



从泥土 到 太阳电池

邹宁宇 著

FROM

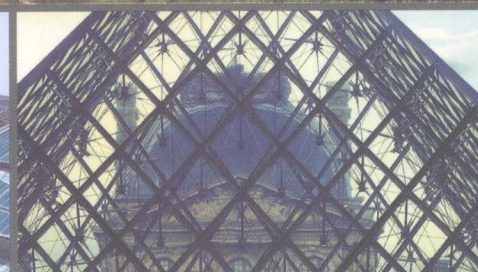
SOIL

TO

SOLAR BATTERY

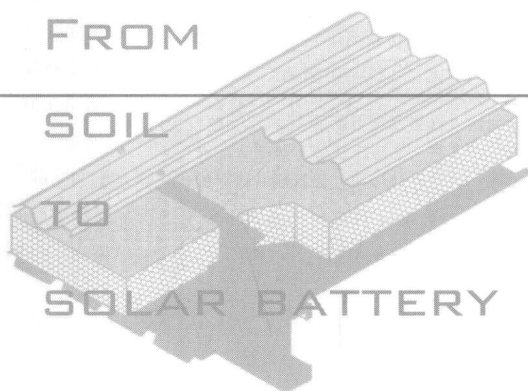


化学工业出版社



从泥土 到 太阳电池

邹宁宇 著



化学工业出版社

· 北京 ·

《从泥土到太阳电池》从建筑材料的发展历史出发,对材料与建筑、文化、社会风俗的关系等进行了简要介绍,着重讲述了新型节能材料、太阳电池与建筑结合等发展方向,指出太阳能的应用是建筑材料和建筑历史上划时代的变革,从此建筑材料具有产能功能,建筑由几千年来的耗能大户向产能基地过渡。

本书可作为能源与建筑等专业大专院校师生的选修教材,也可作为太阳能材料应用技术人员的培训教材,还可以作为普通读者了解新型节能材料的科普图书。

图书在版编目(CIP)数据

从泥土到太阳电池/邹宁宇著. —北京:化学工业出版社, 2017.1

ISBN 978-7-122-28501-0

I. ①从… II. ①邹… III. ①节能-建筑材料-研究
IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 270493 号

责任编辑:袁海燕 刘 婧

装帧设计:王晓宇

责任校对:王素芹

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张16½ 字数423千字 2017年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:68.00 元

版权所有 违者必究

材料是人类文明的基石，建筑材料是人类社会产量最大、应用范围最广的材料。新型建筑材料的推广应用是材料进步的重要标志，是 21 世纪节能、智能、生态建筑必不可少的条件。

我和本书作者长期在原国家建筑材料工业部(现国家建筑材料工业局)直属研究院所和高校材料学院工作。本书作者一直在探讨各类建筑材料的发展与建筑形式、建筑节能的关系；试图宣传建筑材料与人居环境的质量和建筑活动、人类生态环境和社会可持续发展的密切关系；试图归纳建筑材料的发展历史，宣传开发并推广性能优良、减少能耗的建筑材料，这也是促进 21 世纪建筑发展和社会进步的必备条件。本书总结了人类自结束荒居野宿以来，使用过的建筑材料和相关的著名建筑，探讨了建材和建筑对社会活动的影响。本书按各类材料构成的著名建筑介绍了土建筑、石建筑、木建筑、膜建筑、玻璃建筑、钢筋混凝土建筑、塑料建筑等。作者更相信 21 世纪新型功能材料对建筑的影响，太阳能电池材料、可选择吸收薄膜材料、高强度钢筋混凝土材料、新型保温绝热材料、光导纤维材料、膜材料、特种玻璃材料和有机复合材料的出现，以及新型建筑机械的应用，在建筑和建筑材料的发展史上具有里程碑式的意义。建筑和建筑材料有史以来第一次开始由耗能大户向智能、生态、低能耗(或零能耗)，甚至产能基地的方向发展；从此人们通过电脑设计的奇思妙想，开始化为 21 世纪建筑设计的蓝图。

从泥土、石块等天然材料到太阳能电池的发展历程，就是建筑和建筑材料实现节能、环保、智能的历程。数据表明，在 130m^2 土地所建的屋顶安装 3kW 光伏屋顶，相当于 3000m^2 森林所吸收的 CO_2 ，是在生命周期中用最少能耗获得最大收益的建筑材料。自 20 世纪 90 年代美国率先推出百万太阳能屋顶计划，继而德国的十万太阳能屋顶规划和日本新阳光计划的启动在全球掀起了太阳能建筑热潮。太阳能建筑的推广是保护地球生态环境、实现人类社会可持续发展的重要措施。

张耀明 中国工程院院士
东南大学能源学院教授 博导

在本书中,我们试图介绍建筑材料对建筑、能源、环境保护和社会发展的影响。建筑是人类初始的生产活动之一,处于史前狩猎和采集时代的先民就已从事建筑活动。建筑材料是产量最大、用途最广的材料,是建筑活动的基本元素。人类使用建材并开始建筑活动的历史,甚至比农耕的历史更加古老。建筑材料和建筑的发展变迁更是相互促进、相互依存的。建筑是人类文明的象征,建筑材料是建筑的骨架和外衣,建筑材料可以定义为人居环境构成物所用材料的总称,可以说建筑材料是人类赖以生活的物质基础。建筑材料的不断更新进步推动了文明的发展,然而其对能源、资源的大量消耗,对环境生态造成了破坏,阻碍了文明的进程。

建筑材料是与人类关系密切、难以分割的材料。现在人类几乎有大半时间生活在各类建筑(住宅和建筑工程)内,有许多人甚至长年累月在室内活动。人们接触最多的,对身体健康、生活节奏影响最大的材料就是建筑材料和服装、食品材料。

建筑材料的制造自古就是一个工序繁多、耗能很大的工程。申报世界文化遗产的南京城墙,600年前修造时就实行了“举国体制”和“岗位责任制”,每块城砖在烧制时都有来自各地制作者名和地名的字迹,城墙砌筑时在砖块中间浇铸铁汁或者用糯米混拌石灰。古代很多巨大建筑的取材使生态被惨重破坏,人们需要翻山跨壑,从数十里、数百里之外搬运巨石、大木,往往耗尽社会几代人的财力、人力,甚至影响文明发展进程。

节约能源,提倡低碳经济,防止大气温室效应和环境污染是当前世界各国政府迫在眉睫、亟待解决的课题。而在各类能耗中,建筑能耗首当其冲,已占发达国家总能耗的50%以上,其他国家与地区的建筑能耗也节节攀升。而建筑材料的性能又是决定建筑节能的重要参数。

从人类自身的进步和发展来看,人居生态环境的可持续发展贯穿于人类社会发展的全过程,贯穿于整个人类对建筑材料的开发、使用、制造、再生循环过程的各个环节。

随着低碳经济、和谐社会的概念深入人心,人们对于建筑材料与建筑节能的关系给予了前所未有的重视。人们认识到建筑节能的历史意义和现实意义大于其经济效益,它是社会发展到一定阶段的必然要求。在发达国家,建筑节能已经提升至同城市规划、国家全局发展的高度,各类建筑如达不到节能标准,宁愿不建,绝不留有遗憾。

本书站在建筑材料角度,介绍了建筑发展;叙述了黏土、石块由天然建筑材料,经过烘烤加工成为砖瓦、玻璃、水泥等耗能建筑材料,再到太阳能电池等节能建筑材料的发展过程;叙述了人类建筑由结庐而居、竖穴火炕到今日高楼大厦的发展过程,并介绍了古往今来一批珍珠玉映的著名建筑;重点介绍了正在蓬勃发展的太阳能材料,指出太阳能建筑代表了建筑材料和建筑的未来,是人类建筑史上最具有深远意义的革命。

本书试图从建筑材料的角度,回顾建筑由被动适应到主动汲取太阳能的发展过程,指出太阳能电池等材料和组件是现代建筑材料家族中引人瞩目的新秀。由于太阳能电池等的加入,太阳能建筑已展现出与数千年建筑迥然不同的风采,具有难以比拟的优势。

人类利用能源的历史已经历过使用天然草木时代、煤炭时代、石油天然气时代。现在,太阳能时代已露端倪,在近几十年间,人类将阔步迈入太阳能时代,而太阳能建筑的兴起,将是太阳能时代来临的主要标志。

《从泥土到太阳电池》将人类建筑利用太阳能的历史划分为四个既有联系、又有差别的阶段。第一阶段开始于建筑产生的初期,至少在 100 万年以前,由荒居野宿向寻找、修饰穴洞和结庐造屋过渡的先民,就自然而然地选择了向阳、背风、温暖、干燥、危险较小的居地。迈入文明门槛以后,各类房屋、宫殿,包括在历史上久负盛名的城市和建筑,都遵循着这种模式,对太阳光和太阳热开始有意识地利用。第二阶段始于工业革命,玻璃、钢材和水泥的广泛使用,出现了一批与数千年农耕时代迥然不同的建筑,各类透射阳光的温室,通风、光线明亮的廊庭随处可见,无数巨大建筑拔地而起,容纳好似从地下涌出的无数人口。第三阶段人们开始有目的地设计、建造节能建筑,通过绝热材料、相变材料、储能材料和各类玻璃等透光材料的使用,房屋通风和采光性能的改进使墙体达到保温隔热、冬暖夏凉的效果,从而降低能源的损耗。绿色建筑、生态建筑和低碳建筑,具有一脉相承的连续性。第四阶段始于 20 世纪后期,建筑进入主动利用太阳能和其他可再生能源的时代,自人类开始营造房屋以来,建筑第一次由耗能大户转为产能基地,太阳电池、太阳能集热设备、太阳能储存设备、太阳能采暖制冷设备和太阳光引入装置陆续成为建筑的有机组成部分,使建筑不再是单纯消耗能源、污染环境的同义词,而具备吸收、利用能源,改善人居环境和自然环境的功能。在 21 世纪,这种代表人与自然和谐、利于可持续发展的建筑(包括即将兴起的巨型建筑、海洋建筑、太空建筑和月球建筑),将成为建筑史上最辉煌灿烂的篇章。

太阳能建筑的出现,对于建筑哲学、人类居住学、建筑经济学、建筑文化学、建筑社会学、建筑科学整体及下属各个分支都将产生深远的影响,将对我国未来建筑、未来城市发展产生深远的影响,会在很长时间内陆续显示出太阳能建筑开源节流的特点。太阳能建筑集成了太阳能光伏发电、太阳能采暖/热水、太阳能制冷空调、太阳能通风降温、可控自然采光等新技术,可与浅层地热能、风能、生物质能以及其他低品位能等广义太阳能技术结合,属于科技含量高、资源消耗低、环境负荷小的适宜建筑技术,汇集智能建筑和绿色建筑内容。因此,太阳能建筑将成为我国建筑的主要理念之一。

近年来,笔者有幸接触参与太阳能利用项目,从国内外有关专家、学者处受益良多,对太阳能科学与建筑科学结合趋势具有深刻印象。在本书写作过程中,参阅了很多文献资料,得到很多专家学者帮助,在此谨向所引用文献的作者和给予关心支持的人表示谢意,参考文献如有遗漏,望有关专家见谅。张耀明院士为本书作序,一些学者对本书进行评论(见封底),在此表示感谢。书中疏漏和不妥之处恳请读者不吝指正。由于篇幅限制,很多收集资料没有介绍。本书只能大致介绍自己设想的建筑材料发展的趋势,只求抛砖引玉,希望将来年轻学者有新的内容丰富的著作出版。

著者

2016 年 11 月

1 建筑材料与人类文明 / 1

- 1.1 建筑材料与社会进步 / 2
 - 1.1.1 建筑材料对建筑风格和社会习俗的影响 / 2
 - 1.1.2 建筑材料与科技进步 / 4
 - 1.1.3 建筑材料与现代建筑 / 6
- 1.2 材料和建筑帮助人类走向世界 / 7
 - 1.2.1 人类以“穴居”与“火塘”征服寒带 / 7
 - 1.2.2 人类以“干栏”与“吊床”征服雨林 / 7
 - 1.2.3 人类以“帐篷”与“泥土”移居沙漠 / 8
 - 1.2.4 最难控制的热湿气候 / 8
 - 1.2.5 几种就地取材的建筑材料 / 9
- 1.3 材料与建筑寿命 / 10
 - 1.3.1 建筑材料的寿命因子 / 10
 - 1.3.2 材料与建筑毁坏 / 10
 - 1.3.3 废弃建筑材料的危害 / 11
- 1.4 建筑材料与居住健康 / 12
 - 1.4.1 毁灭罗马帝国的材料 / 12
 - 1.4.2 现代污染 / 12
 - 1.4.3 传说中的“凶宅” / 13

2 木材与木建筑 / 15

- 2.1 木材特征 / 16
- 2.2 木建筑的历史 / 17
 - 2.2.1 从“有巢氏”开始 / 17
 - 2.2.2 早期木建筑 / 19
 - 2.2.3 干栏式建筑 / 20
 - 2.2.4 早期木建筑的营造 / 20
 - 2.2.5 中国木建筑的演变 / 22
 - 2.2.6 斗拱和金丝楠木 / 23
- 2.3 著名古代木建筑 / 24
- 2.4 现代木建筑 / 27
- 2.5 茅草建筑材料与竹建筑材料 / 29
 - 2.5.1 茅草建筑材料 / 29
 - 2.5.2 竹建筑材料 / 30
- 2.6 木塑材料 / 32

3 泥土与土建筑 / 34

- 3.1 泥土与早期建筑 / 35
 - 3.1.1 土堆、坑穴 / 35
 - 3.1.2 生土建筑(Earth Construction) / 36
 - 3.1.3 泥砖 / 37
- 3.2 通天塔、土金字塔、空中花园 / 39
 - 3.2.1 通天塔 / 40
 - 3.2.2 土金字塔 / 40
 - 3.2.3 空中花园 / 41
- 3.3 古代埃及和也门土建筑 / 42
 - 3.3.1 古埃及人的土楼 / 42
 - 3.3.2 古也门人的沙漠土屋 / 42
- 3.4 印第安人土屋、中国统万城墙、福建土楼 / 42
 - 3.4.1 印第安人土屋 / 42
 - 3.4.2 中国统万城墙 / 43
 - 3.4.3 中国福建土楼 / 43
- 3.5 窑洞、土屋、石屋 / 44
- 3.6 砖 / 45
 - 3.6.1 砖的生产 / 45
 - 3.6.2 土墙和砖墙 / 46
- 3.7 瓦 / 48
- 3.8 琉璃和瓷砖 / 49
- 3.9 著名砖瓦建筑 / 50
- 3.10 今日土建筑 / 51
 - 3.10.1 今日土建筑的特点 / 51
 - 3.10.2 掩土建筑与窑洞建筑 / 51
 - 3.10.3 夯土 / 54
 - 3.10.4 覆土与土壤储热层 / 54
 - 3.10.5 土工合成材料 / 56

4 石材与石建筑 / 58

- 4.1 石建筑概述 / 59
 - 4.1.1 石建筑的历史 / 59
 - 4.1.2 石材和石建筑类型 / 60
- 4.2 上古时期的石块建筑 / 62
 - 4.2.1 石棚与积石冢 / 62
 - 4.2.2 巨石建筑 / 64
- 4.3 古典时期的石材建筑 / 69
 - 4.3.1 石建筑的发展历程 / 69
 - 4.3.2 罗马道路——通天下 / 70
 - 4.3.3 大理石建筑 / 70
- 4.4 一些著名石建筑 / 72
- 4.5 石板和石贴面 / 79

4.6	人造石材	/	81
5	混凝土与混凝土建筑	/	83
5.1	混凝土概念	/	84
5.2	古代著名混凝土建筑	/	85
5.3	其他胶凝材料	/	87
5.4	现代水泥工业	/	89
5.4.1	现代水泥的产生	/	89
5.4.2	钢筋混凝土	/	90
5.4.3	现代钢筋混凝土建筑	/	91
5.5	FRP 筋增强混凝土	/	95
5.6	钢筋混凝土建筑的发展	/	95
5.6.1	高层建筑	/	95
5.6.2	薄壳建筑	/	96
5.6.3	水泥和混凝土改性	/	97
6	玻璃建筑	/	99
6.1	阳光和早期玻璃	/	100
6.2	古代彩色玻璃	/	101
6.3	温室	/	103
6.3.1	水晶宫	/	103
6.3.2	展览温室	/	103
6.3.3	现代世界著名玻璃建筑	/	105
6.4	新型玻璃材料	/	108
7	钢铁建筑和塑料建筑	/	111
7.1	古代金属珠宝建筑	/	112
7.2	建筑用铁的历史	/	113
7.3	从水晶宫到鸟巢——著名的钢铁建筑	/	115
7.3.1	水晶宫	/	115
7.3.2	埃菲尔铁塔	/	116
7.3.3	大厦与大桥	/	117
7.3.4	中国国家体育场	/	119
7.4	金属装饰材料	/	120
7.5	塑料建筑	/	121
8	地下建筑	/	125
8.1	古代地下建筑	/	126
8.1.1	洞穴和隧道的开拓利用	/	126
8.1.2	古代地下石建筑	/	127
8.1.3	地下砖瓦建筑	/	129
8.1.4	地下水道	/	130
8.2	现代地下建筑	/	131
8.2.1	单体地下建筑	/	131
8.2.2	太阳能热水的地下储存	/	132
8.2.3	现代地下空间的开发	/	133

- 8.3 地下建筑 / 135
 - 8.3.1 地下建筑学的兴起 / 135
 - 8.3.2 地下建筑的优势 / 136
 - 8.3.3 河海隧道 / 137
 - 8.3.4 军事设施 / 137
 - 8.3.5 地下工程扩建 / 138

9 柔性材料——膜建筑 / 140

- 9.1 古代膜建筑 / 141
- 9.2 天篷式建筑 / 143
- 9.3 膜结构及材料 / 145
 - 9.3.1 膜结构特点 / 145
 - 9.3.2 膜结构材料的分类 / 146
 - 9.3.3 膜结构材料的特性 / 146
- 9.4 现代膜建筑 / 147

10 功能建筑材料(一) / 151

- 10.1 绝热材料 / 152
 - 10.1.1 绝热材料的概念 / 152
 - 10.1.2 绝热材料的分类 / 153
 - 10.1.3 建筑用绝热材料 / 153
- 10.2 相变储热材料 / 158
 - 10.2.1 相变储热材料的概念 / 158
 - 10.2.2 建筑用相变储热材料 / 159
- 10.3 防水材料 / 159
 - 10.3.1 建筑防水防潮的意义 / 159
 - 10.3.2 防水防潮材料的概念 / 160
 - 10.3.3 透水材料 / 162
- 10.4 吸声与隔声材料 / 163
- 10.5 防火材料 / 164
 - 10.5.1 防火的意义 / 164
 - 10.5.2 防火材料种类 / 164
- 10.6 防电磁污染材料 / 166
- 10.7 混凝土用助剂 / 167

11 功能建筑材料(二) / 168

- 11.1 太阳能电池 / 169
 - 11.1.1 太阳能电池原理 / 169
 - 11.1.2 太阳能光伏发电的主要特点 / 170
 - 11.1.3 光伏建筑组件 / 171
- 11.2 光谱选择性吸收薄膜材料 / 174
 - 11.2.1 光谱选择性吸收薄膜材料原理 / 174
 - 11.2.2 太阳能集热器 / 175
- 11.3 特种玻璃材料 / 176
- 11.4 功能涂料 / 176

- 11.5 光学材料 / 178
 - 11.5.1 发光材料 / 178
 - 11.5.2 反光材料 / 179
 - 11.5.3 光催化材料 / 179
 - 11.5.4 电光材料 / 179
 - 11.5.5 光导纤维 / 180
 - 11.5.6 细纤维状建筑材料 / 180

- 11.6 生态建筑材料 / 181
 - 11.6.1 生物降解材料 / 183
 - 11.6.2 仿生物材料 / 183

12 建筑材料与建筑新概念 / 184

- 12.1 建筑材料与建筑能耗 / 185
 - 12.1.1 建筑节能的意义 / 185
 - 12.1.2 建筑的能耗 / 186
 - 12.1.3 建筑节能对环境的影响 / 188
 - 12.1.4 建筑节能的主攻方向 / 188
- 12.2 低能耗建筑与建筑材料 / 189
 - 12.2.1 优化墙体绝热性 / 189
 - 12.2.2 使用新能源 / 189
 - 12.2.3 建筑材料的选用 / 190
- 12.3 建筑新概念 / 190
- 12.4 生态建筑、绿色建筑、可持续发展建筑 / 190
- 12.5 智能建筑 / 192
- 12.6 生命建筑 / 192
 - 12.6.1 生命建筑的概念 / 192
 - 12.6.2 生命建筑的材料 / 193
 - 12.6.3 绿色建筑材料、生态环境材料 / 194
- 12.7 太阳能建筑概念 / 195
 - 12.7.1 太阳能建筑的兴起 / 195
 - 12.7.2 现代太阳能建筑的定义与内涵 / 196
- 12.8 太阳能建筑的类型 / 196
 - 12.8.1 太阳房 / 196
 - 12.8.2 被动得热太阳能建筑 / 197
 - 12.8.3 主动得热太阳能建筑 / 199
 - 12.8.4 太阳能材料及建筑一体化(BIPV) / 199
 - 12.8.5 太阳能热水系统实例 / 200
 - 12.8.6 跨季节蓄热太阳能集中供热技术 / 201
 - 12.8.7 太阳能空调 / 202
- 12.9 太阳能建筑实例 / 202
- 12.10 太阳能建筑的特点 / 206

13 通风与采光 / 208

- 13.1 通风与建筑节能 / 209

- 13.1.1 通风与健康 / 209
- 13.1.2 自然通风的优点 / 209
- 13.1.3 自然通风系统 / 210
- 13.1.4 热压、风压的利用 / 212
- 13.2 采光 / 215
 - 13.2.1 现代建筑的采光 / 215
 - 13.2.2 阳光照明的优点 / 215
 - 13.2.3 阳光直接照明 / 216
 - 13.2.4 反射阳光照明 / 220
 - 13.2.5 引入阳光 / 222
 - 13.2.6 建筑绿化 / 224
- 13.3 通风与采光范例 / 225
 - 13.3.1 迎合调节阳光 / 225
 - 13.3.2 透光建筑 / 226
- 13.4 新节能建筑 / 227

14 未来建筑与未来建筑材料 / 229

- 14.1 新建筑技术对建筑材料的要求 / 230
 - 14.1.1 超高层建筑与新材料 / 230
 - 14.1.2 大深度地下空间结构与新材料 / 230
 - 14.1.3 适用于海洋建筑的新材料 / 231
 - 14.1.4 用于宇宙空间结构物的新材料 / 231
 - 14.1.5 以生物直接作为建筑材料 / 231
 - 14.1.6 “绷带”建筑材料 / 231
 - 14.1.7 特种混凝土 / 231
 - 14.1.8 智能材料 / 232
- 14.2 建筑材料生产的工业化 / 233
 - 14.2.1 建筑材料的标准化、预制化、系统化 / 233
 - 14.2.2 建筑材料与新施工方式 / 234
- 14.3 超级大厦 / 237
 - 14.3.1 攀高正未有穷期 / 237
 - 14.3.2 被风引擎的迪拜旋转摩天大楼 / 239
 - 14.3.3 悬空建筑 / 239
- 14.4 天似穹庐——巨型膜建筑 / 240
- 14.5 未来住宅 / 241
 - 14.5.1 未来住宅特征 / 241
 - 14.5.2 非城之城 / 243
- 14.6 地下工程 / 244
- 14.7 立体农业 / 245
- 14.8 人造海岛 / 246
- 14.9 太空建筑 / 248

后记 / 250

参考文献 / 251

1

建筑材料与人类文明

建筑活动是人类最初始的生产活动之一，处于史前狩猎和采集时代的先民就已从事建筑活动。人类使用建材并开始建筑活动的历史，甚至比农耕和动物饲养更加古老。建筑材料是建筑活动的基本元素之一。建筑材料的进步和建筑的变迁相互促进、相互依存、共同发展，是社会进步的里程碑。

1.1 建筑材料与社会进步

1.1.1 建筑材料对建筑风格和社会习俗的影响

建筑是人类改造自然的活动，是人类使用材料营造人造环境来替代自然环境的手段，是人类对能源（尤其是热能）的利用。建筑材料是人类最早使用和生产最多的材料，其在衣食住行中占的重量超过其他材料，如粮食、衣服、交通工具的总量。

中外建筑设计是在相对封闭的系统内各自沿着不同的道路前进的。不同的自然地理条件影响了不同的建筑材料，为其各自的建筑设计提供不同的可能性。传统的中国建筑始终围绕木料进行设计，其历来沿用的梁柱式构架结构很少受外来因素的影响，系统独立，历史悠久。

巨石建筑多集中在西欧、北非，而木制建筑出现在中国东部，这一事实似乎表明至少在距今 7000~8000 年以前，中国和西方建筑就因选材不同，走上不同道路。

传统西方建筑和哥伦布前的美洲建筑，从开始起就以石材为主要材料，而传统中国建筑则以木材为主要材料，在以钢铁、水泥、玻璃为代表的现代建筑出现以前，世界上已经发展成熟的建筑体系，包括属于东方建筑的印度建筑，基本是以砖石为主要材料的砖石结构系统，例如埃及金字塔、希腊神庙、罗马斗兽场、遍布欧洲各地的教堂……无一不是由石材构成。唯有中国传统建筑（含深受中国文化影响的日本、朝鲜建筑）是由木材来做房屋的主要构架，属于木结构系统。西方传统建筑是石块的交响乐，中国传统建筑则是木头的叙事诗。

选择材料的不同产生了风格迥然不同的建筑，并且深刻影响了中国和西方的传统政治、经济、文化、哲学、伦理观念、科学技术，成为中西文明差异的重要特征。

从西方对石材的肯定，可以看出西方理性在人与自然的关系中强调：人是世界的主人，人的力量和智慧能够再现神性的辉煌，达到永恒。

中国以原始农业为主的经济方式，造就了重视生长，偏爱有机材料的特点，宣扬“天人合一”的宇宙观，相信自然与人乃息息相通的整体，将木材选作基本建材，正是重现了它与生命间的亲和关系，重视它的生长、腐坏与人生循环往复的关系的呼应。两种不同理念带来的结果也显而易见，一是中国每朝每代都在大兴土木不断重复修造，在建筑上投入了令整个西方世界瞠目结舌、望洋兴叹的财力、物力、人力；二是在中华大地上留存的古代建筑远远少于西方，绝大多数精雕细刻的建筑都化为废墟（万里长城可能是唯一例外），而西方用笨重石块砌垒的建筑大多经历千年风雨，流传至今，显示自希腊、罗马至今一脉相承的特点。

但从另一角度考虑，采用木材结构的建筑也有许多特点：首先它施工简易，工期较短；其次房屋室内隔墙一般较少用于承重，结构较为自由，门窗较多，易于进光、通风。

此外，木结构由于结构的弹性和自身重量较轻，有良好的抗震性能，在地震时吸收

的地震力也相对较少，所以具有较强的抵抗重力、风力和地震力的作用，适于地震频发，风暴常临的中国地形和气候特点。

而西方传统建筑主要采用的是垒石结构，荷重完全靠石墙、石梁、石柱承担。石材形体较小，跨度不可能很大。由于墙壁用以荷重，墙上开辟门窗必然减损荷重能力，因而其门窗的位置、大小、数量的安排，就受到极大限制。

建筑大师梁思成和林徽因更加深刻地对比了建筑与材料的关系。他们指出，在现代钢架、钢筋和水泥材料的构架出现以前，在众多欧洲建筑流派之中，只有哥特式建筑曾经用过构架原理。哥特式建筑构架、规模与单纯木架甚是不同，而哥特式建筑中的“半木结构法”则与中国构架极相类似，但同时也因垒石制的影响，其应用始终未能如中国构架之彻底、纯净。材料不同，建筑风格只会大相径庭。

中国传统建筑将不同要素组合排列，以实体与虚空的相互穿插取胜，从而形成庭院错落、横向铺开、层层扩展的典型风貌。而欧洲、非洲、美洲的建筑，都是以石块承重呈现出构图严整的单体建筑，注重在垂直方向上加以强化，于是出现石材特有的卷柱、穹窿、尖塔、拱顶，产生雄伟巨大、似乎力图腾飞向上、超凡脱俗的建筑。甚至可以说材料的不同，不仅影响建筑的外观，还在一定程度上影响深层次文化中的群体心态，诸如伦理思想、审美趣味、价值观念、道德标准、宗教感情、民族性格。例如中国古代取土烧砖成为延续 2000 多年的不变模式，一座万里长城的修造，无数良田荒芜、森林被伐，沿途一片荒山秃岭；“蜀山兀，阿房出”，应是真实写照。中国历代王朝，都喜欢将前朝建筑焚之一炬，竭力消除前朝一切痕迹，然后重新大兴土木。隋统一后竟将繁华的南陈京城建康城（今日南京）全部建筑破坏殆尽（以泄王气），重新成为农田。如此大的破坏在中国历史反反复复一二十次，直到清代才基本停止。

中国历代在建筑上投入的财力、物力、人力远远高于西方各国，中国历代建筑（也包括今日建筑）对生态环境的破坏，也远远高于西方各国。但是中国留传至今的古代建筑数量远远少于西方各国，究其原因，中国与西方主要使用的建筑材料不同，无疑是一重要因素。

例如中国唐代宫殿气势雄浑，傲视古今，太极宫城面积超出明清故宫 6 倍以上，但如诗人王维描绘的“九天阊阖开宫殿，万国衣冠拜冕旒”早已荡然无存。今日西安连同大片郊区的建筑、道路全部建在昔日唐代宫殿的遗址之上。

在使用砖瓦砂石的时代，晶莹透明的水晶宫只能存在于神话世界；在使用木料筑房的时代，李白称颂的“手可摘星辰”的百尺名楼高度不及现在一幢普通住宅，不会具有埃菲尔铁塔和摩天大楼的雄姿。人们关注建筑的设计、风格，而在一些场合，建筑材料也发挥了不可替代的关键作用。例如被誉为“民间故宫”的安徽徽派建筑，其特点之一是结构巧妙，营造精细的木结构和享有盛誉的“三雕”装饰（砖雕、木雕、石雕）。自 20 世纪 80 年代开始，一些商人见有利可图或假装风雅，当地居民贪图小利，双方开始大规模的拆迁活动，先后有数百幢建筑被化整为零，所有的建筑材料都被按照顺序仔细包装，然后有的运到外地，有的漂洋过海，重新还原。这些建筑能被整体移走，数百年前生产的建筑材料起到了关键作用。2013 年 4 月，著名电影演员成龙将自己收藏的 4 间徽派建筑捐赠给新加坡大学，而这些建筑的材料多为紫檀等名贵木种，价值已超数亿。消息传出，舆论一片哗然。新加坡科技设计大学计划将建筑材料原样组装，安放在校区用于教学研究，这就成为真正古建筑的搬迁。而用现在的建筑材料，不论多么惟妙惟肖，建造的只

能是仿古建筑。

建筑向节能、舒适、与自然和谐的方向发展的历史，在很大程度上就是建筑材料质量的提高，是一切能工巧匠、设计大师得以成功的先决条件。据统计，仅房屋工程所需的材料就有 76 大类，2500 多个规格，1800 多个品种，材料占据建筑产品成本的 2/3 以上，钢铁、木材、水泥、玻璃等材料占据总消耗量的很大部分，甚至全部。对材料的选用很大程度上决定了建筑的“绿色”程度。国际住房与规划联合会召开的世界大会为此达成共识，将绿色建材的研究、生产和高效利用与能源技术密切结合是未来建筑的发展趋势。到 20 世纪中期以后，随着新材料与新结构的运用，使传统建筑的整个梁柱体系随之改变，出现悬索、拉杆、壳体、空间网架、膜结构等概念，建筑造型进入新的天地。

1.1.2 建筑材料与科技进步

自古以来，人类使用、发明种类众多的材料，这些材料如砖瓦、玻璃、钢铁、塑料、纳米材料、太阳能材料都是当时的“高科技”产品，一旦技术突破开始规模生产以后，人们就将它们投入人类社会最大的市场——建筑市场，作为建筑材料使用，而且需求量百倍、千倍的扩大，又对材料生产技术产生强烈推动。以光伏材料为例，最初以人造卫星电源开发为目的，现在成为研制太阳能建筑一体化的重要组成，产量由初始不足 1m^2 增加到数千万平方米，材料的性能有质的飞跃。

建筑材料的发展阶段与建筑及整个科技的发展相互适应，相互促进。

意大利建筑家奈尔维，这位设计过巴黎联合国教科文组织总部和罗马体育宫的设计师写道：“所谓建筑，就是利用固体材料来修造出来的一个空间，以适用于特定的功能要求和遮蔽外界风雨。一个结构物，不论其大小，都必须坚固和耐久，并满足这一建筑的功能要求，同时还必须以最少的代价获得最大的效果。”

材料的选择和运用是强烈影响艺术表现效果的技术因素。如石墙、玻璃墙和砖墙的效果明显不同。有学者指出，自由奔放、富丽夸张的巴洛克建筑和弘扬力量与精神的文艺复兴时代、埃菲尔铁塔与 19 世纪的法国、钢筋玻璃的帝国大厦与美国都有千丝万缕的联系，都是当时文明的记录。

建筑是人类基本生存需要之一，自古以来，人类修造过的建筑如不毁坏，面积早已超过地球陆地面积，人类生产、使用过的建筑材料重量肯定胜过许多高山长岭。在一座建筑甚至整个城市土崩瓦解之后，混杂在泥沙之中的砖瓦、石块等材料的碎片是揭示古代文明的唯一信息载体。

建筑是一个文明的重要成果和显著象征，材料和信息（设计、技术）是建筑两大支柱。建筑材料本身就是新的材料推广和最大应用领域，如砖瓦、玻璃、水泥都被列入人类有史以来重要的科技成果之列。

建筑的起源就是古人对周围材料有目的的堆砌、营造。史前人类凭借火和建筑，开始向世界各地迁徙。从使用天然材料到能够加工材料，再到合成材料，人类经历了漫长岁月。

材料的发展并不是孤立的社会现象，而是人类社会的一种文明显现，建筑材料技术影响到建筑结构、形式与功能，进而推动科学、技术、文化与社会的协调发展。迁徙到新的环境中的人们只能采集与原居住地不同的材料建房，他们开始仍会沿袭自己家乡的

模式，但是在他乡明月的照耀下，人们在建筑中自然而然地会吸收、融合一些当地建筑特征。材料、能量（工程规模、人力、财力）和信息（施工技术、设计方案和组织能力）是建筑 3 个不可或缺、相互影响的要素。现在人们偏重建筑的设计理念，如各种不同流派的风格特色。但是材料的作用更不容小觑。公元 12~13 世纪的法国，人们在信仰的支撑下，筚路蓝缕地修筑教堂，100 年间修筑了 80 座大教堂和 500 座修道院（一些闻名遐迩的教堂就是那时的产物），挖掘的石块数量超过埃及金字塔和神庙的总和。建筑活动是当时科学技术的主要动力，历史学家称这一时期为法国科技革命时期。

如果将建筑称为凝固的音乐，不同材料就是奏写不同音乐的音符和基调。从历史角度观察，材料对建筑影响极为深远。中国传统建筑从最高等级的皇宫坛庙到寻常民居，多数采用木构架为承重体系，于是才出现木材特有的抬梁式、穿斗式、干栏式和井干式体系，才有各式各样斗拱和复杂多变的屋顶形式。人们用材料和信息（技术、概念）修造的最好建筑，就是试图重现当时自己心目中天堂的形象。天上白玉京、海底水晶宫、通天塔上供天神直接休息的宫殿都是如此。

在古亚述时代被誉为武功最盛的君王兼伟大建筑创造者提格拉·帕拉萨用石块修造许多神庙，并留下如下豪言：“吾欲使其内部美若天庭，四壁灿若星辰，屋顶金光闪耀。”以希腊、罗马为代表的以石块为主要材料修造的宫殿、寺院是西方文明宗教情感、哲学观念、思想观念和审美情趣的重要内容。

在建筑材料上含有众多文字信息、艺术信息、科技信息。如美国学者博纳维尔写到：北京故宫每个建材的颜色，花纹都大有深意。又有学者指出：撒马市“不死王陵”墙垣延绵，每个朝代的历史花纹都不一样。还有，古代一些达到很高水平的建筑材料的生产技术，因为工序繁杂，秘不外传，现在已成绝响，成为技术史上的憾事。例如北京定陵地宫地面的细料方砖，因敲起来有金石之声，又叫“金砖”。砖由当年江南苏州资深工匠精心制造，要经过多道工序，用 130 天左右的时间反复烧成，破碎率高达 99%，有“百不得二”的说法。铺墁时还要仔细加工，即所谓“磨砖对缝”，首先要经过试铺合适后再正式铺墁刮平，最后还要浸以生桐油，才算最后完成，用金砖铺地，表面光滑，不滑不涩。可惜金砖的工艺随明朝覆灭已经失传。又如古印加人建筑更留下千古之谜。古印加人在没有任何金属工具，不懂任何化学知识，不会饲养任何可以替代人力的牲畜，甚至没有滚轮、滑轮、绳索的时代，是用什么方法，将重达几吨、几十吨的石块跨山越涧，穿过人和野兽难以通过的密林，搬运到 3000m 的山顶，更重要的是，将石块加工得平整、严丝合缝，堆垒成为细薄刀片都无法插入的高大建筑的。解释这些谜团，是建材史的课题。

在奥运科技专项《奥运绿色建筑评估体系及标准的研究》中，首次将建筑材料对建筑的影响作为独立而完整的评价内容加以研究。该项目基于建筑全生命周期概念对建筑提出了 4 个评估指标。从建筑材料全生命周期过程评价建筑所用建筑材料的资源消耗（土地与耕地、森林与植被、水等），不可再生能源的消耗（煤、石油、天然气等），对环境的影响（ CO_2 、 CH_4 、 SO_2 等的排放量），对人类健康的影响（有害气体、放射性等）。评估的目的是降低建筑材料生产，使用和运输过程对资源、能源的消耗和对环境的污染，延长建筑物的使用周期，减少废弃物。建筑材料生产对环境的影响评价见图 1-1，生态建材输入输出评价流程见图 1-2。