

JIANZHUKEJIJIESHUO

科技普及读物

ZhongguoKejiShihua

中国科技史话

建筑科技 解说

〈上〉



辽海出版社

邢春如·主编

中国科技史话

建筑科技解说

(上册)

邢春如 主编

辽海出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国科技史话. 12/邢春如主编. —沈阳: 辽海出版社,
2007. 5

ISBN 978 -7 -80711 -701 -8

I. 中… II. 邢… III. 自然科学史—中国—青少年读物
IV. N092 -49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 072467 号

目 录

一、建筑简史

自然条件对中国古代建筑的影响.....	(1)
中国古代建筑发展的几个阶段.....	(3)
中国古代建筑的特点.....	(8)
古代建筑技术的主要成就	(27)

二、古建筑的结构与构造

台基与基础	(58)
主体结构——木柱架	(64)
木结构的连结法.....	(101)
古建筑装修.....	(106)

屋 顶	(114)
墙壁与地面	(124)
古建筑彩绘技术	(133)

三、古建筑保护与维修

古建筑的价值与作用	(138)
中国文物、古建筑保管工作的回顾	(147)
古建筑的鉴别与选择	(157)
古建筑的保管工作	(165)
古建筑的维修原则与新材料新技术的应用	(177)
历史文化名城的保护与建设	(194)

一、建筑简史

自然条件对中国古代建筑的影响

中国是一个土地辽阔、人口众多的国家，也是一个由多民族所组成，具有悠久的历史而又富于革命传统的伟大国家。各个民族，由于长期间经济和文化的交流、融合而共同发展壮大，因而在建筑方面，从分布范围和数量上来讲向以汉族建筑为主流。但同时，各民族和各地区的建筑又有若干独自的特点，呈现着丰富多彩的情况。

建筑是人类在生产实践中的产物，具有明显的社会性、阶级性和民族性，因此，建筑文化从意识形态方面来讲也是属于社会的上层建筑。

中国建筑由于古代各族劳动人民在广阔的国土上，在极其悬殊的自然条件下，使用木构件与砖、石等材料相结合的结构方法，建造了大量的房屋，积累了丰富的实践经验，逐步形成一个独特的建筑体系：这个建筑体系随着中国社会的发展和科学技术的进步，从个体建筑的设计、组群的布局到整个城市规划，创造了无数优秀作品，并且对邻近国家的建筑发生过深

一、建筑简史

远的影响，成为世界建筑宝库中的一份珍贵遗产。

中国位于亚洲的东南部，东南滨海，西北深入大陆内部，面积约960万平方公里。中国的地形是西部和北部高，东、南部逐渐低下。其中有世界最高的青藏高原和峭壁深谷的西南横断山脉，有坡陀起伏的丘陵地区，有面积辽阔的沙漠和草原，有土壤肥沃的冲积平原，也有河流如织的水乡。

中国的气候，从南中国海到北部邻接近西伯利亚的边境，南北相距约5500公里，包括亚热带、温带和亚寒带。一般来说，东南多雨，夏秋之间常有台风来袭，而北方冬春二季为强烈的西北风所控制，比较干旱，大陆性气候特点非常显著。但在同一纬度上的各地，又因地形差别而气候不同：内陆高原往往寒暑温差较巨，沿海地区则温差较小。

在这些自然条件不同的地区内，古代中国劳动人民因地制宜，因材制用，创造了各种不同风格的建筑。黄河中游一带，由于黄土层既厚且松，利于农业生产，因而在新石器时代后期，人民便在这里定居下来，繁衍生息，成为中国古代文化的摇篮。当时这一带的气候比现在温暖而湿润，生长着茂密的森林，木材就逐渐成为中国建筑自古以来所采用的主要材料，为了抵御严寒，北方的房屋朝向采取南向，以便冬季阳光射入室内，并使用火坑与较厚的外墙和屋顶，建筑外观厚重而庄严。在温暖潮湿的南方，房屋多采取南向或东南向，以接受夏季凉爽的海风，或在房屋下部用架空的干阑式构造，流通空气，减少潮湿。建筑材料，除木、砖、石外，还利用竹与芦苇；墙壁薄，窗户多；建筑风格轻盈而疏透，与前述北方建筑恰成鲜明的对比。

此外，在石料丰富的山区，每用石块、石条和石板建造房屋；森林地区则往往使用井幹式壁体。这些差别，说明在同一民族的建筑中，又因不同地区的自然条件，产生了各种各样的特点。

中国古代建筑发展的几个阶段

原始社会晚期（约5万年前～前4000年）

大约在五万年前，中国原始社会进入了氏族公社形成和确立的时期。原始氏族公社不仅在黄河流域得到了繁荣和发展，在其他地区——长江流域、东南沿海及岛屿，西南、东北、北方草原地带、新疆以及青藏高原等广大范围内，氏族公社的经济文化都普遍地发展起来。黄河中游的氏族部落，在利用黄土层为壁体的土穴上，用木架和草泥建造简单的穴居和浅穴居，逐步发展为地面上的房屋，并为适应公社生活的需要，出现了面积相当大的氏族聚落，已奠定了木构架建筑的雏形，为中国建筑发展史揭开了序幕。

奴隶社会（约前21世纪～前476年夏—商—西周—春秋）

公元前21世纪，原始社会解体，出现了中国历史上第一个王朝——夏。从夏朝起，中国的奴隶社会逐步形成和发展。公元前17世纪，在黄河下游，商朝正式奠定了奴隶制国家的基础，到商朝后期创造了灿烂的青铜文化。经过西周至春秋时代结束为止，前后约一千六百年之久，是中国的奴隶社会时代。

建筑方面，商朝已有较成熟的夯土技术，她的后期不仅驱使大量奴隶为奴隶主建造宫室、宗庙和陵墓，并且修建了一些规模相当大的灌溉工程和防御工程。当时已能建造规模较大的木构架建筑，同时还出现了前所未有的院落群体组合，西周以后出现了瓦，版筑技术又有所提高。春秋时代的统治阶级营建了很多以宫室为中心的大小城市，城壁用夯土

一、建筑简史

筑造，宫室多建在高大的夯土台上。原来简单的木构架，经商周以来的不断改进，已成为中国建筑的主要结构方式。

奴隶制社会的确立，在建筑发展上引起了另一方面的深刻的变化是：奴隶主贵族住宫室，臣工、奴隶住窝棚、地窖，强烈地表现了阶级对立的情况。

封建社会（前 475 ~ 1840 年）

公元前 5 世纪末期，中国历史进到战国时代，确立了封建制社会。铁器的广泛使用大大推动了生产力的发展；新兴的地主经济逐渐取代了领主经济。这种新的生产方式促进了当时的工农业、商业和文化的发展，从而战国时代的城市规模比以前扩大，高台建筑更为发达，并建造多层的木构架房屋，出现了砖和彩画；而中国最早的一部工程技术专著——《考工记》还反映了春秋、战国之际的许多重要建筑制度，如王城规划思想以及版筑、道路、门墙和主要宫室内部的标准尺度，并记录了一些工程测量的技术。

战国后期秦灭六国，建立统一的中央集权的封建王朝，修建了空前规模的宫殿、陵墓、万里长城、全国性公路——驰道和水利工程等。

不久秦亡汉兴，经过四百多年为魏、蜀、吴三国所代替。西汉与东汉曾先后建设规模宏伟的首都长安和洛阳。汉末曹操又营建了规制整齐的邺城。而文献描述的长安宫苑建筑的壮丽情况，与近年来考古发掘及其他遗物相印证；说明汉朝建筑取得了很多重要进展，如当时已大量使用成组的斗拱、木构楼阁逐步代替了高台建筑。同时砖石建筑也发展起来，出现了砖券结构，宫殿遗址中所发现的各种瓦、下水管以及墓葬中所使用的大块空心砖都充分反映了当时制陶业的技术水平。中国建筑作为一个独特的体系，到汉朝已经基本形成了。

从晋朝的建立和东晋南迁，到南北朝结束为止的三百一

十六年间，是中国历史上充满民族斗争和民族大融合的时代。晋初黄河流域战争频繁，破坏了农业生产，但长江流域保持比较稳定的局面，生产和文化不断上升。这个时期的建筑有不少新的发展。都城规划的布局原则在汉末邺城的传统上逐步推进，作为都城中心的皇宫，其位置偏向北移，并设立规制整齐的东西市。新兴的宗教建筑特别是佛教建筑的繁荣发展，是这时期建筑历史中的另一重要特点，出现了大量宏伟华丽的寺、塔、石窟和精美的雕塑。这些辉煌作品是当时匠师们在中国原有建筑艺术的基础上，吸收一定的外来影响而创造的艺术精品，同时并影响了朝鲜和日本的建筑。

隋朝统一全国后，开凿贯通南北的大运河，促进以后千余年间中国南北地区的物质和文化的交流与发展，也影响到后几代首都地址的选择，是古代劳动人民在水利工程史上所创立的一项伟大业绩。隋朝首都大兴城依据详密的规划进行建设，它的规模宏巨、分区明确与街道整齐都超越前代都城；唐朝又继续经营，改名长安，成为当时世界上最伟大的城市。唐朝由于文化、艺术和各种手工业的大步迈进，商业随着发展，并扩大国际贸易和文化交流，促成许多内陆与沿海城市的繁荣。这时期的建筑等级制度更为详密；遗存下来的陵墓、木构殿堂、石窟、塔、桥及城市宫殿的遗址，无论布局或造型都是气魄雄伟，具有高度的艺术和技术水平，雕塑和壁画尤为精美，不但显示唐代建筑是中国封建社会前期建筑的最高峰，并证明中国建筑已经发展到完全成熟的阶段了。

宋朝最初和契丹族的辽国对峙于华北的北部，到12世纪初，女真族的金国灭辽，进而压迫宋朝退到淮河以南，但在经济和文化方面，宋朝居于先进地位。宋朝开垦“圩田”扩大水稻种植面积，推广闸堰塘陂等水利灌溉工程，龙骨水车和水磨等手工业技术及测量仪器等都有许多改进提高，手

一、建筑简史

工业的分工更加细密。国内商业和国际贸易相当活跃，中等城市的数量比前增多，市民生活随着提高。

北宋的首都东京——开封，为了适应当时手工业和商业的需要，废除汉以来都城采用的封闭式坊里制度，是一个巨大改革。在桥梁建筑方面，出现了大跨度的木构拱桥（虹桥）。在福建泉州洛阳江口所建的万安桥，有经验的桥梁工人采用“筏形基础”，有效地解决了潮水冲刷的问题，这都是前所未有的技术成就。这时期建筑群的布局和形象出现了若干新手法，建筑风格趋向于柔和绚丽。装修、彩画和家具经过改进已基本定型，室内布置也开辟了新途径。这时期的木、砖、石结构有不少新发展，并制订以“材”为标准的模数制，使木构架建筑的设计与施工达到一定程度的规格化，12世纪初编写的《营造法式》就是总结这些经验的一部杰出的著作。因此，宋朝是中国封建社会建筑发生较大转变的时期，影响以后元、明、清三朝的建筑。

契丹族的辽国地处北部边疆地区，在经济、文化方面与内地交流比较频繁。由于汉族文化的影响，曾借用汉族工匠的技术力量修建了若干城市、宫殿和寺、塔等宗教建筑。因此一般建筑的结构与风格，在初期仍保持着唐代的传统；而中期以后，在受宋代建筑影响的同时又有不少创造性的发展。与南宋同时的金国，则融合了辽、宋的建筑传统，在建筑结构手法上和艺术风格上又取得了不少新的成就，为后来元代建筑的发展开辟了新途径。

忽必烈灭宋，统一中国，建立了元朝。元朝的首都——大都就是北京的前身，也是使马可波罗无限赞叹的汗八里（即大汗城）。这时随着各民族的文化交流，喇嘛教和伊斯兰教的建筑艺术逐步影响全国各地，中亚各族的工匠也为工艺美术带来了很多外来因素，使汉族工匠在宋、金传统上进行创造的宫殿、寺、塔、和雕塑等呈现着若干新的趋向。

汉族农民起义推翻元朝统治后，朱元璋建立了明朝，明朝和后来继起的清王朝的封建专制制度更为严密，可是资本主义生产关系的萌芽在明朝后期已经出现，在建筑、水利、造园等方面涌现出来不少优秀的专门匠师和学术著作，就反映了当时所具有的科学技术水平。到了清朝，历经曲折，这些科技水平仍有缓慢的提高，而封建制度却逐步走向解体。

明朝由于制砖手工业的发展，除了修建规模伟大的长城和建造南北二京以外，一般府、州、县城垣也多用砖砌，民间建筑也多使用砖瓦。这时期的官家建筑已完全标准化，定型化，建筑装饰琐碎繁缛，但某些组群建筑的布局与形象很富变化，民间建筑的类型与数量较前加多，质量也有所提高，各民族的建筑也于此时发展成熟。同时，皇家和私人的园林有很大的发展，成为这时期的一份珍贵的文化遗产。因此，明清建筑继汉、唐、宋建筑之后，成为中国封建社会建筑的最后一个高潮。

中国古代建筑的特点

完整的木构架系统

中国古代建筑从原始社会起，一脉相承，以木构架为其主要结构方式，并创造与这种结构相适应的各种平面和外观，形成了一种独特的风格。木构架又有抬梁、穿斗、井幹三种不同的结构方式，而抬梁式使用范围较广，在三者中居于首要地位。

（一）抬梁式木构架

抬梁式木构架至迟在春秋时代已初步完备，后来经过不断提高，产生一套完整的比例和做法。这种木构架是沿着房屋的进深方向在石础上立柱，柱上架梁，再在梁上重迭数层瓜柱和梁，自下而上，逐层缩短，逐层加高，至最上层梁上立脊瓜柱，构成一组木构架。在平行的两组木构架之间，用横向的枋联络柱的上端，并在各层梁头和脊瓜柱上安置若干与构架成直角的檩。这些檩上除排列椽子承载屋面重量以外，檩本身还具有联系构架的作用。这样由两组木构架形成的空间称为“间”。一座房屋通常由二、三间乃至若干间沿着面阔方向排列为长方形平面。除此以外，木构架结构还可以建造三角、正方、五角、六角、八角、圆形、扇面、万字、田字及其他特殊平面的建筑，和多层的楼阁与塔等。

斗拱：中国封建社会的建筑，由于等级制度的关系，只有宫殿、寺庙及其他高级建筑才允许在柱上和内外檐的枋上

安装斗拱。所谓斗拱是在方形坐斗上用若干方形小斗与若干弓形的拱层迭装配而成。斗拱最初用以承托梁头，枋头，还用于外檐支承出檐的重量，后来才用于构架的其他节点上，而出檐的深度越大，斗拱的层数就越多。中国古代的匠师早就发现斗拱具有结构和装饰的双重作用，因而以斗拱层数的多少表示建筑物的重要性。

至于斗拱的发展过程，至迟在周朝初期已有在柱上安置坐斗，承载横枋的方法。到汉朝，组成斗拱已大量用于重要建筑中，斗与拱的形式也不止一种。经过两晋、南北朝到唐朝，斗拱式样渐趋于统一，并用拱的高度作为梁枋比例的基本尺度。

后来匠师们将这种基本尺度逐步发展为更周密的模数制，就是宋《营造法式》所称的“材”。“材”的大小共有八等，而“材”又分为十五分，以十分为其宽。根据建筑类型先定材的等级，然后构件的大小、长短和屋顶的举折都以“材”为标准来决定，因此，既简化了建筑设计手续，又便于估算工料和在场地进行预制加工，并且多座房屋可以齐头并进，提高施工速度，满足短时期内建造大量房屋的要求。这种方法由唐宋沿袭到明清，前后千余年，由此可见斗拱在中国古代建筑中居于十分重要的地位。

不过宋朝木构架的开间加大，柱身加高，房屋空间随之扩大，而木构架节点上所用斗拱却逐步减少，不如唐代之多，这种趋向到明清两代更为显著，也就是高级抬梁式木构架的结构及其艺术形象由简单到复杂，再由复杂趋于简练是一个重要发展过程。同时，明清两代的柱梁较唐宋大，而斗拱较唐宋小而且排列较丛密，几乎丧失原来的结构机能而成

为装饰化构件了。

(二) 穿斗式木构架

穿斗式木构架也是沿着房屋进深方向立柱，但柱的间距较密，柱直接承受檩的重量，不用架空的抬梁，而以数层“穿”贯通各柱，组成一组组的构架，也就是用较小的柱与数木拼合的穿，做成相当大的构架，用料经济，施工简易，是它的主要特点。这种木构架至迟在汉朝已经相当成熟，流传到现在，为中国南方诸省所普遍采用，但也有在房屋两端的山面用穿斗式而中央诸间用抬梁式的混合结构法。

(三) 井幹式木构架

用天然圆木或方形、矩形、六角形断面的木料，层层累叠，构成房屋的壁体。据商朝后期陵墓内已使用井幹式木椁，可知这种结构法应产生于这时以前。此后，周朝到汉朝的陵墓曾长期使用这种木椁，榫卯结构加工相当细致，汉朝初期的宫苑中还有井幹楼。至于井幹式结构的房屋，据汉朝西南兄弟民族的随葬铜器所示，既可直接建于地上，也可像穿斗式构架一样，建于干阑式木架之上，不过现在除少数森林地区外已很少使用。

除上述三种结构形式以外，西藏、新疆等地区还使用密梁平顶、承重墙结构，因此，当地建造楼房已有悠久的历史传统。

中国古代木构架结构的优点

(一) 承重与围护结构分工明确

中国的抬梁式木构架结构如同现在的框架结构一样，在平面布置上可以形成方形或长方形柱网。柱网的外围，可在柱与柱之间，按需要砌墙壁、装门窗。由于墙壁不负担屋顶

和楼面的荷重，这就赋予建筑物以极大的灵活性，既可以做成各种门窗大小不同的房屋，也可做成四面通风，有顶无墙的凉亭，还可做成密封的仓库。在房屋内部各柱之间，则用格扇、板壁等做成的轻便隔断物，可随需要装设或拆改。因此，中国历史上有预先制作结构构件运至现场的记载，也有若干拆运成批宫殿易地重建的记录。

不过据汉明器、唐长安遗址发掘及清朝某些地区的住宅所示，有在房屋内部用梁柱而周围用承重墙的方法，由此可见抬梁式木构架结构经过长期间的实践，然后成为中国建筑最普遍的结构方法。至于穿斗式木构架的柱网处理虽不及抬梁式木结构那样灵活，可是在承重和围护结构的分二方面仍然一样。

（二）便于适应不同的气候条件

无论抬梁式或穿斗式木构架的房屋，只要在房屋高度、墙壁与屋面的材料和厚薄；窗的位置和大小等方面加以变化，就能广泛地适应各地区寒暖不同的气候。

（三）有较好的抗震效能

木构架结构由于木材具有一定弹性，梁柱的框架结构有较好的整体性；高级古建筑的基础部分采用满堂灰土，用分层夯实的灰土作地基，具有较好的整体性和材料弹性，因而木构架房屋具有较高的抗震性能，能抵抗强烈地震所引起的破坏。如山西应县木塔、河北蓟县独乐寺观音阁和北京故宫等处的古代建筑，历史上曾经受多次地震，至今仍安然无恙，就是使人十分信服的例证。

（四）材料供应比较方便

因地制宜、就地取材、因材制用是我国一个优良的历史

传统。在古代中国大部分地区，木料比砖石更容易就地取材，而且加工比较容易，可迅速而经济地解决材料供应问题，因此，木结构不但广泛用于一般房屋建筑，还用于各种梁式、悬臂式和拱式桥梁。

木构架结构以外，周朝初期已产生了瓦。接着战国时代出现了花纹砖和大块的空心砖，而且未经过红砖红瓦的阶段，一开始就生产质量较高的青砖、青瓦，以后也一贯使用着这种优质材料。汉朝除了已有砖券墓和预制拼装的空心砖墓以外，墓内还使用印有人物和各种花纹的贴面砖。自此以后，木构架建筑的墙壁逐步以砖代替原来的夯土和土砖。至于砖拱结构之用于地面建筑，早期的仅见于塔的内部；从元朝起开始用砖拱建造地面上的房屋，有筒拱也有穹隆顶，到明朝则出现了完全用拱券结构的碉楼和结构用砖拱而外形仿木建筑的无梁殿，并进而在砖拱与木构架结构相结合的城楼、鼓楼和陵墓的方城明楼等，创造了许多雄伟、精美的作品。

6 世纪上半期，北魏宫殿已使用琉璃瓦。随着制作技术的提高，宋朝用琉璃砖建造高达 58 米的开封祐国寺塔，明清两代制陶手工业突出发展，改用瓷土烧制琉璃。琉璃砖瓦的质地更为坚致，釉料颜色也更多样化，举世闻名的南京报恩寺磁塔虽已不存在，仍然标志当时琉璃技术的辉煌成就。

汉代以后，中国石建筑有不少形制美丽和雕刻精湛的墓、阙、塔、幢和桥梁。其中 7 世纪初隋朝建造的赵县安济桥，不仅形象优美，并首创世界上敞肩式拱桥结构，有力地说明中国古代石结构的高度水平。

独特的群体组合形式

以木构架结构为主的中国建筑体系，在平面布局方面具