

- 客户主要关注产品范围：关心项目的可交付成果是否足够完成产品或服务。有些项目的产品经理就是客户，这种情况下，可减少项目团队对产品理解失误的可能性，降低项目的风险。在项目中，客户往往有在当前版本中加入所有功能和特征的意愿，这对于项目来说是一种潜在的风险，会给组织和客户带来危害和损失。
- 项目管理人员主要关注项目制约因素：关心项目可交付成果是否足够和必须完成，时间、资金和资源是否足够，主要的潜在风险和预备解决的方法。
- 项目团队成员主要关注项目范围内自己参与的元素和负责的元素：通过定义范围中的时间检查自己的工作时间是否足够，自己在项目范围内是否有多项工作，而这些工作是否有冲突的地方。如果项目团队成员估计某些可交付成果无法在确定的时间完成，需要提出自己的意见。

9.7.1 输入

1. 项目管理计划

确认范围中使用的项目管理计划组件主要包括：

- 范围管理计划：定义了如何正式验收已经完成的可交付成果。
- 需求管理计划：描述了如何确认项目需求。
- 范围基准：用范围基准与实际结果比较，以决定是否有必要进行变更、采取纠正措施或预防措施。

2. 项目文件

可作为确认范围过程输入的项目文件主要包括：

- 需求文件：将需求与实际结果比较，以决定是否有必要进行变更，采取纠正措施或预防措施。
- 需求跟踪矩阵：含有与需求相关的信息，包括如何确认需求。
- 质量报告：该报告内容可包括由团队管理或需上报的全部质量保证事项、改进建议，以及在控制质量过程中发现的情况的概述。在验收产品之前，需要查看所有这些内容。
- 经验教训登记册：在项目早期获得的经验教训可以运用到后期阶段，以提高验收可交付成果的效率与效果。

3. 工作绩效数据

工作绩效数据可能包括符合需求的程度、不一致的数量、不一致的严重性或在某时间段内开展确认的次数。

4. 核实的可交付成果

核实的可交付成果是指已经完成，并被控制质量过程检查为正确的可交付成果。

9.7.2 工具与技术

1. 检查

检查是指开展测量、审查与确认等活动，来判断工作和可交付成果是否符合需求和产品验收标准。检查有时也被称为审查、产品审查和巡检等。

2. 决策

可用于确认范围过程的决策技术是投票，当由项目团队和其他干系人进行验收时，使用投票来形成结论。

9.7.3 输出

1. 验收的可交付成果

符合验收标准的可交付成果应该由客户或发起人正式签字批准。应该从客户或发起人那里获得正式文件，证明干系人对项目可交付成果的正式验收。这些文件将提交给结束项目或阶段过程。

2. 变更请求

对已经完成但未通过正式验收的可交付成果及其未通过验收的原因，应该记录在案。可能需要针对这些可交付成果提出变更请求，开展相应的缺陷补救工作。变更请求应该由实施整体变更控制过程进行审查与处理。

3. 工作绩效信息

工作绩效信息包括项目进展信息，例如，哪些可交付成果已经被验收，哪些未通过验收以及原因。这些信息应该被记录下来并传递给干系人。

4. 项目文件（更新）

可在确认范围过程更新的项目文件主要包括：

- 需求文件：记录实际的验收结果，更新需求文件。需要特别注意实际结果比原定需求更好的情况，或者原定需求已经被放弃的情况。
- 需求跟踪矩阵：根据验收结果更新需求跟踪矩阵，包括所采用的验收方法及其使用结果。
- 经验教训登记册：更新经验教训登记册，以记录所遇到的挑战、本应如何避免该挑战的方法，以及良好的可交付成果验收的方法。

9.8 控制范围

控制范围是监督项目和产品的范围状态，管理范围基准变更的过程。本过程的主要作用是在整个项目期间保持对范围基准的维护。本过程需要在整个项目期间开展。控制范围过程的数

据流向如图 9-10 所示。

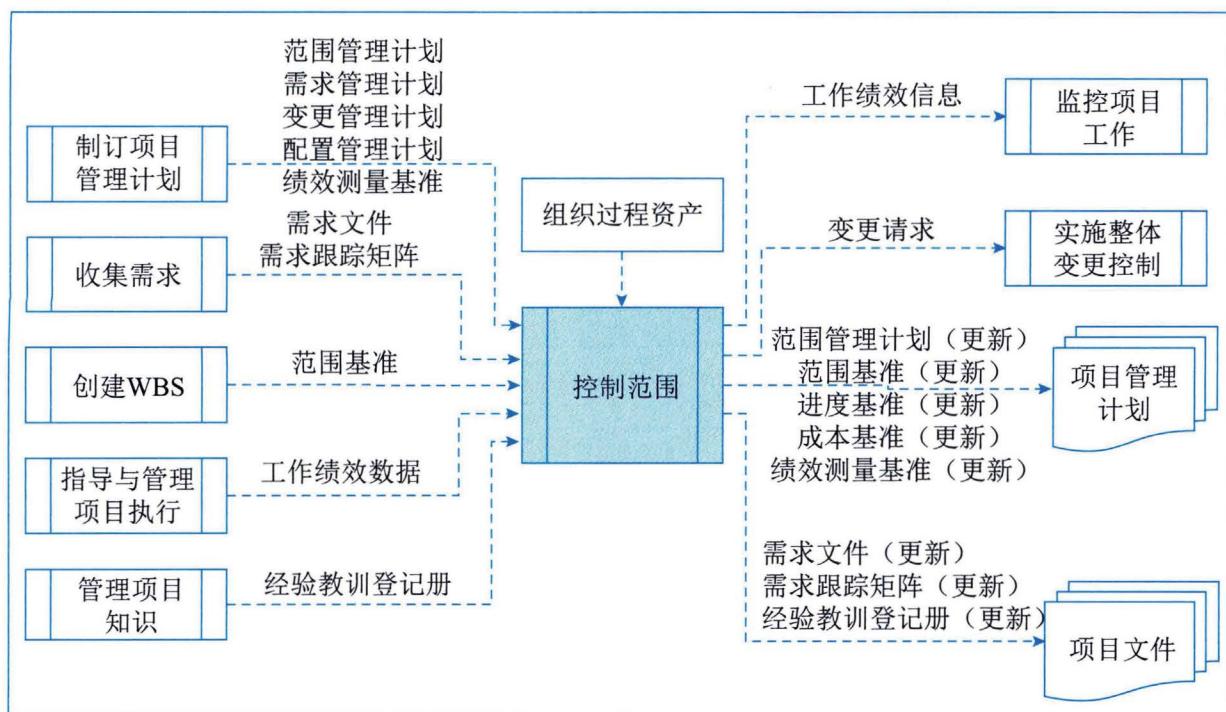


图 9-10 控制范围过程的数据流向图

控制项目范围确保所有变更请求、推荐的纠正措施或预防措施都通过实施整体变更控制过程进行处理。在变更实际发生时，也需要采用控制范围过程来管理这些变更。控制范围过程应该与其他项目管理知识领域的控制过程协调开展。未经控制的产品或项目范围的扩大（未对时间、成本和资源做相应调整）被称为范围蔓延。

9.8.1 输入

1. 项目管理计划

控制范围中使用的项目管理计划组件主要包括：

- 范围管理计划：记录了如何控制项目和产品范围。
- 需求管理计划：记录了如何管理项目需求。
- 变更管理计划：定义了管理项目变更的过程。
- 配置管理计划：定义了哪些是配置项，哪些配置项需要正式变更控制，以及针对这些配置项的变更控制过程。
- 范围基准：用范围基准与实际结果比较，以决定是否有必要进行变更、采取纠正措施或预防措施。
- 绩效测量基准：使用挣值分析时，将绩效测量基准与实际结果比较，以决定是否有必要进行变更、采取纠正措施或预防措施。

2. 项目文件

可作为控制范围过程输入的项目文件主要包括：

- 需求文件：用于发现任何对商定的项目或产品范围的偏离。
- 需求跟踪矩阵：有助于探查任何变更或对范围基准的任何偏离对项目目标的影响，它还可以提供受控需求的状态。
- 经验教训登记册：项目早期的经验教训可以运用到后期阶段，以改进范围控制。

3. 工作绩效数据

工作绩效数据可能包括收到的变更请求的数量，接受的变更请求的数量或者核实、确认和完成的可交付成果的数量。

4. 组织过程资产

能够影响控制范围过程的组织过程资产主要包括：现有的、正式的和非正式的与范围控制相关的政策、程序和指南；可用的监督和报告的方法与模板等。

9.8.2 工具与技术

数据分析

可用于控制范围过程的数据分析技术主要包括：

- 偏差分析：用于将基准与实际结果进行比较，以确定偏差是否处于临界值区间内或是否有必要采取纠正或预防措施。
- 趋势分析：旨在审查项目绩效随时间的变化情况，以判断绩效是正在改善还是正在恶化。

确定偏离范围基准的原因和程度，并决定是否需要采取纠正或预防措施，是项目范围控制的重要工作。

9.8.3 输出

1. 工作绩效信息

控制范围过程产生的工作绩效信息是有关项目和产品范围实施情况（对照范围基准）的相互关联且与各种背景相结合的信息，包括收到的变更的分类、识别的范围偏差和原因、偏差对进度和成本的影响，以及对将来范围绩效的预测。

2. 变更请求

分析项目绩效后，可能会就范围基准和进度基准，或项目管理计划的其他组成部分提出变更请求。变更请求需要经过实施整体变更控制过程的审查和处理。

3. 项目管理计划（更新）

项目管理计划的任何变更都以变更请求的形式提出，且通过组织的变更控制过程进行处理。可能需要变更请求的项目管理计划组成部分包括：

- 范围管理计划：更新范围管理计划，以反映范围管理方式的变更。
- 范围基准：在针对范围、范围说明书、WBS或WBS词典的变更获得批准后，需要对范围基准做出相应的变更。有时范围偏差太过严重，以至于需要修订范围基准，以便为绩效测量提供现实可行的依据。
- 进度基准：在针对范围、资源或进度估算的变更获得批准后，需要对进度基准做出相应的变更。有时进度偏差太过严重，以至于需要修订进度基准，以便为绩效测量提供现实可行的依据。
- 成本基准：在针对范围、资源或成本估算的变更获得批准后，需要对成本基准做出相应的变更。有时成本偏差太过严重，以至于需要修订成本基准，以便为绩效测量提供现实可行的依据。
- 绩效测量基准：在针对范围、进度绩效或成本估算的变更获得批准后，需要对绩效测量基准做出相应的变更。有时绩效偏差太过严重，需要提出变更请求来修订绩效测量基准，以便为绩效测量提供现实可行的依据。

4. 项目文件（更新）

可在控制范围过程更新的项目文件主要包括：

- 需求文件：可以通过增加或修改需求而更新需求文件。
- 需求跟踪矩阵：应该随同需求文件的更新而更新需求跟踪矩阵。
- 经验教训登记册：更新经验教训登记册，以记录控制范围的有效技术，以及造成偏差的原因和选择的纠正措施。

9.9 本章练习

1. 选择题

(1) 在_____生命周期中，项目开始时就对项目可交付成果进行定义，对任何范围变化都要进行变更管理。

- A. 预测型 B. 适应型 C. 敏捷型 D. 迭代型

参考答案：A

(2) _____不是规划范围管理过程的输入。

- A. 项目章程 B. 项目管理计划 C. 质量管理计划 D. 需求管理计划

参考答案：D

(3) 关于需求的理解，不正确的是_____。

- A. 让干系人积极参与需求的探索和分解工作，并仔细确定、记录和管理对产品、服务或成果的需求，能直接促进项目成功
B. 为更好地对项目进行了解，收集需求的过程应在整个项目期间定期开展
C. 需求是指根据特定协议或其他强制性规范，产品、服务或成果必须具备的条件或能力

D. 需求包括发起人、客户和其他干系人的已量化且书面记录的需要和期望

参考答案: B

(4) 数据收集技术中, _____ 将实际或计划的产品、过程和实践, 与其他可比组织的实践进行比较, 以便识别最佳实践, 形成改进意见, 并为绩效考核提供依据。

- A. 头脑风暴 B. 焦点小组 C. 亲和图 D. 标杆对照

参考答案: D

(5) _____ 是把产品需求从其来源连接到能满足需求的可交付成果的一种表格。

- A. 系统交互图 B. 决策矩阵 C. 需求跟踪矩阵 D. UC 矩阵

参考答案: C

(6) 应根据 _____ 来编制详细的项目范围说明书。

- ① 可交付成果 ② 假设条件 ③ 制约因素 ④ WBS
A. ①②③ B. ①②④ C. ①③④ D. ②③④

参考答案: A

(7) 关于项目范围说明书的理解, 不正确的是 _____。

- A. 项目范围说明书可明确指出哪些工作不属于本项目范围
B. 项目范围说明书使项目团队能进行更详细的规划, 并为评价变更请求或额外工作是否超过项目边界提供基准
C. 项目范围说明书描述要做和不要做的工作的详细程度, 决定着项目管理团队控制整个项目范围的有效程度
D. 项目范围说明书不能代表项目干系人之间就项目范围所达成的共识

参考答案: D

(8) 范围基准包括 _____。

- ① 经过批准的范围说明书 ② 项目章程 ③ WBS 词典
④ WBS ⑤ 项目管理计划
A. ①②⑤ B. ①②④ C. ①③④ D. ①④⑤

参考答案: C

2. 简答题

请简述确认范围过程与控制质量过程的不同之处。

参考答案: 略

第10章 项目进度管理

项目进度管理是为了保证项目按时完成，对项目所需的各个过程进行管理，包括规划进度、定义活动、排列活动顺序、估算活动持续时间、制订项目进度计划和控制进度。小型项目中，定义活动、排列活动顺序、估算活动持续时间及制定进度模型形成进度计划等过程的联系非常密切，可以视为一个过程，可以由一个人在较短时间内完成。

10.1 管理基础

10.1.1 项目进度计划的定义和总要求

项目进度计划提供了项目的详尽计划，说明项目如何以及何时交付项目范围中定义的产品、服务和成果，是一种用于沟通和管理干系人期望的工具，为绩效报告提供依据。

项目管理团队编制进度计划的一般步骤为：首先选择进度计划方法，例如关键路径法；然后将项目特定数据，如活动、计划日期、持续时间、资源、依赖关系和制约因素等输入进度计划编制工具，创建项目进度模型；最后根据进度模型形成项目进度计划。

应在整个项目期间保持项目进度计划的灵活性，并根据知识、风险理解程度和增值活动等情况的改变对其进行调整。

10.1.2 管理新实践

有关项目进度计划方法的新趋势和新兴实践主要包括：

- 具有未完成项的迭代型进度计划：适应型生命周期在产品开发中的应用越来越普遍，很多项目都采用这种基于适应型生命周期的滚动式规划进度计划的方法。这种方法的好处在于，它允许在整个开发生命周期期间进行变更。这种方法将需求记录在用户故事中，然后在建造之前按优先级排序并优化用户故事，最后在规定的时间内开发产品功能。这一方法通常用于向客户交付增量价值，或多个团队并行开发大量的、内部关联的、较小的功能。
- 按需进行的进度计划：按需进行的进度计划方法不依赖于预先定义好的进度计划，而是在资源可用时立即从未完成项和工作序列中提取工作任务，该方法适用于具有如下特征的项目：一是在运营或持续环境中以增量方式研发产品的项目；二是工作任务的规模或范围相对类似的项目；三是可以按照规模或范围对任务进行组合的项目。

10.2 项目进度管理过程

10.2.1 过程概述

项目进度管理过程包括：

- 规划进度管理：为了规划、编制、管理、执行和控制项目进度，制定政策、程序和文档。
- 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活动。
- 排列活动顺序：识别和记录项目活动之间的关系。
- 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作时段数。
- 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，落实项目执行和监控情况。
- 控制进度：监督项目状态，以更新项目进度和管理进度基准的变更。

在项目实际进展中，以上各过程会相互交叠和相互作用。表 10-1 概括了项目进度管理的各个过程：

表 10-1 项目进度管理过程

过程	输入	工具与技术	输出
规划进度管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目章程 ● 项目管理计划 ● 事业环境因素 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 专家判断 ● 数据分析 ● 会议 	进度管理计划
定义活动	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目管理计划 ● 事业环境因素 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 专家判断 ● 分解 ● 滚动式规划 ● 会议 	<ul style="list-style-type: none"> ● 活动清单 ● 活动属性 ● 里程碑清单 ● 变更请求 ● 项目管理计划（更新）
排列活动顺序	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目管理计划 ● 项目文件 ● 事业环境因素 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 紧前关系绘图法 ● 箭线图法 ● 确定和整合依赖关系 ● 提前量和滞后量 ● 项目管理信息系统 	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目进度网络图 ● 项目文件（更新）
估算活动持续时间	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目管理计划 ● 项目文件 ● 事业环境因素 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 专家判断 ● 类比估算 ● 参数估算 ● 三点估算 ● 自下而上估算 ● 数据分析 ● 决策 ● 会议 	<ul style="list-style-type: none"> ● 持续时间估算 ● 估算依据 ● 项目文件（更新）

(续表)

过程	输入	工具与技术	输出
制订进度计划	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目管理计划 ● 项目文件 ● 协议 ● 事业环境因素 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 进度网络分析 ● 关键路径法 ● 资源优化 ● 数据分析 ● 提前量和滞后量 ● 进度压缩 ● 计划评审技术 ● 项目管理信息系统 ● 敏捷或适应型发布规划 	<ul style="list-style-type: none"> ● 进度基准 ● 项目进度计划 ● 进度数据 ● 项目日历 ● 变更请求 ● 项目管理计划（更新） ● 项目文件（更新）
控制进度	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目管理计划 ● 项目文件 ● 工作绩效数据 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 数据分析 ● 关键路径法 ● 项目管理信息系统 ● 资源优化 ● 提前量和滞后量 ● 进度压缩 	<ul style="list-style-type: none"> ● 工作绩效信息 ● 进度预测 ● 变更请求 ● 项目管理计划（更新） ● 项目文件（更新）

10.2.2 裁剪考虑因素

由于每个项目都是独特的，因此项目经理可能根据需要裁剪项目进度管理过程。裁剪时应考虑的因素包括：

- 生命周期方法：哪种生命周期方法最适合制订详细的进度计划？
- 资源可用性：影响资源可持续时间的因素是什么（如可用资源与其生产效率之间的相关性）？
- 项目维度：项目复杂性、技术不确定性、产品新颖度、速度或进度跟踪（如挣值、完成百分比）如何影响预期的控制水平？
- 技术支持：是否采用技术来制定、记录、传递、接收和存储项目进度模型的信息以及是否易于获取？

10.2.3 敏捷与适应方法

在大型组织中，可能同时存在小规模项目和大规模项目的组合，需要制定长期路线图，通过规模参数（如团队规模、物理分布、法规合规性、组织复杂性和技术复杂性）来管理这些项目组合和项目集。为管理大规模的、全组织系统的、完整的交付生命周期，可能需要采用一系列技术，包括预测型方法、适应型方法或两种方法的混合。组织还可能需要结合几种核心方法，或采用已实践过的方法的一些原则和实践。

要成功实施适应型方法，项目经理需要了解如何高效使用相关的工具和技术。

10.3 规划进度管理

规划进度管理是为规划、编制、管理、执行和控制项目进度而制定政策、程序和文档的过程。本过程的主要作用是为如何在整个项目期间管理项目进度提供指南和方向。本过程仅开展一次或仅在项目的预定义点开展。规划进度管理过程的数据流向如图 10-1 所示。

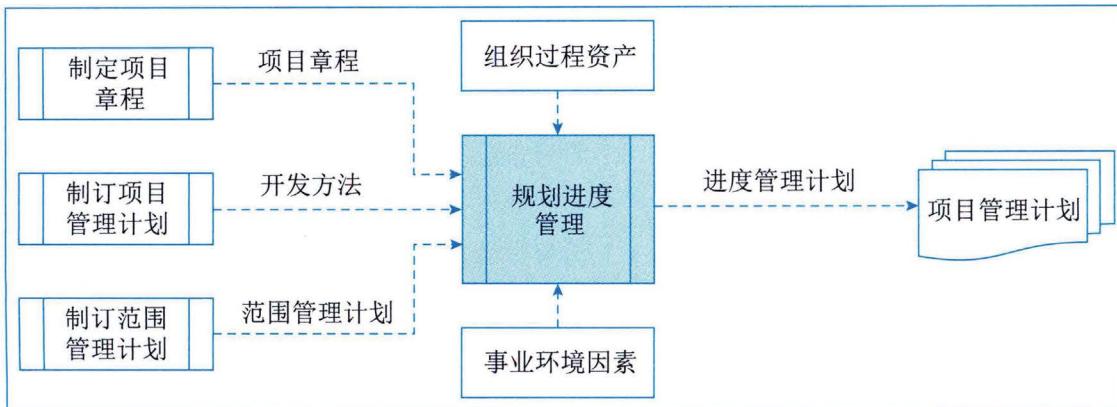


图 10-1 规划进度管理过程的数据流向图

10.3.1 输入

1. 项目章程

项目章程中规定的总体里程碑进度计划会影响项目的进度管理。

2. 项目管理计划

规划进度管理中使用的项目管理计划组件主要包括：

- 开发方法：有助于定义进度计划方法、估算技术、进度计划编制工具以及用来控制进度的技术。
- 范围管理计划：描述如何定义和制定范围，并提供有关如何制订进度计划的信息。

3. 事业环境因素

能够影响规划进度管理过程的事业环境因素主要包括：组织文化和结构；团队资源可用性、技能以及物质资源可用性；进度计划工具或软件；指南和标准，用于裁剪组织标准过程和程序以满足项目的特定要求；商业数据库，如标准化的估算数据等。

4. 组织过程资产

能够影响规划进度管理过程的组织过程资产主要包括：历史信息和经验教训知识库；现有与制订进度及管理和控制进度相关的正式和非正式政策、程序和指南；模板和表格；监督和报告工具等。

10.3.2 工具与技术

1. 专家判断

规划进度管理过程中，应征求具备如下领域相关专业知识或接受过相关培训的个人或小组的意见涉及的领域包括：进度计划的编制、管理和控制；进度计划方法（如预测型或适应型生命周期）；进度计划软件；项目所在的特定行业等。

2. 数据分析

适用于规划进度管理过程的数据分析技术是备选方案分析。备选方案分析可包括确定采用哪些进度计划方法，以及如何将不同方法整合到项目中；此外，它还可以包括确定进度计划的详细程度、滚动式规划的持续时间以及审查和更新频率。

3. 会议

项目团队可能举行规划会议来制订进度管理计划。参会人员可包括项目经理、项目发起人、项目团队成员、选定的干系人、进度计划或执行负责人以及其他必要人员等。

10.3.3 输出

进度管理计划

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要求。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。进度管理计划的内容一般包括：

- 项目进度模型：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。
- 进度计划的发布和迭代长度：使用适应型生命周期时，应指定发布、规划和迭代的固定时间段。固定时间段指项目团队稳定地朝着目标前进的持续时间，它可以推动团队先处理基本功能，然后在时间允许的情况下再处理其他功能，从而尽可能减少范围蔓延。
- 准确度：定义需要规定活动持续时间估算的可接受区间，以及允许的紧急情况储备。
- 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、千米或立方码。
- 工作分解结构（WBS）：为进度管理计划提供了框架，保证了与估算及相应进度计划的协调性。
- 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。
- 控制临界值：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差异，通常用偏离基准计划中的参数的某个百分数来表示。
- 绩效测量规则：需要规定用于绩效测量的挣值管理（EVM）规则或其他规则。
- 报告格式：需要规定各种进度报告的格式和编制频率。

10.4 定义活动

定义活动是识别和记录为完成项目可交付成果而须采取的具体行动的过程。本过程的主要作用是，将工作包分解为进度活动，作为对项目工作进行进度估算、规划、执行、监督和控制的基础。本过程需要在整个项目期间开展。定义活动过程的数据流向如图 10-2 所示。

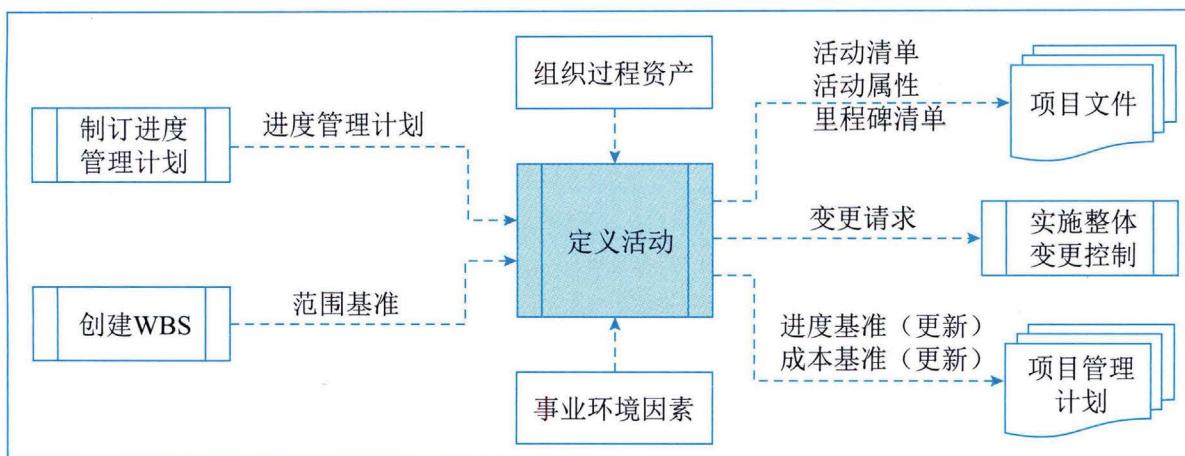


图 10-2 定义活动过程的数据流向图

10.4.1 输入

1. 项目管理计划

定义活动中使用的项目管理计划组件主要包括：

- 进度管理计划：定义进度计划方法、滚动式规划的持续时间，以及管理工作所需的详细程度。
- 范围基准：在定义活动时，需明确考虑范围基准中的项目WBS、可交付成果、制约因素和假设条件。

2. 事业环境因素

影响定义活动过程的事业环境因素主要包括：组织文化和结构、商业数据库中发布的商业信息、项目管理信息系统等。

3. 组织过程资产

能够影响定义活动过程的组织过程资产主要包括：

- 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。
- 以往项目中包含标准活动清单或部分活动清单的模板。
- 现有与活动规划相关的正式和非正式的政策、程序和指南，如进度规划方法论，在编制活动定义时应考虑这些因素等。

10.4.2 工具与技术

1. 专家判断

定义活动过程中，应征求了解以往类似项目和当前项目的个人或小组的专业意见。

2. 分解

分解是一种把项目范围和项目可交付成果逐步划分为更小、更便于管理的组成部分的技术。WBS 中的每个工作包都需分解成活动，以便通过这些活动来完成相应的可交付成果。让团队成员参与分解过程，有助于得到更好、更准确的结果。WBS、WBS 字典和活动清单可依次或同时编制，其中 WBS 和 WBS 字典是制定最终活动清单的基础。活动表示完成工作包所需的投入。定义活动过程的最终输出是活动而不是可交付成果，可交付成果是创建 WBS 过程的输出。

3. 滚动式规划

滚动式规划是一种迭代式的规划技术，即详细规划近期要完成的工作，同时在较高层级上粗略规划远期工作。它是一种渐进明细的规划方式，适用于工作包、规划包。因此，在项目生命周期的不同阶段，工作的详细程度会有所不同。在早期的战略规划阶段，信息尚不够明确，工作包只能分解到已知的详细水平；而后，随着了解到更多的信息，近期即将实施的工作包就可以分解到具体的活动。

4. 会议

会议可以是面对面或虚拟会议，正式或非正式会议。参会者可以是团队成员或主题专家，目的是定义完成工作所需的活动。

10.4.3 输出

1. 活动清单

活动清单包含项目所需的进展活动。对于使用滚动式规划或敏捷技术的项目，活动清单会在项目进展过程中得到定期更新。活动清单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。

2. 活动属性

活动属性是指每项活动所具有的多重属性，用来扩充对活动的描述，活动属性随着项目进展情况演进并更新。在项目初始阶段，活动属性包括唯一活动标识（ID）、WBS 标识和活动标签或名称；在活动属性编制完成时，活动属性可能包括活动描述、紧前活动、紧后活动、逻辑关系、提前量和滞后量、资源需求、强制日期、制约因素和假设条件。活动属性可用于识别开展工作的地点、编制开展活动的项目日历以及相关的活动类型。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计划进度活动进行选择、排序和分类。

3. 里程碑清单

里程碑是项目中的重要时点或事件，里程碑清单列出了项目所有的里程碑，并指明每个里

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）。里程碑的持续时间为零，因为它们代表的只是一个重要的时间点或事件。

4. 变更请求

一旦定义项目的基准后，在将可交付成果渐进明细为活动的过程中，可能会发现原本不属于项目基准的工作，此时需要提出变更请求，通过实施整体变更控制过程对变更请求进行审查和处理。

5. 项目管理计划（更新）

项目管理计划的任何变更都以变更请求的形式提出，且通过组织的变更控制过程进行处理。在定义活动过程中，可能需要变更请求的项目管理计划组成部分包括：

- 进度基准：在整个项目期间，工作包逐渐细化为活动。在这个过程中可能会发现原本不属于项目基准的工作需要增加，因此需要修改交付日期或其他重要的进度里程碑。
- 成本基准：在针对进度活动的变更获得批准后，需要对成本基准做出相应的变更。

10.5 排列活动顺序

排列活动顺序是识别和记录项目活动之间关系的过程，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。本过程需要在整个项目期间开展。排列活动顺序过程的数据流向如图 10-3 所示。

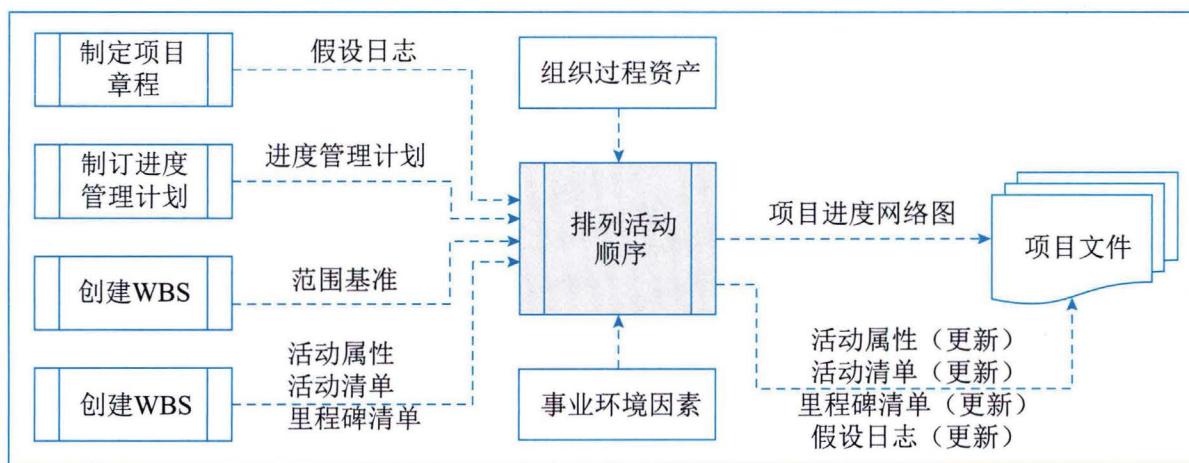


图 10-3 排列活动顺序过程的数据流向图

排列活动顺序过程旨在将项目活动列表转化为图表，作为发布进度基准的第一步。

除了首尾两项，每项活动都至少有一项紧前活动和一项紧后活动，并且逻辑关系适当。通过设计逻辑关系可以支持创建一个切实的项目进度计划，可能有必要在活动之间使用提前量或滞后量，使项目进度计划更为切实可行；可以使用项目管理软件、手动技术或自动技术来排列活动顺序。

10.5.1 输入

1. 项目管理计划

排列活动顺序中使用的项目管理计划组件主要包括：

- 进度管理计划：规定了排列活动顺序的方法和准确度，以及所需的其他标准。
- 范围基准：在排列活动顺序时，需明确考虑范围基准中的项目WBS、可交付成果、制约因素和假设条件。

2. 项目文件

可作为排列活动顺序过程输入的项目文件主要包括：

- 假设日志：该日志所记录的假设条件和制约因素可能影响活动排序的方式、活动之间的关系，以及对提前量和滞后量的需求，并且有可能生成一个会影响项目进度的风险。
- 活动属性：可能描述了事件之间的必然顺序或确定的紧前或紧后关系，以及定义的提前量与滞后量和活动之间的逻辑关系。
- 活动清单：列出了项目所需的、待排序的全部进度活动，这些活动的依赖关系和其他制约因素会对活动排序产生影响。
- 里程碑清单：该清单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。

3. 事业环境因素

能够影响排列活动顺序过程的事业环境因素主要包括：政府或行业标准、项目管理信息系统、进度规划工具、组织的工作授权系统等。

4. 组织过程资产

能够影响排列活动顺序过程的组织过程资产主要包括：项目组合与项目集规划，以及项目之间的依赖关系与关联；现有与活动规划相关的正式和非正式的政策、程序和指南；有助于加快项目活动网络图编制的各种模板，模板中也会包括有助于排列活动顺序的与活动属性有关的信息；经验教训知识库，其中包含有助于优化排序过程的历史信息等。

10.5.2 工具与技术

1. 紧前关系绘图法

紧前关系绘图法（Precedence Diagramming Method, PDM），又称前导图法，是创建进度模型的一种技术，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。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），如图 10-4 所示。

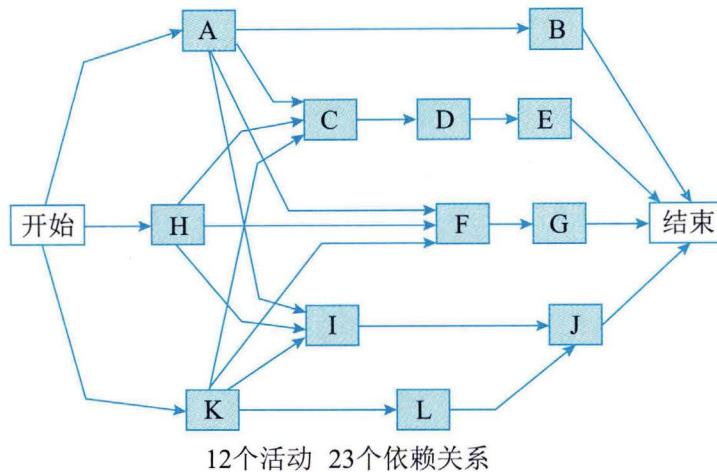


图 10-4 前导图法（单代号网络图）

PDM 包括四种依赖关系或逻辑关系，如图 10-5 所示。紧前活动是在进度计划的逻辑路径中，排在某个活动前面的活动。紧后活动是在进度计划的逻辑路径中，排在某个活动后面的活动。这些关系的定义为：

- 完成到开始 (FS)：只有紧前活动完成，紧后活动才能开始的逻辑关系。例如，只有完成装配PC硬件（紧前活动），才能开始在PC上安装操作系统（紧后活动）。
- 完成到完成 (FF)：只有紧前活动完成，紧后活动才能完成的逻辑关系。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）。
- 开始到开始 (SS)：只有紧前活动开始，紧后活动才能开始的逻辑关系。例如，开始地基浇灌（紧前活动），才能开始混凝土的找平（紧后活动）。
- 开始到完成 (SF)：只有紧前活动开始，紧后活动才能完成的逻辑关系。例如只有启动新应付账款系统（紧前活动），才能关闭旧的应付账款系统（紧后活动）。

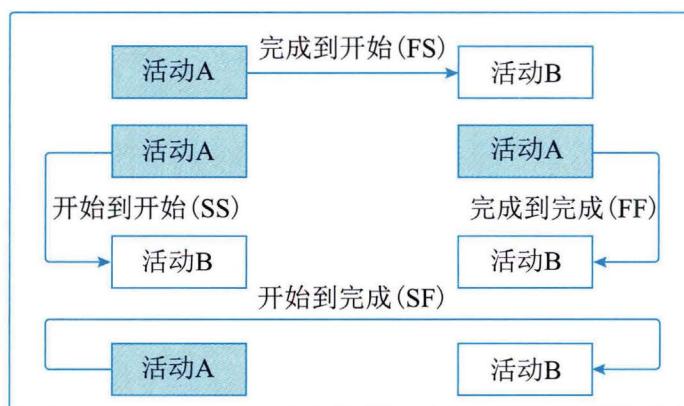


图 10-5 紧前关系绘图法 (PDM) 中的活动关系类型

在 PDM 图中，FS 是最常用的逻辑关系类型；SF 关系则很少使用。

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：

- 最早开始时间 (Earliest Start time, ES) : 某项活动能够开始的最早时间。
 - 最早完成时间 (Earliest Finish time, EF) : 某项活动能够完成的最早时间。

$$EF = ES + \text{工期}$$

- 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。
 - 最迟完成时间（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。

$$LS=LF - \text{工期}$$

这几个时间通常作为每个节点的组成部分，如图 10-6 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 10-6 PDM 图中的节点表示

虽然两个活动之间可能同时存在两种逻辑关系（例如 SS 和 FF），但不建议相同的活动之间存在多种关系。因此必须做出影响最大的逻辑关系的决定。此外也不建议采用闭环的逻辑关系。

2. 箭线图法

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 10-7 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)。

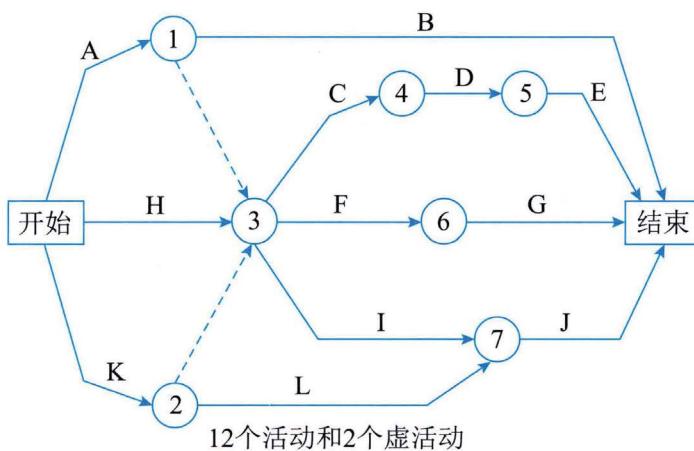


图 10-7 箭线图法（双代号网络图）

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，人们可以更好、更清楚地表达活动之间的关系，如图 10-8 所示。

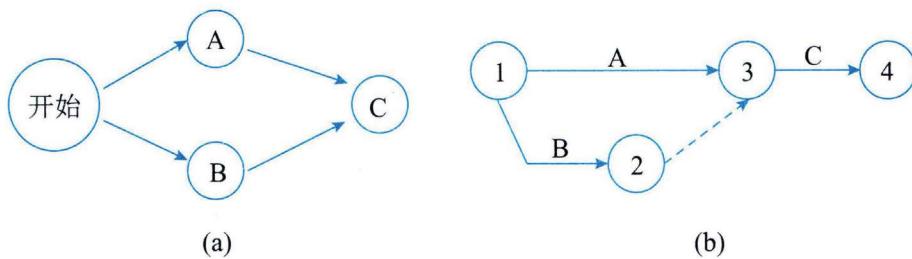


图 10-8 虚活动

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。

3. 确定和整合依赖关系

依赖关系可能是强制或选择的，内部或外部的。四种依赖关系包括：

- 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内在性质决定的依赖关系，又称硬逻辑关系或硬依赖关系。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。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计划编制工具中的进度制约因素相混淆。
- 选择性依赖关系：选择性依赖关系有时又称软逻辑关系。选择性依赖关系应基于具体应用领域的最佳实践或项目的特殊性质对活动顺序的要求来创建。例如，根据普遍公认的最佳实践，在建造期间，应先完成卫生管道工程，才能开始电气工程。这个顺序并不是强制性要求，两个工程可以同时（并行）开展工作，但如按先后顺序进行可以降低整体项目风险。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，并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。
- 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。
- 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，团队才能对其进行测试，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。

4. 提前量和滞后量

提前量是相对于紧前活动，紧后活动可提前的时间量，提前量一般用负值表示。滞后量是相对于紧前活动，紧后活动需要推迟的时间量，滞后量一般用正值表示。例如新办公大楼建设项目建设中，景观建筑划分可以在尾工清单编制完成前 2 周开始；对于一个大型技术文档，编写小组可在编写工作开始后 15 天，开始编辑文档草案，如图 10-9 所示。



图 10-9 提前量和滞后量示例

项目管理团队应该明确哪些依赖关系中需要加入提前量或滞后量，以便准确地表示活动之间的逻辑关系。

5. 项目管理信息系统

排列活动顺序过程中使用的项目管理信息系统是项目管理信息系统软件，这些软件有助于规划、组织和调整活动顺序，插入逻辑关系、提前和滞后值，以及区分不同类型的依赖关系。

10.5.3 输出

1. 项目进度网络图

项目进度网络图是表示项目进度活动之间的逻辑关系（也叫依赖关系）的图形。图 10-10 是项目进度网络图的一个示例。项目进度网络图可手工或借助项目管理软件来绘制，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。

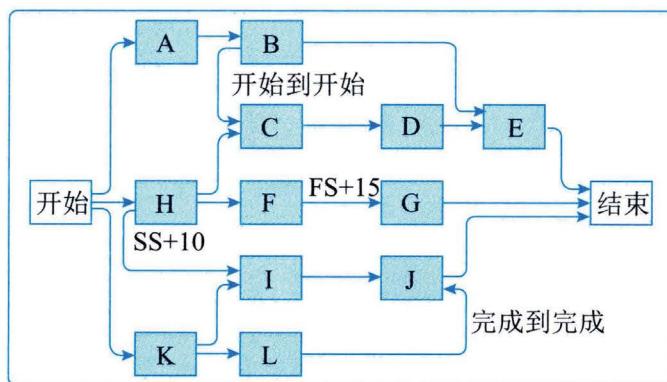


图 10-10 项目进度网络图示例

带有多个紧前活动的活动代表路径汇聚，而带有多个紧后活动的活动则代表路径分支。带汇聚和分支的活动受到多个活动的影响或能够影响多个活动，因此存在较大风险。

2. 项目文件（更新）

可在排列活动顺序过程更新的项目文件主要包括：

- 活动属性：可能描述了事件之间的必然顺序或确定的紧前或紧后关系，以及定义的提前量与滞后量和活动之间的逻辑关系。
- 活动清单：在排列活动顺序时，活动清单可能会受到项目活动关系变更的影响。
- 假设日志：根据活动的排序、关系确定以及提前量和滞后量，可能需要更新假设日志中的假设条件和制约因素，并且有可能生成一个会影响项目进度的风险。
- 里程碑清单：在排列活动顺序时，特定里程碑的计划实现日期可能会受到项目活动关系变更的影响。

10.6 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。本过程需要在整个项目期间开展。估算活动持续时间过程的数据流向如图 10-11 所示。

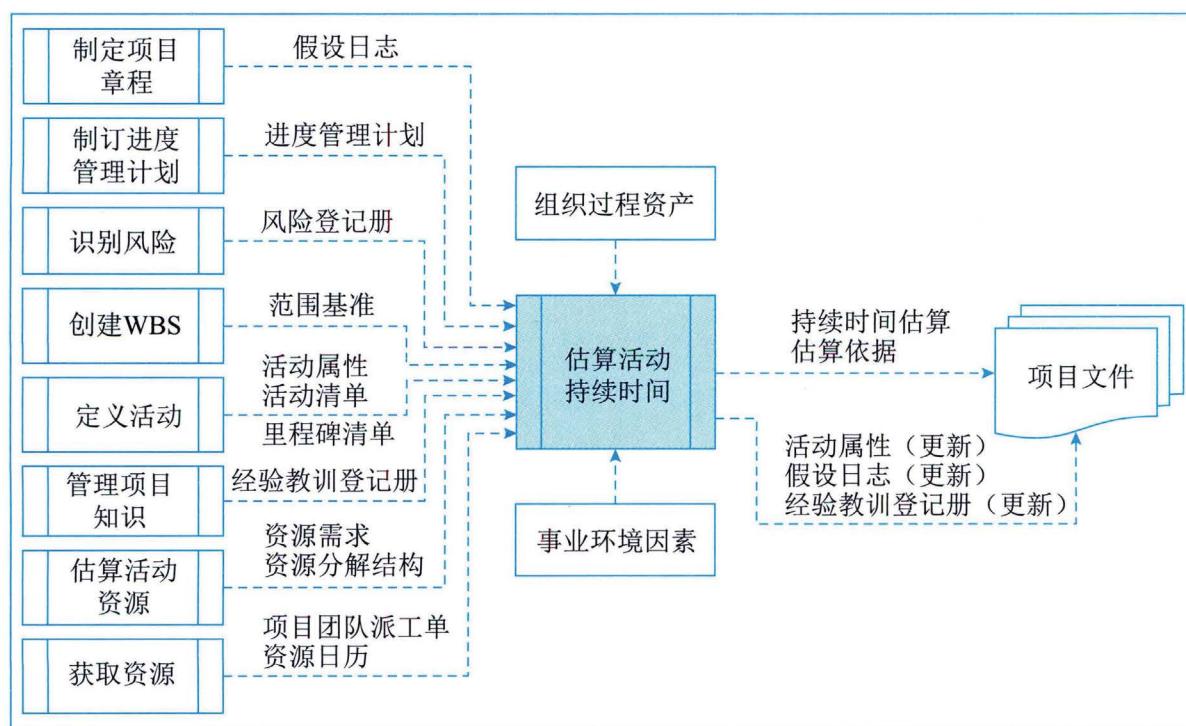


图 10-11 估算活动持续时间过程的数据流向图

在估算活动持续时间过程中，应该首先估算完成活动所需的工作量和计划投入该活动的资源数量，然后结合项目日历和资源日历，据此估算出完成活动所需的工作时段（即活动持续时间）。应该由项目团队中最熟悉具体活动的个人或小组提供持续时间估算所需的各种输入，对持续时间的估算也应该根据输入数据的数量和质量进行渐进明细。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和质量也会越来越高。

在许多情况下，预计可用的资源数量以及这些资源尤其是人力资源的技能熟练程度可能会决定活动的持续时间，更改分配到活动的主导性资源通常会影响持续时间，但这不是简单的“直线”或线性关系。有时候，因为工作的特性（即受到持续时间的约束、相关人力投入或资源数量），无论资源分配如何，都需要花预定的时间才能完成工作。估算持续时间时需要考虑的其他因素包括：

- 收益递减规律：在保持其他因素不变的情况下，增加一个用于确定单位产出所需投入的因素（如资源）会最终达到一个临界点，在该点之后的产出或输出会随着增加这个因素而递减。
- 资源数量：增加资源数量，比如两倍投入资源但完成工作的时间不一定能缩短一半，因为投入资源可能会增加额外的风险，比如如果增加太多活动资源，可能会因知识传递、学习曲线、额外合作等其他相关因素而造成持续时间增加。
- 技术进步：在确定持续时间估算时，技术进步因素可能发挥重要作用。例如，通过采购最新技术，制造工厂可以提高产量，而这可能会影响持续时间和资源需求。
- 员工激励：项目经理还需要了解拖延症和帕金森定律。前者指出，人们只有在最后一刻，即快到期限时才会全力以赴；后者指出，只要还有时间，工作就会不断扩展，直到用完所有的时间。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在案。

10.6.1 输入

1. 项目管理计划

估算活动持续时间中使用的项目管理计划组件主要包括：

- 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，以及所需的其他标准。
- 范围基准：包含WBS和WBS字典，后者包括可能影响人力投入和持续时间估算的技术细节。

2. 项目文件

可作为估算活动持续时间过程输入的项目文件主要包括：

- 假设日志：其所记录的假设条件和制约因素有可能生成一个会影响项目进度的风险。
- 风险登记册：单个项目风险可能影响资源的选择和可用性。
- 活动属性：可能描述了确定的紧前或紧后关系、定义的提前量与滞后量以及可能影响持续时间估算的活动之间的逻辑关系。
- 活动清单：列出了项目所需的、待估算的全部进度活动，这些活动的依赖关系和其他制约因素会对持续时间估算产生影响。
- 里程碑清单：可能已经列出特定里程碑的计划实现日期，这可能影响持续时间估算。
- 经验教训登记册：与人力投入和持续时间估算有关的经验教训登记册可以运用到项目后续阶段，以提高人力投入和持续时间估算的准确性。
- 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

分配的资源能否达到要求，将对其持续时间有显著影响。

- 资源分解结构：其按照资源类别和资源类型提供了已识别资源的层级结构。
- 资源日历：其中的资源可用性、资源类型和资源性质都会影响进度活动的持续时间。资源日历规定了在项目期间特定的项目资源何时可用及可用多久。
- 项目团队派工单：该派工单将合适的人员分派到团队，为项目配备人员。

3. 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主要包括：持续时间估算数据库和其他参考数据、生产率测量指标、发布的商业信息、团队成员的所在地等。

4. 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主要包括：关于持续时间的历史信息、项目日历、估算政策、进度规划方法论、经验教训知识库等。

10.6.2 工具与技术

1. 专家判断

估算活动持续时间过程中，应征求具备如下领域相关专业知识或接受过相关培训的个人或小组的意见，涉及的领域包括：进度计划的编制、管理和控制；估算的专业知识；学科或应用知识。

2. 类比估算

类比估算是一种使用相似活动或项目的历史数据来估算当前活动或项目的持续时间或成本的技术。类比估算以过去类似项目的参数值（如持续时间、预算、规模、重量和复杂性等）为基础，来估算当前和未来项目的同类参数或指标。这是一种粗略的估算方法，有时需要根据项目复杂性方面的已知差异进行调整，在项目详细信息不足时，经常使用类比估算来估算项目持续时间。

相对于其他估算技术，类比估算通常成本较低、耗时较少，但准确性也较低。类比估算可以针对整个项目或项目中的某个部分进行，也可以与其他估算方法联合使用。如果以往活动是本质上而不是表面上类似，并且从事估算的项目团队成员具备必要的专业知识，那么类比估算可靠性会比较高。

3. 参数估算

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持续时间的估算技术。它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。把需要实施的工作量乘以完成单位工作量所需的工时，即可计算出持续时间。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，并可以与其他估算方法联合使用。

4. 三点估算

当历史数据不充分时，通过考虑估算中的不确定性和风险，可以提高活动持续时间估算的准确性。使用三点估算有助于界定活动持续时间的近似区间：

- 乐观时间（Optimistic Time, T_O ）：在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, T_M ）：正常情况下，完成某项工作的时间。
- 悲观时间（Pessimistic Time, T_P ）：最不利的情况下，完成某项工作的时间。

基于持续时间在三种估算值区间内的假定分布情况，可计算期望持续时间 T_E 。

如果三个估算值服从三角分布，则：

$$T_E = (T_O + T_M + T_P) / 3$$

如果三个估算值服从 β 分布，则：

$$T_E = (T_O + 4T_M + T_P) / 6$$

5. 自下而上估算

自下而上估算是一种估算项目持续时间或成本的方法，通过从下到上逐层汇总 WBS 组成部分的估算而得到项目估算。如果无法以合理的可信度对活动持续时间进行估算，则应将活动中的工作进一步细化，然后估算细化后的具体工作的持续时间，接着再汇总得到每个活动的持续时间。活动之间如果存在影响资源利用的依赖关系，则应该对相应的资源使用方式加以说明，并记录在活动资源需求中。

6. 数据分析

可用作估算活动持续时间过程的数据分析技术主要包括：

- 备选方案分析：备选方案分析用于比较不同的资源能力或技能水平、进度压缩技术、不同工具（手动和自动），以及关于资源的创建、租赁和购买决策。这有助于团队权衡资源、成本和持续时间变量，以确定完成项目工作的最佳方式。
- 储备分析：储备分析用于确定项目所需的应急储备量和管理储备。
 - ①应急储备：在进行持续时间估算时，须考虑应急储备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，应急储备与“已知-未知”风险相关，用来应对已经接受的已识别风险，应急储备可取活动持续时间估算值的某一百分比或某一固定的时间段，亦可把应急储备从各个活动中剥离出来后汇总。应该在项目进度文件中清楚地列出应急储备，并随着项目信息越来越明确，可以动用、减少或取消应急储备。
 - ②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预算，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，它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。

7. 决策

适用于估算活动持续时间过程的决策技术是投票。举手表决是从投票方法衍生出来的一种形式，经常用于敏捷项目中。

8. 会议

项目团队可能会召开会议来估算活动持续时间。

10.6.3 输出

1. 持续时间估算

持续时间估算是对完成某项活动、阶段或项目所需的工作时段数的定量评估，其中并不包括任何滞后量，但可指出一定的变动区间。例如：2周±2天，表明活动至少需要8天，最多不超过12天（假定每周工作5天）。

2. 估算依据

持续时间估算所需的支持信息的数量和种类，因应用领域不同而不同。不论其详细程度如何，支持性文件都应该清晰、完整地说明持续时间估算如何得出的。

持续时间估算的支持信息可包括：

- 关于估算依据的文件（如估算是否如何编制的）。
- 关于全部假设条件的文件。
- 关于各种已知制约因素的文件。
- 对估算区间的说明（如“±10%”），以指出预期持续时间的所在区间。
- 对最终估算的置信水平的说明。
- 有关影响估算的单个项目风险的文件等。

3. 项目文件（更新）

可在估算活动持续时间过程更新的项目文件主要包括：

- 活动属性：本过程输出的活动持续时间估算将记录在活动属性中。
- 假设日志：更新假设日志时，包括为估算持续时间而制定的假设条件，此外还包括进度计划方法论和进度计划编制工具所带来的制约因素。
- 经验教训登记册：在更新经验教训登记册时，可以增加能够有效和高效地估算人力投入和持续时间的技术。

10.7 制订进度计划

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，创建进度模型，从而落实项目执行和监控的过程。本过程的主要作用是为完成项目活动而制定具有计划日期的进度模型。本过程需要在整个项目期间开展。制订进度计划过程的数据流向如图10-12所示。

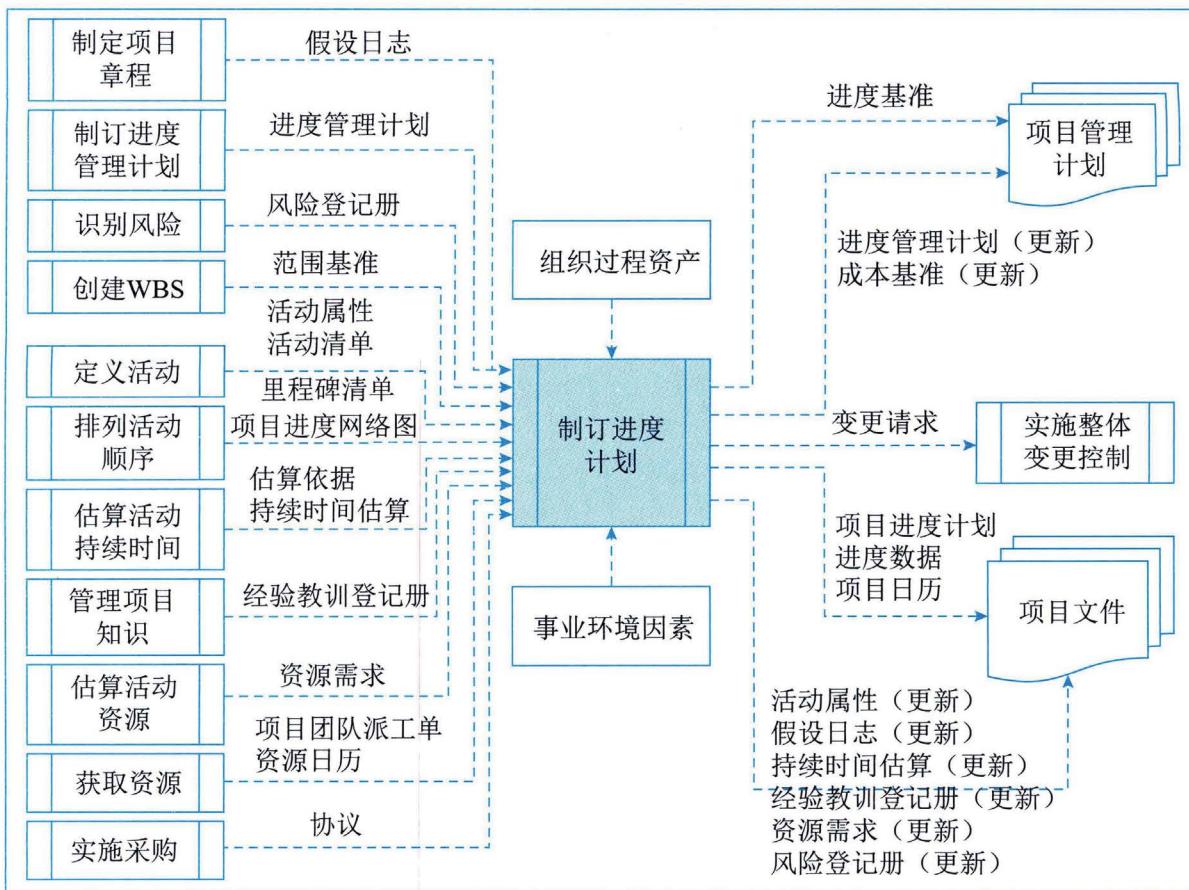


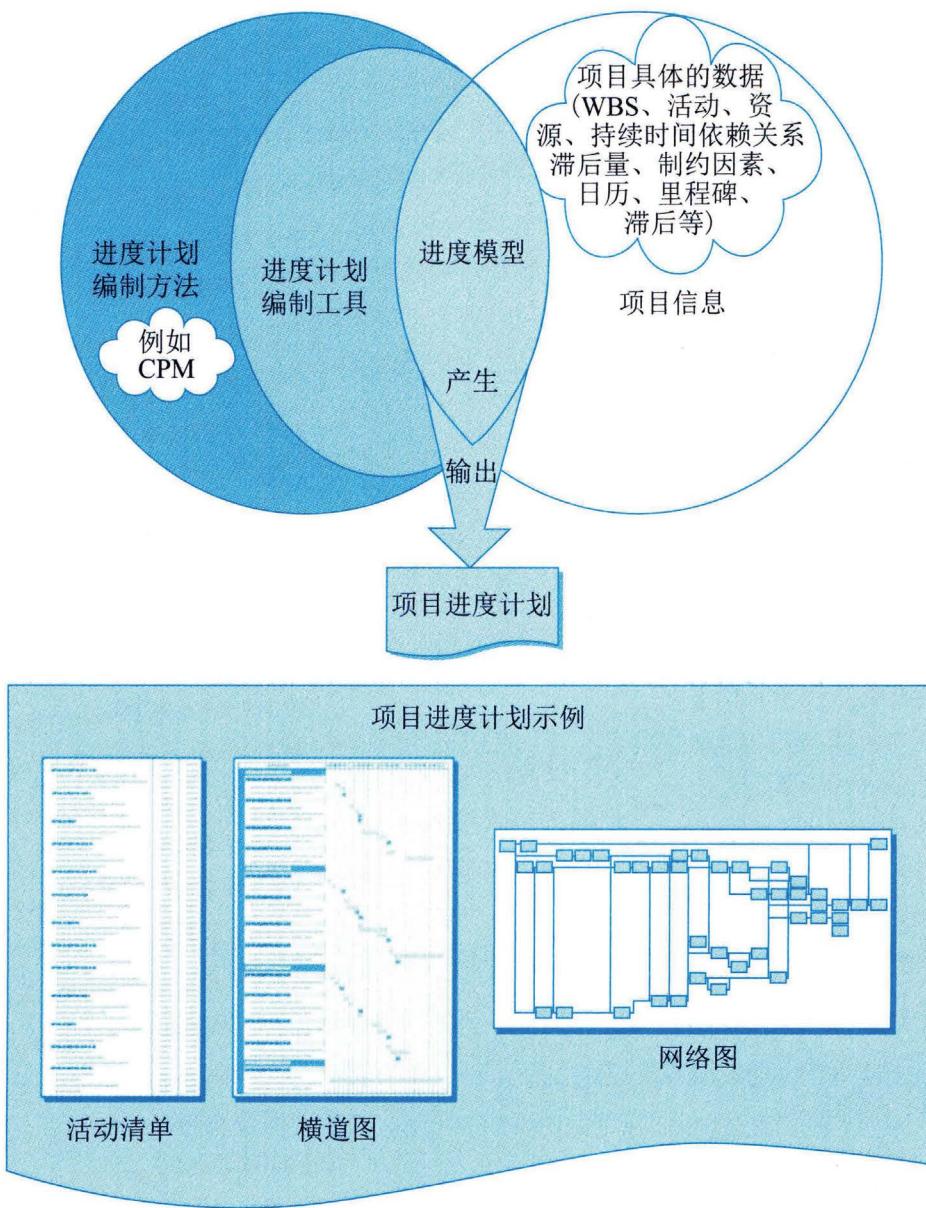
图 10-12 制订进度计划过程的数据流向图

首先，项目管理团队选择进度计划方法，例如关键路径法或敏捷方法。然后，项目管理团队将项目特定数据，如活动、计划日期、持续时间、资源、依赖关系和制约因素等输入进度计划编制工具，以创建项目进度模型。图 10-13 中展示了项目团队如何结合进度计划编制方法、编制工具及项目进度管理各过程的输出来创建进度模型。

制订可行的项目进度计划是一个反复进行的过程。基于获取的最佳信息，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。编制进度计划时，需要审查和修正持续时间估算、资源估算和进度储备，以制订项目进度计划，并在经批准后作为基准用于跟踪项目进度。

制订进度计划的关键步骤：

- 定义项目里程碑，识别活动并排列活动顺序，估算持续时间，并确定活动的开始和完成日期。
- 由分配至各个活动的项目人员审查其被分配的活动。
- 项目人员确认开始和完成日期与资源日历和其他项目或任务没有冲突，从而确认计划日期的有效性。
- 分析进度计划，确定是否存在逻辑关系冲突，以及在批准进度计划并将其作为基准之前是否需要资源平衡，并同步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。



10.7.1 输入

1. 项目管理计划

制订进度计划中使用的项目管理计划组件主要包括：

- **进度管理计划**：规定了用于制订进度计划的进度计划编制方法和工具，以及推算进度计划的方法。
- **范围基准**：范围说明书、WBS 和 WBS 字典包含了项目可交付成果的详细信息，供创建进度模型时借鉴。

2. 项目文件

可作为制订进度计划过程输入的项目文件主要包括：

- 假设日志：该日志所记录的假设条件和制约因素可能造成影响项目进度的单个项目风险。
- 风险登记册：记录了所有已识别的会影响进度模型风险的详细信息及特征。进度储备通过预期或平均风险影响程度，反映了与进度有关的风险信息。
- 活动属性：提供了创建进度模型所需的细节信息。
- 活动清单：明确了需要在进度模型中包含的活动。
- 里程碑清单：列出了特定里程碑的实现日期。
- 项目进度网络图：包含用于推算进度计划的紧前和紧后活动的逻辑关系。
- 估算依据：持续时间估算所需的支持信息的数量和种类，因应用领域而异。不论其详细程度如何，支持性文件都应该清晰、完整说明持续时间估算是否得出的。
- 持续时间估算：包括对完成某项活动所需的工作时段数的定量评估，用于进度计划的推算。
- 经验教训：与创建进度模型有关的经验教训登记册可以运用到项目后期阶段，以提高进度模型的有效性。
- 资源需求：活动资源需求明确了活动所需的资源类型和数量，用于创建进度模型。
- 项目团队派工单：明确了分配到每个活动的资源。
- 资源日历：规定了在项目期间的资源可用性。

3. 协议

在制定如何执行项目工作以履行合同承诺时，供应商为项目进度提供了输入。

4. 事业环境因素

能够影响制订进度计划过程的事业环境因素包括：政府或行业标准、沟通渠道等。

5. 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主要包括：进度计划方法论，其中包括制定和维护进度模型时应遵循的政策；项目日历等。

10.7.2 工具与技术

1. 进度网络分析

进度网络分析是创建项目进度模型的一种综合技术：①当多个路径在同一时间点汇聚或分叉时，评估汇总进度储备的必要性，以减少出现进度落后的可能性；②审查网络，查看关键路径是否存在高风险活动或具有较多提前量的活动，是否需要使用进度储备或执行风险应对计划来降低关键路径的风险。

进度网络分析是一个反复进行的过程，一直持续到创建出可行的进度模型。

2. 关键路径法

关键路径法用于在进度模型中估算项目的最短工期，确定逻辑网络路径的进度灵活性。关

关键路径法有两个规则：①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；②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，步骤为：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，步骤为：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。

关键路径法在不考虑任何资源限制的情况下，按照以上步骤使用正向和反向推算，计算出所有活动的最早开始、最早结束、最晚开始和最晚完成日期，如图10-14所示。在这个例子中，最长的路径包括活动A、B、F、G和H，因此，活动序列A—B—F—G—H就是关键路径，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。最长路径的总浮动时间为零。由此得到的最早和最晚的开始和结束日期并不一定就是项目进度计划，而只是把既定的参数（活动持续时间、逻辑关系、提前量、滞后量和其他已知的制约因素）输入进度模型后所得到的一种结果，表明活动可以在该时段内实施。关键路径法用来计算进度模型中的关键路径、总浮动时间和自由浮动时间。

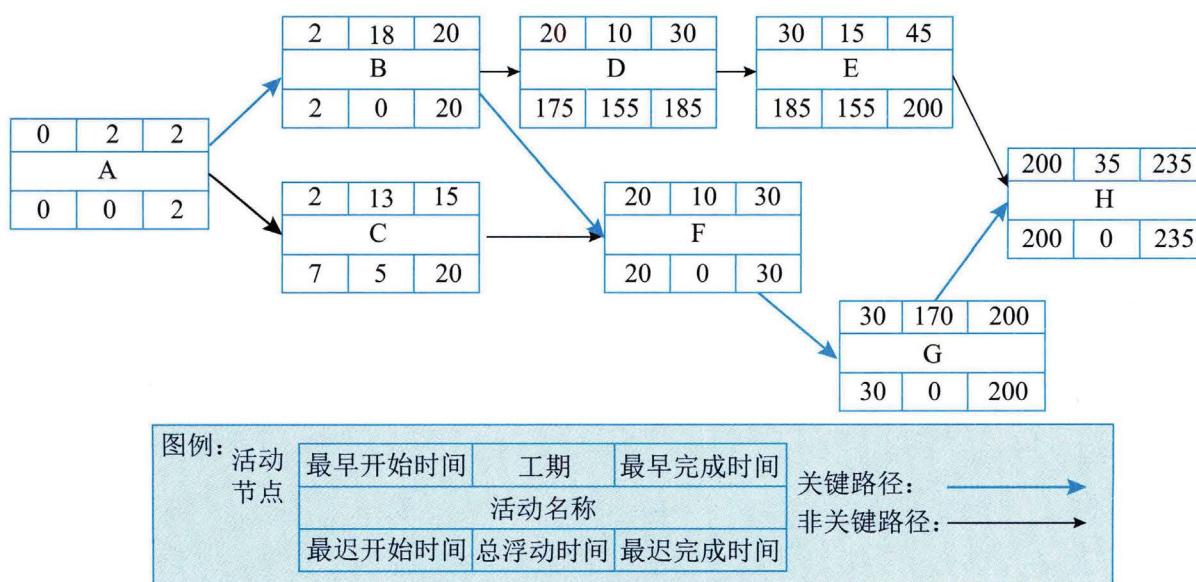


图10-14 关键路径法示例

- 总浮动时间：在任一网络路径上，进度活动可以从最早开始日期推迟或拖延的时间，而不至于延误项目完成日期或违反进度制约因素，就是总浮动时间。总浮动时间的计算方法为：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。

- 自由浮动时间：就是指在不延误任何紧后活动的最早开始日期或不违反进度制约因素的前提下，某进度活动可以推迟的时间量，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 10-14 中，活动 D 的总浮动时间是 155 天，自由浮动时间是 0 天。

进度网络图可能有多条关键路径。为了使网络路径的总浮动时间为零或正值，可能需要调整活动持续时间（可增加资源或缩减范围时）、逻辑关系（针对选择性依赖关系时）、提前量和滞后量，或其他进度制约因素。

3. 资源优化

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。资源优化用于调整活动的开始和完成日期，以调整计划使用的资源，使其等于或少于可用的资源，包括：

(1) 资源平衡。资源平衡是为了在资源需求与资源供给之间取得平衡，根据资源制约因素对开始日期和完成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而且数量有限，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。可以用浮动时间平衡资源。因此，在项目进度计划期间，关键路径可能发生变化。例如在图 10-15 中，如果活动 B 和 C 都只能由工程师小王完成，那么小王在第二天和第三天需要完成 B，而第二天同时还需要完成 C，此时小王的工作会超负荷，需要进行资源平衡，平衡后工作安排如图 10-16 所示。

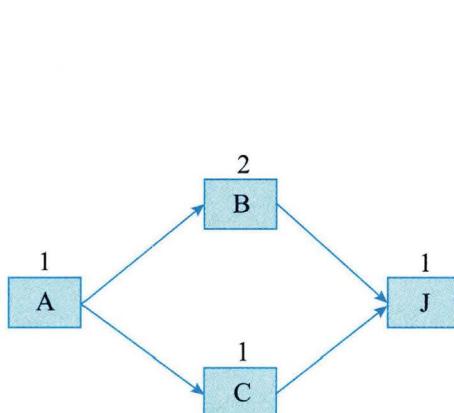


图 10-15 资源平衡示例（平衡前）

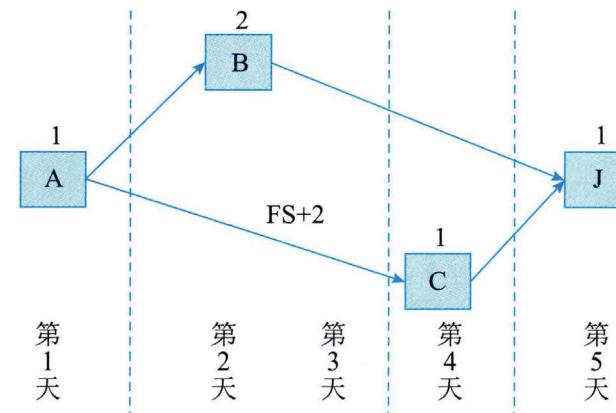


图 10-16 资源平衡示例（平衡后）

图 10-15 中的项目需要 4 天完成，做了资源平衡之后需要 5 天完成，所以资源平衡往往导致关键路径改变，而且通常是延长了关键路径。

(2) 资源平滑。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的关键路径，完工日期也不会延迟。也就是说，活动只在其自由和总浮动时间内延迟，但资源平滑技术可能无法实现所有资源的优化。例如在图 10-17 中，如果活动 B 和 D 都需要小王完成，此时，第 2 天小王需要同时完成 B 和 D，工作会超出负荷，由于关键路径为 A→B→C→F，D 不在关键路径上，可

以有一天的总浮动时间，所以针对D可以进行资源平滑技术进行调整，调整后工作安排如图10-18所示。

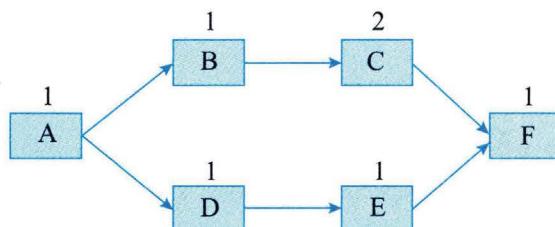


图 10-17 资源平滑示例（调整前）

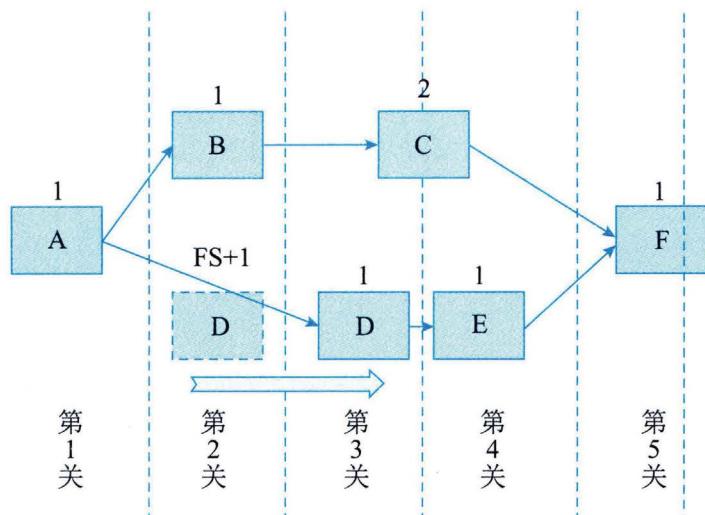


图 10-18 资源平滑示例（调整后）

由于D有一天的总浮动时间，可以通过滞后量，把D活动安排在第3天，避免了小王第二天资源负荷过大的问题，而且不影响整体工期。

4. 数据分析

可用制订进度计划过程的数据分析技术主要包括：

- 假设情景分析：是对各种情景进行评估，预测它们对项目目标的影响（积极或消极的）。假设情景分析就是对“如果情景X出现，情况会怎样？”这样的问题进行分析，即基于已有的进度计划，考虑各种各样的情景。可以根据假设情景分析的结果，评估项目进度计划在不同条件下的可行性，以及为应对意外情况的影响而编制进度储备和应对计划。
- 模拟：是把单个项目风险和不确定性的其他来源模型化的方法，以评估它们对项目目标的潜在影响。最常见的模拟技术是蒙特卡罗分析，它利用风险和其他不确定资源计算整个项目可能的进度结果。模拟包括基于多种不同的活动假设、制约因素、风险、问题或情景，使用概率分布和不确定性的其他表现形式，来计算出多种可能的工作包持续时间。

5. 提前量和滞后量

提前量和滞后量是网络分析使用的一种调整方法，通过调整紧后活动的开始时间来编制一份切实可行的进度计划。提前量用于在条件许可情况下提早开始紧后活动；而滞后量是在某些限制条件下，在紧前和紧后活动之间增加一段不需要工作或资源的自然时间。

6. 进度压缩

进度压缩技术是指在不缩减项目范围的前提下，缩短或加快进度工期，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：

- 赶工：是通过增加资源，以最小的成本代价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。但赶工并非总是切实可行的，因它可能导致风险和/或成本的增加。
- 快速跟进：是一种进度压缩技术，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，所以它只适用于能够通过并行活动来缩短关键路径上的项目工期的情况。若进度加快而使用提前量，通常会增加相关活动之间的协调工作，并增加质量风险。快速跟进还有可能增加项目成本。

7. 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 3 种不同情况估计：

- 乐观时间（Optimistic Time, T_O ）：在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, T_M ）：正常情况下，完成某项工作的时间。
- 悲观时间（Pessimistic Time, T_P ）：最不利的情况下，完成某项工作的时间。

假定三个估计服从 β 分布，由此可算出每个活动的期望 t_i ：

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

其中， a_i 表示第 i 项活动的乐观时间； m_i 表示第 i 项活动的最可能时间； b_i 表示第 i 项活动的悲观时间。

根据 β 分布的方差计算方法，第 i 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 4 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 10-19 所示。

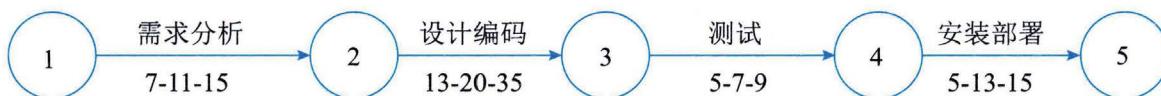


图 10-19 OA 系统工作分解和活动工期估计

各活动的期望工期、方差和标准差：

$$t_{\text{需求分析}} = \frac{7 + 4 \times 11 + 15}{6} = 11 \quad \sigma^2_{\text{需求分析}} = \frac{(15 - 7)^2}{36} = 1.778 \quad \sigma_{\text{需求分析}} = \frac{15 - 7}{6} = 1.333$$

$$t_{\text{设计编码}} = \frac{13 + 4 \times 20 + 35}{6} = 21 \quad \sigma^2_{\text{设计编码}} = \frac{(35 - 13)^2}{36} = 13.445 \quad \sigma_{\text{设计编码}} = \frac{35 - 13}{6} = 3.667$$

$$t_{\text{测试}} = \frac{5 + 4 \times 7 + 9}{6} = 7 \quad \sigma^2_{\text{测试}} = \frac{(9 - 5)^2}{36} = 0.445 \quad \sigma_{\text{测试}} = \frac{9 - 5}{6} = 0.667$$

$$t_{\text{安装部署}} = \frac{5 + 4 \times 13 + 15}{6} = 12 \quad \sigma^2_{\text{安装部署}} = \frac{(15 - 5)^2}{36} = 2.778 \quad \sigma_{\text{安装部署}} = \frac{15 - 5}{6} = 1.667$$

(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 T 和方差 σ^2 分别等于：

$$\sigma^2 = 1.778 + 13.445 + 0.445 + 2.778 = 18.446$$

$$T = 11 + 21 + 7 + 12 = 51$$

标准差为：

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{18.446} = 4.3 \text{ 天}$$

据此，可以得出正态分布曲线图如图 10-20 所示。

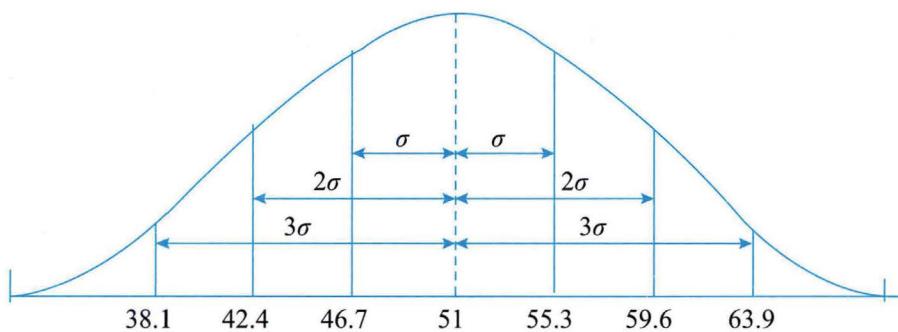


图 10-20 OA 项目的工期正态分布

因为图 10-20 是正态曲线，根据正态分布规律，在 $\pm \sigma$ 范围内即在 46.7 天与 55.3 天之间完成的概率为 68%；在 $\pm 2\sigma$ 范围内即在 42.4 天到 59.6 天完成的概率为 95%；在 $\pm 3\sigma$ 范围内即 38.1 天到 63.9 天完成的概率为 99%。如果客户要求在 39 天内完成，则可完成的概率约为 0.5%，几乎为零，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，如果客户要求在 60 天内完成，那么可能完成的概率为：

$$P(t \leq 60) = \Phi\left(\frac{60 - T}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{60 - 51}{4.3}\right) = 0.9817$$

如果客户要求再提前7天，则完成的概率为：

$$P(t \leq 53) = \Phi\left(\frac{53 - T}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{53 - 51}{4.3}\right) = 0.6808$$

8. 项目管理信息系统

项目管理信息系统包括进度计划软件，这些软件用活动、网络图、资源需求和活动持续时间等作为输入，自动生成开始和完成日期，从而可加快进度计划的编制过程。

9. 敏捷或适应型发布规划

敏捷或适应型发布规划基于项目路线图和产品发展愿景，提供了高度概括的发布进度时间轴（通常是3~6个月）。同时还确定了发布的迭代或冲刺次数，使产品负责人和团队能够决定需要开发的内容，并基于业务目标、依赖关系和障碍因素确定达到产品放行所需的时间。对客户而言，产品功能就是价值，因此该时间轴定义了每次迭代结束时交付的功能，提供了更易于理解的项目进度计划，而这些就是客户真正需要的信息。

10.7.3 输出

1. 进度基准

进度基准是经过批准的进度模型，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。经干系人接受和批准，进度基准包含基准开始日期和基准结束日期。在监控过程中，将用实际开始和完成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，为各个相互关联的活动标注了计划日期、持续时间、里程碑和所需资源等。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完成日期。即使在早期阶段就进行了资源规划，但在未确认资源分配和计划开始与完成日期之前，项目进度计划都只是初步的。项目进度计划可以是概括的或详细的。虽然项目进度计划可用列表形式，但图形方式更直观，可以采用的图形方式包括：

- 横道图：横道图也称为“甘特图”，是展示进度信息的一种图表方式。在横道图中，纵向列示活动，横向列示日期，用横条表示活动自开始日期至完成日期的持续时间。横道图相对易读，比较常用。
- 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和关键外部接口的计划开始或完成日期。
- 项目进度网络图：项目进度网络图通常用活动节点法绘制，没有时间刻度，纯粹显示活动及其相互关系。项目进度网络图也可以是包含时间刻度的进度网络图，称为“时标图”，如图10-21所示。

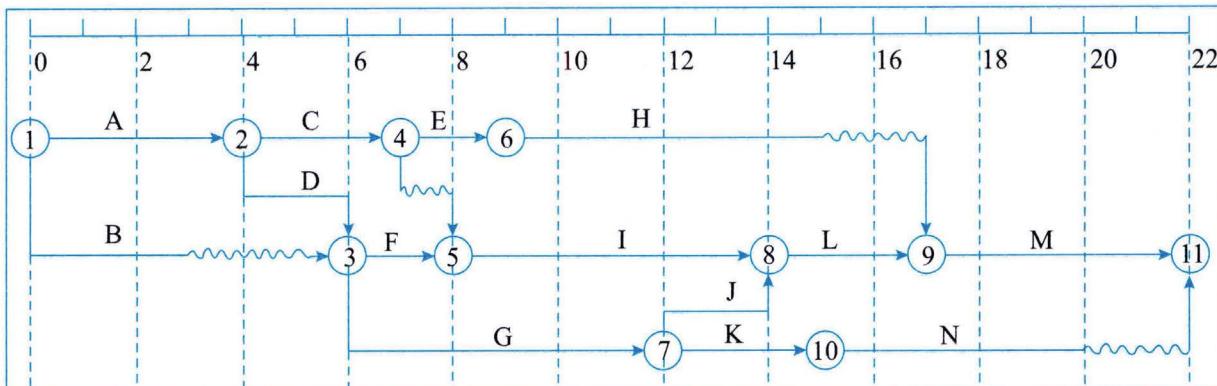


图 10-21 时标图示例

图 10-22 给出了进度计划的三种形式以及这三种不同层次的进度计划之间的关系：

- ① 路碑进度计划，也叫路碑图。
- ② 概括性进度计划，也叫横道图。
- ③ 详细进度计划，也叫项目进度网络图。

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。进度数据至少包括进度里程碑、进度活动、活动属性，以及已知的全部假设条件与制约因素，而所需的其他数据因应用领域的不同而不同。经常可用作支持细节的信息包括：

- 按时段列的资源需求，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。
- 使用的进度储备等。

进度数据还可以包括资源直方图、现金流预测，以及订购与交付进度安排等其他相关信息。

4. 项目日历

在项目日历中规定可以开展进度活动的可用工作日和工作班次，它把可用于开展进度活动的时间段（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。因此，可能需要对项目日历进行更新。

5. 变更请求

修改项目范围或项目进度计划之后，可能会对范围基准和 / 或项目管理计划的其他组成部分提出变更请求，应该通过实施整体变更控制过程对变更请求进行审查和处理。

6. 项目管理计划（更新）

项目管理计划的任何变更都以变更请求的形式提出，且通过组织的变更控制过程进行处理。可能需要变更请求的项目管理计划组成部分包括：

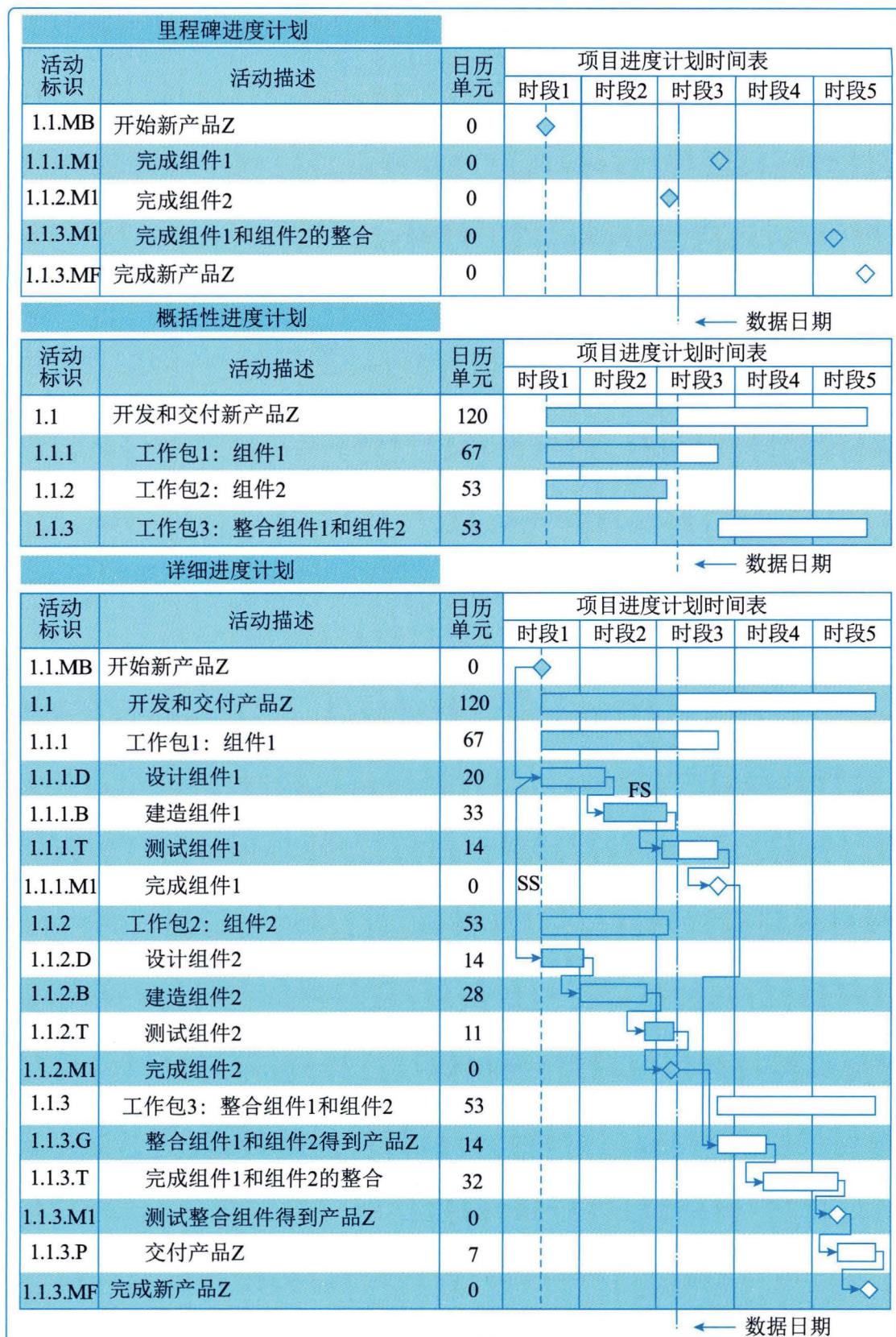


图 10-22 三种进度计划及其关系示例

- 进度管理计划：更新进度管理计划，以反映制订和管理进度计划的方式的变更。
- 成本基准：在针对范围、资源或成本估算的变更获得批准后，需要对成本基准做出相应的变更。有时成本偏差太过严重，以至于需要修订成本基准，以便为绩效测量提供现实可行的依据。

7. 项目文件（更新）

可在制订进度计划过程更新的项目文件主要包括：

- 活动属性：更新活动属性以反映在制定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。
- 假设日志：可能需要更新假设日志，以反映创建进度模型时发现的有关持续时间、资源使用、排序或其他信息的假设条件的变更。
- 持续时间估算：资源的数量和可用性以及活动依赖关系可能会引起持续时间估算的变更。如果资源平衡分析改变了资源需求，就可能需要对持续时间估算做出相应的更新。
- 经验教训登记册：在更新经验教训登记册时，可以增加能够有效和高效制定进度模型的技术。
- 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。如果资源平衡分析改变了资源需求，就需要对资源需求做出相应的更新。
- 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。

10.8 控制进度

控制进度是监督项目状态，以更新项目进度和管理进度基准变更的过程。本过程的主要作用是在整个项目期间保持对进度基准的维护。本过程在整个项目期间开展。控制进度过程的数据流向如图 10-23 所示。

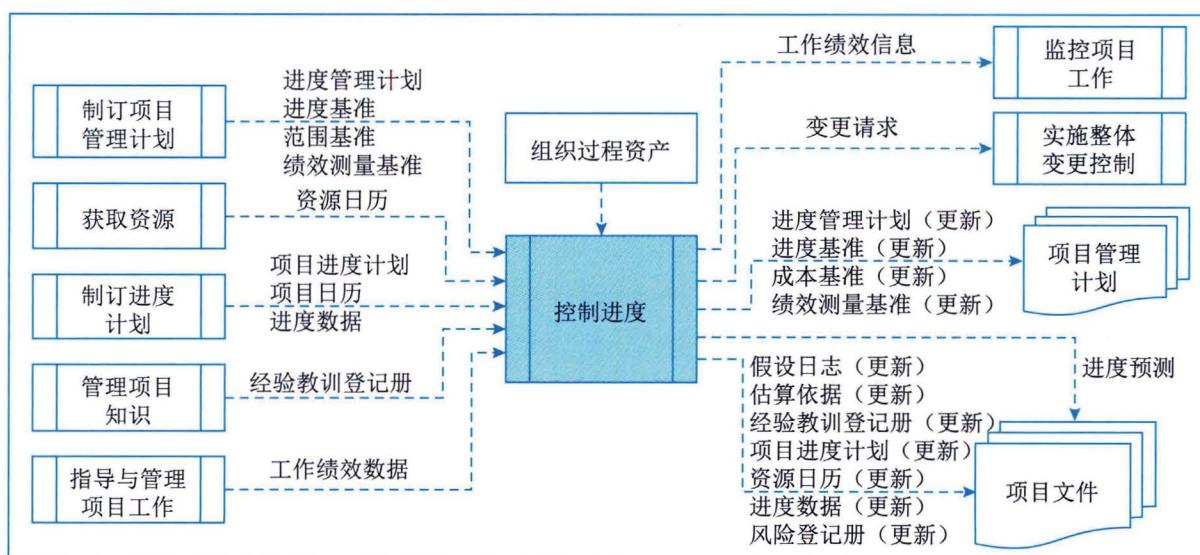


图 10-23 控制进度过程的数据流向图

要更新进度模型，就需要了解迄今为止的实际绩效。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。控制进度作为实施整体变更控制过程的一部分，关注内容包括：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；③重新考虑必要的进度储备；④判断项目进度是否已经发生变更；⑤在变更实际发生时对其进行管理。

将工作外包时，定期向承包商和供应商了解里程碑的状态更新是确保工作按商定进度进行的一种途径，有助于确保进度受控。同时，应执行进度状态评审和巡检，确保承包商报告准确且完整。

10.8.1 输入

1. 项目管理计划

控制进度中使用的项目管理计划组件主要包括：

- 进度管理计划：描述了进度的更新频率、进度储备的使用方式以及进度的控制方式。
- 进度基准：把进度基准与实际结果相比，以判断是否需要进行变更或采取纠正或预防措施。
- 范围基准：在监控进度基准时，需明确考虑范围基准中的项目WBS、可交付成果、制约因素和假设条件。
- 绩效测量基准：使用挣值分析时，将绩效测量基准与实际结果比较，以决定是否有必要进行变更，采取纠正措施或预防措施。

2. 项目文件

作为控制进度过程输入的项目文件主要包括：

- 资源日历：显示了团队和物质资源的可用性。
- 项目进度计划：是最新版本的项目进度计划。
- 项目日历：在一个进度模型中，可能需要不止一个项目日历来预测项目进度，因为有些活动需要不同的工作时段。
- 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。
- 经验教训登记册：在项目早期的经验教训可运用到后期阶段，以改进进度控制。

3. 工作绩效数据

工作绩效数据包含关于项目状态的数据，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. 组织过程资产

能够影响控制进度过程的组织过程资产主要包括：现有与进度控制有关的正式和非正式的政策、程序和指南；进度控制工具；可用的监督和报告方法等。

10.8.2 工具与技术

1. 数据分析

可用作控制进度过程的数据分析技术主要包括：

- 挣值分析：进度绩效测量指标（如进度偏差（SV）和进度绩效指数（SPI））用于评价偏离初始进度基准的程度。
- 迭代燃尽图：这类图用于追踪迭代未完项中尚待完成的工作。它分析与理想燃尽图的偏差。可使用预测趋势线来预测迭代结束时可能出现的偏差，以及在迭代期间应采取的合理行动。燃尽图中先用对角线表示理想的燃尽情况，再每天画出实际剩余工作，最后基于剩余工作计算出趋势线以预测完成情况，如图10-24所示。

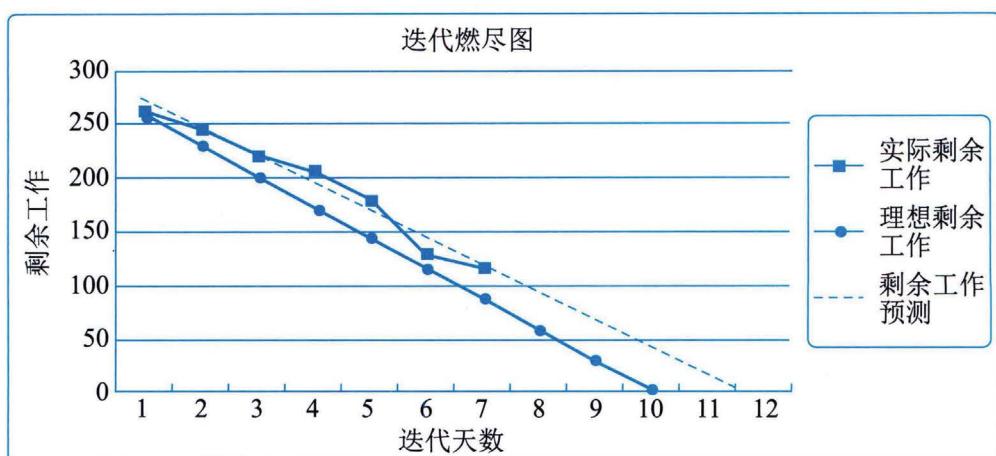


图 10-24 迭代燃尽图

- 绩效审查：指根据进度基准测量、对比和分析进度绩效，如实际开始和完成日期、已完成百分比以及当前工作的剩余持续时间。
- 趋势分析：检查项目绩效随时间的变化情况，以确定绩效是在改善还是在恶化。图形分析技术有助于理解截至目前的绩效，并与未来的绩效目标（表示为完工日期）进行对比。
- 偏差分析：关注实际开始和完成日期与计划的偏离，实际持续时间与计划的差异，以及浮动时间的偏差。它包括确定偏离进度基准的原因与程度，评估这些偏差对未来工作的影响，以及确定是否需要采取纠正或预防措施。
- 假设情景分析：基于项目风险管理过程的输出，对各种不同的情景进行评估，促使进度模型符合项目管理计划和批准的基准。

2. 关键路径法

检查关键路径的进展情况有助于确定项目进度状态。关键路径上的偏差将对项目的结束日期产生直接影响。评估次关键路径上的活动的进展情况，有助于识别进度风险。