

The Application of Linear Scheduling and Management Software in Long-Distance Pipeline Project

Xi Huang*, Guanyu Liu, Yue Yang, Gang Ye

China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd. International, Langfang Hebei
Email: *huangxi@cnpc.com.cn

Received: Sep. 18th, 2020; accepted: Nov. 3rd, 2020; published: Dec. 15th, 2020

Abstract

In recent years, the construction of long-distance pipeline projects has developed rapidly. As China's pipeline construction companies go abroad, in the process of international pipeline construction, more and more project management methods and management software are applied through project practice. Choosing appropriate management methods and tools is the key to ensuring the smooth progress of the long-distance pipeline project, which can reduce project costs and improve the comprehensive management level of the project. Linear scheduling and management software has been gradually popularized in international pipeline engineering applications, but it is rarely used in China. This article compares the project management methods and project management software commonly used in long-distance pipeline projects, and analyzes an example of a long-distance pipeline project in Africa to compare the advantages and disadvantages of linear scheduling and management software in actual long-distance pipeline projects.

Keywords

Long-Distance Pipeline Projects, Project Management, linear Project Management, Linear Scheduling Methods

*通信作者。

线性工程管理软件在油气长输管道工程管理中的应用

黄曦*, 刘冠玉, 杨悦, 叶刚

中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊
Email: *huangxi@cnpc.com.cn

收稿日期: 2020年9月18日; 录用日期: 2020年11月3日; 发布日期: 2020年12月15日

摘要

近年来, 油气长输管道工程建设快速发展。随着我国管道建设公司走向国门, 在国际管道工程建设过程中, 越来越多的项目管理方法和管理软件通过项目实践得以应用。选择恰当的管理方法和工具是保证油气长输管道工程顺利进行的关键, 能够降低项目成本, 提高项目综合管理水平。线性工程管理软件在国际管道工程应用中已逐渐普及, 但在我国管道建设领域应用较少。本文通过油气长输管道项目中常用的项目管理方法和项目管理软件进行对比, 并对非洲某油气长输管道项目进行实例分析, 对比线性工程管理软件在实际油气长输管道工程应用中的优缺点。

关键词

油气长输管道, 项目管理, 线性工程管理, 线性计划法

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

线性工程是指工程作业带具有线性特征的综合性工程。油气长输管道工程的作业根据管道路由走向, 通常具有线性定位参照系统的特征, 属于典型线性工程作业。油气长输管道工程常见的工程项目管理方法一般有甘特图法(Gantt chart)、关键路径法(CPM法, critical path method), 以及线性计划法(LSM法, linear schedule method)。在国内的油气长输管道工程管理过程中, 大多关注基于甘特图法和关键路径法的管理, 而在国际管道工程建设过程中, 除了上述管理方法外, 还重点关注线性计划法在施工部署方面的应用。本文通过论述这三种适用于油气长输管道工程的管理方法, 并结合国际项目中应用管理软件的实例, 分析上述管理方法的差异及优缺点。

2. 油气长输管道工程项目管理软件概况

目前用于油气长输管道工程的主流管理软件有 Primavera P6、Microsoft Project 等, 其原理大多是基于关键路径法, 侧重于分解项目各项工作活动的逻辑联系。这类软件的最大优势是在于通过软件输出项目的关键路径及甘特图, 能够详细展示项目总工期, 各项工作持续时间、逻辑关系等信息, 更加适用于

大型建筑及设施的建设工程管理，如化工厂、发电站。上述软件对于类似油气长输管道工程的线性项目，其缺陷在于沿线地形地貌等关键物理信息，沿线施工资源部署，施工效率变化等均无法予以体现。

TILOS 是国际大型基础设施项目，尤其是线性工程建设项目的首选软件，并在世界排名前十的工程建设公司均有应用的案例，在大型线性工程项目中应用的案例包括：加利福尼亚高速铁路项目，加拿大阿尔伯塔快船地区管道项目，捷克加吉尔卡天然气管道项目等。

TILOS 的应用能够提高在规划与管理大型项目中重复性任务的可视化，在一个计划中将时间特性与位置特性可视化展现，并将项目中基于甘特图的规划扩展到时距图规划，从而实现油气长输管道、道路和轨道建设项目等线性项目的有效规划和控制。时间 - 里程 - 图表的全图形界面、完全支持关键路径法 (CPM) 技术，加强的位置及生产限制条件。

上述软件的功能特性对比见表 1。

Table 1. Comparison of pipeline project management software

表 1. 管道工程常用管理软件对比

软件名称	协同软件	线性管理	流程管理	计划管理	项目组合管理	资源管理	文件管理	行军图	报告分析
Primavera P6	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Microsoft Project	No	No	No	Yes	No	Yes	No	No	Yes
TILOS	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

3. 油气长输管道工程管理方法

油气长输管道工程通常是系统性、复杂性的工程，一般具有四个特点。首先是工程沿线距离长，通常在几百到几千公里，比如著名的西气东输一线管道工程、二线管道工程，干线长度超过 4000 公里。第二个特点是沿线地质条件和气候条件复杂，比如中俄管线有永久冻土的情况，泰国管线项目存在雨季施工的问题。三是项目工期长，通常在两年到三年以上。四是工程参与方众多，协调难度大。在工程进行过程中，设备供应商、监理单位、土建施工方、焊接施工队伍等同时参与，管理和协调工作较为复杂。由于油气长输管道工程的上述复杂性，运用科学合理的项目管理方法和工具软件，是项目能否按期保质完成的关键。

3.1. 甘特图法

甘特图是大型工程管理与计划最常用的手段之一。甘特图由 HENRY GANTT 于第一次世界大战期间发明的管理方法。甘特图横轴显示各项工作的起始和持续时间，纵轴是各工作项的名称。由于甘特图能够很好的提供项目计划整体概况，易于理解，在项目管理的应用非常广泛。但是，甘特图无法提供更多的项目管理细节信息，对于提高项目管理整体效率并不是非常有效。油气长输管道工程中应用的典型甘特图见图 1 [1]。



Figure 1. Typical Gantt chart of pipeline project

图 1. 典型管道项目甘特图

3.2. 关键路径法

杜邦公司 1957 年在化工制造领域首先提出用于项目计划管理的关键路径法。关键路径法可以通过建立各项工作的逻辑关系，计算完成项目所需的最短工期，从而节省项目成本。油气长输管道工程中关键路径法的应用与其他行业基本类似，典型的关键路径法示意图见图 2 [2]。

从图 2 中可以看出，通过关键路径法，在项目管理过程中，通过分解工作流程以及各工作项的内在逻辑关系，可以得出管理活动的关键路径。各工作项在方框内表示，方框左上角和左下角分别是工作项的最晚开始时间和最早开始时间，方框右上角和右下角分别是工作项的最晚结束时间和最早结束时间。工作流程顺序以箭头顺序表示。

在油气长输管道工程的应用中，关键路径法比甘特图的优势在于，可以通过计算浮动时间，优化项目工期，节省项目成本。

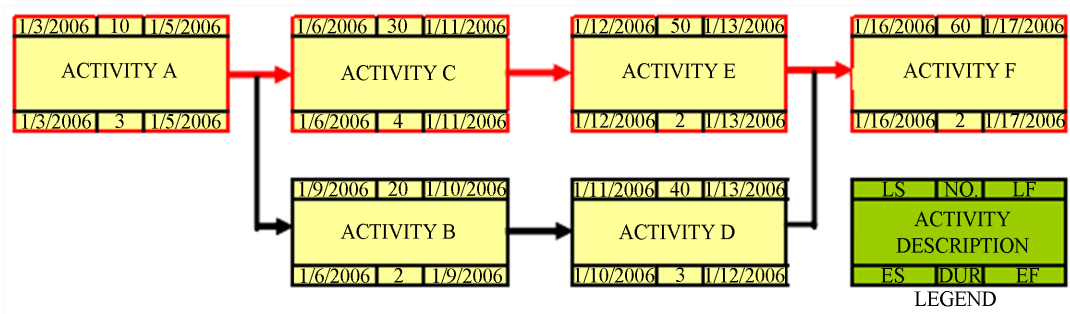


Figure 2. Typical chart of critical path method
图 2. 典型关键路径法示意图

3.3. 线性计划法

线性计划法是侧重于项目资源连续利用，活动重复性高，并通过图表的方式进行计划和管理的一种方法，典型线性计划法见图 3。油气长输管道工程的特点恰好是在连续的作业带上进行重复性施工作业，工程管理的重点就是作业的连续性以及作业资源利用率最大化，与线性计划法的特性十分相符。

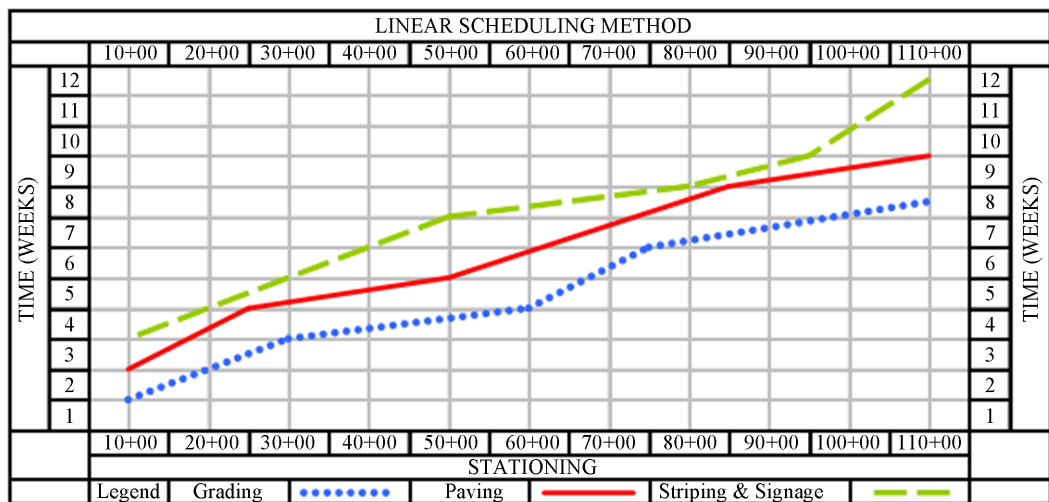


Figure 3. Typical chart of linear scheduling method
图 3. 典型线性计划法图例

线性计划法的输出结果是时距图(Time-Distance chart), 其横轴表示物理距离长度, 纵轴表示时间长度。行军图(March chart)是在时距图基础上, 增加了包括地形地貌、沿线高程、作业队伍配置等重要工程信息的一种图表, 这种图表广泛应用于国际线性工程。早期的行军图是通过手绘, 或是通过 Microsoft Excel 进行绘制。随着线性工程管理软件的发展, 行军图中体现的工程信息更加丰富, 在工程计划和管理过程中发挥了重要作用, 被越来越多的线性工程所采用。

4. TILOS 在某油气长输管道工程中的应用

以非洲区域某油气长输管道工程为例, 分析 TILOS 软件在油气长输管道工程应用中的优势和劣势。该工程包括 655 公里管道干线, 3 个泵站, 24 个截断阀室。工期 15 个月, 雨季时间为每年的 6 月到 9 月。

4.1. 关键工程信息

通过 TILOS 软件对本管道工程进行建模, 输出的行军图中需要具备的关键工程信息, 主要有线性参照信息、地理环境信息、工程作业信息、资源利用信息。

1) 线性参照信息

相比传统时距图, 通过 TILOS 导入工程数据, 生成的行军图中可以显示更多信息。如图 4 所示, 管道沿线转角桩、阀室及泵站里程位置, 管道沿线高程信息, 管道沿线平面走向图均可以在行军图中体现。

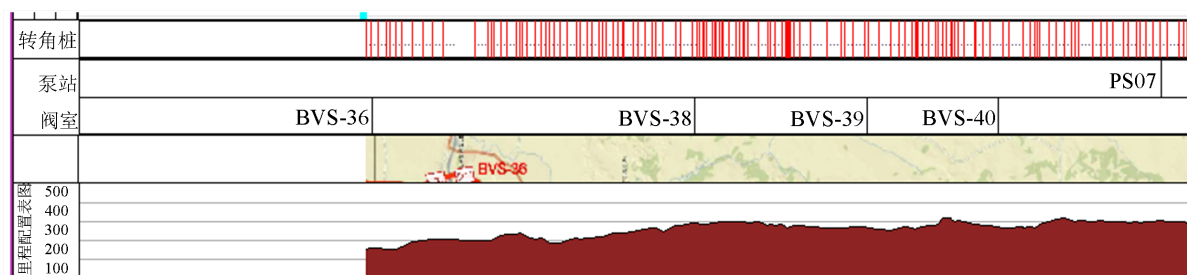


Figure 4. Linear reference information in march chart

图 4. 行军图中线性参照信息

2) 环境地理信息

环境地理信息包括地形地貌信息和气候信息。如图 5 所示, 本工程管道沿线地貌信息有三类, 绿色为热带稀树草原区域, 灰色为丘陵区域, 蓝色表示水网区域。气候信息为工程期间内雨季的时间范围。

环境地理信息与工程管理紧密相关, 地形地貌及气候因素对油气长输管道工程的作业效率影响巨大。常见的情况包括山区作业效率低于平原作业, 永久冻土段作业效率低于沙漠段。雨季施工效率降低, 严重影响管道焊接质量, 增加施工成本, 非洲、东南亚等地区雨季时间甚至长达 3 到 6 个月, 严重影响工程进度和质量。因此, 行军图中体现所在工程的环境地理信息非常关键。

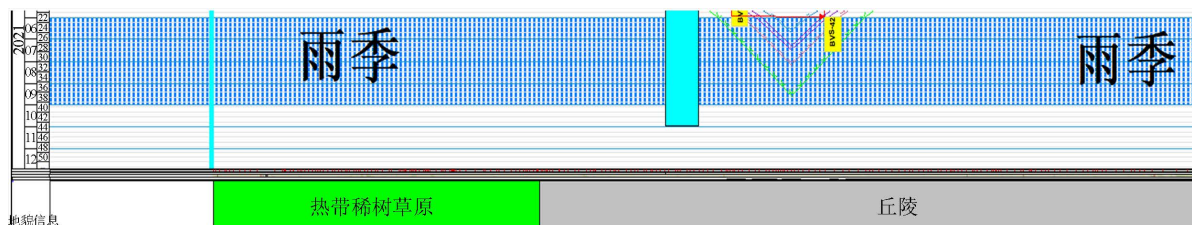


Figure 5. Environmental and geographic information in march chart

图 5. 行军图中的环境地理信息

3) 工程作业信息

如图 6 所示, 本管道工程作业主要有七个方面, 分别是勘察测量及作业带清理, 布管、组对及焊接, 无损检测及焊口防腐, 管沟开挖, 下管, 回填, 布置管道标识及地貌恢复。上述作业在行军图中以不同颜色和形式的标志线表示, 作业间的逻辑关系以箭头形式表示。

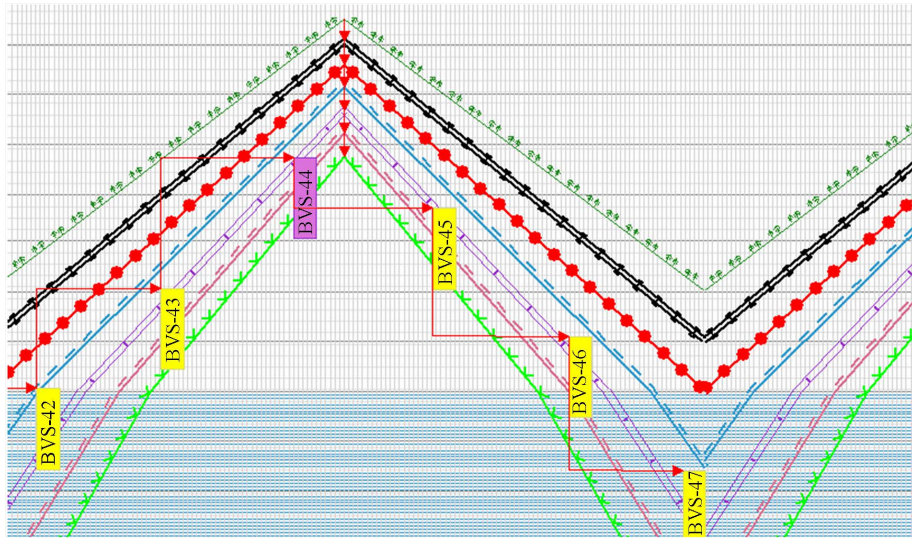


Figure 6. Work flow in march chart

图 6. 行军图中各项工序信息

4) 资源利用信息

如何定义工程的资源信息, 并根据工程实际情况及时调整作业效率, 是决定工程能否顺利进行的重要因素之一。以本工程为例, 作业所在地是非洲地区, 每年 6 月到 9 月是雨季, 现场作业效率取决于雨季影响, 因此需重点保障管道焊接等关键作业在非雨季期间完成。从图 7 可以看出, 虽然进入雨季期间的作业效率明显出现下滑, 但仍可以保证工期可控。

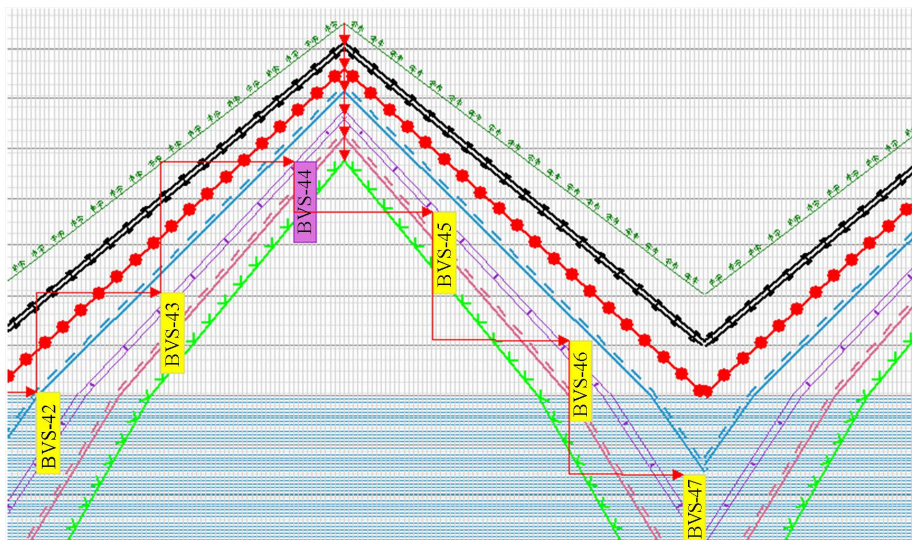


Figure 7. Work efficiency change in march chart (blue section is monsoon season)

图 7. 行军图中工效变化(蓝色区域为雨季作业)

4.2. 工程作业方案比选

通过 TILOS 软件进行建模分析, 可以对本工程作业和资源利用进行方案比选。

方案一: 考虑到本工程作业的连续性, 为了避免雨季施工, 所有工作在第一个雨季后进行。根据资源部署, 需要 10 个机组同时在第一个雨季后进行作业, 才能满足项目工期要求, 方案一如图 8 所示。

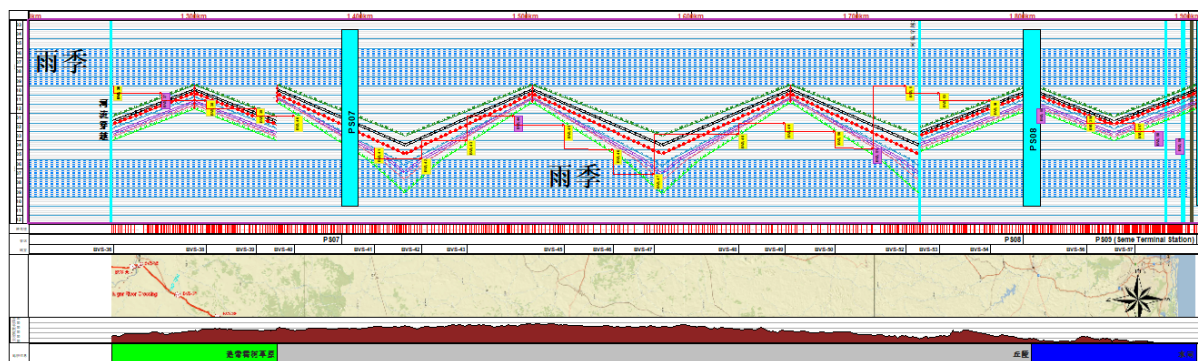


Figure 8. 10 working crews for plan one in march chart

图 8. 方案一部署 10 个机组作业的行军图

方案二: 通过拆分工程作业段长度, 将作业段分为两段。第一段 40% 的作业长度在第一个雨季后完成, 第二段 60% 的剩余作业段长度在第二个雨季后完成。经调整优化, 需要 5 个作业机组在不同时间段进行同时作业, 方案二如图 9 所示。

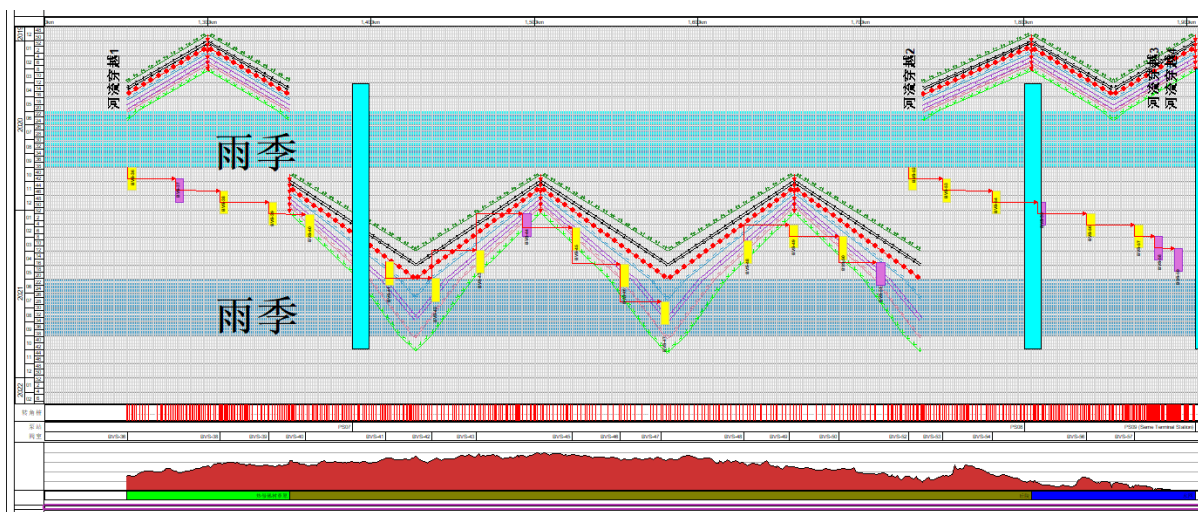


Figure 9. 5 working crews for plan two in march chart

图 9. 方案二部署 5 个机组作业的行军图

从上述行军图中可以看出, 方案一的作业资源配置多, 成本高。人员及设备动迁难度大, 作业时间集中在两个雨季之间, 各专业各部门协调难度大。如果某一项作业未能按时完工, 雨季之后赶工非常困难, 工期风险无法控制。通过上述方案比选, 采用方案二作为本工程最终的作业方案。

4.3. 工程案例结论

通过上述工程中实际应用的案例, 可以发现 TILOS 软件在整合工程信息、调整资源部署方面, 较其

他软件有很大优势，具体包括：

1) 地形地貌、气候等因素引起作业效率变化，在 TILOS 软件中调整工效十分便捷，多种因素对效率的影响可以进行叠加。

2) 由于作业效率变化引起的工期调整可以自动计算，并通过行军图来体现调整后的结果，便于工程管理人员进行规划和决策。

3) 工程的总工期固定，可以通过调整作业效率，配置不同的作业资源，计算不同资源分配方案下的工程成本，便于工程管理人员在资源成本与时间成本之间寻找平衡点。

当然，TILOS 的劣势也很明显。相对与其他管理软件，其主要劣势体现在无法针对工程设计、采办阶段，作业均为非线性作业，且侧重作业间逻辑关系的工程计划与管理。

5. 结论

我国是油气长输管道建设大国，根据《能源发展“十三五”规划》、《中长期油气管网规划》，2025 年我国石油天然气管道总里程将超过 16 万公里。大规模的管道工程建设势必需要更高水平的工程管理技术和理念。随着线性计划法在油气长输管道工程领域接受程度不断提高，其应用价值也将会越来越广泛，为管道工程建设带来新的机遇和挑战。

参考文献

- [1] Yen, C.-I. (2005) Simulated Annealing for Optimizing Linear Scheduling Projects with Multiple Resource Constraints. Ph.D. Thesis, Purdue University, West Lafayette.
- [2] Arditi, D., Tokdemir, O.B. and Suh, K. (2002) Challenges in Line-of-Balance Scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, **128**, 545-566. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:6\(545\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:6(545))