

石材建材產生的氡氣對人體影響與對策之研究

唐鐵男 (Tieh-Nan Tang)

中國科技大學建築系碩士生

陳昶良 (Chang-Liang Chen)

中國科技大學建築系副教授

摘要

氡氣無色、無味、無臭，是自然界中唯一的放射性惰性氣體。從 1530 年開始曾有學者描述長期工作於礦坑中的礦工易染肺部疾病，直至 1879 年此種肺部疾病被判定為肺癌。

在一個經濟穩定成長且安定的社會中，人們滿足衣食等的豐厚富足後亦逐步改善居住空間，也隨著更換合宜的住所因而加諸更繁瑣的設計、更多樣的裝潢建材及生活設備後亦帶來了許多汙染，其中可能含氡的石材(如花崗石等)更是經常使用的高級建材，其所釋放出的氡氣無疑是伴隨而來存在於空氣中最危險的氣體之一。因為氡氣對人體的傷害多集中於密閉空間的室內，而室外的氡氣被空氣稀釋而極其微薄，一般可忽略不計。

本文希望從居住環境中找出常用建材中氡氣的來源，並提醒輿論及政府部門重視並教育大眾認識此項問題。而加強室內外的空氣對流通風、降低建材釋出氡氣、嚴格控制及不使用含氡建材才是較有效的防制措施。

關鍵詞：氡氣、建材、防制措施

A Research on the Effects of Radon Gas Produced by Stone Materials and Building Materials on the Human Body and the Countermeasures

Abstract

As the only radioactive and inert gas in nature, radon gas is colorless, odorless and tasteless. There had been scholars saying that miners working in the mine for a long time were susceptible to pulmonary disease since 1530 and this disease wasn't judged as lung cancer until 1879.

With the steady growth of economy and stability of the society, people are improving their living space gradually after they can afford food and clothing easily. Besides, as they move to decent residence, they use more complex designs, more diverse finishing materials and domestic installations, which also result in pollutions.

Moreover, the stone materials (such as granite) which may contain radon are used more often and the radon gas they release is one of most dangerous gases in the air. That's because people are usually hurt by radon gas in rooms with a confined space and the radon gas outdoor is diluted by the air to become very thin, which can be ignored in general.

This paper hopes to find the source of radon gas in the common building materials from the dwelling environment, and draw the attention of the media and the government sector and educate the public about this. However, enhancing natural ventilation, reducing radon gas released by building materials, strictly controlling and not using building materials containing radon are more effective prevention measures.

Keywords : radon gas 、 material 、 prevention measure

一、緒論

鑒於國人生活富裕，喜歡用花崗石妝點居住空間，但是往往忽略了花崗石為氡污染的主要來源，也忽略了長時間居於氡氣瀰漫的空間極易誘發肺癌危害健康，因而希望藉此重塑大家對花崗石的印象，並藉由以下三點更清楚的讓大家正確且健康的正視氡污染事實。

- 1.1 希望找出潛伏於室內空間的氡污染來源
- 1.2 讓大眾了解氡污染對於人體的傷害程度
- 1.3 藉由改善措施降低氡污染可能對人體的傷害

二、石材建材釋出的氡污染對人體的影響

2.1 氡的基本介紹

氡(Rn)的原子序號為 86，分子為單原子，直徑為 0.46nm。氡轉化為固體溫度大約-113°C，熔點-71°C，沸點-62°C，比重為 9.96kg/m³。它無色、無味、無臭、化學性質極不活潑，但具有極強的遷移活動性。氡在由其母體衰變產生後，很快通過滲透擴散進入大氣。

氡有三種放射性同位數，分別是 Rn-222、Rn-220、Rn-219。它們分別是鈾系、釷系和錒系的放射性衰變產物。由於 Rn-220 和 Rn-219 的半衰期很短，而 Rn-222 的半衰期為 3.824d。所以我們通常所說的氡污染是指壽命最長的 Rn-222。[1]

2.2 那些石材建材含有氡

氡是從鐳-226 的放射性衰變所產生的。鐳-226 出現在鈾礦、磷鹽岩、以及花崗岩、片麻岩和片岩等火成岩及變質岩中。[2]若是取掘於受到污染的礦石原料製成的建築材料就會自然散發出氡氣，而這將是我們生活環境中最主要的污染源，其中又以花崗石更是我們喜歡且常取之使用於建築物內、外牆

及地坪的材料之一。而台灣不產鈾礦等稀有放射性礦產，且石材原料或成品絕大部分都仰賴進口，所以本文所提到的石材建材以進口大理石或花崗石為主。

2.3 氡的檢測方式

氡氣的檢測方式往往取決於檢測儀器，選擇適宜的方式取得合理的結果才是主要目的，現在常用的方法有充氣式計量器、閃爍偵測器、熱發光流量器、半導體偵測器等。[3]

2.4 氡氣釋出量的安全標準

隨著特定的居住區域、含氡建材的錯誤使用、特殊的工作場地及大地中釋放出來的氡氣，聯合國及其成員國各自按其國情多制訂了適合本國的安全標準。規範標準可分為住宅及地上公共建築等兩類。表1[4]世界各國住房室內氡濃度標準因為制定年份不一，在尊重歷史問題的原則上，已建住房的氡濃度標準較寬於新建住房，均值在 $200 \sim 600 \text{ qm}^{-3}$ 。表2[4]世界各國地上職業環境及公共建築的室內含氡濃度標準均值在 $500 \sim 1500 \text{ qm}^{-3}$ 。國際放射防護委員會（ICRP）1993年的65號報告書更為此標準作出合理的認同。

表 1[4] 各國住房室內氡濃度年平均標準

國名或 國際組織	制定限值 年份	已建住房 (Bqm^{-3})	新建住房 (Bqm^{-3})
澳大利亞	1990	200	200
奧地利	1992	400	200
比利時	1995	400	400
加拿大	1998	800	800
芬蘭	1992	400	200
德國	1988	250	250
愛爾蘭	1991	200	200
盧森堡	1992	150	150
荷蘭	1994	20	20
挪威	1998	200	200
瑞典	1994	400	200
瑞士	1994	1000	400
英國	1990	200	200
美國	1988	150	同室外
EU	1990	400	200
IAEA	1994	200-600	200-600
ICRP	1994	200-600	200-600

**表 2[4] 各國地上職業環境
和公共建築的室內氡濃度年均標準**

國名或 國際組織	地上 (Bqm ⁻³)	學校 (Bqm ⁻³)
澳大利亞	1000	1000
奧地利	400	400
比利時	無	無
加拿大	無	800
芬蘭	400	400
德國	無	250
愛爾蘭	無	150
盧森堡	150	150
荷蘭	20	20
挪威	800	800
瑞典	400	400
瑞士	3000	400
英國	8 小時檢測 0.01WL 以下	
美國	無	150
IAEA	1000	1000
ICRP	500-1500	500-1500

2.5 氡污染對人體的影響

關於金字塔法老王的詛咒或許是氡污染對人體危害最知名且具傳奇的紀錄。1922 年多名考古學家進入圖唐卡門法老陵墓之後便相繼死亡，從此法老王的詛咒之說不脛而走，人們都認為是古埃及人在陵墓下了毒咒，使得進入其中的人中毒咒而送命。後來，加拿大及埃及的室內環境專家破解了這個毒咒之謎，他們發現金字塔內含有高濃度的氡氣，恰恰是這些致命的氡氣使得考古學家患肺癌而死亡，而這些氡氣是建造金字塔的石塊中所含的鈾衰變產生的。

氡已被世界衛生組織在眾多環境污染因素中列入 19 種致癌物質之一，是導致肺癌發病的第二大因素，並證實與白血病，皮膚癌及某些兒童腫瘤的發病有著密切的關係。[5]

當氡氣衰變時，其衰變產物不在是氣體，而是固體物質，容易沾黏附著於各個物質表面或是微粒之上，例如懸浮微粒。如果因此被吸入人體呼吸系統或附著於肺部，將增加誘發肺癌病變的機率。[6]

在醫學上有研究指出吸入高濃度氡氣和肺癌有直接的關係。根據美國國家環境保護局指出，氡是繼吸菸後的第二大肺癌致病原因，肺癌每年在美國約導致 21000 人死亡，其中約 2900 人從未吸過菸。根據估計，在非吸菸者群

體中，氬污染是其誘發肺癌的首要原因。[7]

三、建材釋出的氬污染之改善策略

對於要如何降低室內氬污染傷害的預防，首先必須找到氬污染來源，然後在按具體情況採取具體措施。以下分別以已施作完成空間、未施作完成空間及合理的設計三部分敘述：

3.1 已施作完成的空間

如果室內環境已知有使用氬污染建材，合理的情況下建議拆除更換，如不便拆除則最有效的改善方式首推保持良好的室內外通風效果；室內外溫差大的不通風室內空間更易聚集氬氣濃度含量，而如果再加上煙霧則氬污染具有相乘效果。再者，可以適當噴塗防氬塗料以防蔽氬氣的釋出。



圖 1、公共空間的大堂

3.2 未施作完成的空間

未施作之前，我們可以從源頭做起；以國際化的室內氬濃度標準作為台灣的要求；台灣的石材建材約大部分仰賴進口，不管是原石還是成品，在進口時就要求具公信力的達標檢測文件。以上兩者均為較積極的防範氬污染措施，而其他如不採用或禁止採用等的措施都是較消極的做法。



圖 2、公共空間的走道

3.3 合理的設計

合理的運用設計手法以分類花崗石使用位置；例如居室內空間因為人類需要長居而不建議使用花崗石；但是公共空間的室內大堂、走廊，因為不久留或是戶外因為空氣的流通及大氣含氬量比較微弱，仍可藉助花崗石美觀大氣的特質適當地運用於建物公設大堂或外立面設計，如圖 1、圖 2、圖 3。



圖 3、建築外立面石材運用

四、結論

我們知道氡氣普遍存在於含鐳、鈾礦或密度較低的火成岩之中。而我們為了滿足建築及裝飾的需求，從大地截取這些自然礦石原料加工製成我們日常生活中的建材，殊不知這些看似美觀、大方的材料亦發揮它堅固耐久的特性，在往後數十年中持續破壞著居住者的健康。

且現代人為了控制較舒適的生活空間，往往依賴長時間的空調設備，如果新風量不足更易使室內的氡氣濃度增加。

氡在其無色、無味、無臭的特性下讓人無所適從，更易結合室內懸浮微粒進入呼吸系統，如長時間壅積會產生一系列對身體健康的危害，最終可能誘發肺癌。

對於可能構成氡汙染的環境已在我們周遭隨處可見；保持好室內外通風效果是最有效及最廉價的防範措施，其他如制定氡濃度管制標準、從設計上將氡汙染的可能性排除等等。氡汙染對於我們的健康危害可嚴重，可深遠，所以我們更應該讓大眾正確、建康的認識，從源頭及日常中根絕它的危害。

五、參考文獻

- 1.馬玉聖、李君利、朱立，「中國輻射衛生」，輻射環境，pp.219，2006。
- 2.Toxicological profile for radon, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service, In collaboration with U.S. Environmental Protection Agency, December 1990.
- 3.李秋貞，「新穎光電半導體式氡氣感測器之研究」，碩士論文，國立彰化師範大學顯示技術所，2010。
- 4.表一、二 Colgan PA and Gutierrez J. National approaches to controlling exposure to radon. *Environment International*, 1996 (22), S1083-S1092.
- 5.ICRP 第 50 號出版物(李素雲譯). ICRP 室內氡子體照射產生的肺癌危險[M].北京:原子能出版社，1992.
- 6.Public Health Fact Sheet on Radon — Health and Human Services.
- 7.A Citizen's Guide to Radon. www.epa.gov. United States Environmental Protection Agency. October 12, 2010 [January 29, 2012].