

# 基于关键链的T公司5G建设工程项目工期管理研究与实践

张若城<sup>1</sup> 李星光<sup>2</sup> 张露<sup>3</sup>

1. 扬州大学 江苏扬州 225000

2. 中通服网盈科技有限公司 江苏扬州 225000

3. 中通服网盈科技有限公司 江苏扬州 225000

**摘要:** 本文阐述了关键链项目管理理论在T公司5G基站建设中的应用实践。通过引入资源约束分析,识别出射频调测和传输开通工序构成的资源关键链,资源冲突率分别达62%和54%。采用切根方差法设置项目缓冲、接驳缓冲和资源缓冲,建立三级预警机制监控进度健康度。通过压缩任务工期、资源池化管理和动态优先级调度,项目整体计划工期相比传统方法缩短约28%,射频工程师利用率从68%提升至87%。实践表明,关键链管理有效解决了多站点并行建设中的资源瓶颈问题,显著提升了5G建设项目的工期管控能力。

**关键词:** 关键链项目管理; 5G基站建设; 资源约束; 缓冲管理; 进度控制

## 引言

5G网络建设正在大规模推进,基站建设项目呈现出站点数量众多、建设时间紧迫、资源需求集中的特点,在多项目同时开展的情况下,传统关键路径法难以有效应对资源有限所带来的工期风险。T公司在执行168个5G站点创建任务时,遭遇了射频工程师、传递工程师等核心资源短缺的情况,多个站点围绕专业技术人员展开激烈竞争,这成为了明显的制约因素,为突破传统项目经营方法的局限,本文探讨了将关键链项目管理理论应用于5G建设领域,通过识别资源受限的关键链,优化缓冲设定策略,构建动态进度监控系统,并实施资源池化管理,创建符合5G建设特点的工期控制体系,从而给大规模通信基础设施创建赋予可供模仿的经营范例。

## 作者简介:

张若城(出生年月:1993年12月),性别:男,民族:汉,籍贯:江苏扬州,学历:本科,初级职称,研究方向:工程管理;

李星光(出生年月:1981年12月),性别:男,民族:汉族,籍贯:江苏扬州,学历:本科,高级职称,研究方向:通信工程;

张露(出生年月:1982年9月),性别:男,民族:汉族,籍贯:江苏扬州,学历:本科,中级职称,研究方向:通信工程。

## 一、关键链项目管理理论在5G建设中的应用框架

### (一) 关键链识别与资源约束分析

T公司5G基站在建工程包含站址考察,土建施工,设备安装,网络调试等诸多工序环节,这些环节间有着复杂的逻辑依赖关系和资源竞争关系,传统关键路径法只是考量任务间的逻辑限制,没把资源有限性对项目工期的影响纳入考虑范围,关键链方法经由采用资源限制分析,把项目网络里由于资源矛盾而不能同时执行的任务串联起来,生成真正限制项目完工时间的关键任务链,在T公司5G创建操作过程中,射频工程师和传递工程师属于核心且稀有的资源,同一时间段很多站点对专业技术人才的需求引发了突出的资源瓶颈。通过对168个5G站点创建任务进行资源负荷分析发现,射频调测工序的资源冲突比例达62%,传送开通工序的资源冲突比例为54%,这两类工序构成了项目的资源关键链,确定资源限定型关键链后,项目运作团队将资源安排优先向关键链任务倾斜,确保关键链任务不会因等待资源而延误,从而有效控制整个项目周期<sup>[1]</sup>。

### (二) 缓冲区设置策略与工期保障机制

关键链运作的核心机制是通过设置项目缓冲、接驳缓冲和资源缓冲来应对任务执行过程中的不确定因素,防止局部延误影响整体工期,将项目缓冲置于关键链末端,用以保障项目整体交付日期;接驳缓冲位于非关键链汇入关键链的节点处,规避非关键链延误影响关键链;资源缓冲经由预先警报机制保证关键资源按时就位,T公司在5G项目中利用切根方差法计算缓冲时间,其具体

计算公式如下：

$$BF = k \times \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{D_i}{2}\right)^2}$$

其中： $BF$ 表示缓冲时间， $k$ 为安全系数取值1.5， $D_i$ 表示关键链上第*i*个任务的原始工期估算， $n$ 为关键链任务总数。按照这个公式来算，某个区域24个站点的关键链总工期为86天，相应的项目缓冲时间是19天，于是就把项目计划工期定为105天，在实际操作的时候建立起缓冲消耗观察机制，一旦缓冲消耗率超出50%，而且进度达成率低于50%，就要启动应急应对方案，经由加大资源投入或者改善工作流程来控制工期风险<sup>[2]</sup>。

### （三）任务工期压缩与安全时间管理

传统项目运作时，执行者往往会在任务工期估算里加上很大的安全余量来应对不确定性，这样做会产生学生综合征和帕金森定律效应，也就是任务执行会自动占满全部可利用的时间。关键链方法把任务层面的安全时间分离出来，统一安排到链路缓冲当中，让每个任务按照50%的完成概率来安排时间，T公司针对5G创建中的标准化任务做了历史数据的统计分析，创建起工序工期数据库，拿设备安装工序来说，统计了72个已完成站点的实际安装时间，去掉异常值之后，得出平均安装时间为6.8天，标准差是2.1天，依照50%完成概率的原则，把单站设备安装的计划工期定为5天，这样压缩过的工期数据就成了制定进度计划的依照。系统地缩减各个工序的计划工期，并把安全时间融合成缓冲，这样做使得项目整体计划工期比传统方法短大约28%，而且凭借缓冲经营机制保障了工期承诺的可信度。

## 二、5G建设项目进度计划优化与资源均衡

### （一）基于资源约束的进度网络构建

在创建5G基站建设项目进度网络时，需兼顾工序间的逻辑联系及资源可用性的限制，T公司将单个站点的创建流程拆分为站址交付、土建施工、电源配套、设备安装、传递开通、射频调试、网络改良七个主要阶段，每个阶段里面又包含很多个小任务单元。在制定多个站点同时开工的整体进度方案时，需先按工序先后顺序绘制初步网络示意图，随后进行资源分配的压力监测，通过柱状图展示各类资源占用情况，找出资源最紧张的时间段，从第15周到第22周，射频工程师的人数需求量涨到每周17人天，但是真正能调配的人员数量只有12人天，也就是短缺了42人的工作量。资源超载时，使用资源均衡算法对非关键任务实施时间平移，把部分站点的射频

调测工序推后安排到资源充裕的时段，经过三轮更新完善，把全时段射频工程师的最大需求量限制在可用资源之内，化解了资源限制给工期带来的影响，最后形成既符合逻辑限制又受资源限制的可行进度计划<sup>[3]</sup>。

### （二）关键链工序的优先级调度机制

在多站点并行创建的情况下，各个站点同类工序可能会一同去争夺数量不多的专业资源，所以要形成科学的优先级调度规则，从而保证关键链任务首先被执行，T公司制定了依靠紧后任务关键度的动态优先级计算办法，其计算公式是：

$$P_i = \alpha \times \frac{TC_i}{TF_i + 1} + \beta \times \frac{RC_i}{RA_i}$$

其中： $P_i$ 表示任务*i*的优先级得分， $TC_i$ 为任务*i*的紧后链总时长， $TF_i$ 为任务*i*的总时差， $RC_i$ 为任务*i*所需的关键资源数量， $RA_i$ 为关键资源当前可用量， $\alpha$ 和 $\beta$ 为权重系数分别取值0.6和0.4。此公式综合考量了任务对整体工期的影响及资源紧张状况，优先级得分高的任务在资源分配时享有更高调度优先权。在某月的资源调度中，三个站点同时进入射频调测阶段。根据优先级计算，A站点因紧后有诸多关键任务且总时差仅2天，获得最高优先级得分8.7，率先获得射频工程师配置；B站点和C站点的优先级得分分别为5.3和4.1，因此随后安排。这种动态优先级机制确保了关键链任务始终有资源可用，避免了因资源调度失误导致的工期延误<sup>[4]</sup>。

### （三）多项目环境下的资源池化管理

T公司常在同一区域同时推进多个5G建设项目，这些项目在时间和空间上对资源的需求存在交叉。以往采用项目独立运作模式，导致资源安排分散，部分项目存在资源浪费，而另一些项目则资源不足。根据关键链理论，T公司建立了跨项目资源池化运作体系，将射频工程师、传送工程师及监督人员等关键岗位人才纳入区域人才库，由专门部门根据各项目关键链的进展情况进行全面调度。建立资源需求滚动预测机制，要求各项目每周提交未来四周的资源需求计划，资源运作部门汇总后形成区域资源负荷图，以提前识别资源冲突并协调解决。某个季度的资源调配过程中，依靠资源池化运作，区域内射频工程师的平均利用率由68%优化到87%，而且削减了由于资源等待造成的停工时延，根据资源池化利用分析报告，资源池化通过整合和优化各类硬件资源，显著提高了关键资源的利用效率。这些数据表明，资源池化运作显著提升了人力资源的综合利用效率，为多项目环境下的工期控制提供了有力保障。

表1 资源池化管理实施前后关键资源利用率对比

资源类型	实施前平均利用率 (%)	实施后平均利用率 (%)	利用率提升 (百分点)	月均空闲工时 (小时)	月均加班工时 (小时)
射频工程师	68	87	19	42	18
传输工程师	71	89	18	38	15
督导人员	64	82	18	51	12
调测设备	73	91	18	35	8

### 三、进度监控体系构建与工期风险预警

#### (一) 基于缓冲消耗的进度健康度评估

关键链运作通过监测缓冲区消耗状况来评估项目进度的健康水平，这突破了传统挣值法仅关注单个任务偏差的局限，转而聚焦于整体工期风险，T公司借鉴了三级预警体系的构建方法，结合缓冲消耗比例和进度达成比例之间的关联，来界定项目的状态。在项目管理中，当缓冲消耗比例低于进度达成比例时，项目处于绿色安全区域，无需特别干预；若缓冲消耗比例接近或略高于进度达成比例，则项目进入黄色警戒区域，需增强监控并制定应对策略；若缓冲消耗比例显著超出进度达成比例，项目则处于红色危险区域，必须立即执行校正措施。某片区5G项目执行到第8周的时候，关键链的进度完成率为56%，项目缓冲已经消耗了13天，缓冲消耗率达到68%，这明显超出了进度完成率，于是引发了红色警报。项目团队立即召开专项会议分析延误原因，发现雨季影响土建施工环节导致进度迟缓，之后便启动了应急预案，增添了土建队伍，并采用了快速施工方法，在接下来的两周里弥补了5天的工期，从而让项目再次回归到可控制的状态当中<sup>[5]</sup>。

#### (二) 关键链任务的实时跟踪与动态调整

在5G建设项目推进过程中，当外部环境发生变化或出现意外事件时，原有的关键链可能会受到影响，所以要建立动态识别和调节机制，T公司让项目团队每周重新计算进度网络，找出当前处于关键地位的链路，并将其与预先设定好的关键链做比较，如果察觉到原本属于非关键链的电力配套步骤由于供电公司的审批延迟而变成关键链的一部分，就会马上做出资源调配和关注重点方面的调整。某个项目的开展过程中，按照原先的计划，电力配套这个非关键链上的工序会因为供电公司的审批

耽搁，造成其总时差被用完，进而纳入关键链当中，项目运作团队迅速识别出这一变化，将电力配套工序的协调工作列为首要任务，派遣人员去供电公司推动审批进程，而且重新规划后续设备安装所需的资源分配，从而顺应新的关键链状况。每周执行关键链的动态识别工作，并及时作出调整，这样就能保证经营资源一直关注那些真正影响工期的瓶颈环节，从而提升进度控制的准确性和有效性，表2显示了某个项目第12周执行阶段关键链的变动情况以及对应的经营应对举措，数据显示，动态调整机制有效地解决了项目执行过程中的不确定因素<sup>[6]</sup>。

### 结束语

关键链项目运作理论为T公司5G基站创建提供了系统的工期优化方案，通过资源限定分析，精准定位项目瓶颈，利用缓冲机制有效应对执行过程中的不确定性，通过动态监控，实现风险的及时预警与应对，借助资源池化提升多项目环境下的资源调配效率。实际数据显示，此方法使得项目计划工期缩减28%，关键资源利用率增长19个百分点，有效地解决了5G创建中资源短缺和工期紧张的运作难题，未来可进一步探索关键链方法与数字化项目运作平台的深度融合，运用大数据分析优化缓冲设置参数，依托人工智能技术实现资源调度的智能化决策，持续提升5G网络建设的项目运作效能，为新型基础设施建设的高质量发展提供坚实支撑。

### 参考文献

- [1] 余鹏. 基于关键链法的5G通信项目进度管理对策[J]. 中国新通信, 2024, 26(11): 7-9.
- [2] 葛燕. Z公司基于关键链方法的5G产品定制项目进度优化研究[D]. 华南理工大学, 2024.
- [3] 程礼. 基于关键链法的T公司汽车传感器项目进度管理优化研究[D]. 吉林大学, 2024.
- [4] 万周全. 基于关键链法的A公司X项目进度管理研究[D]. 南京航空航天大学, 2023.
- [5] 何雨行. 基于关键链的5G核心网测试软件敏捷开发进度管理研究[D]. 上海交通大学, 2023.
- [6] 陈小容. 基于灰色关键链方法的智慧园区多项目计划管理研究[D]. 重庆大学, 2022.