

土木建筑 基本知识丛书

许晟 著

TUMU JIANZHU

土木系统工程

tumu xitong gongcheng



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

土木建筑基本知识丛书

10

52

2006

土木系统工程

许晟 著



机械工业出版社

本书将系统工程引进到土木工程中来,简明扼要地论述了系统工程这门跨专业的新兴学科,并与土木工程相结合,使得年轻的系统工程给古老的土木工程带来了广阔的发展前景。本书的主要内容有:土木系统工程导论;土木大系统;土木系统模型、模拟、可行性分析、预测、决策、评价;土木系统工程的理论基础、相关学科、基本原理;土木建筑设计的系统优化;21世纪土木系统的建筑结构;系统工程在土木建筑中的应用等。本书富有特色,知识面广,各章案例尤其是应用中的实例,涉及土木工程和建筑业的规划、设计、施工与管理中的许多课题,有实践性和实用价值。本书适用于土木建筑界各领域的工程技术人员自学,也适用于大专院校土木建筑类学生学习,亦可供研究生和教师作为教学的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木系统工程/许晟著. —北京:机械工业出版社, 2006.5
(土木建筑基本知识丛书)

ISBN 7-111-18800-4

I. 土... II. 许... III. 土木工程:系统工程 IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 027039 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:杨少彤 责任编辑:王晓阳 版式设计:霍永明

责任校对:李秋荣 封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 15.125 印张 · 448 千字

000 1—4 000 册

定价:37.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 68327259

封面无防伪标均为盗版

土木建筑基本知识丛书序

中国改革开放正在深入发展，基本建设规模不断扩大，举国上下大兴土木、建筑业呈现出一派蓬勃兴旺的景象。举世瞩目的 2008 年北京奥运会和 2010 年上海世界博览会，必将促进中国土木工程和建筑业的大发展。一项伟大的土木工程、一座壮丽的建筑，有时可能成为一个国家、一个时代的象征，面对这千载难逢的历史机遇，对决策的民主化和科学化，对建筑界工程技术人员的素质和水平的要求也日益提高；同时由于中国新修订的土木建筑规范，在 21 世纪伊始相继公布施行，随着规范的修订，有关土木建筑范畴的书籍亦应进行相应的更新。为了适应当前形势发展的需要，这套《土木建筑基本知识丛书》应运而生。

土木建筑基本知识丛书（以下简称丛书）自成体系，知识面广，具有新意。其内容包括：《土木系统工程》、《建筑结构选型》、《混凝土结构》、《砌体结构》、《钢结构》、《木结构》、《抗震设计》和《高层设计》。各部分独立成册，每本既有连贯性，使其配套；又有独立性，避免内容重叠，分册出版，以便读者选读。

丛书以基本知识为主，并考虑了当代科技的最新发展和大专院校的课程设置，不仅有科学性、技术性；还有一定的普及性、艺术性，使读者对“土木”和“建筑”发生兴趣。书中的内容，深入浅出，循序渐进，重在概念，图文并茂，以便读者学习和素质的提高。各书案例和实例，命题和解题，涵盖了“大土木”和“建筑学”、以及建筑环境等许多方面的课题，能开拓读者视野。

20 世纪的科学技术和土木建筑，取得了突飞猛进的发展，21 世纪的科学技术和土木建筑也必将日新月异地前进。希望有负新世纪

IV

科学技术领域重任的土木建筑界的读者们，通过本系列丛书的学习，建立扎实的学科理论基础，在工程实践中发挥自己的应用能力和创造才华。

是为之序。

许文斗

前 言

《土木系统工程》一书是“土木建筑基本知识丛书”之一。

新世纪伊始，让我们回眸和前瞻 20 世纪和 21 世纪。回眸上个世纪走过的 100 年历程，科学与技术以空前的速度发展：土木建筑工程和工业各领域里新材料的应用；新能源的开发；电视等新产品的普及；生命科学等新学科的出现；宇宙空间探索；人类登月成功……，尤其值得骄傲的是计算机的发明和系统工程的兴起。前瞻 21 世纪，随着科学技术的高速发展，人们的精神生活和物质生活水平将提升到新的高度，世界需要和平与发展，这是大事理，大事理需要事理科学，事理科学就是系统工程。

本书将系统工程引进到土木工程中来，使年轻的系统工程与古老的土木工程相结合，给土木工程带来了广阔的发展前景。书中分 10 章，包括：土木系统工程导论；系统、系统思想、土木大系统；系统模型与模拟、土木系统可行性分析；土木系统评价、系统预测和决策；土木系统工程的理论基础；土木系统工程的相关学科；土木系统工程的基本原理；土木建筑设计的系统优化；21 世纪土木系统中的建筑结构；系统工程及其理论基础在土木建筑中的应用。各章中的案例和应用的实例，涉及土木工程和建筑业的规划、设计、施工、管理和控制的各个方面，使系统工程理论密切联系土木工程实际。

当前我国在改革开放中大兴土木，正朝着现代化大踏步前进，系统工程将发挥重要作用。自 20 世纪中叶，系统工程应用到科学技术多个领域后，都促进了这些领域的快速发展，同时取得了极佳的

经济效益和社会效益；系统工程引进到土木工程并与之相结合的“土木系统工程”也取得了一些可喜的成果。

本书可供土木建筑界和基本建设部门的工程技术人员自学之用，亦可供大专院校土木、建筑及相关专业的在校大学生学习，也可作为土木、建筑、系统科学和管理工程等专业的教学参考书，一些知识点对研究生和相关专业课教师的科研和教学也具有参考价值。

此书撰写过程中，参考了许多专著、论文未能一一注明（参考文献中仅列出了主要参考书目），在此向所有文献的作者表示深深的谢意。

本书由许文斗教授审阅，覃树立先生校对，借此感谢。鉴于作者水平和时间有限，加之系统工程在土木建筑范畴的书籍和资料均较缺少，不完善之处在所难免，恳请读者指正，以便再版时渐臻完善。

许 晟

目 录

土木建筑基本知识丛书序

前言

第一章 土木系统工程导论	1
第一节 中国古代土木工程自发应用系统工程的辉煌成就	1
第二节 系统工程与土木工程	20
第三节 土木系统工程及其方法步骤	55
第四节 系统工程的兴起和土木系统工程的前景	62
第二章 系统、系统思想、土木大系统	72
第一节 中外几个历史故事的启示	72
第二节 系统	77
第三节 系统思想	99
第四节 土木大系统	104
第三章 系统模型与模拟、土木系统可行性分析	124
第一节 系统模型	124
第二节 系统模拟	144
第三节 土木系统可行性分析	154
第四章 土木系统评价、系统预测和决策	172
第一节 土木系统评价	172
第二节 系统预测	191
第三节 系统决策	209
第五章 土木系统工程的理论基础	223
第一节 线性规划与非线性规划	226
第二节 目标规划与动态规划	245
第三节 图论与悖论	255
第四节 博弈论与决策论	273
第六章 土木系统工程的相关学科	295
第一节 模糊系统	295
第二节 人机工程	310

第三节 管理科学	324
第四节 网络技术	339
第七章 土木系统工程的基本原理	359
第一节 协调工作原理	360
第二节 反馈控制原理	363
第三节 动态稳定原理	368
第八章 土木建筑设计的系统优化	371
第一节 土木建筑系统设计方法概述	371
第二节 土木建筑系统的优化设计	375
第三节 欧拉方阵与黄金分割法	389
第九章 21 世纪土木系统的建筑结构	394
第一节 新学科的引进	395
第二节 新技术的发展	399
第三节 新结构的求索	401
第四节 新领域的开发	406
第十章 系统工程及其理论基础在土木建筑中的应用	412
第一节 线性规划等分支在土木建筑中的应用	414
第二节 动态规划等分支在土木建筑中的应用	433
第三节 图论方法等分支在土木建筑中的应用	443
第四节 决策分析等分支在土木建筑中的应用	451
参考文献	475

第一章 土木系统工程导论

第一节 中国古代土木工程自发应用系统工程的辉煌成就

古今中外世界上的土木建筑形形色色，纷纭烂漫。在这多不胜数的土木工程和建筑丛林中，中国古代的土木建筑自成一系，无论在土木规模上、建筑造型上、结构用料上，还是在技术、艺术上，都有它独特的风格。这种风格的形成，是由自然条件、社会需要、经济基础和人工技巧所决定的。中国历史悠久，给世界留下了无尽的文化遗产。优秀的土木建筑工程丰富和提高了世界的文化，尤其难能可贵的是在中国古代土木建筑工程中，自发地应用了朴素的系统思想和朦胧的系统工程，并取得了辉煌的成就。下边略举几项举世瞩目的工程，赏析一下中国古代土木建筑中自发应用系统科学的案例。

一 世界的一大奇迹——万里长城

万里长城是中国古代一项极其伟大的土木建筑工程，它展示了中华的悠久历史，表现了民族的坚强意志。反映了中国古代土木建筑工程技术的先进和发达。万里长城好象一条巨龙，翻过耸山峻岭，穿越草原沙漠，绵延起伏，长达万里。由于长城气势雄伟，工程艰巨，不仅在中国古代土木建筑工程而且在世界古代土木建筑工程中都属绝无仅有，因此，万里长城在古代土木建筑中被誉为世界的一大奇迹。

万里长城可以看作一项宏伟的土木系统工程，跨越的时空很长，开始修筑大约在公元前7世纪前后的春秋时期，由诸侯之间相互兼并而建筑的防御工程是长城的雏形；在战国时期，齐、楚、燕、韩、赵、魏、秦中的北方诸侯国，为防止外族侵扰而修筑了北部长城，为后来的万里长城奠定了基础。秦国统一七国之后，为保卫自身的安全，有利于中原先进的经济与文化的发展，派出30万军队大规模地修筑长城，从此，这一古代世界上最大的土木建筑工程——万里

长城便巍然屹立在世界的东方。自秦以后经西汉、东汉、北魏、北齐、北周、金、元、明各代，都对长城进行了维修或增建，其中以汉代（如图 1-1 所示）和明代（如图 1-2 所示）的长城规模最为宏大，汉代长城的长度超过了两万里。

明朝是长城修筑史上最后的一个朝代，工程技术有了很大的进步，建筑材料也有了很大的发展，在东部的要地段采用了整齐条石和用砖包砌的结构，修筑得更加坚固了。明朝在开国第一年，即公元 1368 年就开始修筑居庸关等多处长城，经过了 100 多年的时间，才完成了明代万里长城的全部修筑工程，全长一万两千七百多里。其中尤以位于北京东北方从山海关到八达岭这一段的长城修得坚固雄伟。万里长城东部的山海关号称“天下第一关”，西部的嘉峪关号称“天下雄关”，两关的城楼雄踞关上，巍然矗立，建筑异常壮丽。图 1-3 和图 1-4 是万里长城的远景和近景。

明长城的修筑是一项典型的土木系统工程案例。万里长城是一个系统，在长城沿线划分了九个子系统——镇。它们是辽东镇、蓟镇、宣府镇、大同镇、山西镇、延绥镇、宁夏镇、固原镇、甘肃镇。各子系统的修筑和管辖情况如下：

- (1) 子系统辽东镇 东起凤凰城，西至山海关，全长 1950 多里。
- (2) 子系统蓟镇 东起山海关，西至居庸关，全长 1200 多里。
- (3) 子系统宣府镇 东起居庸关，西至西洋河，全长 1023 里。
- (4) 子系统大同镇 西起丫角山，东达镇口台，全长 647 里。
- (5) 子系统山西镇 西起保德，东达黄榆岭，长达 1600 多里。
- (6) 子系统延绥镇 东起清水营，西至花马石，全长 1770 里。
- (7) 子系统宁夏镇 东起大盐池，西至大兰靖、全长 2000 公里。
- (8) 子系统固原镇 东起靖边，西至高兰，全长 940 里。
- (9) 子系统甘肃镇 东起金城县（今兰州市），西抵嘉峪关，全长 1600 余里。

明长城除九个子系统——“镇”之外，还有更小的系统，在九镇防守之外，长城沿线还设置了许多烽火台。有的烽火台建在山上或高台上，也叫墩墩，又名狼烟台。并在长城沿线南北设置了许多

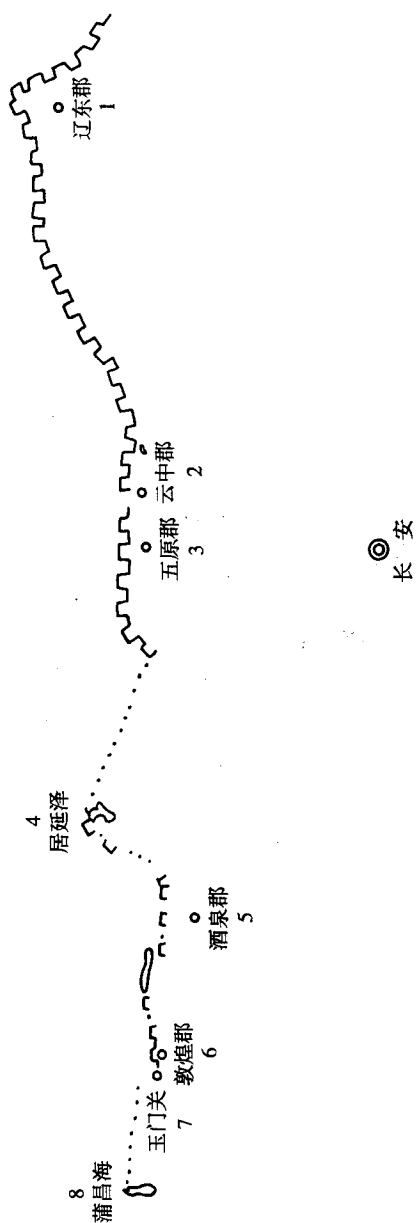


图 1-1 汉长城

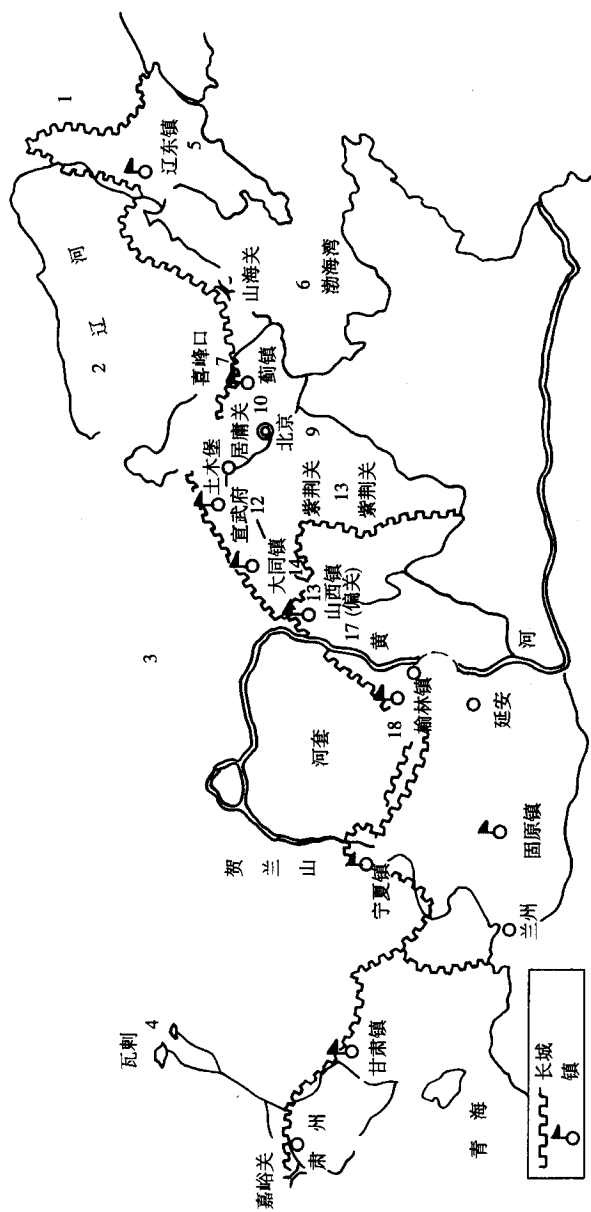


图 1-2 明长城



图 1-3 万里长城远景



图 1-4 万里长城近景

城堡，还在长城以北很远的地方设置军事行政管辖区——卫。卫是比子系统更小的系统。

二 天府之国的明珠——都江堰

都江堰是一项举世瞩目的土木水利工程，它建于公元前 3 世纪的中国战国时期（公元前 255 ~ 251 年）；它位于四川成都平原西部的岷江上，是由秦国蜀郡太守李冰与其子率众修建的一项大型工程，是全世界迄今为止，年代最久，唯一留存，以无坝引水为特征的宏大工程，已有 2250 多年的历史，至今仍发挥巨大效益。都江堰工程的设计和筑成是人们智慧的结晶，更是中国古代工程自发应用系统思想和系统工程的一个典型。

都江堰选址在灌县（现都江堰市）城西，建筑在山川与平原的咽喉要冲，工程采用“无坝引水”的形式。都江堰这一系统工程的组成主要有三大系统（如图 1-5 所示）：

- 1) 鱼嘴（分洪堤） 岷江分水系统。
- 2) 飞沙堰（溢洪道） 分洪排沙系统。
- 3) 宝瓶口（引水口） 引水灌溉系统。

三大系统巧妙地利用了天然地势和弯道水流规律，并协调运行，有效地解决了分流防洪、泄洪排沙、引水灌溉三大功能，孕育了良田沃野号称“陆海”的成都平原。

都江堰是中国最大的灌区，形成了集灌溉、防洪、城市供水，综合利用为一体的格局，其科学的原理、精心的设计、巧妙的技术、宏伟的营造，集中体现了中华文化的博大精深和人与自然和谐共荣的思想精髓。都江堰在上述三大系统的主体工程之外，还有 120 个小的子系统——附属渠堰工程，系统之间的相互关系处理得恰到好处，形成了一个协调运输、分洪防患，引水浇田的工程系统（如图 1-6 所示）。

三 巧妙的古代系统工程——汴京筑宫

北宋（公元 960 ~ 1127 年）年间，有一天，汴京（即东京汴梁府、东京汴梁即今日的开封）皇宫不慎失火，酿成一场大灾难，熊熊大火使鳞次栉比、覆盖数里的皇宫，在一夜之间变成了断壁残垣一片废墟。为了修复烧毁的宫殿，皇帝诏令大臣丁渭组织匠人和民

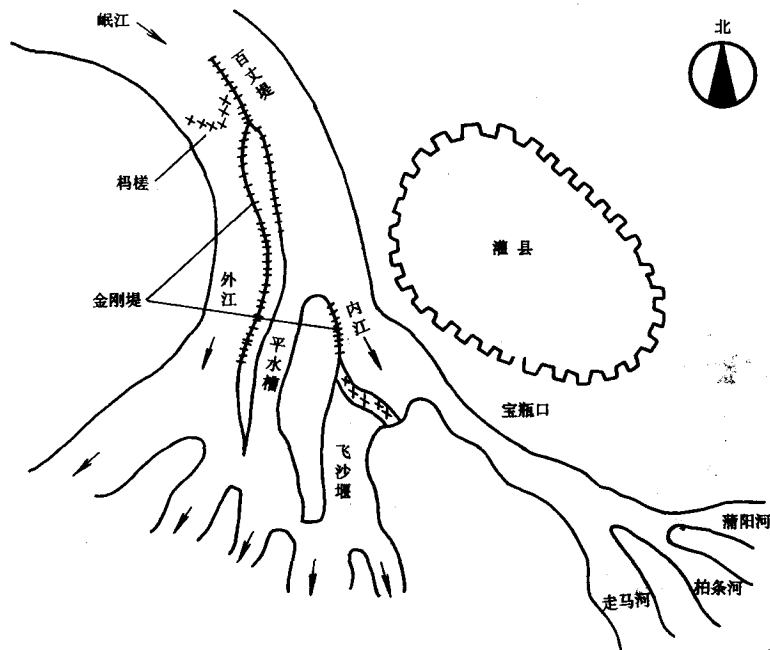


图 1-5 都江堰平面图

工筑造被焚毁的皇宫并限期竣工。当时既无吊车、升降机，又无汽车等施工设备和交通工具，一切工作都只能人挑肩扛。加之皇宫的建筑不同于寻常民居的建筑，它高大宽敞、富丽堂皇、雕梁画栋、雄伟壮丽，免不了费时费工，耗费大量的砂、石、砖、瓦和木料等建材。当时工程营造的三个主要问题是：

- 1) 京城内烧砖无土。
- 2) 大量建筑材料很难运进城内。
- 3) 清理废墟时无处堆放大量的建筑垃圾。

如何在规定的时间内完成皇宫营建修筑，做到又快又好呢？丁渭和匠人们经过反复思考，终于想出了一个巧妙的营建方案，不但提前完成了这项修复工程，而且节省了大量金钱，“省费以亿万



图 1-6 都江堰鸟瞰图

计”。

汴京筑宫，是怎样系统运筹的呢？

首先，把烧毁了的皇宫前面的一条大街挖成了一条又深又宽的沟渠，用挖出的泥土烧成砖。

然后，再把皇城汴京附近的汴河水引入挖好的沟渠内，使又深又宽的沟渠变成一条临时运河。

最后，当建筑材料齐备后，再将运河的水放掉，并把建筑皇宫的废杂物——建筑垃圾统统填入河内，这样又恢复了皇宫前面宽阔的大街（如图 1-7 所示）。

诚然，这是中国古代自发应用系统工程的一个典型案例，是系统运筹的成功实践，这项大型土木工程的方案，成功地实现了：

1) 就地取材烧砖，解决了近处无土烧砖的难题，避免了从更远的地方去取土烧砖。