



面向21世纪课程教材

工程索道

单圣涤 主编

中国林业出版社



责任编辑/吴金友 杜娟 版式设计/沈江

ISBN 7-5038-2508-1



9 787503 825088 >

ISBN 7-5038-2508-1/TB·0325 定价:30.00 元

面向 21 世纪课程教材

工 程 索 道

单圣滂 主编

中国林业出版社

PDG

图书在版编目 (CIP) 数据

工程索道/单圣涛主编. —北京: 中国林业出版社, 2000. 10

(面向 21 世纪课程教材)

ISBN 7-5038-2508-1

I. 工… II. 单… III. 索道-教材 IV. U18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 45863 号

工程索道

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail cfphz@public. bta. net. cn 电话 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 三河市富华印刷包装有限公司

版次 2000 年 10 月第 1 版

印次 2000 年 10 月第 1 次

开本 787mm×960mm 1/16

印张 21

字数 434 千字

印数 1~2000 册

定价 30.00 元

新华书店
PDG

前 言

采矿工程、冶金工程、土木工程、水利水电工程、环境工程、交通运输、农业建筑与能源工程等必须应用架空索道技术的大学本科专业，大多因应用的比重不大而没有专门开设索道课程，只在《起重运输机械》或《矿山运输及提升》等相关课程中，以个别章节介绍所用某种索道的初步知识，所以学生毕业后难以独立承担索道的设计工作。森林工程本科专业，过去主要培养林区工业工程科技人才，由于林业架空索道是山地林区机械化木材生产的中心环节，山地林区的机械化森林营造、工业与民用建筑、道桥与水电站的建设，无不依赖架空索道进行吊装、搬运，所以《林业架空索道》是森林工程本科专业的骨干专业课程，学生毕业后，具有能够从事林业架空索道的设计、施工和组织生产的能力，但不熟悉其他工程索道。

在“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研讨过程中，全国普通高等林业院校林业工程类专业指导委员会充分认识到，森林工程本科专业虽因行业特点而不可能为其他专业覆盖或取代，但是更有因专业口径太窄，无法保证规模办学的实际问题，把森林工程本科专业的骨干专业课程《林业架空索道》改革成《工程索道》，则既可拓宽《森林工程》专业口径、革新教学内容，又可直接为必须应用架空索道技术的其他工程专业培养工程索道工程技术人才，弥补了过去大多数相关大学本科专业难以直接培养相关工程索道专业人才的缺陷，有利于我国普通高等院校专业的合理配置。

《工程索道》课程，是在总结当前国内外各种工程索道的共同经验，并且取得了多项重大科学研究成果的基础上建立起来的，为了读者能够直接掌握各种工程索道的设计、计算方法，本书直接引用了我国各种工程索道的设计手册和一些优秀的相关著作中的内容，以保证学生毕业后能够顺利阅读和运用各种工程索道的设计手册，独立完成各种工程索道的设计工作。本课程的总学时为 70 学时，在教学方法上，我们建议首先集中讲透前五章的内容，后四章可以利用课程设计指导学生阅读，亦可用作硕士研究生的教材。

本书由顾正平教授和僮乃曾高级工程师主审，单圣尧教授主编，编委按

章节顺序分别为, 第一、九两章由王忠伟副教授撰写, 第二章由赵秀海教授撰写, 第三章由林涛副教授撰写, 第四章由董希斌副教授撰写, 第五、六章由单圣涤教授撰写, 第七章由陈洁余教授撰写, 第八章由苏祖旺副教授和胡植副教授撰写, 万芳英讲师参加了第九章的撰写和部分图样的 CAD 制作, 最后由主编单位按编委会的要求, 作了进一步的编纂。限于水平, 书中存在的错误和欠妥之处, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2000 年 6 月



目 录

前 言

第1章 绪 论	(1)
1.1 工程索道的范围	(1)
1.1.1 工程索道	(2)
1.1.2 特种索道	(3)
1.2 工程索道的现状	(3)
1.2.1 货运索道	(3)
1.2.2 客运索道	(7)
1.2.3 缆索起重机	(9)
1.2.4 林用索道.....	(10)
1.3 工程索道的动力系统.....	(19)
1.4 工程索道的发展及趋势.....	(20)
1.5 关于《工程索道》	(21)
第2章 索道索系	(23)
2.1 索道的工作索.....	(23)
2.1.1 承载索	(23)
2.1.2 起重索	(23)
2.1.3 起重牵引索	(24)
2.1.4 牵引索	(24)
2.1.5 张紧索	(24)
2.1.6 落钩索	(24)
2.2 索道工作索的图注符号.....	(24)
2.3 索道的图形符号.....	(24)
2.4 索道工作索的各种工作结构.....	(25)
2.4.1 索道的承重结构	(25)
2.4.2 索道的起重结构及代号	(26)

2.4.3 索道的牵引结构及代号	(29)
2.4.4 索道的落钩结构	(30)
2.5 索道的索系	(30)
2.5.1 索系的内涵	(30)
2.5.2 索系的代号	(31)
2.5.3 索系的分类	(32)
2.6 索系的型号名称	(34)
2.7 索系的变型	(34)
2.8 索系的组合	(35)
2.9 索道索系的应用	(36)
第3章 钢丝绳	(38)
3.1 钢丝绳的结构及类型	(38)
3.1.1 麻心钢丝绳	(38)
3.1.2 连心钢丝绳	(40)
3.2 钢丝绳的机械性质及特性要求	(40)
3.2.1 钢丝绳的破断拉力	(40)
3.2.2 钢丝绳的弹性	(41)
3.2.3 钢丝绳的刚性	(44)
3.2.4 钢丝绳的应力	(44)
3.3 钢丝绳的固接	(50)
3.3.1 钢丝绳的连接	(50)
3.3.2 钢丝绳的固定	(52)
3.4 钢丝绳的型号和规格	(54)
3.4.1 钢丝绳的型号	(54)
3.4.2 钢丝绳的规格	(56)
3.4.3 钢丝绳的标记	(56)
3.4.4 关于钢丝绳的损耗	(56)
第4章 柔索理论	(60)
4.1 悬索的重力曲线特性	(61)
4.2 悬索的“悬链曲线”计算理论	(63)
4.3 “悬链曲线”的“八次曲线”算法	(64)
4.4 悬索的“抛物线”计算理论	(66)
4.4.1 “抛物线”理论的基本方程	(67)
4.4.2 “抛物线”理论与弯矩法	(72)

4.5 悬索的“悬索曲线”计算理论	(75)
4.5.1 “悬索曲线”理论的基本方程	(76)
4.5.2 “悬索曲线”的辅助曲线及分段计算	(78)
4.5.3 “悬索曲线”理论的解	(80)
4.5.4 集中荷重情况下的“悬索曲线”	(81)
4.5.5 关于“悬索曲线”计算理论的应用	(84)
第5章 索道工作索的设计与计算	(85)
5.1 索道的承载索	(85)
5.1.1 固定式承载索	(85)
5.1.2 运行式承载索的设计与计算	(105)
5.2 索道牵引索的设计与计算	(108)
5.2.1 循环式牵引索的设计与计算	(108)
5.2.2 往复式索道牵引索的设计与计算	(112)
5.3 索道起重索的设计与计算	(115)
第6章 单索式运输索道的设计	(118)
6.1 单索循环式货运索道	(118)
6.1.1 货运索道的基本参数	(118)
6.1.2 单索式货运索道的牵引系统	(120)
6.1.3 驱动机的选择	(123)
6.1.4 站房设计	(128)
6.1.5 索道的检修设施	(139)
6.2 单索往复式货运索道	(141)
6.3 单索式客运索道	(142)
6.3.1 单索客运索道的特点和有关规定	(142)
6.3.2 牵引索及其设备选择	(145)
6.3.3 单索循环固定吊椅式索道	(146)
6.3.4 单索循环吊舱式索道	(153)
6.3.5 其他形式的单索式客运索道	(162)
第7章 双索式运输索道的设计	(171)
7.1 双索循环式货运索道	(171)
7.1.1 双索循环式货运索道的基本参数	(171)
7.1.2 双索循环式索道的承载索及其设备选择	(172)
7.1.3 双索循环式货运索道的站房设计	(178)
7.1.4 站口设计	(184)

7.1.5	自动迂回设计	(191)
7.1.6	站房机械化设施	(195)
7.2	双索往复式货运索道	(201)
7.2.1	双索往复式货运索道多种多样	(201)
7.2.2	往复式索道运输能力的计算	(203)
7.3	堆货索道	(205)
7.3.1	栈卸式堆货索道	(205)
7.3.2	跨卸式堆货索道	(208)
7.4	双索往复式客运索道	(211)
7.4.1	特点和适用条件	(211)
7.4.2	主要类型	(212)
7.4.3	双索式客运索道的支架鞍座、托索轮和导向轮	(214)
7.4.4	客车	(216)
7.4.5	驱动装置	(220)
7.4.6	站房	(223)
7.4.7	线路选择和侧型配置	(226)
7.4.8	安全措施	(229)
7.4.9	运输能力的计算	(232)
7.5	双索循环式客运索道	(233)
7.5.1	吊舱式客运索道	(233)
7.5.2	间歇运行双索循环式客运索道	(236)
第8章	缆索起重机及林用索道的设计	(245)
8.1	缆索起重机	(245)
8.1.1	缆索起重机的分类及其配套设备	(245)
8.1.2	缆索起重机的工作级别	(247)
8.1.3	缆索起重机的支架及其运行机构	(248)
8.1.4	缆索起重机的支索运行机构	(260)
8.1.5	缆索起重机的取物装置	(267)
8.1.6	缆索起重机的动力绞盘机	(268)
8.1.7	缆索起重机的锚固装置	(270)
8.2	林业架空索道	(272)
8.2.1	林业架空索道的分类	(272)
8.2.2	林业运材索道	(272)
8.2.3	林业集材索道	(273)

8.2.4 林业集材索道跑车	(273)
8.2.5 止动器	(276)
8.2.6 鞍座	(277)
8.2.7 动力绞盘机	(279)
8.2.8 林业索道的锚固结构	(281)
第9章 微机在工程索道中的应用	(287)
9.1 工程索道设计系统	(288)
9.1.1 系统设计目标	(288)
9.1.2 选用系统开发程序语言	(288)
9.1.3 系统运行环境	(288)
9.1.4 系统框架图	(288)
9.1.5 系统代码开发	(288)
9.1.6 系统功能特点分析	(290)
9.1.7 系统计算结果示例	(290)
9.2 索道设备设计CAD技术	(292)
9.2.1 CAD绘图技术介绍	(292)
9.2.2 索道CAD深度开发技术	(297)
9.2.3 利用DXF格式进行文件交换	(298)
9.3 工程索道的电气控制系统	(299)
9.3.1 速度与行程控制	(300)
9.3.2 电力拖动部分	(300)
9.4 工程索道运行管理系统	(301)
9.4.1 索道运行管理系统集成环境	(301)
9.4.2 系统结构组成与功能简介	(302)
9.4.3 系统主要性能	(303)
9.4.4 系统开发	(304)
9.5 索道故障诊断专家系统	(306)
9.5.1 开发索道故障诊断专家系统(CDES)的必要性	(306)
9.5.2 专家系统概述	(306)
9.5.3 系统设计原理	(307)
9.5.4 系统结构组成	(308)
9.5.5 问题讨论	(308)
9.6 索道计算机辅助教学系统(CAI)探讨	(309)
9.6.1 开发索道课程CAI的必要性	(309)

6 目 录

9.6.2 索道课程 CAI 的功能分析	(309)
9.6.3 开发流程	(310)
9.6.4 系统框架	(310)
9.6.5 问题讨论	(312)
参考文献	(313)



第 1 章

绪 论

架空索道,是以缆索承重和缆索传动为主体的搬运通道,它可以运货,可以载人,可以用于吊装工程、堆存物料、搬运物件,还可以用于特殊的操作和其他作业。它和其他搬运方式比较,有以下优点:

(1) 对自然地形的适应性强,爬坡能力大,站房和线路、支架占地面积小,可不占或者少占农田,受气候影响小,两端站间的输送距离短,可以跨越山川、克服地障,到达一般机械设备不能到达的地段作业,因而不论是在山区、平原、城市、乡村,还是在铁路、码头、渡口、建筑工地、货物集散地,以及旅游风景区、滑雪场等多种场合下,均能发挥架空索道的突出优点。

(2) 运行安全可靠,维护简单,容易实现机械化、自动化操作。

(3) 具备基建投资少和经营经费明显较低等优越性。表 1-1 所示,是以索道的基建投资和经营费用均为 100%,其他货运方式的经费与它进行比较。

表 1-1 货运索道经费和其他货运方式经费的比较

运输方式	基建投资 (%)	经营费用 (%)	备 注
货运索道	100	100	平坦地形,运距 5km,运量 5t/h。
带式输送机	160	183	
汽车运输	104	235	
铁路运输	187	132	

因此,架空索道能够广泛应用于林业、农业、矿山、建材、冶金、煤炭、水电、水文、起重运输工程和旅游工程等多种行业。

1.1 工程索道的范围

索道的名称多种多样,有货运索道、客运索道、林业索道、矿山索道、旅游索道、建筑索道、滑雪索道、缆索起重机、小型缆索传送机和水文缆索等。但是,按其应用范围和应用时设计计算的基础理论,可分为“工程索道”和“特种索道”2 种类型。

1.1.1 工程索道

工程索道,包括了货运索道、客运索道、林业索道、矿山索道、旅游索道、建筑索道、滑雪索道和缆索起重机等多种架空索道,它们的主要特点是:

(1) 本质上都是搬运索道,它们有的只是由于搬运的对象不同而名称不同,有的只是因为服务的部门不同而名称不同,如货运索道、矿山索道、建筑索道和林业中的集材索道等,都属于货运索道,客运索道、旅游索道、滑雪索道都属于客运索道,用于吊装工程的建筑索道和林用索道中的部分集材索道,都属于缆索起重机等。所以,工程索道是指包括货运索道、客运索道、缆索起重机和林用索道的架空索道。

(2) 工程索道应用的设计计算的基础理论,都是以在均匀重力场的作用下,对悬挂缆索进行受力分析为理论基础的计算理论。这时,悬挂缆索在地球的均匀重力场的作用下,形成图 1-1 所示的曲线。在图 1-1 所示的 AB 曲线上任取一线元 dL 进行受力分析,按图 1-2 应有

$$V' = V + qdL \quad (1-1)$$

$$H_0 = H_1 = H_2 \quad (1-2)$$

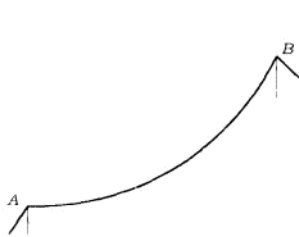


图 1-1 悬索曲线

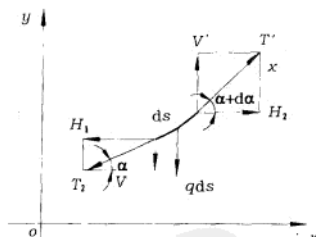


图 1-2 线元的受力分析

所以,绳缆的静力平衡方程应为

$$H \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{qdL}{dx} \quad (1-3)$$

令

$$\omega_r = \frac{qdL}{dx}$$

$$H \frac{d^2 y}{dx^2} = \omega_r \quad (1-4)$$

式 (1-1) 亦可以按图 1-3 用矢量法表示, 诸式中, V, H 分别表示悬挂缆索在均匀重力场的作用下, 所产生的张力 T 的垂直分量和水平分量; q 表示线元

dL 的单位长度自重; ω_x 按图 1-4 所示, 表示悬索之自重, 分布在 ox 轴上的单位长度重量。

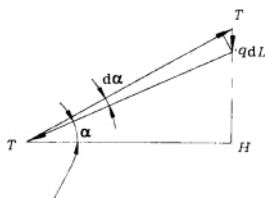


图 1-3 线元受力矢量图

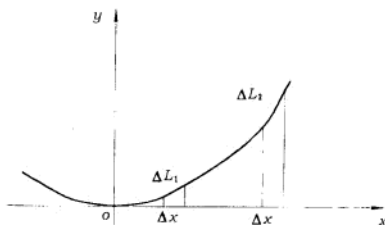


图 1-4 悬索自重沿水平方向分布状态

1.1.2 特种索道

特种索道, 是指功能上超过了搬运工程, 应用时设计计算的基础理论和工程索道基础理论有明显差异的架空索道。

例如水文缆索, 在功能上除了要吊装、搬运水文测量仪表, 而且要通过缆索传动, 进行水文测量操作。

水文缆索中应用的设计计算理论, 也因其浸在水中的部分缆索 (湿绳), 不但会随时受到地球均匀重力场的作用, 而且会同时受到与水流一致, 因垂直高度而变的梯度力场或索力场的作用。所以, 其设计计算理论基础的差异很大。又如轻型缆索传动机和部分的水文缆索, 由于其钢索之单位长度自重很小, 在进行设计计算时, 还应该进行不同的简化假设等。

这里提出“特种索道”的概念, 主要是说明除“工程索道”外, 还有某些功能比工程索道强, 设计计算理论比工程索道设计计算理论更为复杂的架空索道, 而且这些索道也将得到发展, 但不属于本书的内容。

1.2 工程索道的现状

我国是应用架空索道最早的国家之一, 早在公元前 258 年, 居住在山区的人民已经开始用竹索或藤索架设渡河用的简单的索道, 当时称之为“笮” (读“则”), 也谓之“悬渡”。至于用钢丝绳架索, 则是 1868 年, 由于钢丝绳的出现, 英国在苏格兰架设了世界上第 1 条用钢丝绳牵引的货运索道; 发展至今, 现代工程索道在世界各国的国民经济中发挥着越来越重要的作用。

1.2.1 货运索道

货运索道由于以大工业生产为依托, 一直是索道工程发展的主要阵地, 当

前国内外的货运索道技术,正在以提高运行速度,应用新材料减轻运载工具重量以增加载量,全盘实现自动化控制等方法提高索道的性能和稳定性、可靠性。现在,国外单索索道的最大运量已超过 300t/h,双索索道的最大运量达到 400~500t/h。我国现有的货运索道,已有 140 余条,总长超过了 500km,最长的有 24km。1990 年,从法国引进,在广东省云浮水泥厂建成的运输石灰石单索架空索道,全长 7.28km,运输能力为 250t/h,运行速度为 4.2m/s,生产全过程由 PLC 自动控制,使我国货运索道技术,达到了新的水平。

根据机械、冶金、煤炭三个部门系统的规定,货运索道可分为单索索道和双索索道 2 种,具体分类,如图 1-5 所示。



图 1-5 货运索道的分类

(1) 单索循环式货运索道,如图 1-6 所示,只有 1 条既作承载索,又当牵引索的工作索,是索系最简单的一种。

它们主要特点是设备比其他货运索道简单,操作、管理方便。这种索道的主体结构,是驱动机、承载牵引索、托索轮、货车、拉紧装置等。同时,索道的两端配置了装载机和卸载设备,以及过度货车的扁轨。图 1-7 和图 1-8 分别为单索循环式货运索道的装载站和卸载站示意图。

货运索道,一般采用配重张紧式承载索和配重式承载牵引索。配重系统的配置,基本上如图 1-9 所示。

(2) 双索循环式货运索道,由承载索和牵引索 2 根工作索为主体组成,载货小车的行走轮在承载索上滚动,由牵引索牵引运行。所以,牵引索也需配重,和单索货运索道比较,投资量大,但具运量大、经营费用低、使用寿命长等优点。其基本结构,如图 1-10 所示。这时,驱动机驱动牵引索,货车进入和离开装卸站和转角站时,都必须分别依靠脱开器和挂结器脱离和挂结牵引索。

(3) 图 1-11 所示,是一种三角形往复式堆货索道。

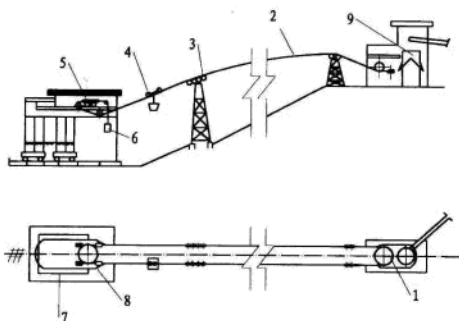


图 1-6 单索循环式货运索道示意图

1. 驱动机 2. 牵引索 3. 托索轮 4. 货车 5. 拉紧装置 6. 拉紧重锤
7. 格筛 8. 扁轨 9. 旋转式装载机

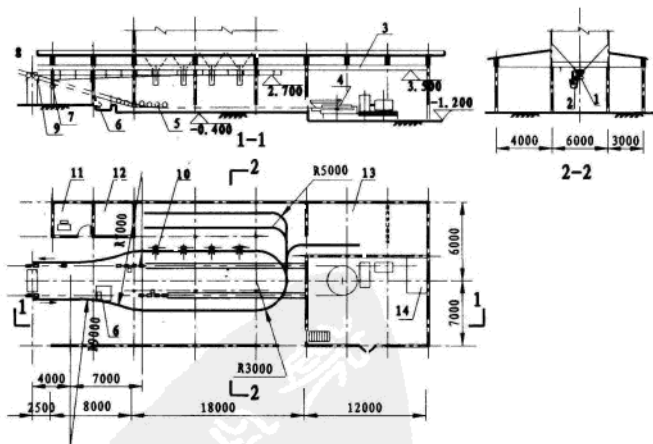


图 1-7 装载站配置图

1. 防堵振动电机 2. 气动扇形闸门 3. 起重梁 4. 卧式驱动机 5. 四轮压索轮组
6. 检修绞车 7. 稳索轮 8. 抱索器压板 9. 二轮托索轮组 10. 阻(推)车器
11. 控制室 12. 值班室 13. 检修间 14. 电气设备