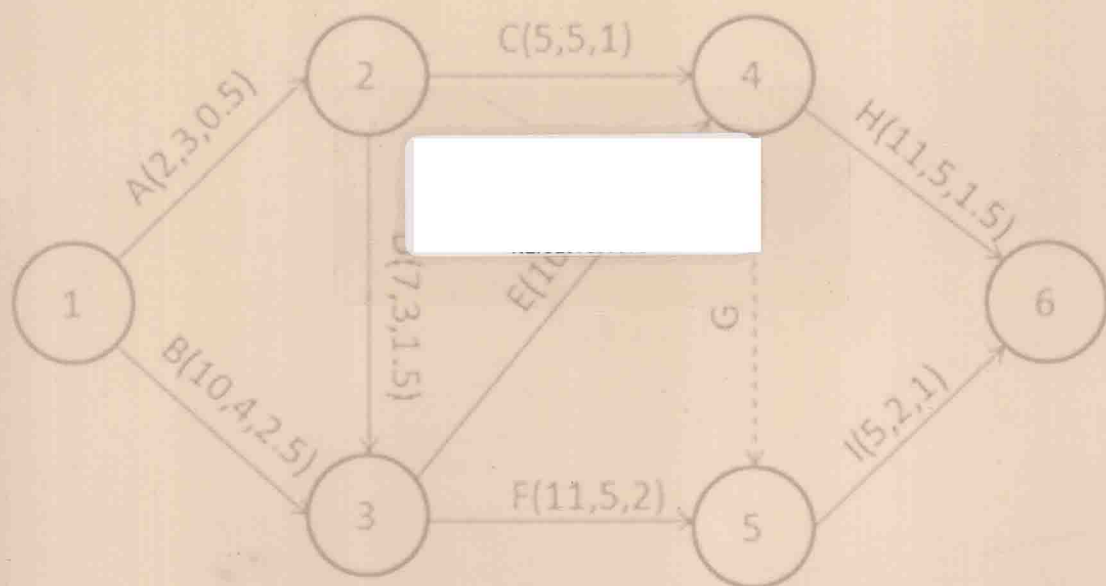


关键链项目进度管理

——柔性、鲁棒性及资源均衡优化研究

马国丰◎著



中国建筑工业出版社

关键链项目进度管理

——柔性、鲁棒性及资源均衡优化研究

马国丰 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

关键链项目进度管理——柔性、鲁棒性及资源均衡
优化研究 / 马国丰著. —北京: 中国建筑工业出版社,
2014. 3

ISBN 978-7-112-16385-4

I. ①关… II. ①马… III. ①企业管理—项目管
理—研究 IV. ①F273.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 023078 号

关键链项目进度管理为项目管理领域理论研究的热点, 关键链技术是在关键路径的基础上的一种新型的管理方法, 它考虑了进度在计划和实施过程中的人的行为的不确定性。本书主要从关键链的三个方向——柔性、鲁棒性及资源均衡优化, 对关键链展开研究。主要内容包括: 柔性、鲁棒性及资源均衡优化理论基础及分析、关键链项目进度管理柔性化、关键链项目进度管理鲁棒性、关键链项目进度管理资源均衡优化等。

本书适合从事工程管理的研究人员和高等院校教师、研究生参考。

* * *

责任编辑: 杨 允 王 梅

责任设计: 张 虹

责任校对: 李美娜 陈晶晶

关键链项目进度管理
——柔性、鲁棒性及资源均衡优化研究

马国丰 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京永峥排版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8 $\frac{3}{4}$ 字数: 213 千字

2014 年 4 月第一版 2014 年 4 月第一次印刷

定价: 29.00 元

ISBN 978-7-112-16385-4

(25110)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

进度管理是项目管理的三大主要内容之一，其成功与否是衡量项目管理水平高低的一个重要指标。然而，现实中因进度偏差而导致项目失败的例子比比皆是。1997 年，Eli yahuM. goldratt 将约束理论（Theory of Constraint, TOC）应用于项目管理领域，提出了项目管理的全新方法。

本书立足关键链项目进度管理，从柔性、鲁棒性及资源均衡优化三个方面进行具体阐述：对关键链项目进度管理系统的柔性内涵、柔性构成、缓冲柔性以及柔性价值进行梳理；将基于 TOC 理论的关键链概念引入关键链来编制更切实可行的关键链进度计划；对多资源约束环境下的关键链如何进行资源优化等问题进行了总结。

本书具有以下几个特点：

（1）在参考大量国内外研究文献的基础上，统筹归纳、分析、研究关键链项目进度管理基本理论与方法。在理论研究方面，注重构建完整的进度管理体系；在方法论方面，既系统分析传统项目进度管理方法与关键链项目进度管理方法的相同与不同之处，同时，也归纳出一些具有普遍性的方法模板。

（2）重点研究进度管理、不确定性、柔性、鲁棒性、资源均衡优化等理论，对关键链假设进行了更新完善，旨在通过科学、系统的思考，充分挖掘现有理论的不足。对关键链缓冲区大小设置方法的研究中，已经生成了众多成果，本书通过对缓冲区大小影响因素的解构分析对缓冲区大小设置方法进行了创新。

本书主编由同济大学经济与管理学院建设管理与房地产系副主任马国丰副教授担任，研究生李磊、严勇、艾琪、顾凌赞、张洋、肖宇以及李盼在编写过程中做了大量的工作。

由于时间及能力问题，书中肯定存在一些缺点及不足之处，敬请读者批评指正。

作者

2014 年 3 月

目 录

第1篇 关键链项目进度管理概述

第1章 关键链项目进度管理简介	3
1.1 进度管理的定义	3
1.2 关键链的定义	6
1.3 关键链项目进度管理的基本过程	13
1.4 关键链方法技术进度管理的应用	15

第2篇 柔性、鲁棒性及资源均衡优化理论基础及分析

第2章 柔性理论基础及分析	19
2.1 柔性的定义	19
2.2 柔性的分类	21
2.3 柔性价值	31
第3章 鲁棒性理论基础及分析	33
3.1 鲁棒性	33
3.2 项目进度鲁棒性	34
第4章 资源均衡优化理论基础及分析	40
4.1 资源均衡理论基础	40
4.2 资源均衡优化	41
4.3 资源均衡模型	44
4.4 资源均衡小结	45

第3篇 关键链项目进度管理柔性化

第5章 关键链项目进度管理系统的柔性内涵与构成	49
5.1 关键链项目进度管理系统的柔性内涵	49
5.2 关键链项目进度管理系统的柔性构成	52
第6章 基于柔性管理的关键链缓冲区	56
6.1 基于柔性管理的关键链缓冲区设置的思路	56
6.2 基于柔性管理的关键链缓冲区的大小确定	57

6.3 算例	61
第7章 基于实物期权的CCPM系统的柔性价值测评	65
7.1 传统缓冲柔性反应的局限性	65
7.2 实物期权理论	66
7.3 基于实物期权的CCPM系统柔性评价的可行性分析	68
7.4 实物期权CCPM系统柔性价值测评思路	69
7.5 模型构建与参数确定	72
7.6 算例	75

第4篇 关键链项目进度管理鲁棒性

第8章 工期不确定下关键链进度计划的质量鲁棒优化	83
8.1 问题描述	83
8.2 项目任务工期的情景集	84
8.3 关键链项目进度计划的鲁棒优化模型	86
8.4 基于顺序表示的遗传算法设计	87
8.5 算例	89
第9章 方案鲁棒优化思维指导下的关键链假设更新	92
9.1 关键链的基本假设	92
9.2 时间估计偏差理论	93
9.3 关键链的3个新假设	94
第10章 新假设下的缓冲区解构分析和缓冲区方案鲁棒性的精益分析	97
10.1 缓冲区大小影响因素的解构分析	97
10.2 缓冲区模型的改进	100
10.3 算例	100
10.4 缓冲区鲁棒性的精益分析	101

第5篇 关键链项目进度管理资源均衡优化

第11章 多资源均衡的关键链调度	109
11.1 资源均衡优化问题描述	109
11.2 资源重要性的模糊处理	109
11.3 资源约束下的优先规则	111
11.4 投入成本优化问题	113
11.5 混合整数线性规划模型	113
11.6 算例	117

第 12 章 关键链的识别	119
12.1 关键链的类别	119
12.2 算例	121
第 13 章 关键链的缓冲设置及其资源再均衡	124
13.1 缓冲区位置	124
13.2 缓冲区尺寸	126
13.3 资源均衡优化	128
13.4 算例	129
后记 关键链项目进度管理展望	133

第 1 篇

关键链项目进度管理概述

第1章 关键链项目进度管理简介

1.1 进度管理的定义

在市场经济条件下,时间就是金钱,效率就是生命。一个工程项目能否在预定工期内竣工交付使用,这是投资者最关心的问题之一,也是项目管理工作的主要内容。以建立电厂为例,一个12.5万kW的发电厂,每提前一天发电就可生产300万度电,多创造价值几十万元。因此,按期建成投产是早日收回投资、提高经济效益的关键。对实行投资包干的项目,工期更是投资包干经济责任制的一个重要内容,就承包商而言,能否按期完工也是衡量管理水平的一个重要标志。当然,控制项目的进度并不意味着一味追求进度,还要满足质量、安全和经济的要求。

在社会生活和各种经济领域中,每天都有大量的项目在产生和完成,根据项目管理学会(PMI)的研究,人类社会75%的财富用于各种项目。“项目”是指具有明确的目标,有完整的组织结构,在规定的工期条件下,在限定的投资范围内,完成符合质量要求的一次性任务。

随着项目管理学会在美国成立,项目管理作为一门正式的学科随即诞生。作为管理科学的一个重要分支,项目管理在西方工业发达国家的航空、航天、国防、重大基础设施等大型工程项目和高科技开发项目中得到广泛的应用。

项目进度管理是项目管理中的重要组成部分,也一直是其中的重点和难点。在当今竞争日益激烈的市场经济条件下,项目进度管理有很重要的现实意义。项目进度管理的重要目标就是保证项目能在规定的日期内、一定成本额度下完成。因此,一个合理的进度计划和有效的进度控制是进度管理的重要环节,计划和控制直接决定了项目成功与否。

项目进度管理是根据工程项目的进度目标,编制经济合理的进度计划,并据以检查工程项目进度计划的执行情况,若发现实际执行情况与计划进度不一致,就及时分析原因,并采取必要的措施对原工程进度计划进行调整或修正的过程。工程项目进度管理的目的就是实现最优工期,多快好省地完成任务。

项目进度计划是根据对项目工作的界定、项目工作顺序安排、工作时间估算和所需资源等所进行的分析和项目进度计划的编制,包括以下内容:

- (1) 确定项目每项工作的起止时间;
- (2) 确定各种具体实施方案与措施;
- (3) 与工期估算和成本预算综合起来考虑;
- (4) 项目进度计划的制定。

1. 项目进度计划的作用

“凡事预则立,不预则废”。我们干任何一件事,都必须有个计划,这样才能心中有

数，调度有方，做到有条不紊、按部就班地实现既定目标。在项目进度管理上也是如此。在项目实施前，必须先制定出一个切实可行的、科学的进度计划，然后按计划逐步实施。项目计划的作用如下：

- (1) 为项目实施过程中的进度控制提供依据；
- (2) 为项目实施过程中的劳动力等各种资源的配置提供依据；
- (3) 为项目实施相关各方在时间上的协调配合提供依据；
- (4) 为在规定期限内保质、高效地完成项目提供保障。

2. 项目进度计划制定的主要依据

- (1) 项目网络图；
- (2) 项目活动历时估算；
- (3) 项目的承包合同，承包合同中有关项目工期要求、资金的来源和资金数量等内容都是制定项目进度计划的主要依据；
- (4) 项目的各种约束和假设条件；
- (5) 项目的设计方案。

3. 项目进度管理方法的比较

项目进度管理的方法按时间界定可分为传统管理方法与系统管理方法。系统管理方法是近几十年来随着现代项目变得越来越大，其技术条件越来越复杂，涉及的人数、机构和职能也越来越相互依存而发展起来的。

系统管理方法是在传统管理方法的基础上产生和发展起来的，但两者是有很大区别的，其主要表现可归纳为：

- (1) 传统管理方法强调管理工作的专业化，把任务、职责、权限分得很清楚。这当然也是项目管理所必不可少的，但系统管理方法则更强调各类人员和各个部门之间的沟通、协调和综合。前者较注重各个部门的高效率，而后者则以达到整个系统的高效率为主要目标。
- (2) 传统管理方法强调指挥、命令、控制和汇报，要有文件的传递形式予以保证；而系统管理方法则用信息流把各管理层次和不同的职能部门沟通起来，使物质流与信息流保持一致和同步，保证信息的准确性和及时性。
- (3) 与传统管理方法不同，随着系统工程理论和方法的发展，项目工程中的系统管理方法也越来越多地强调运用系统模型，力求达到量化，能精确地表达多因素的实际行动状况和各要素之间的相互关系。
- (4) 传统管理方法以个人经验为基础，而系统管理方法则强调系统的、合乎逻辑的分析，按程序有条不紊地进行工作，在科学化的基础上，把个人经验与科学方法紧密地结合起来。

4. 项目进度计划制定的方法

常用的制定进度计划的方法有以下4种。

(1) 关键日期法

关键日期法是最简单的一种进度计划表，它只列出一些关键活动和进行的时间。

(2) 甘特图

项目产出物质量、资源需求量是编制进度计划的最基本的依据。甘特图是进度计划最

常用的一种工具，最早由 Henry LGM 于 1917 年提出。由于简单、明了、直观和易于编制，它成为小型项目管理中编制项目进度计划的主要工具。即使在大型工程项目中，它也是高级管理层了解全局、基层安排进度时有用的工具。但是，由于甘特图不表示各项活动之间的关系，也不指出影响项目工期的关键所在，因此，对于复杂的项目来说，甘特图就显得不足以适应。

(3) 关键路线法 (CPM)

CPM 是一种能明示一项复杂项目各种活动之间关系的进度控制方法，它将一些最重要的连续活动绘制成关键路线。

(4) 计划评审技术 (PERT)

PERT 是基于一个复杂项目不同阶段之间关系的一种安排方法。这种方法应对项目每一阶段所需时间做出估计，计划人员可以针对项目一阶段所需时间做出估计，借以估计项目完成的最后期限。CPM 和 PERT 是 20 世纪 50 年代后期几乎同时出现的两种计划方法。随着科学技术和生产的迅速发展，出现了许多庞大而复杂的科研和工程项目，它们工序繁多、协作面广，常常需要动用大量人力、物力和财力。因此，如何合理而有效地把它们组织起来，使之相互协调，在有限资源下，以最短的时间和最低的费用，最好的完成整个项目，就成为突出的问题。CPM 和 PERT 就是在这种背景下出现的。这两种计划方法是分别独立发展起来的，但其基本原理一致，即用网络图来表达项目中各项活动的时间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，以求得最短工期。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。因为这两种方法都是通过网络图和相应的计算来反映整个项目的全貌，所以又叫作网络计划技术。

显然，采用以上几种不同的进度计划方法，其本身所需的时间和费用是不同的，关键日期表编制时间最短，费用则最低。甘特图所需时间要长一些，费用也高一些。CPM 要把每个活动都加以分析，如活动数目较多，还需用计算机求出总日期和关键路线，因此花费的时间和费用将更多。PERT 法是制定项目进度计划方法中最复杂的一种，所以花费的时间和费用也最多。

应该采用哪一种项目进度计划方法，主要考虑的因素包括项目的规模大小、项目的复杂程度、项目的时间性、对项目的了解程度、项目中关键活动的作用、掌握相应技术的人员和设备。

此外，根据情况不同，还需要考虑客户的要求；以及能够用在进度计划上的预算等因素。在大多数项目中，时间管理是一个软约束，项目晚几天完成只会减少收益，不会使项目完全失败。只有少数项目才有严格的时间期限。需要指出的是；通常大多数项目的完成时间都是要与完成费用协调权衡的。可是，多数项目经理们却把时间管理当作项目管理的主要内容，在中国更是如此。许多项目管理软件也是以时间管理为主线的。到底采用哪一种方法来编制进度计划，要综合考虑以上各个因素。

5. 项目进度计划制定的步骤

不同类型的进度计划，其编制步骤有所不同，但无论哪种类型的进度计划的编制，以下几项工作是必不可少的：

(1) 项目描述

项目描述可以表格的形式表达,主要包括项目名称、项目目标、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加以细分为可管理的更小部分,以便更好地管理和控制。根据项目章程、项目范围说明书、项目工作分解结构、项目假设及约束条件和历史信息来定义项目团队成员和项目利益相关者为完成项目可交付成果而必须完成的各项具体活动。

(3) 项目活动排序

活动排序过程包括识别项目活动之间的关联和依赖关系,并据此对项目活动的先后次序进行安排,形成相应的文档。一个项目有若干项工作和活动,这些工作和活动在时间上的先后顺序称为逻辑关系。逻辑关系又分为两类;一类是强制性逻辑关系,即客观存在的、不变的逻辑关系;另一类是可变的逻辑关系,又称组织关系,这类逻辑关系会随着人为约束条件的变化而变化,也会随着实施方案、资源供应条件的变化而变化。在按照逻辑关系安排计划活动顺序时,可考虑适当的紧前关系,也可加入适当的时间提前与滞后量,这样才能制定出符合实际的项目进度表。

(4) 活动资源估算

活动资源的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紧密相连。

(5) 项目活动持续时间估算

项目活动的持续时间(历时)估算就是根据现有条件,估算出完成一项活动所需要的时间。活动的持续时间是计划过程的核心。它不仅可用来设定给定活动的开始和结束时间,还可以根据其前导活动的累积持续时间计算最早开始时间,根据其后续活动的累积持续时间计算最迟结束时间。

(6) 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。

(7) 进度安排

在完成了项目分解、确定各项工作和活动先后顺序、计算工程量或工作量并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。

1.2 关键链的定义

1. 关键链基础理论与假设

(1) 约束理论

约束理论最先运用于制造业,它根植于 OPT(原指最优生产时刻表, Optimized Production Timetables; 后指最优生产技术, Optimized Production Technology)^[1]。经过不断的

[1] 赵道致, 廖华. 对关键链的几个认识误区. 工业工程, 2005, 8 (2): 4-6.

研究和发展,约束理论已经在生产、运输、营销等多个行业得到广泛应用,其核心思想是:任何组织或系统都存在约束,这些约束成为制约组织或系统实现其目标的瓶颈因素。因此,只要对这些约束进行系统调控就可以收到显著的效果。约束理论在项目管理,尤其是项目进度管理中的应用,促进了关键链方法的产生和发展。

(2) 基于项目实施阶段人的行为假定:

1) 学生综合症

“学生综合症”这种现象是假设人的一种本性,即人总是等到最后一刻才开始努力。学生综合症顾名思义,学生总是在作业提交截止时间前几天才开始准备。如果把这种现象引申到项目活动中,意味着即使前期计划预留了很多安全时间,时间估计非常准确,但由于项目组成员的这种学生综合症导致所有任务都会等到最后才被加紧开工,这种前期的思想松懈,工作效率低下很容易导致项目或任务的延期^[1]。

2) 帕金森综合症

英国历史学家、政治学家诺斯科特·帕金森在1968年出版了《帕金森定律》一书。在书中,帕金森教授对于机构人员膨胀的原因做出了最为透彻的分析,对项目管理者有非常深刻的警示作用。帕金森定律指出,项目实施过程中,每一项工作会自动地膨胀占满所有可用的时间。时间管理隐含着你可以为一项任务安排过多的时间,如果你给自己安排了充裕的时间从事一项工作,你会放慢你的节奏,以便用掉所有分配的时间。

3) 工期变动效应的不对称性

在项目实施进程中,一个任务的延迟常常会引发其后续任务的延迟,即产生级联效应。但项目却很难因为一项任务的提前完成受益。例如:M、N、P是三个并行任务,Q为三者的紧后任务,现假设M、N、P的工期均为6天,Q的工期为11天。则意味着该项目需要17天的时间就可以完成。如果任务N在实施过程中由于某些因素而推迟了2天完成,结果将导致整个项目周期变为19天。相反,假设M、N、P三项任务均能够提前2天完成,那么整个项目的工期是否会缩短为15天完成呢?我们依据人的行为心理假设做一个分析:通常情况,如果项目组成员提前完成了任务,他不会因此而得到奖励,反而却导致项目经理对类似任务的预估完成时间将减少,显然这对他没有好处,因此项目组成员都不会愿意提前完工的。另外,即使M、N、P三道工序均能够提前完成,但可能Q工序由于资源尚未就位等原因而无法开始,结果项目无法提前完成。

(3) 关键链基本思想

为了克服项目实施过程中会出现的三种行为(学生综合症、帕金森综合症、不对称性),高德拉特在约束理论的基础上提出了基于关键链的项目进度管理思想^[2]。所谓关键链,是指所有用到关键资源的活动与关键路径上其他活动连接起来,得到一串依存步骤,这些由资源冲突造成的依存路径就是关键链。

关键链是在关键路径的基础上发展起来的更为科学的项目进度管理方法。这种方法充分考虑了资源受限和不确定性对项目工期的影响,因此相比较传统的计划方法,关键链的优势主要体现在以下几方面:

[1] Goldratt E M. Critical Chain. Great Barrington. Mass, USA: The North River Press Publishing Corporation, 1997

[2] 蔡晨,万伟. 基于PERT/CPM的关键链管理. 中国管理科学, 2003, 11 (6): 35-39

1) 利用关键链理论进行计划编制时, 工期估计既要考虑工作间逻辑关系的约束, 又要考虑项目的资源冲突。

2) 识别关键链后, 利用资源缓冲区的插入来协调资源约束和资源瓶颈, 有利于配置项目资源, 降低因资源而引起的进度风险。

3) 关键链理论的基础思想来源于系统论思想, 将安全时间从系统角度进行管理, 通过设置缓冲区来应对各种不确定性因素, 为保证项目按时完成提供了有效途径。

4) 通过对关键链的管理, 保证了在项目进度管理中能够抓住重点。在实际监控中重点关注那些已经延期的工作, 而在正常范围内进行的工作可以摆在管理工作中稍微次要的位置上。

5) 关键链计划方法考虑到人的行为因素对项目计划执行的影响, 以最短的任务时间估算方法, 使得项目组成员不得不面对紧迫的工作时间, 提高了项目的绩效。

了解关键链进度管理的基本思想后, 可将其与传统进度管理方法进行比较, 说明其优点, 如表 1-1 所示。

关键链进度管理与传统的关键路线管理比较 表 1-1

传统的关键路线管理	关键链进度管理	关键链进度管理的优点
每道工序设置安全时间	整个项目设置缓冲区	安全时间没有隐藏于工序中而被慢慢浪费掉, 转化为缓冲被用于对整个项目的控制
工序越早开始越好	恰当的时候工序才开工	有限的关键资源并没有被非关键工序占有, 不以先后顺序而以重要性来支配资源
出现资源的“争夺”	解决了资源的“争夺”	通过关键链找出“争夺”的资源, 关键工序优先使用, 并重点监控以确保没有问题发生
改变或制定新的计划来应对不确定性	通过监控缓冲区的消耗情况来应对不确定性	计划有持续性, 不必为不断改变的额定计划烦扰, 不确定性带来的影响被最小化

(4) 关键链进度管理一般应用步骤

1) 寻找和识别项目计划中的约束因素——关键链。首先要化解项目配置图上所有对资源的争夺, 然后根据任务的依存关系由项目尾部向头部追索, 得出不同链条中以时间计算最长的一条就是关键链^[1]。

2) 挖掘约束因素的潜能。为此要根据项目条件和运行状态分别建立资源缓冲 RB、项目缓冲 PB。通过对关键链潜能的挖掘使“帕金森定律”和“学生综合症”得到抑制。

3) 使非关键链的任务安排服从于关键链, 并通过建立汇入缓冲 FB 来防止非关键的波动对关键链的影响。

4) 由于增加关键链上的资源配置, 从而使项目的完工时间得到缩短, 打破了原有的约束因素, 但又产生了新的制约因素——新的关键链, 这时应回到步骤 (1), 重复以上

[1] 金升龙. 制造理论. 广州: 广东经济出版社, 2004

过程。

关键链进度管理的步骤可以用图 1-1 概括。

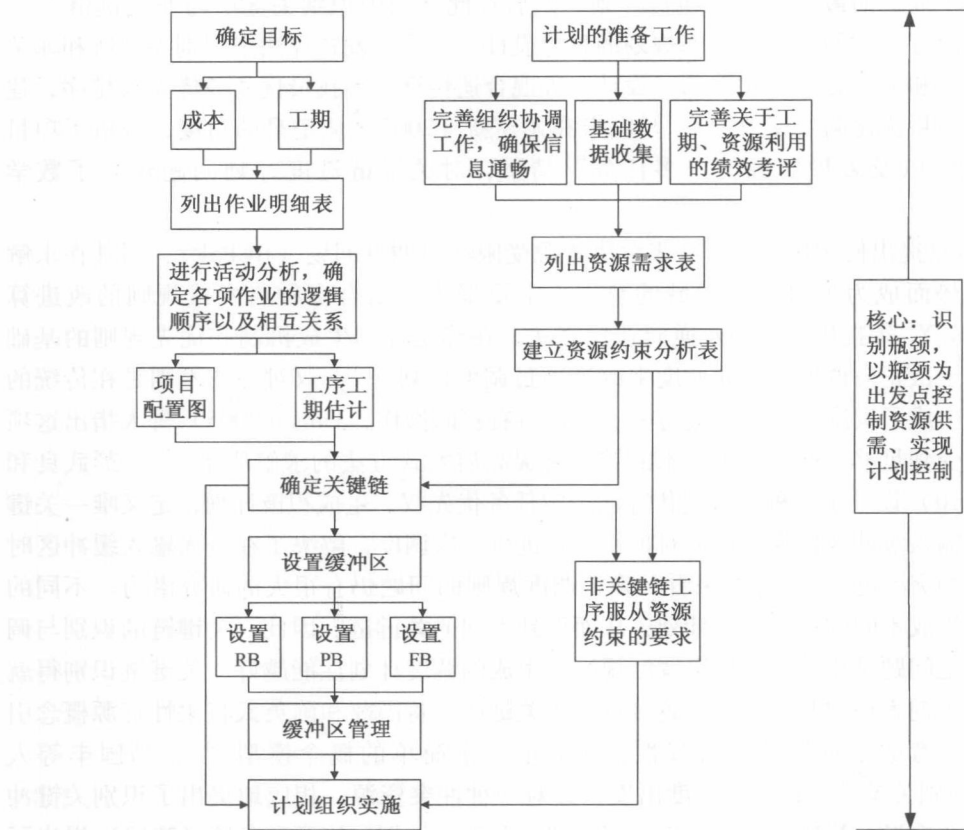


图 1-1 关键链基本实施图

2. 关键链识别与调度规则

长期以来，关键链的识别是国内外学者研究的重点。在关键链识别方面，Rabbani (2007) 采用反向的调度方法，考虑随机网络环境，引入了危险程度系数 (criticality index) 和重要程度系数 (crucially index)，构造了一个 0-1 整数规划模型，对活动优先级进行排序并进一步研究了活动具有确定的时间概率密度分布条件下关键链的确定问题^[1]。Luong Duc Long 与 Ario Ohsato (2008) 在资源约束和不确定环境中将模糊理论应用到关键链项目管理中，提出了项目进度计划中的灰色关键链方法，以此确定关键链与缓冲区^[2]。国内学者万伟等 (2003) 在单资源约束下研究关键链进度的编排，首先以 ACTIM 启发式算法得出关键链，然后以该项目在无资源约束下的持续时间为最佳时间长度，对关

[1] M. Rabbani, S. M. T. Fatemi Ghomi, F. Jolai, et al. A new heuristic for resource-constrained project scheduling in stochastic networks using critical chain concept. European Journal of Operational Research, 2007, Vol. 176 (2): 794-808

[2] Luong Duc Long, Ario Ohsato. Fuzzy critical chain method for project scheduling under resource constraints and uncertainty. International Journal of Project Management, 2008, Vol. 26 (6): 688-698

键链依次削减和调整,最后得到调整后的关键链^[1]。刘士新等(2006)针对资源受限项目调度问题(RCPSP)的实际需求建立了多目标优化调度模型,首先采用基于优先规则的启发式算法生成工期最小的近优项目计划,然后在此计划中识别关键链与非关键链^[2]。田文迪与崔南方(2009)应用动态规划的思想设计了一个启发式算法来识别关键链和非关键链。彭武良和王成恩(2010)通过设计一种混合遗传算法寻找最优任务优先权排序,建立了关键链项目优化调度模型^[3]。马国丰和尤建新(2007)从定量的角度,分析了项目群中一种资源以及多种资源的“多任务”情形,对关键链进度计划问题建立了数学模型^[4]。

Kelly 最早提出使用启发式方法来解决资源受限项目调度问题(RCPSP),因其在求解效率上的优势而成为项目调度领域的热点,主要聚焦于结合多种启发式规则的改进算法^[5]。Li, K. Y. 等提出了正向及逆向迭代算法,在确定计划生成机制和优先规则的基础上,通过若干次正向调度和逆向调度来改进项目调度计划^[6];双对齐技术则是在传统的启发式算法生成了调度计划后,进行一次左移再右移的操作,Valls(2005)等人指出这项多年来没有受到足够重视的简单技术能够显著提高启发式方法的求解质量^[7];彭武良和王成恩(2010)设计了一种混合遗传算法确定任务优先权,生成积极计划,定义唯一关键链,并且将输入缓冲区作为虚任务对项目计划进行二次调度,解决了在嵌入输入缓冲区时产生的资源冲突问题^[8]。综合来看,确定调度规则的问题仍有很大的研究潜力。不同的调度规则会生成不同的近优调度计划,从而得到不同的关键链。因此,关键链的识别与调度规则的确定问题是相关的。确定调度规则后生成的调度计划性能越好,关键链识别得就越精确,在工期表现和其他指标上越接近最优关键链。蒋国萍和陈英武将柔性资源概念引入关键链中,考虑了资源的可替代性,建立了一个简单的概念模型^[9];马国丰等人(2006)从识别关键冲突任务的角度出发,针对一种冲突资源,相应地提出了识别关键冲突任务的一个启发式算法,得到优先顺序,建立关键链计划;施骞和龚婷(2012)提出了随机网络计划中关键链的识别方法,建立了随机网络计划中关键链识别的基本步骤,并结

[1] 王伟,蔡晨,王长峰.在单资源约束项目中的关键链管理.中国管理科学,2003,Vol.11(2):70-75

[2] 刘士新,宋健海,唐加福.基于关键链的资源受限项目调度新方法.自动化学报,2006,Vol.32(1):60-66

[3] 彭武良,王成恩.关键链项目调度模型及遗传算法求解.系统工程学报,2010,Vol.25(1):123-130

[4] 马国丰,尤建新.关键链项目群进度管理的定量分析.系统工程理论与实践,2007,Vol.27(9):54-60

[5] Kelley, J. E., Jr. Critical-path planning and scheduling, mathematical basis. Operation Research, 1961, 9(3): 296-320

[6] Li, K. Y. and Willis, R. J. An iterative scheduling technique for resource-constrained project scheduling European Journal of Operational Research. 1992, 56(3): 370-279

[7] Valls, V., Ballestin, F. and Quintanilla, S. Justification and RCPSP: a technique that pays. European Journal of Operational Research. 2005, 165(2): 375-386

[8] 彭武良,王成恩.关键链项目调度模型机遗传算法求解[J].系统工程理论与实践,2010,25(01):124-131

[9] 蒋国萍,陈英武.基于关键链的项目进度问题研究[C].中国运筹学会第七届学术交流会论文集,2004(10):719-724