

Manual for Cable Yarding Operations

针对KOLLER公司K303H索道集材绞盘机的作业规划和管理指南
Practical Guidelines for the Planning and Management of a
Cable Yarding Operation with Special Focus on the KOLLER
K303H Tower Yarder

索道集材作业

技术手册

德国弗莱堡大学森林作业研究所
Chair of Forest Operations, University of Freiburg
Stephan Hoffmann Siegmar Schoenherr
Dirk Jaeger Josef Gruber

中国林业科学研究院热带林业实验中心
Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese
Academy of Forestry

编著
Editors

蔡道雄 白灵海 贾宏炎 唐继新 曾冀
Daoxiong Cai Linghai Bai Hongyan Jia
Jixin Tang Ji Zeng

邱皓兮 孙冬婧 译
Translated into Chinese by: Haw-shi Chiu and Dongjing Sun



EVA MAYR-STIHL
STIFTUNG

广西科学技术出版社
Guangxi Science & Technology Publishing houses Co., Ltd.

本研究项目经费由德国联邦政府教育研究部、Eva Mayr-Stihl基金会和中国国家林业局
“陡坡山地森林择伐作业技术及其设备引进”项目资助

索道集材作业技术手册

针对 KOLLER 公司 K303H 索道集材绞盘机的 作业规划和管理指南

德国弗莱堡大学森林作业研究所
Stephan Hoffmann Siegm. Schoenherr
Dirk Jaeger Josef Gruber

编著

中国林业科学研究院热带林业实验中心
蔡道雄 白灵海 贾宏炎
唐继新 曾 冀



EVA MAYR-STIHL
STIFTUNG

广西科学技术出版社

UNI
FREIBURG

图书在版编目 (CIP) 数据

索道集材作业技术手册 : 汉英对照 / 蔡道雄等编著 . — 南宁 : 广西科学技术出版社 , 2014
ISBN 978-7-5551-0351-6

. 索... . 蔡... . 索道集材—技术手册—汉、英 . S782.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 301532 号

索道集材作业技术手册

德国弗莱堡大学森林作业研究所 编著

中国林业科学研究院热带林业实验中心

责任编辑 黎志海

责任校对 黄素雯 张颖莹

装帧设计 韦娇林

责任印制 韦文印

出版发行 : 广西科学技术出版社

社 址 : 广西南宁市东葛路 66 号

邮政编码 : 530022

网 址 : <http://www.gxkjs.com>

经 销 : 广西新华书店

印 刷 : 广西大华印刷有限公司

地 址 : 广西南宁市高新区科园大道 62 号 邮政编码 : 530007

开 本 : 890mm × 1240mm 1/16

字 数 : 120 千字

印 张 : 7.25

版 次 : 2014 年 12 月第 1 版

印 次 : 2014 年 12 月第 1 次印刷

书 号 : ISBN 978-7-5551-0351-6

定 价 : 98.00 元

版权所有 侵权必究

质量服务承诺 : 如发现缺页、错页、倒装等印装质量问题, 可直接向本社调换。

编著者

编著：德国弗莱堡大学森林作业研究所
地址：Werthmannstr. 6
79098 Freiburg
Germany

中国林业科学研究院热带林业实验中心
广西壮族自治区凭祥市科园路8号

网址：www.foresteng.uni-freiburg.de

www.rlzx.cn

作者：Stephan Hoffmann Siegmar Schoenherr Dirk Jaeger Josef Gruber

蔡道雄 白灵海 贾宏炎 唐继新 曾 冀

译者：邱皓兮 孙冬婧

专有名词及缩写对照表

CE	Conformité Européenne (European Conformity)	欧盟认证 (欧盟安全合格标志)
CTL	Cut-To-Length	定尺采伐
DBH	Diameter at Breast Height	胸径
FT	Full-Tree	全树
ILO	International Labor Organization	国际劳工组织
MBL	Minimum Braking Load	极限强度
OEM	Original Equipment Manufacturer	原厂 (原制造商)
PPE	Personal Protective Equipment	个人护具
PTO	Power Take Off	动力输出装置
TL	Tree-Length	树长
WLL	Work Load Limit	工作负荷极限

前 言

《索道集材作业技术手册》一书是德国弗莱堡大学森林作业研究所与中国林业科学研究院热带林业实验中心（ECTF）合作编制的手册。本合作项目的重点在于从德国引进索道集材作业技术，并开发适合中国的索道集材系统，以提升森林经营的安全性和可持续性发展。本手册收录了建立索道集材作业系统应具有的基本知识、作业前应计划准备的相关项目以及作业过程中应注意的事项。

鉴于中国林业科学研究院热带林业实验中心引进的索道集材绞盘机型号为KOLLER K303H，本手册将重点放在本机型的使用方式上，市场上其他机型所需要的资讯无法完全包含在本手册的范围内。但索道集材作业系统的基本原理都包括在本手册中，即便是使用不同机型的索道集材设备，也可作为参考。

编者在此向资助本研究的单位——德国联邦政府教育研究部（BMBF）、Eva Mayr-Stihl基金会和中华人民共和国科学技术部（MOST）以及资助索道集材引进项目的中华人民共和国国家林业局（SFA）表示衷心感谢。

编著者

目 录

1	索道集材系统简介	1
2	作业前注意事项	2
2.1	评估权益相关者和法律规范	2
2.2	装车场作业限制	3
2.3	采运前森林清查	5
3	采运作业架构计划	6
3.1	索道线道	6
3.2	装车场	9
3.3	伐木场扎营	10
4	索道集材作业管理	11
4.1	工作人员组织	11
4.1.1	工作团队人员组成	11
4.1.2	工作程序	12
4.2	原木排列	12
4.2.1	伐倒方向及工作进度	12
4.2.2	造材与原木处理	13
4.2.3	捆木	14
4.3	架设承载索	15
4.3.1	架设用具	15
4.3.2	锚桩和支架	19
4.3.3	架设索道步骤	22
4.4	KOLLER K303H 索塔绞盘机的操作	24
4.4.1	KOLLER K303H 索塔绞盘机简介	24
4.4.2	USKA 1.5 跑车	24
4.4.3	调紧承载索张力	25
4.4.4	逆坡集材	25

4.4.5	顺坡集材	26
4.4.6	保养维护	27
4.5	其他机械	28
4.6	后勤保障	29
5	职业健康及安全保护	30
5.1	个人防护装备	30
5.2	油锯作业	31
5.2.1	油锯技术参数	31
5.2.2	定向倒伐	31
5.2.3	伐木步骤	33
5.3	风险区	34
5.4	索道集材使用的钢索	35
5.4.1	钢索种类	35
5.4.2	钢索损坏情况	36
5.4.3	钢索的管理	36
5.5	燃料及润滑剂	37
参考文献		38
附录一	跨中挠度	39
附录二	索道集材作业工作流程	41
附录三	野外架设 KOLLER K303H 承载索操作指南	42

1 索道集材系统简介

在过去的数十年中，索道集材系统已成功在山地林区使用。索道集材系统源于欧洲的阿尔卑斯山脉、北美和日本等地区，如今在全球各地被广泛使用。在陡峭的地形条件下，一般传统的地面集材系统已不适用，若要在陡坡上建造新的集材道路需付出高成本，因此索道集材系统便是一个解决上述问题的方法。除此之外，近年来有关于全地形索道集材系统的研究证明，在土壤负荷量低的地理条件下，索道集材绞盘机仍能操作，相较于传统的地面集材方式，能降低对土壤的破坏，更符合生态环保的伐木作业标准。但前提是必须进行事前的计划、准备及人员培训。

市面上有许多不同的索道集材系统，其差别在于承载索索具类型、承载索长度、卷筒数以及跑车类型。尤其是在跑车方面有许多技术上的差异，例如运行方式、侧向集材能力、承载量和集材方向。本书无法叙述世界上所有的索道集材系统，只以KOLLER K303H为例，详细介绍普遍使用的固定承载索及松紧式跑车系统。图1说明固定式承载索集材系统必要的元件，最重要的部分为附有索塔的绞盘机，用于悬吊承载索。在集材过程中，在索塔上产生的张力会由绷索和锚桩树相抵消。图1中的逆坡系统中有两个卷筒，一个控制承载索，另一个控制主索。两个筒由双卷筒绞盘机驱动，并由离合器控制。在某些情况下，跨中挠度太大，主索离地面太近，便需要在索塔及终点支架之间将承载索固定于一株支撑立木上。终点支架后方可再由树根锚桩加强固定，而跑车经过支撑立木时也可由载物钩辅助通过。

在集材过程中，跑车沿着承载索将原木向索塔方向拉到位。跑车下坡时靠重力作用沿着承载索向下滑动（无载物状态），逆坡向上则由绞盘机的主索卷筒将跑车往上带动（下坡时不一定需要绞盘机，但上坡时必须使用）。松紧式系统跑车能通过遥控器在承载索上的任何一点停住，并进行侧边集材。这种跑车也能利用载物钩和滑轮的装置经过支撑立木，相比之下，固定式承载索系统能覆盖的范围比运行式承载索系统更大。



图1 含有支撑立木、终点支架（终点立木）和锚桩树的逆坡固定式承载索系统（根据 Stampfer et al.,2006 图片修改）

2 作业前注意事项

在集材作业最初阶段提出明确的目标和规划，是可持续森林管理的必要步骤。每次采伐作业前，要充分利用已有的林分记录和地图。完善的准备和规划既不会耽误时间，也不会给任何利益相关者带来负面的影响，详尽的规划有助于作业的进行。

2.1 评估权益相关者和法律规范

在进行采伐作业前，所有受影响的权益相关者应在未来进行采伐的区域开会讨论，以便让所有权益相关者了解接下来进行的作业，避免发生纠纷或误会。常见的权益相关者如下：

- (1) 土地所有者
- (2) 特许经营商（投标商）
- (3) 伐木承包商（包工头）
- (4) 托运商（卡车司机）
- (5) 木材经销商
- (6) 政府林业管理单位
- (7) 政府道路和交通运输代表

所有相关单位应有发表意见的权利，以避免未来发生误会和纠纷。若遇到问题，应进行讨论以便找到一个合适的解决方案。常见发生冲突的原因如下：

- (1) 道路的利用率（阻塞）
- (2) 存放原木的地点
- (3) 对周围水源的影响
- (4) 不明确的范围标示
- (5) 当地居民在林中的季节性活动
- (6) 生态保护相关的事宜等

接下来的采伐作业计划应根据所有权益相关者评估的结果进行。计划内容应包括采伐时间、采伐范围、限制区域、采运基础设施的位置、采伐木的砍伐顺序以及采伐后林区所需的事后处理（各林区的天然地理条件不同，采伐后所需的处理也因此而不同）。

采伐作业计划应呈送给所有权益相关者参考，避免在作业中产生误会。除了评估权益相关者以及准备采伐作业计划之外，也应考虑申请采运许可证的相关法律工作程序。由于采运许可证获准的时间会直接影响计划的进行，因此必要的文件应该及时备妥，以免耽误作业。采运许

可证获准的日期应按照所有权益相关者所同意的计划进行，以提高作业效率，尤其是在有不同雨季的地区。

2.2 装车场作业限制

法律规定、社会规范和环境条件限制对于采运系统的选择有相当大的影响。除此之外，各采运系统的种类也有技术上的限制。虽然索道集材系统是相当机械化的集材作业系统，但是管理者仍应提前了解作业过程中可能面临的问题，并根据实际情况对采运系统进行调整，而调整往往附着额外的成本支出及其他妥协，碰到这样的情况时，应严谨地审查整套作业系统。



注意：即使技术上没有问题，但并不是所有林区都适合使用索道集材系统。在规划过程中，应该评估所有采运方式（包括人工集材方式）以达成整体管理目标。

(1) 道路：道路是采运作业中最大的限制因素，直接影响森林资源可及度和所需的采运系统。

林道密度、道路状况、林道铺设、宽度、路面、承载量、季节性限制、运材速度、连接公用道路的便利性、该道路的其他使用者等因素，直接影响作业上的管理及组织。但最大的影响因素还是道路的地理位置。林道的所在位置决定集材方向为顺坡或逆坡。最理想的状况为逆坡集材系统，其优点为架设索道所需的时间较短（无须架设回空索道）、作业过程较安全（容易控制原木集材过程），且跑车速度较快（较高的机械效率）。但是逆坡集材的先决条件是林道必须在上坡位置或山脊处。在某些情况下，根据不同的情况、能使用的技术资源以及作业规模的大小，临时为逆坡集材铺设必需的道路要比架设顺坡集材系统更加划算。

除此之外，林道路况影响作业地点的原木处理及运输。负责的管理者需要考虑的事项包括：固定时间范围内有多大量的原木集中到作业地点、要如何在该作业地点储存原木、装车速度、运送原木卡车大小以及承载量。尤其是卡车的大小和承载量，不但会影响运送原木的安排，更会影响原木的尺寸和位置排列。

(2) 地形：不同的地形即不同的坡度、地面状况和土地承载量，是决定采伐方式最重要的影响因素，关系着集材系统的安全性、生态环保和集材效率。当坡度大于30%（35%）时，大多数地面集材系统开始面临各种限制（图2），因此，35%的坡度通常是地面集材系统改为索道绞盘机集材系统的一个标准。虽然现在常见的地面集材机械可通过外加设备，提高在坡度高达50%地形的工作效率（例如集材机和集运机可以在底座加装同步绞盘机），但当坡度大于50%时，没有任何地面集材系统能够操作，因此更陡的山坡必须改用索道绞盘机集材系统进行采伐作业。

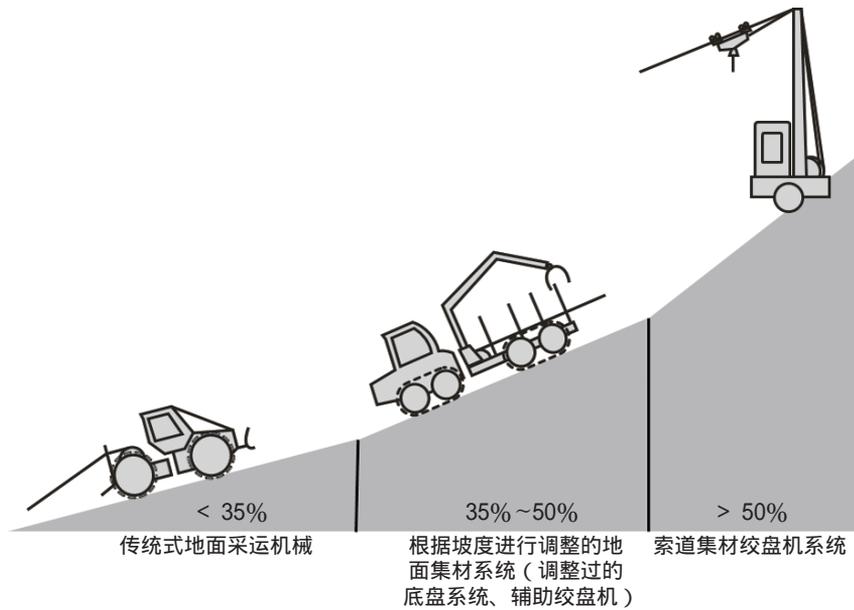


图2 不同采运机械的坡度限制

然而索道集材系统也并非没有限制。逆坡集材系统在释放承载索时，全靠重力作用将跑车向下送，但是当坡度小于20%时，跑车便无法自行向下滑动。KOLLER K303H的全地形绞盘机系统能通过架设回空索来解决坡度不足的问题。但在这种情况下需要规划架设回空索所需的索道走廊。在土壤承载量低或具有复杂微地形的平地上，地面集材系统将受到限制，而全地形绞盘机的优点则是能克服这些限制，但全地形绞盘机也会受到极限坡度的限制。普通的全地形绞盘机能在坡度为100%以内的地形进行集材工作，当坡度到达120%时，只有特殊的系统才能集材。总而言之，全地形绞盘机不仅适合在陡坡山地集材作业，也适合在土壤承载量低的平地作业。

除了操作绞盘机技术上的限制，坡度也决定伐木的过程。采伐机未必能在所有斜坡上使用，在某些情况下，必须在采伐机上加装特殊装备，如履带底盘、倾斜式车厢、辅助绞盘，或是直接由作业人员使用油锯砍伐。油锯伐木是斜坡上最常见的伐木方式，但接下来的原木处理（当场制材或因安全考量在卸材场处理）便取决于坡度。当然，原木处理必须符合整体管理目标以及造林目的。

(3) 锚桩立木和支撑立木：锚桩立木和支撑立木是固定承载索系统的重要元素。即使找到一个可以停靠绞盘机的地点，若没有合适的锚桩立木和支撑立木来搭配，也仍需重新找停靠绞盘机的位置。在没有合适的锚桩立木和支撑立木的情况下，有时候可通过人工锚桩和支撑点来解决。但若条件不允许人工辅助的使用，要考虑其他的集材方式。关于锚桩和支撑立木的详细说明请参考4.3.2章节的内容。

(4) 卸材装车场：卸材装车场的可用性、位置、容量等直接影响整个作业的效率及作业系统的架设。索道集材系统能在短时间内拖运大量原木，并很快在卸材场积累。因此，卸材场必须要配有装载机、处理机等机械，以协助原木的处理和运送。有关卸材装车场的详细说明请参考3.2章节的内容。

2.3 采运前森林清查

为了有效地规划采伐作业，必须先准确地估算伐区出材量、造材规格尺寸、最终产品等，才能计算出作业时间和选择适当的采运系统、所需的机械种类以及后勤的安排。由于清查作业的成本相当高，所需的时间相当长，因此若当地负责单位已有现成资料与记录，应该妥善利用，并通过一次野外调查进行比对和确认。此项作业可以与利益相关者会谈沟通时一并进行。一般采运承包商只需要平均树高和胸高断面积的资料便能预估每公顷出材量，并用平均胸径和树高估算单株立木材积。

根据法律规定，有些情况需要提供更详尽的清查资料，特别是牵涉到天然林资源时，需要进行完整的清查作业。不同地方的政府机关规定不同，适用的清查方式也不尽相同。

道的范围能够保护保留木，避免在采运过程尤其是择伐作业中对其他树木的破坏。

考虑空间上的架设时，首先要找出一个可以停靠绞盘机的地点。这个地点要有固定绞盘机的锚桩树和足够的卸材空间。当这个地点符合上述条件时，接下来索道线道的布局工作便可由两位技术人员进行。所需的工具（图4）如下：

- (1) 罗盘或指南针（建议使用WYSSEN罗盘）
- (2) 测角器
- (3) 测距装置（卷尺、腰尺、vertex等）
- (4) 标记竿
- (5) 喷漆或标记带

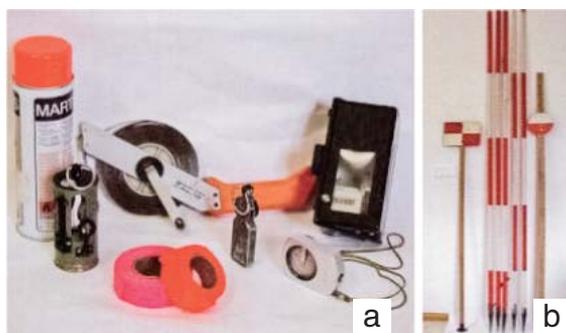


图4 a和b中陈列着索道布线和标记树木所需的工具

技术人员应从预计停靠绞盘机的位置出发，根据最大的坡度确定线道的方位。理想状态下所架设的集材索道应沿着这条线路架设，但在实际工作过程中往往会遇到偏斜。举例来说，在放射状排列作业中，若遇到终点支架或终点锚桩的位置偏斜时，绞盘机位置（即起点位置）也要做调整。接下来技术人员朝着方位指示，向索道终点方向前进，并利用喷漆或标记带进行标记。在固定的节段（每20~40 m）技术人员应记录下个标记点的坡度和距离，以方便接下来的绘图和挠度计算工作（附录一）。除此之外，所有距离索道索道3 m以内的树木都要标记移除，或是标记为偏转树木。

跨中挠度以及地形上的断点会影响承载索的悬吊高度，但各节段随着坡面的变化仍能衔接在一起（图5）。因此，沿着索道向终点前进时，就应沿途辨识可作为支撑立木的树木。如果某节段的跨中挠度太大，承载索可能触及地面，则需要通过支撑立木来减低挠度。支撑立木应坐落在预计架设承载索的索道两旁1~2 m远的范围内。这些支撑立木应用不同颜色的标记带（区别于拟采伐树木所用的颜色）标出。除非有地形上的断点，通常有载物的承载索每100 m的跨中挠度约为4 m，即通常每100 m需要1株支撑立木。理想的支撑立木应符合以下条件：

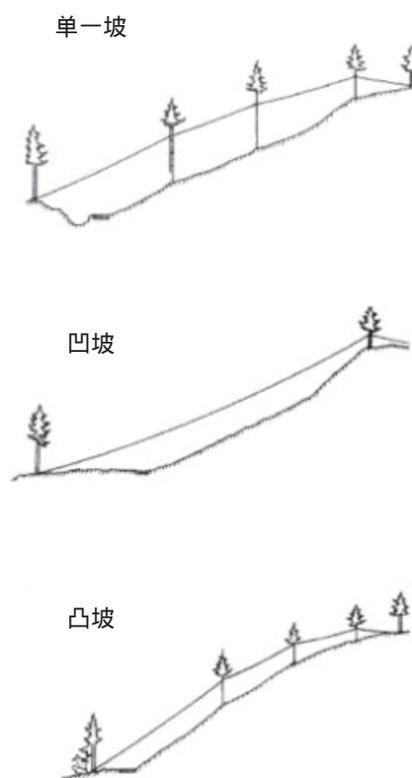


图5 各种坡型以及所需的支撑辅助（图片来源：Aggeler, 2009）

偏转树木指的是所谓的缓冲树木，在集材过程中这些树木可能受伤，但能保护剩余的树木。偏转树木在作业结束后将被伐去。

- (1) 适当的高度与胸径
- (2) 没有受伤或是腐朽的痕迹
- (3) 稳固的地基
- (4) 强健的树根
- (5) 没有受自然灾害影响（例如风害）
- (6) 与索道线道呈一直线
- (7) 允许锚桩的设定（小于 25° ）

到达终点时，索道规划技术人员要确认承载索长度是否足以到达架设终点锚桩（KOLLER K303H的极限长度为420 m）。当悬挂高度不足时，必须要在终点锚桩前装终点支架。终点支架和锚桩应与线道呈一直线，偏角必须小于 $\pm 8^{\circ}$ 。如果该范围内找不到适宜的树木，要调整线道，直到找到合适的终点支架和锚桩立木为止。这种情况要根据挠度距离进行方位修正。详尽的修正方式请见图6。方位修正后，要从新的终点支架出发，沿着走廊线道逆向走向回预计停靠绞盘机的位置，沿途修正线道标志和支撑立木，并取消第一次做的标志。

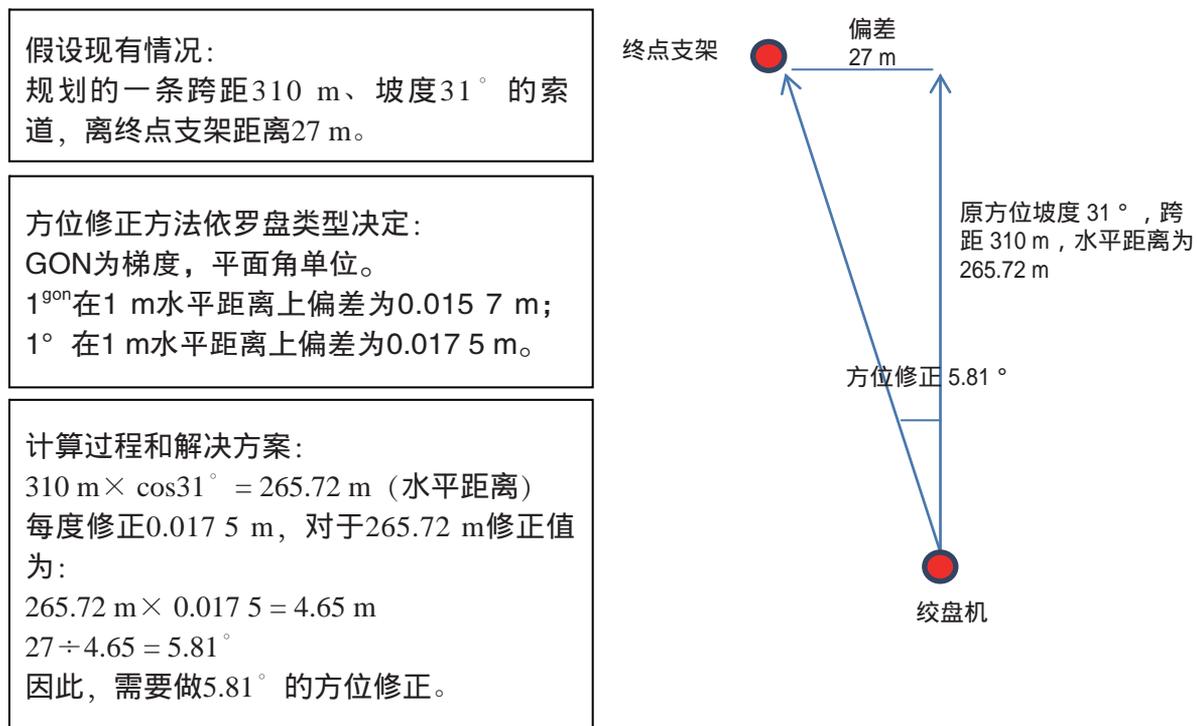


图6 由于原计划的线道终端没有适当的终点支架，因此需要做方位修正

规划索道线道的工作相当费时，尤其是在某个方位找不到合适终点支架或辅助支撑立木时，往往需要重新计算数次才能找到合适的线道。在承载索的角度做出调整时，都要留意侧边集材距离和线道覆盖的空间，避免产生太长或太短的集材距离。

进行顺坡作业时，必须一开始就考虑回空索的线道布置。相比承载索线道的规划，回空索线道所需的准备工作虽然较简单，但需至少3株可以架设转向滑轮的立木。在处理这些树木时必须留意，即使在皆伐作业中，这几株树木所留下的伐桩高度不能少于50 cm，以维持回空索

的基本张力。除此之外，架设转向滑轮的定点位置不能影响侧边集材工作的进行，更要避开石头和其他障碍物，以免造成钢索的损耗。虽然回空索的架设无需事先准备，但在一些密度极高的林分，用于架设转向滑轮的树木或伐桩受到限制，可能需要将回空索线道区域的地面植被全部清空。回空索架设好之后，若需要在附近砍伐其他立木，所有伐木人员必须知道回空索的具体位置，并且避免让树木倒在这些区域内。

3.2 装车场

装车场的区域作为作业人员的工作场地，必须尽量靠近绞盘机的位置。在这个工作区域内，除了要有堆放采运后原木的卸材场，还需有分类及处理原木造材的场地，两者之间需要分清。热卸材场作业，即原木到达绞盘机旁的卸材场时，马上处理，接着在装车场堆放。相比之下，在冷卸材场作业过程中，原木先被送到卸材场堆放，等到要堆放于装车场时才做造材处理。因此，卸材场往往是作业过程中的关键因素。装车场除了要停放绞盘机外，还要有足够的场地堆放所有从索道线道运送来的原木。若集运的速度跟不上原木抵达卸材场的速度，原木便很快累积并影响作业进行。不同地区的机械化程度不一样，应根据实际情况，利用装载机或人工搬运方式将原木移出卸材场。若场地足够，原木送到卸材场后，会经由油锯手或是原木处理机加工处理，并按照不同材径在装车场堆放。在规划场地时，也应预留场地堆积处理过程中所产生的枝桠等采伐剩余物。如果卸材场场地不足，要在附近区域架设一个中间装车场，以便堆放原木和装车。这种情况需用到运送原木的地面集材机械，例如集材拖拉机或是集运机。

作业空间通常是森林的限制因素之一，因为场地不足会影响绞盘机的操作效率和安全性。无论如何，负责规划的人员必须确认装车场有足够的场地来架设相关的机器，而且还要确保机械有摆动运作的空间。一方面不影响绞盘机本身的运作，另一方面能持续地将原木向外运送。假如沿着林道没有合适的场地作装车场，可在土壤和岩床条件允许的区域通过人工挖掘的方式，将合适的场地整平作为装车场。但是在热带、亚热带地区，必须考虑排水的问题，尤其是面积较大的装车场，应尽量避免雨季作业，以免积水影响作业的进行，理想的装车场设计请参考图7。

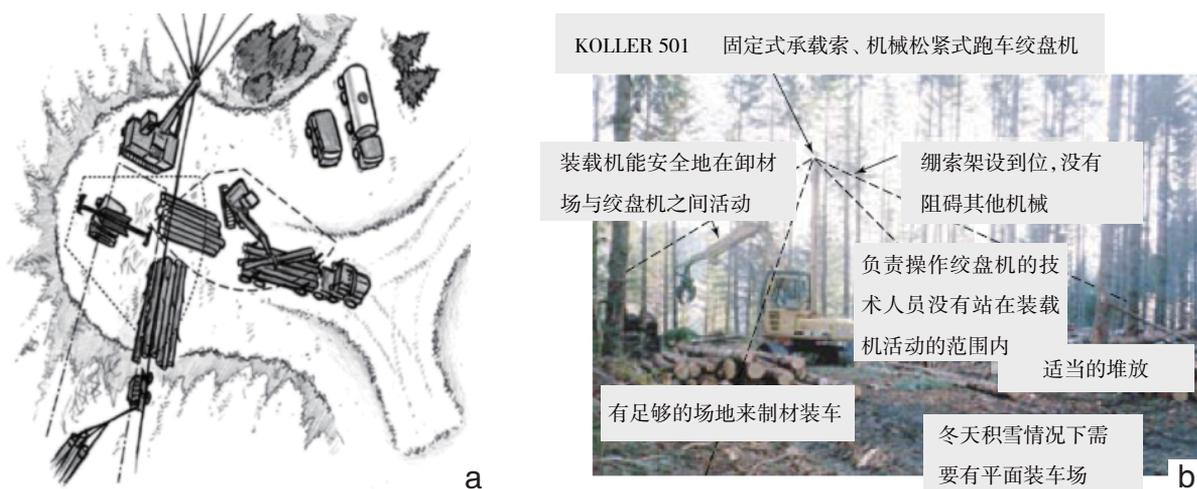


图7 各工作项目和机械操作要在场地充足的卸材场和装车场进行，并能与进出道路衔接（a 资料来源：OSHA，2010；b 资料来源：Cornell 和 Kellog，2004）