



中國古代建築藝術史

博遠出版有限公司



中國古代建築技術史

博遠出版有限公司



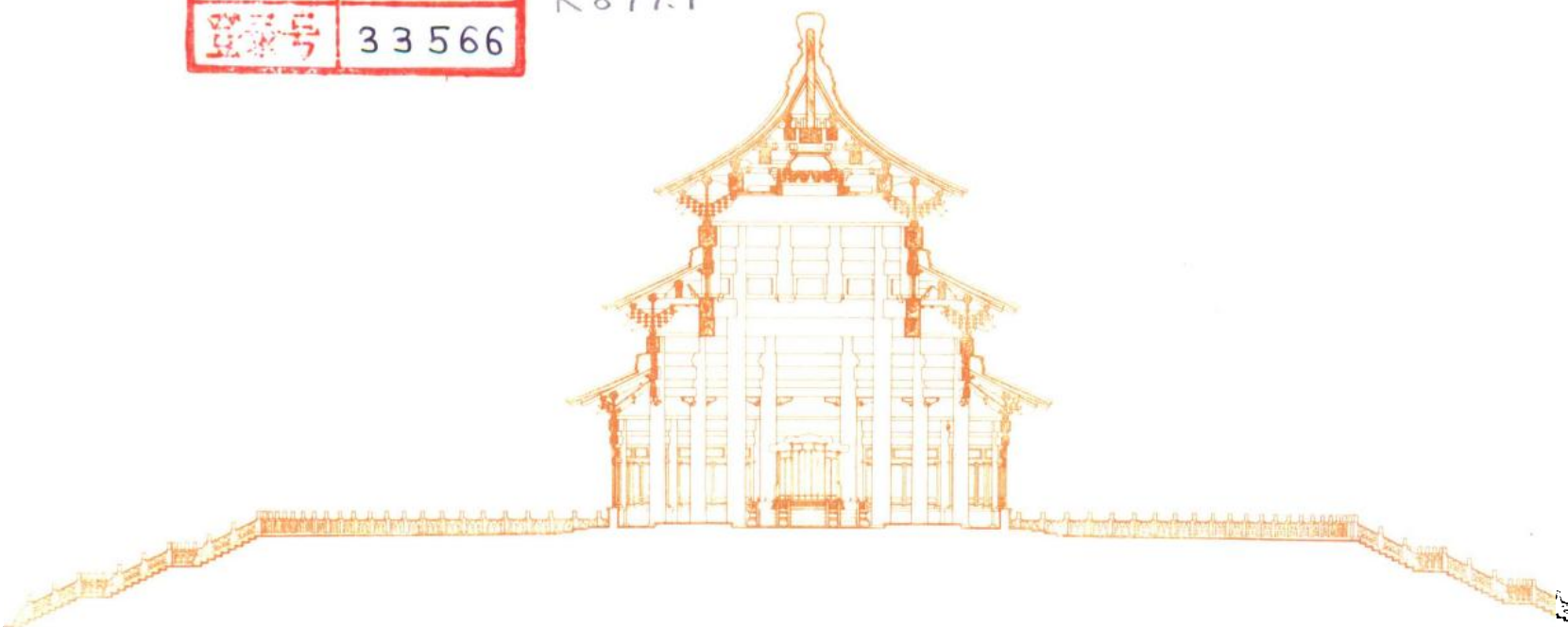
中國古代建築技術史

博遠出版有限公司

分类号	26.32991
著者号	K 542
登录号	33566

内部

K879.1

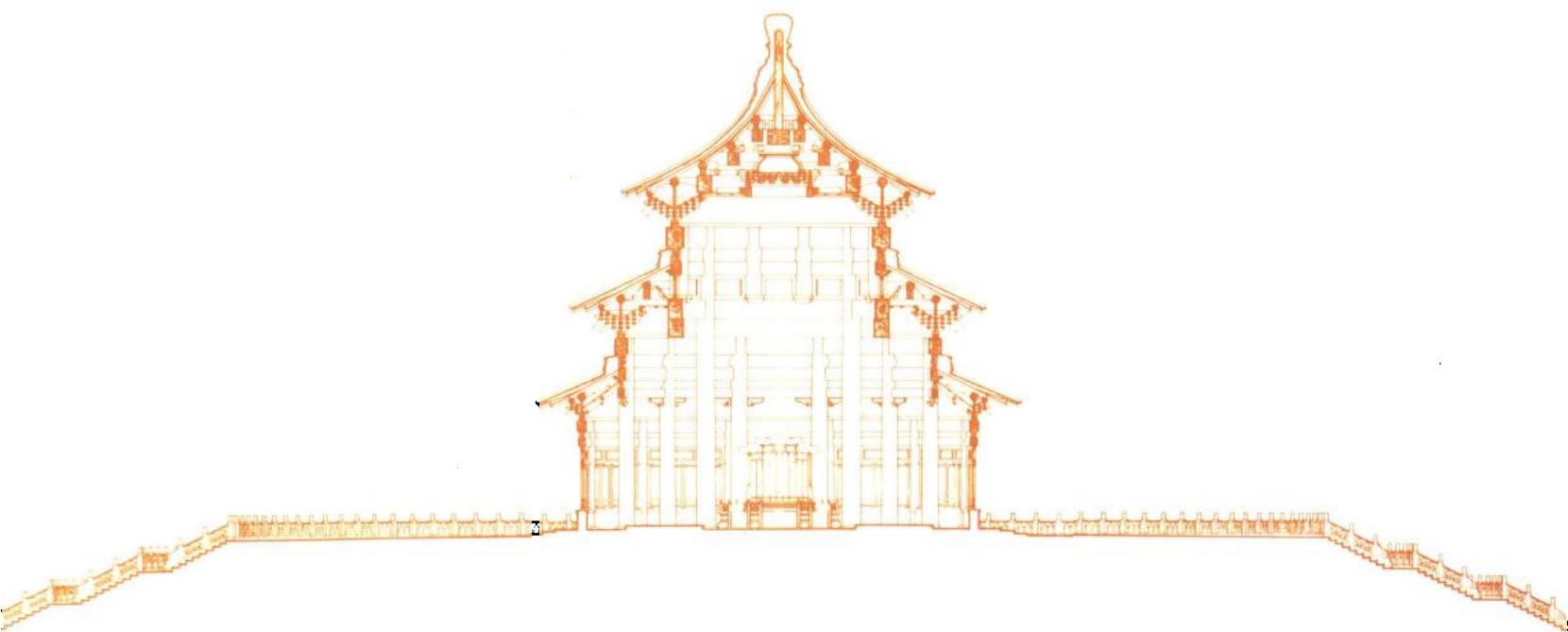


中國古代建築技術史

博遠出版有限公司



結合文獻記載、考古發掘與實物調查，
以簡練而系統的文字、
形象化的圖片——
再現傳統建築的光彩



中國古代建築技術史

發行人 蕭振士
主 編 北京科學出版社
出 版 博遠出版有限公司
地 址 台北市民權東路6段56巷15弄1號1樓
電 話 (02)7951730~1
傳 真 (02)7951891
郵 撥 1239325~6 博遠出版有限公司
登記證 行政院新聞局局版台業字第4155號
再 版 中華民國82年5月

特約經銷 南天書局有限公司

地 址 台北市羅斯福路3段283巷14弄14號
電 話 (02)3620190 傳真(02)3623834
郵 撥 01080538 南天書局

定 價 精裝全三冊 NT2800元

1998. 5. 4
中国书店
邃雅斋书店
NO 0237916
¥1380.00

前言

建築是一個民族所創造物質文化的重要組成部分。它綜合地反映了某個特定歷史時期該民族在科學技術和文化藝術上所達到的水平。因此，建築史不能不成為一個民族的科學文化史的重要內容。

我國是世界文明古國之一。我國古代人民和建築匠師創造了燦爛的科學文化，留下了豐富的建築遺產。我國的學者，很早就對古代建築遺產進行整理和研究，特別是從本世紀三十年代起，曾對我國古代建築遺產作了大量的調查研究，奠定了對我國古代建築研究的基礎。近年以來，建築史的研究工作有了更加廣泛深入的開展。

一座建築，需要投入大量的人力、物力、財力，並且通過一定的科學技術方法，才能實現。因此，對於建築歷史的研究，十分重要的是，要從物質生產的角度、社會經濟的角度、科學技術的角度去分析。如果我們不從生產、經濟、技術方面去研究，就不可能全面地認識建築發展的規律，也不可能正確地評價一座建築的優劣。而這些方面，正是以往建築史研究中所欠缺的薄弱環節。很久以來，我國廣大建築史工作者就抱有這樣的願望：通過編寫中國古代建築技術史來整理和總結我國古代建築技術方面的成就，提高整個建築史學科的研究水平，從而全面地正確地，認識和評價我國古代建築遺產。

一九七六年四月，中國科學院自然科學史研究所召集了《中國古代建築技術史》編寫會議，得到全國建築史工作者的熱烈歡迎。會議決定採取大協作的方式，較快地編寫出《中國古代建築技術史》，作為《中國科學技術史叢書》的組成部分。

這部書開始編寫時是在人手缺乏，專業荒疏資料奇缺、時間緊迫，又有許多基礎薄弱甚至空白的專題。面臨着這些困難，許多地區的有關部門給予了熱情的來信，表示期望和鼓勵。這說明，

本書的編寫和出版，是符合廣大讀者迫切需要的，對我國科學文化事業的發展是有意義的。

四年來，大致做了下述的工作：整理了迄今所掌握的建築技術史資料，雖不能說是全部，但已包含了各個歷史时期的主要材料，其中一些乃是考古或調查所得的最新資料；使零散的資料，初步形成了脈絡；以往缺乏研究或者空白的領域，初步有了眉目；同時對中國古代建築技術的發展過程，及其做法經驗和成就作了初步的闡述和總結。

本書為集體寫作，不免有各自取材範圍、用語習慣、文章結構等方面的差異。我們的基本要求是：資料可靠，立論有據，文章簡潔，用語通順易懂；在此前提下，力求協調統一。

本書預定的一些內容，由於資料不足，或疑點較多尚待解決，最後只得空缺，例如施工工具、金屬構件、建築聲學等，原擬設專節，後來都刪掉了。

由於現有資料的局限，某些章節中材料的選取，或偏於具體技術而較少歷史發展的關係，或偏於北方地區而較少南方地區的資料，這些不足之處，有待今後補充。以各章節份量而言，亦存在詳略有異、深淺不同等情況。

許多學術問題，正是在編寫過程中發現和認識的，在這之前，我們還不可能發現和認識它；我們也還不能解決一切雖已提到日程上來，但還有待今後長期工作才能獲得答案的問題。歷史資料的發掘是不斷的，我們的認識也是發展的。因此，本書只是我國建築技術史研究當前階段的成果。希望全國有志於此的學者們共同努力，用辛勤的努力去取得更大的成績。

本書能較快地完成，得力於全國性的大協作；對於在本書編寫過程中許多單位給予的熱情支持和幫助，我們表示衷心的感謝。



目 錄

第 一 冊

前言.....1

緒論.....1

第一章

原始社會時期的建築技術

(西元前2100年以前).....13

第一節 建築技術的萌芽.....13

第二節 巢居和干闥建築.....14

第三節 黃土地帶穴居建築的發展——
土木混合結構的主要淵源.....17

第四節 母系氏族社會中晚期的
建築經營.....36

第五節 母系氏族社會的聚落規劃.....37

第六節 氏族社會蛻變階段——
父系氏族社會的聚落佈局與
建築技術的發展.....39

第二章

奴隸社會時期的建築技術

(西元前2100年至西元前475年).....43

第一節 建築技術的發展概況.....43

第二節 夯土築城技術的發展.....44

第三節 土木結構建築.....50

第四節 建築工具與材料.....60

第三章

封建社會時期建築技術的 發展概論

(西元前475年至西元1840年).....65

第四章

土工建築技術.....73

概說.....73

第一節 夯土版築工程技術.....74

第二節 土坯工程技術.....85

第三節 土窯洞工程.....88

第四節 民間房屋土工技術.....91

第五章

木結構建築技術.....97

概說.....97

第一節 戰國至西漢的木結構.....101

第二節 東漢至南北朝的木結構.....107

第三節 隋唐五代的木結構.....115

第四節 遼代木結構.....125

第五節 宋代木結構.....146

第六節 金代木結構.....168

第七節 元代木結構.....176

第八節 明清木結構.....202

第九節 木裝修技術.....246

第十節 木結構建築的基礎.....262

第十一節 附竹結構建築技術.....268

第六章

磚結構建築技術.....275

概說.....275

第一節 牆體砌築技術.....277

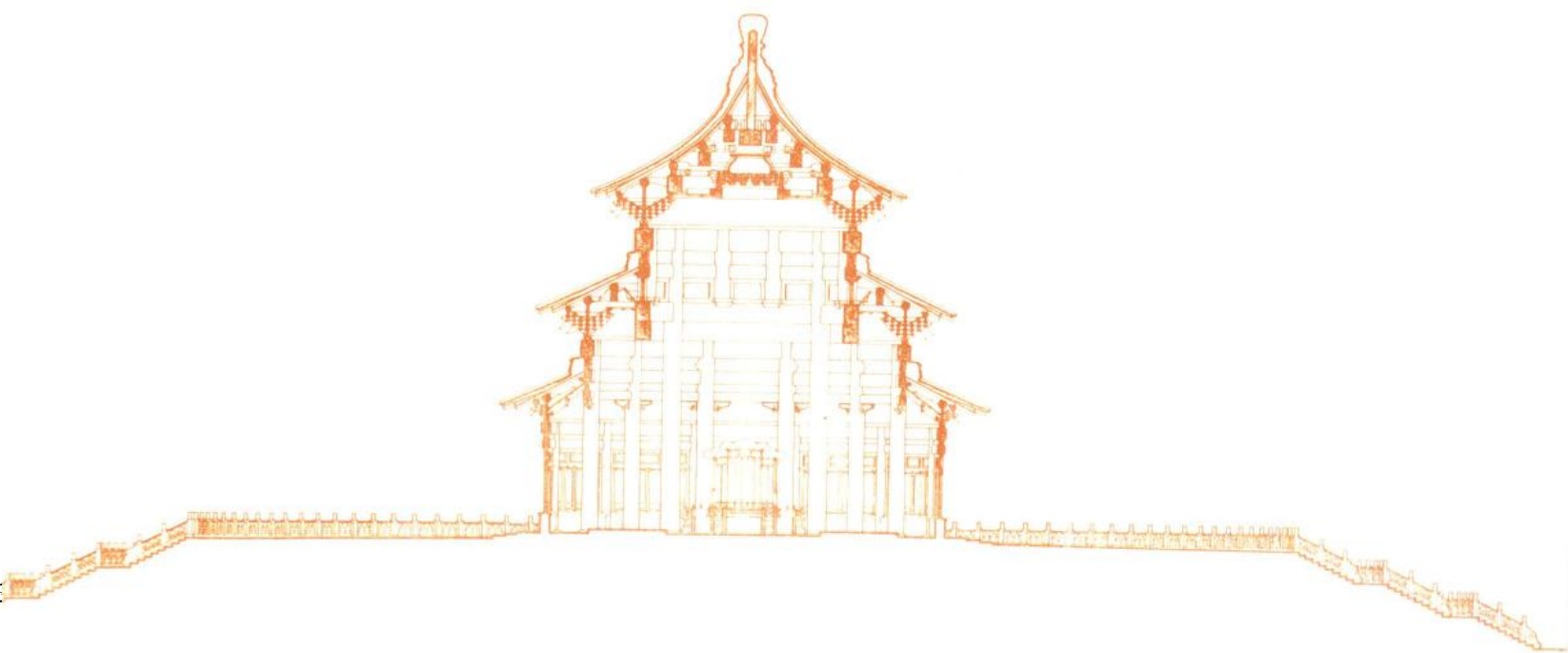
第二節 磚頂結構技術.....291

第三節 磚鋪地與磚貼面.....300

第四節 鋪瓦工程.....307

第五節 高層磚結構——磚塔.....315

F085/23 11



目 錄

第 二 冊

第七章

石結構建築技術	359
概說	359
第一節 石窟工程	361
第二節 石結構建築	377
第三節 石橋	395
第四節 石海塘	405
第五節 木構建築的石構件	409

第八章

建築材料的加工與製作	419
概說	419
第一節 木材的採伐和加工	420
第二節 石材的開採和加工	423
第三節 磚的製作技術	426
第四節 瓦的製作技術	439
第五節 琉璃磚瓦的製作技術	449
第六節 石灰及膠泥	460

第九章

建築裝飾技術	469
概說	469
第一節 歷代建築色彩和彩畫	474
第二節 明清建築彩畫技術	486
第三節 建築油漆	522

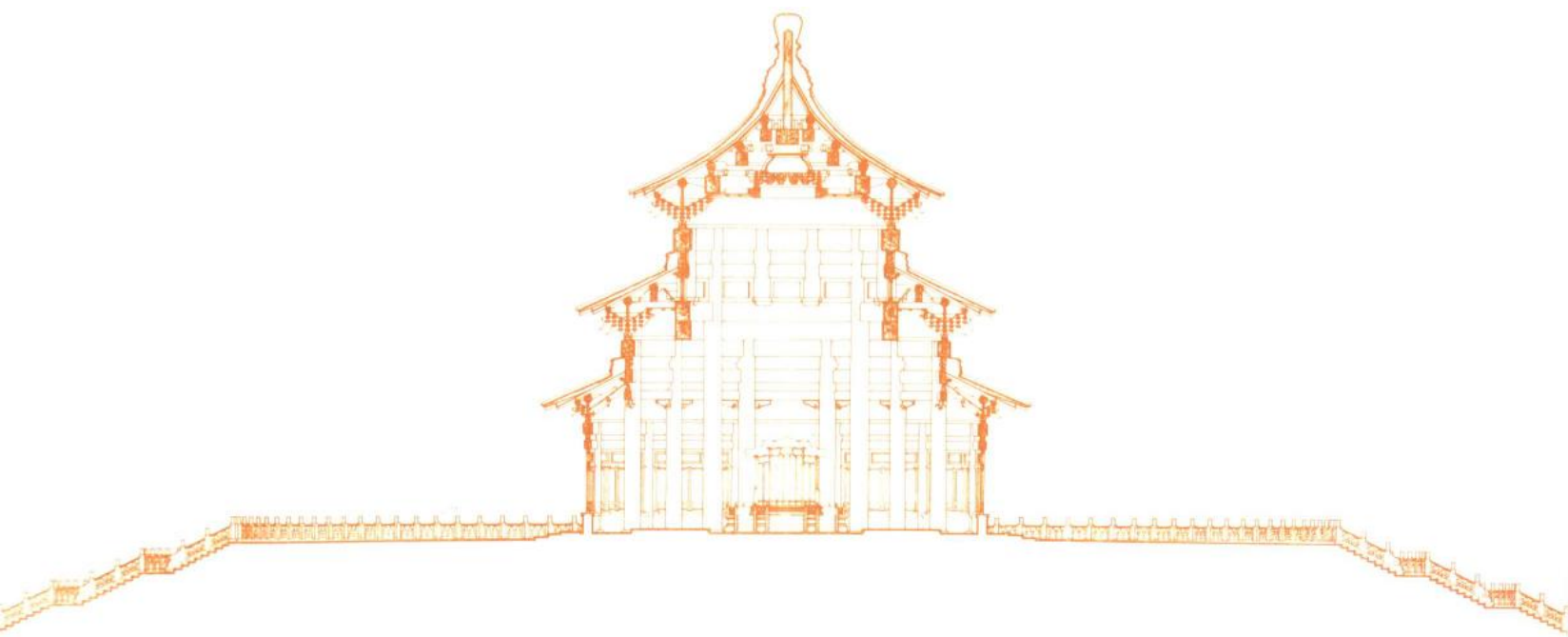
第四節 建築雕刻技術	528
第五節 建築鎏金技術	541

第十章

建築防護技術	547
概說	547
第一節 古代建築的通風和採光	547
第二節 古代建築的防腐和防蟻	554
第三節 古代建築的防火	557
第四節 古代建築的採暖和防寒	559
第五節 古代建築的抗震	567
第六節 古代建築的防潮與防鹼	577

第十一章

少數民族建築技術	581
概說	581
第一節 藏族建築 (附四川羌族建築)	582
第二節 蒙古族建築	617
第三節 新疆少數民族建築	631
第四節 回族建築	653
第五節 朝鮮族建築	669
第六節 雲南少數民族建築 (附貴州苗族建築)	674



目 錄

第 三 冊

第十二章

城市建设工程	697
概說	697
第一節 封建早期城市	700
第二節 漢長安城與洛陽城	720
第三節 隋唐大興城(長安城)與洛陽城	725
第四節 宋東京城與臨安城	731
第五節 宋平江府城與靜江府城	748
第六節 元大都城	759
第七節 明南京城	769
第八節 明清北京城	780
第九節 嘉峪關城	788
第十節 眞定府城	796
第十一節 蓬萊水城	801
第十二節 古格王國宮城	803

第十三章

園林建築技術	807
概說	807
第一節 園林理水	821
第二節 掇山技術	832
第三節 園林建築	862

第十四章

建築設計與建築施工	883
概說	883
第一節 設計方法	885
第二節 施工準備工作	893
第三節 測量、定位與計算	896
第四節 起重運輸	901
第五節 腳手架	903
第六節 施工檢驗與校正	906
第七節 維修與利廢	909

第十五章

建築著作和匠師	913
概說	913
第一節 《考工記·匠人》評述	915
第二節 《營造法式》評述	919
第三節 《魯班經》評述	945
第四節 《園冶》評述	951
第五節 《工程做法》評述	956
第六節 建築匠師	1012

中國古代建築技術大事年表	1027
--------------	------

名詞索引	1063
------	------

第十四章 建築設計與建築施工

概 說

在建築歷史的最初階段，無所謂設計和施工職責的區分；整個建造過程，是氏族的集體成員共同完成的。如果說分工，不過是強壯的成年人與力弱的老年、幼童之間的體力上的分工——後者只擔任一些輔助性的勞動。人們年復一年地重複使用着相似的工具、材料和技術方法。它們的每一點改進，都是在長期的實踐過程中逐漸實現的。

建築的經驗祖祖輩輩傳襲下來。經驗是預見的根據。人們在動手之前，開始知道需要什麼材料，佔多大地位，何處開門，何處留灶，需要依循怎樣一種先後次序方可順利完成，事先要有個估計。這些，就是設計，就是規劃。所以，設計是人的主觀能動性的表現。但是，設計和施工職責的分離，則是很晚以後的事。

在氏族社會的晚期，已經出現若干分工。製陶、農業、漁獵，都有一些專業分工。分工是有利於發展生產，提高效率的。這時，出現了在一定過程內少數有經驗（年長）者的籌劃與指揮和其他成員參加勞動的分工。

但是，進入工商社會，這種分工便具有勞資關係的性質。

一般的生產技能，仍為勞動傳統的，經濟為資本家所掌握。但某些高級的，概括與抽象的學問——天文和曆法，卜巫和醫藥，測量和數學，逐漸集中於那些有專門知識的專業人材的少數成員那裏。古代的設計和規劃、測量選址等，常常和占卜迷信混在一起，這是同那個社會的構成形式相聯繫並和社會的意識型態相適應的。

在這樣的歷史條件下，我們看到了古代封建社會的分工，工官制度的出現以及他們職務的性質和職掌範圍，所具備的技術知識，以及隨着社會發展而演化的種種現象。

在傳說中的堯舜時代，有“宗工”的職稱，當時的一個著名人物是“倕”。據說：“古者，倕為規、矩、準、繩，使天下仿焉”（《尸子》）。似乎已分離出有這種職能的人：他掌握工程的幾何知識和測量定平技術，是工程的組織指揮

者。

殷周之制，掌管城郭、道路、溝洫、宮室的興建，屬之“司空”。他有權量宜遠近地形，調度民力從事建造活動。所謂“興事任力”。又有“地官小司徒”，下屬“均人”、“遂人”，也有分配力役，從事營造的職能：“若起野役，則令各（具正）帥其所治之民（奴隸）而至”。奴隸們帶了工具、糧食、車乘、畜力前往服役。《詩·小雅·黍苗》所描寫周宣王時期召公為申伯營城邑之事，正是這種力役的具體情景。

《周禮》“冬官”部分在秦代佚失，漢儒以《考工記》補入，作為“冬官”內容。現在論證認為，《考工記》實為齊國官書。其中，“攻木之工”（以木料為對象）有七：輪、輿、弓、廬、匠、車、梓。“匠人”為七項之一。這裏“匠人”的身份不是奴僕，而是掌握規劃設計，有權指揮奴僕工作的人。他既有熟識技術的一面，地位又超過奴隸，是一專業匠師。職掌測量、定平、定向、規劃尺度、等級制度等。《考工記》的這一段，並沒有把“匠人”，如攻金之工於冶鑄、陶氏之於黏土搏埴那樣，直接談到對木材的加工處理，而只是反映了木工成為工程主持人而不復直接操作的事實。中國古代的工程中，測量定位等基本準則是由木工來掌握的。

進入封建社會，秦國沒有“將作少府”的官職，掌營造事務。“司空”一職，則失去原意，轉為監察糾彈職務，同於御史大夫。西漢承秦制，不過“少府”改為“大匠”，自此“將作”一名沿用迄於明代。規劃建設漢長安的陽城延，就由軍匠升為將作大匠。

東漢，魏晉，又有“民曹尚書”，“民曹”，“左民尚書”，“起部尚書”等職稱，管理工程事物，“將作大匠”一職不常設，屬於兼領，無事則罷。

隋代開始設工部，同時另有將作寺（後改為將作監）。工部掌管全國農墾，山林，水利的工程和管理；將作監則掌管京都皇宮和中央官署的修建。唐代仍然是工部與將作監並列（監地位稍低於部，但不相統屬）。《唐六典》所記將作監的組成和職責大致是：

將作監：監二人，從三品（工部尚書爲正三品），少監二人，從四品。下掌：土木工匠之政；總左校、右校、中校、甄官等署，百工等監；大明（長安）、興慶（長安）、上陽（洛陽）宮。中書、門下、大軍（後來之北軍）仗舍、閑廐，謂之內作；郊廟、城門、省、寺、台、監、十六衛（後來稱南衙諸軍）、東宮、王府、諸廨，謂之外作……。

左校署——掌梓匠之事（營造屬此）。

右校署——掌版築，塗泥丹雘區厠之事。

中校署——掌供舟車，兵械，雜器，行幸陳設則供竿柱，閑廐系秣則供行槽，禱祀則供棘葛。

甄官署——掌礲石陶土之事。

百工、就谷、庫谷、斜谷、太陰、伊陽監——掌採伐材木。

隋唐著名工程家宇文愷曾任隋將作大匠、工部尚書；何稠入唐後任將作小匠（少監）；閻毗曾任隋將作少監，其子閻立德爲唐太宗時將作大匠、工部尚書。他們均出身貴族，是從規劃和管理方面作出貢獻的。

宋代的將作監隸屬於工部。起先，京城繕修歸三司修造案管理，將作監只是虛銜。宋神宗元豐改定官制，開始由將作監掌管“宮室、城郭、橋梁、舟車、營繕之事”。神宗時，開始編修《營造法式》，至哲宗元祐年間完成。由於不切實用，於紹聖四年（1097年）命當時的將作監丞李誠重修《營造法式》，元符三年（1100年）成書。這部著作是中國古代建築最重要的典笈。李誠於宋徽宗崇寧年間曾任將作監。李誠出身官宦家庭（父李南公爲神宗時戶部尚書，《宋史》有傳），由門蔭得官，他是由於曾任營造工程的規劃管理，以其著述而有所貢獻於歷史。他的著作，不夾雜迷信色彩、陰陽風水之說，這在風水之說盛行的宋代是難能可貴的。

金代無將作監，營造事務由工部直接掌管。元代營造事務也由工部掌管，下設“局”、“提舉司”、“人匠總管府”來具體負責進行工程施工，因事因地而設，名目至爲煩雜。皇帝、皇后、皇族（大王一級）都可以有自己一套人員機構，這和元代制度本身有關。但是，元代有一個前所少有的特點，就是常常從富有經驗直接從事生產操作的優秀工匠中選拔人員充任工官。例如甲匠孫威以製甲冑爲工匠都總管；亦思馬因·阿老瓦丁以製炮爲軍匠萬戶，副萬戶等等。後來明清也頗有這種情況。

明代設工部，所屬管理營造事務的爲營繕司

（本名“將作司”），下有營繕所。木工蒯祥、蔡信，瓦工楊青，均曾任營繕所官員，升至工部左侍郎。

清代制度，稍有區別：一般京城壇廟、官署屬之工部；宮室、苑囿的修造，屬於內務府。有名的營造世家樣房雷、算房劉、高，均屬內務府系統。

以上，是歷代建築工程方面工官制度的大致情況。這一套官宦機關，是整個國家機器的一部分，以勞動人民的力役爲管理階層服務。他們有一套法式制度，有統治管理的經驗，也掌握一定技術和規劃的知識。他們處於和勞動百姓對立的地位。有些雖從工匠出身，社會地位也已改變。工官們不少人不過是官宦，但也有一些有所貢獻的人。但是，他們如有所成就，不外多少能集中或反映一般人民的創造發明，比較能以工匠們的實踐經驗爲基礎加以條理歸納，有利於技術的發展進步罷了。李誠就是這樣的較有作爲的官吏。

直接參加生產實踐的，是廣大的百姓人民，其中又分爲專業的工匠（有專門技藝）和從事簡單的體力勞動者。歷史上，佔最大勞動量的，應爲土方，夯土工程和材料起重運輸這幾項。此外還有相當大量勞動力投入材料製造（例如燒窯、製磚瓦等）方面。勞動力大抵主要來自服役的廣大農民；其次是軍工，再次是犯罪（刑徒）。秦代阿房宮、長城、始皇陵等大工程，主要勞動力是罪犯。漢代用“城旦”、“髡”、“鉗”這些等級的刑徒於築城、陵工、燒窯等繁重勞動。

唐宋以後，軍工佔比重頗大。《營造法式》列出軍工與民工的功限比值。宋代的廂軍，特別如“牢城”、“壯城”一類廂軍，主要從事修補城垣勞動。明代軍工與民工的比例，有所謂“軍三民七”，也是常用軍工的。

專業工匠是以技藝爲生的手工業工人。建築方面，主要是木工（又分若干種）和泥工（圻墁之業，包括築牆、粉刷）、磚、瓦、石工等。這樣的人爲數不多。他們一部分隸屬官府，有固定酬資，大部分爲獨立手工業者；前者，已成爲雇傭勞動者。其中技藝較高者，常爲民間修建工作的主持者，稱“都料匠”，宋代或稱爲“司務”；也可受雇於官府。石、磚等工種，均有“都料匠”，不限於木工一行。唐代柳宗元所寫的《梓人傳》有幾點是值得注意的：

1. 所描寫的“梓人”，就是一位“都料匠”。他不親自勞動（也不會純熟地使用工具），只是籌劃指揮，檢驗校正。

2. 他主要掌握的是尋（長尺）、引（長繩，“十丈爲引”，是量度工具）、規（畫圓）、矩（曲尺）、繩墨。“持引執仗”（丈杆），用的都是掌握尺度、幾何形體、重心、準線的工具。

3. 他能“畫宮於堵”，會“定側樣”，用來計算結構尺度，決定一切構件用料尺寸。

4. 他“食於官府”則“受祿三倍”；“作於私家”則“收其值大半”，待遇遠遠高於其他工匠。游食四方，不受拘束。

這樣的人，兼設計師與工程主持人於一身，是從工匠中分離出來，脫離體力勞動的人物。他們待遇優厚，是工匠中的上層分子。他們掌握技術要訣，後來自然形成爲木工行會中的頭面人物。

北宋初杭州木工喻皓，也是這樣的一位都料匠。古代遺留至今的一些修繕、修橋的碑記，或廟宇大殿的梁題，還可以看到不少這一類“都料匠”的題名。正如《梓人傳》所說：“既成，書於上棟曰：某年某月某日某建”。地位逾越衆匠，大功獨居。他們（都料匠）的貢獻，比工官中的官宦們要多。

第一節 設計方法

一 原始資料與基本尺度

古代，一個工程如何開始來籌劃呢？蘇軾《思治論》說：“夫富人之營宮室地，必先料其資材之豐約以製宮室之大小，然後擇工之良者而用一人焉。必告之曰：吾將爲屋若干，度用材幾何？役夫幾人？幾日而成？土、石、竹、葦吾於何取之？其工之良者必告之曰：某所有木，某所有石，用財役夫若干。主人率以聽焉。及期而成。既成而不失當，則規矩之先定也。”〔1〕蘇軾這段話是借題發揮政見，不過，也說明了一切籌劃，先須委托於一位所選擇的“良工”。這良工也即爲設計者兼工程負責人，也就是“都料匠”，“司務”，或《魯般營造正式》所謂“工師”，“時師”。他要根據“主人之意愛”，作出方案，在圖紙上“定當”，還須計算用料、用費、用工、時日。

從規劃的角度看，還須擇地擇方位。小而一座住宅，一棟房舍，大而整組建築（廟宇、宮殿、陵墓），或整個城市，都有擇地的問題。不同的建築項目，擇地的着眼不同。城市重視水源（包括地下水），如隋代放棄漢長安城另營新都，其原因即在水源；陵墓重視形勢，如秦始皇驪山陵，唐高宗乾陵，昌平明十三陵，選地最爲氣象

恢廓；寺院取境幽邃，莊園背山朝陽，均不乏選地之好例。一般而言，均需注意地形、水源、交通、朝向、四鄰的情況。《園冶》也有專述擇地的章節，列於首篇。但是，古代擇地往往受到陰陽五行的風水思想的約束，並出現以此爲業的風水先生，陰陽生，同時又有這方面的專門著作：相宅、堪輿之學，自宋以後，其風尤盛。

然而處於城市、宅基往往局面已定，不在選擇而在處理。一般注意到出水（下水）、消防、水井、道路、四鄰等項。

建築本身的設計，所考慮的便是建築的布局、尺度、標高、形體等。中國很早就形成以人體爲基本尺度以及由人體尺度延伸出的用具、傢俱、陳設、交通工具等尺度作爲設計基本單位這樣的原則。例如，《考工記》載：“室中度以几，堂上度以筵，宮中度以導，野度以步，塗度以軌”。“几”，長三尺，是室內主要傢俱；“筵”，即席，方九尺，古代席地而坐，是室內必不可缺的鋪坐之物；“尋”，爲臂伸展長，八尺；“步”，六尺；“軌”，爲車輪距，即轍寬，八尺。

《考工記》又說：“國中九經九緯，經塗九軌”。注家認爲，每邊爲三門，每門三道，每道三軌即三車並行的寬度。這即是說，道路、城門，以車的尺度爲基準。

《木經》一書，有很多極有價值的論述，例如沈括《夢溪筆談》記載的一些片斷，“凡屋有三分”，其上、中兩分，以梁、柱的尺度爲基準；下分即台階的權衡，以荷輦前後竿的不同姿式爲準。這些規則，無疑是從實際生活中總結而來，表現出當時的設計方法是切合適用的，是合理的。

中國古代建築，有長期發展的經驗積累，一些常用尺度，往往用口訣表示，但實際上已包括若干實際生活中活動尺度的要求。例如“門寬二尺八，死活一齊搭”，說明二尺八寸門寬已考慮了搬運傢俱的尺寸，輦輿進出的尺寸，棺木進出的尺寸等等。

在福建，街巷的寬度，橋面的寬度，以“軌”爲單位，即是以車寬爲橋梁道路的尺度標準。

明清房屋的家俱陳設，具有定式，一套家俱應包括案、桌、椅、几各若干。則堂屋的尺度，便以容納這些傢俱的最低尺度要求爲基準。傢俱尺度與房間尺度均由經驗累積而形成一種常用尺度，完整配套。

建築物各結構構件的尺度，也積累了一些比例關係。《營造法式》明確規定：“以材爲祖”

。“材”就是結構尺度的基準：一切構件的斷面，出跳長度乃至構件的局部尺寸，皆以“材”和它的補充尺度“分”和由“材”、“分”而來的“槩”來確定。不同等級的建築其“材”、“分”的絕對尺寸有差別，但是，各級建築本身各構件之間的尺度比例是相同的。各構件的作用和荷載情況同它的結構尺寸互相比較，也是大致合理的。

這種比例制度的形成，一方面可以視作一種結構體系的成熟，提高設計施工效率；但是另一方面，有了成法，也容易產生保守僵化的傾向。到了清代，則演變成以“斗口”為基本尺度的制度。

清代的小式，則以柱徑為結構尺度基準。在民間，有以柱徑或緣徑（均指小頭即梢端）為準的，不一一具論。總之，這是立足於經驗之上的一種比例方法，各地均有成套的地方做法。

二 預 算

匠師或即工程主持人再一個重要責任，是提出材料、人工的預算。

材料預算，是用工預算的前提；然而預算之中，工、料並重。我們看到許多漢代工程（棧道、石門、橋梁）的費用記載，以貨幣來表現，即包含工料兩者的價格，唐宋史料中也有許多宮殿、石窟、寺塔的修建費用記載。這些數字，無疑是以當時的貨幣來計算的，有詳盡的統計核算數字。要是沒有一套計工計料的方法，是不可能辦到的。

以算料而言，就需有體積計算方法，材料的比重、濕度等概念和實測數據以及混合材料中各種材料的比率，等等。《九章算術》中列有“方堡壘”、“圓堡壘”、方錐、圓錐、陽馬（直角方錐）、“芻童”等立體體積的計算方法。比重，例如《營造法式》卷十六“壕寨制度，總雜功”所記：

“諸石每方一尺，重一百四十三斤七兩五錢（方一寸二兩三錢）；

磚：八十七斤八兩（方一寸一兩四錢）；

瓦：九十斤六兩二錢五分（方一寸一兩四錢五分）；

諸木每方一尺重依下項：

黃松（寒松，赤甲松同）：二十五斤（方一寸四錢）；

白松二十斤（方一寸三錢二分）；

山雜木（謂海棗、榆、槐木之類）：三十斤

（方一寸四錢八分）。 ”

可以看出，這些數據相當精密。

各種工程，除構件本身用料以外，還有輔助材料屬消耗性的如草纜，竹索，木槓，鐵釘；工具如泥籃；調合料如桐油、膠、麻糝等等均各有用料規定。縱觀《營造法式》全書，就令人深刻認識到：至遲宋代，對各工種的材料使用，有科學的嚴密的統計作為定額基礎，我們看到清代大量的各種匠作則例，更對用工用料有詳盡記載。這都使我們對古代預算工作的精密程度獲有深刻印象。

計算勞動日數量，依《營造法式》所記，則注意了下述各點：

(1)計算各構件本身的造作功；

(2)計算各類工程的安裝功及輔助功；

(3)功按難易程度分為上、中、下三等（這是區別熟練工人和非熟練工人的界限，不同難易施工對象本身所需功已列在各項之中）；

(4)功按季節分為長功、中功、短功。四月、五月、六月、七月，為長功；二月、三月、八月、九月，為中功；十月、十一月、十二月、正月，為短功。這是《唐六典》中已經規定了的區分。書中所載功限，以中功為準，長功加一分，短功減一分。

(5)《營造法式》卷二“總例”規定，各功限以軍工為準，私雇工人減軍工三分之一。

(6)《營造法式》規定，在工程中利用已有舊料或現成構件的，應在總料帳內扣除這一部分用料。

(7)《營造法式》規定，與《營造法式》所載不同的特殊結構做法的功和料，應該以近似做法相比較而略予增減。

《營造法式》的計算用功量的定額，稱為“功限”。我們可以由此對於宋代工程預算中勞動日的計算的精密周詳，得到深刻印象。“功限”的制定，無疑含有欺壓的成分，但也表現某種統計和測定的細緻程度。

工期的計算，是以勞動日（功）為基礎的，加上對各工種各環節彼此銜接的工序考慮，季節氣候的影響，材料運輸和準備工作的所需時間等等，便可“計日程功”，列出進度計劃。

應該指出，封建社會中，工期的計劃，是建立在對工匠進行精準的計畫的基礎之上，常常超出勞動日的時間限制（“日出而作，日入而息”，工作日之所以有長短，應以晝夜長短為準），大為增加勞動強度。例如北宋著名的大工程玉清

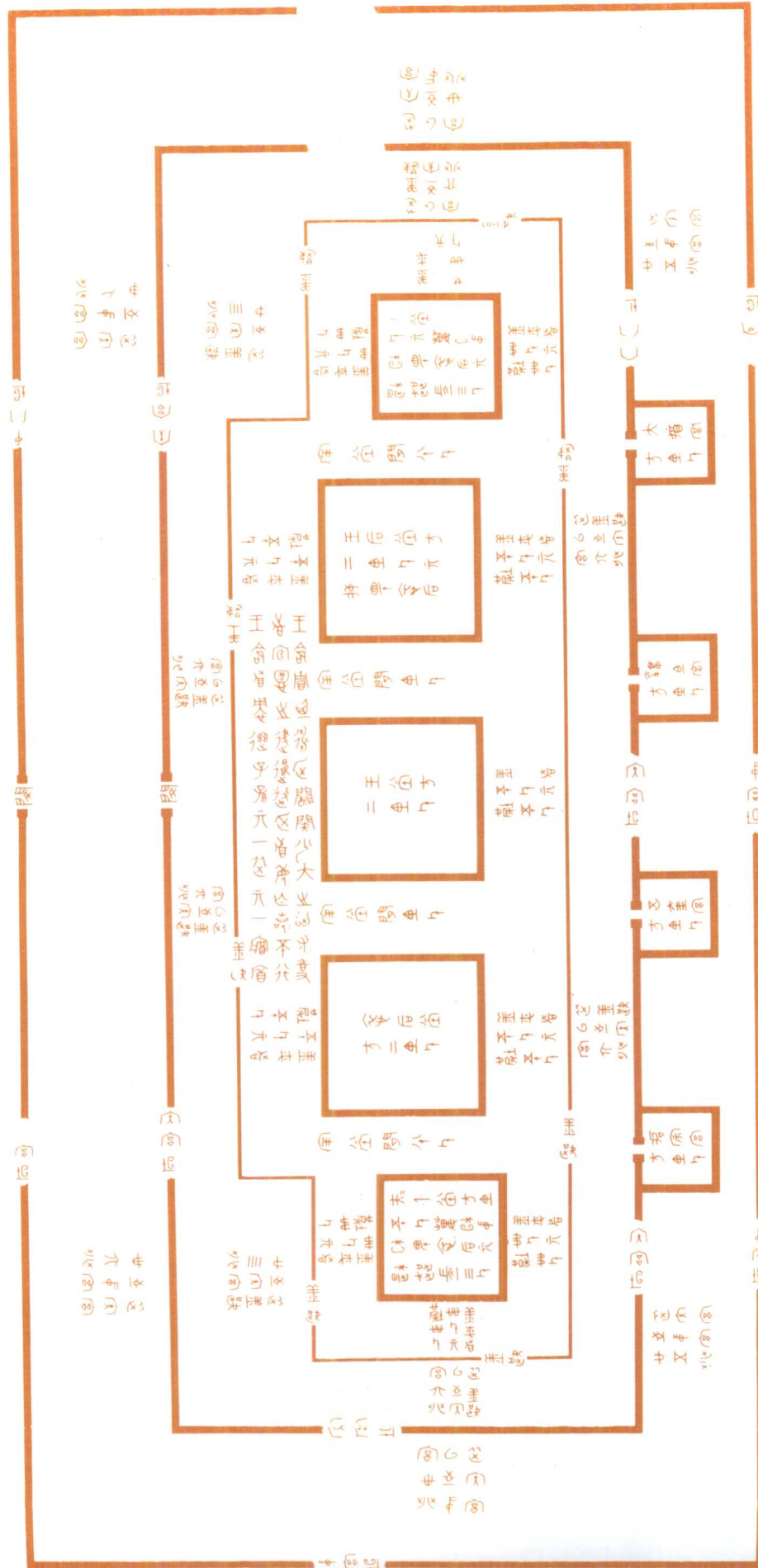


圖 14-1-1 宮堂圖

昭應宮一役，監修人劉承規竟至發給每工蠟燭，連夜操作趕工。許多工程，連續勞動，從始至終，不給休息日。所謂功限料例等等貌似科學的統計和計劃，由於貪污舞弊，弊端叢生，往往失去實際意義。這是理解封建社會制度下勞動情況所應注意的地方。

三 設計的構成與表現方法

對於一個尚未存在的建築對象，予以各方面的說明，並提出所需的材料、人工的估計，所採取的方法步驟等，這一切均屬於設計範疇。設計的手段包括：圖紙，模型，預算（用料，勞動力），必要的技術說明和質量要求（說明書）；而以設計圖作為主要和首先的形式，它是其他項目的依據。其所以需要把對於建築對象的設想表現出來，爲了：（一）把意圖告訴別人。自從出現了分工，出現了所有者與勞動者的分離和對立，出現主人和雇用者，這種思考想法的表達便無可避免了。（二）建築不是抽象的東西，用圖形把思考內容固定下來，這是設計者對自己的設想進行推敲與檢查的手段。建築的性質，要求，組成，越來越複雜，如何作出層次分明，安排妥善，處理細緻，技術高超而又經濟有效的綜合體，這一切就是爲什麼要事先反覆作方案比較和推動設計技術由簡單到複雜不斷發展的內在原因。

經過長期的發展過程，到了清代在官府內形成了“樣房”和“算房”兩類機構。這可說是封建時期的設計機構的最後形式。他們的工作，即包含了上述的各種內容。其中每一種設計表達方法，都有自己的特點。

1. 設計圖

用圖來表現設計意圖，提供直感的形象。許多情況，許多形體，許多關係，用語言和文字是費力而又難以準確表達，甚至無法表達的，但用圖則一目了然。

對尚未存在的事物用圖表達，必須符合認識的客觀過程——先是宏觀的，整體的，對各局部的相互關係加以綜合的一種表現形式，通常這是鳥瞰圖，總平面圖的任務；然後，是各個單體建築物；再次，是建築物的各個部分——又分爲主要部分（結構骨架，即決定建築的尺度與形體的部分）與其他部分；然後是各個局部的細節補充，以及內部結構情況等大樣詳圖。我國古代歷史，對此留下豐富的資料，有豐富的經驗。

（1）總平面圖：中國最古的建築總平面圖，是

1977年於河北平山縣三汲村莊戰國時期中山國墓內所發現的一幅陵園總圖——宮堂圖（原稱兆域圖）。圖是在一方96×48厘米的銅版上，用金、銀鑲錯而成，有牆垣及王陵、后陵的平面，並記載有距離、尺度等等數字的文字說明（圖14-1-1）。這幅兩千多年前的總平面圖，是世界上罕見的寶貴資料。

古代一些城市總平面圖，現在仍保存不少，有的是地方志書內的木刻圖版，例如南宋景定年間（1260—1264年）所編的《健康志》中的健康城圖等。此類圖從唐代起即廣泛編繪，不過，木刻畢竟失之粗略。有些石刻的城市圖，則按折尺（比例尺）繪出底圖再鐫刻，面積較大，相當詳盡。西安出土的太極宮及興慶宮石刻殘片可能是北宋呂大防長安城圖的一部分；比較完整的城市圖如平江及靜江府城圖。尤以平江府城圖最爲著名，其街道、河渠、橋梁的位置、距離，和近代蘇州城很接近，尺度（城區部分）亦相當準確，顯然是以比較詳盡的測量數據爲根據，並且有良好的製圖技術。特別之處是：重要的建築物（城樓、衙署、廟宇）往往用立面圖形式繪於平面圖上，成爲混合的方式，這種方式相沿以迄明清。

建築群的總平面圖，迄今有以各種形式（木刻、絹繪、石刻等）表現的實物資料：例如金代的登封中岳廟圖（圖14-1-2）、汾陽后土祠圖、明代宮殿圖以及清代樣房雷家所遺留的大量“地盤圖”。其折尺有一分折一丈（1/1,000），二分折一丈（1/500）、五分折一丈（1/200）等比例。主要建築物也常以立面圖形式出現在平面圖中，比較醒目，易於理解。

（2）建築方案圖：根據建築圖來進行建造的史實，歷史文獻上不乏記載，例如：

《史記·秦始皇本記》載：“秦每破諸侯寫放其宮室，作之咸陽北坂上”。“寫”就是用圖描繪記錄，“放”是按圖仿建。這是最早關於建築圖的記載。

《漢書·郊祀志》，記漢武帝東封泰山至汶上，“濟南人公玉帶上黃帝之時明堂圖”。所謂黃帝之時是不可信的；但是，根據公玉帶建議的圖（設計圖）建成了汶上明堂，則是事實。這個圖，據隋宇文愷《進明堂議表》所云：“披汶水之靈圖”，似乎隋代尚可見到。

《魏書·藝術傳》蔣少游事：“平城（北魏舊都，今大同）將營太廟太極殿，遣少游乘傳詣洛，量準魏晉基址”。這是爲了仿建某處宮殿，進行實物測繪記錄的記載。



圖 14-1-2 河南登封中岳廟拓片

《魏書·李興業傳》所述東魏遷都鄴城“具造新圖”。

《隋書·宇文愷傳》全錄了宇文愷爲了建造明堂，在朝臣聚訟，莫衷一是的情況下，比較了歷史上的各種明堂方案，提出自己的方案的建議全文（《進明堂議表》）。其中提到：該方案圖“以一分爲一尺，推而演之”，即百分之一比例尺；又，宇文愷曾於平陳後親自到建康（今南京）測量梁朝明堂遺址，作爲考慮明堂方案的依據。這些情況表明，當時宇文愷提出的圖絕非示意而已，而是按照比例繪製有準確尺度的建築圖。他還寫了《明堂圖議》二卷，是他的方案之文字說明部分；最後，還做了木樣——模型。可以說，這是我國古代史書上第一次詳盡地講到設計一座建築（明堂）所用的設計表達方法。這件事約在 612 年以前一、二年內。

我們看到，宇文愷用的比例尺是較小的，不足以表現具體建築構造，但已足可表現明堂的主要尺度：高度、開間、進深等，作爲方案已經足夠。但是，上述各項記載沒有明確指明所採取的製圖方法。

爲了表現建築物的特點，古代方案圖通常採用建築物的主要面——正立面的正投影圖。立面正投影圖出現很早，在戰國的銅器上就已見到。爲了正確表現主要尺度（高、寬），應當採用正投影。但是，作爲方案圖，爲達到令人得到空間的實體感覺，中國古代常常採用軸測投影的辦法；不過，它是一種比較特殊的軸測圖。

軸測投影與透視不同，是假定視點在無窮遠處，因此，原來空間的各平行線組，仍然保持平行；不像透視圖那樣引向滅點（平行於投影面的各平行線組除外）。然而同時，原來空間互相垂直的三個座標上的線段，在投影後不能保持直角，並且各座標方向上等長的線段按某種比例改變原有長度。因此，按理這種圖不能用比例尺直接量得真長。

我國古代的軸測投影畫法是這樣幾種特點綜合的結果：(1)保持立面爲正投影，可以直接量度兩個軸間的尺寸和角度關係，未加變形。(2)增加一個深度方向的投影，原來在這一方向平行的線仍然平行。其量度與正立面比較，相應減小，以減少失真度。(3)所選角，正面兩個軸向保持 90° ，另一軸向可以靈活選擇，一般較平。這種例子很多。如宋畫清明上河圖中一些建築，黃鶴樓、滕王閣圖，都是這種畫法。

嚴格說來，這是一種折衷的辦法，不合於任

何投影原理，只是一種習慣畫法。但它的好處是：(1)平行線作圖，便利迅速；(2)可以直接量度尺寸（第三向乘以某一比例系數）；(3)失真度尚可在感覺上適當的範圍以內。這種畫法，是中國界畫的基本方法。由於能夠量度尺寸，某些建築畫也採用之；因此，中國古代的界畫與建築圖（設計圖）有相通之處。因此，界畫作圖，有時可以用作某些建築的設計圖。了解這一點，我們才可以理解下述史料的敘述。

郭若虛《圖畫見聞誌》卷二：“趙忠義事孟蜀爲翰林待詔，蜀後主嘗令畫關將軍起玉泉寺圖，作地架一座，垂梯疊拱，向背無失，蜀主命匠氏較之，無一差失。”

宋代《聖朝名畫評》卷三：“劉文通，京師人，善畫樓臺屋木，真宗時入圖畫院爲藝學。大中祥符初，上將營玉清昭應宮，敕文通先立小樣圖，……下匠氏爲準，然後成葺。”

以上所舉，皆是界畫與實際用的工程圖相通之處。這種畫在一定情況下可以起設計方案圖的作用，而且在一定程度上，可以作爲施工的依據。

也有真正的透視畫法，最早出現於敦煌壁畫（圖 14-1-3）及見於唐初李賢、李重潤等墓葬壁畫中。所取的視線常垂直於建築物正立面，且在建築中軸線上，因而只有一個滅點。但是仔細分析，滅點往往也不在同一視平線上。這就表明：雖然當時已從直感上理解到部分透視原理，但尚未有系統的、完整的透視畫法體系。

清代的中期，對於從歐洲傳入的透視法（如郎世寧等人所介紹的），中國學者曾進行過深入的研究和論述。1727 年刊行的《視學》，就是年希堯與郎世寧合作的透視學著作。但是，這本書在實際生活中並未起作用，在實際工作中仍然是傳統的表現技法。

2. 模 型

建築是立體的實物，用平面圖形表現，難免顧此失彼，不易就各種方位、高度、角度加以全面觀察。於是對於複雜的形體，複雜的地形關係，複雜的組合，不得不採用模型以表達和檢查設計意圖。

最早記載採用模型設計的是宇文愷的明堂木樣。他的明堂圖爲“以寸準丈”，即 $\frac{1}{100}$ 比例尺，估計木樣也爲相同比例尺所造。在隋代，還有一次大規模採用木模型作爲施工依據的措施：即仁壽元年（601 AD）建十三州舍利塔一事。隋文帝崇佛，令全國十三個州同時建“仁壽舍利塔”