

# 全寿命周期下 10kV 配电线路工程 工期预测方法

吴奕彬<sup>1</sup> 倪 璿<sup>2</sup>

(1. 国网云梦县供电公司 2. 国网孝感供电公司)

**摘要：**10kV 配电线路工程涉及多个阶段、多个任务和多个参与方，因此工期预测时需要考虑各种不确定因素，如施工条件、材料供应、人力资源等。这些不确定性因素增加了工期预测的复杂性。为此，提出全寿命周期下 10kV 配电线路工程工期预测方法，搭建 10kV 配电线路工程复杂项目工期预测框架。基于此，采集 10kV 配电线路全生命周期自适应工程数据，构建配电线路工程工期进度工作分解模型，实现 10kV 配电线路工程复杂项目工期的预测。实验结果显示，研究方法项目工期预测结果与实际工期具有极高的一致性。

**关键词：**全寿命周期；10kV 配电线路；工程工期；预测方法

2024.08.DQGY  
43

## 0 引言

配电线路工程工期预测的研究背景源于对电力系统建设项目中工期管理的需求。配电线路作为电力系统的重要组成部分，其建设工程涉及复杂的施工过程和多方面的因素影响，如天气条件、人力资源、材料供应等。准确预测配电线路工程的工期有助于合理安排工程计划、有效控制施工进度、提高工程管理效率，并最终确保工程质量和安全<sup>[1]</sup>。因此，开展配电线路工程工期预测研究具有重要的实际意义，能够为电力工程建设提供科学依据和技术支持。配电线路工程工期预测的研究意义在于提高工程管理效率和施工进度控制水平<sup>[2]</sup>。准确的工期预测可以帮助项目管理者合理规划资源、优化工程进度，从而降低成本、提高效益，同时还能有效防范工程延误风险，保障工程质量和安全。通过对配电线路工程工期进行科学预

测，可以实现项目管理的精细化、信息化，为电力建设行业的可持续发展提供有力支撑。

文献 [3] 以明挖法地铁车站为研究对象，提出了一种基于粒子群优化算法 PSO 优化 BP 神经网络（PSO-BP）的施工工期预测方法。但是，PSO-BP 在训练神经网络时，可能会出现过拟合的情况，导致模型在训练数据集上表现良好，但在测试数据集上表现不佳，泛化能力较差。文献 [4] 以铁路特长隧道为研究对象，结合遗传算法，提出了基于多工作面的施工进度计划优化。但是，由于遗传算法中的参数设置对算法性能有较大影响，因此需要针对不同问题进行调整，在实践中选择合适的参数并非易事。

为进一步优化工程工期预测的准确性，本文以 10kV 配电线路工程为研究对象，在考虑全寿命周期下提出新的工期预测方法。

### 1 全寿命周期下 10kV 配电线路工程工期预测

#### 1.1 10kV 配电线路工程复杂项目工期预测框架

搭建 10kV 配电线路工程复杂项目工期预测框架的原理主要基于以下几个核心原则：

**分解与整合：** 首先将整个工程项目按照任务、子任务和工作包等层次结构进行逐级分解，确保项目的各部分清晰可管理<sup>[5]</sup>。然后整合分解后的任务，建立工作分解结构（WBS），建立任务之间的逻辑关系，以及明确依赖关系。

**估算与规划：** 对每个任务和工作包进行工期估算，利用历史数据、专家经验等方法，结合 PERT（Program Evaluation and Review Technique）和 CPM（Critical Path Method）等技术确定工程的时间规划。根据关键路径和重要节点制定整体项目进度计划。

**资源调度与分配：** 确定项目所需的人力、物力资源，合理分配资源并进行资源平衡，避免资源冲突，确保施工进度和质量。资源调度时要考虑资源稀缺性、效率和优先级，以最大限度地提高资源利用效率。

**风险管理与应急预案：** 识别项目中存在的风险因素，对不确定因素进行风险评估和分析，制定相应的风险管理计划和应急预案。通过风险评估和应对措施，降低风险带来的工期延误影响。

**里程碑设定与监控：** 制定项目里程碑计划，确认重要节点、关键路径和阶段性目标。设置监控点，编制项目进度报告，及时检查实际进度与计划进度的差异，发现偏差并采取纠正措施。

**沟通与协调机制：** 建立良好的团队内外沟通机制，促进信息共享和团队协作。确保各方的有效沟通，及时解决问题，协调资源和工作，以保证项目进度的顺利推进。

本节基于以上原则，搭建 10kV 配电线路工程复杂项目工期预测框架如图 1 所示。

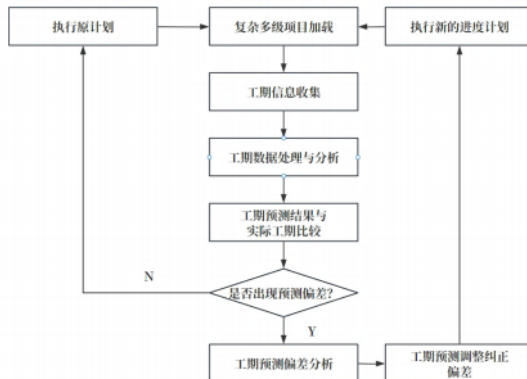


图 1 10kV 配电线路工程复杂项目工期预测框架图

预测的实现过程如下：

#### (1) 项目划分与工作分解结构（WBS）

**功能：** 将整个项目划分为不同的任务、子任务和工作包，明确工程的层次结构，便于管理和跟踪。

**实现：** 可以使用项目管理软件（如 Microsoft Project、WPS 项目）、Excel 等工具创建工作分解结构，将项目细化为可管理的任务单元。

#### (2) 工期估算与时间规划

**功能：** 对每个任务、工作包进行工期估算，制定时间规划表，确定工程的整体时间框架。

**实现：** 根据历史数据、专家经验和类似项目的实际情况，结合 PERT、CPM 等方法对工期进行估算，并根据优先级和依赖关系建立时间规划表。

#### (3) 资源调度与分配

**功能：** 确定项目所需的人力、物力资源，合理分配资源，避免资源冲突，保证施工进度。

**实现：** 利用资源管理软件（如 Primavera、ProjectLibre）、排程图表等工具，进行资源调度，制定资源计划表，并随时跟踪和调整资源使用情况。

#### (4) 风险管理与应急预案

**功能：** 识别项目中可能出现的风险因素，制定应对策略和应急预案，降低工期延误风险。

实现：进行风险评估和分析，建立风险登记册，明确风险责任人，制定相应的风险应对方案，并在项目实施中时刻关注风险的动态变化。

(5) 里程碑设定与监控

功能：设定关键里程碑节点，监控项目进度达成情况，及时发现工期偏差并采取对策。

实现：制定项目进度计划，明确关键里程碑，设置监控节点，定期进行进度检查，并利用项目管理软件进行在线监控和汇报。

(6) 沟通与协调机制

功能：建立项目组内外的有效沟通机制，协调各方资源和工作，确保信息畅通。

实现：确定沟通渠道和频率，定期召开会议、编写汇报和进度报告，建立问题反馈和解决机制，保持团队的高效协作。

1.2 10kV 配电线路全生命周期自适应工程数据采集

采集 10kV 配电线路全生命周期自适应工程数据，首先需要确定采样间隔。确定采样间隔的意义在于平衡数据采集的工作量与数据精度之间的关系，通过选择合适的采样间隔，既能够确保采集到足够的数据以支持工程分析和决策，又能够减少不必要的数据采集和处理成本，提高数据采集的效率和可操作性。

设定对 10kV 配电线路工程数据采集的基础时间间隔由  $T_{unit}$  定义，其中  $T$  表示数据采集的基本时间间隔。在此基础上，可以定义 10kV 配电线路的最大采样时间间隔为  $T_{max}$ ，即当数据变化明显时采样的时间间隔。同时，设定最小采样间隔为  $T_{min}$ ，表示数据变化微弱时采样的最小时间间隔。此外，引入全生命周期影响因子  $\lambda$ ，用于调节采样间隔以适应不同阶段的工程变化。因此，确立的 10kV 配电线路全生命周期自适应采样间隔  $\Delta T$  可通过如下方程表达：

$$\Delta T = \left\lceil \lambda \frac{T_{max}}{T_{unit}} \right\rceil + T_{unit}, \Delta T \geq T_{min} \quad (1)$$

设计的工程数据采集器如图 2 所示。

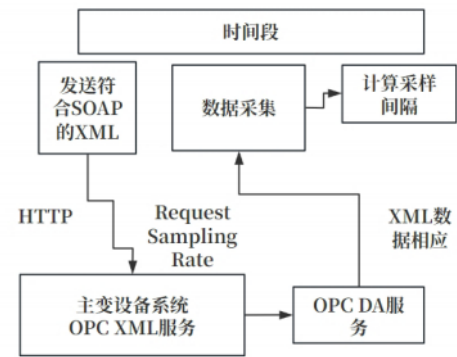


图 2 配电线路全生命周期工程数据采集器

1.3 10kV 配电线路工程工期进度工作分解模型

通过工作分解模型，将整个 10kV 配电线路工程按照不同层次与阶段进行划分，细化为任务、子任务和工作包等可管理的单元。这样有助于明确每个工作包的具体内容、工作范围和所需资源，有利于任务分工、责任划分和项目进度管控。且工作分解模型可以帮助准确定义 10kV 配电线路工程中各任务之间的逻辑关系与依赖性，明确任务间的先后顺序、耦合关系和交叉影响。这有助于形成完整的工程进度计划，避免任务之间的冲突和漏洞。10kV 配电线路工程复杂项目工期工作分解结构模型如图 3 所示。

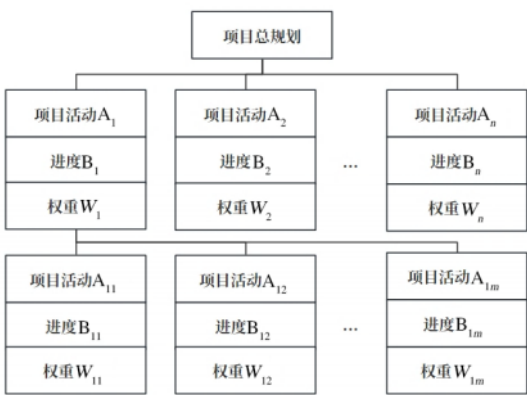


图 3 10kV 配电线路工程复杂项目工期工作分解结构模型图

#### 1.4 10kV 配电线路工程复杂项目工期预测

构造 10kV 配电线路工程复杂项目工期预测表达式为：

$$\begin{cases} K_i = \sum_{i=1}^n K_i \cdot w_i \\ K_{ij} = \sum_{j=1}^m K_{ij} \cdot w_{ij} \\ K_{ijk} = \sum_{k=1}^p K_{ijk} \cdot w_{ijk} \\ \vdots \end{cases} \quad (2)$$

式中， $K_i$  为当前时刻 10kV 配电线路工程复杂项目工期的预测结果； $n$ 、 $m$  与  $p$  分别为一级、二级与三级项目活动的总数量； $K_i$  与  $w_i$  分别为一级项目活动的进度值与权重系数； $K_{ij}$  与  $w_{ij}$  分别为二级项目活动的进度值与权重系数； $K_{ijk}$  与  $w_{ijk}$  分别为三级项目活动的进度值与权重系数。

10kV 配电线路工程复杂项目工期预测流程如图 4 所示。

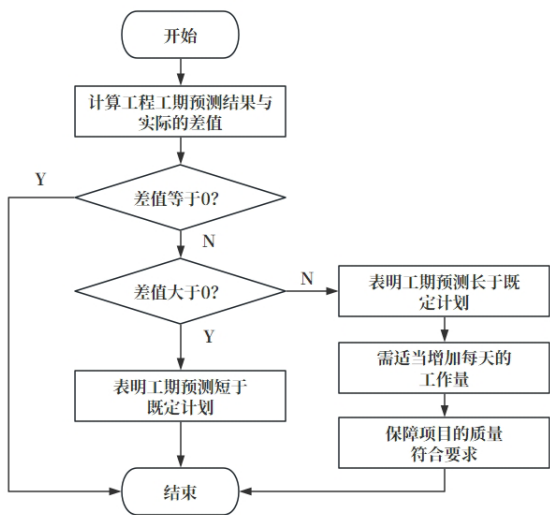


图 4 10kV 配电线路工程复杂项目工期控制程序图

执行图 4 所示程序，即可完成工程工期的有效预测，实现研究目标，为 10kV 配电线路工程复杂项目工期的顺利开展提供助力。

#### 2 实验设计与结果验证

为验证研究方法的有效性，以某国内 10kV 配电线路工程为例完成测试。该项目位于中国某市南区，是为了提升当地电力供应能力、加强配电网安全性而进行的 10kV 配电线路升级改造工程。该区域电力负荷逐年增长，原有的配电线路设施已无法满足需求，因此需要进行全面升级改造。

##### (1) 项目范围和主要内容

设计规划阶段：包括方案设计、勘测、设计编制等工作；

采购准备阶段：涉及设备材料采购、合同签订等；

施工阶段：包括线路架设、变压器升级、接线调试等工作；

验收交付阶段：进行工程验收、系统演示、文档整理等。

##### (2) 关键任务和时间节点

设计规划阶段（预计耗时 3 个月）：从 2023 年 3 月 1 日至 2023 年 5 月 31 日；

采购准备阶段（预计耗时 2 个月）：从 2023 年 6 月 1 日至 2023 年 7 月 31 日；

施工阶段（预计耗时 8 个月）：从 2023 年 8 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日；

验收交付阶段（预计耗时 1 个月）：从 2024 年 1 月 1 日至 2024 年 2 月 29 日。

##### (3) 难点和风险

在施工阶段，可能会受到天气影响，特别是雨雪天气会影响线路架设进度；

采购准备阶段可能会遇到供应链延误或物资质量问题影响后续工作的推进；

为了方便后续实验的进行，结合实验 10kV 配电线路工程复杂项目工期实际情况，确定项目活动权重系数，具体如表 1 所示。

表 1 项目活动权重系数表

| 1 级项目活动   | 权重系数 | 2 级项目活动  | 权重系数 |
|-----------|------|----------|------|
| 规划与设计阶段   | 0.16 | 设计方案评审   | 0.02 |
|           |      | 勘测设计     | 0.05 |
|           |      | 施工图纸编制   | 0.03 |
| 采购与物资准备阶段 | 0.40 | 场地准备     | 0.06 |
|           |      | 设备材料采购申请 | 0.20 |
|           |      | 供应商评估    | 0.03 |
|           |      | 合同谈判     | 0.08 |
| 施工与安装阶段   | 0.18 | 物流运输安排   | 0.09 |
|           |      | 施工组织协调   | 0.07 |
|           |      | 施工监督检查   | 0.04 |
|           |      | 设备安装调试   | 0.03 |
|           |      | 现场安全管理   | 0.04 |
| 验收与交付阶段   | 0.23 | 工程验收计划编制 | 0.11 |
|           |      | 验收检测报告   | 0.07 |
|           |      | 系统演示     | 0.01 |
|           |      | 培训计划制定   | 0.04 |

在 10kV 配电线路工程复杂项目中，1 级项目活动通常是指整个工程项目中的最高层次任务或阶段，一般包括以下几项：

规划与设计阶段：包括项目立项、需求分析、工程规划、设计方案制定；

采购与物资准备阶段：涉及设备材料采购策划、供应商选择、合同签订；

施工与安装阶段：包括现场施工管理、设备安装调试、质量检验；

验收与交付阶段：进行工程的验收、移交、文档归档。

在 2 级项目活动中，按照 1 级项目活动的不同阶段进一步细化，可包括以下例示的 2 级项目活动：

规划与设计阶段：设计方案评审、勘测设计、施工图纸编制、场地准备；

采购与物资准备阶段：设备材料采购申请、供应商评估、合同谈判、物流运输安排；

施工与安装阶段：施工组织协调、施工监督检查、设备安装调试、现场安全管理；

验收与交付阶段：工程验收计划编制、验收检测报告、系统演示、培训计划制定。

以表 1 为测试依据，利用研究方法、文献 [3] 方法和文献 [4] 方法进行对比，完成下述测试。

随机选取 5 个时间点，并将其编号为 1#~5#，应用研究方法、文献 [3] 方法与文献 [4] 方法获取项目工期的预测结果，具体如表 2 所示。

表 2 项目工期预测结果

| 实验时间点编号 | 应用方法    | 工期预测结果/天 |
|---------|---------|----------|
| 1#      | 实际工期    | 25.69    |
|         | 研究方法    | 25.68    |
|         | 文献[3]方法 | 21.42    |
|         | 文献[4]方法 | 22.10    |
|         | 实际工期    | 19.56    |
| 2#      | 研究方法    | 19.55    |
|         | 文献[3]方法 | 25.74    |
|         | 文献[4]方法 | 26.37    |
|         | 实际工期    | 23.67    |
|         | 研究方法    | 23.66    |
|         | 文献[3]方法 | 17.85    |
|         | 文献[4]方法 | 19.56    |
|         | 实际工期    | 58.67    |
| 4#      | 研究方法    | 58.66    |
|         | 文献[3]方法 | 45.85    |
|         | 文献[4]方法 | 67.89    |
|         | 实际工期    | 62.41    |
|         | 研究方法    | 62.44    |
|         | 文献[3]方法 | 63.45    |
|         | 文献[4]方法 | 61.47    |

如表 2 所示，文献 [3] 方法与文献 [4] 方法应用后获得的项目工期预测结果与实际项目工期数值存在一定的偏差，相比之下，研究方法项目工期预测精度更高。这主要是因为本研究通过工期进度工作分解模型，将项目工期分解为具体的任务和活动，并建立它们之间的因果关系。在预测过程中，充分考虑各项工作的耦合关系和影响因素，能够更精确地掌握工期的演化过程。

3 结束语

本研究方法在工期预测中采用综合性的框架和

模型，将数据驱动的分析和建模技术应用于预测过程中，准确把握了因果关系，并进行实时监控和调整。研究方法不仅考虑项目复杂性和不确定性，还针对10kV 配电线路工程的特点进行定制化的预测模型构建。实验结果的高一致性进一步验证了该方法的准确性和可靠性。

这项研究对于10kV 配电线路工程的工期预测具有重要意义。通过提供准确和可靠的工期预测结果，可以帮助项目管理者做出科学决策，合理安排资源和任务，提高项目的执行效率和质量。未来，可以进一步完善和优化该方法，结合新的技术和工具，为配电线路工程的工期控制和项目管理提供更为有效的支持。

参考文献

[1] 杨鑫，王延夫，唐国栋，等. 耦合地线在10kV 架空线路中的应用研究 [J]. 高压电器，2022，58（12）：92-101，108.

[2] 赵书静，龚梁涛，詹博博，等. 基于FMCW 的10kV 配电电缆故障定位及类型识别方法 [J]. 中国电机工程学报，2023，43（11）：4452-4463.

[3] 王军武，王靖，刘森，等. 基于PSO-BP 的明挖法地铁车站施工工期预测 [J]. 土木工程与管理学报，2022，39（2）：7-11，18.

[4] 周国华，张华珂. 基于多工作面的铁路特长隧道施工进度计划优化 [J]. 运筹与管理，2023，32（9）：21-27.

[5] 鲍学英，左芯，胡所亭，等. 铁路工程技术接口工序工期缓冲管理研究 [J]. 铁道工程学报，2023，40（1）：116-121.

(收稿日期：2024-02-27)