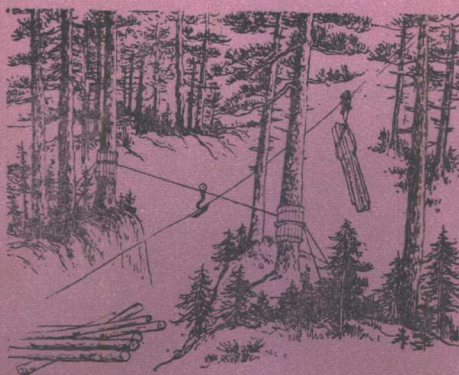


全国高等林业院校试用教材

林业索道

东北林学院主编



中国

全国高等林业院校试用教材

林 业 索 道

东北林业大学 主编

森林采运专业用

中国林业出版社

封面设计：星 池

S 782.51

5.5

全国高等林业院校试用教材

林业索道

东北林业大学 主编

中国林业出版社出版（北京朝内大街130号）

新华书店北京发行所发行 遵化县印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 17 印张 366 千字

1985 年 12 月第 1 版 1985 年 12 月遵化第 1 次印刷

印数 1—3,000 册

统一书号 15046·1164 定价 3.20 元

前 言

本教材初稿是根据1980年林业部批准的林业高等院校“集运材架空索道”教学大纲编写的。1982年8月林业部采运专业教材编审委员会组织全国同行专家对本教材初稿做了审查。根据会上提出的意见，编者又做了大量修改工作，同时也进行了四个教学循环的试用。

本教材共分三大部分，编写分工为：第一章至第五章，由东北林业大学王德来副教授编写；第六章至第七章，由东北林业大学关承儒副教授编写；第八章至第九章，由中南林学院朱德贵讲师编写。主审为东北林业大学张德义副教授。

本教材的总教学时数为40学时。讲授时可根据各院校具体情况酌情取舍。

本教材在编写和修改过程中，得到了许多同志的帮助，在此我们表示感谢！

本书是在不断修改的过程中编写的，还有很多缺点，请读者提出批评和修改意见。

编者

1984年3月

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 架空索道的作用和应用范围	1
第二节 国内外索道应用概况和趋势	1
第三节 架空索道分类和标记	2
第四节 基本类型架空索道工作原理	7
第二章 钢丝绳	17
第一节 钢丝绳的基本知识	17
第二节 钢丝绳的机械性质	19
第三节 钢丝绳的结构特性	23
第四节 索道用钢丝绳的选择	24
第五节 钢丝绳的使用、保养和更换	25
第三章 索道吊运车和跑车	31
第一节 集材索道吊运车	31
第二节 运材跑车	49
第四章 架空索道的附属设备	58
第一节 支架	58
第二节 鞍座	60
第三节 滑车	66
第四节 安装等用的索具及设备	68
第五节 通讯设备	69
第六节 运材索道装卸站	70
第五章 索道绞盘机	76
第一节 索道绞盘机总成、结构设计要求及动力机的选择	76
第二节 绞盘机总体设计参数的选择和计算	80
第三节 工作装置的选择和基本尺寸的确定	86
第四节 国产索道绞盘机结构和性能	92
第五节 国外绞盘机	99
第六章 承载索计算	105
第一节 悬索线形计算基础	105
第二节 无载荷的悬索挠度和长度	112
第三节 有载荷的悬索挠度和长度	124
第四节 升角及挠度与跑车运行的关系	137
第五节 承载索拉力	145

第六节	动载荷对悬索拉力的影响	189
第七节	弹性支点位移与承载索拉力变化的关系	191
第八节	承载索规格的确定	193
第七章	工作索计算	203
第一节	牵引索在运行过程中的各项阻力	203
第二节	全悬集材索道的工作索拉力	210
第三节	增力式集材索道的工作索拉力	214
第四节	半悬式集材索道的牵引索拉力	215
第五节	循环牵引式集材索道的牵引索拉力	216
第六节	承载索运行半悬式索道的牵引承载索拉力	226
第八章	索道线路与侧型设计	230
第一节	选线	230
第二节	索道线路勘测与纵断面图的绘制	232
第三节	索道侧型设计	233
第九章	索道的架设安装与使用	241
第一节	施工前的准备工作	241
第二节	承载索的铺设、绷起与固定	243
第三节	承载索张力测定	258
第四节	中间鞍座、导向轮、托索滑轮的安装	261
第五节	绞盘机的安装	264
第六节	索道的拆卸与转移	267
参考文献		268

第一章 概 论

第一节 架空索道的作用和应用范围

随着国民经济建设对木材需求量的增长和生产技术的进步,森林开发逐渐深入坡度陡峭的高山,拖拉机集材对这类林区已不能很好适应,于是集运材架空索道应运而生,得到了迅速发展。

用架空起来的钢丝绳集运木材的设备,叫集运材架空索道,简称为索道。

架空索道集材有很多优点:

- 1.可充分利用森林资源。梢头、枝桠都可以运出伐区加以利用,集运中也不损失木材。这对于森林资源比较贫乏的我国来说,具有着重要意义;
- 2.很少破坏地表,有利于水土保持和森林更新,符合以营林为基础的作业要求;
- 3.对山形地势的适应性强。不管是在高山陡坡,或在深沟狭谷,还是跨越塘涧溪河等地,均可架设索道;
- 4.用索道作业时,很少受气候、季节的影响;
- 5.用索道作业,不但可顺坡集材,也可在大坡度的逆坡上集材(这点对许多的集材机械来说是不大可能的),因此在高山、峡谷中的木材,也可逆坡集出使用;
- 6.用索道集材,在高山林区也是经济的。如用拖拉机集材或汽车运材时,必须修盘山道,即所谓展线适坡。高山区展线系数一般为2—5,每公里的修路费用高达2—8万元人民币。索道不需展线,也不需修路,每公里的设备费用为2—3万元人民币,故仅展线一项、索道即可节约费用30—70%。如云南黑白水林业局修建了一条近2km的索道即起到了原展线60km的公路进行运材的作用,两年期间,仅运营费一项(不算道路修建费)即节约了60万元人民币;
- 7.根据林型的不同,索道可设计成不同的类型。

架空索道的不足之处:

- 1.安装、拆转费时。目前安装一条长1000m的索道约消耗40—50工·日;
- 2.定向集材、机动性差,不如拖拉机灵活,因此不宜在出材量小的伐区内作业。

第二节 国内外索道应用概况和趋势

我国自50年代引进索道设备后,有了一定的发展,至1979年,已有不同类型索道约3047条。集材索道基本有三种,一种是轻型的松紧式索道,作短距离小集中或集材用;一

种是半自动式索道，作长距离集材用；一种是缆机增力式索道，作中距离集材和运材；最近我们还在试用承载-牵引式索道。运材索道均为简易的间运发送环形运行式。

国外一些林业发达的国家，由于林道网密度增加，导致长距离的运材索道逐渐减少，索道的固定式绞盘机逐渐被带有钢架杆的走行式绞盘机所代替，可直接在叉线上集材，从而大大减化了索道设备的安装过程，因而缩短了安装拆转工时消耗。为了提高索道的生产率，研究和应用带抓钩（代替捆木索）的遥控吊运车集材，索道的长度将随之缩短到300—500m，多跨逐渐变成单跨。基于上述原因，有固定承载索式的索道逐渐减少，而具有承载-牵引式的索道逐渐增多。

增加道路网密度，势必增加道路（公路）修建及维修费，这就导致木材生产成本增加。因而也有一些国外的林业经营者重新使用长距离的索道，以减少道路的修建费用。

我国是个少林国家，在维护自然生态平衡、保证农业生产等方面，森林起着尤为重要的作用。由于架空索道集运材能保护自然环境的良好状态，加上当前伐区地势高峻、坡度陡峭，所以在我国发展架空索道集运材就有着更为突出的意义。

目前我国一些科技人员也正在研制带钢架杆的走行式绞盘机、遥控索道吊运车和气球，以及飞艇运材（在广东也用过直升飞机运材），取得一定进展。当然，目前仍要以主要精力研究设备简单、安装快、维修容易、造价低、生产可靠、高效低耗的索道设备。

第三节 架空索道分类和标记

在森林采伐工艺学中已将集材索道按生产工艺分成了三大类——全悬原木集材索系、全悬原条（或伐倒木）集材索系、半悬原条（或伐倒木）集材索系。这里着重从设备本身的系统将索道分成不同的索系。

林业用索道功用不同，应用条件不同时，它的结构和工艺方案也有所区别。但从结构看，线路部分都有钢丝绳、支架、鞍座、吊运车（或跑车）、滑轮及附属设备；驱动机构都有动力绞盘机或无动力控速器。

讲述索道分类之前，对索、线、索系等一些术语给予以下定义：

承载索——承托吊运车（或跑车）的重量、并允许吊运车在上面滚动（或滑动）运行的钢丝绳，也叫轨索。生产上也有叫主索的，但国外也有把牵引索叫主索的，为了避免混淆，最好不叫主索。国际上用SKL代表承载索。

牵引索——线路平缓时，吊运车不能靠自重下滑，重行需要牵引，回空也需牵引。牵引索用HAL表示，回空索用HBL表示。

起重索——只担任拖集和起重木材的钢丝绳叫起重索，用LFL表示。

工作索——通常把牵引索与起重索统称之为工作索。

运行索——承载索兼作回空索用，也叫承载-牵引索，或叫运行式承载索。

开式索——被缠绕在缠绕卷筒上作收放往复运动的牵引索，用“K”表示。

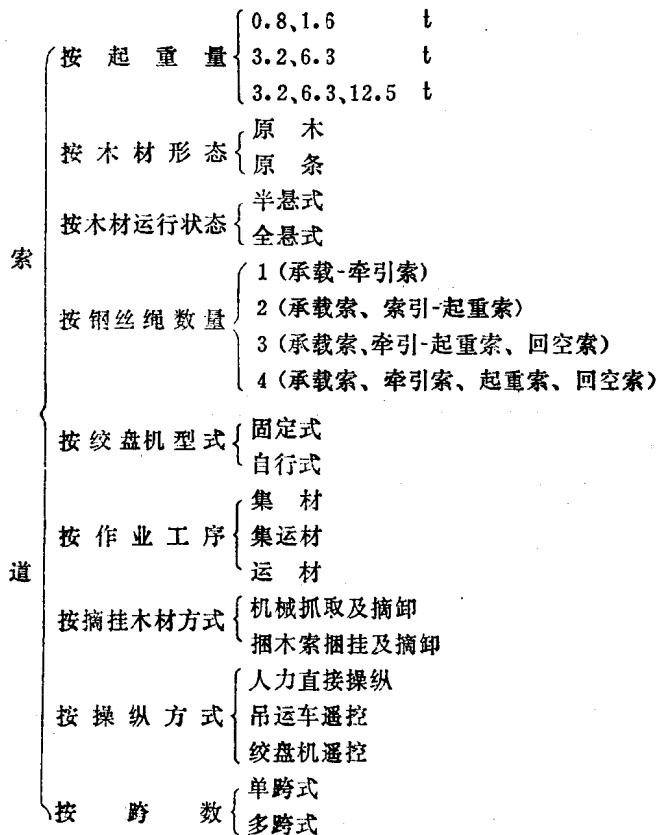
闭式索——被缠绕在摩擦卷筒上、呈环形往复运行的牵引索，用“B”表示；作一个方向循环运行的环形牵引索叫循环索。

线——称承载索为线。有一条承载索的索道，称单线索道；有两条称双线。

索系——索道类别的学术名称。索系可全面反映出索道承载索和工作索的工作方式、索的数量，也可大致反映出索道绞盘机和吊运车等的结构。

一、外国索道分类概况

(一) 苏联索道分类



(二) 日本林业机械化协会给予索道的分类

1. 缆机增力式
2. B索牵引增力式
3. K索牵引-起重增力式
4. B索张紧增力式
5. 吊运车起重式
6. K索牵引-起重式

7. 松紧式
8. B索承重-牵引式
9. 折返牵引-承重式
10. 单索循环式
11. 半拖式

(三) 美国及欧洲国家的索道分类

目前这些国家的索道均用于集材, 所以只对集材索道分类。这些国家的另一个特点是把索道大都按人名或厂名来命名, 但总的看来可归纳为四大类

1. 半拖式: 这种索道没有固定的承载索。靠近驱动机有一主集材杆, 也是线路上唯一的集材杆, 牵引索和回空索在线路上闭式连接, 于二者中间的连接索上挂结着被拖集的材料。

2. 承载索松紧式, 或简称松紧式。
3. 承载索运行式, 或称承载-牵引式。
4. 承载索固定式。

二、我国的索道分类

(一) 简况

1961年在我们所编“架空索道与滑道”教材中, 按承载索的数量分为单线和双线, 再根据牵引索的运动方式分成为往复式和循环式。

1965年中国林业科学研究院林业机械研究所建议按钢丝绳数量分类, 即一、二、三索系。这种分类方法简单, 易被大家接受, 但在以后出现由循环卷筒驱动的闭式牵引索的索道、以及出现较多的变型索道之后, 这种分类就较难体现出该索道各条索的工作方式。

1977年我们编写索道教学大纲时, 参考国外现有索道类型并考虑索道在我国的发展, 首先按承载索的工作方式分成了三大类, 即松紧式、固定式和承载-牵引式, 其次根据牵引索的工作方式分为两种型, 即闭式牵引和开式牵引, 再次根据起重方式分为两种型, 即独立由起重索起重和由闭式索拖带起重。

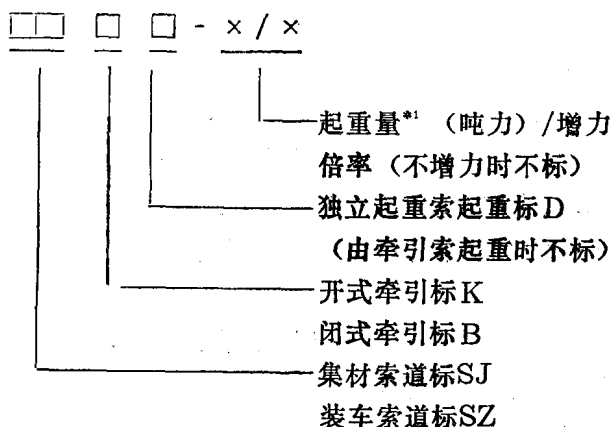
1978年林业部组织制定的“架空索道与绞盘机 LY501—504-80”标准中, 以代号标记表示索道特点, 实际也是对索道的分类, 该型式标记见下页。

如 SJBD-3/2 表示起重力为 30 kN、增力倍率为 2、由独立起重索起重、闭式牵引索牵引的集材索道。

上述标记可清楚的看出该索道的用途、绞盘机的起重力、索道的起重力、起重方式、牵引方式; 但反映不出承载索的工作方式。

(二) 分类

从国内外对架空索道分类的经验看来, 用一种分类方法划分的索系, 很难全面反映出该索系的种种特点, 但若根据多种依据进行分类 (如苏联) 则又太繁杂, 无法将索道系列



化。日本林业机械化协会采取了综合分类的方法,这比较简单且又能系列化,但它没有包括运材索道(只提到单索循环式),另外有属于变型索道,如折返牵引-承载式亦属承载-牵引式也单独划了一类,缆机增力式只因牵引方式不同就分成了三个索系。

分析总结过去经验,从设备角度进行索道分类时,编者提出以下几项依据:

1. 在结构上可构成独立特点的索道应单独分类;
2. 不影响驱动器、钢丝绳、吊运车基本结构的不分类;
3. 在使用性能上可互换、或基本可互换的索道,不单独分类,如全悬索道均可用作半悬集材,半悬索道如附加起重卡也可用于全悬集材,故从设备角度出发就不作为主要分类依据;
4. 各种索道均可附加、也可减去的附属件,就不再因为有无该件而分类,如侧向拖钩回空索的安装,对任何一种集材索道都适用,就不再因为它的有无而分类(对工艺有影响,但对设备无大改变);
5. 在设备安装方法上稍有变动,但不改变设备的基本类型的,可列为该索系的变型索道。

根据上述考虑,首先把索道分成运材和集材两大类。因为二者的区别很大。运材索道牵引索多为连续循环运行,而集材索道均为往复运行(闭式索也是往复运行);运材跑车没有起重能力,因之它就不能侧向拖集和起重木材;运材索道只能定点装卸材(单索循环式为简易运材索道,载量小、跨距短,例外);运材索道为半固定型索道,因而所选钢丝绳结构与临时性集材索道钢丝绳结构也不尽相同,等等。

“类”以下可以根据承载索和工作索工作方式的不同来划分“索系”。

承载索的安装和工作方式有三种:固定的、松紧的和运行的;

牵引索的安装和牵引方式有三种:K式、B式往复和B式循环;

起重索的安装和起重方式有五种,概括为长起重索起重和短起重索起重两种类型。长

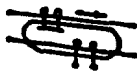
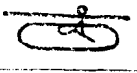
*1, 1吨力 = 10 kN.

起重索的一端都缠在驱动机的起重卷筒上，另一端则有三种不同的安装型式，第一种是固定在终端支架上，第二种是固定在吊运车上，第三种不固定，通过吊运车的起重轮后可升降。前两种为增力型，后一种一般不增力，起重索即原牵引索。短起重索的安装方式有两种，一种是连接在 B 式牵引索上，由 B 式索拖带起重，另一种是缠绕在吊运车内的起重卷筒上，该起重卷筒由 B 式索拖带转动或单独由动力机驱动。最近还试验成功一种张紧式索道，由闭式索增力起重，闭式索的起落，靠一条短拉紧索来调节。这样，就有六种起重方式。

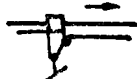
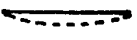
如果将三种索的不同工作方式排列组合，则可能会出现有 $3 \times 3 \times 6 = 54$ 种索道工作方式，若再把辅助索的不同安装型、牵引索的安装型等都计入在内时，则可有上百种索道类型，如果把每一种类型都定为一种索系，显然这将失去索系的意义，也不利于记忆，更不利于推广。

综上，根据国内现有索道类型，并参考国外资料，考虑到近期能发展的类型，并考虑分类尽可能向国际靠拢，综合分为以下几种索系。如表 1—1

表 1—1 林业用架空索道索系

索 道 类 别	索 系	标 记	示 意 图
运材索道	双线循环	S-S-B	
	双线往复	S-S-K	
	单线循环	S-B	
	单索循环	B	
集材索道	K 索牵引-起重	S-KD	
	B 索牵引拖带起重	S-B+D	
	KB 索张紧牵引-起重	S-BD+K	
	绞机增力	S-K-D/x	

(续)

索 道 类 别	索 系	标 记	示 意 图
集材索道	半悬增力	S-KD/x	
	松紧式	$\bar{s}$	
	运行式	$\bar{s}B$	
	单杆半拖式	K-K	

注 1.S——承载索 K——开式牵引索 B——闭式牵引索 D——起重索 $\bar{s}$ ——承载索可松紧。
2.标记中有一符号即代表索的一种功用,但无隔号的连写符号代表一条钢索有多种用途。

第四节 基本类型架空索道工作原理

一、运材索道

(一) 循环运行式运材索道

图1—1为单索循环运行式。这种索道只有一条承载-牵引索,中间被支架鞍座承托着,以固定的拉力将它张紧。作业时,带着木材的吊钩夹紧这条钢索,开动绞盘机的循环卷筒,牵引-起重索便带着吊钩运行。

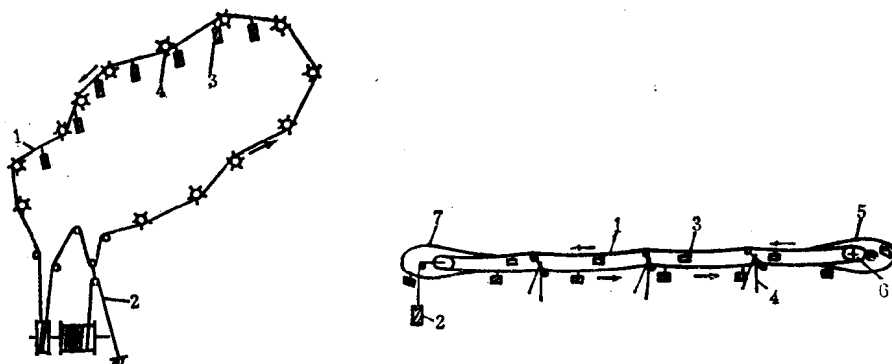


图 1—1 单索循环式索道

a. 无站台式 b. 有站台式

1. 闭式索 2. 拉紧索 3. 跑车 4. 支架 5. 装车站 6. 动力机 7. 卸车站

图1—2所示为单线循环式索道。与单索循环式的区别在于有一条固定的承载索架设在

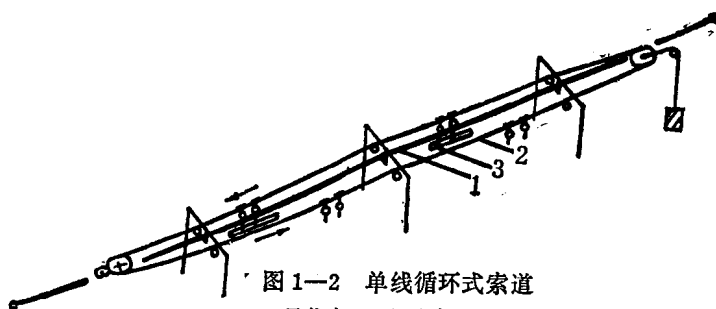


图 1—2 单线循环式索道

1. 承载索 2. 闭式索 3. 重车

重车侧，重跑车*的走行轮行走在承载索上，闭式索只牵引跑车运行、不承重。由于单线索道只有一条承载索，所以跑车的回空仍需跑车夹住闭式索，借助于闭式索的运行而把空跑车带回到装车站。

图 1—3 为双线循环式索道，与前两者的区别是它在空车侧和重车侧都有承载索，闭式索只负责牵引跑车运行而不承重。

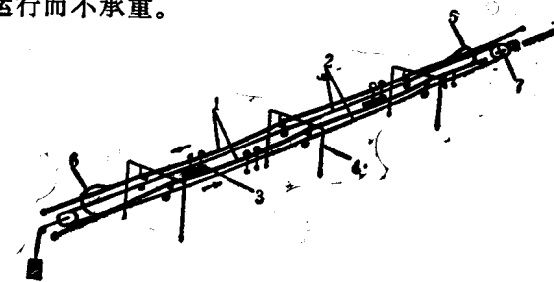


图 1—3 双线循环式运材索道

1. 承载索 2. 闭式牵引索 3. 跑车 4. 中间支架 5. 装车站台 6. 卸车站台 7. 驱动机

这一类索道的共同特点是通过闭式索循环运行着牵引跑车运行，这条索不能起吊木材，所以只能运材。

(二) 双线往复式运材索道 (以重代空或双线交走式无动力索道)

这类索道的基本型无动力机，但有控速器。牵引索在控速器的制动卷筒上缠过几圈

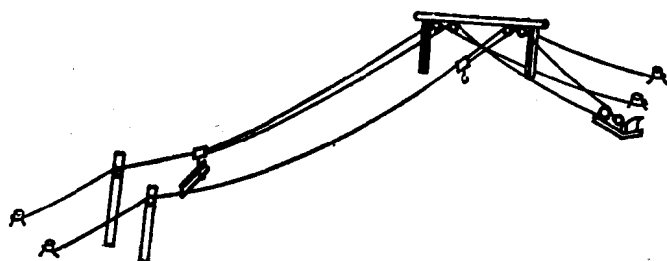


图 1—4 双线往复式索道

后，一端连在重跑车上，另一端连在空跑车上，使两车交替上下运行。

如果牵引索呈环形，重空跑车分别被连在牵引索的中间作闭式牵引时，可使跑车运行平稳，但耗用钢丝绳较多。

湖南的工农型运材索道

* 运材索道跑车无起重能力，称跑车；集材跑车可起重，称吊运车。

是单线循环式。双线往复式无动力索道在我国应用较普遍，并且大多数上面与集材道衔接、下面与运材道衔接，作接力运输。

二、集材索道

集材索道基本上只有一条承载索，有的只有一条承载-牵引索而无专用承载索。两条承载索的集材索道少见。

(一) 半自动集材索道

这类索道包括前述的 S-KD 和 S-B+D 两个索系。它的共同特点是都有一条两端固

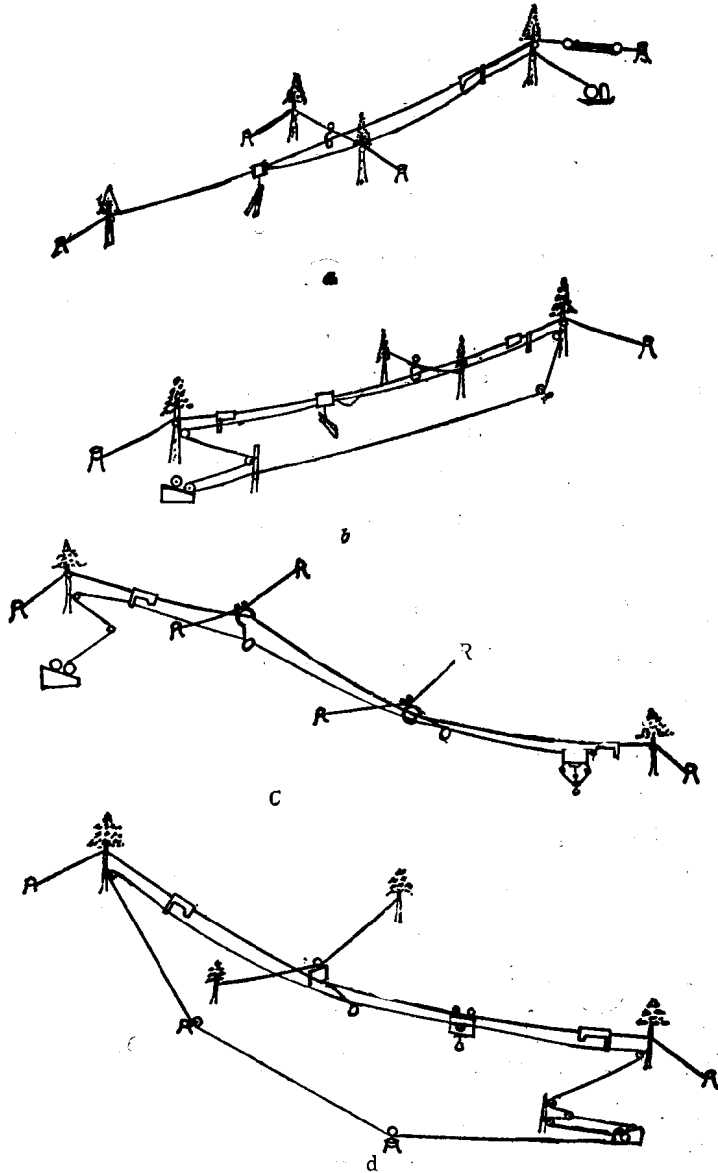


图 1—5 半自动索道

定的承载索, 有一个结构比较复杂的吊运车和止动器。这类索道的最大优点是在全线路路上只有一条开式或闭式的牵引索, 即可牵引吊运车上下运行, 也可直接或间接地拖集和起升木材。

图 1—5a 为单线 K 索牵引-起重往复运行的 KJ-3 集材索道。只有一条 牵引索兼拖集和起重, 索系最简单, 耗用钢丝绳最少。它要求把绞盘机放在山上。若把绞盘机放在山下时, 由于牵引索过长使回空吊钩落地困难, 此时就要采取辅助落钩措施。

辅助落钩措施有两种: 一种是从绞盘机的小卷筒引出一条辅助索直至集材止动器后约 70—100m 处, 索端插接一个小钩; 在牵引索上距索端 (连接吊钩处) 70—100m 处插一小套。落钩如有困难, 将辅助索小钩挂在牵引索的小套上, 以辅助索拉松牵引索而使吊钩落地。另一种办法是在止动器后的承载索上放一小跑车, 和上述铺设辅助索方法一样, 将辅助索连到辅助跑车上。当牵引索牵引吊运车回空时, 牵引索上有一粗结 (距索端 70—100m 处) 带动辅助跑车上行。欲落钩时, 用辅助索牵引辅助跑车下行而带松牵引索, 使吊钩落地。

图 1—5b 为单线闭式牵引-拖带起重 (用循环卷筒驱动) 往复运行的集材索道。为了拖集木材, 有一段 70—100m 长的起重索, 一端插接 (通过解绞器) 在闭式索上, 并由闭式索带动。

工作过程为: 回空吊运车与集材止动器挂结, 倒转闭式索, 迫使起重索落地并引向被集木材处。正转 B 索拖集挂有木材的吊钩并起升, 直至吊钩挂到吊运车上。重行时倒转闭式索, 将重载吊运车牵引 (或滑行) 至与卸材止动器相挂结、卸材。

图 1—5c 为单线 K 索牵引-起重往复运行的岷山 MS-4 集材索道。它是综合了上述两种索道的特点而研制的。它可以左右拐弯以适应山区的复杂地形, 最大水平转角为 30° 。它可以增力起重 (利用普通滑轮组增力), 木材材积小无需增力起重时, 还可以直接起重。

图 1—5d 为单线 B 索牵引-拖带起重往复运行的闽林 GS-3 集材索道。它可以单向拐弯。B 索驱动吊运车上下运行, 当吊运车与止动器挂结后, 继续转动 B 索时, 可以驱动吊运车内的起重卷筒、放下或收卷起重索以便集材。

半自动集材索道技术性能如表 1—2。

(二) 缆机增力式索道

国外称之为泰勒 (Tyler) 索道。我们一般简称增力式索道。由于它源出缆索起重机, 又与闽林的增力方式不同, 所以叫缆机增力式。

图 1—6 为缆机增力式的基本工艺方案图。这时要求线路坡度大于 10° 。回空牵引索回空吊运车至伐区时, 可将吊钩直接拖至集材捆处。重载吊运车靠重力下滑。坡度小时, 重车需牵引才能运行, 这时要加一条 K 式牵引索 (用三筒绞盘机) 或 B 式牵引索 (用带摩擦卷筒的绞盘机), 双向牵引。

图 1—6a 所示索道只能在皆伐作业区作业, 为了探索在择伐作业时也可用缆机增力式索道集材, 可采用如图 1—6b 型。在集材区的承载索上安装一止动吊架, 吊架被一固定在

表 1—2 半自动集材索道技术性能

技术性能	KJ-3	YS-3	GS-3	MS-4
承载索固定方式	单 线、两 端 固 定 式			
牵 引 方 式	K式	B式	B式	K式
集 材 距 离 m	1000—1200	不限, 最好不超过 800		1000
横 向 集 距 m	不大于 70	与承载索夹角小于 45°, 但不宜大于 70		
适 宜 跨 距 m	不 超 过 500			
最 大 跨 距 m	视 地 形、超 过 500 时 要 减 少 载 量			
起 重 力 N	30000			30000—50000
坡 度	± 7°—± 35°	0—± 30°		± 10°—± 30°
水 平 转 弯	—	—	单向 5°—30°	双向 5°—30°
效率* $\text{m}^3/\text{台班}$	25—40	20—40		20—40

* 效率与运用技术水平、集材距离, 特别是横向集材距离关系很大。此处以集材距离 800m, 横向集材距离 30—50m、运用技术中等统计的。

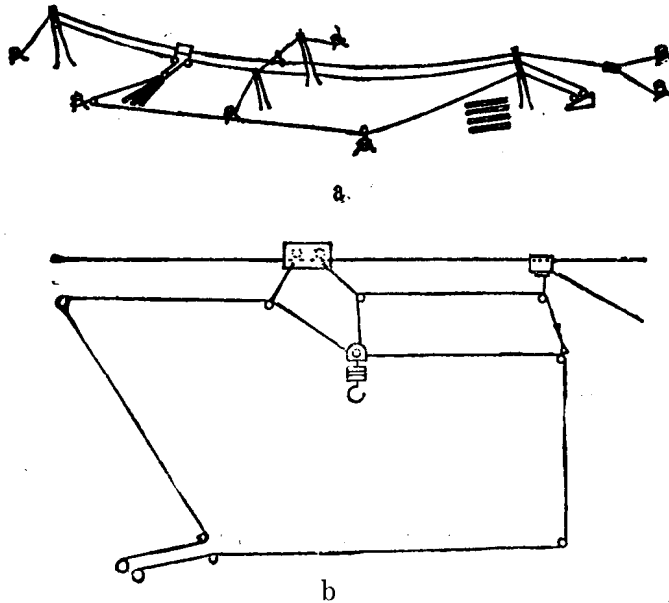


图 1—6 绞机增力式索道

a. 普通型 b. 择伐作业型

伐根上的钢丝绳拉住, 以保持它的固定位置。吊运车回空至止动吊架处停住, 继续牵引回空索时, 吊钩与吊架上的游动轮一起被拖向木材捆前。集材时, 木捆可沿固定线路被拖至