

高等學校教學用書

架空索道及纜索起重機

А. П. ДУКЕЛЬСКИЙ 著
孫鴻範 任錦堂 譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



架空索道及纜索起重機

A. II. 杜蓋爾斯基著
孫鴻範 任錦堂譯

高等教育出版社

000735

本書係根據蘇聯國立機器製造書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы)出版的杜蓋爾斯基教授(А. И. Дукальский)著“架空索道及纜索起重機”(Подвесные канатные дороги и кабельные краны) 1951年版譯出,原書經蘇聯高等教育部審定為機器製造高等工業學校教科書。

本書供高等工業學校起重運輸機械專業作教科書之用,但亦可作為工程技術人員的實用指南。

本書中討論所有各式架空索道和纜索起重機構造的理論、計算和描述,並特別着重於這些裝置所特有的機件——撓性架空道、曳引設備及行駛機構等。

本書內容包括雙索架空索道、架空索道的特種型式和纜索起重機。

本書由上海交通大學孫鴻範和任錦堂譯出。

架空索道及纜索起重機

書號380(譯352)

杜 蓋 爾 斯 基 著

孫 鴻 範 任 錦 堂 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 瑞 璜 廠 一 七 〇 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上 海 天 通 巷 路 一 九 〇 號

開本 850×1168 1/16

印張 22

字數 426,000

一九五五年九月上海第一版

印數 1-1,000

一九五五年九月上海第一次印刷

定價(8) ¥ 3.24

目 錄

第三版序	7
緒論	9
索道發展簡史	9
架空道的分類	13
第一編 雙索架空索道	
第一章 雙索索道概說	15
§1. 一般構造	15
§2. 索道的生產率	19
第二章 繩索	22
§3. 承載索	23
§4. 曳引索	27
§5. 繩索的彈性伸長和剛性	30
彈性伸長	30
繩索的剛性	31
第三章 繩索的錨結和拉緊設備, 架空鋼軌, 導向滑輪及滾子	34
§6. 錨結和拉緊設備, 承載索的連接套筒和鞍座	34
§7. 架空鋼軌及其固結方法	42
§8. 用以支承和引導曳引索用的滑輪和滾子的拉緊設備	43
第四章 繩索的垂度	49
§9. 在自重作用下繩索的垂度	49
鏈線法	49
彎矩和垂度間的相似性	52
拋物線法	54
§10. 繩索的破斷長度	58
§11. 在自重及集中載荷作用下繩索的垂度	59
跨距中具有一輛貨車時	59
跨距中具有多輛貨車時	59
§12. 貨車沿繩索移動時的升角	63
第五章 承載索拉力的確定	67
§13. 具有拉緊荷重的繩索	67
§14. 具有固定端的繩索	71
具有固定端承載索的可能應用範圍	75
第六章 承載索的計算	77
§15. 承載索在橫向載荷作用下的彎曲和這種彎曲對繩索強度的影響	77
§16. 影響承載索損蝕的因素	82
抗磨性的實驗研究	83

§ 17. 承載索的計算	87
按照耐久性條件計算繩索	87
k 值的選擇	88
按照垂度條件計算繩索	90
按許可載荷法計算承載索的強度	90
§ 18. 拉緊區段的長度, 拉緊荷重的大小及其行程	91
第七章 支架	97
§ 19. 支架的構造	97
§ 20. 承載索在支架上的彎繞角	101
確定彎繞角的近似方法	105
§ 21. 支架上的載荷	105
承載索的壓力	105
風壓力	106
支架的自重	107
第八章 索道的側型和平面圖	110
§ 22. 拉緊站和鑄結站	110
§ 23. 索道的平面圖及轉向站	111
§ 24. 側型的構成	115
構成索道側型的一般條件	115
平坦的側型	119
形狀凸起的側型	120
形狀凹陷的側型	122
§ 25. 設計時的一般指示	125
索道線路的選擇	125
自動迂迴曲線	126
傳動區段	126
基本參數的選取	127
第九章 貨車	129
§ 26. 總的構造	129
§ 27. 掛結器	136
貨物掛結器	137
強制作用式的掛結器	145
§ 28. 掛結器的計算	147
貨物掛結器	150
強制作用式的螺旋掛結器	151
§ 29. 曳引索作用於貨車上的壓力	153
繩索在線路中和通過支架時的壓力	153
繩索在鋼軌通道上的壓力	155
§ 30. 作用於車輪上的壓力, 各種貨車類型的評價	157
下部曳引; 掛結器裝在運行小車上	157
上部曳引	159
下部曳引; 掛結器裝在吊架上	160
各種貨車類型的比較評價	162

第十章 曳引索的計算和驅動機構功率的確定	165
§ 31. 曳引力的損失	165
貨車和曳引索重量的分力	165
由於貨車運動部分中的摩擦而引起的曳引力損失	166
在凸起的側型上曳引力的附加損失	167
在滑輪和滾子組上曳引力的損失	168
§ 32. 曳引索的拉力	170
拉緊荷重數值的確定	173
曳引索拉力的確定	178
驅動機構的示意圖, 它們的裝置及傳動區段的劃分	180
曳引索拉緊滑輪的行程	184
§ 33. 曳引索的計算	186
§ 34. 驅動機構功率的確定	188
第十一章 驅動機構	201
§ 35. 標準多槽驅動機構	202
§ 36. 均衡驅動機構	212
§ 37. 具有加大附著力的特種驅動機構	219
第十二章 端站及區間站	225
§ 38. 站架的一般構造	225
§ 39. 鋼軌通道及貨車運行過程的機械化、輔助裝置	241
§ 40. 貨車的自動裝載和卸載	266
第十三章 保護裝置	273
§ 41. 防護橋	273
§ 42. 防護網	276
第十四章 雙索索道的特種型式	285
§ 43. 繩索曳引的架空道	285
§ 44. 往復運動的架空道	288
§ 45. 堆貨索道	296

第二編 架空索道的特種型式

第一章 單索架空道	304
第二章 客運架空道	318
第三章 可攜式架空道	336

第三編 纜索起重機

第一章 一般構造的應用範圍	342
§ 1. 纜索起重機的类型及其一般特性	342
§ 2. 繩索、小車和承馬的系統	347
§ 3. 曳引絞車和舉重絞車	359
§ 4. 塔架及其運行機構	362
§ 5. 纜索起重機的應用範圍	369
§ 6. 纜索挖土機	373

第二章 計算數據.....	376
§ 7. 承載索的計算.....	376
具有兩個錨結端的繩索的拉力.....	378
採用擺動塔架時繩索的拉力.....	381
§ 8. 曳引索的計算.....	383
具有拉緊荷重的曳引索.....	384
無拉緊荷重的曳引索.....	386
§ 9. 絞車功率和塔架運行機構功率的確定.....	388
雙馬達絞車.....	388
單馬達絞車.....	389
起重機塔架運行所需的功率.....	390
俄中名詞對照表.....	392

第三版序

在本書第二版出版以後的一段時期中，蘇聯科學和技術在索道方面有了很多新的創造：進行了許多關於撓性索的靜力和動力計算、關於纜索強度、抗磨性和剛性等問題的研究工作；對站上工作的機械化和自動化擬定了很多新的結構；作到了使一切設備徹底現代化；建築了很多特種索道和山嶺索道及新型的纜索起重機；單索索道的建築獲得了廣泛的發展；並建築了客運索道等等。

由於這些，本書在結構方面的資料是大大地革新了，而在計算部份中也作了很多增訂和修改。

當選取本書的資料時，曾得到全蘇工業機械化托拉斯（Союзпроммеханизация）的列寧格勒、哈爾科夫和莫斯科設計分局，建築機械裝配托拉斯（Трест Строймехмонтаж），全蘇起重運輸機械製造科學研究所（ВНИИПТМАШ）及技術科學候補博士 И. Я. 柯岡（И. Я. Коган）很大的幫助，作者對此表示衷心的謝意。

А. И. 杜蓋爾斯基

緒 論

索道發展簡史

在遠古時代人們就已運用架空——“懸吊”——方式作為移動貨物(荷重)和人客通過懸崖、河流和深淵之用。它的最初形式是以熱帶植物纖維編成的繩索所造成的原始渡口；人客在吊籃裏用手曳動繩索而沿着繩索移動。以後轉為用藤索組成的較完善的系統，其中具有裝在輪子上的吊籃設備，並有用人力或馬力絞車驅動的曳引索。在十五到十七世紀的一些古老書籍裏，常常發現有類似設備的敘述(圖 1)，這些主要是作為軍事建築目的之用。

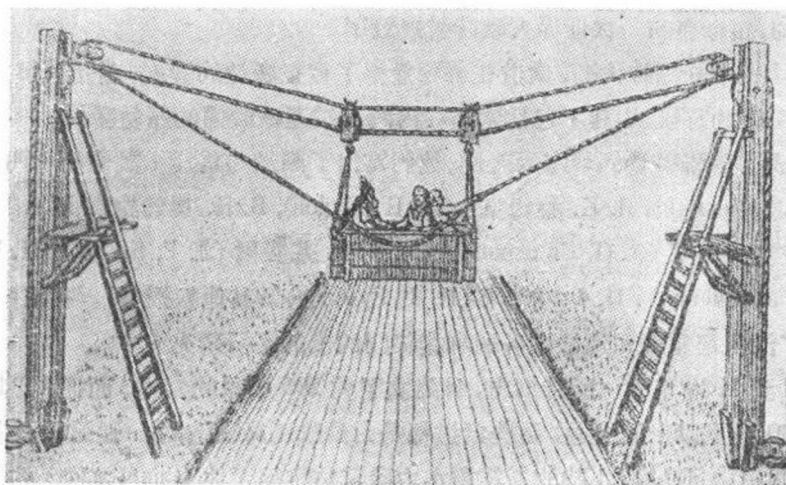


圖 1. 十五世紀的原始索道。

在十七世紀的下半期，出現了多跨索道的雛型，其中有作環形運動的吊籃固結在運動着的藤索上(圖 2)。但是藤索強度低，這就限制了這些原始索道的能力。

雖然當發掘龐貝城(Помпея)時，就已發現鋼絲索的遺跡，並且在十五世紀的書籍裏，就已提到鋼絲索，但鋼絲索的工業生產僅在十八世紀的中葉才開始，這對於建立近代形式的索道提供了廣泛的可能性。經過了一百年，在索道方面還沒有任何顯著的進步，直到十九世紀的七十年代，才出現了第一批近代架空索道的式樣。從這時候起，這種新式運輸設備在量和質方面都開始了迅速的發展，而到二十世紀的初葉，在平原以及在山地上已建立了一千以上的架空索道。

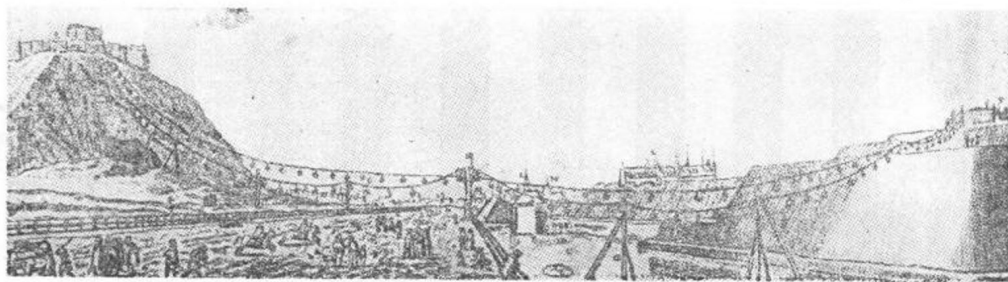


圖 2. 十七世紀的索道。

在俄國，近代型式的鋼絲索索道在十九世紀的七十年代就已建立。在文獻中^①曾提到這時期的三個索道。其中第一個索道是按照俄國設計師莫索勞夫（Мосолов）的結構系統建立的，在莫斯科用以運出垃圾；第二個在莫斯科用於印花工廠中；第三個長約 9 公里，運輸尼惹高羅特（Нижегород）鐵路波克羅夫斯克（Покровск）站附近林地裏的木材。從這時起，架空索道的建築在俄國開始迅速地發展。到 1904 年，根據刊載在工藝師協會公報（Вестник Общества технологов）上的報導^②，俄國已建立了 80 個以上的架空索道。在 1895 到 1922 年的時期中^③，已經建立了約 190 公里的索道，其中約一半是哈爾科夫工廠（Харьковский завод）建造的，該廠在第一次世界大戰時被摧毀了。

在斯大林五年計劃時代裏，索道在蘇聯獲得了真正廣泛的發展，當迅速發展工業化，尤其是發展重工業的時候，引起了包括索道在內的起重運輸設備的蓬勃發展。

這就促成了蘇聯學者們豐富的著作，他們寫出了關於起重運輸設備的專門論文 [П. С. 科茲明 (П. С. Козьмин), Н. Н. 葉姆卓夫 (Н. Н. Емцов), В. Н. 奧勃拉卓夫 (В. Н. Образцов), А. О. 斯比伐可夫斯基 (А. О. Сливаковский), Л. Г. 基費爾 (Л. Г. Кифер), И. И. 阿勃拉莫維奇 (И. И. Абрамович), Н. Ф. 魯琴科 (Н. Ф. Руденко) 及其他教授等]。在這些著作的基礎上，培養出了深入起重機和運輸機各個專業部門的設計師及研究人才。

在 1922 到 1933 年的一段時期內，曾建立了約 200 公里的索道，而從 1934 到 1948 年，又建立了 100 公里以上的索道，這些索道都是由蘇聯工廠製造的。從這些數字中，必須指出：具有生產率達 500 噸/小時的斯維爾水力發電站建築工地（Свирьстрой）的雙生式索道，施切爾格斯（Штергрес）區域發電站及納斯基科沃（Настиково）煤礦各礦井的複雜索道網，索利卡姆斯克（Соликамск）、烏拉爾石棉礦（Ураласбест）、列寧格勒第 8 水力發電站、科特拉-雅爾維（Кохтла-Ярве）等的堆土索道，土堆高達 100 公尺，特克瓦爾契（Ткварчел）煤礦，奇阿圖拉（Чиатура），庫茲涅茨克（Кузнецк），捷爾納烏斯（Тернауз）及其它山嶺索道。

在近代，索道用於國民經濟中的很多部門：煤炭工業，金屬採礦業，化學工業，矽酸鹽工業，冶金工業，林業，食品及輕工業，電力站及建築企業等。爲了伏爾加河上的斯大林新建築工程，具有空前指標的索道建築正在擬訂中。

① К. 格格夫諾夫 (К. Коконцев), “特種式樣的索道”, 莫斯科出版股份公司, 1927。

② В. 魯利夫 (В. Рулев), “關於最新鋼絲索索道的報導書”, 工藝師協會公報, 1904。

③ 根據索道運輸管理局 (Канатдортранс) 的報導。

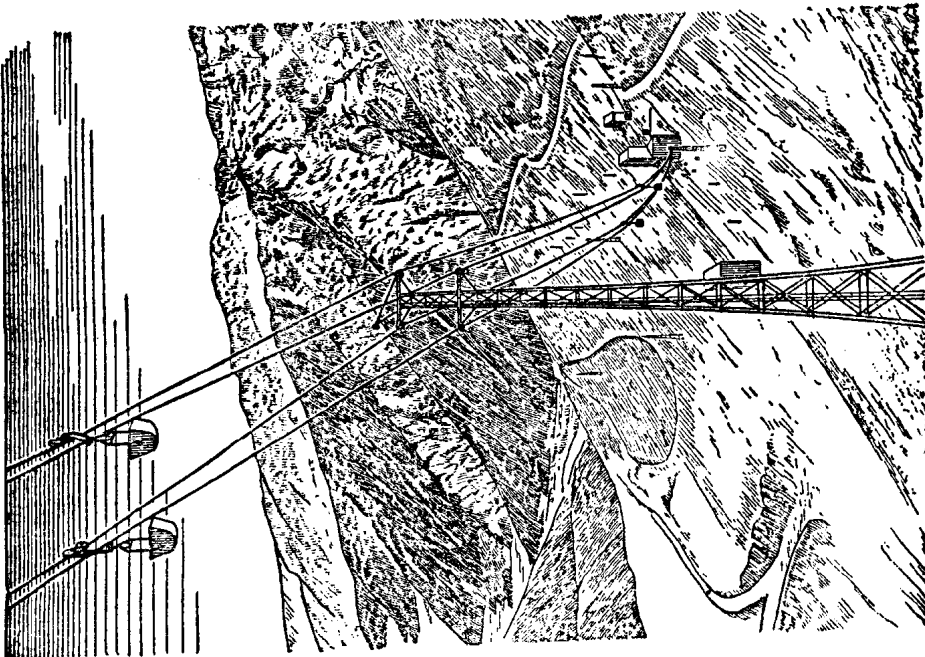


圖 3. 建築在卡巴爾特 (Kaban) 的現代雙索索道。

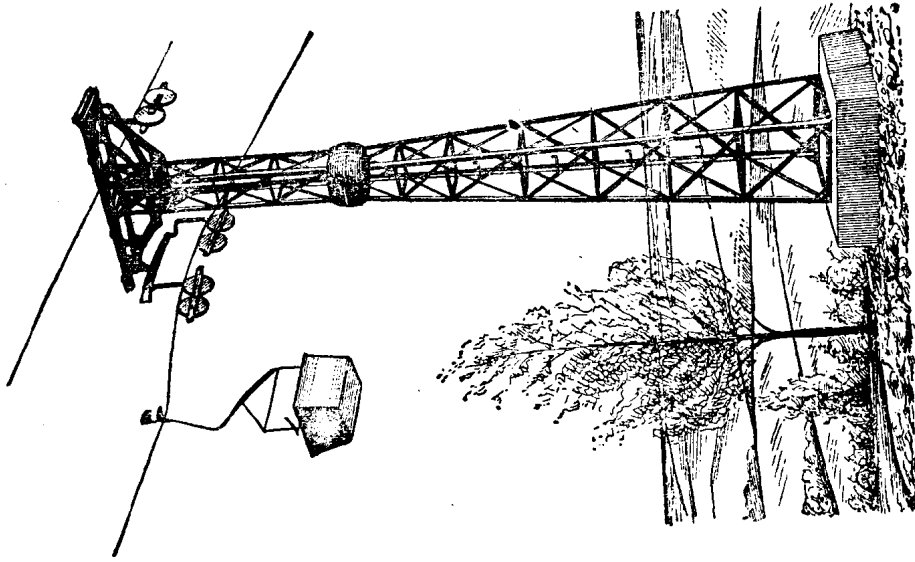


圖 4. 現代的單索索道「建築機械裝配托拉斯 (Строймехмонтаж)」。

除了重型雙索索道(圖3)以外,我國工廠同時出產單索式的輕型索道(圖4)及特別輕型的索道——可攜式索道。

近年來,蘇聯亦開始建築客運的架空索道。第一個客運索道於1946年建築在格魯吉亞蘇維埃社會主義共和國的澤斯塔佛尼城(гор. Зестафони)。現在,在格魯吉亞已建立了兩個客運索道,其車輛可載16人。

纜索起重機(圖5)的生產與索道並進地發展着。這些強大的建築工程特別廣泛地應用於木材堆棧的工作中[阿爾漢格爾斯克(Архангельск)、索利卡姆斯克、馬里(Марий)、錫亞斯(Сясь)及其它造紙聯合廠],應用於水電站[伏爾霍夫(Волхов)、斯維爾、奇爾奇克(Чирчик)、伏爾加及其它]、橋樑、旱橋、房屋及其它等的建築工程中,以及用於發電站的煤棧,和露天礦[烏拉爾石棉礦,科坎德(Коканд)及其它]的開採工作中。

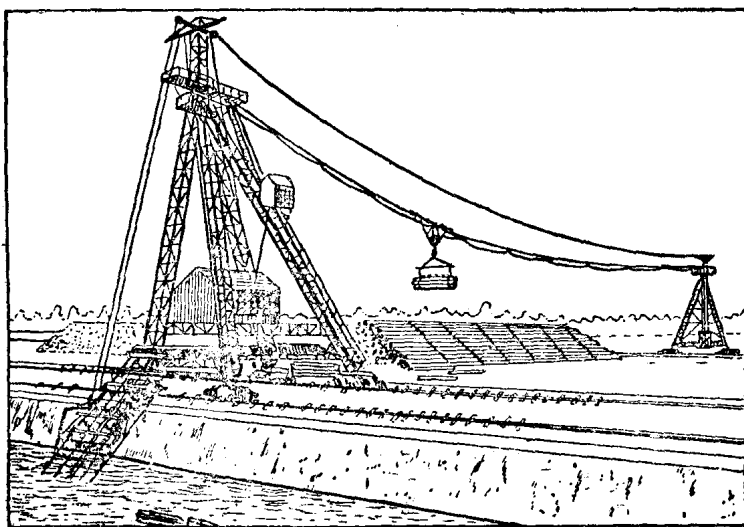


圖5. 卡姆斯克造紙聯合廠的纜索起重機。

在我們社會主義國民經濟體系的條件下,架空索道及纜索起重機的一切主要設備都已典型化,並均按照專門擬定的標準建造,而設計是根據特種技術條件和規範進行的,這些技術條件和規範由全蘇工業機械化托拉斯設計總局及其哈爾科夫分局所制定。

對於進一步擴大架空索道的應用範圍,有效地解決增加生產率和作業自動化這兩個主要問題有着極其重大的意義。

近代索道的最大生產率達到250~300噸/小時;利用雙生線路設備時這個指標還可以加倍。但是,這對於滿足社會主義經濟不斷增長的需要來說往往還是不夠的。

索道自動化是繁重勞動過程機械化這個一般問題的環節之一,這在從社會主義過渡到共產主義的情況下有着特殊的意義。

索道作業自動化以後就可以消除人力的工序,並減少工作人員的數額,增加勞動生產率和減少運費。在這方面進行了很多的工作並且獲得了重大的成就。擬定了貨車沿站內通路運行的機械化系統及其從漏斗中自動卸載的系統,後者目前在很多已建立的索道上已經實

現了。

架空道的分類

架空道與地上道路不同，其特點在於具有架空的索道或軌道，貨車即沿此道而運動。

作為架空道分類根據的最顯著標誌是曳引的種類，基本上它影響着架空道的結構，並確定運行機構、曳引構件和驅動機構的型式，同時在大多數情形中也決定架空路徑的型式。根據曳引的種類，所有架空道可分為兩大類：

(1) 沒有集中驅動裝置的架空道，其中貨車或貨車組可以各自在架空道線路上移動，互不相關；這類架空道的特徵是架空的路徑可以是水平的或是稍有傾斜的，主要是軌道，也有可能將捲揚機構裝設在貨車中。這類架空道可以是人力驅動的，電力驅動的，熱力驅動的或混合曳引的。

(2) 有集中驅動裝置的架空道，其中線路上的全部貨車均與具有驅動機構及拉緊設備的無端曳引構件相連接。在站上，貨車可與曳引構件分開，並可用人力使其沿着架空軌道移動，而架空軌道可用轉轍器、轉盤或其他分路設備達到任意的分叉。現在祇有利用鋼絲索作為曳引構件，因此，屬於這一類的實際上僅是具有繩索曳引的架空道，即所謂架空索道，基本上它分做兩種型式：雙索的和單索的索道。

在雙索的架空道中(圖3)有兩種繩索：承載索，貨車的車輛即沿着它運行，和曳引索，用以使貨車運動。

若是在索道的全部長度上，承載索都用架空軌道來代替，則雙索索道就變為具有曳引索的架空軌道。

單索架空道(圖4)僅有一根索——曳引索，貨車在站上與它掛結在一起，然後就在端點間移動。因此在單索架空道中，在站上的貨車係用人力使其藉車輛沿着架空軌道的路徑行進，而在線路上則由運動着的曳引索攜帶之，它是從架空道到繩索運輸的過渡階段。

雙索索道與單索索道都可以做到使貨車具有封閉的環形運動，其中貨車沿索道中的一線路輸送貨物，而沿另一線路空車折返，也可以做到使貨車具有往復運動，其中索道的每一線路上只有一輛貨車，它在索道兩端點間沿一線路向前向後地作着調向運動。

架空索道基本上是作為運送貨物用的，但是客運架空索道也已得到廣泛的發展，其構造因特殊的安全要求而與貨運索道有很大的區別。

除去固定式索道以外，還有可攜式架空索道，常用在建築工程中和農業上。它們有做成雙索系統的也有做成單索系統的。又因為是輕型的索道所以其結構應完全符合裝配迅速及搬運方便的要求。

現代索道在很多工業部門中，已得到廣泛的應用。

在很多情形中，它們與汽車運輸及鐵路運輸競爭得到勝利。索道與汽車運輸及鐵路運輸比較起來有下述的優點：

1. 與地勢的側形無關，因此可以免去橋樑、棧橋和相當大的土方工程的建築。同時，因

爲有了曳引索和撓性的架空路徑，也就可以按最短的路線來建立索道，這種路線在地勢艱險的條件下，可以比鐵路或公路短幾倍。

2. 索道的工作與大氣情況無關。在最不利的氣候情況下^①，索道亦可不停歇地工作，且不易被雪堆上。

3. 索道不僅能在兩個固定點之間傳運貨物，而且可以同時舉升貨物到任何高度，因此可以在端站和區間站裏按堆棧、漏斗或直接按需要之處分配貨物。裝載站和卸載站可以位於任何高度——在地下或在地上——使貨車直接裝貨和卸貨時可以獲得最大的方便，於是當載運散碎貨物時，貨車的裝卸工作就可自動進行。因之，在很多情形中，就不需要專門的轉載設備，然而此項設備却是地上有軌或無軌運輸中所必需的。

4. 索道，尤其是具有架空軌道的索道，在平面內的撓性極好，並且在彎曲處所要求的場地亦較鐵路要小得多。這在工廠的場地上運輸貨物時特別重要。加之，既然有可能減輕地面交通，就往往可以大大地簡化工廠的軌道網路與調車工作，並且可以建立較緊湊的生產車間佈置。

當生產率不大（50 噸/小時左右），甚至在貨物移動路徑相當小的情形下，索道亦常與輸送機競爭着。在這種情形中採用往復式的索道頗有成效，這類索道只要 1~2 工人來維護，也就是與輸送機的服務人員數目相同，然而在地勢艱險的條件下（高度差較大，在平面內轉向），輸送機的設置費可能高於索道的設置費。

雙索系統較之單索者較爲困難，但却是比較通用的索道型式。若生產率小於 30 噸/小時，通常是單索索道最經濟，而若生產率高於 50 噸/小時——雙索索道最爲經濟。

① 在山嶺地區的索道可作爲例子，它達到海拔 3500 公尺以上。

第一編 雙索架空索道

第一章 雙索索道概說

§ 1. 一般構造

圖 6 表示雙索索道構造的示意圖，而圖 7 則表示其總圖。在索道端站之間，架設着兩根平行的承載索，其中一根作為重車通行之用，另一根則作為空車折返之用。在承載索進入站內的地方，藉特種鞍座裝置之助，承索載即被引向路軌的內側，而別代之以剛性的鋼軌，這樣，此剛性鋼軌就使兩根承載索互相銜接起來，形成一條環形通路，以供貨車運行之用。承載索的一端錨結在特殊的基礎上，或直接地錨結在站架結構上，如在示意圖中所表示的情形。承載索的另一端則藉自由掛置着的拉緊荷重拉緊於另一站架上。在端站之間，承載索

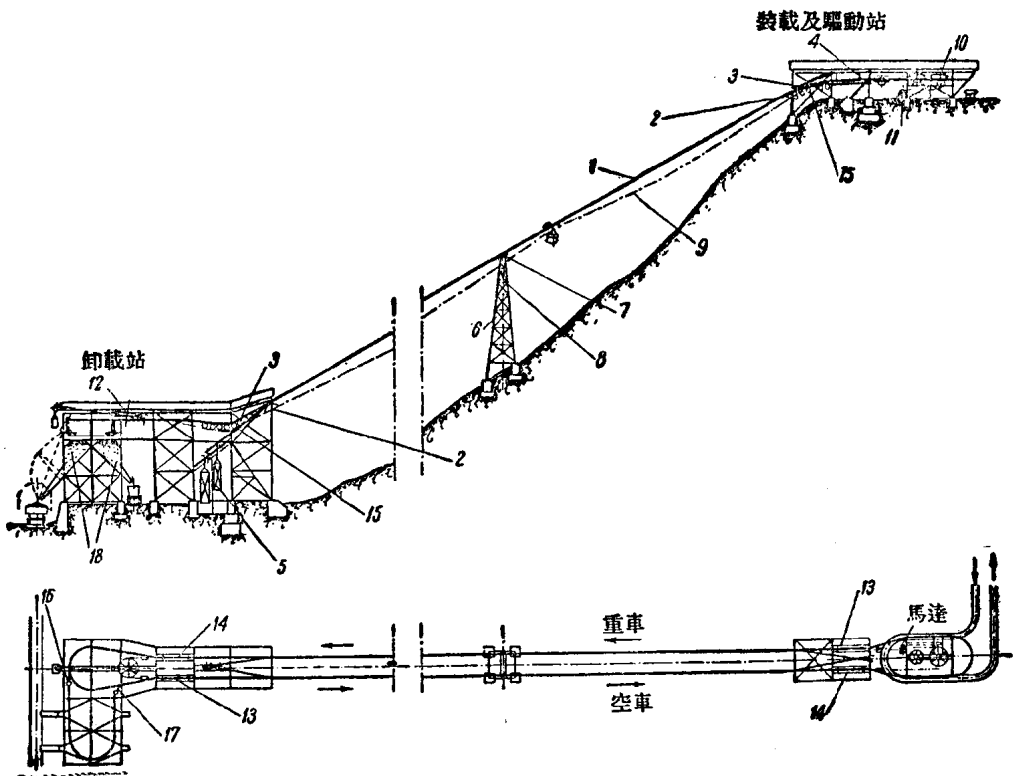


圖 6. 雙索索道的示意圖：

1—承載索；2—偏斜鞍座；3—鋼軌；4—承載索的錨結處；5—承載索的拉緊荷重；6—支架；7—支架鞍座；8—支承滾子；9—曳引索；10—驅動機構；11—發動機；12—曳引索的拉緊滑輪；13—接合器；14—脫開器；15—支承滾子組；16—直線轉轆器；17—曲線轉轆器；18—漏斗。

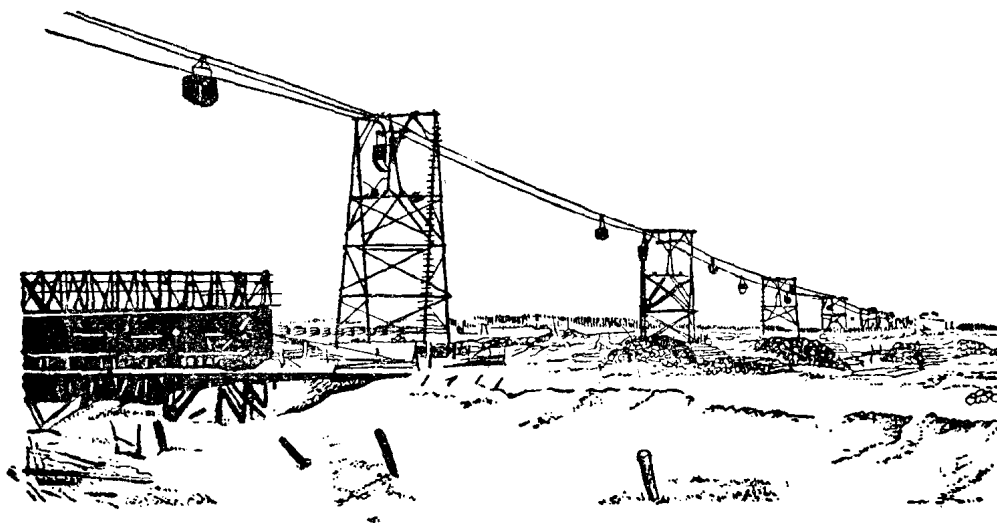


圖 7. 雙索索道總圖〔“沙果爾”(Сокоя) 工廠〕。

用單獨地豎立着的支架(圖 8)支持着。這些支架上裝着具有索槽的特種支架鞍座, 繩索即自由地放置在此種索槽中, 並不被軋住。拉緊荷重調節着承載索的拉力, 使承載索在其全部

線路上近乎保持着恆定的狀態, 不因個別跨度間繩索垂度的變動而遭受影響, 因為全部線路中繩索長度的任何變動, 都可通過對重的移動來獲得補償。

爲了減少摩擦力所引起的影響, 常將承載索分成許多拉緊區段, 在區段的接界處, 另裝置着區間的拉緊和錨結站(圖 9), 並在該處用鋼軌來代替繩索; 貨車可自動地通過這些區間站, 在通過時並不需要和曳引索分開。站內架空軌道可藉轉轍器接合而沿着站內全部面積分出叉道, 以便引導貨車至站內任一處進行裝載或卸載工作。

曳引索用來曳動貨車, 其安裝位置與

承載索平行, 如示意圖中所示。在裝載站和卸載站內, 曳引索捲繞在末端滑輪上, 而在支架上, 則藉滾子來支承; 曳引索的末端被編結起來, 這樣, 就形成了經常運動着的封閉環圈, 貨車可在站內與此項環圈相接合或脫開。驅動機構通常安置在上端站中, 由傳動滑輪構成, 而傳動滑輪則通過驅動機構由發動機來帶動。爲了使得繩索和傳動滑輪間具有足夠的附着力起見, 常將驅動滑輪做成多槽式。

曳引索也具有拉緊設備; 爲此目的, 恆將滑輪之一裝置在小車上或滑板上, 在圖示的情

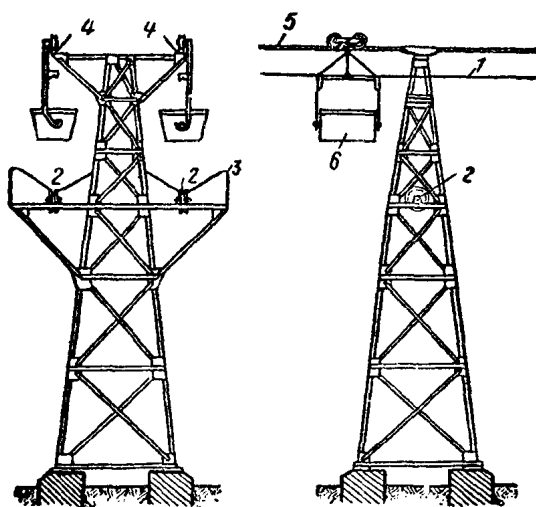


圖 8. 雙索索道的支架:

- 1—曳引索; 2—具有防護弧面 3 的曳引索支承滾子;
4—承載索 5 的支架鞍座; 6—貨車。