**IT**项目进度计划

【本章学习目标】

A 了解IT项目进度计划的作用与意义

A掌握IT项目进度计划的编制步骤

A认识项目活动在项目进度规划中的作用

＞掌握对项目活动资源的估算方法与流程

A 了解IT项目活动工期估算的方法

A灵活运用甘特图、网络图等工具与技术编制项目进度计划

项目进度计划在PMBOK中对应的是项目时间管理知识域。项目时间管理 包括使项目按时完成必须实施的各项过程，包括活动定义、活动排序、活动资源 估算、活动历时估算、制订进度计划和进度控制。

■ 6・1 进度计划的目的与编制步骤

活动定义的任务是确定为产生项目各种可交付成果而必须进行的具体计划活 动；活动排序的任务是确定各计划活动之间的依赖关系，并形成文件。活动资源 估算的任务是估算完成各计划活动所需资源的种类与数量；活动历时估算的任务 是估算完成各计划活动所需工时单位数；制订进度计划的任务是分析活动顺序、 活动持续时间、资源要求，以及进度制约因素，从而制订项目进度计划；进度控 制的任务是控制项目进度表变更。

某些项目，特别是小项目，活动排序、活动资源估算、活动持续时间估算以 及进度表制订之间联系密切，可以将其视为单一的过程，可以由一个人在较短的

时间内完成。

在开展实施项目时间管理六个过程工作之前，项目管理团队已经付出努力做 了规划工作，这项工作是一个单独的过程，这一规划过程是制订项目管理计划过 程的一部分，其成果中有一份进度管理计划。进度管理计划确定了制订项目进度 计划的格式与控制项目进度的准则。项目时间管理的各个过程及有关的工具与技 术，因应用领域而异，在确定之后通常都属于项目生命周期的一部分，并记载于 进度管理计划之内。进度管理计划包括在项目管理计划之内，或单独列出。进度 管理计划可以是正式的，也可以是非正式的，可以相当概括，也可以非常详细， 具体视项目的需要而定。

**6.1.1 IT**项目进度计划的目的与内容

项目进度计划(schedule)是在工作分解的基础上对项目活动做出的一系列 时间安排。

1. 制订项目进度计划的目的

项目进度计划制订的目的主要有：①控制时间和节约时间；②协调资源，通 过安排项目各项活动的时间计划和人员安排，它可以保证按时获利以补偿已经发 生的费用支出、协调资源可以使现有的项目可行；③使资源在需要时可以被利 用，保证项目正常运行；④预测在不同时间上所需要的资金和资源的级别以便赋 予项目不同的优先级；⑤满足严格的完工时间约定。

1. 项目进度计划的内容

一个项目能否在预定的工期内实施并交付使用，这是客户最关心的核心问题 之一，也是项目进度管理的重要内容。当然，对于开发人员来说，控制项目进度 并不意味着一味追求进度，还必须满足与质量和成本的平衡。项目需要有一个总 体的协调工作的进度计划；否则，不可能对整个项目的实施进度进行控制。IT 项目进度计划应该包括以下5项基本内容。

1. 项目综合进度计划。按照项目的特点和实施规律，根据活动排序计算各 分项或阶段工程的工期，再计算出整个项目所需的总工期，直到达到计划目标确 定的合理工期为止。
2. 项目实施进度计划。根据估算各项活动所需的工时数以及计划投入的人 力和需要的人工日数，求出各项活动的实施时间，然后按照项目具体实施顺序的 要求，制订出整个项目的实施进度计划。
3. 项目采购进度计划。对于一些系统集成类的IT项目或根据实际需要进 行外包或定制的软件项目，还可能需要一些采购工作，因此，需要编制采购计 划。对于采购计划，应该按照项目总进度计划中对各项设备和材料到达现场的时 间要求，确定出各项采购实施的具体日期。
4. 项目验收进度计划。项目验收进度计划是对项目实施中以及即将结束时 进行的验收活动安排的计划。这将使客户、用户、承包商、转包商和项目团队成 员等有关方面对于项目的各个交付结果做到心中有数，并依此安排好各自的工 作，以便顺利验收。根据项目的不同阶段的交付成果及交付成果的性质，验收工 作有长有短。一般来说，IT项目需要通过实际的使用来进行验收。例如，软件 项目的验收一般是通过系统初验、系统运行、系统终验等几个阶段来完成。
5. 项目维护计划。IT项目的维护工作量很大，持续时间也会很长，有必 要对维护工作制订相应的进度计划。有些客户甚至要求承包商与其签订专门的维 护合同，对项目验收后的运行制订详细的维护计划。

历史数据显示进度问题在项目生命周期中引起冲突最多，因而，进度计划在 项目管理中是非常重要的，是成功实现项目的关键。制订项目进度计划要通过的 过程有活动定义、活动排序、活动时间安排以及制订进度计划。

**6.1.2 IT**项目进度计划的编制步骤

1. 编制步骤
2. 项目划分成子系统：判定关系，绘制网络图。
3. 将子系统划分阶段，确定交付物：确定为完成交付物所需进行的活动。
4. 判断活动间依赖关系：硬逻辑关系，即活动之间的相互关系是强制性的 依存关系，不可更改；软逻辑关系，即根据经验确定的，可酌情处理的关系。
5. 编制各个子系统的网络图，并合并各子系统网络图为整体网络图。
6. 估算每项活动的历时。
7. 寻找项目关键路径。
8. 调整项目网络图。
9. 分析项目，增加预留时间，项目进度估算=关键路径+预留时间。
10. 评议，作适当调整。
11. 重复上述过程。
12. 制订项目进度计划注意的问题

制订项目进度计划需注意以下问题：①需要全员参与；②控制工作包的历 时；③要考虑到项目环境中存在的制约条件；④对关键路径储备时间预留；⑤需 要用户的配合；⑥对进度计划进行改进

■ 6. 2 活动定义

项目活动定义是确认和描述项目的特定活动，它把项目的组成要素细分为可 管理的更小部分，以便更好地管理和控制。

确定计划活动需要确定和记载计划完成的工作。活动定义过程用以识别处于 WBS最下层，即工作包的可交付成果。项目工作包被有计划地分解为更小的组 成部分，叫做计划活动，为估算、安排执行、进度，以及监控项目工作奠定基 础。确定并规划计划活动以便实现项目目标是本过程的主要任务。如图6-1所 示，某信息系统开发项目WBS进行了进一步分解，以得到相应的活动。

Diagram

Description automatically generated

图6-1某信息系统开发项目WBS

1. 项目活动定义的依据
2. 企业环境因素。作为活动定义的依据，可以考虑是否有可利用的项目管 理信息系统与进度安排工具软件。在进行活动定义过程中，要充分利用组织过程 资产。
3. 组织过程资产。这包括同活动规划有关的正式与非正式方针、程序与原 则，需要在活动定义中给予考虑；吸取的教训知识；以前类似项目用过的有关活 动清单的历史信息，在确定项目计划活动时可以考虑。
4. 项目范围说明书。在定义活动时显然要考虑项目范围说明书中记载的项 目可交付成果、制约因素与假设。制约因素是限制项目管理团队选择的因素。例 如，反映高层管理人员或合同要求的强制性完成日期的进度里程碑；假设在项目 进度计划时视为制约因素，如每周的工作时间或一年当中可用于施工的时间。
5. **WBS**及WBS词汇表。这是进行项目活动定义的基本依据。项目管理计 划包含进度管理计划，进度管理计划是制订与规划计划活动和项目范围管理计划 的指南。
6. 项目活动定义的工具与技术

进行活动定义的工具和技术有分解、使用样板、滚动式规划、利用专家判断 和规划组成部分。

（1） 分解。就活动定义过程而言，分解技术是指把项目工作组合进一步分解 为更小、更易于管理的部分称为计划活动的组成部分。活动定义确定的最终成果 是计划活动，而不是制作WBS过程的可交付成果。活动清单、WBS与WBS词 汇表既可以分先后完成，也可以同时制定，都是确定编制活动清单的基础。 WBS中的每一个工作组合都分解成为提交工作组合所必需的计划活动。

（2） 使用样板。标准的或者是以前项目活动清单的一部分，往往可当做新项 目的样板使用。样板中的有关活动属性信息还可能包含资源技能，以及所需时间 的清单、风险识别、预期的可交付成果和其他文字说明资料。样板还可以用来识 别典型的进度里程碑。

（3） 滚动式规划。WBS与WBS词汇表反映了随着项目范围一直具体到工作 组合的程度而变得越来越详细的演变过程。滚动式规划是规划逐步完善的一种表 现形式，近期要完成的工作在WBS最下层详细规划，而计划在远期完成的WBS 组成部分的工作，在WBS较高层规划。最近一两个报告期要进行的工作应在本 期工作接近完成时详细规划。所以，项目计划活动在项目生命期内可以处于不同 的详细水平。在信息不够确定的早期战略规划期间，活动的详细程度可能仅达到 里程碑的水平。

（4） 利用专家判断。擅长制定详细项目范围说明书、WBS和项目进度表并 富有经验的项目团队成员或专家，可以提供活动定义方面的专业知识。

（5） 规划组成部分。当项目范围说明书不够充分，不能将WBS某分支向下 分解到工作组合水平时，该分支最后分解到的组成部分可用来制定这一组成部分 的高层次项目进度表。项目团队选择并利用这些规划组成部分来规划处于WBS 较高层次的各种未来工作的进度。这些规划组成部分的计划活动可以是无法用于 项目工作详细估算、进度安排、执行、监控的概括性活动。两个规划组成部分 是：①控制账户。高层管理人员的控制点可以设在WBS工作组合层次以上选定 的管理点（选定水平上的具体组成部分）上。在尚未规划有关的工作组合时，这 些控制点用做规划的基础。在控制账户内完成的所有工作与付出的所有努力，记 载于某一控制账户计划中。②规划组合。规划组合是在WBS中控制账户以下, 但在工作组合以上的WBS组成部分。这个组成部分的用途是规划无详细计划活 动的已知工作内容。

1. 项目活动定义的成果

（1）活动清单。活动清单内容全面，包括项目将要进行的所有计划活动，是 项目活动定义的主要输出。活动清单不包括任何不必成为项目范围一部分的计划

活动。活动清单应当有活动标志，并对每一计划活动工作范围给予详细的说明， 以保证项目团队成员能够理解如何完成该项工作。计划活动的工作范围可有实体 数量，如应安装的管道长度、在指定部位浇筑的混凝土、图纸张数、计算机程序 语句行数或书籍的章数。活动清单在进度模型中使用，属于项目管理计划的一部 分。计划活动是项目进度表的单个组成部分，不是**WES**的组成部分。

1. 活动属性。活动属性指出每一计划活动具有的属性，包括活动标志、活 动编号、活动名称、先行活动、后继活动、逻辑关系、提前与滞后时间量、资源 要求、强制性日期、制约因素和假设。活动属性还可以包括工作执行负责人、实 施工作的地区或地点，以及计划活动的类型，如投入的水平、可分投入与分摊的 投入。这些属性用于制定项目进度表，在报告中以各种各样方式选择列入计划的 活动，确定其顺序并将其分类，属性的数目因应用领域而不同。
2. 里程碑清单。计划里程碑清单列出了所有的里程碑，并指明里程碑属于 强制性(合同要求)还是选择性(根据项目要求或历史信息)。里程碑清单是项 目管理计划的一部分，里程碑用于建立进度模型。某信息系统开发项目里程碑清 单如表6-1所示。

表某信息系统开发项目里程碑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 里程碑事件 | 交付成果 |
| 1 | 系统分析完成 | 系统分析说明书 |
| 2 | 系统设计完成 | 系统设计报告 |
| 3 | 系统实现完成 | 软件及源程序清单 |
| 4 | 系统测试完成 | 系统测试报告 |

审核意见： 签名： 日期:

1. 请求的变更。活动定义过程可能提出影响项目范围说明与**WBS**的变更 请求，请求的变更通过整体变更控制过程审查与处置。

■ 6.3 活动的排序

项目活动排序是指识别项目活动清单中各项活动的相互关联与依赖关系，并 据此对项目各项活动的先后顺序进行安排和确定的工作。

**6.3.1** 项目活动的依赖关系

1-强制性依赖关系

强制性依赖关系指工作性质所固有的依赖关系，是活动之间本身存在的、无 法改变的逻辑关系，它们往往涉及一些实际的限制，强制性依赖关系又称硬逻辑 关系。例如，在施工项目中，只有在基础完成之后，才能开始上部结构的施工； 在电子项目中，必须先制作原型机，然后才能进行测试。

1. 可斟酌处理的依赖关系

可斟酌处理的依赖关系是指人为组织关系所确定的工作关系，如某企业进行 生产组织时，安排先生产A产品还是B产品。可斟酌处理的依赖关系要有完整 的文字记载，因为它们会造成总时差不确定，失去控制并限制今后进度安排方案 的选择。可斟酌处理的依赖关系有时叫做优先选用逻辑关系、优先逻辑关系或者 软逻辑关系。通常根据对具体应用领域内部的做法，或者项目某些非寻常方面的 了解而确定。项目的这些非寻常方面造成了即使有其他顺序可以采纳，但也希望 按照某种特殊的顺序安排的结果。某些可斟酌处理的依赖关系，包括根据以前完 成同类型工作的成功项目所取得的经验而选定的计划活动顺序。

1. 外部依赖关系

外部的制约因素有时也会影响活动排序，如外部的资金约束、资源约束等。 外部依赖关系指涉及项目活动和非项目活动之间关系的依赖关系。例如，软件项 目测试活动的进度可能取决于来自外部的硬件是否到货；施工项目的场地是否完 善，可能要在环境听证会之后才能开始。活动排序的这种依据可能要依靠以前性 质类似的项目历史信息，或者卖方合同或建议。

根据项目活动间的关系，可以对项目活动进行排序，排序的原则是由逻辑关 系决定组织关系，兼顾外部约束。活动排序的主要程序是：①根据项目工作列表 和工作说明书确定各项工作的强制性逻辑关系,它主要取决于技术方面的限制， 比较容易确定；②根据项目的组织关系确定那些没有逻辑关系的活动的顺序，它 主要依赖于项目管理人员的知识和经验，比较难以确定；③分析和预测可能产生 的外部约束，并据此对工作排序进行适当调整。

**6.3.2**活动排序的步骤

1. 项目活动排序的输入包括项目范围说明书、活动清单、活动属性、里程 碑清单和获批的变更请求
2. 项目活动清单及相关支持信息。活动清单所列出的活动是活动排序的全 部内容，而支持信息则是活动清单的说明和描述，二者的有机结合是活动排序能 准确进行的基础。
3. 项目范围说明书。不同的产品特征会影响活动的排序，虽然所有的活动 均可以在项目活动清单中查出，但审査项目范围说明书可以防止在排序时只注重 局部路径而忽略项目的全局。
4. 里程碑清单。项目里程碑是测量工作进度的重要依据，也是活动排序中必须关注的重点。
5. 项目活动排序的工具与方法

（1）紧前关系绘图法（PDM单代号网络图）。例如，某项目的活动列表如表

6-2所示，要求绘制其单代号网络图。

表**02**某项目活动列表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 活动代号 | 紧前活动 | 序号 | 活动代号 | 紧前活动 |
| 1 | A | — | 5 | E | B |
| 2 | B | 一 | 6 | F | B、E |
| 3 | C | A | 7 | G | D、C、F |
| 4 | D | A | 8 | H | D |

根据表6-2所列的活动项，可以绘制该项目的单代号网络图，如图6-2 所示。

Diagram

Description automatically generated

（2）箭线绘图法（ADM双代号网络图）。ADM不如PDM使用普遍，ADM 只使用一种活动之间的逻辑关系FS,即完成对开始依赖关系。

例如，根据表6-3所示的项目活动关系，绘制出该项目的双代号网络图。

**\*6-3**某项目活动关系表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 活动 | 紧前活动 | 持续时间 | 活动 | 紧前活动 | 持续时间 |
| A | — | 3 | D | B、C | 3 |
| B | A | 8 | E | C | 5 |
| C | A | 7 | F | D、E | 6 |

根据表6-3中项目活动关系，可以得到如图6-3所示的网络图。

Diagram, schematic

Description automatically generated

1. 计划网络样板。在编制项目计划活动网络图时，可以利用标准化的项目 进度网络图以减少工作并加快速度。这些标准网络图可以包括整个项目或仅仅其 中一部分。项目进度网络图的一部分往往称为子网络或者网络片断。当项目包括 若干相同或者几乎相同的可交付成果时(例如，高层办公楼的楼层，药品研制项 目的临床试验，软件项目的程序模块，或者开发项目的启动阶段)，子网络就特 别有用。
2. 利用时间提前与滞后量。项目管理团队要确定可能要求加入时间提前与 滞后量的依赖关系，以便准确地确定逻辑关系。时间提前与滞后量，以及有关的 假设要形成文件。利用时间提前量可以提前开始后继活动。例如，技术文件编写 小组可以在写完长篇文件初稿(先行活动)整体之前15天着手第二稿(后继活 动)。利用时间滞后量可以推迟后继活动。例如，为了保证混凝土有10天养护 期，可以在完成对开始关系中加入10天的滞后时间，这样一来，后继活动就只 能在先行活动完成之后开始。
3. 项目活动排序的输出
4. 项目进度网络图。项目进度网络图就是展示项目各计划活动及逻辑关系 (依赖关系)的图形。项目进度网络图可用手工或利用项目管理软件制作。该图 可以包括项目的全部细节，也可以只有一项或若干项概括性活动。项目进度网络 图应附有简要的文字，说明活动排序使用的基本方法。凡不寻常的活动序列均应 在这段文字中加以详细说明。
5. 活动清单(更新)。活动排序过程中可能批准变更请求，如果批准，就 应将其列入活动清单，使之更新。
6. 活动属性(更新)。将确定了的逻辑关系，以及所有有关的时间提前 与滞后量都列入活动属性，使之更新。活动排序过程中可能批准的变更请求如 果影响到活动清单，则应将批准的变更加入活动属性，更新活动属性的有关 事项。
7. 请求的变更。确定项目逻辑关系及时间提前与滞后量时，可能会遇到 对活动清单或活动属性提出变更请求的事例。例如，当可以分解或由于其他原因

重新定义计划活动时，就要细化依赖关系，或者调整时间提前与滞后量时，以便 绘制充分反映正确的逻辑关系的图形。活动定义过程可能提出影响项目范围说明 与WBS的变更请求。请求的变更通过整体变更控制过程审查与处置。

■ 6.4 活动资源估算

计划活动资源估算就是确定在实施项目活动时要使用何种资源(人员、设备 或物资)，每一种资源使用的数量，以及何时用于项目计划活动。活动资源估算 过程与费用估算过程紧密配合。活动资源估算主要包括输入、工具与技术、输出 三项内容。

1. 项目活动资源估算的输入
2. 事业环境因素。活动资源估算过程利用事业环境因素中包含的有关基础 设施资源的有无或者资源是否可以利用的信息进行估算。
3. 组织方针。组织方针提供了实施组织有关活动资源估算过程中所需要考 虑的人员配备、物资与设备租用或者购买的各种方针。不同的组织方针将会导致 资源的获得与组织方式的不同。
4. 活动清单。从活动清单可知需估算资源对应的计划活动。
5. 活动属性。在活动定义过程中提出的活动属性是估算活动清单中每一计 划活动所需资源时依靠的基本数据。
6. 后备资源说明书。通过后备资源说明书，可以了解有哪些相关资源(如 人员、设备和物资)可供本项目使用。对这种信息的了解包括考虑这些资源的地 理位置，以及可利用的时间。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个人。
7. 项目管理计划。项目管理计划中的进度管理计划是用于活动资源估算的 组成部分。
8. 活动资源估算工具与技术
9. 专家判断。专家判断法是进行资源估算最常用的方法。任何具有资源规 划与估算专门知识的集体或个人都可以提供这方面的专业知识。
10. 多方案分析。很多计划活动都可以利用多种形式完成，其中包括利用各 种水平的资源能力或技能，各种类型的机器，各种工具(手工操作或自动化工 具)，以及有关资源自制或购买的决策。这就需要从中选择出最符合要求和最经 济的方案。一般可以采用头脑风暴法。
11. 出版的估算数据。有许多定期出版和更新的不同国家与各国不同地理 位置资源的生产率与单价，这些数据涉及门类众多的各工种劳动力、材料与 设备。
12. 项目管理软件。项目管理软件能够协助规划、组织与管理备用资源，并 提出资源估算。软件的复杂程度彼此之间相差悬殊，不但可用来确定资源日历, 而且还可以确定资源分解结构、资源的有无与多寡，以及资源单价。
13. 自下而上估算。当估算计划活动无足够把握时，则将其范围内的工作进 一步分解。然后估算下层每个更具体的工作资源需要，接着将这些估算按照计划 活动需要的每一种资源汇总出总量。计划活动之间可能存在也可能不存在影响资 源利用的依赖关系。如果存在，资源的这种利用方式反映在计划活动的要求估计 之中，并形成文件。
14. 活动资源估算输出
15. 活动资源计划使用表。活动资源估算过程的成果就是识别与说明工作细 目中每一计划活动需要使用的资源类型与数量。可以在汇总这些要求之后，确定 每一工作细目的资源估算量。资源要求说明书细节的数量与具体和详细程度，因 应用领域而异。每一计划工作的资源要求文件可能包括每一资源估算的根据，以 及在确定资源类型、有无与多寡和使用量时所做的假设，其一般使用格式如表 6-4所示。

表**6M**活动资源计划使用表

任务代码： 任务名称：

施工单位： 负责人：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 资源代码 | 资源名称 | 计量单位 | 单位成本 | 数量 | 计划成本 | 可控资源 | 使用日期 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 填报日期： | | | | 填报人： | | | |

1. 资源分解结构。资源分解结构是按照资源种类和形式而划分的资源层级 结构。
2. 资源日历。项目综合资源日历记录了确定使用某种具体资源(如人员或 是物资)日期的工作日，或不使用某种具体资源日期的非工作日。项目资源日历 一般根据资源的种类标识各自的节假日，以及可以使用资源的时间，项目资源日 历还标识出每一资源可供使用期间及可供使用的数量o
3. 请求的变更。在活动资源估算过程中可能会提出变更请求，要求在活动 清单内添加或删除列入计划的计划活动。请求的变更通过整体变更控制过程审査 与处置。

■ 6・5 活动工期估算

**6.5.1**活动工期估算的前提

1. 活动工期估算的含义

活动工期估算是根据WBS中定义的项目活动和项目活动清单来估计完成这 些项目活动所需的工期。工期通常以小时或天表示，但大型项目也可能用周或者 月作为表示工期的单位。

估算计划活动持续时间的依据来自于项目团队最熟悉具体计划活动工作内容 性质的个人或集体。持续时间估算是逐步细化与完善的，估算过程要考虑数据依 据的有无与质量。例如，随着项目设计工作的逐步深入，可供使用的数据越来越 详细，越来越准确，因而提高了持续时间估算的准确性。这样一来，就可以认为 持续时间估算结果逐步准确，质量逐步提高。

估算完成计划活动所需工时单位数目，有时必须考虑因具体类型工作的要求 而使用的时间。大多数项目进度管理软件，都利用项目日历与其他可供考虑的工 作时间资源日历来处理这种情况。其他可供考虑的工作时间资源日历，通常由要 求安排具体时间段的资源所确定。计划活动按照项目日历开展，而分配了资源的 计划活动也要按照相应的资源日历开展。

1. 影响实际活动工期的主要因素

根据项目范围、资源状况计划，列出的项目活动工期应该现实、有效并能保 证质量。所以在估算工期时要充分考虑活动清单、合理的资源需求、人员的能力 因素以及环境因素对项目工期的影响。在对每项活动的工期估算中应充分考虑风 险因素对工期的影响。但值得注意的是，无论采用什么样的估算方法，实际所花 费的时间和事前估算的结果总会有所不同，其中影响实际的活动工期的主要因素 有：①投入活动中的资源、资源获得的难易程度。指定的活动资源在实际取得时 不能按计划获得。②不同技能水平的工作人员（资源能力）。一般进行估算均是 以典型的工人或者工作人员的熟练程度为基础而进行的，在实际工作中，事情不 会正好如此，参与相关活动的人员的熟练程度可能高于平均水平，也可能低于平 均水平，这就使得活动进行的实际时间可能会比计划时间长也可能短。③突发事 件和其他识别出的风险。在项目实际进行中，总是会遇到一些意想不到的突发事 件，在比较长期的项目中更是如此。大到天灾，小到工作人员生病，这些突发事 件均会对活动的实际需要时间产生影响。在计划和估算阶段考虑所有可能突发事 件是不可能的，也是不必要的，但是在项目实际进行时，需要对此有心理准备, 并进行相应的调整。

1. 工作实践的有效性(效率)。参与项目工作的人员不可能永远保持同样 的工作效率。一般可以看到，如果一个人的工作被打断，继续进行时就需要一定 的时间才能达到原来的速度，而干扰无时不在，无法预知，也无法完全消除，它 的影响也是因人而异，事前无法确定。
2. 错误的或者遗漏的工期估算。尽管在计划时尽可能详尽，但总是无法避 免实施过程中的误解和失误，需要随时加以控制，出现错误时予以纠正，而这又 会使得实现工作所需要的时间和预计的时间不尽相同，造成一定程度的延误。

**6. 5.2**活动工期估算流程

估算活动工期的过程是利用有关计划活动的工作范围、必要资源类型、资源 需要量估计，以及标明资源有无与多寡的资源日历的信息进行估算的过程。

活动工期估算过程要求估算为完成计划活动而必须付出的工作努力数量，估 算为完成计划活动而必须投入的资源数量，并确定为完成该计划活动而需要的工 作时间数。对于每一活动持续时间估算，所有支持持续时间估算的数据与假设都 要记载下来。活动工期估算完成后，可以得到量化的工期估算数据，将其文档 化，同时完善并更新活动清单。

1. 活动工期估算的依据
2. 组织过程资产。有关许多类型活动的可能持续时间的历史资料通常容易 找到。参与项目的一个或多个组织可能会保留过去项目结果的记录，其详细程度 足以帮助提出活动持续时间估算。在某些应用领域中，团队个别成员也可能会保 留此类记录。实施组织的组织过程资产会有可用于活动持续时间估算的某些事 项，如项目日历(编排开展计划活动的工作日或轮流班次，以及不开展计划活动 的非工作日的日历)。
3. 项目范围说明书。在估算计划活动持续时间时，考虑项目范围说明书提 供的制约因素与假设。例如，假设中有项目的报告时间长短可能决定计划活动持 续时间的上限。制约因素有文件的提交与审查，以及其他经常具有由合同或实施 组织方针所规定的频率与持续时间的类似非可交付成果计划活动。
4. 活动资源要求。活动的估算资源要求对计划活动的持续时间有影响，因 为分配给计划活动的资源，以及这些资源能否用于项目，将会影响大多数活动的 持续时间。
5. 资源日历。制定综合资源日历，属于活动资源估算过程的一部分，包括 人力资源的有无、能力与技能。对于计划活动持续时间有很大影响的设备和物资 的类型、数量、能否使用，以及能力也给予考虑。例如，初级和高级人员都全时 投入工作，则在完成给定的计划活动时一般可指望高级人员使用的时间比初级人 员少。

（5）项目管理计划。项目管理计划包含风险登记册与活动费用估算。①风险 登记册。风险登记册中含有有关项目团队提出活动持续时间估算，并在考虑风险 之后加以调整时，所考虑的已识别项目风险的信息。对于每一个计划活动，项目 团队都考虑在基准持续时间估算中加人风险因素，特别是发生概率或后果评定分 数高的那些风险。②活动费用估算。项目费用估算如果已经完成，就可以进一步 详细编制，为项目活动清单中每一计划活动提供资源需求量的估算数。

1. 活动工期估算的工具和技术

（1） 专家判断。由于影响活动持续时间的因素太多，如资源的水平或生产 率，所以常常难以估算。只要有可能，就可以利用以历史信息为根据的专家判 断。各位项目团队成员也可以提供持续时间估算的信息，或根据以前的类似项目 提出有关最长持续时间的建议。如果无法请到这种专家，则持续时间估计中的不 确定性和风险就会增加。

（2） 类比估算。持续时间类比估算就是以从前类似计划活动的实际持续时间 为根据，估算将来计划活动的持续时间。当有关项目的详细信息数量有限时，如 在项目的早期阶段就经常使用这种办法估算项目的持续时间°类比估算利用历史 信息和专家判断。当以前的活动事实上而不仅仅是表面上类似，而且准备这种估 算的项目团队成员具备必要的专业知识时，持续时间类比估算最可靠。

（3） 参数估算。将应当完成的工作量乘以生产率时，就可以估算出活动持续 时间的基数。例如，对于设计项目，将图纸的张数乘以每张图纸使用的工时，或 者对于电缆铺设项目，将电缆的长度乘以铺设每米需要的工时，就可以估算出生 产率。总的资源数量乘以每个工作班次的工时或每个工作班次的生产能力，然后 除以使用的资源数目就可以确定各个工作班次的活动持续时间。

（4） 三点估算。考虑原有估算中风险的大小，可以提高活动持续时间估算的 准确性。三点估算就是在确定三种估算的基础上做岀的。最可能持续时间.乐观 持续时间、悲观持续时间，利用这三种估算的活动持续时间的平均值，就可以估 算出该活动的持续时间。这个平均值常常比单点估算的最可能持续时间准确。

（5） 后备分析。项目团队可以在总的项目进度表中以“应急时间”、“时间储 备”或“缓冲时间”为名称增加一些时间，这种做法是承认进度风险的表现。应 急时间可取活动持续时间估算值的某一百分比，或某一固定长短的时间，或根据 定量风险分析的结果确定。应急时间可能全部用完，也可能只使用一部分，还可 能随着项目更准确的信息增加和积累而减少或取消。这样的应急时间应当连同其 他有关的数据和假设一起形成文件。

1. 活动工期估算的结果

（1）活动持续时间估算。活动持续时间是对完成计划活动所需时间的可能长 短所作的定量估计。活动持续时间估算的结果中应当指明变化范围。例如，2周 士2天指明计划活动至少要用8天，但最多不超过12天(假定每周工作5天)。

1. 活动属性(更新)。活动属性更新后应包括每一计划活动的持续时间、 编制活动持续时间进行估算时所作的假设，以及应急时间。

.6・6 进度计划的制订

**6.6.1**进度计划的制订流程

1. 进度制订的输入
2. 项目网络图。确定了项目活动顺序及相互之间的逻辑关系和依赖关系， 项目进度计划按照项目网络图来确定项目活动之间的关系O
3. 资源需求。它包括什么资源在什么时间用在什么活动中，多个活动同时 都需要某一种资源时，如何进行合理的安排。在制订进度计划时，知道在何时以 何种方式取得何种资源是十分重要的，如果共享或关键资源的可用性不可靠，那 么要制订实用的进度计划是不可能的。
4. 作业制度安排。项目团队的实际作业制度能真正决定项目进度计划的编 制。例如，一周工作五天、六天还是七天；每天安排一班作业还是两班作业甚至 是三班作业等。
5. 约束条件。项目开发，直接受各种条件的影响和制约，这些约束来自于 社会、环境、资源、技术等。最常用的约束条件是“开始不早于什么时间”和 “完成不晚于什么时间”。在项目的执行过程中，总会存在一些关键事件或里程碑 事件，这些都是项目实施过程中必须考虑的约束条件。
6. 项目活动的提前和滞后要求。为了确定活动关系，有些逻辑关系需要规 定提前或滞后的时间。例如，对于项目定购或者安装的网络系统允许有一周的提 前或两周的延期等。
7. 进度制定的工具与技术
8. 进度网络分析。进度网络分析是提出与确定项目进度表的一种技术。进 度网络分析使用一种进度模型和多种分析技术，应用关键路线法、局面应对分 析，以及资源平衡来计算最早、最迟开始和完成日期，以及项目计划活动未完成 部分的计划开始与计划完成日期。如果模型中使用的进度网络图含有任何网络回 路或网络开口，则需要对其加以调整，然后再选用上述分析技术。某些网络路线 可能含有路径汇聚或分支点，在进行进度压缩分析或其他分析时可以识别出来并 可加以利用。
9. 关键路线法。关键路线法是利用进度模型时使用的一种进度网络分析技 术。关键路线法沿着项目进度网络路线进行正向与反向分析，从而计算出所有计

划活动理论上的最早开始与完成日期、最迟开始与完成日期，不考虑任何资源限 制。由此计算而得到的最早开始与完成日期、最迟开始与完成日期不一定是项目 的进度表，它们只不过指明计划活动在给定的活动持续时间、逻辑关系、时间提 前与滞后量，以及其他已知制约条件下应当安排的时间段长短。由于构成进度灵 活余地的总时差可能为正、负或零值，最早开始与完成日期、最迟开始与完成冃 期的计算值可能在所有的路线上都相同，也可能不同。在任何网络路线上，进度 灵活余地的大小由最早与最迟日期两者之间正的差值决定，该差值叫做“总时 差”。关键路线有零或负值总时差，在关键路线上的计划活动叫做“关键活动 为了使路线总时差为零或正值，有必要调整活动持续时间、逻辑关系、时间提前 与滞后量或其他进度制约因素。一旦路线总时差为零或正值，则还能确定自由时 差。自由时差就是在不延误同一网络路线上任何直接后继活动最早开始时间的条 件下，计划活动可以推迟的时间长短。

1. 进度压缩。进度压缩是在不改变项目范围，满足进度制约条件、强加日 期或其他进度目标的前提下，缩短项目的进度时间。进度压缩的技术有：①赶进 度。对费用和进度进行权衡，确定如何在尽量少增加费用的前提下，最大限度地 缩短项目所需时间。赶进度并非总能产生可行的方案，反而常常增加费用。②快 速跟进。这种进度压缩技术通常同时进行按先后顺序进行的阶段或活动。例如, 建筑物在所有建筑设计图纸完成之前就开始基础施工。快速跟进往往造成返工, 并通常会增加风险。这种办法可能要求在取得完整、详细的信息之前就开始进 行，如工程设计图纸。其结果是以增加费用为代价换取时间，并因缩短项目进度 时间而增加风险。
2. 假设情景分析。假设情景分析就是对“情景X出现时应当如何处理” 这样的问题进行分析。进度网络分析是利用进度模型计算各种各样的情景，如推 迟某大型部件的交货日期，延长具体设计工作的时间，或加入诸如罢工或申请许 可证过程的变化等外部因素。假设情景分析的结果可用于估计项目进度计划在不 利条件下的可行性，用于编制克服或减轻由于出乎意料的局面造成的后果的应急 和应对计划。模拟指对活动做出多种假设，计算项目多种持续时间。最常用的技 术是蒙特卡洛分析，这种分析为每一计划活动确定一种活动持续时间概率分布, 然后利用这些分布计算出整个项目持续时间可能结果的概率分布。
3. 资源平衡。资源平衡是一种进度网络分析技术，用于已经利用关键路线 法分析过的进度模型之中。资源平衡的用途是处理时间安排需要以满足规定交工 日期的计划活动，处理只有在某些时间才能动用或只能动用有限数量的必要的共 用或关键资源的局面，或者用于在项目工作具体时间段按照某种水平均匀地使用 选定资源。
4. 关键链法。关键链法是一种进度网络分析技术，可以根据有限的资源对 项目进度表进行调整。关键链法结合了确定性与随机性办法。开始时，利用进度 模型中活动持续时间的非保守估算，根据给定的依赖关系与制约条件来绘制项目 进度网络图，然后计算关键路线。在确定关键路线之后，将资源的有无与多寡情 况考虑进去，确定资源制约进度表。这种资源制约进度表经常改变关键路线。为 了保证活动计划持续时间的重点，关键链法添加了持续时间缓冲段，这些持续时 间缓冲段属于非工作计划活动。一旦确定了缓冲计划活动，就按照最迟开始与最 迟完成日期安排计划活动。这样一来，关键链法就不再管理网络路线的总时差， 而是集中注意力管理缓冲活动持续时间和用于计划活动的资源。
5. 项目管理软件。项目管理进度安排软件已经成为普遍应用的进度表制定 手段。其他软件也许能够直接或间接地同项目管理软件配合起来，体现其他知识 领域的要求，如根据时间段进行费用估算，定量风险分析中的进度模拟。这些产 品自动进行正向与反向关键路线分析和资源平衡的数学计算，这样一来，就能够 迅速地考虑许多种进度安排方案。它们还被广泛地用于打印或显示制定完毕的进 度表成果。
6. 应用日历。项目日历和资源日历标明了可以工作的时间段。项目日历影 响到所有的活动。例如，因为天气原因，一年当中某些时间段现场工作是不可能 进行的。资源日历影响到某种具体资源或资源种类。资源日历反映了某些资源是 如何只能在正常营业时间工作的，而另外一些资源分三班整天工作，或者项目团 队成员正在休假或参加培训而无法调用，或者某一劳动合同限制某些工人一个星 期工作的天数。
7. 调整时间提前与滞后量。提前与滞后时间量使用不当会造成项目进度表 不合理，在进度网络分析过程中调整提前与滞后时间量，以便提出合理、可行的 项目进度表与进度模型。进度数据和信息经过整理，用于项目进度模型之中。在 进行进度网络分析和制定项目进度表时，将进度模型工具与相应的进度模型数据 同手工方法或项目管理软件结合在一起使用。
8. 制定进度表的成果

1)项目进度表

项目进度表至少包括每项计划活动的计划开始日期与计划完成日期°如果早 期阶段进行了资源规划，在资源分配未确认、计划开始与计划完成日期未确定之 前，项目进度表始终属于初步进度表。这个过程一般发生在项目管理计划制订完 成之前。

项目目标进度表还可以对每一计划活动确定目标开始日期与目标完成日期。 项目进度表可以简要概括，这种形式有时候叫做总进度表或里程碑进度表，亦可 详细具体。虽然可用表格形式，但更常见的做法是用以下一种或多种格式的图形 表7K。

（1） 项目进度网络图。加上活动日期资料的图形，一般既表示项目网络逻 辑，又表示项目关键路径上的计划活动。进度网络图有活动节点表示法（单代号 网络图），也使用时标进度网络图，时标网络图有时候叫做逻辑横道图。在制定 进度表时，将每一工作包分解为一系列彼此联系的计划活动。

（2） 横道图。横道图用横道表示活动，注明了活动的开始与结束日期，以及 活动的预期持续时间。横道图容易看懂，经常用于向管理层介绍情况。为了控制 与管理沟通的方便，里程碑或多个互相依赖的工作细目之间加入内容更多、更综 合的概括性活动，并在报告中以横道图的形式表现出来，这种概括性活动偶尔称 为汇总活动。

（3） 里程碑图。里程碑图与横道图类似，但仅标示出主要可交付成果以及关 键的外部接口的规定开始与完成日期，其格式如表6-5所示。

**a 6-5**某项目里程碑进度表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 里程碑事件 | 交付成果 | 完成时间 |
| 1 | 需求分析完成 | 系统分析报告 | 2010年1月25日 |
| 2 | 系统设计完成 | 系统设计报告 | 2010年4月15日 |
| 3 | 程序代码完成 | 源程序清单及系统软件 | 2010年9月20日 |
| 4 | 软件测试完成 | 测试报告 | 2010年12月25日 |

项目经理审核意见:

（4）项目进度计划表。用表格形式表达的项目进度计划，如表6-6所示，该 表格里描述了各项活动的名称、持续时间、最早开始时间、最早完成时间、最迟 开始时间、最迟完成时间、时差以及完成情况。

表**6・6**项目进度计划表 （时间：天）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 活动 名称 | 持续 时间 | 最早时间 | | 最迟时间 | | 时差 | | 完成  情况 |
| 开始 | 完成 | 开始 | 完成 | 总时差 | 自由 时差 |  |
| 1 | A | 8 | 2009-1-12 | 2009-1-20 | 2009-1-12 | 2009-1-20 | 0 | 0 |  |
| 2 | B | 10 | 2009-2-5 | 2009-2-15 | 2009-2-5 | 2009-2-15 | 0 | 0 |  |
| 3 | C | 10 | 2009-10-12 | 2009-10-22 | 2009-10-20 | 2009-10-28 | 8 | 6 |  |
| 4 | D | 5 | 2009-12-2 | 2009-12-7 | 2009-12-2 | 2009-12-7 | 0 | 0 |  |

2） 进度模型数据

项目进度表的辅助数据至少应包括进度里程碑、计划活动、活动属性，以及 所有已经识别的假设与制约因素的文字记载。此类数据的多寡因应用领域而异。 经常当做辅助细节被列入进度模型数据中的信息包括但不限于如下方面：

（1） 按时段提出的资源要求，往往以资源直方图的形式显示。

（2） 其他可供选择的进度表。例如，最好和最坏的情况，资源平衡或不平 衡，有或无强制性日期。

（3） 进度应急储备。例如，在电子设计项目中，进度模型数据可能包括人力 资源直方图、现金流量预测，以及订货与交货进度表等。

3） 进度基准

进度基准是根据对进度模型进行的进度网络分析，而提出的一种特殊形式的 项目进度表。该进度表在项目管理团队认可与批准之后，当做进度基准使用，标 明基准开始日期和基准完成日期。

4） 资源要求（更新）

资源平衡对于必要资源类型与数量的初步估算，有时候影响很大。如果资源 平衡分析改变了项目资源要求，就要更新资源要求。

5） 活动属性（更新）

活动属性更新后，应列入修改的资源要求与所有其他在制定进度表过程中提 出且经过批准的变更。

6） 项目日历（更新）

项目日历就是编排确定开展计划活动日期的工作日或工作班次的日历。项目 日历也确定了不开展计划活动的非工作日，如节假日、周末，以及无工作班次的 时间o每一项目的日历可以根据不同的日历单位安排项目的进度。

7） 请求的变更

在制定进度表过程中可能提出变更请求，变更请求要经过整体变更控制过程 的审查与处置。

8） 项目管理计划（更新）

更新项目管理计划，以便反映所有批准的变更，以及管理项目进度的方式与 方法。

进度管理计划（更新）如果在项目时间管理的各过程中有批准的变更，则项 目管理计划中进度管理计划部分就可能需要将这些批准的变更纳入其中。

**6.6.2**项目进度计划编制方法

1.里程碑法

里程碑法，是最简单的一种进度计划方法，仅表示主要可交付成果的计划开始时间和完成时间及关键的外部界面。

里程碑是标记项目中重要事件的参考点,需要用于监视项目的进度和可交付 成果，列出关键活动和进行的日期。

IT项目中硬件装备完成后或收到厂家运到的产品时便是一个里程碑，把商 品送到客户办公室让客户签收后便是另一个里程碑，安装测试后让客户验收便成 为最后一个里程碑。完成这三个里程碑后便知道项目已经完结。

软件开发服务的企业，往往在签订协议时收取一笔定金，然后需要支付数月 所需的开发组员薪资，而软件开发服务商往往未能在指定时间内完成开发的项 目，各种原因导致项目延误，那么便需要企业应用本身的流动资金来应付。

在软件开发中，到达一个阶段可以让客户看到部分结果的地方就是里程碑。 开发一套软件，需要经过信息搜集、需求分析、系统设计、系统开发、系统测试 等流程。但只有四个阶段产生交付物，分别是在信息搜集阶段后将产生一份需求 说明书，在需求分析后产生一份功能说明书，在系统设计阶段后产生系统逻辑说

Shape

Description automatically generated明及DFD （数据流程图）和在系统 测试阶段后产生测试报告。每一份 交付物的完结说明已经完成了一个 阶段的工作，在客户确认这一份工 作成果后才进入下一个阶段的工 作。里程碑法工作流程如图6-4

图6-4里程碑法工作流程

所示。

每一份交付物将是整个系统开

发过程中的“里程碑”。所以里程碑的建立应该连带交付物，而这些交付物应该 让客户确认。当客户确认交付物后，也是客户确认系统开发过程中到达某一个指 定的阶段，完成某一部分的工作。表6-7显示了某信息系统开发项目的里程碑 计划。

表心**7**某信息系统开发项目的里程碑计划

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 里程碑事件 | 进度时间 | | | | | | | |
| 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 |
| 签订合同 |  | △ |  |  |  |  |  |  |
| 需求说明书定稿 |  |  | △ |  |  |  |  |  |
| 系统设计评审 |  |  |  | △ |  |  |  |  |
| 子系统测试 |  |  |  |  |  | △ |  |  |
| 系统集成测试 |  |  |  |  |  |  | △ |  |
| 产品交付 |  |  |  |  |  |  |  | △ |

注：有多种可使用的方法用以显示里程碑网络图中的项目信息，△表示计划完成

里程碑计划是编制详细进度计划的基础。里程碑计划的编制方式主要有两 种：①编制进度计划以前，根据项目特点编制里程碑计划，并以该里程碑计划作 为编制项目进度计划的论据；②编制进度计划以后，根据项目特点及进度计划编 制里程碑计划，并以此作为项目进度控制的主要依据之一。

里程碑计划的编制程序具体如下：①从项目的终结开始反向进行，即从达到 的最后一个里程碑开始；②请专家运用“头脑风暴法”产生里程碑的概念草图； ③复査各个里程碑，有些里程碑可能是另外某个里程碑的一部分，而有些则可能 是将产生新的里程碑概念的活动；④尝试每条因果路径；⑤从最后一个目标开 始，顺次往前，查找同逻辑依存关系，以便可以复査每个里程碑，增加或删除某 些里程碑，或者改变因果路径的定义；⑥形成最后的里程碑图。

1. 甘特图法

甘特图是对简单项目进行计划与排程的一种常用工具。它能使管理者先为项 目各项活动做好进度安排，然后再随着时间的推移，对比计划进度与实际进度, 进行监控工作。

1） 画法：以横线来表示每项活动的起止时间。

2） 特点：简单、明了、直观、易于编制。考虑了各活动先后顺序，但各活 动间关系没有表示出来，没有指出影响项目生命周期的关键所在。

例如，为某银行建立新直销部门的计划。

为绘制这张图，负责项目的管理者必须先找出项目所需的主要活动，然后再 对各项活动进行时间估计，确定活动序列。做完这一切，绘制如图6-5所示的甘 特图，在图上就能显示出将要发生的所有活动、计划持续时间以及何时发生等信 息。然后，在项目进行的过程中，管理者还能看到哪些活动先于进度安排，哪些

A picture containing text, shoji, silhouette

Description automatically generated

活动

选址

面试员工

雇佣和培训员工 选择和订购家具 改造和安装电话 接收和布置家具 搬入/开始

开始后的周数

图6-5某银行建立新直销部门计划甘特图

活动晚于进度安排，使管理者把注意力调整到最需要加快速度的地方，使整个项 目按期完成。

1. 网络图法

进度网络分析是一种构建项目进度表的技术。它利用一个进度模型和各种分 析技术（比如关键路径法、关键链法、假设场景分析和资源均衡技术）计算最早 开始时间（ES）、最晚开始时间（LS）、最早结束时间（EF）和最晚完成时间 （LF）,以及计算还未完成的项目计划任务的开始时间和结束时间。其基本原理 是用网络图来表达项目中各项活动的进度和它们之间的相互关系，并在此基础 上，进行网络分析，计算网络中各项活动的时间，确定关键活动与关键路线，利 用时差不断地调整与优化网络，以求得最短周期。然后，还可将成本与资源问题 考虑进去，以求得综合优化的项目计划方案。因该方法是通过网络图和相应的计 算来反映整个项目的全貌，所以又叫做网络计划技术。

1）关键路径法（CPM）

所谓CPM就是一种使用进度模型来进行进度网络分析的技术。CPM在不 关注资源限制的情况下，对项目所有的计划任务，计算理论上的最早开始和结束 时间以及最晚开始和结束时间。这些计算是通过正推法（从项目/阶段开始向收 尾推算）和反推法（从项目/阶段收尾向开始推算）在整个项目进度网络路径中 进行的。这里推算出的ES和EF以及LS和LF并非现实的项目时间表，这些结 果更多的表示进度任务应该被计划在哪个时间段，应有的任务工期、逻辑关系、 提前、滞后以及其他已知的约束条件。

（1） 最早开始时间和最早完成时间：一项活动的ES取决于它的所有紧前活 动的完成时间。通过计算该活动路径上所有活动的完成时间的和，可得到指定活 动的ES。如果有多条路径指向此活动，则计算需要时间最长的那条路径。其计 算公式如下：

ES=max （紧前活动的EF） 最早完成时间即一项活动的EF取决于该工作的最早开始时间和它的持续时间 Do其计算公式如下：

EF=ES+D

（2） 最迟完成时间和最迟开始时间。最迟完成时间指在不影响项目完成时间 的条件下，一项活动可能完成的最迟时间，简称为LF,其计算公式如下：

LF=min （紧后活动的LS）

最迟开始时间指在不影响项目完成时间的条件下，一项活动可能开始的最晚时 间，简称为LS,其计算公式如下：

LS=LF-D

（3） 浮动时间（时差float）。总浮动时间（总时差）指当一项活动的最早开 始时间和最迟开始时间不相同时，它们之间的差值是该工作的总时差，简称为 TF (total float time) o其计算公式如下：

TF=LS-ES

自由浮动时间(自由时差儿在不影响紧后活动完成时间的条件下，一项活动可 能被延迟的时间是该项活动的自由浮动时间，简称为FF (free float time),它是 由该项活动的EF和它的紧后活动的ES决定的。其计算公式如下：

FF-min (紧后活动的ES)—EF

⑷ 关键路径的确定。项目的关键路径是指能够决定项目最早完成时间的一 系列活动。它是网络图中最长路径，具有最少的浮动时间或时间差。尽管关键路 径是最长的路径，但它代表了完成项目所需的最短时间。

例如，某项目的箭线图如图6-6所示，计算活动B、G、H的ES、EF、LS、 LF、总时差、自由时差，并确定关键路径和关键活动。假设活动A的ES为0, 活动M的最迟完成时间为47。

Diagram

Description automatically generated

计算步骤如下。

1. 采用正推法计算ES和EF：

活动B,因为B的紧前活动只有A,所以，ESB=10； EFB=10+6=16o 活动H,其紧前活动为B,所以，ESH=16； EFB=16+5=21O

活动G,其紧前活动为E、F,根据ESE=1O + 6 = 16, EFE=10 + 6 + 4=20。

ESF=ESD+4=20, EFF=ESF+5=20+5=25。

所以，ESG=max(EFE, EFF)=max(20, 25) = 25； EFG=ESG+5 = 25 +

5 = 30o

1. 计算LS和LF：

采用倒推法，先计算最后一项活动的LF,再计算最后一项活动的LS,然后 分别求出其紧前活动的LF和LS,依次类推，直到求出全部活动的相关值。

活动 M, LFM=47, LSF=LFM—D=47—6=41；

活动 L, LFL=LSM=41, LSL=LFL—D=41—8=33；

因为 LFI= LSL=33, LSI=LFI—D=30,则活动 G, LFG=LSI=30, LSG= LFG—D=25；

活动 H, LFH=LSL=33, LSH=LFH—D=28；

依此类推，可计算出LSC = 31, LSE = 21, LSD=16,则活动B, LFB = min (LSC, LSH, LSE, LSD) =16, LSB=LFB-D=10o

1. 计算各项活动的总时差和自由时差：根据ESC=16, ESE=16, ESD= 16, ESI=30, ESL=33 可求得：

活动 B, TFB=LSB—ESB=O, FFB=min (ESC, ESH, ESE, ESD)—EFB=0o 活动 G, TFG=LSG—ESG=O, FFG=ESI—EFG=O。

活动 H, TFH = LSH - ESH = 28 - 16 = 12, FFH = ESL- EFH = 33 - 21 = 12。

1. 确定网络图的关键路径和关键活动。从网络图中可以看出共有四条路 径，分别是 A-BnC-J-K-M. A-BhH-L-M、A-B-E-G-I-L-M. A-B^D-F-G-I-L-M, 这四条路径的长度分别为32, 35, 42和47,则该项目的关键路径为A-B4>F-G I-L-Mo 因此关键活动为 A、B、D、F、G、I、L、M。
2. 计划评审技术(PERT)

PERT (program evaluation and review technique)即计划评审技术，最早 是由美国海军在计划和控制北极星导弹的研制时发展起来的。PERT是利用网络 分析制订计划以及对计划予以评价的技术。它能协调整个计划的各道工序，合理 安排人力、物力、时间、资金，加速计划的完成。在现代计划的编制和分析手段 上，PERT被广泛使用，是现代化管理的重要手段和方法。PERT网络是一种类 似流程图的箭线图。它描绘出项目包含的各种活动的先后次序，标明每项活动的 时间或相关的成本。对于PERT网络，项目管理者必须考虑要做哪些工作，确 定时间之间的依赖关系，辨认出潜在的可能出问题的环节，借助PERT还可以 方便地比较不同行动方案在进度和成本方面的效果。

构造PERT图，需要明确三个概念：事件(events).活动(activities)和 关键路线(critical path)。事件表示主要活动结束的那一点；活动表示从一个事 件到另一个事件之间的过程；关键路线是PERT网络中花费时间最长的事件和活 动的序列。

1. PERT的计算特点。PERT首先是建立在网络计划基础之上的，其次是 工程项目中各个工序的工作时间不肯定，过去通常对这种计划只是估计一个时 间，到底完成任务的把握有多大，决策者心中无数，工作处于一种被动状态。在 工程实践中，由于人们对事物的认识受到客观条件的制约，通常在PERT中引 入概率计算方法，由于组成网络计划的各项工作可变因素多，不具备一定的时间 消耗统计资料，因而不能确定出一个肯定的单一的时间值。在PERT中，假设各 项工作的持续时间服从（3分布，近似地用三点估计法估算出三个时间值，即最 短、最长和最可能持续时间，再加权平均计算出一个期望值作为工作的持续时 间。在编制PERT网络计划时，把风险因素引入到PERT中，需要考虑按 PERT网络计划在指定的工期下，完成工程任务的可能性有多大，即计划的成功 概率或计划的可靠度，这就必须对工程计划进行风险估计。

在绘制网络图时必须将非肯定型转化为肯定型，把三点估计变为单一时间估 计，其计算公式为

亠 \_ % + ***ici + bi***

li = 6

式中，右为2•工作的平均持续时间；禺为•工作最短持续时间（亦称乐观估计时 间）；力为2•工作最长持续时间（亦称悲观估计时间）；G为2•工作正常持续时间， 可由施工定额估算。其中，血和®两种工作的持续时间一般由统计方法进行 估算。

三点估算法把非肯定型问题转化为肯定型问题来计算，用概率论的观点分 析，其偏差仍不可避免，但趋向总是有明显的参考价值，当然，这并不排斥每个 估计都尽可能做到可能精确的程度。为了进行时间的偏差分析（即分布的离散程 度），可用方差估算：

式中，£为i工作的方差。

标准差：

***...I （bi—Ui\2 \_bi—ai***

s T"***） \_ —***

网络计划按规定日期完成的概率，可通过下面的公式和查函数表求得。

入

***a***

式中，Q为网络计划规定的完工日期或目标时间；M为关键线路上各项工作平均 持续时间的总和；＜7为关键线路的标准差；A为概率系数。

图6-7是一个正态分布图。曲线下的面积代表了累积概率分布。以期望工期 为中心，其概率分布曲线是一个对称的分布。也就意味着，实际完成的工期比期 望工期***Te***长的可能性和比它短的可能性是一样的，都是50%。

Diagram, engineering drawing

Description automatically generated

期望工期

如果需要了解某一天完成项目的可能性，只要看对应期望工期的发生概率密 度即可。

如果需要了解某一段时间内完成项目的可能性，则需要求解该段时间内的累 积概率密度和，也就是该段时间内曲线下的面积。在正态分布中，以期望工期为 中心，士“内的累积概率分布之和为68%；在正态分布中，以期望工期为中心， 土2°内的累积概率分布之和为95%；在正态分布中，以期望工期为中心，士阮 内的累积概率分布之和为99%。

1. PERT网络分析法的工作步骤。开发一个PERT网络要求管理者确定 完成项目所需的所有关键活动，按照活动之间的依赖关系排列它们之间的先后次 序，以及估计完成每项活动的时间。这些工作可以归纳为4个步骤。

第一，确定完成项目必须进行的每一项有意义的活动，完成每项活动都产生 事件或结果。确定活动完成的先后次序。

第二，绘制活动流程从起点到终点的图形，明确表示出每项活动及其他活动 的关系，用圆圈表示事件，用箭线表示活动，结果得到一幅箭线流程图，即 PERT图，如图6-8所示o

Diagram

Description automatically generated

第三，估计和计算每项活动的完成时间。

第四，借助包含活动时间估计的网络图，管理者能够制订出包括每项活动开 始和结束日期在内的全部项目的日程计划。在关键路线上没有松弛时间，沿关键 路线的任何延迟都直接延迟整个项目的完成期限。

下面举例来说明。一座办公楼的施工过程，主要事件和对完成每项活动所需 时间的估计如表6-8所示，计算建这座办公楼需要多长时间。

表**6**弋主要事件和对完成每项活动所需时间的估计表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 事件 | 期望时间 | 紧前事件 |
| A审查设计和批准动工 | 10 | — |
| B挖地基 | *6* | A |
| C立屋架和砌墙 | 14 | B |
| D建造楼板 | 6 | C |
| E安装窗户 | 3 | C |
| F搭屋顶 | 3 | C |
| G室内布线 | 5 | D、E、F |
| H安装电梯 | 5 | *G* |
| I铺地板和嵌墙板 | 4 | *D* |
| J安装门和内部装饰 | 3 | I、H |
| K验收和交代 | 1 | J |

完成这栋办公楼将需要50周的时间，这个时间是通过追踪网络的关键路线 计算出来的。该网络的关键路线为A-frC-D-G-H-J-K,沿此路线的任何事件完 成时间的延迟，都将延迟整个项目的完成时间。

1. PERT网络技术的作用。它标识出项目的关键路径，以明确项目活动的 重点，便于优化对项目活动的资源分配；如果计划缩短项目完成时间，节省成 本，则要把考虑的重点放在关键路径上；在资源分配发生矛盾时，可适当调动非 关键路径上活动的资源去支持关键路径上的活动，以便最有效地保证项目的完成 进度。采用PERT网络分析法所获结果的质量很大程度上取决于事先对活动事 件的预测，若能对各项活动的先后次序和完成时间都能有较为准确的预测，则通 过PERT网络的分析法可大大缩短项目完成的时间o
2. 各种网络图的选择

除以上方法外，后来还陆续提出了一些新的网络技术，如图示评审技术 (graphical evaluation and review technique? GERT)、风险评审技术(venture evaluation and review technique, VERT)等。应该采用哪一种进度计划方法， 主要应考虑下列因素：

1. 项目的规模大小。小项目应该采用简单的进度计划方法，大项目为了保 证按期按质达到项目目标，就需考虑用较复杂的进度计划方法。
2. 项目的复杂程度。项目的规模并不一定总是与项目的复杂程度成正比。 例如，修一条公路，规模虽然不小，但并不太复杂，可以用较简单的进度计划方 法。而研制一个小型的电子仪器，需要很复杂的步骤和很多专业知识，可能就需 要较复杂的进度计划方法。
3. 项目的紧急性。在项目急需进行，特别是在开始阶段，需要对各项工作 发布指示，以便尽早开始工作，此时，如果用很长时间去编制进度计划就会延误 时间。
4. 对项目细节掌握的程度。如果在开始阶段项目的细节无法明确，CPM 和PERT就无法应用。
5. 总进度是否由一两项关键事项所决定。如果项目进行过程中有一两项活 动需要花费很长时间，而这期间可把其他准备工作都安排好，那么对其他工作就 不必编制详细复杂的进度计划了。
6. 有无相应的技术力量和设备。例如，没有计算机，CPM和PERT进度 计划方法有时就难以应用。而如果没有受过良好训练的合格的技术人员，也无法 胜任用复杂的方法编制进度计划。

此外，根据情况不同，还需要考虑客户的要求，能够用在进度计划上的预算 等因素。到底采用哪一种方法来编制进度计划，要全面考虑以上各个因素。

**6.6.3**项目进度计划时间压缩法

1. 时间成本平衡法

(1)时间-成本平衡法应用的前提假设。时间与成本之间在一定的范围内有 一定的替代性，如果任务在可压缩进度内，进度压缩与成本的增长成正比。时间- 成本平衡法就是一种用最低的相关成本的增加来缩短项目工期的方法。该方法基 于以下假设：①每项活动有两组工期和成本估计，正常和应急。②一项活动的工 期可以通过从正常时间减至应急时间得到有效的缩减，这要靠投入更多资源来实

现。③应急时间是确保活动按质量完成的时间下限。④当需要将活动的预计工期 从正常时间缩短至应急时间时，必须有足够的资源作保证。⑤在活动的正常点和 应急点之间，时间和成本的关系是线性的。⑥缩短工期的单位时间加急成本可用

|  |  |
| --- | --- |
| 如下公式计算： | 单位时间加急成本-**fllfzzUfl** |

(2)时间-成本分析的过程。每次只对一个时期的项目进行赶工，对关键路 径上成本最低的活动进行赶工。当有多个关键路径时，求出各关键路径上成本最

低活动进行赶工的成本之和。如果两个或两个以上的关键路径有相同的活动，对 关键路径共有活动进行赶工的成本与缩短各个关键路径的成本之和进行比较，取 成本较低的活动。

举例如下。某项目活动划分和每项活动的完工时间如图6-9所示。每项活动 的每周加急成本可根据上述公式分别计算出来。活动A： 6000元/周；活动B： 10 000元/周；活动C： 5000元/周；活动D： 6000元/周，则可能的进度压缩如 表6-9所

Diagram

Description automatically generated

图6-9某项目活动划分和每项活动的完工时间

Diagram

Description automatically generated

表**G9**进度压缩列表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 加速前后的 | 加速前的 | 被加速的 | 增加的成本 | 加速后的总 | 备注 |
| 项目工期/周 | 关键路径 | 活动 | /元 | 成本/元 |
| 18 | C-D |  |  | 200 000 | 正常估计 |
| 18, 17 | C-D | C | 5 000 | 205 000 | C已到应急时间 |
| 17, 16 | C-D | D | 6 000 | 211 000 |  |
| 16, 15 | A B, C-D | A, D | *12* 000 | 223 000 | D已到应急时间 |
| 15, 15 | A-B, C-D | A, B | 36 000 | 259 000 | 加速A, B,只能增加 总成本，不能再缩减工期 |

1. 进度压缩因子方法
2. 进度压缩与费用的上涨不是总能 呈现正比关系，当进度被压缩到“正常” 范围之外，工作量就会急剧增加，费用也 会迅速上涨。而且，在信息系统开发的软 件项目中存在一个可能的最短进度，这个 最短进度是不能突破的，如图6-10所示。

在某些时候，增加更多的软件开发人员会减慢开发速度而不是加快开发速度。例 如，一个人3天能写1000行程序，3个人一天不一定能写出1000行程序。增加 人员会存在更多的交流和管理的时间。信息系统开发中存在这个最短的进度点， 无论怎样努力工作，无论怎样寻求创造性的解决办法，都不能突破这个最短的进 度点。

(2)由著名的Charles Symons提出的一种估算进度压缩的费用方法，被认 为是精确度比较高的一种方法。它的公式为

进度压缩因子=期望进度/估算进度

压缩进度的工作量=估算工作量/进度压缩因子

这种方法首先估计初始的工作量和初始的进度，然后将估算与期望的进度相结 合，利用方程来计算进度压缩因子以及压缩进度以后的工作量。例如，项目的初 始估算进度是12月,初始估算工作量78人月，如果期望压缩到10月，则进度 压缩因子=10/12 = 0.83,压缩进度后的工作量= 78/0.83 = 94 (人月)。也就是 说，进度缩短17%,增加21%的工作量。

很多研究表明，进度压缩因子不应该小于0. 75,即进度压缩不应该超 过 25%。

本章小结

本章讨论了项目进度计划的有关各方面问题，包括项目进度计划的种类、技 术方法，特别是比较全面地介绍了各种网络计划方法，包括确定型网络计划方 法，如CPM,以及非确定型网络计划方法，如PERT。

进度计划的制订方法很多，如甘特图、CPM与PETR等，而应该采用哪一 种进度计划方法，主要考虑下列因素：项目规模大小；项目的复杂程度；项目的 紧急性；对项目细节掌握的程度；总进度是否由一两项关键事项所决定、有无相 应的技术力量和设备等。

进度计划中网络计划方法的原理是用网络图来表达项目中各项活动的进度和 它们之间的相互关系，并在此基础上进行网络分析，计算网络中各项时间参数, 确定关键活动与关键路线，利用时差不断地调整与优化网络，以求得最短周期。 然后，还可以将成本与资源问题考虑进去，以求得综合优化的项目进度计划 方案。

案例分析

某系统集成公司现有员工50多人，业务部门分为销售部、软件开发部、系 统网络部等。经过近半年的酝酿后，在1月份，公司的销售部直接与某银行签订 了一个银行前置机的软件系统的项目。合同规定，6月28日之前系统必须投入 试运行。在合同签订后，销售部将此合同移交给了软件开发部，进行项目的实 施。项目经理小丁做过5年的系统分析和设计工作，但这是他第一次担任项目经 理。小丁兼任系统分析工作，此外项目还有2名有1年工作经验的程序员、1名 测试人员、2名负责组网和布线的系统工程师。项目组成的成员均全程参加项 目。在承担项目之后，小丁组织大家制定了项目的WBS,并依照以往的经历制 订了本项目的进度计划，简单描述如下。

⑴应用子系统。①1月5日至2月5日，需求分析。②2月6日至3月26 日，系统设计和软件设计。③3月27日至5月10 H,编码。④5月11〜30日, 系统内部测试。

（2） 综合布线：2月20日至4月20日完成调研和布线。

（3） 网络子系统：4月21日至5月21日设备安装、联调。

（4） 系统内部调试、验收。①6月1〜20日试运行。②6月28日系统验收 春节后，在2月17日小丁发现系统设计刚刚开始，由此推测3月26日很可能完 不成系统设计。请问问题发生的可能原因，小丁应该如何保证项目整体进度不 拖延？

问题一：

（1） 小丁在进行项目进度计划安排时，可能没有考虑春节法定假日的情况， 在工作安排上存在严重不合理。

（2） 小丁对项目的监控力度不够，如果真有进度延误的问题，那么这个问题 应该在春节放假前（或更早）被发现。

问题二：小丁可以采用如下的措施来保证项目整体进度不被拖延：①在编码 阶段和测试阶段适当增加资源或安排加班，将这两个阶段的工期适当缩短些（建 议最好不要通过增加设计人员的办法来缩短设计工期）;②将试运行时间往后挪 一点（因为从目前的计划来看，试运行的截止时间和系统验收时间中间有十周的 可“活动”），因此，可以在这方面也做一点文章。

＞复习思考题

1. 项目时间管理的主要内容包括哪些？
2. 请简述IT项目进度计划的编制步骤。
3. 制订项目进度计划注意的问题是什么？
4. 项目活动定义的工具与技术有哪些？
5. 请介绍项目活动资源估算流程？
6. 影响实际的活动工期的主要因素有哪些？
7. 简述关键路径法。

&里程碑法工作流程有哪几个主要的阶段？

9・简述PERT网络分析法的工作步骤和作用。

1. 项目各活动（任务）之间主要有4种关系，即结束-开始；开始-开始；结束一结束; 开始一结束。请用你熟悉的软件活动为这4种情况分别举例。
2. 请根据表6-10,绘制该项目的双代号网络图。选择关键路径计算总作业时间。

表**6-10**某项目活动及毎项活动所需时间估计表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 作业编号 | 作业代号 | 持续时间/天 | 后续作业 |
| 1 | A | 60 | B, C, D, E |
| 2 | B | 45 | J |
| 3 | C | 10 | F |
| 4 | D | 20 | G, H |
| 5 | E | 40 | H |
| 6 | F | 18 | J |
| 7 | G | 30 | I |
| 8 | H | 15 | E, J |
| 9 | I | 25 | G, J |
| 10 | J | 35 |  |

12.某项目进度网络图如图6-11所示。

Diagram, schematic

Description automatically generated

要求：利用表6-11中的信息做出最佳时间-成本平衡选择，项目间接成本为1000美元/天。

表**&11**项目活动时间与成本列表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 活动 | 正常时间/天 | 赶工时间/天 | 赶工的每天成本/美元 |
| a | 6 | 6 | 一 |
| b | 10 | 8 | 500 ・ |
| c | 5 | 4 | 300 |
| d | 4 | 1 | 700 |
| e | 9 | 7 | 600 |
| f | 2 | 1 | 800 |