



綠色建材概論

編審 ■ 金文森
作者 ■ 金文森 郭智豪

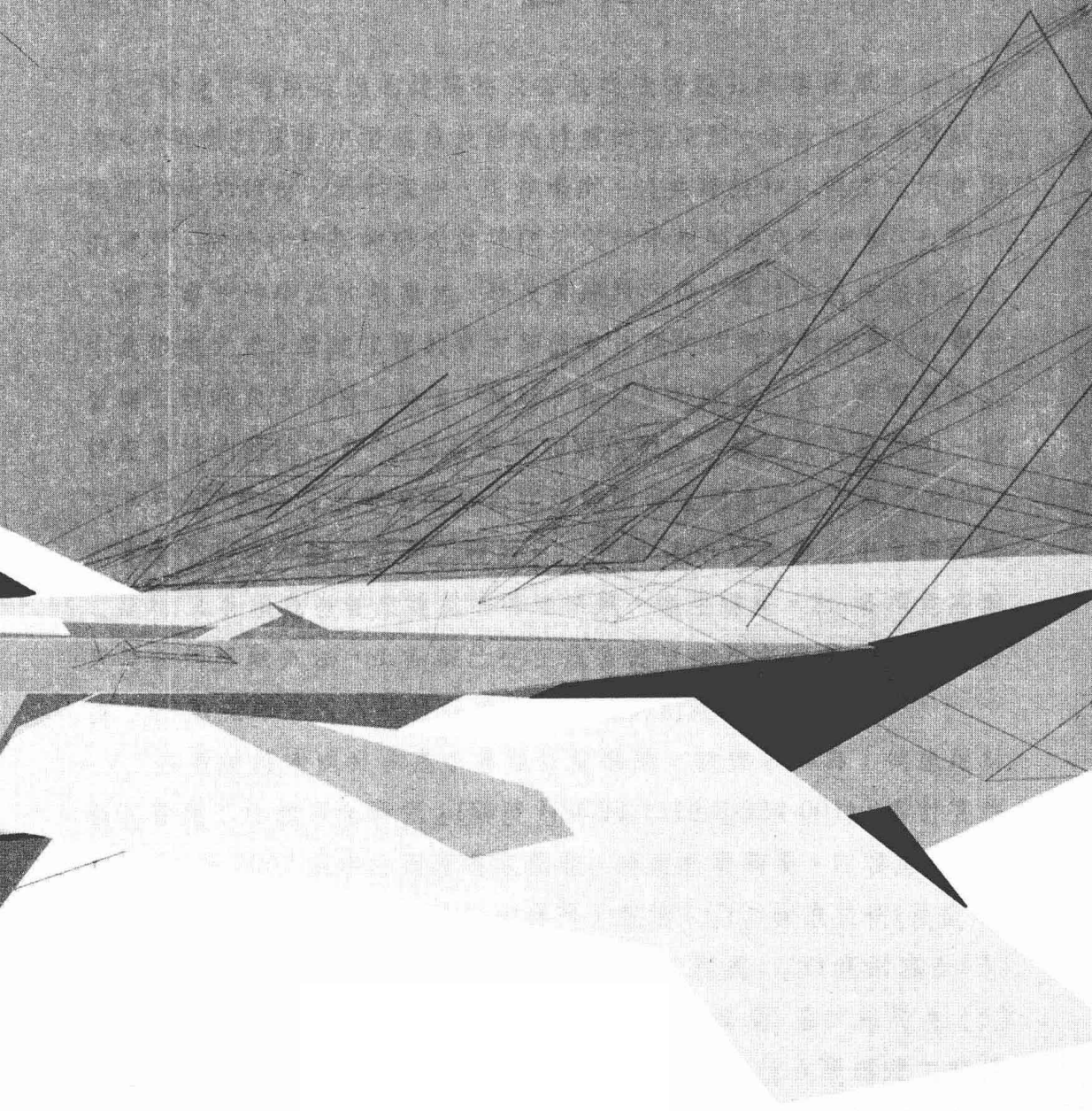
Introduction to Green Building Materials

根據我國衛生署的統計資料顯示，癌症高居國人十大死因的榜首，平均約每四個死亡人口，就有一人死於癌症。因為癌症一直是國人的頭號殺手，由此可知教育有關癌症預防常識的重要性。因為工程污染成為我們身邊的"隱形殺手"，營建材料與設備的污染對人體可能嚴重致癌。當有毒建材或有危害健康的設備，被人體吸收然後通過血液循環擴散到全身各處，時間一久便會造成人體的免疫功能失調，使人體組織產生病變而引起多種疾病。

綠色建材概論

編審 ■ 金文森
作者 ■ 金文森 郭智豪

Introduction to Green Building Materials



五南圖書出版公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

綠色建材概論／金文森編著，--初版，--

臺北市：五南，2008 [民97]

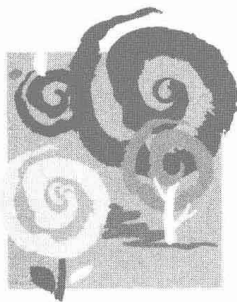
面：公分

ISBN 978-957-11-5240-0 (平裝)

1. 建築材料

441.53

97009766



5E54

綠色建材概論

作 者 — 金文森(496) 郭智豪

發行人 — 楊榮川

總編輯 — 龐君豪

主 編 — 穆文娟

責任編輯 — 蔡曉雯

封面設計 — 簡愷立

出版者 — 五南圖書出版股份有限公司

地 址：106台北市大安區和平東路二段339號4樓

電 話：(02)2705-5066 傳 真：(02)2706-6100

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號：01068953

戶 名：五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室/台中市區中山路6號

電 話：(04)2223-0891 傳 真：(04)2223-3549

高雄市駐區辦公室/高雄市新興區中山一路290號

電 話：(07)2358-702 傳 真：(07)2350-236

法律顧問 元貞聯合法律事務所 張澤平律師

出版日期 2008年7月初版一刷

定 價 新臺幣450元

作者序

營建工程所建設的建築物及公共構造等應該維護民眾生命的健康。然而營建環境中潛藏危及居民健康的污染源。這些污染源潛藏於我們附近的建材，例如家中、工作場所、公共建設和其他工程所使用的建材。從流行病學的研究結果顯示與污染相關的疾病增加，也顯示人們暴露於污染源的嚴重性。要改善建材污染，應該從科技教育著手才是根本之道。營建工程教育中卻沒有相關的健康建材教育，事實上營建工程師負責設計、施工、檢驗、維修、拆除等工作，更需要融入健康建材的科技教育。本書是瞭解和降低影響人體健康污染源的一個重要管道。我們需要更多的努力在污染源發生前去防止可能的危害。本書將下列內容融入營建工程教育，例如 1.各式各樣暗中危害健康之建材 2.各項危害健康建材的管理法規、衛生標準。3. 各項危害健康建材的檢驗方法。4.各項已存在危害健康建材之改善污染有效方法。5. 鼓勵學生投入研發各項維護健康的新建材。

本教材感謝國科會惠予專題計畫補助，計畫名稱為「健康建材融入營建工程教育之研究」(編號 NSC94-2516-S-324-001)。本計畫經過 2006 至 2007 兩年德爾菲專家問卷，擬定教育綱要、內容重點等。第一年諮詢委員（按產官學領域排列）包括：(1) 台康技術(營造)工程有限公司 張炎生總經理(2)營建署中區工程處 江政憲副處長(3)工研院能環所 楊奉儒主任(4)台北市政府工務局 莊武雄局長(5)國軍臺中總醫院醫療部 鄭紹宇主任(6)弘光科技大學環境工程系方國權教授兼校長(7)國立成功大學建築系 江哲銘教授(8)國立中興大學土木工程系 閻嘉義教授(9)台灣科技大學化工系 顧洋教

授(10)中國醫藥大學公共衛生學系 郭憲文教授(11)中山醫學大學營養系 劉德中副教授(12)朝陽科技大學環境工程與管理系 楊錫賢副教授(13)朝陽科技大學 郭柏巖助理教授。

第二年諮詢委員(按產官學領域排列)包括:(1)台康技術(營造)工程有限公司 張炎生總經理(2)台灣綠建築發展協會 蕭江碧理事長(3)營建署中區工程處 江政憲副處長(4)內政部建築研究所 何明錦所長(5)台中榮總急診部毒物科 洪東榮主任(6)新益牙醫診所 張譽鐘醫師(7)宜蘭員山榮民醫院 鄭紹宇副院長(8)國立成功大學建築系 江哲銘教授(9)中國醫藥大學公共衛生學系 郭憲文教授(10)國立中興大學土木工程系 閻嘉義教授(11)國防大學應用化學及材料科學系 蔡厚仁教授(12)朝陽科技大學工業設計系 周文智講師(13)朝陽科技大學環境工程與管理系 楊錫賢教授(14)朝陽科技大學建築系 郭章淵副教授(15)朝陽科技大學建築系 郭柏巖助理教授。

第三年(2008年)諮詢委員審查教材(按產官學領域排列)包括:(1)台灣綠建築發展協會 蕭江碧理事長(2)宜蘭員山榮民醫院 鄭紹宇副院長(3)國立成功大學建築系 江哲銘教授(4)國防大學應用化學及材料科學系 蔡厚仁教授(5)朝陽科技大學建築系 郭章淵副教授。上述委員針對本研究提供相關寶貴資訊及卓見,使本研究計畫順利完成,僅於此致上無限之謝意。另外李柏彥、呂宜修、郭智豪、鄒睿、楊忠翰、官明輝、林彥碩、張雅芳等八位研究生亦全力協助完成本研究,尤其是土木技師郭智豪負責全書整理,鄒睿、楊忠翰研究生協助第五章編撰,謝汶芳同學協助部份打字整理工作,在此一併致謝。疏漏錯誤在所難免,敬請各位先進不吝指教!

金文森 敬筆

目 錄

第一章 緒論	1
1-1 前言	1
1-2 關於健康建材	3
參考文獻.....	9
第一章 習題.....	10
第二章 危害健康的污染源	11
2-1 電磁波污染	11
2-2 輻射污染	20
2-3 生物性污染	28
2-4 金屬元素的污染	32
2-4-1 砷(Arsenic)污染	33
2-4-2 汞(水銀)(Mercury)的污染	37
2-4-3 鉛(Lead)的污染	43
2-5 微生物的污染	48
2-6 揮發性有機物質 (Volatile Organic Compounds, VOCs)的污染	50
2-6-1 甲醛(Formaldehyde)的污染	51
2-6-2 苯(Benzene)系物的污染	55
2-6-3 氨 (Ammonia) 的污染	58
2-7 石綿 (Asbestos) 的污染	60
2-8 室內燃燒物及油煙的污染	65
2-9 放射性元素氡(Radon)的污染	68
參考文獻.....	72

第二章 習題.....	76
第三章 危害健康的材料與設備	77
3-1 危害健康的建築材料	78
3-1-1 砂石材料的污染	78
3-1-2 金屬材料的污染	84
3-1-3 木材和合成板材的污染	100
3-1-4 磁磚和塗料的污染	104
3-2 危害健康的建築設備	107
3-2-1 空調排風設備和防火設備的污染	107
3-2-2 機電設備和給排水設備的污染	113
參考文獻.....	117
第三章 習題	120
第四章 健康建材的檢測標準	121
4-1 電磁波的檢測標準	132
4-2 輻射的檢測標準	143
4-3 壁癌的檢測標準	154
4-4 金屬元素的檢測標準	155
4-4-1 砷的檢測標準	156
4-4-2 汞（水銀）的檢測標準	164
4-4-3 鉛的檢測標準	171
4-5 微生物的檢測標準	179
4-6 揮發性有機物質的檢測標準	181
4-6-1 甲醛的檢測標準	190
4-6-2 苯系物的檢測標準	196
4-6-3 氨的檢測標準	200

4-7 石綿的檢測標準	202
4-8 室內燃燒物及油煙的檢測標準	206
4-9 放射性元素氡的檢測標準	213
參考文獻	217
第四章 習題	221
 第五章 健康建材的安全檢測方法	223
5-1 電磁波的安全檢測方法	223
5-2 輻射的安全檢測方法	228
5-3 金屬元素 (砷、汞、鉛)的安全檢測方法	237
5-4 揮發性有機物質的安全檢測方法	249
5-5 石綿的安全檢測方法	266
5-6 放射性元素氡的安全檢測方法	272
5-7 瓦斯的安全檢測方法	276
參考文獻.....	279
第五章 習題.....	281
 第六章 防護與治理經由建材危害人體的有毒物質	283
6-1 電磁波的防護與治理	288
6-2 輻射的防護與治理	289
6-3 壁癌的防護與治理	294
6-4 金屬元素的防護與治理	294
6-4-1 砷的防護與治理	294
6-4-2 汞 (水銀) 的防護與治理	296
6-4-3 鉛的防護與治理	299
6-5 微生物的防護與治理	300

6-6 揮發性有機物質的防護與治理	300
6-7 石綿的防護與治理	302
6-8 室內燃燒物及油煙的防護與治理	304
6-9 放射性元素氡的防護與治理	305
參考文獻.....	307
第六章 習題.....	309
 第七章 引進及開發無污染的健康建材	 311
7-1 引進新的無污染健康建材	322
7-2 開發無污染的健康建材	323
參考文獻.....	332
第七章 習題.....	334
 附錄	
附錄 1 游離輻射防護法	335
附錄 2 勞工安全衛生法	354
附錄 3 空氣污染防制法	364

第一章 緒論

1-1 前言

營建工程所建設的建築物及公共構造物等，應該維護民眾生命健康及提供良好的生活環境，然而臺灣營建環境中潛藏危及居民健康的污染源，這些潛在的污染源對人體的影響力是難以預估的，例如家中、工作場所、學校和其他工程所使用的建材都含有許多有害元素。從流行病學的研究結果顯示與污染相關的疾病有增加趨勢，許多文獻顯示人們暴露於污染源的嚴重性。要改善建材污染，除了營建工程的設計、施工、檢驗、維修等知識外，更需要融入健康建材的科技知識。本書不僅提供給從事相關工程行業的技術人員，一般民眾也須瞭解降低影響人體健康污染源的知識，經由大家的努力才能在污染源發生前，減低和防止暴露在危害環境中。

根據行政院衛生署民國 94 年最新統計公佈的十大死因(表 1-1)，癌症連續 23 年蟬聯第 1 名，平均每天約有 100 人死於癌症；其次是心臟疾病、腦血管疾病、糖尿病、事故傷害、肺炎、慢性肝病肝硬化，而 8 到 10 名為腎炎腎病變、自殺跟高血壓。而癌症(惡性腫瘤)一直是國人的頭號殺手，除死亡率逐年增加外，標準化死亡率(圖 1-1)亦逐年攀升，由此可知有關癌症等預防常識的重要性。衛生署曾經統計十大惡性腫瘤的資料，目前 2007 年統計之十大惡性腫瘤，在男性部分第一順位為肝癌，而女性部分則為肺癌，並有逐年升高的趨勢，其與室內環境的污染息息相關，尤其是在室內空氣品質部分，有一部分

室內建材的污染物質，藉由空氣傳播長期影響人體健康。[衛生署，2007]

而標準化死亡率(SMR，Standardized Mortality Ratio)係將死亡率按基期年各年齡組人口比重加權平均計算而得，是流行病學常用的客觀研究數據之一，針對人口現象的變化，研究者選定某一年的人口結構當標準，然後假設人口結構一直沒變，把各年的數據進行換算。

表 1-1 民國 94 年十大死因 [資料來源：行政院衛生署，2007]

順位	死 亡 原 因	死亡數 (人)	占死亡總 人數 (%)
1	惡性腫瘤	37,222	26.8
2	腦血管疾病	13,139	9.5
3	心臟疾病	12,970	9.3
4	糖尿病	10,501	7.6
5	事故傷害	8,365	6.0
6	肺炎	5,687	4.1
7	慢性肝病及肝硬化	5,621	4.0
8	腎炎、腎徵候群及腎性病變	4,822	3.5
9	自殺	4,282	3.1
10	高血壓性疾病	1,891	1.4

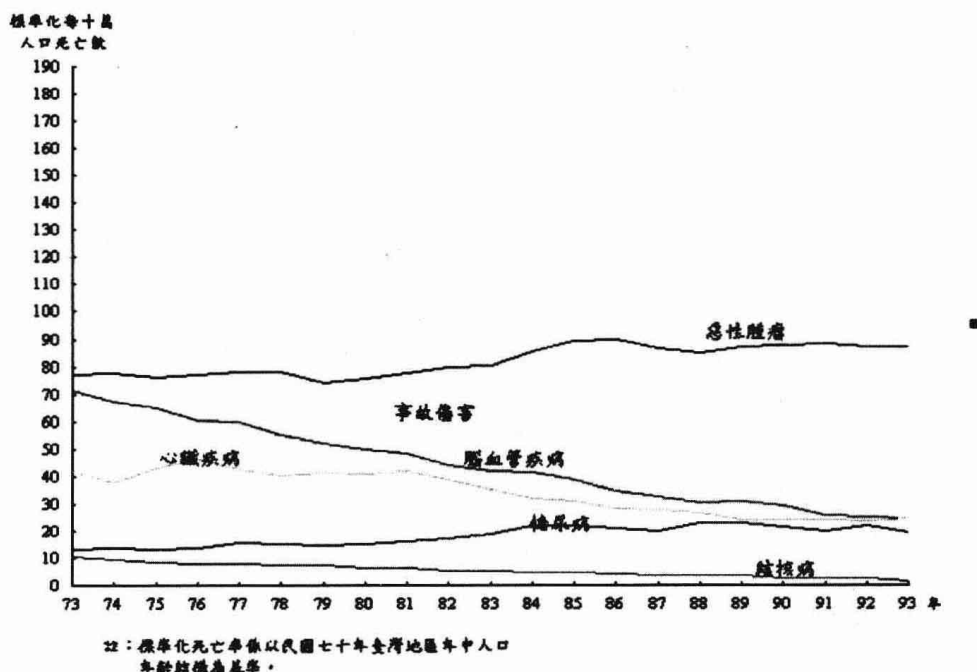


圖 1-1 台灣地區 73 年至 93 年主要死因標準化死亡率趨勢圖
[行政院衛生署，2007]

在高科技時代裡，防癌措施幾乎變成了每個人必備的共同知識，是否會得癌症除少部分與遺傳體質有關外，大多數癌症與食物、家居環境有關。如果人們能從食衣住行育樂的住宅生活中，特別控管致癌建材，必可使許多癌症防患於未然。

1-2 關於健康建材

台灣在 90 年初受到 SARS (SEVERE ACUTE RESPIRATORY SYNDROME) 疫情的威脅下，建築界也開始從建築設計角度亟思的根本防疫之道，SARS 雖然主要是以飛沫或體液等密集性的接觸而傳

染，但建築的通風和空調設備也是影響的因素之一，因此發展多年的密閉式及高層化的中央空調建築開始被質疑及被挑戰，建築業也開始規劃未來應回歸自然通風、自然採光，以及有綠地來作為建築永續發展的環境。[鄭朝陽，2003]

為了人類的健康，健康建築開始被人們所討論並研究，進而藉由法規的制定及規範來推動。而健康建築應當考慮有效地使用能源和資源，提供優良空氣品質、照明、聲學等特性的室內環境，最大限度地減少建築廢料和家庭廢料，盡可能採用有益於環境及人類健康的材料。

有了健康建築的概念後，取而代之的無非就是健康的建築材料，有了健康的建築材料才能建造健康的建築。而健康的建築材料又是什麼呢？從反面的解釋可說是不影響及危害人體健康的建築材料，而從正面的解釋來說，是要對人體健康有幫助的建築材料。簡單地說，健康的建築材料就是無毒或不超過門檻值(threshold)物質組成，經由長期的居住或使用而不會對人體的健康造成危害或影響的建築材料。

當人們居住在有毒建材污染的建築物裏，其有毒的危害因子可能會被人體吸收，通過血液循環擴散到全身各處，時間一長便會使人體組織產生病變而引起多種疾病，如果在通風不良的室內，人體在短時間內吸入上述污染物，則可能會產生中毒，嚴重的甚至出現呼吸衰竭、心室顫動及心臟停搏，使組織變性，破壞細胞膜結構。

因此居住在受到有毒危害因子的不健康建材裏，可能會造成中毒的一些症狀簡述如下：[綠建材標章，2006]

1. 清晨起床時會覺得噁心憋悶，頭暈目眩。
2. 家中經常有人感冒。

3. 家人長期精神不振或者缺乏食慾。
4. 經常感到呼吸不順暢。
5. 孩子對病菌的抵抗能力下降。
6. 家中經常有人皮膚過敏。
7. 離開家中一陣子時身體狀況就會好轉的疾病。
8. 夫妻原因不明的長期不孕。
9. 孕婦懷有畸形兒。
10. 新搬遷或新裝修房子裏的植物或寵物不易存活。
11. 房間內有刺眼、刺鼻等刺激性氣味。

在中國哈爾濱市有個案例，有位劉太太做了人工流產後所取出的胎兒竟然是黑色的，其主治醫生就猜測與新房裝修有關，經過檢測後竟然發現其室內空氣中的苯系物容許濃度超過標準達 20 倍。經由多年來的官方統計顯示，中國大陸平均每年因室內空氣污染引起的死亡人數已達 11 萬人之多，平均每天大約是 300 多人，中國室內裝飾協會環境檢測中心則表示這個數字約等於全中國每天因車禍死亡的人數。[中國室內空氣網，2005]

另外中國北京市疾病預防控制中心也公佈了一份歷時多年的室內環境調查報告，主要調查北京新建或新裝修的 10 多個小社區和 30 多家辦公大樓、會議中心和高級賓館，其檢測出居家環境中的污染物相當可觀，在此大調查後，許多人的心理負擔明顯加重並患上了抑鬱症，他們有一個共同的敵人那就是「室內污染」。2001 年 2 月 14 日中國北京市的兒童醫院內科主任臧晏醫生告訴媒體：一年以來接診的白血病兒童中，患者家庭在半年之內曾經裝修過的大約佔九成。因此當年的 6 月至 9 月，中國國務院兩位副總理就連續 3 次批示，指出室

內環境問題關係居民的身體健康應多加重視及改善。對於中國的重視，台灣方面也應跟上腳步特別重視此問題才行。[中國室內空氣網，2005]

在中國的上海裝潢市場約 6 成是無證照的地下裝潢工程行，根據統計具有經營許可執照的裝潢單位總計超過 1.6 萬家，而保持正常營業的僅為 3000 家，而在那些具有合法身份的裝潢企業中，許多也是採用轉包方式，再由無執照資格人員組成的施工團隊完成。目前包括上海在內的絕大多數城市，較廉價的無證照地下裝潢工程行是普遍存在的。

無經營許可執照的裝潢單位的裝潢價格一般都比有經營許可執照的裝潢單位的裝潢價格低 1/4 至 1/3，在所有被調查的家庭中，選擇無經營許可執照的裝潢單位的平均比例為 49.8%，而在 50 平方米以下，3 萬元人民幣左右的家庭裝潢工程中，選擇無經營許可執照的裝潢單位的比例亦高達 88.89%。這也就是為什麼無經營許可執照的裝潢單位之所以會佔了很大市場的原因。

除了裝潢裝飾材料外，裝潢的施工人員也是決定居室裝修品質的關鍵因素之一，中國上海市消保專家分析，無經營許可執照的裝潢單位是導致裝潢業品質和信譽低下的一個重要因素。由於無經營許可執照的裝潢單位的施工方式和管理無規範，並不用簽訂正式合約、亦不需提供正式發票、雙方只採取口頭約定的方式即可，一旦發生工程糾紛，消費者往往很難通過過仲裁、法律等途徑獲得保護，對於中國大陸這種情形是值得我們注意並加以改善。雖然無經營許可執照的裝潢單位的裝潢價格較低，但卻也因為是無經營許可執照的裝潢單位消費者無法受到保障。[上海家庭網，2005]

當前的世界各國都在強力推廣綠色建材，且在世界各國對於健康的建築材料亦都有長足的研究及規定，尤其是美國如此之先進國家，像在加州法律定有塗料及亮光漆之VOCs逸散規範，及華盛頓亦對辦公大樓有關建材中污染物(甲醛、VOCs)之含量作一定的規範規定。

另外在歐洲，建材對室內空氣品質所產生的可能影響，也被歐盟建物管理基準所規範，雖然目前在歐洲的規範中並沒有VOCs逸散的限定值，但即將實施的建築通風標準也已將稀釋建材污染物逸散所需的外氣量列入。

在德國，木製產品的甲醛逸散及建材中逸散出具有致癌性的VOCs也都已有明確的規範；在丹麥及其他北歐國家，也開始對建材的VOCs濃度逸散做標準研究；而芬蘭也依建材之總揮發性有機化合物(TVOCs)、甲醛與氨氣之逸散將建材分為三級，其建築師必須使用逸散最少的材料，以確保居住者的健康。[環保署，2002]

健康的居住環境，需利用健康的建材，也就是現今提倡的綠色建材，所謂的綠色建材，是指無毒或低毒的健康型建材、防火或阻燃的安全型建材、耗能低的節能型建材以及各類新型多功能建材。其綠色建材的完整內涵是從原料採集、生產製造、包裝運輸、市場銷售等所有相關環節都符合對環境無害化的要求。

綠色建材的概念在 1970 年代由西歐和日本提出，主要是指建築材料、家居裝飾材料在生產領域是否符合對環境的無害化要求，在使用過程中對人體影響應降到最低，在製造和使用的過程中，對地球環境負荷相對最小的材料稱為環保材料或綠色材料。

而綠色建材中有益於健康環境的建築材料及無毒或低毒的健康型建築材料是本書所要加以探討的部份。隨著人們對健康意識的提

升，人們也開始越來越關注房屋結構設計和各種裝修材料是否會對人體健康造成危害，從長遠來看健康建材取代傳統建材已是大勢所趨。

雖然國內對健康的建築材料已開始著手進行研究及探討，但還是處於探索階段中，迄今為止，國內除內政部建築研究所推行綠建材標章對健康訂有標準外，在法規中尚未全盤制定系統化的健康營建材料的評價標準和方法。而為了有效地減少建築材料污染對國人的健康傷害，提高人們的健康水準，必須加快研究步伐，在盡可能短的時間內制定出一套系統化及標準化的健康營建材料評價標準和方法，也才能盡快向國際標準看齊。

人命關天，生命無價，我們營建工程所建設的建築物及公共構造等，應維護生命的健康，保護民眾生命安全，維持生態的永續發展。營建工程是在第一線從事規畫、設計、分析、施工、檢驗、維修、拆除、回收、重建等工作，因此要有正確的環境保護觀念與知識，才能建設維護健康的生態工程，因此本書的誕生，希望能帶給大家對健康建材有些許的基本概念。