡浓度 24 h 变化。为保证测量条件一致和可比性，开始通风时间均安排在上午 9 点左右。

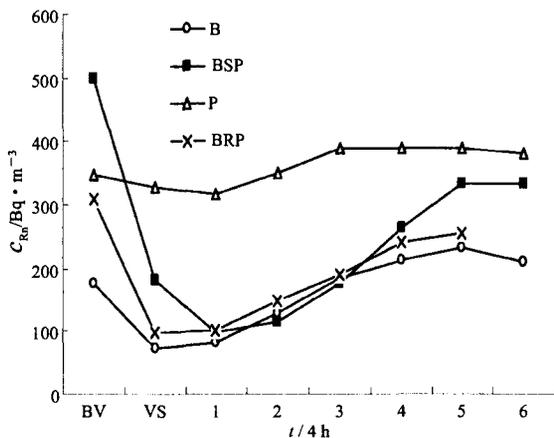


图 1 4 种通风方式通风 3h 后氡浓度 4h 均值变化

Fig. 1 Changes of the 4h average radon concentration after 3h ventilation of four types

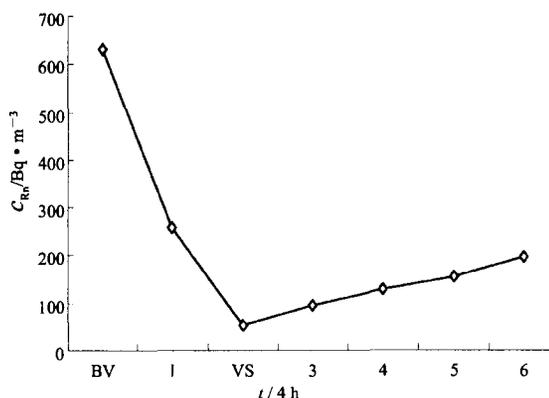


图 2 通风 8 h 氡浓度变化

Fig. 2 Change of air radon level by ventilation during the first 8 hours

图 3 是不同通风时间氡浓度变化曲线。显然,通风 3 h 效果最好,通风 1、2、3 h 后,氡浓度分别下降了 49%, 58%, 80%。分别通风 2 h 和 3 h 关闭通风后氡浓度恢复到通风前水平所需时间分别是 24 h 和 40 h; 氡浓度增加到 400 Bq/m<sup>3</sup> (平衡因子取 0.5) 的时间是 18 h 和 21 h。如果每天坚持通风,则 2 h 的通风时间就可保证 8 h 工作期间氡浓度低于国家有关标准。如需更接近地面环境,可每天通风 3 h。如因故多天不通风,则人员下去前可相对加大通风力度。

#### 4 结论

该地下建筑长期不通风时氡浓度最高可以达到

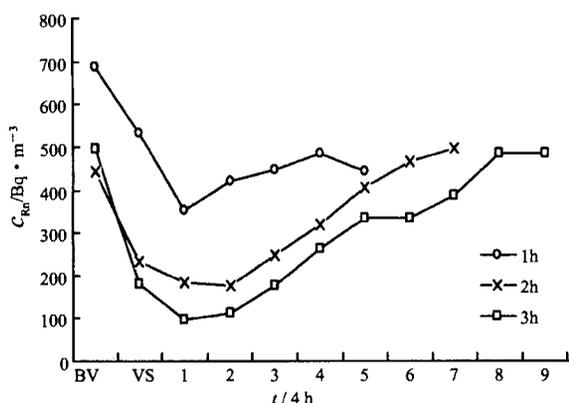


图 3 不同通风时间氡浓度 4h 平均值变化

Fig. 3 Change trends of the 4h average radon concentration after ventilation for different time

1041 Bq/m<sup>3</sup>。通风方式有进风、排风、进排同时、进排轮流四种,其中,进排风同时效果最好。用进排风同时通风方式连续通风 8 h,氡浓度可降低 91.4%。如果每天坚持通风,则 2 h 通风即可保证 8 h 工作期间氡浓度符合国家有关标准规定的水平。如要接近地面环境,可每天通风 3 h。如长期不通风,工作人员下去需要加大通风力度。

#### 参考文献

- 1 Miles J. Journal of Hazardous Materials, 1988, 61: 53—58
- 2 杨文塔, 杨磊, 卢玉峰, 等. 中国辐射卫生, 1999, 3(2): 93  
YANG Wenjie, YANG Lei, LU Yufeng, et al. Chin J Health, 1999, 3(2): 93
- 3 Anastasiou T H, Tsertosa S, Christofides G, Christodoulides, Journal of Environmental Radioactivity, 2003, 68: 159—169
- 4 赵中振, 马兰, 阿迪雅. 中华放射医学与防护杂志, 1988, 8 (增刊 2): 31—35  
ZHAO Zhongzheng, MA Lan, A Diya. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 1988, 8 (Supplement 2): 31—35
- 5 张洪杰, 隋文力, 林红. 内蒙古环境保护, 1996, 8(1): 29—31  
ZHANG Hongjie, SUI Wenli, LIN Hong. Inner Mongolia Environmental Protection, 1996, 8(1): 29—31

### A study of reducing radon level by ventilation in underground space

LI Xiaoyan<sup>1,2</sup> WANG Yan<sup>1,2</sup> ZHENG Baoshan<sup>1</sup> WANG Xue<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (Institute of Geochemistry, the Chinese Academy of Sciences, GuiYang 550002, China)

<sup>2</sup> (Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract** Using Model 1027 continuous radon monitor, a test of reducing radon level by ventilation in underground space was done. Four different types of ventilation, i.e. by air pump (P), by air intake blower (B), by air pump and air intake blower simultaneously (PBS), and by air pump and air intake blower in turn (PBT), were examined. We found that efficiency of PBS is the highest among these ventilation types. Having ventilated the underground space with PBS for 1, 2 or 3 hours in three different days, and having observed the radon concentration change in the following 24 hours, we can conclude that it is safe for people to stay there during the eight working hours if the underground space is ventilated for 2 hours everyday in the morning.

**Key words** Radon, Underground space, Ventilation

**CLC** X125, X142, X503.1, X508