

国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材

水利水电工程 施工组织与工程造价

主 编 刘彦君 张 仁

副主编 曾雪婷 王欣蕾 王洪利 魏明媛 陈桂梅

主 审 梁革新



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材

水利水电工程 施工组织与工程造价

主 编 刘彦君 张 仁

副主编 曾雪婷 王欣蕾 王洪利 魏明媛 陈桂梅

主 审 梁革新



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材是“国家中等职业教育改革发展示范校建设计划项目”中央财政支持重点建设“水利水电工程施工”专业课程系列教材,按照水利水电工程施工组织与工程造价的内在联系,结合工程造价的主要任务及特点,将教学内容分为基本建设概述、工程定额、基础单价、工程造价、工程量清单计价和工程招标与投标6个工作任务。

本教材既可作为中等职业教育水利水电工程施工专业及专业群的教材,也可作为水利工程施工组织设计、工程造价、工程成本管理岗位的技术培训教材,同时也可供其他建筑企业有关施工技术人员和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程施工组织与工程造价 / 刘彦君, 张仁
主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014.5
国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材
ISBN 978-7-5170-1993-0

I. ①水… II. ①刘… ②张… III. ①水利水电工程—施工组织—中等专业学校—教材②水利水电工程—工程造价—中等专业学校—教材 IV. ①TV512

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第096131号

书 名	国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材 水利水电工程施工组织与工程造价
作 者	主 编 刘彦君 张仁 副主编 曾雪婷 王欣蕾 王洪利 魏明媛 陈桂梅 主 审 梁革新
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 9.5印张 225千字
版 次	2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	24.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

水利工程项目具有投资多、规模大、周期长、生产过程复杂、涉及工种多、产品非定型、参与方多、影响因素多等特点,在资金预算、资金使用和资金流动的各个环节上,存在相应的管理信息的采集和整理,资金的投放和使用将直接影响到工程的进度和质量以及企业的自身效益。

本教材是按照《水利工程设计概(估)算编制规定》(水利部水总〔2002〕116号)的要求,结合部颁《水利建筑工程概算定额》、《水利建筑工程预算定额》、《水利水电设备安装工程预算定额》和《水利工程施工机械台时费定额》等有关规范、工程技术标准的规定以及设计文件和工程造价的编制特点,而进行组材编写。本教材选择水利工程中的典型案例,取材贴近实际,计算表格按照实际工作中体现的样式来呈现。

本教材密切结合水利工程施工组织设计与工程造价之间的关系以及完成工程造价岗位工作任务应具备的基本知识和基本技能,注重工学结合,力求贴近实际工程造价编制流程的一致性和造价编制成果的实用性。

通过对本教材的学习,使学生在具有施工组织设计的初步能力基础之上,具备工程造价编制的基本知识和基本技能,培养综合运用水利工程施工专业的知识,完成岗位工作任务,能够透彻理解水利水电工程施工及其管理与工程造价的关系,具备制订成本管理计划、工程预算、工程结算和工程决算的基本能力。

本教材建议学时为76学时,根据中等职业教育特点,按照一般中小型水利工程施工组织设计和工程造价编制应具备的基本知识和基本技能,教学内容分为基本建设概述、工程定额、基础单价、工程造价、工程量清单计价和工程招标与投标6个工作任务共23个学习情境。是从事水利工程造价工作的专业技术人员必备的参考资料。

本教材是国家示范性中等职业学校建设的成果之一,由该课程的建设团队完成。工作任务一由王洪利编写,工作任务二、工作任务四由曾雪婷编写,工作任务三由刘彦君编写,工作任务五由张仁编写,工作任务六由王欣蕾编写。魏明媛、陈桂梅负责部分章节的编写和排版工作。全书由张仁统稿。黑龙江省水利第二工程处梁革新总工为本书提供了第一手实例材料并审阅了全书,在此表示感谢。

由于编者的水平、经验及编写时间有限,书中欠妥之处,谨请专家和广大读者批评指正。

编 者

2014年3月

目 录

前言

工作任务一 基本建设概述	1
学习情境一 基本建设与工程造价	1
学习情境二 施工组织与工程造价	3
学习情境三 施工进度计划图的绘制	5
工作任务二 工程定额	12
学习情境一 定额	12
学习情境二 预算定额与概算定额	15
学习情境三 工程定额使用	16
工作任务三 基础单价	22
学习情境一 人工预算单价	22
学习情境二 材料预算单价	25
学习情境三 施工用电、风、水预算价	28
学习情境四 施工机械使用费	31
学习情境五 砂石料单价	32
工作任务四 工程造价	38
学习情境一 工程单价	38
学习情境二 土石方工程单价编制	43
学习情境三 混凝土工程单价	49
学习情境四 模板工程单价	54
学习情境五 设备及安装工程单价	57
学习情境六 工程造价编制	68
工作任务五 工程量清单计价	109
学习情境一 工程量清单计价概述	109
学习情境二 工程量清单计价	112
学习情境三 工程量清单及其计价格式	114

工作任务六 工程招标与投标.....	117
学习情境一 工程招投标概述	117
学习情境二 标底的编制	120
学习情境三 投标报价	122
附录.....	127
参考文献.....	144

工作任务一 基本建设概述

学习情境一 基本建设与工程造价

一、基本概念

基本建设是形成固定资产的再生产活动。所谓的固定资产是指在其有效使用期内在生产或生活中重复使用而不改变其实物形态的主要劳动资料。包括生产性固定资产和非生产性固定资产两大类。在水利水电工程中，这两部分资产均涉及，如电站、水库、渠道、水闸为生产性固定资产；房屋建筑、学校和其他构筑物等为非固定资产。

二、基本建设的工作内容

(1) 建筑安装过程。它是基建的重要组成部分，是建筑行业通过勘测、设计、施工等生产活动创造的建筑产品。分为宝库建筑工程和设备安装过程两部分。

(2) 设备工（器）具的购置。它是指有建设单位为建设项目需要向制造行业采购或自制达到固定资产标准的机电设备、工具、器具等的购置。

(3) 其他基建工作。凡是不属于上述两项的基建工作，如勘测、设计、科学试验、淹没及迁移赔偿、水库清理、施工队伍转移、生产准备等工作。

三、基本建设程序

基本建设程序是指基本建设项目从项目决策、设计、施工到竣工验收整个工作进行过程中各阶段及其工作所必须遵循的先后次序与步骤。它反映的是基本建设工程中各有关部门之间环环相扣的紧密联系和工作中相互协调、互相配合的工作关系。

根据《水利工程建设项目管理规定》（水利部水建〔1995〕128号）和有关规定，水利工程建设程序一般分为流域规划、项目建议书、可行性研究报告、初步设计、施工准备（包括招标投标设计）、建设实施、生产准备、竣工验收、后评价等阶段。一般情况下，项目建议书、可行性研究报告、初步设计作为一个大阶段，称为项目建设前期阶段或项目决策阶段。初步设计以后的建设活动作为另一个大阶段，称为项目建设实施阶段。

四、基本建设项目的性质和分类

基本建设的类型主要包括：

- (1) 按建设的性质分类：新建项目、扩建项目、改建项目、迁建项目和恢复项目。
- (2) 按建设的经济用途分类：生产性基本建设和非生产性基本建设。
- (3) 按建设规模和总投资的大小分类：大型、中型、小型建设项目。
- (4) 按建设阶段分类：预备项目、筹建项目、施工项目、建成投资项目、收尾项目。
- (5) 按行业性质和特点分类：竞争性项目、基础性项目、公益性项目等。



五、基建项目划分

一个基本建设项目往往规模大、建设周期长，影响因素复杂。为能够编制科学合理的基本建设计划，编制概预算，组织材料的合理供应和招投标，进行质量、工期和投资控制等的管理需要，通常将一个建设项目进行逐级划分。水利水电基本建设项目有着专门的项目划分规定。

一般情况下，可将水利水电工程建设项目划分为单项工程、单位工程、分部工程和单元（分项）工程四级。有时也可简单地按单位工程、分部工程和单元工程三级进行划分。

（1）单项工程。单项工程是指由几个单位工程联合发挥同一效益与作用，或具有同一性质和用途的工程，具有独立的设计文件，可独立发挥生产能力或效益。如航运工程、引水工程、灌溉工程、发电工程、拦河坝工程等。

（2）单位工程。单位工程是指具有独立设计、具有独立施工条件或有独立作用的工程，由若干个分部工程组成，但完工后不能独立发挥效益的过程。如拦河坝工程中的泄洪洞、溢流坝，水电站引水工程中的进水口、调压井等。

（3）分部工程。分部工程是指组成单位工程的各个部分。它一般按工程的部位或按工种对单位工程作进一步划分。如混凝土坝工程可分为非溢流坝段、溢流坝段、引水坝，水工隧洞工程可划分为开挖工程、衬砌工程等。是编制造价、组织施工、质量评定、包工结算与成本核算的基本单位。影响因素仍然很多。

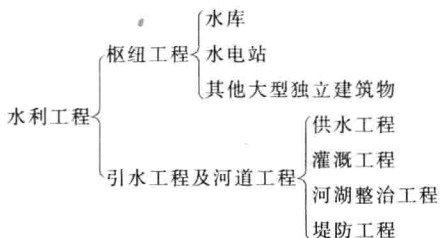
（4）单元（分项）工程。分项工程是分部工程的组成部分，可以用适当的计量单位计算工料消耗的最基本构造要素。如水闸混凝土工程中的闸底板、闸墩、胸墙工程等。

根据现行水利部水总〔2002〕116号文件颁发的《水利工程设计概（估）算编制规定》，水利工程划分如下：

（1）水利工程按工程性质划分为两大类，具体划分见表1-1。

表 1-1

水利工程的划分



（2）水利工程概算由工程部分、移民和环境部分构成。工程部分包括建筑工程、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、独立费用五项；移民和环境部分包括水库移民征地补偿、水土保持工程、环境保护工程三项。具体划分见表1-2。

工程部分的工程项目分别按照枢纽工程、引水工程及河道工程划分，工程部分下设一级、二级、三级项目，二级、三级项目仅列出了代表子目。编制概算时，二级、三级项目课根据水利工程初步设计进行增减。可参看有关规范执行。



表 1-2

水利工程概算的构成



学习情境二 施工组织与工程造价

施工组织设计和工程造价是水利水电工程设计文件的重要组成部分，是考核工程经济合理性的重要依据。每一建设工程都要在保证质量的前提下，对各种施工方案进行技术上、经济上的对比分析，从中选出最能合理利用人力、物力和财力资源的方案，从而降低工程造价。

一、施工组织设计与工程造价的作用

1. 施工组织设计的作用

水利水电工程施工组织设计是工程设计文件的重要组成部分，是指导拟建工程项目进行施工准备和工程施工过程指导和管理的重要技术的文件，是对施工方法、质量保障、工期控制、人员和资金合理流动及调配等方面在工程项目建设前的总体规划和布置。

水利水电工程项目工程量大、结构复杂、施工质量要求高，建设项目多处荒山峡谷，交通困难，同时受气象、水文、地形、地质等自然条件制约。确定合理的施工顺序和总进度；选择适当的施工方法、施工工艺和相应的施工设备；选定原材料和半成品的产地、规格和数量确定施工总布置；估算所需劳动力资源；对工程项目在人力、物力、时间、空间、技术和组织上达到全面合理的安排，是施工组织设计的主要内容。

施工组织设计对工程造价有直接影响，因此必须重视施工组织设计的编制工作。认真研究图纸和技术文件，在施工方案确定时，应先比较施工方案的经济合理性，尽量选择比较经济的方案，以达到控制工程造价的目的，另外，应认真研究工期、质量和工艺之间的关系，根据企业的自身情况，采用新设备、新材料、新工艺等措施，保证业主的工期和质量要求。

2. 工程造价的含义及作用

(1) 工程造价。工程造价有两种含义：一是从投资者的角度而言，它是指建设一项工程预期开支或实际开支的全部固定资产投资总费用；二是建设项目中承包工程的承发包价格，工程造价就是指工程价格。即是发包方和承包方签订的合同价，通常是把工程造价的第二种含义只认定为是工程承发包价格。它是在建筑市场中通过招投标，由需求主体投资者和供给主体建筑商共同认可的价格。

工程造价按照建设阶段的不同，也有相应的造价计算机名称。在规划和可行性研究阶段，编制“投资估算”；初步设计阶段，编制“设计概算”；施工图阶段，编制“施工图预算”；在工程招投标阶段，编制“合同价”；合同实施阶段，编制“结算价”；在工程竣工验收阶段，编制“竣工决算”，最终确定实际工程造价。



投资估算、设计概算、施工图预算等的编制方法大体相同,但是由于使用的资料不同,精度要求不同。

(2) 工程造价的作用。工程造价的作用有以下几个方面:

- 1) 工程造价建设单位决定是否投入该项目决策的工具。
- 2) 编制投资计划和控制投资的有效根据。
- 3) 筹集资金的依据。
- 4) 合理进行利益分配和调节产业结构的手段。
- 5) 建设单位评价投资效果的重要指标。
- 6) 施工单位评价工程成本和利润获得能力的依据。

二、施工组织设计和工程造价编制的步骤

1. 施工组织设计编制的步骤

(1) 现场踏查及资料收集。组织有关专业技术人员进行现场踏查及收集工程所在地区的自然条件、水电供应、交通、环保、旅游、防洪、灌溉、航运、过木现状及规划等有关资料。为职规组织设计的规划和编制奠定基础。

(2) 计算工程量。施工招标阶段,一般应根据设计图纸、工程量计算规则及有关定额手册或资料进行计算。在概估算阶段,有时没有设计图或设计图不全、不详时,可参照类似工程或通过概算指标估算工程量,同时,还要考虑工程性质、工程分期、施工顺序等因素,分别按土方、石方、混凝土、水上、水下、开挖、回填等不同情况,分别计算工程量。计算工程量常采用列表的方式进行。工程量的计量单位要与使用的定额单位相吻合。

在清单报价中,工程量是由建设单位事先给定,不用计算。

(3) 确定施工方法。从满足施工强度、工期要求等方面来选择2~3个施工方法,针对每个施工方法进行工程费用计算比较,最后确定最优方案。

(4) 在施工场地区域规划后,进行各项临时设施的具体布置。包括场内交通线路,施工辅助企业、其他施工辅助设施,风、水、电等系统,永久建筑物施工区的布置等。

(5) 编制施工进度计划、确定、材料、机械、劳动力等供应计划和施工质量安全保障措施计划。此外,还应提交有关主要工种工程施工强度、主要资源需用强度和投资费用动态过程等方面的成果。

(6) 编制施工预算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。要熟悉设计文件和施工组织设计文件,掌握工程规模、地形条件、地质状况、主要水工建筑物的结构型式、场内外交通及运输方式、场地布置、施工进度及主体工程施工方法等。

(2) 调查研究、搜集各种编制依据资料。深入现场,实地踏勘,了解施工现场的地形、建筑材料、料场开采运输条件,了解当地劳动力、物资供应能力,交通运输、供电及制造厂家等情况,搜集编制工程造价的各项基础资料及有关规定,如人工单价、材料价格、来源地、运输方式、运杂费和水电价格、取费标准等。

(3) 熟悉施工图纸和定额。

(4) 编制基础单价。



(5) 主要工程量单价编制。根据设计图纸,按照《水利工程设计工程量计算规定》来进行工程量的计算。

(6) 计算工程量。

(7) 编制概算表和汇总表。

(8) 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相互关系

1. 施工组织设计是编制工程造价的基础和依据

工程概预算与施工组织设计是相互配套的,对于同一个建设项目,由于每个企业的技术水平和现有技术装备水平的差异,其采用的施工方法是不相同的,在定额中就有不同的人、材、机械消耗量与之相对应,从而得出相应的工程造价。对于水利水电工程造价,无论是基础单价确定,还是工程项目单价的分析,依据都是施工组织设计。

如基坑一般石方开挖根据场地条件,采用打孔、爆破、出渣(运输 500m)的不同方法,可组成很多方案。每种施工方案,从工程造价角度看,都唯一对应着一个子项单价,并且必有一个是最经济的。需要由施工组织来确定哪种施工方案比较经济合理,确定比较基点,这里要从施工企业的自身机械设备装备情况为基点,以提高机械的效率为目的,来选用最优的方案。

2. 工程造价对施工组织设计的指导作用

要确定和比较不同施工方案在技术上的先进性、经济上的合理性,必须根据工程造价数据来进行比较,利用造价数据来指导设计,以达到用较少的投资来获得较大收益的目的。通过对各个方案的经济对比,可以提高施工组织设计编制的质量,优化设计方案,节约人力、物力和财力,促进施工技术水平的提升。

例如某水电枢纽工程,坝址处河谷基本属“U”形,槽宽约 50m,坝址每年平均流量约 $42\text{m}^3/\text{s}$,实测最大流量为 $1600\text{m}^3/\text{s}$ 。根据坝址河谷地形条件分析:河谷形态系数为 5.4,属峡谷型河谷,宜采用隧洞导流方式;从地质上看,岩石抗压强度较高,无大结构破坏,隧洞导流也有利。拟定了小隧洞导流和大隧洞导流两个方案加以比较和分析,小隧洞导流方案比大隧洞导流方案节省 788.6 万元,推荐小隧洞导流方案。

水利水电工程是建筑产品,其价格通过工程造价来反映,其基础又与施工组织设计紧密相关。正确处理好两者关系有利于保证施工组织设计严密、优良。工程造价准确性、合理性是提高设计质量,降低工程造价,缩短建设周期,提高经济效益的基础。

在施工组织设计中,应正确处理工期、质量和造价三者之间的关系,使施工组织设计做到:在保证质量达到合同要求前提下,工期合理、造价节约,为工程实施提供积极可靠的控制目标。

学习情境三 施工进度计划图的绘制

一、工程施工进度计划的编制方法

工程项目施工进度计划的编制应遵循:根据工程项目在施工阶段的工作内容、工作程序、持续时间和衔接关系,根据进度总目标及资源优化配置的原则进行。

编制施工总进度计划的基本要求是:保证工程施工在合同规定的期限内完成;迅速发



挥投资效益；保证施工的连续性和均衡性；节约费用、实现成本目标。

常用的表达工程进度计划方法有横道图和网络计划图两种形式。

一般来说，施工方月度施工进度报告应包括下列内容：

(1) 工程项目进度执行情况的综合描述。主要内容是：报告的起止期，当地气象及晴雨天数统计；施工计划的原定目标及实际完成情况；报告计划期内现场的主要大事记。

(2) 实际施工进度图。

(3) 工程变更、价格调整、索赔及工程款收支情况。

(4) 进度偏差的状况和导致偏差的原因分析。

(5) 解决问题的措施。

(6) 计划调整意见和建议。

二、横道图

横道图是通过条状图来显示项目、进度和其他时间相关的系统进展的内在关系随着时间进展的情况。

其中，横轴表示时间，纵轴表示项目。线条表示在整个期间上计划和实际的活动完成情况。横道图可以直观地表明任务计划在什么时候进行，及实际进展与计划要求的对比。管理者由此可以非常便利地弄清每一项目还剩下哪些工作要做，并可评估工作是提前还是滞后，抑或正常进行。除此以外，横道图还有简单、醒目和便于编制等特点。所以，横道图对于工程管理是一种理想的控制工具。

1. 横道图的含义

(1) 以图形或表格的形式显示活动。

(2) 现在是一种通用的显示进度的方法。

构造时应包括实际日历天和持续时间，并且不要将周末和节假日算在进度之内。

2. 绘制横道图的步骤

明确项目牵涉到的各类施工工艺。内容包括项目名称（包括顺序）、开始时间、工期，任务类型（依赖/决定性）和依赖于哪一项任务。

创建横道图草图。将所有的项目按照开始时间、工期标注到横道图上。

确定项目活动依赖关系及时序进度。使用草图，并且按照项目的类型将项目联系起来，并且安排。

此步骤将保证在未来计划有所调整的情况下，各项活动仍然能够按照正确的时序进行。

确保所有依赖性活动能并且只能在决定性活动完成之后按计划展开。

避免关键性路径过长。关键性路径是由贯穿项目始终的关键性任务所决定的，它既表示了项目的最长耗时，也表示了完成项目的最短可能时间。请注意，关键性路径会由于单项活动进度的提前或延期而发生变化。

不要滥用项目资源，同时，对于进度表上的不可预知事件要安排适当的富裕时间。但是，富裕时间不适用于关键性任务，因为作为关键性路径的一部分，它们的时序进度对整个项目至关重要。

计算单项活动任务的工时量。



确定活动任务的执行人员适时按需调整工时。

计算整个项目时间。

3. 横道图的优缺点

横道图的优点：①图形化概要，通用技术，易于理解；②中小型项目一般不超过 30 项活动；③有专业软件支持，无须担心复杂计算和分析。

横道图的局限：

横道图事实上仅仅部分地反映了项目管理的三重约束（时间、成本和范围），因为它主要关注进程管理（时间）。

某工程横道图应用实例如图 1-1 所示。

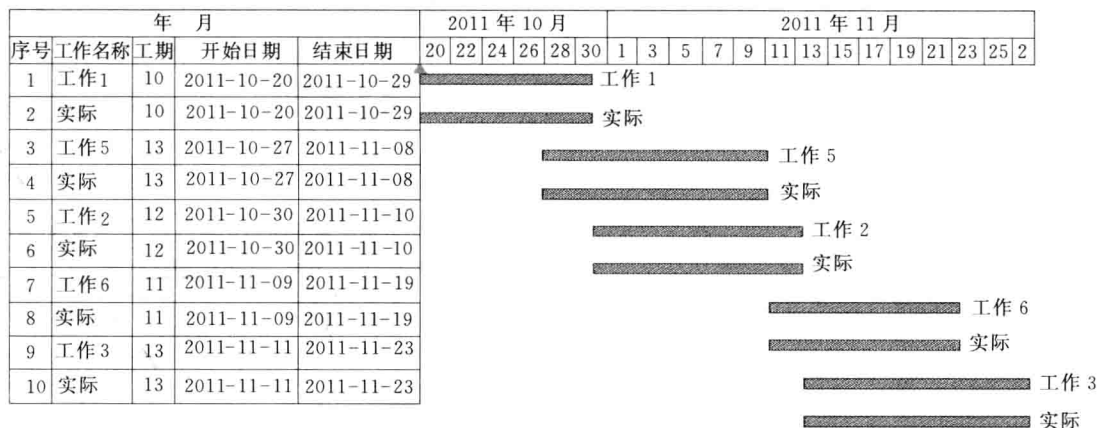


图 1-1 某工程横道图应用实例

三、双代号网络图的绘制

双代号网络图是应用较为普遍的一种网络计划形式。它是以箭线及其两端节点的编号表示工作的网络图。

1. 表示方法

双代号网络图中（图 1-2），每一条箭线应表示一项工作。箭线的箭尾节点表示该工作的开始，箭线的箭头节点表示该工作的结束。

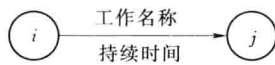


图 1-2 双代号
工作表示方法

（1）箭线：在双带号网络中，工作一般使用箭线表示，任意一条箭线都需要占用时间，消耗资源，工作名称写在箭线的上方，而消耗时间则写在箭线的下方。箭线的出发节点叫做工作的起点节点，箭头指向的节点叫做工作的终点节点。任何工作都可以用其箭线前、后的两个节点的编码来表示，起点节点编码在前，终点节点编码在后。

（2）虚箭线：它是实际工作中不存在的一项虚设工作，因此一般不占用资源，消耗时间，虚箭线一般用于正确表达工作之间的逻辑关系。

（3）节点：反映的是前后工作的交接点，接点中的编号可以任意编写，但应保证后续工作的结点比前面结点的编号大，即图中的 $i < j$ 。且不得有重复。

（4）起始节点：即第一个节点，它只有外向箭线（即箭头离向接点）。

（5）终点节点：即最后一个节点，它只有内向箭线（即箭头指向接点）。



(6) 中间节点：即既有内向箭线又有外向箭线的节点。

(7) 线路：即网络图中从起始节点开始，沿箭头方向通过一系列箭线与节点，最后达到终点的通路，称为线路。一个网络图中一般有多条线路，线路可以用节点的代号来表示，比如①→②→③→④→⑤→⑥，线路的长度就是线路上各工作的持续时间之和。

(8) 关键线路：即总时间最长的线路，一般用双线或粗线标注，网络图中至少有一条关键线路，关键线路上的节点叫关键节点，关键线路上的工作叫关键工作。

(9) 工作与虚工作。工作是指计划任务按需要粗细程度划分而成的、消耗时间或同时也消耗资源的一个子项目或子任务。根据计划编制的粗细不同，工作既可以是一个建设项目、一个单项工程，也可以是一个分项工程乃至一个工序。

在双代号网络图中，有一种既不消耗时间也不消耗资源的工作——虚工作，它用虚箭线来表示，用以反映一些工作与另外一些工作之间的逻辑关系，如图 1-3 所示。

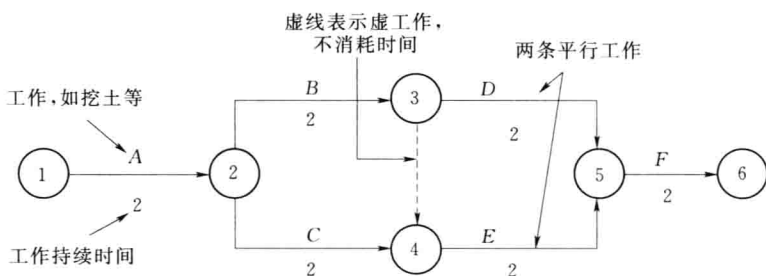


图 1-3 工作之间施工程序示意图

就某一工序而言，紧排在本工作之前的工作为紧前工作，紧排在本工作之后的工作为紧后工作；同理，可与本工作同时进行的工作为平行工作，自起点节点至本工作之间各条线路上的所有工作为先行工作，在本工作之后至终点节点各条线路上的所有工作为后续工作，如图 1-4 所示。

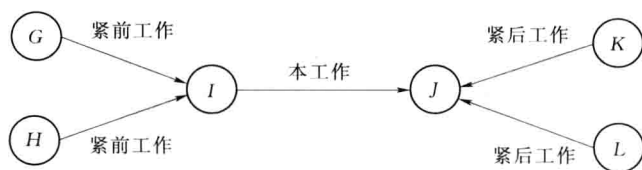


图 1-4 相邻工作之间的工作关系

(10) 线长：一条线路上的各项工作所持续时间的累加之和称为该线路之长，它表示完成该线路上的所有工作需花费的时间。

2. 逻辑关系

网络图中工作之间相互制约或相互依赖的关系称为逻辑关系，包括工艺关系和组织关系，在网络中均表现为工作之间的先后关系。

(1) 工艺关系。生产性工作之间由工艺过程决定的、非生产性工作之间工作程序决定的先后顺序关系称为工艺关系。

(2) 组织关系。工作之间由于组织安排需要或资源（劳动力、原材料、施工机具等）



调配需要而规定的先后顺序关系称为组织关系，如图 1-5 所示。

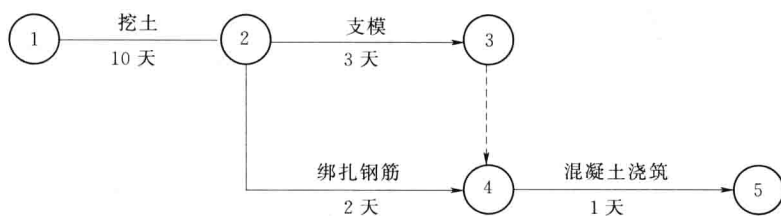


图 1-5 网络图的逻辑关系示意图

3. 绘图规则

双代号网络图必须正确表达已定的逻辑关系。网络图中常见的各种工作逻辑关系的表示方法见表 1-3。

表 1-3

网络图中常见的各种工作逻辑关系的表示方法

序号	工作间逻辑关系	双代号表示方法
1	A、B、C 无紧前工作，即工作 A、B、C 均为计划的第一项工作，且平行进行	
2	A 完成后，B、C、D 才能开始	
3	A、B、C 均完成之后，D 才能开始	
4	A、B 完成之后，C、D 才能开始	
5	A 完成后，C 才能开始，A、B 全部完成之后，D 才能开始	
6	A、B 均完成后，D 才能开始；A、B、C 均完成后，E 才开始；D、E 完成后，F 才开始	
7	A 结束后，B、C、D 才开始；B、C、D 结束后 E 才开始	



续表

序号	工作间逻辑关系	双代号表示方法
8	A、B 完成后, D 才开始; B、C 完成后, E 才开始	
9	A 完成后 C 开始; A、B 均完成后, D 开始, B 完成后 E 开始	

双代号网络中严禁出现循环回路。所谓循环回路是指网络图中某一个节点出发,顺着箭线方向又回到了原来出发点的线路。

双代号网络中,在节点之间严禁出现双向箭头或无箭头的连线。

双代号网络中,严禁出现没有箭头节点或没有箭尾节点的箭线。

当双代号网络图中的某些节点有多条外向箭线或多条内向箭线时,可以使用母线画法。

双代号网络图中应只有一个起点;在不分期完成任务的网络图中,应只有一个终点节点;而其他节点应当是中间节点。

四、双代号网络图计算

网络图的计算表达方法有节点计算表示法和工作时间表示法两种。时间参数计算总共有 6 个时间参数如下述。

1. 网络计划各种时间参数及其符号

(1) 工作的时间参数。最早开始时间 ES 、最早完成时间 EF 、最迟开始时间 LS 、最迟完成时间 LF 、总时差 TF 、自由时差 FF 。

(2) 节点的时间参数。只计算两个即最早开始时间 TE 、最早完成时间 TL 。如图 1-6 所示。

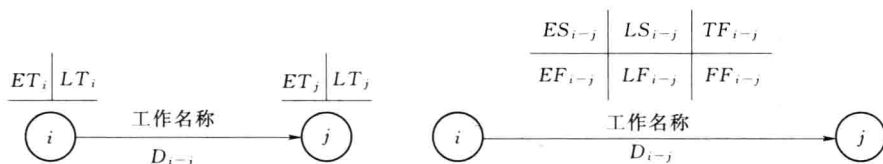


图 1-6 节点时间和工作时间计算在图上的标注方式示意图

2. 时间参数计算

(1) 工作的最早开始时间等于该工作开始节点的最早时间,即

$$ES_{i-j} = ET_i$$

(2) 工作最早完成时间的计算。工作的最早完成时间等于该工作的最早开始时间与该工作工作历时之和,即

$$EF_{i-j} = ES_{i-j} + D_{i-j}$$



(3) 工作最迟完成时间的计算。工作的最迟完成时间等于该工作完成节点的最迟时间, 即

$$LF_{i-j} = ET_j$$

(4) 工作最迟开始时间的计算。工作的最迟开始时间等于该工作的最迟完成时间与该工作工作历时之差, 即

$$LS_{i-j} = LF_{i-j} - D_{i-j}$$

(5) 工作总时差的计算。根据工作总时差的含义, 工作总时差等于该工作完成节点的最迟时间减去该工作开始节点的最早时间和工作历时, 即

$$TF_{i-j} = LT_j - ET_i - D_{i-j}$$

(6) 工作自由时差的计算。根据工作自由时差的含义, 工作自由时差等于该工作完成节点的最早时间减去该工作开始节点的最早时间和工作历时, 即

$$FF_{i-j} = ET_j - ET_i - D_{i-j}$$

【例 1-1】 某网络计划的有关资料见表 1-4, 试绘制双代号网络图, 并计算各项工作的时间参数, 判定关键线路。

表 1-4

某网络计划的有关资料

工 作	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
持续时间	2	3	5	2	3	3	2	3	6	2
紧前工作	—	A	A	B	B	D	F	E、F	C、E、F	G、H

【解】 根据逻辑关系, 其网络图绘制如图 1-7 所示。

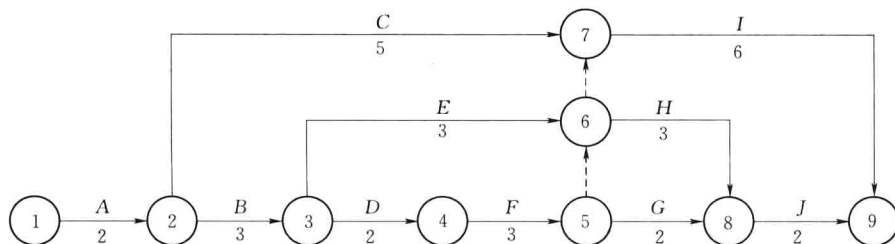


图 1-7 逻辑关系图

工作的时间计算如图 1-8 所示。

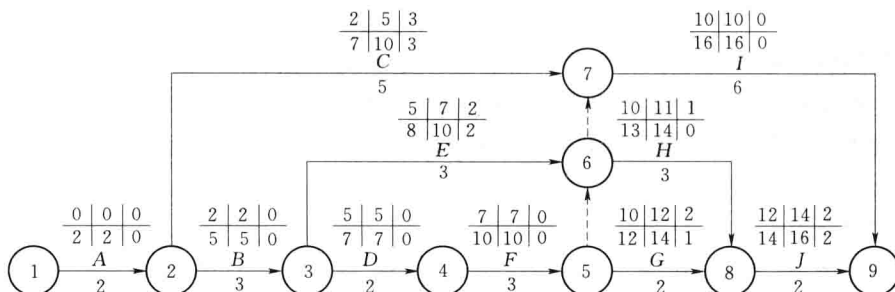


图 1-8 时间参数计算示意图

关键线路为: ①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑨。