

UDC

中华人民共和国行业标准



P

JGJ/T 121-2015
备案号 J 1992-2015

工程网络计划技术规程

Technical specification for engineering network
planning and scheduling

2015-03-13 发布

2015-11-01 实施



1511226418



统一书号: 15112 · 26418
定 价: 14.00 元

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

工程网络计划技术规程

Technical specification for engineering network
planning and scheduling

JGJ/T 121 - 2015

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2015年11月1日

中国建筑工业出版社

2015 北 京

中华人民共和国行业标准
工程网络计划技术规程

Technical specification for engineering network
planning and scheduling

JGJ/T 121 - 2015

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

环球印刷（北京）有限公司印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：2 $\frac{3}{4}$ 字数：71千字

2015年7月第一版 2015年7月第一次印刷

定价：14.00元

统一书号：15112·26418

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部
公 告

第 766 号

住房城乡建设部关于发布行业标准
《工程网络计划技术规程》的公告

现批准《工程网络计划技术规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 121-2015，自 2015 年 11 月 1 日起实施。原《工程网络计划技术规程》JGJ/T 121-99 同时废止。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2015 年 3 月 13 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2009年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标[2009]88号)的要求,编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考了有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,修订了《工程网络计划技术规程》JGJ/T 121-99。

本规程的主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.工程网络计划技术应用程序;4.双代号网络计划;5.单代号网络计划;6.网络计划优化;7.网络计划实施与控制;8.工程网络计划的计算机应用。

本规程修订的主要技术内容是:1.增加了“工程网络计划技术应用程序”和“工程网络计划的计算机应用”;2.将原来的第3章“双代号网络计划”和第5章“双代号时标网络计划”合并成一章“双代号网络计划”;3.将原来的第4章“单代号网络计划”和第6章“单代号搭接网络计划”合并成“单代号网络计划”。

本规程由住房和城乡建设部负责管理,由江苏中南建筑产业集团有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送江苏中南建筑产业集团有限责任公司(地址:江苏省海门市上海路899号中南集团1204技术中心,邮政编码:226100)。

本 规 程 主 编 单 位:江苏中南建筑产业集团有限责任公司
东南大学

本 规 程 参 编 单 位:中国建筑科学研究院
重庆大学
湖南大学

上海宝冶集团有限公司

北京建筑大学

北京工程管理科学学会

本规程主要起草人员:董年才 陆惠民 张 军 陈耀钢
陆建忠 侯海泉 丛培经 郭春雨
惠跃荣 曹小琳 潘晓丽 陈大川
胡英明 赵世强 袁秦标 钱益锋
顾春明 徐鹤松 张 雷 陈洪杰
晏金洲 王欧南 王玉恒 董廷旗
裴敬友

本规程主要审查人员:张晋勋 丰景春 王桂玲 霍瑞琴
朱建君 陈 贵 常利传 余湘乐
刘 旭 陈为民 何明星

目次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	5
3 工程网络计划技术应用程序	8
3.1 一般规定	8
3.2 应用程序	8
4 双代号网络计划	14
4.1 一般规定	14
4.2 绘图规则	15
4.3 时间参数计算	15
4.4 双代号时标网络计划	18
4.5 关键工作和关键线路	21
5 单代号网络计划	22
5.1 一般规定	22
5.2 绘图规则	23
5.3 时间参数计算	23
5.4 单代号搭接网络计划	26
5.5 关键工作和关键线路	29
6 网络计划优化	30
6.1 一般规定	30
6.2 工期优化	30
6.3 资源优化	31
6.4 工期-费用优化	32
7 网络计划实施与控制	35

7.1 一般规定	35
7.2 网络计划检查	35
7.3 网络计划调整	36
8 工程网络计划的计算机应用	38
8.1 一般规定	38
8.2 计算机软件的基本要求	38
本规程用词说明	39
引用标准名录	40
附：条文说明	41

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	5
3	Engineering Network Planning and Scheduling Techniques	8
3.1	General Requirements	8
3.2	Applying Engineering Network Planning and Scheduling Techniques	8
4	The Activity-on-arrow Network	14
4.1	General Requirements	14
4.2	Rules of Drawing Diagrams	15
4.3	Calculating Time Parameters	15
4.4	Time-scaled Network	18
4.5	Critical Work and Critical Path	21
5	The Activity-on-node Network	22
5.1	General Requirements	22
5.2	Rules of Drawing Diagrams	23
5.3	Calculating Time Parameters	23
5.4	The Activity-on-node Multi-dependency Network	26
5.5	Critical Work and Critical Path	29
6	Optimizing Network Schedule	30
6.1	General Requirements	30
6.2	Optimizing Time	30
6.3	Optimizing Resource	31

6.4	Optimizing Time-cost	32
7	Implementing and Controlling the Network Schedule ...	35
7.1	General Requirements	35
7.2	Examining the Network Schedule	35
7.3	Modifying the Network Schedule	36
8	Computer Application to Engineering Network Planning and Scheduling	38
8.1	General Requirements	38
8.2	Essential Requirements for Computer Software	38
	Explanation of Wording in This Specification	39
	List of Quoted Standards	40
	Addition: Explanation of Provisions	41

1 总 则

1.0.1 为规范网络计划技术在工程建设计划管理中的应用，统一工程网络计划的计算规则和表达方式，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用肯定型网络计划技术进行进度计划管理的城乡建设工程。

1.0.3 工程网络计划应在确定技术方案与组织方案、工作分解、明确工作之间逻辑关系及各工作持续时间后进行编制。

1.0.4 工程网络计划编制应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 工程网络计划 engineering network planning and scheduling

以工程项目为对象编制的网络计划。

2.1.2 工程网络计划技术 engineering network planning and scheduling techniques

工程网络计划的编制、计算、应用等全过程的理论、方法和实践活动的总称。

2.1.3 工作 activity

计划任务按需要粗细程度划分而成的、消耗时间或资源的一个子项目或子任务。

2.1.4 虚工作 dummy activity

既不耗用时间，也不耗用资源的虚拟的工作。双代号网络计划中，表示前后工作之间的逻辑关系；单代号网络计划中，表示虚拟的起始工作或结束工作。

2.1.5 箭线 arrow

网络图中一端带箭头的实线。双代号网络计划中，箭线表示一项工作；在单代号网络计划中，箭线表示工作之间的逻辑关系。

2.1.6 虚箭线 dummy arrow

网络图中一端带箭头的虚线。双代号网络计划中，表示虚工作；单代号搭接网络计划中，根据时间参数计算需要而设置。

2.1.7 节点 node

网络图中箭线端部的圆圈或其他形状的封闭图形。在双代号网络计划中，表示工作开始或完成的时刻；在单代号网络计划

中，表示一项工作或虚工作。

2.1.8 虚拟节点 dummy node

在单代号网络图中，当有多项起始工作或多项结束工作时，为便于计算而虚设的起点节点或终点节点的统称。

2.1.9 网络图 network diagram

由箭线和节点组成的，用来表示工作流程的有向、有序网状图形。

2.1.10 双代号网络图 activity-on-arrow network

以箭线及其两端节点的编号表示工作的网络图。

2.1.11 单代号网络图 activity-on-node network

以节点及该节点的编号表示工作，以箭线表示工作之间逻辑关系的网络图。

2.1.12 网络计划 network planning and scheduling

在网络图上加注工作的时间参数而编成的进度计划。

2.1.13 单代号搭接网络计划 multi-dependency network

单代号网络计划中，前后工作之间可能有多种时距关系的肯定型网络计划。

2.1.14 双代号时标网络计划 time-scaled network

以时间坐标单位为尺度，表示箭线长度的双代号网络计划。

2.1.15 紧前工作 predecessor activity

紧排在本工作之前的工作。

2.1.16 紧后工作 successor activity

紧排在本工作之后的工作。

2.1.17 起点节点 start node

网络图的第一个节点，表示一项任务的开始。

2.1.18 终点节点 end node

网络图的最后一个节点，表示一项任务的完成。

2.1.19 线路 path

网络图中从起点节点开始，沿箭线方向连续通过一系列箭线（或虚箭线）与节点，最后达到终点节点所经过的通路。

2.1.20 回路 logical loop

从一个节点出发沿箭线方向又回到该节点的线路。

2.1.21 工作持续时间 duration

一项工作从开始到完成的时间。

2.1.22 最早开始时间 early start time

在紧前工作和有关时限约束下,工作有可能开始的最早时刻。

2.1.23 最早完成时间 early finish time

在紧前工作和有关时限约束下,工作有可能完成的最早时刻。

2.1.24 最迟开始时间 late start time

在不影响任务按期完成和有关时限约束下,工作最迟必须开始的时刻。

2.1.25 最迟完成时间 late finish time

在不影响任务按期完成和有关时限约束下,工作最迟必须完成的时刻。

2.1.26 节点最早时间 early event time

双代号网络计划中,以该节点为开始节点的各项工作的最早开始时间。

2.1.27 节点最迟时间 late event time

双代号网络计划中,以该节点为完成节点的各项工作的最迟完成时间。

2.1.28 时距 time difference

单代号搭接网络计划中,工作之间不同顺序关系所决定的各种时间差值。

2.1.29 计算工期 calculated project duration

根据网络计划时间参数计算所得到的工期。

2.1.30 要求工期 specified project duration

任务委托人所提出的指令性工期。

2.1.31 计划工期 planned project duration

在要求工期和计算工期的基础上综合考虑需要和可能而确定的工期。

2.1.32 自由时差 free float

在不影响其紧后工作最早开始和有关时限的前提下,一项工作可以利用的机动时间。

2.1.33 总时差 total float

在不影响工期和有关时限的前提下,一项工作可以利用的机动时间。

2.1.34 关键工作 critical activity

网络计划中机动时间最少的工作。

2.1.35 关键线路 critical path

双代号网络计划中,由关键工作组成的线路或总持续时间最长的线路;单代号网络计划中,由关键工作组成,且关键工作之间的间隔时间为零的线路或总持续时间最长的线路。

2.1.36 资源需用量 resource requirement

网络计划中各项工作在某一单位时间内所需某种资源数量之和。

2.1.37 资源限量 resource availability

单位时间内可供使用的某种资源的最大数量。

2.1.38 直接费用率 direct cost slope

为缩短每一单位工作持续时间所需增加的直接费。

2.1.39 实际进度前锋线 practical progress vanguard line

在时标网络计划图上,将检查时刻各项工作的实际进度所达到的前锋点连接而成的折线。

2.2 符 号

2.2.1 通用指标

C_i ——第 i 次工期缩短增加的总费用;

R_t ——第 t 个时间单位资源需用量;

R_a ——资源限量;

T_p ——网络计划的计划工期;
 T_c ——网络计划的计算工期;
 T_r ——网络计划的要求工期;
 T_h ——资源需用量高峰期的最后时刻。

2.2.2 双代号网络计划

CC_{i-j} ——工作 $i-j$ 的持续时间缩短为最短持续时间后, 完成该工作所需的直接费用;
 CN_{i-j} ——在正常条件下, 完成工作 $i-j$ 所需直接费用;
 D_{i-j} ——工作 $i-j$ 的持续时间;
 DC_{i-j} ——工作 $i-j$ 的最短持续时间;
 DN_{i-j} ——工作 $i-j$ 的正常持续时间;
 ES_{i-j} ——工作 $i-j$ 的最早开始时间;
 EF_{i-j} ——工作 $i-j$ 的最早完成时间;
 ET_i ——节点 i 的最早时间;
 FF_{i-j} ——工作 $i-j$ 的自由时差;
 LS_{i-j} ——在计划工期已经确定的情况下, 工作 $i-j$ 的最迟开始时间;
 LF_{i-j} ——在计划工期已经确定的情况下, 工作 $i-j$ 的最迟完成时间;
 LT_i ——节点 i 的最迟时间;
 TF_{i-j} ——工作 $i-j$ 的总时差;
 ΔC_{i-j} ——工作 $i-j$ 的直接费用率;
 $\Delta T_{m-n, i-j}$ ——工作 $i-j$ 安排在工作 $m-n$ 之后进行, 工期所延长的时间;
 $\Delta T_{m'-n', i'-j'}$ ——最佳工作顺序安排所对应的工期延长时间的最小值;
 ΔT_{i-j} ——工作 $i-j$ 的时间差值。

2.2.3 单代号网络计划

CC_i ——工作 i 的持续时间缩短为最短持续时间后, 完成该工作所需直接费用;

CN_i ——在正常条件下完成工作 i 所需直接费用;

D_i ——工作 i 的持续时间;

DC_i ——工作 i 的最短持续时间;

DN_i ——工作 i 的正常持续时间;

EF_i ——工作 i 的最早完成时间;

ES_i ——工作 i 的最早开始时间;

$LAG_{i,j}$ ——工作 i 和工作 j 之间的间隔时间;

LF_i ——在计划工期已确定的情况下, 工作 i 的最迟完成时间;

LS_i ——在计划工期已确定的情况下, 工作 i 的最迟开始时间;

FF_i ——工作 i 的自由时差;

TF_i ——工作 i 的总时差;

$FTF_{i,j}$ ——从工作 i 完成到工作 j 完成的时距;

$FTS_{i,j}$ ——从工作 i 完成到工作 j 开始的时距;

$STF_{i,j}$ ——从工作 i 开始到工作 j 完成的时距;

$STS_{i,j}$ ——从工作 i 开始到工作 j 开始的时距;

ΔC_i ——工作 i 的直接费用率;

$\Delta T_{m,i}$ ——工作 i 安排在工作 m 之后进行, 工期所延长的时间;

$\Delta T_{m',i'}$ ——最佳工作顺序安排所对应的工期延长时间的最小值;

ΔT_i ——工作 i 的时间差值。

3 工程网络计划技术应用程序

3.1 一般规定

3.1.1 应用工程网络计划技术时，应将工程项目及其相关要素作为一个系统来考虑。

3.1.2 在工程项目计划实施过程中，工程网络计划应作为一个动态过程进行检查与调整。

3.2 应用程序

3.2.1 工程网络计划技术应用程序宜符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 工程网络计划技术应用程序

序号	阶 段	主要工作内容
1	准备	确定网络计划目标
		调查研究
2	工程项目工作结构分解	工作分解结构 (WBS)
		编制工程实施方案
		编制工作明细表
3	编制初步网络计划	分析确定逻辑关系
		绘制初步网络图
		确定工作持续时间
		确定资源需求
		计算时间参数
		确定关键线路和关键工作
		形成初步网络计划
4	编制正式网络计划	检查与修正
		网络计划优化
		确定正式网络计划

续表 3.2.1

序号	阶 段	主要工作内容
5	网络计划实施与控制	执行
		检查
		调整
6	收尾	分析
		总结

3.2.2 网络计划目标应依据下列内容确定：

1 工程项目范围说明书：详细说明工程项目的可交付成果、为提交这些成果而必须开展的工作、工程项目的目标；

2 环境因素：组织文化，组织结构，资源，相关标准、制度等。

3.2.3 网络计划目标应包括下列内容：

1 时间目标；

2 时间-资源目标；

3 时间-费用目标。

3.2.4 调查研究应包括下列内容：

1 工程项目有关的工作任务、实施条件、设计数据等资料；

2 有关的标准、定额、制度等；

3 资源需求和供应情况；

4 资金需求和供应情况；

5 有关的工程建设经验、统计资料及历史资料；

6 其他有关的工程技术经济资料。

3.2.5 调查研究可采用下列方法：

1 实际观察、测量与询问；

2 会议调查；

3 阅读资料；

4 计算机检索；

5 预测与分析等。

3.2.6 工程项目工作结构分解应符合下列规定：

1 应根据工程项目管理和网络计划的要求,依据工程项目范围,将工程项目分解为较小的、易于管理的基本单元。

2 工作结构分解的层次和范围,应根据工程项目的具体情况来决定。

3 工程项目结构分解的成果可用工作分解结构图或表及分解说明书表达。

3.2.7 工程实施方案或施工方案应依据工程项目工作结构分解的成果进行编制,并应包括下列主要内容:

- 1 确定工作顺序;
- 2 确定工作方法;
- 3 选择需要的资源;
- 4 确定重要的工作管理组织;
- 5 确定重要的工作保证措施;
- 6 确定采用的网络图类型。

3.2.8 逻辑关系类型应包括工艺关系和组织关系。

3.2.9 网络计划逻辑关系应依据下列内容确定:

- 1 已编制的工程实施方案;
- 2 项目已分解的工作;
- 3 收集到的有关工程信息;
- 4 编制计划人员的专业工作经验和管理工作经验等。

3.2.10 逻辑关系分析宜按下列工作步骤进行:

- 1 确定每项工作的紧前工作或紧后工作及搭接关系;
- 2 按表 3.2.10 的规定进行逻辑关系分析。

表 3.2.10 工作逻辑关系分析表

工作 编码	工作 名称	逻辑关系			工作持续时间			
		紧前工 作或紧 后工作	搭接		三时估计法			持续时间 D
			相关 关系	时距	最短估计 时间 a	最长估计 时间 b	最可能 估计时间 m	
1101	C	A	—	—	5	10	6	6.5

注: 1101—工作编码; A, C—工作; 5, 10, 6—工作最短、最长、最可能估计时间; 6.5—三时估计法计算得到的工作持续时间。

3.2.11 初步网络图的绘制应符合下列规定:

1 应依据本规程表 3.2.10 中的工作名称、逻辑关系、已选定的网络图类型和本规程第 4 章、第 5 章的相关规定,绘制网络图。

2 绘制的网络图应方便使用,方便工作的组合、分图与并图。

3.2.12 确定工作持续时间应依据下列内容:

- 1 工作的任务量;
- 2 资源供应能力;
- 3 工作组织方式;
- 4 工作能力及生产效率;
- 5 选择的计算方法。

3.2.13 确定工作持续时间可采用下列方法:

- 1 参照以往工程实践经验估算;
- 2 经过试验推算;
- 3 按定额计算,计算公式为:

$$D = \frac{Q}{R \cdot S} \quad (3.2.13-1)$$

式中: D——工作持续时间;

Q——工作任务总量;

R——资源数量;

S——工效定额。

4 采用“三时估计法”,计算公式为:

$$D = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (3.2.13-2)$$

式中: D——期望持续时间估计值;

a——最短估计时间;

b——最长估计时间;

m——最可能估计时间。

3.2.14 网络计划时间参数计算应符合下列规定:

1 网络计划时间参数应包括：工作的最早开始时间、最早完成时间、最迟开始时间、最迟完成时间、总时差、自由时差；节点最早时间、节点最迟时间；间隔时间；计算工期、要求工期、计划工期；

2 网络计划时间参数宜采用计算机软件进行计算。

3.2.15 网络计划的关键线路应按本规程第4.5节和第5.5节的规定确定。

3.2.16 初步网络计划的检查与修正应符合下列规定：

1 对初步网络计划的检查应包括下列内容：

- 1) 计算工期与要求工期；
- 2) 资源需用量与资源限量；
- 3) 费用支出计划。

2 初步网络计划的修正可采用下列方法：

- 1) 当计算工期不能满足预定的时间目标要求时，可适当压缩关键工作的持续时间、改变工作实施方案；
- 2) 当资源需用量超过供应限制时，可延长非关键工作持续时间，使资源需用量降低；在总时差允许范围内和其他条件允许的前提下，可灵活安排非关键工作的起止时间，使资源需用量降低。

3.2.17 正式网络计划的确定应符合下列规定：

1 网络计划说明书应包括下列内容：

- 1) 编制说明；
- 2) 主要计划指标一览表；
- 3) 执行计划的关键说明；
- 4) 需要解决的问题及主要措施；
- 5) 说明工作时差分配范围；
- 6) 其他需要说明的问题。

2 应依据网络计划的优化结果，制定拟付诸实施的正式网络计划，并应报请审批。

3.2.18 网络计划任务完成后，应进行分析。分析应包括下列

内容：

- 1 各项目标的完成情况；
- 2 计划与控制工作中的问题及其原因；
- 3 计划与控制中的经验；
- 4 提高计划与控制工作水平的措施。

3.2.19 计划与控制工作的总结应符合下列规定：

- 1 总结报告应以书面形式提交；
- 2 总结报告应进行归档。

4 双代号网络计划

4.1 一般规定

4.1.1 双代号网络图中,工作应以箭线表示(图 4.1.1)。箭线应画成水平直线、垂直直线或折线,水平直线投影的方向应自左向右。

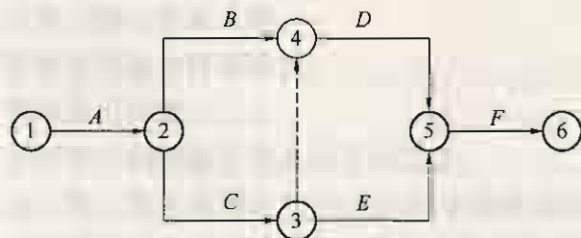


图 4.1.1 双代号网络图

①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥—网络图的节点; A, B, C, D, E, F—工作

4.1.2 双代号网络图的节点应用圆圈表示,并应在圆圈内编号。节点编号顺序应从左至右、从小到大,可不连续,但严禁重复。

4.1.3 双代号网络图中,一项工作应只有唯一的一条箭线和相应的一对节点编号,箭尾的节点编号应小于箭头的节点编号。

4.1.4 双代号网络图中,虚工作应以虚箭线表示。

4.1.5 双代号网络计划中,工作名称应标注在箭线上方,持续时间应标注在箭线下方(图 4.1.5)。

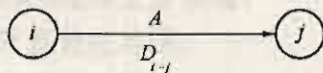


图 4.1.5 双代号网络图工作表示方法

A—工作; D_{i-j} —持续时间

4.2 绘图规则

4.2.1 双代号网络图应正确表达工作之间已定的逻辑关系。

4.2.2 双代号网络图中,不得出现回路。

4.2.3 双代号网络图中,不得出现带双向箭头或无箭头的连线。

4.2.4 双代号网络图中,不得出现没有箭头节点或没有箭尾节点的箭线。

4.2.5 当双代号网络图的起点节点有多条外向箭线或终点节点有多条内向箭线时,对起点节点和终点节点可使用母线法绘图。

4.2.6 绘制网络图时,箭线不宜交叉;当交叉不可避免时,可用过桥法、断线法或指向法。

4.2.7 双代号网络图中应只有一个起点节点;在不分期完成任务的网络图中,应只有一个终点节点;其他所有节点均应是中间节点。

4.3 时间参数计算

4.3.1 按工作计算法计算时间参数应符合下列规定:

1 计算工作时间参数应在确定各项工作的持续时间之后进行。虚工作可视同工作进行计算,其持续时间应为零。

2 工作时间参数的计算结果应分别标注(图 4.3.1)。

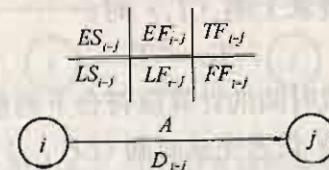


图 4.3.1 工作计算法的标注

ES_{i-j} —工作最早开始时间; EF_{i-j} —工作最早完成时间;

LS_{i-j} —工作最迟开始时间; LF_{i-j} —工作最迟完成时间;

TF_{i-j} —总时差; FF_{i-j} —自由时差; A—工作; D_{i-j} —持续时间

3 工作最早开始时间的计算应符合下列规定:

- 1) 工作 $i-j$ 的最早开始时间 (ES_{i-j}) 应从网络计划的起点节点开始顺着箭线方向依次逐项计算。
- 2) 以起点节点 i 为箭尾节点的工作 $i-j$, 当未规定其最早开始时间时应按下式计算:

$$ES_{i-j} = 0 \quad (4.3.1-1)$$

式中: ES_{i-j} ——工作 $i-j$ 的最早开始时间。

- 3) 其他工作的最早开始时间 (ES_{i-j}) 应按下式计算:

$$ES_{i-j} = \max\{ES_{h-i} + D_{h-i}\} \quad (4.3.1-2)$$

式中: D_{h-i} ——工作 $i-j$ 的各项紧前工作 $h-i$ 的持续时间;

ES_{h-i} ——工作 $i-j$ 的各项紧前工作 $h-i$ 的最早开始时间。

- 4) 工作 $i-j$ 的最早完成时间 (EF_{i-j}) 应按下式计算:

$$EF_{i-j} = ES_{i-j} + D_{i-j} \quad (4.3.1-3)$$

- 5) 网络计划的计算工期 (T_c) 应按下式计算:

$$T_c = \max\{EF_{i-n}\} \quad (4.3.1-4)$$

式中: EF_{i-n} ——以终点节点 ($j = n$) 为箭头节点的工作 $i-n$ 的最早完成时间。

- 6) 网络计划的计划工期 (T_p) 应按下列情况确定:

- 1) 当已规定要求工期 (T_r) 时:

$$T_p \leq T_r \quad (4.3.1-5)$$

- 2) 当未规定要求工期 (T_r) 时:

$$T_p = T_c \quad (4.3.1-6)$$

- 7) 工作最迟完成时间的计算应符合下列规定:

- 1) 工作 $i-j$ 的最迟完成时间 (LF_{i-j}) 应从网络计划的终点节点开始, 逆着箭线方向依次逐项计算;
- 2) 以终点节点 ($j = n$) 为箭头节点的工作, 最迟完成时间 (LF_{i-n}), 应按下式计算:

$$LF_{i-n} = T_p \quad (4.3.1-7)$$

- 3) 其他工作的最迟完成时间 (LF_{i-j}) 应按下式计算:

$$LF_{i-j} = \min\{LF_{j-k} - D_{j-k}\} \quad (4.3.1-8)$$

式中: LF_{j-k} ——工作 $i-j$ 的各项紧后工作 $j-k$ 的最迟完成时间;

D_{j-k} ——工作 $i-j$ 的各项紧后工作 $j-k$ 的持续时间。

- 8) 工作 $i-j$ 的最迟开始时间 (LS_{i-j}) 应按下式计算:

$$LS_{i-j} = LF_{i-j} - D_{i-j} \quad (4.3.1-9)$$

- 9) 工作 $i-j$ 的总时差 (TF_{i-j}) 应按下式计算:

$$TF_{i-j} = LS_{i-j} - ES_{i-j} \quad (4.3.1-10)$$

或

$$TF_{i-j} = LF_{i-j} - EF_{i-j} \quad (4.3.1-11)$$

- 10) 工作 $i-j$ 的自由时差 (FF_{i-j}) 的计算应符合下列规定:

- 1) 当工作 $i-j$ 有紧后工作 $j-k$ 时, 其自由时差应按下式计算:

$$FF_{i-j} = \min\{ES_{j-k}\} - EF_{i-j} \quad (4.3.1-12)$$

式中: ES_{j-k} ——工作 $i-j$ 的紧后工作 $j-k$ 的最早开始时间。

- 2) 以终点节点 ($j = n$) 为箭头节点的工作, 其自由时差应按下式计算:

$$FF_{i-n} = T_p - EF_{i-n} \quad (4.3.1-13)$$

4.3.2 按节点计算法计算时间参数应符合下列规定:

- 1) 节点时间参数计算结果应分别标注 (图 4.3.2)。

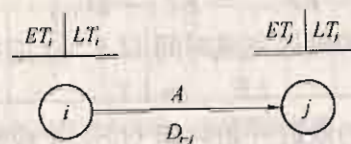


图 4.3.2 节点计算法的标注

ET_i ——节点 i 最早时间; LT_i ——节点 i 最迟时间; ET_j ——节点 j 最早时间;

LT_j ——节点 j 最迟时间; A ——工作; D_{i-j} ——持续时间

- 2) 节点最早时间的计算应符合下列规定:

- 1) 节点 i 的最早时间 (ET_i), 应从网络计划的起点节点开始, 顺着箭线方向依次逐项计算;
- 2) 起点节点 i 的最早时间, 当未规定最早时间时, 应按

下式计算:

$$ET_i = 0 \quad (i = 1) \quad (4.3.2-1)$$

3) 其他节点 j 的最早时间 (ET_j) 应按下式计算:

$$ET_j = \max\{ET_i + D_{i-j}\} \quad (4.3.2-2)$$

式中： D_{i-j} ——工作 $i-j$ 的持续时间。

3 网络计划的计算工期 (T_c) 应按下列公式计算:

$$T_c = ET_n \quad (4.3.2-3)$$

式中: ET_n ——终点节点 n 的最早时间。

4 节点最迟时间的计算应符合下列规定:

1) 节点 i 的最迟时间 (LT_i) 应从网络计划的终点节点开始, 逆着箭线方向依次逐项计算;

2) 终点节点 n 的最迟时间 (LT_n) 应按下式计算:

$$LT_n = T_p \quad (4.3.2-4)$$

3) 其他节点的最迟时间 (LT_i) 应按下列公式计算:

$$LT_i = \min\{LT_j - D_{i-j}\} \quad (4.3.2-5)$$

式中： LT_j ——工作 $i-j$ 的箭头节点 j 的最迟时间。

5 工作 $i-j$ 的最早开始时间 (ES_{i-j}) 应按下式计算:

$$ES_{i-j} = ET_i \quad (4.3.2-6)$$

6 工作 $i-j$ 的最早完成时间 (EF_{i-j}) 应按下式计算:

$$EF_{i-j} = ET_i + D_{i-j} \quad (4.3.2-7)$$

7 工作 $i-j$ 的最迟完成时间 (LF_{i-j}) 应按下列式计算:

$$LF_{i-j} = LT_j \quad (4.3.2-8)$$

8 工作 $i-j$ 的最迟开始时间 (LS_{i-j}) 应按下式计算:

$$LS_{i-j} = LT_j - D_{i-j} \quad (4.3.2-9)$$

9 工作 $i-j$ 的总时差 (TF_{i-j}) 应按下列公式计算:

$$TF_{i-j} = LT_j - ET_i - D_{i-j} \quad (4.3.2-10)$$

10 工作 $i-j$ 的自由时差 (FF_{i-j}) 应按下式计算:

$$FF_{i-j} = ET_j - ET_i - D_{i-j} \quad (4.3.2-11)$$

4.4 双代号时标网络计划

4.4.1 双代号时标网络计划应符合下列规定:

1 双代号时标网络计划应以水平时间坐标为尺度表示工作时间，时标的时间单位应根据需要在编制网络计划之前确定，可为小时、天、周、旬、月、季或年。

2 双代号时标网络计划应以实箭线表示工作，以虚箭线表示虚工作，以波形线表示工作的自由时差。

3 双代号时标网络计划中所有符号在时间坐标上的水平投影位置,都必须与其时间参数相对应。节点中心必须对准相应的时标位置。虚工作必须以垂直方向的虚箭线表示,有自由时差时应用波形线表示。

4.4.2 双代号时标网络计划的编制应符合下列规定:

1 双代号时标网络计划宜按最早时间编制。

2 编制双代号时标网络计划之前,应先按已确定的时间单位绘出时标计划表。时标可标注在时标计划表的顶部或底部。时标的长度单位必须注明。可在顶部时标之上或底部时标之下加注日历的对应时间。时标计划表格式宜符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 时标计划表

[illegible]

注：时标计划表中部的刻度线宜为细线。为使图面清晰，此线也可不画或少画。

3 间接法绘制时标网络计划可按下列步骤进行:

- 1) 绘制出无时标网络计划;
- 2) 计算各节点的最早时间;
- 3) 根据节点最早时间在时标计划表上确定节点的位置;
- 4) 按要求连线, 某些工作箭线长度不足以达到该工作的完成节点时, 用波形线补足。

4 直接法绘制时标网络计划可按下列步骤进行:

- 1) 将起点节点定位在时标计划表的起始刻度线上;

2) 按工作持续时间在时标计划表上绘制起点节点的外向箭线;

3) 其他工作的开始节点必须在所有紧前工作都绘出以后,定位在这些紧前工作最早完成时间最大值的时间刻度上;某些工作的箭线长度不足以到达该节点时,用波形线补足;箭头画在波形线与节点连接处;

4) 从左至右依次确定其他节点位置,直至网络计划终点节点,绘图完成。

4.4.3 双代号时标网络计划时间参数的确定应符合下列规定:

1 双代号时标网络计划的计算工期,应为计算坐标体系中终点节点与起点节点所在位置的时标值之差。

2 按最早时间绘制的双代号时标网络计划,箭尾节点中心所对应的时标值为工作的最早开始时间;当箭线不存在波形线时,箭头节点中心所对应的时标值为工作的最早完成时间;当箭线存在波形线时,箭线实线部分的右端点所对应的时标值为工作的最早完成时间。

3 工作的自由时差应为工作的箭线中波形线部分在坐标轴上的水平投影长度。

4 双代号时标网络计划工作总时差的计算应自右向左进行,并应符合下列规定:

1) 以终点节点 ($j = n$) 为箭头节点的工作,总时差 (TF_{i-j}) 应按下式计算:

$$TF_{i-n} = T_p - EF_{i-n} \quad (4.4.3-1)$$

2) 其他工作 $i-j$ 的总时差应按下列下式计算:

$$TF_{i-j} = \min\{TF_{j-k} + FF_{i-j}\} \quad (4.4.3-2)$$

式中: TF_{j-k} ——工作 $i-j$ 的紧后工作 $j-k$ 的总时差。

5 双代号时标网络计划中工作的最迟开始时间和最迟完成时间,应按下列公式计算:

$$LS_{i-j} = ES_{i-j} + TF_{i-j} \quad (4.4.3-3)$$

$$LF_{i-j} = EF_{i-j} + TF_{i-j} \quad (4.4.3-4)$$

4.5 关键工作和关键线路

4.5.1 关键工作和关键线路的确定应符合下列规定:

1 总时差最少的工作应为关键工作。

2 自始至终全部由关键工作组成的线路或线路上各工作持续时间之和最长的线路应为关键线路,并宜用粗线、双线或彩色线标注。

3 当不需要计算各项工作的时间参数,只确定网络计划的计算工期或关键线路时,可采用节点标号法,计算出各节点的最早时间,从而快速确定计算工期和关键线路:

1) 按本规程第 4.3.2 条第 2 款计算各节点的最早时间 (ET_j),即节点标号值。

2) 用节点标号值及其源节点对节点进行双标号;当有多个源节点时,应将所有源节点标注出来。

3) 网络计划的计算工期 (T_c) 即为网络计划终点节点的标号值,并可按下式计算:

$$T_c = ET_n \quad (4.5.1)$$

式中: ET_n ——终点节点 n 的最早时间。

4) 按已标注出的各节点标号值的来源,从终点节点向起点节点逆向搜索,标号值最大的节点相连,即可确定关键线路。

4.5.2 双代号时标网络计划中,自起点节点至终点节点不出现波形线的线路,应确定为关键线路。关键线路上的工作即为关键工作。

5 单代号网络计划

5.1 一般规定

5.1.1 单代号网络图中, 工作之间的逻辑关系应以箭线表示 (图 5.1.1)。箭线应画成水平直线、折线或斜线。箭线水平投影的方向应自左向右。

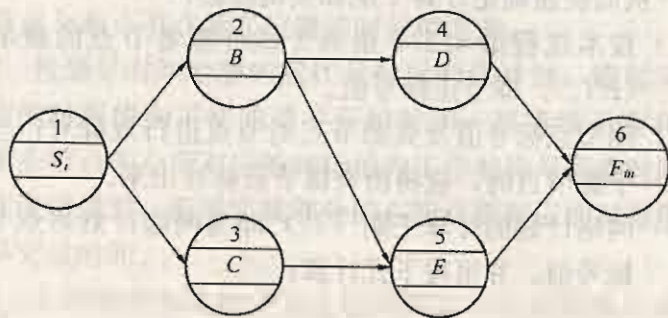


图 5.1.1 单代号网络图

1, 2, 3, 4, 5, 6—节点编号; B, C, D, E—工作;
S_i—虚拟起点节点; F_m—虚拟终点节点

5.1.2 单代号网络图中, 工作应以圆圈或矩形表示。

5.1.3 单代号网络图的节点应编号。编号应标注在节点内, 其号码可间断, 但不得重复。箭线的箭尾节点编号应小于箭头节点编号。一项工作应有唯一的一个编号。

5.1.4 单代号网络计划中, 一项工作应包括节点编号、工作名称、持续时间 (图 5.1.4)。

5.1.5 工作之间的逻辑关系应包括工艺关系和组织关系, 在网络图中均应表现为工作之间的先后顺序。

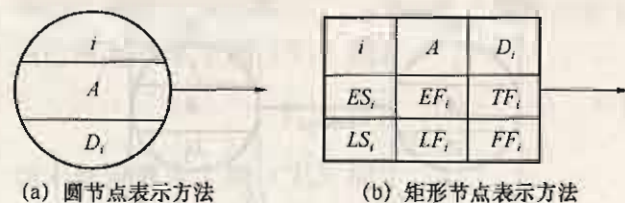


图 5.1.4 单代号网络图工作的表示方法

i —节点编号; A —工作; D_i —持续时间; ES_i —最早开始时间;
 EF_i —最早完成时间; LS_i —最迟开始时间; LF_i —最迟完成时间;
 TF_i —总时差; FF_i —自由时差

5.2 绘图规则

5.2.1 单代号网络图应正确表达已定的逻辑关系。

5.2.2 单代号网络图中, 不得出现回路。

5.2.3 单代号网络图中, 不得出现双向箭头或无箭头的连线。

5.2.4 单代号网络图中, 不得出现没有箭尾节点的箭线和没有箭头节点的箭线。

5.2.5 绘制网络图时, 箭线不宜交叉。当交叉不可避免时, 可采用过桥法或指向法绘制。

5.2.6 单代号网络图应只有一个起点节点和一个终点节点; 当网络图中有多项起点节点或多项终点节点时, 应在网络图的两端分别设置一项虚拟节点, 作为该网络图的起点节点 (S_i) 和终点节点 (F_m)。

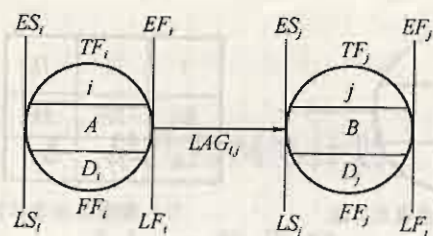
5.3 时间参数计算

5.3.1 单代号网络计划的时间参数计算应在确定各项工作持续时间之后进行。

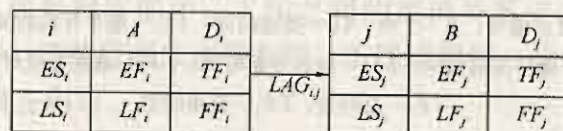
5.3.2 单代号网络计划的时间参数应分别标注 (图 5.3.2)。

5.3.3 工作最早开始时间的计算应符合下列规定:

1—工作 i 的最早开始时间 (ES_i) 应从网络计划的起点节点



(a) 时间参数标注形式一



(b) 时间参数标注形式二

图 5.3.2 单代号网络计划时间参数的标注

i, j —节点编号; A, B —工作; D_i, D_j —持续时间;

ES_i, ES_j —最早开始时间; EF_i, EF_j —最早完成时间;

LS_i, LS_j —最迟开始时间; LF_i, LF_j —最迟完成时间;

TF_i, TF_j —总时差; FF_i, FF_j —自由时差; $LAG_{i,j}$ —间隔时间

开始顺着箭线方向依次逐项计算;

2 当起点节点 i 的最早开始时间 (ES_i) 无规定时, 应按下式计算:

$$ES_i = 0 \quad (5.3.3-1)$$

3 其他工作 i 的最早开始时间 (ES_i) 应按下式计算:

$$ES_i = \max\{ES_h + D_h\} = \max\{EF_h\} \quad (5.3.3-2)$$

式中: ES_h ——工作 i 的各项紧前工作 h 的最早开始时间;

D_h ——工作 i 的各项紧前工作 h 的持续时间;

EF_h ——工作 i 的各项紧前工作 h 的最早完成时间。

5.3.4 工作最早完成时间 (EF_i) 应按下式计算:

$$EF_i = ES_i + D_i \quad (5.3.4)$$

5.3.5 网络计划计算工期 (T_c) 应按下式计算:

$$T_c = EF_n \quad (5.3.5)$$

式中: EF_n ——终点节点 n 的最早完成时间。

5.3.6 网络计划的计划工期 (T_p), 应按下列情况确定:

1 当已规定要求工期 (T_r) 时:

$$T_p \leq T_r \quad (5.3.6-1)$$

2 当未规定要求工期 (T_r) 时:

$$T_p = T_c \quad (5.3.6-2)$$

5.3.7 相邻两项工作 i 和 j 之间的间隔时间 ($LAG_{i,j}$) 的计算应符合下列规定:

1 当终点节点为虚拟节点时, 其间隔时间应按下式计算:

$$LAG_{i,n} = T_p - EF_i \quad (5.3.7-1)$$

2 其他节点之间的间隔时间应按下式计算:

$$LAG_{i,j} = ES_j - EF_i \quad (5.3.7-2)$$

5.3.8 工作总时差的计算应符合下列规定:

1 工作 i 的总时差 (TF_i) 应从网络计划的终点节点开始, 逆着箭线方向依次逐项计算;

2 终点节点所代表工作 n 的总时差 (TF_n) 应按下式计算:

$$TF_n = T_p - EF_n \quad (5.3.8-1)$$

3 其他工作 i 的总时差 (TF_i) 应按下式计算:

$$TF_i = \min\{TF_j + LAG_{i,j}\} \quad (5.3.8-2)$$

5.3.9 工作自由时差的计算应符合下列规定:

1 终点节点所代表的工作 n 的自由时差 (FF_n) 应按下式计算:

$$FF_n = T_p - EF_n \quad (5.3.9-1)$$

2 其他工作 i 的自由时差 (FF_i) 应按下式计算:

$$FF_i = \min\{LAG_{i,j}\} \quad (5.3.9-2)$$

5.3.10 工作最迟完成时间的计算应符合下列规定:

1 终点节点所代表的工作 n 的最迟完成时间 (LF_n) 应按下

式计算:

$$LF_n = T_p \quad (5.3.10-1)$$

2 其他工作 i 的最迟完成时间 (LF_i) 应按下列公式计算:

$$LF_i = \min\{LS_j\} \quad (5.3.10-2)$$

或
$$LF_i = EF_i + TF_i \quad (5.3.10-3)$$

式中: LS_j ——工作 i 的各项紧后工作 j 的最迟开始时间。

5.3.11 工作 i 的最迟开始时间 (LS_i) 应按下列公式计算:

$$LS_i = LF_i - D_i \quad (5.3.11-1)$$

或
$$LS_i = ES_i + TF_i \quad (5.3.11-2)$$

5.4 单代号搭接网络计划

5.4.1 单代号搭接网络计划中, 工作的时距应标注在箭线旁 (图 5.4.1), 节点的标注应与单代号网络图相同。

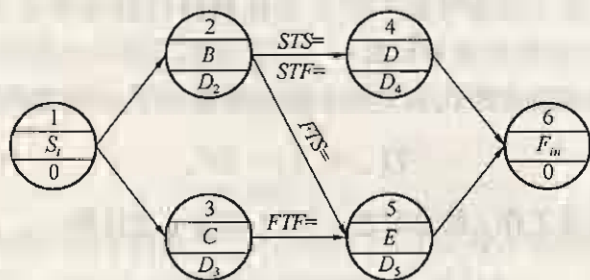


图 5.4.1 单代号搭接网络计划

1, 2, 3, 4, 5, 6—节点编号; B, C, D, E—工作;

S_1 —虚拟起点节点; F_m —虚拟终点节点; D_2, D_3, D_4, D_5 —持续时间;

STB—开始到开始时距; STF—开始到完成时距; FTB—完成到开始时距;

FTF—完成到完成时距

5.4.2 单代号搭接网络图的绘制应符合本规程第 5.1 节和第 5.2 节的规定, 应以时距表示搭接关系。

5.4.3 单代号搭接网络计划时间参数计算, 应在确定工作持续

时间和工作之间的时距之后进行。

5.4.4 单代号搭接网络计划中的时间参数应分别标注 (图 5.4.4)。

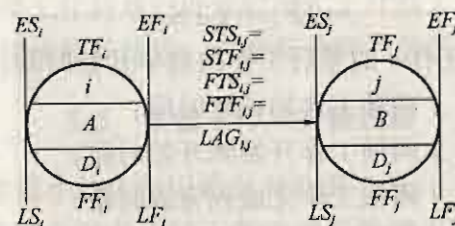


图 5.4.4 单代号搭接网络计划时间参数标注形式

i, j —节点编号; A, B—工作; D_i, D_j —持续时间;

ES_i, ES_j —最早开始时间; EF_i, EF_j —最早完成时间;

LS_i, LS_j —最迟开始时间; LF_i, LF_j —最迟完成时间;

TF_i, TF_j —总时差; FF_i, FF_j —自由时差; $LAG_{i,j}$ —间隔时间;

$STSi,j$ —开始到开始时距; $STFi,j$ —开始到完成时距;

$FTSi,j$ —完成到开始时距; $FTFi,j$ —完成到完成时距

5.4.5 工作最早开始时间的计算应符合下列规定:

1 计算工作最早开始时间应从起点节点开始依次进行, 只有紧前工作计算完毕, 才能计算本工作;

2 计算工作最早开始时间应按下列步骤进行:

1) 凡与起点节点相连的工作, 最早开始时间应按下式计算:

$$ES_i = 0 \quad (5.4.5-1)$$

2) 其他工作 j 的最早开始时间, 应根据时距按下列公式计算:

i, j 两项工作的时距为 $STSi,j$ 时

$$ES_j = ES_i + STSi,j \quad (5.4.5-2)$$

i, j 两项工作的时距为 $FTFi,j$ 时

$$\begin{aligned} ES_j &= ES_i + D_i + FTF_{i,j} - D_j \\ &= EF_i + FTF_{i,j} - D_j \end{aligned} \quad (5.4.5-3)$$

i, j 两项工作的时距为 $STFi,j$ 时

$$ES_j = ES_i + STF_{i,j} - D_j \quad (5.4.5-4)$$

i, j 两项工作的时距为 $FTS_{i,j}$ 时

$$\begin{aligned} ES_j &= ES_i + D_i + FTS_{i,j} \\ &= EF_i + FTS_{i,j} \end{aligned} \quad (5.4.5-5)$$

式中: ES_j ——工作 i 的紧后工作的最早开始时间;

D_i, D_j —— i, j 两项工作的持续时间;

$STF_{i,j}$ —— i, j 两项工作开始到开始时距;

$FTF_{i,j}$ —— i, j 两项工作完成到完成时距;

$STF_{i,j}$ —— i, j 两项工作开始到完成时距;

$FTS_{i,j}$ —— i, j 两项工作完成到开始时距。

3 当最早开始时间为负值时, 应将该工作与起点节点用虚箭线相连接, 并取其时距 (STS) 为零。

4 工作 j 的最早完成时间 (EF_j) 应按下列式计算:

$$EF_j = ES_j + D_j \quad (5.4.5-6)$$

5.4.6 当有两项或两项以上紧前工作时, 应按本规程第 5.4.5 条分别计算其最早开始时间, 并取最大值。

5.4.7 当中间工作的最早完成时间大于终点节点的最早完成时间时, 应将该工作与终点节点用虚箭线相连接, 并取其时距 (FTF) 为零。

5.4.8 搭接网络计划计算工期 (T_c) 应为终点节点的最早完成时间。

5.4.9 相邻两项工作 i 和 j 之间在满足时距外, 间隔时间 ($LAG_{i,j}$) 应按下列公式计算:

i, j 两项工作的时距为 $STS_{i,j}$ 时

$$LAG_{i,j} = ES_j - ES_i - STS_{i,j} \quad (5.4.9-1)$$

i, j 两项工作的时距为 $FTF_{i,j}$ 时

$$LAG_{i,j} = EF_j - EF_i - FTF_{i,j} \quad (5.4.9-2)$$

i, j 两项工作的时距为 $STF_{i,j}$ 时

$$LAG_{i,j} = EF_j - ES_i - STF_{i,j} \quad (5.4.9-3)$$

i, j 两项工作的时距为 $FTS_{i,j}$ 时

$$LAG_{i,j} = ES_j - EF_i - FTS_{i,j} \quad (5.4.9-4)$$

当相邻两项工作之间存在两种时距及以上的搭接关系时, 应分别计算出间隔时间并取最小值。

5.4.10 当某项工作的最迟完成时间大于计划工期时, 应将该工作与终点节点用虚箭线相连, 并重新计算其最迟完成时间。

5.5 关键工作和关键线路

5.5.1 总时差最小的工作应确定为关键工作。

5.5.2 自始至终全部由关键工作组成且关键工作间的间隔时间为零的线路或总持续时间最长的线路确定为关键线路, 并宜用粗线、双线或彩色线标注。

6 网络计划优化

6.1 一般规定

6.1.1 网络计划的优化目标应包括工期目标、费用目标和资源目标。优化目标应按计划项目的需要和条件选定。

6.1.2 网络计划的优化应按选定目标,在满足既定约束条件下,通过不断改进网络计划,寻求满意方案。

6.1.3 编制完成的网络计划应满足预定的目标要求,否则应做出调整。当经多次修改方案和调整计划均不能达到预定目标时,对预定目标应重新审定。

6.1.4 网络计划的优化不得影响工程的质量和安全。

6.2 工期优化

6.2.1 当计算工期超过要求工期时,可通过压缩关键工作的持续时间来满足工期要求。

6.2.2 工期优化的计算,应按下列步骤进行:

1 计算并找出初始网络计划的计算工期、关键工作及关键线路;

2 按要求工期计算应缩短的时间;

3 确定各关键工作能缩短的持续时间;

4 按本规程第 6.2.3 条规定选择关键工作,压缩持续时间,并重新计算网络计划的计算工期。当被压缩的关键工作变成了非关键工作,则应延长其持续时间,使之仍为关键工作;

5 当计算工期仍超过要求工期时,则重复本条(1~4)款的步骤,直到满足工期要求或工期已不能再缩短为止;

6 当所有关键工作的持续时间都已达到其能缩短的极限而工期仍不能满足要求时,应符合本规程第 1.0.3 条的规定对计划

的技术方案、组织方案进行调整或对要求工期重新审定。

6.2.3 选择缩短持续时间的关键工作,应优先考虑有作业空间、充足备用资源和增加费用最小的工作。

6.3 资源优化

6.3.1 网络计划宜按“资源有限,工期最短”和“工期固定,资源均衡”进行资源优化。

6.3.2 “资源有限,工期最短”的优化,宜逐个检查各个时段的资源需用量,当出现资源需用量(R_t)大于资源限量(R_a)时,应进行计划调整。

调整计划时,应对超过资源限量时段内的工作做新的顺序安排,并计算工期的变化。工期变化的计算应符合下列规定:

1 双代号网络计划应按下列公式计算:

$$\Delta T_{m-n,i-j} = EF_{m-n} - LS_{i-j} \quad (6.3.2-1)$$

$$\Delta T_{m'-n',i'-j'} = \min\{\Delta T_{m-n,i-j}\} \quad (6.3.2-2)$$

式中: $\Delta T_{m-n,i-j}$ ——在超过资源限量的时段中,工作*i-j*排在工作*m-n*之后工期的延长;

$\Delta T_{m'-n',i'-j'}$ ——在各种安排顺序中,工期延长最小值。

2 单代号网络计划应按下列公式计算:

$$\Delta T_{m,i} = EF_m - LS_i \quad (6.3.2-3)$$

$$\Delta T_{m',i'} = \min\{\Delta T_{m,i}\} \quad (6.3.2-4)$$

式中: $\Delta T_{m,i}$ ——在超过资源限量的时段中,工作*i*排在工作*m*之后工期的延长;

$\Delta T_{m',i'}$ ——在各种顺序安排中,工期延长最小值。

6.3.3 “资源有限,工期最短”的优化,应按下列步骤调整工作的最早开始时间。

1 计算网络计划各个时段的资源需用量;

2 从计划开始日期起,逐个检查各个时段资源需用量,当

计划工期内各个时段的资源需用量均能满足资源限量的要求,网络计划优化即完成,否则必须进行计划调整;

3 超过资源限量的时段,按式(6.3.2-1)计算 $\Delta T_{m'-i',i'-j'}$,或按式(6.3.2-3)计算 $\Delta T_{m',i'}$ 值,并确定新的顺序;

4 绘制调整后的网络计划,重复本条(1~3)款的步骤,直到满足要求。

6.3.4 “工期固定,资源均衡”的优化可用削高峰法,利用时差降低资源高峰值,获得资源消耗量尽可能均衡的优化方案。

6.3.5 削高峰法应按下列步骤进行:

1 计算网络计划各个时段的资源需用量;

2 确定削高峰目标,其值等于各个时段资源需用量的最大值减去一个单位资源量;

3 找出高峰时段的最后时间(T_h)及相关工作的最早开始时间(ES_{i-j} 或 ES_i)和总时差(TF_{i-j} 或 TF_i);

4 按下列公式计算有关工作的时间差值(ΔT_{i-j} 或 ΔT_i):

1) 双代号网络计划:

$$\Delta T_{i-j} = TF_{i-j} - (T_h - ES_{i-j}) \quad (6.3.5-1)$$

2) 单代号网络计划:

$$\Delta T_i = TF_i - (T_h - ES_i) \quad (6.3.5-2)$$

应优先以时间差值最大的工作($i'-j'$ 或 i')为调整对象,令

$$ES_{i'-j'} = T_h \quad (6.3.5-3)$$

或

$$ES_{i'} = T_h \quad (6.3.5-4)$$

5 当峰值不能再减少时,即得到优化方案。否则,重复本条(1~4)款的步骤。

6.4 工期-费用优化

6.4.1 工期-费用优化,应计算出到不同工期下的直接费用,并

考虑相应的间接费用的影响,通过迭加求出工程总费用最低时的工期。

6.4.2 工期-费用优化应按下列步骤进行:

1 按工作的正常持续时间确定关键工作、关键线路和计算工期;

2 各项工作的直接费用率应按下列公式计算:

1) 对双代号网络计划:

$$\Delta C_{i-j} = \frac{CC_{i-j} - CN_{i-j}}{DN_{i-j} - DC_{i-j}} \quad (6.4.2-1)$$

式中: ΔC_{i-j} ——工作 $i-j$ 的直接费用率;

CC_{i-j} ——工作 $i-j$ 的持续时间缩短为最短持续时间后,完成该工作所需的直接费用;

CN_{i-j} ——在正常条件下,完成工作 $i-j$ 所需直接费用;

DC_{i-j} ——工作 $i-j$ 的最短持续时间;

DN_{i-j} ——工作 $i-j$ 的正常持续时间。

2) 对单代号网络计划:

$$\Delta C_i = \frac{CC_i - CN_i}{DN_i - DC_i} \quad (6.4.2-2)$$

式中: ΔC_i ——工作 i 的直接费用率;

CC_i ——将工作 i 持续时间缩短为最短持续时间后,完成该工作所需的直接费用;

CN_i ——在正常条件下完成工作 i 所需的直接费用;

DN_i ——工作 i 的正常持续时间;

DC_i ——工作 i 的最短持续时间。

3 找出直接费用率最低的一项或一组关键工作,作为缩短持续时间的对象;

4 缩短找出的一项或一组关键工作的持续时间,缩短值必须符合不能压缩成非关键工作和缩短后持续时间不小于最短持续时间的原则;

- 5 计算相应增加的直接费用;
- 6 根据间接费的变化, 计算工程总费用 (C_i);
- 7 重复本条 (3~6) 款的步骤, 计算到工程总费用 (C_i) 最低为止。

7 网络计划实施与控制

7.1 一般规定

- 7.1.1 对网络计划的实施应进行定期检查。检查周期的长短应根据计划工期的长短和管理的需要由项目经理决定。
- 7.1.2 当网络计划检查结果与计划发生偏差, 应采取相应措施进行纠偏, 使计划得以实现。采取措施仍不能纠偏时, 应对网络计划进行调整。调整后应形成新的网络计划, 并应按新计划执行。

7.2 网络计划检查

- 7.2.1 检查网络计划应收集网络计划的实际执行情况, 并按下列方法进行记录。

- 1 当采用时标网络计划时, 绘制实际进度前锋线记录计划的实际执行情况。前锋线可用特别线型标画; 不同检查时刻绘制的相邻前锋线可采用点划线或不同颜色标画。

- 2 当采用非时标网络计划时, 宜在网络图上直接用文字、数字, 或列表记录计划的实际执行情况。

- 7.2.2 网络计划的检查宜包括下列主要内容:

- 1 关键工作进度;
- 2 非关键工作进度及尚可利用的时差;
- 3 关键线路的变化。

- 7.2.3 对网络计划执行情况的检查结果, 应进行下列分析判断:

- 1 计划进度与实际进度严重不符时, 应对网络计划进行调整。

- 2 对时标网络计划, 利用已画出的实际进度前锋线, 分析计划执行情况及变化趋势, 对未来的进度作出预测判断, 找出

偏离计划目标的原因。

3 对非时标网络计划,按表 7.2.3 的规定记录计划的实施情况,并对计划中的未完工作进行计算判断。

表 7.2.3 网络计划检查结果分析表

工作 编号	工作 名称	检查时尚 需作业 时间	按计划最 迟完成前 尚需时间	总时差		自由时差		情况分析
				原有	目前尚有	原有	目前尚有	
6-8	H	3	4	2	1	2	1	拖后 1 周, 但不影响工期

7.2.4 网络计划执行情况的检查与分析,可采用进度偏差(SV)和进度绩效指数(SPI)。

$$SV = BCWP - BCWS \quad (7.2.4-1)$$

式中:SV——进度偏差;

BCWP——已完工作预算费用;

BCWS——计划工作预算费用。

当进度偏差(SV)为负值时,进度延误;当进度偏差(SV)为正值时,进度提前。

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} \quad (7.2.4-2)$$

式中:SPI——进度绩效指数。

当进度绩效指数(SPI)小于1时,进度延误;当进度绩效指数(SPI)大于1时,进度提前。

7.3 网络计划调整

7.3.1 网络计划调整可包括下列内容:

- 1 调整关键线路;
- 2 利用时差调整非关键工作的开始时间、完成时间或工作持续时间;
- 3 增减工作项目;

4 调整逻辑关系;

5 重新估计某些工作的持续时间;

6 调整资源投入。

7.3.2 调整关键线路时,可选用下列方法:

1 实际进度比计划进度提前,当不需要提前工期时,应选择资源占用量大或直接费用率高的后续关键工作,适当延长其持续时间,以降低其资源强度或费用;当需要提前工期时,应将计划的未完成部分作为一个新计划,重新计算时间参数并确定关键工作,按新计划实施;

2 实际进度比计划进度延误,当工期允许延长时,应将计划的未完成部分作为一个新计划,重新计算时间参数并确定关键工作,按新计划实施;当工期不允许延长时,应在未完成的关键工作中,选择资源强度小或直接费用率低的,缩短其持续时间,并把计划的未完成部分作为一个新计划,按工期优化方法进行调整。

7.3.3 非关键工作的调整应在其时差范围内进行,每次调整后应计算时间参数,判断调整对计划的影响。进行调整可采用下列方法:

- 1 将工作在最早开始时间与最迟完成时间范围内移动;
- 2 延长工作持续时间;
- 3 缩短工作持续时间。

7.3.4 增、减工作项目时,应对局部逻辑关系进行调整,并重新计算时间参数,判断对原网络计划的影响。当对工期有影响时,应采取措施,保证计划工期不变。

7.3.5 当改变施工方法或组织方法时,应调整逻辑关系,并应避免影响原定计划工期和其他工作。

7.3.6 当发现某些工作的原持续时间有误或实现条件不充分时,应重新估算其持续时间,并应重新计算时间参数。

7.3.7 当资源供应发生异常时,应采用资源优化方法对计划进行调整或采取应急措施,使其对工期影响最小。

8 工程网络计划的计算机应用

8.1 一般规定

- 8.1.1 工程网络计划的编制、检查、调整宜采用计算机软件进行。
- 8.1.2 工程网络计划的计算机应用应符合国家现行标准《信息技术 元数据注册系统 (MDR)》GB/T 18391.1~18391.6、《建筑施工企业管理基础数据标准》JGJ/T 204 的有关规定。

8.2 计算机软件的基本要求

- 8.2.1 计算机软件应具有各种网络计划的编制、绘图、计算、优化、检查、调整、分析、总结和输出打印功能。
- 8.2.2 计算机软件应实时计算时间参数,并以适当的形式展示时间信息。
- 8.2.3 计算机软件宜具有单代号网络计划、双代号网络计划、时标网络计划图形相互转化的功能,将网络计划转化成按最早时间或最迟时间绘制的横道图计划。
- 8.2.4 计算机软件在横道图、单代号网络图与双代号网络图中计算的时间参数应一致。
- 8.2.5 计算机软件宜有绘制实际进度前锋线功能以及实际时间、计划时间比较功能。
- 8.2.6 计算机软件宜有在工作上指定资源,并计算、统计、输出资源需要量计划的功能。
- 8.2.7 计算机软件宜具有与其他软件进行数据交换的接口。
- 8.2.8 软件实现的网络计划图宜用不同的线型(粗细、颜色、形状等)表示不同的工作。
- 8.2.9 软件宜保存网络计划的修改变更痕迹,记录变更的原因,实现与以前的对比或溯源。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《信息技术 元数据注册系统 (MDR)》GB/T 18391.1~18391.6
- 2 《建筑施工企业管理基础数据标准》JGJ/T 204

中华人民共和国行业标准

工程网络计划技术规程

JGJ/T 121-2015

条文说明

修 订 说 明

《工程网络计划技术规程》JGJ/T 121-2015 经住房和城乡建设部 2015 年 3 月 13 日以第 766 号公告批准、发布。

本规程是在《工程网络计划技术规程》JGJ/T 121-99 的基础上修订而成的，上一版的主编单位是中国建筑学会建筑统筹管理分会，参编单位是北京统筹与管理科学学会、北京建筑工程学院、重庆建筑大学、湖南大学、上海宝钢冶金建设公司、北京中建建筑科学研究院、苏州市建筑科学研究院和中国水利学会施工专业委员会系统工程专门委员会，主要起草人员是杨劲、崔起鸾、丛培经、魏绥臣、王堪之、李庆华、冯桂煊、詹锡奇。

本规程修订的主要内容是：为使工程网络计划的编制更具有规范性及可操作性，以及考虑到计算机技术在工程管理及网络计划编制中的普遍应用，增加了“工程网络计划技术应用程序”和“工程网络计划的计算机应用”；考虑到上一版《工程网络计划技术规程》JGJ/T 121-99 中的第 3 章“双代号网络计划”和第 5 章“双代号时标网络计划”，以及第 4 章“单代号网络计划”和第 6 章“单代号搭接网络计划”除了在图形表达方式上有所不同，其他内容基本类似，为了使新规程的表达更具整体性以及章节更为精简。将原规程第 3 章和第 5 章内容合并成第 4 章“双代号网络计划”，将原规程第 4 章和第 6 章合并成第 5 章“单代号网络计划”。

本规程修订过程中，修订组进行了广泛的调查研究，总结了我国工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，许多单位和学者进行了卓有成效的研究，为本次修订提供了极有价值的参考资料。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用

本规程时能正确理解和执行条文规定，《工程网络计划技术规程》修订组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明，但是条文说明不具备与规程正文同等的效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

3 工程网络计划技术应用程序.....	45
3.1 一般规定	45
3.2 应用程序	45
4 双代号网络计划.....	48
4.1 一般规定	48
4.2 绘图规则	49
4.3 时间参数计算	50
4.4 双代号时标网络计划	56
4.5 关键工作和关键线路	60
5 单代号网络计划.....	62
5.1 一般规定	62
5.2 绘图规则	62
5.3 时间参数计算	63
5.4 单代号搭接网络计划	63
5.5 关键工作和关键线路	64
6 网络计划优化.....	65
6.2 工期优化	65
6.3 资源优化	65
6.4 工期-费用优化	67
7 网络计划实施与控制.....	69
7.2 网络计划检查	69
7.3 网络计划调整	71
8 工程网络计划的计算机应用.....	73
8.1 一般规定	73
8.2 计算机软件的基本要求	73

3 工程网络计划技术应用程序

3.1 一般规定

3.1.1、3.1.2 这两条明确了编制“工程网络计划技术应用程序”一般原则。工程项目管理是以工程项目为对象,依据其特点和规律,对工程项目的运作进行计划、组织、控制和协调管理,以实现工程项目目标的过程。编制“工程网络计划技术应用程序”就是为了更好地进行工程项目管理;网络计划技术是项目管理中最关键的技术方法,其应用程序的标准化可以大大提高应用的可操作性以及应用效果。

3.2 应用程序

3.2.1 本条将工程网络计划技术应用的一般程序划分为6个阶段20个步骤,工程网络计划应用程序的阶段划分有利于强化工程项目管理。

3.2.6 本条阐述了工程项目工作结构分解(WBS)的有关规定。

WBS要根据工程项目管理和网络计划的要求,并视工程项目的具体情况决定分解的层次和任务范围。WBS的成果可用工作分解结构图(图1)或表及分解说明表达。

3.2.8~3.2.10 本条阐述了网络计划中逻辑关系的类型、确定逻辑关系的依据以及工作逻辑关系分析表的格式。

工作间的逻辑关系包括工艺关系和组织关系。生产性工作之间由工艺过程决定的、非生产性工作之间由工作程序决定的先后顺序关系称为工艺关系。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。

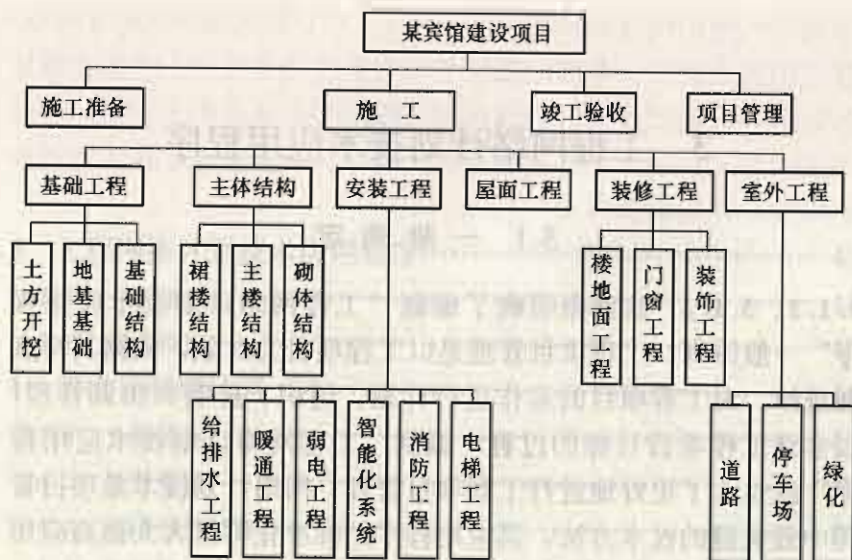


图1 某工程项目的工作结构分解图

3.2.11 本条明确了编制初步网络图的过程及要求。

绘制初步网络计划图，首先应选择进度计划的表达形式。目前，用来表达工程进度计划的网络图有双代号网络图和单代号网络图。

3.2.14、3.2.15 双代号网络计划的时间参数既可以按工作计算，也可以按节点计算。单代号网络计划时间参数通常按工作计算。对于大型网络计划的时间参数计算宜用计算机软件进行计算。根据网络计划时间参数计算的结果，找出计划中的关键工作和关键线路。

3.2.16 编制网络计划一般要经过多次调整或修正，才能满足工期目标和费用目标；对于最终达到目标要求的网络计划，应确定为正式网络计划。

初步编制的网络进度计划往往存在这样那样的不足，如资源分布不太均衡，某一段时间的资源消耗超过了资源最大限值等等。这样就有必要对网络计划进行一定的优化调整即网络优化计划化。

3.2.17、3.2.18 网络计划优化，就是在既定条件下，按照某一衡量指标（工期、资源、成本），利用时差调整来不断改善网络计划的最初方案，寻求最优方案的过程。根据衡量指标的不同，网络计划优化可以分为工期优化、资源有限优化、资源均衡优化、工期—成本优化。网络计划优化可以有效缩短工期，减少费用，均衡资源分布。因此工程网络计划优化非常重要。但是，工程网络计划优化通常要经过多次反复试算，计算量非常大，靠人工计算是不现实的。因此，用计算机进行工程网络计划优化将成为发展的趋势。

依据网络计划的优化结果制定拟付诸实施的正式网络计划。

3.2.19 网络计划实施与控制

工程网络计划实施过程是一个动态的过程，检查、调整会按照一定的周期滚动进行，一直到工程项目实施完成，只有这样实施中持续检查、控制和调整，才能实现事中控制，真正使计划与实际比较吻合，并最终实现计划的目标。

4 双代号网络计划

4.1 一般规定

4.1.1~4.1.3 双代号网络图的基本符号是圆圈、箭线及编号。圆圈表示节点，圆圈内的数字表示节点编号，节点表示某项工作开始或结束的瞬间。箭线表示一项工作，箭线下方的数字表示某项工作的持续时间。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。箭线长度并不表示该工作所占用时间的长短。箭线可以画成直线、折线和斜线。必要时，也可以画成曲线。但应以水平直线为主。箭线水平投影的方向应自左向右，表示工作进行的方向。因此，除了虚工作，一般箭线均不宜画成垂直线。节点编号的顺序是：箭尾节点编号在前，箭头节点编号在后；凡是箭尾节点未编号，箭头节点不能编号。

4.1.4、4.1.5 双代号网络图中，虚箭线的唯一功能是用以正确表达相关工作的逻辑关系。它不消耗资源，持续时间为零，所以又称为虚工作。例如，从一个节点开始到另一个节点结束的若干项平行的工作，就需要用增加虚箭线的办法 [图 2 (a) 和图 2 (b)]。又如，有四项工作，A、B 同时开始，D 在 A、B 均完成后进行，C 仅在 A 后进行，增加一个虚箭线就能正确表达相

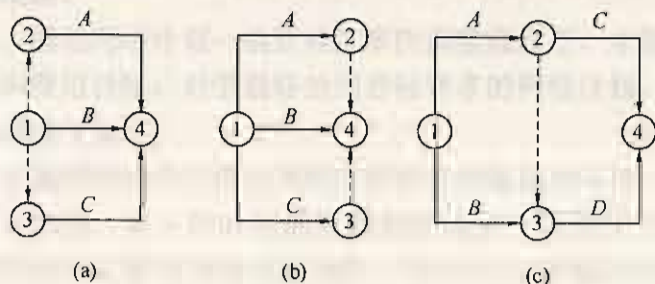


图 2 双代号网络图中虚箭线的应用示意图

关工作的逻辑关系 [图 2 (c)]。在这个例子中，虚箭线联系 A 和 D，隔断 B 和 C。为使网络图简洁，网络图中不宜有多余的虚箭线。

4.2 绘图规则

4.2.1~4.2.5 双代号网络图必须正确表达已定的逻辑关系，也就是工作计划的图像化与施工方案的实践性是一致的。这五条绘图规则就是保证网络图有向、有序，定义具有唯一性。如循环回路则会使计划工作无结果；两个节点间的连线出现双箭头或无箭头则工作顺序不明确；反之，任何箭线缺少一个节点，在网络图中都没有实际意义；在网络图中可采用母线法进行绘制。母线法即是经一条共用的垂直线段，将多条箭线引入或引出同一个节点，使图形简洁的绘图方法，母线法的应用 (图 3)。

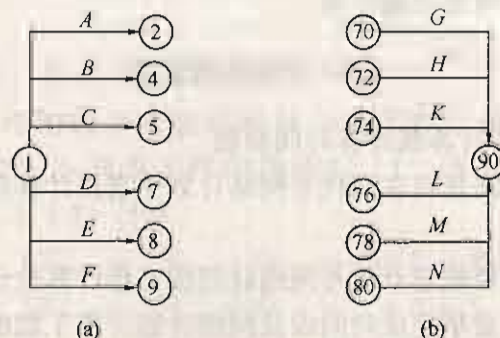


图 3 母线法绘制

4.2.6 绘制网络图时，尽可能在构图时避免交叉。当交叉不可避免且交叉少时，宜采用过桥法进行绘制。过桥法即是用过桥符号表示箭线交叉，避免引起混乱的绘图方法；当箭线交叉过多时宜使用指向法 (图 4)。采用指向法时应注意节点编号指向的大小关系，保持箭尾节点的编号小于箭头节点的编号。为了避免出现箭尾节点的编号大于箭头节点的编号的情况，指向法一般只在网络图已编号后才用。

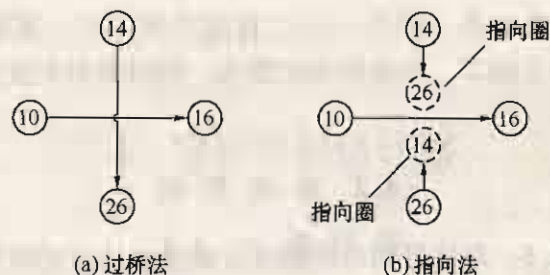


图4 箭线交叉的表示方法

4.2.7 双代号网络图是由许多条线路组成的、环环相套的封闭的图形。只允许有一个起点节点，该节点只有外向箭线，外向箭线即是从某个节点引出的箭线；只允许有一个终点节点，该节点只有内向箭线，内向箭线即是指向某个节点的箭线；而其他所有节点均是中间节点（既有内向箭线又有外向箭的节点）。双代号网络图必须严格遵守这一条。

4.3 时间参数计算

4.3.1 按工作计算法计算时间参数

工作计算法是指在双代号网络计划中直接计算各项工作时间参数的方法。

1~6 主要规定双代号网络计划按工作计算法计算工作的最早开始时间、最早完成时间以及网络计划计算工期的计算、计划工期的确定方法和步骤。

现以图5为例进行说明，计算结果见图6。

1) 工作1-2的最早开始时间 (ES_{1-2}) 从网络计划的起点节点开始，顺着箭线方向依次逐项计算；因未规定其最早开始时间 (ES_{1-2})，故按公式 (4.3.1-1) 确定：

$$ES_{1-2} = 0$$

其他工作的最早开始时间 (ES_{i-j}) 按公式 (4.3.1-2) 计算：

$$ES_{2-3} = ES_{1-2} + D_{1-2} = 0 + 2 = 2$$

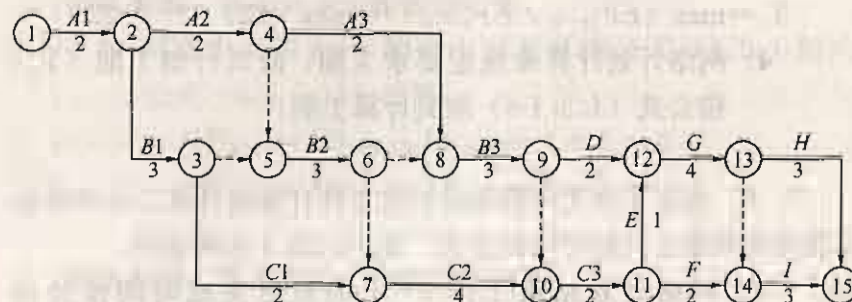


图5 双代号网络计划

$$ES_{2-4} = ES_{1-2} + D_{1-2} = 0 + 2 = 2$$

$$ES_{3-5} = ES_{2-3} + D_{2-3} = 2 + 3 = 5$$

$$ES_{4-5} = ES_{2-4} + D_{2-4} = 2 + 2 = 4$$

$$ES_{5-6} = \max\{ES_{3-5} + D_{3-5}, ES_{4-5} + D_{4-5}\} \\ = \max\{5 + 0, 4 + 0\} = \max\{5, 4\} = 5$$

.....

依次类推，算出其他工作的最早开始时间。

2) 工作的最早完成时间就是本工作的最早开始时间 (ES_{i-j}) 与本工作的持续时 (D_{i-j}) 之和。按公式 (4.3.1-3) 计算：

$$EF_{1-2} = ES_{1-2} + D_{1-2} = 0 + 2 = 2$$

$$EF_{2-3} = ES_{2-3} + D_{2-3} = 2 + 3 = 5$$

$$EF_{2-4} = ES_{2-4} + D_{2-4} = 2 + 2 = 4$$

$$EF_{3-5} = ES_{3-5} + D_{3-5} = 5 + 0 = 5$$

$$EF_{4-5} = ES_{4-5} + D_{4-5} = 4 + 0 = 4$$

$$EF_{5-6} = ES_{5-6} + D_{5-6} = 5 + 3 = 8$$

.....

依次类推，算出其他工作的最早完成时间。

3) 网络计划的计算工期 (T_c) 取以终节点 15 为箭头节点的工作 13-15 和工作 14-15 的最早完成时间的最大值，按公式 (4.3.1-4) 计算：

$$T_c = \max \{EF_{13-15}, EF_{14-15}\} = \max \{22, 22\} = 22$$

- 4) 网络计划计算未规定要求工期, 故其计划工期 (T_p) 按公式 (4.3.1-6) 取其计算工期:

$$T_p = T_c = 22$$

7、8 规定了双代号网络计划按工作计算法计算工作的最迟完成时间和最迟开始时间的方法。现仍以图 5 为例说明。

- 1) 网络计划结束工作 $i-j$ 的最迟完成时间按公式 (4.3.1-7) 计算:

$$LF_{13-15} = T_p = 22$$

$$LF_{14-15} = T_p = 22$$

- 2) 网络计划其他工作 $i-j$ 的最迟完成时间均按公式 (4.3.1-8) 计算:

$$LF_{13-14} = \min\{LF_{14-15} - D_{14-15}\} = 22 - 3 = 19$$

$$LF_{12-13} = \min\{LF_{13-15} - D_{13-15}, LF_{13-14} - D_{13-14}\} \\ = \min\{22 - 3, 19 - 0\} = 19$$

.....

依次类推, 算出其他工作的最迟完成时间。

- 3) 网络计划所有工作 $i-j$ 的最迟开始时间均按公式 (4.3.1-9) 计算:

$$LS_{14-15} = LF_{14-15} - D_{14-15} = 22 - 3 = 19$$

$$LS_{13-15} = LF_{13-15} - D_{13-15} = 22 - 3 = 19$$

.....

依次类推, 算出其他工作的最迟开始时间。

9、10 规定了双代号网络图按工作计算法计算工作的总时差和自由时差的方法。现仍以图 5 为例说明。

- 1) 网络所有工作 $i-j$ 的总时差可按公式 (4.3.1-10) 或公式 (4.3.1-11) 计算:

$$TF_{1-2} = LS_{1-2} - ES_{1-2} = 0 - 0 = 0$$

$$TF_{2-3} = LS_{2-3} - ES_{2-3} = 2 - 2 = 0$$

.....

依次类推, 算出其他工作的总时差。

- 2) 网络中工作 $i-j$ 的自由时差可按公式 (4.3.1-12)、公式 (4.3.1-13) 计算:

$$FF_{1-2} = ES_{2-3} - EF_{1-2} = 2 - 2 = 0$$

$$FF_{2-3} = ES_{3-5} - EF_{2-3} = 5 - 5 = 0$$

.....

依次类推, 算出其他工作的自由时差。

在上述计算中, 虚箭线中的自由时差归其紧前工作所有。

- 3) 网络计划中的结束工作 $i-j$ 的自由时差按公式 (4.3.1-14) 或公式 (4.3.1-15) 计算。

$$FF_{13-15} = T_p - EF_{13-15} = 22 - 22 = 0$$

$$FF_{14-15} = T_p - EF_{14-15} = 22 - 22 = 0$$

计算结果见图 6。

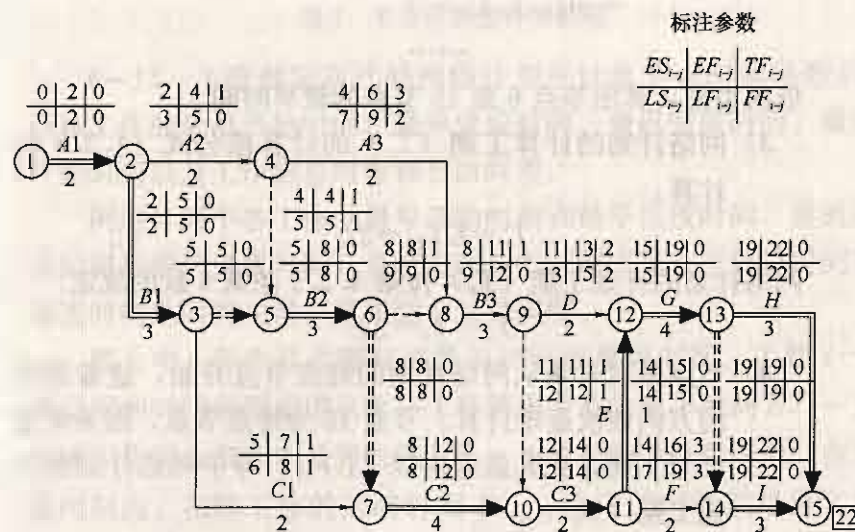


图 6 工作计算法计算结果

4.3.2 按节点计算法计算时间参数

节点计算法是指在双代号网络计划中先计算节点时间参数, 再计算各项工作时间参数的方法。

1~5 主要规定双代号网络图按节点计算法计算节点的最早时间、最迟时间以及网络计划计算工期的计算、计划工期的确定方法和步骤。现仍以图 5 为例进行说明, 计算结果见图 7。

- 1) 节点 1 的最早时间 (ET_1) 因未规定其最早时间, 故按公式 (4.3.2-1), 其最早开始时间 (ET_1) 等于零, 即:

$$ET_1 = 0$$

- 2) 其他节点的最早时间 (ET_j) 按公式 (4.2.2-2) 计算:

$$ET_2 = ET_1 + D_{1-2} = 0 + 2 = 2$$

$$ET_3 = ET_2 + D_{2-3} = 2 + 3 = 5$$

$$ET_4 = ET_2 + D_{2-4} = 2 + 2 = 4$$

$$ET_5 = \max\{ET_2 + D_{2-3}, ET_2 + D_{2-4}\}$$

$$= \max\{5, 4\} = 5$$

.....

依次类推, 算出节点 6 至 15 节点的最早时间。

- 3) 网络计划的计算工期 (T_c) 的计算按公式 (4.2.2-3) 计算:

$$T_c = ET_{15} = 22$$

网络计划的计划工期 (T_p) 按第 4.3.1 条第 6 款的规定:

$$T_p = T_c = 22$$

- 4) 节点最迟时间从网络计划的终点节点开始, 逆着箭线的方向依次逐项计算。节点 15 为终点节点, 因未规定计划工期, 故其最迟时间 (LT_{15}) 等于网络计划的计划工期 (T_p):

$$LT_{15} = T_p = 22$$

其他节点最迟时间 (LT_i) 按公式 (4.3.2-5) 计算:

$$LT_{14} = LT_{15} - D_{14-15} = 22 - 3 = 19$$

$$LT_{13} = \min\{LT_{14} - D_{13-14}, LT_{15} - D_{13-15}\}$$

$$= \min\{19 - 0, 22 - 3\}$$

$$= \min\{19, 19\} = 19$$

.....

依次类推, 算出节点 10 至节点 1 的最迟时间。

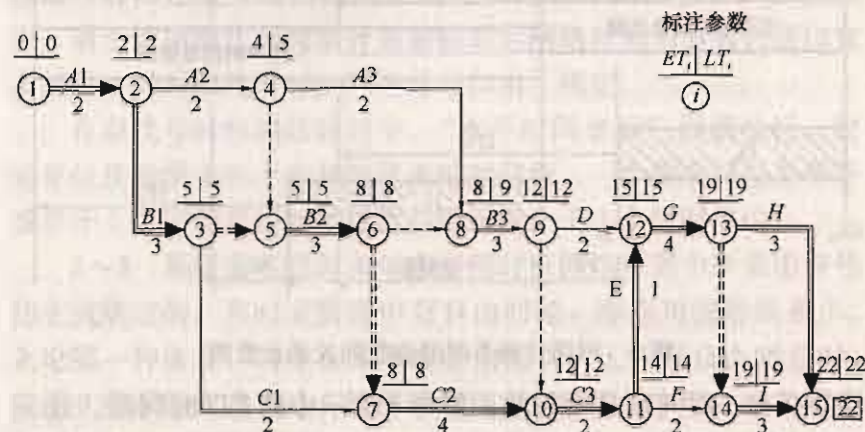


图 7 节点计算法计算结果

6~11 主要规定双代号网络计划在计算节点时间参数后, 计算工作的最早开始时间、最早完成时间、最迟完成时间、最迟开始时间以及工作的总时差和自由时差。

网络计划中各工作的最早开始时间和最早完成时间, 最迟开始时间和最迟完成时间, 总时差和自由时差以及节点最早时间和最迟时间之间的关系, 可用图 8 加以说明。

图 8 中, 每个节点都标出最早时间和最迟时间。工作 $i-j$ 可动用的时间范围应该从这一工作箭尾节点的最早时间 ET_i 一直到该工作箭头节点的最迟时间 LT_j ; 如图中的 AD 时间段。在这段时间内, 扣除工作的持续时间 D_{i-j} , 余下的时间就是该工作的总时差 TF_{i-j} , 图中 BD 时间段就是工作 $i-j$ 的总时差。如果动用了工作 $i-j$ 的全部总时差, 紧后工作 $j-k$ 就不可能在最早时间 ES_{j-k} 进行了, 因而影响紧后工作的最早开始时间。但是紧后工作 $j-k$ 的总时差的计算方法与工作 $i-j$ 的总时差的计算方法相同, 即从时间段 CE 中扣除工作 $j-k$ 的持续时间 D_{j-k} , 这

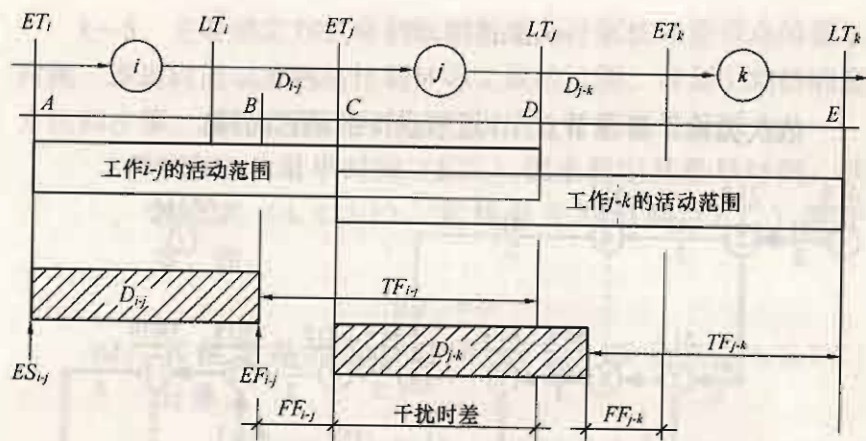


图8 网络计划各时间参数间关系示意图

样势必有一时间段是重复的,如图8所示中的CD时间段。这一时间段称为“松弛时间”或“干扰时差”。这一时间段既可作为紧前工作的总时差,也可作为紧后工作的总时差。如果紧前工作动用了总时差,紧后工作的总时差必须重新分配。当然,紧前工作的总时差也可以传给其后续工作利用。

自由时差是箭头节点的最早时间(即紧后工作的最早开始时间)与该工作最早完成时间之差,如图8所示中的BC时间段。因而不会出现重复的时间段,也就不会影响紧后工作的最早开始时间,也不会影响总工期。但是,一项工作的自由时差只能由本工作利用,不能传给后续工作利用。

4.4 双代号时标网络计划

4.4.1 双代号时标网络计划的有关规定

1 双代号时标网络计划是以水平时间坐标为尺度表示工作时间的网络计划,这种网络计划图简称为时标图。时间坐标即是按一定时间单位表示工作进度时间的坐标轴,它的时间单位是根据该网络计划的需要而确定的。由于时标图兼有横道图的直观性和网络图的逻辑性,在工程实践中应用比较普遍。在编制实施网络计划时,其应用面甚至大于无时标网络计划,因此,其编制方

法和使用方法受到应用者的普遍重视。

学术界曾存在着用双代号网络计划还是用单代号网络计划、按最早时间还是按最迟时间绘制时标网络计划的争论。在实践中,由于使用双代号网络计划编制时标网络计划为多数,所以在本规程中只对双代号时标网络计划作出了规定。

在双代号时标网络计划中,“水平时间坐标”即横坐标,时标单位是指横坐标上的刻度代表的时间量。一个刻度可以是等于或多于1个时间单位的整倍数,但不应小于1个时间单位。

2~3 是根据在我国多年来使用时标网络计划中所采用符号的主流规定的。有时虚箭线中有自由时差,亦应用波形线表示。无论哪一种箭线,均应在其末端绘出箭头。工作有自由时差时,按图9所示的方式表达,波形线紧接在实箭线的末端;虚工作中有时差时,按图10所示方式表达,不得在波形线之后画实线。

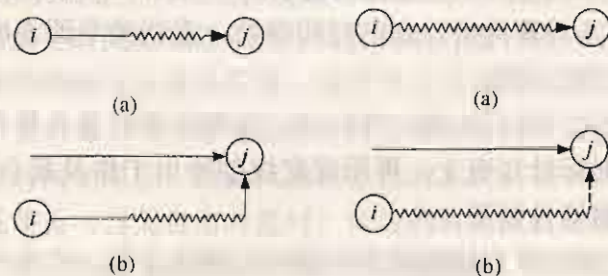


图9 工作有自由时差时波形线画法

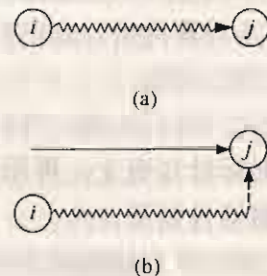


图10 虚工作有自由时差时波形线画法

在图画上,节点无论大小均应看成一个点,其中心必须对准相应的时标位置,它在时间坐标上的水平投影长度应看成为零。

4.4.2 双代号时标网络计划的编制

1 本条是从实际应用的角度作出的规定。按最早时间编制双代号时标网络计划,其时差位于各项工作的最早完成时间之后,这就给时差的应用带来了灵活性,并使时差有实际应用的价值。如果按最迟时间绘制时标网络计划,其时差出现在各项工作的最迟开始时间之前,这种情况下,如果把时差利用了再去完成

工作,则工作便再没有利用时差的可能性,使一项本来有时差的工作,因时差用尽、拖到最迟必须开始时才开始,而变成了“关键工作”。所以按最迟时间编制时标网络计划的做法不宜使用,在本规程中不提倡按最迟时间编制双代号时标网络计划。

2 本条规定了时标计划表的标准格式。时标计划表格式规范化,有利于使用单位统一印制以节省工作时间,也有利于图面清晰、表达准确和识图。日历中还可标注月历。时标一般标注在时标表的顶部或底部,为清楚起见,有时也可在时标表的上下同时标注。

3 编制双代号时标网络计划宜先绘制无时标网络计划草图,然后按以下两种方法之一进行:

- 1) 先计算网络计划的时间参数,再根据时间参数按草图在时标计划表上进行绘制;
 - 2) 不计算网络计划的时间参数,直接按草图在时标计划表上绘制。
- 4 用先计算后绘制的方法时,应先将所有节点按其最早时间定位在时标计划表上,再用规定线型绘出工作及其自由时差,形成时标网络计划图。

5 不经计算直接按草图绘制时标网络计划,应按下列方法逐步进行:

- 1) 将起点节点定位在时标计划表的起始刻度线上;
- 2) 按工作持续时间在时标计划表上绘制起点节点的外向箭线;
- 3) 除起点节点以外的其他节点必须在其所有内向箭线绘出以后,定位在这些内向箭线中最早完成时间最大处的箭线末端。其他内向箭线长度不足以到达该节点时,应用波形线补足;
- 4) 用上述方法自左至右依次确定其他节点位置,直至终点节点定位绘完。

双代号时标网络计划是先按草图计算时间参数后再绘制,还

是直接按草图在时标表上绘制,由编制者按自己的习惯选择。前一种方法的优点是,编制时标网络计划后可以与草图的计算结果进行对比校核;后一种方法的优点是省去计算,节省计算的时间。结合这两种方法,可采用仅计算节点最早时间而快速地确定关键线路的“标号法”,然后将各节点按照最早时间和草图的布局定位在网络图的相应位置上,再按照规定线形连接各节点即可准确地绘出时标网络计划。这既不需要计算各项工作的时间参数,节省了大量时间,又避免了直接绘制的盲目性。

4.4.3 双代号时标网络计划参数的确定

1 本条规定了时标网络计划计算工期的确定方法。计算工期应是其终点节点与起点节点所在位置(计算坐标体系)的时标值之差。

2 本条规定了判定工作的最早开始时间与最早完成时间的方法。按最早时间绘制的双代号时标网络计划,每一项工作都按最早开始时间确定其箭尾位置。起点节点定位在时标表的起始刻度线上,表示每一项工作的箭线在时间坐标上的水平投影长度都与其持续时间相对应,因此代表该工作的实线右端(当有自由时差时)或箭头(当无自由时差时)对应的时标值就是该工作的最早完成时间,终点节点表示所有工作全部完成,它所对应的时标值也就是该网络计划的总工期。

3 本条规定了判定自由时差的方法。在双代号时标网络计划中,波形线的右端节点所对应的时标值,是波形线所在工作的紧后工作的最早开始时间,波形线的起点对应的时标值是本工作的最早完成时间。因此,按照自由时差的定义,“波形线在坐标轴上的水平投影长度”就是本工作的自由时差。

4 由于工作总时差受计算工期制约,因此它应当自右向左推算,工作的总时差只有在其所有紧后工作的总时差被判定后才能判定。

5 本条的计算公式(4.4.3-3)和公式(4.4.3-4)是用总时差的计算公式(4.3.1-10)和公式(4.3.1-11)推导出来的,

故在计算完总时差后，即可计算其最迟开始时间 (LS_{i-j}) 和最迟完成时间 (LF_{i-j})。

4.5 关键工作和关键线路

4.5.1 双代号网络计划中，总时差最小的工作是关键工作。关键工作组成的线路或线路上各工作持续时间之和最长的线路就是关键线路。

本条第3款新增内容：“标号法”快速确定关键线路的方法。以图5为例，说明用标号法确定计算工期和关键线路的过程。

1) 网络计划起点节点的标号值为零，按公式 (4.3.2-1)

计算节点①的标号值为：

$$b_1=0$$

2) 其他节点的标号值应根据公式 (4.3.2-2) 按节点编号从小到大的顺序逐个计算：

$$b_j = ET_j = \max\{ET_i + D_{i-j}\}$$

式中： b_j ——工作 $i-j$ 的完成节点的标号值。

本例中，节点②、节点③、节点④、节点⑤的标号值分别为：

$$b_2 = b_1 + D_{1-2} = 0 + 2 = 2$$

$$b_3 = b_2 + D_{2-3} = 2 + 3 = 5$$

$$b_4 = b_2 + D_{2-4} = 2 + 2 = 4$$

$$b_5 = \max\{b_3 + D_{3-5}, b_4 + D_{4-5}\} = \max\{5 + 0, 4 + 0\} = 5$$

当计算出节点的标号后，用其标号值及其源节点对该节点进行双标号。所谓源节点，就是用来确定本节点标号值的节点。例如在本例中，节点⑤的标号值是由节点③所确定，故节点⑤的源节点就是节点③。如果源节点有多个，应将所有源节点标出。

3) 网络计划的计算工期就是网络计划终点节点的标号值。

例如本例中，其计算工期就等于终点节点⑮的标号值 22。

4) 根据线路应从网络计划的终点节点开始，逆箭线方向

按源节点确定。例如在本例中，从终点节点⑮开始，

逆箭线方向按源节点可以找出关键线路为①—②—

③—⑤—⑥—⑦—⑩—⑪—⑫—⑬—⑮ 和 ①—②—

③—⑤—⑥—⑦—⑩—⑪—⑫—⑭—⑮。

网络计划关键线路见图 11。

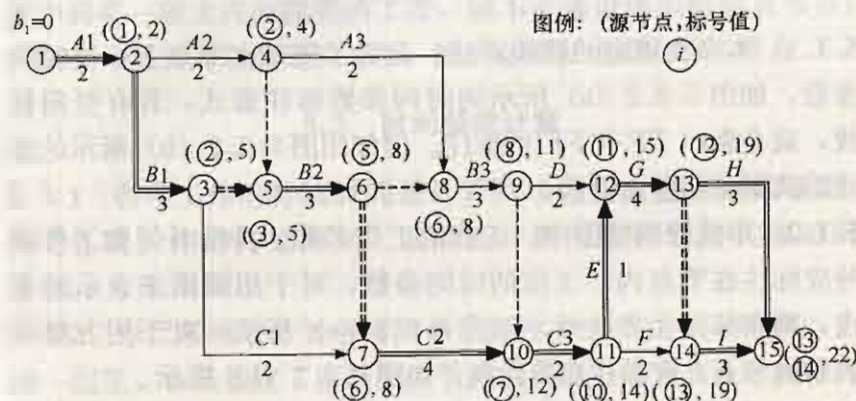


图 11 标号法确定关键工作和关键线路

5 单代号网络计划

5.1 一般规定

5.1.1 本条文规定的箭线画法,是为了便于在节点上标注时间参数,如图 5.3.2 (a) 所示的时间参数标注形式,若有竖向箭线,就会影响 TF_i 和 FF_i 的标注。但如用图 5.3.2 (b) 所示的标注形式则可用竖向箭线。

5.1.2 单代号网络图中,工作的工作名称、持续时间和工作代号应标注在节点内。工作的时间参数,对于用圆圈来表示的节点,则宜标注在节点外,如图 5.3.2 (a) 所示;对于用方框来表示的节点,宜标注在节点内,如图 5.3.2 (b) 所示。

5.1.3 单代号网络图的节点必须编号,编号的数码按箭线方向由小到大编排,编号顺序不一定按 1、2、3、4……的自然数列,中间可以间断,如可按 0、5、10、15……的顺序编号。网络图第一个节点的编号不一定是 0,也可用 1、5、10、100 等数码。

5.1.5 工作之间的工艺关系是指生产工艺上客观存在的先后顺序,如只有支好模板,绑好钢筋后才能浇混凝土,反之则不符合生产规律。组织关系是根据施工组织方案,人为安排的先后工作顺序,如组织流水施工时,工作队则按顺序由一个施工段转移到另一个施工段去工作,这就是组织上的逻辑关系。

5.2 绘图规则

5.2.1~5.2.4 单代号网络图是有向有序图,要严格按照各项工作之间的逻辑关系来绘制,这 4 条绘图规则是保证网络图按既定的工作顺序来排列。双向箭头或无箭头连线无法判断工作进行方向;没有箭尾节点的节点不知紧前工作,没有箭头节点的节点则不知紧后工作。

5.2.5 本规程中的指向法,一般用于交叉箭线较多、两相邻工作在网络图平面布置上相距又较远的情况下。如采用过桥法能较好地处理交叉箭线,则尽量不用指向法。

5.2.6 在单代号网络图中增设虚拟的起点节点和终点节点,这是为了使整个图形封闭,并有利于计算时间参数。若单代号网络图中只有一项无内向箭线的工作,就不必增设虚拟的起点节点;若只有一项无外向箭线的工作,就不必增设虚拟的终点节点。

5.3 时间参数计算

5.3.1 各项工作的持续时间是计算网络计划时间参数的基础,没有各项工作的持续时间,就无法计算网络计划的其他时间参数。

5.3.2 单代号网络计划中时间参数标注方法以往各不相同。为统一起见,本条规定了以圆圈为节点的和以方框为节点的两种时间参数的标注方式。

5.3.3~5.3.11 这几条中,主要规定单代号网络计划计算时间参数的方法。具体的计算步骤有两种。

第一种步骤是:先计算各项工作的最早开始时间和最早完成时间,再计算相邻工作的间隔时间,根据间隔时间计算各项工作的自由时差和总时差,再根据总时差计算各项工作的最迟开始时间和最迟完成时间。

第二种步骤是:先计算各项工作的最早开始时间和最早完成时间,再计算各项工作的最迟完成和最迟开始时间,再计算总时差和自由时差。

5.4 单代号搭接网络计划

5.4.1、5.4.2 单代号搭接网络中,节点的标注与单代号网络相同,只是增加了相关工作之间的时距。时距是搭接网络计划中相邻工作的时间差值,由于相邻工作各有开始和结束时间,故基本时距有四种情况:即结束到开始时距 (FTS);开始到开始时距

(STS); 结束到结束时距 (FTF); 开始到结束时距 (STF)。

要注意的是, 搭接网络计划的工期不一定取决于与终点相联系的工作的完成时间, 而可能取决于中间工作的完成时间。

5.4.3 只有确定了各项工作的持续时间和各项工作之间的时距以后, 才能够进行单代号搭接网络计划的时间参数计算。

5.4.5~5.4.10 这几条规定了单代号搭接网络计划时间参数计算方法。在时间参数计算过程中, 要特别注意:

1 在计算工作的最早开始时间和最早完成时间时, 如出现工作的最早开始时间为负值, 则应将该工作与起点联系起来。如果中间工作的最早完成时间大于最后工作的最早完成时间, 必须把该工作与终点节点联系起来。

2 在计算工作的最迟开始时间和最迟结束时间时, 如出现中间工作的最迟完成时间大于总工期时, 则应用虚箭线将其与终点节点联系起来。

5.5 关键工作和关键线路

5.5.1、5.5.2 单代号网络计划中, 总时差最小的工作是关键工作。关键线路应是从起点节点到终点节点均为关键工作, 且所有相邻两关键工作之间的间隔时间均为零。

6 网络计划优化

6.2 工期优化

6.2.1 网络计划编制后, 常遇到的问题是计算工期大于要求工期。出现这种情况时, 可通过压缩关键工作的持续时间来满足工期要求。

6.2.2、6.2.3 工期优化方法能帮助项目管理者有目的地去压缩那些能缩短工期的工作的持续时间, 解决此类问题的方法有: 顺序法、加权平均法和选择法。本规程采用的是“选择法”进行工期优化。

6.3 资源优化

6.3.2、6.3.3 “资源有限, 工期最短”是指由于某种资源的供应受到限制, 致使工程施工无法按原计划实施, 甚至会使工期超过计划工期, 在此情况下应尽可能使工期最短来进行优化调整。

“资源有限, 工期最短”的优化一般可按下列步骤进行:

1 根据初始网络计划, 绘制早时标网络计划或横道图计划, 并计算出网络计划在实施过程中每个时间单位的资源需用量。

2 从计划开始日期起, 逐个检查每个时段(资源需用量相同的时间段)资源需用量是否超过所供应的资源限量, 如果在整个工期范围内每个时段的资源需用量均能满足资源限量的要求, 则就可得到可行优化方案; 否则, 必须转入下一步进行网络计划的调整。

3 分析超过资源限量的时段, 如果在该时段内有几项工作平行作业, 则采取将一项工作安排在与平行的另一项工作之后进行的方法, 以降低该时段的资源需用量。

对于两项平行作业的工作 m 和工作 n 来说, 为了降低相应

的资源需用量, 现将工作 n 安排在工作 m 之后进行, 如图 12 所示。

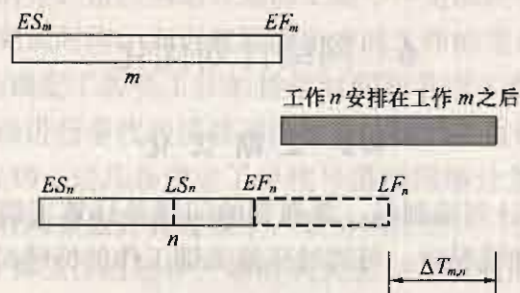


图 12 m, n 两项工作的排序

此时, 网络计划的工期延长值按公式 (6.3.1-3) 计算, 即:
 $\Delta T_{m,n} = EF_m + D_n - LF_n = EF_m - (LF_n - D_n) = EF_m - LS_n$
 式中: $\Delta T_{m,n}$ ——将工作 n 安排在工作 m 之后进行, 网络计划的工期延长值;

EF_m ——工作 m 的最早完成时间;

LF_n ——工作 n 的最迟完成时间;

LS_n ——工作 n 的最迟开始时间。

这样, 在有资源冲突的时段中, 对平行作业的工作进行两两排序, 即可得出若干个 $\Delta T_{m,n}$, 选择其中最小的 $\Delta T_{m,n}$, 将相应的工作 n 安排在工作 m 之后进行, 既可降低该时段的资源需用量, 又使网络计划的工期延长时间最短。

4 对调整后的网络计划重新计算每个时间单位的资源需用量。

5 重复上述 2~4, 直至网络计划整个工期范围内每个时间单位的资源需用量均满足资源限量为止。

6.3.4、6.3.5 “工期固定, 资源均衡”的优化是在保持工期不变的情况下, 使资源分布尽量均衡, 即在资源需用量的动态曲线上, 尽可能不出现短时期的高峰和低谷, 力求每个时段的资源需用量接近于平均值。

“削高峰法”进行“工期固定, 资源均衡”优化的方法与步

骤如下:

1 计算网络计划每个“时间单位”资源需用量;

2 确定削高峰目标, 其值等于每个“时间单位”资源需用量的最大值减一个单位资源量;

3 找出高峰时段的最末时间 (T_h) 及有关工作的最早开始时间 (ES_{i-j} 或 ES_i) 和总时差 (TF_{i-j} 或 TF_i);

4 按下列公式计算有关工作的时间差值 (ΔT_{i-j} 或 ΔT_i):

1) 对双代号网络计划:

$$\Delta T_{i-j} = TF_{i-j} - (T_h - ES_{i-j})$$

2) 对单代号网络计划:

$$\Delta T_i = TF_i - (T_h - ES_i)$$

应优先以时间差值最大的工作 ($i' - j'$ 或 i') 为调整对象, 令

$$ES_{i'-j'} = T_h$$

或

$$ES_i = T_h$$

5 当峰值不能再减少时, 即得到优化方案。否则, 重复以上 (1~4) 款的步骤。

6.4 工期-费用优化

6.4.1 工期-费用优化是通过对不同工期时的工程总费用的比较分析, 从中寻求工程总费用最低时的最优工期。

6.4.2 工期-费用优化

1 当网络计划中只有一条关键线路时, 找出直接费用率最小的一项关键工作, 作为缩短持续时间的对象; 当有多条关键线路时, 找出组合直接费用率最小的一组关键工作, 作为缩短持续时间的对象。

2 对选定的压缩对象 (一项关键工作或一组关键工作), 比较其直接费用率或组合直接费用率与工程间接费用率的大小:

1) 如果被压缩对象的直接费用率或组合直接费用率小于工程间接费用率, 说明压缩关键工作的持续时间会使

工程总费用减少,故应缩短关键工作的持续时间。

2) 如果被压缩对象的直接费用率或组合直接费用率等于工程间接费用率,说明压缩关键工作的持续时间不会使工程总费用增加,故应缩短关键工作的持续时间。

3) 如果被压缩对象的直接费用率或组合直接费用率大于工程间接费用率,说明压缩关键工作的持续时间会使工程总费用增加,此时应停止缩短关键工作的持续时间,在此之前的方案即为优化方案。

3 当需要缩短关键工作的持续时间,其缩短值的确定必须符合下列两条原则:

1) 缩短后工作的持续时间不能小于其最短持续时间;

2) 缩短持续时间的关键工作不能变成非关键工作。

4 计算关键工作持续时间缩短后相应增加的总费用。

5 重复本条(3~6)款的步骤,直到计算工期满足要求工期或被压缩对象的直接费用率或组合直接费用率大于工程间接费用率为止。

7 网络计划实施与控制

7.2 网络计划检查

7.2.1 检查网络计划首先要收集反映网络计划实际执行情况的有关信息,按照一定的方法进行记录。按本条规定,记录方法有以下几种:

1 用实际进度前锋线记录计划执行情况

在时标网络计划图上标画前锋线的关键是标定工作的实际进度前锋的位置。其标定方法有两种:

1) 按已完成的工作实物量的比例来标定。时标图上箭线的长度与相应工作的持续时间对应,也与其工程实物量的多少成正比。检查计划时某工作的工程实物量完成了几分之几,其前锋线就从表示该工作的箭线起点自左至右标在箭线长度几分之几的位置。

2) 按尚需时间来标定。有些工作的持续时间是难以按工程实物量来计算的,只能根据经验用其他办法估算出来。要标定检查时间时的实际进度前锋线位置,可采用原来的估计办法,估算出从该时刻起到该工作全部完成尚需要的时间,从表示该工作的箭线末端反过来自右至左标出前锋位置。

图 13 是一份时标网络计划用前锋线进行检查记录的实例。该图有 4 条前锋线分别记录了 6 月 25 日、6 月 30 日、7 月 5 日和 7 月 10 日的 4 次检查结果。

2 在图上用文字或适当的符号记录

当采用无时标网络计划时,可采用直接在图上用文字或适当符号记录、列表记录等记录方式。图 14 是双代号网络计划的检查实例,检查第 5 天的计划执行情况,虚线代表其实际进度。

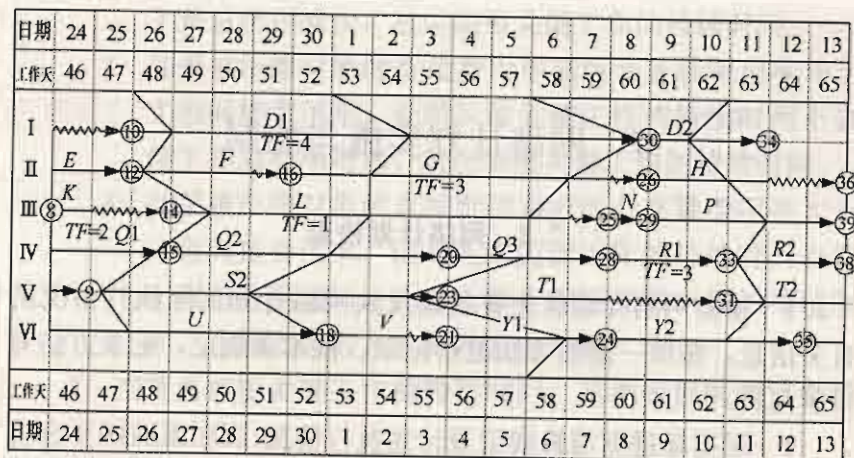


图 13 实际进度前锋线示例

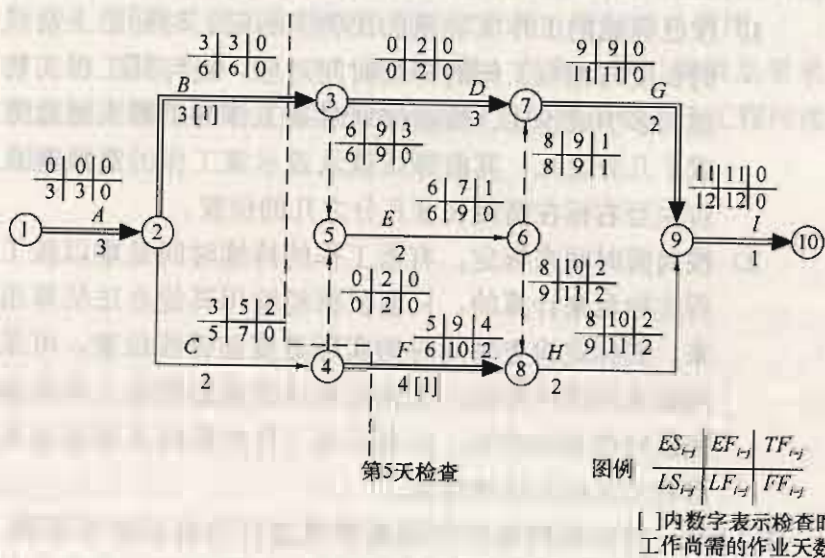


图 14 双代号网络计划实施检查实例

7.2.2、7.2.3 规定了对网络计划检查结果分析、判断的内容，即对工作的实际进度作出正常、提前或延误的判断；对未来进度状况进行预测，作出网络计划的计划工期可按期实现、提前实现或拖期的判断。

7.3 网络计划调整

7.3.1 本条规定了对网络计划的调整内容。

网络计划的调整是在其检查分析发现矛盾之后进行的。通过调整，解决矛盾，有什么矛盾就调整什么。可以只调整文中 6 项内容之一项，也可以同时调整多项，还可以将几项结合起来进行调整，例如将工期与资源、工期与成本、工期资源及成本结合起来调整，以求综合效益最佳。只要能达到预期目标，调整越少越好。

7.3.2 本条规定了关键线路进行调整的方法。针对实际进度提前或落后两种情况作了规定。

1 当关键线路的实际进度比计划进度提前时，首先要确定是否对原计划工期予以缩短。如果不拟缩短，则可利用这个机会降低资源强度或费用，方法是选择后续关键工作中资源占用量大的或直接费用高的予以适当延长，延长的时间不应超过已完成的关键工作提前的时间量；如果要使提前完成的关键线路的效果变成整个计划工期的提前完成，则应将计划的未完成部分作为一个新计划，重新进行计算与调整，按新的计划执行，并保证新的关键工作按新计算的时间完成。

2 当关键线路的实际进度比计划进度落后时，计划调整的任务是采取措施把落后的时间抢回来。于是应在未完成的关键线路中选择资源强度小的予以缩短，重新计算未完成部分的时间参数，按新参数执行。这样做有利于减少赶工费用。

7.3.3 本条对非关键工作的时差调整作了规定。

1 时差调整的目的是充分利用资源，降低成本、满足施工需要；

2 时差调整不得超出总时差值；

3 每次调整均需进行时间参数计算，从而观察每次调整对计划全局的影响。

调整的方法共三种：即在总时差范围内移动工作、延长非关

键工作的持续时间及缩短工作持续时间。三种方法的前提均是降低资源强度。

7.3.4 本条对增减工作项目作了规定。

1 增减工作项目均不应打乱原网络计划总的逻辑关系,以便使原计划得以实施。因此,由于增减工作项目,只能改变局部的逻辑关系,此局部改变不影响总的逻辑关系。增加工作项目,只是对原遗漏或不具体的逻辑关系进行补充,减少工作项目,只是对提前完成了的工作项目或原不应设置而设置了的工作项目予以消除。只有这样,才是真正的调整,而不是重编计划。

2 增减工作项目之后,应重新计划时间参数,以分析此调整是否对原网络计划工期有影响,如有影响,应采取措施使之保持不变。

7.3.5 本条对网络计划逻辑关系的调整作了规定。

逻辑关系改变的原因必须是施工方法或组织方法改变。但一般说来,只能调整组织关系,而工艺关系不宜进行调整,以免打乱原计划,调整逻辑关系是以不影响原定计划工期和其他工作的顺序为前提的。调整的结果绝对不应形成对原计划的否定。

7.3.6 本条对工作持续时间的调整作了规定。调整的原因是原计划有误或实现条件不充分。调整的方法是重新估算。调整后应对网络计划的时间参数重新计算,观察对总工期的影响。

7.3.7 本条规定资源调整应在资源供应发生异常时进行。所谓发生异常,即因供应满足不了需要(中断或强度降低),影响到计划工期的实现。资源调整的前提是保证工期或使用工期适当,故应进行工期规定资源有限或资源强度降低工期适当的优化,从而达到使调整取得好的效果的目的。

8 工程网络计划的计算机应用

8.1 一般规定

8.1.1、8.1.2 工程网络计划计算机软件作为编制网络计划的辅助工具,首先应符合本标准前面章节的有关规定,还要符合其他相关国家、行业标准;经过国家权威部门鉴定的软件才能保证可靠性、正确性。

8.2 计算机软件的基本要求

8.2.1 工程网络计划计算机软件应该尽量满足工程人员的实际需要,实现本规程的主要功能要求,包括网络计划的编制、绘图、计算、优化、检查、调整、分析、总结等功能。

8.2.2 计算机软件的优点在于速度快,用户在输入或修改工作的同时,计算机就在实时计算、绘图,这样方便检查修改。在修正初步网络计划时,只有实时计算,才能随时掌握整个工程的工期是否满足工期目标。

8.2.3、8.2.4 单代号网络图、双代号网络图、横道图都是计划的表现形式,包含的核心信息是工作以及工作之间的搭接关系。因此,它们之间是可以转化的。各计划图表中同一个工作的时间参数必须一致。

对工期较长,工序持续时间的差别较大的时标网络图,可以采用不均匀时间标尺,如图 15 所示;不均匀时间标尺的时间刻度、单位可以不同。这样就避免了较短的工作挤成一个节点的情况。

8.2.5 由于前锋线对实际进度作了形象的记录,通过前锋线可以反映出哪些工作超前,哪些工作滞后,是一种简单实用的进度检查表示方法,如图 16 所示。软件宜有此功能。

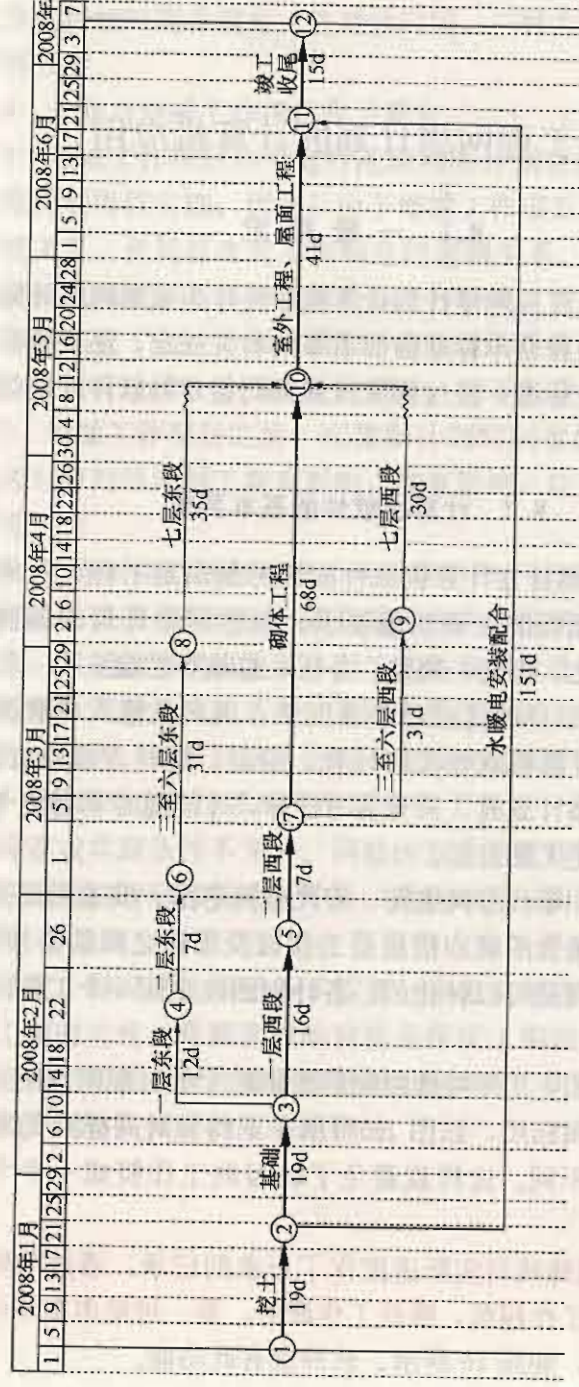


图 15 时标网络计划不均匀时间标尺应用示意图

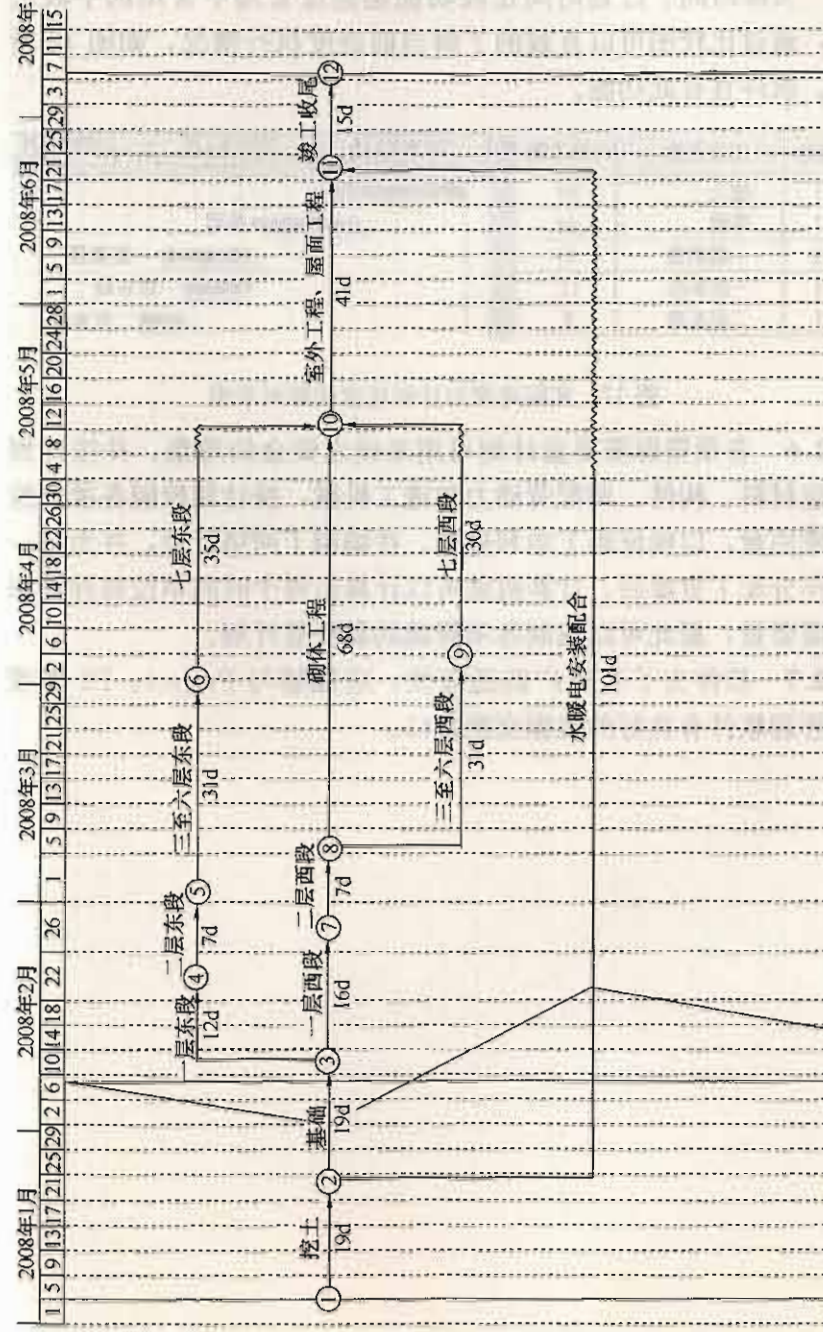


图 16 时标网络计划前锋线应用示意图

实际时间、计划时间比较功能是进度管理中常用的手段之一，通过比较图可以直观的了解当前进度执行情况，如图 17 所示。软件宜有此功能。

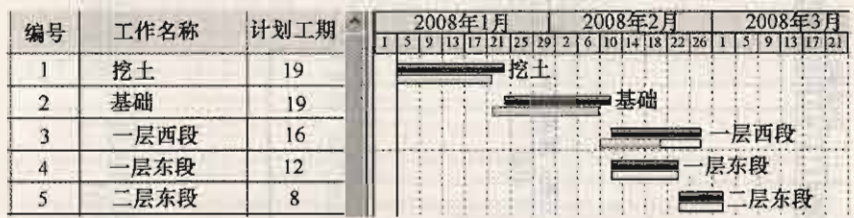


图 17 实际进度与计划进度比较示意图

- 8.2.6 各项资源需要量计划可用来确定资金的筹集、并按计划供应材料、构件、调配劳动力和施工机械，按计划控制各项资源的使用量，以保证施工顺利进行。在编制了网络计划，并为每一工作分配了资源后，计算机就可以计算出每个时间单位每种资源的需要量，据此可以编制各项资源的需要量计划。
- 8.2.7 软件为了有更广的适应性，应能够与 Project、P3 等项目管理软件有良好的数据交换接口。