

第一章 基本建设概述

第一节 基本建设

一、基本建设的概念

基本建设是指人们通过使用施工机具，对各种建筑材料、机械设备进行建造和安装，使之成为固定资产的过程。因此，基本建设是固定资产的建设，其中包括各行业的生产性固定资产的更新、改建，扩建和新建工程。基本建设是国民经济的重要组成部分，其最终目的是满足整个社会在市场经济条件下日益增长的物质和文化生活的需要。

固定资产是指在社会再生产过程中，可供生产或在生活中较长时间使用并在使用过程中基本保持原有实物形态的劳动资料和其它物质资料，如建筑物、构筑物、电气设备及运输设备等。

为便于管理和核算，目前在有关制度中规定，凡列为固定资产的劳动资料，一般应同时具备两个条件：使用年限在一年以上；单位价值在规定的限额以上，根据财政部(92)财字第 61 号文件规定，小型企业为 1000 元以上，中型企业为 1500 元以上，大型企业为 2000 元以上。不同时具备上述两个条件的应列为低值易耗品。

基本建设是由一个个的基本建设项目组成的，根据不同的分类标准可分为以下几类。

1. 按建设项目的性质不同分类

(1) 新建项目。是指新开始建设的项目，或对原有建设项目重新进行总体设计，经扩大建设规模后，其新增加的固定资产价值超过原有固定资产价值三倍以上的建设项目。

(2) 扩建项目。是指原有建设单位，为了扩大原有的主要生产产品的生产能力或效益，并增加新产品生产能力，在原有的基础上新建一些主项目或其它固定资产。

(3) 改建项目。是指原有建设单位，为了提高生产效率，对原有的设备、工艺流程进行技术改造的项目。

(4) 迁建项目。是指原有的建设单位，由于各种原因迁到另外的地方建设的项目。

2. 按建设项目的建设过程不同分类

(1) 筹建项目。是指在年度计划内，只做准备但还不能开工的项目。

(2) 施工项目。是指列入年度计划开始建设的项目和正在继续施工的项目。

(3) 投产项目。是指可以全部竣工并已投产或交付使用的项目。

(4) 收尾项目。是指已竣工投产或交付使用，设计能力全部达到，但还遗留少量扫尾工程的项目。

3. 按建设资金的来源渠道不同分类

(1) 国家投资项目。是指国家预算计划内直接安排的投资项目。

(2) 自筹投资项目。是指国家预算外的投资项目，自筹投资又可分为地方财政和企业

自筹。

4. 按建设项目的建设总规模和投资额不同分类

按建设项目的建设总规模和投资额的多少分大、中、小型项目。其划分标准在各行各业中是不一样的，一般情况下，产品的设计能力按全部投资额划分。

二、基本建设项目划分

编制工程造价文件时，如何进行计算单元的划分，如何列项，如何将一个建设项目及其总费用进行分解，就是项目划分的内容。项目划分是为了较好地计算出工程的总造价，把一个建设工程分解成若干个便于计算其工料消耗量的基本构成项目，再用汇总这些项目的办法，求出工程的总造价，这个造价还应便于预算文件编制及预算的对比，审查执行过程进行动态控制。因此，通常一般建设工程可按建设项目、单项工程、单位工程、分部工程、分项工程项目进行划分。

1. 建设项目

建设项目是指具有设计任务书，按一个总体组织施工的一个或几个单项工程组成的建设工程。建设项目在经济上实行独立核算，在管理上有独立的组织形式，如一座工厂、一所学校、一个独立的水利工程或一条铁路等为一个建设项目。一个建设项目可是几个单项工程或一个单项工程。

2. 单项工程

单项工程是指在一个建设项目中具有独立的设计文件，建成后可以独立发挥生产能力或工程效益的项目，是建设项目的组成部分。例如：一个水利工程中的闸坝，一座工厂中的各车间、办公楼，一所医院中的病房楼、门诊楼等。单项工程是具有独立存在意义的完整的建设及设备安装工程，也是一个很复杂的综合体。为了便于计算工程造价。单项工程仍需要进一步分解为若干个单位工程。

3. 单位工程

单位工程是单项的组成部分，是指具有独立的设计文件，或以独立组织施工和单独作为成本计算对象建成后不能单独发挥生产效益的工程项目。如堤身加固处理工程中的堤身防渗墙就可列为一个单位工程。

4. 分部工程

分部工程是单位工程的组成部分，是指单位工程的各个部位按其结构性质及施工特点，将单位工程划分为若干个分部工程。例如：土方工程、桩基工程、砖石工程、钢筋工程、架子工程、装饰工程。

5. 分项工程

分项工程是分部工程的组成部分，是按选用的施工方法、所使用的材料及结构构件规格的不同等因素划分的，用较为简单的施工过程就能完成的，以适当的计量单位就可以计算工料消耗的最基本构成项目，例如土方工程可划分为基本槽开挖、土方运输、回填土等分项工程。

建设项目、单项工程、单位工程、分部工程、分项工程之间的相互关系如图 1-1 所示。

综上所述，一个建设项目是由一个或几个单项工程组成，一个单项工程由几个单位工

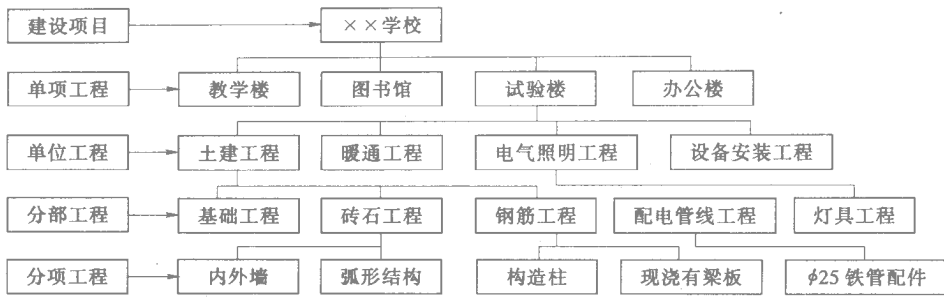
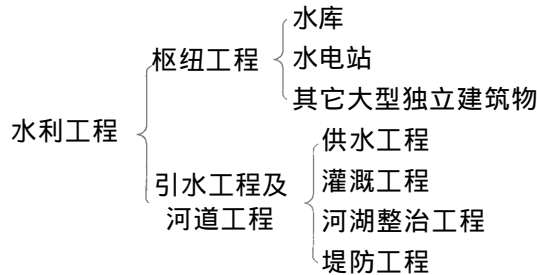


图 1-1 建设项目、单项工程、单位工程、分部工程、分项工程关系示意图

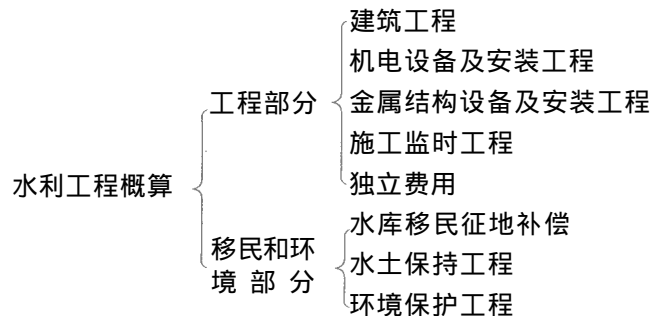
程组成，一个单位工程又可划分为若干个分部工程及分项工程。

由于水利水电工程是一个性质较复杂的群体，除拦河坝（闸）、电站主体厂房外，还有变电站、开关站、引水、输水系统、泄洪设施、过坝建筑、输变电路、公路、铁路、桥涵、码头、通讯系统、给排水、供风、制冷设施以及附属企业 and 文化生活建筑等，难以严格按单项工程和单位工程来确切划分项目。现行水利部水总〔2002〕116号文颁发的《水利工程设计概（估）算编制规定》中将水利工程划分如下：

(1) 水利工程按工程性质划分为两大类。具体划分如下：



(2) 水利工程概算由工程部分、移民和环境两部分构成。具体划分如下：



工程部分的工程项目分别按枢纽工程、引水工程及河道工程划分，工程部分下设一、二、三级项目，二、三级项目中仅列出了代表子目。编制概算时，二、三级项目可根据水利工程初步设计编制规程的工作深度要求和工程情况增减再划分。参照附录 A，水利工程建设项目工程部分项目划分。

第二节 施工组织与工程造价

一、施工组织及工程造价的作用

1. 施工组织的作用

施工组织设计是根据国家或业主对拟建工程的要求，设计图纸和编制施工组织设计的基本原则，从拟建工程施工过程中的人力、物力和空间三个要素着手，在人力与物力、供应与消耗、生产与储存、专业与协作、使用与维修及空间布置与时间排列等方面进行科学地合理部署，为建筑产品的生产的节奏性、均衡性和连续性提供最优方案，从而以最少的资源消耗取得最大的经济效果，最终使建筑产品的生产在时间上达到速度快和工期短，在质量上达到精度高和功能好，在造价上达到消耗少、成本低和利润高的目的。

施工组织设计是对拟建工程施工的全过程实行科学、经济管理的重要手段。通过施工组织设计的编制，可以全面考虑拟建工程的各种施工条件，扬长避短地拟定合理的施工方案，确定施工顺序、施工方法及劳动组织和技术经济组织措施，合理地统筹安排人力、材料消耗、机械使用及工程进度计划，保证建设工程按质、按期交付使用，也为拟建工程的设计方案经济上的合理性、技术上的科学性和实施工程上的可能性的论证提供依据；还为建设单位编制基本建设计划，拟定初步设计概算提供依据。可为施工企业提供依据，提前掌握人力、材料和机械设备，在使用上的先后顺序；全面合理安排材料的供应与消耗，并为合理确定临时设施的数量、规模和用途，以及临时设施、材料和机具及施工现场的布置方案。

2. 工程造价的作用

工程造价的作用如下：

- (1) 工程造价是项目决策的工具。
- (2) 工程造价是制定投资计划和控制投资的有效工具。
- (3) 工程造价是筹集资金的依据。
- (4) 工程造价是合理利益分配和调节产业结构的手段。
- (5) 工程造价是评价投资效果的重要指标。

二、施工组织和工程造价的编制步骤

1. 施工组织设计的编制步骤

施工组织设计工作一般可按下述的步骤进行，如图 1-2 所示。

(1) 首先组织有关专业人员进行现场查勘及收集施工组织设计所需的基本资料，并掌握工程特性和施工条件，做好施工组织设计的基础工作。

收集基本资料应包括地形、工程地质、水文、气象、当地建筑材料来源、供应条件、当地水源、电源的情况及场内外交通条件等资料。

(2) 计算主要分部分项工程的工程量。从整个工程施工角度研究各项目施工程序，在研究中要特别注意关键性的项目和自然条件特殊的施工部位。

(3) 研究施工方法。可选择二三种施工方法做比较，首先从施工强度、工期方面研究，对工期能满足要求的施工方法，再进一步研究工程费用，最后确定最优的方案。

(4) 进行临建设施（供水、电、房屋等）、场内施工道路和现场布置的设计工作。

(5) 编制施工进度计划、材料机械、劳动等供应计划和施工质量安全保证措施计划。

(6) 编制施工预算，绘制图表和编写技术经济指标说明。

2. 工程造价的编制步骤

(1) 了解工程概况。要熟悉工程设计文件和施工组织设计文件，从而了解工程规模、地形地质、主要水工建筑物的结构型式、场内外交通方式、施工进度及主体工程施工方法等。

(2) 调查研究、搜集资料。深入现场、实地踏勘，了解工程施工现场布置情况、现场地形、当地建筑材料、料场开采运输条件、场内外交通条件和运输方式等情况；了解工程所在地区的劳动力和计划、物资供应、交通运输和供电部门及制造厂家等，搜集编制工程造价的各项基础资料及有关规定，如人工预算单价、材料设备价格、主要材料来源地、运输方式、运杂费计费标准和供电价格等。

(3) 编制基础单价。基础单价是编制工程单价所必需的最基本的价格资料，包括人工、材料预算单价，施工用水、电、风预算价格，施工机械台时费以及砂石料单价。

(4) 主要工程单价编制。根据基础单价，费率标准和施工组织确定的施工方法，套用现行水利部颁发定额的相应子目计算的三级项目工程单价。

(5) 计算工程量。水利工程工程量一般由水工、机电等设计人员提供。如需工程造价人员计算，计算时必须按设计图纸和《水利工程设计工程量计算规定》进行计算并列出现相应项目清单。

(6) 编制各种概算表和总概算表。设计概算要分别编制建筑工程、机电设备及安装工程、金属结构设备及安装工程、施工临时工程及独立费用概算表和总概算表。

(7) 编制说明书及附件，填写封面装订成册。

三、施工组织设计与工程造价的关系

水利工程初步设计概算和施工图预算的编制所采用的定额，一般用实物量表现的形式，在编制工程单价时，必须要有科学合理的施工组织设计，才能准确地计算工程单价。所以，水利工程的造价与施工组织设计是密切相关的，施工组织设计科学与否直接影响着工程的造价、工程的质量和工期的进展。如在土方开挖中，采用不同的施工方案，就会选用不同的施工机械设备及土方调配方案，这就造成开挖工程单价的不同。即使是一种施工方案，也会由于施工场地的总体平面布置及资源供应状况等方面的差异而造成工程项目造价上的不同。因此，水利工程施工组织与工程造价是紧密联系的，一个好的施工组织，会对该工程的造价降低起着关键的作用；一个不合理的施工组织设计，会对工程造价带来较大的人力、物力、机具的浪费。

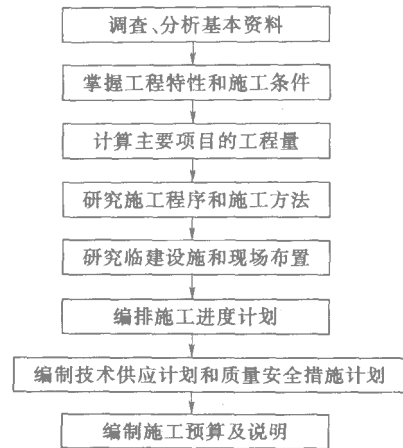


图 1-2 施工组织设计编制步骤程序图

第二章 水利水电工程施工组织设计

第一节 施工组织设计简介

施工组织设计是水利水电工程施工学科的一个重要组成部分，既要体现基本建设计划和设计的要求，又要符合施工活动的规律。它对正确选定坝址、坝型、枢纽布置、进行工程设计优化、合理组织施工、保证工程质量、缩短工程工期、降低工程造价、提高工程效益等都具有十分重要的作用，必须给予高度重视。

一、施工组织设计的任务

施工组织设计是研究工程施工条件、选择施工方案、编制工程投资估算、总概算和招标文件的主要依据，是组织工程建设和进行施工管理的指导性文件。其任务在于研究和制定水利水电工程及其施工机构的生产活动的组织、计划以及管理的最合理的方案，保证水利水电工程施工的顺利进行。

水利水电工程施工组织设计是一个总的名称。它根据编制对象或范围的不同，分为三类。

(1) 施工组织总设计。主要针对整个水利水电枢纽工程编制的施工组织设计。

(2) 单位工程施工组织设计。根据单位（项）工程编制的施工组织设计。单位工程施工组织设计根据编制内容的深度和广度不同，分成两种类型：

1) 单位工程施工组织设计。其编制内容较全面，以规模较大、技术较复杂的重点单位工程为对象而编制的。

2) 单位工程施工方案设计。其编制内容常以施工方案、施工进度、施工现场布置图为主，辅以其他相关内容，以常见小型工程或采用通用标准图纸，组成结构较简单的工程为对象而编制的。

(3) 分部分项工程施工组织设计。主要指以分项工程为对象，编制较详细的、具体的施工组织设计。

按照基建程序，在工程设计（初步设计和技术设计）阶段要编制施工组织总设计，主要对工程施工起指导作用，在工程项目招投标或施工阶段要编制单位工程施工组织设计或分部分项工程施工组织设计，可以作为落实施工措施的依据。

二、施工组织设计的内容

不同种类的施工组织设计的内容是不同的。

1. 施工组织总设计的内容

- (1) 建设项目的工程特性分析。
- (2) 施工部署和主要建筑物的施工方案设计。
- (3) 全场性的施工准备工作计划。

- (4) 施工总进度计划。
- (5) 各项资源需要量计划。
- (6) 施工总平面图的设计。
- (7) 各项技术经济指标分析。

2. 单位工程施工组织设计的内容

要熟悉工程设计文件和施工组织设计文件，从而了解工程规模、地形地质，现场布置、主要水工建筑物的结构型式、场内外交通方式、施工进度及主体工程施工方法等。

- (1) 单位工程的工程特性及施工特点的分析。
- (2) 施工方案的选择。
- (3) 单位工程施工准备工作计划。
- (4) 单位工程施工进度计划。
- (5) 单位工程各项资源需要量计划。
- (6) 施工现场布置图设计。
- (7) 各项技术经济指标分析。
- (8) 主要技术经济指标分析。

3. 分部分项工程施工组织设计的内容

- (1) 分部分项工程施工特点分析。
- (2) 施工方法和施工机械选择。
- (3) 分部分项工程施工准备工作计划。
- (4) 分部分项工程施工进度计划。
- (5) 劳动力、材料和施工机具等需量计划。
- (6) 施工质量、安全保证措施设计。
- (7) 作业区施工布置图设计。

施工组织设计对工程造价、工期、选择枢纽布置形式等都有重要的影响。因此，编制施工组织设计时，必须遵循下列基本原则。

(1) 严格执行国家有关政策、法令、规程、规范及标准条例，并符合国内招投标的规定。

(2) 按照实事求是、因地制宜、技术先进、经济合理的方针，全面分析比较，提出切实可行的施工方案。

(3) 结合国情，积极推广新技术、新材料、新工艺和新设备，凡经实践证明技术经济效益显著的科研成果，应尽量采用。

(4) 统筹安排，综合平衡，妥善协调各分部分项工程，做到均衡施工。

在掌握基本原则的同时，还应熟悉编制施工组织设计的主要依据。

- (1) 上级有关部门对工程施工的要求、指令、法规等。
- (2) 上阶段的施工组织设计成果及上级或业主的审批意见。
- (3) 工程所在地区的施工条件。
- (4) 目前国内外可能达到的施工水平、设备及材料供应情况。
- (5) 本阶段水工、机电等专业设计成果，有关施工工艺试验成果及各专业对施工

要求。

三、施工组织设计的编制程序

在明确施工组织设计的编制原则和依据后，就可以进行施工组织设计的编制，根据施工组织设计的种类不同，下面主要介绍单位工程、分部分项工程施工组织设计的编制步骤。

1. 单位工程施工组织设计

- (1) 对有关单位工程的施工资料进行分析。
- (2) 计算各分部分项工程的工程量。
- (3) 确定各分部分项工程的施工方法。
- (4) 进行单位工程进度计划的编制。
- (5) 编制资源供应计划。
- (6) 进行施工现场布置图设计。
- (7) 编制主要技术经济分析表。

2. 分部分项工程施工组织设计

(1) 对基础资料进行分析，包括单位工程施工组织、分部分项工程施工条件等资料的分析。

- (2) 选定分部分项工程的施工方法。
- (3) 进行分部分项工程进度计划的编制。
- (4) 编制资源供应计划。
- (5) 绘制施工现场布置图。
- (6) 主要技术经济效果分析。

四、施工方案的编制

施工方案的编制是单位工程施工组织设计中的核心问题，也是施工组织设计的主要内容，它将直接影响到工程的施工效率和技术经济效果，因此必须高度重视。施工方案的编制一般包括以下几部分内容。

1. 拟定施工程序

(1) 先地下后地上。主要指应先完成基础工程、土方工程等地下部分，然后再进行地面结构施工，即使单纯的地下工程也应执行先深后浅的程序。

(2) 先主体后围护。指先对主体框架进行施工，再施工围护结构。

(3) 先土建后设备安装。先对土建部分进行施工，再进行机电金属结构设备等安装的施工。

2. 确定施工顺序

(1) 必须满足施工工艺的要求，不能违背各施工顺序间存在的工艺顺序关系。例如，堤（坝）护坡工程的施工顺序为：堤（坝）坡面平整、碾压 垫层铺设 护坡块的砌筑。

(2) 选择的施工方法与采用的施工机械必须协调。

(3) 应该考虑施工组织的要求。有的施工顺序，可能有多种方式，此时必须按照对施工组织有利和方便的原则确定。例如，水闸的施工，闸室基础较深，而相邻结构基础浅，则应根据施工组织的要求，先施工闸室的深基础，再施工相邻的浅基础。

(4) 必须考虑施工质量的要求。例如，现浇混凝土的拆模，必须等到混凝土强度达到一定要求后，方可拆模。

(5) 必须满足安全施工的要求。平搭接施工时，安全尤为重要。

(6) 必须考虑当地的气候条件。如在多雨地区施工，就必须考虑先土方工程，再进行其它工程的施工。

3. 施工方法与施工机械的选择

选择和确定施工方法与施工机械是施工方案中最关键的问题，在施工方案中往往有不同的施工方法和不同的施工机械组合。因此，编制施工方案时，必须根据工程规模、结构特点和机械供应条件等因素，确定可行方案，进行技术经济比较，选择出最优方案。

在现代化施工条件下，施工方法与施工机械关系极为密切，一旦确定了施工方法，施工机械也就随之而定。施工方法的选择随工种工程的不同而不同，例如，土石方工程中，确定土石方开挖方法或爆破方法，确定边坡坡度系数或土壁支撑形式等；钢筋混凝土工程中，确定模板类型及支撑方法，选择混凝土的搅拌、运输和浇筑方法等。施工机械的选择则应遵循以下原则。

(1) 结合工程特点，选择适宜的主要施工机械。例如，土方开挖时，挖掘机是主要机械。因此，挖掘机型号和数量必须满足施工要求。

(2) 充分发挥主要施工机械的作用。各种辅助机械等必须与主要机械配套，提高施工效率。例如，土方工程施工时，采用挖掘机挖土，自卸汽车运土，与主要机械挖掘机配套的自卸汽车数量要合理。

(3) 机械型号和种类应尽量统一，以利于维修、管理。

4. 评价施工方案

施工方案的评价工作是对施工方案进行技术经济评价重要一环，评价的目的在于对单位工程各可行的施工方案进行比较，选择出工期短、质量好、成本低的最佳方案。

评价施工方案的方法主要有两种。

(1) 定量分析评价。定量是通过计算各方案的一些主要技术经济指标，进行综合分析，从中选出综合指标较佳方案的一种方法。主要技术经济指标包括：工期指标、劳动量指标、主要材料消耗指标和成本指标。

(2) 定性分析评价。指结合施工经验，对多个施工方案的优缺点进行分析比较，最后选定较优方案的评价方法。

水利水电工程施工组织设计的编制工作非常复杂，而作用又十分突出，因此要求在编制施工组织设计时，既要敢于创新，又不能盲目冒进，只有编制出切合实际的施工组织设计，才能保证水利水电工程建设的顺利进行。

第二节 施工进度计划编制

施工进度计划是施工组织设计的重要组成部分，是整个枢纽或单项工程各施工项目的规划。它是根据设计图纸、施工条件和计划的施工期限、选定的施工方法，来安排施工顺序和工程进度计划。其突出的是计划时间和产量的对应关系，也是控制工期的有力

工具。

一、施工进度计划的作用和类型

1. 水利水电工程施工进度计划的作用

(1) 确保工程进度，使建设工程能按国家规定的或有关设计部门推荐的工期按时或提前完成。水利水电工程建设关系到国民经济的许多部门，如果不能按期完工，将给国家带来巨大的损失，因此要高度重视。

(2) 在保证工期的前提下，施工进度计划可以加强工程施工的计划性，使工程能有节奏、均衡、连续地施工，从施工顺序和施工速度等组织措施上确保工程质量和生产安全，使资金、劳力、材料和机械设备的使用更加合理，从而达到降低工程造价的目的。

2. 施工进度计划的类型

施工进度计划主要有以下几种。

(1) 施工总进度计划。施工总进度计划是针对整个水利水电枢纽工程而编制的。要求确定出整个工程中各单项工程的施工顺序和起止日期，以及主体工程施工前的准备工作和主体工程完成后结尾工作的施工期限。

(2) 单项工程进度计划。主要是技术设计阶段针对主要单项工程（如大坝、水电站等）进行编制的。它是根据已批准的初步设计、施工总进度计划，来安排单项工程中的各分部工程或某些结构部位的施工顺序和起止日期，确定出各单项工程的准备工作项目和施工期限，并在施工方法和技术供应等方面，进一步论证施工进度的可能性与合理性，通过组织平行流水作业等办法，来研究加快施工进度和降低工程成本的具体方法。依据单项工程进度计划对施工总进度计划进行调整或修正，并编制物资和劳动力的技术供应计划。

(3) 单位工程进度计划。通常是指各专业、各工种如土方工程，混凝土工程所编制的一种进度计划。它是一个单项工程专业施工的指导文件。

施工进度计划常用施工进度表等形式表示，施工进度表分为两种类型。

(1) 横道图。它是现阶段施工总进度表常用的形式，横道图上标有各单项工程主要项目的施工时段、施工工期和平均强度，并有经平衡后汇总的主要施工强度曲线和劳动力需要量曲线。由于它具有图面简单明确，使用时直观易懂等优点，故在实际工程中应用广泛。其缺点是不能反映各分项工程间的逻辑关系，不能反映进度安排的工期、投资或资源的相互制约关系，并且进度的调整修改工作十分复杂，优化也十分困难。

(2) 网络图又称箭头图，是系统工程在编制施工进度计划中的具体应用。它能明确反映各分项工程之间的依存关系，并能标示出控制工期的关键线路，便于施工的控制和管理，同时，又有利于采用计算机等先进的计算手段，因此施工进度计划的优化或调整比较方便。但在水利水电工程中，施工条件复杂，网络图受制约的因素较多，应用尚缺乏经验。

二、施工进度计划的编制依据和原则

在施工组织设计中，施工总进度计划占有重要的位置，因此必须掌握施工总进度计划的编制原则和依据。

1. 编制依据

(1) 国家和上级有关部门的政策、法规及指令等。

- (2) 工程所在地区的基本施工条件和具体资料。
- (3) 相应阶段的设计图纸和其它设计文件。
- (4) 选定的各单项工程的施工方法等。

2. 编制原则

- (1) 严格执行国家的政策、法令法规、基本建设程序和上级有关部门的指标。
- (2) 力求缩短建设周期，与施工组织的其它各专业设计密切联系，综合考虑，并以关键性工程的施工工期和施工程序为主导，协调好各单项工程的施工进度。
- (3) 各项施工程序前后兼顾，处理好施工准备工程与主体工程、主体工程与各个单项工程、土建工程与机电工程、临时工程与永久工程及不同阶段工程施工的关系，做到干扰少，均衡施工。
- (4) 施工总进度计划尽量采用平均先进指标，并适当留有余地。
- (5) 在保证工程质量和总工期的前提下，充分发挥投资的效益。

三、网络计划

由于网络计划具有各项目之间关系清楚、便于进度计划的优化调整和计算机的应用等优点，所以在水利水电工程编制的各种进度计划中，常采用网络计划技术。

所谓网络计划技术，是指采用网络图的形式表达各项作业的先后顺序和相互关系。它是 20 世纪 50 年代中期发展起来的，主要包括关键线路法（CPM）和计划评审技术（PERT）等方法，我国著名数学家华罗庚教授又把它们合称为“统筹法”。

采用网络计划技术编制施工进度计划的一般步骤是：搜集原始资料，绘制网络图；分析各施工过程或工序在网络图中的地位，计算网络参数；找出关键作业和关键线路，根据决策要求，对网络计划进行优化控制，选择最优方案；计划实施的过程中进行定期检查，调整修订。

网络计划中的网络图，按表达方法的不同，分为双代号网络图和单代号网络图两种形式。它们与横道图表示的施工进度计划具有相同功能，但发挥的作用各有不同，前已叙述，这里不再赘述。

（一）网络图的绘制

我国目前在工程中应用最多的是双代号网络图，故这里加以详细介绍。

1. 双代号网络图的基本概念

要完成一项工程施工任务，必须完成其每个分部分项工程及其施工过程的内容。现在若用一根箭杆（带简明箭头的实线）和在箭尾、箭头处各用一个圆圈（即节点）来表示完成一个施工作业（过程、工序、工作、活动等）的施工内容，箭杆上方标明该施工作业的名称，下方标明完成该施工作业的时间，节点内编出号码，则组成了双代号网络图的完整表示形式，如图 2-1 所示。所谓双代号网络图是指用箭杆代表作业，节点代表事件的的网络图，故又称为箭头图。

在双代号网络图中，由箭杆、节点、虚箭杆和线路等四项组成双代号网络图的四要素。

（1）箭杆。

- 1) 一条箭杆表示一个施工作业（包括施工的活动、施工工序、

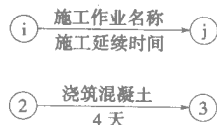


图 2-1 双代号网络图

施工项目等)，箭头的方向表示施工作业的前进方向，一般是从左到右。

2) 施工作业的时间与箭杆的长短无关。

3) 只消耗时间而不消耗资源的作业（如混凝土的养护等），也要按一个施工过程来对待，即用一条实箭杆表示。

4) 箭尾表示该作业的开始，箭头表示该作业的完成。

5) 网络图中，紧接某施工作业箭尾端的各施工作业，称为该施工作业的“紧前作业”；紧接箭头端的各施工作业，称为该作业的“紧后作业”；同时进行的作业，称为“平行作业”。

(2) 节点。网络图中的圆圈（即节点）是作业之间的联结，所以又称结点。同时，它又是用来标志前面作业的结束和后面作业的开始，我们把这叫做事件。事件与作业不同，它是作业结束或开始的瞬间，并且不耗费时间和资源。整个双代号网络图最先开始的节点叫起始节点。最后的一个节点叫终点节点。其它中间多项作业共用的节点叫中间节点（联结节点）。在节点的圆圈中编上正整数的号码，称为节点编号。一个网络计划图中的某一项作业可用箭尾和箭头的节点编号（ i, j ）来表示该作业的代号，因此称此种网络图为双代号网络图。

(3) 虚箭杆。虚箭杆仅仅表示施工作业之间的先后顺序，其既不消耗时间也不消耗资源，是一个虚设的施工作业，在双代号网络图中，虚箭杆有时是必不可少的。但是它的存在也使双代号网络图变得十分繁杂，因此应用中尽量要控制虚箭杆的使用数量。

(4) 线路一个双代号网络图从开始节点，沿箭杆的箭头方向，经过若干个中间节点和箭杆，直到终点节点，可能有许多条线路。每一条线路上，各施工作业时间之和，称为该线路的持续时间。其中持续时间最长的线路，称为关键线路。位于关键线路上的每一个施工作业都叫关键作业。关键作业完成的是否及时，将直接影响到该项目的计划工期。如图 2-2 所示，某水闸基础混凝土的施工，共有十项独立的施工作业，它们的先后顺序和逻辑关系是：首先是 1 → 准备作业，完成后可同时平行进行 2 → 挖土、3 → 6 制作钢筋铁件及 4 → 制作模板的施工，5 → 挖土作业完成后，进行 6 → 垫层作业的施工，而绑扎钢筋的作业 6 → 7 是在 5 → 和 4 → 6 作业完成后，才能开始施工，支模板的作业 7 → 7 是在 5 → 和 4 → 6 作业完成之后才能开始平行进行，在支模作业和绑扎钢筋作业（即 6 → 7）结束后才能进行 7 → 8 浇筑混凝土的施工，7 → 8 作业之后进行 8 → 9 混凝土的养护作业，之后进行 9 → 10 拆模作业，此项作业结束后，标志着水闸基础混凝土施工

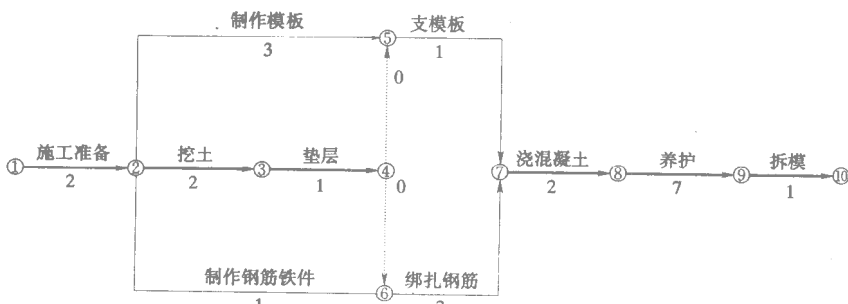


图 2-2 某水闸基础混凝土的施工图

的完成。

从开始节点 到结束节点 ⑩有四条不同的线路，其时间之和分别计算如下：

第一条线路：①—②—⑤—⑦—⑧—⑨—⑩

时间之和是： $2+3+1+2+7+1=16$ （天）

第二条线路：①—②—③—④—⑤—⑦—⑧—⑨—⑩

时间之和是： $2+2+1+1+2+7+1=16$ （天）

第三条线路：①—②—③—④—⑥—⑦—⑧—⑨—⑩

时间之和是： $2+2+1+2+2+7+1=17$ （天）

第四条线路：①—②—⑥—⑦—⑧—⑨—⑩

时间之和是： $2+1+2+7+1=15$ （天）

由上述计算可知，第三条线路的持续时间为最长（17天），故该线路是关键线路。在双代号网络图中，关键线路上的每一箭杆（即施工作业）都用加粗的线条或双箭头来表示，以示关键。

凡接近关键线路的持续时间的线路称为次关键线路，其它的线路统称为非关键线路。若在关键线路上的某些作业采取了有效的组织和技术措施而缩短了持续时间，则原来的关键线路就转化成非关键线路，原来的非关键线路也可能转化成关键线路。所以，关键线路和非关键线路是随着主观或客观因素的变化而相互转变的。和关键线路相比，非关键线路上的每一个施工作业都有一定的富裕时间或机动时间，即时差，若能在时差允许的范围内延长非关键作业的施工时间，就可以把该作业上的部分人力或设备转移到关键施工时间上去，缩短关键作业时间就可达到在不增加人、材、物的前提下，可以缩短工期、提高效率。这也是网络图的最大优势，而横道图法却很难做到。

双代号网络图的基本特点：用矢箭表示所要进行的施工作业，用圆圈表示作业间的联结；若指向某节点的所有工作都没完成，它后面的作业就不能开始。

2. 单代号网络图的基本概念

单代号网络图是由许多代表施工作业（施工过程、工序、活动等）的节点和表示逻辑关系的箭杆组成，又称节点图。它是在双代号网络图的基础上发展起来的。同双代号网络图相比，具有施工作业间的逻辑关系容易表达、无虚箭杆和便于检查、修改等优点。因此，单代号网络图受到越来越多的重视，具有广泛的应用前景。例如图 2-3 (a) 所示为双代号网络图，图 2-3 (b) 为单代号网络图，施工作业和逻辑关系相同，经比较单代号网络图比双代号网络更加简明。

单代号网络图的组成要素有两个。

(1) 节点。单代号网络图用节点（圆圈）表示施工作业，一个节点表示一个施工作业。

(2) 箭杆。单代号网络图中的箭杆只表达施工作业间先后顺序的逻辑关系，其不消耗时间和资源。箭头所指的方向为施工作业前进的方向，箭尾节点的作业为紧前作业，箭头节点的作业为紧后作业。

3. 网络图的绘制

(1) 网络图中各施工作业间的逻辑关系。所谓逻辑关系，是指一个网络计划图中，各

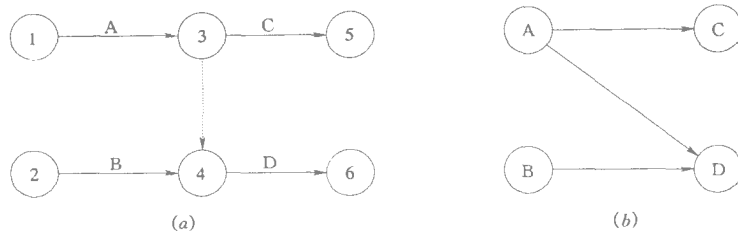


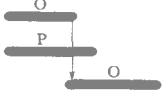
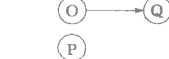
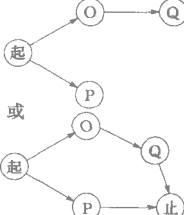
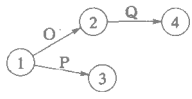
图 2-3 网络图
(a) 双代号网络图；(b) 单代号网络图

施工作业间的施工顺序和它们相互间的依赖与制约关系。逻辑关系表示正确，网络计划才能正确反映工程施工安排的实际情况，为后面正确计算时间指标打下基础。下面列举了几种基本逻辑关系，见表 2-1。

(2) 网络图绘制的基本规则。要绘制正确的网络图，必须遵循的基本规则为： ① 所绘的网络图必须正确反映各项作业的逻辑关系； ② 在同一个网络图中不允许有相同的节点编号； ③ 一般节点的编号应满足 $i < j$ 的要求，即箭尾号小于箭头号； ④ 不允许用多根箭杆同时连在两个相同的节点上； ⑤ 在网络图上不允许出现闭合回路； ⑥ 同一项作业不能在一个网络图中出现多于两次； ⑦ 在双代号网络图中，不得出现一个代号表示一项作业； ⑧ 在

表 2-1 几种基本逻辑关系的表示方法

序号	逻辑关系	横道图	单代号网络图	双代号网络图
1	B只能在A完成后开始			
2	C、D都不能在B完成前开始；但C、D可以平行施工			
3	F必须等待D、E完工后开始			
4	F和G完成前，H和I都不能开工，但H和I可以平行施工			
5	在I、J完成前K不能开工，但L只需J完成后就能开工			
6	在M和N完成前，O不能开工，M和N可以平行施工，但L完成前，M和N都不能开工			

序号	逻辑关系	横道图	单代号网络图	双代号网络图
7	O 和 P 可以平行施工, Q 在 O 完成前不能开工		<p>表示成</p>  <p>是正确的, 但网络不连续, 易出错, 故常引入“起”或“止”事件, 表示成</p> 	

一个网络图中只能有一个起始节点和一个终点节点；⑨网络图中出现箭杆交叉时，可用暗桥、断线等方法处理；尽量避免出现反向箭杆；⑩绘制的网络图一定要条理清晰，箭杆流向最好是水平方向，节点编号次序按水平或垂直向自左至右进行，也可自上而下或自下而上进行，便于检查和计算。

(3) 绘制的网络图的一般方法和注意事项。绘制网络图的常用方法是直接分析绘图法，其实质是在充分研究施工方案的基础上，认真考虑各作业间的相互关系和先后顺序，从左至右把各项施工作业表达成网络计划图。具体注意事项有：要在既定的施工方案基础上统筹安排；认真遵守绘图的基本规则；严格遵守各作业间的逻辑关系。

(二) 网络计划时间参数的计算

网络计划时间参数计算的目的是确定各项施工作业的最早开始和最早完成时间及最迟开始和最迟完成时间，计算作业的各种时差，确定整个项目的完成日期、关键线路和关键作业，从而为网络计划的执行、调整和优化提供依据。

1. 网络计划各种时间参数及其符号

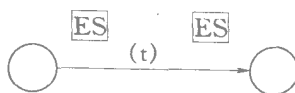
主要时间参数和符号有：最早开始时间 (ES)，最迟开始时间 (LS)，最早完成时间 (EF)，最迟完成时间 (LF)，总时差 (TF)，自由时差 (FF)，某施工作业延续的时间 (t) 和总工期 (T) 等。

2. 时间参数的计算

网络计划时间参数的计算方法一般常用的有图上算法、表上算法、矩阵算法等。这里只介绍双代号网络图利用公式的图上算法。这是一种比较简便的方法。优点是直观、便于检查校核，常为工程技术人员所采用。

(1) 图上计算时间参数标记说明。

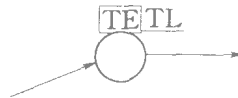
1) 各施工作业的最早开始时间 (ES)、最早完成时间 (EF) 和持续时间 (t) 按图中的位置及画法标在箭杆的上方。



2) 各施工作业的最迟开始时间 (LS)、最迟完成时间 (LF) 和总时差 (TF) 按图中的位置及画法标在箭杆的下方。



3) 各节点的最早开始时间 (TE) 及最迟开始时间 (TL) 按图中的位置及画法标在各节点之间的上方。



(2) 计算步骤。

【例 2-1】 用图上计算法计算图 2-4 所示的某穿堤涵洞建筑物的混凝土施工作业网络图计划的以下时间参数：ES、EF、LS、LF、TE。

解 1. 计算各施工作业的最早开始时间 ES 及最早完成时间 EF

最早开始时间 (ES) 是指某项施工作业最早可能的开始时间，表示该节点紧前作业全部结束后，由此节点出发的紧后作业最早可能开始时间。

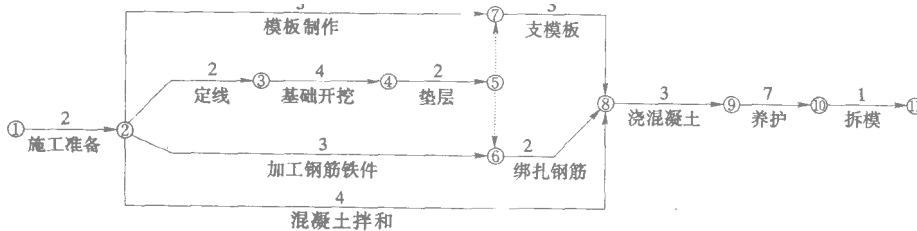


图 2-4 堤涵混凝土施工网络计划图

(1) 起始箭杆 —— 的 $ES=0$ ， $t=2$ (天)

$$EF = ES + t \tag{2-1}$$

则 $EF = 0 + 2 = 2$ (天)

将 ES 、 t 、 EF 的数值按图例标在 —— 箭杆的上方，其余施工作业的 EF 均按同理计算，并将所得数值按同样的图例标在相应箭杆的上方。

(2) 计算紧后工作的 ES ，即是紧前工作的 EF 。

例如节点 —— ：紧后工作有 —— ③、② —— ⑥、 —— ⑦和 —— ⑧的 ES ，即为其紧前工作 —— 的 EF 。即 $ES_{2-3} = ES_{2-6} = ES_{2-7} = ES_{2-8} = EF_{1-2} = 2$ (天)

(3) 当该节点有若干个紧前工作时，则取各 EF 中的最大值。即取 $\max EF$ 作为该节点所有紧后工作的 ES 。

例如节点 ⑥：其紧前工作的 $EF_{2-6} = 5$ (天)， $EF_{5-6} = 10$ (天)

则其紧后工作的 $ES_{6-8} = \max [EF_{2-6}, EF_{5-6}] = \max [5, 10] = 10$ (天)

余此类推，该网络计划终点 $EF = 24$ 天，即该网络计划的总工期。

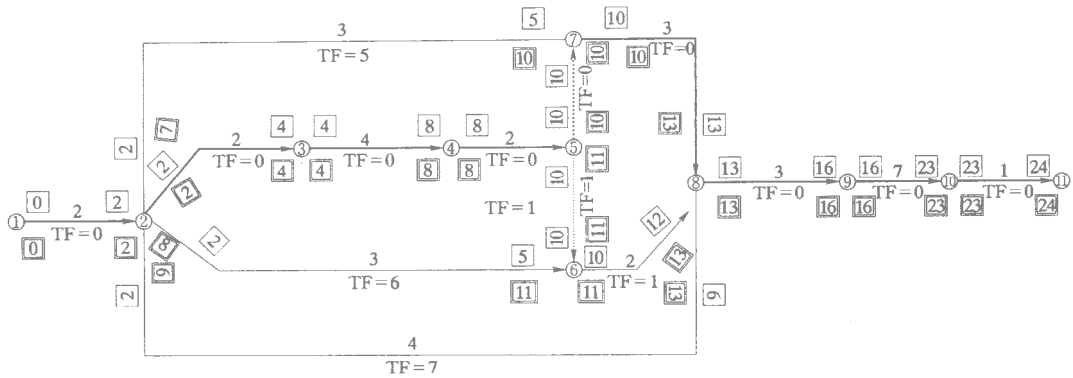


图 2-5 堤涵混凝土施工网络计划参数计算结果图

2. 计算各作业的最迟开始时间 LS 及最迟完成时间 LF 。

(1) 作业的最迟时间是以网络图终点倒退计算。终点的 LF 就是网络计划的总工期，在图 2-5 中为 24 天。也就是最后工作的 LF 。对最后的箭杆来说 EF 与 LF 相同。从图 2-5 可以看出，作业 ⑩—⑪ 的 $EF = LF = 24$ (天)。

(2) 算出作业的最迟完成时间 LF 后，再按公式 (2-2) 计算作业的最迟开始时间 LS 。

$$\text{则} \quad LS = LF - t \quad (2-2)$$

如作业 ⑩—⑪ 的 $LS = 24 - 1 = 23$ (天)。

其余作业的 LS 均按同理计算。

(3) 紧前作业的最迟完成的作业时间 LF 。即是紧后作业的最迟开始时间 LS 。

例如节 ⑨：其紧前作业 ⑧—⑨ 的 LF ，即为其紧后作业 ⑨—⑩ 的 LS 。则 $LF_{8-9} = LS_{9-10} = 16$ (天)。

(4) 当该节点有若干个紧后作业时，则取各 LS 中的最小值，即取 $\min LS$ 作为该节点所有紧前工作的 LF 。

例如节点 2：其紧后作业的 $LS_{2-3} = 2$ (天)， $LS_{2-6} = 8$ (天)， $LS_{2-7} = 7$ (天)， $LS_{2-8} = 9$ (天)；则其紧前作业 $LF_{1-2} = \min [LS_{2-3}, LS_{2-6}, LS_{2-7}, LS_{2-8}] = [2, 8, 7, 9] = 2$ (天)。

按以上方法依次算出各箭杆的 LS 和 LF ，将所得数值按图例标在相应箭杆的下方。

3. 计算各节点的最早开始时间 TE 及最迟开始时间 TL

本节点的 TE 等于紧后工作的 ES 。