

第6章 项目进度管理

6.1 概述

项目进度管理包括为管理项目按时完成所需的7个过程，具体为：

- (1) 规划进度管理——为规划、编制、管理、执行和控制项目进度而制定政策、程序和文档过程。
- (2) 定义活动——识别和记录为完成项目可交付成果而需采取的具体行动的过程。
- (3) 排列活动顺序——识别和记录项目活动之间的关系的过程。
- (4) 估算活动资源——估算执行各项活动所需材料、人员、设备或用品的种类和数量的过程。
- (5) 估算活动持续时间——根据资源估算的结果，估算完成单项活动所需工期的过程。
- (6) 制订进度计划——分析活动顺序、持续时间、资源需求和进度制约因素，创建项目进度模型的过程。
- (7) 控制进度——监督项目活动状态、更新项目进展、管理进度基准变更，以实现计划的过程。

上述过程不仅彼此相互作用，而且还与其他知识领域中的过程相互作用。

在某些项目（特别是小项目）中，定义活动、排列活动顺序、估算活动资源、估算活动持续时间及制订进度计划等过程之间的联系非常密切，以至于可视为一个过程，由一个人在较短时间内完成。但本章仍然把这些过程分开介绍，因为每个过程所用的工具和技术各不相同。

6.1.1 项目进度管理含义

项目进度管理是指在项目实施过程中，对各阶段的进展程度和项目最终完成的期限所进行的管理，是在规定的时间内，拟定出合理且经济的进度计划（包括多级管理的子计划），在执行该计划的过程中，经常要检查实际进度是否按计划要求进行，若出现偏差，便要及时找出原因，采取必要的补救措施或调整、修改原计划，直至项目完成。其目的是保证项目能在满足其时间约束条件的前提下实现其总体目标。

6.1.2 项目进度管理的作用

总的来说，项目管理计划主要都是基于项目进度管理计划编制的。在项目的进度管

理计划的基础上编制项目成本管理计划、设备设施采购计划、人力资源配置计划、风险管理计划和配置管理计划等。

只有制订比较详尽的可操作的项目进度管理计划才可以统筹安排整个项目的管理工作，使得项目各方面的工作有条不紊地开展。

项目的执行过程中难免会发生更改项目进度计划的行为，这会给项目带来很多工作计划的调整，后续的采购和人力资源配置等都有可能受到影响。因而在进度管理计划的编制上要注意其弹性问题。同时对可能改变进度计划的因素早发现、早更改和做好后续工作的安排的工作，以保持项目的各项资源能够协调进行。

6.2 项目进度管理过程

6.2.1 规划进度管理

规划项目进度管理是为实施项目进度管理制定政策、程序，并形成文档化的项目进度管理计划的过程。本过程的主要作用是，如何在整个项目过程中管理、执行和控制项目进度提供指南和方向。

项目进度管理计划是项目管理计划的组成部分，项目进度管理过程及其相关的工具和技术应写入进度管理计划。根据项目需要，进度管理计划可以是正式或非正式的，非常详细或高度概括的。项目进度管理计划应包括合适的控制临界值，还可以规定如何报告和评估进度紧急情况。在项目执行过程中，可能需要更新进度管理计划，以反映在管理进度过程中所发生的变更。项目进度管理计划是制订项目管理计划过程的主要输入。

1. 规划进度管理：输入

1) 项目管理计划

项目管理计划中用于制订进度管理计划的信息包括（但不限于）：

(1) 范围基准。范围基准包括项目范围说明书、WBS和WBS词典，可用于定义活动、持续时间估算和进度管理。

(2) 其他信息。可依据项目管理计划中的其他信息制订进度计划，例如，与规划进度相关的成本、风险和沟通决策。

2) 项目章程

项目章程中规定的总体里程碑进度计划和项目审批要求，都会影响项目的进度管理。

3) 组织过程资产

会影响规划进度管理过程的组织过程资产包括（但不限于）：

- 可用的监督和报告工具。
- 历史栖息。

- 进度控制工具。
- 现有的、正式和非正式的、与进度控制有关的政策、程序和指南。
- 模板。
- 项目收尾指南。
- 变更控制程序。
- 风险控制程序，包括风险类别、概率定义与影响，以及概率和影响矩阵。

4) 事业环境因素

会影响规划进度管理过程的事业环境因素包括（但不限于）：

- 能影响进度管理的组织文化和结构。
- 可能影响进度规划的资源可用性和技能。
- 提供进度规划工具的项目管理软件，有利于设计管理进度的多种方案。
- 发布的商业信息（如资源生产率），通常来自各种商业数据库。
- 组织中的工作授权系统。

2. 规划进度管理：输出

规划进度管理在以上输入的过程中，利用一些工具和技术，就得到如下输出结果。

1) 项目进度管理计划

项目进度管理计划是项目管理计划的组成部分，为编制、监督和控制项目进度建立准则和明确活动。根据项目需要，进度管理计划可以是正式或非正式的，非常详细或高度概括的，其中应包括合适的控制临界值。

例如，进度管理计划会规定：

- (1) 项目进度模型制定。需要规定用于制定项目进度模型的进度规划方法论和工具。
- (2) 准确度。需要规定活动持续时间估算的可接受区间，以及允许的应急储备数量。
- (3) 计量单位。需要规定每种资源的计量单位，例如，用于测量时间的人时数、人天数或周数；用于计量数量的米、升、吨、千米或立方米。
- (4) 组织程序链接。工作分解结构为进度管理计划提供了框架，保证了与估算及资源计划的协调一致。
- (5) 项目进度模型维护。需要规定在项目执行期间，将如何在进度模型中更新项目状态，记录项目进展。
- (6) 控制临界值。可能需要规定偏差临界值，用于监督进度绩效。它是在需要采取某种措施前，允许出现的最大偏差。通常用偏离基准计划中的参数的某个百分数来表示。
- (7) 绩效测量规则。需要规定用于绩效测量的挣值管理（EVM）规则或其他测量规则。例如，进度管理计划可以规定：
 - 确定完成百分比的规则。
 - 用于考核进展和进度管理的控制账户。
 - 拟用的挣值测量技术，如基准、固定公式、完成百分比等。

- 进度绩效测量指标，如进度偏差（SV）和进度绩效指数（SPI），用来评价偏离原始进度基准的程度。
- (8) 报告格式。需要规定各种进度报告的格式和编制频率。
- (9) 过程描述。对每个进度管理过程进行书面描述。

6.2.2 定义活动

第5章的创建WBS过程已经识别出WBS中最底层的可交付成果，即工作包。为了更好地规划项目，工作包通常还应进一步细分为更小的组成部分，即“活动”。

活动，就是为完成工作包所需进行的工作，是实施项目时安排工作的最基本的工作单元。活动与工作包是1对1或多对1的关系，即有可能多个活动完成一个工作包。

定义活动过程就是识别和记录为完成项目可交付成果而需采取的所有活动。其主要作用是，将工作包分解为活动，作为对项目工作进行估算、进度规划、执行、监督和控制的基础。

1. 定义活动：输入

1) 进度管理计划

项目进度管理计划中规定了管理项目工作所需的细致程度。

2) 范围基准

在定义活动时，需明确考虑范围基准中的WBS、可交付成果、制约因素和假设条件。

3) 组织过程资产

能够影响定义活动过程的组织过程资产包括（但不限于）：

- 经验教训知识库，其中包含以往类似项目的活动清单等历史信息。
- 标准化的流程。
- 来自以往项目的、包含标准活动清单或部分活动清单的模板。
- 现有的、正式和非正式的、与活动规划相关的政策、程序和指南，如进度规划方法论，在定义活动时应考虑这些因素。

4) 事业环境因素

会影响定义活动过程的事业环境因素包括（但不限于）：

- 组织文化和结构。
- 商业数据库中发布的商业信息。
- 项目管理信息系统（PMIS）。

2. 定义活动：输出

定义活动在以上输入的过程中，利用一些工具和技术，就得到如下输出结果。

1) 活动清单

活动清单是一份包含项目所需的全部活动的综合清单。活动清单还包括每个活动的标识及工作范围详述，使项目团队成员知道需要完成什么工作（工作内容、目标、结果、

负责人和日期)。每个活动都应该有一个独特的名称。

2) 活动属性

活动属性是活动清单中的活动描述的扩展。与里程碑不同，活动具有持续时间，活动需要在该持续时间内开展，而且还需要相应的资源和成本。活动属性随时间演进。在项目初始阶段，活动属性包括活动标识、WBS标识和活动标签或名称；在活动属性编制完成时，可能还包括活动编码、活动描述、紧前活动、紧后活动、逻辑关系、提前量与滞后量、资源需求、强制日期、制约因素和假设条件。活动属性可用于分配执行工作的负责人，确定开展工作的地区或地点，编制开展活动的项目日历，以及明确活动类型，如支持型活动、独立型活动和依附型活动。活动属性还可用于编制进度计划。根据活动属性，可在报告中以各种方式对活动进行选择、排序和分类。活动属性的数量因应用领域而异。

3) 里程碑清单

里程碑是项目中的重要时点或事件。里程碑清单列出了所有项目里程碑，并指明每个里程碑是强制性的（如合同要求的）还是选择性的（如根据历史信息确定的）。里程碑清单为后期的项目控制提供了基础。

里程碑是项目生命周期中的一个时刻，里程碑的持续时间为零，里程碑既不消耗资源也不花费成本，通常是指一个主要可交付成果的完成。

里程碑清单显示了项目为达到最终目标而必须经过的条件或状态序列，描述了在每一阶段，要达到什么状态。

— 一个项目中应该有几个达到里程碑程度的关键事件。— 一个好的里程碑最突出的特征是：达到此里程碑的标准毫无歧义。

里程碑计划的编制可以从最后一个里程碑即项目的终结点开始，反向进行：先确定最后一个里程碑，再依次逆向确定各个里程碑。对各个里程碑，应检查“界限是否明确？”“是否无异议？”“是否与其他里程碑内容不重叠？”和“是否符合因果规律？”。

在确定项目的里程碑时，可以使用“头脑风暴法”。

6.2.3 排列活动顺序

排列活动顺序是识别和记录项目活动之间的关系的过程。本过程的主要作用是，定义工作之间的逻辑顺序，以便在既定的所有项目制约因素下获得最高的效率。

除了首尾两项活动之外，每项活动和每个里程碑都至少有一项紧前活动和一项紧后活动。项目团队可以按逻辑关系将活动排序来创建一个切实的项目进度计划。在活动之间使用提前量或滞后量，可使项目进度计划更为切实可行。排序可以由项目管理软件、手动或者自动化工具来完成。

1. 排列活动顺序 • 输入

1) 进度管理计划

进度管理计划规定了用于项目的进度规划方法和工具，对活动排序具有指导作用。

2) 活动清单

活动清单列出了项目所需的、待排序的全部活动。

3) 活动属性

活动属性中可能描述了活动之间的必然顺序或确定的紧前紧后关系。

4) 里程碑清单

里程碑清单中可能已经列出特定里程碑的实现日期，这可能影响活动排序的方式。

5) 事业环境因素

会影响活动排序过程的事业环境因素包括（但不限于）：

- 政府或行业标准。
- 项目管理信息系统（PMIS）。
- 进度规划工具。
- 公司的工作授权系统。

6) 项目范围说明书

2. 排列活动顺序：输出

排列活动顺序在以上输入的过程中，利用一些工具和技术，就得到如下输出结果。

1) 项目进度网络图

项目进度网络图是表示项目活动之间的逻辑关系（也叫依赖关系）的图形。前导图法和箭线图法（后面的小节将详细介绍）是绘制项目进度网络图的两种不同的方法。项目进度网络图可手工或借助项目管理软件来绘制。进度网络图可包括项目的全部细节，也可只列出一项或多项概括性活动。项目进度网络图应附有简要文字描述，说明活动排序所使用的基本方法。在文字描述中，还应该对任何异常的活动序列做详细说明。

2) 项目文件更新

可能需要更新的项目文件包括（但不限于）：

- 活动清单。
- 活动属性。
- 里程碑清单。
- 风险登记册。

6.2.4 估算活动资源

估算活动资源是估算执行各项活动所需的材料、人员、设备或用品的种类和数量的过程。本过程的主要作用是，明确完成活动所需的资源种类、数量和特性，以便做出更准确的成本和持续时间估算。

估算活动资源过程与估算成本过程紧密相关。例如：

(1) 建筑项目团队必须熟悉当地的建筑法规。这类知识常可从当地卖方获取。但是，如果当地人员也对不常用或特殊的建筑技术缺乏经验，那么支付额外费用聘请咨询专家，可能就是了解当地建筑法规的最有效的方法。

(2) 汽车设计团队需要熟悉最新的自动装配技术。可以通过聘请顾问、派设计人员参加自动化技术研讨会，或者邀请制造人员加入团队等方式，来获取所需的专业知识。

1. 估算活动资源：输入

1) 进度管理计划

进度管理计划中确定了资源估算准确度和所使用的计量单位。

2) 活动清单

活动清单中定义了需要资源的活动。

3) 活动属性

活动属性为估算每项活动所需的资源提供了主要输入。

4) 资源日历

资源日历是表明每种具体资源的可用工作日或工作班次的日历。在估算资源需求情况时，需要了解在规划的活动期间，哪些资源（如人力资源、设备和材料）可用。资源日历规定了在项目期间特定的项目资源何时可用，可用多久。可以在活动或项目层面建立资源日历。另外还需考虑更多的资源属性，例如，经验和/或技能水平、来源地和可用时间。

例如，在工程设计项目的早期阶段，可供使用的资源可能包括大量的初级与高级工程师，而在同一项目的后期阶段，可供使用的资源可能仅限于因为参与过项目早期阶段而熟悉本项目的人员。

5) 风险登记册

风险事件可能影响资源的可用性及对资源的选择。

6) 活动成本估算

资源的成本可能影响对资源的选择。

7) 事业环境因素

能够影响估算活动资源过程的事业环境因素包括（但不限于）：资源所在位置、可用性和技能水平。

8) 组织过程资产

能够影响估算活动资源过程的组织过程资产包括（但不限于）：

- 关于人员配备的政策和程序。
- 关于租用、购买用品和设备的政策与程序。
- 关于以往项目中类似工作所使用的资源类型的历史信息。

2. 估算活动资源：输出

估算活动资源在以上输入的过程中，利用一些工具和技术，就得到如下输出结果。

1) 活动资源需求

活动资源需求明确了工作包中每个活动所需的资源类型和数量。然后，把这些需求汇总成每个工作包和每个工作时段资源估算。资源需求描述的细节数量与具体程度因应用领域而异。在每个活动的资源需求文件中，都应说明每种资源的估算依据，以及为确定资源类型、可用性和所需数量所做的假设。

2) 资源分解结构

资源分解结构 Resource Breakdown Structure (RBS) 是资源依类别和类型的层级展现。资源类别包括人力、材料、设备和用品。资源类型包括技能水平、等级水平或适用于项目的其他类型。资源分解结构有助于结合资源使用情况，组织与报告项目的进度数据。例如，资源分解结构可以反映一艘轮船建造项目中各个不同区域用到的所有焊工和焊接设备，即使这些焊工和焊接设备在 OBS 和 WBS 中杂乱分布着。

3) 项目文件更新

可能需要更新的项目文件包括（但不限于）：

- 活动清单。
- 活动属性。
- 资源日历。

6.2.5 估算活动持续时间

估算活动持续时间是根据资源估算的结果，估算完成单项活动所需工作时段数的过程。本过程的主要作用是，确定完成每个活动所需花费的时间量，为制订进度计划过程提供主要输入。

估算活动持续时间依据的信息包括：活动工作范围、所需资源类型、估算的资源数量和资源日历。应该由项目团队中最熟悉具体活动的个人或小组，来提供活动持续时间估算所需的各种输入。对持续时间的估算应该渐进明细，取决于输入数据的数量和质量。例如，在工程与设计项目中，随着数据越来越详细，越来越准确，持续时间估算的准确性也会越来越高。所以，可以认为，活动持续时间（活动工期）估算的准确性和质量会随着项目进展而逐步提高。

在本过程中，应该首先估算出完成活动所需的工作量和计划投入该活动的资源数量，然后结合项目日历（表明活动的可用工作日和工作班次的日历）和资源日历，据此计算出完成活动所需的工作时段数（活动持续时间）。应该把活动持续时间估算所依据的全部数据与假设都记录下来。

1. 估算活动持续时间：输入

1) 进度管理计划

进度管理计划规定了用于估算活动持续时间的方法和准确度，以及其他标准，如项目更新周期。

2) 活动清单

活动清单列出了需要进行持续时间估算的所有活动。

3) 活动属性

活动属性为估算每个活动的持续时间提供了主要输入。

4) 活动资源需求

估算的活动资源需求会对活动持续时间产生影响。对于大多数活动来说，所分配的资源数量和质量能否达到要求，将对其持续时间有显著影响。例如，向某个活动新增资源或分配低技能资源，就需要增加沟通、培训和协调工作，从而可能导致活动效率或生产率下降，以致需要更长的持续时间。

5) 资源日历

资源日历中的资源可用性、资源类型和资源性质，都会影响活动的持续时间。例如，由全职人员实施某项活动，熟练人员通常比不熟练人员在更短时间内完成该活动。

6) 项目范围说明书

在估算活动持续时间时，需要考虑项目范围说明书中所列的假设条件和制约因素。

假设条件包括（但不限于）：

- 现有条件。
- 信息的可用性。
- 报告期的长度。

制约因素包括（但不限于）：

- 可用的熟练资源。
- 合同条款和要求。

7) 风险登记册

登记册提供了风险清单，以及风险分析和应对规划的结果。

8) 资源分解结构

资源分解结构按照资源类别和资源类型，提供了已识别资源的层级结构。

9) 事业环境因素

能够影响估算活动持续时间过程的事业环境因素包括（但不限于）：

- 持续时间估算数据库和其他参考数据，例如，混凝土养护需要的时间，政府机构对于某类申请一般要多长时间给予回答。
- 生产率测量指标。
- 发布的商业信息。
- 团队成员的所在地。

10) 组织过程资产

能够影响估算活动持续时间过程的组织过程资产包括（但不限于）：

- 关于持续时间的历史信息。

- 项目日历。
- 进度规划方法论。
- 经验教训。

2. 估算活动持续时间：输出

估算活动持续时间在以上输入的过程中，利用一些工具和技术，就得到如下输出结果。

1) 活动持续时间估算

活动持续时间估算是对完成某项活动所需的工作时段数的定量评估。持续时间估算中不包括任何滞后量。在活动持续时间估算中，可以指出一定的变动区间，例如：

- $2\text{周} \pm 2\text{天}$ （每周工作5天），表明活动至少需要8天，最多不超过12天。
- 超过3周的概率为15%，表明该活动将在3周内（含3周）完工的概率为85%。

2) 项目文件更新

可能需要更新的项目文件包括（但不限于）：

- 活动属性。
- 为估算活动持续时间而制定的假设条件，如技能水平、可用性，以及估算依据。

6.2.6制订进度计划

如图6-1所示，通过把填有项目数据的进度规划工具看作进度模型，可以把项目进度的呈现形式（进度计划）与产生项目进度计划的进度数据和计算工具区分开来。进度模型是项目活动执行计划的一种表示形式，其中包含持续时间、依赖关系和其他规划信息，用以生成项目进度计划及其他进度资料。

在进度管理计划中规定项目进度管理的各过程及其工具与技术。进度管理计划确定进度规划的方法和工具，并为编制和控制进度计划建立格式和准则。在所选的进度规划方法中，规定进度编制工具的框架和算法，以便创建进度模型。一些耳熟能详的进度规划方法包括关键路径法（Critical Path Method, CPM）和关键链法（Critical Chain Method, CCM）。

制订进度计划是分析活动顺序、持续时间、资源需求和进度制约因素，创建项目进度模型的过程。本过程的主要作用是，把活动、持续时间、资源、资源可用性和逻辑关系代入进度规划工具，从而形成包含各个项目活动的计划日期的进度模型。

制订可行的项目进度计划，往往是一个反复进行的过程。基于准确的输入信息，使用进度模型来确定各项目活动和里程碑的计划开始日期和计划完成日期。在本过程中，需要审查和修正持续时间估算与资源估算，创建项目进度模型，制订项目进度计划，并在经批准后作为基准用于跟踪项目进度。一旦活动的开始和结束日期得到确定，通常就需要由分配至各个活动的项目人员审查其被分配的活动，确认开始和结束日期与资源日历没有冲突，也与其他项目或任务没有冲突，从而确认计划日期的有效性。随着工作进

展，需要修订和维护项目进度模型，确保进度计划在整个项目期间一直切实可行。

经批准的最终进度计划将作为基准用于控制进度过程。随着项目活动的开展，项目时间管理的大部分工作都将发生在控制进度过程中，以确保项目工作按时完成。

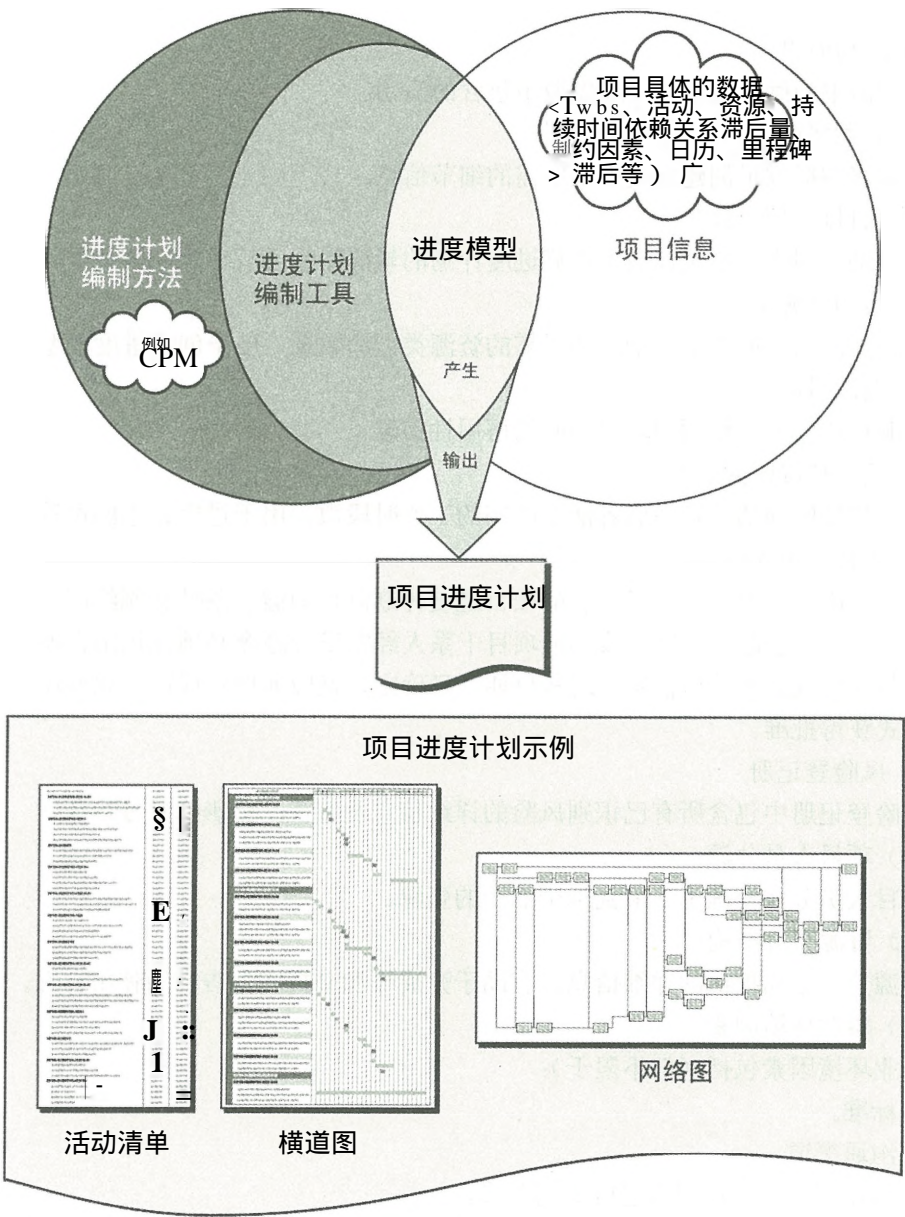


图6-1 进度规划工作概要

1. 制订进度计划：输入

1) 进度管理计划

进度管理计划规定了用于制订进度计划的进度规划方法和工具，以及推算进度计划的方法。

2) 活动清单

活动清单明确了需要在进度模型中包含的活动。

3) 活动属性

活动属性提供了创建进度模型所需的细节信息。

4) 项目进度网络图

项目进度网络图中包含用于推算进度计划的紧前和紧后活动的逻辑关系。

5) 活动资源需求

活动资源需求明确了每个活动所需的资源类型和数量，用于创建进度模型。

6) 资源日历

资源日历包含了资源在项目期间的可用性信息。

7) 活动持续时间估算

活动持续时间估算是完成各活动所需的工作时段数，用于进度计划的推算。

8) 项目范围说明书

项目范围说明书中包含了会影响项目进度计划制订的假设条件和制约因素。

例如，项目发起人、客户或其他项目干系人经常发号施令必须在规定日期前完成某些可交付成果或达到某里程碑。这些日期一旦确定，就应如期实现；要想变动，必须以变更形式获得批准。

9) 风险登记册

风险登记册中包含所有已识别风险的详细信息及特征，会影响进度模型。

10) 项目人员分派

项目人员分派明确了分配到每个活动的资源。

11) 资源分解结构

资源分解结构提供的详细信息，有助于开展资源分析和报告资源使用情况。

12) 事业环境因素

事业环境因素包括（但不限于）：

- 标准。
- 沟通渠道。
- 用以创建进度模型的进度规划工具。

13) 组织过程资产

能够影响制订进度计划过程的组织过程资产包括（但不限于）：进度规划方法论和项目日历。

2. 制订进度计划：输出

制订进度计划在以上输入的过程中，利用一些工具和技术，就得到如下输出结果。

1) 进度基准

进度基准是经过批准的项目进度计划，只有通过正式的变更控制程序才能进行变更，用作与实际结果进行比较的依据。它被相关干系人接受和批准，其中包含基准开始日期和基准结束日期。在监控过程中，将用实际开始和结束日期与批准的基准日期进行比较，以确定是否存在偏差。进度基准是项目管理计划的组成部分。

2) 项目进度计划

项目进度计划是进度模型的输出，展示活动之间的相互关联，以及计划日期、持续时间、里程碑和所需资源。项目进度计划中至少要包括每个活动的计划开始日期与计划结束日期。在未确认资源分配和计划开始与结束日期之前，项目进度计划都只是初步的，一般要在项目管理计划编制完成之前进行这些确认。项目进度计划可以是概括（有时称为主进度计划或里程碑进度计划）或详细的。虽然项目进度计划可用列表形式，但图形方式更常见。可以采用以下一种或多种图形来呈现。

- 横道图。国外也称为甘特图，是展示进度信息的一种图表方式。在横道图中，活动列于纵轴，日期排于横轴，活动持续时间则表示为按开始和结束日期定位的水平条形。横道图相对易读，常用于向管理层汇报情况。为了便于控制，以及与管理层进行沟通，可在里程碑之间或横跨多个相关联的工作包，列出内容更广、更综合的概括性活动（有时也叫汇总活动）。在横道图报告中应该显示这些概括性活动。见图6-2中的“概括性进度计划”部分，它按WBS的结构罗列相关活动。
- 里程碑图。与横道图类似，但仅标示出主要可交付成果和关键外部接口的计划开始或完成日期。见图6-2中的“里程碑进度计划”部分。
- 项目进度网络图。通常没有时间刻度，纯粹显示活动及其相互关系，有时也称为“纯逻辑图”，如前导图法和关键路径法（后面小节详细介绍）。项目进度网络图也可以是包含时间刻度的进度网络图，有时称为“逻辑横道图”，如图6-2所示的详细进度计划。逻辑横道图是在横道图的基础上，加上箭线来表达活动之间的逻辑关系，活动用横道表示，横道的长度表示活动的持续时间，横道的坐标位置表示这个活动的起止时间，通常每个活动占据一行。

图6-2是一个正在执行的示例项目的进度计划，其实际工作已经进展到数据日期（记录项目状况的时间点，有时也叫截止日期或状态日期）。针对一个简单的项目，图6-2给出了进度计划的三种形式：里程碑进度计划，也叫里程碑图；概括性进度计划，也叫横道图；详细进度计划，也叫项目进度网络图。图6-2还直观地显示出这三种不同层次的进度计划之间的关系。

横道图的另一种呈现形式是“跟踪横道图”，如图6-3所示，通过将活动的实际进展情况与原定计划进行对比，可以清晰直观地发现项目实际进度与进度基准之间的偏差，

项目的整体进展状况也一目了然。

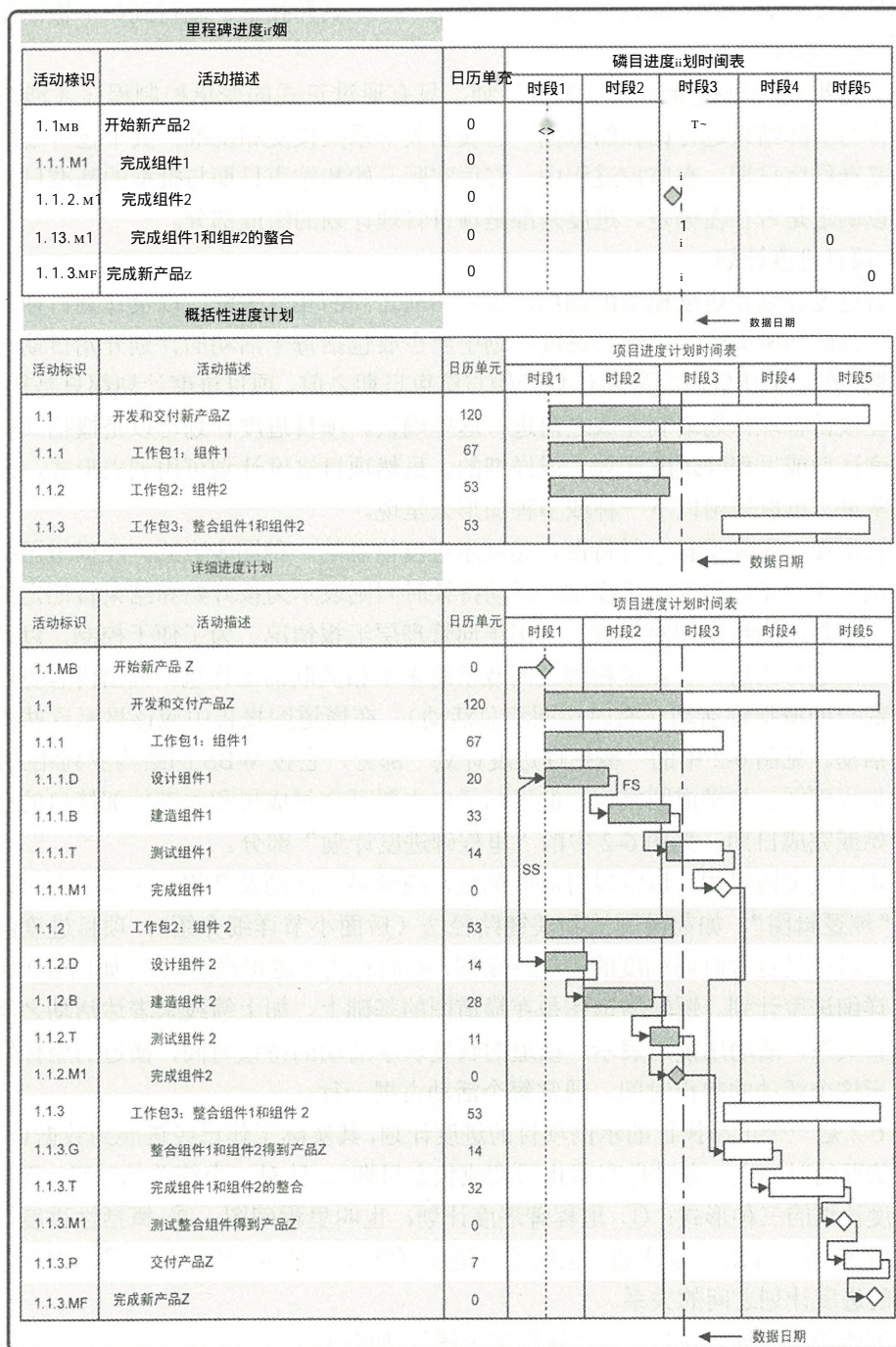


图6-2 0020项目进度计划示例

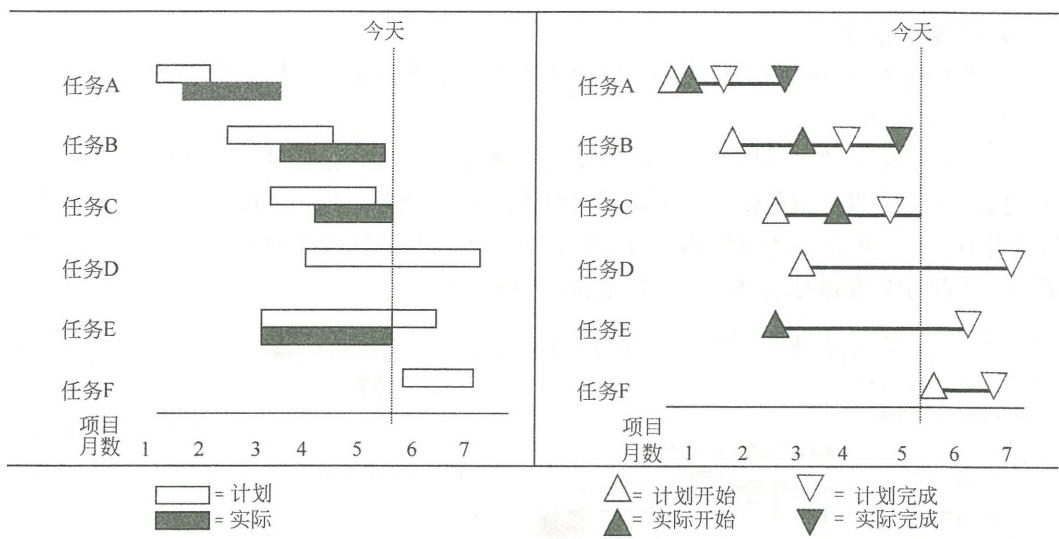


图6-3跟踪横道图示例

项目进度网络图的另一种呈现形式是“时标逻辑图”，也叫“时标网络图”，其中包含时间刻度和表示活动持续时间的横条，以及活动之间的逻辑关系，如图6-4所示。它用于优化展现活动之间的关系，许多活动都可以按顺序出现在图的同一行中。

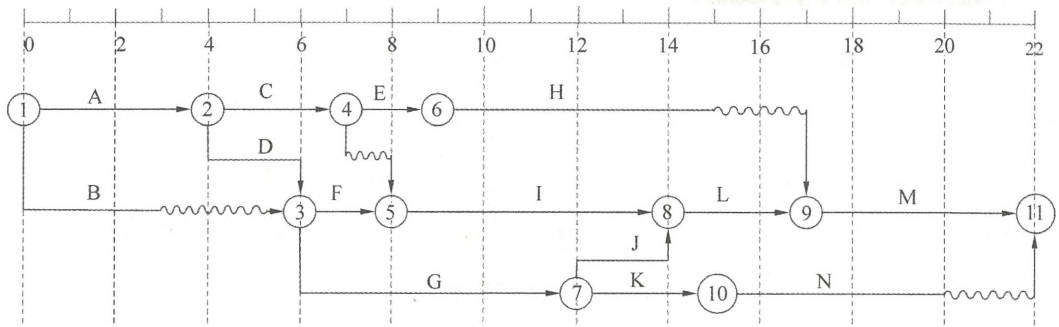


图 6-4 时标逻辑图示例

3) 进度数据

项目进度模型中的进度数据是用以描述和控制进度计划的信息集合。进度数据至少包括里程碑、活动、活动属性，以及已知的全部假设条件与制约因素。所需的其他数据因应用领域而异。经常可用作支持细节的信息包括（但不限于）：

- 按时段计列的资源需求，往往以资源直方图表示。
- 备选的进度计划，如最好情况或最坏情况下的进度计划、经资源平衡或未经资源平衡的进度计划、有强制日期或无强制日期的进度计划。

- 进度应急储备。

进度数据还可包括资源直方图、现金流预测,以及订购与交付进度安排等。

4) 项目日历

在项目日历中规定可以开展活动的工作日和工作班次。它把可用于开展活动的时间段(按天或更小的时间单位)与不可用的时间段区分开来。在一个进度模型中,可能需要采用不止一个项目日历来编制项目进度计划,因为有些活动需要不同的工作时段。编制进度计划可能需要对项目日历进行更新,如图6-5所示。

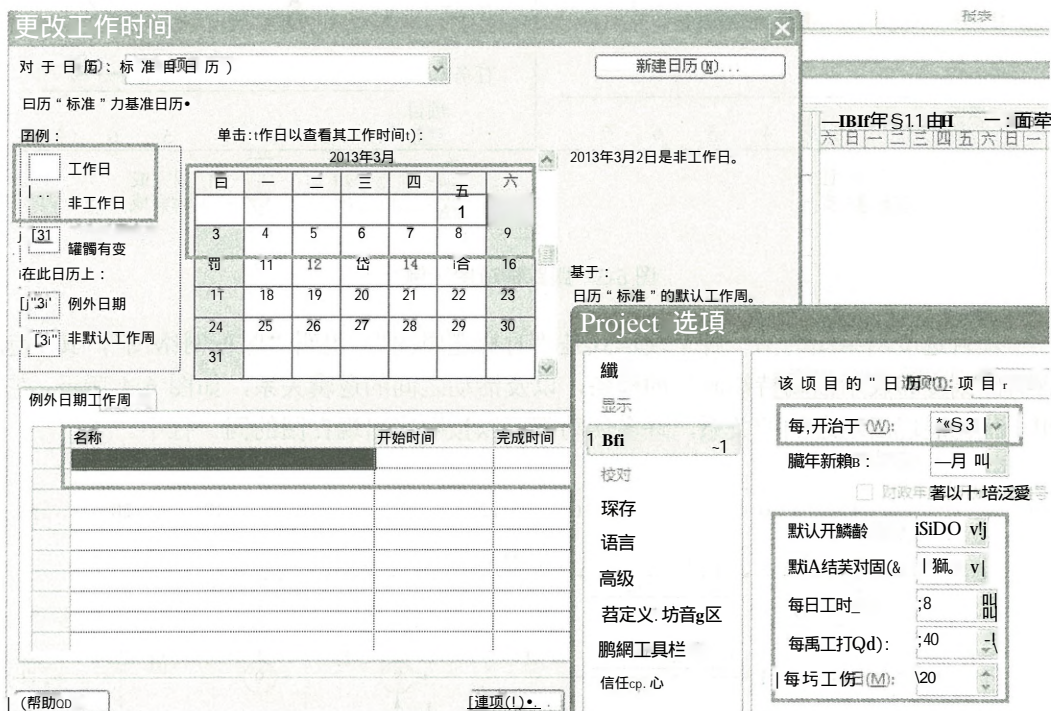


图6-5项目日历示例

5) 项目管理计划更新

项目管理计划中可能需要更新的内容包括(但不限于):

- 进度基准。
- 进度管理计划。

6) 项目文件更新

可能需要更新的项目文件包括(但不限于):

- 活动资源需求。资源平衡可能对所需资源类型与数量的初步估算产生显著影响。
如果资源平衡改变了项目资源需求,就需要对其进行更新。
- 活动属性。更新活动属性以反映在制订进度计划过程中所产生的对资源需求和其

他相关内容的修改。

- 日历。每个项目都可能有多日历，如项目日历、单个资源的日历等，作为规划项目进度的基础。
- 风险登记册。可能需要更新风险登记册，以反映进度假设条件所隐含的机会或威胁。

6.2.7 控制进度

控制进度是监督项目活动状态，更新项目进展，管理进度基准变更，以实现计划的过程。本过程的主要作用是，提供发现计划偏离的方法，从而可以及时采取纠正和预防措施，以降低风险。

进度控制关注如下内容。

- (1) 判断项目进度的当前状态。
- (2) 对引起进度变更的因素施加影响，以保证这种变化朝着有利的方向发展。
- (3) 判断项目进度是否已经发生变更。
- (4) 当变更实际发生时严格按照变更控制流程对其进行管理。

进度基准的任何变更都必须经过实施整体变更控制过程的审批。控制进度是实施整体变更控制过程的一个组成部分。

有效项目进度控制的关键是监控项目的实际进度，及时、定期地将它与计划进度进行比较，并立即采取必要的纠偏措施。项目进度控制必须与其他变化控制过程紧密结合，并且贯穿于项目的始终。当项目的实际进度滞后于计划进度时，首先发现问题、分析问题根源并找出妥善的解决办法。

通常可用以下一些方法缩短活动的工期：

- (1) 赶工，投入更多的资源或增加工作时间，以缩短关键活动的工期。
- (2) 快速跟进，并行施工，以缩短关键路径的长度。
- (3) 使用高素质的资源或经验更丰富的人员。
- (4) 减小活动范围或降低活动要求。
- (5) 改进方法或技术，以提高生产效率。
- (6) 加强质量管理，及时发现问题，减少返工，从而缩短工期。

1. 控制进度：输入

1) 项目管理计划

项目管理计划中包含进度管理计划和进度基准。进度管理计划描述了应该如何管理和控制项目进度。进度基准作为与实际结果相比较的依据，用于判断是否需要变更、采取纠正措施或采取预防措施。

2) 项目进度计划

指的是最新版本的项目进度计划，其中用符号标明了截止数据日期的更新情况、已

经完成的活动和已经开始的活动。

3) 工作绩效数据

工作绩效数据是关于项目进展情况的信息,例如哪些活动已经开始,它们的进展如何(如实际持续时间、剩余持续时间和实际完成百分比),哪些活动已经完成。

4) 项目日历

在一个进度模型中,可能需要采用不止一个项目日历来编制项目进度计划,因为有些活动需要不同的工作时段。可能需要对项目日历进行更新。

5) 进度数据

在控制进度过程中需要对进度数据进行审查和更新。

6) 组织过程资产

会影响控制进度过程的组织过程资产包括(但不限于):

- 现有的、正式和非正式的、与进度控制有关的政策、程序和指南。
- 进度控制工具。
- 可用的监督和报告方法。

2. 控制进度: 输出

控制进度在以上输入的过程中,利用一些工具和技术,就得到如下输出结果。

1) 工作绩效信息

针对WBS组件,特别是工作包和控制账户,计算出进度偏差(SV)与进度绩效指数(SPI),并记录下来,传达给干系人。

2) 进度预测

进度预测是根据已有的信息和知识,对项目未来的情况和事件进行的估算或预计。随着项目执行,应该基于工作绩效信息,更新和重新发布预测。这些信息包括项目的过去绩效和期望的未来绩效,以及可能影响项目未来绩效的挣值绩效指标。

3) 变更请求

通过分析进度偏差,审查进展报告、绩效测量结果和项目范围或进度调整情况,可能会对进度基准、范围基准和/或项目管理计划的其他组成部分提出变更请求。应该把变更请求提交给实施整体变更控制过程审查和处理。预防措施可包括推荐的变更,以消除或降低不利进度偏差的发生概率。

4) 项目管理计划更新

项目管理计划中可能需要更新的内容包括(但不限于):

- 进度基准。在项目范围、活动资源或活动持续时间等方面的变更获得批准后,可能需要对进度基准做相应变更。另外,因采用进度压缩技术造成变更时,也可能需要更新进度基准。
- 进度管理计划。可能需要更新进度管理计划,以反映进度管理方法的变更。
- 成本基准。可能需要更新成本基准,以反映批准的变更请求或因进度压缩技术导

致的成本变更。

5) 项目文件更新

可能需要更新的项目文件包括（但不限于）：

- 进度数据。可能需要重新绘制项目进度网络图，以反映经批准的剩余持续时间和经批准的进度计划修改。有时，项目进度延误非常严重，以至于必须重新预测开始与完成日期，编制新的目标进度计划，才能为指导工作、测量绩效和度量进展提供现实的数据。
- 项目进度计划。把更新后的进度数据代入进度模型，生成更新后的项目进度计划，以反映进度变更并有效管理项目。
- 风险登记册。采用进度压缩技术可能导致风险，也就可能需要更新风险登记册及其中的风险应对计划。

6) 组织过程资产更新

可能需要更新的组织过程资产包括（但不限于）：

- 偏差的原因。
- 采取的纠正措施及其理由。
- 从项目进度控制中得到的其他经验教训。

6.3 项目进度管理的技术和工具

6.3.1 工作量和工期估计

软件项目的工作量和工期的估算历来是比较复杂的事，因为软件本身的复杂性，历史经验的缺乏，估算工具缺乏，以及一些人为的错误，导致软件项目的规模估算往往和实际情况相差甚远。因此，估算错误已被列入软件项目失败的四大原因之一。进度管理始于工作量的估算，工作量估算合理，工期和资源投入自然也就合理；反之，一个错误的工作量的估算会导致一个不现实的计划产生，以至进度管理失控。

软件开发项目通常用LOC (Line of Code)衡量项目规模，LOC指所有的可执行的源代码行数，包括可交付的工作控制语言 (Job Control Language, JCL) 语句，数据定义、数据类型声明、等价声明、输入/输出格式声明等。项目经理可以根据对历史项目的审计来核算组织的单行代码价值。

例如，某软件公司统计发现该公司每一万行C语言源代码形成的源文件约为250KB。某项目的源文件大小为3.75MB，则可估计该项目源代码大约为15万行，该项目累计投入工作量为240人月，每人月费用为10000元（包括人均工资、福利、办公费用公摊等），则该项目中1LOC的价值为：

$$(240 \times 10000) / 150000 = 16 \text{ 元/LOC}$$

该项目的人月均代码行数为：

$$150\ 000/240=625\text{LOC/人月}$$

项目工作量和工期的估计，通常有以下几种方法。

1. Delphi 法

Delphi法是最流行的专家评估技术，在没有历史数据的情况下，这种方式适用于评定过去与将来，新技术与特定程序之间的差别，但专家“专”的程度及对项目理解程度是工作的难点，尽管Delphi技术可以减轻这种偏差，专家评估技术在评定一个新软件实际成本时用得不多。但是，这种方式对决定其他模型的输入时特别有用。Delphi法鼓励参加者就问题相互讨论。这个技术，要求有多种软件相关经验的人参与，互相说服对方。

Delphi法的步骤如下。

- (1) 协调人向各专家提供项目规格和估计表格。
- (2) 协调人召集小组会与各专家讨论与规模相关的因素。
- (3) 各专家匿名填写迭代表格。
- (4) 协调人整理出一个估计总结，以迭代表格的形式返回专家。
- (5) 协调人召集小组会，讨论较大的估计差异。
- (6) 专家复查估计总结并在迭代表上提交另一个匿名估计。
- (7) 重复 4)~(6)，直到达到一个最低和最高估计的一致。

如图6-6所示为迭代表的样例。

Delphi法规规模估计迭代表	
项S 名称：-----	
估计日期：-----	
估计者：-----	估计轮次：-----
结果：-----	
代码行_1LOC；周期：_月；工作量：_人月；费用__元	
理由：	

图6-6 Delphi法规规模估计迭代表样例

2. 类比估算法

类比估算法适合评估一些与历史项目在应用领域，环境和复杂度等方面相似的项目，通过新项目与历史项目的比较得到规模估计。由于类比估算法估计结果的精度取决于历史项目数据的完整性和准确度，因此，用好类比估算法的前提条件之一就是组织建

立起较好的项目后评价与分析机制，对历史项目的数据分析是可信赖的。其基本步骤如下。

(1) 整理出项目功能列表和实现每个功能的代码行。

(2) 标识出每个功能列表与历史项目的相同点与不同点，特别注意历史项目做得不够的地方。

(3) 通过(1)和(2)得出各个功能的估计值。

(4) 产生规模估计。

软件项目中用类比估算法，往往还要解决可重用代码的估算问题。估计可重用代码量的最好办法就是由程序员或系统分析员详细地考查已存在的代码，估算出新项目可重用的代码中需要重新设计的代码百分比、需重新编码或修改的代码百分比，以及需重新测试的代码百分比。根据这三个百分比，可用下面的计算公式计算等价新代码行：

等价代码行=【(重新设计百分比+重新编码百分比+重新测试百分比)/3】×已有代码行

比如：有10 行代码，假定30%需要重新设计，50%需要重新编码，70%需要重新测试，那么其等价的代码行可以计算为：

$$\left[(30\% + 50\% + 70\%) / 3 \right] \times 10000 = 5000 \text{ 等价代码行}$$

即重用这10000代码相当于编写5000代码行的工作量。

3. 参数估算法

参数估算是一种基于历史数据和项目参数，使用某种算法来计算成本或工期的估算技术。参数估算是指利用历史数据之间的统计关系和其他变量（如建筑施工中的平方英尺），来估算诸如成本、预算和持续时间等活动参数。

最简单的参数估算就是一元一次方程，即把需要实施的工作量乘以完成单位工作量所需的工时（或把需要实施的工作量除以单位工时的生产率），来计算出活动持续时间。

例如，对于设计项目，将图纸的张数乘以每张图纸所需的工时；或者对于电缆铺设项目，将电缆的长度乘以铺设每米电缆所需的工时。又例如，如果所用的资源每小时能够铺设25米电缆，那么铺设1000米电缆的持续时间是40小时（1000米除以25米/小时）。

参数估算的准确性取决于参数模型的成熟度和基础数据的可靠性。参数估算可以针对整个项目或项目中的某个部分，并可与其他估算方法联合使用。

4. 储备分析

在进行工作量或者工期估算时，需考虑应急储备（有时称为时间储备或缓冲时间），并将其纳入项目进度计划中，用来应对进度方面的不确定性。应急储备是包含在进度基准中的一段持续时间，用来应对已经接受的已识别风险，以及已经制定应急或减轻措施的已识别风险。应急储备与“已知-未知”风险相关，需要加以合理估算，用于完成未知的工作量。应急储备可取活动持续时间估算值的某一百分比、某一固定的时间段，或者通过定量分析来确定，如蒙特卡洛模拟法。可以把应急储备从各个活动中剥离出来，汇总成为缓冲。随着项目信息越来越明确，可以动用、减少或取消应急储备。应该在项目

进度文件中清楚地列出应急储备。

也可以估算项目所需要的管理储备。管理储备是为管理控制的目的而特别留出的项目时段，用来应对项目范围中不可预见的工作。管理储备用来应对会影响项目的“未知-未知”风险。管理储备不包括在进度基准中，但属于项目总持续时间的一部分。依据合同条款，使用管理储备可能需要变更进度基准。

6.3.2 项目活动排列顺序的技术和工具

1. 确定依赖关系

活动之间的依赖关系可能是强制性的或选择性的，内部或外部的。这四种依赖关系可以组合成强制性外部依赖关系、强制性内部依赖关系、选择性外部依赖关系或选择性内部依赖关系。

(1) 强制性依赖关系。强制性依赖关系是法律或合同要求的或工作的内在性质决定的依赖关系。强制性依赖关系往往与客观限制有关。例如，在建筑项目中，只有在地基建成后，才能建立地面结构；在电子项目中，必须先把原型制造出来，然后才能对其进行测试。强制性依赖关系又称硬逻辑关系或硬依赖关系。在活动排序过程中，项目团队应明确哪些关系是强制性依赖关系。不应把强制性依赖关系和进度编制工具中的进度约束条件相混淆。

(2) 选择性依赖关系。选择性依赖关系有时又称首选逻辑关系、优先逻辑关系或软逻辑关系。它通常是基于具体应用领域的最佳实践或者是基于项目的某些特殊性质而设定，即便还有其他顺序可以选用，但项目团队仍缺省按照此种特殊的顺序安排活动。应该对选择性依赖关系进行全面记录，因为它们会影响总浮动时间，并限制后续的进度安排。如果打算进行快速跟进，则应当审查相应的选择性依赖关系，并考虑是否需要调整或去除。在排列活动顺序过程中，项目团队应明确哪些依赖关系属于选择性依赖关系。

(3) 外部依赖关系。外部依赖关系是项目活动与非项目活动之间的依赖关系。这些依赖关系往往不在项目团队的控制范围内。例如，软件项目的测试活动取决于外部硬件的到货；建筑项目的现场准备，可能要在政府的环境听证会之后才能开始。在排列活动顺序过程中，项目管理团队应明确哪些依赖关系属于外部依赖关系。

(4) 内部依赖关系。内部依赖关系是项目活动之间的紧前关系，通常在项目团队的控制之中。例如，只有机器组装完毕，团队才能对其测试，这是一个内部的强制性依赖关系。在排列活动顺序过程中，项目管理团队应明确哪些依赖关系属于内部依赖关系。

2. 前导图法

前导图法 (Precedence Diagramming Method, PDM)，也称紧前关系绘图法，是用于编制项目进度网络图的一种方法，它使用方框或者长方形（被称作节点）代表活动，节点之间用箭头连接，以显示节点之间的逻辑关系。图6-7展示了一个用PDM法绘制的项目进度网络图。这种网络图也被称作单代号网络图（只有节点需要编号）或活动节点

图 Active On Node , AON) , 为大多数项目管理软件所采用。

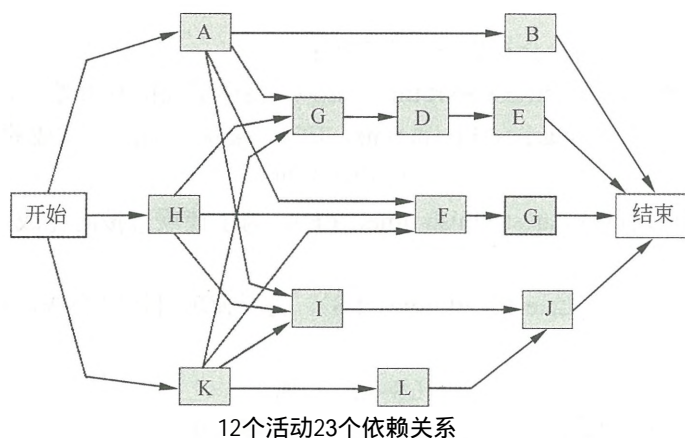


图6-7前导图法（单代号网络图）

前导图法包括活动之间存在的4种类型的依赖关系：

- (1) 结束-开始的关系（F-S型）。前序活动结束后，后续活动才能开始。例如，只有比赛（紧前活动）结束，颁奖典礼（紧后活动）才能开始。
- (2) 结束-结束的关系（F-F型）。前序活动结束后，后续活动才能结束。例如，只有完成文件的编写（紧前活动），才能完成文件的编辑（紧后活动）。
- (3) 开始-开始的关系（S-S型）。前序活动开始后，后续活动才能开始。例如，开始地基浇灌（紧前活动）之后，才能开始混凝土的找平（紧后活动）。
- (4) 开始-结束的关系（S-F型）。前序活动开始后，后续活动才能结束。例如，只有第二位保安人员开始值班（紧前活动），第一位保安人员才能结束值班（紧后活动）。

在PDM中，结束-开始的关系是最普遍使用的一类依赖关系。开始-结束的关系很少被使用。前导图4种关系如图6-8所示。

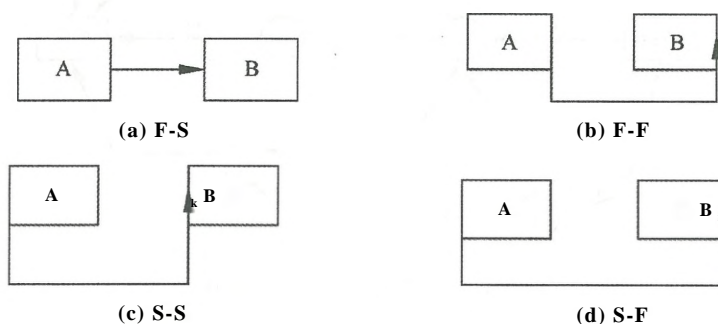


图6-8活动依赖关系图

在前导图法中,每项活动有唯一的活动号,每项活动都注明了预计工期(活动的持续时间)。

通常,每个节点的活动会有如下几个时间:

- (1) 最早开始时间 Earliest Starttime, ES)。某项活动能够开始的最早时间。
- (2) 最早结束时间 Earliest Finish time, EF)。某项活动能够完成的最早时间。

$$EF=ES+\text{工期}$$

(3) 最迟结束时间 Latest Finish time, LF)。为了使项目按时完成,某项活动必须完成的最迟时间。

(4) 最迟开始时间 Latest Start time, LS)。为了使项目按时完成,某项活动必须开始的最迟时间。

$$LS=LF-\text{工期}$$

这几个时间通常作为每个节点的组成部分,如图6-9所示。

最早开始时间	工期	最早完成时间
活动名称		
最迟开始时间	总浮动时间	最迟完成时间

图6-9根据英国标准BS6046所标识的节点

3. 箭线图法

与前导图法不同,箭线图法 Arrow Diagramming Method, ADM)是用箭线表示活动、节点表示事件的一种网络图绘制方法,如图6-10所示。这种网络图也被称作双代号网络图(节点和箭线都要编号)或活动箭线图 Active On the Arrow, AOA)。

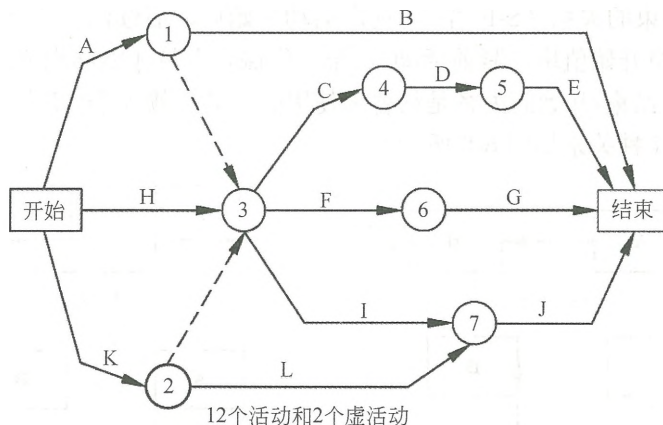


图6-10箭线图法(双代号网络图)

在箭线图法中,活动的开始(箭尾)事件叫作该活动的紧前事件(precede event),活动的结束(箭头)事件叫该活动的紧后事件(successor event)。

在箭线图法中，有如下三个基本原则。

- (1) 网络图中每一活动和每一事件都必须有唯一的一个代号，即网络图中不会有相同的代号。
- (2) 任两项活动的紧前事件和紧后事件代号至少有一个不相同，节点代号沿箭线方向越来越大。
- (3) 流入（流出）同一节点的活动，均有共同的紧后活动（或紧前活动）。

为了绘图的方便，在箭线图中又人为引入了一种额外的、特殊的活动，叫作虚活动(dummy activity)，在网络图中由一个虚箭线表示。虚活动不消耗时间，也不消耗资源，只是为了弥补箭线图在表达活动依赖关系方面的不足。借助虚活动，我们可以更好地、更清楚地表达活动之间的关系，如图6-11所示。

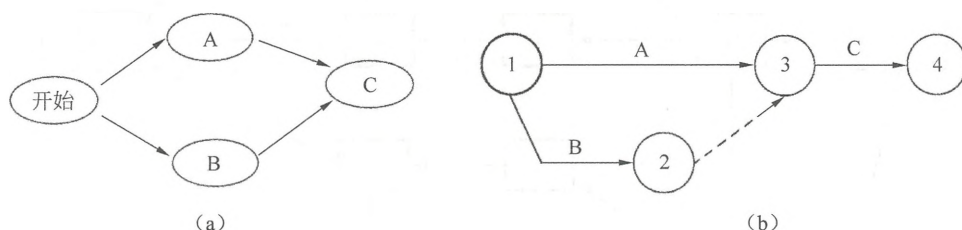


图 6-11 虚活动

注：活动A和B可以同时进行；只有活动A和B都完成后，活动C才能开始。

4. 提前量与滞后量

在活动之间加入时间提前量与滞后量，可以更准确地表达活动之间的逻辑关系。

提前量是相对于紧前活动，紧后活动可以提前的时间量。例如，对于一个大型技术文档，技术文件编写小组可以在写完文件初稿（紧前活动）之前15天着手第二稿（紧后活动）。在进度规划软件中，提前量往往表示为负数。

滞后量是相对于紧前活动，紧后活动需要推迟的时间量。例如，为了保证混凝土有10天养护期，可以两道工序之间加入10天的滞后时间。在进度规划软件中，滞后量往往表示为正数。

在图6-12的项目进度网络图中，活动H和活动I之间的依赖关系表示为SS+10（10天滞后量，H开始10天后，开始I）；活动F和活动G之间的依赖关系表示为FS+15（15天滞后量，F完成15天后，开始G）。

6.3.3 制订项目进度计划的技术和工具

制订项目计划的过程被称为项目策划。计划的作用虽然不是立杆见影的，但没有计划所引起的混乱是显而易见的。项目管理的首要目标是制订一个构思良好的项目计划，以确定项目的范围，进度和费用。在整个项目生命周期中，最基本也可以说最重要的功

能之一就是项目计划，特别是在做出影响项目整个过程的主要决策的初始阶段。但从另一方面来说，如前所述，由于项目管理是一个带有创造性的过程，项目早期的不确定性很大，所以项目计划又不可能在项目一开始就全部一次性完成，而必须逐步展开和不断修正。这又取决于能适当地对计划的执行情况作出反馈和控制，以及不间断地交流信息。

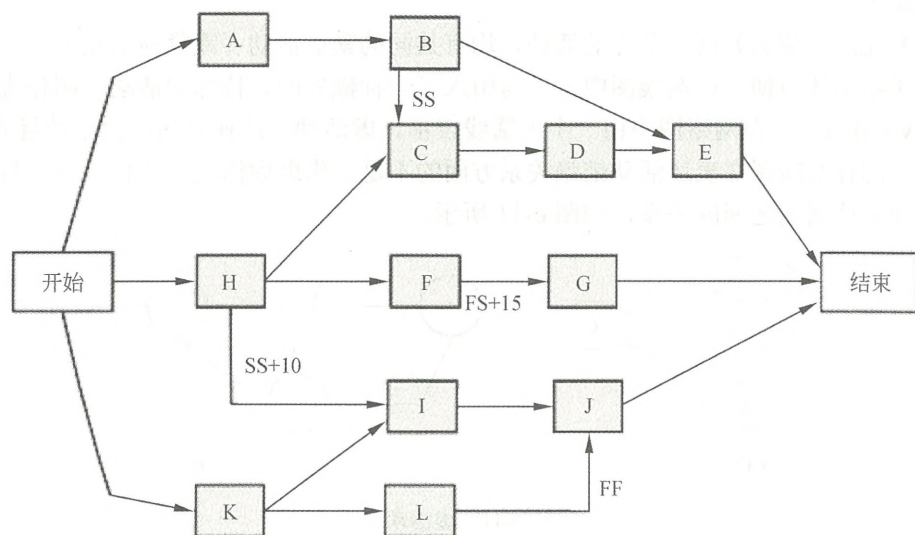


图6-12提前量和滞后量

1. 制订项目计划步骤

(1) 项目描述。项目描述是用一定的形式列出项目目标、项目的范围、项目如何执行、项目完成计划等内容，是制订项目计划和绘制工作分解结构图的依据。项目描述的目的是对项目总体做一个概要性说明。项目描述的依据是项目立项规划书，已经通过初步设计方案和批准的可行性研究报告，其主要内容包括：项目名称、项目目标、交付物、交付物完成准则、工作描述、工作规范、所需资源估计、重大里程碑等。

(2) 项目分解与活动界定。为了便于制订项目各具体领域和整体计划，需将项目及其主要可交付成果分解成一些较小的，更易管理和单独完成的部分。项目分解是编制项目进度计划，进行进度管理的基础。项目分解就是根据项目状况，采用WBS技术，将一个总体项目分解为若干项工作或活动，直到具体明确为止、项目分解是项目管理的一项最基本的工作。项目分解需要足够的专业知识和项目管理经验。一般来说，项目分解应根据项目的具体情况，以及进度计划的类型和作用确定。

活动就是项目工作分解结构中确定的工作任务或工作元素。活动界定则明确实现项目目标需要进行的各项活动。对于一个较小的项目，活动可能会界定到每一个人；但对于一个较大的、复杂的项目，如果运用WBS技术对其进行分解，项目经理没有必要把

每一个具体的活动都界定到人，因为这样会浪费许多时间，甚至会遗漏很多的活动。因此，对于运用WBS分解项目，个人活动可以由工作任务的负责人或责任小组来界定。
如图6-13所示为一个技术改造项目的WBS。

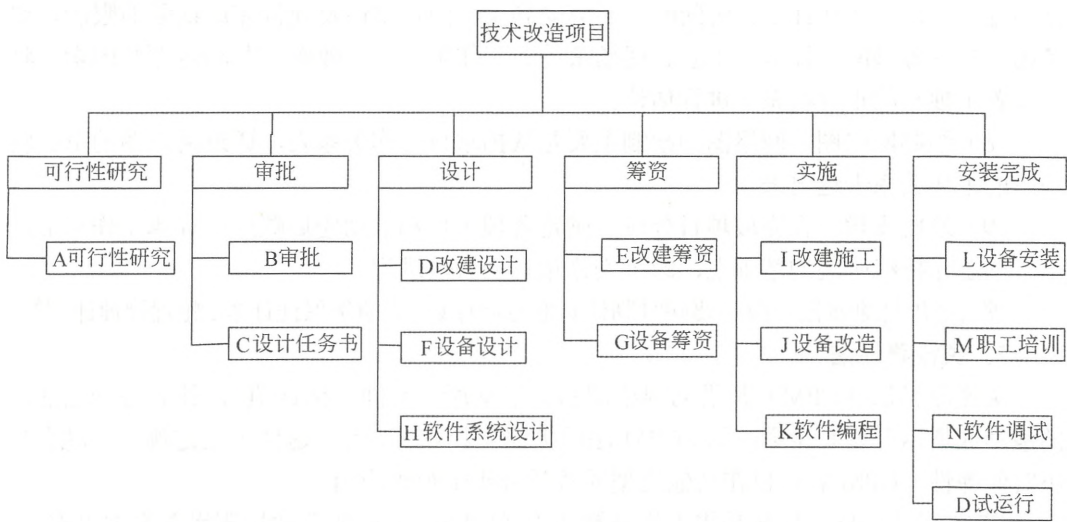


图6-13某技术改造项目的WBS分解结构

(3) 工作描述。在项目分解的基础上，为了更明确地描述项目所包含的各项工作的具体内容和要求，需要对工作进行描述。工作描述作为编制项目计划的依据，同时便于项目实施过程中更清晰地领会各项工作的内容。工作描述的依据是项目描述和项目工作分解结构，其结果是工作描述表及项目工作列表。

(4) 项目组织和工作责任分配。为了明确各部门或个人在项目中的责任，便于项目管理部门在项目实施过程中的管理协调，应根据项目工作分解结构图表和项目组织结构图表对项目的每一项工作或任务分配责任者和落实责任。工作责任分配的结果是形成工作责任分配表。

(5) 工作排序。一个项目有若干工作和活动，这些工作和活动在时间上的先后顺序称为逻辑关系。逻辑关系可分为两类，其一为客观存在的，不变的逻辑关系，也称之为前置性逻辑关系：例如，建一座房子，首先应就进行基础施工，然后才能进行主体施工；其二为可变的逻辑关系，也称为组织关系，这类逻辑关系随着人为约束条件的变化而变化，随着实施方案、人员配置、资源供应条件的变化而变化，例如，一项任务有三项工作A、B、C，假使A、B、C之间不存在不变的逻辑关系，则要完成这项任务，这三者之间的关系有多种不同的方案，显然，不同的统筹安排方案工期、费用各不相同。

(6) 计算工作量。根据项目分解情况，计算各工作或活动的工作量，包括工作的内容，工作开展的前提条件、工作量、所需的资源等。

(7) 估计工作持续时间。工作持续时间是指在一定的条件下，直接完成该工作所需

时间与必要停歇的时间之和，单位可为日、周、旬、月等。工作持续时间是计算其他网络参数和确定项目工期的基础。工作持续时间的估计是编制项目进度计划的一项重要基础工作，要求客观正确。如果工作时间估计太短，则会造成被动紧张的局面；相反，则会延长工期。在估计工作时间时，不应受到工作的重要性及项目完成期限的限制，要考虑各种资源供应、技术、工艺、现场条件、工作量、工作效率、劳动定额等因素，将工作置于独立的正常状态下进行估计。

(8) 绘制网络图。网络图的绘制主要是依据项目工作关系表，通过网络图的形式将项目的工作关系表达出来。

(9) 进度安排。在完成项目分解、确定各项工作和活动先后顺序，计算工作量估计出各项工作持续时间的基础上，即可安排项目的时间进度。

项目进度计划阶段一般还要同时制订其他专项计划，如质量保证计划、配置管理计划等。

2. 关键路径法

关键路径法（CPM）是借助网络图和各活动所需时间（估计值），计算每一项活动的最早或最迟开始和结束时间。CPM法的关键是计算总时差，这样可决定哪一活动有最小时间弹性。CPM算法也在其他类型的数学分析中得到应用。

CPM算法的核心思想是将工作分解结构（WBS）分解的活动按逻辑关系加以整合，统筹计算出整个项目的工期和关键路径。

CPM方法有两个规则。

- 规则1：某项活动的最早开始时间必须相同或晚于直接指向这项活动的最早结束时间中的最晚时间。
- 规则2：某项活动的最迟结束时间必须相同或早于该活动直接指向的所有活动最迟开始时间的最早时间。

根据以上规则，可以计算出工作的最早完工时间。通过正向计算（从第一个活动到最后一个活动）推算出最早完工时间，步骤如下。

- (1) 从网络图始端向终端计算。
- (2) 第一活动的开始为项目开始。
- (3) 活动完成时间为开始时间加持续时间。
- (4) 后续活动的开始时间根据前置活动的时间和搭接时间而定。
- (5) 多个前置活动存在时，根据最迟活动时间来定。

通过反向计算（从最后一个活动到第一个活动）来推算出最晚完工时间，步骤如下。

- (1) 从网络图终端向始端计算。
- (2) 最后一个活动的完成时间为项目完成时间。
- (3) 活动开始时间为完成时间减持续时间。
- (4) 前置活动的完成时间根据后续活动的时间和搭接时间而定。
- (5) 多个后续活动存在时，根据最早活动时间来定。

最早开始时间和最晚开始时间相等的活动称为关键活动，关键活动串联起来的路径成为关键路径。进度网络图中可能有多条关键路径。在项目进展过程中，有的活动会提前完成，有的活动会推迟完成，有的活动会中途取消，新的活动可能会被中途加入，网络图在不断变化，关键路径也在不断变化之中。

关键路径法还用来计算进度模型中的逻辑网络路径的进度灵活性大小。在不延误项目完工时间且不违反进度制约因素的前提下，活动可以从最早开始时间推迟或拖延的时间量，就是该活动的进度灵活性，被称为“总浮动时间”。其计算方法为：本活动的最迟完成时间减去本活动的最早完成时间，或本活动的最迟开始时间减去本活动的最早开始时间。正常情况下，关键活动的总浮动时间为零。

“自由浮动时间”是指在不延误任何紧后活动的最早开始时间且不违反进度制约因素的前提下，活动可以从最早开始时间推迟或拖延的时间量。其计算方法为：紧后活动最早开始时间的最小值减去本活动的最早完成时间。例如，图6-14中，活动D的总浮动时间是155天，自由浮动时间是0天。

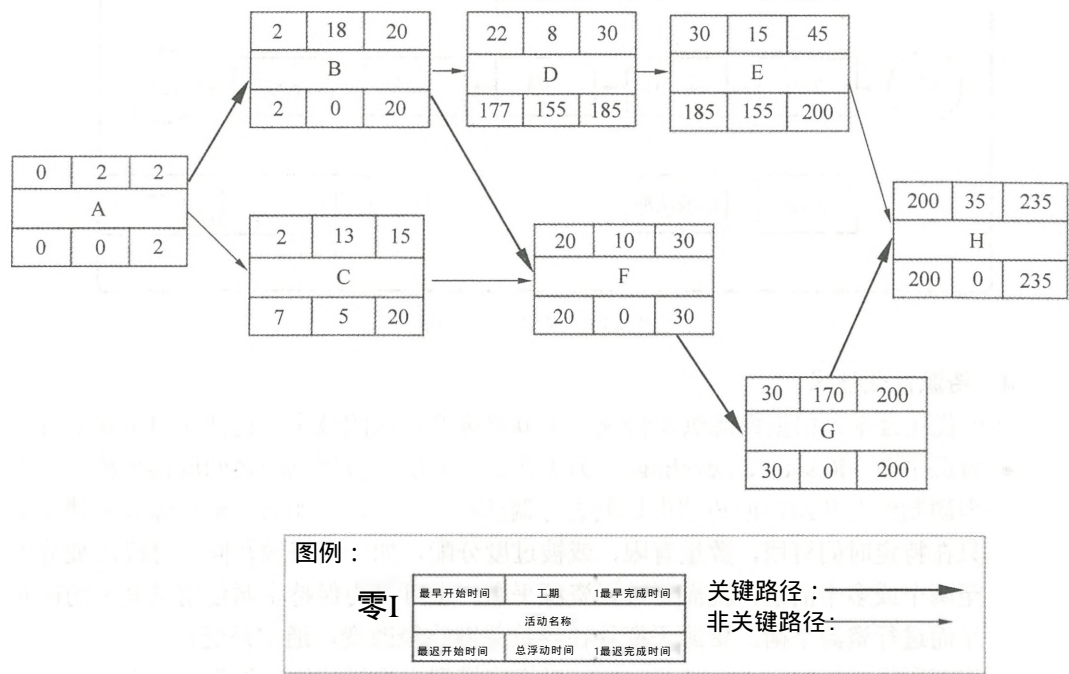


图6-14关键路径法示例

关键路径是项目中时间最长的活动顺序，决定着可能的项目最短工期。

3. 关键链法

关键链法 (CCM) 是一种进度规划方法，允许项目团队在任何项目进度路径上设置缓冲，以应对资源限制和项目的不确定性。这种方法建立在关键路径法之上，考虑了资

源分配、资源优化、资源平衡和活动历时不确定性对关键路径的影响。关键链法引入了缓冲和缓冲管理的概念。关键链法中用统计方法确定缓冲时段,作为各活动的集中安全冗余,放置在项目进度路径的特定节点,用来应对资源限制和项目不确定性。

关键链法增加了作为“非工作活动”的持续时间缓冲,用来应对不确定性。如图6-15所示,放置在关键链末端的缓冲称为项目缓冲,用来保证项目不因关键链的延误而延误。其他缓冲,即接驳缓冲,则放置在非关键链与关键链的接合点,用来保护关键链不受非关键链延误的影响。应该根据相应活动链的持续时间的不确定性,来决定每个缓冲时段的长短。一旦确定了“缓冲活动”,就可以按可能的最迟开始与最迟完成日期来安排计划活动。这样一来,关键链法不再管理网络路径的总浮动时间,而是重点管理剩余的缓冲持续时间与剩余的活动链持续时间之间的匹配关系。

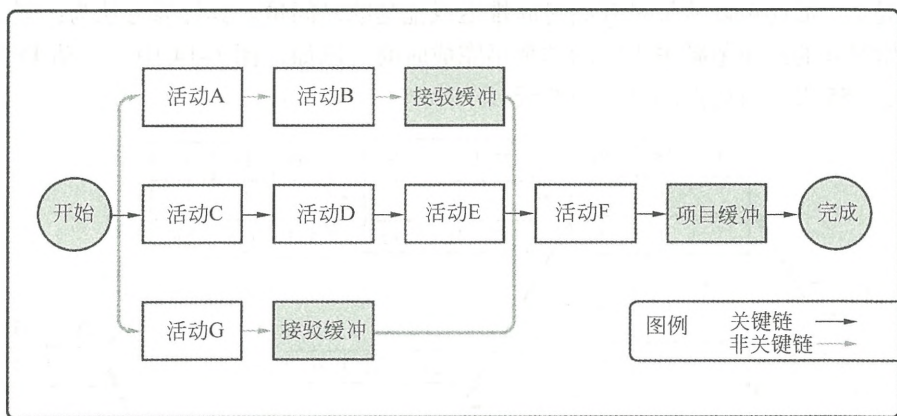


图6-15 关键链法示例

4. 资源优化技术

资源优化技术是根据资源供需情况,来调整进度模型的技术,包括(但不限于):

- 资源平衡(Resource Leveling)。为了在资源需求与资源供给之间取得平衡,根据资源制约对开始日期和结束日期进行调整的一种技术。如果共享资源或关键资源只在特定时间可用,数量有限,或被过度分配,如一个资源在同一时段内被分配至两个或多个活动,就需要进行资源平衡。也可以为保持资源使用量处于均衡水平而进行资源平衡。资源平衡往往导致关键路径改变,通常是延长。
- 资源平滑(Resource Smoothing)。对进度模型中的活动进行调整,从而使项目资源需求不超过预定的资源限制的一种技术。相对于资源平衡而言,资源平滑不会改变项目关键路径,完工日期也不会延迟。也就是说,活动只在其自由浮动时间和总浮动时间内延迟。因此,资源平滑技术可能无法实现所有资源的优化。

5. 进度压缩

进度压缩技术是指在不缩减项目范围的前提下,缩短进度工期,以满足进度制约因

素、强制日期或其他进度目标。进度压缩技术包括（但不限于）：

- 赶工。通过增加资源，以最小的成本增加来压缩进度工期的一种技术。赶工的例子包括：批准加班、增加额外资源或支付加急费用，来加快关键路径上的活动。赶工只适用于那些通过增加资源就能缩短持续时间的，且位于关键路径上的活动。赶工并非总是切实可行，它可能导致风险和/或成本的增加。
- 快速跟进。一种进度压缩技术，将正常情况下按顺序进行的活动或阶段改为至少是部分并行开展。例如，在大楼的建筑图纸尚未全部完成前就开始建地基。快速跟进可能造成返工和风险增加。它只适用于能够通过并行活动来缩短项目工期的情况。

6. 计划评审技术

计划评审技术 Program Evaluation and Review Technique ,PERT)，又称为三点估算技术，其理论基础是假设项目持续时间，以及整个项目完成时间是随机的，且服从某种概率分布。PERT可以估计整个项目在某个时间内完成的概率。PERT和CPM在项目进度规划中应用非常广，本文通过实例来对此技术加以说明。

(1) 活动的时间估计。

PERT对各项目活动的完成时间按照三种不同情况估计：

- 乐观时间 Optimistic Time ,OT)----- 任何事情都顺利的情况下，完成某项工作的时间。
- 最可能时间 Most likely Time ,MT)----- 正常情况下，完成某项工作的时间。
- 悲观时间 Pessimistic Time ,PT)----- 最不利的情况下，完成某项工作的时间。

假定三个估计服从P分布，由此可算出每个活动的期望[^]

$$t_i = \frac{a_i + 4m_i + b_i}{6}$$

其中：A表示第/项活动的乐观时间，m_i表示第/项活动的最可能时间，[^]表示第/项活动的悲观时间。

根据P分布的方差计算方法，第/项活动的持续时间方差为：

$$\sigma_i^2 = \frac{(b_i - a_i)^2}{36}$$

例如，某政府OA系统的建设可分解为需求分析、设计编码、测试、安装部署四个活动，各个活动顺次进行，没有时间上的重叠，活动的完成时间估计如图6-16所示。

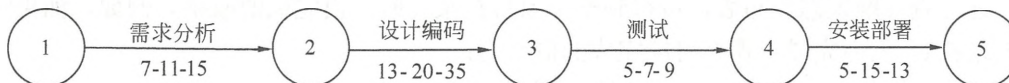


图6-16 OA系统工作分解和活动工期估计

各活动的期望工期、方差和标准差：

$$\begin{aligned}
 t_{\text{需求分析}} &= \frac{7 + 4 \times 11 + 15}{6} = 11 & cr^2_{\text{需求分析}} &= \frac{(15-7)^2}{36} = 1.778 & \wedge_{\text{需求分析}} &= \frac{15-7}{6} = 1.333 \\
 , \text{设计编码} &= \frac{14 + 4 \times 20 + 22}{6} = 21 & a^2_{\text{设计编码}} &= \frac{(32-14)^2}{36} = 9 & \sigma_{\text{设计编码}} &= \frac{32-14}{6} = 3 \\
 \text{广测试} &= \frac{5 + 4 \times 7 + 9}{6} = 7 & (T^2_{\text{测试}}) &= \frac{(5)^2}{36} = 0.101 & \text{测试} &= \frac{9-5}{6} = 0.667 \\
 t_{\text{安装部署}} &= \frac{5 + 4 \times 13 + 15}{6} = 12 & J_{\text{安装部署}} &= \frac{(15-5)^2}{36} = 2.778 & c_{\text{安装部署}} &= \frac{15-5}{6} = 1.667
 \end{aligned}$$

(2) 项目周期估算。

PERT认为整个项目的完成时间是各个活动完成时间之和,且服从正态分布。整个项目完成时间 T 的数学期望 μ 和方差 σ^2 分别等于:

$$\sigma^2 = 1.778 + 9 + 0.101 + 2.778 = 13.657$$

$$\mu = 11 + 21 + 7 + 12$$

标准差为:

$$\sigma = \sqrt{13.657} = 3.696 \text{天}$$

据此,可以得出正态分布曲线图如图6-17所示。

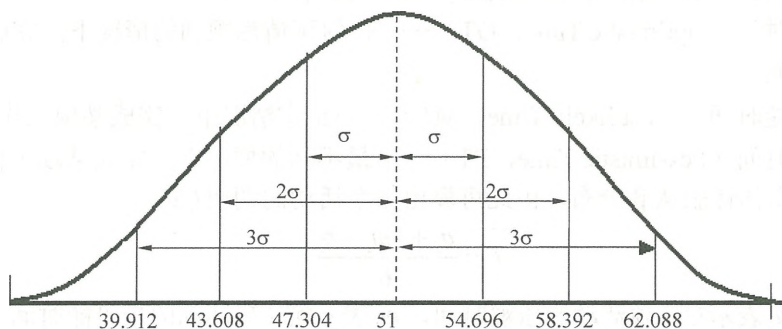


图 6-17 OA 项目的工期正态分布

因为图6-17是正态曲线,根据正态分布规律,在 $\pm \sigma$ 范围内即在47.304天与54.696天之间完成的概率为68%;在 $\pm 2\sigma$ 范围内即在43.608天到58.393天完成的概率为95%;在 $\pm 3\sigma$ 范围内即在39.912天到62.088天完成的概率为99%。如果客户要求要求在39天内完成,则可完成的概率几乎为0,也就是说,项目有不可压缩的最小周期,这是客观规律。

通过查标准正态分布表,可得到整个项目在某一时间内完成的概率。例如,如果客户要求要求在60天内完成,那么可能完成的概率为:

$$P(t < 60) = O\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) = O\left(\frac{60 - 51}{3.696}\right) = 0.99286$$

如果客户要求再提前7天，则完成的概率为：

$$P(T < 60) = 0 \left(\frac{60 - T}{a} \right) = \Phi \left(\frac{53 - 51}{3.696} \right) = 0.7054$$

6.3.4 项目进度计划调整方法

1. 分析进度偏差

当项目进度出现偏差时，应分析该偏差对后续工作及总工期的影响。主要从以下几个方面进行分析。

(1) 分析产生进度偏差的工作是否为关键活动。若出现偏差的工作是关键活动，则无论其偏差的大小，对后续工作及总工期都会产生影响，必须进行进度计划更新；若出现偏差的工作为非关键活动，则需根据偏差值与总时差和自由时差的大小关系，确定其对后续工作和总工期的影响程度。

(2) 分析进度偏差是否大于总时差。如果工作的进度偏差大于总时差，则必将影响后续工作和总工期，应采取相应的调整措施；若工作的进度偏差小于或等于该工作的总时差，则表明对总工期无影响；但其对后续工作的影响，需要将其偏差与其自由时差相比才能做出判断。

(3) 分析进度偏差是否大于自由时差。如果工作的进度偏差大于该工作的自由时差，则会对后续工作产生影响，如何调整，应根据对后续工作影响程度而定；若工作的进度偏差小于或等于该工作的自由时差，则对后续工作无影响，进度计划可不进行调整更新。

经过上述分析，项目管理人员可以确定应该调整产生进度偏差的工作和调整偏差值的大小，以便确定应采取的调整更新措施，形成新的符合实际进度和计划目标的进度计划。

2. 项目进度计划的调整

项目进度计划的调整往往是一个持续反复的过程，一般有以下几种方法：

(1) 关键活动调整法。关键活动调整方法的原理来自关键路径法。在项目计划图中，关键路径上的活动没有机动时间。由于其中任一工作持续时间的缩短或延长都会对整个项目工期产生影响。因此，关键活动的调整是项目进度更新的重点。有以下两种情况。

- 关键活动的实际进度较计划进度提前。若仅要求按计划工期执行，则可利用该机会降低资源强度及费用。实现的方法是选择后续关键活动中资源消耗量大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活动提前的量；若要求缩短工期，则应将计划的未完成部分作为一个新的计划，重新计算与调整，按新的计划执行，并保证新的关键活动按新计算的时间完成。
- 关键活动的实际进度较计划进度落后。调整的目标就是采取措施将耽误的时间补回来，保证项目按期完成。调整的方法主要是缩短后续关键活动的持续时间。这种方法是指在原计划的基础上，采取组织措施或技术措施缩短后续工作的持续时

间以弥补时间损失，确保总工期不延长。

实际上，不得不延长工期的情况非常普遍，项目经理在项目总计划的制订中要充分考虑到适当时间冗余。当预计到项目时间要拖延时应分析原因，第一时间给项目干系人通报，并征求业主意见，这也是项目进度管理与控制的重要工作内容。

(2) 非关键活动调整法。当非关键路径上某项工作持续时间延长，但不超过其时差范围时，则不会影响项目工期，进度计划不必调整。为了更充分地利用资源，降低成本，必要时可对非关键活动时差做适当调整，但不得超出总时差，且每次调整均需进行时间参数计算，以观察每次调整对计划的影响。

非关键活动的调整方法有三种：在总时差范围内延长非关键活动的持续时间、缩短工作的持续时间、调整工作的开始或完成时间。

当非关键线路上某项工作持续时间延长而超出总时差范围时，则必然影响整个项目工期，关键路径就会转移。这时，其调整方法与关键线路的调整方法相同。

(3) 增减工作项目法。由于编制计划时考虑不同，或因某些原因需要增加或取消某些工作，则需重新调整网络计划，计算网络参数。由于增减工作项目不应影响原计划总的逻辑关系，以便使原计划得以实施。因此，增减工作项目，只能改变局部的逻辑关系。

增加工作项目，只对原遗漏或不具体的逻辑关系进行补充；减少工作项目，只对提前完成的工作项目或原不应设置的工作项目予以消除。增减工作项目后，应重新计算网络时间参数，以分析此项调整是否对原计划工期产生影响，若有影响，应采取措施使之保持不变。

(4) 资源调整法。若资源供应发生异常时，应进行资源调整。资源供应发生异常是指因供应满足不了需要，如资源强度降低或中断，影响到计划工期的实现。资源调整的前提是保证工期不变或使工期更加合理。资源调整的方法是进行资源优化。

6.4 案例例题

图6-18给出了一个信息系统项目的进度网络图。

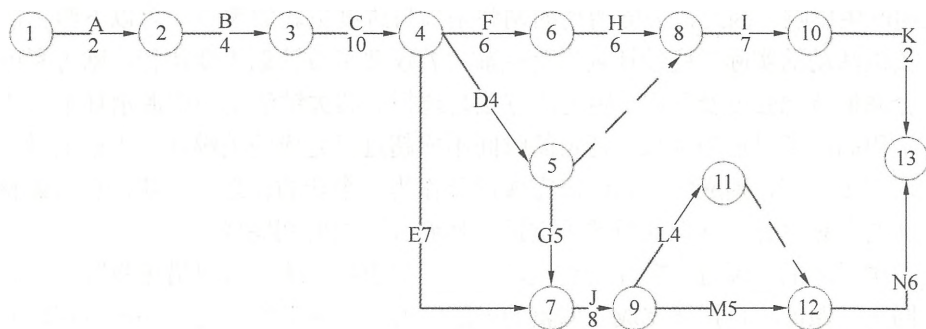


图6-18信息系统项目进度网络图

表6-1给出了该项目各项作业正常工作与赶工工作的时间和费用。

表6-1项目正常与赶工情况对比

活 动	正 常 工 作		赶 工 工 作	
	时间/天	费用/元	时间/天	费用/元
A	2	1 200	1	1 500
B	4	2 500	3	2 700
C	10	5 500	7	6 400
D	4	3 400	2	4 100
E	7	1 400	5	1 600
F	6	1 900	4	2 200
G	5	1 100	3	1 400
H	6	9 300	4	9 900
I	7	1 300	5	1 700
J	8	4 600	6	4 800
K	2	300	1	400
L	4	900	3	1 000
M	5	1 800	3	2 100
N	6	2 600	3	2 960

【问题1】 3分)

请给出项目关键路径。

【问题2】 3分)

请计算项目总工期。

【问题3】 19分)

(1) 请计算关键路径上各活动的可缩短时间、每缩短1天增加的费用和增加的总费用，将关键路径上各活动的名称以及对应的计算结果填入答题纸相应的表格中。

(2) 项目工期要求缩短到38天，请给出具体的工期压缩方案并计算需要增加的最少费用。

解答：

【问题1】 3分)

关键路径：ABCDGJMN（分别找出每条路径，计算出每条路径的总工期，总工期最长即为关键路径）

【问题2】 3分)

总工期：44

【问题3】 19分)

(1)(每行一分，共8分)

表6-2工期压缩方案的费用增加情况

活 动	可缩短时间	缩短1天增加的费用	增加的总费用
A	1	300	300
B	1	200	200
C	3	300	900
D	2	350	700
G	2	150	300
J	2	100	200
M	2	150	300
N	3	120	360

(2)关键路径为ABCDGJMN, 长度为44天。

其他大于38天的路径有:

ABCDGJLN=43

ABCEJMN=42

ABCEJLN=41

要达到要求则要缩短6天, 因此需将上面4条路径中某些共同活动进行缩减, 4条路径共同活动是A、B、C、J、N。

从缩短1天增加费用最低的活动开始。首先J可以缩短2天(1分), 增加成本200元(2分), 还需缩短4天, 然后N活动缩短3天(1分), 增加成本360元(2分), 还需缩短1天, 此时, 路径ABCEJLN、ABCEJMN和ABCDGJLN都是已经小于或等于38了的, 所以这时只需保证关键路径ABCDGJMN再压缩1天即可, 由于G和M缩短1天的成本都是150元, 所以在这两个活动中任意压缩1天即可(1分)。增加成本150元(2分)。

所以增加的总成本为: $200+360+150=710$ 元。(2分)

(注: 如无计算过程, 直接回答增加总费用为710元, 得8分)

(这里有同学认为, 不能单独压缩一天, 但是根据题目, 如果不能单独压缩一天, 那么上面第1小问就没必要让你求单日压缩成本了)

6.5 本章练习

(1) 一个估算员判定一个任务乐观估计需5天完成, 悲观估计16天, 但通常会花8天, 采用二点估算得到的工期是_____天。

A. 8.0 B. 8.8 C. 9.1 D. 9.7 E. 10.5

参考答案: B

(2) 一个活动, 最乐观估算要6天; 最可能估算要21天; 最悲观估算要36天; 那

么, 该活动在16天到26天的时间完成的几率为_____。

- A. 54% B. 68% C. 95% D. 99.73%

参考答案:B

(3) _____不是活动历时估算依据。

- A. 项目范围说明书 B. 活动资源需求
C. 组织过程资产 D. 项目进度计划

参考答案:D

(4)项目进度控制是依据项目进度基准计划对项目的实际进度进行监控, 使项目能够按时完成。以下关于项目进度控制的叙述中, _____是不正确的。

- A. 项目进度至关重要, 因此进度控制需要在项目初期优先关注
B. 进度控制必须与其他变化控制, 包括成本控制与范围控制紧密结合
C. 项目进度控制是项目整体控制的一个组成部分
D. 对项目进度的控制, 应重点关注进展报告和执行状态报告

参考答案:A

(5) 项目进度网络图是_____。

- A. 活动定义的结果和活动历时估算的输入
B. 活动排序的结果和进度计算编制的输入
C. 活动计算编制的结果和进度计划编制的输入
D. 活动排序的结果和活动历时估算的输入

参考答案:B

(6) _____体现了项目计划过程的正确顺序。

- A. 范围规划——范围定义——活动定义——活动历时估算
B. 范围定义——范围规划——活动定义——活动排序——活动历时估算
C. 范围规划——范围定义——活动排序——活动定义——活动历时估算
D. 活动历时估算——范围规划——范围定义——活动定义——活动排序

参考答案:A

(7) 某软件工程项目各开发阶段工作量的比例如下表所示。

需求分析	概要设计	详细设计	编码	测试
0.23	0.11	0.15	0.20	0.31

假设当前已处于编码阶段, 3000行程序已完成了 1200行, 则可估算出该工程项目开发进度已完成的比例是_____。

- A. 43% B. 49% C. 57% D. 63%

参考答案:C

(8)已知网络计划中, 工作M有两项紧后工作, 这两项紧后工作的最早开始开始时

间分别为第16天和第17天,工作M的最早开始时间和最迟开始时间分别为第6天和第9天,如果工作M的持续时间为9天,则工作M的表述正确的是_____。

- A. 总时差为3天
- B. 自由时差为1天
- C. 总时差为2天
- D. 自由时差为2天

参考答案:A

(9) 项目进度控制是依据项目进度基准计划对项目的实际进度进行监控,使项目能够按时完成,以下关于项目进度的叙述中_____是不正确的。

- A. 项目进度至关重要,因此进度控制需要在项目初期优先关注
- B. 进度控制必须与其他变化控制,包括成本控制与范围控制紧密结合
- C. 项目进度控制是项目整体控制的一个组成部分
- D. 对项目进度的控制,应重点关注项目进展报告和执行状态报告

参考答案:A

(10) 某软件的工作量是20000行,由4人组成的开发小组开发,每个程序员的生成效率是5000行/人月,每队程序员的沟通成本是250行/人月,则该软件需要开发_____月。

- A. 1
- B. 1.04
- C. 1.05
- D. 1.08

参考答案:D