

架空索道縱斷面的 设计与计算



煤炭工业出版社

目 录

第一章 緒論.....	3
§1. 基本概念.....	3
§2. 綫路构筑物.....	5
§3. 承载索的连接与固定.....	6
§4. 綫路选择.....	8
第二章 柔綫計算理論及其在設計架空索道縱斷面中的应用	15
§5. 按悬鏈綫法計算柔綫的垂度.....	15
§6. 按拋物綫法計算柔綫的垂度.....	20
§7. 柔綫长度計算.....	33
第三章 承载索的計算与选择	43
§8. 承载索的构造.....	43
§9. 承载索张力的計算.....	48
§10. 由均布载荷的作用在承载索內引起的弯曲应力.....	51
§11. 由集中载荷的作用在承载索內引起的弯曲应力.....	60
§12. 按耐久性选择承载索的直径.....	66
第四章 支架配置	71
§13. 索道下面的自由界限尺寸.....	71
§14. 传动区段的划分.....	72
§15. 拉紧区段长度的确定.....	75
§16. 沿綫路配置支架的一般指示.....	78
§17. 按綫路断面特征配置支架.....	82

第五章 綫路計算	89
§18. 承載索長度計算	89
§19. 重錘行程計算	91
§20. 承載索在支架上的折角	92
§21. 承載索沿鞍座的摩擦力	99
§22. 綫路計算表的擬定	104
第六章 設計实例	108

第一章 緒 論

§1. 基本概念

双綫架空索道主要由兩端的站房、支架、平行架設的兩根承載索和閉合成環的曳引索所組成。索道的系統圖見圖1。

在承載索進入站內的地方，借助偏斜鞍座導向站內軌道的內側并代之以剛性軌道。這樣站內軌道就和綫路上的承載索相互銜接起來，形成一條環形通路，供礦斗運行之用。

承載索是不移動的，它的一端錨固在特殊基礎上或站架結構上，另一端則由重錘拉緊。在綫路上，承載索由支架上的搖擺鞍座支持，它可在鞍座的索槽內自由地滑動。重錘的作用系調節承載索的張力，使之不因個別跨距間繩索垂度變化而引起承載索張力的劇烈變動；因為全部綫路中繩索長度的任何變動都由重錘的移動獲得補償。

為了減小由於承載索沿鞍座的摩擦力而引起張力過大的變動，必須把承載索分成若干個拉緊區段。在拉緊區段的接界處設置區間拉緊站和錨固站，並在該處用鋼軌代替承載索。礦斗通過這些區間站時不脫開曳引索。

曳引索用來曳動礦斗，其安裝位置與承載索平行。在裝載站和卸載站內，曳引索繞在傳動輪和拉緊滑輪上，而在支架上則由托索輪來支承。曳引索的末端相互編結起來，閉合成環狀。由此靠傳動裝置帶動，曳引索就作循環

运动。曳引索亦具有拉紧设备，其作用是使曳引索产生一定的初张力，以便曳引索和驱动装置的传动轮具有足够的附着力而不致发生滑动。

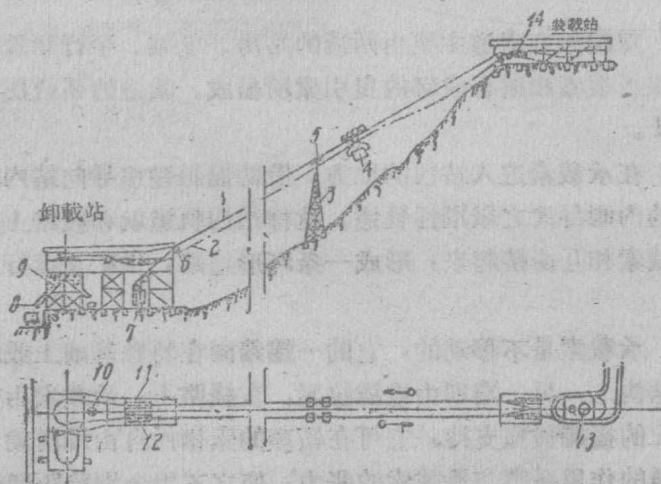


图 1

- 1—承载索；2—曳引索；3—支架；4—矿斗；5—摇摆鞍座；6—偏斜鞍座；7—重锤；8—闸门；9—矿仓；10—拉紧装置；11—脱开器；12—挂接器；13—传动装置；14—滚轮组。

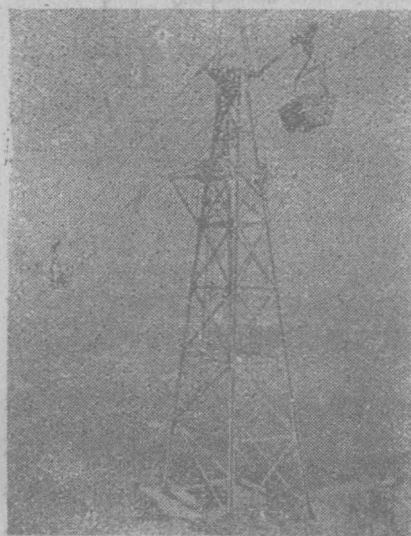
现在我们再来研究一下矿斗的运行过程。当空矿斗进入装料站时，即从承载索过渡到钢轨上，并沿钢轨继续运行。这时矿斗仍与曳引索挂结在一起，直到装有摘斗器的地方矿斗的抱索器才自动张开，使矿斗和曳引索脱离。通过摘斗器后，矿斗就靠人力推动，或借敷设有一定坡度的钢轨自动滑行。当矿斗到达装矿点时就打开装矿闸门，进

行装矿。然后再把矿斗推向挂斗器处。矿斗通过挂斗器时，它的抱索器自动地和曳引索挂接起来，并从站内钢轨过渡到承载索上。

§ 2. 綫路构筑物

索道的綫路构筑物包括支架、拉紧站和锚固站。

支架的概形图见图 2。在双綫架空索道中，因为支架所受的载荷较大，因此一般都采用鋼结构或鋼筋混凝土结构的支架，很少采用木结构支架。在支架的一側設有爬梯，并在架頂設有供安装起重葫蘆用的悬臂，以在施工时便于吊装鋼索，和在使用中便于检修机械設备。



支架上的机械設備有：支持承载索用的搖擺鞍座，和支持曳引索用的托輪。

拉紧站和锚固站建筑在拉紧区段衔接的地方。当承载索进入站内

时，借助偏斜鞍座把承载索导入索道綫路的内部，而另以钢轨来代替它們。矿斗是自动地通过站架的，亦即当它自承载索过渡到钢轨上及自钢轨过渡到承载索上时，不与曳

引索分开。

拉紧站的示意图见图3。拉紧站一般是金属结构的。站架的高度和距离与重锤的行程、索道线路进站的坡度和承载索在偏斜鞍座上允许的偏角有关（偏角的允许值在水平平面内不超过20~25%，在垂直平面内不超过20%）。

锚固站的示意图见图4。

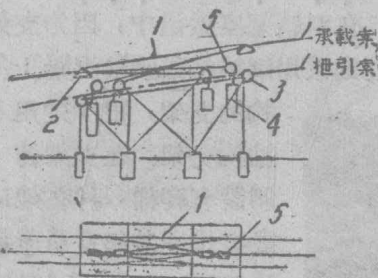


图 3

1—钢轨；2—偏斜鞍座；3—托轮；
4—重锤；5—导轮。

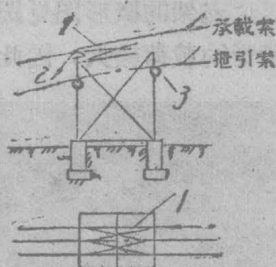


图 4

1—钢轨；2—偏斜鞍座；
3—托轮。

§ 3. 承载索的连接与固定

为了限制承载索沿鞍座的总摩擦力不超过一定值，必须把承载索分成若干个拉紧区段。根据索道运输量的不同，每一拉紧区段的距离一般为1~2公里。由于运输条件的限制，绕承载索的绳筒重量规定在6吨以内。因此随承载索规格的不同，它的长度相应地限制在250~1000公尺之间。

对于重斗侧，承载索均由若干段连接而成（图5）。承载索的连接系用接合套筒（图6）实现。接头距架顶鞍

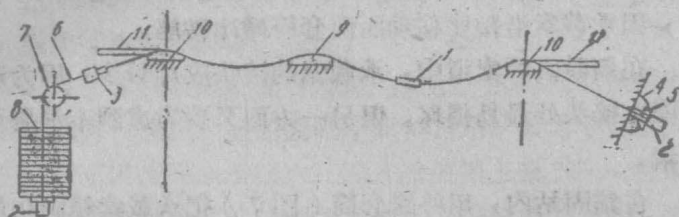


图 5

1—接合套筒；2—终端套筒；3—过渡套筒；4—锚固板；
5—球形垫座；6—拉紧索；7—导轮；8—拉紧重锤；9—
搖摆鞍座；10—偏斜鞍座；11—鋼軌。

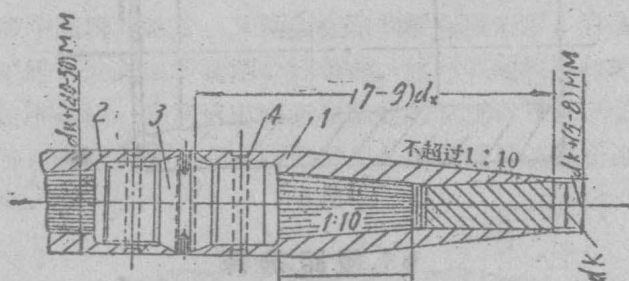


图 6

1、2—分套筒；3—双头螺栓；4—插销。

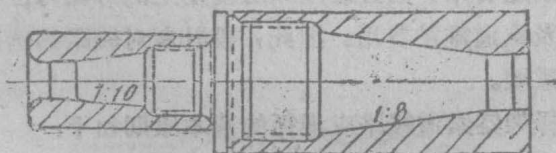


图 7

座的距离不得小于15~20公尺，以防止在索道运转过程中，因承载索沿鞍座移动而使套筒碰冲鞍座。

在新设计的索道中，承载索的接头应尽量少，因为承载索在接头处最易损坏。但另一方面又要考虑到不浪费承载索。

在锚固站内，用终端套筒（图7）把承载索锚固在站架上；而在拉紧站内，承载索的末端用过渡套筒（图8）和拉紧索连接，拉紧索的另一端再和重锤相接。

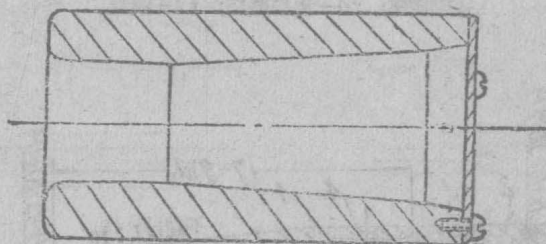


图 8

§4. 线路选择

架空索道线路的选择，是一件极其重要的工作，应当细致地去做。线路选择得合理与否，不但直接影响到索道本身的基建费用，而且影响以后使用上的方便与否、运转安全性及索道维护费用。因此，设计者对线路的选择，应该特别重视。

选择架空索道线路应遵循的基本原则如下：

1. 索道线路必须避免与厂区、铁路、公路和居民区相交叉，否则必须设保安设备，并须相应地增加支架的高

度。在无法避免这种交叉的情形下，最好能作到直角相交，以便縮短保安设备的长度。

2. 对于无需設置中間传动站的索道，起終点間的綫路应尽可能为一直綫，避免設置中間轉角站。因为中間轉角站的設置不但使基建費增大，而且給使用上带来一定麻煩。如果采用轉角站能达到大大减少保安设备的目的，或者能使綫路避免通过起伏剧烈的地形时，才可选择折綫方案。在这种場合下，最合理的綫路須通过各种綫路方案的技术經濟比較来获得。如图9所示的情形，綫路方案有两种：ABCDE和AB'CD'E。C点为設中間传动站处，B'和D'为設中間轉角站处。从两条綫路的縱断面来看，后者較前者平緩，但必須增設两个轉角站。这时就要根据概略的技术經濟指标，分別算出两条綫路的基建費和单位运量的經營費，进行比较。最后当然采用基建費低且經營費亦低的方案。

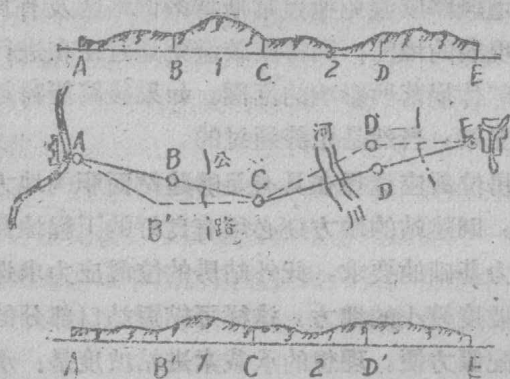


图9

3. 当索道起終点的高差大于一个传动区段允許的高差时，就必须設中間传动站。中間传动站的位置要根据下列值为常数的条件来确定，以便使各传动区段的曳引索直径相同：

$$h \pm \mu L = \text{常数}$$

式中 h ——在每一传动区段內最高点与最低点的高差（公尺）；

L ——这些点間的水平距（公尺）；

μ ——矿斗的运动阻力系数。如果載重矿斗的运行方向自最高点向最低点，則 μ 取負号，反之則取正号。

矿斗的运动阻力系数 μ 的数值，对于动力运转的索道取0.006；对于制动运转索道取0.0045。

此外，必須使中間传动站的数目达到最少限度；并且要考虑到用中間传动站同时作轉角站的可能性，以使索道綫路通过最有利的地形。

4. 索道綫路应避免通过喀斯特溶洞地区及有其他不良工程地質現象的地区；同样應該避免通过正在进行开采的矿体或被矿体崩落所影响的范围。如果綫路能跨越上述地区而不設支架，当然是允許通过的。

5. 站房位置应选择在具有足够建站面积的地方。如果是传动站，則建站的地方还必须有良好的工程地質，以满足設置动力基础的要求。此外站房的位置应力求选择在承载索进站坡度較小的地方，这样可縮短站口部分的长度，并使站房配置方便。理想的承载索进站坡度是：承载索以5~10%的坡度自上方进入站內。

6. 选择索道綫路时应适当地注意修建和使用上的方便，要考虑到供电和站上劳动力供应的条件。在已經筑有公路的地区，应使索道綫路靠近公路，并尽可能把中間站設在汽車能到达的地方。

7. 选择索道綫路时应注意到技术上的可能性。綫路跨越特別长的跨距或自然坡度很大的山坡，常常由于矿斗爬坡角的限制，而不得不否定所选綫路方案。因此选綫时，应力求避免通过很长的跨距，尤其要避免通过凸起剧烈的地形。

現在我們再来討論一下选择索道綫路的一般步驟。

选择索道綫路以前，必須了解索道的运量，了解索道通过地区是否已經測繪有适合索道設計用的或考虑方案用的地形图（例如 $\frac{1}{2000}$ 或 $\frac{1}{5000}$ 的地形图），或者可供拟定索道綫路概略方向用的小比例地形图（例如 $\frac{1}{50000}$ 的地形图）。在具有可供考虑索道綫路方案的地形图的条件 下，首先應該在这种地形图上根据起終点位置拟定綫路方案（拟定綫路方案时当然要考虑到上述的七項原則），即定出中間站位置和綫路位置。然后根据已定綫路，繪出断面图。如果初步拟定的綫路方案較多，可用概略的技术經濟指标进行方案比較，以便最后确定必須踏勘的一条或两条綫路。在无上述地形图而索道綫路又长的情形下，应尽可能找到小比例地形图，以便确定踏勘綫路的途径和踏勘的范围。

在室內工作告一段落后，即可协同工程地質和測量人

員进行实地踏勘。初步踏勘必須借助罗盘仪、气压表和傾斜仪，以便在选綫过程中了解綫路的概略方位、山頂和山底的近似标高和标高差、山坡的近似坡度等。經反复踏勘确定在地形图上所定的綫路无誤后，即可根据索道相邻构筑物对起終点站房的要求，并結合实际地形，定出起終点和中間点的位置。起終点和中間点的連綫即为已定索道綫路的中心綫。

在已有比例較大的地形图或綫路較短（2~3公里）的情形下，索道綫路的选择并不困难。因为根据在地形图上所定点的位置，經現場踏勘后很容易确定合理的綫路。

在綫路較长而又无地形图时，綫路的选择就复杂化（尤其是穿越地形复杂的矿山索道）。在这种場合中，首先應該在現場进行初步踏勘，根据实际地形条件确定起終点最有利的出綫和进綫方向，亦即用罗盘初步定出綫路自起点出綫的方位角和終点进綫的方位角。然后根据这两个方位角，定出接近起点站和終点站的中間站位置。并用上述同样方法定出其余所需設立的中間站位置。为使所选择的索道綫路更加合理起見，最好根据已定点用經緯仪定出綫路中心綫，然后再沿定出的中心綫进行第二次踏勘，考查所选綫路是否合理，必要时可适当地更动已定点的位置。

定綫后，即可布置測量和工程地質任务。測量內容如下：

1. 綫路。如果在索道所通过的区域内已有精度和比例滿足索道設計要求的地形图，那就不必再进行測量。当地形較平坦及起終点和中間点有把握不变动时，須測50公尺

寬的、比例為 $\frac{1}{2000}$ 的帶狀地形圖，和附測索道中心綫的縱斷面圖。當綫路較複雜且起終點和中間點有可能變更時，根據具體情況可只測200~300公尺寬的帶狀地形圖。在設計中再用此帶狀地形圖繪縱斷面圖。為了避免由於帶狀地形圖的誤差而引起的架頂標高的錯誤，在索道施工前必須進行一次詳細的施工測量；並根據施工測量結果修改支架原設計的架頂標高或基礎面標高。

2. 站房、綫路站和支架。起點站、終點站和中間站須測比例為 $\frac{1}{500}$ 的、大小為100×100公尺寬的地形圖，以供設計站房建築結構之用。在地形較平坦的情形下，可不測綫路站、中間站和支架處的大比例局部地形圖，而直接利用綫路的帶狀地形圖。如果上述構築物所處位置的地形較複雜，則須測比例為 $\frac{1}{500}$ 的、有足夠面積的局部地形圖。

對測量的具體要求是：

1. 在帶狀地形圖和局部地形圖上，應繪出該測區內的構築物、危險物品貯藏所（如火藥庫）、鐵路、公路、人行道、河流、尾礦池、輸電綫路、電訊綫路、礦區、居民住宅區及行政規劃區域等，並用數字或簡圖標明其特征；

2. 索道綫路與公路、鐵路、輸電綫路、居民區和構築物交叉時，必須標明交叉角度、長度和它們最高點的標高；

3. 當索道綫路跨越河流時，必須表明河岸標高、現有水面標高和洪水水位標高；

4. 綫路方位点或支架点与中心綫的偏差不得大于：对双綫索道为 ± 1 分；对单綫索道为 ± 30 秒；

5. 支架水平距的測量誤差不得超过其間距的 $\frac{1}{500}$ ，高程測量誤差不得超过其間距的 $\frac{1}{1000}$ ；

6. 必須在已选定的装卸站和中間站位置埋永久性混凝土桩，并在綫路上設置足够数量的水准点，以便于索道施工；

7. 装载站、卸载站和中間站标准点（即埋石点）的坐标必須正确地測出，其坐标系統要和索道有关厂房（如选矿厂和采矿場）的坐标系統相一致。

在布置測量任务的同时，必須布置工程地質勘察任务。工程地質的好坏，不但直接影响到索道构筑物的基建費，而且会严重地影响到修建索道的可能性。如果在設計时未考虑到不良的工程地質現象，則在施工中輕者要适当地修改設計，重者有可能要改綫，設計全部返工。这样造成的后果是可想而知的。因此，索道設計人員对于綫路的工程地質应特別重視。

在选綫时就应与工程地質人員一起到現場踏勘，向其了解索道綫路所通过地区的工程地質現象。定綫后，布置測区範圍內的工程地質普查任务，要求闡明在測区内修建索道的可能性。如果索道綫路通过地区的工程地質良好，就不必再进一步作工程地質勘察，而可直接以普查結果作索道构筑物的基础設計資料。如果索道綫路的工程地質較差，則必須根据具体条件适当地作部分工程地質勘察工

作。对此項工程地質勘察的基本要求在于：闡明設置站房和支架的地方有无不良工程地質現象（如喀斯特溶洞、塌方和崩落等），地耐力、表土的厚度和性質、岩石的穩定性和物理性如何等。

第二章 柔綫計算理論及其在設計 架空索道縱斷面中的应用

§ 5. 按懸鏈綫法計算柔綫的垂度

双索架空索道的承載鋼索是受均布載荷和集中載荷作用的單質柔綫。在索道縱斷面的設計中，很多地方需要計算鋼索的垂度。因此架空索道設計者必須熟悉柔綫垂度的計算方法。

大家知道，所謂懸鏈綫就是將鏈或索的兩端固定，使其自由下垂而形成的綫。在問題研究中必須假定繩索的重量按長度方向均勻分布，而且在懸挂過程中不發生變形。

圖10所示是懸鏈綫的簡圖。設圖上O點是懸鏈綫的最低點（從此點引的切綫與水平綫一致）；OD部分的長度為S；綫的自重為q；在O點處的水平張力為H；D點的切綫張力為T；D點的切綫和X軸所成的交角為 α 。

根據力的平衡條件，得：

$$T \cos \alpha = H; \quad (1)$$

$$T \sin \alpha = qs. \quad (2)$$

將以上兩式相除，並設 $\frac{H}{q} = a$ ，即得

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{a}; \quad (3)$$

由此

$$\frac{dx}{ds} = \cos \alpha = \frac{a}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}; \quad (4)$$

$$\frac{dy}{ds} = \sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha \cos \alpha = \frac{s}{\sqrt{a^2 + s^2}}. \quad (5)$$

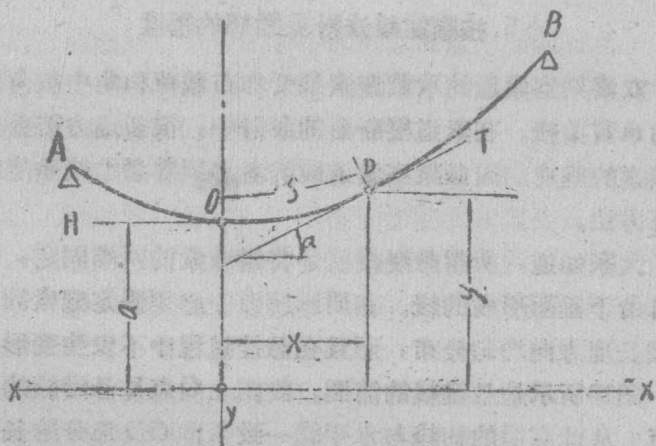


图 10

将(4)式和(5)式积分, 得到

$$x = \int \frac{a}{\sqrt{a^2 + s^2}} ds + c_1 = a \ln \{s + \sqrt{a^2 + s^2}\} + c_1; \quad (6)$$

$$y = \int \frac{s}{\sqrt{a^2 + s^2}} ds + c_2 = \sqrt{a^2 + s^2} + c_2. \quad (7)$$

为决定(6)式和(7)式中的积分常数 c_1 和 c_2 , 必须