

86161 87153 144358
86132 T27 TXT
~~217206~~

纜索吊車与成品裝吊

鐵道部西寧鐵路局編



人民鐵道出版社

前 言

纜索吊車是一種利用懸掛在空中的纜索及滑車來運輸材料和起吊安裝成品構件的施工機械。由於纜索吊車高懸空中，不受河流及地形的限制，吊車能夠從橋頭的供料地點，把材料運輸到橋跨內的任意地點，所以它是大橋施工中十分靈便的運輸機械。特別在修建長大跨度的高橋橋墩和用料複雜的鋼筋混凝土拱橋或石拱橋時，每一件材料重量並不大，而它們的總數卻很多，需沿着橋的全長運送，使用纜索吊車則更為有利。

我局在修建蘭青綫大通河鋼筋混凝土空腹式拱橋（三孔53米）和黃河大橋（三孔24米鋼筋混凝土梁、五孔32米鋼板梁）工程中，曾將拱橋施工中所用的木料、鋼筋模板、腳手架，以及沉井、橋墩施工中所用的鋼筋、模板、腳手架等，事先在岸上預製成各種構件成品，然後利用纜索吊車兩台共吊一物的方法，實現了一系列的大構件成品裝吊，從而大大縮短了建橋時間。

本書內容主要是介紹纜索吊車的設計、安裝、使用方面的基本資料以及利用纜索吊車進行成品裝吊的初步經驗。在內容上尚不夠完整系統，希同志們給予批評和指正。

鐵道部西寧鐵路局

1959年4月

目 录

前 言

第一章 纜索吊車	1
§1. 纜索吊車的性能.....	1
§2. 纜索吊車的構造.....	1
§3. 設計資料.....	10
§4. 安裝和拆除.....	19
§5. 使用中注意事項.....	27
§6. 對設計和使用的改進意見.....	31
第二章 成品裝吊	33
§1. 沉井內外模及鋼筋成品裝吊.....	33
§2. 無鋼筋墩身模板成品裝吊.....	42
§3. 長跨度鉸拱橋拱部鋼筋成品裝吊.....	45
§4. 拱上剛架鋼筋模板成品裝吊.....	50

第一章 纜索吊車

§1. 纜索吊車的性能

我局在兰青綫使用的纜索吊車系由鐵道部前新建鐵路工程總局設計，山海关橋梁工廠製造的（原設計圖號5406—01—23）。

吊車兩岸的支柱每節高6米，最高可拼7節，達45.3米；最短時僅拼塔頂及底節，可縮至15.3米。立柱側面見圖1。安裝時要根據地形，使兩岸支柱大致水平。



圖1 立柱側面

支柱之間的跨度設計為300米，搬運小車適用範圍為240米。但該吊車的軌索實長410米，兩軌索地端間的距离以380至400米之間為宜。

吊車的起重能力設計為1700公斤，但我們使用中曾用到2000公斤。水平方向牽引速度78米/分鐘，垂直方向起吊速度18米/分鐘。

在大橋施工中通常採用兩台吊車并用，兩台吊車之間距離最小為2.6米，在拱橋施工中採用3~3.5米為宜。使用兩台車共吊一物，起重能力可增大一倍，即最大達4000公斤。施工中凡需整體裝吊的模板及鋼筋骨架成品均可按此重量設計。

§2. 纜索吊車的構造

吊車構造詳見總布置圖（圖2）所示，在河的兩岸有支

柱两座，图中左岸支柱下設28瓩双滚筒式电动卷揚机。右岸支柱仅有結索，拉索的平衡重。卷揚机是吊車的动力。

支柱的頂部有六根鋼絲繩。其中有軌索1根，結索2根，拉索2根，吊索1根，在这些繩索上有搬运小車一具，可沿鋼索移动，小車下挂吊鉤可起吊重物。这六根鋼索之間設分索器一只，使繩索不致互相干扰。

軌索繞过支柱頂端拉到地壩桩上，在两端都設有一套特殊的固定設備，使軌索能拉紧到应有的强度。

支柱的四周有四条风纜，并附有松紧螺絲以調整风纜的松紧。

茲将各部构造分述如下：

一、支柱 支柱由塔頂、中間节及底节用螺栓拼裝在底座上，中間节及底节每节长度6.0米，塔頂3.3米，利用它們拼裝的支柱高度可自15.3米至45.3米不等。支柱是用 $90 \times 90 \times 10$ 毫米角鋼为主及其他鋼料拼成的，每节重約1.7至2.0吨。其中塔頂最重，塔頂設有：

1. 軌索承座，是一段弧形鉄件，軌索繞經它通到支柱背后地壩桩上。

2. 結索固定接头2个（左岸塔頂），結索滑輪2个及結索平衡重1个（右岸塔頂）。

3. 拉索滑輪2个，使拉索通向电动卷揚机（左岸塔頂），結索滑輪2个及結索平衡重一个（右岸塔頂）。

4. 吊索滑輪一个，使吊車通向电动卷揚机（左岸塔頂），吊索固定接头1个（右岸塔頂）。

5. 工作台1个，为安装各种纜索及登高檢查机件之用。

6. 风纜固定接头，每个塔頂共四个，均与纜索中綫呈 75° 及 135° 方向。左岸塔頂使拉索吊索通向安設在支柱前面

的电动卷扬机，借卷扬机牵引拉索前后移动和使用吊索吊钩上下移动。右岸塔顶仅为拉紧拉索结索及吊索之用，故左右岸塔顶构造不同。

支柱中间节、底节及塔顶构造详见图3、4、5所示。

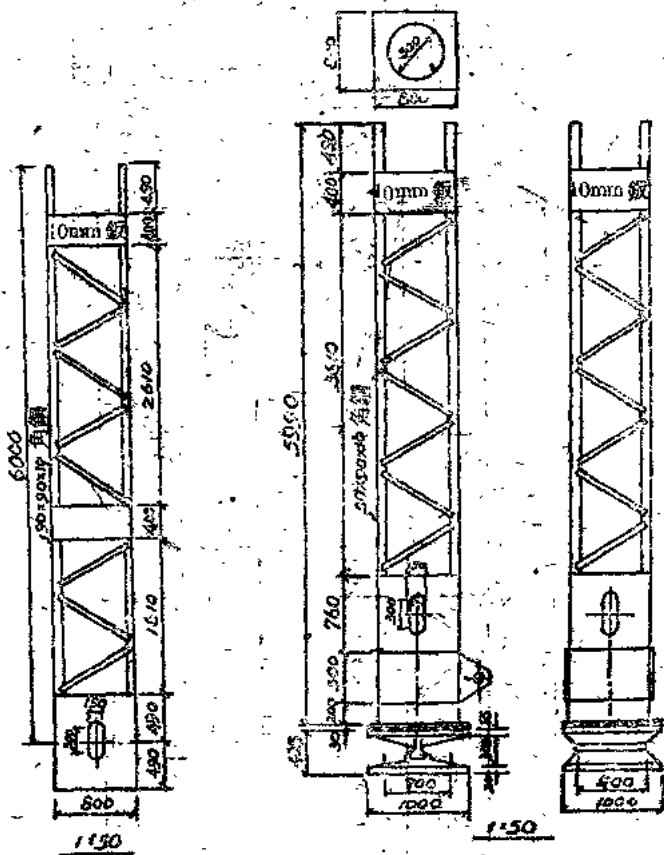


图3 支柱中间节

图4 支柱底节及支座

在支柱的后面安着带保护圈的铁梯子，为工作人员上下之用。在支柱的顶端系着风缆4根，为固定支柱之用，外风

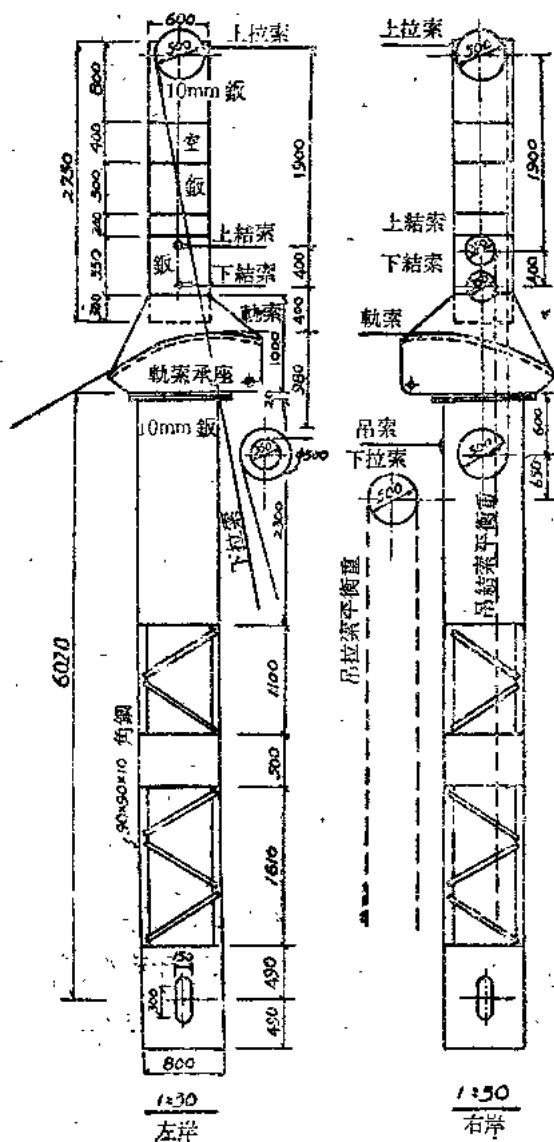


图5 塔頂 (左岸、右岸)

纜 2 根用 $21.5\phi 19 \times 6$ 鋼絲繩，內風纜 2 根用 $15.5\phi 19 \times 6$ 鋼絲繩。

二、纜索 纜索的連接如图 2 所示。

1. 軌索 承担搬运小車、吊鉤、起吊物件等重量，受力最大，采用 120 公斤/平方毫米 30 毫米直徑光皮封閉式鋼絲繩。这种鋼絲繩耐磨性極強，表面光滑使小車滑輪不易磨損。

2. 拉索 为牵引搬运小車（連同吊鉤及起吊物件）之用，沿軌索水平方向前后移动，仅受牵引力。采用 150 公斤/平方毫米 12.5 毫米直徑 19×6 普通鋼絲繩。

3. 結索 用作悬挂分索器，使搬运小車在运行中拉索、軌索、吊索上下四根纜索不致互相干扰，仅受分索器承重及自重。采用 150 公斤/平方毫米 12.5 毫米直徑 19×6 普通鋼絲繩。

4. 吊索 起吊物件之用，受吊重垂直拉力。采用 150 公斤/平方毫米 12.5 毫米直徑 19×6 普通鋼絲繩。

5. 固定軌索和調節軌索 使用 160 公斤/平方毫米 21.5 毫米直徑 19×6 普通鋼絲繩。为使軌索两端固定及拉紧达到要求的撓度之用。

6. 風纜 見支柱部分。

三、搬运小車 包括搬运小車本身和所附分索器两部分。

1. 搬运小車本身实际上是沿着軌索前后移动的一組动滑輪，在它的下面悬挂着起吊物件用的吊鉤。因为它能携重物前后移动，好像小車在軌道上行走一样，所以叫做搬运小車。搬运小車的构造如图 5 所示，小車的中心是一个鉄架：

(1) 架頂有沿軌索行走四个滑輪；(2) 架底有穿吊索的两个滑輪；(3) 吊索經過这两个滑輪轉向成垂直方向牵动，在这两个吊索滑輪中間挂着吊鉤；(4) 鉄架的兩側有

支承钣两块与拉索相連；(5)拉索牵动支承钣可以使整个小車前后行走。在鉄架的最外侧还有两道斜的窄架子，这两个窄架子上又有3个滑輪，計有結索行走輪2个，軌索支輪1个。当窄架子随着小車移动时，各滑輪就沿不同繩索滑动，这样就起到“分索”的作用。

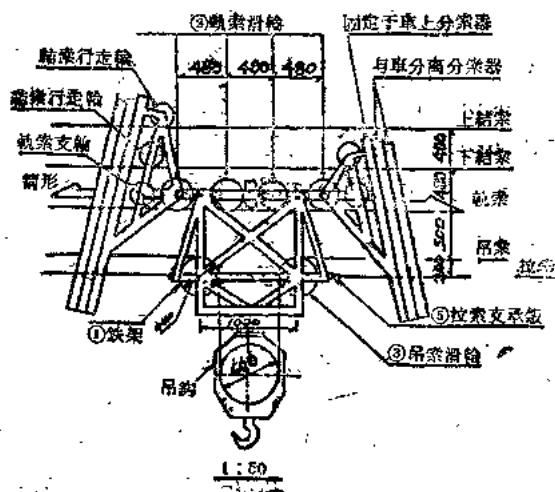


图6 搬运小車装配图

2. 分索器及結索滑块 如上所述，搬运小車外侧的斜窄架子实际上就是分索器。但是繩索吊車的跨度长达300米，繩索的“撓度”太大，仅仅在搬运小車本身上有两个分索器还不够用。必須每隔100米安置分索器一个，才能使各种繩索經常保持相互距离而不致干扰。特别是吊索設有平衡重裝置，完全依靠分索器悬挂在軌索上，如果分索器的間距太大，将使吊索下垂很多。

分索器及結索滑块是一种巧妙的設計。滑块能擋住正在行駛中的分索器，而不妨碍小車的进行。它們的构造是这样的：在小車的左侧有长式分索器2个，(跨度300米用2个；

跨度400米用3个,)沿上結索行走。小車的右側有短式分索器2个(数目随跨度而异与长式分索器同)沿下結索行走。当搬运小車移动时推着前面的分索器,同时小車尾部的箭形又挂住后面的分索器一起向前移动。另在結索上从中綫向两岸每隔100米安装特制滑块1个,如跨度是300米,滑块有1.2号两个,上結索1号滑块在左,2号滑块在右(注意电动卷揚机在左面),下結索1号滑块在右2号滑块在左。分索器之安装順序与滑块号碼相同。

由于分索器上滑环的内徑比相同号碼的滑块外徑小2毫米,当分索器行駛至同号碼的滑块处就被擋住停在那里,而較高号碼的分索器因它的滑环口徑大,就通过这滑块繼續向前行駛;一直到同号碼的滑块才停住。

因滑块之間距离为100米,所以无论小車行駛在任何位置,分索器之間始終保持100米距离。

分索器及滑块詳細构造如图8、9所示。

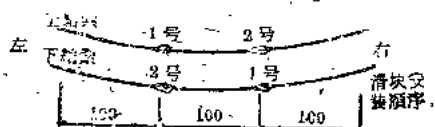


图7 分索器安装順序

号 碼	滑 块 外 徑 (毫米)	分 索 器 滑 环 內 徑 (毫米)
1	32	30
2	47	45
3	67	60
4	77	75

四、电动卷揚机

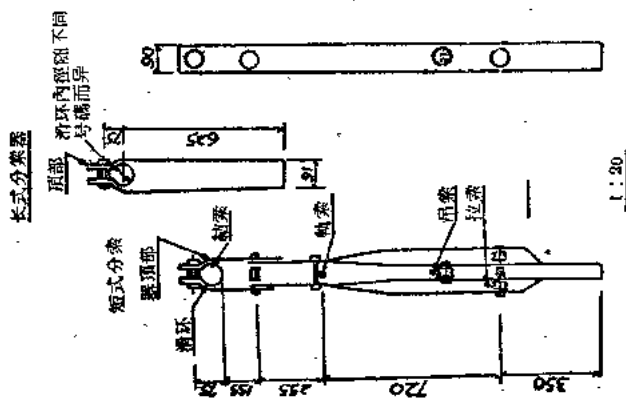


图8 分梁器构造图

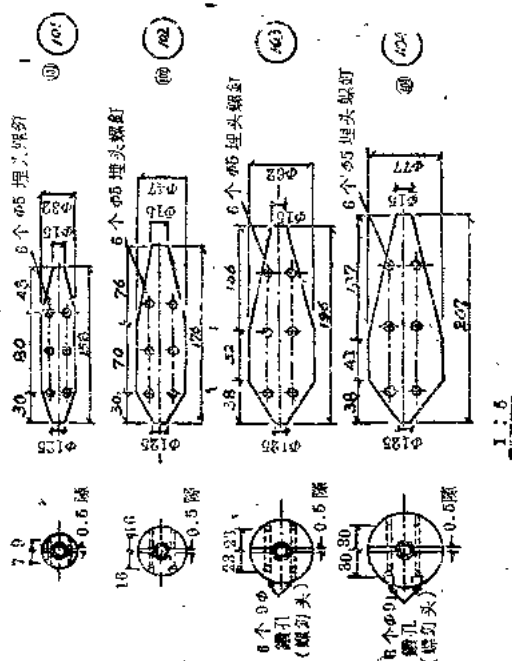


图9 滑块构造图

电动卷揚机规格38瓩設有启动补偿器，但其启动电量达50瓩，所以需50瓩的发电机来带动。它有双滾筒，一个滾筒上带动拉索，綫速度78米/分鐘；另一个滾筒上带动吊索，綫速度18米/分鐘。电动卷揚机見图10。



图10. 电动卷揚机

五、軌索固定裝置

軌索設計最大張力达21吨，需要通过一套特殊的裝置，將軌索拉紧到应有的撓度（无荷載时坡度不大于5%），而后牢固地連接到地牆桩上，不能有絲毫移动。在軌索端部首先是接头套及U形螺絲，其次是联結板及承板，尾部是两个10吨单門滑

車。鋼絲繩繞过单門滑車与地牆桩连接。

1. 軌索繩头穿过U形螺絲的承板中孔，插入接头套

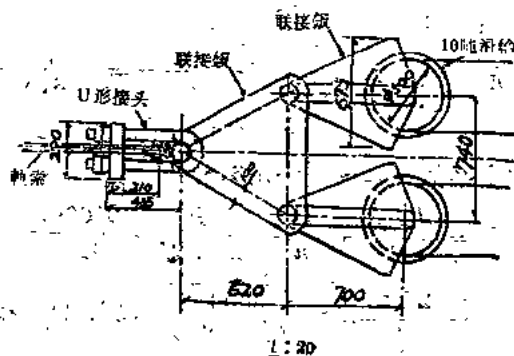


图11. 軌索固定設備

中，接头套內打入特制的鋼楔并灌鉛，使鋼絲繩和套筒鑄成一体。

2. 在U形螺絲的后面，通过三角形連接板 and 两块承板，連接两个10吨单門滑車。

3. 用两根21.5毫米直径 19×6 的鋼絲繩繞过滑車通到地墻桩上，在拉紧軌索时，只要将这两根鋼絲繩通到手絞車絞紧即可。

§3. 設計資料

这种繩索吊車系由铁道部工程总局技术处設計，由山海关桥梁工厂制造的，茲将原設計資料摘要介紹如下：

計算实例——繩索吊車最大起重能力为1700公斤；

小車自重及起吊滑車分索器，拉索起吊索等共約900公斤；跨度800米；軌索无荷重时自然坡度2.5%，最大溫度变化 50°C ，試选用120公斤 30ϕ 封闭式6股19絲鋼絲繩，鋼絲繩断面积 $F=615$ 平方毫米，鋼絲繩自重 $g=4.8$ 公斤/米，鋼絲繩破坏拉力为73,800公斤。分索器每片重30公斤，每隔50米放一个，起吊索 12.5ϕ 自重0.52公斤/米。

一、軌索計算

$$1. \text{軌索最大拉应力 } T_{\max} = \frac{\text{破坏应力}}{n_1} = \frac{73,800}{3.5} = 21000 \text{ 公斤}$$

n_1 为安全系数 = 3 ~ 4 采用3.5。

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{T_{\max}}{F} + \frac{Q}{n} \sqrt{\frac{E_k}{T_{\max} F}} = \frac{21000}{615} + \\ &+ \frac{2600}{4} \sqrt{\frac{16000}{21000 \times 615}} = 34.20 + 23.8 = 57 \\ &\text{公斤/平方毫米。} \end{aligned}$$

式中： F ——軌索横断面积615平方毫米；

E_k ——軌索彈性模量16000公斤/平方毫米；

Q ——小車總重1700+900=2600公斤；

n ——軌索上車輪數4個；

$\sigma_{\max}$ ——在車輪壓力作用下軌索最大單位面積所受之壓力。

$$\sigma_2 = \frac{\text{鋼絲繩破壞應力}}{\sigma_{\max}} = \frac{150}{57} = 2.1 > 2.0$$

根據以上計算軌索最大拉力採用21噸比較適合， n_2 為軌索單位面積壓力之安全係數=2.0~2.75採用2.0，僅在溫度最低，載重量最大（1700公斤）車行至跨度中心時，產生最大拉力。

2. 軌索水平拉力 H 之計算

(1) 當重車1700公斤在距支架30米時的軌索水平拉力 H_x 。因能調整繩長，溫度變化不計在內。

$$\begin{aligned} \text{公式 } H_z^2 + H_x^2 & \left\{ \frac{E_k F \cos^2 \beta}{24 H_m^2} \left[3 Q_m (Q_m + g_m) + g_m^2 \right] - \right. \\ & \left. - H_m \pm E \Delta T E_k F \cos \beta \right\} = \frac{x(L-x)}{2 L^2} Q_x (Q_x + g_x) \\ & E_k F \cos^2 \beta + \frac{g_m^2 E_k F \cos^2 \beta}{24} \end{aligned}$$

H_x 為重車距支架30米時的軌索水平拉力； $E_k=16,000$ 公斤/平方毫米=1600噸/平方厘米

$$\cos \beta = 1, H_m = T_{\max} \cos \beta = 21 \times 1 = 21 \text{ 噸}$$

$$g_m \text{ 為軌索、分索器及起吊索自重} = g L / \cos \beta =$$

$$\begin{aligned} & \left(4.8 + 0.52 + \frac{30}{50} \right) \times 300 \\ & = \frac{\quad}{1000} = 1.78 \text{ 噸} \end{aligned}$$

當 $x=30m$

$$H_z^2 + H_x^2 \left\{ \frac{1600 + 6.15}{24 \times 21^2} \left[3 \times 2.6(2.6 + 1.78) + \right. \right.$$

$$\begin{aligned}
 & + 1.78^2 \} - 21 + 0 \} = \\
 & = \frac{30(800 - 30)}{2 \times 300^3} \times 2.6(2.6 + 1.78) \times 1600 \times 6.15 + \\
 & + \frac{1.78^2 + 1600 \times 6.15 \times 1}{24}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{分解 } H_x^2 + H_z^2 \} 0.93[7.8 \times 4.38 + 3.16] - 21 \} = \\
 & = \frac{4.5}{100} \times 2.6 \times 4.38 \times 9850 + 1230
 \end{aligned}$$

$$\text{即 } H_x^2 + 13.6/H_z^2 - 6330 = 0$$

$$\therefore H_{30} = 14.9 \text{ 吨}$$

(2) 軌索安装水平拉力 H

$$\begin{aligned}
 & \text{軌索安装时 } Q_x = 0, \quad g_x \text{ (只有軌索自重)} = \frac{4.8 \times 800}{1000} \\
 & = 1.44 \text{ 吨}
 \end{aligned}$$

$$\text{代入公式 } H_x^2 + 13.6 H_z^2 = \frac{1.44^2 \times 1600 \times 6.15}{24}$$

$$\text{即 } H_x^2 + 13.6 H_z^2 - 850 = 0, \quad \therefore H_x = 6.5 \text{ 吨}$$

3. 軌索撓度

$$(1) \text{ 最大撓度 } f_{\max} = \frac{g_m L^2}{8 H_m \cos^3} + \frac{Q_m L}{4 H_m}$$

$$g_m = 4.8 + 0.52 + \frac{30}{50} = 5.92 \text{ 公斤/米}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\max} &= \frac{5.92 \times 300^2}{8 \times 21000} + \frac{2600 \times 300}{4 \times 21000} = 3.16 + 9.28 = \\
 &= 12.44 \text{ 米}
 \end{aligned}$$

$$\text{下垂坡度 } \frac{f_{\max}}{L} = \frac{12.44}{300} = 4.15\% < 5\% \text{ (可以)}$$

$$(2) \text{ 安装撓度 } f_c = \frac{g_m L^2}{8 H_m \cos^3} = \frac{4.8 \times 300^2}{8 \times 6500} = 8.3 \text{ 米}$$

$$\frac{f_c}{L} = \frac{8.3}{300} = 2.77\%$$

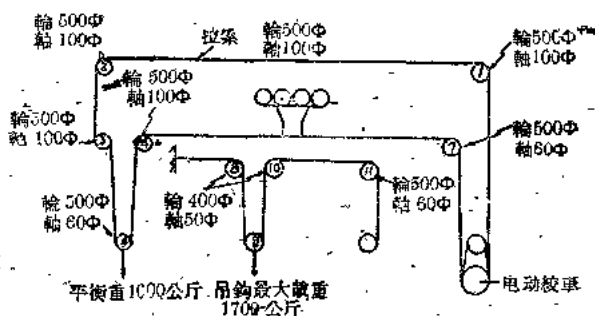


图 12

二、拉索計算

1. 拉索拉力

假定各滑輪充分加油，摩擦系数 $\mu=0.1$ ，

滑輪摩擦阻力 $=\frac{\text{軸徑}}{\text{輪徑}} \times \mu \times \text{拉索合力} R$ ，

搬運車摩擦阻力每噸10公斤（近似值）

搬運車至距支架30米軌索 $\tan\gamma=0.187$

滑輪⑤摩擦阻力 ≈ 19 公斤 ≈ 20 公斤

（1）行車方向 电动絞車至河心（自平衡重算起）

$\frac{1}{2}$ 平衡重	800	⑤~⑥間拉力	800
	+ 10		- 10
⑤~④間拉力	810		790
④輪阻力	+ 22	⑥輪阻力	- 22
④~③間拉力	832	⑥~搬運車間拉力	768
③輪阻力	+ 24	2.6×10	- 26
③~②間拉力	856	起吊⑧⑨⑩滑輪阻力	- 55
②輪阻力	+ 24	$2600 \times \sin\gamma = 2600 \times 0.183$	- 475
②~①間拉力	880	搬運車~⑦間拉力	212
①輪阻力	+ 25	⑦輪阻力	- 4
$T =$	905 公斤		208 公斤

(2) 行車方向，河心至電動絞車

$\frac{1}{2}$ 平衡重	800	③~⑥間拉力	800
	— 10		+ 10
⑤~④間拉力	790		810
④輪阻力	+ 22	⑥輪阻力	+ 22
④~③間拉力	768	⑥~搬運車間拉力	832
③輪阻力	— 22	搬運車摩擦力	+ 26
③~②間拉力	746		858
②輪阻力	— 21	起吊⑧、⑨、⑩滑輪阻力	+ 55
②~①間拉力	725	$2600 \times \sin^2 = 2600 \times 0.183$	+ 475
①輪阻力	— 20	搬運車~⑦間拉力	1388
$t =$	705 公斤	⑦輪阻力	24
		$T =$	1412 公斤

2. 拉索应力

根据以上計算拉索最大拉力 $T_{\max} = 1412$ 公斤。

拉索应力公式

$$\sigma_{\max} = \frac{T_{\max}}{F} + E_s \frac{d}{D}$$

F = 拉索横断面积，用 12.5 ϕ 150 公斤 6 股 19 絲鋼絲繩每根絲 $d = 0.8$ 毫米， $F = 57$ 平方毫米。

总破坏力 = $150 \times 57 = 7250$ 公斤。

$E_s = 8000$ 公斤/平方毫米 $D = 500$ 毫米 (最小滑輪直徑)

$$\begin{aligned} \therefore \sigma_{\max} &= \frac{T_{\max}}{F} + E_s \frac{d}{D} = \frac{1412}{57} + 8000 \times \frac{0.8}{500} \\ &= 248 + 12.8 = 260.8 \text{ 公斤/毫米}^2 \end{aligned}$$

$$n_1 = \frac{150}{37.6} = 4 \quad n_2 = \frac{7250}{1412} = 5.1$$

拉索系走行繩索，其安全系数較軌索为大：

$$n_1 > 5, \quad n_2 > 4$$