

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

跨世纪知识城——

# 建筑科学

 **eBOOK**  
内容资料 非卖品

## 建筑仿生学原理

### 鸟巢与建筑

鸟是春天的使者、人类的朋友，它不但有鲜艳的羽毛，婉转的歌声，还有被誉为“天然艺术品”的巢。在法国民间流传着这样一句谚语：“人类除了鸟巢之外，什么都能制造出来。”可见，这个天然艺术品不但漂亮，而且巧夺天工，是一种不朽的大自然杰作，是人类建筑构思时取之不尽的创作源泉。

那么，什么鸟的巢最精美呢？

鸟巢精美之最要首推织布鸟编织的瓶状巢了。它撕取长条的树皮纤维，像织布工人那样用它那灵巧的嘴和脚，穿针引线，并不时地打结打扣而成坚固的编巢。编巢时，一般先由雄织布鸟编织巢的主体，并以此作为向雌鸟求爱的资本，经炫耀求偶成亲后，由雌织布鸟编织巢的细部。织布鸟的瓶状巢像一个曲颈瓶，悬挂在树梢，出入口在旁边。织布鸟就住在随风飘荡、逍遥自在的“家”里生儿育女。编巢时有时遇到大风，织布鸟还会衔一些泥团来“镇风”呢！

什么鸟的巢又最大呢？

鸟巢容积之最要首推秃鹫。美洲有一对秃鹫共同生活了 36 年，在一场大风暴中，筑巢的大树被掀倒，人们才有幸见到了它们的“家”。经测量得知：鸟巢直径 2.74 米，深 6.1 米，整个鸟巢共重两吨哩！

什么鸟的巢最科学？

鸟巢科学之最要首推澳大利亚、新几内亚和东南亚一带的营冢鸟了，它们的巢能产生恒定的温度  $34 \sim 35$ ，是雌鸟孵比蛋的理想产房。

营冢鸟用粗壮的两腿挖掘一个大深坑，在坑内填上落叶，又填上泥土和砂，有的竟高达 5 米，土丘周边长 50 米，为了造巢得花上几个月的时间哩！过了一段时间，树叶腐烂，温度开始升高。那时雄营冢鸟经常来测量巢内温度，它挖开表层，把翅翼下部无羽的部分贴近腐土堆，或者把头部和上半身都钻进洞穴内，啄出土堆深处的砂子测量温度。当巢内温度达到  $35$  左右，它们挖一个深洞，雌鸟就在深洞里产下第一枚蛋，雄鸟使蛋大头朝上，以便雏鸟容易出壳，并用砂子盖好第一枚蛋。经过  $2 \sim 4$  天，雌鸟又产下第二枚蛋。这样一直下  $16 \sim 33$  枚蛋。然后雄鸟连续 10 个月精心守护着这个特别的产房。当温度超过  $35$  时，雄鸟就挖通风洞降低温度，但到了晚上又匆匆把通风洞堵塞以防止热量散失；当温度低于  $35$  时，就向土冢琢敷砂土。

鸟巢有如下几大特点：

**鸟巢结构巧妙** 鸟巢结构巧妙的可多啦。缝叶莺生活在我国最南部的山林中，它选取芭蕉、葡萄藤的大型叶片，将叶片卷拢。雌鸟用嘴在叶缘相距  $1 \sim 2$  厘米处，钻上一个个小孔，然后用树枝纤维、蜘蛛丝和细茎等，从一个小孔穿出，又从另一个小孔穿入，并随时在孔外打结以防松扣。缝叶莺这样嘴、脚并用缝成了窝，又用绒毛、棕毛等柔软的东西垫底，舒适的鸟巢就这样建成了。

“衔泥两椽间”的燕子，在田间地头湿地处啄出湿泥丸，双双衔回椽间，逐一堆积，又配置干草、草根、羽毛等，经一周左右而成“泥碗”巢。有一种燕子叫金腰燕，它能筑成长颈瓶那样的泥巢。还有一种燕子叫楼燕，它口

腔里能分泌出很粘稠的唾液，与泥丸、草棍掺合，筑成表面透明的巢。楼燕的近亲金丝燕，它纯粹用自己的唾液筑巢，那就是高档宴席上的“燕窝”。

**鸟巢用材巧妙** 鸟巢用材之巧妙也不胜枚举：燕子用泥做巢；麻雀以干草做巢；鹰用粗大的树枝做巢；黄莺用树皮、麻以及草做巢；寿带鸟以树皮和草外面缠蜘蛛丝做巢。

红尾伯劳为了得到细如毛发的树皮纤维筑巢，要花很长时间侦察森林中理想的树，然后一条条撕下成一束运回。尤其是楮树，由于树皮质地细致而纤维长，嫩枝又多而易于剥皮，是红尾伯劳筑巢的理想材料。

鸟类筑巢，一般就地取材，有时还采用人类使用的材料。在郑光美所著《鸟之巢》中，记载着 1957 年作者在吉林省桦皮厂火车站附近大树上发现的 4 个喜鹊巢，其外壁几乎全是用粗铁丝编成的。

**鸟巢选址巧妙** 猫头鹰和野鸽在岩石缝内筑巢；翠鸟以吃小鱼为生，在岸边土崖啄穴为巢；啄木鸟以树洞为巢；老鹰、白鹳以大树顶为巢；苇莺在苇茎之间用长的草叶在高出水面 1~1.5 米处做巢；骨顶鸡在芦苇与蒲草丛中筑巢，将草茎弯折搭编而成饼状巢，巢随水浮沉。

鸟巢一般筑在地面或草丛中，往往极为隐蔽。柳莺的巢选择地表有枯枝落叶的地方，或选在山间小溪旁，以苔藓、树皮伪装。据国外资料，鸛鹑的雄鸟建造很多的巢，而与雌鸟成婚后一个也没有用上，用的是雌鸟的巢，这也可能是为了安全的疑兵之计吧！

鸟巢的选址，巢口是有讲究的。郑光美先生对吉林省 21 个喜鹊巢做了观察，发现绝大多数朝向西南，与当地背风向一致。日本某地喜鹊巢的巢口，多数朝北或东南，很少朝西，这不但有风向问题，还有日照问题。

鸟是天才的建筑师。织布鸟会编织树皮成巢，缝叶莺会缝叶成巢，燕子会用泥丸垒成巢，营冢鸟能造出恒温的巢，骨顶鸟会造浮巢……鸟为人们展现了无与伦比的建筑艺术品。在科学发展一日千里的今天，建筑的造型、设计、计算、用材、施工、选址等都有待于创新与发展，鸟巢不正是我们模仿、借鉴、学习的好榜样吗？

中国古代书载“有巢氏”，说明人类最早也曾像鸟那样巢居树上，后来由树上下来定居，在地面上造起了房子。而建筑的发展，跨度越来越大，高度越来越高，说不定人类又会像鸟儿一样，重新居住在人工造成的“大树”上呢！

鸟巢真是一个大自然的谜，而这个谜正有待于科学家去揭开。大自然存在着多少个谜呀！它正如希腊神话中的大神使者赫尔墨斯，变化无穷。美国学者瓦尔特·麦勒斯说：“自然正如生命一样创造了各种形式。她美妙地把样式和协调赋予她亲手创造的各种元素，赋予她使之生气盎然的各种力量中。因此世世代代的人类总是喜欢把她看做是神性的艺术创造，是一位不可捉摸的、变化多端的赫尔墨斯。”

建筑，正面临着困境，时代的要求是大跨度、大高度，安全、经济、美观而适用，欧美等各地的学者正转向对大自然结构形态的研究。德国斯图加特大学著名工程师、学者 F·奥托出版了《自然—知识—建筑》、《自然建筑》、《建筑师的自我修养》3 本专著。德国学者收集贝壳、海螺、蛛网、龟背、骨骼、头颅、叶脉、树枝以及昆虫标本等，并考察山川地形、原始建筑、山洞蚁穴、细胞构造后，提出的专题报告有最小网格、生物学与房屋、自然界和技术领域中的网格、自然和技术领域中的薄膜与薄壳、形态与力的

性质的基础、藻类植物结构等。

一门仿生建筑学正在兴起。近几年来，德国学者 K·鲍契进行了大量皂膜系统试验，为薄膜结构提供了合理外形的根据。美国女建筑师 A·卡苏巴仿造野居山穴，采用 PVC 塑料薄膜，它的造形形态万千而又新颖、离奇、别开生面。美国学者 W·斯法特里研究自然的优化并应用于分析建筑的连续力学之中。美国学者 M·哥尔斯密斯综合分析了 166 个已经建成的大跨度钢结构（其中最大跨度为 230 米），从自然的优化中得出，不同的跨度应采用不同的空间结构，为合理采用建筑结构的形式闯出了一条新路。

## 青竹受力的启示

文人墨客喜欢竹子的虚心，科学家喜欢竹子的“腹中空”。竹子的节节上升而成材，成功的秘诀正是竹子的“腹中空”。

力学的奠基人——意大利科学家伽利略曾经对中空固体做过研究，他在《关于两门新科学的对话与数学证明对话集》说道：“我想再谈几句关于空中或中空的固体的抗力方面的意见，人类的技艺（技术）和大自然都在尽情地利用这种空心的固体。这种物质可以不增加重量而大大增加它的强度，这一点不难在鸟的骨头上和芦苇上看到。它们的重量很小，但是有极大的抗弯力和抗断力。麦秆所支持的麦穗重量，要超过整株麦茎的重量。假如与麦秆同样重量的物质却生成实心的而不是空心的，它的抗弯和抗断力就要大大减低。”

“实际上也曾经发现并且用实验证实了，空心的棒以及木头和金属的管子，要比同样长短同样重量的实心物体更加牢固。当然，实心的要比空心的细一些。人类的技艺就把这个观察到的结果应用到制造各种东西上，把某些东西制成空心的，使它们又坚固又轻巧。”

一般竹子的横向截面，直径为6厘米，壁厚为0.5厘米，假如把竹子做成实心的，则其抗弯能力是原来的1/10。由于竹子是细长的承受自身重量的受压杆件，假如把竹子做成实心后，在自身重量的压力下它会摇摆不定而失去平衡。由于竹子品种的不同，生长的高度也不一样。毛竹可以参天，但把毛竹做成实心的，经科学计算，只能长到高粱秆那样高。

根据力学原理，一根杆件在其横向截面，应尽可能把材料向周边分布，正由于这样才形成了中空。而且，越是优质材料越是向边缘布置。竹子就是这样，它的表面呈现出青色的叫竹青，往往是竹编的好材料。

竹子的“腹中空”，增大了抗弯和抗断能力，而且降低了自身重量。任何植物，除了抗风以外，主要是抗衡自身重量。德国有一句谚语：“大自然很关心，不让树木长到天顶。”树木之所以长不到天顶，是受风力和自重的制约，竹子之所以有现在的高度，功劳完全归于“腹中空”。仔细观察自然界，像竹子那样“腹中空”的植物还真不少哩，如麦子、高粱、玉米、芦苇等。

文学家歌颂竹子的气节，从力学的角度来说，竹子的竹节是抵抗横向剪切的关键，是竹子强度有机的部分。农业上小麦减产主要原因之一是“倒伏”，那是小麦返青拔节时，由于雨水过多，生长迅速而拔节快，形成节与节之间间距大，减低了麦秆的抗剪能力，头重脚轻秆软倒伏于地的缘故。

一座建筑，都是由很多杆件组合而成的，有的杆件承受压力，有的杆件承受拉力，有的杆件承受弯曲，有的杆件承受剪切，有的杆件承受扭转，有的杆件承受以上几种情况的组合受力。对于长而细的承受压力的杆件，它的破坏并不是由于强度不够而折断，而是由于不能保持原来的直线而偏移。虽然没有折断，但偏移而离开了原来直线位置，同样会导致整座建筑的破坏，这种现象在科学上称为“压杆失稳”。

压杆失稳在建筑上产生过很多严重事故：

1907年加拿大魁北克的圣劳伦斯河上的钢桥，当时正在架设中间跨桥梁时，由于悬臂钢桁架中个别受压杆失去稳定产生屈曲，造成全桥坍塌；1925年，前苏联的莫兹尔桥在试车时，也是受压杆件失稳而破坏；1940年，美国

的塔科马桥，刚完工 4 个月，在一场大风中，由于侧向刚度不足而失去稳定，使整个桥梁扭转摆动而破坏；美国东部康涅狄格州哈特福市中心体育馆，能容纳 12500 人的大跨度网架结构，于 1971 年施工，1975 年建成，在 1978 年的一场暴风雪中倒塌，事故的原因也是个别压杆失稳。

面对着自然界中的狂风暴雨，青竹节节上升，自然优化，适者生存，合理受力，给人们带来了众多的启示。

## 仿蛋建筑

鸡蛋能承受多大的力？

人们有时会打赌——谁能用一只手把鸡蛋捏碎？血气方刚的小伙子急着上阵，但总是一个个败下阵来。人们不得不承认，鸡蛋能承受很大的力。

鸡蛋受力，原来为业余科学家所青睐。

英国消防队员为了试验鸡蛋的受力，把一辆救火用的消防车停在草地上，伸直救火梯子，消防队员从离地 21 米高的救火梯顶端向草地扔下 10 个鸡蛋，出乎意料的是只破了 3 个。

英国皇家空军长行员也对鸡蛋能承受多大的力产生了兴趣，他们把直升飞机停在离草地 46 米高的空中，向草地扔下 18 个鸡蛋，结果也只破了 3 个。英国《每日快报》的工作人员，干脆租了一架军用飞机，以每小时 241 公里的速度向飞机场俯冲，在俯冲中投下 60 个鸡蛋，结果破了 24 个。

以上是用鸡蛋所做的动力冲击试验。在静力作用下，鸡蛋可以承受更大的力。

记得有一年中央电视台春节联欢会上，有一女孩表演踩蛋，女孩两手各提一桶水，双脚踩在 4 个鸡蛋上，鸡蛋安然无恙。

1989 年，日本爱知县的春日井市先生，在汽车前轮各用 34 个鸡蛋，后轮各用 52 个鸡蛋，总共只用 172 个鸡蛋支承起了一辆大卡车。

根据国外资料介绍，当鸡蛋均匀受力时，可以承受 34.1 千克的力呢！

鸟类的蛋具有如此大的承受力，是与它特有的蛋形曲线和科学的结构分不开的。蛋的结构有 3 层，外层为表皮层，又称闪光层，中层为海绵层，内层为乳头层，不同的鸟类具有不同的 3 层显微结构。

蛋壳中，主要成分是碳酸钙，约占 89% ~ 97%，另有少量的盐类和有机物。

应该说，真正的蛋壳成分仍然是一个谜，还需人们进一步探索。在蛋壳的成分中，只要加入或减少某一成分都会影响蛋壳的强度，而且各种成分的比例更是至关重要的。根据国外资料，在美国已经发现有 20 多种鸟类的蛋由于受农药的影响，而变薄变脆，降低了强度。

奇妙的鸡蛋为我们展现了以最少的材料造出最大的空间，并承受很大的力的大自然的杰作。一个鸡蛋长为 4 厘米，而蛋壳厚度只有 0.38 毫米，厚度与长度之比为 1 : 130，以其特有的蛋形曲线塑造了它的外形。

具有曲线的外形，厚度又很薄，主要承受压力的结构在建筑上叫薄壳结构。在“山光物态弄春晖”的自然界中，像鸡蛋那样的薄壳结构是如此的丰富多彩而变化万千，有禽蛋、贝壳、蚌、螺、蜗牛、蟹、鱼子、眼球、头颅、豆荚、种子、果核等等，它们以最合理、最自然、最经济、最有效、最进步、最优美的形式竞相媲美，争放异彩。

要造出像鸡蛋那样的建筑确实不简单呀！人类在蛋形建筑史上经历过相当艰辛的过程。在文艺复兴时期建造的意大利佛罗伦萨大教堂，其跨度达到 42.2 米，主高度接近 91 米，当时的传记作家和建筑师瓦萨里热情地歌颂它与四周的山峰一样高，连老天爷看了也嫉妒。但它的厚度却只在 61 ~ 78.6 厘米之间，厚度与跨度之比为 1 : 60，它并不是薄壳结构而是厚壳结构，而且它仅是由八瓣组合成的并非球形的建筑。在文艺复兴末期，意大利罗马建成了圣彼得大教堂，圆圆的球形建筑，像竖放的鸡蛋，圆顶直径 41.9 米，内

部高 123.4 米，但厚度竟达 1~3 米，厚度与跨度之比为 1/40。直到 1924 年，德国的蔡斯工厂天文馆才建成第一个半圆球形的薄壳结构。1925 年德国耶拿斯切夫玻璃厂厂房采用了球形薄壳，直径为 40 米，壳厚只有 60 毫米，采用钢筋混凝土为建筑材料，厚度与跨度之比为 1/667。

现在，像鸡蛋那样的仿蛋建筑已经很普遍了。美国通用汽车公司技术中心水塔，法国吐鲁士电子加速器实验站，我国新疆某机械厂的金工车间里像水珠似的储罐，它们都是绝好的仿蛋建筑。

## 绝美的黄金分割

1509 年，意大利威尼斯人卢卡·帕契奥里在《上帝规定的比例》一书中，阐明了  $1.618$  与  $1$  的比值（即  $\phi=1.618$ ），他的好友达·芬奇是当时文艺复兴的巨人，是一位物理学家、生物学家、地质学家、生理学家、力学家、工程师、机械师、军事家、画家、雕塑家、歌唱家，被誉为集科学与艺术于一身的人物。他对“上帝规定的比例”爱用另一个名称，即黄金分割，又称黄金律。黄金律被认为在构图中是最和谐、最完美的表现，是“神圣的比例”。德国杰出天文学家开普勒说：“几何学中有两件珍宝：一是勾股定理，二是中外比。如果第一件是黄金，那第二件就是宝石。”（黄金分割又称中外比。）

15 世纪，意大利数学家帕契奥里为黄金分割列出了一大堆优点，他写道：“黄金分割对我们的作用是：一、实质性的，二、特殊的，三、无法表达的，四、无法解释的，五、……最后，十七、是宝贵的。”

公元前 300 年，古希腊几何学之父欧几里德在几何学上首先提出  $\phi=1.618$  值。他在《几何原本》第五卷中说：“所谓量中第一与第二之比等于第三与第四之比，是指第一与第三的任何等倍数同第二与第四的任何等倍数有如下关系：前者的等倍数必相同地大于、相同地等于，或相同地小于相应所取的后者的等倍数。”这个比例法为  $\phi$  值的导出奠定了基础。

古希腊在公元前 447 年至前 431 年，建成了举世闻名的雅典帕提农神庙，柱高与柱顶至屋顶距离之比也是  $\phi=1.618$ 。

文艺复兴时期的“上帝的比例”，事实上是由我国经印度、阿拉伯传入欧洲的，印度传给阿拉伯之前称为“三率法”，它在我国古算术书上均有记载，《九章算术》“粟米”章一开始，就列举了各种米的出米率：“粟米之法：粟率五十，粳米三十，稗米二十七……”即 5 斗谷去皮，可得糙米 3 斗，又可臼得稗米 2 斗 7 升等等。类似的问题在《九章算术》“衰分”、“均输”、“勾股”诸章及其他古算书中均有记载，这些内容就是正比例、反比例、复比和比例分配等。由于这类问题都以“今有”二字起首，在我国古算书中统称为“今有术”。

一般认为，黄金分割来源于自然界，如鹦鹉螺的螺曲线，其构成与  $1.618$  相关。在人的身上，广泛存在着黄金分割的比例关系，成年人的腰部是人体的黄金分割点。近代建筑大师勒·柯布西埃根据对人体的分析，创立了以黄金分割为依据的人体模度图。

根据勒·柯布西埃分析，高举左手，头顶至腰的距离与手指尖至头顶的距离之比正好是  $1.618$  与  $1$  的比值，即  $\phi=1.618$ ，由腰至足底的距离与头顶至腰的距离之比也是  $1.618$ 。对于人的脸来说，其高度与宽度之比以及两眼间的间距与嘴的大小之比都是  $1.618$ ，在人体中，到处都充满着  $1.618$ 。正如文艺复兴时期的数学家巴奇奥里所说那样：“……所有的度量和它们的名称都来自人体，而且在人体中可以找到上帝揭示自然最深邃的奥秘的所有的比和比例。”在古希腊，人们认为人体是最美的东西。毕达哥拉斯认为：“人体的美由和谐的数的原则统治着一切。”当时雕塑家费地也说：“没有比人类形体更完善的，因此我们把人的形体赋予我们的神灵”。

人体是美的数的集合体，建筑要美，当然会自然地模仿人体的各种数及数量之间的比例关系。在建筑上有两种有名的柱子式样，古希腊人以男人的脚掌长度是身高的  $1/6$  应用到柱的高度与直径的比值上，创立了多立克柱；

以女人的脚掌长度与身高的关系应用在柱子上，创立了爱奥尼柱。多立克柱比例粗壮，刚劲有力，恰如“塞外秋风骏马”，显出阳刚之气；爱奥尼柱比例轻快，秀美华丽，恰如“杏花春雨江南”，亭亭玉立如少女临风。柱式的创立，大大地推动了建筑艺术的发展。

古罗马建筑权威维特鲁威说：“建筑物必须按照人体各部分的式样制定严格的比例。”只有这样，建筑才会越来越美。

从古希腊人崇尚五角星，创立雅典帕提农神庙及柱式，到费地的雕塑品及伊特拉斯坎人的陶器，黄金分割一直为人们广为应用。达·芬奇应用黄金分割画出了世界名画《最后的晚餐》。意大利著名小提琴制造专家斯特拉迪瓦里精通黄金分割，制作了近千把音质优美的小提琴。数学家华罗庚将黄金分割应用于优选法，可以合理地安排实验和试验，以较少的试验次数找到合理的配方和合适的工艺条件。建筑师勒·柯布西埃以人体模度图，在长短、面积、体积等方面设计出一种比格，推动了建筑的标准化、工业化。

黄金分割在人脑中是怎样形成的呢？

根据国外资料，人脑具有精神意识、思维活动等功能，人脑中形成许多中子网格互相联系起来的结构，中子依靠电信号相互作用，中子的网格、网络的外形就是振荡电路；人脑在活动中不仅有固定的电振荡频带，而且人脑电振荡的摆幅和频率也不断地变化。

在人脑中 $\beta$ 、 $\phi$ 、 $\gamma$ （希腊字母）等脑电波中， $\beta$ 波占主要地位， $\beta$ 波的低频带频率（在电磁波中低波长范围内每秒振动的次数）为 8.13 赫兹（频率的单位），高频带的频率为 12.87 赫兹。高、低频率带频率之和为 21 赫兹，而高、低频率带频率之和与高频带频率之比正好为 $\phi=1.618$ ，高频带频率与低频带频率之比也正好为 $\phi=1.618$ 。

人脑中形成黄金分割的奥秘终于揭开，可见黄金分割并作简单模仿自然界中呈现出来的现象，而包含着更深的哲理。自然界中有许多形形色色的“谜”，而这许多“谜”，正是大自然送给人类的绝妙的产品。

## 蜘蛛织网与建筑工程

蜘蛛织网，一般利用三点，如墙角、挑出的树梢、石头尖处等，先由三点连成三角形组成网的边，并由一根特殊的丝通过未来的网中心，然后由边向网中心拉辐线，到网中心后在相邻的地点向边拉辐线。这样来回拉了几条辐线后，却跑到相对的那一边去拉辐线。很明显，它正利用静力学以维持网的平衡。

拉好了所有的辐线，蜘蛛由网中心以螺旋线向外盘旋拉丝线。蜘蛛到了最外圈后，沿着原路返回，返回时不时地抓起原有的网线聚成小球，固结在与辐线相交的点上形成很多的小点，在沿着原路返回过程中拉的丝线才是真正的蜘蛛网线。由外向里盘旋的螺旋线越来越密，形成数学上的对数螺旋线。这样，曲线由外向里虽然密度增加，但在理论上永远到不了中心点。

建造一所房子，一般有四个步骤：打基础，安置骨架，搭脚手架，拆脚手架。这与蜘蛛结网真是有异曲同工之妙。蜘蛛以三个固定的点形成三边的三角形，这与造房子打基础对应。蜘蛛在三角形的三边拉辐线如造房子的安置骨架。蜘蛛由里向外拉螺旋丝线只是为结真正的蜘蛛网做准备，正如造房子搭脚手架，只是为了施工时临时之用。蜘蛛由外向里拉螺旋丝线，并随时把原有丝线去掉固结在网点形成小点，正如造房子时，房子建成后拆去脚手架那样。蜘蛛真是一个聪明的动物，蜘蛛结网与人类建筑施工是何等的相似啊！

所有的柔性材料如藤、绳、索都具有极强的抗拉特性，由柔性材料组成的建筑结构称为悬索结构，它具有跨越大跨度的能力，而且特别节省材料。

蜘蛛网就是自然界中的悬索结构。蜘蛛网能承受很大的力，有的蜘蛛网上放上一个啤酒瓶也不会掉下地。古代还有人用它捕鱼、捉鸟呢！

我国是最早应用悬索结构的国家，我国利用竹索造的桥在《前汉书》中已有记载。北宋时期，四川灌县安澜竹索桥横跨岷江之上，长达 344 米，共分 8 跨，最大一跨为 65.6 米，用 10 根 16.5 厘米直径的竹索组成。我国云南景东附近兰津桥，建于公元 58～75 年，用铁链造成，横跨澜沧江，跨度达到 82 米，而西方最早出现的悬索桥是公元 1515 年，比我国晚 1000 多年哩！

悬索结构广泛应用于体育建筑。美国的阿拉美达体育馆，就是一张像蜘蛛网那样的圆形的钢索网，直径为 128 米，外环设置了 32 根钢筋混凝土支柱，内环直径为 13.8 米，内、外环设置了 96 根钢绞线的辐线，体育馆可容纳 15000 多人观看体育表演。北京工人体育馆的双层辐射式悬索结构，外形似平放的自行车的车轮，有上、下两张网，两张网之间有杆件相联。人类创造的“网”到底比蜘蛛网要高明，由蜘蛛的一张网变成两张网，承载能力也比一张网要大得多。

悬索结构，目前有单层的、双层的，有圆形平面的、椭圆形平面的、长方形的、六边形的，有马鞍形的、双曲面形的、抛物线形的。真是五花八门，千姿百态。

人们在建筑时，总是自觉地追求美，按照美的规律来建造，随着社会生产力的发展和人类智能水平的提高，对美的追求和创造更丰富、更凝炼、更富有哲理、更强调美的综合效果。在认识自然、改善自然中，科学、技术和艺术的综合的趋势已经形成。正如加拿大学者米克教授指出：“现在，有了一种新的创造精神，开始重建一个包括艺术、科学和技术都在内的完整而统

一的世界。”在这一方面，美籍华人林同炎成功地设计了一座曲线斜拉桥，它如众多的“蜘蛛丝”拉着一片细长的树叶一样，构思之独特、工程之巧妙、造型之优美而受到全世界工程技术人员的好评，获得了全国第 26 届优秀建筑比赛一等奖，被誉为“结构工程与美的理想相结合”的典范。

林同炎设计的曲线斜拉桥位于美国加利福尼亚州的一条狭谷河流上，两岸山高陡峭，谷深流急。若是采用一般直线形桥，则两岸引桥要挖去大量山崖；假如采用抬高桥面的方案，虽然避免开挖山崖，但引桥很长，两者都会使工程造价昂贵。而林同炎先生设计的曲线形桥，很自然地与两岸线路联接，达到桥与路的有机结合，正如长虹卧波，复道行空，天堑变通途。这桥另一个特点是采用很多斜拉的索，直接固结于两岸山崖上，一根根斜拉索交叉网胜似蜘蛛网，奏出一曲美妙的“蜘蛛网”畅想曲。

## 奇异的螺旋形建筑

你知道江河湖海里有多少螺吗？它们有滇螺、骆驼螺、天狗螺、万宝螺、马蹄螺、笔螺、凤凰螺……真是数不胜数。

你知道哪里有螺旋线吗？自然界中到处都有螺旋线：所有有回旋形贝壳的软体运动——螺，都有螺旋线；蜘蛛以螺旋形结网；牛角按螺旋形生长；向日葵的花子按螺旋形排列；人的内耳耳轮也是螺旋形的。

螺旋形往往是建筑造型的母体，而螺的外形也是建筑师构思的素材。海滩上各种各样的海螺、贝壳，在波涛汹涌的大海中为生存而搏击，自然的优化形成了它们优美的螺旋线。当前，“回归自然，崇尚自然”已成热门话题，所以，一批直接模仿螺的外形的建筑也应运而生了。

我国北国海滨旅游胜地北戴河，有一座可以登高观海的“碧螺塔”，塔的上部三层模仿海螺壳的十二瓣螺旋，形成层层起翘的挑檐。在海滩的“碧螺塔”上观看碧螺的家，不是更具有诗情画意吗？我国东南大学齐康教授设计的福建省长乐度假村小岛上的海蚌塔和大厅，虽然并非直接模仿海蚌，但却体现出艺术的“神似”，内涵之中蕴藏着海蚌、海螺的螺旋美。印度尼西亚雅加达泰曼公园有一座金蜗牛电影院，其外形像一只蜗牛，在“蜗牛壳”中看电影情趣盎然。

世界建筑大师赖特设计的美国古根海姆博物馆，它是倒置的圆锥螺旋线的外形，参观的人流由中央电梯直送至顶层，然后让他们由螺旋形的楼梯到各层参观。博物馆由上至下层层缩进，造成既连续又有变化的空间。在参观过程中，博物馆建筑的本身就使参观者产生动态的韵律感。新加坡圣淘沙海上旅馆高 15 层，采用涡旋螺线的海螺形，整个旅馆像一个雕塑品，而且具有动态感，真是美极了。

1920 年，前苏联建筑师塔特林曾设计了“第三国际纪念塔”，采用螺旋形，曾轰动一时。80 年代，美国建筑师海蒙特设计了“太平洋之塔”，高达 548.6 米。高塔由螺旋形结构和中央桅杆组成，像一棵大树爬满了螺旋形上升的藤，象征着太平洋沿岸国家欣欣向荣、蒸蒸日上的气象。“太平洋之塔”是作为卫星通讯的地面接收站，意味着太平洋沿岸各国信息的交流、文化的交流。

随着高层建筑的崛起，在高层建筑中采用螺旋形也日益增多。在 1968 ~ 1972 年，意大利建筑师尼柯莱特和马斯曼塞设计了由三个涡旋螺丝组成的涡形螺旋摩天大楼，高达 540 米，其核心是由三个桅杆组成的筒状体，具有力度感和时代感，美学造型精美绝伦。

螺旋线，奇妙的曲线，优美的曲线，“生命的曲线”。它像对数螺旋线那样，盘旋扩大而上升至远方、更远方，以至无穷，向下盘旋而缩小，又无法找出其出发点。自然界的一切，都像螺旋线那样的美；自然界的一切，都像螺旋线那样呈现出无限宽广的图景。

## “ 泡泡大楼 ”

气泡，在自然界里是很多的。蓝蜻蜓的翅膀由很细的薄膜肋构成，肋之间就是一张极薄而柔软的薄膜，那是不封闭的“气泡”，叫做不封闭的充气结构，类似的还有蝙蝠的翅膀。像青蛙的囊袋的“气泡”，叫做封闭的充气结构，其他还有，如鱼肚中的“气泡”，动物身上贮存尿的囊袋等。现在，封闭的充气结构在建筑上已广为应用。

充气的封闭薄膜有一个很好的受力性能，那就是各处的表面张力都相同。由于用材少、重量轻，因而是一种很好的建筑结构。

最早设想把充气结构用来建造房屋的是英国工程师兰切斯特，他在 1918 年取得了关于此事的一项专利，并设计了直径为 650 米的充气结构。但遗憾的是他过早地离开了人世，没有使理想成为现实。

1970 年日本大阪世界博览会上，博览会的游乐场采用在一根立柱上的充气结构，在立柱顶端有向四周布置的缆索挂着四周布置的一个个充气结构，充气结构的另一端支承在离顶端不远的立柱环上。当缆索收紧时，蘑菇状的充气结构就收拢，撑开时就像一个大圆盘，其最大直径可达 35 米。博览会上这种红黄相间、向不同角度撑开的一个个“蘑菇”，为游乐场增添了节日的欢乐。

充气结构还可以用来作水坝。由英伯逊设计的水坝在 1957 年建成，水坝高 1.5 米，长 40 米，充气薄膜用螺栓固定在水下的混凝土基础上，可以充气、放气以调整水坝的高度。目前，充气水坝已经发展到高可 4 米，长可达 600 米。假如给充气水坝定期地涂以海普隆（高级涂料），寿命可达 20 年以上。充气水坝造价便宜，比一般水坝可节省 75% 的造价，而且施工简单。

充气的帐篷千姿百态，由英国 M.L. 航空公司设计制造的一系列充气夹心板可以构成大小不同、形状各异任何多边形的帐篷。

英国的军事工程试验处，1965 年设计制造了军用充气桥，桥跨度 5.5 米，桥本身很轻，只有 350 千克重。打仗时，遇到小河可随时充气让卡车通行，用完则放气缩小成一小团让卡车运走。

充气结构打破了传统的建筑结构形式，在有压气体压力的调整下，只要塑造出封闭的外形，任何形状都可以实现。它不存在梁、柱等构件，当充气结构受力时，结构内受压气体把力传给整个结构，充气表面薄膜各处受力相同。

1970 年在日本大阪世界博览馆中，日本的富士馆因其体量宏大、造型新颖而大出风头。它由 16 根直径为 4 米、长度为 78 米的充气管柱组成，把它们两头分别安置接地，于是中间拱起形成一个个拱门。由于圆形平面，两头接地的一个个拱门随着跨度的不同（最大的跨度为圆形平面的直径）拱起的高度也不同，造成马鞍形的外形，充气管由聚乙醇薄膜制成，外涂海普隆，内涂聚氯乙烯。

美国在 1959 年建造了波士顿艺术中心剧场，有 2000 多个座位，建筑平面为圆形，直径 44 米，采用气垫屋顶，层顶的中央高 7 米，飞垫式屋顶铆固在钢制多边形体的各个柱上。

气泡泡能盖成大楼，能盖成很大很大的“大楼”，甚至使你不敢想象。

德国充气结构专家奥托曾设计了充气薄膜与网壳相结合的巨大的罩，其直径为 2000 米，高为 240 米，可以覆盖拥有 15000 ~ 45000 居民的城市。在

寒冷的北极，有了这样一个“罩”，就可以调节气候，就可以开发北极了。所以，奥托的设计又叫做“北极城设想”。

美国建筑师富勒，也是一位充满想象力的工程师，在 1962 年，他也设计了用充气薄膜与网壳结合的圆穹，直径为 3200 米，想把纽约的整个曼哈顿地区罩起来，这就是建筑中最著名的“乌托邦”充气结构。

## 美的构想——对称建筑

在“天河夜转漂回星，银浦流云学水声”的茫茫宇宙有着奇妙的对称；在微观世界里的细胞、分子、原子……也有着奇妙的对称；凯库勒的苯环结构式，华森、克里克提出的 DNA 的螺旋结构，都显示出一种对称的科学美。在自然界中，飞禽走兽、草木花卉都显示对称的美。

对称被视为“和谐与美”的定义。一般对称的物体具有对称轴，在对称轴的两边等距离处具有大小、方向相同的物件，如常见互相垂直的十字轴线的对称形式：正方形，正圆形，正六边形，正八边形等；另外如“十”字，“田”字，“井”字，“亚”字等。这一类称为具有两个对称轴的对称物。更普遍的是具有一个对称轴的对称物体，如人、虎、蝴蝶、鸽子……

在科学上，科学理论也有美与不美的问题，它决定于和谐、对称、简洁、新奇。和谐，即逻辑的正确性和构造的严密性。对称，即反映出自然形态和运动的广泛对称性。简洁，即丰富的多样统一。新奇，即科学思想的独创性和科学方法的新颖性。对称，作为决定科学理论美与不美的四大要素之一，含义是很广泛的。科学家维尔写了一本专著《对称》，书中说：“对称，无论广义或狭义，我们都不理解这个词。对称是一种思想。多少世纪来，人们希望借助它来解释和创造秩序、美和完善。”

对称，表现出一个整体的各部分和成分的配置的匀称和协调，给人带来优美和精确的感觉。对称的理论帮助了德国化学家凯库勒发现了芳香化合物分子结构，分子中的原子以对称形式组成闭合的环形联接的链，分子模型完美、漂亮。自然现象的对称原则启迪了狄拉克，使他预见了粒子的电性能能够转变。1979 年美籍华人物理学家杨振宁谈道：爱因斯坦开辟的“对称性支配着相互作用”的原理，有力地促进了“规范场的对称性”、“超对称性”新理论的出现；对称性可以说是理论物理学的一个重要观点。

自然界的对称现象是如此强烈地影响着建筑，以致于所有的建筑和建筑群都包含着对称的原则。

1403 年，我国明朝永乐皇帝下令迁都北京，在元朝大都的基础上建立了北京城。1557 年，明朝嘉靖皇帝在城南外加筑外城，形成了今天的“凸”字形平面的北京城，从南端的永定门向北经皇宫、景山到钟鼓楼，直到北城墙结束，形成了一条 7.5 公里长的中轴线，这就是北京城的对称轴。它可谓世界上最长的对称轴了，宫殿建筑就在这轴线左、右对称的位置上。皇宫层层殿宇，错落有致，以太和殿、中和殿、保和殿为核心，由对称形成庄重、整齐、稳定的格局，充分显示皇权的精神作用。

我国古都西安，隋朝统一后模仿汉魏的洛阳城，南北长 8651 米，东西长 9721 米，唐朝定都后改名长安，和北京城一样以中轴线规划建筑，体现出对称的特色。

雨果的小说《巴黎圣母院》轰动了全世界，哥特式建筑（欧洲古典建筑风格之一）的巴黎圣母院也因此蜚声世界。经历了 72 年才建成的巴黎圣母院教堂是中世纪欧洲哥特式教堂的“元老”和典范，教堂西立面是典型的左右、上下三段式划分的建筑，底部是深深内凹的三座券门，券内侧的层层线脚中布满了雕像，教堂的东立面是一圈环形的圣坛和小礼拜堂。对称布局在其中处处可见。

对称往往与均衡联在一起。在视觉艺术中，以均衡中心作为中心点，就

能感到均衡中心的左右两侧的吸引力相当，在均衡中心给予某种强调，当眼睛能满意地停留在均衡中心的瞬间，就能产生健康与平静的均衡感。对称是均衡的天然格局，在对称的情况下，在对称轴的两侧，彼此相当的对称必然导致均衡。

在建筑上还经常采用不对称但又均衡的做法，有人说是广义的对称。那是采用了杠杆平衡原理，当一侧小体量安排在离中心轴远距离处，与另一侧大体量安排在离中心轴近距离处，造成两侧对中心轴的均衡感。我国承德避暑山庄的烟雨楼就是采用这种做法使园林建筑灵活多变而更具有诗意的。

从视觉心理的角度看，实的建筑具有重的质感，虚的建筑（光明透亮玻璃组成的建筑）具有轻的质感，于是做成小而实的建筑与大而虚的建筑造成均衡感。

给建筑施以统一的变化，则会显现出反对称的效果，在视觉艺术上同样会产生富于变化的个性。反对称指的是在对称轴两侧等距离处，两个物体大小相等。但一个朝上，一个朝下。如果等距离处有两条竖向而同样长度的线段，一条在对应点的上部，另一条则在对应点的下部，这叫做两条线段的反对称。图形的反对称最典型的代表是“卐”字。北京圆明园中有一建筑叫“万方安和”，它的反对称布局新颖而富于联想。

对称，是建筑的永恒主题，是自然界的普遍规律，彼得·柯林斯说得好：“从有机的躯体来看，一目了然，自然界是有意对称的，同理，建筑也应有有意对称。”

## 奇异宏伟的古今建筑

### 万里长城

举世闻名的“万里长城”，是中国古代一项最雄伟、最壮观的防御建筑工程。它像一条巨龙，跨越浩瀚的沙漠，穿越茫茫的草原，翻越巍巍的群山，绵延盘踞在祖国辽阔的国土上。它那恢宏的气势，艰巨的工程，显赫的功能，悠久的历史，深远的影响，不仅在我古代建筑工程中绝无仅有，即使在上世界上也寥若晨星，因而，它被人们公认为人类古代建筑史上的一大奇迹。据有关部门报道，宇航员从月球上回观地球的时候，用肉眼只能辨认出两大人工建造物，一是荷兰的围海大堤，另一个便是我国的万里长城。

长城的修建，最早始于公元前 7 世纪，最晚终于公元 16 世纪，前后持续了 2200 多年。春秋战国时期，诸侯混战，列强兼并，各国之间为了互相防御，便在各自的领土上修筑起长城来。最早修筑长城的是楚国。楚长城建在伏牛山两端，为南北走向，全长近 1000 里，称做“方城”。《左传》一书还记载过这样一则故事：公元前 656 年，齐国派兵前去攻打楚国，并把军队开到召陵那儿驻扎了下来。楚成王获得了情报，便命令屈完带了些人马前往迎敌。齐侯为了显示他的军威，让士兵们排好了战阵，请屈完同他一道驾车观看。齐侯原以为屈完会被那雄壮的气势吓倒，乖乖投降，没想到屈完却对他说：“君王如果用德行安抚诸侯，谁敢不服？君王如果用武力，楚国有方城可以作为城防，有汉水可以作为城池，您的军队即使众多，也用不上。”齐侯见楚国的防御工事坚固，自知打起来也没好果子吃，便同楚国订立了盟约，撤兵回去了。

继楚国以后，齐、赵、燕、秦等国，也都纷纷仿效楚国，开始修起长城来。然而，长城虽然在春秋战国时就开始修建，但由于各诸侯国的国境都比较小，所以长城的规模不大。最短的只有几百里，最长的也不过三四千里。只是到了秦始皇时代，长城才达到了万里之遥，也才有“万里长城”之名。

秦始皇统一中国后，为了防御北方匈奴的南侵，于公元 214 年起，将从前秦、赵、燕三国北方的长城修缮连结起来，筑起了一道西起陇西郡洮县（今甘肃岷县），东止辽东郡（约在今鸭绿江西岸）的万里长城。

秦以后，两汉、北魏、北齐、北周、隋、辽、金、明等各朝代，都先后修筑或增筑过长城，其中尤以明朝规模最大。

公元 14 世纪 60 年代，明朝灭掉了元朝，迫使原来的统治者元蒙贵族逃回了蒙古。但这些元蒙贵族的女真族势力又大为兴盛，他们也在窥视着大明的江山。明统治者为了防御这些贵族的侵扰，便效法前人的经验，开始修筑长城。从洪武到万历 200 余年间，明朝大规模修筑长城达 28 次之多，最终完成了这一项伟大的工程。明长城西起嘉峪关（今甘肃嘉峪关市），东至鸭绿江边，全长 12000 余里，通称“万里长城”，这就是我们今天所看到的长城。

修长城一方面给当时的劳动者带来了深重灾难，而在另一方面，却对中原农业文化起了一定的保护作用，同时，也充分表现了我国古代建筑工程的高度成就，表现了我国古代劳动人民的聪明才智。

如今，万里长城虽然已经失去了它原来的作用，但作为我国古代劳动人民创造的一项伟大的工程来说，却永远是值得珍视的遗产。它作为一种伟大的存在，已成为中华儿女的骄傲，已成为中华民族精神的象征。

## 宏伟的建筑宫群——北京故宫

明清时的北京城包括内城和外城两部分，而内城又包括皇城和宫城，处在森严壁垒之中心的宫城——故宫，就是我国明清两代帝王处理朝政和生活起居的地方。宫廷的四周绕以周长 3000 多米，高 10 米的红色围墙，称紫禁城，因此故宫亦称“紫禁城”。

故宫南北长 960 米，东西宽 760 米，占地面积 720000 平方米，有房屋 9000 多间（在民间则流传着 9999 间半的带有神奇色彩的说法）。设想一个人每天在一间房子里住一夜，一共要花 25 年时间才能把故宫的房子住遍，可见故宫有多么大，房子有多么多！它是世界建筑史上规模最大的宫殿群，被人们称做“殿宇的海洋”。

故宫的整体布局为“前水后山”型。“前水”指的是天安门前的外金水河及太和殿前的金水河。“后山”指的是人工堆成的土山万岁山（清朝改称景山）。

故宫的主体建筑皆坐北朝南沿中轴线排列，两侧建筑依次向左右展开。这条中轴线向南引伸至天安门、前门及外城南门永定门，向北沿景山、钟楼，至鼓楼结束，宫城的轴线与北京城的轴线重合，8 公里长的轴线纵贯全城。城内除皇家建筑外，大多为青灰的四合建筑，所以，当人们登上景山南望，将会感到处在灰色背景中的金色海洋般的皇宫，是何等的气度恢宏，何等的华贵庄严。这是皇权的象征，是中国传统文化的标志，是古代无数能工巧匠智慧和汗水的结晶。

故宫总体上分为外朝和内廷两大部分，亦称“前朝后寝”。外朝是皇帝处理朝政和举行各种国家盛典礼仪的地方，内廷是皇帝及他的“三宫六院七十二妃”的生活地域。

午门，是皇城的正门，因其正处在子午线上而得名。午门由两大部分构成，一部分是砖砌的开有券洞门的巨大城墩，另一部分是建在城墩上的木构门楼。午门平面呈“凹”形，城台正中为一最高等级重檐庑殿顶的楼座，东西两侧前端各建重檐方亭一座，正中楼座与两端方亭之间联以庑廊，全部建筑高低错落，仿佛朱雀展翅，居高临下，威慑人心。城门正中开券洞三个，中央正门等级最高，供皇帝出入，此外皇后成婚入宫时经过一次，殿试后的前三名状元、榜眼、探花在放榜后可由此门出宫，被认为是极大的荣耀。在普通百姓的心目中，午门是皇宫的大门，是皇帝任意处置臣民的地方，于是在小说戏曲中常有“推出午门斩首”的说法。当然，如果哪位大臣进谏惹恼了皇上，就会被锦衣卫五花大绑，押到午门外用棍棒打屁股，叫做“廷杖”，自然，死在棍下的也不乏其人。

太和殿是外朝部分三大主殿之一，三大殿坐落在 8.13 米高的汉白玉基座上。台基分三层，每层都有精美的白石护栏，护栏的望柱雕以云龙云凤图案，柱下有用于排水的白石螭首 1142 个（螭首是龙的 9 个儿子之一），下雨时，呈现出仿佛千龙吐水的奇观。台基的南面有 3 座汉白玉石阶，正中央的石阶称“御路”，只有皇帝可以登临，御路上刻有海水、蟠龙、升龙、流云的形象，是皇帝神秘与高贵的象征。

太和殿是皇帝登基，宣布即位诏书的地方。皇帝生子、册立皇后、皇后大婚、宣战出征等，都在这里举行仪式。那仪式真可谓壮观，届时，在殿前 3000 多平方米的广场上，旗幡招展，香火缭绕，鼓乐齐鸣，成千上万的军臣

排列整齐，仆伏于皇帝的脚下，这就是皇帝的尊严。

太和殿，作为皇帝举行重大典礼的地方，是至高无上的代表。它是我国现存最大的木结构建筑，面积 2377 平方米。这里的一切都是建筑型制中最高等级的，黄色琉璃瓦重檐庑殿顶，屋顶上仙人走兽的个数，建筑的开间，以及以龙为主题，以金为用色特点的彩画，无可复加地渲染着豪华庄严的气派。在殿内中央，6 根蟠龙金柱之间是一个 7 级台阶的华丽台子，台上为镂空楠木金漆雕龙宝座，宝座上方是金漆蟠龙藻井（藻井是天花的一种，等级较高），上下金光一片。皇帝在金光中高居宝座，接受文武百官的朝拜。在这里也会发生些滑稽的事情，比如清朝最后一个皇帝溥仪登基时才 3 岁，当人们把他抱上宝座，钟鼓齐鸣，百官拜伏，山呼万岁的时候，竟把这个小皇上吓得大哭大闹起来。

在太和殿前的大平台上，东侧设有古代计时用的日晷，西侧有度量谷物的容器“嘉量”。此外还有鼎式香炉、铜龟、铜鹤等，这些既是大典时的礼仪用具，同时也是江山永固的象征。

伟大的辛亥革命结束了中国 2000 多年的封建制度。1914 年，故宫的前朝部分改成了古物陈列所，内廷仍由被废黜的皇帝居住。1924 年，随着末代皇帝溥仪出宫，这座象征至高无上尊严的皇宫，作为我国最大最精美的博物院——故宫博物院，已成为全国人民和世界各国人民的游览胜地。

## 七大奇迹中的唯一幸存者——埃及金字塔

在震惊世界的七大建筑奇迹中，埃及金字塔是唯一的幸存者，它经受住了时间的挑战和人类对它的破坏摧残，并且仍然以它的雄姿震撼着人们的想象力。

金字塔的建造年代大约在公元前 27 世纪，距现在快 5000 年了。而仅仅在 500 年前，它还是完美无缺的，它的光滑整齐的大理石表面甚至连钢针都插不进去，如今的金字塔却已是满目疮痍、金字塔所遭受的摧残，主要来自于自中世纪以后人们对法老宝藏的疯狂挖掘；附近的居民为了图私利而将现成的石料搬走，也给金字塔造成一定的损失；现代旅游业的发展，也给金字塔带来可怕的污染；随着 1970 年阿斯旺水坝的竣工，尼罗河谷的地下水位陡然升高，使水得以渗入石灰石古迹内部，并以活化盐晶体摧毁它们。然而金字塔毕竟是伟大的，它仍然静静地屹立着，像它身下的岩石一般，以坚定伟岸的体量，默默地与山岳抗衡。在月光下，在玫瑰色的夕阳中，在夏日正午的烈焰或者清晨的迷雾中，金字塔从尼罗河的峡谷中像崇高的山岳一般冉冉升起，主宰着碧空黄土之间的这片风景，也许这就是为什么在古埃及语中，金字塔代表着“高大，升起的地方”。

巨大的金字塔其实是古埃及的统治者法老的坟墓。古埃及人相信人死之后逾千年可以复活，所以对死后的世界格外重视，每位法老一登基，就开始为自己修一座金字塔。目前埃及共有大小金字塔 70 余座，最大的一座是胡夫的金字塔。

金字塔为三角尖锥的造型，因此在古希腊语中，金字塔意为“一种三角形面包”。最大的胡夫金字塔占地 5.29 万平方米，正方形的底边长 23 米，相互之间误差最大为 20 厘米，小于 1/1000；塔的东南角与西北角高度的误差为 1.27 厘米；金字塔的倾角为 51 度 52 分，各倾角的误差亦是微乎其微。这一切使现代人不能不惊叹。胡夫金字塔的高度为 146.59 米，相当于现在 40 多层楼的高度，在埃菲尔铁塔出现之前，一直是世界上最高的建筑物。尤其令人惊奇的是，146.6 米的 10 亿倍正好是地球到太阳的距离，对于崇拜太阳的古埃及人来说，这个数字是否深具含义，还是纯属巧合呢？

金字塔的建造方法始终是个谜。科学家们用现代工具研究表明，建造如此规模的金字塔需 5000 万人，而当时地球上的人口总和才 2000 万。就算当时真的有那么多人，那 230 万块平均每块 2 吨重的巨石又是怎样砌上去的呢？有人认为是利用杠杆原理，有人认为是用作坡法，每建一层修一个大坡，用滚木拉上去。最近有些学者宣布，这些石头根本不是从尼罗河东岸用船运来的，它们是用一种失传了的古代浇制技术创造出来的人造石。他们发现金字塔石块中有中空的气泡，并发现一段一寸长的头发。究竟谁的理论正确呢？

现在，还是让我们返回到胡夫金字塔吧。它的入口在北坡离地 18 米的地方，往下走通往地下墓室，上行则是国王和王后的墓室。最上层的是国王的墓室，里面有一具石棺，但真正埋法老的地方却在地下墓室。皇帝墓室的位置不在中轴线上，也不在塔中心，它的位置一定是有意设计的，不对称的原因却不可知。皇帝墓室垂直上方有 5 个小墓室，据推测，它们的存在是为了减轻皇帝墓室上岩石的重量，在最上面的两个小墓室中，用红色颜料写着“胡夫”的名字，这是目前从金字塔中和塔外能够找到的唯一文字记录。皇帝墓室和皇后墓室还有细长的通风道伸向金字塔的外表，据说，这便是灵魂

出游的通道。

如果进入金字塔一游，那将是最令人难忘的：不可穿越的黑暗，终极的静谧，堆积的巨石充斥在你的四周，你仿佛感觉到尊贵的法老踩过这些地面，并且希望永远安息在这个建筑当中。所有的一切使大金字塔成为尼罗河中最神秘最庄严的古代建筑。

## 比萨斜塔

在意大利半岛中部的比萨城内，一组罗马时期的建筑群，包括大教堂、斜塔、洗礼堂和公墓四部分，人们把它们叫做“奇迹区”。“奇迹区”中又以斜塔最著名，斜塔被称为世界建筑史上的奇迹。

1173年，当时著名的建筑师博纳诺·皮萨诺开始建造作为钟楼的斜塔，动工五六年，他发现塔身已经倾斜，于是不得不停工。90年后，另一位建筑师迪·西蒙内接着建塔，并试图把斜塔的塔身调直，可惜没有成功，而他后来又战死沙场。到1350年，斜塔才由托乌索·皮萨诺最后完成。

该建筑的风格是在罗马建筑的基础之上，融合了拜占庭和阿拉伯的建筑艺术，有精致的柱廊、联拱和壁柱，并且广泛采用各色大理石的镶嵌艺术。

斜塔建成之时，塔顶中心点已偏离垂直中心线2.1米。600多年来，它每年平均向南倾斜约1毫米。现在斜塔最高点为56米，顶部已南倾5.3米，斜度为5度6分，塔的总重为1.45万吨，平均每平方米地面要承重50.7吨。1972年10月的一次地震，无疑是对这幢古老的建筑的严重威胁，幸运的是斜塔竟然“大难不死”。

斜塔倾斜的原因究竟何在呢？据科学家勘察，原来由于这里的地层是由淤泥冲积而成，土质松软，造成地基塌陷所致。人们也曾试着用先进的技术加固塔基，但收效甚微。在比萨城，不仅是斜塔，其他一些建筑也不同程度地向某一方向倾斜。

斜塔至今仍司钟楼之职，据说建造这个钟楼，还是意大利人从穆斯林那里受到的启示。伊斯兰教徒每次祈祷前，清真寺的阿訇便站在尖塔上大声呼唤，那呼声回荡荒野，撼人心魄。基督徒们见后为之心动，于是效仿尖塔建了钟楼，不同之处只在以钟声代替了人的呼喊。

关于斜塔还有一个著名的传说，那就是意大利著名物理学家伽利略，曾在1590年登上塔顶，将两个重量不同的铅球从塔顶同时掷落，其结果是两球竟同时落地。由此他建立了著名的“自由落体定律”，而推翻了长久以来被奉为权威的亚里士多德关于“物体落下速度与重量成正比”的理论。

许多学者对这一传说不予置信，而比萨斜塔却因为这一传说更加大名远扬，吸引着世界各地的游客争相而至，爬上塔顶，做模仿伽利略的试验。

比萨斜塔还能屹立多久？它会有倒塌下来的一天吗？会在哪一天呢？

## 儿童心目中的天堂——迪斯尼乐园

在世界各国的儿童心目中，美国动画片大明星米老鼠，也许比起世界上任何一位总统或影视红星都要倍受青睐。

米老鼠这一形象，是由美国著名的动画片制作家沃尔特·迪斯尼，在 1928 年的《威利汽船》一剧中创造的。1955 年，他又建起了名噪全球的迪斯尼大游乐园。那是个宛如仙境的地方。

迪斯尼乐园位于美国加利福尼亚州的洛杉矶郊区，占地 30 公顷。游乐园内，有芦苇夹岸的河流和藤萝交织的热带原始森林，有原始的小木筏和 18 世纪流行的画舫，有美国西部开垦时期的小镇，有溪流、雪山、瀑布等园林山水，有最著名的灰姑娘城堡。在这之间，则是吊车、马车、火车、双层公共汽车、飞机、火箭等游乐交通工具。

如果你走进迪斯尼先生借以发迹的卡通馆，那些熟悉的卡通片角色：米老鼠、白雪公主、小象顿波或者唐老鸭，就会跑过来热情地招待你。

或者，你还可以乘坐潜水艇游览海底，观赏海底沉船后散失的成箱珠宝和由于地震陷落的海底古城；或骑着飞象，随爱丽丝一起漫游仙境；或乘太空船遨游太空，一览银河。

在园中，还有模仿北京天坛兴建的中国馆，馆中的立体电影厅——“祈年殿”中，放映着中美合拍的圆周电影《中国奇观》。

在令人眼花缭乱的游乐园中，还有单纯追求刺激的“闹鬼之屋”。屋中鬼影憧憧，鬼哭狼嚎，令人毛骨悚然。

游乐园开始创建时，只有 18 个游乐点，1980 年已发展到 57 个，各种设施一应俱全，俨然是一座卫星城。它被人们誉为“童话的王国”，“儿童心目中的天堂”。

## 提醒人们预防地震的建筑

栗板是一位喜欢标新立异的日本建筑师，1984 年，一位女主顾请他设计建造一幢形状奇特的住宅，于是他设计并建造了一幢价值 15 万美元，倾斜 45° 的三层小楼。小楼看来岌岌可危，仿佛一半已经陷进地下。其实，大家完全不必为它担心，因为它只是外形故意做出倾斜欲倒的样子，而房子内部仍然保持通常建筑的水平：竖直与平衡。这座楼房坐落在日本静冈城郊，附近居民和过往行人见此“危楼”无不为之震惊和担心，同时联想到地震的可怕和危险，以及预防的重要。日本是一个多地震的国家，据预测，静冈为下次日本地震的中心，但大震至今仍未爆发，人们思想渐渐麻痹大意，这座造型奇特的建筑的存在，则时时提醒人们，警觉随时可能发生的地震危险。

## “玻璃盒子”

“玻璃盒子”是指现代建筑中外墙全部用玻璃来替代的建筑，玻璃外墙在建筑上通常称做“玻璃幕墙”，它像舞台上的天幕一样，很轻又薄，上下整面都是。

玻璃幕墙外观上的特点是像镜子一样能把四周环境中的一切，一览无余地映射出来，高楼广厦、道路车辆、绿树红花、蓝天白云，反映到人视线中，像电视一样，十分诱人。它是再简单不过的玻璃盒子，却具有极为丰富的视觉观感，这是它最成功的地方。像我国古代园林设计中的高乘手法——“借景”，是最初设计幕墙的建筑师密斯悉心要达到的意境——“少即是多”。

1910年，在一座工厂的局部墙面上第一次运用了较大面积的玻璃幕墙；1914年德国科隆建筑展览会的一座工业馆楼梯间全部用玻璃幕墙，1926年包豪斯的校舍上采用大面积幕墙。这几座建筑都因此获得好评，被誉称为国际新建筑风格的曙光，那时所采用的玻璃只是普通平板玻璃，还没有现代反射玻璃的特异性质，以致于在1945年有一位女医生在她的一幢“玻璃别墅”完成设计建造后，引起她对建筑师的责难，并提出控告。确实，用普通玻璃建造的幕墙，使生活在里面的人，因夏天炙热的阳光射入，使人酷热难当；冬天又由于墙身太薄，寒冷难受。普通砖墙导热系数低，又有相当厚度，在夏天能隔热、冬季能保暖，而比它薄几十倍的玻璃片，即使导热性能一样，这方面也比砖墙差许多倍，因为它和材料厚度成比例。

1952年美国纽约建造的利华大厦是第一座玻璃幕墙高层建筑。这是一座24层的建筑，上部22层为板式建筑，下部2层呈正方形的基座形式，全部用浅蓝色玻璃幕墙，并获得1980年美国“25年奖”。

带颜色的玻璃称做“染色玻璃”，是在玻璃原料中掺入一定比例的各种矿物质，使玻璃呈一定颜色，如蓝绿色、古铜色、灰粉红色等，还能够遮挡一部分太阳辐射的热，可以在夏季减免阳光的辐射热和眩光。但是它的导热系数和普通玻璃是相同的。它还不是反射玻璃。

1985年纽约建造的西格拉姆大厦，着意追求反射效果而采用了灰粉红的幕墙玻璃使立面色彩十分辉煌，被誉为纽约最讲究的大楼，造价、租费也昂贵。1962年，贝尔电话实验室才第一次采用“镜面玻璃”建造幕墙。这座建筑建造在湖岸上，是一座很长的建筑物，像宽银幕电影一样，映射出整个湖面的湖光水色，十分动人。镜面玻璃是真正的反射玻璃。

特异的效果产生了。在白天，从外面看只看到玻璃上反映的周围景色，看不到房间内部的情景，但是里面的人可以看到外面的一切。到了晚上，结果就完全倒过来。从里面看不到外面的情景，只看见墙面反射出室内陈设的情景，像镜子一样，这使人在晚上有安全感，但是在墙外的人可看清里面的一切，对于须要招引顾客的部门，如商店服务行业、文化娱乐场所是最好不过的。如果要保密的话，可以加上一道百叶窗。

更有利的是它能反射热量，从物理学里知道，热量是从热量高的地方向热量低的地方扩散，因此，夏季墙外的高温会通过外窗，向有冷气的、温度较低的室内扩散；冬季相反，从有暖气的室内向寒冷的室外散热，这就增加了冷气和暖气的需要量。使用反射玻璃把整个建筑物外墙覆盖起来后，热量扩散的途径受到很大的阻碍，夏季的高温只有少量能进到室内去；冬季，室内的热量也不容易跑出来。一般称这种墙面有良好的“热功能”，夏季可减

少 85% ~ 92% 的热量，冬季可减少 55% ~ 77% 的热损失。如果用双层玻璃的话，效果就更好了。这种玻璃墙面，还能美化高楼大厦的外表，看上去像水晶宫一样，闪亮闪亮的，增加了情趣。

## 引人入胜的内院大厅

美国亚特兰大市的海亚特旅馆，是座平面为三角形的建筑物，三角形两边是两座竖宜的建筑，中间形成一个巨大的三角形空间，类似一座三角形的帐篷。旅馆高 19 层，三角形空间从第三层开始到顶，占有 16 层的高度，称做“内院大厅”。设计海亚特旅馆的建筑师，在这内院大厅里，增添了许多有特色的内容，在大厅内部种植花草、树木，布置水池、喷泉，把自然园林景观引进室内；同时，在这大厅的下面几层内，布置各种内容丰富的商店、游乐场所、餐厅、小吃部、咖啡馆等等，既方便旅客，又吸引游人。再把自动扶梯、电梯、楼梯及挑廊连接成交通方便的一个整体，人们称它为“垂直广场”。除此之外，又在顶上挂了许多色彩缤纷的挂饰、照明灯具，顶上又有玻璃顶棚，天然光可以照到大厅内，使大厅又有和室外联系的感觉，光线柔和变化，产生异常丰富的光彩效果。游客在大厅内休息、小吃、会谈、聚客，都有极好的气氛。

在内院大厅中还布置了一种很别致的“玻璃电梯”。一般的电梯是用钢板做成客厢，在钢筋混凝土的电梯井内行驶，电梯内的乘客是看不到外面景物的。玻璃电梯的客厢是用透明的玻璃做成的，样子像一只灯笼，它不在电梯井内行驶，而是在不封闭的电梯槽架内行驶，乘客可以清楚地看到外面的景物。当电梯在大厅上升时，里面乘客可以看到整个大厅内的色彩绚丽的灯火和挂饰，五光十色的商店橱窗、水池花草等等。当电梯从大厅内穿出屋面时，景色又豁然开朗，全市景色尽收眼底。乘坐这种电梯给人以新奇有趣的享受，这种玻璃观光电梯在大厅中有时分开在几个地方，有时又在一个地方布置两三架。

屋顶上还建造了一个“旋转餐厅”，这种餐厅装置在可以转动的轴上，整个餐厅能缓慢地水平转动，旅客一边进餐，一边能欣赏慢慢地变换着的城市景色。当一餐饭结束时，不用移动座位，就能看到全城风景。

海亚特旅馆的这三项新颖内容，吸引了大量的旅游者，获得了巨大成功。内院大厅、玻璃观光电梯、旋转餐厅被称做现代旅游建筑中的“三大法宝”。

此后，其他旅游大楼也相继仿效，还发展了许多新的内容，有的在院内大厅周围上上下下布置了许多商店、餐厅、舞池，有的在空中布置了“船形小岛”，里面摆有餐桌，使人有悬在空中和漂在水面的感觉。大厅中到处摆着咖啡座、餐桌。

有的内院大厅不但有水池，还有喷水泉和瀑布，流水不但增加了生气和活力，还有潺潺流水声，增加了欢快的气氛，更增加了大厅的深度。像美国“桃树广场饭店”中的“反射池”，大厅的倒影反映出来，使本来已经十分高大的大厅，无形中高度又增加了一倍。

内院大厅的这些新奇内容，吸引着大量的旅客，有的旅客来过一次还要再来，有的旅店开业不久就被预订完第二年的客房。它的成功，已经使内院大厅不仅仅用在旅游大厦中，其他像办公楼、图书馆、医院等建筑，也先后引用起这丰富多彩的院内大厅。因为在大城市的喧闹嘈杂、空气污浊的外界环境中，内院大厅无异是一个幽静舒适、景致动人的“小自然”环境，而且不爱外面风雨影响。

除了旅游建筑，其他功能的建筑也相继仿效，也不只是用于高层建筑，

任何建筑都可适用，购物中心、办公大厦、商业金融机构、行政中心、文化中心、娱乐中心，甚至像学校、图书馆、博物馆、高级公寓都增加内院大厅的布置，获得良好效果。

内院大厅大多位置在建筑物中心地位，既是综合服务中心，又是人们交往的中心，也是一座建筑的交通中心。这个大空间，大多是顶天立地，从地面到屋顶，周围是各种设施的房间，可休息、可娱乐、可购物，总之，几乎什么都可以享受到，因此人们称之为“共享空间”，在精神上更是有一种丰富的自由感。一个人从某个地方向外看时，能意识到其他活动正在进行，就会在精神上有一种自由感。

内院大厅又是一个大大小小多种空间组合在一起的“复合空间”，变化、运动着的空间感受，也使人感到乐趣。多数的内院大厅还都有一个花饰般的顶部天窗，有的也用玻璃幕墙把外界自然优美的景色引入室内，内外交融，变化无穷。

在阿拉伯地区，气候酷热干燥，新建筑中布置了内院大厅，可以遮蔽阳光，里面温度适宜，还有绿地、水池、瀑布，还能调节温度，真像是沙漠中的绿洲。医院中用“内院大厅”，更有利于病人的疗养休息。根据最近的研究，内院大厅还有利于节约能源，布置合理的内院大厅，可以减少冷气、暖气的消耗量，节约空气调节费，在能源紧张的情况下，内院大厅将会得到更大的发展。

## 智能化建筑

美国哈特福特市。在 1984 年首次出现了一座智能化建筑。它是以完善的计算机网控制并提供各方面的服务；对建筑本身提供设备自动化系统，如对供水、电、空气调节等实施监测、控制；对办公室用户提供完善的办公自动化设施及软件，可以用符合通用国际标准或规程的通用型计算机和国际公共数据库联网，提供建筑物内外的通信联系等多功能服务。

智能化建筑能使各项客户业务活动得以展开，对建筑物实行高效管理，节约人员，降低成本，满足现代信息社会的技术要求。

美国第一次建成智能化建筑的第二年，日本在东京建成日本第一座智能化建筑，随后欧洲各国也相继建造。我国在 1991 年，在广州建造成我国第一座智能化建筑——“广州国际大厦”，它是目前我国最高的建筑物之一，63 层 197.14 米。智能建筑并不一定是新建的建筑，已有的建筑同样可以装备，改装成智能化建筑。

智能化建筑目前发展十分迅速，根据预测，到 1995 年，美国将完成上万座智能化建筑。而日本在新的建筑中，智能化建筑会占 60%。

智能化建筑的范围也将十分广泛，不只局限在商业贸易金融信息等建筑，还用在宾馆饭店、商场、住宅公寓等建筑上。例如日本的智能化住宅，计算机系统可以提据室外天气情况包括温度、湿度、风速等，来自动调节空调设备和窗扇的开合程度，保证所要求的室内温度及湿度。在法国，还设计了用电脑控制的自动跟踪太阳的建筑，使主要居住房间始终能有充分的阳光。还可利用电脑自动调控建筑的能源消耗，使之成为节能建筑。

智能化建筑会有无限广阔的前景。

## 空中楼阁

“空中楼阁”这几个字的意思原来是用来描写一些不可能实现的事情，或者形容一些幻想中虚构的房屋建筑，但如果用来描绘未来世界中的建筑物，看来是十分适当的。

地球表面的土地是有限的，许多可利用的土地，几千年来已被人类用得差不多了，将来增加的这许多人，还得要住在现在这有限的土地上。除了造房子居住以外，还要建设更多的工厂来生产更多的东西给人使用，大部分的土地还要用来种各种植物、粮食和饲养家畜，交通道路也是不可少的，公园绿化也非常需要。这样一来，真是没有更多的地方可用了。

但是，有一个地方还是很空很空的，现在还没有多少人在居住，也没有什么其他东西，这个地方就是天空。它空空旷旷，广大无边，确实还大有可为。事实上，它已经被用了一小部分，摩天楼就是用了一点天空。在大城市里，有些道路在另外一些马路的上面跨过，有时候甚至有三四层，一些小车、公共汽车和火车在各自的高度上互相不会干扰地走来走去，这叫做“立体道路”。在交叉口地方的立体道路称做“立交桥”，是解决地面不足的一种办法。未来建筑中有些设想也和“立交桥”相似，道路可以跨过道路，房屋也同样可跨过房屋，这是一种“天桥式城市”的设计，只要在地面上建造起一列一列高高的柱子，像造大桥那样在柱子上建造多层的楼房，联成一条长长的建筑物，也能扩大成一大片，可以很方便地越过任何地面建筑物，跨过现有房屋、工厂，越过田野、桥梁、河流，伸向远处。有的建筑师还提到利用这类方法，可以横越过海峡，跨过地中海，让欧洲的城市和非洲的城市联成一体。这种“空间网格”结构，建造起来并没有难以解决的技术问题，立体道路可以做到，立体房屋同样可以实现。除了柱子之外，并没有占用多少土地。

利用天空的设想很多，除上面的“天桥式城市”外，人们还设想建造一组倾斜式建筑，它是不稳定的，利用其倾斜的力来“拉紧”一组钢索网，就像两个人斜着身子拉紧一根绳子一样。被拉紧的钢索网上能够布置另外的房间、大厅，也可在上面布置人行道、绿地，两座倾斜的建筑之间形成的大空间，可布置商店、餐厅、公园，以及需要遮蔽的运动场地等。

如果在一张“拉得很紧”的网上挂着一些建筑，又成另一种挂式房屋，设想者称为“悬浮建筑”，是因为悬挂建筑的钢索紧拉在无数高塔顶上，结成一张大网，在网上悬挂起建筑物，如住宅、商店等等。钢索网在相当高的空中，从远处看去，只看见建筑物高悬在空中，像悬浮在空气中一样，因此称“悬浮建筑”。在将来，更高强度的钢索会不断研制出来，更大些的建筑物也是可能挂起来的。

利用空间建造超高层的高楼大厦，还会继续发展下去。建筑师曾预言，将来一二千米高的建筑物会普遍地修建，设想中，甚至许多高楼组合叠起来，成为超高层建筑。这种又高又大的多层叠合的建筑物，叫做“垂直城市”。

“空中楼阁”的设想真是非常之多。

除了空间，还有地下和海洋，都是可以发展的地方。但是，无论是地下还是海洋，都要花费比在地面上建造房子多许多倍的代价和时间。

