

索道运输技术在山地施工中的应用

黄英全¹ 马辉山¹ 韦昌亮¹ 李侃² 殷萌² 邹红³

1 中国铁路南宁局集团有限公司柳州铁路工程建设指挥部

2 中铁十四局集团有限公司

3 邵阳学院土木与建筑工程学院

DOI:10.12238/bd.v9i3.4407

[摘要] 在山地等特殊施工区域,由于山坡坡度与高差非常大,使得修建临时道路汽车运输施工材料或者相关机械设备受限。基于此,本文从现场选址、门架搭设以及运输路径选取等发展了一种适用于山地施工作业中的循环式索道运输技术。研究与现场应用表明:此技术运输作业较为便易,在保证运输作业安全过程中,较传统运输作业方式较大的提高了作业效率,创造了相当的经济效益与环境效益,在类似工程中存在一定实用与推广价值。

[关键词] 山地施工; 材料运输; 索道架设

中图分类号: TV51 **文献标识码:** A

Cableway Transport Technology in Mountain Construction

Yingquan Huang¹ Huishan Ma¹ Changliang Wei¹ Kan Li² Meng Yin² Hong Zou³

1 Liuzhou Railway Project Construction Headquarters, China Railway Nanning Group Co., Ltd.

2 China Railway 14th Bureau Group Co., Ltd.

3 College of Civil and Architectural Engineering, Shaoyang University

[Abstract] In mountainous and other special construction areas where steep slopes and significant elevation differences exist, temporary road construction for vehicle transportation of construction materials or related equipment is often constrained. This paper develops a circulating cableway transport technology suitable for mountainous construction operations through site selection, gantry erection, and transport route optimization. Research and field applications demonstrate that this technology offers convenient transport operations, significantly improves work efficiency compared to traditional methods while ensuring operational safety, and generates considerable economic and environmental benefits. It holds practical application and promotion value for similar projects.

[Key words] mountain construction; material transport; cableway erection

引言

在棋盘山隧道山顶区域,须采用三七灰土等土工材料对山顶区域地表进行挖除换填作业,以满足工程之需。由于山坡度大、海拔较高,采用修建临时道路通往山顶,导致汽车运送灰土材料、机械运输等作业十分受限,且临建道路造价高,施工周期长,满足不了工程需要,并一定程度破坏当地生态平衡,所以选择一种恰当运输技术与运输途径成为了工程亟待解决的问题。

在借鉴已有研究基础上^{[1]-[3]},结合工程实际情况,通过现场索道运输路线选址,索道安装,门架安装,牵引动力设计等,现场工程技术人员发展了一种循环式索道运输技术。

应用表明:本技术较为合理的回避了上述临建道路运输之弊端,提高了运输工作效率,在保证安全前提下,亦缩短了施工

周期,创造了一定经济效益,在类似工程中存在一定实用与推广价值。

1 循环式索道运输基本原理

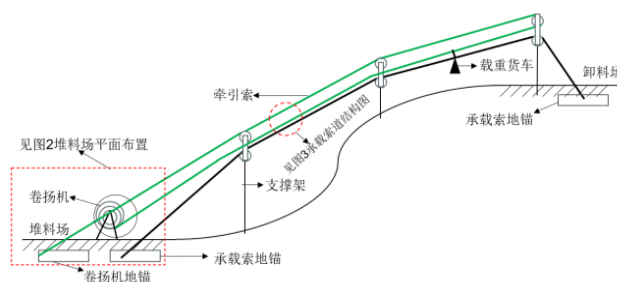


图1 索道运输原理图

选定合适的堆料场与卸料场,在两场之间将承载索与牵引索沿地面放通,然后在堆料场和卸料场将支撑架立好,将承载索与牵引索放入支撑架上的滑车中,用链条葫芦将承载索拉紧,堆料场架卷扬机为体系提供往返动力,地形陡峭地方也可以利用吊篮自重提供下滑动力,如图1所示原理图^{[4]-[5]}。

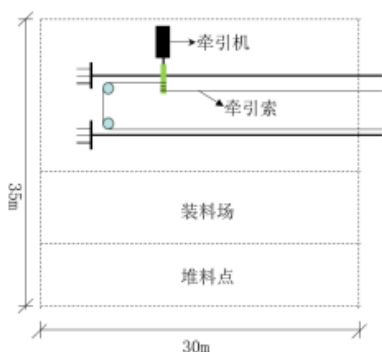


图2 堆料场平面布置

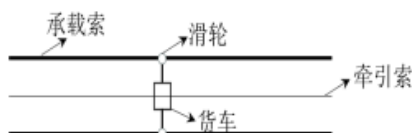


图3 索道结构图

2 索道运输施工工艺

据现场前期调研与应用情况,从现场准备、索道架设、索道运行与拆除三个方面总结了如下图4所示索道运输施工技术较为完整的工艺流程。

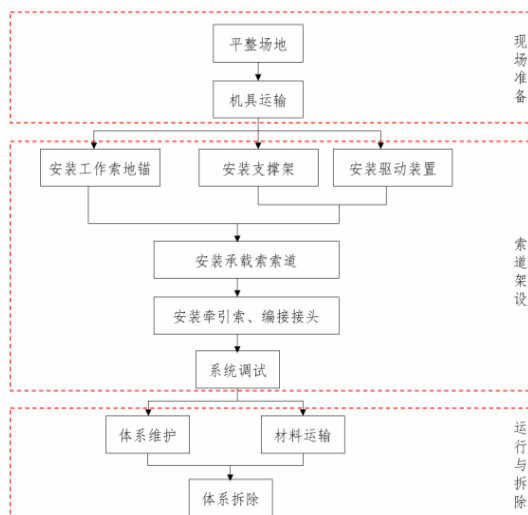


图4 索道运输施工工艺流程图

3 施工重难点分析

在这些施工作业流程中,支撑架搭设与牵引索、承载索的架设以及相关器件的运输结合了无人机^{[6]-[7]}作业,回避了山地运输作业的局限性,结合本工程实际情况,总结了如下施工重难点及相关技术措施。

3.1 索道运输路线选取

(1) 选择索道线路时,应考虑当地气候、地理条件和索道要经过的交通要道以及要跨越的其他建筑设施等,根据施工方案选择合适的索道运输方案。

(2) 索道沿线尽量避免和已有或新建的线路、通信线、公路交叉。如果跨越公路、有人通过的沟道时,必须设立明显的警示牌,必要时要在公路、沟道上方搭设防护架防止货物坠落伤人。索道应尽量走直线,如有转角,角度应尽可能小,转角角度不得超过 30° 。

(3) 索道运输的装货点宜设置在靠近路边等交通条件好的地点(如下图5所示),索道卸货点要尽量靠近施工点(如下图6所示),减少二次转运。



图5 装货点



图6 卸货点

(4) 进行索道运输施工方案设计时,必须对所有工况进行全面分析,以最不利工况作为计算的依据。

(5) 承载索在每个支架上的最大折角,一般应控制在 10° 之内,大跨距两端支架的最大折角不得超过 30° ,支架间的档距,除了跨越山谷等特殊情况下,不宜过大,最大档距一般为 $100\sim 500\text{m}$ 。

3.2 地锚埋设

(1) 地锚是索道系统的重要组成部分,地锚埋设的好坏直接影响到索道运行的安全。索道采用钢管式地锚(图7与图8所示)。

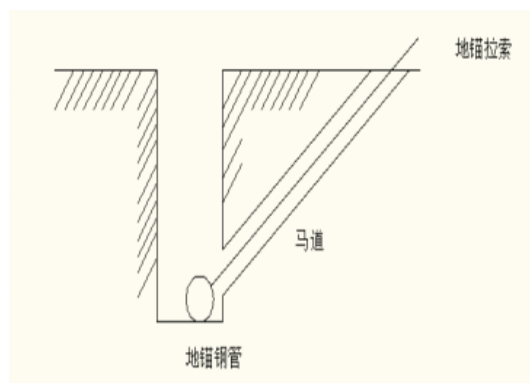


图7 地锚安装示意图



图8 地锚安装照片

(2) 地锚埋设要求:

①地锚坑的位置应避免不良的地理条件(如受力侧前方有陡坎及松软地质),地锚必须开挖马道,马道宽度应以能放置钢丝绳为宜,不应太宽。马道坡度应与受力方向一致,与地面的夹角不应大于 45° 。

②本工程最大起重为10吨,避免工作违章操作,为保守起见根据索道运载货物种类,根据计算的钢丝绳锚固力选择50吨地锚,配 $\Phi 32\text{mm} \times 6\text{m}$ 的钢丝绳套,地锚深度按照如表1选取。

表1 地锚坑深度表

序号	土质	深度 m	抗拔角	土壤比重 kg/m ³	耐地力 kN	备注
1	散体状风化花岗岩	1.90	45	1900	84.56	本工程起点土质为杂填土,挖深至4米,并辅以混凝土浇筑16立方;支撑架地锚土质为粉质黏土,挖深1米
2	残积砂质黏性土	2.20	45	1800	85.41	
3	粉质黏土	2.60	45	1700	86.63	
4	杂填土	3.10	45	1600	83.71	

③地锚埋设时,必须要有安全员在场进行监督检查,合格后方可回填。同时必须按照隐蔽工程施工,检查验收合格后方可安装支架。

3.3 索道支撑架安装

(1)使用直径220mm*8镀锌作支撑架,支撑架采用无人机吊运(图9所示),其脚部安装垫块防其不均匀下沉和侧滑;支撑架

头部设拉线环,便于在 45° 方向上设置拉线。支撑架组装后应平直,弯曲不超过1%。支撑架在地面组装后,采用4.5m人字钢质抱杆起立。支撑架在正常状态下只承受轴向压力^[8]。

(2)确定支撑架架设点及高度。在条件允许的情况下(保证施工的安全运输距离)支架尽可能低。确保支架的稳定性。支撑架整体在地面组装好后,利用倒落式方法起立支架。支架组立好后,调整各撑杆底脚,尽量使各撑杆底脚受力良好,浇筑混凝土基础加固(图10所示)。



图9 支撑架无人机吊运



图10 支撑架安装

3.4 架设牵引索

(1)本工程采用无人机展放,再牵引钢丝绳。此时,可在各支撑架位置设立小型临时支架,并在支撑架上悬挂两个滑车(图11所示)。在终端挂两个转向滑车,将牵引索放进滑车里,在起始端用钢绳卡头将一头临时锚固在地锚上,一头缠上绞磨,将牵引索紧至适当松紧后(牵引索的弛度取承载索弛度的1.5倍),在起始端将牵引索绳头通过转向滑车,并将绳头缠绕在驱动装置的滚筒上,最后将两个绳头并插接连成循环绳,完成牵引索架设^[9]。

(2)在用机械牵引钢绳时,钢丝绳在从绳盘放出时,严禁用人力控制直接放出,防止绳盘失控伤人。钢绳必须经过制动器或其他带有张力控制的装置张力松出,钢绳在制动器上缠绕不得少于5圈。尾绳必须由专人控制,且不能少于2人(图12所示)。

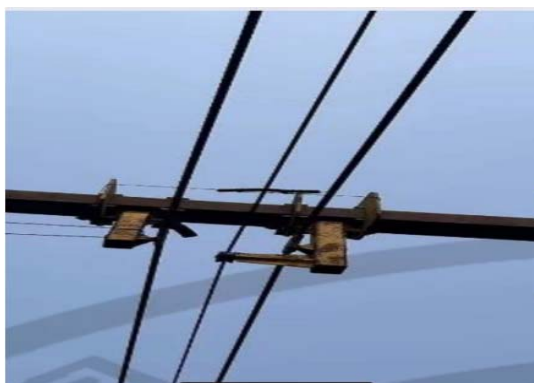


图11 牵引绳过支撑架



图12滑轮绳索运输作业

4 结论

根据索道运输技术前期研发与应用结果, 主要得出如下结论:

(1) 索道运输技术加快了山地工程施工项目中运输作业效率, 缩短了施工生产周期, 创造了效益, 回避了传统临时道路运输作业之弊端。

(2) 承载索与牵引索承载力满足施工技术规范要求, 在使用过程中能较好的满足吊篮荷载组合要求。

(3) 采用镀锌管支撑架能满足承载索、牵引索以及吊篮等荷载组合要求, 支撑架无失稳现象。同时, 采用无人机配合支撑架

搭设作业, 加快了山地地区运输作业效率, 无人机运输作业在类似工程中存在一定实用与推广价值。

(4) 在运输作业完毕之后, 整个索道运输体系在保证拆除安全便易的前提下, 对山地地貌以及生态等无破坏作用, 环境效益较为明显。

[项目来源]

运营高铁隧道洞顶地表岩溶洼地、漏斗封堵关键技术研究及工程应用(建23-6); 废料改性沥青的多尺度性能演化规律及耐久性能提升研究(立项编号: 25KYQDXX)。

[参考文献]

[1]曾冀,蔡道雄,刁海林,等.陡坡山地索道集材作业效率的研究[J].木材加工机械,2014,25(05):15-18.

[2]陈加胜,王梦丽,杨帅,等.大采高采煤工作面架空辅助运输装备设计[J].煤矿机械,2024,45(06):13-16.

[3]秦剑,张飞凯,刘晨,等.山区公路与货运索道联合路径规划方法[J].山东科学,2023,36(03):90-99.

[4]孟兆新,柳珍,高旗,等.田间便携式蓝莓运输装置稳定性分析[J].林业机械与木工设备,2025,53(01):41-46.

[5]森林工程林业架空索道架设、运行和拆转技术规范:LY/T1169-2016[S]北京:国家林业局,2016.

[6]邵乾虔,邓敏,张健,等.无人机配送调度优化研究综述[J].中国储运,2025,(05):90-91.

[7]方国庆,王杰,王虎,等.多旋翼无人机在钻探设备搬迁中的应用与分析[J].钻探工程,2025,52(02):72-79.

[8]输送设备安装工程施工及验收规范:GB50270-2010[S]北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2010.

[9]架空索道工程技术标准:GB50127-2020[S]北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2020.

作者简介:

黄英全(1978--),男,汉族,广西柳州人,工程师,研究方向:隧道洞顶岩溶整治工装设备研究。