

第三十章 索道與纜索起重機

架 空 索 道

架空索道的用途與型式

架空索道之承載部分為鋼索。在山地以及在與河流、山谷、鐵路線等相交錯的地區，作為運輸各種貨物之用(很少用作客運)。

按照結構的型式，架空索道可分為雙索式的(此種索道應用最廣)、單索式的與類似懸索吊斗傳送機式的。按照工作的特性，架空索道可分為連續環行式的與往復運行式的。按其構建方法，又可以分為固定式的或轉移式的。

環行雙索架空道

構成環行雙索架空道(圖1)的主要部分為：承載索、牽引索、料車、終點站、中間(線路)站與中間支柱。

連接終點站的兩條平行承載索，栓定於其中的一站，而在另一站上用張緊重錘拉緊；站與站之間，則用木結構的(圖2)、金屬結構的(圖3)或鋼筋混凝土結構的中間支柱支持，活動地(未予栓定)擱置於特別的托靴上。承載索有用密閉旋繞鋼索——按ГОСТ3090-46或旋繞鋼索——按ГОСТ3064-46與3065-46(見表1與表2)。有載荷的料車，沿着直徑較大的一根承載索移向卸貨站，而空料車則沿直徑較小的一根承載索回至裝貨站。

移動料車的無頭(鎖接成一環行)牽引索，通常係按ГОСТ2688-46, 3069-46, 3070-46, 3077-46或3078-46(參閱第十九章‘起重機械的零件與主要部件’)，用1~1.8公厘粗細的鋼索繞成。牽引索繞過傳動滑輪與張緊滑輪，並由設置於中間支柱上的托靴支撐着。

用以牽引鋼索的傳動裝置，包括在輪緣上有一道、二道或三道(不常用)凹槽的主動輪，中間輪，電動機，自電動機至主動輪之間的傳力系統，以及制動器或停車機構。為了使鋼索與主動輪輪緣間密切結合，在輪緣外另鑲上用皮革、木材或其他材料製成的套圈(襯帶)。為了同樣的目的，有時用帶索夾的主動輪來代替前述的摩擦主動輪(圖5)。

在設計傳動裝置時，通常預為避免牽引索至主動輪之間的途徑上有過多的彎曲。只有在特殊情況中(例如，當集中管理若干傳動裝置，而其機器房配置於其他

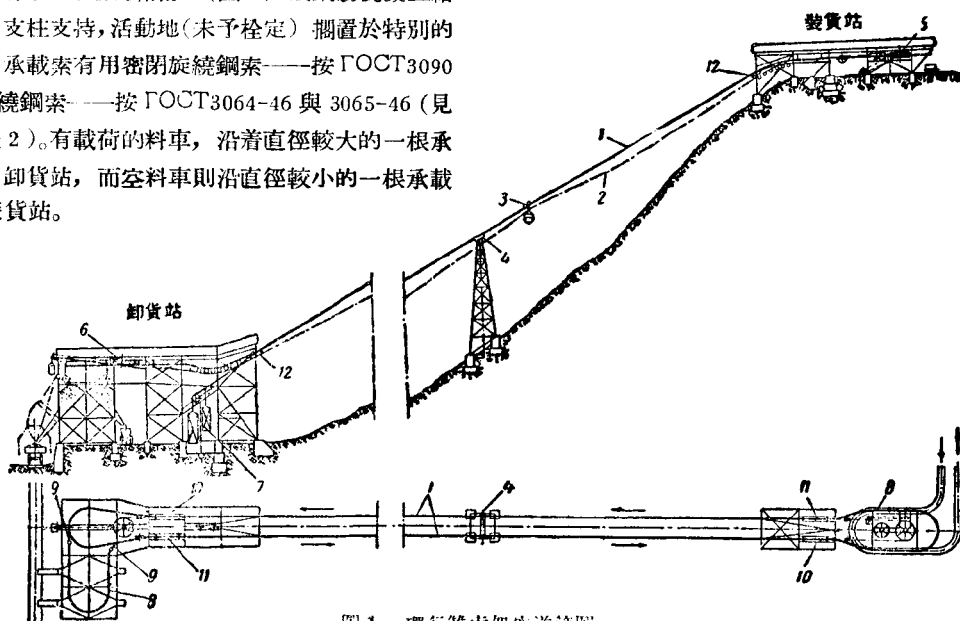


圖1 環行雙索架空道簡圖：

1—承載索；2—牽引索；3—料車；4—中間支柱；5—牽引索傳動裝置；6—牽引索張緊裝置；7—承載索張緊裝置；8—用剛性軌道的架空站線；9—站線道岔；10—料車索夾脫開器；11—料車索夾接合器；12—承載索偏向托靴。

站內設備範圍以外時),不容許利用導向輪使鋼索在水平和垂直平面內偏轉方向。爲了減少鋼索的曲折,在高站的情況下宜用垂直傳動(圖 4, *b*),而在低站(所謂窪站)時,則宜用水平傳動(圖 4, *a*)。

張緊裝置通常設置於鋼索最鬆弛的部分。它包括輪軸裝置於滑板或拖板上的活動輪,固定於滑板或拖板上並繞過滑車的張緊索,以及張緊重錘——懸於鋼索並盛滿混凝土塊、砂或石塊的箱子(圖 6)。

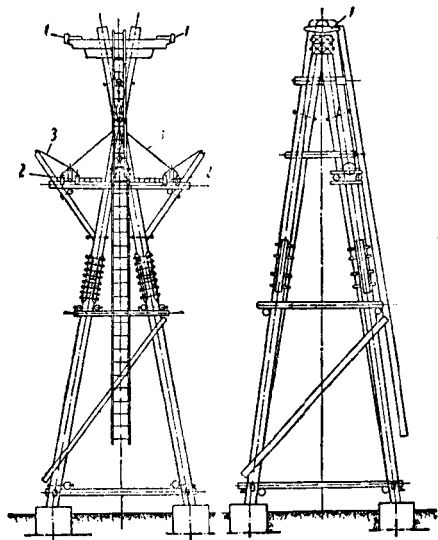


圖 2 木結構的中間支柱:

1—承載索托靴; 2—牽引索托靴; 3—導弓。

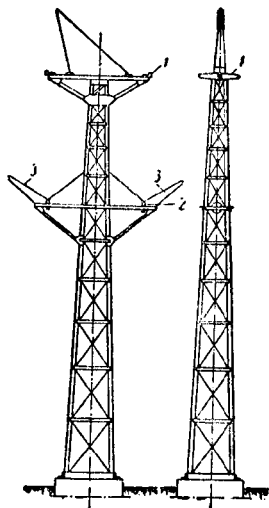
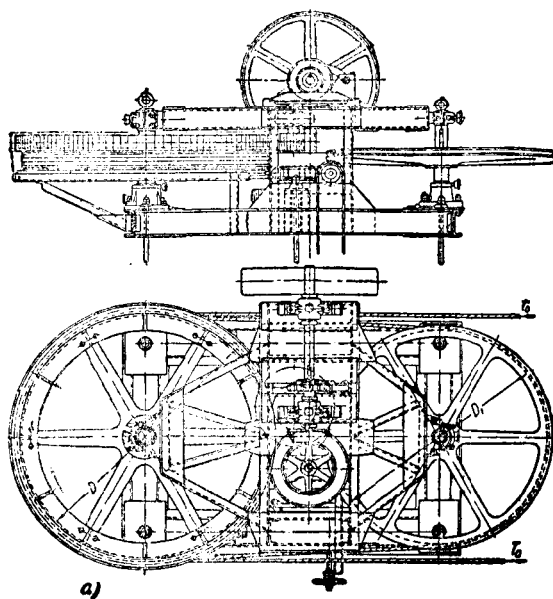
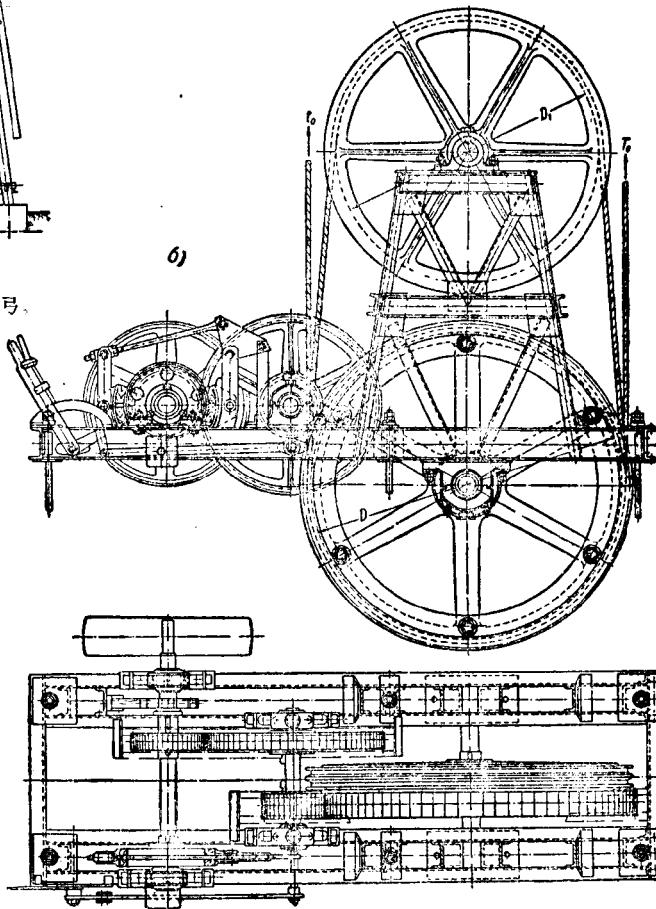


圖 3 金屬結構的中間支柱:

1—承載索托靴; 2—牽引索托靴; 3—導弓。



a)



b)

圖 4 帶凹槽摩擦輪的牽引索傳動裝置:

a—水平的; *b*—垂直的。

表 1 有一層型鋼絲的密閉旋繞鋼索之主要規範
(按照ГОСТ3090-46規定)

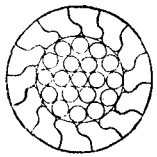
鋼索圖式	鋼索直徑 (公厘)	鋼絲粗細(公厘)		鋼絲根數			鋼絲截面 面積總和 (公厘 ²)	每公尺 鋼索重量 (公斤)	當鋼絲的計算抗拉極限 強度 $\sigma_b = 120$ 公斤/公 厘 ² 時,鋼索的總破裂強 度(不低於)
		圓鋼絲 (直徑)	型鋼絲 (高度)	圓鋼絲	型鋼絲	共 計			
	30	3.6	6	19	14	33	615	4.8	73,800
	32	4	6	19	15	34	655	5.5	78,500
	34	4.4	6	19	16	35	795	6.3	95,500
	36	4.8	6	19	17	36	885	7	106,200
	38	3.7	6	37	18	55	985	7.9	118,300
	40	4	6	37	19	56	1070	8.7	128,500
	42	4.3	6	37	20	57	1180	9.5	142,000
	44	4.6	6	37	21	58	1295	10.3	155,600
	46	4.9	6	37	22	59	1470	11.6	176,500
	48	4	6	61	23	84	1620	12.7	195,000

表 2 旋繞鋼索的主要規範
(按照ГОСТ3064-46與3065-46規定)

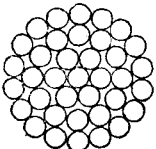
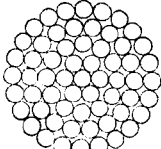
鋼索圖式及鋼絲根數	直徑(公厘)		鋼絲截面 面積總和 (公厘 ²)	每 公 尺 鋼索重量 (公斤)	鋼絲的計算抗拉強度(σ_b)(公斤/公厘 ²)				
	鋼索	鋼絲			110	120	130	140	150
					鋼索的破裂強度(公斤)				
1×37=37(順繞)									
	24.5	3.5	356	2.9	33,300	36,300	39,400	—	—
	26.5	3.8	419	3.4	39,300	42,700	46,300	—	—
	28	4.0	465	3.8	43,500	47,500	51,300	—	—
	31.5	4.5	588	4.8	55,000	60,000	—	—	—
	36	5.0	726	5.9	68,000	—	—	—	—
1×61=61(順繞)									
	25.5	2.8	376	3.1	33,900	36,900	40,000	43,100	46,300
	27	3.0	431	3.6	38,900	42,400	46,000	49,500	53,000
	29	3.2	491	4.0	44,200	48,300	52,300	56,400	—
	31.5	3.5	587	4.8	52,900	57,600	62,500	—	—
	34.5	3.8	692	5.8	62,500	68,000	73,500	—	—
	36	4.0	766	6.3	69,100	75,500	81,700	—	—
	40.5	4.5	970	8.1	87,600	95,500	—	—	—
	45	5.0	1198	10.0	107,800	117,800	—	—	—

表 3 環行雙索架空道牽引索所用的雙槽滑輪傳動裝置之簡明規範
(按照‘工業機械化協會’托辣斯的標準)

傳 動 類 型	切線應力 (公斤)	滑輪直徑(公厘)		鋼索之移 動速度 (公尺/秒)	鋼索拉力(公斤)			結構的 總重量 (公斤)
		主動輪 D_1	中間輪 D_2		進端最大 T_0	出端最大 t_0	出端最小	
垂直的(見圖4,б)	600	1500	1250	1.25~2.50	1700	1100	350	2710
	1750	2250	1750	1.25~2.50	3600	1850	970	2450
	2500	2250	1750	1.25~2.50	4700	2200	1400	7800
水平的(見圖4,а)	600	1500	1250	1.25~2.50	1700	1100	350	3350
	1000	2250	1750	1.25~2.50	2200	1200	555	7205
	2000	2250	1750	1.25~2.50	4500	2500	1120	8290

① ‘工業機械化協會’托辣斯(Трест ‘Союзпромеханизация’).

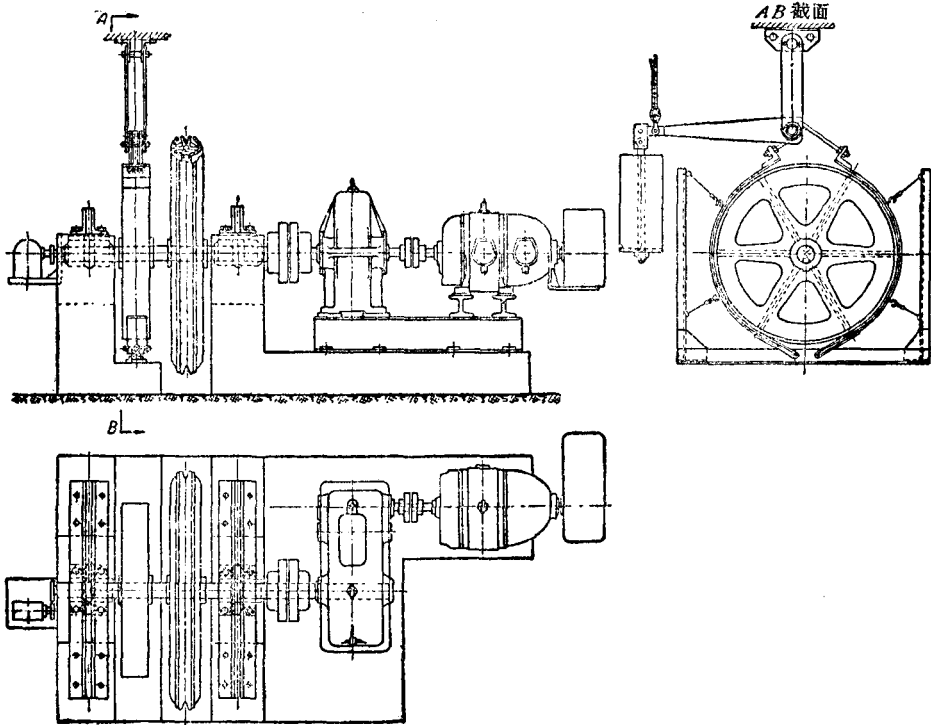


圖5 帶有索夾的垂直滑輪牽引索傳動裝置。

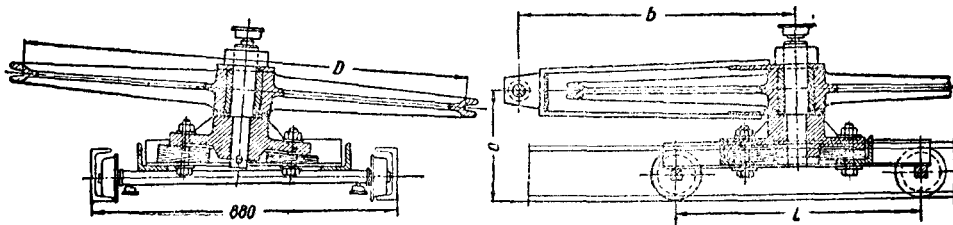


圖6 牽引索張緊裝置的滑輪與拖架。

表4 環行雙索架空道牽引索所用的
帶活動拖架的張緊裝置規範
(按照‘工業機械化協會’托辣斯的標準)

張緊 輪直徑 D (公厘)	容許 載荷 (公斤)	自導軌至 滑輪輪絲 中心線之 距離 a ① (公厘)	固定張 緊用的 叉子長 度 b (公厘)	導輪寬 度 (按 縱向輪 外側計) 距 l (公厘)	跑車的 縱向輪 距 l (公厘)	結構總 重 (不 包括張 緊重錘) (公斤)
1250	2100	300~316	795	880	700	225
1750	3600	331~347	1045	880	700	420
2500	3600	331~347	1425	880	700	645

附註：表中所用字母代號，參照圖6。

① 表內數值中之小者用於用水平張緊輪時，而大數值則用於張緊輪與水平成一角度時。

傳動裝置與張緊裝置之簡明技術規範，見表3與表4所列。

當索道的長度、縱斷面條件或生產量確定採用大直徑的牽引索時，則整個線路應分成若干段，每段各用單獨的傳動裝置與張緊裝置。

雙索架空道的料車是由車輪裝有滾動軸承的二輪或四輪跑車，以及與跑車以關節相連接而帶有車廂或其他運貨器具的吊架構成。

料車裝有索夾，用以與牽引索相連接而帶動料車。索夾有重力式的(圖7與圖8)，直接安裝於跑車上，藉料車與貨物本身的重力作用來帶動，或螺旋式的(圖9與圖10)，槓桿式的(圖11)、楔鐵式的、偏心式的等等，均安裝在吊架上而藉附加的外力作用來帶動。

輸送粒狀貨物用的料車車廂，或如圖7所示之傾翻

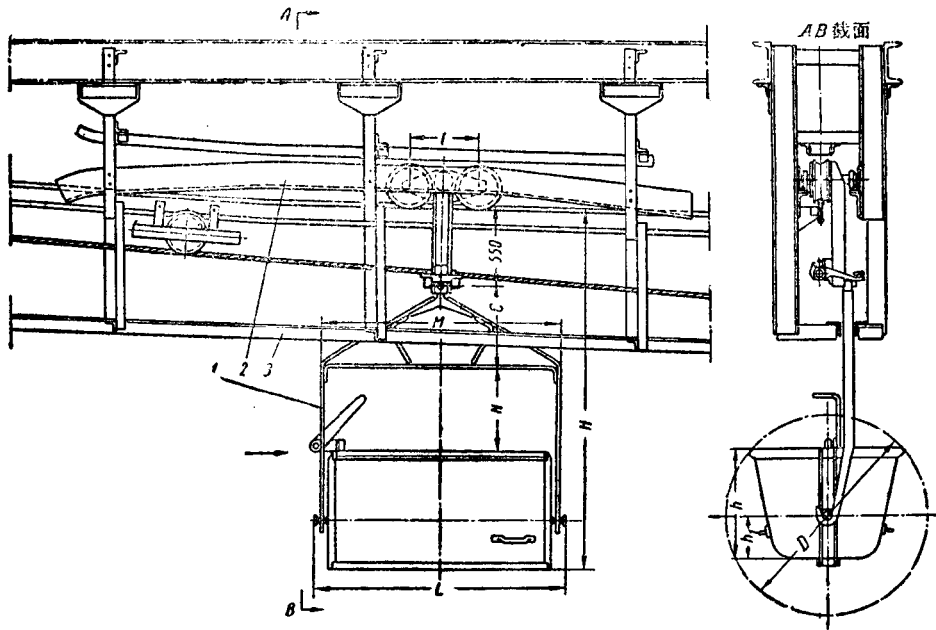


圖 7 有雙輪跑車，傾翻式車廂與重力索夾的料車：
1—料車；2—索夾接合器；3—導軌。

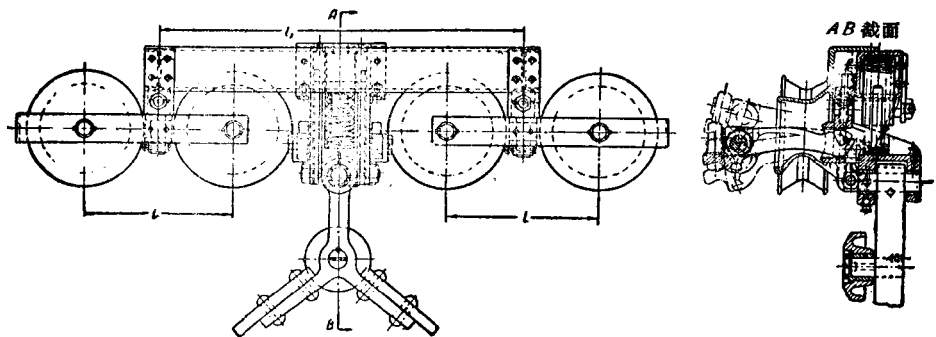


圖 8 有重力索夾的四輪跑車。

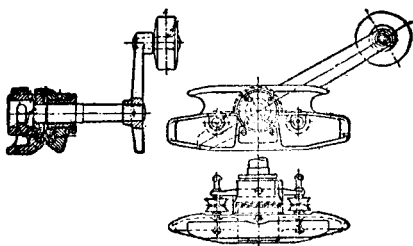


圖 9 螺旋索夾。

式的(此類車廂的結構簡單、價格低廉，故使用最為普遍)，或如圖 11 所示之帶有摺合側板的或帶有活動底板的。

常扣住傾翻式車廂的卡鍵橫桿碰著裝置於卸貨地

點的承載索上或軌道站線上的固定的或活動的撞頭時，即放開車廂，使其能自行翻轉並將貨物倒空。料車卸空後，用人力或是自動地使其恢復原位。對於摺合側板式或活動底板式的車廂，也以類似的方法進行卸載，不過側板或底板的閉合通常是自動化的。

按照‘工業機械化協會’托萊斯標準的，帶有傾翻車廂的料車之簡明技術規範見表 5。

當輸送整件與成包貨物時，可用懸掛平板、發送木材用的鏈式吊架(參閱圖 10)等來代替料車車廂。

料車在裝貨站(圖 12)與卸貨站(圖 13)上進行裝卸。這類裝卸站為木材、金屬或鋼筋混凝土(很少採用混合結構)的建築，其中設置有牽引索所用的傳動裝置

表 5 有傾翻車廂的雙索架空道料車的規範
(字母代號按照圖 7 與圖 8 所示)

料車容量 (公尺 ³)	主 要 尺 寸 (公 厘)										重 量 (公 斤)			
	C	D	H	h	h ₁	L	l	l ₁	M	N	跑車	吊架	車廂	總計
雙 輪 料 車														
0.30	400	1050	2054	500	170	1178	430	—	1162	540	116	63	99	278
0.50	475	1152	2228	590	205	1445	430	—	1439	495	116	67	126	310
0.65	475	1314	2268	700	250	1445	430	—	1439	430	116	67	147	330
0.80	520	1356	2428	750	280	1596	430	—	1589	515	116	73	174	363
1.00	520	1502	2468	810	300	1596	430	—	1589	475	116	73	190	379
四 輪 料 車														
0.50	485	1132	2174	590	220	1448	380	840	1439	500	190	87	165	442
0.65	485	1288	2224	700	270	1448	380	840	1439	440	190	87	196	473
0.80	525	1330	2404	750	300	1598	380	840	1589	530	190	97	217	504
1.00	525	1474	2424	810	320	1598	380	840	1589	490	190	97	236	523
1.25	560	1598	2579	895	360	1698	380	840	1694	525	190	102	287	579

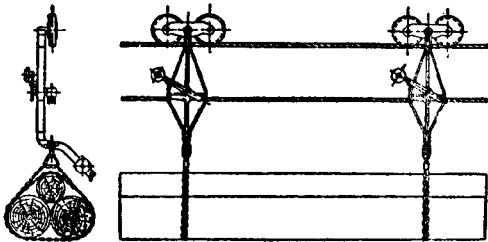


圖10 有輪送圓木用的鏈式吊架與螺旋索夾的料車。

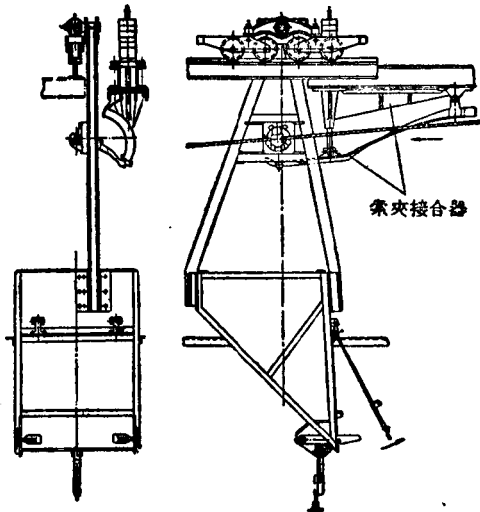


圖11 有摺合的車廂側板與橫桿索夾的料車。

與張緊裝置，發料與收料設備(貯槽等)，而承載索則改用剛性吊軌來代替。為此目的，在裝卸站的入口構架中，足以使料車能自由通過的高度處設置有偏向導軌(圖 14)，將承載索引向站基(利用端接頭繞過終點

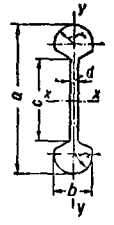
站)，或者引向分岔接頭(以與繞過導向輪而為重錘所張緊着的撓性鋼索相連接)。用偏向導軌來扣定站線的鋼軌。鋼軌可以採用由有圓形滾動面的扁鐵做成的雙頭軌(表 6)，或將兩條槽鐵鉚合後在其上端鉚接一根圓鋼(參閱圖 11)。為使料車車輪能自承載索引上鋼軌或自鋼軌引上承載索，在鋼軌的伸出端部，活動地連接着所謂彈性過橋(由兩條扁鋼製成)。以魚尾板接合的鋼軌用相距 1.5~2.5 公尺的若干個鑄鐵的或鋼的吊掛接箍固定於軌道上方的槽鐵樑，槽鐵樑則懸掛於站內的天花板上(只有圖 11 所示的軌道例外，不用軌頂樑而直接固定於站內橫桁架的懸臂樑上)。站內軌道與道岔及轉盤相連接，可以分支到任何方向；這些線路的曲線部分，其半徑在雙輪料車不得小於 2 公尺，四輪料車不得小於 2.5 公尺。

料車自承載索過渡到站線軌道後，繼續向索夾脫開器(導軌)滑去，當索夾鉗口張開，料車即與牽引索脫離。此後(用人力或藉斜面滑動)料車即進行裝貨或卸貨。料車通常是在懸掛軌道上直接從料槽內進行裝載的，但在有些情況中，料車車廂是從吊架上取下，而另行放置於地面上窄軌鐵道的平車上，然後轉運至遠離架空索道的裝載設備。當完成裝卸作業後，料車滑向索夾接合器，並以約與牽引索相等的速度滑過接合器而與牽引索相結合，然後經過偏向導軌引至承載索上。此時，為了減少索夾鉗口與鋼索之間的磨損，料車與鋼索應緊密結合，使牽引索在索夾鉗口中不能產生滑動現象。在站線軌道接近索夾接合器處，應有適當的坡度，以使料車與牽引索的速度得到必要的均衡。

無論是在剛性軌道上，或是在承載索上，料車均能在其行駛時間內進行卸載(不必脫離牽引索)。倒空的

表 6 架空索道用的雙頭鋼軌

(按照OCT1003-39規定)

	尺 寸 (公 厘)					截 面 面 積 (公厘 ²)	每 公 尺 重 量 (公斤)	W_x (公分 ³)	J_x (公分 ⁴)	J_y (公分 ⁴)
	a	b	c	d	r					
	a	b	c	d	r					
	130 ± 0.5	30 ± 0.5	78	$7^{+0.5}_{-0.3}$	15	15.50	12.27	52	338.1	6.60
	160 ± 0.8	40 ± 0.5	92	$8^{+0.5}_{-0.3}$	20	24.25	19.04	112	896.5	21.68

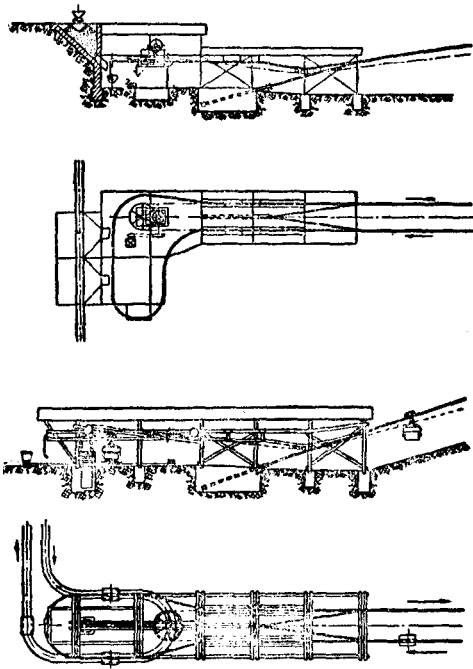
 附註：代號 W_x 、 J_x 與 J_y —— 按‘工業機械化協會’托辣斯標準。


圖12 雙索架空道裝貨終點站。

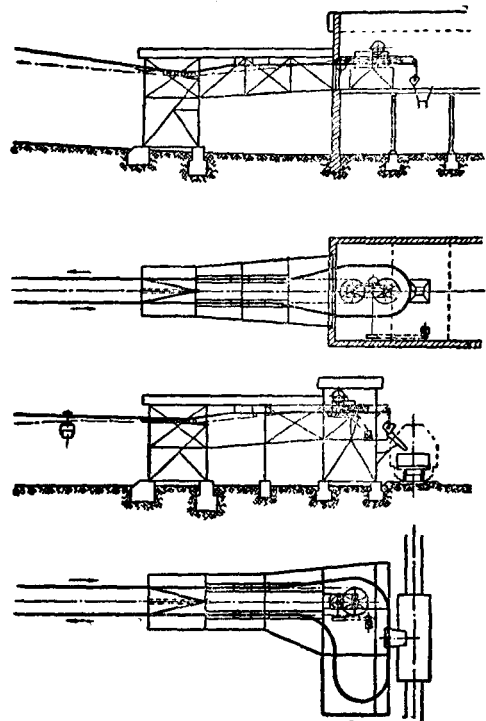


圖13 雙索架空道卸貨終點站。

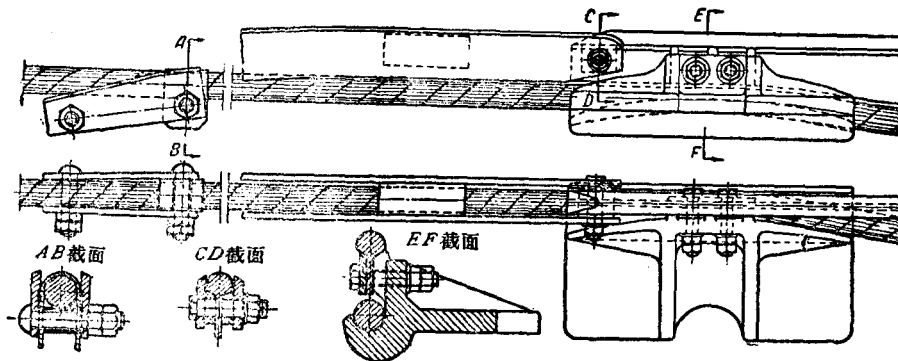


圖14 承載索用的偏向導軌。

 ● W_x 截面係數； J_x 、 J_y 慣性力矩。—— 譯者

段鋼索固定；栓定-張緊站則將一段鋼索固定，其相隣一段則用張緊裝置。這些站也可能與轉角站合併（圖15, Б）。

在山地裏和峻峭的山壩上，設置着具有牽引索所用輥排與大半徑長形導靴的剛性軌道過橋；承載索敷設在導靴的凹槽內，懸掛料車的車輪●則沿其邊緣通過。

在架空索道與鐵路線以及與無軌道路、街道、工廠、建築物、輸電線路、通航河流等相交錯的地區，應懸掛防護網或建築防護橋（圖16）。

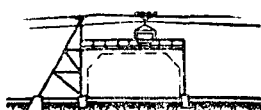


圖16 與支柱相連接的防護橋。

防護網與防護橋的寬度是取決於架空索道之軌距（兩承載索間的距離），一般為4~6公尺；當索道位於鐵路線或輸電線路的上空時，網與橋之有效高度應遵照 OCT BKC 6435、OCT 10167-39、OCT HKTP 8353/599 與 OCT HKTP 8354/1000 的規定。

雙索架空道的主要技術規範如表7所列。

上述雙索架空道的規範與以下即將談到的別種型式的架空索道（單索式的、擺動式的等）的規範一樣，均非生產能力、行駛速度、運貨行程等的最後確定的或可能達到的最高限度。結構的發展趨勢，預計料車將有更進一步的改進（載重量的增加，輕金屬的採用、索夾的改良，零件與部件先進加工方法的實施），鋼索堅固性和耐用性的提高（其中有所謂應用保護層的，係由扁鋼碾壓成而敷設於承載索全長上，用以減少彎曲應力與單位壓力），傳動裝置與張緊裝置結構的改良，裝卸作業的自動化（料車的自動卸載以及從有配料與給料裝置的貯槽中裝載），料車運轉的自動化（利用特別構造的鏈條運轉裝置，以使料車能沿着固定的架空線路行駛）等等。解決了上列的問題，便能使建造的架空索道具有高度的生產能力和高度的運轉可靠性，以及更大的結構上的優點與相當大的經濟效率。

環行單索架空道

單索架空道與雙索架空道不同之點是它沒有承載索，而用一條連續移動的鋼索連接着索道終點站，既作承載又作牽引之用。

環行單索架空道有兩種主要類型（系統）：一種是料車經常固接於鋼索上的，另一種是料車駛抵終點站時即與鋼索脫離的。

第一種類型的索道，其特徵是料車在行駛的時間內裝載（當行駛速度為0.8公尺/秒左右時），或者在鋼索停止運動的時間裝載，並具有小的生產能力，未能普遍使用。

第二種類型索道（圖17）的使用非常廣泛。它由承載料車的鋼索、中間支柱、支持鋼索、終點（裝貨與卸貨的）站以及在水平與垂直面內變更線路方向所用的線路（中間）站等構成。

無頭（鎖接成爲一環）鋼索與雙索架空道的牽引索一樣，繞過傳動滑輪與張緊滑輪，藉中間支柱（圖18）上的輥輪支撐着，而這些輥輪是成對地裝置在能自由擺動的搖臂上的。滑輪的直徑採用2~3公尺；裝置於滾動軸承上支承輥輪的直徑為500~600公厘。配置於一個支柱上的輥輪數目，應根據支柱上的載荷而定（每一輥輪上的容許載荷為300~400公斤），在載荷段一般不超過四個，在空駛段不超過兩個。

如同在雙索架空道中一樣，卸空的料車亦在裝貨站的剛性站軌上進行裝載。裝載作業完畢後，料車滑向

● 有時爲了消除承載索與導靴間的摩擦，剛性過橋連接於雙栓定站，而導靴則由剛性軌道來代替。此類結構，不致顯著地削弱張緊裝置的調節作用。

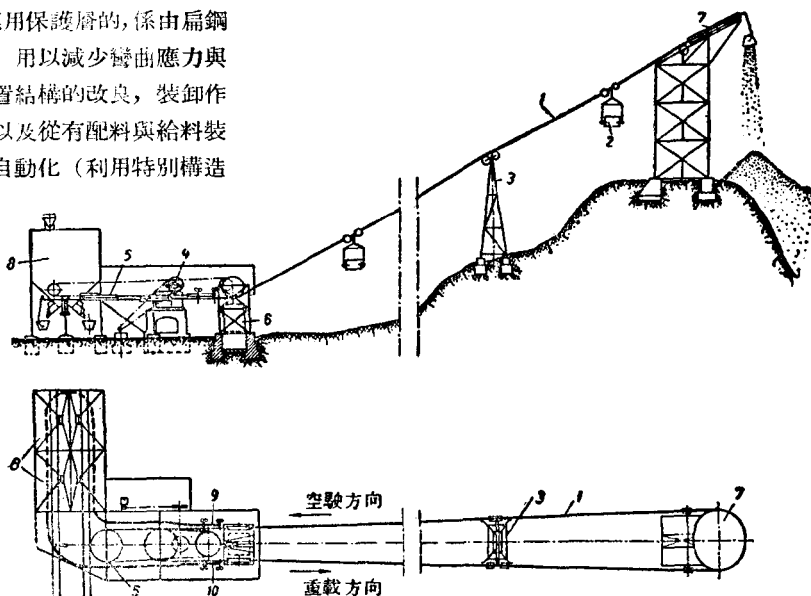


圖17 有自動卸貨站的環行單索架空道簡圖：

- 1—鋼索；2—料車；3—中間支柱；4—傳動裝置；5—張緊裝置滑輪；6—張緊重錘；7—卸貨站導線滑輪；8—裝貨貯槽；9—（料車）索夾脫開器；10—（料車）索夾接合器。

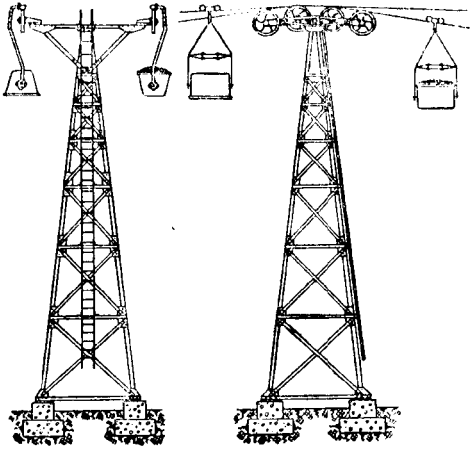


圖18 單索架空道金屬結構的中間支柱。

索夾接合器，並自動地與鋼索接上，然後引上索道。料車駛抵卸貨站時，或者不脫開鋼索而在行駛時間內自動卸載（參閱圖 17），或者通過索夾脫開器，而藉車架上的滾輪以轉到站軌上，然後用人力推向卸載地點進行卸載（圖 19）。在第一種情況中，卸空的料車繞過卸貨站的導繞滑輪而回向裝貨站。在第二種情況中，如同在裝貨站時的程序一樣，卸空的料車用人力推向設置於站軌端部的索夾接合器後，再行引上索道。

單索架空道之料車，與使用於雙索架空道中之料車在結構上並無顯著區別。每輛料車（圖 20）由藉以沿站軌行駛的兩輪跑車（輪子直徑為 100~125 公厘），吊

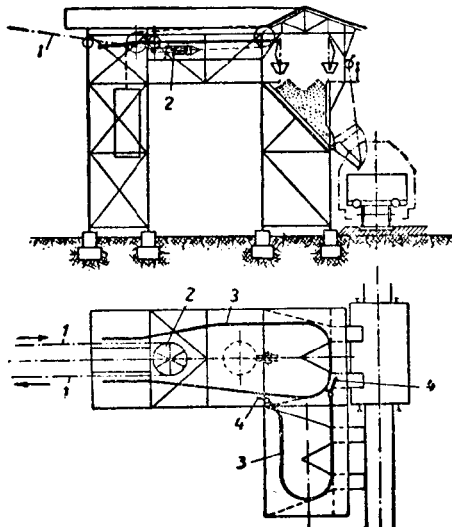


圖19 用非自動卸載與有剛性站軌的單索架空道卸貨站簡圖：

1—鋼索；2—張緊裝置滑輪；3—剛性吊軌；4—吊軌道岔。

架與車廂等構成；必要時，車廂可換以輸送整件貨物用的載貨平板或其他的專門夾具。兩種料車的主要差別在於索夾結構之不同。索夾用來把料車懸掛在索道上，並始終由料車和貨物的重力使之作用。單索架空道之索夾分為托靴（鞍座）式與煩板鉗口式兩種。

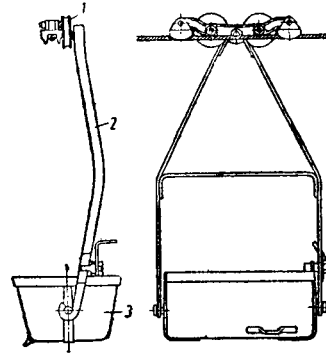


圖20 單索架空道之料車：

1—跑車；2—吊架；3—傾翻車廂。

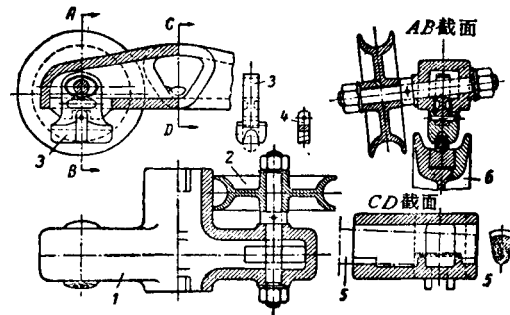


圖21 有托靴索夾的單索道料車的跑車：

1—車架機體；2—滾輪；3—索夾托靴（鞍座）連鋼片；4—硬鋼鋼片；5—車廂吊架尾部；6—支柱上的支持輪。

採用第一種索夾（圖 21）時，料車的跑車藉兩個托靴而懸於鋼索上，這種托靴可在豎向中自由傾斜，以適應鋼索傾斜度的變更。托靴的內承面做成螺旋形溝紋。在料車與貨物重量的影響下以及由於鋼索在運動中的扭絞作用，迫使鋼索滑入並卡緊於這些溝紋中。此種索夾允許索道傾斜至 45% (24°) 的坡度。

在第二種索夾中（圖 22），鋼索被夾緊於槓桿鉗口 1 與 2 之間，兩槓桿則又以活銷 3 來連接。槓桿 2 之另一端又連接於跑車車架機體中之銷子 4，而槓桿 1 的尾端有一圓輓 5，圓輓沿車架凹槽的方向上下移動。當料車在站內的軌道上時，槓桿鉗口藉其自重作用而是經常張開着的。當料車滑至索夾接合器時，傾斜的鋼索納入鉗口內並逐漸升高，最後被夾緊於兩鉗口間而將

料車帶走；料車自靠軌滑出，藉其自重而完全夾緊於鋼索上。用此種鉗口索夾的料車，允許索道傾斜至 100° (45°)。

第二種索夾的缺點

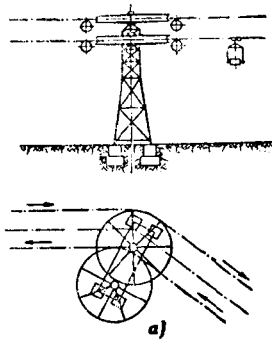


圖23 單索架空道線路轉角站：

a) 半自動的；b) 用剛性站線的非自動的。

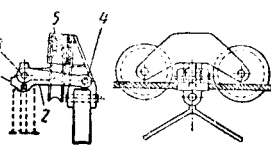
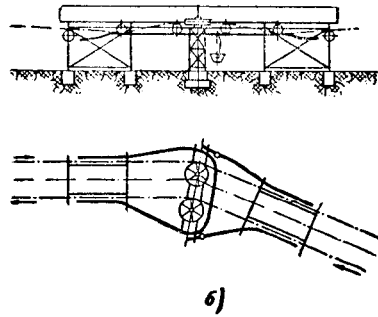


圖22 用鉗口索夾的單索架空道料車的跑車。



爲：a) 當接觸面較小時，鋼索上有過大的鉗夾壓力；6) 沿着鋼索平行方向的料車重量分力的力矩，嚴重地損害着鋼索的表面；b) 從側面與底面夾緊着鋼索的鉗口機構，使得料車通過支承輾輪時，不可能沒有衝擊，因而過分地損害鋼索。

上述兩種索夾不能使用於單索架空道的自動化轉角站中。僅僅在採用第二種索夾時，才有可能設置料車

沿外曲線繞行而無須脫離鋼索的半自動轉角站(圖23, a)。在極大多數情況下，採用在外曲線與內曲線上有剛性軌道的非自動轉角站(圖23, b)。

除了轉角站以外，爲了在垂直面內急劇變更索道方向時，需設置翻越站(在線路縱斷面的凸出點)與放鬆站(在線路縱斷面的凹入點)。一個站經常兼有幾種作用，例如放鬆站亦可作爲轉角站。

單索架空道的簡明技術規範如表8所列。

單索架空道在實際運輸中不及雙索架空

表8 環行單索架空道規範

索道的生產能力(噸/小時)	3~125	在個別情況中可達175噸/小時							
鋼索的移動速度(公尺/秒)	0.8~2.75	料車在行駛時間內裝載時用小值;當索道平坦,中間支柱較少與用載重量不大的料車時,鋼索的移動速度可達3~4公尺/秒。							
料車的載重量(公斤)	150~900	—							
架空線路的最大傾斜度(%)	40~45	—							
兩支柱間的距離(跨度)(公尺)	{ 標準的 最大的	80~100	—						
		1000	—						
中間支柱的高度(公尺)	{ 標準的 最大的	8~10	—						
		≈15	—						
索道的最大長度(公里)		≈75	—						
傳動地段的長度(公里)	{ 標準的 最大的	4~6	—						
		≈14.5	—						
根據索道的生產能力與料車的載重量而確定的鋼索直徑(鋼索的極限強度 $\sigma_b=140 \sim 165$ 公斤/公厘 ²)	{ 生產能力(當鋼索的移動速度為2.5公尺/秒時)(噸/小時) 滿載料車的重量(公斤) 料車的載重量(公斤) 鋼索直徑(公厘)	20以下	40	60	80	100	125	150	175
		450	650	850	1000	1000	1100	1200	1250
		250	400	550	700	700	800	850	900
		22	26	30	32	32	33.5	33.5	33.5

道普遍。不過單索架空道的初期投資費用較小，並且由於不用承載索，站的結構亦頗爲簡單；但在生產能力與爬坡能力方面則不及雙索架空道。如前所述，在單索架空道中無法實現轉角站的自動化，且其中間支柱必須準確地敷設在一條直線上（避免將鋼索的側向拉力傳至支承輾輪上），而在雙索架空道中，其中間支柱可設置在稍離索道中心線的地方。此外，單索架空道的能量消耗較大。

擺動式架空索道

當運距不大與貨物週轉量較小時，可採用擺動式架空索道(用振動式運動或擺動式運動的索道)。

建造這種索道，主要是在山地中爲了在高裝貨站與低卸貨站之間發送礦石、石料、木材等之用（從原料開採地運往鐵路線或無軌道路）。擺動式索道分爲單線式的與雙線式的兩種，一般均製成有單獨的承載索與

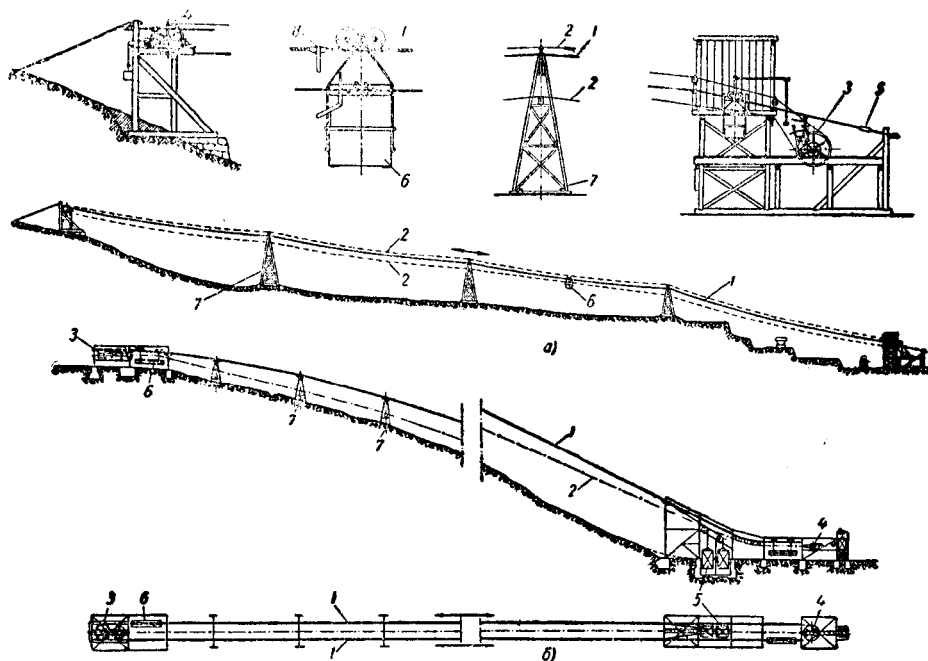


圖24 擺動索道簡圖：a)單線式的；b)雙線式的：

1—承載索；2—牽引索；3—牽引索用的傳動裝置；4—牽引索用的張緊裝置；

5—承載索用的張緊裝置；6—料車；7—中間支柱；8—撞頭。

牽引索的雙索道型式。

單線擺動索道(圖24, a)具有一條承載索(或一組承載索),以及一輛與無頭牽引索緊密連接的料車。

雙線擺動索道(圖24, b)具有兩條承載索(或兩組承載索)與兩輛料車——每索一輛(或每組一輛)連接於同一牽引索上;其配置是這樣的:當一輛位於裝貨站時,則另一輛位於卸貨站。在上述兩種情況中,牽引索均進行往復運動(可逆運動),並在裝卸時停止運行。在坡度較大的雙線擺動索道,牽引索通常由兩個部分組成——繞過傳動滑輪的頭索與繞過張緊滑輪的尾索。為了保持位於不同斜度的兩料車之部分平衡,在凸出的索道縱斷面時,尾索負荷較重,而在凹入的索道縱斷面時,則負荷較輕。

短距離擺動索道的承載索或被栓定,或者裝設有複滑車或螺旋張緊裝置。在長距擺動索道的結構中,承載索裝有張緊重錘裝置。牽引索亦裝設重錘式或螺旋式的張緊裝置。

擺動索道料車載重量的範圍很大,輸送粒狀貨物時為8噸,而輸送整件貨物時可達25噸。料車滾輪的數目決定於一個輪子上的允許負荷,平均為6~8個(載重量在5噸左右的料車),最高可增至32個(最大

載重量的料車)。連接於單獨跑車中的多輪料車的輪子,被支持於若干承載索上。

輸送粒狀貨物的料車車廂,應適應於自動卸載之用。如同前面所述的各類架空索道一樣,這種車廂的傾卸是利用固接於承載索上的撞頭,不過有時(通常在單線擺動索道中)料車的傾卸是無須撞頭的——利用料車簡單的逆行動作。為此,料車滾輪之一裝設着凸爪,在變更運行方向時,壓縮着用以擋住車廂以免過早傾翻的卡鍵橫桿。當料車回向裝貨站時,空車廂藉一特殊導軌之助而使其恢復原位。

對於搬運沉重的整件貨物的工作,料車上另裝備着起重滑車。

在下述的一種情況下使用擺動索道特別有效:即在索道的坡度不小於15%時(按承載索的弦計)自高裝貨站向低卸貨站發送貨物,料車有可能藉所輸送貨物的重力作用而自動移動。此時,移動速度的調節,可用手制動器或調速器(液壓的或風動的),而在運送重件貨物時(料車的載荷在10噸以上時),則採用更為可靠的電力制動器。

擺動索道的簡明技術規範如表9所列。

在有附加的安全裝置的擺動索道中,由於運行安全的提高,亦可作為客運之用。

表 9 擺動架空索道規範

生產能力 { 平均的 (噸/小時) { 最大的(當索道的長度有限而料車載重量較大時所能達到的)	25~50 150~200
牽引索的移動速度 { 在單跨度的索道(無中間支柱) (公尺/秒) { 在多跨度的索道	6~8 3~5
架空線路的最大坡度(%)	40~50
索道長度(公里) { 平均的 最大可能的	0.15~0.8 1.5~1.75
料車的載重量(噸) { 平均的 在散裝貨物時最大的 在整件貨物時最大的	0.5~1.2 8.0 26.0
料車自重佔總重的百分比	35~20
一個滾輪上的允許載荷(公斤) { 平均的 最大的	500~600 ~1000

傳送機型的架空索道

除了前述的各類架空索道以外，有時可採用傳送機型的自動架空索道以輸送貨物。此類索道的料車固定於牽引索上，自動地(不必與鋼索脫離)繞過傳動滑輪與張緊滑輪，並在行駛時間內進行裝卸。

圖 25 所示是這類索道的一種型式，其作用原理與懸索式吊斗傳送機相類似。此索道兩終點站之間架設着兩對平行的承載索，其中一對在上，另一對在下，均藉中間支柱支撐着。在站上，則以剛性鋼軌代替承載索，鋼軌在垂直面內彎曲成圓弧狀，其上並設置着導軌。無頭牽引索連同緊固於索上的料車，繞過站上直徑為 1.8~2.4 公尺的垂直傳動輪與導繞滑輪。料車自動地(利用給料裝置)在裝貨站裝載，並沿着上面的一對承載索

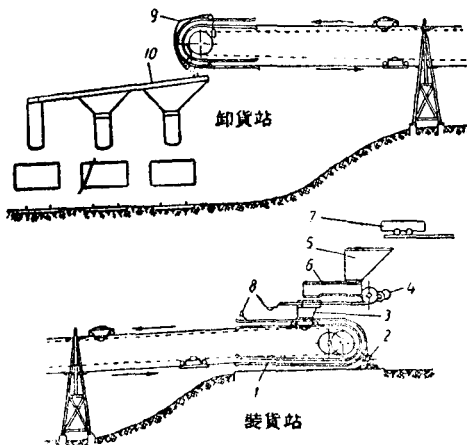


圖 25 傳送機型的架空索道

導向卸貨站，滑過軌道的彎曲部分，即覆轉倒空，然後順着下面的一對承載索回向裝貨站重行裝載。料車車廂常裝有活動底板，在使用線路撞頂時，料車即有可能在架空索道的任意部分作中途卸載。

傳送機型的架空索道可具有最小迴轉半徑為 18 公尺的轉角站。

此類索道之長度可達 4 公里(承載索張緊段的長度為 900~900 公尺);裝置着 4~8 個滾輪與容積為 0.3~1.7 立方公尺的料車，其行駛速度一般不超過 2~2.3 公尺/秒。傳送機型索道的生產能力在 40~300 噸/小時範圍之內。

轉移式架空索道

擔任臨時性的貨運工作時，可採用轉移式架空索道，其特徵是結構輕巧、拆裝過程簡單以及調運(轉移)方便。

按照雙索與單索固定架空道的型式建造的轉移式索道，亦有環行的或擺動的料車運動。其傳動段的長度，受傳動電動機功率的大小與鋼索強度的限制。當必需在長距離內擔任貨物運輸時，可採用若干套轉移索道，將其一一連接起來工作。

轉移式索道的終點站與中間支柱，是由各個獨立的單元組成，每一單元的重量照例是不超過 80 公斤的(不包括鋼索與一些傳動部件——電動機、減速器等除外)。同時，在大多數情況下，傳動站與張緊站的支持結構，以及支柱等，是在安裝過程中在出產木材的地點就地製造的。這樣一來，在整套的索道中僅僅包括彙集於金屬支架上的傳動裝置與張緊裝置、鋼索、終點站的進口與入口懸臂、帶料車索夾脫開器與接合器的導軌、偏向托靴、中間支柱的輾輪與導靴、站軌與料車等部件。在整套的轉移式架空索道中，通常不設轉角站，而是適當地配置其各個線段以變更索道方向(一般說來，大多數索道總是設計成直線的)。

圖 26 所示是按照‘工業機械化協會’托萊斯所設計的環行轉移式雙索架空道的簡圖。這類索道終點站的金屬結構安置於木樑上，以索鍊拉撐着，並用裝滿石頭或泥土的重錘箱壓住，以防止傾覆。同樣在墊木上用索鍊拉住的方法以安設管子做成的中間支柱(圖 27)。索道的承載索是栓定的，而承載索則用螺旋張緊裝置張緊。索道的簡明技術規範如表 10 所列。

架空索道的計算原理

在計算雙索架空道時，所能供給的原始數值為其

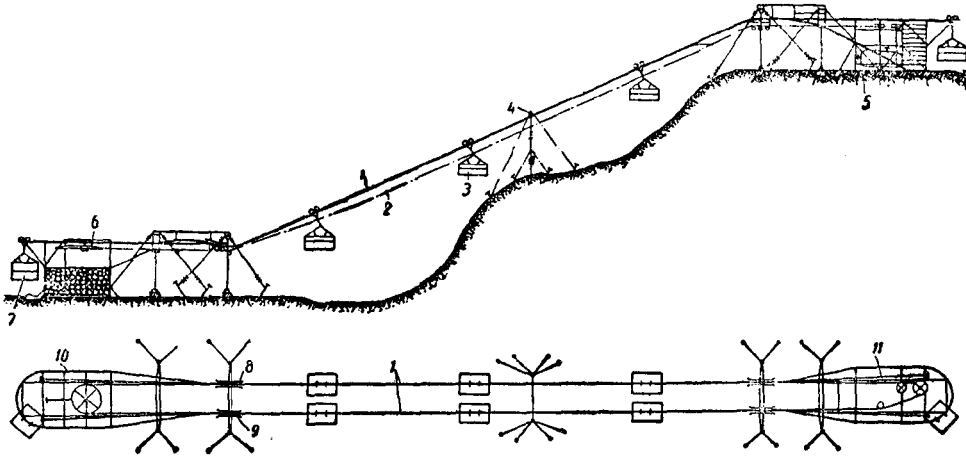


圖26 轉移式雙索架空道簡圖：

1—承攬索；2—牽引索；3—料車；4—中間支柱；5—傳動裝置；6—牽引索用的張緊滑輪；7—砂石重錘；8—索夾脫開器；9—索夾接合器；10—張緊站；11—傳動站。

表10 ‘工業機械化協會’托萊斯BKД-2型轉移式雙索架空道規範

生產能力(噸/小時)	≈20.0	支柱高度(公尺)	4.75, 9.5	7.28, 4.5	9.7
鋼索的最大長度(公里)	2.0	每套索道的支柱數	20		
最大的允許坡度(按弦計)(%)	40	兩支柱間的距離(標準的/最大的)(公尺)	100/600		
一輛料車的載重量(公斤)	200	鋼索直徑(當 $\sigma_b=150$ 公斤/公分 ² 時) { 承攬索	17.0		
一對料車(輸送木材用)的載重量(公斤)	400	牽引索移動速度(公尺/秒)	2.0		
一輛料車連車廂的自重(公斤)	67.5	傳動功率(馬力)	25.0		
輸送木材用一對料車的自重(公斤)	115.0	原動機類型	ГАЗ-АА汽油發動機 或МА203-2/4電動機		
		整套索道的重量(噸)	22.0		

每小時的生產能力 Q (噸/小時)。根據此數值來選擇料車載重量 P_0 (公斤)。載重量確定後，再選擇所用料車的自重 P (公斤)。在線上料車之間的時間間隔等於

$$t = \frac{3.6 P_0}{Q} \text{ 秒。} \quad (1)$$

在線上料車之間的距離由下式確定

$$l = t \cdot v \text{ 公尺，} \quad (2)$$

式中 v ——牽引索的移動速度(公尺/秒)，應用時的有關數值參閱表7。

按照下述經驗公式，預先確定承攬索的直徑

$$d = k \cdot a \sqrt{P} \text{ 公厘，} \quad (3)$$

式中 $P = P_0 + p + q_T l$ ——有載荷的料車重量(包括牽引索在長度 l 時之斷面重量)(公斤)； q_T ——每公尺牽引索重量，約為1公斤/公尺； k ——係數，決定於料車滾輪的數目(在雙輪料車 $k=1$ ，在四輪料車 $k=0.8$)；

a ——係數，根據線上料車之間的時間間隔與承攬索的結構及其材料質量按表11取用。

承攬索最大可能(在溫度下降時)的拉力是產生於其固定端的附近(圖28)，若已知張緊重錘 G 與鋼索固定點之間的水平差 h ，則最大拉力可按下式確定

$$T_{\max} \approx G \pm q h + \mu \left[G(\operatorname{tg} \gamma_0 - \operatorname{tg} \gamma_k) + \left(q + \frac{P}{l} \right) L \right] + 1.4 \mu_1 G \frac{d_B}{D} \text{ 公斤，} \quad (4)$$

式中 G ——張緊重錘之重量(公斤)； q ——一公尺

承攬索的重量(公斤/公尺)； $1.4 \mu_1 G \frac{d_B}{D}$ ——張緊滑

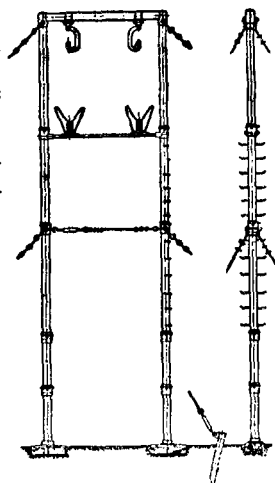


圖27 轉移式雙索架空索道之管子中間支柱。

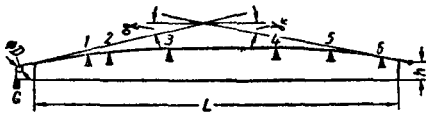


圖28 承載索拉力計算簡圖。

輪上的摩擦阻力(公斤); D ——張緊滑輪直徑; d_B 張緊滑輪輪軸直徑; L ——索道地段長度(公尺); γ_0 與 γ_n ——承載索在地段 L 的起點與終點對水平的傾斜角(鋼索向上傾斜時 $\text{tg}\gamma_i$ 用正號, 如向下傾斜時則用負號); μ ——承載索經過中間支柱導軌的摩擦係數(對於密閉旋繞鋼索 $\mu=0.15$, 對於開放式旋繞鋼索 $\mu=0.18$); $\mu_1=0.1$ ——承載索與張緊滑輪之摩擦係數(鑄鐵對鋼)。

承載索的最小拉力在其固定點內(在溫度上昇時), 確定如下

$$T_{\min} \approx G \pm qh - \mu \left[G(\text{tg}\gamma_0 - \text{tg}\gamma_n) + \left(q + \frac{P}{l} \right) L \right] - 1.4\mu_1 G \frac{d_B}{D} \text{ 公斤}, \quad (5)$$

表11 公式(3)中 a 的數值

料車之間的 時間間隔(秒)	密閉式旋繞鋼索 ($\sigma_b=120$ 公斤/ 公厘 ²) 的 a 值	開放式旋繞鋼索 ($\sigma_b=145$ 公斤/ 公厘 ²) 的 a 值
50及50以上	1.10	1.03
40	1.18	1.11
30	1.26	1.18
20	1.35	1.27

按照 $T_{\max}$ 的值與安全係數(對於標準型式的架空索道 $n_p=3$; 對於臨時性的架空索道 $n_p=2.75$) 以驗算選擇承載索的正確性。從耐用條件來審驗所選用的鋼索時, 應滿足下列關係

$$\frac{T_{\min}}{V} \geq C, \quad (6)$$

式中 $V = \varphi \frac{P}{i}$ ——料車輪壓(公斤); i ——料車輪數; $\varphi=1.05 \sim 1.10$ ——輪子的超負荷係數; C ——係數, 決定於行駛密度與纜索鋼絲的強度性能(表12)。

承載索傳給支柱之壓力按其排列順序就每一支柱上鋼索的折角來確定。假若(圖29) f_n 與 f_{n+1} ——承

表12 係數 C 之值

一小時內沿鋼索通 過的料車數: 雙輪料車 四輪料車	75	100	150	200	250	300	350
	37	50	75	100	125	150	175
C 值: 鋼絲極限強度 σ_b =120 公斤/公厘 ² 的鋼索	32	37	45	52	58	64	69
鋼絲極限強度 σ_b =145 公斤/公厘 ² 的鋼索	30	34	41	47	53	58	63

載索的弛垂度, h_n 與 h_{n+1} ——相隣支柱的標高差, L_n 與 L_{n+1} ——相隣支柱的水平距離, H ——張力之水平分力, α_n ——在支柱 n 上所求之折角(鋼索的切線間的夾角), 則對於無載荷的承載索

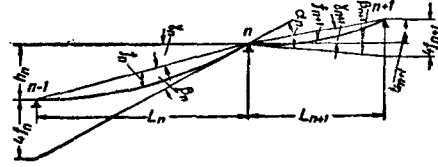


圖29 為計算中間支柱上承載索折角的簡圖。

$$\begin{aligned} \text{tg}\alpha_n &= \frac{4f_n + h_n}{L_n} + \frac{4f_{n+1} - h_{n+1}}{L_{n+1}} \\ &= \frac{h_n}{L_n} - \frac{h_{n+1}}{L_{n+1}} + \frac{q}{H} \cdot \frac{L_n + L_{n+1}}{2} \\ &= \text{tg}\gamma_n - \text{tg}\gamma_{n+1} + \text{tg}\beta_n + \text{tg}\beta_{n+1} \end{aligned} \quad (8)$$

而對於有載荷的承載索

$$\begin{aligned} \text{tg}\alpha_n &= \frac{h_n}{L_n} - \frac{h_{n+1}}{L_{n+1}} + \frac{q + \frac{P}{l}}{H} \cdot \frac{L_n + L_{n+1}}{2} \end{aligned} \quad (9)$$

在支柱上的壓力, 可由下式概略確定

$$D_n \approx G \text{tg}\alpha_n \text{ 公斤} \quad (10)$$

至於更精確的計算, 則用下式

$$\begin{aligned} D_n &= G \left(\frac{h_n}{L_n} - \frac{h_{n+1}}{L_{n+1}} \right) + q \frac{L_n + L_{n+1}}{2} \\ &+ P \left[\frac{1 + n_n L_n - l \frac{n_n(n_n+1)}{2}}{L_n} + \frac{n_{n+1} L_{n+1} - l \frac{n_{n+1}(n_{n+1}+1)}{2}}{L_{n+1}} \right] \text{ 公斤}, \end{aligned} \quad (10a)$$

式中 n_n ——在 L_n 跨度內的料車數量; n_{n+1} ——在 L_{n+1} 跨度內的料車數量。

若在一端索內牽引索的平均傾斜度為 α_i , 料車數量為 n_i , 張緊重錘所形成的拉力為 S_0 , 支承輪與導向輪及滑輪轉動的總阻力為 ΣR_i , 一公尺鋼索的重量為 q_T , 料車行駛阻力係數 $\mu_1=0.006 \sim 0.008$ 時, 則牽引索的拉力等於

$$S_i = n_i(P_0 + p + q_T l) (\pm \sin\alpha_i \pm \mu_1 \cos\alpha_i) \pm \Sigma R_i + S_0 \text{ 公斤}. \quad (11)$$

為了保證牽引索與傳動滑輪的黏着, 在鋼索進端拉力 $S_{na\delta}$ 超過鋼索出端 $S_{c\delta}$ 的所謂強力傳動方式情況下, 應保持下述關係

$$\frac{S_{na\delta}}{S_{c\delta}} \leq e^{f\omega}, \quad (12)$$

式中 $c=2.72$; f ——鋼索在主動輪上的摩擦係數(對無襯套的鑄鐵凹槽輪 $f=0.08$, 對於帶木材或皮革襯於套的凹槽滑輪 $f=0.16$, 對於帶有索夾的滑輪採用 $f=0.08m$, 此處 m ——根據索夾之結構與尺寸而得出的數值); ω ——鋼索在傳動滑輪上的接觸角(弧度數)。

當鋼索的移動速度為 v (公尺/秒)與傳動效率 $\eta=0.7\sim 0.85$ 時, 傳動電動機的功率為

$$N = \frac{(S_{H\alpha\delta} - S_{c\delta})v}{102\eta} \text{ 仟瓦。} \quad (13)$$

在所謂制動傳動方式的情況下, 即鋼索進端拉力低於出端拉力, 且電動機的功率消耗在主動輪的制動上時, 則

$$\frac{S_{c\delta}}{S_{H\alpha\delta}} \leq e^{f\omega} \quad (14)$$

與
$$N = \frac{(S_{c\delta} - S_{H\alpha\delta})v\eta}{102} \text{ 仟瓦} \quad (15)$$

牽引索的直徑按最大的拉力值與安全係數 $n_p=5\sim 7$ 來進行選擇。鋼索的最小拉力 $S_{\min}$ 不應低於 $(800\sim 1000)q_T$, 而傳動滑輪直徑 D_T 與鋼索直徑 d_T 之間的比值應滿足下述條件

$$D_T \geq 60d_T。$$

在設計單索架空道時, 和前面研究的計算方法相似, 按公式(1)與(2)並根據所規定的生產能力 Q (噸/小時)用表8的資料來選定料車的載重量 P_0 (公斤)與確定料車的自重 p (公斤), 在線路上料車之間的時間間隔 t (秒)以及料車之間的距離 l (公尺)。

單索架空道鋼索的最大拉力, 可用類似計算雙索道牽引索最大拉力值的方法由公式(11)來確定, 但所採用的移動阻力係數為 $\mu_1=0.01\sim 0.012$ 與預定的最低的拉力值為 $S_{\min} \geq (1200\sim 1500)q_0$ 根據最大的拉力(適應於生產能力之大小採用安全係數 $n_p=4.5\sim 6$)以選擇鋼索的直徑。

對於鋼索 ($\sigma_b=140$ 公斤/公厘²) 的高度耐久性可按下列條件驗算:

$$\frac{P_0+p}{F} \leq 300 \text{ 公斤/公分}^2,$$

式中 P_0+p ——有載荷的料車重量 (公斤), F ——鋼索的截面面積 (公分²)。

按照公式(10a)以確定在支承輓輪上的壓力與輓輪的數目, 式中 q ——鋼索重量, $P=P_0+p$ (參閱前述)與一個輓輪上的允許壓力為 $300\sim 400$ 公斤。輓輪的數目一般在有載荷方面不超過四個, 而在無載荷方面不超過二個。

擺動架空索道的生產能力 Q (噸/小時)通常是預先

知道的。假若此數值預先並不知道, 但知道料車的載重量 P_0 (公斤), 牽引索的移動速度 v (公尺/秒), 索道長度 (自起迄點量起) L (公尺), 耗費於料車裝載作業上的時間 t_1 (秒), 耗費在卸載中的時間 t_2 (秒)以及在一個作業循環中料車耗費於開動和停止的時間 t_0 (秒) $= \frac{L_0}{v}$ (L_0 ——開動與制動的總線路), 則單線式擺動索道的生產能力為

$$Q \approx \frac{3.6P_0}{\frac{2L}{v} + t_1 + t_2 + 2t_0} \text{ 噸/小時} \quad (16a)$$

而雙線式索道為

$$Q \approx \frac{3.6P_0}{\frac{L}{v} + t_1 + t_0} \text{ 噸/小時} \quad (16b)$$

擺動架空索道的承載索, 若係用張緊重錘張緊, 則可按類似計算環行雙索架空道的方法進行計算。

張緊重錘的重量 T_0 可由下式求得其近似值

$$T_0 = 0.06 \left(P + \frac{q_s + q_x}{2} L \right) \sigma_b \text{ 公斤,} \quad (17)$$

式中 P ——有載荷的料車重量 (公斤), q_s ——一公尺頭索的重量 (公斤/公尺); q_x ——一公尺尾索的重量 (公斤/公尺); σ_b ——鋼索鋼絲材料的拉力極限強度 (公斤/公厘²)。

索道中的任意一點與張緊重錘的標高(水平)差為 h (公尺), 而每公尺鋼索重量為 q (公斤/公尺)時, 在這一點的承載索拉力等於

$$T = T_0 \pm qh \text{ 公斤。} \quad (18)$$

假若用螺旋或複滑輪張緊裝置時, 承載索可視作從兩面栓定的多跨度的計算。

在上述兩種情況中, 拉力安全係數均用 $n_p=2.75\sim 3.0$ 。

頭索的最大拉力可由下式確定

$$S_{\max} = S_0 + q_x l_1 + P(\sin \alpha \pm \mu_1 \cos \alpha) + q_s l_2 \pm \Sigma R, \quad (19)$$

即當有載荷的料車沿索道最大坡度地段行駛時所承受的拉力, 式中 S_0 ——鋼索的初拉力(張緊重錘所造成的拉力) (公斤), q_s ——一公尺頭索的重量與 q_x ——一公尺尾索的重量均以公斤/公尺計; l_1 與 l_2 ——按照料車在索道中的位置, 其與高站及低站間的水平差 (公尺); P ——載荷料車的重量 (公斤); α ——承載索對水平線所成之實際最大傾斜角; $\mu_1 \approx 0.006\sim 0.008$ ——料車的行駛阻力係數(用滾珠軸承時); ΣR ——支持鋼索之輓輪中的總阻力。

在計算牽引索時, 其拉力安全係數規定在 $n_p=5\sim 6$ 的範圍之內。根據牽引索之最大拉力以確定傳