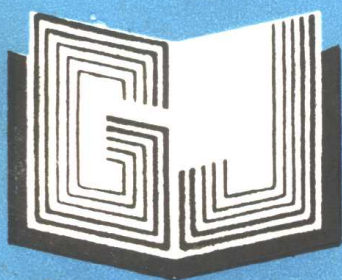


990049



高等学校教材



水利水电工程施工计算机模拟与程序设计

天 津 大 学 孙锡衡
大连理工大学 齐东海 合编



高等学校教材

水利水电工程施工
计算机模拟与程序设计

天津大学 孙锡衡
大连理工大学 齐东海 合编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书共四篇十一章,内容包括:程序设计概论(水利水电工程系统、计算机软件开发基础);计算机模拟技术基础(系统模拟、随机数和随机变量的生成、系统模拟的基本方法);施工管理系统应用程序设计(网络计划程序设计、线性规划程序设计、质量控制程序设计);水工建筑物施工的计算机模拟(混凝土坝浇筑施工过程模拟、土石坝施工模拟、隧洞施工模拟)等。

本书可作为水利水电工程类施工专业及水工建筑与水电站专业本科生和研究生相应课程的教材,也可作为土木建筑工程类的有关专业本科生和研究生的参考书。对于从事水利水电工程施工组织设计和施工与管理方面的人员,也具有业务工作参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程施工计算机模拟与程序设计/孙锡衡,齐东海合编. —北京:
中国水利水电出版社, 1996

高等学校教材

ISBN 7-80124-257-2

I. 水… I. ①孙… ②齐… III. 水利工程-工程施工-计算机模拟-程序设计-高等学校-教材 IV. TV52-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 17460 号

书 名	高等学校教材 水利水电工程施工计算机模拟与程序设计
作 者	天 津 大 学 孙锡衡 合编 大连理工大学 齐东海
出 版	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 333 千字
版 次	1997 年 6 月第一版 1997 年 6 月北京第一次印刷
印 数	001—480 册
定 价	11.30 元

前 言

本教材是为适应水利水电建设迅速发展以及提高水利水电工程施工组织设计和施工管理科学化、现代化的需要,根据 1990~1995 年高等学校水利水电类专业教材选题和编审出版规划提出的任务而编写的。

本教材由天津大学的孙锡衡、大连理工大学的齐东海合编。全书共分四篇十一章,编写分工如下:第一、六、七章由大连理工大学的齐东海编写;第三、四、九章由天津大学的孙锡衡编写;第二、八章由大连理工大学的刘志杰编写;第五章由天津大学的别社安编写;第十章由天津大学的王仁超编写;第十一章由天津大学的钟登华编写。

本书由武汉水利电力学院周克己审稿。

由于编者的学识和水平所限,难免存在疏漏、不妥或错误之处,诚恳希望读者及专家、学者指正。

编 者

1996 年 4 月

目 录

前 言

第一篇 程序设计概论

第一章 水利水电工程施工系统.....	1
第一节 系统	1
第二节 水利水电工程施工系统	4
第二章 计算机软件开发基础.....	18
第一节 水利水电工程施工开发计算机软件的必要性	18
第二节 软件工程	18
第三节 程序设计语言	31

第二篇 计算机模拟技术基础

第三章 系统模拟.....	37
第一节 模拟的基本概念	37
第二节 计算机模拟的概念	39
第四章 随机数和随机变量的生成.....	44
第一节 随机数及其产生	44
第二节 随机变量的生成	48
第三节 随机数检验与模拟精度估计	53
第五章 系统模拟的基本方法.....	60
第一节 时间步长法	60
第二节 事件步长法	74

第三篇 施工管理系统应用程序设计

第六章 网络计划程序设计.....	90
第一节 网络计划软件的概要设计	90
第二节 双代号网络图的形成与绘制程序设计	93
第三节 网络计划时间参数计算	108
第四节 多资源均衡优化程序设计	115
第五节 PERT 程序设计	122
第七章 线性规划程序设计.....	128
第一节 LP 问题的数学模型及求解方法	128
第二节 单纯形法程序设计	134

第八章	质量控制程序设计	139
第一节	直方图法程序设计	139
第二节	排列图法程序设计	141
第三节	控制图法程序设计	143

第四篇 水工建筑物施工的计算机模拟

第九章	混凝土坝浇筑施工过程模拟	146
第一节	混凝土坝浇筑施工过程模拟的基本原理	146
第二节	缆机浇筑混凝土坝的计算机模拟程序设计	152
第三节	门(塔)机-栈桥浇筑混凝土坝的模拟程序设计	162
第四节	混凝土坝浇筑模拟的应用	169
第十章	土石坝施工过程的计算机模拟	177
第一节	土石坝料场规划与调度	177
第二节	土石坝施工运输系统的模拟	180
第三节	土石坝填筑过程模拟	187
第四节	土石坝施工过程模拟程序设计	191
第五节	土石坝施工系统模拟中的动画设计技术	194
第十一章	隧洞施工过程模拟	199
第一节	循环运行网络模型及原理	199
第二节	循环运行网络手工模拟基本原理	205
第三节	循环运行网络的计算机模拟	209
第四节	隧洞施工过程模拟示例	217
第五节	地下洞室群施工系统分析	221
参考文献		224

第一篇 程序设计概论

第一章 水利水电工程施工系统

第一节 系 统

人们在长期的社会实践和生产实践的活动中,逐步形成了一种对客观世界的科学认识,即认为客观世界都是系统,并形成了系统概念。今天,系统概念已普及到一切科学技术领域,系统思想已在生产、管理、科研等部门的广阔领域中起着支配作用,科学技术已发展到使人们用“系统”思维思考一切问题了。因此,本书在阐述水利水电工程施工系统分析程序设计和计算机模拟技术以前,对系统的基本概念作一些概要介绍。

一、系统的定义和特征

奥地利生物学家L·贝塔兰菲(Ludwig Von Bertalanffy)在其所著的《一般系统论》中把系统定义为“相互关联的元素的集”或“互相之间、同环境之间有联系的元素的集”。这是关于系统最一般的定义。

我国科学家钱学森在他所著的《论系统工程》一书中,对系统定义为:“把极其复杂的研制对象称为‘系统’,即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机体,而且这个‘系统’本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分”。

这一定义除阐明了系统内部具有可分解的结构和这些结构部分之间的关系外,还强调了系统是有特定功能的有机整体和系统的层次关系。这是对系统比较完整的定义。

此外,还有一些学者从不同的角度对系统下的定义,从诸多定义中可看出,系统定义有三个基本点:

- (1) 系统内部具有可以分解的结构。
- (2) 这些结构部分之间是相互联系的。
- (3) 相互联系的结构部分构成一个整体。

根据上述定义,可以把通常所说的水利枢纽系统、灌溉系统、发电系统、交通运输系统、河道通航系统等等都称为“系统”,因为它们都是由构成统一整体的相互关联的元素或组成部分的集合。此外,也可以把一个组织系统和管理系统如工程公司和工程项目管理视为“系统”,因为它们是许多机构、方法、计划、信息的协调体。又如哲学系统和经济学系统也可以视为“系统”,因为它们是知识或思想的专门领域中的论据、原理、学说的有规律的和综合的集合。但是,不是每一种事物的集合都是系统,例如,一个随机组成的事物,虽然事物间有确定的关系,但是没有特定的功能和有意义的目的,不是一个有机的统一体,因而不能称为系统。

系统最一般的特征可归纳如下:

- (1) 一个系统是由若干元素(过程)组成的元素(过程)的集合。

(2) 组成系统的元素(过程)形成一定层次一定范畴和一定时限的多维结构。

(3) 各个层次、范畴的部分之间通过相互作用相互制约形成一定的关系。

(4) 相互联系、相互作用的组成部分在一定的结构层次上和范畴中统合成不同水平、不同范式的系统。

(5) 这个一定范式的统合体与同一水平上的其他的统合体结合在更高层次的系统中。

(6) 系统的结构、关系、作用、功能、调节、运动都具有一定的规律。

(7) 所形成的系统是具有一定目的、一定功能的有机整体。

二、系统的形态

按系统的特征,系统是由组成部分、特征和关系所构成。组成部分是系统的运行部分,由输入、过程和输出所组成,对每个系统的组成部分都可以赋以各种数值来描述系统的状态。特征是系统组成部分的性质或可辨认的现象,特征由系统的参数来表征。关系是组成部分之间和特征之间的联系。

根据系统的组成部分、特征和关系,系统又表现出各种形态,根据系统的形态可以将系统分类,有助于对系统广泛而深入地观察和研究。现将系统分为自然系统和人造系统、实体系统和概念系统、静态系统和动态系统、封闭系统和开放系统、确定型系统和随机型系统等。

1. 自然系统和人造系统

自然系统是由自然过程形成的系统,如宇宙、太阳系、原子结构、江河、湖泊等。自然系统具有一种高度的秩序和平衡,最明显的是季节、食物链、水循环、河道的冲刷与淤积等。有机物和植物都与环境保持着平衡,天然河道的泥沙运动也与水流维持着平衡状态,有冲则有淤。自然界中的每一事物都伴随着一种对其环境恰如其分的适应性,最重要的现象之一是物质流处于循环状态下,这种循环状态在自然界中是没有尽头的,维持连续不断地再循环。

人造系统是由于人类的存在通过组成部分、特征和关系介入自然界而构成的种种人造系统。所有的人造系统当它们实现时都构成自然世界的一部分。近一个世纪来,人造系统有了迅速地发展,构成了一个人造世界。人造系统和自然系统之间往往存在着重要的界面,在许多方面它们相互影响着,人造系统对自然界所施加的巨大影响,只有在近期才成为一个严峻的问题,引起了人们的极大重视。人造系统破坏了自然系统的平衡状态,反过来自然系统又对人造系统进行报复。假若人们顺应了自然规律,驾驭和改造自然系统,构成的人造系统则会造福于人类。中国古代(公元前250年)在四川省灌县岷江中游修筑的大型水利工程——都江堰就是一个杰出的例子。

人造系统与自然系统的相互作用是从事水利工程建设的人们必须慎重对待的问题。

2. 实体系统和概念系统

实体系统是指系统本身由占据实在的空间的实物所组成。如一个水利枢纽、一座大坝、一座水电站、一条灌溉渠道等。概念系统不是一个实体,而是用符号表示其特征的系统,如思想、计划、设计、原则和学说等都属于概念系统。概念系统是思想的组织,一个实体系统出现以前往往先有概念系统,譬如建造一个水利枢纽工程必须先作规划和设计。一个拟建的实体系统也可由数学模型或其他概念性的模型进行模拟。在现实世界中,概念系统对

实体系统的建造和运行起着十分重要的作用，一个复杂的系统往往既包含实体系统又包含概念系统。

3. 静态系统和动态系统

静态系统是只有结构而无活动的系统，系统的状态不随时间发生变化，而保持稳定的状态。例如，一座任一结构型式的水工建筑物。动态系统是结构和活动相结合的系统，系统的状态随时间而变化，发生质和量的改变，或处于稳定-不稳定-稳定的过程中。例如，一个水利枢纽是一个动态系统，在它运行期间，上游来水量、水库水位和库容量、水电站的发电量、泄流量等都随时间而变化。又如，一个水电工程施工工地也是一个动态系统，随着施工进度向前推移，工地上的人、财、物都在数量上、位置上、关系上发生变化。

一个系统只是在限定的参考系中才被认为是静态的，一座大坝可看作为静态的，然而，大坝在整个建造期间则是一个动态过程，大坝建成后，在运行期间，被使用和维护，也是一个动态过程。

一个系统是静态还是动态还与观察者观察系统的角度有关，例如，一栋楼房，建筑师可以认为它只是一座具有某种功能的美丽的建筑物，是一个静态系统，而工程师则认为它是一个动态系统，因为楼房内需要供热、空调以及维修等。

4. 封闭系统和开放系统

封闭系统是与环境明显地不发生相互作用的系统，没有物质出入该系统，环境只对系统提供一个存在的位置。封闭系统呈现一种由于其内部无变化而形成的稳定特性。封闭系统的内部有确定性的相互作用，其初始状态和最终状态具有完全的一致性。在任何封闭系统中，最终状态肯定是由初始条件所决定，如果初始条件和过程有改变，最终状态也将发生改变。

开放系统是与环境发生相互作用的系统，允许物质、能量、信息跨过它的边界，出入该系统，例如生态系统、商贸系统、社会系统等，他们要求与所处的环境不断地相互作用，环境影响这些系统，它们也影响环境。开放系统与封闭系统的区别还在于不同的初始条件可能以不同的方式达到相同的最终状态，即所谓的等结果性。开放系统也会呈现出稳定状态，只要达到稳定状态就与初始条件无关，并必然表现出等结果性。开放系统模型的基础是为适应环境的变化，系统元素间的动态相互作用，因此开放系统具有自动调整和自动适应环境的功能。典型的开放系统是靠自然过程形成的系统。人造系统具有开放系统和封闭系统的特性。

5. 确定型系统和随机型系统

确定型系统其输入和输出可以对一个实际的单事件进行计量和说明，若一已知输入以同样的方式重复地与系统相互作用，对每一个完全相同的输入都会产生同样的输出，则对一已知输出，系统具体反应的大小是唯一的，重复进行完全相同的输入，每次产生的输出将完全相同，这种系统就称为确定型系统。例如，CPM（Critical Path Method 关键路线法）网络计划所有活动的历时值都是肯定的唯一值，以此为基础计算得出的网络计划工期也是肯定的唯一值，所以 CPM 网络计划是一个确定型系统。

随机系统其输入不可能是完全相同的，组成系统的元素也不能维持在完全相同的状态下。实际上，在现实中，完全相同的输入产生完全相同的输出的概念，对所有系统来说都

不能说是肯定的，而是具有某种概率的结果。由于输入和系统都不可能出现与以前完全相同的条件。对随机系统来说，上述概念在任一实际的情况下都不可能实现，例如，掷硬币，出现“面”，若再掷并使影响硬币行为的所有因素都与以前严格相同时，则无疑再出现“面”。但是大多数随机系统，所有影响系统的因素不可能严格地重现，这是由于系统和影响系统的输入存在着不确定性或统计上的偏差。实际上，在许多系统中输入上的统计偏差是存在的也是允许发生的。一个实际上的统计输出，在相同的条件下进行重复抽样所得的结果是一个“期望值”。确定系统输出期望值，对随机系统来说是十分重要的分析。在水利水电工程施工中，多数是属于随机型系统。

在系统的建模和分析上，确认系统是确定型还是随机型十分重要。

第二节 水利水电工程施工系统

水利水电工程是一个人造系统。大型水利水电工程一般是一个综合利用的水利枢纽，它可能具有发电、防洪、灌溉、航运、水产、木材漂运、工业与城市用水、旅游、治沙、治涝等多种功能，由多种建筑物和构筑物组成，内部结构复杂，涉及因素众多，影响范围广泛，后果影响重大，建设周期长，投资额大，是一个非常复杂的大系统。水利水电工程施工是一种创造性的生产活动，它把自然系统的原始状态改变为符合人类利益要求的状态。施工是实现工程设计，是将工程设计转变为建筑物的过程，也是将一个概念系统转变为实体系统的过程。水利水电工程施工是一个复杂的生产体系，这一复杂的生产体系即是一个“系统”，组织建立和管理运行这个系统是一个系统工程，所谓系统工程是组织管理“系统”的规划、研究、设计、施工、试验和使用的科学方法，是一种对所有“系统”都具有普遍意义的科学方法。应用系统工程这种科学方法对水利水电工程施工系统进行分析就是研究关于施工活动的最优决策问题。这一节主要阐述水利水电工程施工系统的特性、组成、施工组织设计系统。

一、水利水电工程施工系统的特性

水利水电工程施工是一种特殊的生产活动，其生产要素的结合有着特殊的规律和特点，认识水利水电工程施工系统的特性对组织管理水电工程施工是有意义的。

(一) 水利水电工程项目的特性

1. 工程项目的固定性

无论是建筑物或构筑物，一旦成型后就固定不动，建筑物与基础、构筑物与其他相联系的构筑物结合在一起构成一个不能移动的整体。

2. 工程项目的单件性

水利水电工程建筑物施工不能像其他工业产品那样批量生产，不能按重量、长度、个数计量，只能是一个一个的工程项目，如建成一座大坝、一座电站、一座船闸等，每一个工程项目都具有独立的个性。

3. 工程项目可以分解的总体性

水利水电工程是由若干个单项工程和单位工程或许多分部分项工程组成的具有一定功能的有机的整体，是一个完整的系统，这个系统又可按其组成部分分解为若干个子系统

(或子项目),各个子系统是在满足工程项目总体功能的基础上协调地发挥各自的功能。

4. 工程项目的大型性

由于水利水电工程功能的要求和承受相当大的荷载,所以建筑物的体型都很大。

(二) 水利水电工程项目施工的特性

水利水电工程项目的特性决定了工程项目施工的特性。

1. 流动性

工程项目的固定性必然形成施工的流动性。由于建筑物和构筑物是固定的,则建造建筑物和构筑物的工人、机械、材料等都是流动的,他们在同一个建筑物的平面上和高度上流动,从一个位置流动到另一个位置,或在建筑物之间流动,从一个建筑物流动到另一个建筑物。

2. 一次性

工程项目的单件性决定项目施工的一次性。所谓一次性是指水利水电工程没有两个工程项目其结构形式、尺寸、构造、施工条件、施工工艺等是完全相同的,每个项目都有其特殊性,从而工程项目的施工过程不可能是重复的和批量生产的,因此在管理上没有一个统一的标准模式。

3. 阶段性

几乎所有的水利水电工程建设都分阶段进行,即可行性研究阶段、设计准备阶段、设计阶段、施工和安装阶段、动用前准备阶段、保修期、运行阶段,不同阶段有不同的任务,由不同的工作单位来完成。这几个阶段是逻辑地连接的,前一阶段是后一阶段的基础,后一阶段是前一阶段的必然发展。水利水电工程施工由于建筑物体型大、施工周期长、工程项目由若干个相互关联的子项目组成,每个单项工程又划分为若干个单位工程或部分分项工程,所以施工也是分阶段进行,如基础工程施工、主体工程施工、闸门安装等阶段,各阶段按建筑物的结构要求、工艺顺序和组织顺序连续不断地生产出最终产品。

4. 波动性

水利水电工程施工都是在河道上露天作业或地下作业,受自然因素的影响和制约,也受其他因素的影响和制约,如材料供应不及时、资金不到位、设计变更等,因此,施工进度波动性很大,很难进行连续均衡的生产,这种在时间和空间上的不连续性,不同时段需求的不均衡性,致使施工必须经常进行调整。

二、水利水电工程施工系统的组成

从工程项目管理的角度出发来阐述水利水电工程施工系统的组成。

(一) 组织系统

为了实现水利水电工程项目施工的目标,建立一个合理的、有效的组织系统是十分重要的。所谓组织系统是指承包水利水电工程施工单位的组织结构和 workflow 组织。组织结构包括组织结构模式、管理职能分工和任务分工。组织结构模式是说明指挥系统或命令系统。workflow 组织包括物质流程组织及信息流程组织,物质流程组织是说明工程进展顺序或施工顺序,信息流程组织是指信息的内容、结构、流向与管理。水利水电工程施工任务是由工程承包者承担,在现代的大型水利水电工程施工中,工程承包者是一个或多个大型施工企业,例如水电工程局(或公司)或施工联合体。水利水电工程施工企业是一个组织

系统，它是由相互联系（纵向联系和横向联系）的部门（机构）组成的管理系统，这些相互联系的部门为了实现企业的整体目标，按一种组织结构模式，一定职能分工和任务分工，按一种责权利的关系，以一种工作流程组织，发挥管理功能。

组织系统是实现企业目标的保证。可供选择的组织结构模式有多种，如线性组织结构模式、职能组织结构模式、线性职能组织结构模式、矩阵组织结构模式。在现代施工企业中，矩阵组织结构模式是一种理想的新型的组织结构模式，如图 1-1 所示。

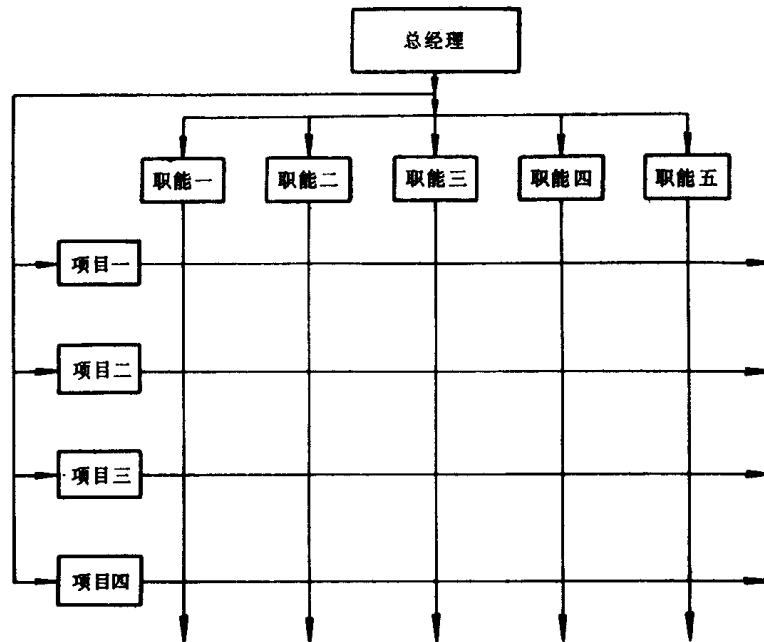


图 1-1 矩阵组织结构模式图

矩阵组织结构模式将企业职能与工程项目职能有机结合，形成一个纵向职能机构和横向工程项目机构相交叉的矩阵，既发挥了企业对工程项目的纵向领导，又发挥了工程项目建立的由项目和项目职能部门组成的项目管理职能。这种组织结构模式有利于生产要素合理地流动和优化配置；有利于企业根据项目需要自主灵活地调整；有利于项目整体目标的实现和调动项目的积极性；有利于提高管理水平和提高施工生产效率。

矩阵组织结构模式是适应企业的施工任务种类较多，规模和要求变化较大，每项任务的相对独立性较强的情况下产生的。

（二）信息系统

信息是推动工程项目运转的动力，它可使工程项目有效地运行。当根据提供的信息作出决策，并据此采取行动时，它能提高组织机构目前和将来的效率，更有效地利用资源，降低成本，增加利润，确保目标的实现。由于水利工程项目规模大、工期长、工程项目在施工过程中受自然因素和其他种种因素的影响，致使工程项目的信息量大、种类多。从对工程项目的控制角度出发，信息可分为四类：计划信息、决策信息、执行信息、检查信息。

信息系统是对信息进行收集、分类、加工处理、存储、检索和传递的系统。

管理信息系统是对工程项目建设过程中信息活动的全过程应用电子计算机辅助管理的系统。该系统是以计算机为基础的人机系统，它是由计算机硬件和软件，人工处理分析、计算、控制和决策模型，以及数据库技术构成的。它的功能是收集、处理、存储、传递及分析工程项目的有关信息，供项目管理人员作规划和决策，使工程项目的目标得以控制。

管理信息系统也是若干子系统的联合，这些子系统按需要进行开发和实施，并符合管理信息系统的整个计划、标准和处理步骤的要求，每一个子系统都为实现管理信息系统的总目标服务。工程项目管理信息系统的基本组成如图 1-2 所示。

(三) 生产与生活系统

为建造主体工程的需要和保证

主体工程施工顺利地开展，必须建立起一整套为建造主体工程服务的生产生活系统，这些生产生活系统的设施大多数是临时性的，包括：

- (1) 砂石料系统。砂石料系统包括天然骨料开采系统、人工骨料开采加工系统、骨料筛分堆存系统等。
- (2) 混凝土系统。混凝土系统包括混凝土骨料预冷预热系统、水泥储运系统、混凝土制备系统等。
- (3) 辅助企业系统。辅助企业系统包括机械修配企业、汽车修配企业、钢筋加工厂、木材加工厂、混凝土构件预制厂等。
- (4) 风、水、电系统。包括风（压缩空气）供应系统、生产生活用水供应系统、施工供电系统等。
- (5) 原材料、物料存储系统。包括仓库和堆场以及装卸设备等。
- (6) 场内交通运输系统。包括汽车运输、窄轨运输、船舶运输、桥涵、车站、码头等。
- (7) 通讯系统。
- (8) 生活及为生活服务的系统。
- (9) 行政、技术管理系统。
- (10) 消防系统。

生产系统设施与所建造的建筑物形式有关，若为土石坝工程，生产系统则需包括土料的开挖系统、石料的开采系统、土石料的储运系统。

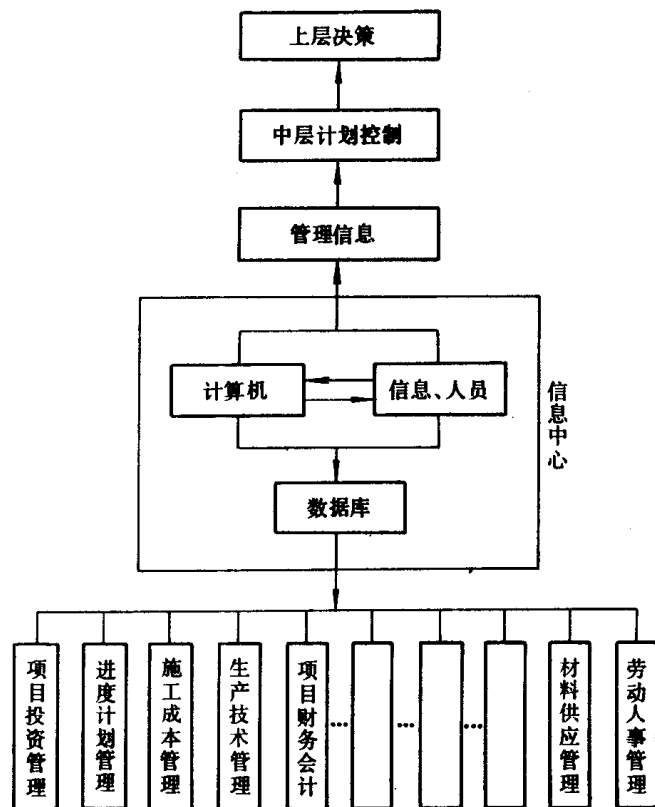


图 1-2 管理信息系统的基本组成图

由于水利水电工程一般都远离施工企业基地，所以在施工场地内建立起一整套生产生活系统，也是水利水电工程施工的一个特点。生产生活系统的建立工作包括：系统规模的确定、工艺流程设计、机械设备选型与配套、系统的优化布置等，它对保证水利水电工程施工的顺利进行起很大作用。

(四) 水利水电工程施工系统的层次结构

水利水电工程本身是由若干种建筑物构成的综合的整体，每种建筑物都有其各自的功能，独立地发挥作用。然而组成水利水电工程的各个建筑物又是紧密联系、相互制约和相互依赖的，是一个有机的整体。在建造水利水电工程项目时，需要充分地考虑他们之间的这种联系和制约关系，以及他们与环境的关系和其他要求（如通航要求、泄洪要求等），来安排他们的建造次序和处理他们之间在施工期间的关系。每一个建筑物又是由许多的构件、工种、材料所组成，所以也是一个由许多组成部分构成的系统，每一个建筑物的施工又有其本身的建造规律及其内部的相互联系性和相互制约性，也要分别安排他们的建造次序和处理他们之间在施工期间的关系。对一个大而复杂的系统进行组织和管理时，往往按系统内在的逻辑规律将其分解为层次结构，层次间的关系是隶属关系，每个层次又划分成许多子系统，从系统的整体出发来分析各个层次及其子系统。

为了便于编制工程计划和进行施工控制，可将一水利水电工程项目划分为单项工程、单位工程、分部工程和分项工程等四个层次。单项工程是建设项目的组成部分，是指在一个建设单位中，具有独立的设计文件，竣工后可以独立发挥生产能力或取得工程效益的工程，如一座电站、一座拦洪坝、一座船闸等，单位工程是单项工程的组成部分，是指具有单独的设计文件，可以独立组织施工的工程，但不能形成生产能力，如地下厂房系统的主厂房、副厂房、主变室等。拦洪坝工程的基础处理、大坝混凝土、闸门安装等。分部工程是单位工程的组成部分，每一分部工程是按建筑物的主要部位来划分，如地下厂房洞室开挖按高程划分的上层、中层、下层，相应各层的喷锚支护等，大坝混凝土的基础准备、按高程划分的混凝土浇筑、接缝灌浆等。分项工程是分部工程的组成部分，这是水利水电工程项目划分的最小单位，一般按建筑物的主要工序（或工种）划分，如土方开挖、石方明挖、石方洞挖、某一高程混凝土浇筑的模板安装、混凝土浇筑、养护、拆模、施工缝处理等。

图 1-3 所示为我国某大型水电站工程的部分项目的划分及其层次结构。

(五) 水利水电工程施工组织设计系统

根据水利水电工程施工的特点，为了保证主体工程（大坝、电站）施工的可靠性、连续性、均衡性、经济性，并能按期完成，在自然环境和社会环境的约束下，应在时间和空间上对整个工程进行统筹安排，这是一个复杂的施工组织设计过程。从整体目标出发，对系统各层次的组成部分进行优化分析，以保证水利水电工程施工的正常运行，这种施工组织设计过程称为施工组织设计。水利水电工程施工组织设计是一个概念系统，它指导水电工程施工生产系统的运转和工程项目系统生产要素的流通。水电工程施工组织设计作为一个系统可分为五个分系统，即施工导截流设计系统、主体工程施工系统、施工总进度计划系统、施工总平面布置系统、施工概（估）算系统等。这五个分系统基本上覆盖了水利水电工程施工组织设计的全部内容。现从施工组织设计的角度出发，分述这五个分系统。

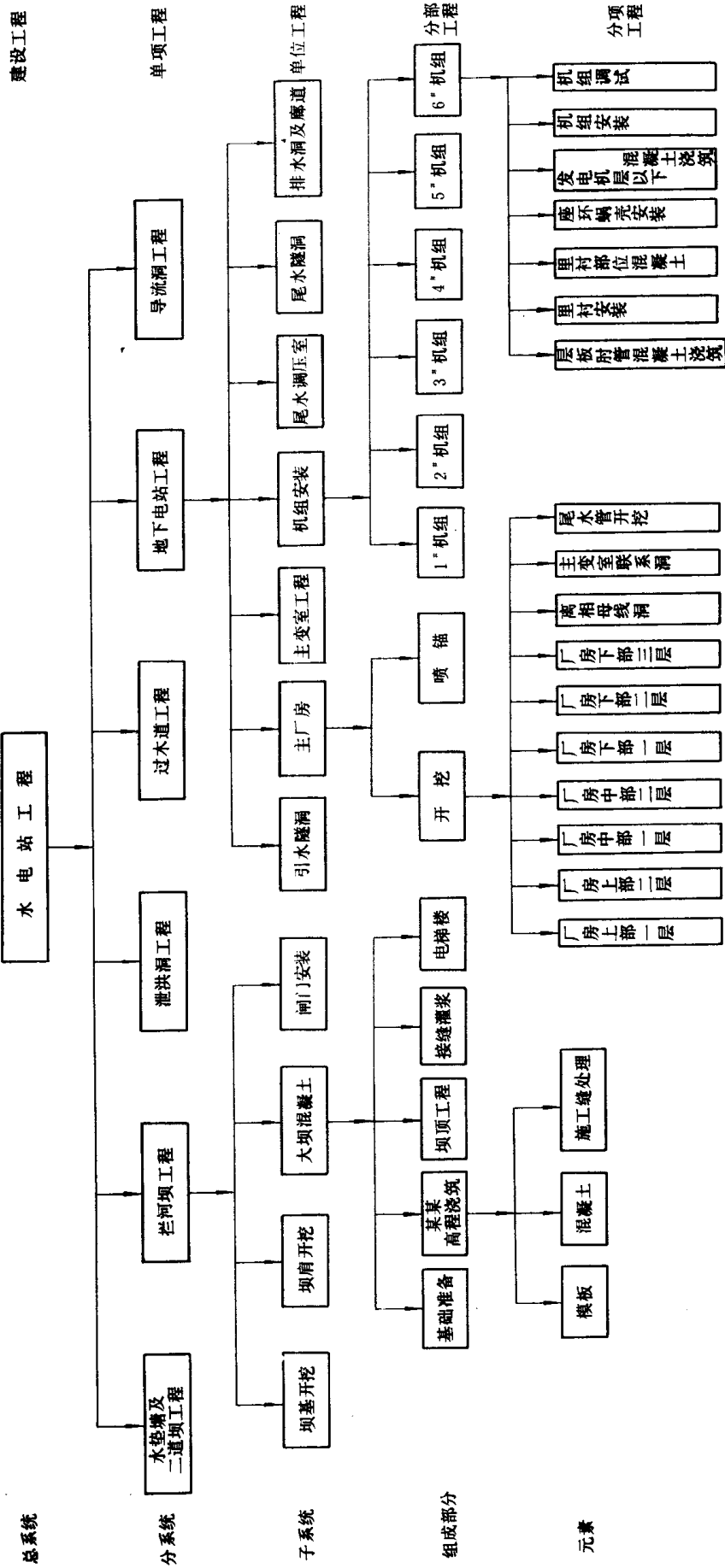


图 1-3 我国某大型水电站部分项目划分及其层次结构图

1. 施工导截流系统

施工导截流系统的目的是进行导流方案设计、导流建筑物设计和截流设计。导流方案是水利水电工程初步设计中施工组织设计的关键项目，它与施工进度计划、主体工程施工方法、施工总平面布置和概（估）算等系统有着十分密切的关系，涉及众多因素，需要进行多方案比较。一般根据坝址处地形、地质、水文、气象、水利枢纽布置以及施工方法等方面拟定几种可行方案，然后对各方案进行水力学计算、体型设计、进度分析、投资估算、风险分析、综合评价，权衡利弊，选择方案，待方案选定和主要参数确定后，进行导流建筑物设计，最后进行工程整体评价。根据导截流系统的目的及达到目的的手段，施工导截流系统的内容如图 1-4 所示。

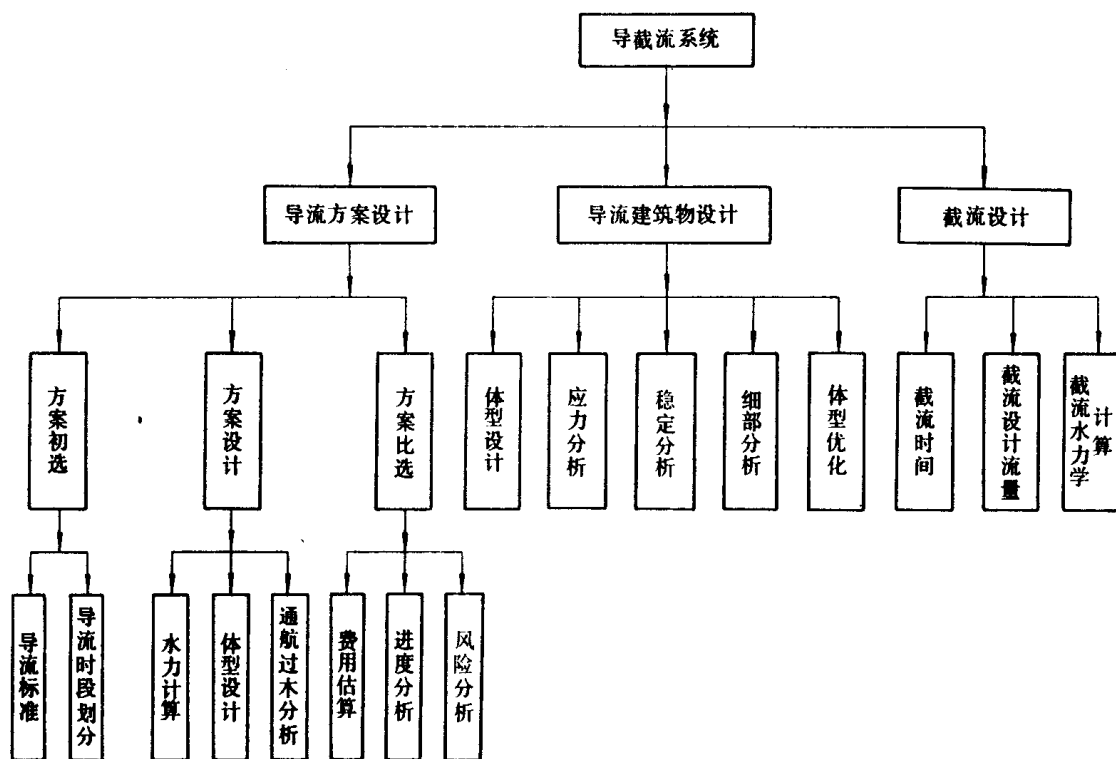


图 1-4 施工导截流系统图

2. 主体工程施工系统

主体工程施工系统的目的是对水工建筑物（大坝、电站、泄洪洞）的施工方案进行优选和对施工方法进行设计。根据水利水电工程水工建筑物设计，主体工程建筑物可有多种型式，主体工程施工系统按建筑物的型式来划分，如图 1-5 所示。

(1) 基础处理设计系统。基础处理设计系统包括两个子系统，一是基础开挖，二是基础处理。根据地质条件及水工建筑物对地基的要求，设计坝基开挖程序，选择开挖方法，设计岩基的灌浆处理和软弱破碎带及溶岩的处理措施，设计砂砾石地基灌浆和防渗墙的处理措施。

(2) 土石坝施工设计系统。土石坝施工设计系统包括两个子系统，一是土石料运输系统，二是坝面填筑系统。拟定机械配套方案，用计算机模拟坝体施工过程，得出施工工期、

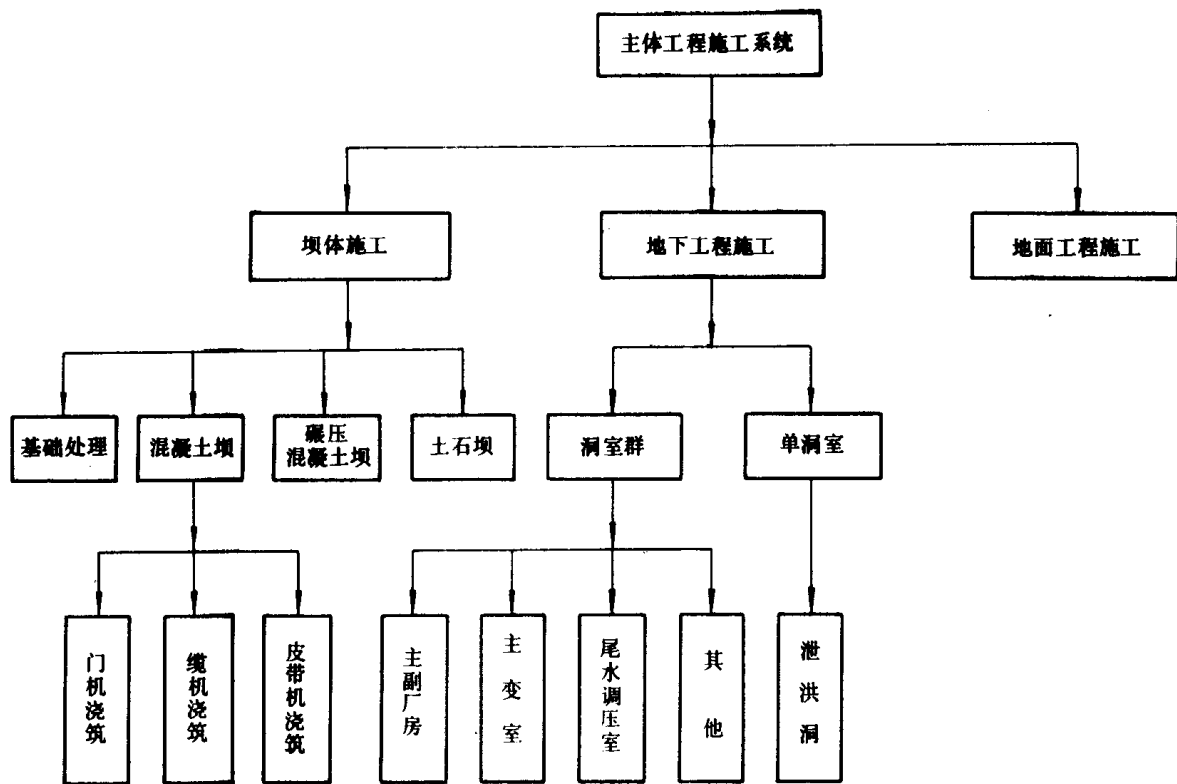


图 1-5 主体工程施工系统图

施工强度、施工费用等数据，对机械配套方案进行优选，然后进行施工组织设计。

(3) 混凝土坝施工设计系统。大型混凝土坝一般有两种坝型：重力坝和拱坝。混凝土坝施工基本有两种方法，一是分块浇筑法，二是分层碾压法。混凝土坝施工设计系统主要包括三个子系统，一是混凝土生产系统，二是混凝土运输系统，三是坝面作业系统。采用分块浇筑法施工时需要拟定用门机或缆机浇筑的机械配套方案，用计算机模拟坝体施工过程，得出施工工期、施工强度、浇筑顺序、施工费用等数据，对机械设备配套方案进行优选，然后进行施工组织设计。采用分层碾压法施工时，在施工方法上有 RCD 法 (Roller Compacted Dam Concrete) 和 RCC 法 (Roller Compacted Concrete) 之分，分别拟定 RCD 法和 RCC 法的机械配套方案，用计算机模拟坝体施工过程，得出施工工期、施工强度、施工费用等数据，对机械配套方案进行优选，然后进行施工组织设计。以上两种坝型、两种施工方法在施工组织设计中都要进行温控措施的优化。

(4) 地下工程施工设计系统。地下工程施工设计系统的内容为：按照已定的开挖断面尺寸和地形地质条件，选择开挖工作面、开挖程序和开挖方法。拟定几种机械设备配套方案，进行计算机模拟，得出施工工期、平均月进尺、施工费用等数据，对机械设备配套方案进行优选，对选定方案进行施工组织设计。用计算机模拟地下洞室群的施工过程，我国已开发出循环网络的优化技术。

3. 施工总进度计划系统

施工总进度计划系统的目的是对各单位工程、分部分项工程的进度进行优化安排，它