

## 4.2 节能环保型施工机械与临建

动态影响分析：采用符合国四及以上排放标准的非道路移动机械，其购置或租赁单价可能更高。但其燃油效率高，长期燃油成本低，且能避免因排放不达标导致的停工罚款或环保税。使用太阳能光伏板供应营地照明，初期有投资，但能大幅减少施工期电费支出。控制策略：在机械选型与采购招标中，引入“总拥有成本”概念，将能耗、排放维修率等纳入评标体系。对临建设施进行标准化、装配化、绿色化设计，实现多次周转使用，摊薄单次项目的绿色投入成本。

## 4.3 生态环保技术与工艺

动态影响分析：如声屏障采用吸声效果更好、且使用回收材料制作的环保型产品，其单价可能高于普通金属屏障。但其降噪效果更佳，能减少对周边社区的干扰，降低投诉风险和潜在的工期延误成本。表土剥离与保护再利用技术，增加了初期工序，但保护了珍贵的土壤资源，为后期绿化复垦节省了客土购买费用，生态价值显著。控制策略：在环境影响评价阶段，就量化分析不同环保方案对周边社区的潜在影响及其可能引发的经济风险（如赔偿、诉讼）。在成本预算中，设立“环境风险准备金”，并优先投资于能实质性降低长期环境风险与运营维护成本的生态技术。

# 5 实施保障与挑战

## 5.1 保障措施

组织与制度保障：项目公司应设立跨部门的绿色成本控制小组，整合工程、合约、财务、环保部门的职能。制定《绿色施工成本动态控制实施细则》；技术与数据保障：投资建设集成BIM、GIS、物联网、大数据分析的智慧工地管理平台，为动态控制提供可靠的数据基础；人员与能力保障：加强对项目管理及施工人员的绿色施工与全生命周期成本理念的培训，培养复合型管理人才。

## 5.2 面临挑战

标准与定额体系滞后：现有公路工程预算定额体系未能充分反映许多绿色新技术、新工艺、新材料，导致其成本难以准确计量和计价；长期数据缺失：全生命周期成本评估依赖长期的运营数据，目前项目各阶段数据割裂，运营期数据难以与建设期绿色措施有效关联；短期利益导向：在建设主体与运营主体分离的模式下，投资方可能缺乏为长期运营效益而增加初期绿色投入的动力。

# 6 结语

在生态文明建设的新时代语境下，高速公路建设的成

本控制已不能局限于传统的经济账本。从绿色施工的视角出发，成本控制被赋予了更丰富的内涵和更广阔的时间维度。本文研究表明，绿色施工与成本动态控制并非矛盾体，而是可以通过系统性的融合，共同服务于建设项目全生命周期综合价值最优化的统一体。将绿色目标转化为成本参数，并将其纳入从规划、设计、施工到运营的全过程动态管理闭环，是实现这一融合的关键。这要求项目管理从思维模式到工具方法进行全面升级：从追求短期、显性成本最低转向追求长期、综合成本最优；从依赖经验静态管理转向依托数据动态决策；从部门割裂管理转向全链条协同管控。

尽管面临标准滞后、数据壁垒和利益机制等现实挑战，但这一转型趋势不可逆转。未来的研究与实践应聚焦于：开发适用于绿色公路工程的全生命周期成本计价标准与软件工具；构建跨项目、跨区域的基础设施绿色绩效与成本大数据平台；探索创新性的投融资与合同模式（如绿色债券、绩效合同），以激励全生命周期绿色价值的实现。唯有如此，高速公路才能不仅作为连接地理空间的物理通道，更成为践行绿色发展理念、承载低碳未来的典范工程，真正实现经济效益、环境效益与社会效益的和谐统一，为交通强国和美丽中国建设奠定坚实的基础。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国交通运输部. 绿色交通“十四五”发展规划[Z]. 2021.
- [2] 中国公路学会. 公路工程绿色施工规范: JTG/T 3610-2019[S]. 北京: 人民交通出版社, 2019.
- [3] 建设项目全生命周期造价管理研究课题组. 建设项目全生命周期成本管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [4] 王守清, 柯永建. 特许经营项目融资(BOT、PFI和PPP)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015. (其中涉及全生命周期成本分析)
- [5] Zhang, X., Wu, Y., Shen, L., et al. A framework for assessing the carbon footprints of mega infrastructure projects. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 162, 105-115.
- [6] 刘伊生, 王小龙. 基于BIM的工程项目成本动态控制研究[J]. *工程管理学报*, 2018, 32(02): 1-6.
- [7] 肖绪文, 冯大阔. 建筑工程绿色施工现状分析及推进建议[J]. *施工技术*, 2013, 42(01): 1-4.
- [8] 李蕾, 陈建国. 基于物联网的施工项目成本实时监控系統研究[J]. *土木工程与管理学报*, 2019, 36(04): 174-180.
- [9] 胡文发, 何新华. 绿色施工驱动因素及实施障碍的实证研究[J]. *中国软科学*, 2012, (S2): 200-208.

# The embedded-Software Online Incremental updating scheme for Satellite embedded devices

Tianlong Sun

The 10th Research Institute of CETC, Chengdu, Sichuan, 610036, China

## Abstract

To Adapt the changing application requirement In Satellite Communication field, providing the online update service is an absolutely effective method to improve the performance of software updating. The embedded software of Satellite terminal device's updating is constrained by the resource of satellite's communication channel, the stability of transmittal, speed, the capacity of storage and the processing, and so on, therefore, the article is trying to design a kind of Online Incremental updating scheme to resolve the above problems.

## Keywords

Dicdiff algorithm; Architecture of dictionary; Sub-Sequence Search; Suffix tree; Update online

## 基于动态数据字典的卫星终端嵌入式软件 OTA 方案

孙天龙

中国电子科技集团公司第十研究所, 中国 · 四川 成都 610036

## 摘要

在卫星通信领域, 为适应不断变化的应用需求, 对分布在广泛地理区域的卫通星载设备、卫星终端提供软件远程在轨升级服务, 可大幅节省设备维护成本, 同时有效提升软件升级效能。卫通星载设备和卫星终端嵌入式软件远程在轨升级和加载运行时通常受制于卫通信道的资源限制、传输稳定性、速率、终端存储和处理能力等因素, 因此本文将探讨一套卫通终端嵌入式软件的在线增量高效OTA方案, 以适应卫星终端嵌入式设备软件的高效能升级需求的应用场景。

## 关键词

增量包构造算法; dicdiff算法; 字典结构; 子序列搜索; 后缀树; 在轨升级

## 1 引言

随着卫星通信技术不断发展, 基于卫星通信系统的集成应用需求日益增加, 卫星终端嵌入式软件作为实现卫星通信应用的重要软载体, 为满足不断变化的应用需求, 卫星终端将面临跨多区域、小步迭代、频繁变更的软件在轨升级需求。

本方案相较于卫通行业其它卫星终端升级, 更优化设计了基于数据字典的增量升级技术, 同时借鉴了当前主流智能汽车 OTA 关键技术, 在综合效能、压缩效能、升级容错等方面, 进行更体系的设计, 并在实测场景中展现出更好的升级效能、容错性、稳定性等优势。

## 2 设计方案

### 2.1 关键技术概述

本方案实现的关键技术主要包括: 1) 增量更新算, 采用构造增量包和恢复全文件进行升级 2) 版本控制与校验, 升级文件版本控制和采用 MD5 码生成校验 3) 分片传输与断点续传, 通过设计传输协议, 分片待传输文件, 并实现断点记录和续传 4) 安全传输和加密 5) 多线程和异步处理, 使用多线程处理文件传输、解压缩、安装等, 并支持后台异步处理 6) 回滚机制, 升级失败时能回滚到旧版本 7) 日志记录与反馈, 记录升级过程中的关键事件, 如: 进度、安装状态、错误信息等 8) 降级策略, 在版本不兼容或升级性能下降时自动降级到旧版本。

本方案主要探讨基于动态数据字典的增量更新技术在卫通终端嵌入式软件 OAT 中的实现和应用。在卫通信道资源受限、升级效能要求高的背景下, 将增量更新技术应用于卫星星载设备及卫星终端嵌入式软件增量升级服务中, 可极大地缩小文件传输和存储的时空消耗, 非常适应卫星终端远

【作者简介】孙天龙 (1991-), 满族, 中国黑龙江绥化人, 硕士, 工程师, 从事通信软件系统设计。

程升级的应用场景。增量更新机制见图 1。

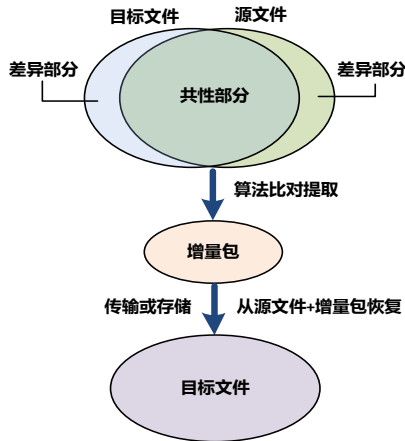


图 1 软件增量更新机制

### 2.2 增量包构造算法分析

增量包构造是实现增量更新的关键步骤，合成新文件是构造的逆过程，构造增量包的算法主要是使用数据结构、文件对比算法和差异编码算法，这些算法的时空复杂度及压缩率不同，但都是基于有效的方法查询文件的公共数据段（即相同部分内容），以此来构造增量包。

对于公共数据段的查找是否全面且高效，决定了算法的压缩率，也决定了新旧数据包的差异大小，以及增量包的尺寸大小。目前基于子序列搜索的公共数据段选择方法处理长字符串的应用耗时较大，效率较低；基于字典结构的公共数据段选择方法效率较高，常用算法有 **dicdiff** 动态数据字典算法、**rdiff** 算法等；基于后缀树搜索的公共数据段选择方法构造增量包的时间较长，数据压缩率较高，常用算法有 **bsdiff** 算法等。

### 2.3 系统架构和流程设计

本方案设计在本地开发部署软件在线升级服务端，提供对不同空间区域卫星终端软件在线升级服务。卫星终端作为客户端，服务端综合考虑时间效率、压缩率等因素选取基于动态字典的增量包构造算法（**dicdiff** 算法）进行设计，结合当前本地软件文件通过实现增量更新算法逆过程恢复构建待升级新版数据文件。

在线增量升级嵌入式软件设计采用分层、组件化、服务化逻辑架构进行设计，逻辑架构分为基础构建层、服务层、应用层三层架构来实现。其中基础构件层主要包括：服务订阅组件、线程组件、文件组件、定时器组件、序列化组件等基础服务。服务层主要包括：**dicdiff** 增量算法服务、数据压缩服务、文件传输服务等。应用层主要包括：升级控制、升级状态监视、信道通信状态监视等。增量升级流程见图 2。

### 2.4 算法和处理流程

本方案提升升级效能的关键在于提高增量包的数据压缩率。算法采用基于动态字典的 **dicdiff** 算法，实现高数据压缩率、高时间效率的安装文件增量包升级，主要实现查找

和编码两方面的解决方案。查找方案寻求在旧版本文件中查找到尽可能多的公共数据段，减少增量包的差异信息，从而提升增量升级包的数据压缩率。基于动态字典算法，根据新旧文件数据，获取前部数据构造为新文件的后部数据的已知数据集，形成动态字典，并根据增量包构造逐步完善动态字典以支持查询能力的提升。同时，需要通过后缀数组、前缀数组来构建字典目录用于提高内容的索引查询效率。基于动态字典的增量包构造流程见图 3。

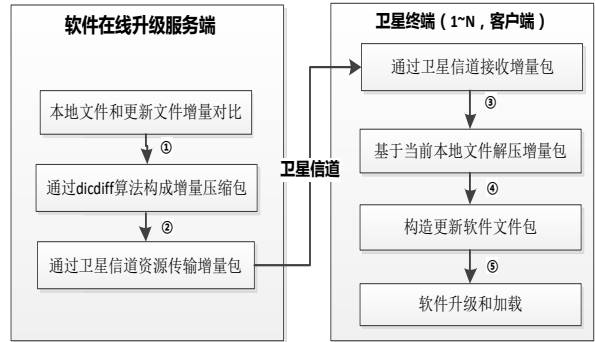


图 2 系统增量升级流程设计

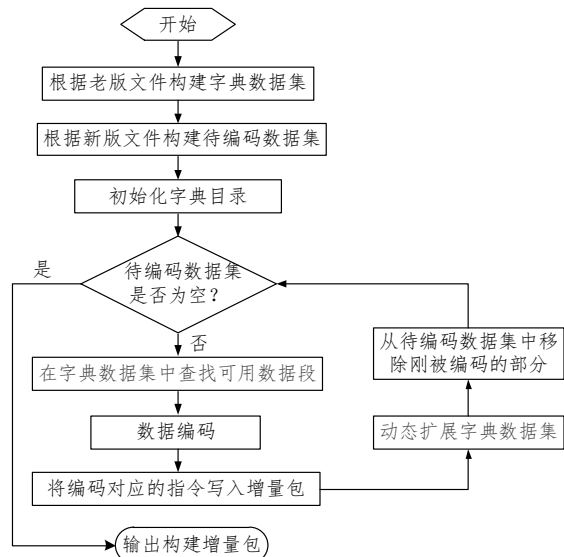


图 3 基于动态字典算法的增量包构造流程

动态字典由字典目录、动态调整的字典数据集两部分构成。字典目录由新版文件后缀数组  $N_{suffixArray} [ ]$ 、新版文件名次数组  $N_{rankArray} [ ]$ 、老版文件后缀数组  $O_{suffixArray} [ ]$  组成。字典数据集初始为老版文件，在编码过程中动态地由已被编码的数据作为已知数据补充到初始字典数据集，进行迭代完善。

该算法在已知数据集与待编码数据集之间查找最长公共前缀，用于解决基于字典目录在字典数据集中查找可用数据段。该算法需解决查询和编码问题域，其方法具体如下：

查询采用基于老版文件后缀数组的二分查询算法，在老版文件中查找可用于构造新版本文件的片段，首先确定待