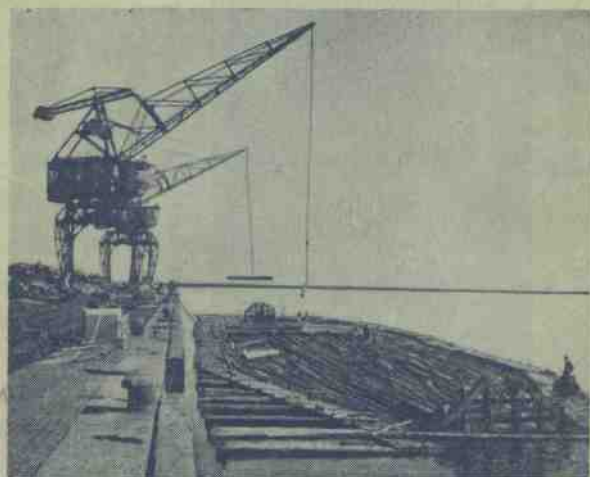


交通運輸先進經驗叢刊

海上木排的捆紮與拖運

王 慎 廉 著



人民交通出版社

329.54

21



書號：5037-京

海上木排的捆紮與拖運

王慎康 著

人民交通出版社 出版

(北京北兵馬司一號)

新華書店發行

萃斌閣印刷廠印刷

初編者：陳丹雲 複審者：郭秉誠

1955年6月北京第一版 1955年6月北京第一次印刷

開本：31"×43" 印張：1張

全書：21,000字 印數：1—1,200冊

定價(9)：0.28元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

目 錄

引 言.....	1
一、海排的形狀與大小.....	2
二、捆紮海排的索具結構.....	7
三、海排的捆紮方法.....	25
四、海排的拖帶.....	32

引 言

從海路運輸木材，由於它的漂浮性能，我們可以不用船舶來裝運，而用適當的索具將大量木材捆紮成一定形狀，利用拖輪或貨輪拖帶。海排運輸的方式，無疑的比艙運具有更多的優點，除了能顯著降低運輸成本（根據蘇聯在白海航綫上拖運木排的經驗，隨着海排體積的大小拖運成本祇及艙運成本的27%到47%），解決我國目前大船運力不足的困難以外，還由於它可以免去船隻的停泊裝卸時間，而使拖輪的週轉及運用率達到最大限度。其次，紮排與拆排都不需要有港灣與岸壁設備，祇要有適當的避風地及水深就可以進行紮、拆工作。這些優點，對於我國沿海與沿江各地提供了極其便利的運輸條件。因此，隨着國家經濟建設的開展，海上木排的運輸必將有其廣闊的發展前途。

海上木排的捆紮與拖運是一種複雜的帶有技術性的工作。在蘇聯，自從開始海排運輸以來已經積累了數十年的經驗，而我國却還是海運史上的創舉。由於交通部蘇聯專家巴雪維奇同志的介紹，在蘇聯先進經驗的指導下，使我國在不到一年的短暫時間內就能初步掌握這種海上的新型運輸方式。本文擬將海排結構的一般理論及編紮、拖帶方法和我國試紮試拖之實地經驗略作介紹，以供推廣海排運輸工作的參考。

一 海排的形狀與大小

根據蘇聯經驗，海上木排的形狀應該是一個截頭的橢圓體，不管從它的那一個剖面來看都是一個橢圓形（圖1），這是爲了既能保持其漂浮的穩定性又能減少航行中的阻力。因爲它紮成以後的形狀很類似一根放大的雪茄煙，在蘇聯就習慣於稱呼爲「海上雪茄」或「蘇聯式海上雪茄」。「海上雪茄」的體積與長、寬、高的尺寸在各條航綫上都是不同的。如以每個排所能捆紮的木材實積來說：根據記載，最小的祇有400立方公尺，而最大的曾經紮過18,000到20,000立方公尺。如果以經常性拖帶的海排來看，那末大體上可分爲大型與小型兩類，其實積在2,000立方公尺以上的稱爲「大型雪茄」，否則就稱爲「小型雪茄」。海排體積的大小能直接影響運輸成本，海排體積的增大不但能顯著地降低每立方公尺木材的捆紮與拖運費用，而且也能大大地減少捆紮索具的單位用量（每立方公尺木材所需的索具量），同時還能增加在拖運途中對風浪的抵抗性與穩定性。但是，如果在受到航道與捆紮地水深的限制，以及拖輪馬力與捆紮技術的限制而不能捆紮大型木排時，那末小型木排也就成爲唯一經濟的運輸方式了。例如：在蘇聯的裏海區由阿斯特拉罕到巴庫的航綫上，以及貝加爾湖內各航綫，都是由於水深條件的限制只能紮運「小型雪茄」。

爲了保持木排在海上的穩定性，減少波浪對它的破壞，海排的長度最好能經常地保持在兩個波峯上，亦即排的長度最好不小於兩倍波長。在遼闊的海面上要做到這一點就需要將排編

繫得很長，然而海排的長度與其寬、高，是有一定的比例的。因此長度的增加就意味着海排體積的擴大，體積的擴大又帶來了吃水深度的增長與捆紮拖帶技術的困難，所以在很多情況下往往不能滿足上述要求。

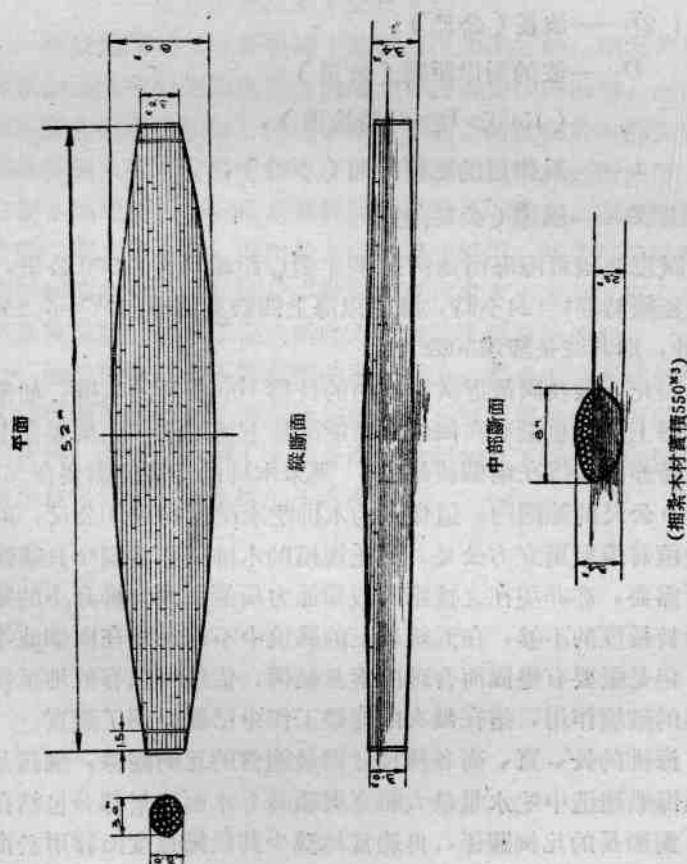


圖1 「小型雪花」形木排之一種

海上波浪的長度可以下列經驗公式來加以推算：

$$2L = \frac{12.34W}{\left(1 + \frac{47.9}{D}\right) \left(1 + \frac{13.31}{t}\right)}$$

式中：2L——波長（公尺），

D——波的對岸距離（公里）

（1500 > D > 60 時適用），

t——風作用的延續時間（小時），

W——風速（公尺/秒）。

試以我國黃海海面為例：假定對岸距離D為1,500公里，風的延續時間t=24小時，風速以海上四級風計算即W=6.2公尺/秒，則其波長即達50公尺。

因此，像我國最近試繫成功的長為100公尺的木排，如果在黃海上拖航也祇有在四級風時能滿足上述要求。如果要在七級風時亦能保持在兩個波峯上，那末木排的長度就需要在260到270公尺的範圍內，這樣大的木排吃水深度將達10公尺，而其體積將達數萬立方公尺。如此規模的木排既非我國今日運輸上所需要，亦非現在之技術與設備能力所能辦到。排身小的雖然由於長度的不夠，在五級以上的風浪中不能保持在兩個波峯上，但是祇要有堅固而合理的索具結構，依然可以有效地抵抗波浪的破壞作用，這在幾次的拖帶工作中已經得到了證實。

海排的長、寬、高各種尺寸間最適當的比例關係，應該是按照海船建造中吃水量最大船寬與船高（水面船幫部分包括在內）對船長的比例關係，再適當地減少其後備強度而移用於海排上。經過蘇聯多年來在遠東、貝爾加湖、黑海等地實踐的經驗，下列比例關係是最適合於海排的：

$$L:B=7\sim 8, \quad L:H=16\sim 17,$$

$$L\cdot(H+B)=5\sim 6, \quad B:H=2.3。$$

其中：L——排身長度（公尺），

B——排身中部寬度（公尺），

H——排身中部高度（公尺）。

至於兩端的尺寸是根據下述的情況來決定的：頭部與尾部面積的過大會引起拖運阻力的增加和護板製作的困難，而過小則不但會引起收縮部分填放原木的不易，而且由於中部突出兩側曲線過大就不容易維持排形和中軸綫的對稱，因而產生了左右側水流速度不等，造成拖航時的擺動（見圖2）。在我國試拖中的一個大型木排，就由於上面所說的原因，結果在拖航時其擺動幅度如以拖纜與排身中軸綫之交角來表示達到35度左右，這樣就給航行帶來了很大的阻力，減低了拖帶的速度。

海排的橫斷面不管在排的那一部分，都必須盡可能地使其成為準確的橢圓形，否則橫向捆索就不可能與每根表面的木材相接觸，而表面木材（尤其是兩側水面的上下部分）的鬆動與滑出就將造成整個木排的不幸事故。

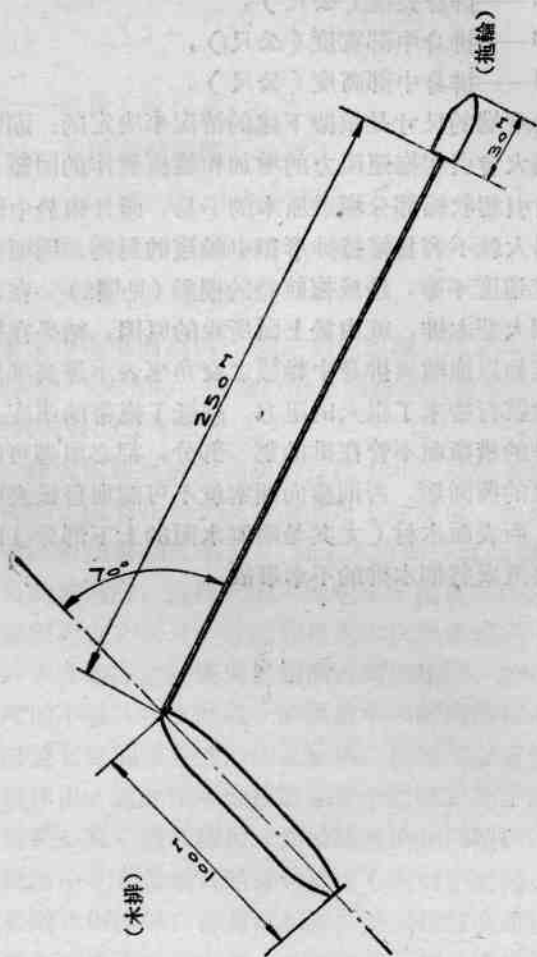


圖2 木排與拖輪擺動時之位置

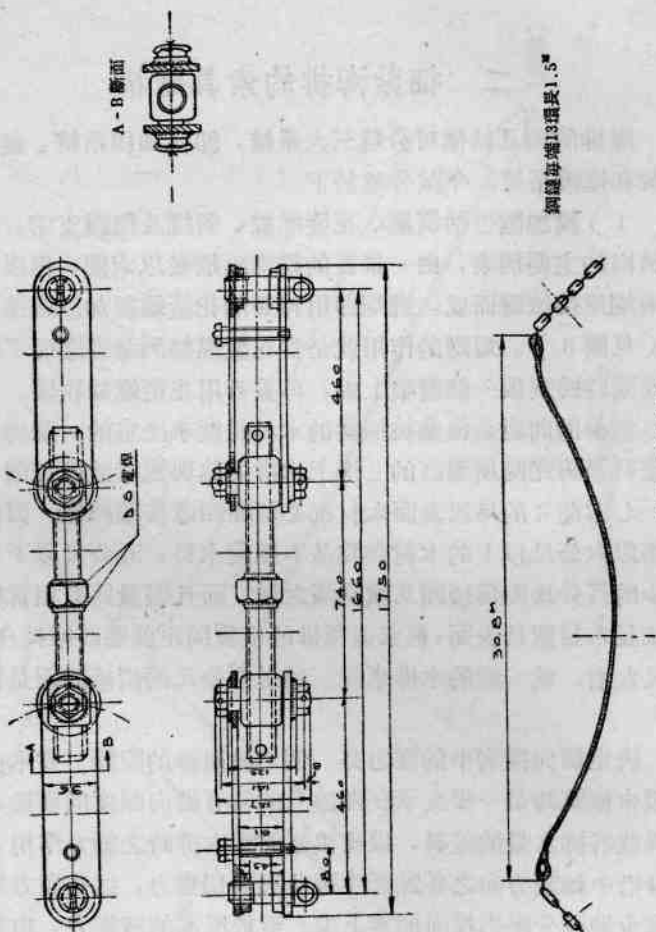
二 捆紮海排的索具結構

海排的索具結構可分為三大系統，即橫加固系統，縱加固系統和拖纜系統。今試分述於下：

1) 橫加固包括橫箍、花籃螺絲、斜繩及側鏈支索。橫箍是橫向的主要捆索，由一根長的鋼索兩端嵌以索圈，再以一端或兩端連接短鏈而成。鏈端即用特製的花籃螺絲加以連接並收緊（見圖3）。短鏈的作用就是當花籃螺絲到達盡頭而不能再行收緊時換到後一個鏈環上去，再重行用花籃螺絲收緊。

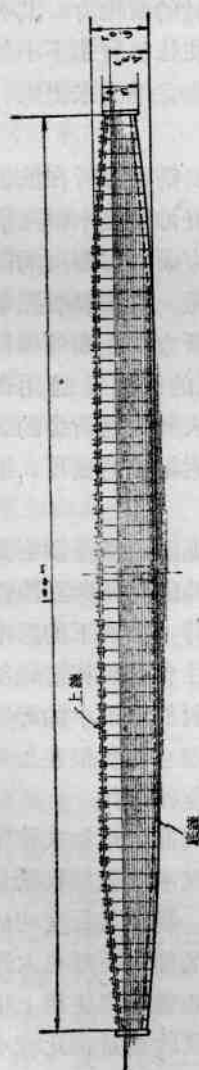
橫箍的間距是根據被捆紮的木材長度來決定的。蘇聯木材浮運科學研究院所製訂的「海上木排捆紮與拖帶技術規則」規定：「雪茄」的每根表面木材都必須經四道橫箍縛住。因此，如果以六公尺以上的木材作為基本捆紮木料，五公尺以下僅佔極少的百分比而為接頭及填充隙之用，而且盡量將有相當粗度的細長木材置於表面，那末這種排的橫箍間距就應該維持在1.5公尺左右。就一般的木排來說，超過兩公尺的橫箍間距是很少的。

決定橫向捆索中的應力是一個比較複雜的問題。當木排在風浪中拖航時是一根支承在海浪上的具有縱向強度的橫梁，波峯與波谷排水量的差異，以及浪峯遇到木排時之動力作用，使排身沿中軸綫方向之各點產生彎曲與剪切應力，這些應力將或多或少地被分配到橫向捆索上去。至於原木的橫推力，由於波谷處水面的凹陷，使排身露出水面的高度大大增加，按照蘇聯中央木材浮運科學研究院根據多次觀察與經驗所得，認為可以



平面圖

(桐葉木材實積 $3,500\text{m}^3$)



平面圖

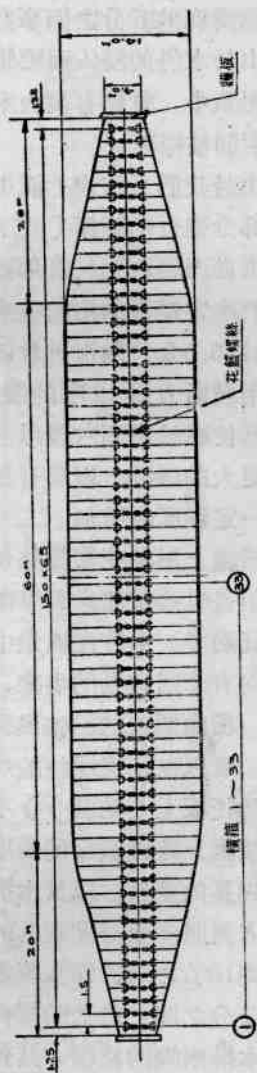


圖4 大型木排平面立面圖

排身總高度的五分之四來計算木材的橫推力。其次，原木及樹皮，由於水份的浸入而膨脹，也往往會發生不小的應力。在蘇聯的記載中，曾經有幾次木排捆紮完畢尚未出海，而直徑不粗的捆索即被掙斷。

由於我們目前尚不能用數學去精確分析在波浪中漂浮的木排各部分應力的關係（爲了要很好地開展木排運輸，這將是一個必須從理論研究及實地觀測兩方面加以解決的問題），這就給我們決定橫箍的粗細帶來了困難，根據經驗記載：寬爲8公尺，高爲3.5公尺的海排曾經將破斷力爲8噸的橫箍鋼索拉斷，而利用破斷力爲12噸的鋼索作成的橫箍，應用在上述的木排上，即使風浪達到六級以上也從未發生過斷裂的現象。寬度與高度更大的海排，以及有斜繩支索相連的橫箍，捆索的應力還會有一定程度的增加。

橫箍上用的花籃螺絲和短鏈應該跟橫箍鋼索具有同等的強度，但是也必須注意到操作應用時的簡便與互換性能，所以種類不宜過多。木排在風浪中航行時，箍索下的原木有時在縱軸綫方向有來回移動的現象，這往往會引起花籃螺絲螺桿的自行鬆脫。橫向捆索的鬆弛與脫開，對於風浪中的海排將是嚴重的危險，所以在花籃螺絲的螺桿兩端必須鑽眼並加入插銷，插銷緊靠於托板上（見圖3）不使其旋轉鬆扣。

橫箍上連接鐵鏈的長度，是與捆紮地初次收緊後的周長與設計周長的差異，以及木排在拖航中的後期收緊量相關聯的。經作者對照多種海排索具的結構，發現其長度約佔橫箍總長的8%到10%之間。同樣花籃螺絲的伸縮距離也大體上保持在30到70公分之間。過長的螺桿會引起製作與使用上很多的不便。靠近木排兩端的橫箍，其差異量與收緊量都比較小，因而就採用短形的花籃螺絲。

斜繩是位在中鏈平面內橫箍與中鏈之間的聯繫鋼索，安放時與中鏈成 45° 交角（見圖 5），爲了使它盡量符合所要求的角度，有時也在一端連以1公尺到0.5公尺長的短鏈，作爲調整伸縮之用。斜繩的主要作用有如下幾點：

（1）不使橫箍有向兩端（小頭）滑動因而鬆弛的可能；（2）能阻止排身橫斷面向扁平發展的趨勢；（3）其次從縱加固作用方面講，它也可以部分地將中鏈上的縱向拉力傳達於橫向捆索上以減輕兩端護板的負擔。因此，有斜繩相連的橫箍應該略爲加粗。斜繩的兩端都是用卡環與橫箍及中鏈相連接，橫箍鋼索僅僅是被卡環所套住而又可以自由上下抽動，否則會妨害橫箍

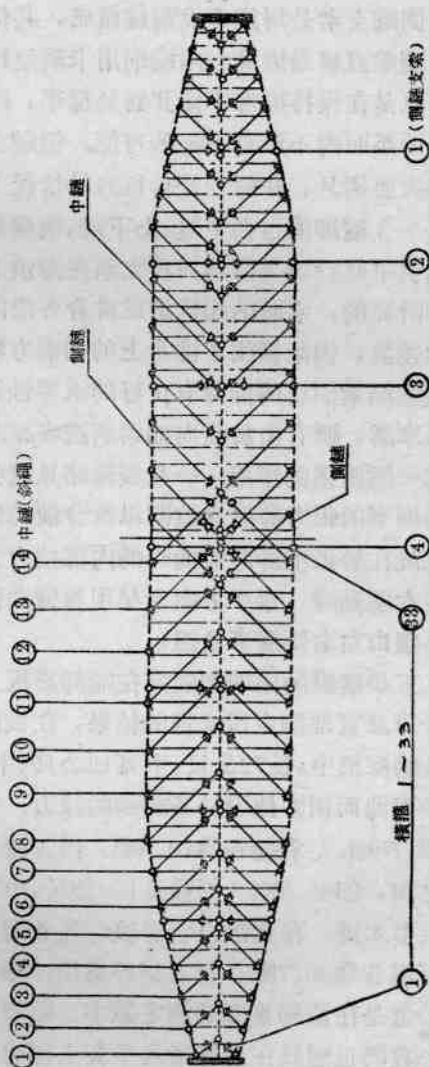


圖5 中鏈平面索具結構

的收緊。

側鏈支索是用鋼索或鋼鏈做成，其位置也在中鏈平面內，與中鏈垂直橫過排身，兩端則用卡環連接在側鏈上。它的作用主要也是在保持排形不使其過於扁平，附帶地還能使側鏈保持在中間平面內不致有下墜的可能。側鏈支索僅僅是一種輔助性質的次要索具，在航行條件良好的情況下也可以取消不用。

2) 縱加固包括中鏈、上下鏈、側鏈及護板。如前所述，木排在風浪中航行時是作為一根支承在海浪上的具有縱向強度的橫梁來計算的，水面的起伏造成排身各段的排水量與各段重量之間的差異，因此產生了排身上的切應力和彎曲應力。用原木互相頂頭捆紮而成的排身有良好的承壓性能，但是對拉長木排的張力來講，祇有由於橫向捆索所造成原木之間的摩擦力勉強可以起一點阻遏的作用，一旦橫箍略見鬆弛以後，木排就有被由彎曲而來的張力將原木拉開以致分散的危險，因此五根縱鏈的用處就在於抵消排身彎曲時的內部拉力。同樣木排在拖帶轉向或左右擺動時，水平方向也呈現着彎曲作用，這時的內部拉力主要應由左右側鏈來負擔。

五根縱鏈的兩端都固定在端部護板上（見圖6），經過理論計算及實地測定所求得的结果，在波高為6公尺，波長為80公尺的海浪中，長72公尺、中寬12公尺、中高6公尺的小型木排，由於彎曲而相應傳達於各縱鏈的拉力：中鏈為18噸，上下鏈各為13.75噸，左右鏈各為10.5噸，因此護板上的總壓力應為五縱鏈之和，即66.5噸。同樣長100公尺、中寬12公尺、中高7.2公尺的大型木排，在遇到上述海浪時其各鏈應力如下：中鏈為27噸，上下鏈各為20.7噸，左右鏈各為15.8噸，護板總壓力則為100噸，這是在蘇聯裏海的測定數字。隨着我國海排運輸工作的開展，我們也應該在各種索具中裝上測力裝置，從而求出我國海

上風浪對木排的影響，這樣才可以確定更經濟更合理的索具結構。

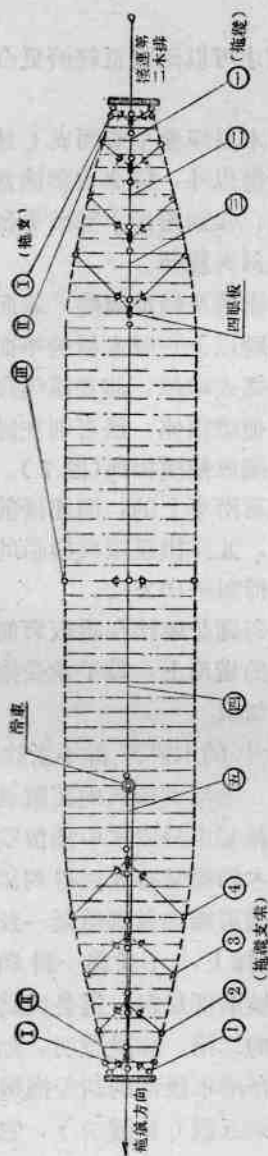
端部護板是用方木或圓木用螺栓拼製而成（見圖 6）的。護板的固定除了依靠五根縱鏈以外，還必須將適當數量的原木（兩根四根等）從排端伸出，穿過護板中部事先留出的隙縫之間，這樣可以防止護板的歪斜與旋轉。

3) 拖纜系統內包括主拖纜及輔助拖纜（表面拖纜）兩大部分：主拖纜的位置是在中鏈以上一層木材的平面內，其配製形式有一端斜繩式及二端斜繩式兩種，前者僅僅在排身後方收縮部分有三對到四對斜繩與拖纜相連，後者則在排身前後方的收縮部分均有三對到四對斜繩與拖纜相連（圖 7）。連接後部斜繩的拖纜前端是固定在一個單滑車上的，而連接前部斜繩的拖纜則經過該滑車再導向前端，並穿出護板與拖船的拖纜相接。拖纜前端伸出護板的部分不得短於 10 公尺。

靠近兩端的第一對拖纜斜繩是連接在護板與側鏈的連接處，其他斜繩則連接在相應的橫箍上。為了承受拖纜所傳遞的應力，這些橫箍應該適當地加粗。

拖纜中的拉力是使航行中的木排獲得不斷收緊的有力因素，如果從這點意義上來講，兩端斜繩式的裝置就更有積極的作用。然而由於滑車的存在，就必須於原木中預留空隙以使其能前後移動，否則滑車受到原木的鉗制將無法得到預期的效果。各段拖纜與斜繩的連接，應盡可能地做到鬆緊一致，使拖纜中的拉力能均勻地傳播於各斜繩上，不致為一對斜繩所全部負擔。滑車後部的拖纜鋼索應較前部為粗，這是因為後部拖纜中的張力恰好為前部拖纜張力的二倍。經驗證明，如果應用同樣粗細的鋼索，斷裂總是發生在滑車後部的該段拖纜中。

拖纜支索全排共有三對到五對（見圖 7），它的兩端分別



- 一 二 三 四 五 主桅頂各段
- ① ② ③ ④ 主桅頂各段副繩
- ① ② ③ ④ 主桅頂支索

圖7 主桅頂平面索具結構