

FC

世界工程奇蹟

楊臣 編



錢塘江大橋

上海图书馆藏书



A541 212 0005 4112B

中國科學社科學畫報叢書

世界工程奇蹟

楊臣勳編



楊臣勳
印

正言報館編輯部惠存

中國科學圖書儀器公司印行

上海

序

工程係科學的一種應用。最初僅有軍事工程，如地形的測繪，深溝高壘的建造，以及架浮橋，掘地洞等工事皆屬之。後來工程事業日漸發達而精進，如築路造橋，鑿渠建屋，農田水利，市政衛生，均非以軍事為最初目標，而實為民事設施，於是遂與軍工分立而稱為民事工程，即所謂土木工程也。

現代文明各國，言交通則道路縱橫，運輸迅捷，言都市則崇樓櫺比，街衢修潔；關巨港以便海運，築閘壩以利灌溉與發電，故稱現代文明為現代土木工程所代表，亦無不可。顧其間或以限於地勢地質，或關於國防之策劃，或關於經濟之繁榮，故有極艱難之工程，亦有極偉大之工程，其設計之巧妙，建築之繁複，用費之浩大，均非一般人所能想像，則均可稱之為工程奇蹟。

本書係選集科學畫報一卷至八卷中所刊長篇工程著述，足以稱世界著名工程者凡卅餘篇，按部門編輯而成。雖屬東鱗西爪，不足以窺世界大工程之全豹，但對於現代工程師之思想技巧及其精神毅力，已可藉此表現。是此書不但可以使一般人認識現代工程之實質與其重要性，亦足以供工程學生之借鏡與修養焉。

民國三十一年十二月，

編者識於上海

目 錄

橋 梁

舊金山的兩座大鋼橋	1
錢塘江大橋	20
倫敦塔橋的建築	29
下關浦口間鐵路輪渡工程	39
奇怪的橋	44

建 築

綺飛爾和他的著名高塔	49
摩天樓廈	57
上海市體育場之偉大工程	65
整個建築物的遷移	83
燈塔的故事和奇妙的構造	86

古代建築

埃及的金字塔	102
世界最古的劇場	108
長城	115

道 路

高架汽車路	118
滇緬公路	122

鐵 路

西伯利亞的征服	125
世界惟一海上大鐵道	142
異常鐵路	156

隧 道

倫敦地下管鐵道的構造	165
美賽河下的世界最大隧道	172
佛羅稜斯河隧道	180

水 利

世界最大的水管工程	183
最有益人類的偉大壩工	193
法國巨大的地底發電廠	203
印度的偉大灌溉工程	211
開鑿巴拿馬運河的故事	218
德國的中原運河及其升降船閘	228
德國另一升降船閘	235
長江上游的新航路	239
荷蘭如何收回沉陸	247
導淮工程	254
掃桑波頓的乾船塢	264



舊金山大橋壯觀

世界工程奇蹟

舊金山的兩座大鋼橋

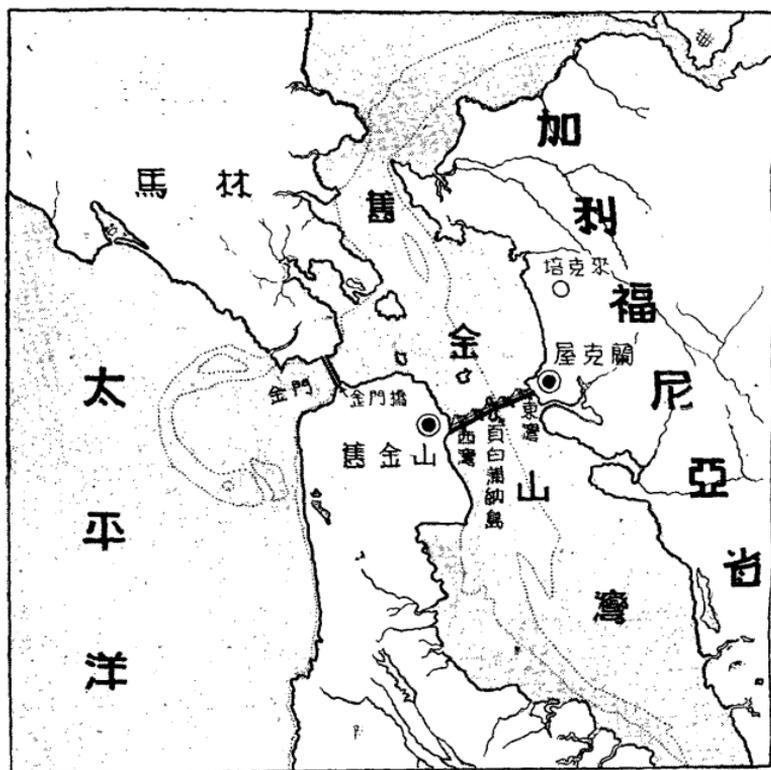
美國舊金山的兩座大橋是近代工程的奇蹟。自從這兩座橋興工以後，十八個建築紀錄已經打倒。其中十三個紀錄是被舊金山至渥克蘭的大橋所打倒的。據美總統羅斯福的報告，這是1933年在美國興工的最大建築，工程師們認它在世界驚人瑰偉的建築物中當列為第十。該橋業已落成，於1936年11月12日由加州長麥利安（Frank Merriam）行開幕禮，即晚舉行慶祝。羅斯福總統在華盛頓親自按着電鈕使鈉汽燈（Sodium-vapor lamp）發光，照耀新橋。

美國舊金山為太平洋沿岸最大都市之一，其形勢如下圖所示，係三面臨水，藉渡輪交通，尙感不便，乃在海灣中架巨橋兩座，其工程之大，為現代鋼橋中之特出者。

兩橋之一，為世界最長的橋。牠從舊金山越海灣的水而達屋克蘭（Oakland），連橋畔在內，共長八又四分之一哩，其中四又二分之一哩都是經過深水，造價約為一千七百萬金鎊。

另一橋的造價為七百萬鎊，牠跨過金門（Golden Gate），即舊金山海灣的入口，該橋所跨過的闊度，約為一又四分之三哩。橋為懸橋式，其中有一個跨度為4200呎的單獨橋孔，是一切橋樑跨

度中之最大者。這座新鋼橋，接連了舊金山的北部近郊和馬林郡



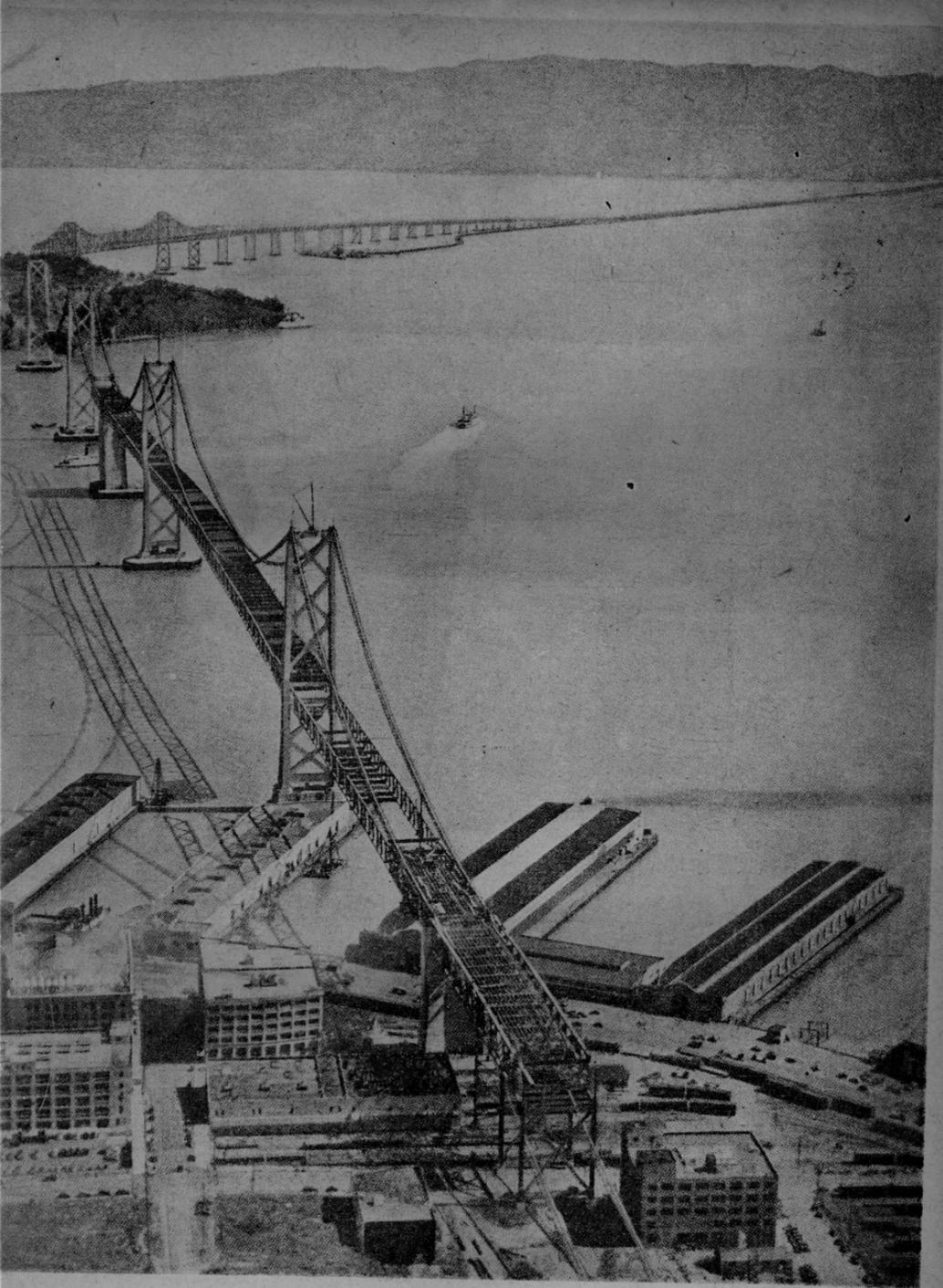
環繞舊金山灣共計有九個市區。本圖示舊金山與屋克蘭間跨過舊金山灣的新橋和金門橋的位置。

(Marin County)。

在以前，這兩地的交通只有靠輪船往來。馬林郡常被人們稱為舊金山人的運動場，該處有繆爾森林 (Muir Woods)，

林中生着饒有歷史意義的桫欏木 (redwood)，據專家說，這是世界上最老的活的生物，高的從 200 呎到 300 呎，已有兩千年的年齡。這座橋又是從阿拉斯加 (Alaska) 沿北美洲西岸到墨西哥的全太平洋海岸大道 (All-Pacific Coast Highway) 的聯鎖。

地位的重要



建造中的世界最長的橋全景。從舊金山到山羊島的橋為雙層橋面的懸橋。上層橋面分為六條車路，下層橋面則專為火車和電車的通行。從山羊島達烏克蘭的橋分為三部，一部為跨度很長的翹臂樑，一部為跨度較短的五孔，第三部為一道高架橋(viaduct)。

有了金門的懸橋，和從舊金山跨過海灣而達屋克蘭的另一橋，把舊金山已往的孤立形勢結束了。舊金山的城市，位置在一條狹半島的末端，三面環水，只有一條瓶頸式的陸路可通大陸。舊金山的居民，雖然可以由水路到任何地方，不但是海灣對岸的新興都市，甚至到全世界各地，但要走陸路，則他們只有從向南的一條。

向來，從舊金山到海灣東岸的新興諸市，如屋克蘭，柏克萊 (Berkeley) 和阿拉米達 (Alameda) 等，必須藉渡船。該地的人，向來自誇他們那四百平方哩的海灣，為不怕風雨的水道。該處的輪渡制度也十分完備。每天在繁忙的時間，從舊金山到屋克蘭和馬林郡，每隔十五分鐘各有一次專載客的渡輪開出。另外還有特別的渡輪，專載汽車車輛和全列的火車。利用這個輪渡的，每年有四千五百萬人，和五百萬輛汽車。舊金山的商人，有好多萬，都住在海灣彼岸的各城市中，向來每天早晚都靠輪船交通。

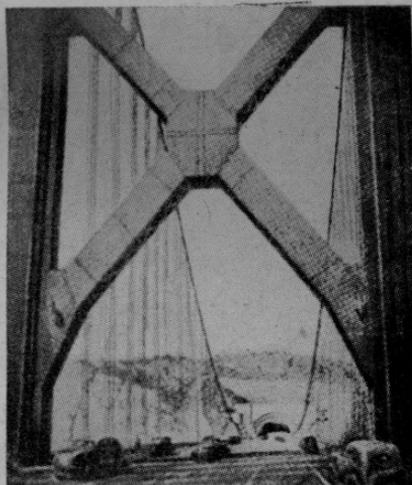
關於用橋樑來連接舊金山和該灣各大城市的計劃，以前為一般人們所認為不可能的，理由是灣水太深，有若干處達300呎以上。但是經過一次水底的地質探測，發見這個海灣的底上有一條石脊，從舊金山伸出，達到距岸約二哩的一個島。名叫頁白蒲納島，亦稱山羊島 (Yerba Buena, or Goat Island) 這一條人造地設的石



大橋全景(橋柱亦稱橋塔)

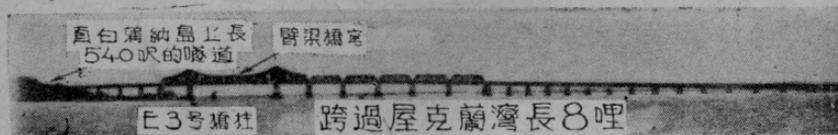
脊，好像是使接通舊金山和屋克蘭兩地的偉大橋樑計劃的階石，自然這石脊所在，不是很淺的，而仍是在水面下 240 呎的地方。不過，有了牠，工程師們對於建橋的問題就予以很嚴重的考慮了。

經過許多研究和考慮，決定把這一條偉大的交通線分成兩段，一段是從舊金山造一座橋連接着山羊島，另一段是由山羊島造一橋接到屋克蘭（圖見第 6 頁）。介於舊金山和山羊島之間的水道，名爲西峽，（West Cross-ing），建築一座雙層懸橋，包括主要的二孔，每孔跨度各長 2,310 呎，又四個旁孔，每孔跨度各長 1,160 呎。橋身共用四個巨重鋼塔支持，鋼塔伸出水面 518 呎，在巨大的混凝土橋墩之上。

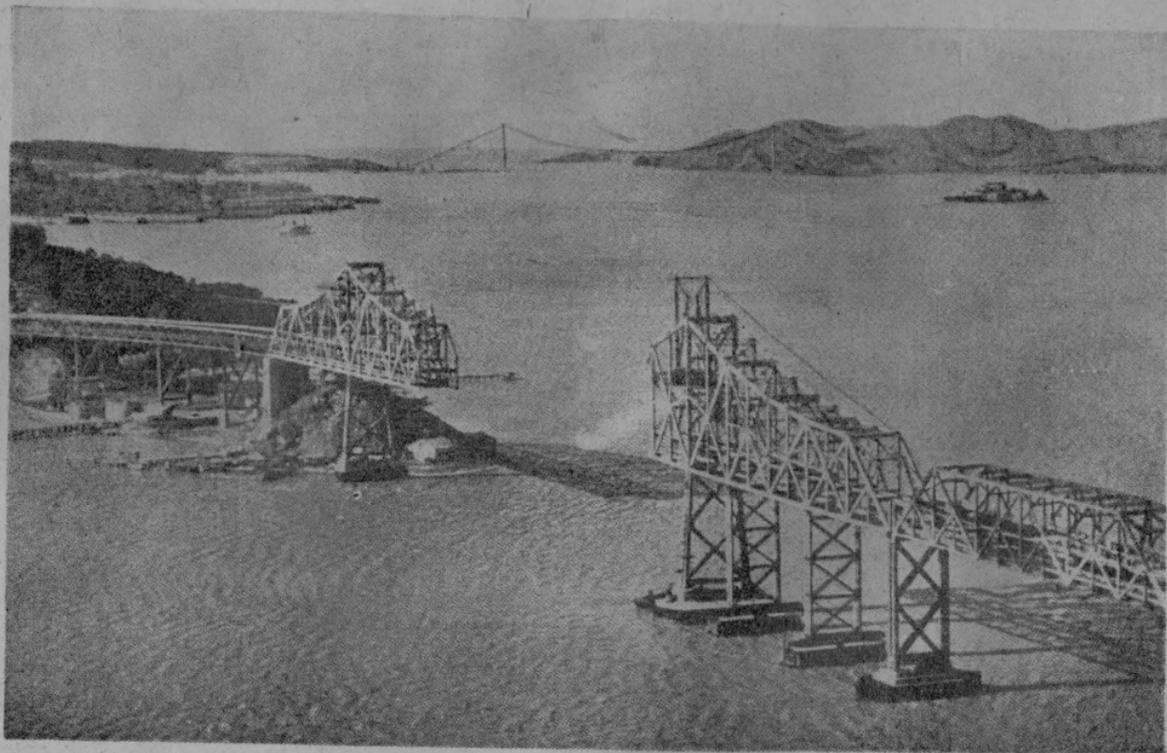


從一個吊塔遠望島上隧道入口。

山羊島高出水面 340 呎，闊約 3,000 呎新交通線係由世界上最大的一條鑽洞隧道通過此島。從山羊島出來，橋樑成一弧線，向東跨過灣水，達於屋克蘭市。這橋的一段包含一個臂梁孔（Cantiliver Span），跨度長 1,400 呎。此外還有五孔，跨度各爲 500 呎。



臂樑亦稱控架樑）



山羊島與屈克蘭間的大橋，一個翅臂樑將近完成時的狀況。未完工橋的兩邊各用行動起重機把缺口漸漸結合。這臂樑孔的跨度長 1,400 呎。遙望後面為早期工程中之金門懸橋的鋼塔和暫時橋纜。

首創的方法

橋上車路離水面很高，即最大船舶的桅桿，也很容易通過橋下。

全部工程之最艱難的部分，是建造橋墩的基礎，特別是在深水的地方。較大一橋的橋墩計有五十一個，其中七個是在乾地，四十四個在水裏。這四十四個水下橋墩中的三個，其基礎是各築在一個大基床上的。這種基床的造法，是在海灣底上先築一個鋼質的圍堰(Cofferdam)，而後用特別設計的桶，把乾混凝土傾入而成。其他三十四個橋墩的基礎，是建築在打入水底柔土裏的樁樹樁上。還有三個橋墩，則有蜂房式的混凝土基礎，係在巨大沈箱(Caisson)中造成。其餘的四個橋墩，則完全出於創作的設計，因此曾引起了全世界工程師們的注意。

關於一部分巨大橋墩的基礎建築所使用的大膽而奇特的方法，我們只須拿連接舊金山和山羊島一段橋樑的中心一橋墩為例，即可見一斑。這個橋墩的位置，在舊金山和山羊島之間的半途地方，距岸約一哩。牠的高度為500呎，一半在水內，重量為三十萬噸。這一條空心的混凝土大柱，比埃及最大的金字塔還要高些。

首先是用木和鋼造成一個空前的大沈箱。牠所占的面積為197呎乘92呎，內部很像一個龐大的『蛋簍』，共有五十五個圓筒或氣室，是由鋼管所構成。此項鋼管排為五列，每一個的口上都用鋼質半球體所覆蓋。把空氣壓入這些鋼管中時，能使沈箱浮起。每一管

的周圍和壁與壁之間，都是用混凝土填塞，並用鋼條網來加強。沈箱底部，則裝着一個鋼質的劈。

把這個笨重的沈箱牽曳到牠應放的地方，而後用很繁複的裝置把牠沈下。沈箱在未沈時，是被牠各氣室內所充的空氣所浮起的。在牠下沈後，把牠的木壁接高，鋼管也接高，同時用巨大象鼻狀的柔順管把混凝土灌到鋼管與外壁之間。牠底部的劈在將達水底時，這個浮物的重量已達 80,000 噸。於是用很粗的錨鍊把牠拴在指定的地方，更用牠所含的空氣量來調準其浮力。

最巧妙和精細的工作於是開始。這個大沈箱是需要放在正確位置上的，所以必須派一個潛水者到水底去察看情形，向上面報告，並在水底上做成一塊可以擺好沈箱的地基。他是在這個 80,000 噸重的笨東西下面做他的工作。他的報告若能令工善師們滿意，工程師們便各司其事，從他們的測量儀器內遙看着陸地上若干幫助測量的標記。沈箱一經達到適當的位置，總工程師乃作一信號，使繫住沈箱的錨鍊，立即鬆放，沈箱內的空氣，同時也就排出，沈箱底上的劈，深深插入泥中，於是笨重的沈箱就安放在水底了。這時把挖泥斗放入沈箱的各鋼管內，再把爛泥和岩滓用吸取法移出，繼續工作，直至沈箱底上的劈達到水底堅硬的石層為止。

安放沈箱的水裏工作

安放這些橋墩的基礎，共須挖去六百萬立方碼的泥土，和石頭，這是靠一種爲造橋史上所未有的潛水術才達到的。要圍封經過

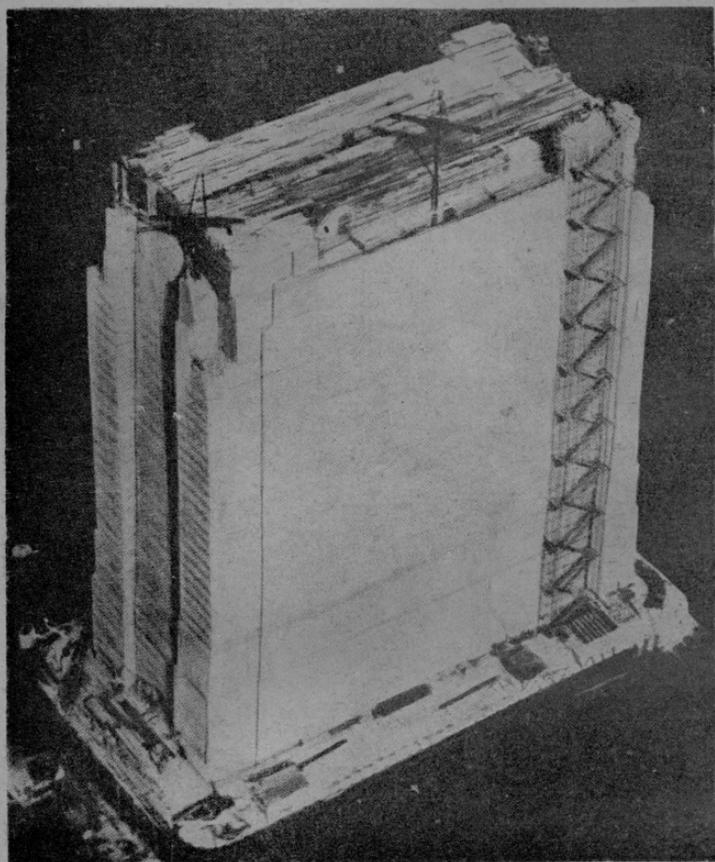
西灣的六個橋墩，有時須派潛水者潛入滿水的鋼管中達 240 呎深。這只有一個體格異常強健的人，才能勝任這種工作。應募的是一個具有二十六年潛水經驗的人，名里德(William Reed)。這個人的薪金為每年三千鎊，而在水面下 100 呎以下，每降一呎，還須給他四先令的津貼。潛水者的下降，沒有什麼大困難，惟上昇回來時，由於巨大的水壓力，需六小時才能出水面。因為上昇過快，壓力的減少太速，肌肉的收縮極為痛苦，竟可以致身體僵僵。有一個潛水者就因上昇過速，以致喪生。

里德從沈箱的鋼管中下水去作報告的次數很多。他可以只用他的手的感覺即能知道有泥土，鬆石或其他物質的存在。從沈箱內鋼管裏灌下來的混凝土，須在石床上構成一層十呎厚的基址，以備安放沈箱或橋墩，若有泥土等雜質存在，則混凝土基將不完善，而於工程有害。

待沈箱已達石底，泥和岩滓等都已移去後，所有沈箱內的鋼管，都用混凝土填充，約深 34 呎。從此處以上，管內是空的，或者為可以允許進入的水所填充。在水線以上，橋墩的壁，厚達 14 呎，承着橋面道路的巨



這是一個金屬框，助潛水的工人入橢圓形的圍框中觀察橋基。工人可以在距水面 100 呎以下工作。完工後他又可憑這框提出水面。



舊金山和山羊島大橋的中心橋墩。這個橋墩建立在244呎水深下的石床上。牠高出於水面的部分為260呎，在水面下的一部分是蜂房式。據試驗，此種空心式的橋墩，比實心的更善於抵抗地震的搖撼和風浪的衝擊。

纜，即栓入其中。

這個大橋墩，從石床起算，共有504呎高，260呎在水面上，244呎在水面下。橋墩在水面下的一段是部分的蜂房式，計有15呎徑的圓室四十三個。採

用這種蜂房式的墩腳的理由，不止一個。從科學的試驗，證明這種形式的橋墩，比實心的善於抵抗地震的搖動和風浪的衝擊。為保護橋墩使不至被船舶撞擊起見，除採用巨大的防護物以保護橋墩外，

并在沿橋路的若干地方各設置警鈴，牠們都是用青銅鑄造，可以聲聞一哩。

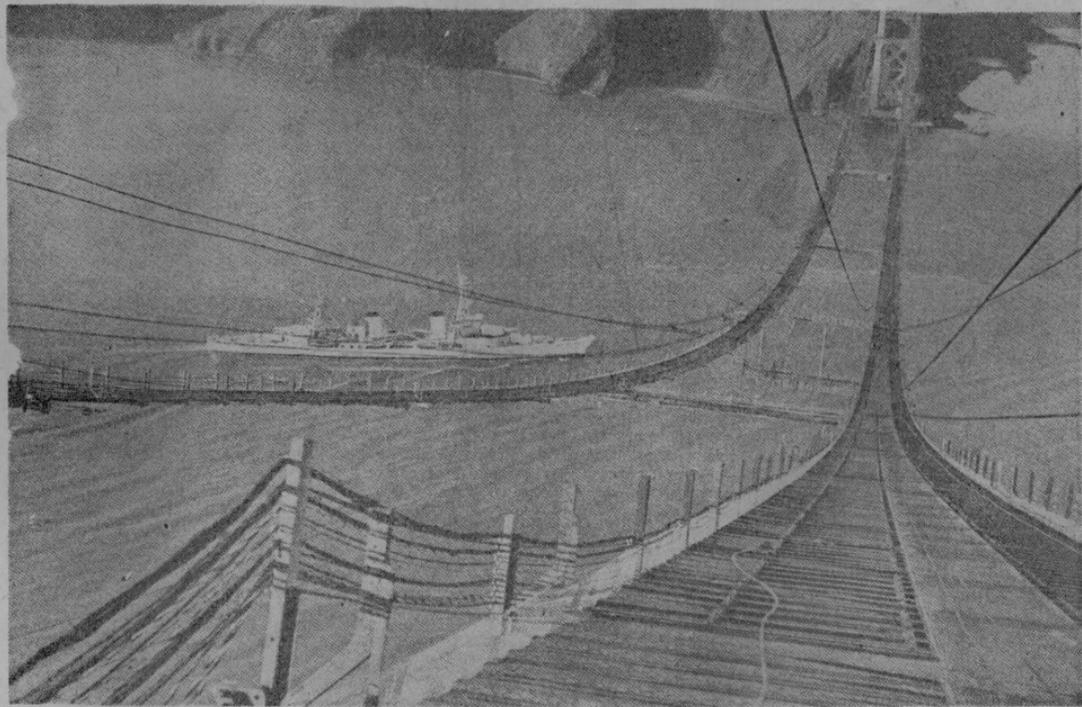
橋 塔

築在混凝土橋墩之上的，是用以懸起橋路的巨大鋼塔。牠們都是用最好的建築鋼所造，建立的工程，自然又是不易。建造的時候，處處留心，以避免意外。工作的人，都是用特殊保護的鋼籠來載着上下。釘攏鋼板的帽釘，是在燒熱後用金屬襯裏的管，以空氣的壓力送給塔上工作的人。當帽釘達到工人（特別是在塔頂上工作的人）的時候，因沿管摩擦之故，其熱度增高，常比牠離開煨爐時要熱得多。

七萬哩的纜線

橋塔支着橋纜，橋纜再承着橋路，因此，橋塔的力必須充分能支持橋纜，而橋纜又必須能承受橋面上的載重。橋纜包含數千條比普通鋼琴弦線稍粗的鋼線，是用放線車從一個橋墩放到另一橋墩上去的。把若干鋼線絞成股，再把若干股絞成纜，而後牢固地栓入裝在岸邊鎮定物上的一條眼桿(eyebars)裏，能承受很大的重量而不摧折。

不過在安放橋纜之先，須在各橋塔之間構一暫時橋路，在預定的橋纜位置之下方。這一道暫時橋路的用途，是在供工人們立在上面，管理放線的工作，並用以放置推動放線車和絞合線股成纜所必

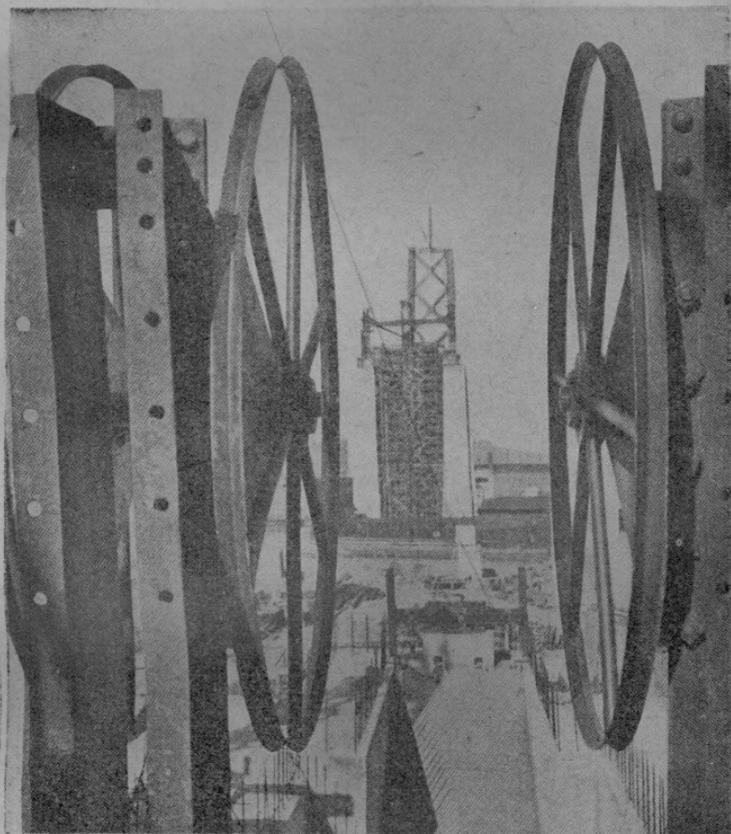


空中道路，懸掛在金門懸橋兩塔之間，跨度為 4,200 呎。造這座橋的工作，極為困難，因為大風是不斷地在掃過這一段水道。很重的鋼料，常被拍擊落下，而幾十磅重的材料，常被高風吹起在空中。此橋已於1937年4月28日正式開幕。

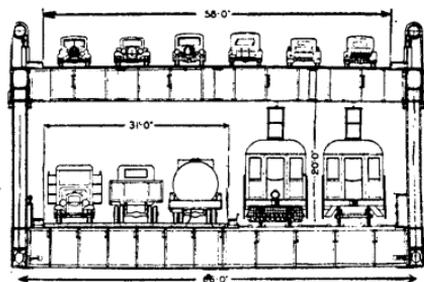
須的器具和機械。在放錄車上來回放錄，造成一條橋纜，常需若干星期。

舊金山屋克蘭橋所用的橋纜，直徑為28 $\frac{1}{2}$ 吋，每纜由37股合成，每一股又係由17 464條錄所絞成。共用去七萬哩長的錄，約可圍繞地球赤道三匝。

橋纜共用兩條，每邊各一。每條纜加於牠的橋墩的拉力為18,000噸。它們由岸上鎮定物的眼桿，繫住在埋沒於混凝土中巨大鋼構架上。每



這種巨輪裝在懸橋的兩端，用以放出懸橋的纜。纜的直徑約為二呎六寸，由數千條和鋼琴弦線粗細相近的線所絞成，在建橋時從一個橋墩放到另一橋墩。每條橋纜重18,500噸。舊金山和山羊島間的橋，其所用的纜，共包含細線長約七萬哩。



屋克蘭灣橋的剖面。此橋是雙層的，下層供重載式埠際交通車之用，上層是普通汽車道。

橋時即已考慮到而加以補救的。又由計算的結果，知道橋在滿載重時，橋塔可以彎出三呎之多，而風力的影響，可使橋面搖蕩幾呎之遠。

為適應此種運動，所以橋面乃用一種搖臂 (rocker arms) 來接於橋墩之上。當車輾經過時，加於纜上的拉力，使纜成一波前進。略如“S”形：把車前的橋面升起，車下的橋面陷下。橋面甚至可以陷下八呎之多，仍可無害於結構，且亦不為行人所注意。橋面分上下兩層，上層寬 58 呎，分為六條路線，專供汽車通行。下層則專供火車和電車的行駛。

金門橋

金門橋同樣也該認為是巨大的結構。這是一座單孔橋，單孔的跨度為 4,200 呎，比以前認世界上跨度最大的華盛頓橋的橋孔，

一纜鎮締在 68,000 立方碼的實塊混凝土中。單是橋纜，即重 18,500 噸。

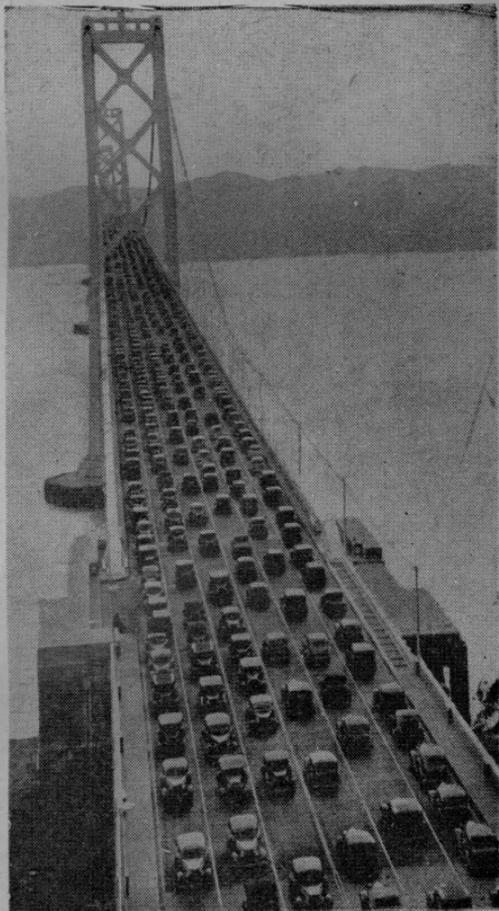
鋼受日光的熱必膨脹，所以這種 500 呎高的橋塔，很易在早晨彎向一方，下午彎向另一方，一方向的彎量約為六吋，他一方向的彎量約為八吋。關於這種現象，在設計該

還長700呎。

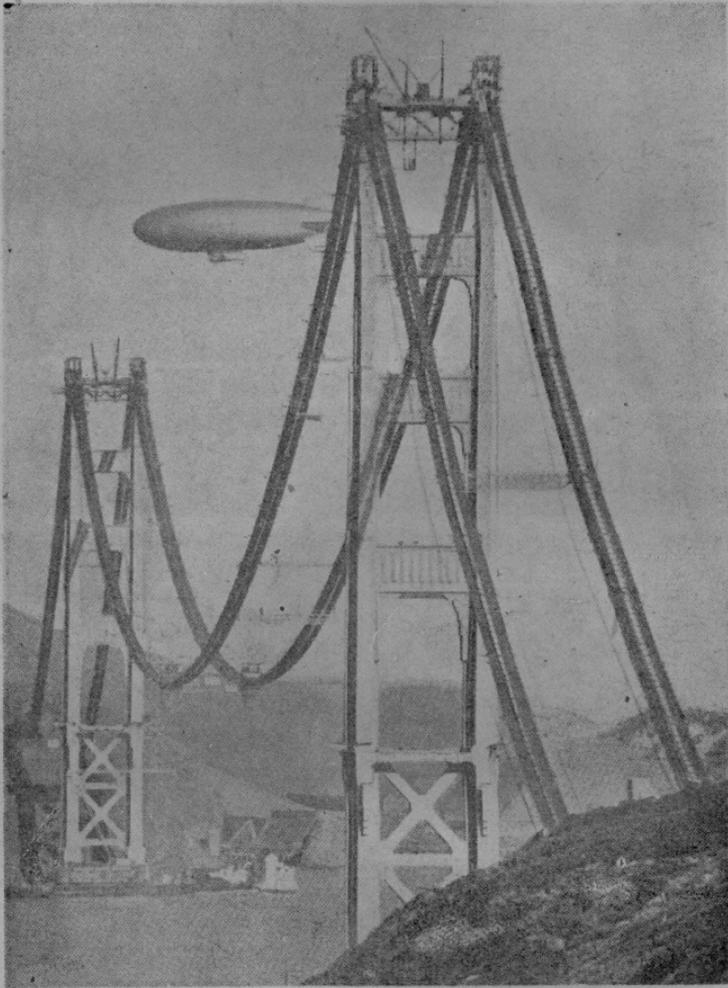
造成這裏兩個架鋼塔的橋墩基礎，是十分艱鉅的工作。首先，把圍堰，即無頂或底的木和鋼構成的大沉箱，沉到距岸不遠的指定地方。當牠們已安放在海底，用抽水機把牠們所圍的水排出，再派人下去把淤泥和碎石等起出，直達可以造一層堅固基址的石層始止。

橋墩為混凝土製，南岸一座較大，所占面積為90呎乘185呎，高144呎，重130,000噸。北岸一座重50,000噸。

橋墩上的鋼塔，高746呎，底部寬121呎。每塔有兩鋼柱，不過牠們並不是單純的柱，而是由一組長方形鋼格匣所構成，格數從下而上漸減，柱腳有97格，柱頂則只有19格。兩柱間用橫的抗材和對角撐條



雙層懸橋於1933年11月12日正式開幕。圖示於開幕後二十四小時內有十萬輛汽車往來不絕的情形。



金門大橋的橋塔，高746呎，底部寬121呎。有若干鋼料重達80噸，須用起重機升起，送給高高在上的工人們去栓釘。圖中飛艇是美國的軍用飛艇T.C.13號，它的長為250呎，由於它和橋塔的比例，我們可以想見後者之偉大。

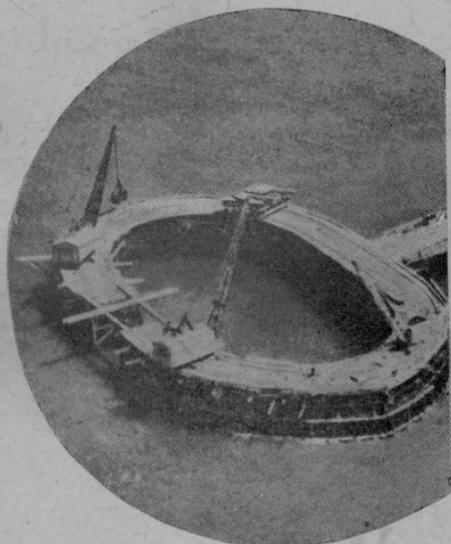
牢固地相接。其中有若干鋼料重到八十噸，須用起重機舉起而用螺栓釘定。

鋼結構完成後，即為架設二條懸載道路的橋纜。纜的直徑為 36½ 吋，重 11,000 噸，在兩鎮碇點之間長為 7,660 呎左右。每纜由 61 股所合

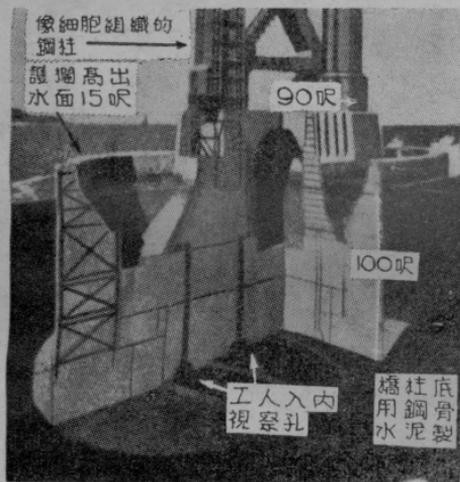
成，每股直徑五分之一吋，含線 452 根，故每纜的總線數為 27,512

根。兩纜共含線 80,000 哩。兩纜可載重十萬噸，比橋所可允許的載重大二倍以上。掛於主纜上而懸着的橋面的副纜，直徑為 2½ 吋。牠們的最大載重力為 500 噸。

橋路高出水平面 202 呎，寬度除容六條車路外，兩旁還各餘出 10½ 呎闊的



這是用鋼製的圓環，使澆造橋腳的工作方便。圓環內壁用泥固封，可以簡便取出，使 100 呎以下成乾的工作場。



圖環的剖面露出水面外 15 呎，為混凝土塔基的永久保護物。

路面。

舊金山屋克蘭大橋的紀錄

世界上建築費最大的橋——一千七百萬金磅。

世界上最長的大道橋——8½哩。

有 54 個橋脚，世界上各種橋脚大都具有，其中三個爲鎮碇。

傾瀉水泥需達水面下 242 呎。

沉箱需沉下水面 228 呎。

挖掘工作進行需在水面下 242 呎。

跨過 9,000 呎闊的航路。

建築工程中有鑿通大隧道的巨大工程。



簡圖表示世界三大橋的比較。

上： <u>華盛頓橋在美國紐約</u>	長	5,600呎
	橋塔高出水面	595呎
	橋脚在水面下深	75呎
中： <u>金門橋在美國舊金山</u>	長	8,940呎
	橋塔高出水面	746呎
	橋脚在水面下深	100呎
下： <u>舊金山屋克蘭灣大橋</u> <u>在美國舊金山</u>	長	22,720呎
	橋塔高出水面最高處	505呎
	橋脚在水面下最深處	235呎

橋上吊纜計長 70,800 哩。

大橋中有二座吊橋並列。

這是美國最大的建築，費去 1933 年內美國所產全部鋼鐵之 6.7%。

金門橋的紀錄

這是第一座跨過海口的大橋。

世界上最長的單架徑吊橋，架徑(跨度)長 4,200 呎。

有世界最高的橋塔，高 746 呎。

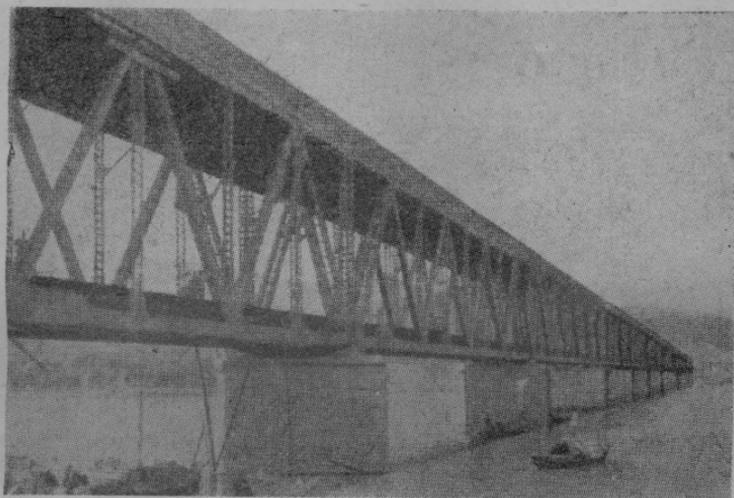
錢塘江大橋

錢塘江大橋爲吾國近代最著名的建築。該橋自民國二十三年十一月十一日開工，在橋工處長茅以昇博士領導之下，排除萬難努力進行，原定於民國二十六年雙十節落成通車，後因戰事遂未舉行典禮。

錢塘江江面遼闊，水流急促，江底泥沙淤厚，流沙又多，在建築橋墩工程上是極其不易的；尤其是在雨季的時期，江底冲刷，海潮倒灌，時刻會給予施工者無法措施的打擊。所以民元迄今，雖然當政者屢作建橋的擬議，却總不曾見諸實行。現在是交通的接構，日臻繁複，橋梁的需要也就更趨迫切，滬杭甬鐵路亟待接通，浙贛鐵路漸告完成，浙東公路進展甚速，竟因錢塘江橫阻於前，使東南建設得不着脈絡貫通的大效。於是我們現在的當局不願再事因循，排除萬難，毅然建築錢塘江上的大橋。

錢塘江橋的設計是採用雙層式的（見封面圖），上層澆築鋼筋混凝土的公路和人行道，下層敷設鐵軌，汽車和火車以及行人，同時都可以在橋的上下層通行無阻。全橋分爲正橋及引橋兩大部份，正橋部份共長一千三百九十公尺，合計四千五百五十呎，分十六孔，每孔二百二十呎，靠北岸五孔完全平置，自第六孔起，因爲南岸地勢較低，用坡度法逐漸下降。北岸引橋長約七百四十呎，用長約五十呎的平台兩座，一百六十四呎的拱橋一座，和三十呎的架橋四座合組而成。南岸引橋長約三百呎，用長約五十呎的平台一座，三

十呎的平台一座，一百六十四呎的拱橋一座。三十呎的框架橋兩座合組而成。橋的位置在閘



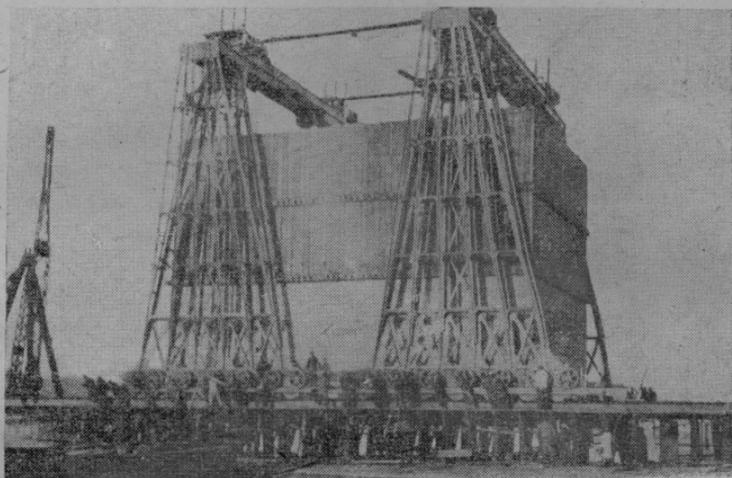
錢塘江橋近望

口六和塔附近，北岸鐵路，經虎跑山谷繞道烏芝崙後，再折回江干和滬杭甬鐵路接軌；公路分兩支，一支東去虎跑山谷，直達杭州市區，一支西向逕赴富陽。南岸是一片廣闊的平原，鐵路公路，都繞回西興，和浙贛鐵路，滬杭甬鐵路，及浙東公路聯絡。

氣 壓 沉 箱

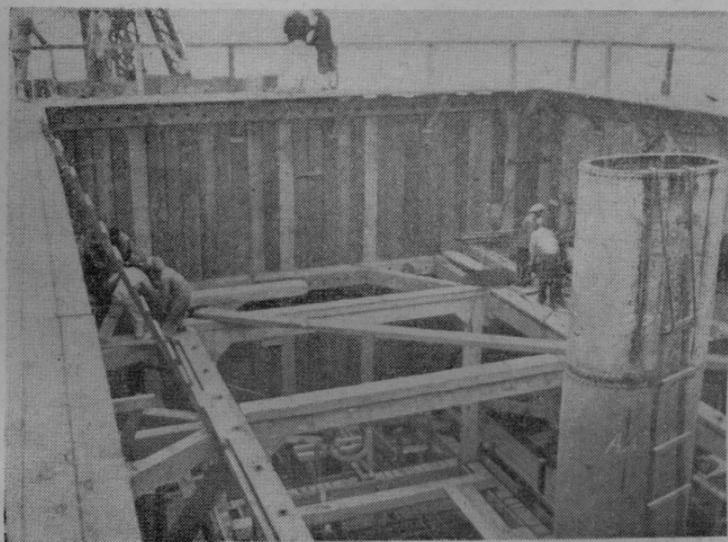
錢塘江江底施工的艱難，在前面已經說過，這決不能和普通橋梁的施工方法相提並論。所以工程處當局的採用氣壓沉箱作正橋墩的底腳，也就是設計上的技巧。因為江底的淤泥細沙既厚，流沙又多，假如用普通方法開掘，在施工上是極端困難的。至於氣壓沉箱的結構形狀，很像一隻沒有蓋的大衣箱，把牠反轉來蓋在江底，上承橢圓墩柱，下抵石層或樁頂。箱的全身，長五十八呎，寬三

十七呎，
高二十
呎，全部
用鋼筋混
凝土築
成。箱裏
留着高約
七呎的空
隙，在箱
頂並備有



沉箱轉運

進出的窟窿，直通墩柱的空心而出，工人們就是打這窟窿進去工



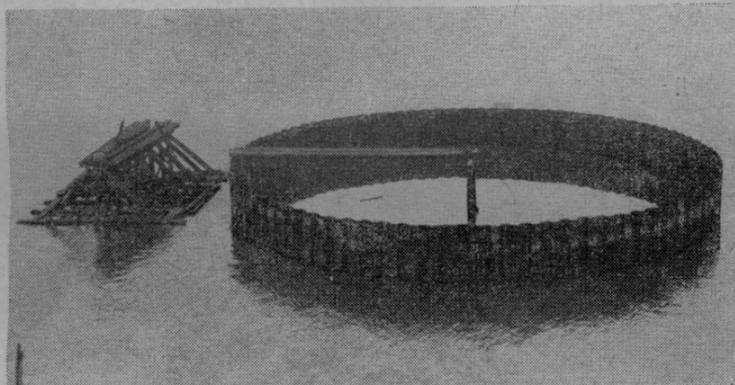
沉箱圍牆內部

作的。當
工作時，
箱裏打進
高壓力的
空氣，抵
制箱外的
水力，俾
便在箱裏
挖土，像
這樣使箱
因自身的

重量而徐徐下沉，一直到石層或樁頂為止。

靠北岸的正橋第一號橋墩於挖土後起初用鋼板樁築成過一圈圓圍堰，而後將堰內的水抽乾，稍去浮土，夯實以後，再在堰內起建

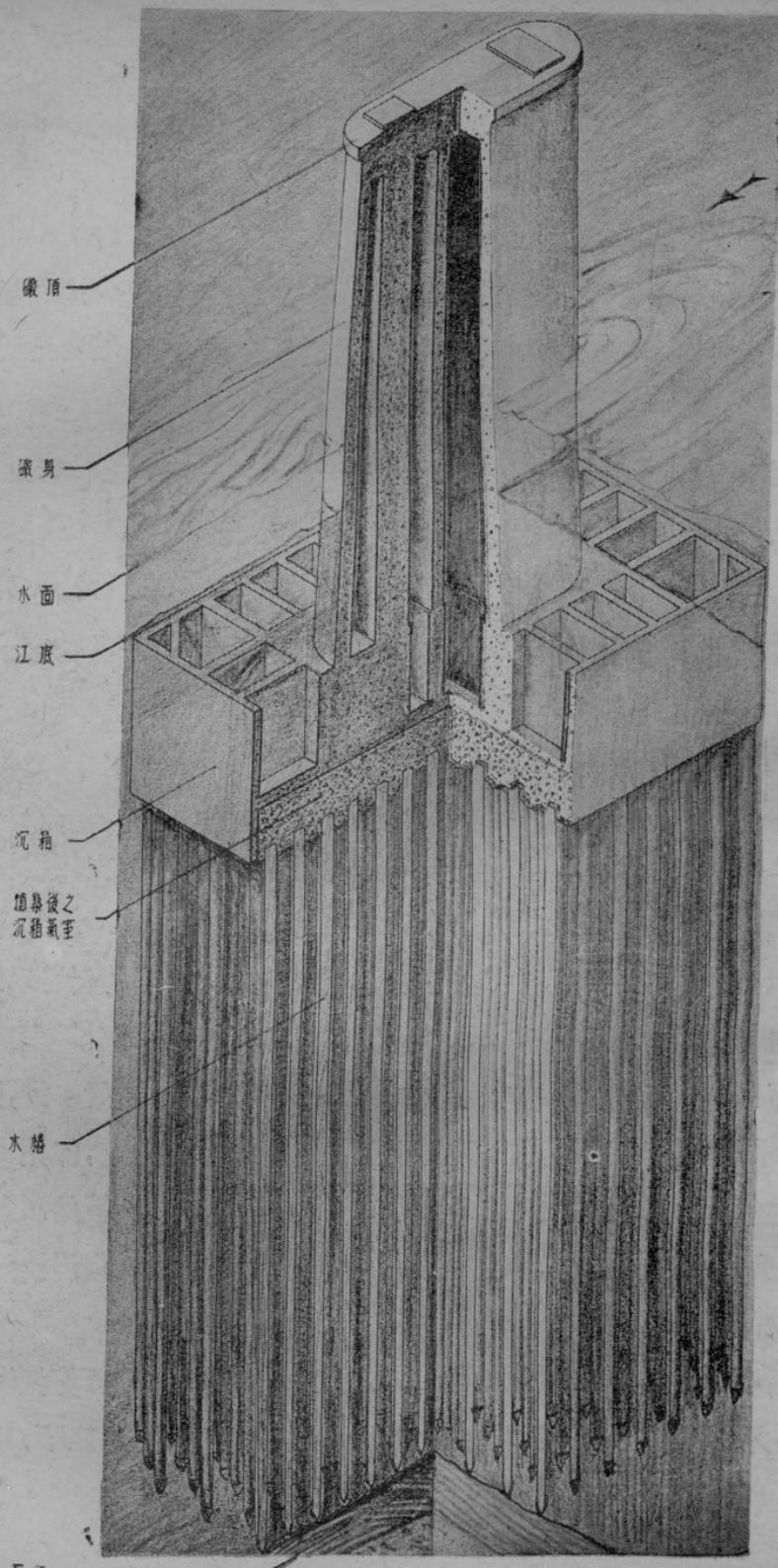
沉箱。當沉箱下沉時，箱上的墩柱是要隨時澆築，使之高出水面的。



鋼板樁圍堰

除第一號橋墩之外，其餘十四座橋墩的沉箱是打算在作場澆築的。工程處因為要使沉箱的澆築和墩腳的打樁工作同時進行起見，所以另擇橋址上游的南岸為沉箱作場。場中築有堅實軌道兩條，相距四十五呎，兩軌之間，起建沉箱，兩軌之上，另建鋼吊車。將來使用這吊起那整個的沉箱，使牠行駛於軌道上。軌道的一端臨江，外接木橋，伸入江心。當沉箱在橋上行駛到水深的地點，即用螺旋機使牠徐徐下降，浮於水面，再駛到橋墩地點備用。沉箱的頂上四周，特別裝有臨時木堰，則為便於沉箱就位後，在堰內可以澆築墩牆而設的。

正橋十五座橋墩的靠北六座，因為江底石層較高，是打算把墩腳建築在石層上的。其餘的九座，則以石層傾斜驟降，墩腳之下，用

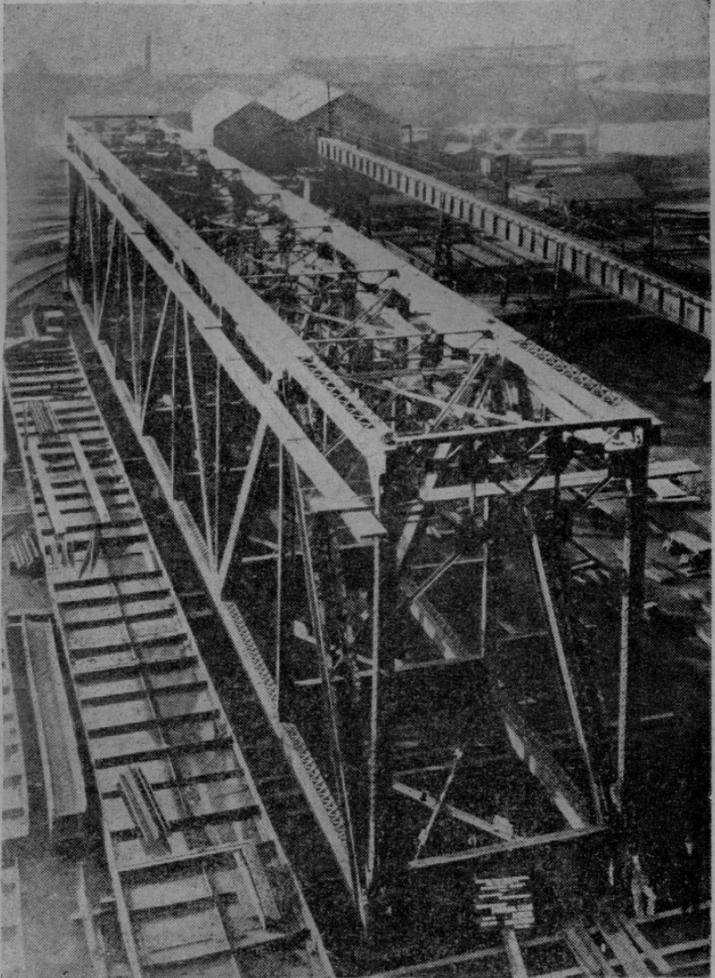


正橋橋墩的剖視圖

一百呎長的木樁承託。

記得在民國廿五年六月間，大雨連綿，江水暴漲，曾為各報哄傳一時的「錢塘江橋橋基被水沖毀損失逾百萬」的那些記載，雖說傳聞失實，

然而第十四五號兩座橋墩的鋼板圍堰之下陷，及南北岸圍堤與便橋的被水沖斷，確是有不少的損失。後來幸用浮船起重機把被水沖陷的鋼板一一拔起，使有用的材料，不致盡付東流，並趕築

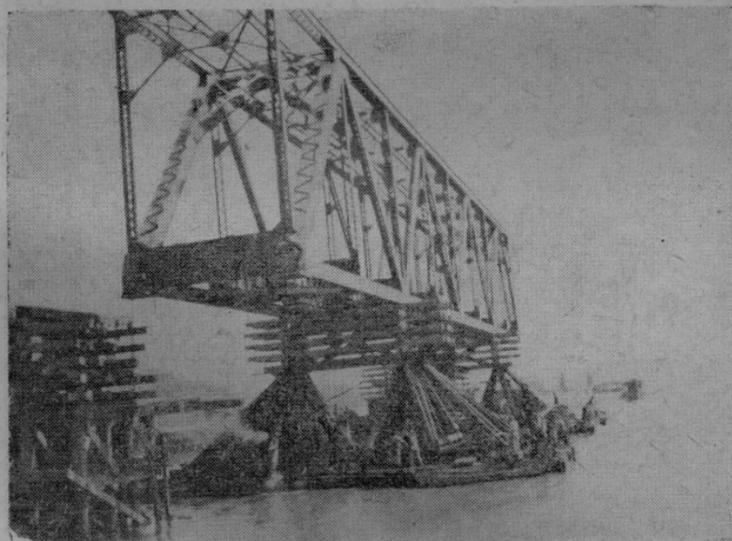


鋼梁在廠中試裝

堅固的石堤，以資保障，這是值得欣慰的。

鉻鋼鋼梁

本橋因兼顧鐵路及公路的關係，採用雙層式的梁。下面通火車，上面做公路，在國內可算是第一次。鋼梁用鉻鋼 (Chromium Copper Steel) 製造，取其強度大，以減輕橋梁本身的重量。鋼梁在工地裝配接合後，乃整座運往橋墩上安裝。運送時是藉水的浮力，與浮運沉箱是同樣的用意。



鋼 梁 浮 運

鋼梁的浮運利用升降浮船。這船是兩隻特製的長方形木船，聯結成對，每船長70呎，寬30呎，高7呎。把這兩船並列，中

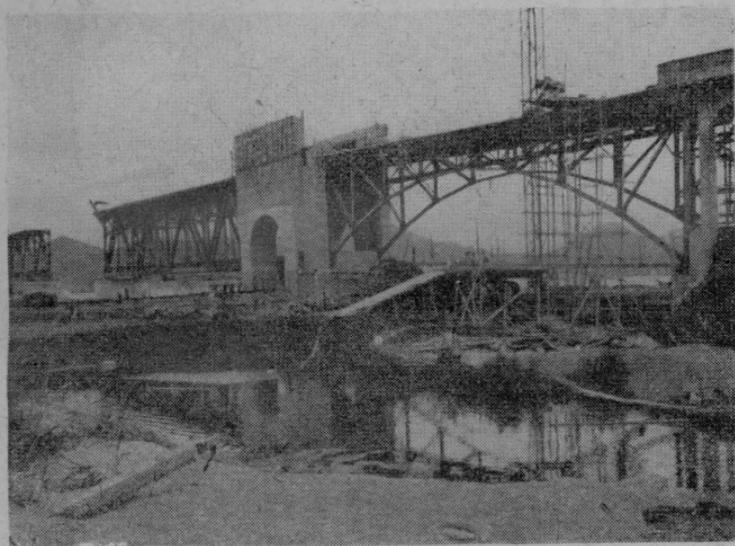
心距108呎，中間用鋼梁和鋼繩聯結牢固。船上各建木架，高約18呎，上架橫木，作為鋼梁的支座。藉船內貯水量的多寡及錢塘江潮水的漲落，鋼梁即能被頂起，浮運而安裝在橋墩的上面。

引橋的施工，固然比正橋較易，不過因為地質的關係，和工程

的繁複，較諸普通橋梁，又非可比。北岸引橋工作在全部工程上是比較進展得快一點的。至於南岸引



南岸引橋



北岸引橋

橋各橋墩，雖然沒有北岸引橋橋墩的繁雜，但基礎地質的不良，岩石層的太深，非打一百呎長

的木樁，不足以求堅固，所以工程進行的困難，也異乎尋常。

該橋之工程遇到不少阻礙，不知道要經歷多少艱難，纔達到完工的目的。但是得了此番經驗，於建設的前途，却有莫大的裨益；也可以由此知道科學的知識是不僅單靠着書本和在試驗室裏的試驗，便可「肆應裕如」的了。

自動炸毀

錢塘江橋剛落成通車，即因戰事關係，自動將其炸毀。據調查所得，該橋共被炸去五六孔，第14號橋墩全部炸壞。一件艱難的工程，經過專家的苦思熟慮，和許多人的勞力才告成功，可是被幾個炸彈輕易地毀壞了，可見凡事都是破壞容易建設難。一件可以告慰讀者的事，就是錢塘江橋的壽命雖則很短，可是滬杭，京滬兩路的機車和車輛，都得通過該橋而轉向後方，大量寶貴的物資，因得保存。此項物資的價格，較錢塘江橋的建築費大上數倍呢！

倫敦塔橋的建築

要在水運頻繁，兩岸很低的河上架橋，而不妨礙船隻來往的問題，須靠工程師的技能與聰明來解決。克服此種困難，大都用開橋，其主要種類為繞橫軸而旋轉的跳開橋（Bascule，這名稱原出法文，係蹺跳板之意），繞豎軸而旋轉的旋開橋，與垂直升降的昇開橋。跳開橋中最著名的例子就是塔橋（Tower Bridge）。此橋建在

倫敦，跨越泰晤士（Thames）河。這是在倫敦的一切橋梁中最特色的一座，它的建築是工程界的傑作。



跳開橋特別適用於兩岸低而交通繁的河面。建造這塔橋，懸吊架構與蹺跳架構二種原理兼採並用。兩邊二架徑是懸吊的，每架徑長270呎。中央一架徑由二個蹺跳大梁構成，長200呎。跳開橋是開橋的一種，二扇橋面各在一個橫軸上轉動，且一端附有重物使它平衡。上圖為未完工時之照相。

建築緣起

1878年城市建築師準茲（Horace Jones）建議用蹺跳的原

理，建造低平面的橋梁——就是一座與街道等高的橋；它有兩個蹺跳梁（即兩扇橋面），能掀起讓船隻在河上通過，能放下讓車輛在橋面往來。在我國的天津亦可見到此種橋梁，不過規模小得多了。

跳開橋是開橋的一種，每一個蹺跳梁在一個橫軸上繞轉，形如兒童遊戲的蹺跳板，向岸一臂短，附有重物，以平衡較長的一臂，即橋面。倫敦的塔橋或許是世界上最著名的一座跳開橋，建築雄偉華麗，構造堅固靈動，四十餘年來成績之佳，實超過發起人原來的期望。

1885年英國議會授權倫敦市政公司建造此橋。準茲被委為建築師，但不幸他在這年就死了。同時巴（John-Wolfe Barry）被委為工程師。此橋於1894年6月30日落成，造價為英金一百萬鎊。

此橋全長，連引橋在內為半哩，路面寬35呎，每邊有 $12\frac{1}{2}$ 呎寬的步道。橋墩上塔的全高，自橋基量起為293呎。

造這座橋共用去石塊235,000立方呎，水泥20,000噸，混凝土70,000立方碼，磚31,000,000塊，鐵和鋼14,000噸。

塔 橋 的 結 構

這橋採用吊式與蹺跳式的聯合結構，南北兩岸橋跟座間的河道寬880呎，用三個架徑（Span）跨越。兩個旁架徑，各長270呎，是吊式的，由堅強的鏈吊起，向岸經過中等高度的跟座塔，而至岸內的鎮締物上。在向河的一端，吊鏈經過高大的橋塔；這兩橋塔



建造塔橋的蹺跳梁時，須不妨礙橋墩間之航路。跳梁在豎直位置建成，每梁重1,200噸。

自身於高水位以上 143 呎處由大梁相連。強大的締結棒在大梁的高度把兩對吊鏈聯結，互相作為在中心的鎮締。中央架徑有兩條並列的高位步道，和一條低位道路。高位步道築於高位大梁上，由橋塔內的水力升降機載人上下。低位道路即是橋的中央架徑，長 200 呎，為兩個蹺跳大梁（即跳開橋面）。

塔橋議案中規定該橋開時，在高潮水面與上層步道之間應有 135 呎之淨高，該橋閉時，應有 29 呎之淨高。又有一條規定，在造橋工程進行時，必須始終維持 160 呎淨寬的水道。這一規定使兩個橋墩不能同時建造，因為搭建鷹架將佔去河面太多。又因為不准使用木材圍堰，建造者祇能利用潛箱之一法。但潛箱鷹架的面積又限於 335 呎長，130 呎闊，故不能用一隻照橋墩大小的潛箱，而須用許多小箱集成。

塔橋的橋墩較普通的橋墩要複雜得多，除須支持橋塔，用以承載高位步道的大梁與兩旁固定架徑的吊鏈外，還須隱藏蹺跳梁的平衡重與發動蹺跳梁的機器。

用以鞏固橋墩基礎的沉箱，是用沒有蓋和底的堅固的熟鐵箱子做成。爲要得到良好的基礎，沉箱必須深入河床下約 21 呎。每個橋墩有 12 個沉箱，南北各一排四隻，每隻 28 呎見方，每排兩端各聯接一對三角形的沉箱，排成與完工後橋墩相似的形狀。

沉箱下沉

沉箱的建造與下沉的方法很特別。首先在欲沉地點的木架上建造沉箱。此種沉箱高 19 呎，橫分爲二節，下節爲永久沉箱，上節是臨時沉箱。上節於橋墩造成時可以移去，其目的祇在橋墩建造時隔離河水。然後移去支架，用四根有力的螺旋，使永久沉箱下沉至河床。此沉箱着地之後，把各種高度的臨時沉箱加在永久沉箱上，直待臨時沉箱之頂高出於高水面之上纔止。

工作於沉箱內的潛水夫先挖去礫子，然後挖去構成河牀的粘土上層。逐漸挖土，沉箱逐漸下沉，直待達到固實的倫敦粘土(London Clay)。倫敦粘土是一種堅實不滲水的地層。當沉箱到達此深度時，即可安全地把箱內的水抽出。在水被抽盡以後，掘鑿機就能放到沉箱的底裏，在乾的狀況下掘泥。當沉箱下沉時，加高臨時沉箱，所以最後每座沉箱是一隻高 57 呎的鐵箱子，橋墩工程即在其中進行。



世界奇橋之一——倫敦塔橋

塔橋用鋼建，面砌石工以掩蔽鋼架，使與附近倫敦的建築和諧。石工以磚為底，面砌花崗石與波特蘭石，甚為美觀。



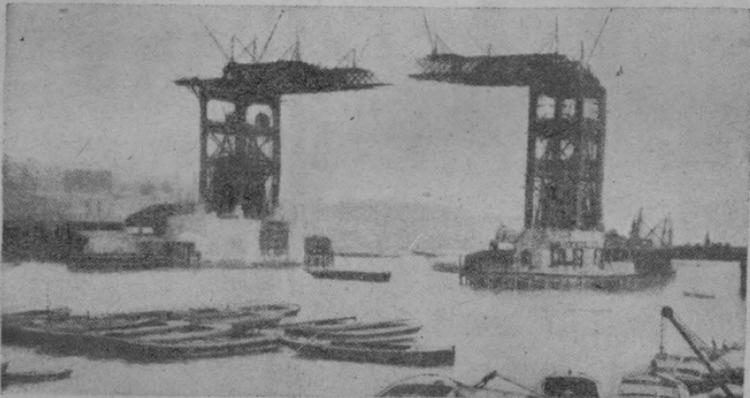
塔橋的橋墩是非常複雜的結構，除支持橋塔外，還須隱藏跳梁的平衡重與轉動橋面的機器，每座橋墩用 12 隻沉箱，沉入河床 21 呎深。

再從沉箱底把粘土掘深 7 呎，並向外掘出 5 呎。這般做法非但使橋墩的基礎擴大，並且使整個橋基連成一塊。

然後將所有永久沉箱與它們之間的地位填足混凝土。而後在混凝土上面臨時沉箱裏開始建造磚石工，至高出高水面四呎為止。橋墩由混凝土，花崗石與磚造成，能載重七萬噸而不下陷。從河牀起始，橋墩全用精選的花崗石砌面。

鋼 的 橋 塔

在橋墩完工以後，立刻開始建造橋塔。因這塔的石工很精緻，塔橋往往被誤認為一座石橋。其實它是一座鋼橋，其力量全賴橋內的鋼柱與大梁。因為當局主張橋梁的設計，須與其環境適合，故鋼架用石砌面，使在建築性質上，能和鄰近倫敦塔 (Tower of London) 的風格相和諧。



從巨墩上聳起的橋離的鋼結構。每塔用四根直徑為 5 呎 6 寸的八角形鋼柱。塔橋 60 呎高處為第一梯間平台，再上 28 呎為第二平台，更上 28 呎為第三平台，連於高層步道。

每座鋼塔由四根八角鋼柱構成，在橋墩上60呎處，用6呎厚的鋼板大梁連結，第一級梯間平台即建於此。再上28呎為第二級梯間平台，第三級亦高28呎，通至高層步道。每根鋼柱放在巨大的花崗石板上，預包着三層特別製造的帆布，使壓力均勻，且接合處不漏水。

預防石工與鋼構間的粘合，是件很重要的事。因此把鋼柱包以帆布，四周再砌石面，並留出餘地，以防後來鋼架的脹縮，而免周圍的石工承受過分的重量。石砌面是防止極端溫度的一種最良保護。橋梁竣工後所有不能塗漆的金屬部份，都徹底地塗上一層巴德蘭水泥。鋼柱中設有工人進出的人洞，使在必要時能塗漆於其內部。此橋兩岸的橋座，係用圍堰建造，並不困難，築有相似而較矮的塔。

翹梁的建築

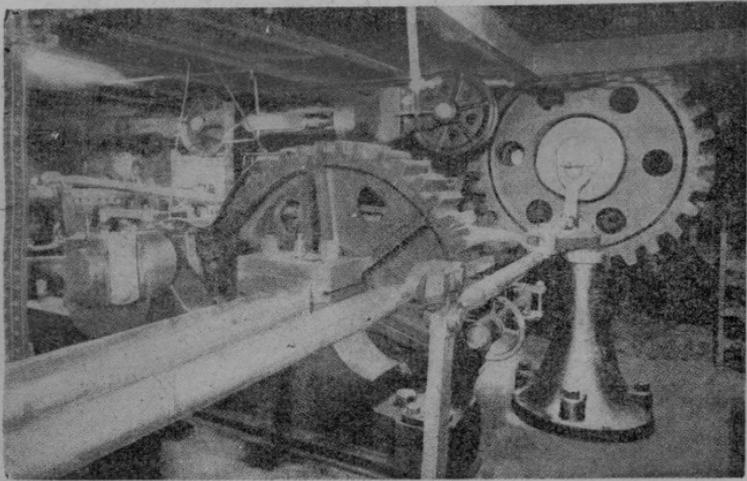
橋塔完成後，工人着手進行上層步道。這是一種翹梁式的建築，加上一段懸吊的架徑。這建築同時自兩塔向外造出。此步道自每塔建出，翹梁各長55呎，中間一段120呎是懸吊的大梁。

這翹梁的建築，曾引起民衆極大的注意，他們看着翹梁一步一步接出，大感興趣。工人處處小心，不使帽釘，碎塊，器具等跌下河裏，以免經過船隻上的趁客遭受危險。

這座橋的特色，是由二個蹺跳大梁構成的開閣架徑。每個蹺跳大梁或橋面由四根平行梁構成，彼此相距 $13\frac{1}{2}$ 呎，長約160呎。當放下時，橋面向對塔水平地伸出100呎。剛好跨過半個橋洞。平衡的

支點是一個堅實的樞軸，其直徑為1呎9吋，長48呎，裝在離蹺跳大梁向岸一端50呎的地方。這樞軸楔連於大梁上，而在裝於橋墩上的鋼棍軸承內轉動。

每個蹺跳大梁重1200噸，用齒輪使之轉動。要維持這大梁的平衡，必須在它短的一臂上加平衡重，這重量為290噸的鉛與60噸



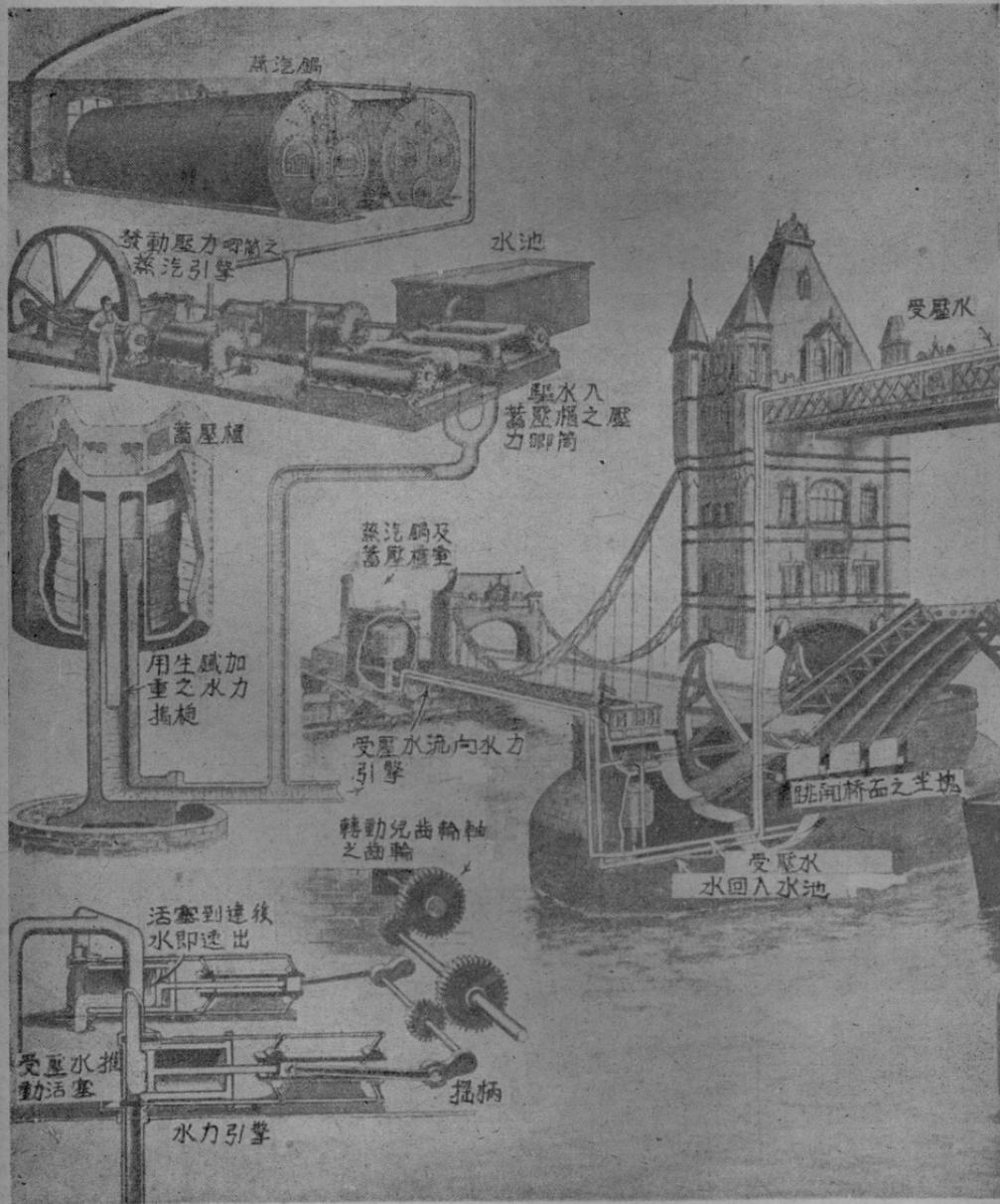
發動塔橋的蹺跳梁的水力機械。動力廠建在南岸，由二座巨大蓄壓櫃，在每方寸700至800磅壓力下供水於發動機。

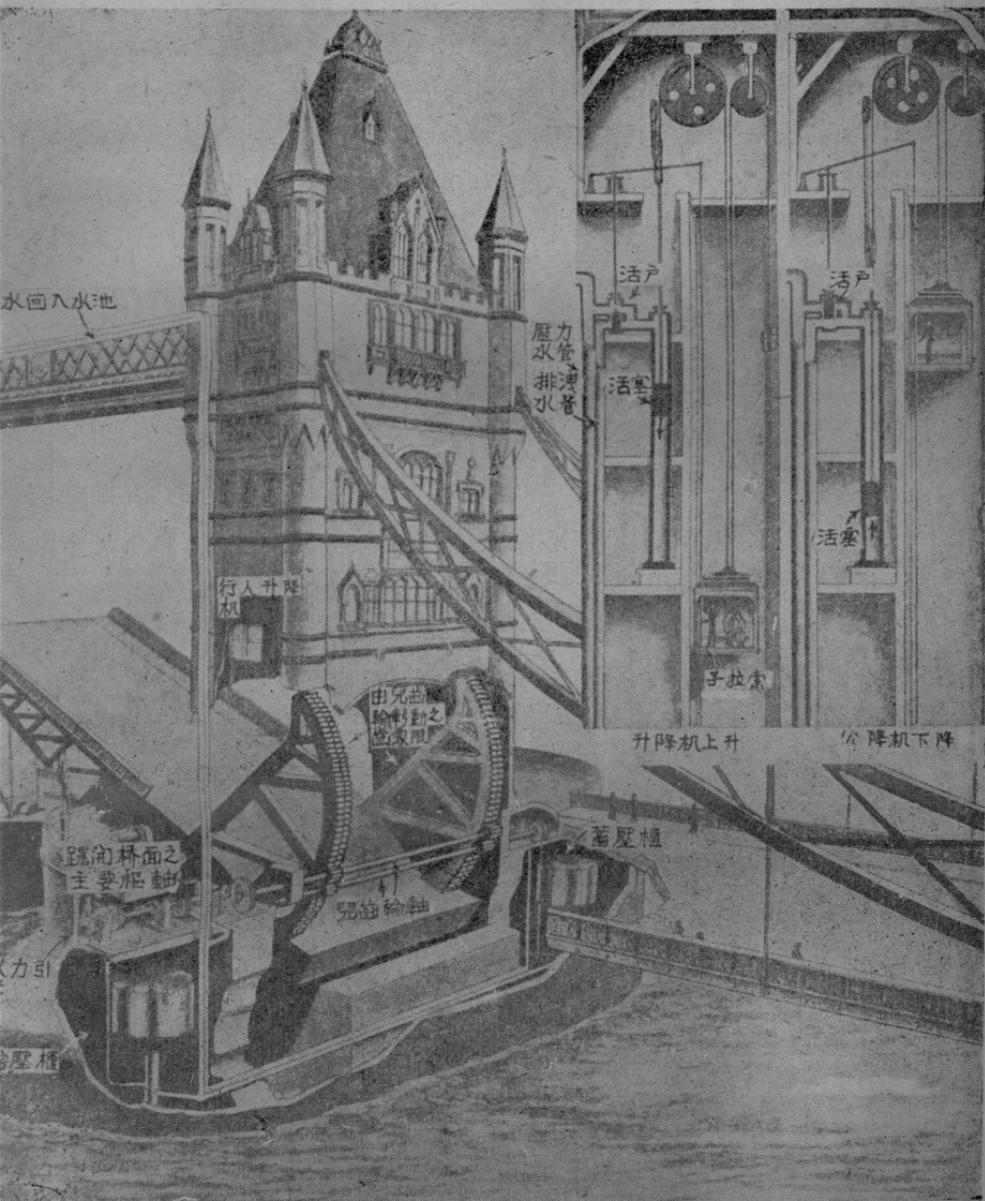
的鐵，封閉在大樑盡頭一個鎮壓箱裏。齒輪的作用，僅在克服1200噸蹺跳梁的慣性，和橋面上風的阻力而已。

倫敦塔橋如何開合

(見後頁剖視圖)

倫敦泰晤士河上的塔橋 (Tower Bridge) 為世界名橋之一，它是一座跳開橋 (bascul bridge)，亦可稱做平衡橋，因為它的橋面是中分兩段





或兩扇，每扇平衡的軸上，宛如一條蹺跳板，能够把它們升起或降落。

這裏一幅大圖說明這座名橋如何動作。要把橋掀開，讓船隻駛經橋下河面時，就拉動一槓桿，以引導受壓水流入一組蓄壓櫃中。這高壓水於是流到水力引擎，推動活塞，轉動搖柄，更經一組齒輪的聯動，而使兒齒輪轉動。這種兒齒輪裝在橫越橋的寬度的大軸上，而與大的齒象限相齧合。齒象限被轉動時，即把兩扇橋面掀起。一待船隻駛過，立作相反手續，橋面降下而安定於坐塊上，使兩岸間之路面交通恢復。

圖的左邊，上一分圖說明唧筒如何推動受壓水流入一個蓄壓櫃，下一分圖說明水力引擎的活塞如何更番地前後推動而把搖柄轉動。受壓水於使用之後，就流經水管，上達塔頂，並越過頂上的人行步橋，而回到原來的水池中。所以水池中的水可以反覆地用來升降橋面。

圖的右上角為一水力升降機，現在已不大用它了，因為橋面升降極快，人們寧願在橋端靜待片刻，而不願乘升降機走過步橋了。要升降機上升，司機人就用手拉動一根索，打開活戶，讓受壓水把一個活塞向下推動。接於此活塞而上經一滑車的一根索，就把升降機拉起。拉升降機的另一索繞過另一滑車，而於索端懸着一個平衡錘。要升降機下降時，那手拉索把活戶和壓力水管關閉，升降機乃由本身的重量而下降，使水從排洩管流出。

這塔橋的二扇大橋面，每扇長160呎，連鉛和鐵的平衡重，每扇重1200噸。每扇橋面賴以轉動的耳軸，其直徑為21吋。用以轉動這巨重的水壓力為每方吋850磅。

下關浦口間鐵路輪渡工程

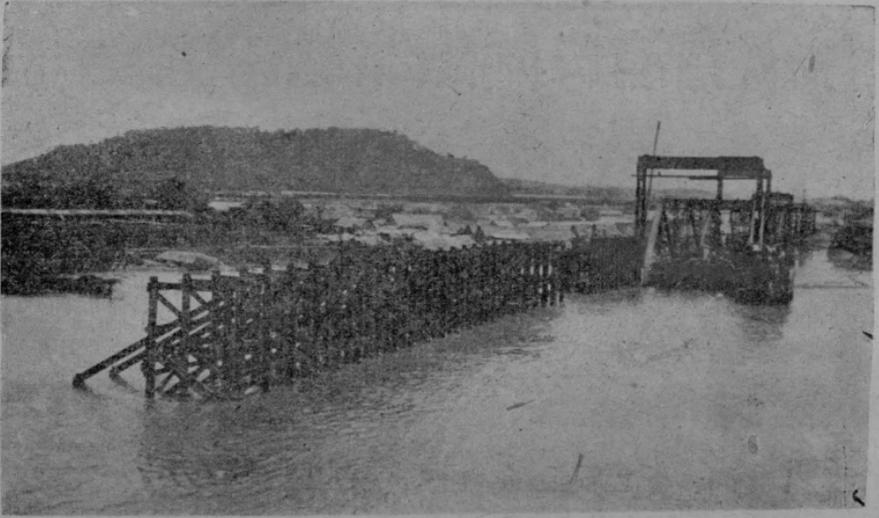
京滬津浦兩路，中阻大江不能接軌，致行旅往來，貨物起卸輾轉需時，且不經濟，更以南京，營穀南北，輪渡之設，益爲重要。當局有見於此，緣於民國十九年十一月派簡任技正鄭華組織輪渡工程處，實行建設聯絡浦口下關兩岸之輪渡工程。

工程計劃可分爲三部：(甲)活動引橋爲碼頭，(乙)渡船運行其中，(丙)兩岸與京滬津浦兩路接軌。茲將各部工程分述於後：

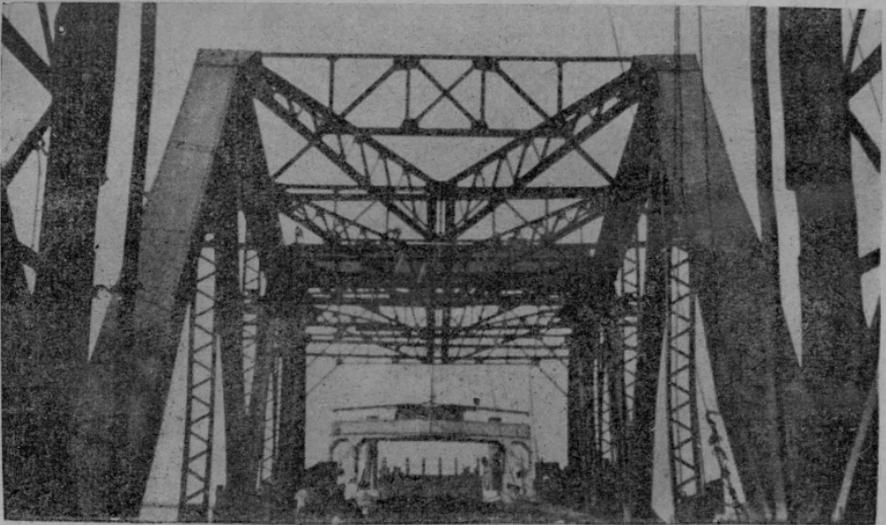
(甲)引橋二座隔江相峙，每座長 600 英尺，分四架。橋寬則各架不同，靠岸之三架，均寬 20 英尺，其他一架，因須舖軌道三股，以與船上之軌道相銜接，故臨水之端，放寬爲 44 英尺。

(乙)渡船長 360 英尺，寬 56 英尺，速度每小時 12 海里，上舖軌道三股，可容貨車廿一輛。又引橋與渡船之間，爲免船身動盪，設一長五十英尺之活動跳板。引橋之昇降，由裝置於鋼架上之電力升降機司之。

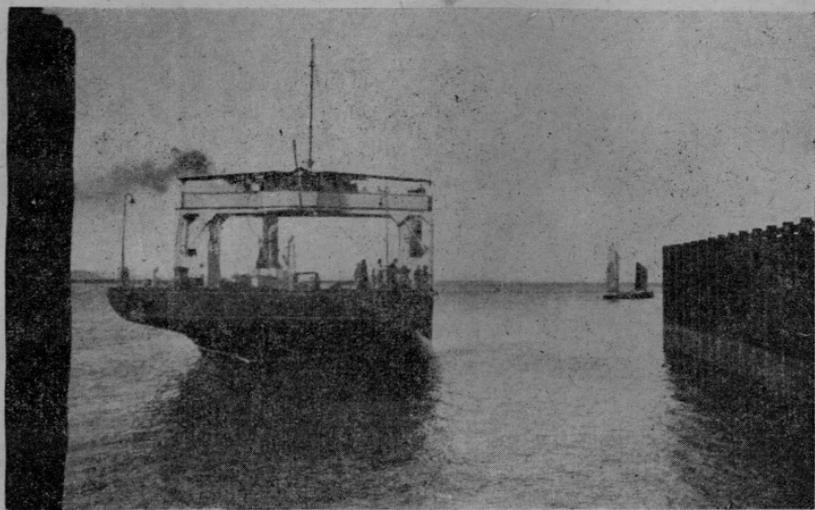
(丙)接軌工程，由京滬津浦兩路分別舖設。下關方面，長約 1700 英尺正道，與引橋軌道相接，設錯車軌道三股。浦口方面，正道及錯車軌道共六股，平均約長 600 英尺。由渡口至車站之距離，下關方面約長 4600 英尺，浦口方面約長 9000 英尺，江面寬約 3600 英尺。車輛起卸及過江時間，共約八十分鐘。



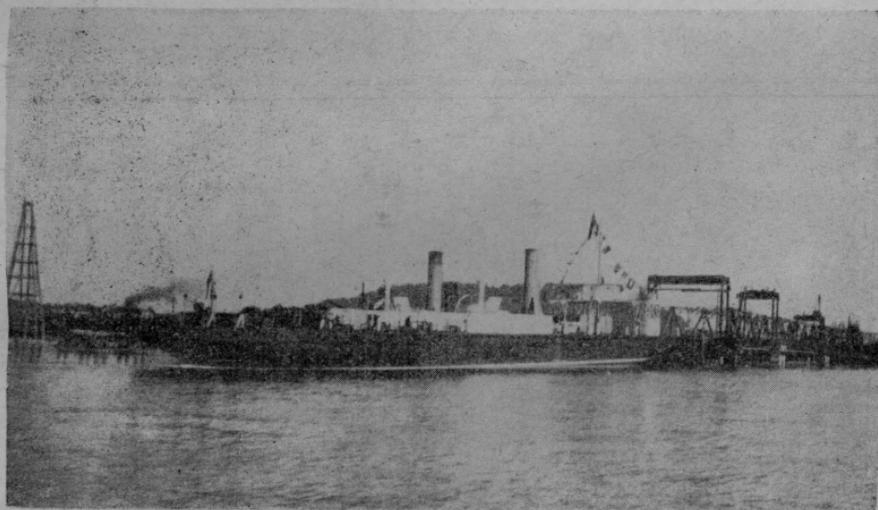
引 橋 工 程



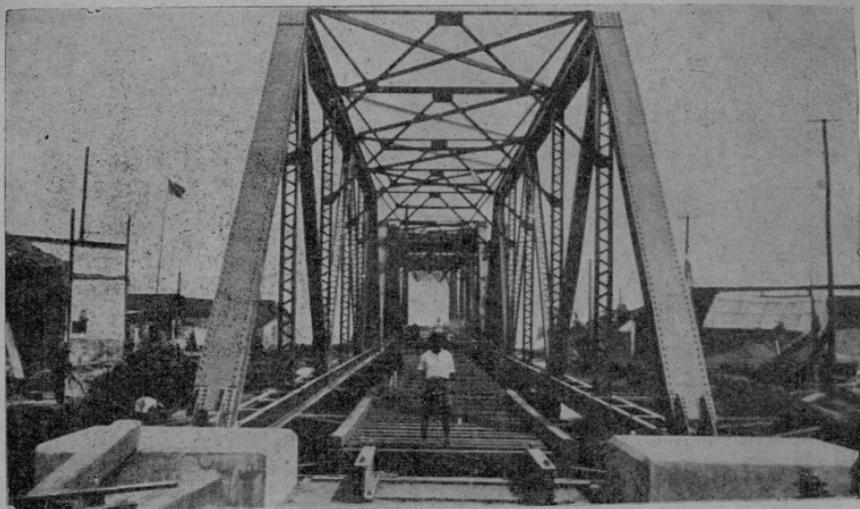
引 橋 近 望



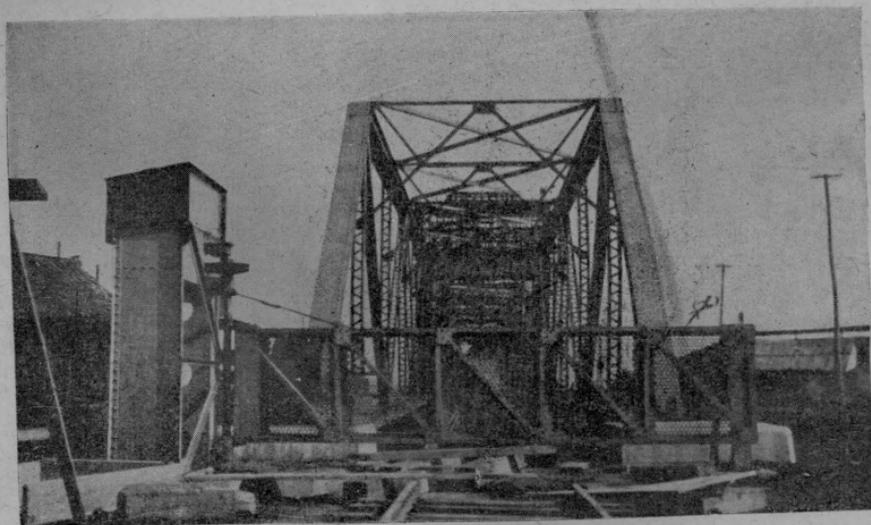
長江號駛近碼頭



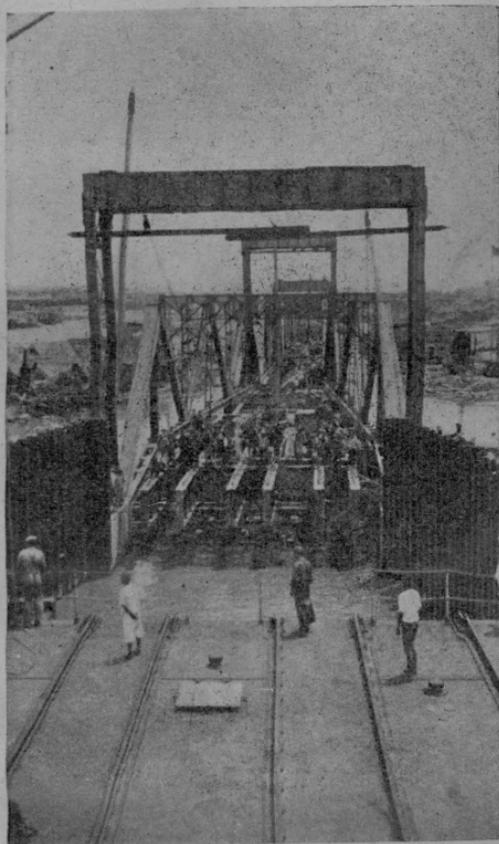
長江號與引橋之聯接



由接軌處望引橋情形



輪渡與岸上接軌處之鐵柵門。

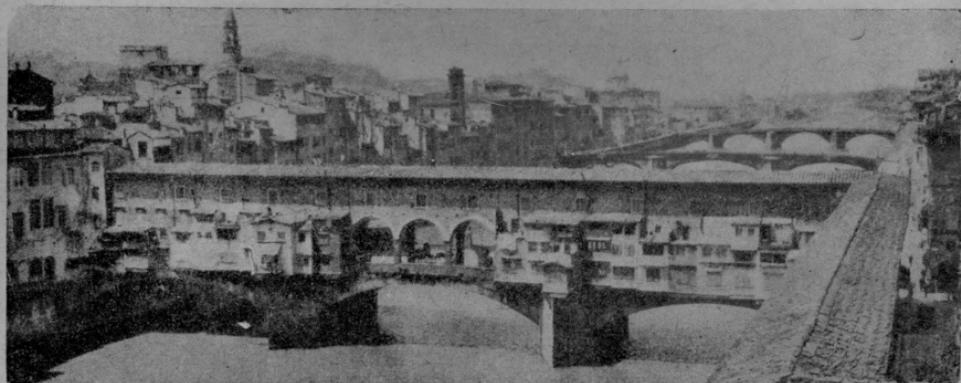


由長江號船上望引橋之情形

全部預算：計(一)渡輪一艘，英金八萬鎊。(二)機車一輛英金一萬鎊(三)150英尺橋樑八架。(分南北二座，每座四架)英金七萬二千鎊。(四)橋墩基礎10座，國幣五十萬元。(五)裝架費約三十萬元。(六)澆泥機一架，英金六千鎊。共計英金十六萬八千鎊，國幣八十萬元。

輪渡落成以後，京滬和津浦兩鐵路得以聯絡，列車自上海開出可直達平津，無換車渡江之繁，造福社會不淺。

奇怪的橋



有街市的橋

意大利阿諾河(Arno river)上蓋屋頂的橋，兩邊都是商店，自成街市。



弄堂橋

一座蓋蔽的橋，好像一條長弄堂，是美國的特物，但現在已看不見了。圖中所示者是碩果僅存的一個，在佛及尼亞省離康惟登(Convington)三英里處，雖因年代久遠不免破敗，但至今有行人來往渡河。



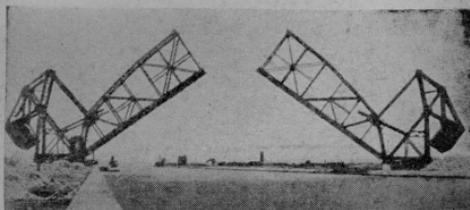
昇 降 橋

世界上最大的最昇降橋建於英國米得列斯波羅(Middlesbrough)提茲(Tees)河上。該橋之中部跨度長270呎，可以直接昇降，以便河中之水道交通。橋塔高170呎。全橋均用鋼構成，建築費為572,000鎊。



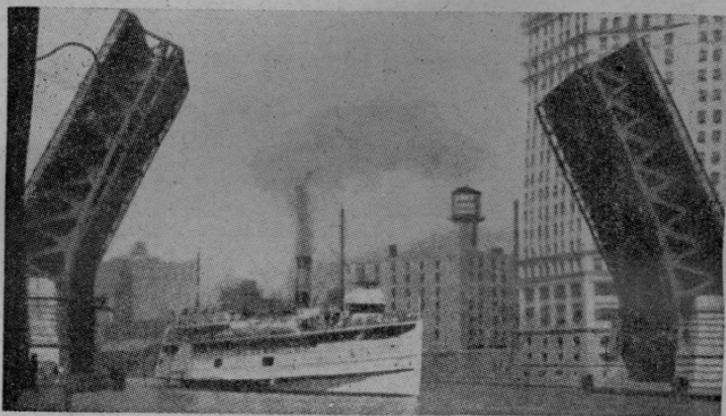
籐 做 的 吊 橋

左：雲南省的土人用柔韌的紫籐築成這座強有力的吊橋，足見這種植物於開花供人賞覽以外，還有別的用處。



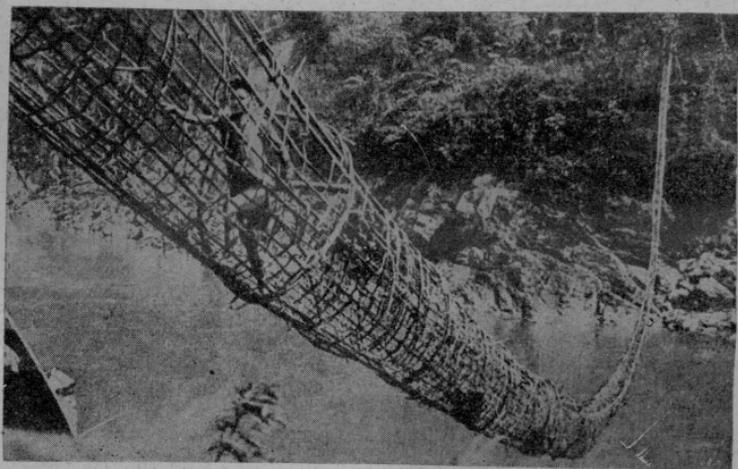
鐵 路 開 橋

上：接通加拿大和美國的一座鐵路開橋，用電力來開閉，每扇重四百噸。



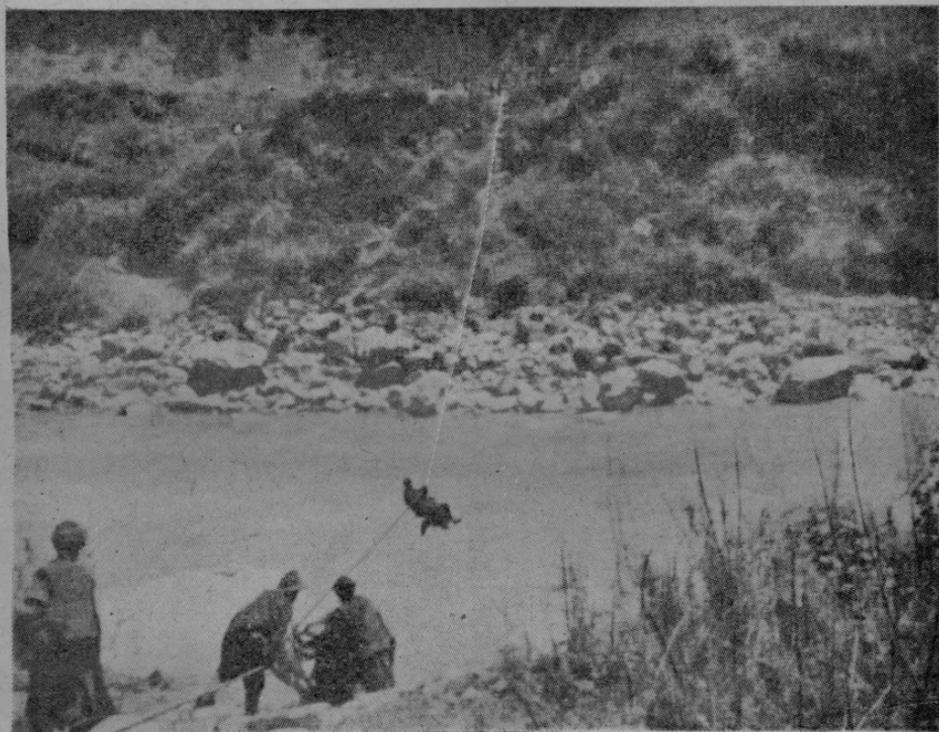
開 閘 橋

一隻輪船在芝加哥河中經過一座2500噸的巨大開橋之下。此種橋每日定時昇開，以避車輛往來的阻礙。



圓 筒 形 的 橋

倘使你要投水，却不能從這座橋上跳下。印度叢樹中的野人建造這種橋來渡過山中急流的河道，是用藤索樹枝等結成的。



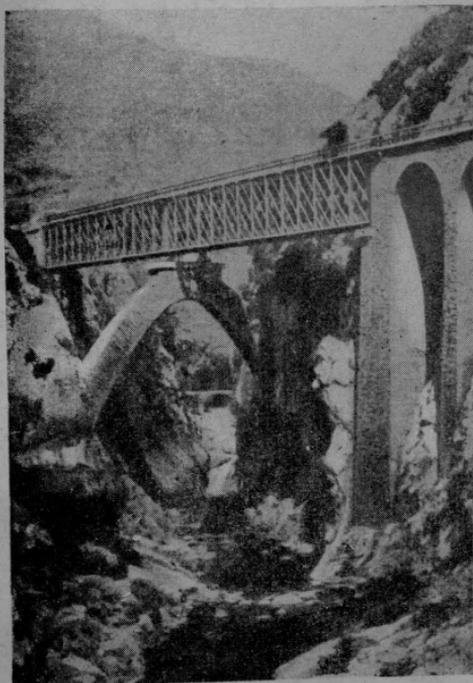
繩 橋

西斐撒育爾河上的繩橋。這種橋是一根用竹蔑絞成的粗纜，兩端各固定在河的一岸上。過橋者用木製的溜滑器套在纜上，再用皮條把身縛住，吊在溜滑器上，然後溜過溪河而達彼岸。



鐵 路 浮 橋

該橋建於法屬西非洲波愛特港 (Port Bouet)，以便火車汽車往來交通。該凡浮着的部份長689尺，築在六隻鋼製的浮船上。浮船則繫定於沿在水底軟泥中的混凝土塊。



石拱高架橋

左：法國近尼斯(Nice)地方跨過一個小溪峽的高架橋。工程師們建築這座橋的時候，見到若在橋梁中央樹立一根橋脚，必致障礙溪峽。所以他們就設計一個異乎尋常的石拱在橋下橫跨過溪峽，來做這橋的支撐物，很是別緻。

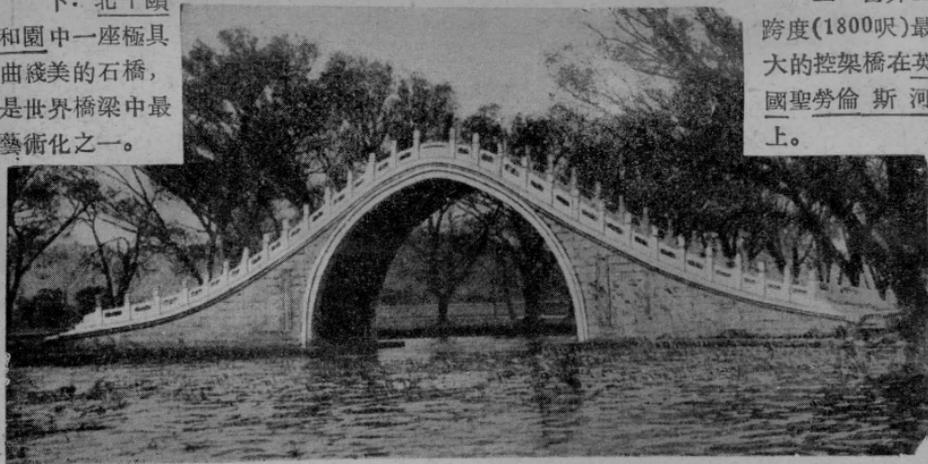


控架橋

上：世界上跨度(1800呎)最大的控架橋在英國聖勞倫斯河上。

曲綫美的石橋

下：北平頤和園中一座極具曲綫美的石橋，是世界橋梁中最藝術化之一。



綺飛爾和他的著名高塔

綺飛爾之名，在法國境外的人，知者甚少。他雖在國內外曾經建造不少橋樑——其中頗多莊嚴偉大的建築——但是因為他耽於隱逸，不慕虛名，所以在他的偉大建築綺飛爾塔造成之前，世界上誰也不知道他懷有奇才。

綺飛爾(Alexandre Gustave Eiffel)在1832年12月15日生於法國的第戎(Dijon)，是中等勞工家庭中的一個兒子。他自幼即立志學工程和機械，所以小學畢業後，即進巴黎中央學校(Ecole Centrale)。當時該校是一所訓練工程學生和其它少年科學家的著名理工學院。

綺飛爾在中央學校中歷時甚久，直至年逾二十始離去。他專攻土木工程，對於結構設計的計算方面尤精，為同儕所不及。

他離校後，即得一個足以使他發展的機會。他被任為政府工程師。一年後，即1858年，適政府擬在波爾多(Bordeaux)建一大鋼橋，橫跨嘎倫(Garonne)河，他即被委為設計委員兼建橋總工程師。



綺飛爾，即巴黎綺飛爾塔的設計者。

這個責任，在年僅二十五的普通青年視之，不能算不大。然而綺飛爾成竹在胸，自知其理論和實驗具豐，足以勝任。他非但對於造橋總工程師一職受之不疑，並且在進行建造波爾多橋時，他確曾引用一種造橋新法，厥後垂為典型，幾乎給造橋工程一個革命。

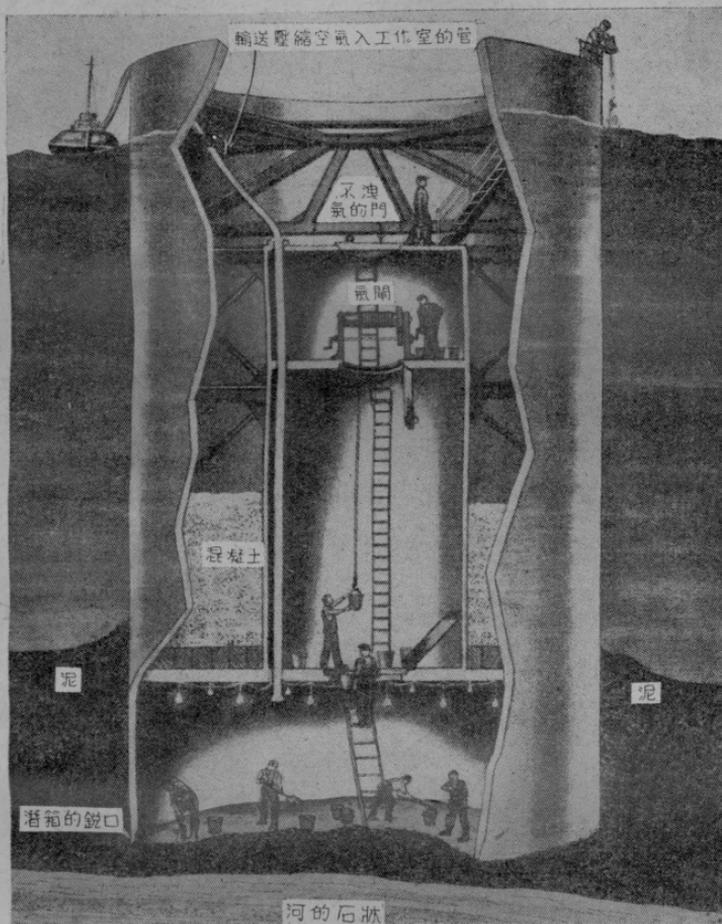
首創的新法

這就是利用壓縮空氣奠定水下橋柱基的方法。工人憑着綺飛爾的壓縮空氣法，得在鋼筒或沉箱中建築橋柱的基礎，而無河水侵入沉箱之虞。

綺飛爾憑壓縮空氣法，得將橋基築至水面下82呎深。結果波爾多橋成為一個極堅固的建築物。綺飛爾因此名聞國內，而在某種團體內併得國際的頌揚。自後他相繼被委為法國境內的許多其它橋樑的設計和建築委員。

在尼斯 (Nice) 的法國天文台的龐大圓頂也是綺飛爾所建造。其奇妙頗堪注意。該台的圓頂需用硬鋼，並且需能繞圓頂本軸轉動。圓頂當然重逾數噸，但是圓頂的重量儘大，設計儘難，綺飛爾却另用新穎的方法裝置，使之浮在一種液體面上，祇需用一隻手推它轉動。

1865年，綺飛爾在近巴黎的利凡洛斯·彼耳德 (Levallois Perret) 創立一所著名的法國鐵廠。據他說，該廠是他的『麵包和牛油廠』。大凡一個人不能終其身天天從事於偉大工程的建築。然而生活却不能一日間斷。利凡洛斯·彼耳德鐵廠就是他業餘生活



建造河底橋基有時須利用特殊的器具。綺飛爾所發明的氣壓沉箱即是一種特殊器具。建築時先將沉箱沉入河底。沉箱內裝一層混凝土增大箱的重量。混凝土層的下面為工作室，壓縮空氣由外面唧筒送入室內，抵抗水的潛入。室內常使充滿壓縮空氣。工人經氣閘出入。他們將河底掘成洞穴後，即用混凝土填入成為極堅固的橋樑基礎。

的資源。

1886年綺飛爾第一次提出他的計劃，據在巴黎的森 (Seine) 河上建立一座 300 米突高塔的時候，他已是一位經驗豐富的土木工程師。

他的計劃起初頗受一般人訕笑。他們認為沒有這樣高的塔可以很安全的築在一個基礎上。這種塔非但危險，它的形狀亦非常醜惡，不免妨礙巴黎全市的市容。

當時反對者非常激烈，聯合團體，上書政府，務使不准他的計劃實行。

然而法政府豫料1889年巴黎世界博覽會將屆，綺飛爾的巍峨高塔如果造成，必能為大會生色，因此贊成他的計議，並特許他進行建造。

在1887年1月28日寒冬的清晨，晨光熹微中，綺飛爾的高塔開始建築。高塔佔地一百米見方，由四個立在四角的巨大格構柱支持。

偉 大 的 高 塔

塔基的挖掘和建築曾費時數月。它把約厚七呎的混凝土基礎深埋入地中。負全塔重量的四個鐵柱的下段即固定在這個基礎上。

自奠基工程開始後約六七越月，柱脚底層始自地面露出。然後非常緩慢的漸漸增高，直至最後在四柱脚的頂上鋪成第一個平台，以備安置高大的塔身，而升降機也以此為起點。

塔身的橫截面愈高愈小，工程的進行也是愈高愈速。格構鋼樑和支柱所成的偉大結構於是聳入雲霄。總計綺飛爾用於高塔者約



高三百米的綺飛爾路。

有一萬二千件個別的鋼樑和其它金屬件。每件材料必經利凡洛斯·彼耳德鐵廠用極精密的計算分別設計，需用的各釘眼又非常準確。

總計巴黎綺飛爾塔上的帽釘孔有七百萬個。接合各金屬材所用的帽釘不下二百五十萬個。如果一個樑或撐條提至愈築愈高的塔上裝配，而發現所穿的釘眼與豫先規定者不符，以致不能合榫，則把錯誤之件降至地上而棄除不用。

建塔工程預定在1889年巴黎博覽會開幕之前完工。在將近完工時，突傳這將近落成的高塔已開始傾側，且已偏過懸直線數度，如有微風拂過，恐怕立即有崩倒之危。消息所至，一時遐邇駭然。

這個消息，被認為是綺飛爾的敵人所捏造，藉作最後一次的攻擊。這種臆測是否確當，這裏不暇詳論。不過這個高塔的輪廓看去確是並不垂直。因此綺飛爾迅即證明這個傾側的現象是由於一種奇怪而不幸的光幻覺所致。他更邀同另外幾位政府工程師證實他的理由。他們將高塔自上至下詳細審查。結果他們宣佈高塔確實非常安穩，實際上並不有任何偏側。

自此以後至於完工，以及在塔巔裝置塔燈，工程進行不再間斷。

1889年3月13日，距奠基時已二年，這座莊嚴巍峨的高塔方始完工。

升降機到後來始裝置。綺飛爾對於應用升降機的安全問題籌之頗熟，故在公開使用之前，他先將升降機昇至四分之三的塔高，

即用強索將升降機的籠繫住在機阱旁的柱上。然後將懸籠的鋼纜解除，使籠僅由索拉住。

工人持斧站在阱側，及至接到信號，立將索斬斷。巨大的升降籠隨即開始向地面撞去。但是它的下衝僅數秒鐘即止。籠上所備的軛於不知不覺中漸漸發生作用，阻止它落下，最後使它完全停止。

經這次嚴格試驗後，綺飛爾即宣佈升降機確實安全，可供大眾應用。升降機自開始應用後，



紐約的巨大自由神像。構成神像的大量岩石均載在一個鋼架上。鋼架設計極奇妙，也是綺飛爾的傑作。

已歷五十年，從未發生危險，以致傷害人命，這是值得稱頌的。

這座高塔造成後，綺飛爾之名即廣布世界。他不但得本國政府的榮譽獎勵，並得世界各工程師的頌揚。

綺飛爾塔在巴黎，現在仍舊是一座無與倫比的高大建築。塔高300米，或985呎，重達7300噸。電力升降機能載人自最下一層昇至頂層。頂層內設無線電，天文，

和氣象實驗室。塔的名聲因此益著。

在英國蘭開夏一個著名海濱娛樂場，墨池(Blackpool)地方，也有一個著名的鋼構塔，大概係仿綺飛爾塔的式樣，設計時綺飛爾也曾參加。不過墨池塔的高僅及綺飛爾塔的一半，而莊嚴偉大也遠不如綺飛爾塔。

另一偉大建築

綺飛爾除了他的巴黎巨塔外，又曾參加建造另一偉大建築物的一部。

美國紐約的巨大自由神象，為船舶出入紐約港的標誌。像內有一鋼架。鋼架的設計非常巧妙，足以負載包在外面，構成巨神的大量岩石。

這個鋼架就是綺飛爾設計的。神像自成立迄今遭遇暴風已數次，但是時常經精密的審查，至今未見有裂痕或解體之象。

綺飛爾生平最大的功業就是他的著名塔。他因造塔而得名，但是他的名聲確傳流不久。自他退任後，其名即漸漸不為世人所注意，到了大戰終了，他幾乎是一個無名的普通人。

他歿於 1923 年，時年 85 歲。

摩天樓廈

歐洲古時相傳有七大奇觀，其實到了科學上有了發明之後，奇觀真的至少可說是增了數十倍了。即如美國的摩天樓廈和埃及的金字塔比較起來，可算是不相上下。我們要知道美國的情形和現代大都市的發達，確有這種摩天大廈的需要，並不是創造出來，單供後人所瞻仰的。加之美國工業的發達，美國人的奇技精巧，使建築這種樓廈，可以想得出辦得到，真像雨後春筍的出現了。

從科學上，道德上觀察，此偉大工程，除許多天文式的數字外，尚有一事極堪爲人注意，就是建築時所採用的種種新方法，種種保護工人康健的新發明。如巨大的護手手套，特製的護眼眼鏡，新式的護胸甲，不易滑倒的鐵鈎鞋，特殊的人工呼吸器等，以減低一般工友們工作時所可遇得到的危險。至於其他一切技術問題，機械問題，當然更是精益求精；舉凡現代最新最實用的發明和改良，莫不盡量採用。

近尼的宣佈

在1884年美國建築師近尼(Jenny)首先宣佈要造一座十二層的樓廈。在那時確是聞所未聞，聽了這個消息的人們都以爲他是有精神病的，所定的計劃一定是紙上談兵，不切實際的。豈知到了第二年，理想果然成了事實。芝加哥內國保險公司造成了巍然的摩

天樓廈，開創了一個建築的新時代。

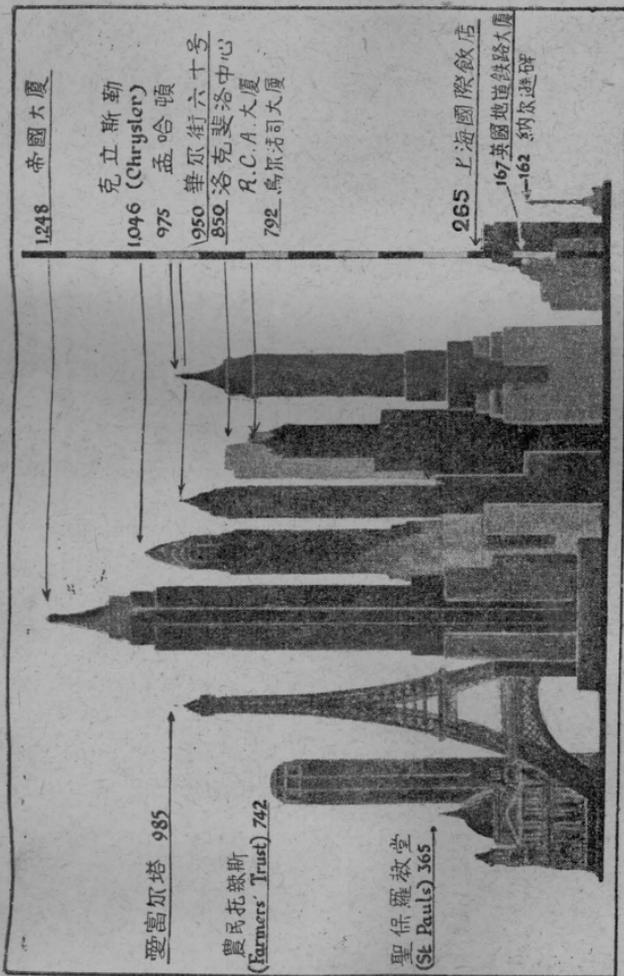
在近尼以前，要造高大的屋宇，必須要用堅厚的牆壁。屋愈高，牆就要愈厚，才能任重。但是近尼見到用鋼做成骨架，牆壁罩在上面，好像套一件衣服。這理想確是不錯。造成之後，建築雖是很高，居然屹然不動，到了現在還依然存在。

在當時的人們都說：這種建築一定要坍塌，預料總有一天要闖出大禍來。所以胆小的人都繞道遠避，不敢在鄰近走過。近尼暗中好笑。將樓廈的頂上一層，做了他的事務所，果然太太平平的在上面工作了二十年。

摩天樓廈在美國已有五十餘年的歷史。現在共有八百多座，當然在紐約是最多，已從最初的十二層加到一百零五層了。一個人若是沒有到這種樓廈下面仰頭觀看，再也想像不出它的高度，但是可以用一種比較的方法來說一說。

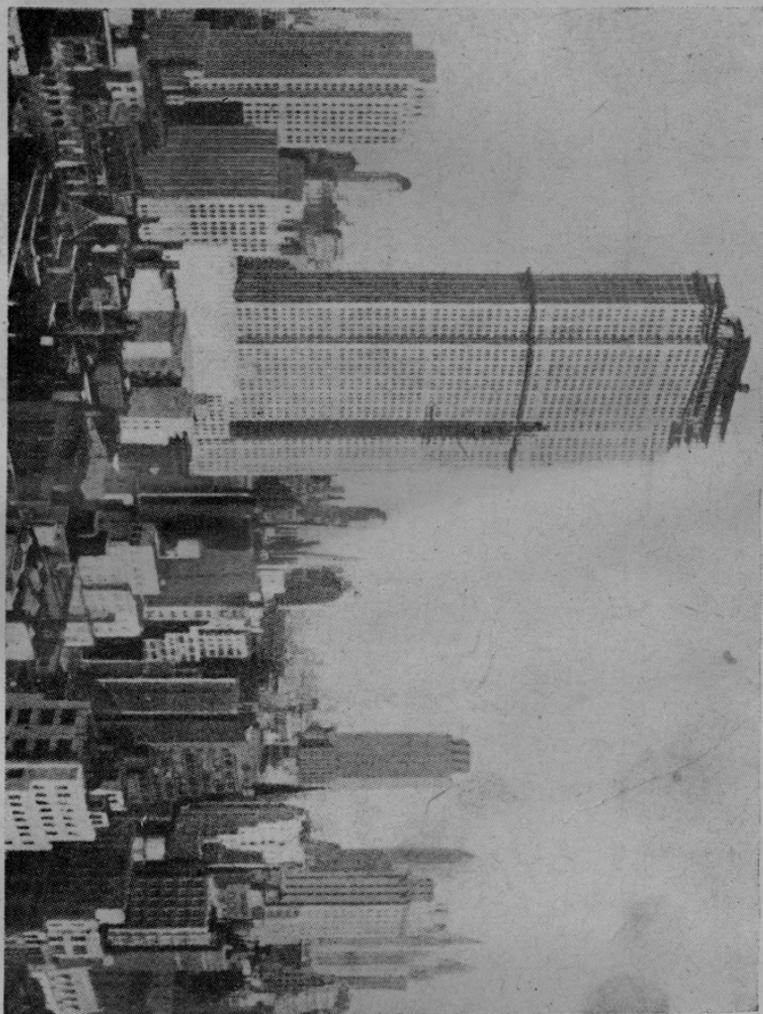
巴黎最高的建築物是綺飛爾塔(Eiffel Tower) (見本書綺飛爾和他的著名高塔一文)高985英尺倫敦的聖保羅(St. Pauls)教堂到尖頂是365英尺。從前英國限制建築高度，只許80英尺，近年已取消這種限制。但是在80英尺以上的樓屋，尚不許人居住。現在最高的樓廈是地道鐵路大廈，高167英尺。上海最高的建築是國際飯店大廈高265英尺。

但是單單表明摩天樓廈的高度數目，還不能顯出它們的奇偉。要知道它們的奇偉是在造成的經過和方法，各種工程上的成就。運用鋼鐵和石築起了直冲霄漢的屋宇，固然是超人的事業，但是千頭



世界最高建築物的比較圖

緒萬，有關係的方面很多。除了建築工程師的學問技術以外，自始至終都要運用經濟和不斷的規畫對付狂風烈日這一類的問題。甚至升降機上的門形和大小，基地的平方值都有關於樓廈的高度和形式呀。



「洛克斐洛中心」係美國煤油大王洛克斐洛基金委員會所經營，為展覽世界商品之用，完成於1934年。其中最高的一層為 R. C. A. 大廈，高850英尺，共七十層，能容二十萬人。

耳鼓和錄纜的問題

建築師、鋼廠技師、升降機工程師、電工技師和營造廠技師合

力研究了兩年之久，解決了摩天樓廈的問題。於是明白樓廈的實際高度，不是全在租金和利息上打算，而要在耳鼓和鋼纜上着想呀。

鋼鐵專家報告說：他們的鋼梁可以受得起任何大的擔負，所以差不多高度是可說沒有限制。但是升降機工程師只許有一百五十層或二千英尺，不能再向上造了。因為再要高些，所需用的鋼纜就太粗，不能用了。並且升降機要動到每分鐘一千五百英尺以上，乘機的人在耳鼓上受了空氣壓力的突變，要感覺難受了。

樓廈有了這許多層數，升降機當然不好逢層都停。因為有五十層到一百層要停留，一個人在上面辦事的，只好一天到晚在升降機上出進過日子了。所以指定某幾個升降機在某幾層停留。譬如你要到八十七層的話，你須先乘特快升降機到八十層，再換一個區間慢機到八十七層。在有些樓廈中有雙層升降機，可以同時停留在兩層。譬如上層在雙數的樓層，下層就在單數的樓層。在紐約的帝國大廈(Empire State)中共有六十七個升降客機。在洛克斐洛中心(Rockefeller center)共有七十四個。

計劃一個摩天樓廈的建築，要比軍事上計劃一個戰略還要周密些。「時間即是金錢」這一句話在這種建築上很是明顯。在最緊急的時候，約有三千人同時工作，代表三十多個行業。大多數工作的人平均每日得美金十五圓的工資，如果是因為材料不齊，袖手閒等，投資的人恐怕要因此大虧其本了。

以基地而論，時間亦是金錢。在沒有生產收入以前，一切費用必須減少到最低限度。所以建造的時間必須縮得愈短愈好。一等到

地基上原有的房屋拆卸完成之後，很大的打樁機就開始工作，開到底層岩石深處。鋼的樁埋在水泥中間，包在鋼櫃裏作為基礎。

尺度配得很準確的鋼樑運到相當的地位，深埋下去有數丈之深。孟哈頓大廈(Mannhattan)的基層就有八十英尺，等於六層樓這樣深。

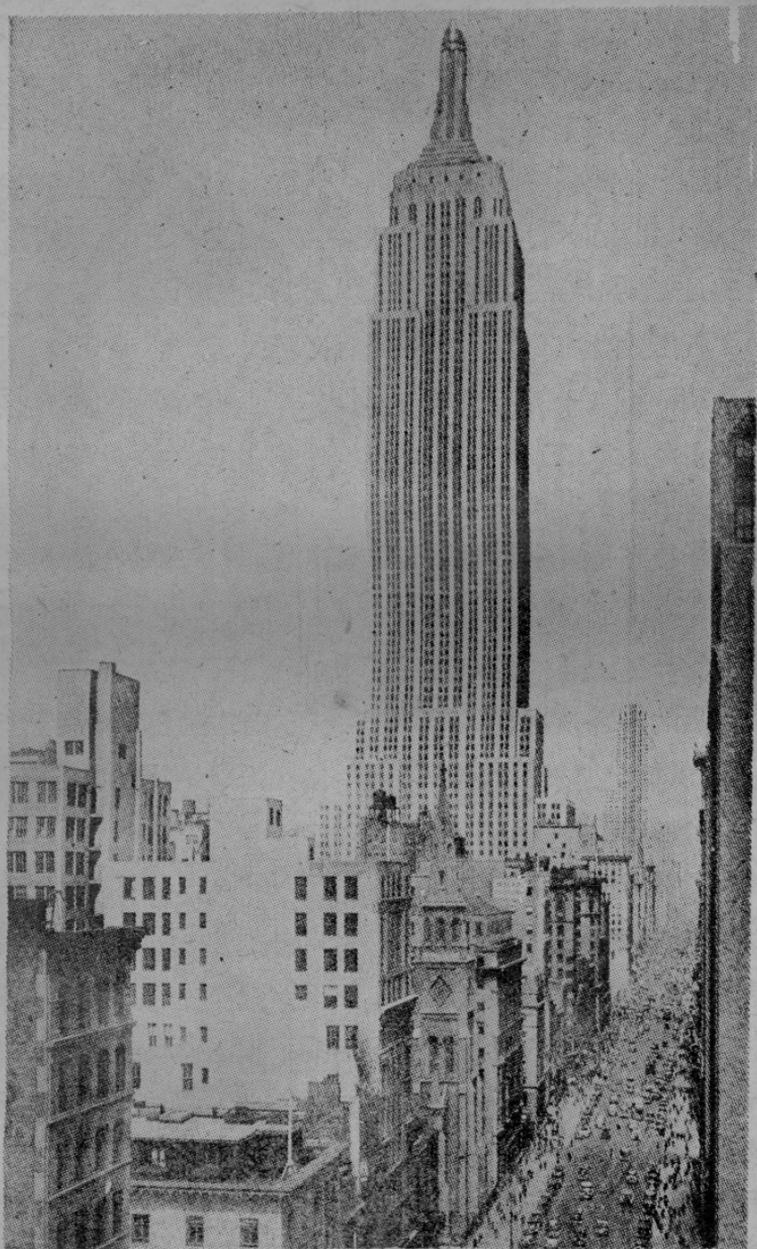
鋼架一層一層的依着一定的速度向上接升起來。帽釘機一面在上層用電力絞緊，一面泥水工匠在下層堆築起牆壁來了。

「步步高升」一句話確是一種實情。有訓練有組織才能成功。孟哈頓公司大廈比烏兒活司(Woolworth)大廈還高，不到一年就完成了。最高的帝國大廈，建在阿司托利旅館的地基上的。這旅館本有四十四層，在拆卸交清之日起，到大廈完成之日止，總共不過十五個月。

帝國大廈的建築費是美金二千五百萬圓。如果沒有預先計劃得周密，指揮三千個工人按期進行，絕無延誤的話，恐怕要花費到二三倍才能完成哩！

頂上豎起一根鋼桅，預備氣艇在這上面繫定的。鋼桅的尖頂就是這所大廈的最高點。帝國大廈還有一種特別的設備，為別的樓廈所沒有的，就是測量搖曳的儀器。從這一點，我們可以明白摩天樓廈不單是一層層加上，還有很複雜的工程上力學問題必須要很準確地計算出來，真是談何容易。

高廈的搖曳



紐約通衢之一，第五路上多摩天大廈逼得這大路好像一條壕溝。其中最高的是帝國大廈，於1930年4月7日立起第一根鋼柱，1931年5月1日落成開幕。這屋共高1,250英尺，全屋凡八十六層，鋼結構平均每星期完成工作四層半，石工約每日一層，建築之速，實堪驚人。它的屋頂主塔上又築着205尺高的鋼塔，作為氣艇的繫定桅。

摩天樓廈是鋼鐵造的，可說是有彈性的。太陽的熱烈光線照在上面，確然有很微而可以覺察的向後偏彎。因為一面受了熱，鋼鐵會膨脹的，結果就是兩邊長短不齊，偏彎是必然的事。

遇了狂風，樓廈又要搖曳。據工程師的計算，帝國大廈若遇風力在每小時一百二十五英里的速度，可有二十四英寸的搖度。這是作為最利害時的準備。但是從來沒有遇着多過四英寸的搖動，這是給一百英里的風力所致的。

這種搖度亦是要十分仔細的計算出來。若是有絲毫的錯誤。小則造成拆裂的牆壁，大則發生震驚世界的慘禍了。並且這種搖曳亦是經租人的一種困難。因為對於租賃的人保證平安是容易的。但是住在雲霄裏的房客，遇到杯盤從架上滾下來，或是浴盆裏的水潑翻到地上來，就難免要發生抗議了。有些住在上層的房客，遇到狂風的日子，竟會在陸地上暈船哩！

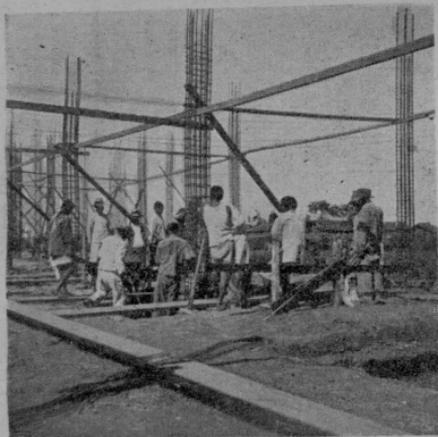
假使這種樓廈坍塌下來，真不是兒戲的事。所以凡是人力所能盡的方法，儘量的研究出來，防止這種意外的變故。但是據化學家的意見，坍塌也是可能的事。因為摩天樓廈並不是都建築在堅實的岩石上的。在美國有些地方，埋得混凝土很深做的基礎周圍盡是些浸濕的泥土。若是所用的水泥不是不透水的，若是周圍的水裏含着硫酸鹽，水泥就會腐爛，變成酥鬆了。美國著名的化工雜誌在1930年曾經說過可有這種危險。但是據專家說：這種危險大概可以不致於發生。因為周圍的泥石擠緊，可以阻止酥軟的混凝土散開。

到現在為止，還不會有鋼鐵的樓廈發生什麼不穩的現象。風日雖烈，依然矗立雲霄。人心還是不足，要想「繼長增高」哩。

上海市體育場之偉大工程

上海市政府爲繁榮市中心區域，鍛鍊市民體育起見，特於市府大廈之西南，闢地三百畝，撥帑百餘萬，建築偉大之體育場。計自民國二十三年八月興工迄今，起時年餘，在工程緊張時，每日全場員工多至一千五百餘人。工竣後第六屆全國運動大會，即在該場舉行。此莊嚴宏麗之新建築物，固已引起國人之注意，因略述該場建築情形，附以工程照片，藉明

此巨大建築物在工程時代之工程。



運動場水泥柱鋼筋：鋼筋混凝土爲現代建築之最要材料，係以鋼條爲骨絡，埋入于水泥、黃沙與石子之混合物中。不怕火，不怕潮，不怕鏽，亦不怕震動，混凝土用以應付壓力下之變形，而鋼筋則用以應付拉力和彎力下之變形，故二者並用，相得益彰。製造方法，先紮鋼骨架，圍上殼子板，以做模子，而後灌入濕混凝土。歷若干日，全部乾結，乃將殼子板拆去，即成所要之建築部分，十分簡便，爲其他建築材料所不及。

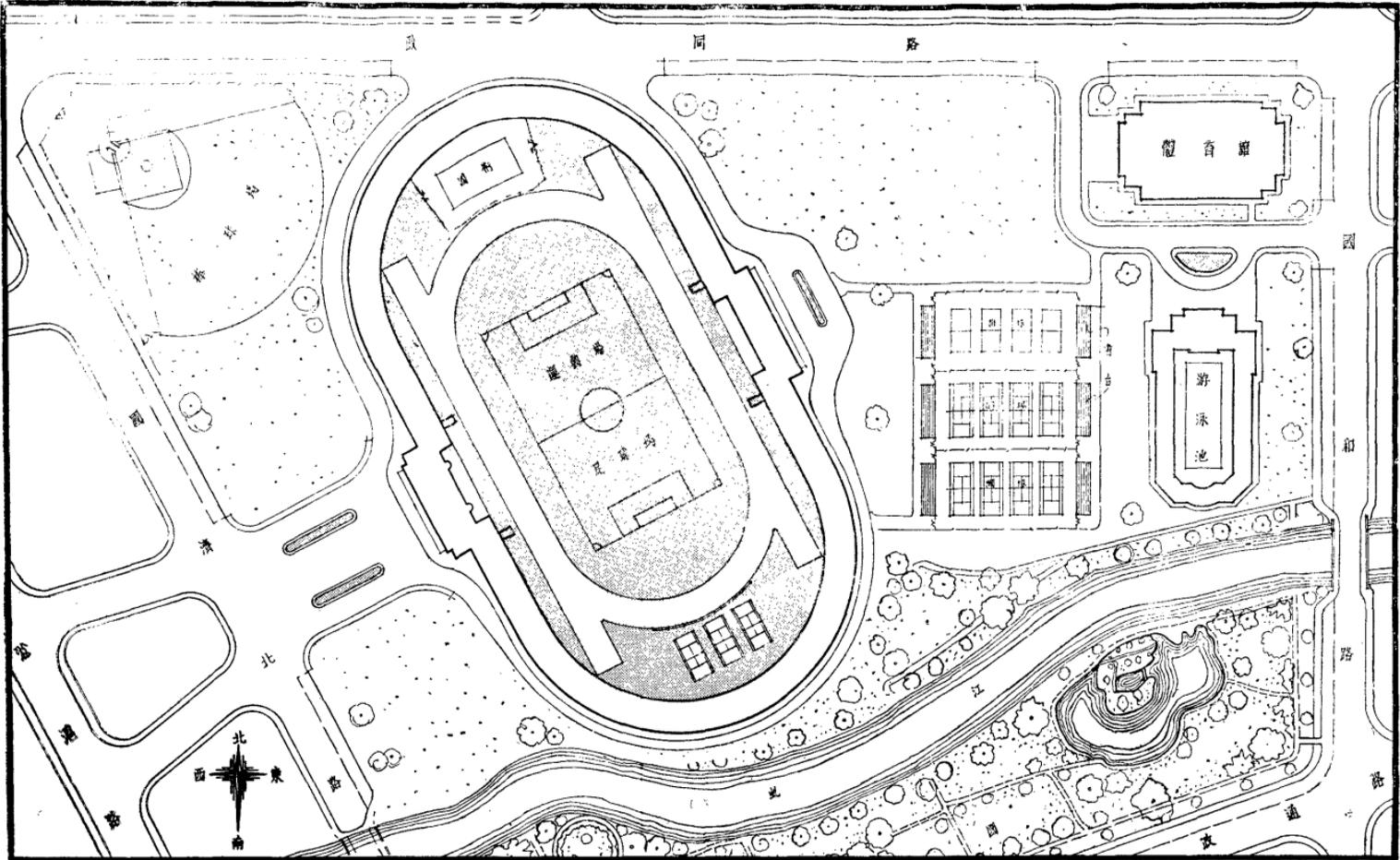
設計概要

全場工程計有運動場，體育館及游泳池三大建築，外附棒球場及網球場兩所，所有建築物之設計，俱以美觀不失安全，經濟切合實用，兩大前提爲原則。

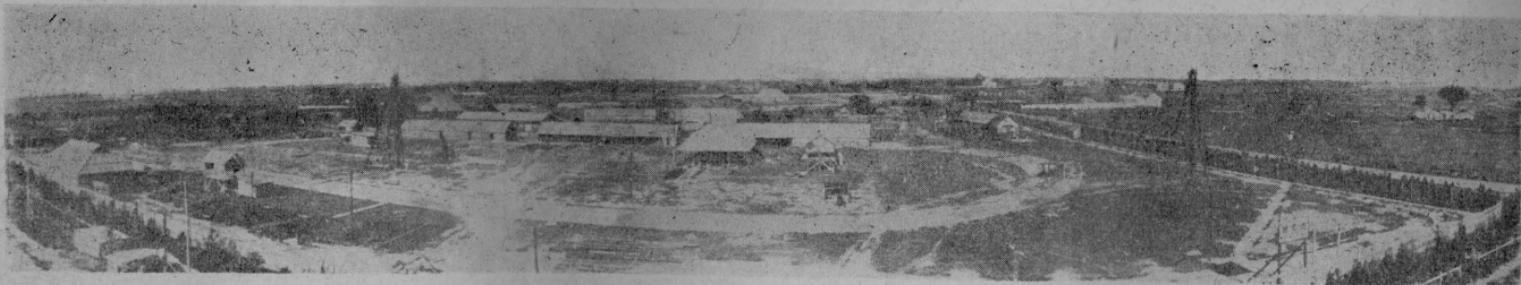
全國最大的運動場 運動場四週悉係鋼骨水泥建造之看台，中央爲田徑賽場足球場國

體育場建築工程進程序表

工程	民國二十三年						民國二十四年								
	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月
運動場	招標 訂立合同	開工		奠基 行禮 舉基 竣工	第一層 澆泥 就水			看台及 三層樓 澆水 就泥			屋 面完 成竣 工	地 板做 好配 齊	人 造石 面完 竣油 漆金 玻璃 配齊		市府驗收
體育館	同上	同上	木樁打 齊底 脚做 就	奠基 行禮	鋼骨水 泥柱及 看台樓 澆好			門廳健 房屋身 成磚面 全完 砌	屋 鋼架 裝 竣		地 板鋪 就石 門完 竣	鋪 就石 門完 竣	裝 修油 漆粉 刷完 畢		市府驗收
游泳池	同上	同上	木樁打 齊底 脚做 就	奠基 行禮	柱基及 底做 成		看台第 二層樓 澆水 就泥	門廳屋 成磚面 完齊			人 造石 門 面 做 好	磁 磚鋪 馬 克 修 齊	給 水設 備完 竣油 漆金 玻璃 配齊		市府驗收
衛生設備			開標 訂立 合同									衛 生設 備 完 成			
電燈設備													電 燈設 備 裝 齊		
溝渠工程													招 標訂 立 合 同	溝 渠完 成	
場地工程						開標 訂立 合同								招 標訂 立 合 同	球 場跑 道 草 地完 成



上海市體育場平面全圖 比例 1"=300



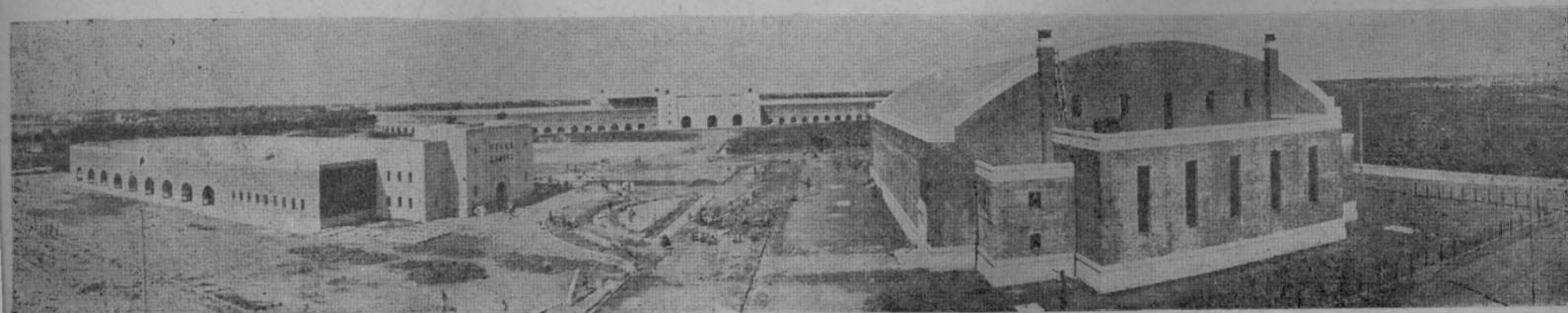
二十三年九月上海市體育場地地面已填平,正在打樁。



二十四年一月,水泥柱設子板拆去,看台第二層樓板與池身水泥已澆就。



二十四年四月，屋面完成，磚牆砌竣，鋼屋架裝畢。



上海市體育場全景 左：游泳池 中：運動場 右：體育館 二十四年九月大功告成

術場等，圍以環形跑道，其一周之長度適為五百公尺，兩邊則置二百公尺之直線跑道二條。因場內須容納此二百公尺之直線跑道，故運動場看台之建築不得不作橢圓形。場地面積約五十六畝，看台週圍共長約七百六十公尺，寬約十七公尺，可容四萬人，其容量為全國運動場之魁首。

看台築法 各級看台之坡度係按曲線佈置，故各級階層座位之高度，自下往上，逐級加高，約一公尺，庶任何部分觀眾之視線，咸能由看台遍及全場，毫無阻蔽。

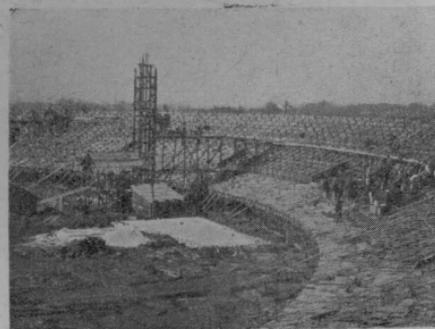
人造石牆之製法 看台下層地位即利用為宿舍商場公廁辦公室及過廊等項。自過廊通達看台之扶梯，凡三十四處，數萬觀眾之通行出入，可無擁擠之虞。在東西二看台之中央，各



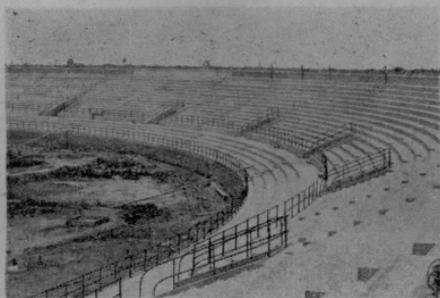
運動場看台之木殼。



運動場看台樓板之鋼筋。



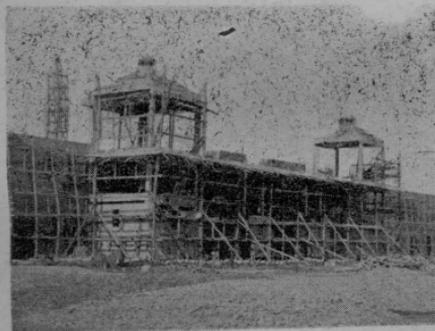
運動場看台甫在澆灌混凝土。



木殼拆除，看台已完成。



運動場中央之球場及跑道，



建築中之運動場後門。

設莊麗之大門，以崇觀瞻，門廳建築爲中國式，外牆悉護以人造石。人造石版之澆製，係用水泥砂石拌合製成，待堅硬之後，用鋼鑿斬成石紋，驟視之幾與天然石質無異，其價值則較山石低廉數倍。

熱脹冷縮之預防 全部看台俱以鋼骨水泥建築，每長五十二公尺左右爲一節段，與毗鄰看台完全隔斷，中間留出五公分寬之伸縮縫，供混凝土因溫度升降時伸縮之地位。

鋼臂架遮棚 大門廳上面爲司令台暨上賓看台，其上建有鋼架遮棚以示優異。該項鋼屋架係懸臂式，臂長十三公尺餘，凌空外伸，爲本市罕見之懸臂屋架。

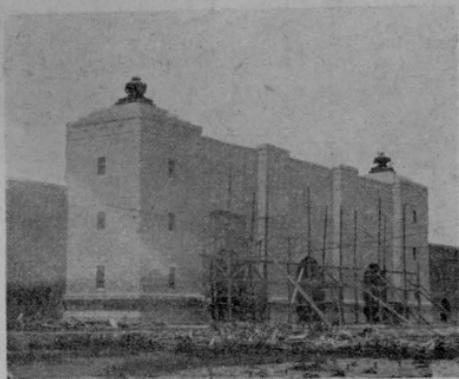
三樞紐鋼掛屋頂 體育館總長八十二公尺，寬四十六公尺，專供戶內運動及集會之用，

可容四千人，中除看台外，有高大之運動廳與健身房。看台下層爲辦公室浴室廁所休憩室之屬。看台與門樓健身房俱係鋼骨水泥建造，至運動廳屋頂則爲三樞紐式鋼拱屋架，跨度長四十二公尺七公寸，高約二十公尺。

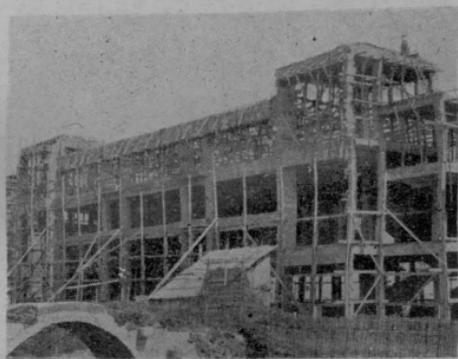
隔絕潮氣 運動廳與健身房之地面，均舖槭木 (maple) 地板，下襯洋松企口板，墊以油毛毡及水泥三和土底脚，與地下潮氣完全絕緣，且復堅固異常。

採日光法 運動廳之採光線純採高射式，於穹頂兩側設置毛片鐵絲玻璃天窗，使運動員及觀衆無仄耀眩目之感，設有碎裂，則碎玻片仍有鐵絲網保持而不致脫落下墜。

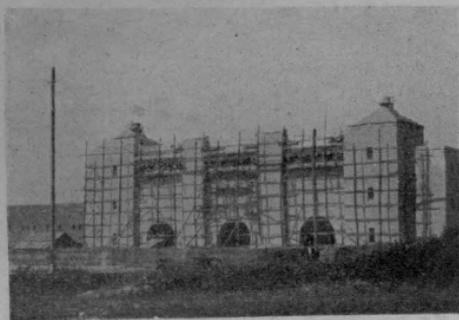
隔絕地下水之游泳池 游泳池爲露天式，池長五十公尺，



已完成之運動場後門。



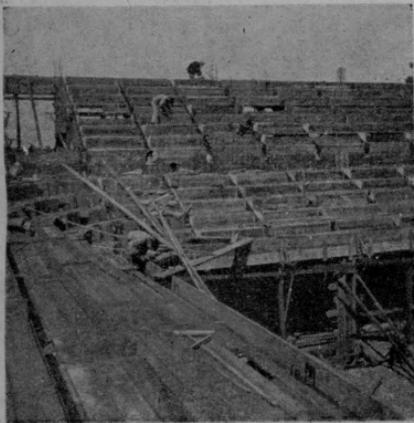
未砌磚牆之運動場前門



整理牆面中之運動場前門。



運動場司 台上之懸臂式屋架，



體育館看台木殼，預備鋼筋。澆混凝土。

寬二十公尺，池底深度剖面略似匙形，最深處達三公尺半。池身用鋼骨水泥及避潮材料——五層油毛毡——所構成，使池水與地下水完全隔絕。爲減低看台視線關係，故將池身埋入地面之下。復因池址地形卑下，高潮汛時地下水平面幾和地面齊平，池底土壓及地下水之上昇力殊大，故於池底加打拉樁七百二十五根，樁頂與池底鋼骨水泥完全結牢，使地下水之上壓力由樁身與泥土阻力抗禦平衡之，故冬季池水放空時，池底不致有隆起破裂之虞。池邊及底面牆身，舖砌白色瑪賽克與磁磚，外觀非常光潔。池外地面與看台裏牆面均舖棕色缸

磚，以期減少陽光之反射強度。

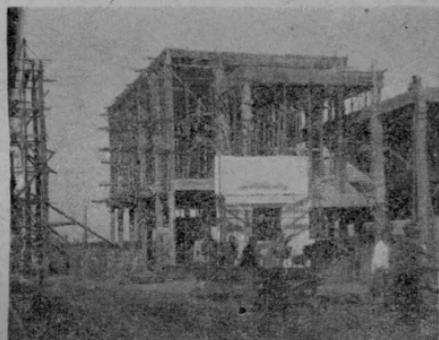
調和的燈光水色 池內燈光設備裝於池壁水平面之下，在夜間游泳時，燈光水色，非常調和，泗水者既免於幽暗，復無眩目之虞，該項燈框之構造，係自池外平地處，通一水泥彎管達池壁玻璃罩，

上覆銅蓋，俾裝置及修理電燈之際，無需放低池水，以節水費。其設想固甚巧妙，但燈框之內，須常保持乾燥，建造時一方須令池壁玻罩之裝置，全不透水，一方復須防及水泥彎管及接筭處之滲漏。設或框內稍有積水，即足損及燈泡電線之安全，務須立即洩除。目前該項池燈雖已裝就，唯以節省經費關係，裝置材料不免單薄，施用時猶未能如理想之完善。

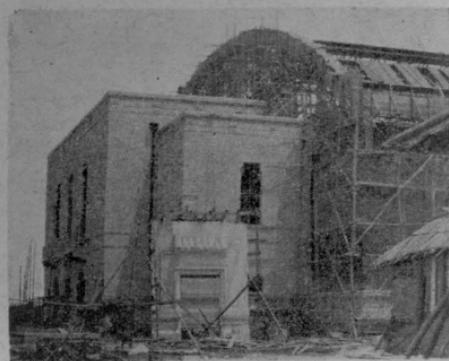
池水濾清與消毒 池水容量約二千二百立方公尺。自進水管放入自來水後，池內裝有濾水設備，自能循環流通，使濁水變成清水，重返池中。此項濾水設備，一如小規模之自來水廠，計分機械濾清，與化學消毒二組織，能令全池水量於六小時內，循環濾清，因以省換水之損失。



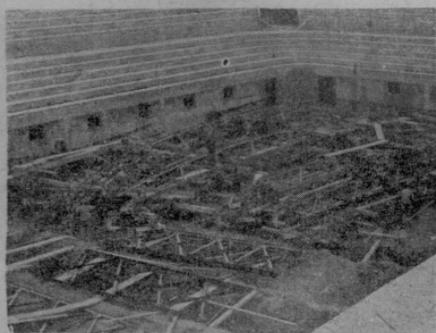
體育館內部看台已澆成，屋架尚未裝上。



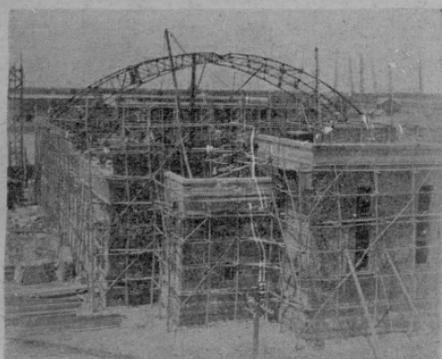
體育館梁柱樓，在澆注混凝土時期。



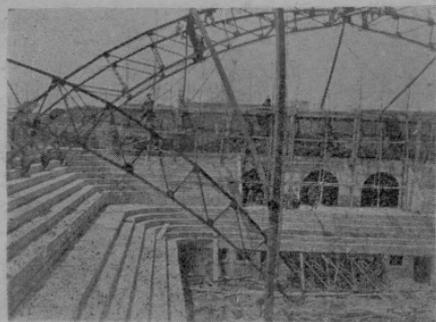
體育館門廳之側影。



體育館之鋼屋架，先在地上綴合。



體育館三樞紐鋼屋架裝 情形。



體育館鋼屋架在吊置時情形。

藝術化的兒童游泳池 池之南端附有兒童游泳池，深度不足一公尺，旁側裝噴水管三枚，池口設有踏步，以便兒童上下。佈置形式，殊有藝術化。

池週亦爲水泥看台，足容五千人，下設休憩室更衣室浴間廁所等項。其前爲正門大廳，辦公室會議室等附焉，一切佈置，略如體育館。

古雅的煙囪 運動場體育館等處之內外窗牖俱裝國貨鋼窗，取其經久耐用。各處房屋之煙囪，俱藏納於門樓屋頂之巨鼎內，殊爲典雅，雖矗立雲表，初不知其爲爐灶之煙囪管也。

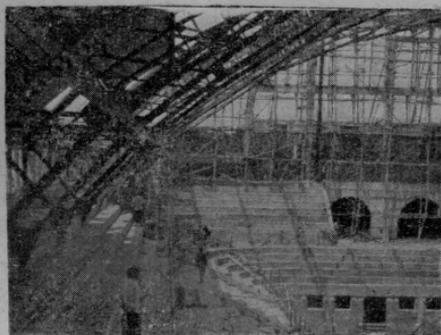
施工情形

打樁的功用 各部房屋基礎俱打入七公尺至十二公尺之洋松樁，藉樁身四週發生之阻力，以分受地土所受之壓力。爲

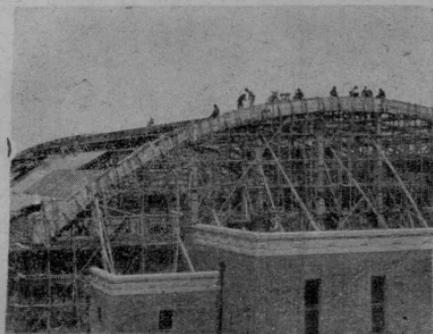
減少樁料及增加樁身阻力計，底脚木樁均採用長方斜楔形，將洋松方子分大小頭鋸析爲二樁。至游泳池底下之拉樁，因拉力關係，仍用正方形木樁，所有木樁於未打之前，均先用熟柏油塗抹一過。

打樁要訣 打樁工程於施工時須嚴密監視，慎防偷減鋸截，致影響將來載重之安全。錘打之先，插樁務須垂直，否則錘力偏擊，樁身有斷裂之虞。落錘距離不得過於提高，致打裂樁頭，普通以提高二公尺左右爲最相宜。打樁最忌半途停頓，致沙土擠集樁身週圍，迨再打時，難以再下。遇此情形，惟有低錘頻擊，使擠堅沙土逐漸鬆弛，俟有動機，更照常錘擊。

木樁載重之計算 木樁所能支持之重量，須視泥土與樁週阻力之大小而定。體育場設



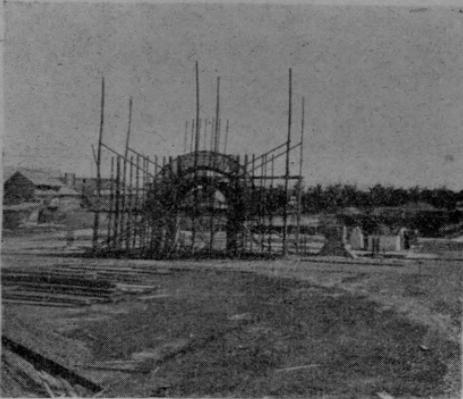
體育館看台內部及已完全之鋼屋架。



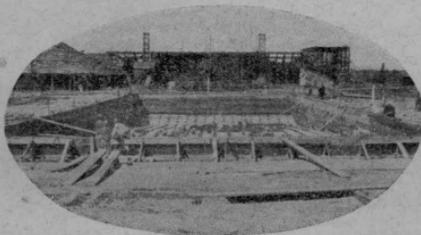
體育館鋪蓋屋面，



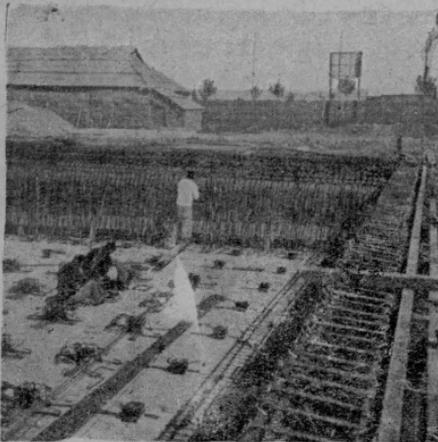
體育館在將近完工時。



游泳池在舉行奠基禮時。



游泳池池底打木樁



游泳池池壁鋼筋及池底樁頭。

計時所假定之樁阻力為每平方公尺一千公斤（每方呎二百磅）由是各個木樁之載重力即可依下式計算得之：

每樁之載重力 = 樁身週圍之面積 × 每平方尺之樁阻力

打樁至將近需要高度時，樁身在最後五錘之平均打入深度，與樁身安全負擔之重量，至有關係；假定

W 為錘重公噸數，

H 為墜錘高度以公尺計，

S 為樁身最後五擊之平均入土深度以公分計，

依照美國工程新聞雜誌所載公式（Engineering News Formular），更可實地推算該樁之安全負量，其式如下：

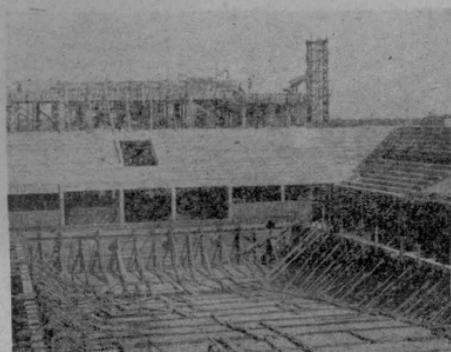
每樁之載重力（公噸）

$$\frac{6,556 W (\text{公噸}) H (\text{公尺})}{0.393 S (\text{公分}) + 1}$$

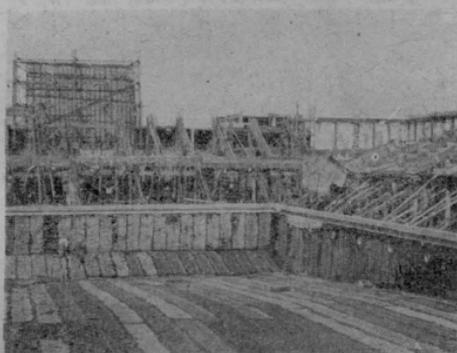
三和土之配合成分及澆注法 全部水泥三和土成分，除游泳池池身為 $1:1\frac{1}{2}:3$ 外，其餘俱為 $1:2:4$ ，配合成分以體積為比例。監督水泥工程，除注意其配合成分是否正確外，更須注意其拌合之是否勻透，水量之是否適合，沖填之是否堅實，木壳支撐之是否妥善。以上各端如稍疏忽，在在足以影響三和土之安全強弱。一切水泥混合物，宜隨拌隨用。

鋼筋之規定 所用鋼筋規定每平方公分須有一千二百五十公斤之拉力，照圖樣紮齊後，須經驗對無誤，方可灌注水泥石和土。體育場在初步工作時，運到鋼條，曾攙入低劣貨品，所有22公厘及25公厘之鋼筋，中心發現有裂隙空心者，經察覺後即令退出工場。

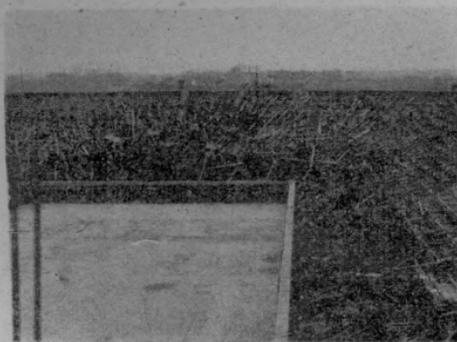
澆注三和土之最低溫度



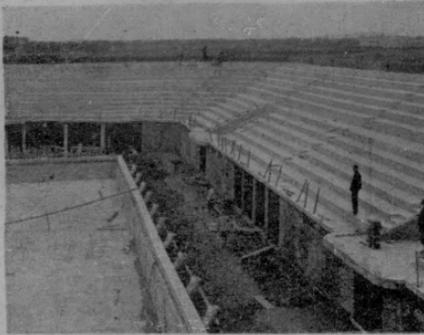
游泳池池壁木殼，預備澆混凝土。



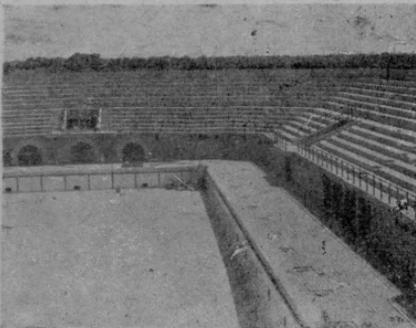
游泳池木殼拆除，正在鋪置避潮層油毛毡。



游泳池看台木殼，預備紮鋼筋。



游泳池看台及池身已經澆成。池旁伸出之彎管排列，即池內壁燈之燈框。



游泳池全部磁磚已鋪就，尙未放水



游泳池大門

去冬嚴寒之時，正當鋼骨水泥工程緊張時期，乃規定在華氏表三十四度以上時，始能進行灌注工作，灌畢即用稻草與麻袋遮蓋，免被寒氣所侵襲。

拆卸木殼板之時期

鋼筋三和土木壳拆卸時期，須因氣候之寒暖而定其久暫，普通殼板之拆卸日期得酌定如后：

註	備	40°—32°	40°上下	50°以上	60°
灌木日表期自當日 之所除本日以灌凍 天土拆於之加土冰 水凍和其須歷外三後 三壳斯應外三後數	以上	五日以上	四日	三日	三日
	以	以	以	以	以
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	三	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一
	星	星	星	星	星
	期	期	期	期	期
	以	以	以	以	以
	上	上	上	上	上
	五	三	二	一	一

屋頂架鋼料規定由馬丁爐製煉，每平方公分之最大張力，不得少於四千二百公斤。配合時先照屋架詳圖，放出足尺樣版，經核對無誤，方得截剪打眼。一切帽釘均用冷氣錘打合緊密。帽釘帽齊後須逐一驗看，其帽緊者用小錘擊之發清脆聲，其鬆動者則作破碎啞聲，應令擊去重帽。另法以指尖觸於鉚釘上，用小錘夾擊之，帽釘如甚緊密，則錘擊時指尖無所感覺，反之則錘擊時指尖感覺麻木，斯即帽釘鬆動之證。

清水牆之美觀問題 所有房屋外牆，除門面處爲人造石牆面外，餘俱爲紅磚清水牆，並以節省經費之故，均爲灰砂砌十吋牆。復以清水牆美觀關係，水泥柱子與大料不得顯露牆外，祇能擱入牆身一半。此點使牆身內外沉落不勻，牆身堅固程度，不能不稍受影響。

砌牆法 四連牆身應同時砌高，但因週轉距離太長，不得不稍



游泳池大門拱門



體育館鋼屋架之邊部垂桿結構

爲先後，故限定雙方高低參差不得過二公尺，以免先砌與後鑲之牆，灰縫沉落有差，致接縫處有開裂之弊。

造球場法 足球場及四週空地均鋪以平坦之草地，再經滾壓堅實。硬地球場之做法，先將基地滾壓堅平，鋪以十五公分碎磚，壓實至十公分厚。繼續鋪粗煤渣壓實十公分厚，上澆石灰濃漿，再鋪黃沙細煤屑對半用水拌合，壓實至七公分厚。然後鋪蓋黃砂黃泥，對合拌和，壓實至二十五公分厚。

做跑道法 跑道之做法與球場略同，惟碎磚較球場基厚五公分。鋪十公分粗煤渣滾壓後，再鋪攪拌百分之三十黃泥之細煤屑一層，約八公分厚，滾壓堅平，即可應用。跑道轉彎處，設有坡度，外圈較裏圈高二十公分（跑道半徑長四十八公尺）。

填土工程 全場基地多半原屬耕田，殊極低窪，現經全部填高約一公尺高，計共填土約五萬立方公尺，場內填土工作亦爲巨大工程之一。

溝渠工程 全場溝渠，除房屋四週及路面下層埋置水泥溝管外，球場跑道之下埋設磚砌溝道，其他次要之處，則開掘明溝以資洩水。

餘 言

體育場建築之偉大，範圍之廣袤，洵爲最近上海市之巨大工程。茲篇所述，不逮什之一二。外此如路燈停車場之添設，附近路面之展拓，汽車路線之規定，鐵道車站之建造，俱經先後竣事，全運會

開幕時之交通秩序等問題，均為週密佈置，俾免臨事倉皇紊亂，更有足資注意者，即體育場一切工程設計監造事項，俱由本市機關主持規劃，通力合作，絕未假手外人，對於一應建築材料；莫不儘量採用國貨，足徵當局於努力建設之中，深寓提倡國貨之至意，此堪為吾工程界所法式者也。茲復載列本場建築工人及工款約計表，以為本篇之結束。

體育場建築工作人數比較表

體育場建築工款約計表

類 別	工作日數	百分比
木 匠	39,588	16.8%
泥水匠	47,242	20.8%
石 匠	10,529	4.5%
鐵 匠	21,821	9.3%
鉛皮匠	1,073	0.4%
漆 工	3,675	1.5%
樁 工	4,248	1.8%
水電匠	7,004	2.9%
小工(三和土附)	80,754	34.4%
渠 工	1,200	0.5%
填土工	16,700	7.1%
總 計	233,834	100%

工 程 分 類	經費(元)
房屋建築	893,200
游泳池給水設備	34,500
衛生設備	63,000
電燈設備	12,100
溝渠	7,800
跑道	6,200
球場	10,000
鉛絲網	8,000
水泥路	8,000
填土	15,000
木看台	6,700

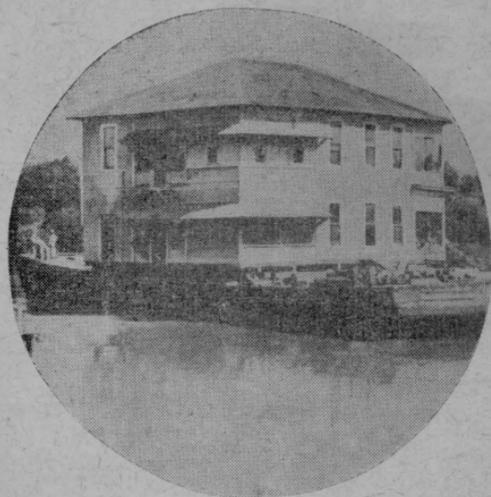
整個建築物的遷移



(左)美國芝加哥因為建築街道的關係，曾經應用八哩長的鐵軌，將這座七層大廈移開100尺之遙。移時連一扇窗都沒有破損。

(右)這座芝加哥的教堂，整個地被移到街道對面的一塊新基地上，是一件很不容易的工作，新基地即在圖中的前部。



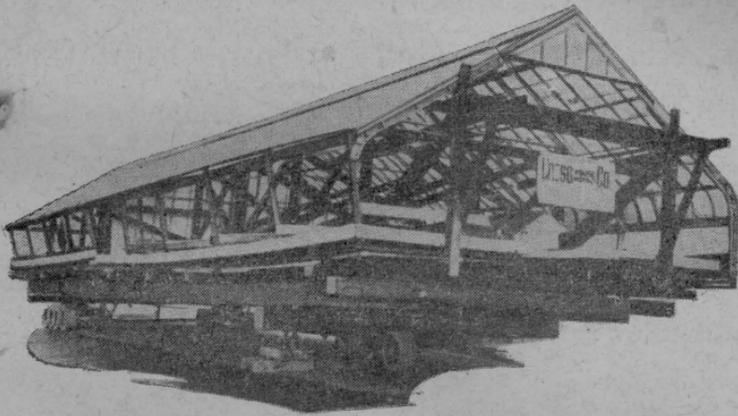


像這樣的現代房屋十二座，曾經用平底駁船裝着，渡過查理士登（Charleston）地方的喀那華河（Kanawha River）而放到新基礎上去。這裏是其中之一，正在搬運時的情形。



在洛杉磯（Los Angeles）地方，有一座有二十三個房間的住宅，被分為兩半，每一半各用若干輛載重汽車拖着，搬到一哩遠的地方。搬運時在夜裏，房屋內還留有許多人，大家都靠在窗上很有趣地注視這部分建築物的移動。

右圖表示一座有三十三間房的大屋在搬運中。當它通過紐約布魯克林 (Brooklyn) 的街道時，一切交通悉奉命停止，架空電綫亦被取下，以便它可以走過。當移動約半哩的距離後，它打了一個轉，即達到它的新基礎。據說它在『旅行』中並沒有受到什麼損壞。



這座八十尺長的溫室，在洛杉磯地方移動十二哩，連一塊玻璃也沒有損傷。圖示這溫室裝在一種搬場車上。



這座房屋，載於一種雪車上，由四對牛挽着，移過一個結冰的湖。

燈塔的故事和奇妙的構造

海口外倘沒有燈塔，航海的危險是無可逃避的。沙洲和岩石棋布星羅，船隻如在暗中進行難免發生觸礁等事。數千年前已經有一種燈塔爲航海者的引導，到得現在，燈塔的構造益加奇妙了。

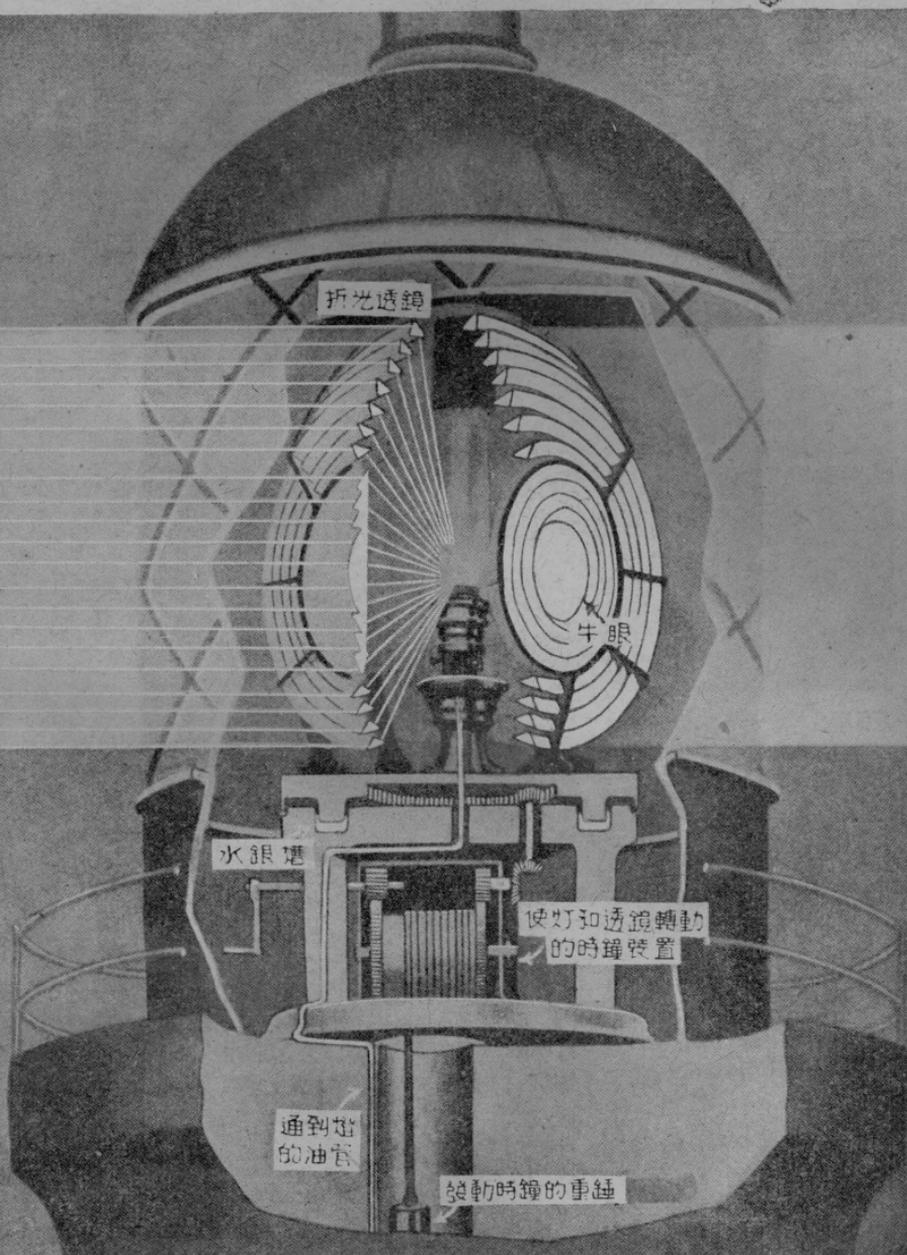
古代燈塔

亞力山大(Alexandria) 附近島上的燈塔是古世紀時代中七奇之一(見插圖)。但是在它的前數百年，埃及的修道者在常海濱舉起烽燧，警告地中海中往來的船隻，並指示它們航行的途徑。當羅馬人抵不列顛後，他們即在多維(Dover)建造一座燈塔。以後數百年中，曾在海濱繼續設立幾個烽火台。

在十六世紀英皇亨利第八世時，英國海外貿易日增月盛，而船隻出入益加頻繁。對於燈塔的設備不能不加以嚴密的考慮。因此英皇以特權付於一個會社，使在海濱的一定地點，負建築與保存烽火台的責任。

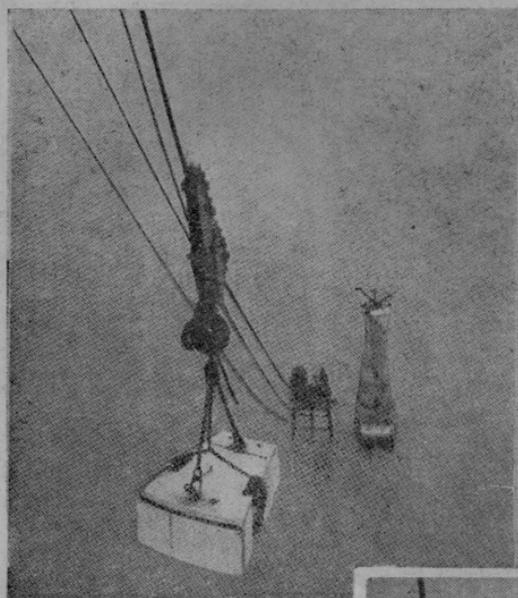
自後英國海濱繼續創立不少烽火台，負着指導航船的責任。台上發出的光大都靠大量木材或煤火，舉這樣大的烽火須費不少守望與工作的功夫。

燈塔的構造和種類



燈塔上燈部構造的剖視圖。

說到近代燈塔構造的進化史，差不多就是等於說英國的燈塔進化史，因為英國是世界第一而且先進的海軍國，她對於燈塔的研究和建築，都是很早而且很好的，現今各國的燈塔建築，雖有若干差別，但其本源都可以說是從英國來的，所以本文的材料，

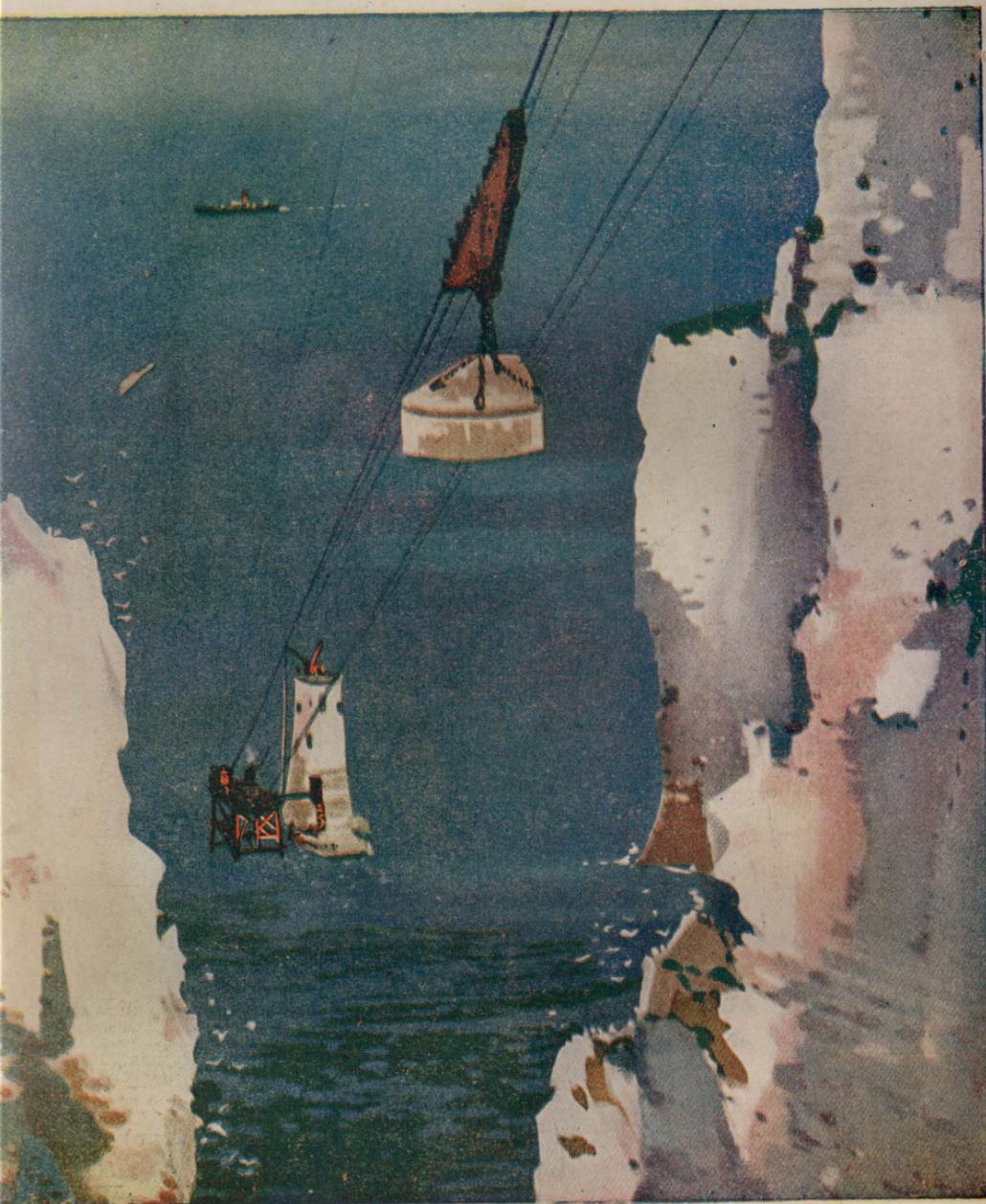


用鋼纜放下一塊大石去建築燈塔
多以英國為主，以供我國
工程界的參考。

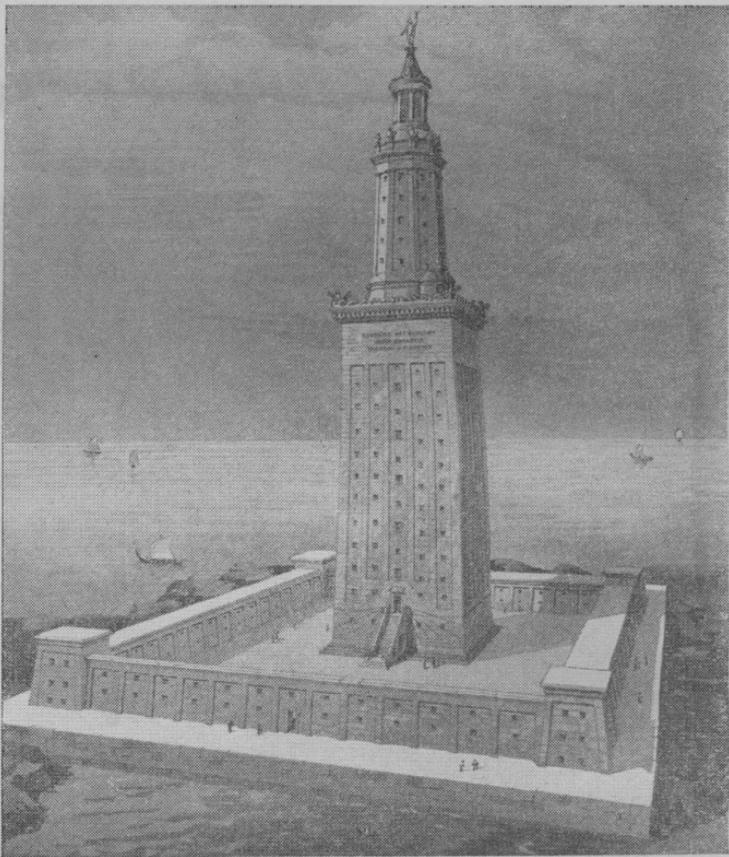
燈塔的建築。必須考慮在什麼地方為必需，和在什麼地點始易於使人看見這兩個問題，然而要適合這兩種要求的地方，常是不易覓得，即令覓得，又常有不易建築的問題發生，因為這種地方不是經



用起重機安置石塊



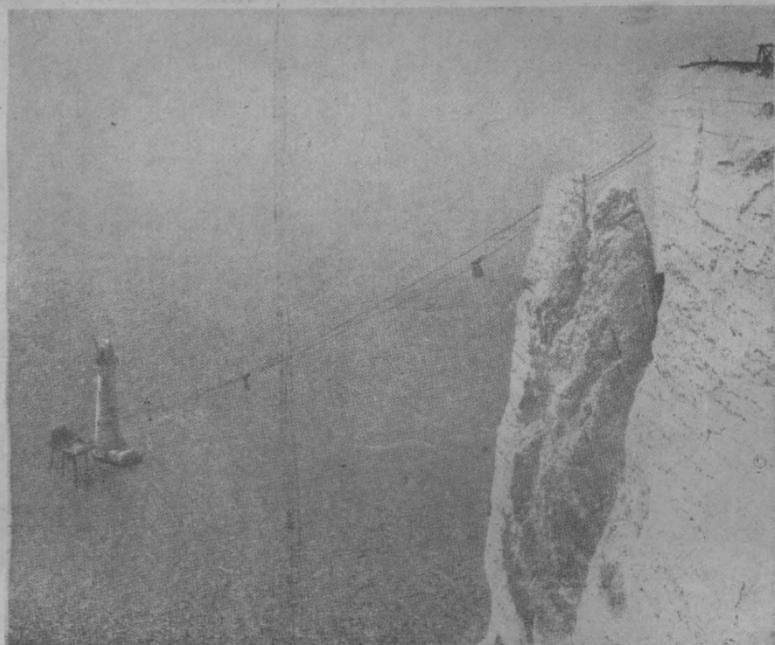
燈塔如何建築



中古遺記得上古燈塔的印像亞歷山大燈塔 (Pharos of Alexandria) 爲上古七奇之一。西歷紀元前二百七十年古埃及國王費萊特勿斯 (Ptolemy Philadelphus) 命蘇決萊得斯 (Cnidian Sostratus) 建造。至十四世紀毀滅。一九〇九年西爾起 (Herr Herman Thiersche) 發表燈塔的紀念文字，詳述該塔之巨大工程及其構造。當時西爾起雖有不少典籍作爲參考，然多傳聞之詞，殊少中古學者親歷其境的記錄，所以其文亦有不可盡信者。新近發現易奧賽 (Ibn Al-Sayj) 所著亞歷山大燈塔的記事，比較詳實可靠。易奧賽爲十二世紀西班牙梅萊伽 (Malaga) 回教徒。於一千一百六十五年遊亞歷山大考察古蹟。當時燈塔猶存，即親自量度燈塔之高低大小，詳爲紀錄。氏富測量之智識，故其紀錄尤爲可靠。易氏所記之塔高爲一四〇米三而西氏所記僅爲一二〇米。渠之紀錄未爲西爾起所過目，故二人所載尺寸頗有不同。根據易氏之紀錄，西班牙名建築師奧鐵羅 (Don Modeoto Lopez Oter) 製成一幅幾何圖，表示較高之塔身，能使建築物更覺壯嚴，且與古希臘建築物之比例相符。伍特華 (G. G. Woodward) 近又根據奧氏圖案，繪成亞歷山大燈塔之鳥瞰，登載於倫敦新聞週報，其尺寸大小悉照易奧賽之紀錄。惟圍牆四角上突起之平台，不載於易氏之紀錄。想因當時已毀滅之故。關於此點，伍氏仍依西爾起之假定，繪入圖中。現在該圖轉載於此，讀者亦可以想像古代建築的莊嚴與偉大。

常被波浪衝擊（高潮時甚至淹沒到水中）的孤石，即是不易達到的峭壁，所以這種建築工程，沒有高度的工程技術，是不易成功的。

英國最有名的燈塔，要算第四次建築在厄狄斯登石灘（Eddy stone Rocks）上的一個。該處第一個燈塔是溫司登萊（Winstanley）所經手建築，動工於1694年，完成於1698年，但過一年以後，就被一個大風暴捲來泥土，把塔的一部填塞而且淹沒。1700年再行修造完工，高度共120尺，可是三年以後（即1703年）又被一個颶風把牠毀掉，而且建築牠的人恰在塔中，也同歸於盡。這個燈塔的缺

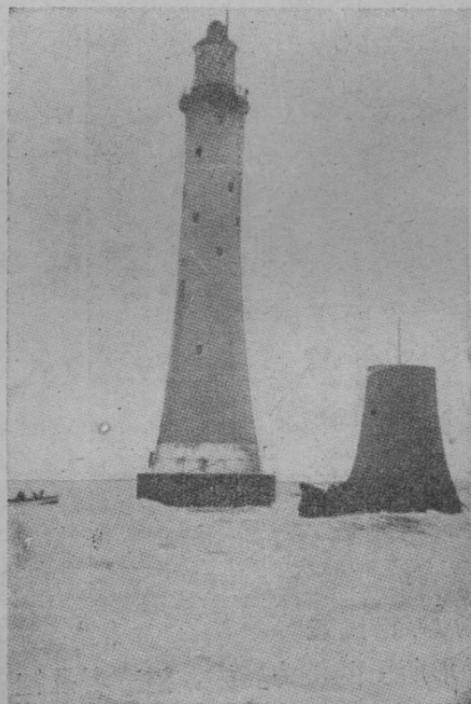


連接燈塔和峭壁的鋼纜

點，在於牠取的是八邊形，比圓柱形所受的波力要大，這或者是牠易於毀去的原因。

第二個燈塔在三年以後才動工，是一個建築師而兼工程師名魯游(Rudyard)的所造，塔身係用橡木豎在石中，周圍再鋪石子，以增加重量來鎮壓着，牠的壽命達四十六年，最後因塔燈起火，完全燒毀。

第三個叫史密登燈塔(Smeaton's light house.)，係史密登所造，動工於1756年，完工於1759年。這是第一個造來足以抵抗海水衝擊的燈塔；建築所用石頭，每塊平均重約一噸，都是取鳩尾樑(dovetail)的形式來接合的。牠在建築上雖然仍不免有若干缺點，



英國厄狄斯登燈塔，旁邊是舊燈塔的基部。

如採用曲線式的地板，於結構力量毫無補益等，可是這個有名的建築，使用了很久的時間，一直到1880年才改成現在的第四個建築。第四個燈塔的建築設計人是道格拉斯爵士(Sir James Douglas)，他用另一個基礎來建築，但對於原來史密登燈塔的下部，仍保存着，我們在圖中還可以見到。

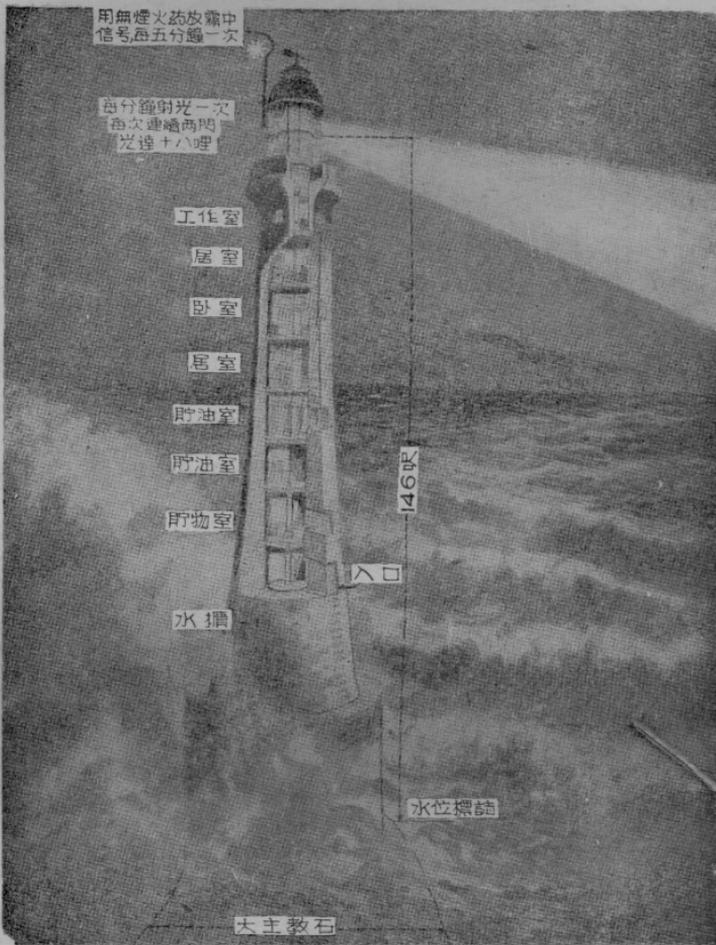
除了厄狄斯登燈塔之外，距福發夏(Forfarshire)海岸十二哩的柏爾石上

(Bell Rock)燈塔,也是一個有名的。牠的高度爲一百呎,從高潮線以上二十一尺都是建築成固體的,用去的石塊共重約兩千噸以上,地板都是取的鳩尾樁的形式嵌入牆裏,這樣,對於全部結構,增加力量不少。這個燈塔於1811年開始使用。

在英國西部一帶的燈塔,以大主教石灘 (Bishop Rock)所造的最有名。牠是用鋼鐵來造,已成立八十年。牠亦是把全部高度的四分之一做成實體,而且所用石塊都是取鳩尾樁的形式,用水泥來接合的。這個燈塔的內部構造,如92頁之圖所示。

上面所說的一些燈塔,都不是建築在海邊上的高地而建築在危險的礁石上面的,所以實際上可以叫作礁燈 (Rock lights)。建在礁石上的燈塔,都需要極強的結構,因爲冬季的大風,實在是不可輕視的力量,譬如蘇格蘭的慕爾島 (Island of Mull) 十四英里的杜哈打 (Dhu Heartach) 燈塔,當完工以後,即被一個大風吹到海中去,其石塊雖然都有兩噸左右的重量,可是吹到海中去時,竟好像只是一些遊戲所用的石彈。

有時不建築燈塔,只把燈裝在沉到海底而露出在水面外的鐵樁上面,所以受波浪的衝擊力不如圓柱形的燈塔那樣大,損壞的事件較少。這個辦法,頗爲良好,不過,只能用在海底恰是柔軟而可以使鐵樁沉下的地方,若遇海底是堅硬的石層時,就沒有効力了。近來有許多燈塔都已改用混凝土來建築,特別是用來指示淺灘或者沙地的燈塔,用這種材料的更多。建築方法是先用很大的鋼管豎立着沉到預定安置燈塔的地方的海底,再用壓迫空氣把管內的沙泥

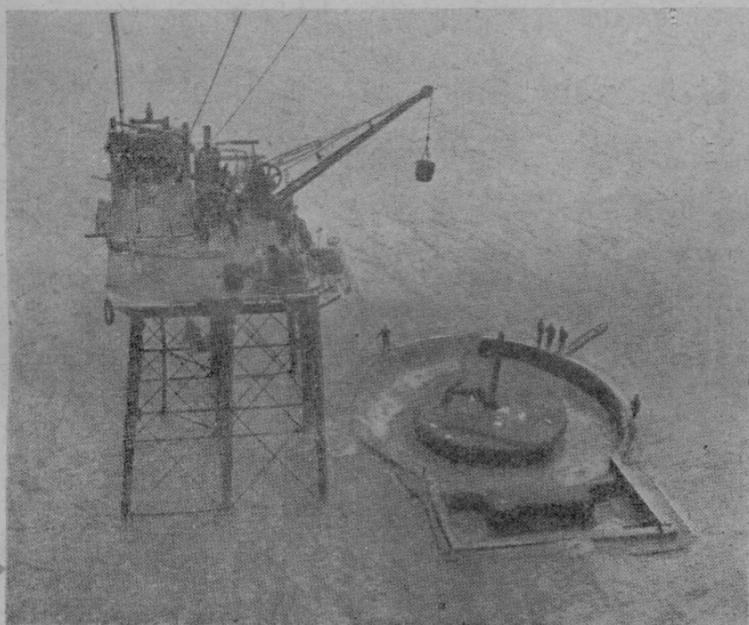


英國天主教礁石燈塔的剖面。這是英國燈塔中最西的一座，標記出西利羣島外險灘。其鋼結構立于1847年，花崗石的牆砌成于1885年。其燈光每十五秒鐘連續二閃，射出一道等于一百萬燭光的光，在距塔十八英里處可看見。

等物排清，最後用混凝土注入，待牠自行堅硬以後，即是燈塔下層的基礎，可以把上層的結構建築在這個大的圓柱上面了。普通所用



在英國海岸外的一座燈塔,當大風浪時的情形。



在海灘上建築燈塔的工作,通常只有低潮時才可以進行。

鋼管的長度，以等於上層結構爲至少限度，有時甚至較長衛塞爾河 (River Weser) 河口的羅特珊 (Rothersand) 燈塔，卽是這樣建造的。

至於安置在海岸上而並不安置在淺灘或者礁石上面的燈塔，另有一個名稱，名爲海岸燈 (Coast light,)，如英國的鄧吉納斯 (Dungeness) 法國的阿善特 (Ushant) 和葛理南 (Gris Nez) 等處的燈塔，都是屬於這一種。還有在比亞里芝 (Biarritz) 北面的險阻海岬上所造的燈塔，用來警告船舶不要走進比斯開安 (Biscayan) 海岸在這一部分的暗礁線，也是屬於這一類。

燈光的用途

以上我們既把燈塔的結構和種類都說明了，下面，我們將把燈塔上的主要東西——燈——的用途來談談。

燈塔的光，所必要具備的條件，必須能明白地對於航海者表示出牠是什麼和牠在什麼地方；使他們一見卽知才行。這個目的，普通都是利用閃光的長短和次數來作表示的標記。所用的器具是一個時鐘式的機械，把燈塔在這種機械上轉動，或者把一個有裂口的幃幕在這種機械上轉動，使燈光可以發生斷續閃爍的情形。每一個燈塔各有牠的轉動速率和特種的光輝，航海者根據這種發光情形，就可以決定燈塔所在，再由他們的航海圖 (Chart) 就可以明白燈塔所昭示的危險是什麼了。西利羣島 (Scilly Isles) 和李查 (Lizard) 中間的瓦爾夫 (Wolf) 燈塔，規定閃光時間是每分鐘的四分之

一，閃光兩秒，南法楞(South Foreland)的閃光是兩秒半一次，芳羣島(Farne Islands)的朗斯登(Longstone)每半分鐘閃光一次。有些燈塔則規定以一長一短的閃光來表示。

除了海岸燈之外，還有所謂海港燈(Harbour lights)，是用來指引船舶沿航線進港內的。駕駛指南(sailing directions)上載明各燈互相間的距離，船到了什麼地方應該取左舷或者右舷，以及在某一種燈光之前應該取不偏的位置行駛等：船上的駕駛員就是依靠這些燈光來控制他們的船，所以這一種用途的燈光，必須有一定的閃光，或者一定的顏色，才可以易於使駕駛人明瞭。

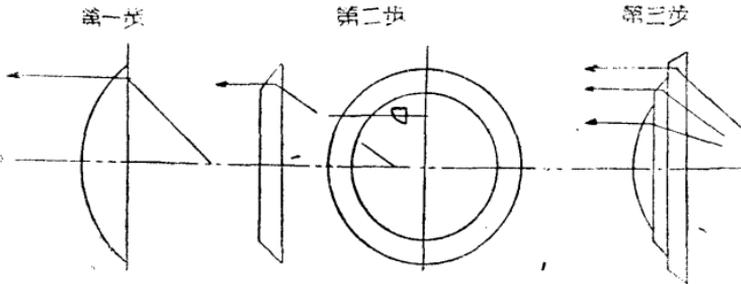
燈 的 構 造

現在我們要來談到燈塔是如何構造了。燈塔所用的燈，主要的部分是牠的光源和用來反射光線的反射器。光源在最早的時候都是用煤或木燃燒，使在天空發出閃光，來警告船舶，其後用燭，又其後用油，至今仍是用油，更有用電，或者用電通過氣體的。

反射器的用處，是用來增強燈光和使牠投射到一定方向的。關於牠的構造，實是燈塔構造中的極重要和有趣的事。最初的時候，反射器都是用一些小片的塗銀玻璃配合在一處，其後改用一種把若干塗銀的金屬反射器連結圓形，每一器有一個燈，各向水平方向射光。近代的反射器，則是把許多透鏡和稜鏡聯合起來，只須在這個合成的巨鏡中心地方點一個燈，就可以被透鏡和稜鏡把燈光加強和集中起來了。

近代的巨形透鏡的進步，大概是這樣的，首先是夫累涅爾 (Fresnel)發明階狀透鏡(Stepped lens)，經過許多科學家的修改，其中有作著名小說『金銀島』(Treasure Island)的斯蒂文生 (Stevenson)的祖父，湯姆士斯蒂文生 (Thomas Stevenson)。詹姆士強斯 (James Chance)再發明現今所使用的焦度鏡 (dioptric mirror)，約翰霍布金生 (John Hopkinson)再發明重要的集團閃光 (flashing group lights)，一切才成為近代的形式。

爲什麼有這許多改進呢？待我在下面一一略爲說明。普通的燈光，牠的光線是向各方面輻射的，無論上下周圍，牠都可以照到，但燈塔上的光，必須把這些各方面的光線集合起來併射到一個方向裏才行，這即是製造燈塔上的燈所急需解決的問題。金屬反射器，



燈塔上所用透鏡的進化階段

雖然曾經被人使用，可是因爲牠容易變暗，而且拂拭的時候容易發生痕跡，所以牠的地位被玻璃鏡所代替。玻璃射鏡用於燈塔的是透鏡，這種透鏡可分爲固定型和轉動型兩大類。因爲固定型一種所射出的光是四散的，改良的問題在如何設法迫使其中垂直向上或向下的光線射向水平。夫累涅爾的改良，對於這個問題，解決了一部

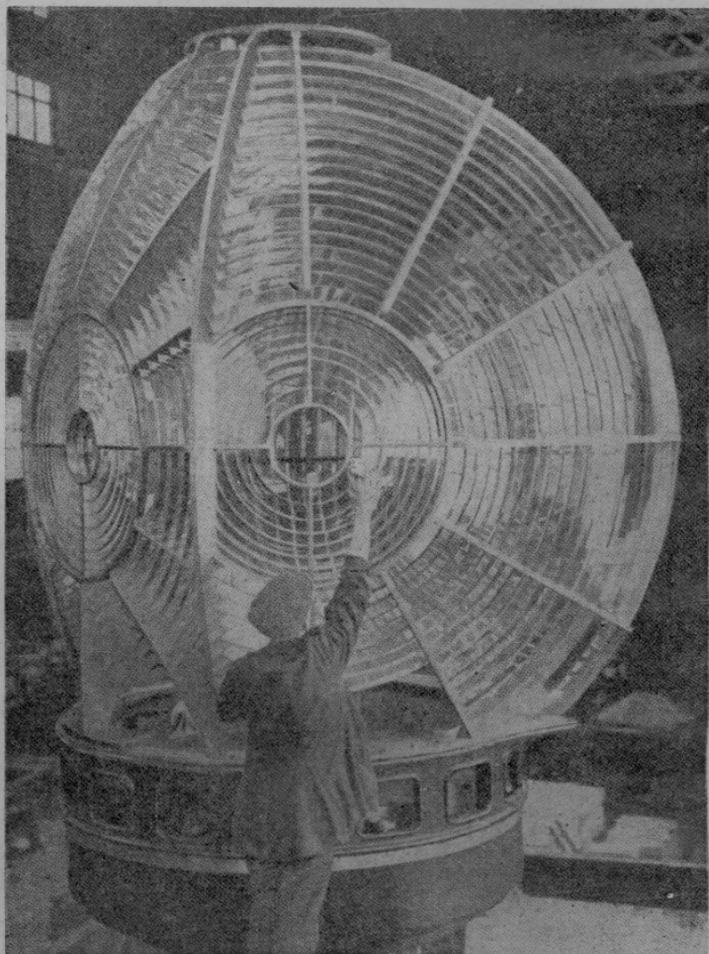
分。他認為以前的反射器的缺點，如每一器需要一個光源，光線四散不能集中等，都是應當改良的。補救的方法，也以爲只有做成一個透鏡才行，可是要做成一個足供燈塔上使用的大透鏡，差不多是不可能，所以他把整個透鏡做成好像是由許多圈形（每一個比在內一個大）合成似的，這樣，就可以得到一個透鏡的功用，能把光線變成向水平的一個方向，而集中和強大起來，並且不像以前須用許多光源，現在只須用一個光源即行了。

夫累涅爾的第一次發明，固然可以挽回大部分光的損失，但他只能挽回垂直向上或向下的光線，其他斜行的光線，仍無法挽回。後來他再作第二次的改良，加用許多稜鏡，這樣，所收集的光線更多，收光的能力，已達原來燈形所可收集的兩倍。不過他的這一切辦法，還是用在固定型透鏡上，到湯姆斯蒂文生才發明力量很大的轉動型透鏡，在燈塔史上開一新紀元。他所用的焦度鏡，後來更經詹姆士強斯的改良，在近代的轉動燈光中，能收集所有的光線而向一個方向射出了。

到霍布金生再加改良發明所謂集團閃光，(group flashing system) 把透鏡做成各種集團，使牠所發的閃光，在一明一暗之間，有許多變化，這樣可以每一個燈塔規定一種特型，使航海者易於認識，即今在昏暗或風暴的夜間，亦立即可以知道到了什麼地方。

燈的構造既然一天比一天複雜，那麼牠所依托而轉動的滾子(roller)，自然也非改良不可。從前的金屬滾子，已不能支持這樣重

的燈而轉動自如，於是水銀浮 (mercury float) 遂取其地位而代之。一個能發出七十五萬燭光的燈塔，其透鏡及支持透鏡的結構，總重量不在六噸以下，浮在水銀槽中，也能支持着牠很快轉動，使牠每五秒鐘發光一次，沒有失誤，這是以前的金屬滾子所辦不到



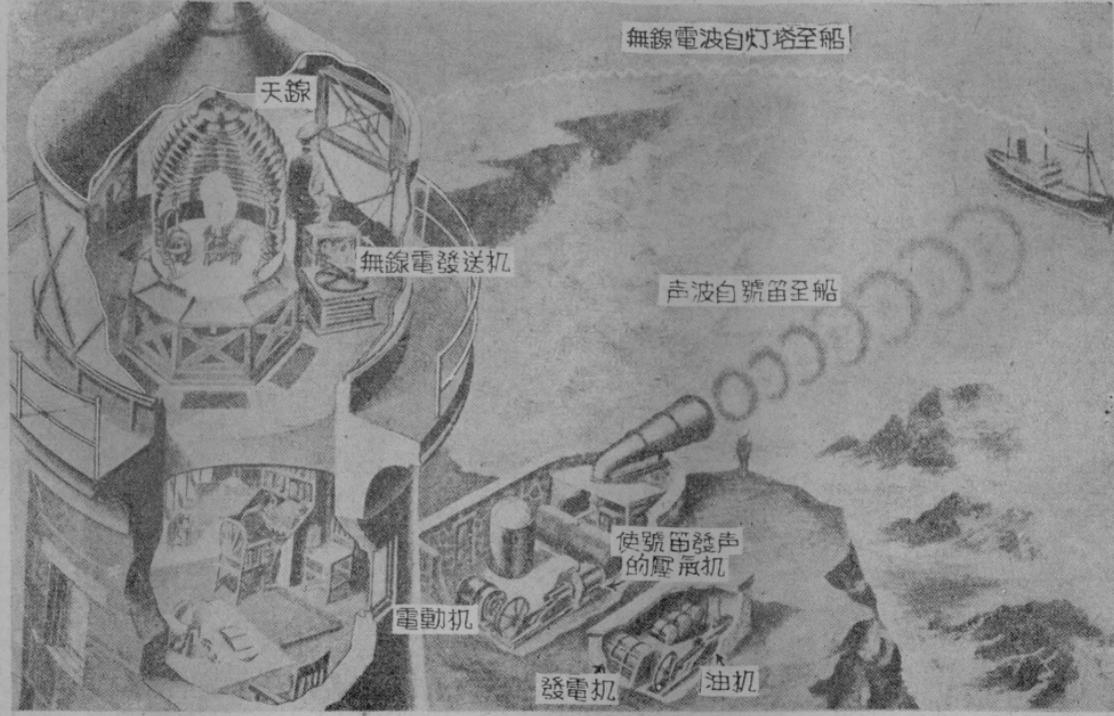
近代燈塔所用發射集團閃光的燈，浮在水銀槽內轉動。

的。至於光源，現今多用有白熾紗罩(incandescent mantle)的油燈，所有以前用燈心的燈，早已廢止了。亦有用8伏特4千瓦特，發8000枝光燭光的電燈，或用特別適合於燈塔的實氣電燈(gas-filled electric-burner)的。近代的油燈或電燈，光輝雖較以前油燈的來得大，可是燈焰所占的空間却比以前油燈燈焰所占的要小，因此反射器中的透鏡和稜鏡等的安放角度，亦不能不隨之而變，所以反射器的構造，都要從新計算後加以改造，才可以使用得。

近代燈塔所發的光芒，已達驚人的地步。據南法楞燈塔(靠近多維 Dover)的老看守人說，在一個清朗的夜間，他立在他的燈塔前面，從相距25哩以外的法國海岸葛理南燈塔所發射來的光芒。還能穀把他的長鬚投出一個很清晰的影在牆上，使他可以數出鬚的數目來。葛理南的燈光，還不能算是很強的，其他就更可想見了。

燈塔 的 發 聲

燈塔的光在大霧中不能盡其功用，所以往往用聲音來幫助。我們現在把一座建築在蘇格蘭，克來德海口(Firth of Clyde)中昆布雷(Cumbrae)島上發聲燈塔來說明一下。如遇大霧時，它就廣播一張留聲機唱片，來警告進出的船隻。留聲機開動時，每隔七十秒鐘唱出燈塔的名稱一次。這個名稱的聲音用無線電來廣播，同時有一具號笛放氣三次，笛聲經空氣而達船隻。號笛放氣後，再用無線電發播的音，數計自號笛發出的聲波在空氣中前進的距離。每逢



一座建在蘇格蘭的海岸上的發聲燈塔，為指導霧中航海的利器。

一哩發音一次。如此船上職員最初由無線電接到燈塔的名稱繼而接到笛聲所行每一哩的報告，等到最後聽着笛聲時，他就可以知道船距燈塔的哩數了。這樣的全部工作經一次停歇後，又復開始，如此循環不已。無線電波每秒鐘能行 186,000 哩，所以船上接到燈塔名稱與距離報數之時，實在與燈塔上播送信號同時。但是聲在空氣中每秒只行 1100 呎，所以自號笛發聲至船上人聽到笛聲，其間所隔的時期很長。船上職員靠無線電的報告，已知道號笛聲係在何時發出和笛聲進行的哩數，等到他聽到笛聲時，當然就能知道他的船離開燈塔若干哩了。

埃及的金字塔

埃及的金字塔(Pyramids)和人面獅身的怪像(Sphinx)是古代人民徒手建造的偉大工程。它們在人類歷史上可以代表古代最大土木工程之一。

在基在(Gizeh)的金字塔是最大而最有名。此外更有五羣，多在沿利比亞沙漠的邊界，羅列約長三十哩。

在薩加拉(Saqqara)的階段金字塔(Step-pyramid)是最古而也最有名的，它是由佐式(Zoser)王所創建。從佐式王的時候，約西元前 2780 至 2820，到現在將近五千年了。這階段金字塔的大小只及大金字塔的一半，但是它却也非常重要，值得我們注意，因為它創立了一個模型，以後的國王就有了標準，用以建造更大的金字塔。

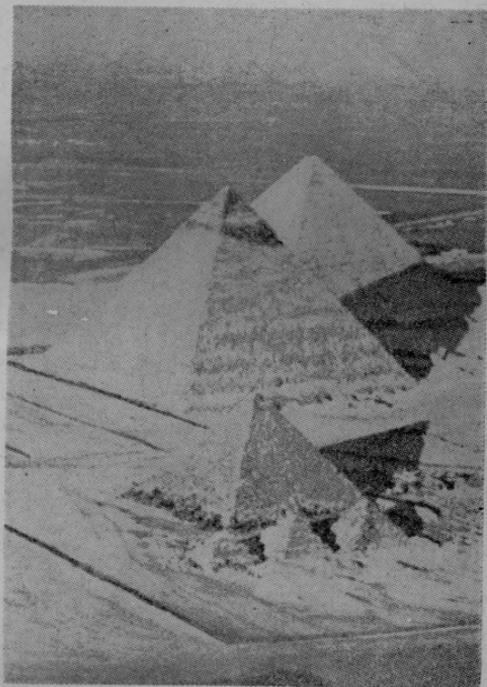
這許多偉大建築物原是預備作為皇陵的。它們最初是用四方石建築，內部有寢室，埃及人稱為「馬斯塔巴」(Mastaba)。佐式王大概因為皇陵寢室不大鞏固和莊嚴，所以在它上面增築了幾層平台。平台面積漸高漸小，最高一層三十呎，愈近頂愈低。金字塔的垂直高度為200呎，底邊長413呎，闊344呎。

自後建築金字塔，更將外表修飾整齊，增加美觀和鞏固。金字塔遂成為埃及的美化的偉大工程。

大 金 字 塔

在基在的金字塔有六個，自成一羣，和人面獅身的怪像極近。其中最大的稱爲大金字塔 (Great Pyramid)，也稱克奧泊斯 (Kheops) 金字塔。其次爲克佛倫 (Khephren) 金字塔，比大金字塔只低2½呎，但是因爲它站立的地基高，看上去似乎比大金字塔高。第三個金字塔只及它們一半高度。其餘的更小了，多是供王后而不是供國王用的。

大金字塔每邊長 746 呎 (原長 756 呎)。最初高達 486 呎。現塔尖已移去，頂上成一平台，面積約有 12 平方碼。現在垂直高度是 450 呎。原來的體積爲三百二十五萬立碼，包含石塊總計有二百三十萬，每塊平均重二噸半，大部份均由遠處運來。



近乎五千年前建築的金字塔。這三個金字塔是在埃及的基在地方。中央一個是克佛倫金字塔，頂上尚留着光潔美麗的石灰岩的表面。它的後面是大金字塔，也稱克奧泊斯金字塔。它的前面是孟高拉 (Menkaura) 金字塔。

金字塔怎樣建築的

據希臘歷史大家，海羅第德斯（Heroditus）言，這項工程僱用工人十萬，費時三十年。最初十年的工作多消耗在築路，預備把石塊自尼羅河轉運至利比亞山上，這種道路在金字塔附近的一段



至今尚存，惟有一半已陷入沙中。另外更有一條道路較為完善，大概是舉行奉安典禮時用的。

運輸石塊的道路實在是一條偉大的堤。自河濱起漸漸增高到築在山上的金字塔

基爲止。當初道路闊60呎，最高部份48呎。石塊鋪砌得非常緊密，並且磨得極光滑，使摩擦力減低。建築金字塔的石塊即由奴隸在路面上拉動。從古代的畫圖雕刻中，我們可以知道他們的工作多用短促而突然急拉的方法。有一幅皇陵建築圖，據說已歷四千餘年，顯示出一塊巨石用172人在前用繩拖拉，另外更有不少人在後用槓桿撬動。其中有一個領袖，用一根棒專司拍節，或口吹號角，使工作進行能一致。巨石裝在木的滑動車上，在路面上滑動上山，所以路面須極平滑。據歷史家言，路面石塊的緊密雖針尖也不能插入咧。在巨石前，更有許多人不歇地澆灌液體物質。這種液質或許是減少摩擦力的油，或許是水，用以消滅滑動車的木底因磨擦而發生的灼熱。

我們從這種圖中可以略知當時巨大工程進行的狀況，也可以知道古人應用機械的技術和對於物理的知識。

動力原理

這種短促而突然急拉的方法，可以證實埃及人在這個遠古時代早已發見動力學



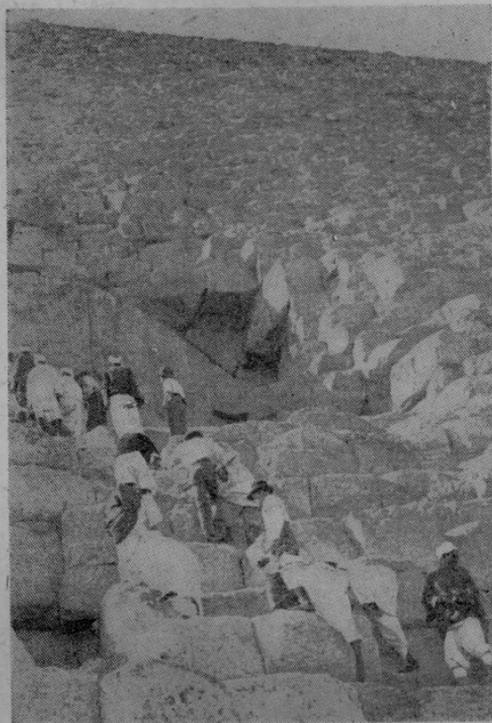
建築巨大金字塔中的巨石。

的原理。這個原理，近代科學家稱為『運動物體的慣性』。我們大都見過或者經驗過，當我們要想移開一個重物時，必先突然地急拉或急推，於是重物即移動，但是在我們努力把它緩緩地拖動前進時，物的重量似乎要大些，好像把我們拉住了。所以要一個重物運動，用突然急拉的方法比連續拖動的方法來得有效。

埃及人搬運巨石的方法上面已經說過，但是巨石搬到山上後怎樣昇到數百呎高而疊上去呢？

關於這一點，學者已有不少辯論。大概建築的計劃先築最下一層，成一個偉大的四方平台。然後用槓桿把巨石從下層撬起至上層平台，再築上層。這樣一層一層建築起來，四周留出粗糙的石級，至完工時才自頂至底裝置光潔的表面石。這種表面石極方正美麗和光潔堅實。現在大多數已被人竊去。金字塔的外表成粗糙的百級狀，遊人就在這樣石級上攀登塔頂。

金字塔建在熱帶區域內，炎熱的氣候常使石塊灼熱，甚至不能



遊覽的人攀登大金字塔的狀況。

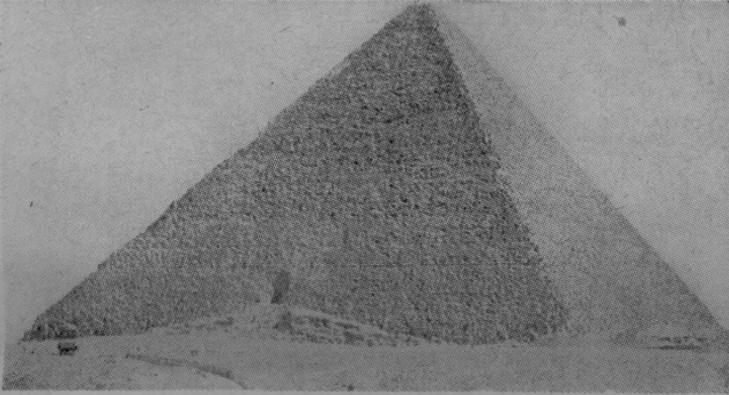
我們看見登金字塔的人這樣困難，回想從前十萬個奴隸在三十年中工作的情形，更不知道怎樣困難。他們不但受自然界的壓迫，還要受督工員的鞭策。四肢常給粗石擦損，全身常感筋疲力盡。

大金字塔的全部石塊約有五百餘萬噸，平均每塊重二噸半，有幾塊石長三十呎，重量遠不止此。

大概想起來金字塔是實心的，其實不如此。它裏面有一間或數間小室，有一條小隧道通至外面，長約一百零六碼。它的出口離地面四十九呎高。最初這口是防盜切而阻塞的。在金字塔的中央是一

手觸。更因處在沙漠邊界上，空氣中多含細沙，所以登金字塔雖說是有趣味的一件事，却也不是一件容易登的事。有幾位中年強壯的遊客，也得要請幾位土人助他們攀登。普通用三個土人幫助，兩人在上拉手，一人在下推舉。這種土人矯捷像猿，能在八分鐘內自地面至塔頂往復一次。他們自塔頂至地面更快，祇須一分鐘半。

大金字塔的內容



金字[塔]的北面和它的進口。

條大隧道，二十八呎高和一百五十五呎長。四周用巨石砌成。口縫極密，中間不能容髮。大隧道的南有二間小室，一室安放克奧泊斯的靈柩。據說這個斜的小隧道，從前或許用它來觀察天象，說不定是觀察北極星用的。因為各個金字塔的小隧道出口多是向北仰的。在埃及較南的區域，北極星不是常見的地方，或者北極星只能在地平線相近看見的地方，就沒有金字塔的蹤蹟，更可證明了。



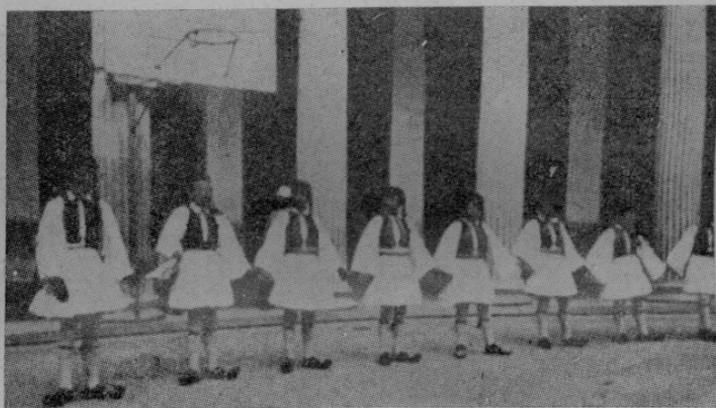
大金字塔的內部。這是達到裏面小室的大隧道。底上有像階級的凹槽，以便昇提石棺。

世界最古的劇場

戲院是給人民以娛樂和教育的最重要媒介之一，牠對人類思想所生的影響，以前僅次於文字，從近代電影巨量發展以後，甚且躍居第一。

希臘是歐洲文化的發源地，她的戲院，也是世界最古的建築物，現今戲劇藝術上許多的英文名詞，亦是發源於希臘文，其故即在此。

不過希臘早期的戲院，並不是建築物，而只是具有斜坡且天然



希臘流行的近代跳舞

或半圓形的小山脚的一塊跳舞廣場。

爲什麼戲院在以前只是跳舞用的廣場

呢？我們

要明白這個原因。必須先明瞭戲院和跳舞的發源。有許多在社會上有智識而信仰宗教的人，非當討厭戲院和跳舞，他們甚至認爲兩者都是罪惡，可是，在事實上，跳舞和戲院都是發源於敬神；古代原始

人們表現他們宗教情緒的方法，就是宗教儀式的跳舞。

希臘最古的一個劇場，也可說是世界最古的一個劇場，即是建築在希臘神狄阿納梭斯(Dionysos)的聖地之內；這個事實，無疑地說明了戲院和跳舞藝術都是發源於敬神。希臘人對於狄阿納梭斯神的祭日，必舉行盛大的饗宴，乃是從很古就遺留下來的風俗，這個劇場的建築，在耶穌紀元前第七世紀，即已完成。

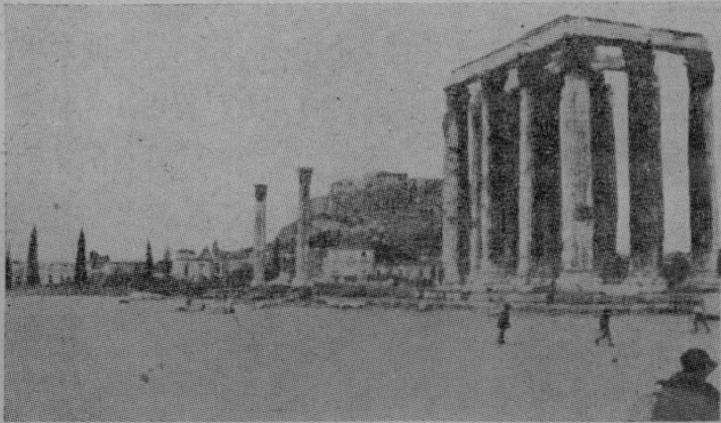
在古代希臘的劇場內，觀眾大都圍立，或者席地坐在山坡上，後來才漸漸建造木凳，依斜坡的形勢而排列，以作觀眾的座位。但人們喜歡戲劇的多，劇場的需要也隨着增加。而天然的半圓形小山坡，不是隨處可以得到，於是在雅典或其他地方，紛紛用木材建造起階級狀的高大看台來做劇場，不過這種半圓形木看台的結構就是應用現代工程學來計劃，因為觀眾有時興奮過度，跳躍若狂，亦難預料材料究應如何堅固，何況當日連科學都沒有產生的希臘時代。所以這種看台是很危險的，古今來不知發生過若干次的慘劇，喪失了多少性命。有一次，雅典的民衆正在某一個戲場舉行盛行的饗宴，因人數衆多，看台忽然坍下，死了數百人，希臘的人民，對於這個不幸事件，固然備極悲哀，可是他們却受到了一個教訓。

大理石看台

從此以後，木看台即被廢棄不用，除在小山的斜坡上安放低的木凳之外，漸漸改造可以容幾千人的大理石看台。後來，希臘最大的劇場，據說可容五萬人，而最古的狄阿納梭斯劇場，已可容二

萬七千人。

用大理石建造的狄阿納梭斯劇場，共有七十八層白色大理石的座位，並有許多希臘最有名的藝術家所作的彫像，完成時期約在耶穌紀元前350至325年間。這個劇場的地位，是極為莊嚴美麗的。牠的半圓形看台的基礎，是利用上達亞克洛波里斯峯（Acropolis cliff）的天然石坡鑿成，峭壁上即是許多世界著名的廟宇。看台的前面，係有名的亞提克平原（Attic plain），點綴着許多廟宇，葡萄



位置在亞克洛波里斯峯下的狄阿納梭斯的戲院。

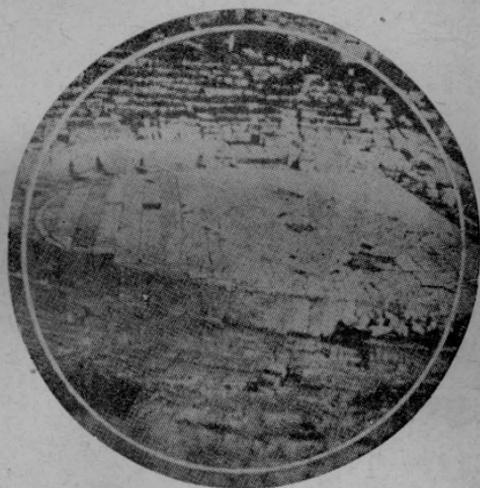
園和花園等。從劇場前視，到地平綫的地方，則山峯重疊，牠們即是傳說上希臘的神們所居

的名山。在這樣一個地位建造劇場，更加上宏壯而美麗的大理石建築，世界上能有幾個，所以，即是今日憑弔遺跡的人。仍不能不感到牠的莊嚴偉大。

狄阿納梭斯劇場可以說是現代戲院的模型。關於牠的發展情形，可以作希臘劇場的代表，今分述於下。

戲台佈置

看台自然是階級狀的馬蹄形，高出樂隊所在的地方。戲台是一個突起的平台，以一道大理石的矮牆，和樂隊隔開，台上飾有許多彫像，台前部有石階。初時，戲台只是一個舞臺，後來一天一天地進化，戲劇較跳舞更多，於是伶人們需要一個化裝的地方，戲場設備，也就加入了一個化裝室。這個化裝室，開始是在樂隊旁邊搭一個篷或幕，希臘



狄阿納梭斯戲院的全景。

人叫牠作「斯歧恩」(skene)，後來漸漸造得更近於樂隊，而在幕前造一道矮牆或立若干裝飾很美的柱，叫作朴羅斯歧寧(proskenion，意思是「幕前」)。

狄阿納梭斯劇場改用大理石建築的時候，上述立在化裝室前的柱，改成一排美麗的彫像，平的戲台即在上面，可由石階走上。伶人們由戲台兩端的翼道出入，也和現在一樣。在稍後的希臘劇場中改用隧道，使觀眾看不見伶人們的出入，如本文附圖的敘拉古(Syracuse)劇場，即是採用此法，這種方法，亦和現代的舞台上不讓觀眾可以看見伶人的上下，是同一用意。敘拉古的劇場，也是世界上



在敘拉古的希臘戲院(左)，和狄阿納梭斯戲院內戲台，表示燬壞的影像和石階的遺跡(下)

最大劇場之一，不過，牠的造成，遲於狄阿納梭斯劇場約一千年。

希臘各劇場的戲台上所用的機械，當然是很簡陋的，可是他們却也運用得很好。有一張用繩懸着的網，可以像一架簡單起重機一樣將網拉上和放下。這一張網的用途，是令飾神仙的伶人坐在網上，用懸網在繩把他放下，表示從天下降，或者令飾英雄的伶人坐着，把網拉上，表示上升天堂。在現今希臘有一部分劇場遺址裏，還可看見戲台上有若干洞或坑，其用途或者也是拿來供飾神仙的伶人進出用的。

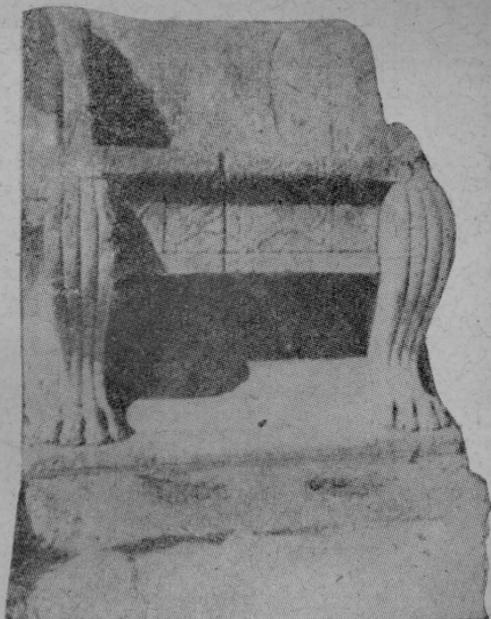
還有一個機械，希臘人叫作愛基克里瑪 (ekkyklema)，牠

是一個有車輪的平台，真正用途，已不可考，大概是用來供神仙或英雄們坐着，用繩拉上戲台，在台上運動的。例如台上打仗時的戰車，即可用此物來做。

有一種發聲的器械，希臘人叫牠作雷聲機 (thundering machine)，是把動物的皮革吹脹。內貯石塊，來敲擊金屬板使發雷聲。

希臘古代的劇場，對於觀客，最初是完全免費，後來雖然開始收費，但在伯里克里斯 (Pericles) 時，曾經公佈一個法律，把劇場的費收歸國有。座價很廉，大概一人看一天戲，所納的費只不過等於現在我們的一角五分錢，在狄阿納梭斯神三天大祭期內，座價稍為昂貴一點，約共費大洋半圓，但觀衆都有位子可以坐，聽得到當時最有名的戲劇。

前排的座位，也和現代一樣，較為昂貴一些，其中有一個座位，是專為狄阿納梭斯神殿的大祭司而設，座上刻有名字。和這一個座位在一排的座位，也隨着貴重，只有特殊的貴人，公使，將軍和戰死軍人的子女才可以坐。座價雖然很廉，但伶人的薪金却



狄阿納梭斯戲院裏專為大祭司所設的座位。

不小，其最貴的，甚至和現代的大明星的收入，不相上下，據說名伶

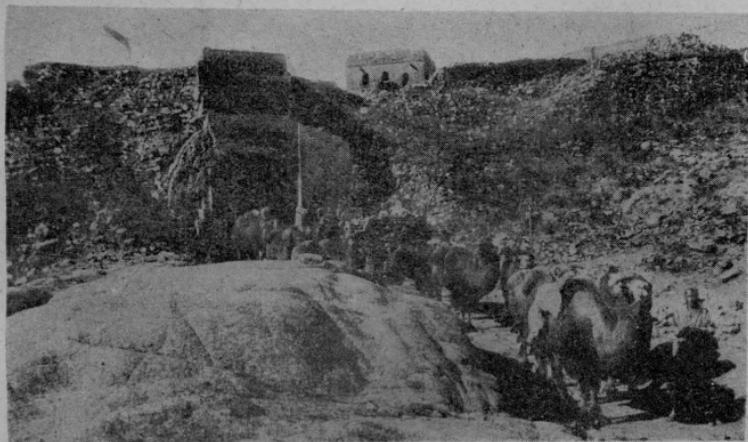
波勒斯(Polus)演劇兩天，所得到的薪資，約等於240英鎊。不過歌隊或額外演員等的薪資，却非常之少，和現在的情形沒有兩樣。

除了狄阿納梭斯劇場之外，希臘的大劇場還有許多，這裏我只說幾個著名的。在希臘國內算最大的一個，就是梅加洛波立斯(Megapolis)，可容四十萬人，在希臘以外的，如前述的叙拉古戲院，亦是最大的戲院之一，座位共四十六層，圍成一個比半圓還大的弧（直徑147碼），牠的座位現今仍然存在。依佛秀斯(Ephesus)戲院，據說有五十萬人的位置，但牠的一切，現今都不復存在了。

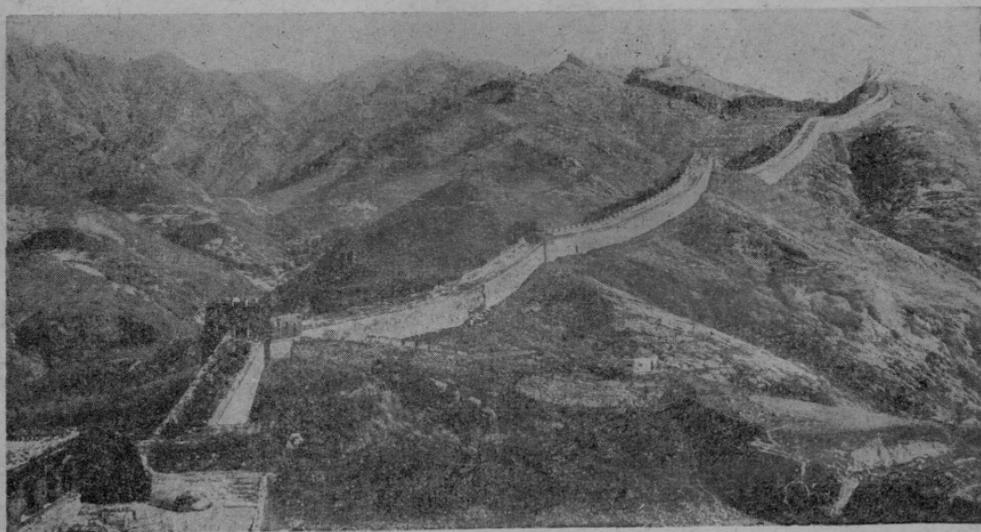
最美麗的戲場，要算在西西里(Sicily)的道明那(Taormina)劇場，看台的座位，都是整塊的石所鑿成，全部座位造成一個直徑為357呎的弧形。戲台的裝飾極美。

長 城

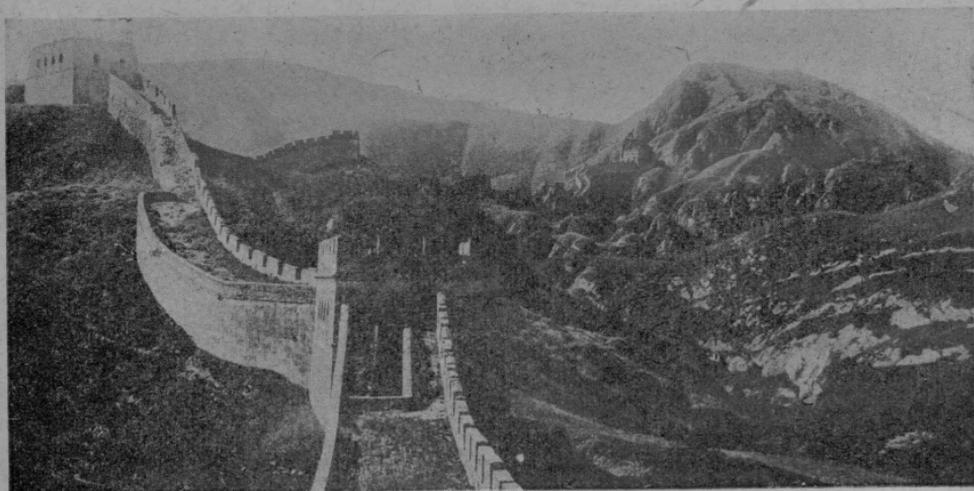
長城工程艱難雄偉，爲世界古代七奇之一。戰國時燕趙秦三國各築長城以備胡，至秦始皇始將其首尾聯綴而爲一。厥後代有興築修葺，城址迭變。今日所存之長城，總計西起甘肅之嘉峪關，東迄河北之山海關，全長五千餘里，約合二千三百餘公里，號稱「萬里長城」。在明時，嘗沿城聯設九鎮，各戍重兵守之，每三十六丈築一堡寨（要害之處設堡寨二三重）。上置烽火臺，寇至，晝則舉烟，夜則舉火，以徵遠近守兵集合抗禦，同仇敵愾。自滿清入主中國，蒙人又相率內附，於是此城又失其防衛之用僅於各口設關徵稅而已。



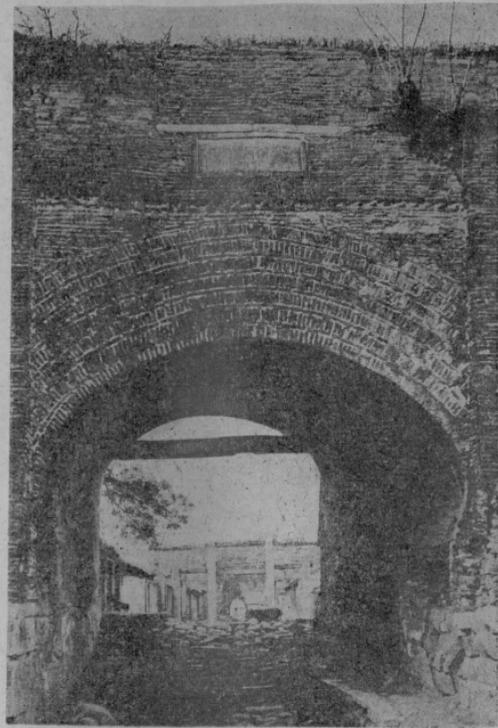
居 庸 外 鎮



蜿蜒於萬山叢中之長城概狀



八達嶺位居庸關旁，平綏鐵路在此鑿長隧道通過。



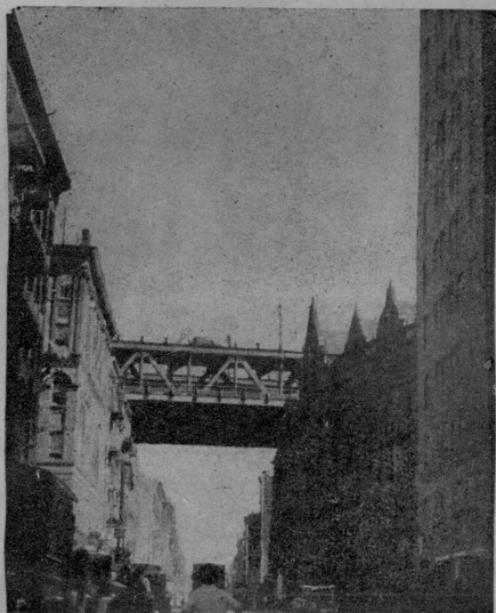
居庸關在居庸山中故名，奇險天開，古稱要隘。元在關設立南北口，明徐達在關之南口壘石爲城，以固京師之北面，世卽以南口名之。關在八達嶺旁，以巨石築成，內刊漢滿蒙回女真五種文字之碑碣。右爲南口，左乃居庸內關。

高架汽車路

現代的大都市中，車輛輻輳，時常有死傷的事發生。解決交通問題的各種方法，沒有一種不加以考慮。紐約已經築成一條架在空間的汽車路，專供疾行車的往來。該路的結構可觀附圖。現在繁盛的都市中如英國的倫敦，對於交通問題似亦有採用此種高架汽車路的趨勢。受往來車輛的衝撞而傷亡的人，紐約較倫敦為多。甘托 (Eddie Cauter) 先生新近在倫敦一個播音台上報告時，提及因車輛而傷亡的人數在美國平均每一分鐘內傷二人，每十八分鐘內死一人。在大不列顛，耶誕節的前幾日內平均每小時死一人。

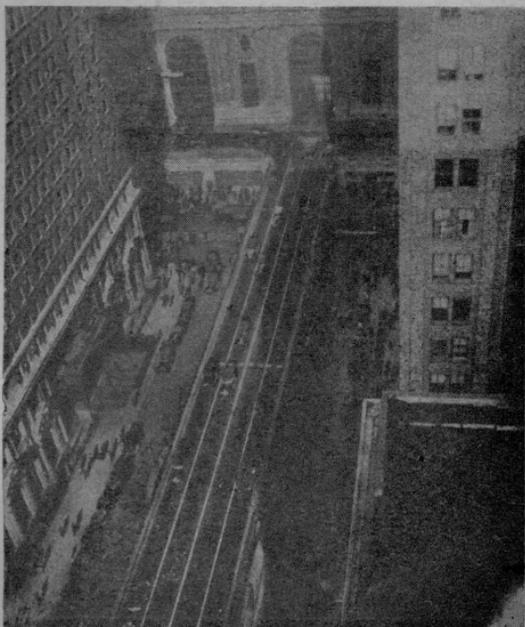
後頁的許多照相表示紐約高架汽車路的各段。紐約四十二號街中央大站的前面人車輻輳，差不多是一個陷阱。現在有一條高架汽車路穿過公園路 (Park Avenue) 和跨過四十二號街，然後分途環繞中央站的三層樓週圍。一條逐漸傾斜的平面路使車輛能夠仍舊達到公園路的上端，再從公園路向北駛去。闊的道路能通各處橋樑。建築中最大的路為快車路，在船塢旁的路上。從這條路，來往客商均能迅速回家，不受交通不便的狹隘道路所拘束。

新近又築成新路，可以達到紐羅賽的別墅或公共娛樂的海濱。這種高架道路跨過紐羅賽的沼澤河渠，旅行者能夠很迅速地達到費來達爾費亞和華盛頓。另有許多高架的橋樑連貫新道路，達到紐羅賽的北部和巨大的娛樂園。此種道路專供行車，不准人行。所以受車輛傷亡率也可以減少了。

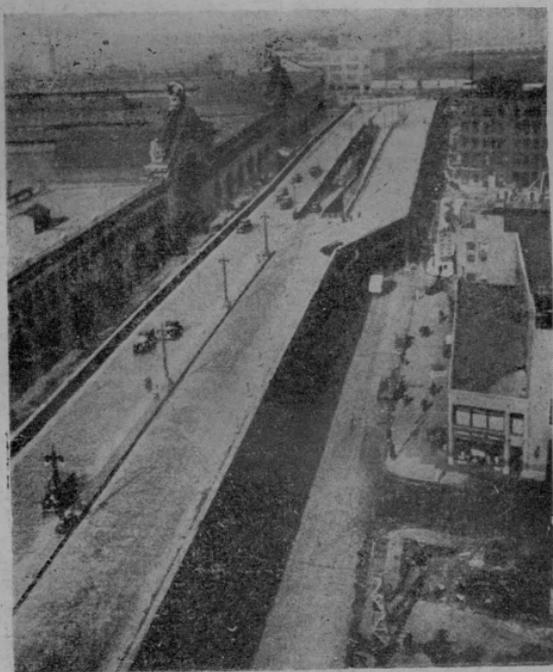


現代的大都市中車輛輻輳，時常有輾傷情事。為避免出事起見，特把道路提高，分為兩層。這是架在空中的大道，專供汽車行駛。上圖為跨過紐約街的一段。

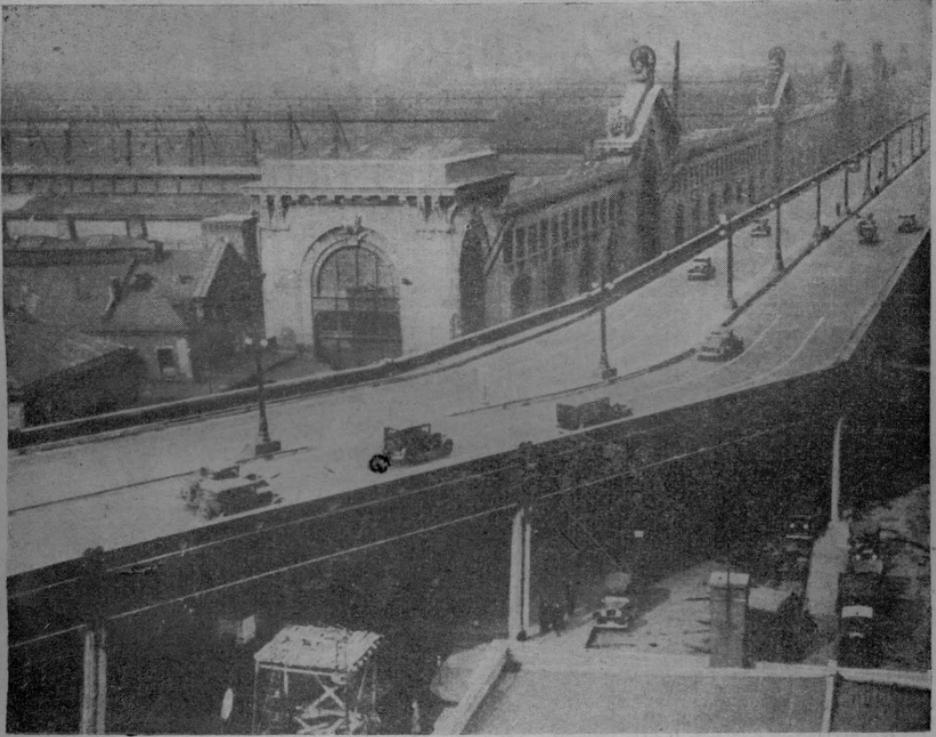
架在空中的大道不准行人來往，專供汽車行駛，能夠減少路人的傷亡。大道能容四輛汽車並駕。圖中所示該道路在四十二號街上，到中央大站後即分途。



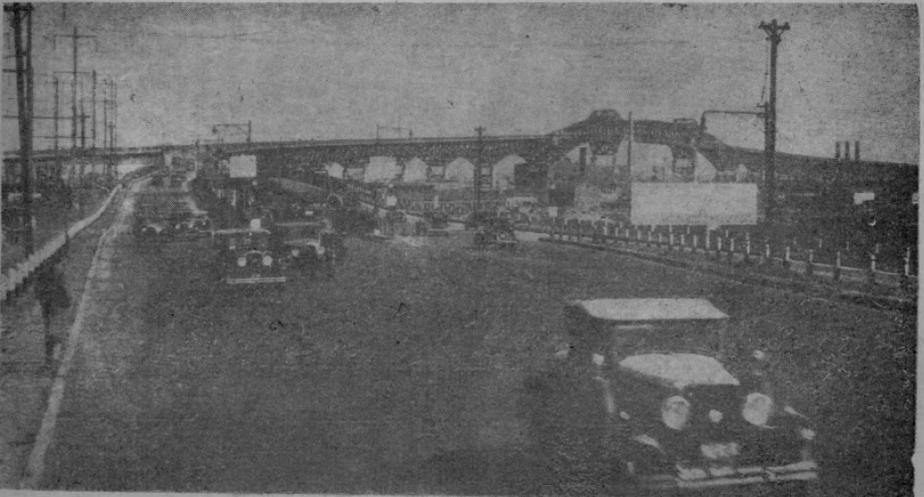
高架道路四達的中樞。從這中樞擬增築通別的高架路。圖示高架道路的局部構造



如何行駛汽車經過市鎮，如瞿賽城等的一個問題的解決。圖中所示一部份的高架大道，從紐約向南達到費來達爾費亞和華盛頓。



這是從紐約達紐瞿賽和華盛頓的高架道路中的一段。路中央有突起狹條爲車輛往來的分界線。路旁無人行道。下爲接近紐瞿賽的陸上大橋，該橋長數里。



滇緬公路

滇緬公路起自緬甸的臘戍，止於雲南的昆明，共長688英里。從昆明到下關的一段於1934—35年築成，其地形不及灑滄江（入越境稱湄公河 Mekong）和怒江（入緬甸境稱薩爾溫江 Salween）形勢的險峻。自下關至臘戍一段於1938年築成，雖只有307英里長，但工程之艱巨，完工之迅速，為世界工程界所驚歎。在是年一月至九月間，共用築路員工二十萬人，雖平均每英里需用650人，但開山掘土，建橋平路，在在用人力而不假機械之助。從仰光至重慶約長2,100英里，統稱為滇緬路。

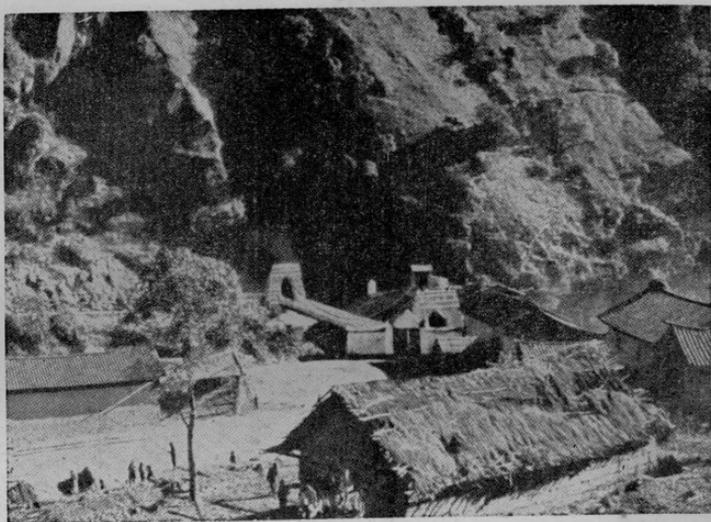
在交通運輸中，渡河是個極困難的問題。我國目前既缺乏金錢，又少建築材料，無力興築大批的橋梁。建築滇緬公路的工程師却別出心裁，在較小的河流上以巧妙的方法建築渡筏，而轉運滿載貨物的卡車。因此運輸得以暢通無阻，每個渡口每天擺渡者常有100輛之多，不久渡筏增多，新路與之銜接以後，運貨卡車還可增多。

渡筏的造法極簡便，祇用幾條厚板，釘在幾隻空汽油桶上，繫之以鏈，用岸上卡車洩過河面，載貨卡車即可渡至對岸。

渡筏的使用全在夜間，日間則折卸，不露形跡，以避空炸。渡筏縱偶被毀壞，然因建造便捷，新渡筏立即可以造成，運輸仍可繼續不輟。如遇橋梁被毀，用此法臨時補救，困難亦隨即可以解除。



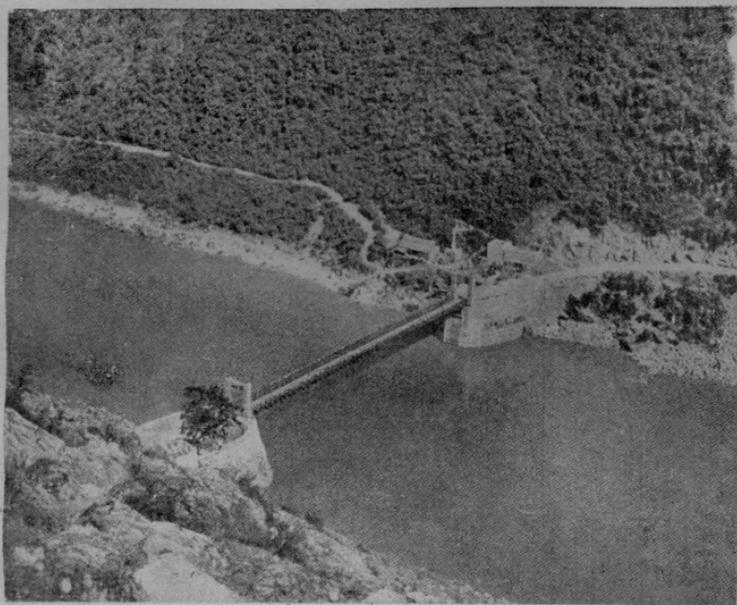
滇緬路怒江上的懸橋



滇緬路瀾滄江（入越境稱眉公河）上之懸橋，跨度 300 英尺，用鋼纜吊起，橋狹，只能單程行車。橋在河面上 100 英尺，橋畔築屋駐護橋兵及修理工程隊。此區地勢峻峭汽車自 7300 呎盤旋時至 4500 呎，需青時一小時。



在雨季中的滇緬路。汽車陷下，正將載貨卸在路旁，以減輕載重。後面路上汽車因此被阻前進，須等待二三小時，才可暢通。



滇緬路怒江（入緬甸境稱薩爾溫河）上的懸橋，與眉公橋相似。峽壁高出河上六千呎。兩岸汽車路均自峻壁中炸出。對岸高黎貢山脈是怒江與恩梅開江（下游在緬甸境稱伸洛瓦底江）的分水嶺。

滇緬公路的路綫須跨過瀾滄江與怒江。因為水深流急，不易建築橋墩，所以工程師築了兩頂懸橋，飛渡這天險。利用現代學理建築懸橋，在中國尚是第一次。

該路常有山崩水沒之虞，所以沿途有大批工人保護，遇有損壞能迅速修復。在過去十二個月中，雨季亦在其內，該路因天災而停頓從未歷24小時之久。

滇緬路自去在十月中重行開放後，往來貨物有增無已。起初每日祇有四十輛卡車往來除供回程用的汽油外，所運貨物達100噸。



滇緬路上的山崩是常見的事。石塊從峻上崩下，障礙了路面。必須用數十工人和炸藥，才可把障礙物撤除。

自後貨物漸增，至本年一月中每日往來卡車達160輛之多，總計貨物除汽油外達450噸。

至於滇緬路本身，自臘戍至昆明的運輸量，當然不足為連華貨物整個運輸量之準繩。因為昆明僅為該路在華之終點，而貨物尚需轉運至各地。這種轉運更需消費大量汽油，所以各地實得的貨物噸位不免減低。

自滇緬路以上出入昆明的貨物以及行車需用的汽油，約略可以估計。大概該路運輸最盛時每天經過昆明者約有卡車160輛，貨重包括汽油450噸，平均每天輸入中國的有效貨物約320噸。經滇緬路的中國出口貨，約為中國進口貨之百分之70。這是由於大部分車輛駛入中國內地後即被用留而不返之故云。

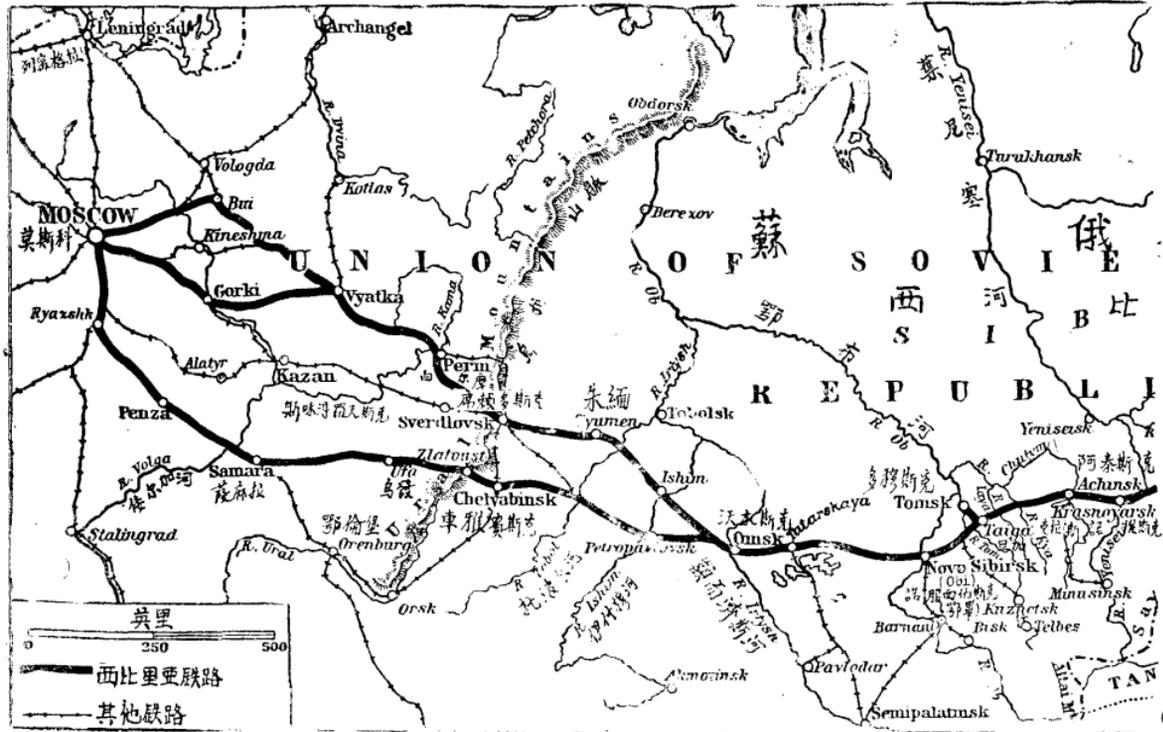
西伯利亞的征服

橫貫西伯利亞鐵路爲世界最大之幹路，其工程之艱難偉大，在在足供我人之借鏡。本文對於建造西伯利亞鐵路之始末詳爲敘述，藉以見當時偉大工程進行之經過與主持者之奮鬥精神，俾國人有斯認識，且有所惕勵焉。

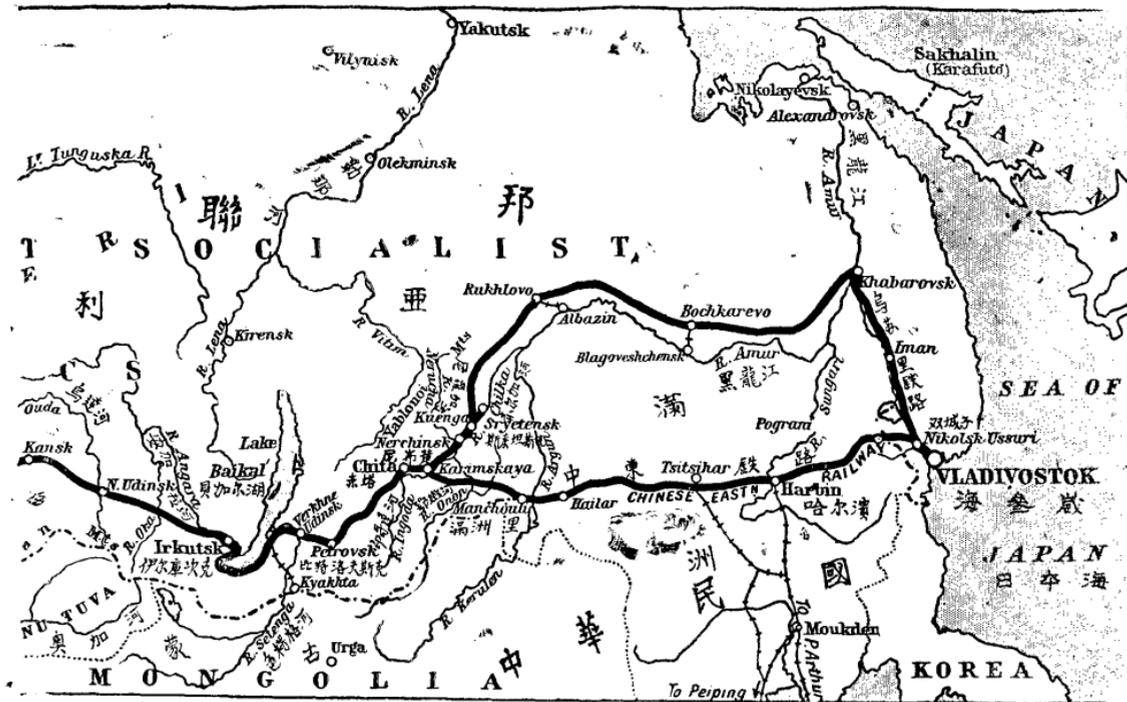
在十九世紀末葉之前，西伯利亞廣大的區域，是向未被人注意，且全未開發的地方。其地的土壤雖已知道是適於農業，並富有礦產，但因沒有鐵道的運輸，農業未曾興發，礦藏也未開採。此外在政治上也有不少顧慮。這些因素造成了在俄屬亞細亞建築鐵道的重要性。

遠在1851年，東部西伯利亞一個總督，曾建議建築橫越大陸的鐵道。在1872年與1874年間，俄皇亞力山大第二(Alexander II)在位時，俄國政府派出許多測量員，在歐亞交界處勘定三條路線，作爲將來的鐵道線，以便開發西伯利亞。

此計劃擱置了好久；且有1877—78年俄土戰爭的發生。但歐，俄的工程師却不因此而延遲，他們逐漸用鐵道聯絡沿歐亞邊疆的許多軍路地點，以備一旦在西伯利亞被侵略時，亦可資軍用。在1877年，工程師到達鄂倫堡(Orenburg)，並在1878年完全成依加塔林堡(Ekaterinburg，即現在之斯味得羅夫斯克 Sverdlovsk)與



西比利亞鐵路起自烏拉山中的車雅賓斯克，不過現在也能與斯味得羅夫斯克至沃木斯克一線啣接。1892年七月，四段工程開始，自車雅賓次克至鄂畢，共長883英里。此段完成於1899年一月十三日。同時中段工程已經開始，自鄂畢至伊爾庫次克，共



長 1,137½ 英里，經過森林密茂而未開闢之區域。1899 年一月十三日，第一次通車自西
 列達伊爾庫次克，稍後更完成到達貝加爾湖和海參崴之二線。中東鐵路的建築係自
 中俄邊界滿州里經哈爾濱而至海參崴，再後全俄路線始完成。

白爾摩(Perm)間的礦業鐵道。他們於是跨越了烏拉山脈(Ural Mountains)而達西伯利亞。雖然，他們離開開拓西伯利亞還很遠呢。

於1880年，橫跨倭爾加(Uolga)河的大橋落成，鄂倫堡鐵路得與俄屬歐洲的幹線啣接。此後於同年間，在西伯利亞的鐵路工程師受到政府的援助，把依加塔林堡路線進展至朱緬(Tyumen)，但在過後的二年中，對於開發西伯利亞的工作，毫未進行。

新的建議雖有，但西伯利亞鐵路的建築，並未進展。俄國政府把鄂倫堡線與依加塔林堡線，用一條短的鐵路連接，已引為滿足。1886年，俄皇亞力山大第三對此延援大為震怒。他說：『朕曾讀過西伯利亞總督的許多報告，政府對於此豐富而被忽視的領土，直到現在還一事無成，以滿足需要，深感憂慚』。

活動而有勇氣的工程師都不滿此種延遲。民衆引證橫越北美大陸的許多鐵道線，尤其是當時人人注意的加拿大太平洋鐵路(Canadian Pacific)。在皇上不樂的氣氛裏，俄政府終於准許測量出發到荒野之區，由他們製定了這條未來的偉大路線。此線橫跨荒無人烟的大草原，穿越貝加爾(Baikal)湖以西的深山叢林，而至最遠的烏蘇里(Ussuri)區，其地已是西伯利亞的極端，正靠着北太平洋。

這些富有胆略的人所遺留的事蹟記載可惜太少了。他們在烏拉山脈以東時，面前正是一片無垠的區域，無市鎮也無道路，稀疏的居民，不堪尊稱之為村落。並且他們還要承受世界上最踐酷的氣

候。

那時國家給予他們的助力既很微，還要命令他們造路必須儘可能地節省。俄國造路的標準本來不高，而只許他們築造較標準更薄而更原始的路基。迫得他們只用每碼僅重



五英尺的軌距以及建築上和積載上有寬放的定規，使俄國的機車可以造得特別高，可高到自軌面至烟囱頂達17英尺。圖中這輛2—6—2式機車是俄國的特色。五英尺軌距是俄國特有的標準，所以要與別國啣接通車是不可能的。

54磅的輕軌，建造這橫越大陸的鐵道。因此他們祇能依據輕便支線的標準來築造這世界最大的幹線。他們盡其所能築成此路，但在幾年後，在日俄戰爭(1904—05)中，俄國對於這種錯誤的經濟，曾付出了重大的代價。

其路線與設備自始即證明為完全不克勝任。大重的運輸擠入這新成的鐵道，但因旁道的不夠調濟，好多列車在終點，須等上幾個月才能開出。

現在西伯利亞鐵路的西端雖起自依加塔林堡至朱緬一段鐵

路，但最初的進路却始自南面的薩麻拉 (Samara)，這路線於1888年展至烏發 (Ufa)，於1890年達席賴多斯脫 (Zlatoust)。

西 段 工 程

於1892年此線已到達西伯利亞境內的車雅賓斯克 (Chelyabinsk)，西伯利亞鐵路的建築於是開始。為建築與管理上便利起見，把此線分成了數段，第一段是西伯利亞西段，起自車雅賓斯克至鄂布 (Ob) 河岸的鄂畢 (Obi，今名諾服西伯斯克 Novo Sibersk)。密克海洛夫斯基 (K. J. Mikhailovski) 被派為工程師，他與他的屬下於1892年7月19日開始工作。

在他們面前的並非是一塊易於處置的地方，雖然地勢起伏甚少，無需有多大的土工。此地是一個大草原，滿遍了很長的草，疏生着短小的榆樹和楊柳，並無泉水，但有許多鹹水的湖沼，因為此地是海的遺跡，在一個晚近的地質時代中，還是為海水所淹沒的。這區域裏有四條主要的河流：鄂布河及其支流托波爾 (Tobol) 河，額爾齊斯 (Irtish) 河與伊什穆 (Ishim) 河。

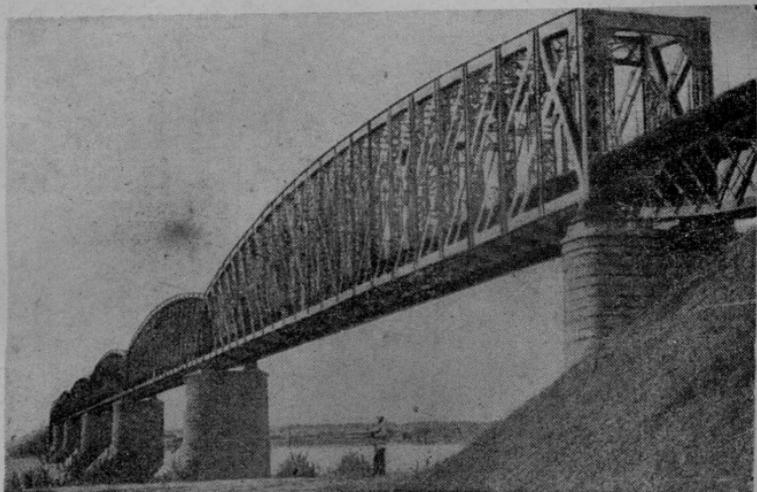
工程師們堅毅地向東進造路基與路堤。為了草原中有洪水的可能性，在某些地方，路堤是必需的，可是它們平均高度不過5呎，每哩所用土量不過23,400立方呎。然而建築上的困難很多。本地並不產石，工程師祇能用木材構脚來建造一切必要的橋梁。即所需的木材，亦須從很遠的地方運到工作地點，因為本地所產的矮樹是不

適用的。其地並且沒有可以運輸重物的車道。

其地缺乏佳水，即能尋到一些，亦是幾乎全年凍結的。鑽井解決了一部份的困難，然而水性極硬，有六處地方須經過化學處理才能使用。並且此種鑽井的水，雖來自很深的地方，受有很大的天然壓力，然而水面從不與地面相近。所以築路者祇得用盡種種方法，搬運有力而笨重的抽水機到每一隻井邊。

一到冬天，自然所賦的困難乃劇增。草原裏只有一個短而熱的夏季，跟着就是一個長而冷的冬季。冬天的溫度平均為華氏 -5.8° 到 -13° ，但有時竟降低到零下 58° 。這種溫度對於他們已是足夠嚴重，但他們還要遭遇可怕狂風的侵襲。

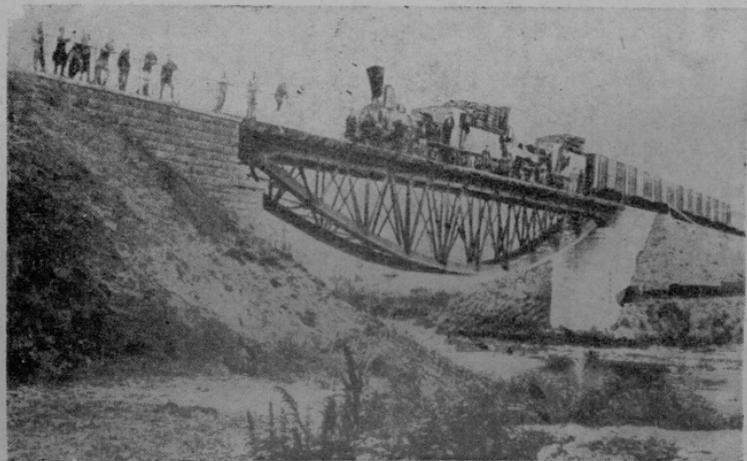
在晴朗的天氣，冷倒能使精神煥發，因為其地的空氣很乾燥，比有些地方半冷而潮濕的風反要好過。但當冰冷的風吹至西伯利亞草原時，乃是藏蔽的時候。有時



在沃木斯克附近，經過額爾濟斯河的大橋，係彼頓洛布斯基教授所設計，用箱形鋼樑構造，共有六個架徑，每個長350英尺。在此處河面闊2,100英尺。

在晴朗之天，溫度突然增高，這並不是天氣變好，却是一陣惡風雪的迫近，足以把工程師的蓬帳埋葬於厚雪之下，並把道路阻塞。這都是該地氣候的特性。

一月又一月，一年又一年，這鐵路的開闢者把路堤與涵洞向前進築，橫過這茫茫無垠的大草原。彼賴洛布斯基教授 (N. A. Bielelouski) 被聘為其地四座大橋的設計師。於前三橋，他採用箱形



建築用列車，滿載着築路材料，由二個燃燒木柴的機車拖進，圖示列車正在駛過小河上的一座老式橋樑。單在這四段路線中需建橋574座。

大梁，和350呎長的一個均勻架徑。在車雅賓斯克之東170哩的托波爾河上，他造了一座四

個架徑的大橋，跨越這1400呎寬的河道。自該城向東320½哩，在伊什穆河上，他造了一座二個架徑的大橋，跨越700呎。向東492½哩，在額爾齊斯河上他造一座更大的橋，共六個架徑，跨越2100呎。最後的大橋，離車雅賓斯克880哩，在2607呎寬的鄂畢河上，他採用翅架樑原理，共有七個架徑。這橋是此段內最偉大的工程。敷軌工與建橋工於1896年完成，共費4,042,018金鎊。於1896年10月

27日，此長883哩的西段西伯利亞鐵路開始通車。第一列車，自車雅賓斯克開出，由裝着大烟囪而燃燒木料的機車直拖到鄂畢。

中 段 工 程

當西伯利亞鐵道的西段正在興工的時候，自鄂畢以東的西伯利亞中段的工程師，在孟姜尼諾夫(N. P. Mejeninov)領道之下，也在忙碌地工作。此段更分爲二分段，第一分段自鄂畢至克拉斯諾雅斯克(Krasnoyarsk)，長凡471½哩，第二段自克拉斯諾雅斯克至伊爾庫次克(Irkutsk)，長凡666哩。所以此段共長1137½哩，宛延於蠻荒的地帶。此地氣候的情形，與在西伯利亞西段所遭遇者相若，但所經的地勢却大不相同，路工愈進，困難愈多。

在18

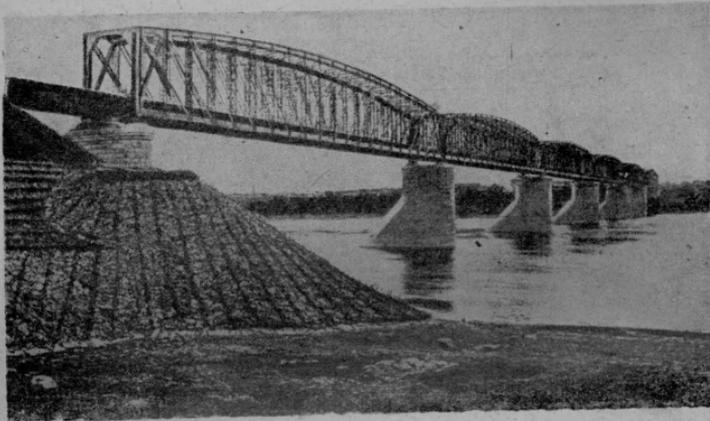
93年5月
16日，築
路者在鄂
畢開始工
作，把路
線在地勢
起伏的森
林區向東
伸進。前
進愈遠，



工人搬運建造新路的枕木。路線經過茂密的森林，叫做「旦加」。這名稱後來題給西段鐵路上一個聯終點，旦加鎮。工程師須先由這種『旦加』伐開出鋪軌的路，然後能施行平準與土方工作。

林木愈密。那裏並無居民，也無伐開地。每當他們進行時，於平準測量與整理坡度之先，必須伐開幾哩路的森林。這種無盡休的西伯利亞林森，叫做『且加』(Taiga)他們即把這名字題給此路線上的一個市鎮。且加鎮爲通至鄰近多穆斯克(Tomsk)一條重要支線的

交點。



距鄂畢103 $\frac{1}{2}$ 英里，多穆河上的一座六架徑大橋。此處河面寬1,680英尺，每個架徑長280英尺，置在石橋墩上。各橋墩均用三角形扶壁加強，尖端向着上流，以便在冬天把流下的浮水裂破。

在鄂畢與克拉斯諾雅斯克之間，尤其是自阿秦斯克(Achinsk)與後者之間10

7哩的山陵地帶，必須建造很多的橋樑與涵洞。其中有六座橋樑是木製的，架在石造的橋墩上面。另有四座偉大的橋跨越該地主要的河流。第一橋在鄂畢以東103 $\frac{1}{2}$ 哩的多穆河(Tom)上，共有六個鋼架徑，跨越1680呎寬水道。第二橋在離克拉斯諾雅斯克181 $\frac{1}{2}$ 哩之伊愛雅(Iaya)河上，有二個175呎架徑，第三橋在更東56 $\frac{1}{2}$ 哩的克雅(Kya)河上，有四個相似的架徑。最後一橋在更東360餘哩之朱麗姆(Chulym)河上，有二個280呎架徑和一個350呎架徑。

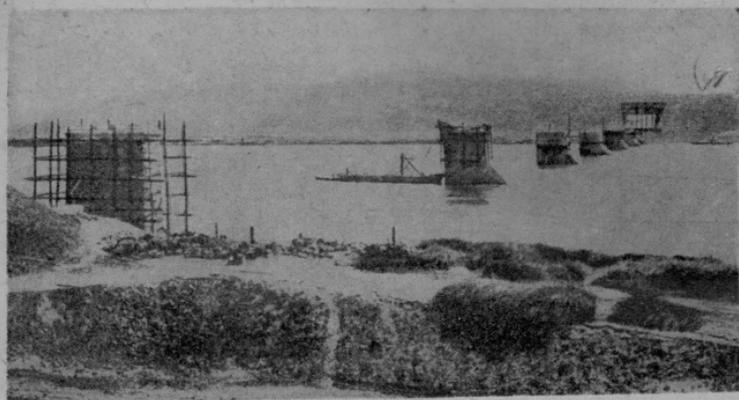
西伯利亞鐵路線上橋樑的設計者，雖然在耐久條件之下，必須

採用最簡單的式樣，但亦頗有許多特色。他們必須容許大樑在極端氣候下的脹縮，並須把橋墩加強以防禦流冰。加強的方法是採用三角形的扶壁，其尖端正對上流，用以分碎冰塊，使不致堆積，而予建築物以嚴重的損害。除橋樑以外，路線須經過起伏的森林地帶，困難很多，完成後，路線的坡度是1比66。

自鄂畢至克拉斯諾雅斯克線完成於1895年。是年12月13日開始通行專載該線工作人員的臨時列車，其時在西伯利亞鐵路西段的通車前約一年。

克拉斯諾雅斯克地濱葉尼塞 (Yenisei) 河，早已是一個很重要中心。此河長約3300哩，向北流入北極圈內的喀拉 (Kara) 海，輪船可以直航至克拉斯諾雅斯克。今日在它的流域內，水運頻繁。在十九世紀，西伯利亞鐵路的建築者，因與西方沒有鐵道的交通，也把此河看作極寶貴的水道。1894年深冬，由威琴 (Wiggins) 船長駕駛的輪船斯舊南 (Stjernen) 號，載了建築鐵路材料經可怕的喀拉海，沿葉尼塞河航至克拉斯諾雅斯克，絕未發生意外。威琴氏獨自航行，並無兵衛，在經過東北航線時，亦沒有像現代破冰船的保護。在他的回程中，其船在喀拉海與巴倫支 (Barents) 海間的耀糾 (Yugor) 海峽遭難，但沒有生命的損失。次年此勇敢的船長更作一次長征，帶了許多鐵軌自太尼沙特 (Tyneside) 至克拉斯諾雅斯克。

當西伯利亞鐵路中段的第一分段正在進行的時候，工程師於1894年6月23日開始第二段段的工程。第一件的大工作就是要在



葉尼塞河上大橋的建築是中段第二分段中之最大工程。該橋由波洛斯哥立可夫教授所主持，共有六個鋼樑架徑，每個長474英尺。橋址在克拉斯諾雅斯克，該處河面寬2,800英尺。因材料缺乏，工作頗多延遲。在冬天建造的石工橋墩須加木套以防嚴寒，直至混凝土凝結，始將木套拆除。

葉尼塞河
上建橋。

波洛斯哥
立可夫 (L. D. Proskouriakov)

教授負責
擔任這件事。

此河

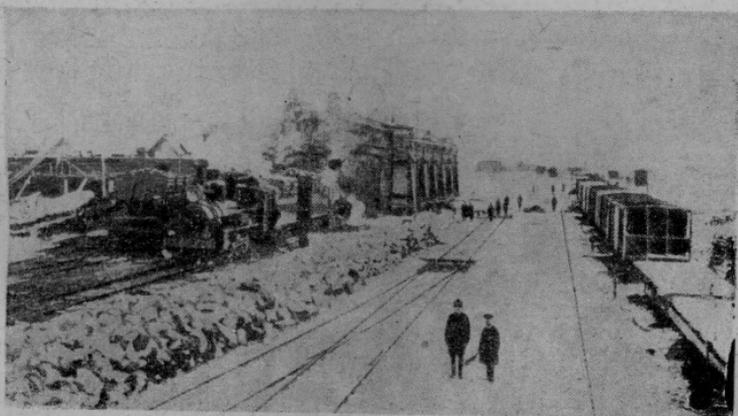
在克拉斯諾雅斯克，寬2800呎。設計者繪成一座六架徑鋼樑的簡單大橋，每架徑474呎長，在低水位上共高65呎。在此區域內所有的主要橋樑都因缺乏材料而延遲。有些地方，在未造橋以前，河道兩岸的路軌已鋪得很遠了。凡是在冬天所築的石工橋墩，均須用很大的木套禦寒，以保護未凝結的混凝土，有時須使木板用人工加暖。

西伯利亞鐵路中段第二分段的全部，為建築上的許多難題所困。問題是在找小包工。住在歐洲的俄人對於這不熟悉的西伯利亞都退避三舍，而在西伯利亞的土著却又不懂得鐵路這件事。路線所經的這一區域又是多山而滿遍着冷寂的森林，非常可怖。領導開路者須砍伐所設計的每一碼路線。此項森林因阿爾泰 (Altai)，阿

拉多(Alataou)與薩揚(Sayan)三個大山脈的分歧而呈變幻迷離之景，並有許多大河流經其間。

漫長的冬跟着短促的夏，冬後又是已暮的春，工程師們就在這濃綠的廢地裏趕着開路。他們所築橋樑中之較大者，爲離鄂畢 822哩的烏達(Ouda)河與離985哩的奧加(Oka)河上的橋。烏達橋跨越1260呎河面，分爲四個架徑，二個各長350呎，二個各長280呎。奧加橋跨越540呎河面，有二個350呎架徑和三個280呎架徑。在1898年，工程師已完成西伯利亞鐵路中段的大部份，每天有五次列車對開，其中二次專供建築及鋪設道碴之用，一次專爲移殖居民。在1899年之初，孟姜尼諾夫與他的分段工程師，監工員和工人已完成此段的全部。同年1月13日，具有俄屬中部西伯利亞(Middle Asiatic Russia)首府資格的伊爾庫次克歡迎着第一次列車自西方開來。

西伯利亞鐵路中段最重要的支線，多穆斯克鐵路，長僅62哩餘，但建築却



在且加鎮的機車庫和旁路。且加鎮是一個往多穆斯克62英里支路的聯絡點。此支路完成於1898年正月，路線雖短，但建築上的困難頗多，沿路共建37座橋樑。

很困難。築路者須把路線向北穿過山地的森林。因地勢關係，其路線須作折返式，且橋樑甚多，在全中段574座橋樑中，它佔了37座。工程是在1896年夏季開始，1898年1月完成，築此短短92哩的鐵路共歷18個月。

遠東段工程

於此時期內，在遠東部份的工程已在進行，但爲簡單起見，我們須得依地理上次序來分段敘述。在伊爾庫次克以東的貝加爾 (Baikal) 路線爲全線中最短的一段。工程師僅把路線自伊爾庫次克沿安加拉 (Angara) 河流域延長，而至龐大的內海貝加爾湖的岸邊。但要通過這貝加爾湖必需一隻火車渡輪。

此輪船特定名爲『貝加爾』號，在北什勃蘭 (North Thumberland) 的愛爾斯威克 (Elswick) 建造，然後航至聖彼得堡 (St. Petersburg)，即現在的列甯格拉 (Leningrad)。在那裏把它拆開後，用火車，貨車，最後用雪撬，運越俄國本部與西伯利亞而至伊爾庫次克。在該地把它轉裝在輪船上，沿安加拉河航行至貝加爾湖岸邊，再在那裏把它裝配。

這『貝加爾』號是一隻破冰火車渡輪。在主要的甲板上有三道路軌排水量爲4200噸。此船長290呎，寬57呎，有鋼的船身，和三架三膨引擎，能發生3,750匹圖示馬力。把此船運越幾百哩的大草原和大森林，可算是西伯利亞鐵路工程中的特色之一。

雖有一隻輔助破冰船『安加拉』號的幫助，這隻破冰渡輪也不

能在冬季中暢行無阻。所以必須找個代替之法。要將路線橫過這深冬冰結的貝加爾湖，工程師就把鐵軌與枕木舖在冰面上，用特別長的枕木，使很平均地分佈通過車輻的重量。

這鐵道線中關係非淺的缺口，在1904年與日本開戰時對於俄軍極見不利，於是就設法把路線繞過這個大湖。工程師把路軌繞築在山脈連綿的南岸，炸去大量露出地面的岩石，在山壁間穿隧道，於斷崖間填土。現在這條因戰事而繞築於貝加爾湖南岸的路線，乃是綿長的西伯利亞全鐵路中最精彩的一段工程。它在1905年1月12日通車。

在1895年4月11日，開始建築長686½哩的貝加爾段。此線直至赤爾加(Chilka)河沿岸的斯來坦斯克(Sryetensk)，並有一條長215哩餘的支線至中國的邊境，與中東鐵路連接。中東鐵路是後來由俄國工程師承造，橫越滿洲而達海參崴(Vladivostok)。在伊爾庫次克以東路線所經之地有很大的變化。西伯利亞森林的尾部確是岡巒起伏，但在此地這些勞苦的工程師却遇到了巉巖峻崖。在伊爾庫次克至貝加爾湖短短的一段中，他們必須築造的橋樑與涵洞不下九十個。

保契金可夫(A. N. Pouchetchikov)擔任設計及建築貝加爾湖以東的路線，初沿湖岸33哩，然後直上色楞格(Selenga)河流域，在離開始點138哩內，經過了才贊達(Tzazan Da)山徑。此地的氣候很奇怪，有時溫度極低還不見雪。除了最大的河流外，所有的水道大半年是冰凍的。在某一深度的下層土是永遠凍結的，所以

必須不斷地使用炸藥。約在半山，路線須經過1680呎寬的色楞格河。工程師造了一座六架徑大橋，每個架徑280呎。

此段路線經過雅布羅諾威嶺 (Yablonoi) 而至貝加爾湖以東391哩的比特洛夫斯克 (Petrovsk)。然後行經赤塔 (Chita)，印哥達 (Ingoda) 赤爾加流域而至終點。保契金可夫於此段內造了七座著名的大橋，包括上述的色楞格大橋及離貝加爾湖610½哩的尼羅加 (Nerucha) 河上有五個210呎架徑的大橋。此段的坡度很大，雖其平均為1比107，但最大的坡度為1比57.5。

這貝加爾段共建27,764,994立方碼的土工。除幹線上的七座大橋外，在中國邊境的支線上也造了三座大橋，跨越印哥達河，鄂嫩河 (Onon) 和波鹿愛 (Boroia) 河。此段工程於1900年7月完成。

最後的一段

雖然現在的西伯利亞鐵路繞過滿洲北面，而從未離開俄國領土，但俄國與遠東第一次通車，却是穿越滿州，其時在1903年1月13日。

中東鐵路實使此路縮短。該路由俄國工程師承造，橫越北滿洲，軌距五呎為俄國標準，起自見貝加爾段支線，經哈爾濱而至海參崴，共長950哩。建造此段的工程師並不像在西伯利亞的造路者那般困於人工的缺乏，因為中國的人工是多而且廉的。但是在穿越東戈壁沙漠的一段工程却很困難，並且氣候也很惡劣。

在俄國境內路線的最後一段，為連接西伯利亞鐵路的貝加爾



停在滿州里車站上的一列西比利亞特別快車，從莫斯科到海參崴只須十天。

段與自海參崴北行的烏蘇里(Ussuri)鐵路。在烏蘇里線上，俄國工程師於1891年5月開始工作，先由烏薩底(A. J. Oursatti)領導，後由維阿才斯基(O. P. Viazemski)領導。這721哩長的鐵路於1901年11月9日通車。

由中東鐵路的連接，莫斯科(Moscow)與遠東間的直接交通成功以後，俄政府頗引為自傲。直至與日本發生戰爭之後，始覺運輸上的不充份，俄政府乃命其工程師連接貝加爾段與烏蘇里鐵路間的缺口，使全線完全在俄國領土之內，通行無阻。

困難雖多，工程師終於把這條鐵道橫越了世界上最大的未經開闢的一塊土地，使歐亞大陸間旅行的時間縮短了不少。

世界惟一海上大鐵道

美國佛羅里達半島南面是一串珊瑚小島——就是佛羅里達羣礁(Florida Keys)。最遠是一島叫做「西礁」(West Key)。現在這一串羣礁已用鐵路聯絡，在礁的中間築了許多橋梁橫跨大海。此項大小橋梁共長120公里，可算是世界上最長的鐵路橋梁。

一位幽默大家有一次講到哥倫布發現新大陸時說：『當他出發時並不知道到什麼地方去；當他到達後他又不知道自己站在那裏；當他回來後也不知道自己曾經到過什麼地方』。這句話到也可以應用到美國煤油大王夫來格勒(Henry Flagler)。他是煤油大王洛克斐勒(Rockefeller)的夥伴。對於棕櫚磯(Palm Beach)風景區的開發和在墨西哥海灣中直達西礁島(Key West Island)的世界惟一水上鐵道的建築，他是直接負責的人。當他在一個冬天，偶然到佛羅里達州一個僻靜小鎮聖奧古斯丁(St. Augustine)的時候，他還沒有這個不久就要實行的偉大企業的觀念。

遊憩的好場所

然而經短時期居留後，這位理財家就開始認識聖奧古斯丁的氣候和南歐相同，可以將它改成一處休假遊憩區，以娛美國的人民。他第一步建築一所富麗堂皇的大旅館，即以1513年發見佛羅里達(Florida)者之名，稱之為『蓬舍第里昂』(Ponce de Leon)。

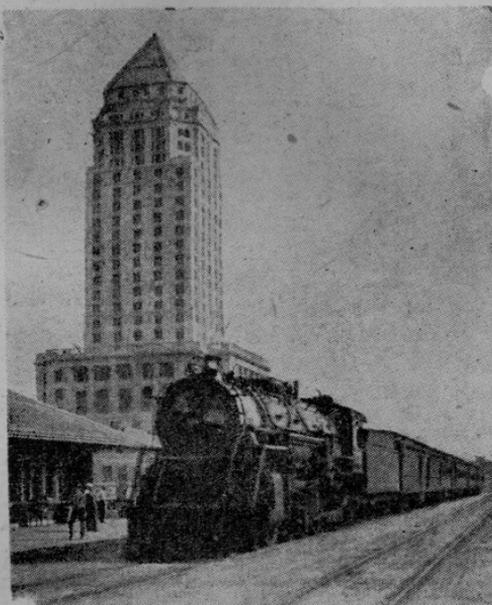


橫跨大海的鋼構橋梁

路公司遂應運而生，專司遊客來往之運輸。

1895年的冬季，棕櫚磯附近曾遇一次霜災，橘樹大遭蹂躪，賴橘業以爲生的農民大受損失。然而夫來格勒調查得在棕櫚磯之南，相距祇65哩的邁安密 (Miami) 地方，毫不受霜的影響，因此就斷定將來邁安密必成爲橘樹繁榮的區域。於是又把鐵路延長，而新的花園，住宅和果園等也沿路興起。那時鐵路公司的任務不但在助勵遊客，且在助勵種橘的農人。

當夫來格勒將其鐵路向南漸漸延長時，他覺得南方需有一港口，以便自美國至古巴，中美和巴拿



北行車，一列在邁安密市，係自西礁經過墨西哥海灣而抵此。

馬運河間有一通商和旅行的孔道。(巴拿馬運河的建築當時已開始，這也是使他決定這個計劃的一因子)。在1904年之末，他開始下令測量墨西哥海灣中的西礁 (Key West)，而同年內鐵路已延長至邁安密南約28哩的一個小鎮和謨斯忒德 (Homestead)。西礁本身是在一個小珊瑚島上，僅賴一串其他小島和珊瑚礁而與大陸相接。這裏現在不但爲美國海陸軍的根據地，也是雪茄，海綿，魚，龜

和果子等商品進出的咽喉，所以有美國的直布羅陀(Gibraltar)之稱。

要經過這一串孤離的小島，即『礁』上，建築一條鐵道，確有不少嚴重的困難。夫來格勒的同伴理財家認這個計劃為不可思議而鐵路工程師也覺得不合實際。不能就地取材為第一個困難。飲料，食物，築堤的石料，水泥，木樁，鋼和機器等，無一不需從遠道運來。

然不論怎樣，測量員總得出發，測定一條可能的路綫。經和謨斯忒德不遠，他們即遇一條低狹的區域，名為厄味格雷咨(Everg-lades)，是一片池，沼和半沉沒島嶼錯雜的區域。這澤地所佔的廣大盆地以石灰岩為緣，滿地植物叢生，隱藏虎與鱷魚等動物。測量員的一隊即在這恐怖的區內進行工作，同時另一隊則考察各礁，紀錄海峽的深度潮汐，風壓力，水流的變化，和不時掠過這串小礁的風暴。測勘報告終於告成，但是因為工程的危險，費用不能得到確定的估計，祇豫料其必定巨大無疑。夫來格勒的產業無止數百萬，所以對於這點並不考慮。他一聽到可以將鐵路延長到西礁時，隨即吩咐開始動工。有一位名梅列笛斯(Meredith)的，曾在坦比哥(Tampico)建過一個偉上的船塢，足證其才能，遂被聘為工程師。

達西礁的鐵路長123哩，其中91哩築在大陸的尖角和墨西哥海灣中探出水面的一羣珊瑚礁上。其餘37哩築在海面上，其中17哩為橋，20哩為堤。

填 平 沼 澤

1905年四月，經過厄味格雷咨的一段工程開始動工。因為地下密伏着沼澤植物的強韌的根，平常的築堤方法不能適用。要經過沼澤開通一條路，不能不用巨大的挖泥機，用巨大的剷將矮樹剷去，堆積路旁，自和謨斯忒德至巨斐士(Jewish)成一長脊。自巨斐士起，鐵道始離大陸而入海面。

各礁間的距離雖不甚大，然而要跨過海面，建築鐵路，工程師們的才能和技術確受到了嚴格的試驗。在有幾處礁的中間，水甚淺，可以築堤。另幾處不能不用高架橋(Viaduct)和鋼橋，其基礎築在堅硬的珊瑚岩上。諸礁之間，船隻向來往來不絕，為不阻礙水上交通起見，有幾處又不能不用活動的橋樑。

數千工人的住居和飲食，為工程師們所遇的最困難問題之一。因為不能使這一班人居在陸上，乃不得不在水面上設備住所。因此建造了許多駁船式的船，上建木屋。這種駁船棧泊在工作相近的地點。另有小艇載運工人，往來水上。需用的材料另由汽艇供給。汽艇並行經各地，將由大陸上帶來的淡水箱分給各處。

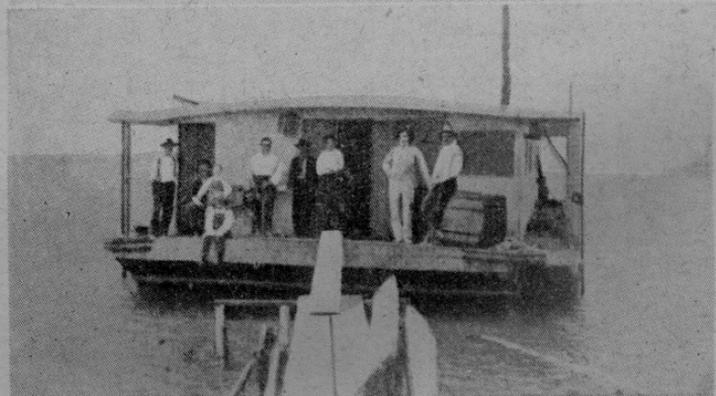
又在邁安密設立一所醫院，以備受傷或患病等不幸之事發生。較輕的病可在一個野外治療所醫治。總計在工程進行的七年中，不幸的事比較極少，這是由於佛羅里達氣候適宜之故。

不但這一隊建築工人的種族不同，膚色各異，即應用的船也種類繁多，如挖泥船，小帆船，浮行起重機，打樁機，混凝土混合機，和載運器械材料等的尾輪式汽船。鋼骨結構和混合混凝土的工作均在可航的『工場』中進行。場如浮船塢，棧泊在方便的地點。監工員，

泛海為家



築路工人不能住居在陸地上，所以把巨大駁船改裝為浮海宿舍。工人向工作地點來往，另有小艇運送，如圖所示。



除了築路工人外，每船上又有一隊水手執行駕駛，守望，洗淨，和烹飪的工作。轉運新鮮食物和淡水供結大羣的工人非常困難，而在惡劣氣候下為尤甚。



屋船內有巨大的工人聚餐長桌。工人工作完了後即在這種桌上舉行各種遊戲。船內堅粗的樑柱顯示建造的鞏固，足以抵抗駭浪。

通信員和工程師憑一隊小汽油船巡察工程的進行。

到西礁的展長路綫中，橋梁部份計有六座鋼橋，四座開橋(drawbridge)和二十九座不相聯的鋼筋混凝土陸橋。在建橋地點，水的深淺自數呎起約至三十呎不等。抵長礁(Long Key)後，始遇第一個廣闊的水面。這一段築着長礁橋跨過，橋長二哩又四分之三，包含半圓形拱180個，跨度各50呎，軌道距高潮水面30呎。這座橋在美國所造橋中尙屬創見。

因爲颱風與駭浪的流行，結構不能不非常堅固。第一步先確定橋墩的地位，然後用挖泥機將泥砂自海底挖起，使需用爲基址的珊瑚岩露出。浮動的打樁機將裝着鋼鑽頭的樁打入珊瑚岩內，至確實穩固爲度。經過這步手續後，樁因岩石移動而滑瀉的危險可以減少，因爲營造家早能確定岩石是否堅實或不穩定而豫爲之防。

打樁工作完畢後，將鋼筋混凝土堆築在上面，約深五呎，構成橋墩的真實基礎。而後用模型框(俗稱殼子板)範成鋼筋混凝土的拱，建造時非常小心，以免因膨脹而起裂痕。製混凝土的碎石爲炸碎的珊瑚岩，從礁內取出後置在浮台上，而後送入巨大混合機。

當軌道鋪過淺水上時，卽利用行動的挖泥機船築成一條堅固的碎石堤。沿堤中央的幾部份設置管道。從管內吸出的砂礫，積貯於需用的地方，同時把水排出。因土壤濕透，要吸去堤內的水而待其乾，需費不少時日。

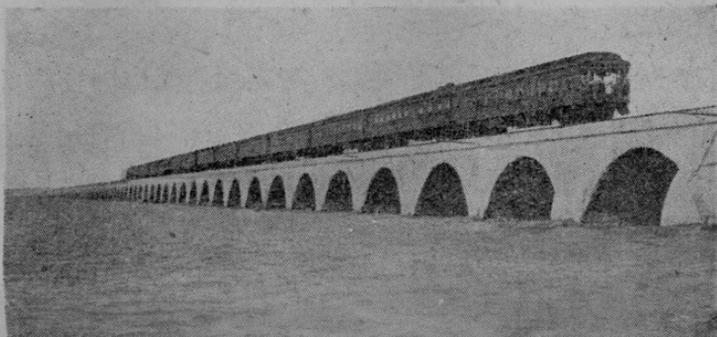
一座奇特的橋

工程界早經發見波浪的摧毀力不在它們向堤岸的衝擊，而在退落時將堤岸刷壞而使岸脚剝成空洞。由實驗證明，一個平滑的表面，可供巨浪滑過，而退落時不被它抓住任何部份，是解決這個問題的最好方法。建造這種表面的材料發見於沿綫的海泥灰岩(marine marl)礦床中。這種黏土塗佈在堤岸的表面上，露在空氣中即可結硬而能抵抗最猛烈的巨浪。

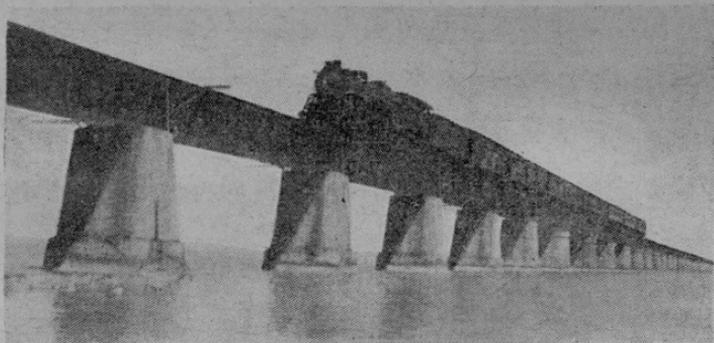
總工程師梅列篤斯(Meredith)卒於任所，其時工程已近武士礁(Knight's Key)的部份。現在在邁安密鐵路旁巍然矗立的一個花岡石碑，就是紀念這位敏慧勇敢的鐵路工程師而建立的。繼任者為克羅姆(William Krome)，即是他的首席顧問和助手。

1908年二月，鐵路展至武士礁。工程暫時停止前進，俾建造家考慮怎樣渡過這七哩長而深自18至22呎的海。因為築堤是不可能的，所以決定建造一座橋。這座武士礁橋跨過海面七哩，為全綫中最長的一個構造物。橋離海岸甚遠幾難望見。因為水甚深，乃用巨大鋼梁裝在鋼筋混凝土的橋墩上。全橋內有80呎孔者316個，60呎孔19個，而在南端較淺處則有53呎鋼筋混凝土拱210個。軌道本身高出低潮水位30呎，路綫經過之摩塞海峽(Moser Channel)上，建有一座約長250呎的旋開橋(swing bridge)，以便船隻通過。

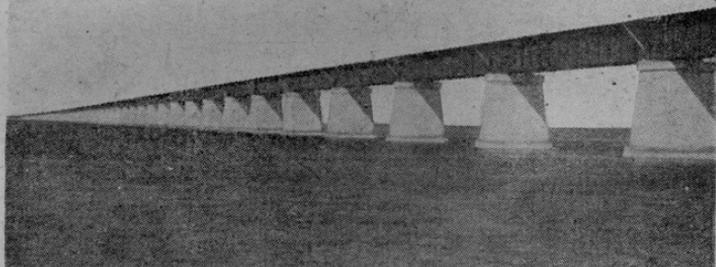
在巴伊阿·渾特(Bahia Honda, 西班牙語，意謂『深灣』)又遇一條深30呎的海。這個障礙較在武士礁的一段為尤甚，巴伊阿·渾特總計只長一哩餘。這裏又需建一橋，其中13孔，每孔長128呎，另13孔，每孔長186呎，更有一孔長247呎，此外更有九個拱跨度各



哈瓦那特別快車向西礁行駛，經過二哩半長的長礁橋時的情形。



橫渡海面 特快車在著名的武士礁橋上橫渡海面。這列車行駛在半熱帶所流行的大風中，故需距海面甚高。



七哩長 這座大橋，用鋼和混凝土建造，跨過墨西哥海灣內武士礁和鴿礁(Pigeon Key)間的海面。此橋稱爲小鴨橋(Little Duck Viaduct) 爲佛羅里達東海濱鐵路海上展長線中最長的橋。

80呎。

當建橋工程自武士礁開始時，裝置鋼梁的工作均委諸各項營造家。因為這個辦法不妥，始把工作全歸工程師所自用的工人擔任。架孔樑均用駁船載至橋墩旁，然後用浮動起重機把它們提高而安置在橋墩上。他們的工作較營造家迅速一倍。有一次四小時內安置六個樑，另有一次二十分鐘內安置一個樑。巴伊阿·渾特橋係用臨時木架和一個高架移動起重機來建造。對於工人的安全防備得極周密，所以當建造武士礁及巴依阿·渾特兩橋時共裝置鋼樑達32,900呎，並無一人遇到生命的損失。

但是這兩座大橋工程雖完成，尙未能泯除全路的困難。在鐵路達到西礁島之前，尙有2,500呎的距離，當局再三考慮之後，決定另建一橋。

腐蝕問題

工程師們更有一個保護鋼結構的問題，怎樣能使橋內大量的鋼雖露鹽水內而不受到氧化作用。佛羅里達的過份潮濕的空氣也能使金屬物在短時間內生銹。搜覓最佳防銹漆的試驗甚多，大概以紅鉛(Red lead, 如用於船脊上者)的防腐成份為根據。路軌也因露在濕空氣中而易生銹，需用一種特製的保護塗料把它處理過。

熱帶的風暴和颱風雖多，這展長路線確能抵抗自然界的最大暴力。在1906年曾遇到一次最猛的颱風，很小心地時常觀察大氣情形的工程師，預見一種擾動的來臨，政府天文台也先給他們警告。

然而建築人因爲在1905年曾接到一個無應驗的警告，所以對於這次警告不大注意。不料風暴毫不憐惜地把工程盡量蹂躪。這班工人羣向弱小的駁船上倉皇奔避。船屋不勝風力壓迫而破裂漂開，有被捲入驚濤駭浪中者，也被拋散在礁上者。他們經數日的暴露，始由經過的汽船把未死者救起，而死亡者已有七十餘人。

在1909年又遇一次速率每小時125哩的颱風。這次的預告大家不敢不凜遵，駁船均豫泊在安全地方。雖堤岸被沖毀不下數哩，而混凝土的工程却沒有真正損害。武士礁橋上有五個鋼樑被風吹離橋墩。這是因爲包工人未曾把需要的螺栓數裝上的緣故。研究這種風暴摧毀力的結果，對於建築計劃引起不少根本的改良，因此這條路工在實際上是不畏風暴的。

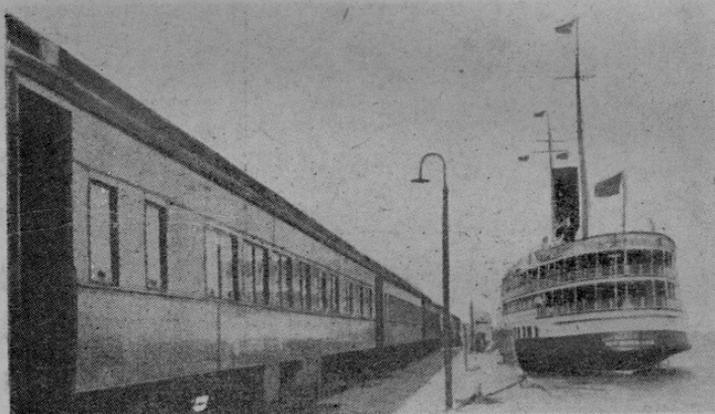
這條鐵路工程雖是十分困難，而完成極速。1912年正月全路完工，只待通車，照規定時期約早一年。在開抵西礁的第一次快車中，即載着促成這條鐵路的夫來格勒。

自紐約抵西礁，由賓夕法尼亞·大西洋海濱鐵路 (Pennsylvania and Atlantic Coastline) 和 佛羅里特東海濱鐵路 聯絡貫通，兩路在傑克孫維爾銜接。在這長的高架橋和其它橋上，車行速率受嚴格限制。從紐約到西礁總計費時37½小時，特快車設備極富麗，其中有一個游泳池。

西礁終站約佔面積140英畝，大部份係由填築淺海而成。它的寬敞的車站與一個2000呎長的埠頭相連，埠頭外有廣闊的水面，係從堅石挖出，足供進口的相當大船靠埠。由這海口可以聯接西礁南

九十哩的古巴首都哈瓦那(Havana)。

巨大的汽車渡船在西礁和哈瓦那之間定期往來，每次能運車



西礁島是這列車的終點，自這裏抵古巴首都，哈瓦那有汽船可通。這圖表示大汽船泊在列車旁，等候自邁安密來的旅客。

二十六輛，又能轉運貨車自佛羅里特東海濱鐵路抵古巴。運客列車和古巴汽船銜接極密，旅客往來稱便。

一個絕大的成功

從幾個驚人的統計數字即可知道這條鐵路工程的偉大。自開始至完工共用了38,000噸建築用的鋼，641,000立方碼的混凝土；轉運和分佈了800,000桶水泥，96,000噸石塊，78,000噸石礫，和300,000立方碼的珊瑚岩。此外，更需轉運2,000噸鋼骨，70,000根松木樁，和約100,000噸的挖出土石以供填淺水築堤之用。

這許多材料大半從遠在數百哩外運來，建築全路所需的人工

和組織的偉大，不難想像了。

這條鐵路使向無人居的孤礁漸次繁榮。沿路各小島上，時式的休憩區相繼而興，各種有趣味的運動，如捕魚和划船，得在溫暖的氣候中享受。

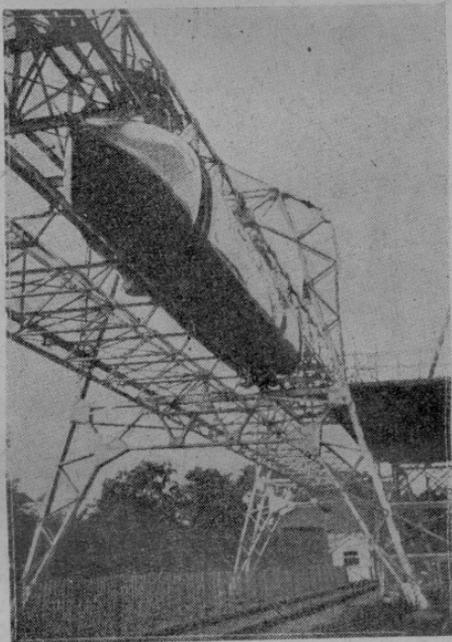
建築這條路係在酷烈的太陽下海陸並進，跨過海峽和駭浪，跨過許多荒涼的小島，更受可怕的熱帶風暴。它是空前絕後的創造，在鐵道工程上最大成功之一。承造此路者曾別出心裁，以解決從未試過的困難問題，而結果則為成功。現在此路仍在抵抗此不可稱量的自然力——風，海和潮。

異常鐵路

建築在平原上的鐵路沒有什麼希奇，遇小山可以鑿隧道通過，遇江河可以架橋樑跨過。但是建築在山嶺區域或地形特殊的區域內，為適應環境計，鐵路的構造就比衆不同了。世界上奇特的鐵路屈指可數。有幾種非親自目覩簡直不能相信。下面略舉幾種，藉資讀者的參考。

軌道飛機

其中最奇妙者為英國喬治彭尼『軌道飛機』(George Bennil Railplane)。它的軌道築於格拉斯哥相近邁耳該維(Milngavie)地方倫敦東北鐵路(L. N. E. R.)的上空。它是供運輸用的。它的運輸方法確極安全和迅速，並且在繁盛的工業區中它也是最有效的交通副綫。這條路綫築於平常鐵路的上



建築於格拉斯哥相近，邁耳該維地方的喬治彭尼軌道飛機。這種運輸法非常安全和迅速，並且在工業繁盛區內，地面鐵道上擁擠的時候，它也是不可少的交通利器。用這種方法轉運郵件和旅客等，取費甚廉，對於開發閉塞的鄉村確極重要。這個軌道架在原有的地面鐵道上，能夠轉運全部乘客，使地面鐵路上的高速貨車往來無阻。

空，目的在減少地面鐵道上的擁擠，使一部份旅客和貨物由這條副線運輸。

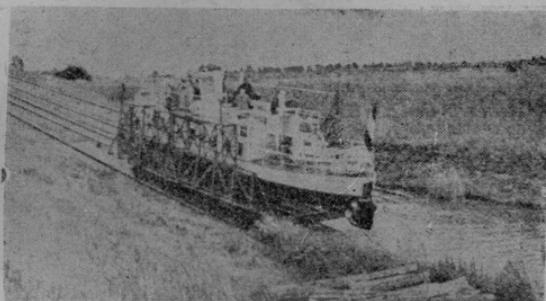
最短的鐵路

世界上最短的鐵路是在美國加州洛杉磯。在該路上往來者雖稱列車，事實上不過是露天的升降機。這條路線向上斜昇，前進的水平距離恰和上昇的懸直高度相等。它自地面上一個獨立建築物的側面出發，和地面成 45° 角向上斜昇。它用兩個巨箱爲運輸車。兩車由鋼纜連接，鋼纜經過頂上一個固定的滑輪。當一車上昇而另一車下降時，它們相遇之點適當路線的半途。因此降下的一車的重力得以助另一車上昇。它們所用的原理不過是利用位能使它們上下移動，是極平常的。有幾種和它相似的組織可以完全利用位能，但是這裏所講的一種路線也用電力而不單靠位能的。車內各有水箱。將充份的水灌入上車的水箱內，再將下車水箱內的水洩去，因此使兩車的輕重不同。發軔之後，上車因自身的重量而下降，同時將較輕的下車拉上。每次上下完畢後，照同樣的手續覆演，則較輕者又變爲較重而可作第二次的上下往來。這樣可以往復不息。洛杉磯的這條鐵路名『天使飛行』(Angel Flight)。每次車資僅美金五分。

兩棲旅行

在兩個東普魯士市，愛爾坪(Elbing)和德屬伊勞(Deutsch-Eylau)之間，有一隻奇怪的兩棲船行駛。外來乘客登船以後，往往

不免要驚奇；爲什麼在水上行駛的船突然間在陸上行駛起來，並且還要爬山越嶺！原因是如此的，如果用水閘的分法，使河面分級升高以便船隻越過山嶺，則需用水閘二十個，行駛的時間需增加一倍。在這個四十哩的短程中，需越過山嶺四個。這地方

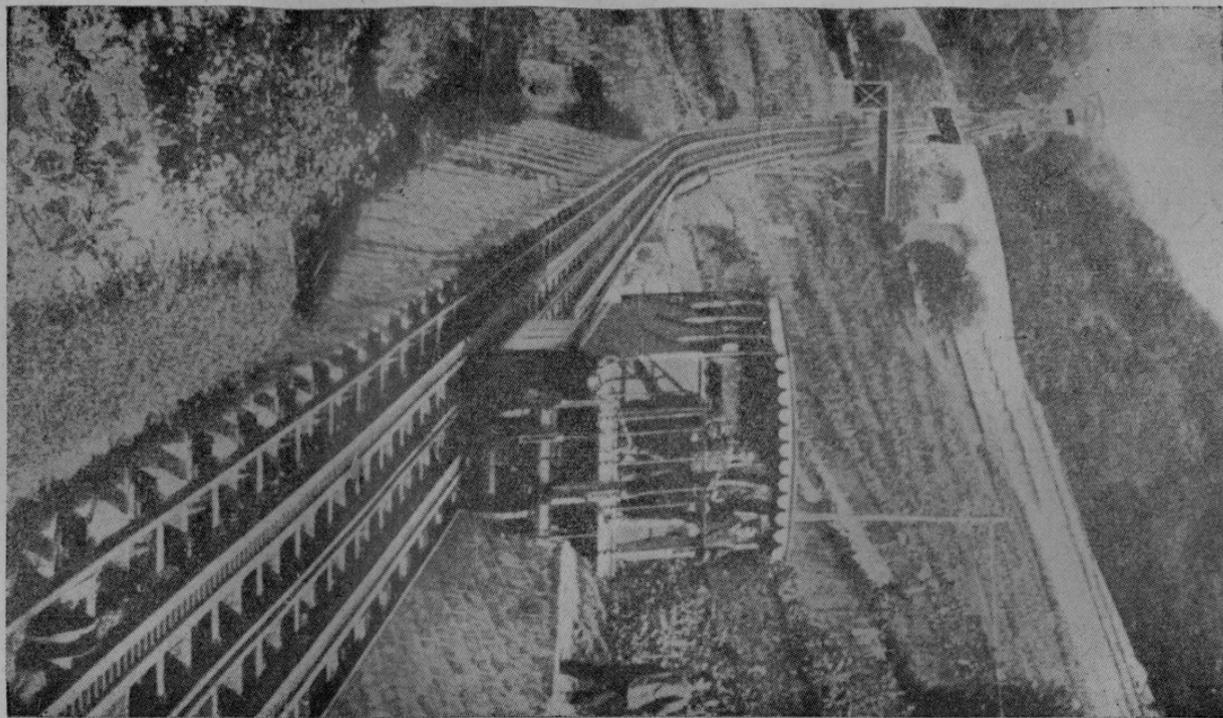


奧勃蘭航路(Oberland Canal)在愛爾坪和德屬伊勞之間。一隻特造的船在抵愛爾坪之前登陸，再爬過山頭。這是陸上行舟的一例。它經過全線需爬過四個山頭，然後可以離開陸地，仍歸水面。這條航路是專門技術的結晶。如用水閘將水面分級增高以便船駛過高山，則欲經過這條航路需用水閘二十個。現在用巧妙的技術將這個問題很簡單的解決，並且吸引不少好奇的旅客一觀奇妙的交通。

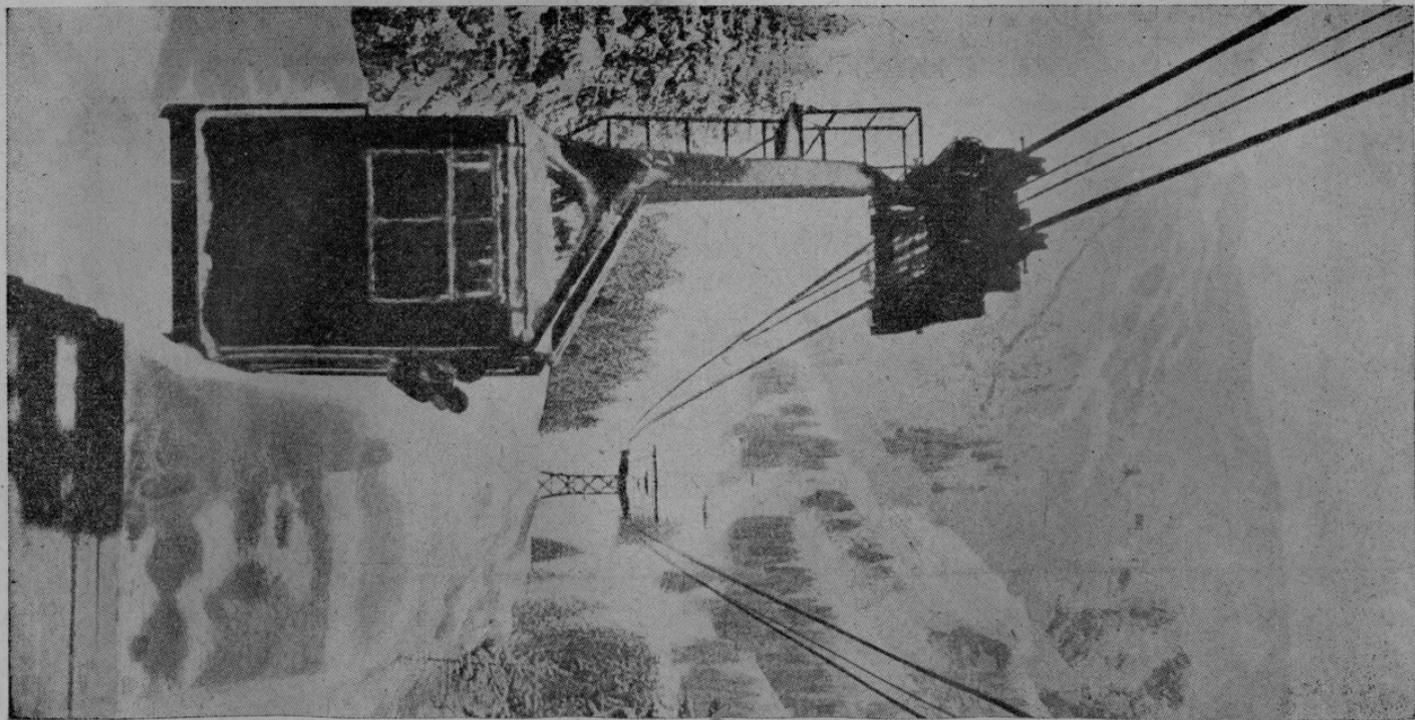
原是單調荒涼之區，祇因這個奇怪的越嶺交通，引起好奇的遊客紛至沓來。在水面上行駛的船，爲欲越過山嶺，暫時在鐵路上行駛，它的原則恰和火車欲渡過大河而暫登渡輪相反，火車渡輪，如下關浦口間的渡輪，世界各處都有，惟以在意大利和西西里之間者爲最著。火車抵河邊碼頭後，乘客不必下車，火車將所載的乘客和貨物全部駛上渡輪；渡輪抵對岸後，火車復上鐵道行駛。

山嶺鐵路

鐵路所許的坡度極有限，故山上軌道必盤旋而上下。但亦有不易或竟不能建築盤旋軌道的，則用齒板和齒輪軌道，使車輛可以爬陡峭的斜坡。此類鐵路中最著名的例子是秘魯的加雷倭·奧羅耶



在瑞士用齒板和齒輪的軌道。這種組織的主要部份，凡沿斜坡直上的兩軌中間都有一條齒板，車上引擎的下面有一個齒輪，彼此相啣，把車身拖上斜面。



瑞士的懸空鐵道。車輛用索拖上，自魯爾(Rohr)至甘斯尼阿爾俾(Gerschni Alp)。斜度最大的地方7/8哩內昇高2145呎。

鐵路(Callao Oroya railway),車輛能爬高達15,865呎,瑞士也有這種鐵路,如圖所示。

不用齒板和齒輪則用索拉,香港的索拉鐵路即是一例。鋼索是用機器拉動的。又如德國特勒斯登(Dresden)相近, 落希衛茲(Loschwitz)地方,亦有這樣一條短鐵路,路長僅280碼,但一端比其它端高240呎。路上往來的車,像落杉磯的「天使飛行」車一樣,也由一條鋼纜連接,上行車賴下行車重力之助而上昇。鋼纜經過一個裝在頂端上面用電力驅動的滑輪。它是由一百根鋼線絞成,直徑35毫米。纜雖粗壯,但仍須時常換新。車上更裝有保安軌。

這類架空鐵路大多為遊覽名山的乘客而築的。在瑞士安格堡(Engelberg)也有一條懸空鐵路,實在應稱做空中索道,更為奇特。路上所載的車用鉛製,可以昇至6,000呎高,能容乘客十五人。

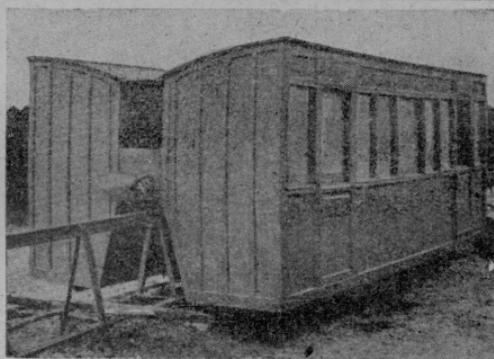
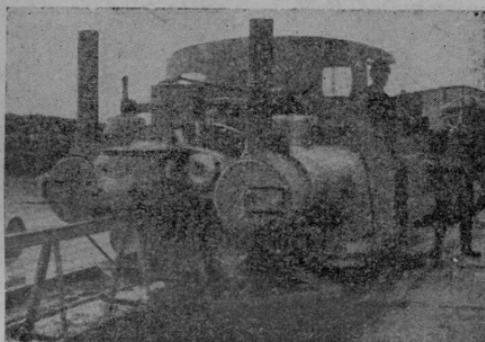
在德國南部的納貝爾盞(Nebelhorn)鋼纜鐵路,也是空中索道。它的終點是在奧柏斯特夫(Oberstdorf)村。因此乘客經過這條鐵路,得飽覽巴伐利亞(Bavaria)幾處最美麗的山嶺風景。德國哈茲堡(Harzburg)也有一條相似的懸空鐵路。在這路上行駛的車,在四分鐘的短時間內,能昇高1,600呎。

獨軌鐵路

各種獨軌鐵路,不論是實驗的或實用的,各有討論的價值。前面所舉的軌道飛機也是獨軌鐵路制之一,不過它的運輸車是懸在上空獨軌上的。在這種獨軌上的車常處於穩定平衡狀態;換一句話

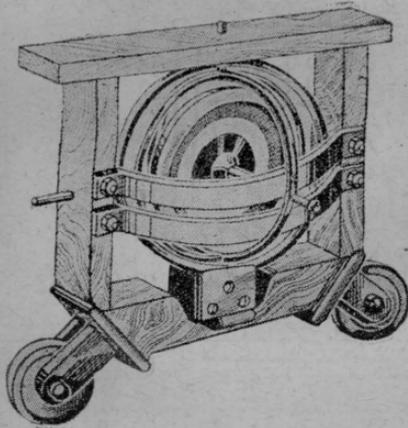
說，如果車向一邊側轉，因重力關係它會反轉到原位。最奇妙者在獨軌上行駛的車，其重心高過於獨軌。照這種情形，軌上的車必在一種不穩定平衡狀態，它雖暫時能維持直立，但是祇需側面受到一些微力壓迫，就要倒下。關於平衡狀態還有一種叫隨遇平衡。在這個狀態下的物體，如果偶然被迫而傾斜，不會倒下，也不會回復到原位。彈子檯上的彈子隨處可安定，即是一例。所以在軌面較低於車的重心的獨軌鐵路上，往往另置輕便的輔佐鐵道，以備抵抗輕微的側面壓力而維持車的不穩定平衡。

保持這種車的平衡還有一種極有趣的機械方法，就是利用迴轉運動的方法。一個轉迴的陀螺時常有回到直立的趨勢。如果一輛



這是在愛爾蘭鮑萊蒲雷(Ballybunion)和里斯篤爾(Listowel)之間的一條獨軌鐵路。軌道由A字形架擡起，長10哩，火車即在軌上行駛。它的火車有機車二，分列兩邊，各有各的汽鍋，火爐，和煙囪，還有三個直徑2呎在獨軌上滾動的輪。此外更有四個護輪，預備遇危險時在輔佐軌上滾動，保車不側倒。它的速率以每小時18哩為限。它的列車也分列兩邊。

獨軌車的構造內裝着一個充份重的迴轉飛輪於適當位置，則這輛車雖偶然被迫而略為側倒，仍舊能夠回到直立。不過在車行駛時，

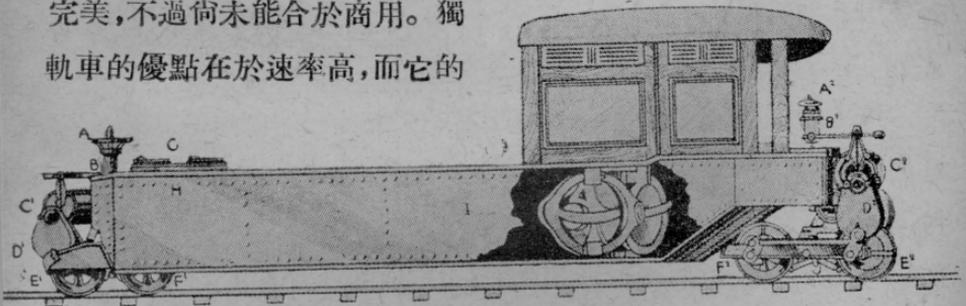


最簡單的迴轉器獨軌車。

情形較為複雜。車內如裝一個迴轉器，車的行駛方法祇能循直綫進行，轉向也僅能向左或僅能向右，需視迴轉器的轉向而定。白利南(Brennan)是世界最著名的獨軌車發明家。他用兩個反向迴轉的迴轉器，遂將這個問題解決。

白利南獨軌車的原則確甚

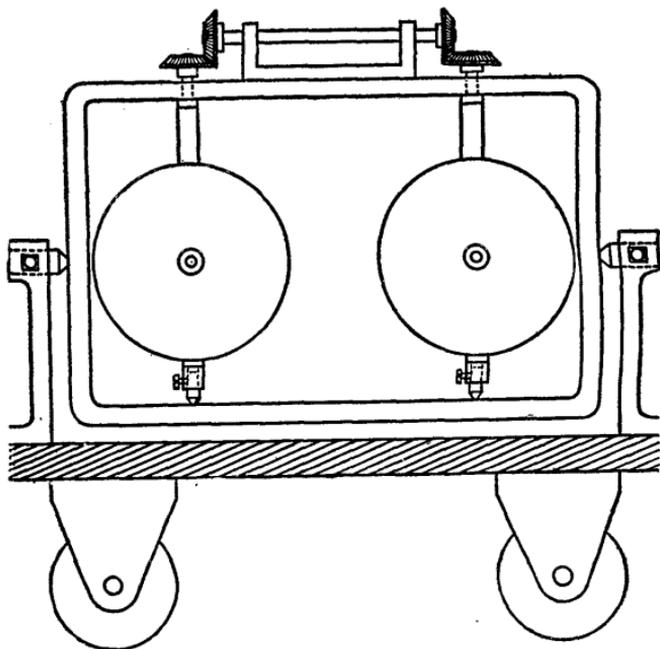
完美，不過尙未能合於商用。獨軌車的優點在於速率高，而它的



白利南的模型獨軌車。 A^1A^2 為手動軛， B^1B^2 為氣力軛。 C^1C^2 電動機，推轉 E^1E^2 輪，則 F^1F^2 輪也跟着轉動。 G 為調整轉換器。 H 蓄電池。

弱點則在可靠性的與日俱減。任何鐵路上，車內的機械偶然損壞是不可避免的。如遇這種情形，在平常鐵路上的車不過停止而已，但是在獨軌上的車不但停止，當疾駛時還要側倒，結果確極危險。不

過在白利南的鐵路上.這種情形尚未遇過。



獨軌車上裝着二個迴轉器,它們的軸承不但担負其平衡輪本身的重量,且須用極大的應變力把車身保持於正當的位置。

奇妙的鐵道將來發展到如何程度,誰也不能預測。有許多人鑒於航空的發達,以為鐵道運輸不免有淘汰的一日。但是天空中如果飛機輻輳,難免危險,也許有人還是願意採取較新式的地上運輸。并且如果為防患於未然計,飛機也需服從自動的方向控制,嚴守規定的方向進行,那麼厭惡軌道拘束的人們,在空間也並不會十分自由的。

倫敦地下管鐵道的構造

倫敦市街下的管鐵道，是世界上現代工程的奇蹟之一。這全部鐵道的本身是一個最優良週密的組織，足為各國地下鐵道的典型。要建造一個管鐵道，不是一種直捷爽快的工程，而是一種極艱難工作，在事的工程師們非有巧妙的技術和創造的能力不能成功，因為在倫敦地下每一段管道各有它的特別困難，決非墨守成法者所可成事的。

建造管鐵道和以前建造倫敦其他地下鐵道的方法迥然不同。以前的築法是用一種所謂『鑿和蓋』(cut-and-cover)的方法，就是所築隧道並非真在地下打通，而是從地面掘開，再用桁樑或拱頂蓋在上面，而後在地面建造房屋。

效法鑿船蟲

建造管鐵道與此不同，須在地下極深之處鑽出泥土，跟着隧道工的進行，把鐵管逐節排入挖空之處，以防泥土塌下。故管鐵道實在是埋入泥土中的一道堅強的鐵管。

這種建築法實是第一次泰晤士隧道(Thames tunnel)的建築者勃羅納耳(Brunel)所發見。他曾見一種鑿船蟲(teredos)，挖掘船板成穴，再用水中挖出的石屑作為襯裏，構成堅固的穴。因此他學得這種建築隧道的方法。

在勃羅納耳的隧道中用磚襯裏，但現在則用鐵爲襯裏，更是經濟有效。

每一條管鐵道各有其本身的特別的問題，或關於路線的曲直，或關車站位置的高低，或關鐵管所經的土壤的性質，故須先做許多初步測量的工作。

管鐵道的路線，在可能範圍內，必循街路而設。測量的第一步是規劃路線和推算隧道的中心線。

中心線確定後，即繪在地面的道路上。爲避免車輒行人的侵擾起見，工程師進行這步工作多在夜間。

規定計劃時，對於公路的高低，街道的闊狹和弧度，以及地面下的陰溝，水管，煤氣管等都加以注意。

在可能範圍內，隧道在離開車站以後300呎內，每30呎降低一呎，在趨近車站以前600呎內，每60呎升高一呎。

這樣的建造，可使列車離站後下坡行駛，速率得以增高，到站前上坡行駛，速率得以降低。如此可以節省電流。

上下行列車在雙隧道中往來。這雙隧道除接近車站處上行軌道和下行軌道的傾斜度互不相同外，大部份是平行的。可是也有許多地方並不平行，一條隧道比另一條高，甚至一條恰在另一條之上。平常鐵道的上下行軌道均在同一水準的路面上，而此種上下行管道却各自獨立的。

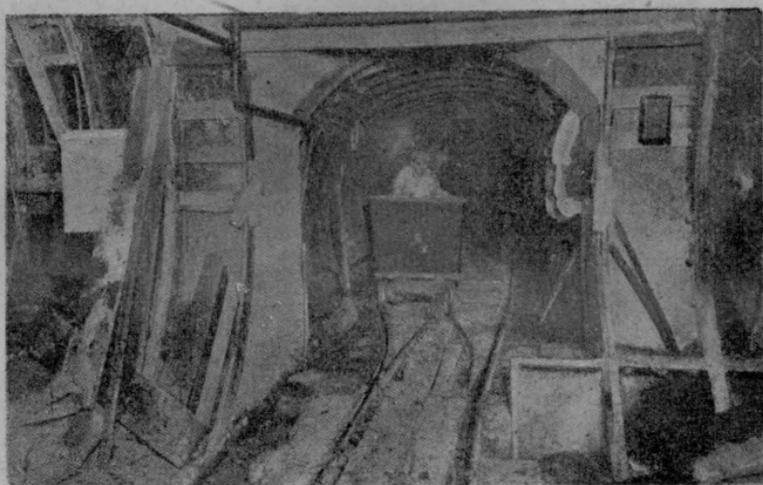
相 差 不 滿 一 呎



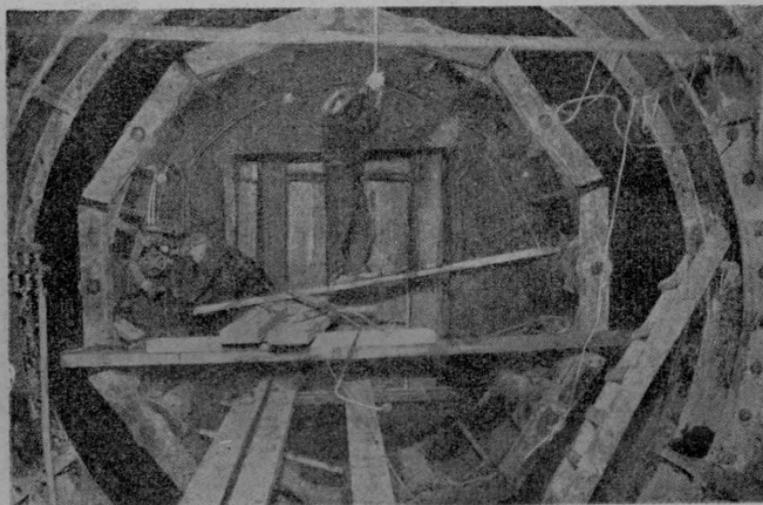
倫敦地下的管鐵道建築時，第一步是規定路線，並在地面上量出。圖示工程師在夜間量度地面測量的幹線之一，由此計算出隧道的中心線。所以要在夜間舉行者，係為避免車輛行人之干擾。



管鐵道的路線確定以後，先鑿開一個供應豎坑，如上圖。掘隧道的工作即從這樣一個坑出發進行，一切器具和材料均由此坑送下，掘出的泥土也從此坑運出。鑿隧道的工作從許多坑底同時並進，十分精確，在各段隧道啣接之處，相差不滿一吋。



上圖表示運泥車由供應隧道駛向主幹隧道的情形。所有泥土用隧盾挖出，由供應隧道運至坑底，送至地面。隧盾前進時，即用鐵環隨後襯托，構成行車的鐵管。



圖示鑽掘隧道的葛萊海特盾，正在裝置的情形。隧盾前進時，已挖的隧道即用鐵環襯托，構成鐵管的一節。

把隧道中心線在地面上記出後，第二步即開始挖掘供應堅坑，至需要的深度為止，以便由此進行開鑿隧道。這種工作分多段進行，有時有八段同時並進。因為工程師們技術的精確，各段隧道雖各自開鑿而鑿到彼此相遇的地點，相差常不滿一吋。

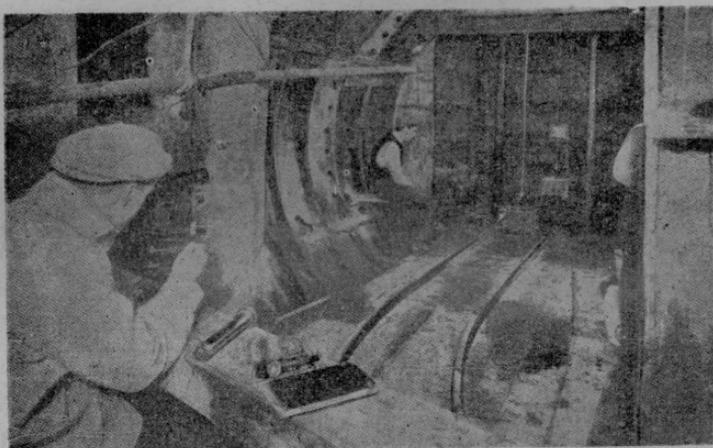
從坑底出發開始鑿隧道時，對於預定的方向，用精確經緯儀 (theodolite) 和兩個前後合致的鉛垂線來測定。一切鑿掘用的器械和材料均從供應坑送下；掘出的泥土也從這坑運至地面。

隧道係用一個巨大的隧盾 (Shield) 來挖掘。這隧盾因它的發明者之名而稱為『葛萊海突盾』 (Greathead Shield)，具有刀口。隧道的一部份一經隧盾鑿去時，即用鐵製的環襯托於挖空的部份，於是構成一節管道，然後把隧盾繼續推進挖掘。

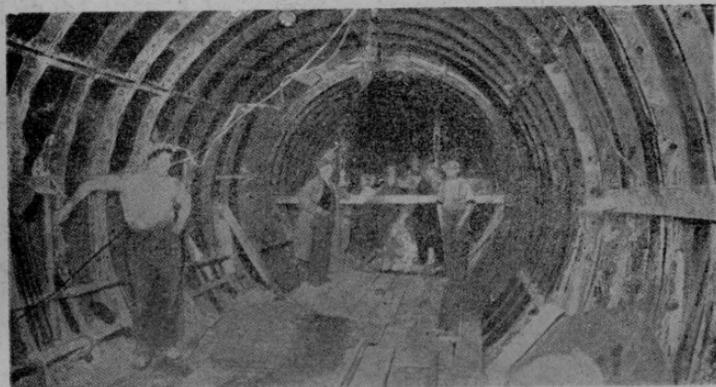
如是隧盾向前移進，即用鐵環隨後襯托。在鐵環和土壁之間，在壓力下用混凝土填實。

挖掘隧道有時也用旋挖機 (rotary excavator)。旋挖機只用於須挖掘粘土之處，而葛萊海突隧盾能用於任何種地層。一具旋挖機，每天能挖34呎而葛萊海突盾每天只能掘15呎。換一句話說，旋挖機挖出20個鐵環的地位，隧盾在同時間內，只能挖出九個鐵環的地位。

在進行挖掘隧道的工作時，當然對於方向和水平面需不斷的加以稽核。如需隧道轉灣，在建築時對於其弧度尤需特別校正，力求準確。應行通過的各段土壤也時時採取樣本加以試驗，因為或許有異乎尋常的組織或水袋等遇到。



各段隧道同時鑿掘，但工程師用鉛垂線和經緯儀測定隧道中心線的位置使與地面上預定的中心線相符合，逐段建築，逐段校核，所以能使各段相遇時，偏差不滿一吋。圖示工程師正在調準他的經緯儀，和二個鉛垂線。



圖示兩段隧道相遇竟毫無參差，工程師們測量之精確，實可驚人。在建築隧道時，不但把預定路線的中心線方向逐步加以校核，且對於高低和弧度也時時校正。那兩個鉛垂線如果掛得互偏出四分之一吋，那麼在一段三千呎的隧道就要偏出其預定方向 $8\frac{1}{2}$ 吋，路段愈長，這偏差度愈大。

如遇漏水之地，工作需在壓縮空氣下進行，使隧道成爲不漏氣的密室，阻止水灌入。室內氣壓因各地情形而異，有時須達每方吋35磅。

在不漏氣密室的進口處，有一道空氣閘，人和器物均須經過它。這好比一道運河船閘的調整水位，故氣閘是用以調整空氣壓力的。

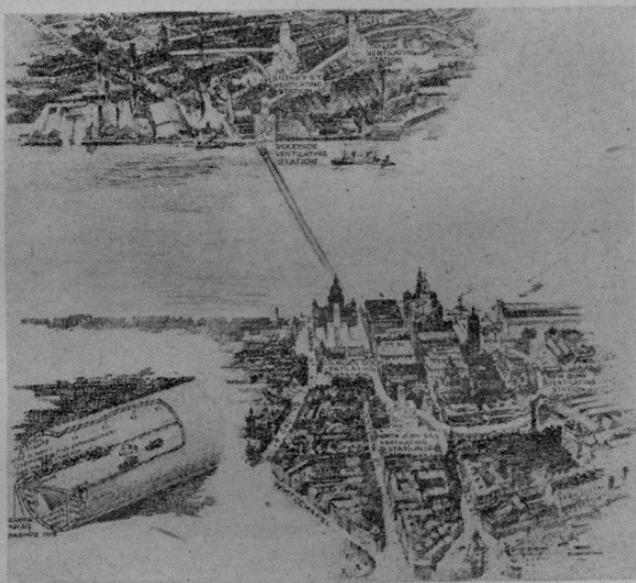
倫敦市街下的管鐵隧道長六十餘哩，是工程界的偉大成功，爲全世界所稱頌。講到運輸上效率之高，這管鐵道更是獨一無二的。

美賽河下的世界最大隧道

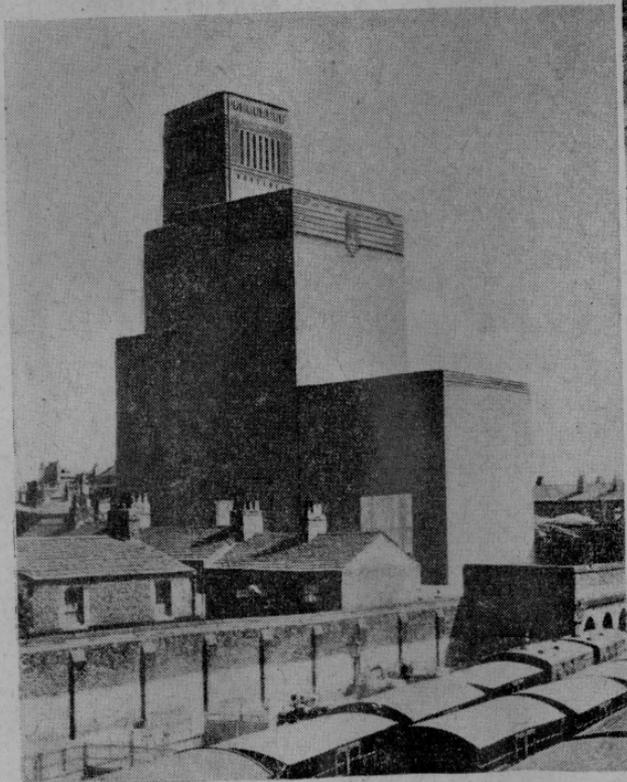
英國利物浦和勃格海突間有美賽河(River Mersey)隔開，爲交通便利計，英政府在該河下面通一大隧道以便車馬往還。該項工程由工程師莫脫(Sir Basil Mott)和卜落第(John A. Brodie)和建築師羅師(Herbert J. Rowse)共同設計建造。在一九二五年十二月開始建築，至一九三五年七月十八日行落成典禮，英皇親自揭幕。世界最大的河下隧道遂開始通行。

隧道長2.13哩，廣36呎。在河下部份平直，達兩岸後分歧，略彎曲。兩岸各有通風站三，調節隧道內空氣，隧道內也有火警設備以防危險。

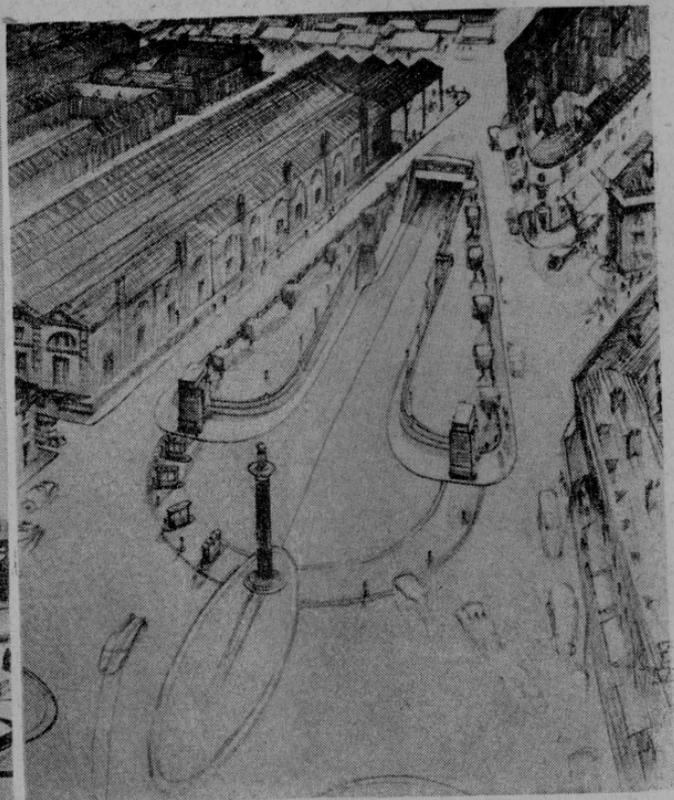
隧道入口處各建一個發



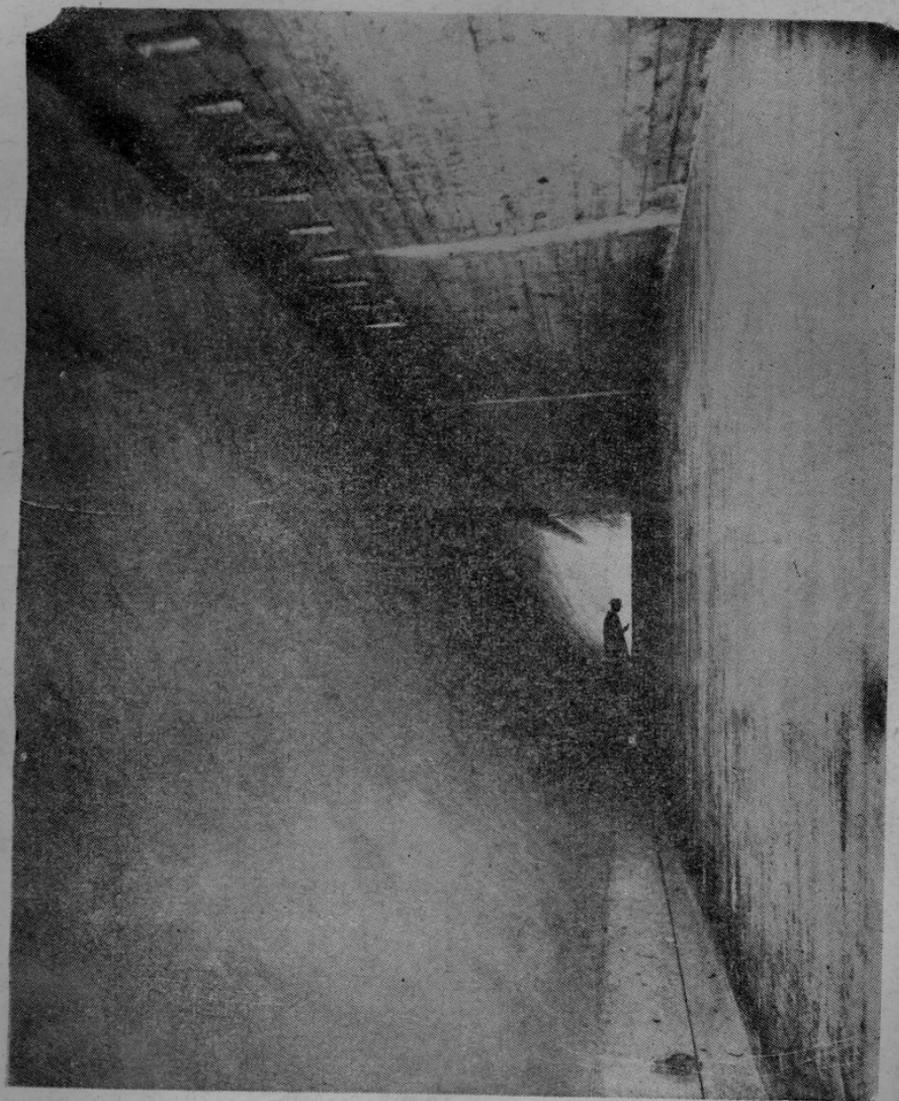
橫貫美賽河的隧道。左下角圖顯示隧路隔爲上下兩部。下部又分爲左右空氣導管及中間三部。



通氣站的外表，該站在勃格海突的戴勒路。



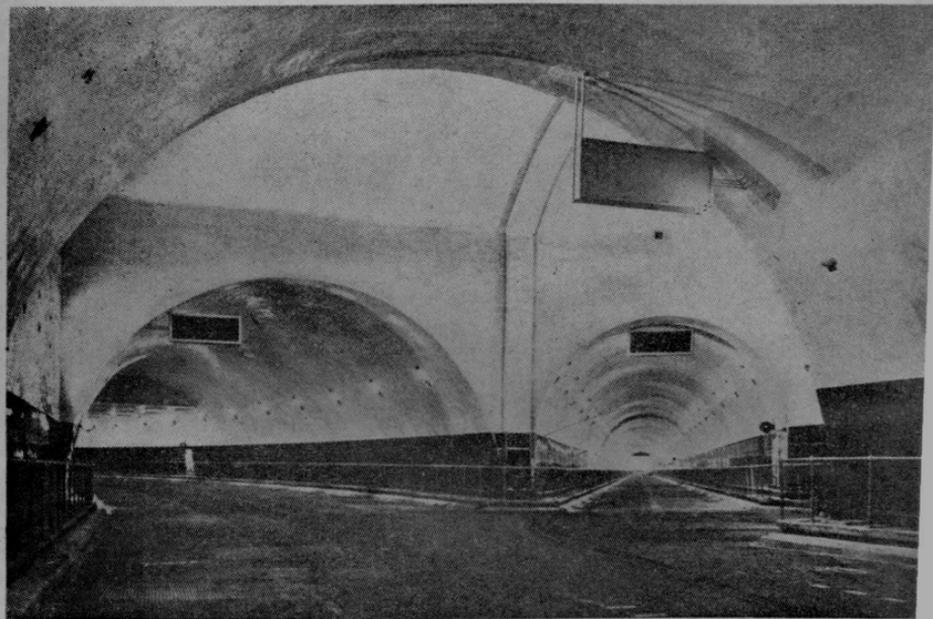
隧道幹路入口處，在勃格海突的却斯德路。



左部空氣導管



隧道內行車道路



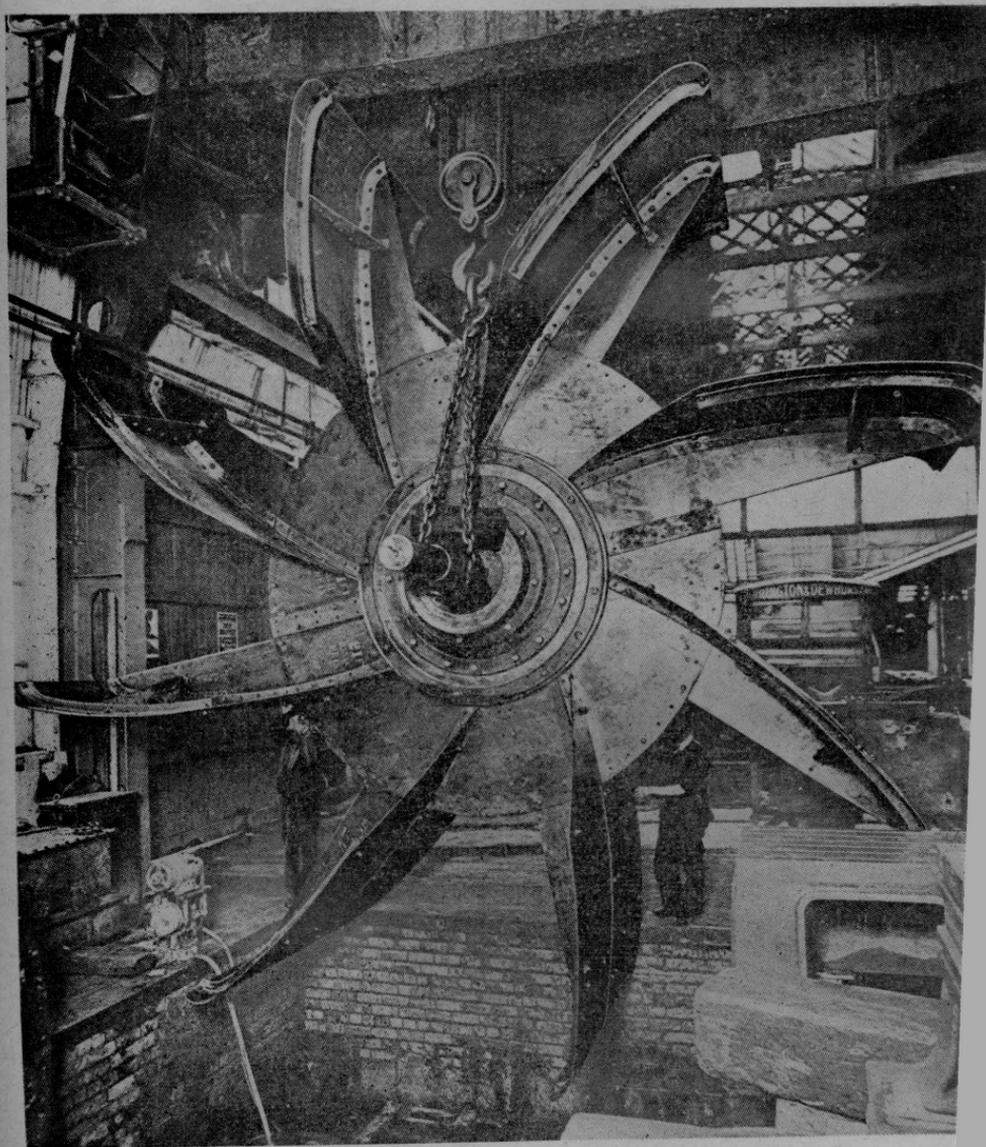
道路分歧處有交通信號裝置

光柱，高六十呎，柱有褶紋，用黑花岡石製成。柱頭有毘盧帽式的發光盤，能普照隧道的入口。口外兩旁的牆壁向外漸漸向左右彎曲達於像羅馬得勝門的建築物。

隧道爲圓筒狀，中間有鋼骨水泥板隔開。下部又分爲左右及中間三部。中間部份留爲將來交通擁擠時增添的孔道。左右兩部爲空氣導管。導管頂上有罅隙排列，新鮮空氣可以從此通入上面行車道。新鮮空氣吹入導管再由導管通入行車道。全部行車道內可以同時吸收不斷的新鮮空氣。

鋼骨水泥隔板卽爲隧道內行車道的路面。隧道中部的直徑長四十四呎，行車路上可以容四輛車並駕。兩端出口處支路較狹祇能容兩輛車並行。兩旁攬干內爲人行道，人行道爲警察和工人往來之用，並非爲公衆往來之用。隧道上面用髹漆，距路面七呎以下，壁上均佈墨玻璃。鋼骨水泥板上舖小方的生鐵。另箱琥珀色的橡皮塊作爲行車界線。光從隧道頂上的燈發出，各燈相距各二十呎。在相距百五十呎間各有一個消防站，壁漆紅色，中有水道栓，滅火器，警鐘，電話。警鐘能自動發信號，阻止車輛前進，免遇危險。兩路交叉處亦有像普通十字路口的交通信號。

隧道中空氣易致惡濁。爲保持空氣清潔計，兩岸各設三個通風站。通風站爲隧道之重要部份。六個通風站大小各因裝置的風扇大小和多少而不同。建築的式樣和排洩廢氣口的高度也因環境的不同而異。式樣的奇特爲從來所未有。站中全部工作均用電力控制。技術員可在控制室工作，不必在通氣室內，所以通氣室全部無窗



通氣站中所用的風扇，爲吹入和排除空氣的器具。

戶。因此音聲波浪也可以阻止外傳。通氣室內裝設風扇，吹入新鮮空氣和排出惡濁空氣。六個通風站中共有三十個風扇，大小不等，最大者每秒鐘能吹入或排出 641,000 立方呎空氣。最小者每秒鐘能吹入或排出 92,000 立方呎的空氣。六個通風站中的風扇倘全體開放，則每秒鐘最多可以吹入二百五十萬立方呎新空氣，同時排出同量的濁空氣。爲避免風扇的損壞和不能工作，每個風扇另置一個副的風扇以備不虞。倘使正副同時開放每分鐘可以供給和排除一千萬立方呎空氣。

佛羅稜斯河隧道

發展水力工程的一個好參考

美國佛羅稜斯河隧道長13哩。這個隧道成於八年前，經工人日夜努力約歷時五年方始穿通。

這個隧道通過山嶺起伏的山脈上堅硬的花崗石，在舊金山的東南二百哩弗里斯諾 Fresno 的東北七十五哩，溝通兩大湖，造成加利福尼亞省巨大水力的策源地。隧道長十三哩比瑞士阿爾柏山中有名的新博耳頓隧道(Simplton Tunnel)長一哩，由加省愛迭生公司建築，計費一千七百萬美元。

隧道的兩旁建蓄水池，水從蓄水池瀉出，牠的能力產生電能1,250,000,000 仟瓦小時。

罕廷頓湖 (Huntington Lake) 和佛羅稜斯湖 (Florence Lake) 就是通隧道的兩大人造蓄水池。罕廷頓湖在二十三年前建築，利用高出海平面七千呎的薩局根河 (San Joaquin River) 築堤蓄水而成。當時另建兩座水力發電廠即利用貯蓄的水作為力源。後來洛杉磯和附近的都會相繼興起，力的需要也因此增加。所以工程師們決定在北面再築一個蓄水池輔助罕廷頓湖的貯量，這個儲蓄池就是佛羅稜斯湖。佛羅稜斯湖築成後，薩局根河的另一支流的水也灌入罕廷頓湖，因此水量增大足以供給原有的兩座發電廠和另外二座後來建築的廠。

把兩湖連接是最困難的事，因為中間隔一個山峯名卡愛什峯 (Kaiser Crest)，高一萬呎，闊十三哩。連接兩湖需鑿十五呎闊，十三哩長的隧道。

因山峯的起伏，在山凹內可以開通隧道的入口兩個，因此隧道分為三部。在各部各端同時可以有六人工作。

鑿洞的器械是用電力的壓縮空氣機來轉動。改良的炸藥能夠增加力量和減少氣體，使工人在炸藥爆發後可以進內工作，不必虛耗時間。

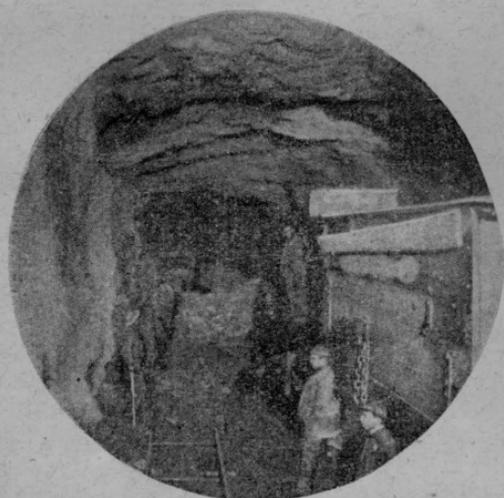
鑿石的工程進步甚速。在開始工作時每日鑿通 12 呎為最高紀錄。最後的紀錄每日能通 32 呎。其中工頭每一小時，能鑿通 1 呎。

這項工程所需鑿石工人和運輸，築縫帳，建道路，設軌道，供食糧等的工人，共計二千五百人。

這地方在冬季滿佈積雪，通隧道的山嶺自十一月至四月簡直是無路可通。因此採用阿拉斯加 (Alaska) 的狗和狗夫使之傳遞消息和



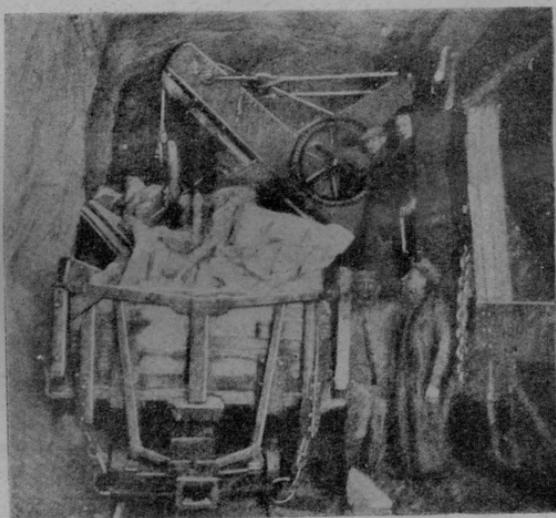
這是卡愛什山脈的起伏簡圖。表示13哩長的隧道怎樣連接罕廷頓湖和佛羅稜河。圖中更顯示工作入口兩處在山凹內。



這是隧道一部的兩端工人相遇的地方。工人從兩端相向前進穿鑿，由工程師指導，他們相遇的地方相差極微，足以表示工程師計算的精確。

轉運急需的東西。無線電也採用，使為山嶺隔離的工人能不時得到外界的消息。隧道內工人的工作也利用無線電為指導。

建築隧道的工程師計算非常精確，這是可以從第一部的結果證明。當工人從第一部隧道的兩端相向前穿鑿，到他們相遇的地方，參差祇有0.036吋！



鑿隧道工程的一瞥，表示一個用壓縮空氣的機械錘，裝石在車上。注意狹隘的隧道，工人和機械怎樣工作。

世界最大的水管工程

怎樣把充份的水供給繁華的都市中心，是現代工程師的一個大問題。供給的方法時常需要從數哩以外的湖，泉，蓄水池，經導水管而達到市中心。例如英國孟却斯德 (Monchester) 地方的水多從相距85哩的塞爾彌亞 (Thirlmere) 經道水管運來。英國柏明罕 (Birmingham) 地方的水多從相距63哩的威爾許湖 (L. Welsh) 也經導水管運來。

現在世界上最偉大的導水管，要算美國的一條導水管。它經過沙漠區和加利福尼亞南部的大部份，長達242哩（約七百二十華里）。每天流過的水量達1,000,000,000,000加侖，供給十三個市鎮。

這樣大量的水(1,000,000,000,000加侖)是從科羅拉多 (Colorado) 河中距蒲爾德大壩 (Great Boulder Dam) 150哩的地方取來。這地方另有一個壩，名派克壩，需費2,600,000金鎊造成。這個壩造成一個蓄水池。池中的水流入導水管，蜿蜒前進像一條巨蛇穿過沙漠和高山而達到二百餘哩以外。

導水管全部工程計值220,000,000美金。包括62哩長的運河(導水溝)，92哩長的隧道，55哩長的水管和29哩長的虹吸管。

導水管的直徑約十六呎，可以容納近代機車行駛。經過山的導水管有二十九處，其中最長的是東考希勒 (East Coachella) 和

聖哲新托(San Jacinto) 山下的水導管，一長18哩，一長13哩。

導水隧道

照平常鑿隧道的辦法，是從兩端鑿進去的。倘使用這樣老法，



鑿穿18哩的山道需要經十五年或二十年的工程。所以工程師鑿山不只從隧道兩端，更從山側和山頂鑿入，使工程迅速。鑿井的柱從山頂鑽入至隧道的深淺為止，

在一個山內：鑽鑿時用空車將碎石隨時運去。工作可以進行不歇。

另用鑽從山側穿入達到中心。結果鑿隧道的工程能在八處同時進行。

鑿導水隧道的器具是用最新式和人工最省的機械。用巨大的鑽鑿，在堅硬的石內，鑽二十至六十個孔，深自六呎至十二呎，孔內塞炸藥使之炸裂。山石炸燬後，碎石即用電勺裝在準備的車上，傾在垃圾場上。

建築導水隧道的工作需時時審查，否則差以毫厘，謬以千里，不免發生極大影響。這裏測量員最感困難的一點就是它們視察精細儀器時所需的光亮。現在採用一種強光的燈，只發一道精細而垂直的光，這個難題可以解決了。通導水管的人就靠這個遠距離的光柱而視察。

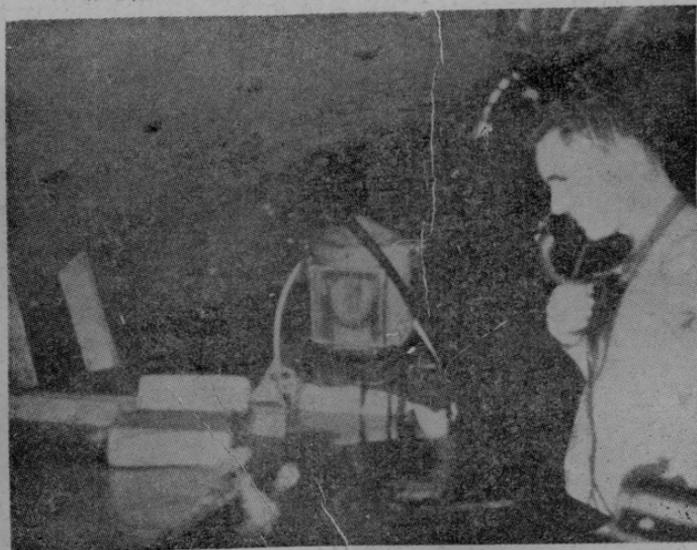
對於別種視察，用導水隧道頂上所懸的手電筒。沙漠區的溫度有時昇至華氏130度，所以管道內空氣的流通特加注意。為防備萬一的危險起見，有攜帶電筒，氧氣供給器和急救器具等的救護員。

然而鑿洞并不是工程中維一重要的一點。有五處地方裝置巨大的唧水機。用這種唧水機後，水可以在起初350哩內昇高3,537呎在最後第五處地方，稱為梅斐爾特提昇(Mayfield Lift)。這裏的水差不多能直昇至440呎。

從梅斐爾特起，水靠重力流過隧道，虹吸管等。其中有18哩長的虹吸管，管壁厚數碼，用鋼筋混凝土製造，為從來未有的大虹吸管，這種虹吸管輔助水流經過沙漠區的斜坡。虹吸管的名對於實際實不相稱。實在它們是一個巨大的U形管。水從一端流下，再衝上



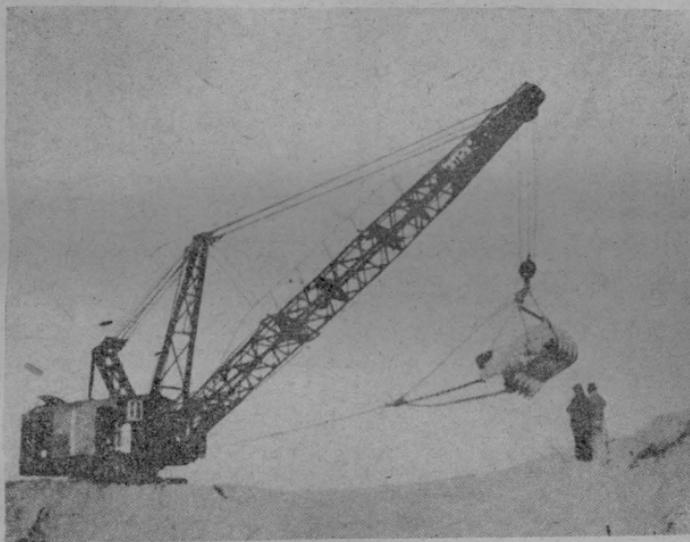
一個雙管虹吸管和導水管的特殊部份。從圖中站立的一人，可以推想這個管的巨大。



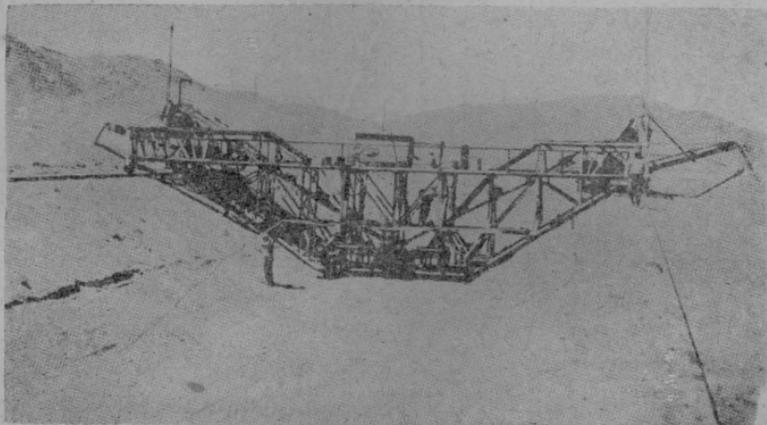
一位潛水人正待沉入一個虹吸管內的水中，從事測驗工作。

另一端，至較它流入的一端的水平線略低為止。所以虹吸管的構造需極堅固，能耐受大壓力。

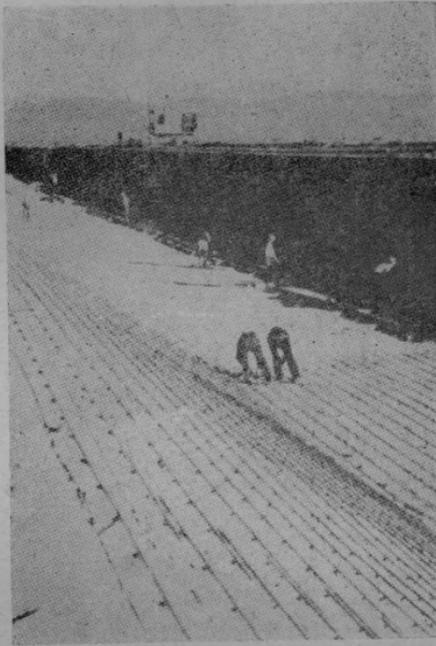
高速度鋪築導水溝



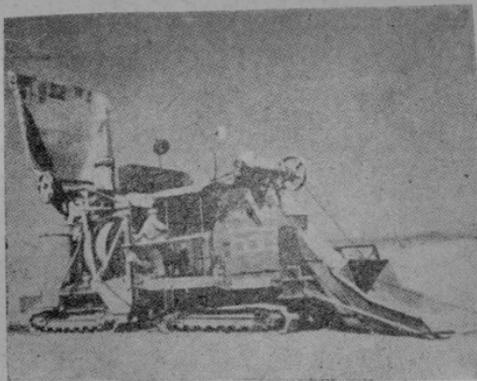
科羅拉多河導水溝的運河工程，先用巨大的機器鑿挖出一條河道，然後把兩邊和底面做光，以便鋪面。



運河修面機閘在兩岸軌道上往來，把兩側面和底面上修光。削下的泥土卸在兩旁。



把鋼筋鋪在河床上，準備用高速機鋪混凝土。

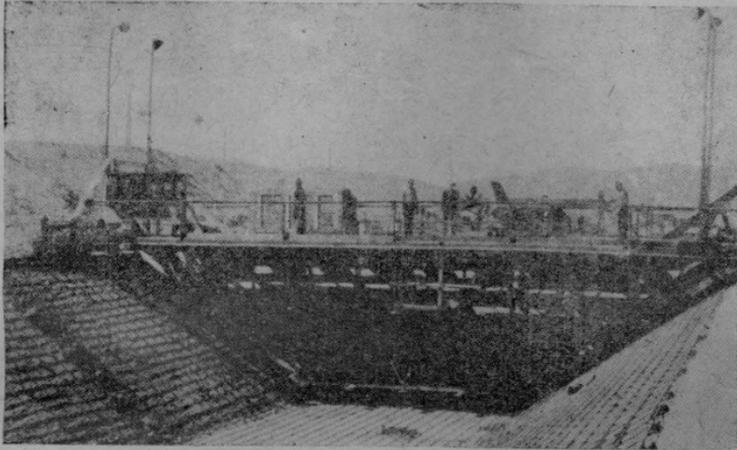


一個雙端的混凝土混合器。原料可從兩端同時裝入。混合器靠鏈帶輪推進，緊隨着混凝土鋪面機前進。

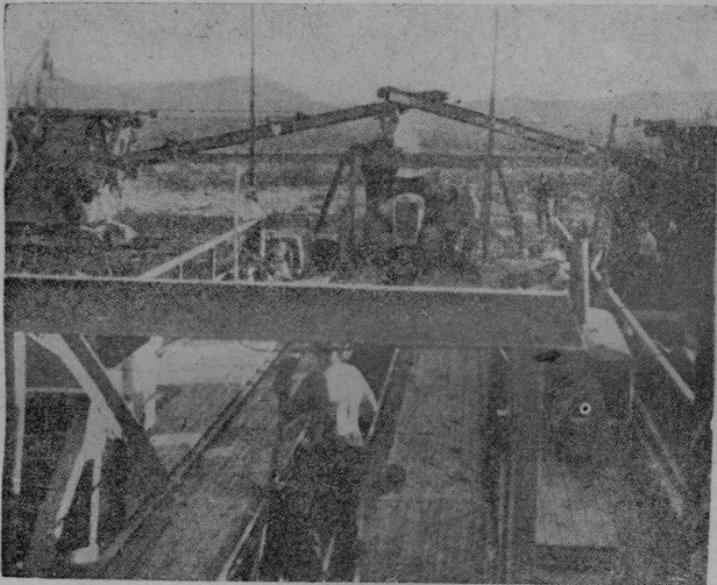
導水溝內各部和水接觸的面需極光滑，凡尖銳的彎頭需避免，粗糙的突起需削平。然後規定的水量可以從十六呎直徑的管中通至目的地。若管壁粗糙管直徑需大至十八呎才行。

因這個偉大工程，機械的發展又增進了不少。其中最有趣味者，第一是運河修整機。這機橫跨60呎闊的運河兩岸，沿兩岸鐵軌道上移動。一段運河經巨鏟將泥挖出後，修整機隨即將側面和底面修平。當它在軌道上往復移動時，有一組刀隨時將突起的土削去，另有一串循環的鏈斗將削去的土昇提上來，卸在岸上。

其次為鋪面機。鋪面的手續只需用巨大機器一次動作就可完成。此種機器能將混凝土堆置在河的側面和底面，把它鋪開，並輕輕搗擊使

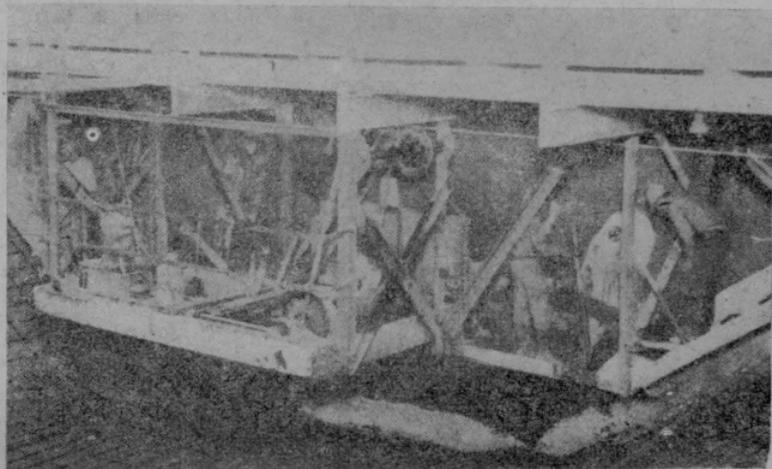


鋪面機把混凝土舖在鋼筋上。這個大機的工作狀況已在
本文說明。



已拌和的混凝土裝在一種機器發動而底能開闊的車內
(中央後面)，然後經過狹縫卸入一組小格內，分布到鋪面機
的工作端。

它定着。鋪面機極像一座滾動的橋，兩端擱在車台上，沿着河岸軌道上而往來行駛。混凝土由一個雙端混合器供給。此種混合器靠鏈帶輪滾動，原料從車台上向混合器兩端同時裝入。混凝土拌合後，從混合器卸入一種機械發動而底能開閘的車內。這個車裝滿混



鋪面機工作端的近視，表示把混凝土鋪在鋼筋上。這種混凝土又為機器搗成光面。

凝土後，即在鋪面機上面駛過，將混凝土卸入軌道中間的斜溝內，然後再從斜溝入小格內漸漸卸出，鋪在河身，可免瀉下而堆積河底上。這種車每一分鐘內往來一次半，分佈混凝土極勻淨。工作準備進行時，全部鋪面機約重48噸。這類機器多用電動盤車推進。

鋪面機上裝着一條狹長的鋼板。鋼板彎曲如河身規定的形狀。混凝土鋪好後，即由這條鋼板去範成河身。機上更有一個筒，筒內裝着一個偏心桿，轉動極速，使正在鋪下的混凝土受振動，並把它搗實，同時更造成一個光滑的面。當鋪面機進行時，修面機即跟隨

於後。

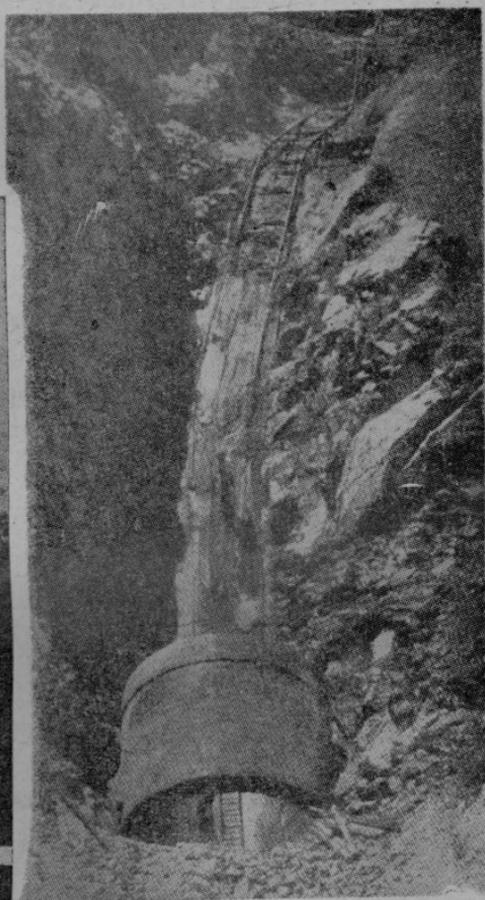
各機器工作速率極高，其中有一種每一分鐘能鋪面一呎，在八小時內約鋪500呎，堆置混凝土至700碼。如果用人工只能鋪200呎，堆混凝土282碼。

工 程 紀 錄

工人在隧道，水管，和虹吸
管內用高速金剛砂輪把高低不



用金鋼砂輪把水管的內壁磨光，
使水流的阻力減低。



一個四十噸鋼筋混凝土水管的一部。

平處磨去，對於接口部份尤特別注意。最後把混凝土面磨至極光滑。全部水溝中沒有一處是有銳角轉彎的。因磨擦力已減至極低，水得暢行無阻。水溝自派克壩 (Parker Dam) 至落山礮經過一組水管，需用水泥5,760,000桶。這許多水泥足夠舖一條14呎闊的大道，自美國舊金山起至紐約止！這是世界上最大的水泥工程，蒲爾德大壩 (Boulder Dam) 比它還少用170,000桶。

這項工程開始之前，測量員在沙漠和山區內費兩年的功夫製造管道的路線圖。

一切供應，如糧食，水和工具，需自己攜帶。在沙漠區的遮陰下溫度計常常升至華氏130度。在山頂上，他們時常需經過極深的積雪，溫度常在零點以下。這也足以表示工程師對於社會的犧牲和熱心。

然後建築數百哩光平的大道，豫備轉運人員，重大機器，和材料至沿導水管的三十一所工程處。沙漠中鑿井二十一處。工程處的水即由這種井供給。供給管道內機器所需的電力是從450哩以外傳來。建築這路供給電力的路線和三十個副站費了一年的工程。

在各個工程處內，總計有四千四百人工作。鑿隧道的工程平均每月三哩半。全部工程需六年方竣工。然後水可以流過240哩的水道進入一個大蓄電池。從這裏再經過144哩的大導水管分佈加州南部的十三個市鎮，包括落山礮好萊塢等。有許多地方，水自科羅拉多河經過三百哩而達到浴室！

最有益於人類的偉大壩工

世界上的偉大工程，真是指不勝屈，可是細細來估量一下，究竟有幾件是真有益於人類呢？埃及的金字塔，大家知道是古代帝王的墳墓，費了成千累萬的人工把他造成功，可稱偉大極了，但是造的時候，據說人民却受盡荼毒。又如中國的萬里長城及貫通南北的運河，也可算得世界上的偉大工程，但是萬里長城不過用來防止匈奴侵略，對於人民並沒有多大利益。運河更不必說了，開鑿成功後，專便帝王運糧之用，反弄得水道系統紊亂異常，也可以說對於人類是害多利少。

近代的許多偉大工程，有些是用來點綴都市，有些是藉以便利交通，雖不能說他盡是無益於人類。不過像法國巴黎的鐵塔，和美國紐約的許多摩天高樓，究竟對於人類有什麼益處，也很值得懷疑。其他跨越巨川的大橋，和千萬里長的鐵道公路，確是很有益於人類，也可算得世界上的偉大工程，不過便利交通，並不是人類最迫切的需要。人類生存在一處地方，必定先要衣食豐足，方始有向外發展的意念，所以這一類的偉大工程，並不能稱為最有益於人類。

最有益人類的工程

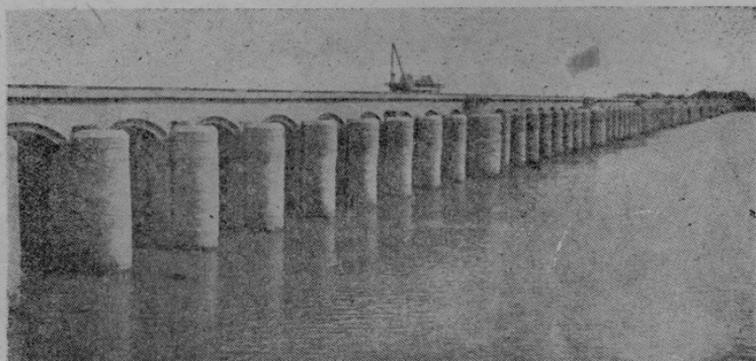
在近代的偉大工程中，對於人類生存確有極密切關係的工程，

便是最有益於人類的壩工。這項工程，吾想一定有許多人從來沒有看見過，甚至有許多人從來沒有聽見過這一個名詞。也有許多人曉得些大概情形，並不明白他的重要作用，更不了解爲什麼他是最有益於人類，所以吾先來把他略爲解釋一下。

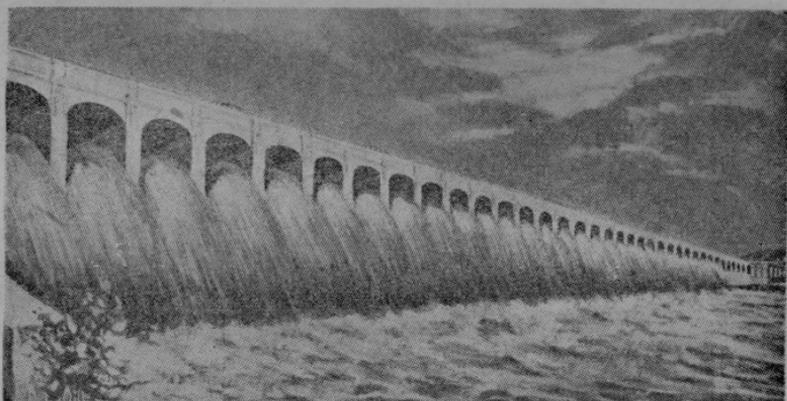


這在溪澗裏的一個小壩，上有缺口，所以有時也稱爲堰。他的效用不過堵截很小範圍內的水流。

什麼叫作壩呢？壩是堵截水流的一種建築物。最小的壩構造很簡單，僅用樹枝和泥土堆疊在溪澗裏面，便可擋住水流，發生相當作用。住在山谷裏的農民，往往把他來蓄積水量，供給飲料或灌溉田地。這樣粗陋的工程，已和人類的生存發生極密切的關係，不過因爲範圍太小，沒有人去注意罷了。大些的壩，都用塊石或亂石砌成，也有用混凝土整個造成的。有的造在山谷裏面，也有的建在河道上游，他的效用便大得多，所以更是有益於人類。更大的壩，便是下文所要說的偉大壩工。這種壩工不但雄偉壯觀，並且可以調節很



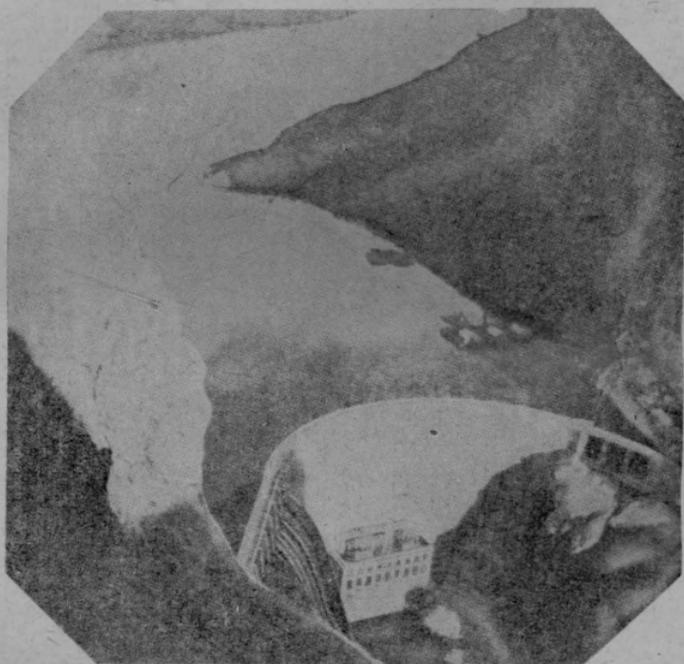
埃及尼羅河上的阿西烏脫壩，是非洲的第一大壩，完全用石工造成。壩頂極寬，可以容四條鐵道並行，兩旁還有可供人行的數裕地位。



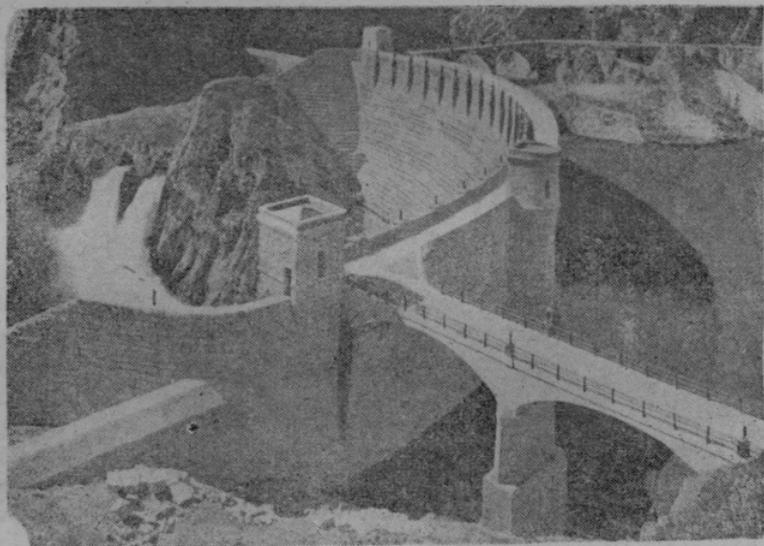
美國泰內西河上的威爾遜壩，壩長464呎，完全用混凝土造成。附有水力發電廠，可發生五十萬匹馬力的電動力。



一個弧形的同彼德羅壩，壩身高283呎，壩底厚176呎，壩頂有很寬的道路。



好士爾壩擋住巨量蓄水以供灌溉。



美國阿利左那省的羅斯福壩，壩成半圓形，高280呎，跨越鹽河上游，也有很寬的道路通過壩頂。

多的水量，確是最有益於人類的工程，所以極值得注意的。

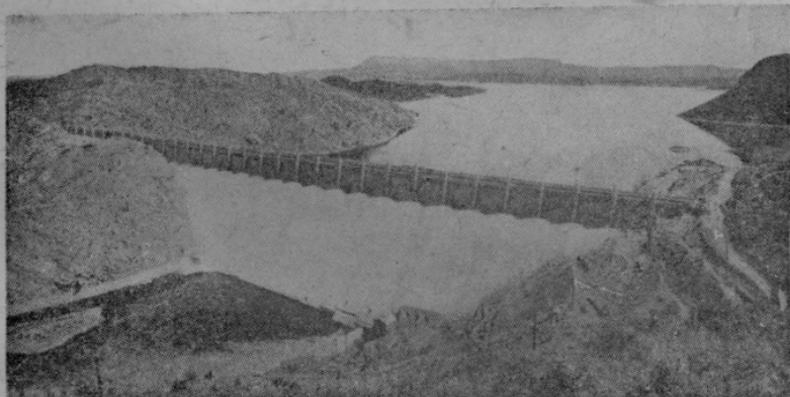
上文所說的偉大壩工，式樣很多。有的全壩成直綫形，像埃及尼羅(Nile)河上的阿西烏脫(Assiout)壩和美國泰內西(Tennessee)河上的威爾遜(Wilson)壩，都是這一類。也有全壩成弧形的，像美國加利福尼亞省(California)的同彼德羅(Don Pedro)壩及阿利左那(Arizona)省的羅斯福(Roosevelt)壩便是。凡造在山谷裏的壩，壩身大都很高，建在河道內的壩，壩身大都很長。這句話也可以舉兩個最顯著的例來證明，一個是美國的菩爾得(Boulder)壩，壩身自基礎起共高727呎；一個是非洲尼羅河上的塞那爾(Sennar)壩，壩身長至12,000呎相近，這兩個壩都是近十餘年內的建築物，也許可算得全世界最高及最長的壩工。還有許多壩，在壩身兩旁另開溢水道(Spill way)，也有許多壩，特設調節水量的涵洞(culvert)，不過這些都是局部構造的不同罷了。

偉大壩工有兩個最重要的條件：(1)壩身當穩固。(2)用料需經濟。這種壩工不是輕易可以造成，必須經水利專家詳細研究精密設計，方始能着手。從前造壩的材料，大都用鉅塊的岩石，可是困難非凡，像上文所說的塞那爾壩，曾用一百多萬噸的花崗石，經四年餘方始造成。不過近年來多改用混凝土及鋼筋混凝土，就比較便利得多。美國的同彼德羅壩也是一個極偉大的壩工，是全部用混凝土所造成。用混凝土造壩，運輸材料雖比較便利，但施工的時候，也有種種困難。譬如新舊混凝土工怎樣接合，往往成爲工程上一個重大問題。稍不注意，便容易在壩身內留一個很大的弱點。

壩工的作用

講到偉大壩工的作用，有的是蓄積水量，有的是攔阻洪水，更有的用來抬高水面。蓄積水量的壩稱為蓄水壩，大都造在山谷裏面。攔阻洪水的壩稱為攔洪壩，可以造在山谷裏，也可以造在河道上游。抬高水面的壩稱為運渠壩，往往與閘工並用，視地勢上的需要，可以造在河道內任何處。各種壩工的性質雖不相同，但簡單地說起來，都可以稱它具有調節水量的功效，也可以說用人工來補救天然不足。

在各種壩工中，蓄水壩的功效最是顯著。因為它的作用，可以把雨水充足時所敷裕的水量保留起來，補充雨水不足時的需要。這種水量大都用來灌溉田地，發生動力或供給應用。其中灌溉田地一項的需要，更是重大，也可以說是最有益於人類。如果原來是膏腴

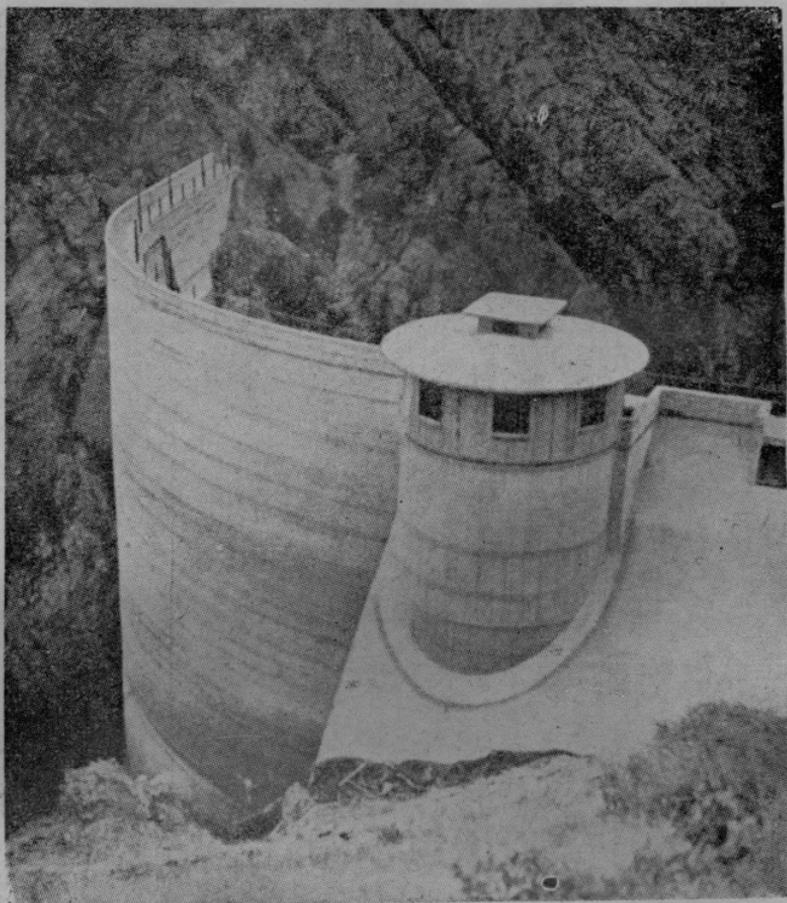


美國新墨西哥省的象山壩，壩的上游成一長45英哩寬6英哩的巨湖，所蓄水量達八萬萬加侖之多，壩下附設水力發電廠。

之田，水量充足，當然更可以增加生產。就是本來不毛之地，有時灌溉得宜，竟可以轉成肥沃之壤。這種事實在非洲尼羅河上游及美國西部爲最多，所以偉大壩工在這兩個區域內也特別著名。非洲塞那爾壩成功後，三百萬英畝之地即成產棉良田。美國新墨西哥 (New Mexico) 省的象山 (Elephant Butte) 壩造成後，上游成一長45英哩寬6英哩之巨湖，四週田地之被墾闢者達三十餘萬英畝。如果沒有這兩個偉大壩工，那些地方一定依舊是一片荒蕪，人類如何能生存呢？

在美國的許多蓄水壩，往往不僅蓄水來灌溉田地，更可以用水來發生動力，便是所謂水電工程。像威爾遜壩就是具有全世界最大水力發電廠的一個大壩。壩身長4,640呎，裝有18具水渦輪 (Water turbine)，所發電力約有五十萬馬力，真夠偉大了。其他像上文所說的象山壩，除蓄水灌溉田地之外，也用以發電，不過沒有像威爾遜壩那樣鉅大。全世界的水力發電工程，除了利用天然瀑布之外，都靠着築壩蓄水來轉動渦輪。所發生的電力，確是直接有益於工業製造，不是僅僅用來供電燈發光的。並且自從發明了用高壓電流來固定氮素後，廉價的水力發電，更可以用在製造肥料方面，豈不是偉大壩工更間接的有益於農產物嗎？

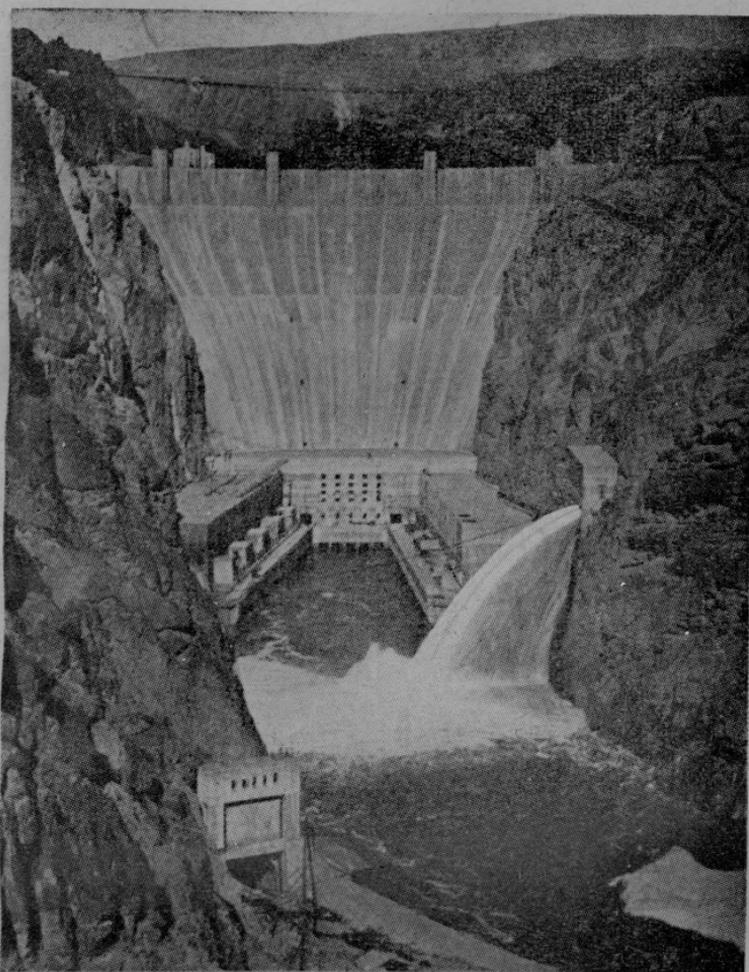
蓄水壩的第三種功效，便是積蓄水量來供給應用。所謂應用，不僅是指飲料而言，凡人類生活上所需要的水，都應顧到。有許多地方，一年四季的雨水不很均勻，並且無別的水源可得，那麼不得不利用築蓄水壩的方法來保留水量。可是這種蓄水壩大都不必十



美國猶他省的一個拱形壩，用鋼筋混凝土造成，所以壩身很薄。這個壩是蓄水供給附近城市之用，所以並不十分大。

分偉大，因為需要的水量，究不能與灌溉及發電所用的水量相比擬，往往在山谷內建造一個數十呎的壩工，便可敷用，所以不再詳細的說他了。

另外一種攔阻洪水的偉大壩工，他的作用也極重要，便是暫時把洪水攔阻在上游山谷內，然後把他逐漸放下去。可以說是整治河



美國的菩爾德壩，壩身高727呎，造在一個很狹的山谷內，壩下附有水力發電廠，所以兼有蓄水和攔洪的效用。

道，調節水量的一種好方法，用來防免下游河道的泛濫潰決，最有功效，所以也可以稱為極有益於人類的壩工。這種壩工，壩身大都很高，那麼他的功效更大，像美國的菩爾得壩，便是一個最著名的

攔洪壩。攔洪壩的底部，有時可以存積水量，發生蓄水的效用，所以也可附設水力發電廠。不過若純粹是攔洪性質，壩後水量應常保枯涸，不若蓄水壩的壩後水量，應常保充滿。

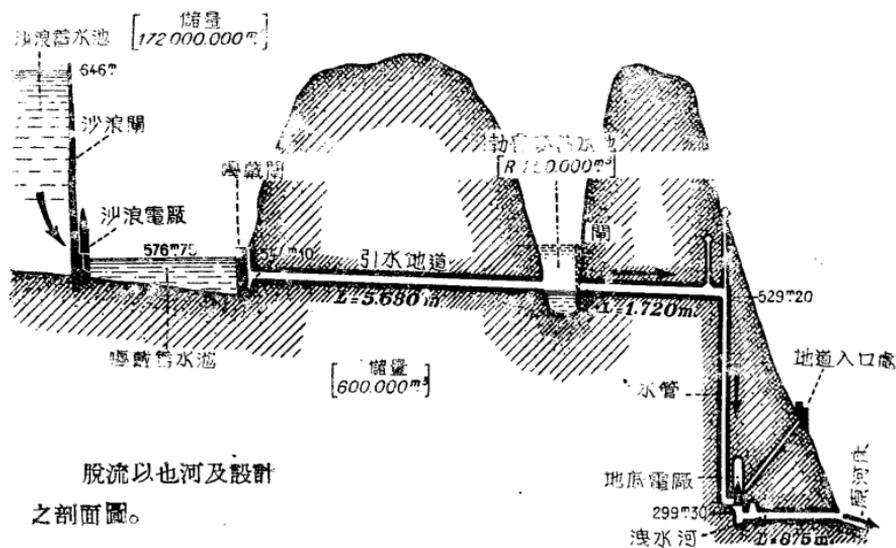
運渠上的壩工，與蓄水壩及攔洪壩性質當然不同。這種壩大都很低，但壩身必須跨越大部分河面，所以一定很長。爲便利通航起見，往往在壩的一端另建可以啓閉的船閘(Navigation Lock)。若運渠須排洩大量的洪水，那麼最好造活動壩(Movable dam)，以便將壩身的一部分拆卸，使水流暢通。不過這種壩的構造比較複雜，所用的材料，也不限於石塊或混凝土，必須另用木材或鋼鐵造成架工，這裏也不再加以詳細解釋了。

偉大壩工不是造在山谷裏，便是造在大河中，所以很有許多地方利用壩頂來便利交通，那麼壩身真好像一座橋梁了。美國的同彼德羅壩，象山壩，羅斯福壩頂上，都有很寬大的公路通過。威爾遜壩頂並有三條幹綫區道，在此跨越泰內西河。這種偉大壩工的效用，實在真值得稱讚啊！

吾國的近代水利工程，實在幼稚得很，像這種偉大壩工竟一處也找不到。不過陝西省的灌溉工程，已有相當成績，一定有許多新的壩工。最近四川西康等省，亦正在振興水利，或者在這些多山的區域，有建築偉大壩工的必要。

法國巨大的地底發電廠

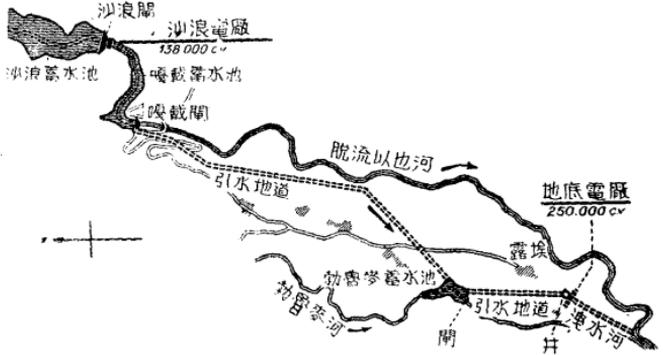
法國水力發電廠之建造，向為世界所稱譽；惟均近比雷乃 (Pyrenee) 及阿爾濱 (Alpes) 山麓，距需電最多之繁華都市過遠。故法之工程專家，均窮竭思維，致力於此項建築之研究，以期得一理想之中央電氣總廠。該廠當位於法國中部，以調濟全國各大都市如：巴黎，里昂，馬賽，抱爾度等處電力之需求。現脫流以也河 (Truyere) 動力公司，本此意旨，竟能蒼萃，思想，科學，人工，於法之中南部，就長僅一百七十公里之脫流以也小河，築壩堵水，開鑿地道。由沙浪 (Sarrans) 而勃魯麥 (Bronme)，復與脫流以也河源流相



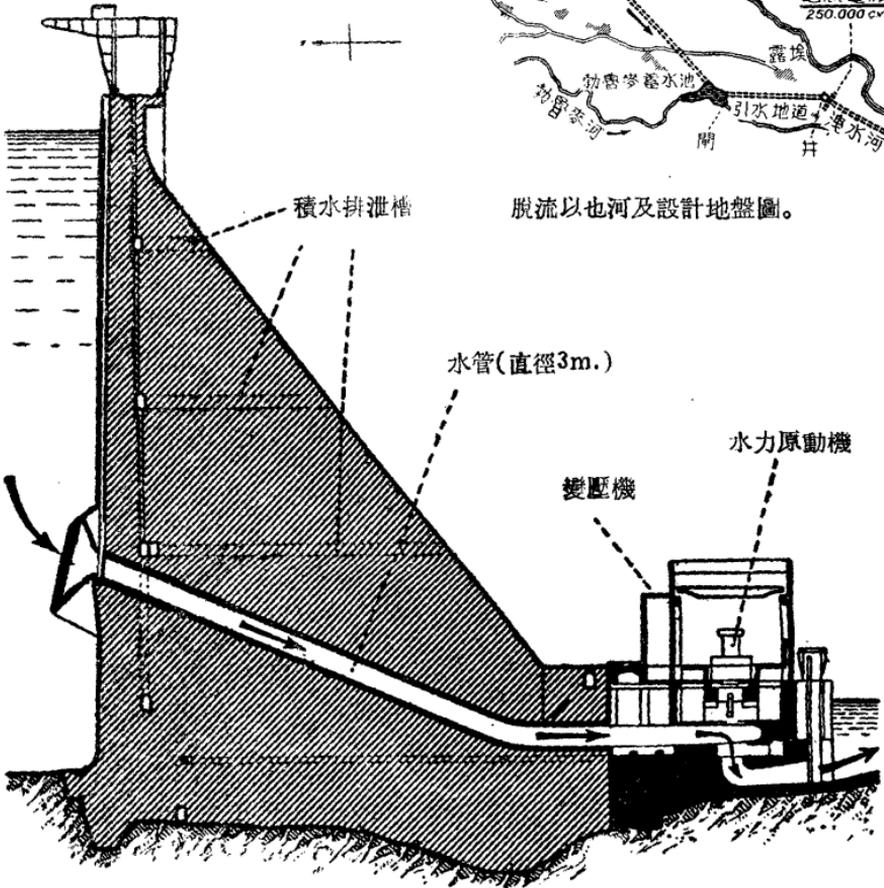
接，遂成世界著名之電力發源地。今以其構造情狀，略述於后。

脫流以也河

自沙浪起，斜度陡增，於十八公里之距離內，高

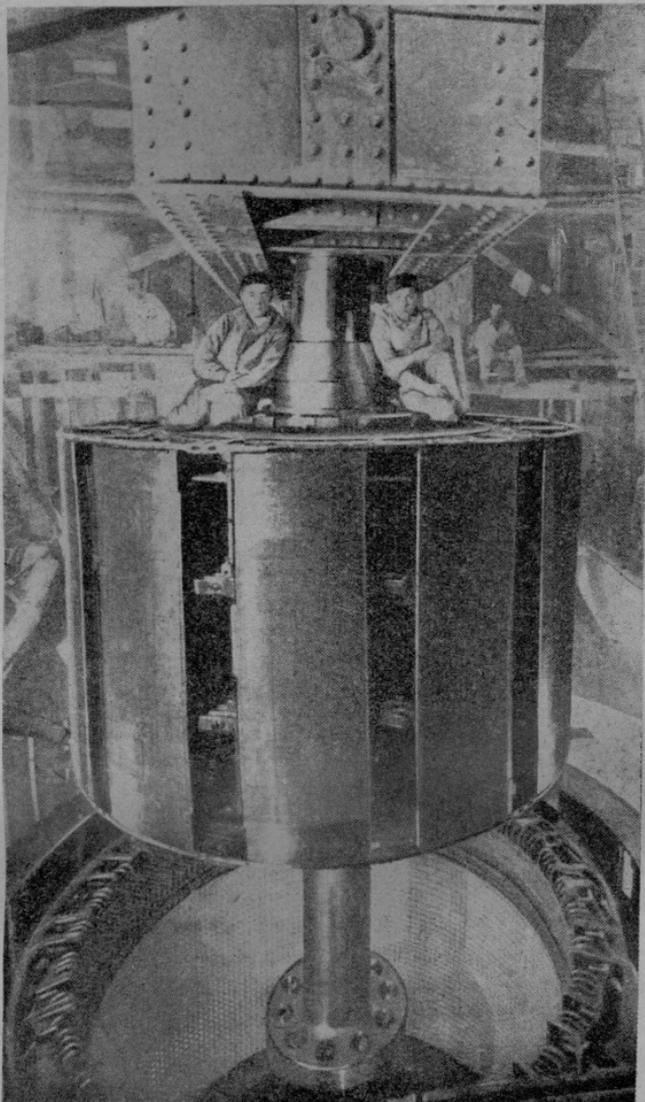


脫流以也河及設計地盤圖。



沙浪關及電廠之剖面圖。

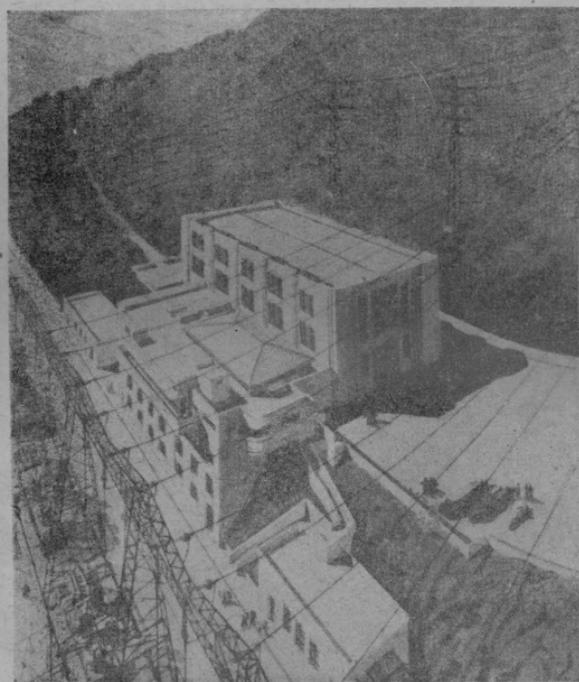
低竟有 260 公尺之差度。動力公司，藉此水平之高低，設計採取其水勢。乃於沙浪設壩堵水，建造電廠。壩高 105 公尺，堵口寬 220 公尺。曾以碎石八十萬噸，黃沙四十萬噸，水泥十萬噸，成此莊嚴之建築。沙浪以上之脫流以也河水流，被壩所阻，積成三百兆立方公尺之巨量蓄水池。電廠建於壩脚，以直徑三公尺之水管三，引水入廠每秒鐘之流量為一百三十五立方公尺。以四萬八千匹馬力之水力原動機



在地平下三百公尺之地穴內建築房屋情形。

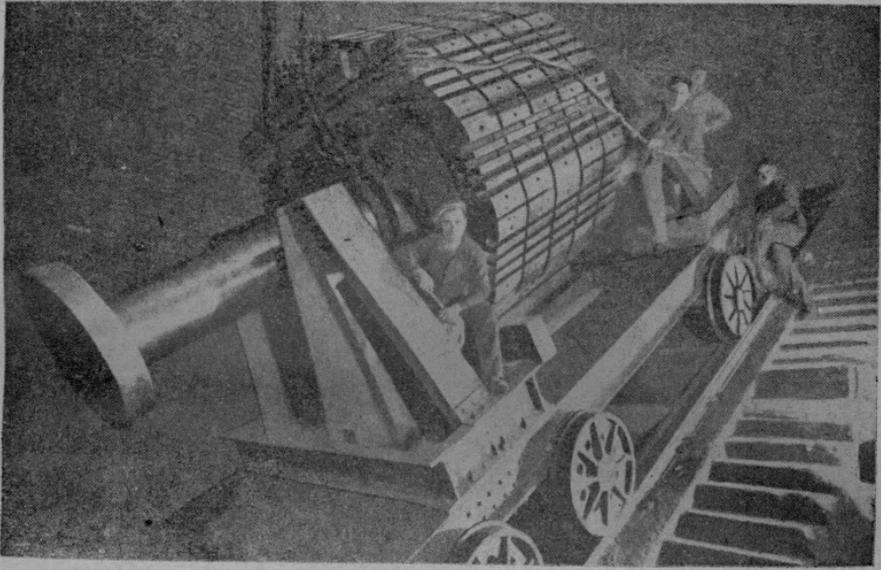
(輪機),接於各管末端,直接旋動發電機,各得電壓一萬五千伏。(此種電機每座計重廿六萬三千公斤。直徑計六公尺強,高約八公尺)。經變壓機後,得電壓二十二萬伏。遂可分送於各需電之都市。

由沙浪廠機輪內放出之水流,復歸於脫流以也河。該公司以此水流,利用於第二發電廠。乃於距沙浪壩以下三公里之嘎戴,藉彼處地勢,復築壩堵水。壩高僅二十公尺,蓄水亦有六十萬方公尺。上述種種建設,固稱偉大,然尚無需於特殊之技巧。水流經嘎戴壩以下,遂成奇特而艱巨之工程。水乃改由地道行,每秒鐘水量為

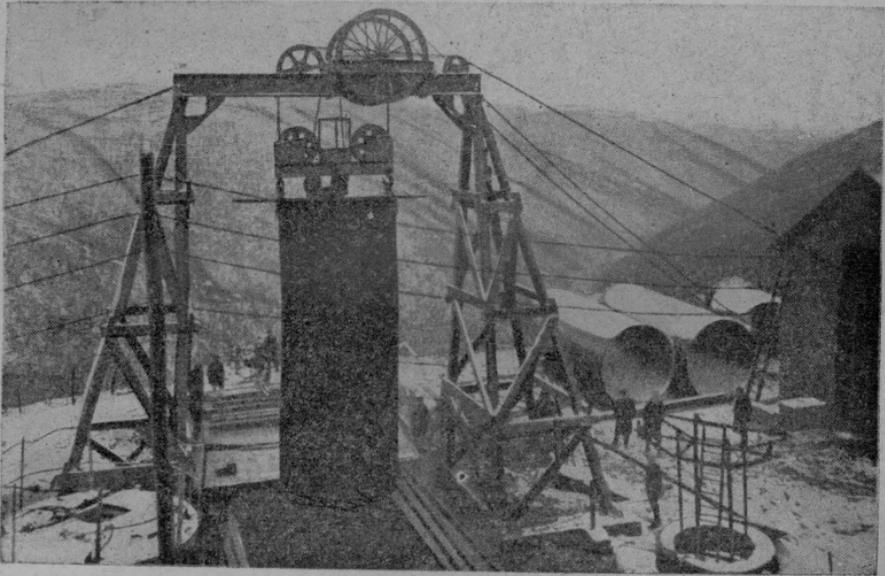


地道入口處之變壓站,電流由一萬五千伏變為二十二萬伏。

84立方公尺,地道長5500公尺,至勃羅麥河,復遇一壩。曾蓄水二十萬立方公尺。闢下另鑿地道,長1700公尺。其下又鑿二井深260公尺,直徑各4公尺。井底各裝三管,管端各配置四萬二千匹馬力之水力原動機。亦直接旋動發電機。共計二十五萬二千匹馬力。此種重大之動力機,皆裝置於



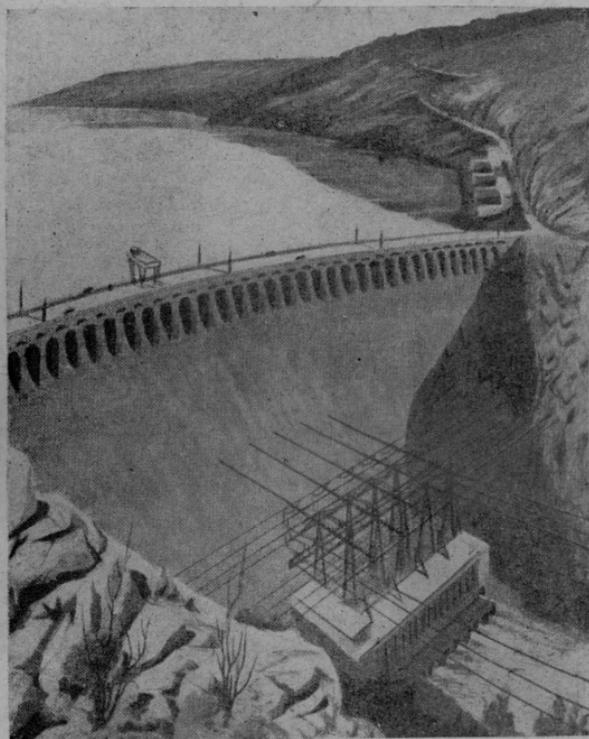
由斜道運送發電機情形。



二百六十公尺深井內放置水管情形。

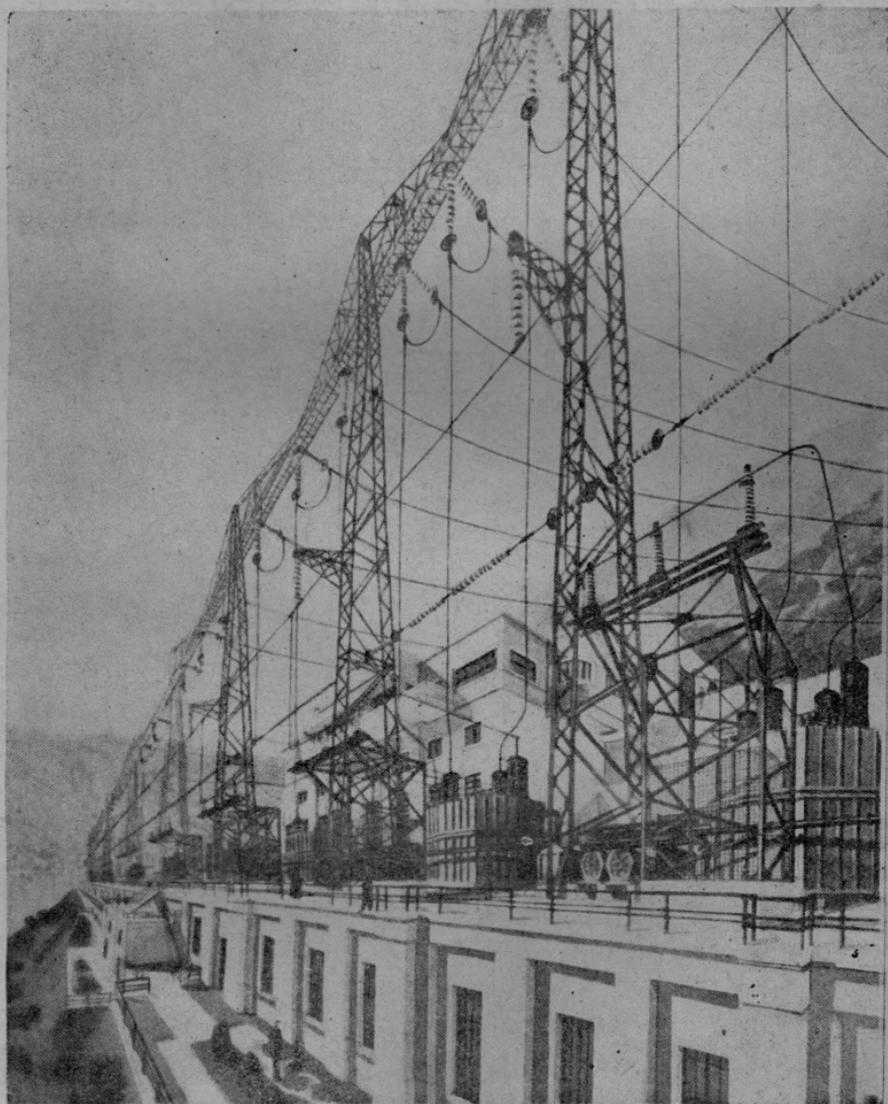
石巖下三百公尺深之地穴內，殊駭人聽聞，堪與世界諸名勝蹟並稱無愧矣。

當建此地底大電廠時，另有種附帶工程。該廠所需之大地窟長25公尺，寬22公尺，高29公尺，大部用炸藥轟裂。曾用炸藥三萬公斤，炸裂花崗石五萬立方公尺。地窟內既少空氣，且炸時煙霧迷漫，乃鑿一長約一公里之平行地道，引入新鮮空氣，以供工作人等空氣



沙浪壩爲法國最大之壩。高105公尺。上口寬二百二十公尺。下面爲電廠。

之需。復另闢一傾斜之地道，裝置鋼軌，以載重六十五噸之機車，運輸大輪機及電機等之笨重機件。且設升降機，以載工作人員。自電機發出之二十五萬匹馬力之電，由電纜引至變壓機（此機裝於地面）爲避免危險計，此電纜又另闢地道以安置之。電廠機輪內放出之水流，復另闢一地道，以引之



輸往巴黎之發電站。

與脫流以也河原河床相接。此偉大之建築，於茲告成。



電流網之佈置。

地底電廠及沙浪電廠發出之電流。均由一萬五千伏而變為二十二萬伏。彙集於露埃(Rueyres)總廠後，復分布之於各都市。總廠動力約四十萬匹馬力，由該廠至法京巴黎，已有一線；將來

尚須增添一線。若是，則僅巴黎一區，可得三十萬匹馬力之動力。迨至一九三五年，全法電流網即可實現。於此可見外人對於研究水利事業之不遺餘力也。

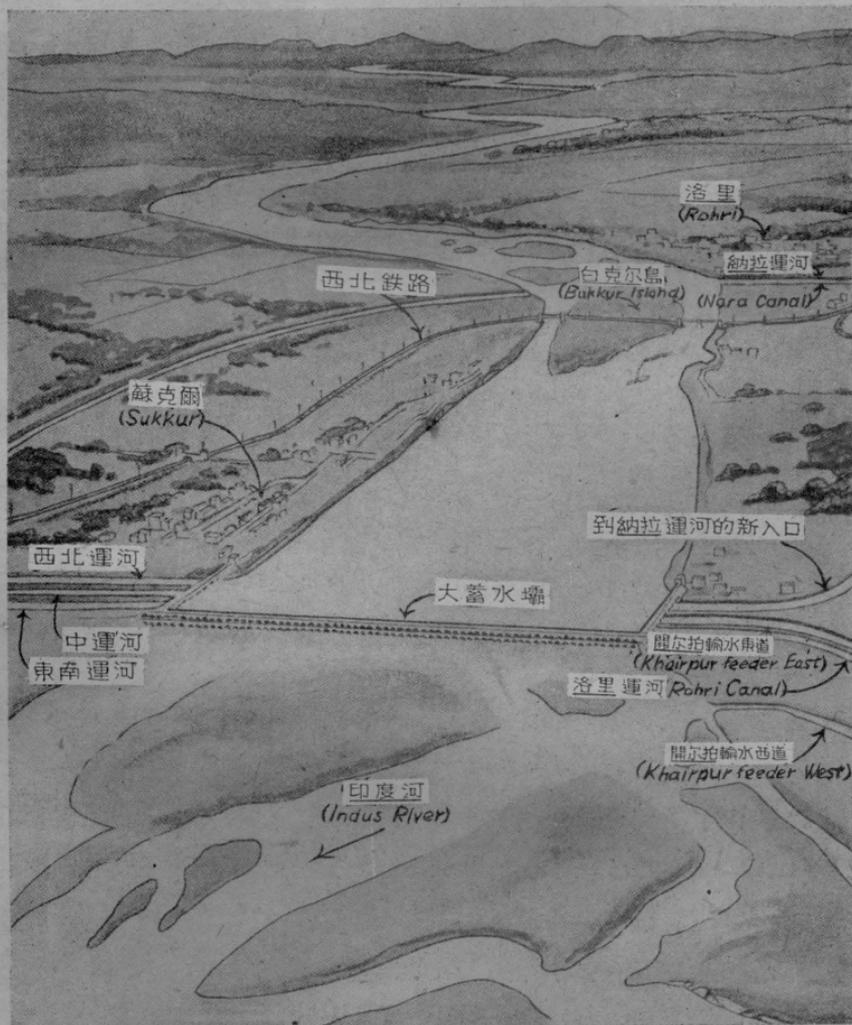
印度的偉大灌溉工程

印度人口不斷地增加，糧食的供給，遂成爲最切要的問題。印度有許多土質肥沃的巨大區域，但雨量極少，所以要在這些地方獲得豐富的收穫，首先就是要使水的供給不至缺乏。因此 印度解決糧食這一個問題，卽是如何灌溉這些少雨地方的問題。

自然，從人類發明農業起，農民們卽已知道如何去灌溉他們的田畝，這是從中西最古的記載可以證明的事。印度的先民，當然也和其他民族一樣，曾經和自然奮鬥過。不過舊式的灌溉方法，除依賴天然的地勢引水入田外，只有利用人力，獸力或者水力（簡單的方法）來車水，既不能很有效地得到水，也不能得到很大的水量，因此，灌溉的結果，也就很微薄，而且常要受自然的限制。

現代科學的應用

從現代科學應用到灌溉工作上去了以後，已經和舊式的情形迥異，許多遼遠的不毛之地，也可以改變成爲沃土，如美國卽有許多成績。所以，英國在印度也取了築壩蓄水的新式方法，來改良灌溉工程，而且這個灌溉計劃，竟可以說是世界上前此所沒有見過的。這個巨大計劃係實施在印度河（River Indus）流域的辛德（Sind）地方，卽係利用該河的水作爲灌溉的水源，被灌溉的面積達八百萬英畝，使這些原係乾枯的地方，出產了很豐富的麥，米，



世界最大的灌溉工程

印度西北部蘇克爾灌溉計劃的鳥瞰圖。印度河的水，被一道大蓄水壩（勞合壩）擋着，既可以蓄水備用，也可以在洪水時開放66個水門，使水宣洩，由壩所造成的大蓄水壩的水，從河的兩旁所造的壩門流入輸水的渠，再由這些渠流入支渠，最後更由無數的小溝渠引入農田，全部水道共長35,000英里。從這個計劃所灌溉的面積在八百萬英畝以上，每年所產糧食達二百五十萬噸。

黍，甘蔗和棉花等農產物，年值三千萬英鎊。以前常鬧饑荒的地方，現在已每年都豐收了。

印度河發源於海拔一萬六千呎，尚未開闢的西藏高原。它從上游挾着了從山谷裏所衝刷來的肥沃泥土，向下奔瀉，因此在它的流域，造成了辛德一個大平原。這裏的土壤異常肥美，不過要種植農產，必須要好好加以灌溉。這地方幾乎終年無雨，唯一的水源即是印度河。

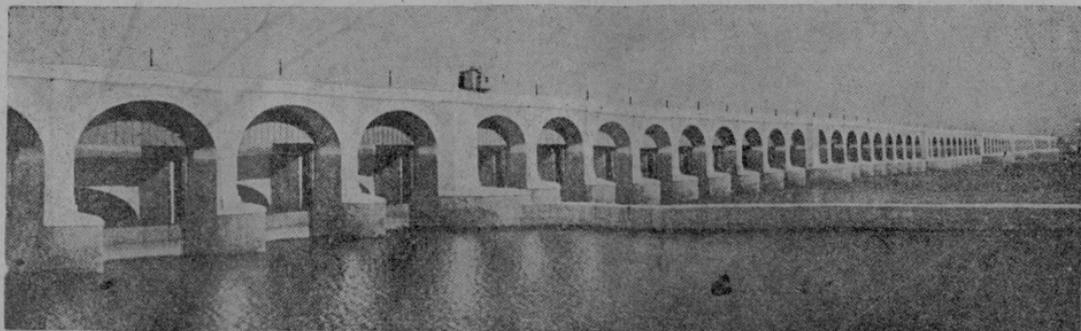
從古代以來，這地方的農民都係引印度河的水來灌溉農田，很是容易的。因為該河經過這一帶地方，並不是在低於地面的凹谷中流動，而是在地脊頂上水道中流過，所以農民們只須在河岸邊掘一個口，河水依牠的就下性，即能自動流到農田中去。

不過，印度河的水量，常不平均。若遇上游希馬拉亞山中的積雪融解，河水即大量增加，甚至汎濫出岸外，不惟把農民們的溝渠毀壞，且流下許多泥砂，使溝渠填塞。若上游的雪沒有及時融化，河水即形枯竭，不能流入溝渠，那麼農民又要感到缺水。因此，該地的農民，自來就苦於這種天然限制。

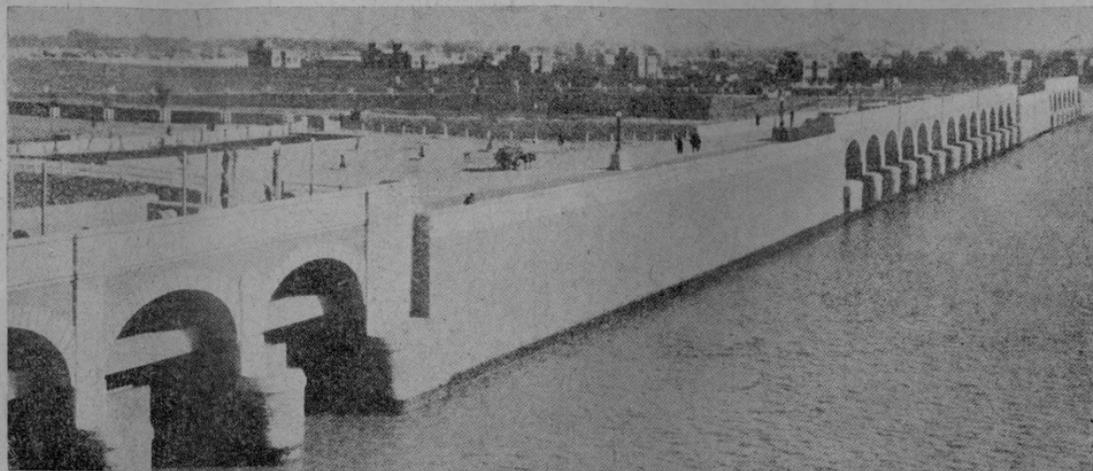
情形大變

但是，從英國工程師們完成了這個巨大的灌溉計劃以後，上述這種情形，已大大改變。現今印度河的水，已經可以完全在人們的控制之下，隨需要程度來使用了。

這個巨大的灌溉計劃，係在印度河的蘇克爾(Sukkur)地方，



在蘇克蘭的勞合大水壩，從印度河左岸所見的全景。全壩共有66個水門洞。

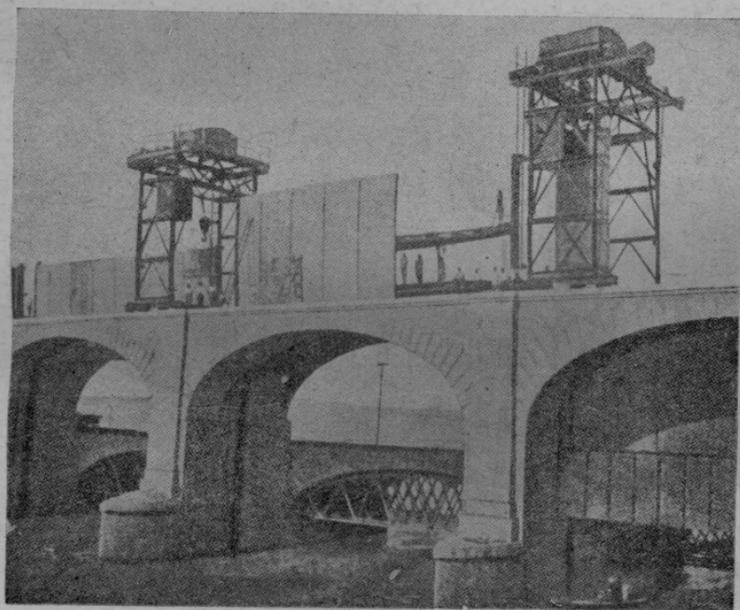


蘇克蘭壩主要水門的一部分，印度河的水從這些門洞通過，流入許多渠裏去灌溉農田。

建造了一道長約一英里的蓄水壩，名叫勞合蓄水壩(Lloyd Barrage)來攔着河水。再由七條大渠引導河水到河的兩旁的平原，更由許多支渠和無數溝渠網把水送到農田內去，完成灌溉工作。

這一道大壩，共包含66個拱頂式的水門洞，每洞的跨度為60英尺。每洞有高低兩拱門，所以在事實上，可以說是橫跨河上的兩道橋梁。高的一道橋面，專為安置管理壩門啓閉的機械，低的一道，專為交通。

建築這種長壩時所最感困難的工作，為在河床上安放壩基，因為大量的河水是不斷地在流過，阻礙了工作。建造該壩時所用的一種方法，是把河闊分成若干段每段作為一年的工作地域。在每一段



蘇克爾壩的巨大鐵門，係用可移動的機械把他們裝上。

面積的周圍，建造一種防水的圍堰，係用鋼樁打入河底，構成一種籬，把這一塊區域圍着，並且由挖泥機船放下沙泥，沈在籬旁，以作籬的支持物。第二步用挖泥船在圍着的一部分內挖掘河床，俟達到了堅實地方後，挖泥船即從籬的開口處退出，仍將籬閉合。於是用抽水機把籬內的水排盡，再以人工去完成挖泥工作，而後把壩基的石工安放到適當的地位。做這些工作的人晝夜兼進，沒有休息。

像這樣一年一年地繼續工作，終於把這一道大壩完成，而後把所有鋼門裝上。每一門洞下有鋼門兩扇，每扇重五十噸，係用電力或手動機械來啓閉。若電流發生意外的截斷時，門的啓閉工作，絕不受到影響。

門洞和鋼門的用處在調節河水量。若遇洪水衝下，有汎濫河岸的危險時，就把鋼門開放，讓水可以暢通，不至阻塞爲災。若要把水儲蓄，維持水面於某一高度，以便河水能流入兩旁渠裏，再分布各地，以供灌溉，就把鋼門閉着。河上船舶的交通，並不受到妨礙。

建築這個巨壩，曾掘起八千八百萬立方呎的泥土。建造基礎所用的石工，約八百二十五萬立方呎，壩基上部的石工，另需三百五十萬立方呎。此外尚用去二百五十萬立方呎的混凝土和一千五百五十萬立方呎的其他石結構。

從河的兩旁導水出去的七條大渠，共長1,040英里，其中有三條比蘇彝士運河還要寬。有一條在入口處寬346呎，所灌溉的面積達2,326,591英畝。另有一條寬247呎，所灌溉的面積2,831,024英畝。總計七條大渠和支渠的全長達7,000英里。但這只是就該計劃

的公共部分的渠的長度而言，若連農民們在接受公共大渠支渠的水以後，照自己需要而開鑿的溝渠計算，那麼全部水道的長，不下35,000英里。

單是開挖各渠，就用了135,000人，此外還有46架大小挖土機，其中最大的每月可以掘出5,660,000立方呎的土方。

全部灌溉工程，共費去12,000,000英鎊，單是蓄水壩即占去3,800,000英鎊。

開鑿巴拿馬運河的故事

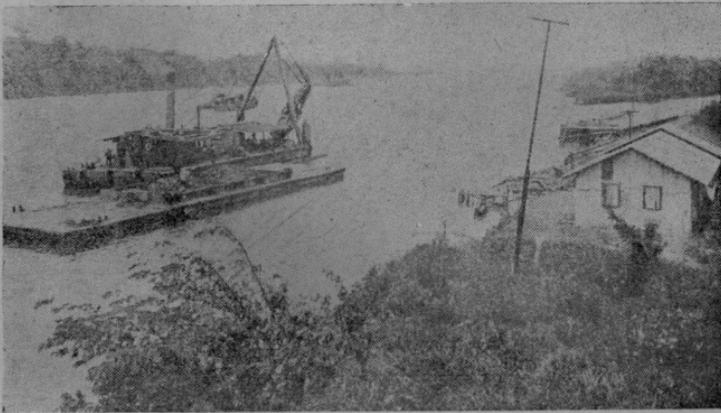
人類所造成的最偉大的工程，莫過於中美洲連通大西洋和太平洋的巴拿馬運河了。這運河實在還不只是一條水道，而是一座龐大的橋，能使大如大西洋海輪的船隻，從橋的一端，走上一組船閘的階梯達於海平面以上八十五呎，而後再經過另一組船閘下降到海平面而達於他一端。

開鑿巴拿馬運河實始於1879年，由曾經開鑿蘇彝士運河的法國工程師第利塞(Ferdinand de Lesseps)所主持。故此種連通兩海，以便航運的工程，並非是他的創舉。

但遠在1529年，已有一個西班牙人建議過開闢這道運河，只因西班牙恐怕大西洋的船隻行駛到太平洋去太便利了，她就難於壟斷太平洋上的貿易，所以沒有能夠實行。在十六世紀的時代已有如此遠大的眼光，真令我們嘆服這位創議人的勇氣。但是我們敢說，在那時要鑿通中美洲，就是驅使奴隸羣衆去嚐試，也決不可能像這樣艱難的工程，只有等到現代機械進步之後，例如汽力鋤，挖泥船，和轟炸藥等的供我們使用，才能成功。

瘧疾和黃熱病的區域

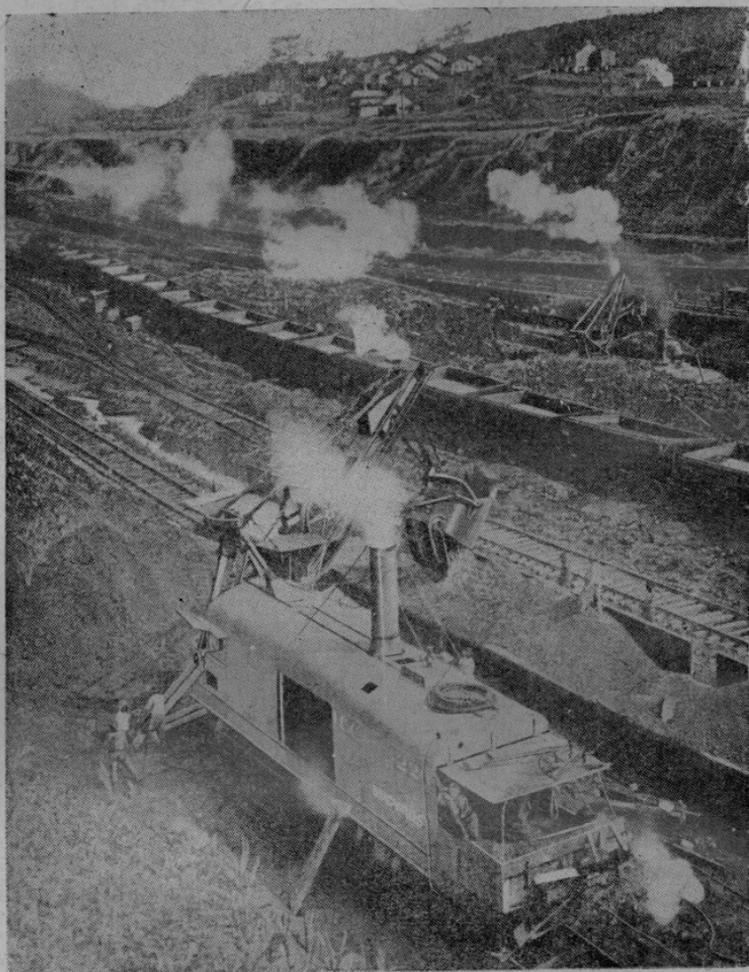
第利塞在十九世紀中開鑿蘇彝士運河的成功，使對於他的新計劃抱着甚大的自信力，因此法國的社會對於這件工程踴躍投資，



巴拿馬運河實連接着兩大洋，因為近河口兩端的洋底均須挖深，以便航輪出入。上圖是一隻鋤取式挖泥船，正在大西洋一端開水道。此種挖泥船共有二十隻同時工作。挖去泥土一百萬噸。一個防波堤築於海中以保護水道。五十英里運河的十五英里是鹹水。



上圖所示龐大的鋤式挖泥機，亦稱汽鋤，是用以挖取較軟的泥土和已炸裂的岩石。有一百多座同時工作，其中較大的重一百餘噸。像這樣的一個汽鋤每次能挖起十噸重的泥。只有採用了這種龐大的機器，才能把兩大洲切開而造成一道奇偉的運河。因有船閘的存在，東西兩大洋並不真在運河中相會，這是一件有趣的事。



如何用龐大的汽鋤來移山：上圖表示開鑿巴拿馬偉大工程的一角。龐大的汽鋤正在工作，每次能挖起五噸至十噸的泥石，一條條排列着的鐵路，用列車來把挖出的東西搬走。平均每月移去土石約二百五十萬噸。

達五千萬金鎊。各種機器購置完備，工作亦經開始，但巴拿馬是一個瘡疾和黃熱病的區域，蚊蟲爲患極烈，他的工作不得不告停頓。可憐在八年的工作期內，法國工人和職員之死亡者在一萬六千人以上。再加以金錢的糜費和舞弊，那公司遂告破產，所有法國人的股本完全損失。

以後就由美國人來接辦，購買了法國的權益，更收了橫貫巴拿馬地峽十英里闊的一帶土地，他們就開始努力去開闢運河。

第一件事，他們決定撲滅病魔，使工人能在健康的環境裏進行工作。他們排洩了沼澤，填塞了污池，撲滅了染病的蚊蟲。

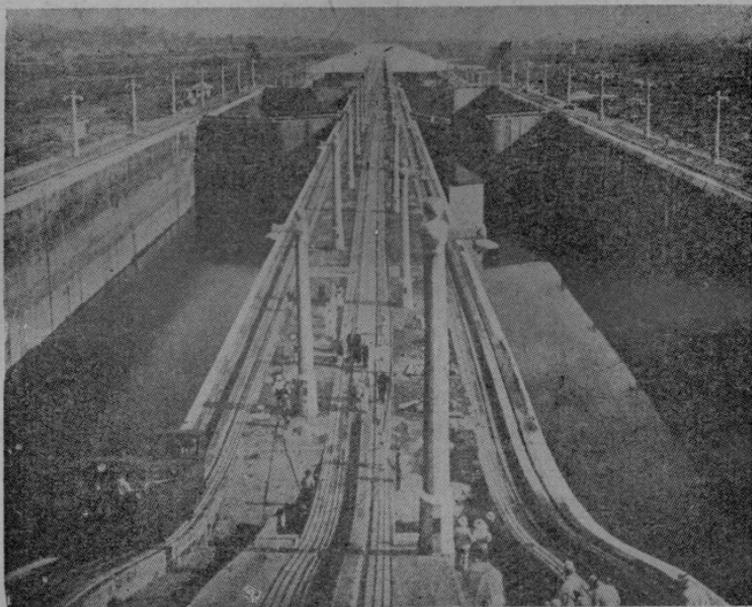
對於開掘運河的本身問題，水道應當在海平面呢，還是成一水橋，兩端建閘呢，當時頗多討論。最後決定用船閘的方法，後來經多年的使用，證明這個決定是對的。

這運河雖是連通在東邊的大西洋和在西邊的太平洋，可是奇怪得很，因爲中美洲地形的關係，從西到東的航船，經過運河時，實取由東而西的方向，一看地圖即可明白了。

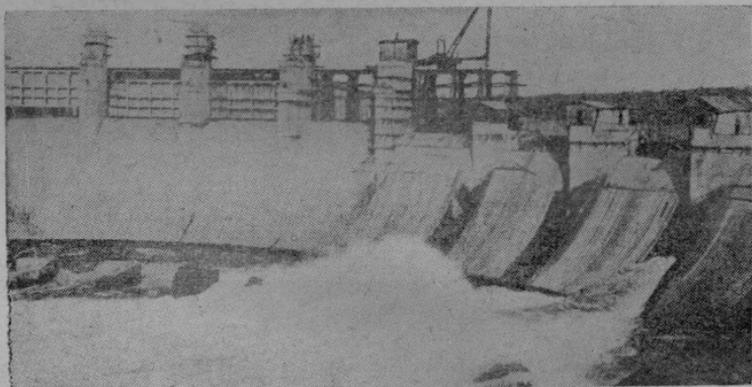
航 道 梗 概

航行自大西洋一邊的利夢灣(Limon Bay)開始，經挖掘的河道行六英里而達加吞(Gatun)，那裏有三對船閘，階疊而上，接到加吞湖，超出海平面85呎。加吞湖是一個人造湖，由壩住一條山谷中的河流而成，約等於日內瓦湖的大小。

這攔湖的壩底部半英里闊，一英里半長，有溢水道以放出多餘



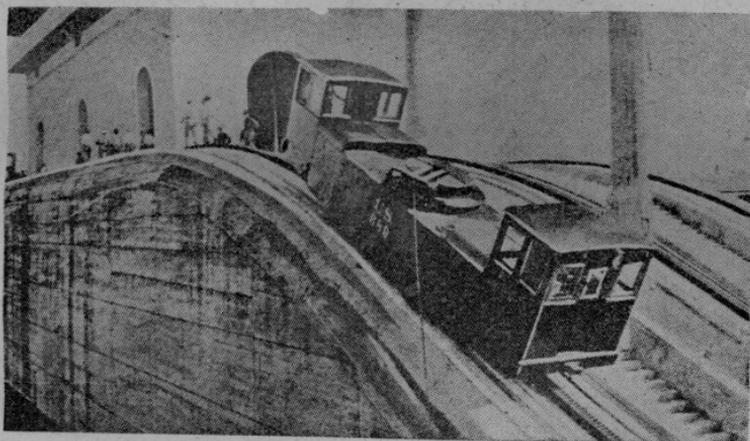
巴拿馬運河的加吞船閘，閘分二路，一路升船，一路降船。



加吞大壩的溢水道，多餘的水從此流過。建造這壩的材料大部分是從庫雷布拉山挖來，寫實說來，是一種移山倒海的舉動。

的水量，並導水到水力發電廠。這發電廠供電於啓閉閘門，牽引船隻過閘的機車，和運河區域內的電燈和動力。

近又在建築第二壩，使構成另一人造湖。這湖面積爲17方哩，能容水22,000百萬立方尺，以備在久旱時供水於加吞湖之用。



電力機車，那處的人叫它做「電騾」，用以牽引船隻過巴拿馬運河的閘。

有八輛電力機車行駛於軌道上(中軌有齒)，以每小時2海里的速度牽引船隻過閘，閘長一千英尺。凡船一經入閘，即被停止，而後把閘門關閉，放水入內，使船升高到下一閘的水平面。每一閘在九分鐘內灌入三百萬加侖的水。

一經過了三道船閘而入於加吞湖之後，船就可自行開足速度，約行一小時半，再通過庫雷布拉渠(Culebra Cut)，這渠8英里長，45呎深，由鑿通實體山而成，最低處闊300呎。

過渠後，再經過佩德鹿米基爾閘(Pedro Miquel lock)而入

於另一人造湖，名米拉佛羅勒斯湖(Miraflores lake)，過此之後，再經二個大閘，卽下降到太平洋中去。船在通過一切船閘時，寂靜無聲，照例不言語，不打鐘，不放汽笛。領港者立於船橋上用手勢指示方向，好似長江輪船經過三峽時的小心謹慎一樣。其組織之完備和有效，一如這運河建造時之情形。

工 程 紀 錄

在開挖運河時，有101座汽力鋤取式挖泥機同時工作，其中有重至100噸以上者，還有553個機器鑽，30個傾卸機，26個佈泥機，用以分佈挖出的土石，17個打樁機，20隻挖泥船，48個起重機，161個鐵路機車，9個移軌機，用以移動路軌向前，和4,572輛鐵路車。此外還有數百較小的器械，不勝枚舉。

在炸發岩石時，用到各種炸藥七千七百五十萬磅，僅在一個月中，所鑽裝炸藥之穴共長九十英里以上。工程中最重大之部分要算是開鑿庫雷布拉渠，總共挖去二萬四千萬立方碼之土石，共重約四萬萬噸，而其中一萬萬立方碼是實質岩石，須用炸藥炸開。

平均每月挖出1,300,000立方碼，用炸藥500,000磅。在建造全時期內最大的一次轟炸，用炸藥26噸。

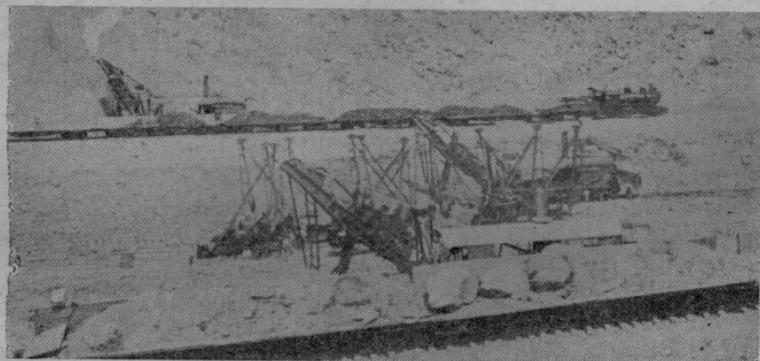
裝炸藥之穴用壓縮空氣鑽鑽成，深27尺。炸開的石用汽鋤從山上挖取而卸入鐵路運貨車，運到加吞湖，用以建築巨壩。寫實說來，是一種移山填海的舉動。

一種巧妙的傾卸機把車載的土石卸出。一列車裝重610噸能在

十分鐘內卸盡。一座傾卸機在每天八小時中，能傾卸十八列車，卸



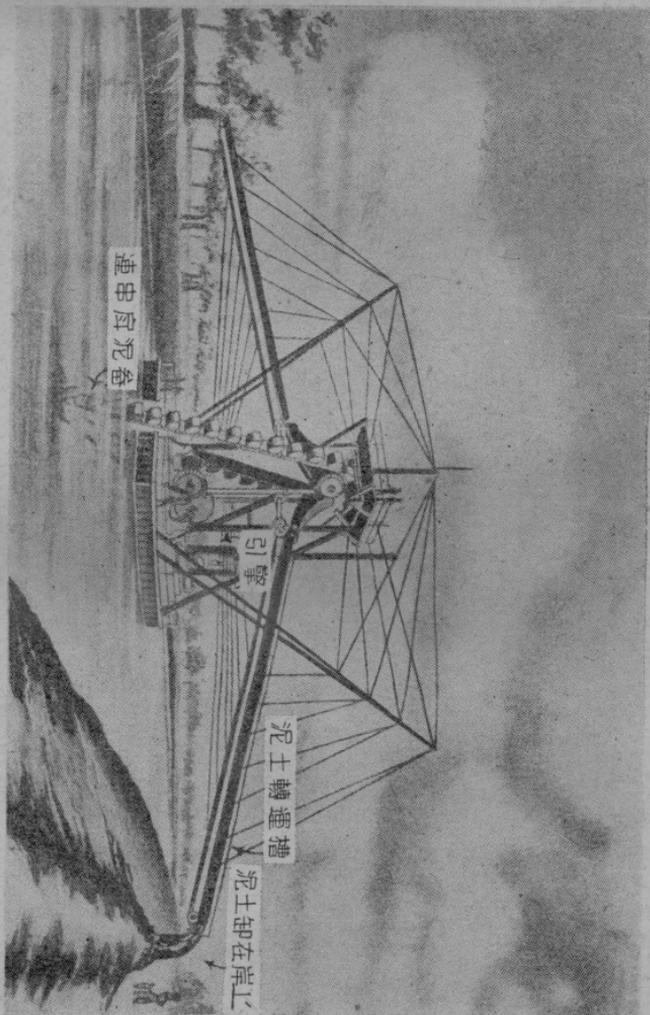
上圖表示鑿通庫雷布拉山的巨大工程，真是有史以來人類最奇偉的一種想像和成功。誰想得到一個山能夠這樣移去，且移到另一地方後，再用它來築成一個巨壩，攔住一道河流，造成一個便利航行的湖。



在鑿通庫雷布拉山以建造巴拿馬運河時，須炸破二萬萬噸岩石，用炸藥七千七百萬磅。上圖表示汽鋤之外，更有巨大的壓縮空氣鑽，用以鑽打數百哩長的炸藥洞。圖示正在開山，上邊的鐵道高出運河底32呎，下邊一條高出12呎。

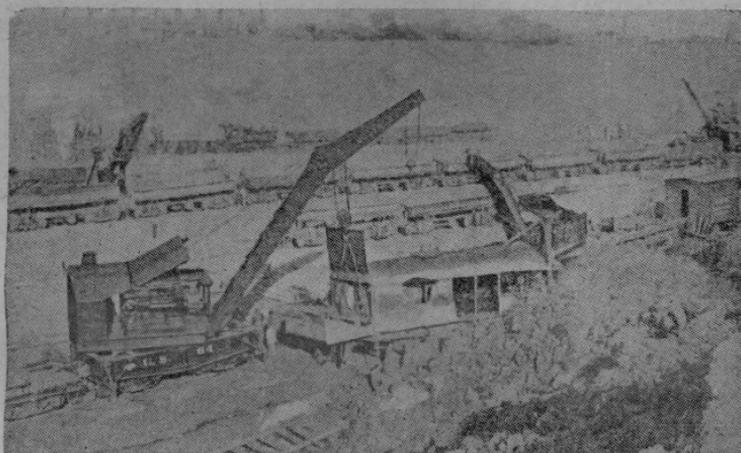
接起來達三英里半，總載重約一千五百萬噸。

建造加吞閘和其他閘時，共用四百五十萬立方碼混凝土。雙扇閘門，其龐大為從來所未有。每扇闊65尺，高自47尺至82尺，厚7尺。當船隻經過時，所需啓閉的閘門，總重在25,000噸以上。



一隻特式的挖泥機是開挖巴拿馬運河時所用的。機上有循環不斷的連串瓦泥盆深入河底，厚取泥土上升，入機上的平頂上。瓦泥盆隨即傾泥入兩旁的轉運槽。槽中有流動的水，泥土即由水流帶至岸上。這樣轉運河的泥可以無須往來運送。開巴拿馬運河的挖泥機有好幾種，很有幾種非常靈敏。各種機用在各種地質不同的地方。有幾處地方需要挖掘大塊石頭。

土崩
係常見的
事，每將
汽鋤和路
軌埋沒，
有一次竟
有二百五
十萬立方
碼的泥土
瀉入庫雷
布拉克，
須重行挖
出。



開鑿巴拿馬運河的艱難困苦之一，即是土崩的危險。在開河時期內遇到土崩。不下二十二次，圖示鐵路起重機正在救起一座被埋沒的汽鋤。有一次，二座汽鋤和一切路軌被一百萬噸泥土所埋葬。在最大的一次土崩中，有二百五十萬噸土崩下，必須重行挖起。

但是工作從未停阻，終以六千萬金鎊的總代價完成這大運河，這是現代工程技巧和奮鬥的奇偉勝利。現在每年通過這運河的船貨達三千萬噸以上，從紐約到舊金山的航程比以前縮短7,873英里。

鑒於巴拿馬運河的成功，現有人建議再造一條運河通過中美洲，大概在穿通更北的尼加拉瓜 (Nicaraqua) 民國，利用尼加拉瓜湖為水道的一部分。

德國的中原運河及其升降船閘

近代工業發達的國家，因為運輸上的需要，每將所有已經治導過的江河之間，連了運河，利用天然的水源，造成一四通八達，縱橫交錯的水道系統。像德國國內的水道系統，經過近年來努力經營，到現在真可說是四通八達了。本來德國在十七、十八世紀時期，國內四分五裂，對於運河的需要，還並未十分注意。直到十九世紀以後，國家政治上已告統一，經濟狀況突飛猛進，同時因為工業同商業上的需要，對於治導內河航運和開闢運河工程，才有迫切的要求。於是運河協會等水利機關組織，也應時而起，從事運河計劃的討論。中原運河的計劃也在這時候開始籌議的。

中原運河的重要意義，就是使德國西部的工業區和東部的農業區得一交通聯絡線，因為德國的河流除多瑙河和曼因河以外，方向差不多都是彼此平行的。同時萊因河，愛姆斯河，維塞河，愛爾培河同俄特河等河流，在其中下游的地方，彼此都被很低的分水嶺互相分離，各自形成了特殊的經濟區域。所以中原運河無論在德國政治統一，或經濟調整的關係上看來，都有開闢的需要。

中原運河的主要線就是：萊因同愛爾培兩河間的聯絡線。全線共長約四百到五百公里，從1923年開工，經過十五年的經營，直到1938年才告完成。全部費用共計十四萬萬馬克，由此可以想到這

工程的艱鉅。全線工程中除普通船閘橋樑工程以外，在工程技術上比較新穎的就是亨利堡(Henrichenburg)和洛森湖(Rothensee)兩地方的船舶升降機。

船 船 升 降 機

這種船舶升降機的發明是補救普通船閘在水位差度太大時的效用不夠。因為普通船閘的主要作用是利用上下閘門的開關，使船隻可以由

上而下或

由下而上

來克服兩

水道間水

位差度的

困難。不

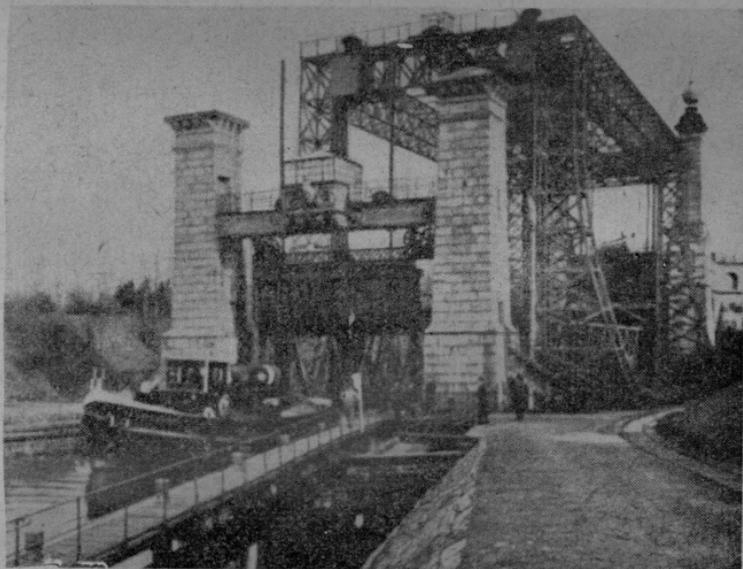
過普通船

閘中水位

的差度

(或叫做

水級)是



亨利堡(Henrichenburg)的升降船閘。

有限制的，不能太大，如果遇到兩水道的水位相差過大的時候，就應當將水道分成若干級，每級造一船閘，使水位的差度減低。不過這種方法，工程上雖然比較容易，但是船隻上下過閘的時間太長，

對於航運上還感覺到不大方便。所以近來因工程技術的進步，才發明這種船舶升降機，造成一種升降式的船閘。

升降式船閘的特點有下面五點：

(1) 船閘坡度可以很大，例如德國尼特費諾(Niederfinow)地方的升降式船閘，它的水級是36米。

(2) 船箱升降時間很快，像尼特費諾地方的升降式船閘，其船箱升降36米水級的時間，不過五分鐘。

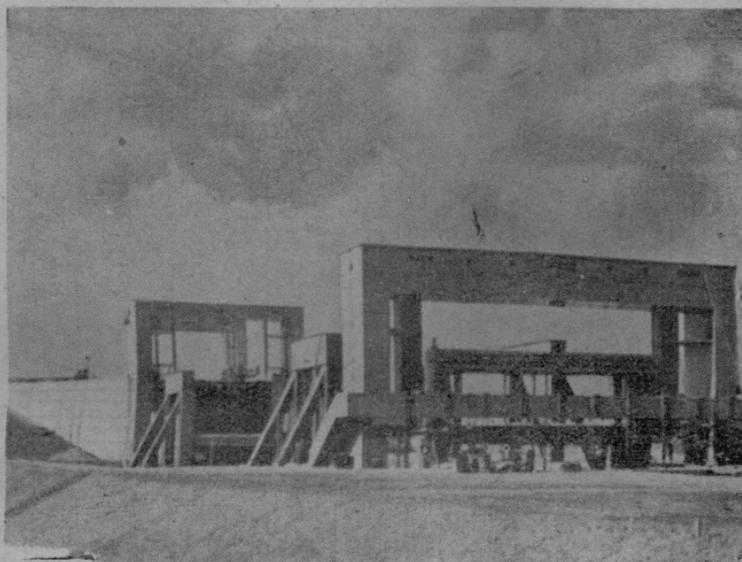
(3) 無論大船小船，船多船少和船的載重多少，船箱載重並不變動，因為根據亞基米德(Archimedes)原理，船隻進箱以後必要排去同船重相等的水量，所以如果船箱是用電力管理的，所耗的電力總是相同，所以很容易管理。

(4) 利用升降式船閘，船隻上行或下行的時候，都沒有水量的損失，這點在運河工程上是很關重要的。

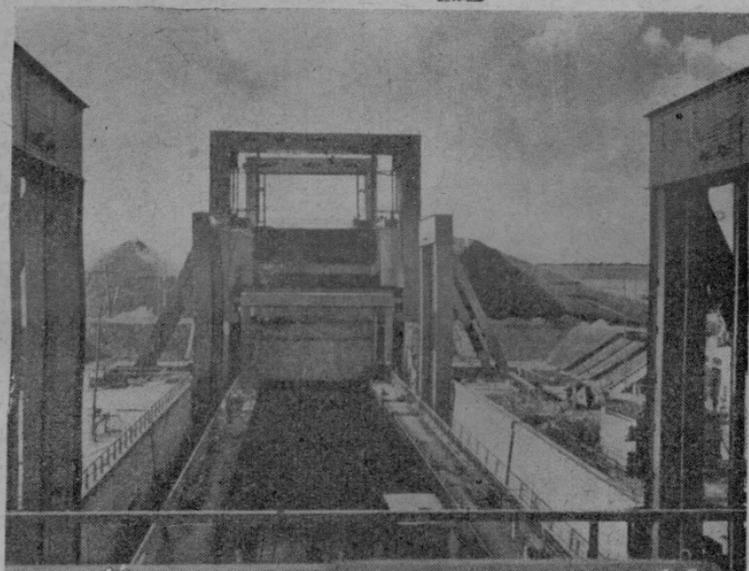
(5) 般隻過閘，無論上行或下行，所需要的時間都是一樣。

升降式船閘的構造，同樣有上下兩閘門，叫做上下閘頭工，船箱兩側是支撐架，利用機械船箱可以垂直上升或下落，非常迅速便利。船閘的重要部份就是船箱和承載船箱的兩個大浮筒。浮筒上面用支架和船箱相連，下部浮在一滿水的井坑中。在船箱兩側各用兩個有螺旋帽的機軸，管理船箱上下的活動，因為機軸的位置分配在兩側的兩端，所以船箱上下非常平穩。

現在把德國中原運河上的幾座升降式船閘來介紹一下，就是享利堡地方的和1938年完工的洛森湖地方的船閘。

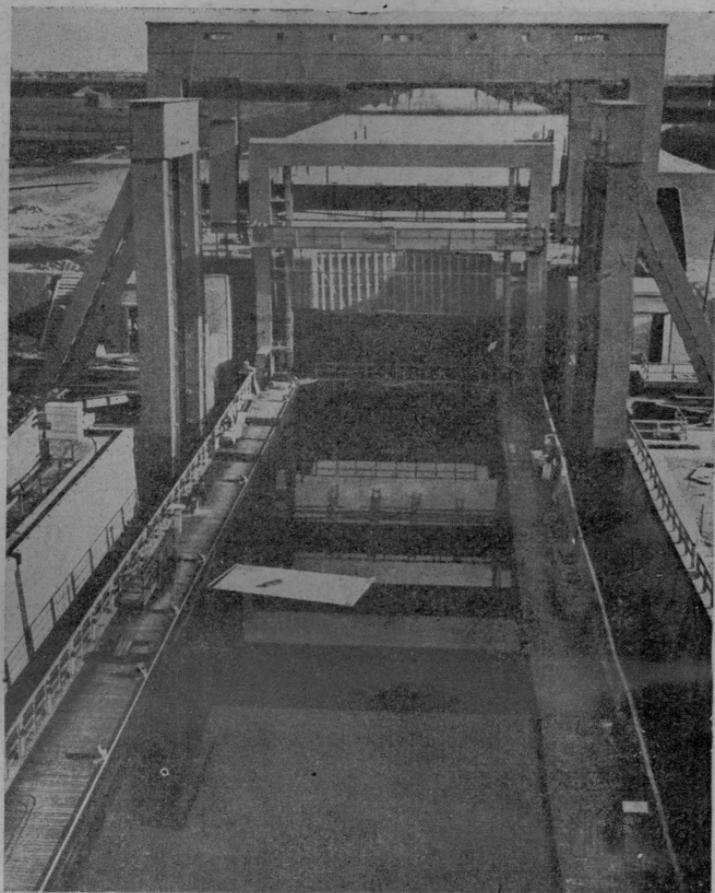


由圍堤看洛森湖(Rothensee)升降船閘的外形。



在洛森湖船箱中由下閘門看上閘門之情形。

在享利堡地方的升降式船閘。船箱長70米，寬8.8米，箱的重量在盛水時候是3000噸，兩端承載在五個圓形的浮筒上。箱的上下活動是用電力管理的，水級是14.5米，上升或下落的時候不過二分半鐘。



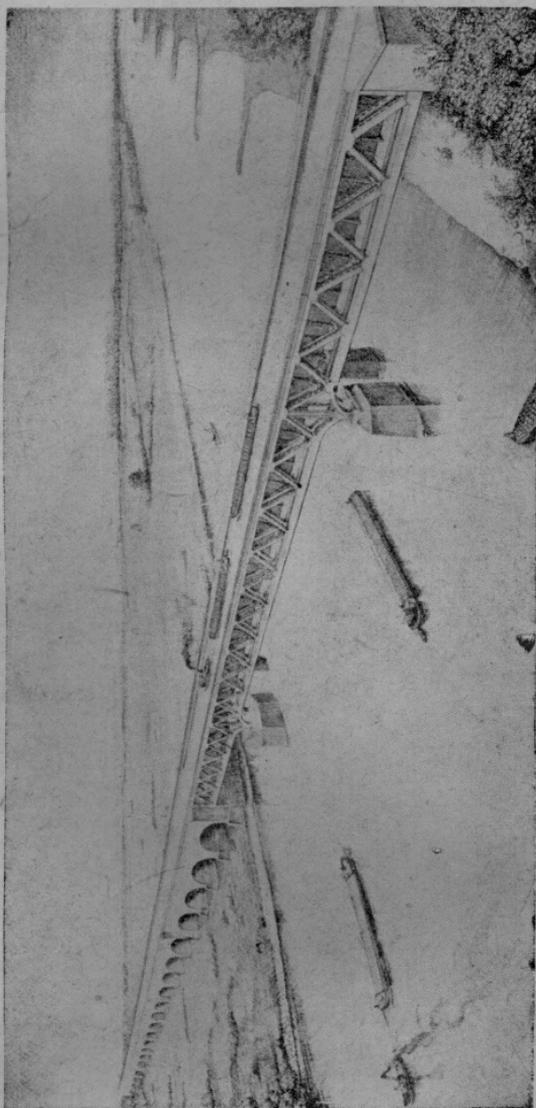
洛森湖船閘船箱之近視。

在洛森湖地方的升降式船閘。船箱長85米，寬12米，箱的重量在盛水時候是4000噸，兩端承載在兩個10米直徑的大浮筒上。箱的

上下活動是利用電力。水級是 18.67 米，上升和下降的需要時間共要 20 分鐘。

運河橋

除上面兩座升降式船閘以外，在中原河上還有一個很值得介紹的工程，就是中原河在愛爾培河（Elbe）交叉處的運河橋。這條橋長度有 900 米，可說是世界上最大的運河橋。橋在愛爾培河灘的一段，是由二十個拱門組成的連拱橋，每拱內寬 30 米。橋在河上的一段，中部淨長 100 米，兩側各為 50 米。像這樣大的跨度，上面還



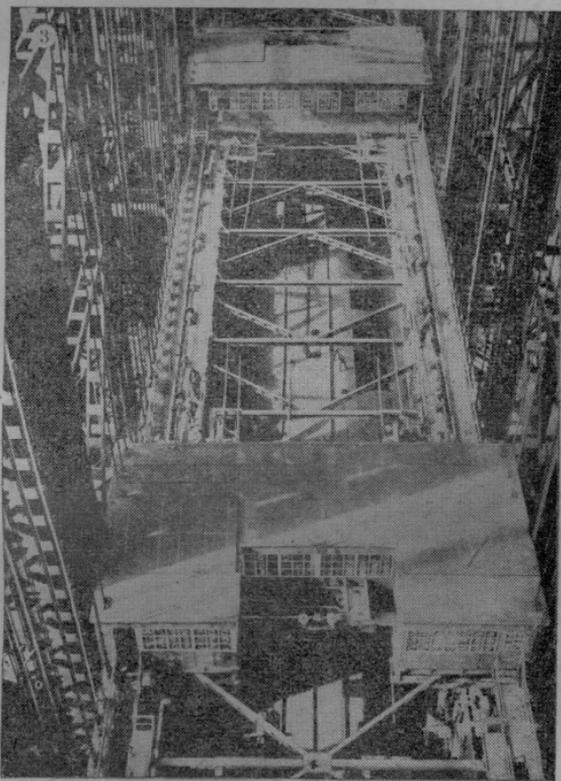
這是愛爾培（Elbe）河上運河橋的外觀。

要承負着一寬 30 米，水深 2.75 米的運河槽。設計工作當然比較其他地方的運河橋還要困難，所以這條橋工程鉅大，是值得我們注意的。

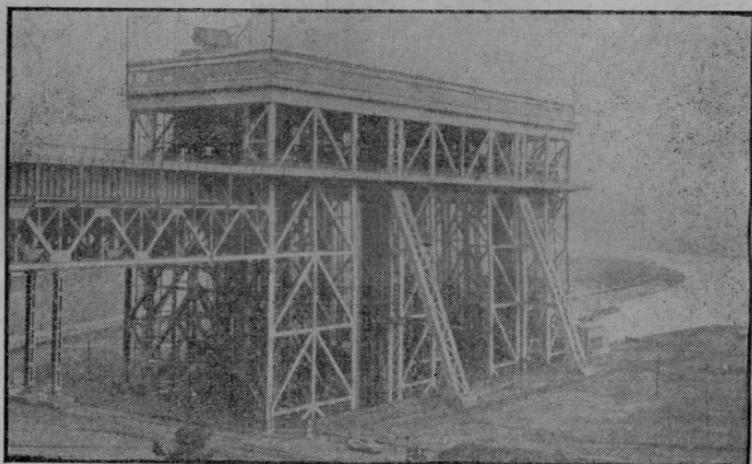
德國另一升降船閘

於上文(德國的中原運河及其升降船閘)中說及升降船閘的優點和效能，並刊示德國中原運河中亨利堡和洛森湖升降船閘的照片。本文介紹德國另一個偉大的升降船閘。

由柏林至巴羅的海的水道交通，平時幾全賴皇室運河(Hohenzollern)。但該河因地勢關係，從未能用迅速方法使往來船舶直達於海。奧特河(Oder)和運河間的水平相差達36公尺，從前是用水閘的方法，一層層的將船隻渡過去，不特手續麻煩，且耗去不少寶貴的光陰。德國當局有鑒

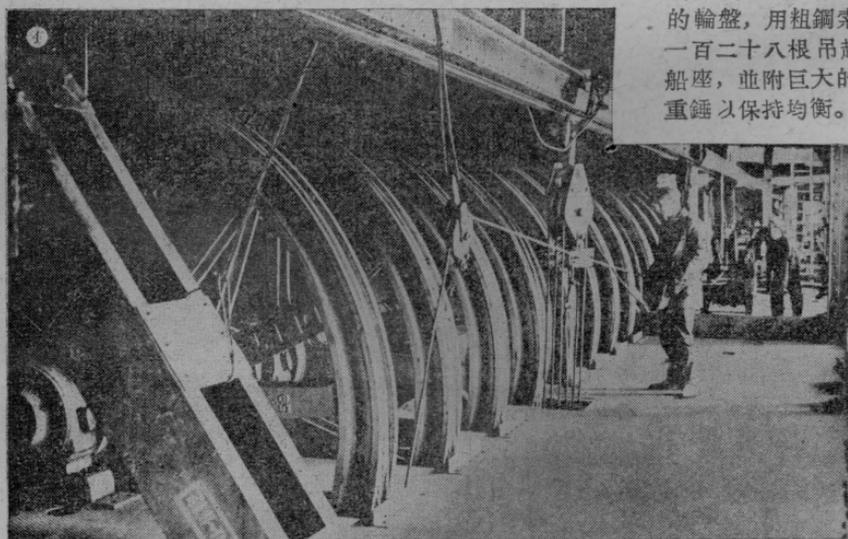


運河升降機之升降座長八十五米，寬十二米，厚二米八。



世界第一運河昇降機完成後之全景

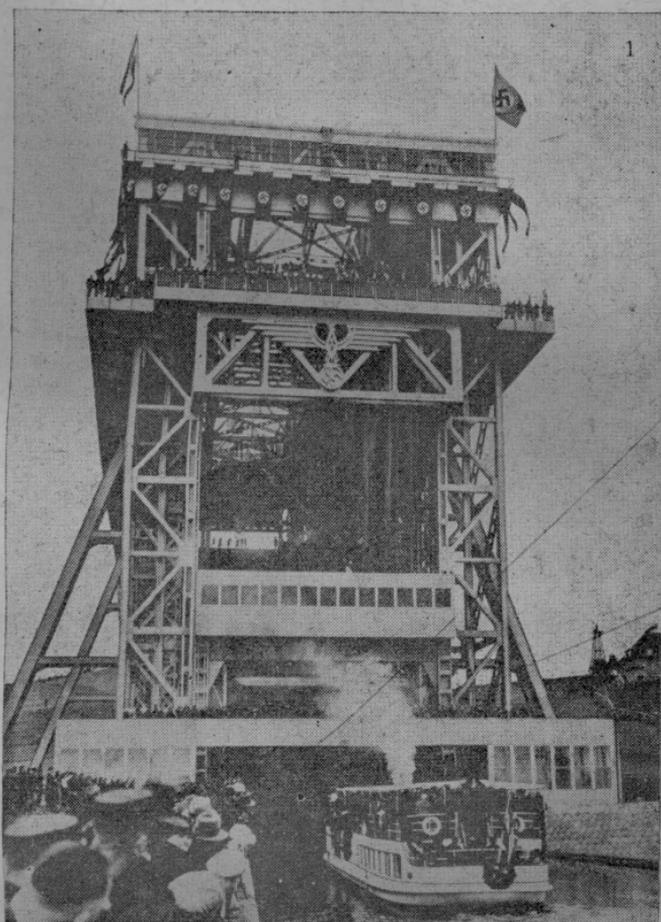
昇降機上一列吊索的輪盤，用粗鋼索一百二十八根吊起船座，並附巨大的重錘以保持均衡。



於斯，乃在
尼特費諾
(Niederf-
inow) 地方
建一升降船
閘，照預定
計劃，經過
八年的工
作，費去二
百八十萬馬
克，業於19
34年3月11
日落成。這
隻船舶升降
機就是用來
代替以前許
多船閘的。

它能在五分
鐘內把內河

輪船提高達36公尺。提起時輪船裝在浴盆式的槽中，用吊索來升降。這樣船隻從高水到低水，或從低水到高水，無須調節水位，運河中大量之水量損失亦得避免。



1934年3月11日行開通禮，來賓乘汽船作處女行。

這升降船舶的鋼結構高59.25公尺，長93.75公尺。所有工作全藉電力爲之，祇需二人便能管理一切。上列照片均係該閘落成時所攝。

長江上游的新航路

轟炸崆嶺灘的艱難工程

從揚子江口到漢口，計九百六十公里，水道很暢，在夏天，雖是一千二百噸的海輪，也可以通行。漢口到重慶二千一百公里間也有定期航輪來往；再上則須用較小的汽船，可更進五百公里之遠。大江航路橫貫東西，真是我國之第一交通命脈。

宜昌以下，一片平原，航行上沒有多大的困難。可是到宜昌以上，舟行潛石湍流間，十分危險，雖老於江航者，也視為畏途了。

長江上游之汽船航運，始於民國紀元前十五年。但自德輪在崆嶺灘遇難以後，汽船就不敢再在這路上冒險；直至民國前四年，始有一輪船在高水位季節內（四月至十二月）定期航行於宜昌和重慶之間。民國三年以後，船數略有增加。至民國十一年時，輪運始見發達，且終年來往不絕，不過各種輪船，須各視水位的高低而定行止。

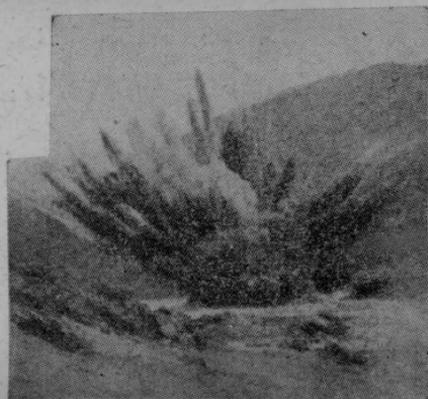
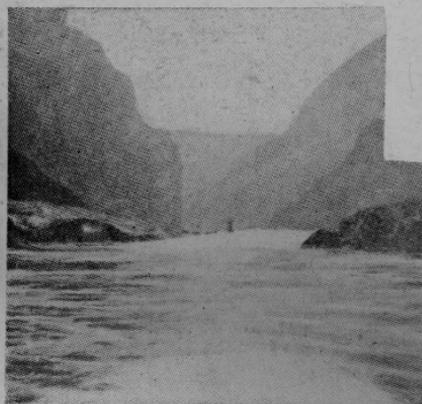
上 游 特 點

上游水道有一特點，就是高水位時的情形大不相同。以風景奇麗著名於世的三峽，在宜昌以上約長一百六十公里，兩岸重山聳峙，怪石潛伏江心，急流澎湃，節節皆灘，觸礁沉舟，時有所聞，船主和領江人等非十分熟悉地勢和具最高度的技能者，必不敢嘗試。夏季水位高出冬季水位 70 公尺以上。至於每年漲水原因，說者不一，

或謂由於長江流域雨水所積，或謂高山融雪所致，至今沒有定論。

航行者在夏季必須對付高水位的急流。一至冬天，各處水道收狹，而最兇險的急流遂發現。我們就把本題有關的「新灘」來說，以見航行所遇困難的一斑。在低水位時，那處共有三個險灘；最高的一個，水道在五十公尺內降落二公尺。那時任何輪船經過這裏，除開足引擎外，還須從絞盤放鋼絲索到岸上去拉，以助引擎力的不

左圖是離發火點 400 公尺處所攝，當時有 7,400 公斤的炸藥在爆發着，轟去 10,000 立方公尺的石塊，崆嶺灘的長江南水道因此而開闢，在低水位時可以航行無阻了。



右圖示二塊峙伏水中的險石被轟去後，這南水道已成了通暢的航路，在低水位時深達四公尺。這裏長江水面比以前飛激騰湃的水勢，已安靜得多了。

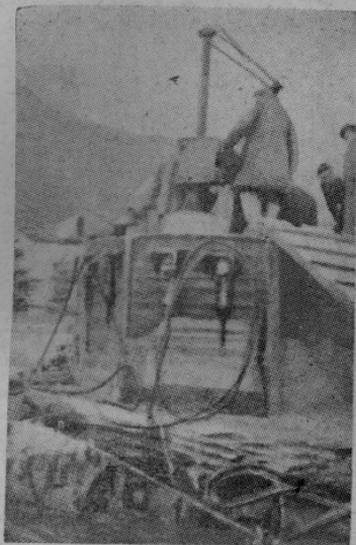
足。雖是這樣的費力，但一隻輪船也須行駛一個多鐘頭，方才能夠經過這一段短短的水道。

崆嶺灘險狀

新灘以下約六公里半，有個崆嶺灘，是全江中最著名的險灘。在低水位時，那處河道被一塊巨石名叫「大珠」的分為南北二水道，

大珠的東北有一羣潛石總名叫『珠』。在1933年春天以前，我們只有北水道是那處的唯一航路，南水道是不能航的，因為在牠的西口有兩塊巨石，正當急流之衝，以致這水道的全部，成了一片沸騰澎湃的水和急激的旋渦。

每年在『珠』島上沈沒的船隻不知凡幾，故在三年前，重慶的航業界和商界聯合組織了一個崆峒灘改進委員會去剷除危險。他們議定委託海關去收集工款並擔任工程事宜，海關就委長江上游巡查員愛活萊士(R. G. Everest) 君擔任這項工程。民國二十一年



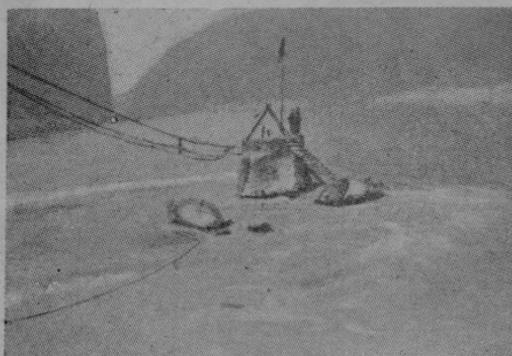
上：正在鑽井中的東石。



下：支於划船的浮橋從大珠島鋪出，接於所欲炸去的兩石（在圖的中央），兩石自身之間相距四十公尺，用懸橋連接。

的冬季，那處水位異常的高，故不能進行多少工作。本想在水下鑽井去進攻潛石，但因流急泥多之故，知爲不可之事，不得不把珠島工程放棄，而改變方針去注意到那可怖的南水道。

南水道的兩塊巨石祇在極低水位時方可察看，故不得不從附近的許多顯石上作地質研究和水道測量入手，而後可決定剷除的



方法。調查時只用可划子船來往，其困難可以想見。從測量和地質調查的結果，決定在那年冬季用整塊轟炸法剷除兩石之一。於是十二月中，工程隊就從宜昌出發，臨時辦公處則駐於附近之『大珠』

上：適在炸去前之西石，炸藥已經埋入，浮橋已經抽去。



下：因爲預防江水高漲，和設置適當的工作台座，故在東西兩石上先築鋼筋混凝土的圍堰。圖中混凝土已經做好，一個工人在視察西石。



上：一只長江中習見的木船，離轟炸工作處不遠。

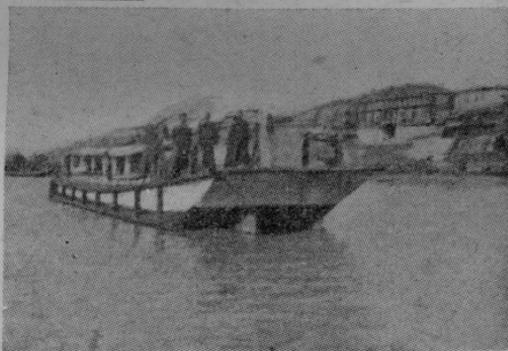
中：裝設空氣壓縮機，鋼鑽磨刀，油爐及其他重要工具之駁船。泊於宜昌時攝影。

下：該駁船在施行轟炸前開出，避往安全區域。

島上。這大珠的本身，在夏季沒入水面以下三十五公尺。

工程經過

直至去年一月，工人們才得達到那塊大石。但在先前的一個月內，也做了許多工作，像建築碼頭和炸藥倉庫，尤其是最難解決的一件工程，就是搭造達到那塊大石的浮橋，而且這時又決計把兩塊大石一齊轟炸，所以更有不少的籌備。這種浮橋的造法很特別，用木板舖在兩根平行的鋼索上，再用划船作橋脚而泊定於第三根鋼索上。那處的水流很急，每小時達七八海里（一海里等於六千〇八十英尺），而且江中的潛石使急流



成旋渦，故必須竭力把划船纜住。浮橋既達到那兩塊大石後，兩石自身之間，因為不能使用任何船隻，乃用鋼索建成吊橋去測水深。那吊橋共長四十餘公尺，很得利用，但後來因江水陡漲，旋即拆除。

第一浮橋完成後，就開始在那石上築一鋼筋混凝土的『船』，工程上稱做圍堰。這是用來保護以後所鑽之炸藥井，防止陡漲的江水衝進，同時又可供做工作台之用。這圍堰四天築成，隨後在他一塊石上也築了一個。較大的一個用混凝土一百噸。

工人們都從上海雇去，因為他們沒有看見過炸藥井，所以工程師先在大珠島上試鑽一井來訓練工人，成績十分優良，對於以後工作的進行大有助益。

在沒有建築辦公處以前，那時水位還高，先把一隻特用的鋼板駁船放到大珠島旁。駁船上裝着壓氣機，磨鑽機，油爐等設備，那時就把空氣管沿橋索敷設到大石上（從此在白天鑽井，共歷八星期。那石是一種極硬的花崗岩片岩，且在一井中遇着三十六公分厚的石英脈剛正斜截而過。這種片岩雖硬，但在爆發時裂開來很危險，井愈深時，納進水量也愈大。所以工程師常用裂石器來慢慢裂開，以減低爆發度到百分之五十。井中積水用手動和機動的二種抽水機來抽出。

至民國二十二年三月十二日開始裝炸藥。其中一井的內壁須從頂至底用混凝土塗刷，以減少水流。在另一井，因兩邊石片塌削至水面以下十三公尺，致井的石壁只餘一公尺厚，外面就是水，故必須用堅實的混凝土去支持牠。這種混凝土塊由潛水夫在水下

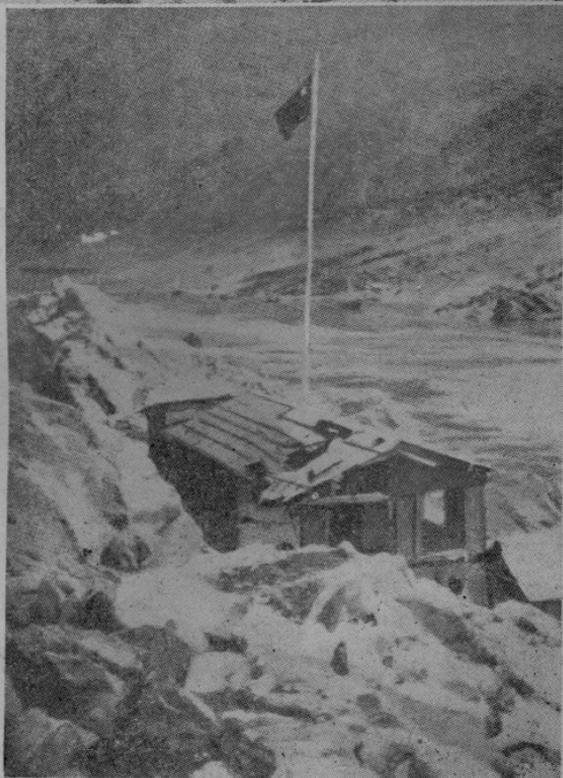
置放。

實施轟炸所用的爆藥共八噸，用電線來把二石同時發火爆發。炸藥



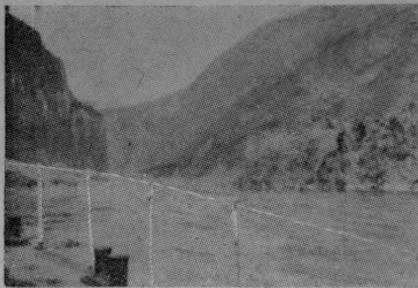
裝在許多汽油箱中，用瀝青封口，安放至井底，而後用鋼筋混凝土置於井上；再以少量炸藥置於圍埂中；更用沙，石，

這裏是大珠島上工作根據地的兩張照片。上圖是冬天雪景，右圖是被爆裂石塊被毀後的情形。在夏天，江水升達70公尺時，這石島的頂尖在水面下30公尺。因為這種情形，所有轟炸工作必須在幾個月內完成。



混凝土堆塞達到圍堰之頂。最後，由預先埋在井中之鋼管，裝入特製的爆發炸藥；而後拆去浮橋，敷設發火電綫沿高架鋼索通至南岸，再過四百公尺而達於發火點。這發火點是在一片泥沙中，靠近一塊孤立的大石。石背後用夾層鋼板和沙袋築起強力的防衛棚，更用木材和實以沙泥的空水泥桶，增加防衛棚的力量。

因愛君之謹慎從事，和政府所派一百兵士之襄助，預先勸告附近居民躲避，故在轟炸期內，生命船隻一無損傷，這是很可欣幸的一件事。爆炸藥於三月二十二日由愛君用乾電池親自通電燃放。當時轟炸的聲音很小；因為那二塊大石不過是河床上的隆起物，所以在發火點處也沒有地震的擾動跡像。惟亂石飛落於防衛棚之頂和其四周一千二百公尺以內的地帶。大珠的西端被巨浪所掃過，但再下則並沒有受多大波浪的影響。估計全部轟去的石在一萬噸以上。



這是從經過這新水道的第一只輪船上所攝的照片，時在民國二十二年三月八日。

新航路開闢

轟炸以後的南水道，完全改變面目，急流和旋渦幾完全消滅。那處水深在當地低水位下四公尺，因此大珠和南岸之間成了一條新航路。海關派輪於該年三月八日首先航過這水道。這確是長

江上游第一次舉辦的大規模治江工程，可為將來治江的表率的。

荷蘭如何收回沉陸

世界上有一個很特殊的國家，牠的地勢頗低，有若干地方甚至在海平面下若干呎，這個國家就是荷蘭，所以荷蘭又有泥柔蘭 (Netherland)之稱，「泥柔蘭」即是『低地』的意思。

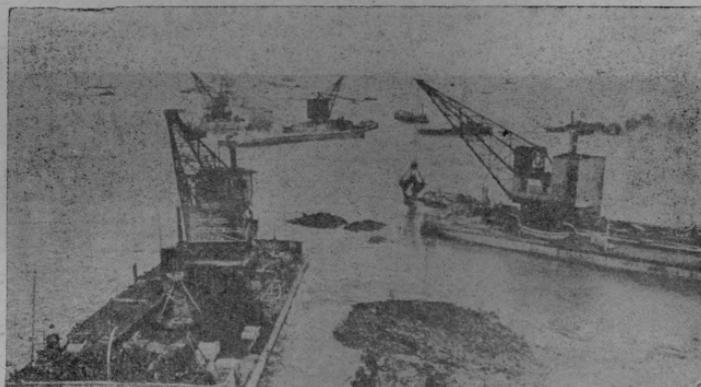
因為這種天然環境的特異，荷蘭的人民自來就無時不在和海水鬥爭。這些低於海平面的地方，都必須用堤來擋着海水，而這種堤又必須經常加以注意，不然，堤身被海水不斷的衝擊和侵蝕，結果會歸於崩潰的。

這種可怕的自然力，固然使得荷蘭人時時在憂患中度日，但同時這些痛苦的經驗，無形中却也把荷蘭人造成爲世界上最擅長治水的民族。

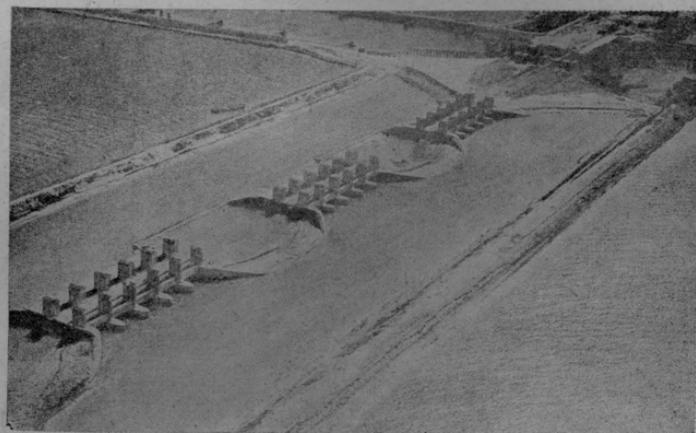
在十二和十四世紀之間，荷蘭遭了一次海水的侵襲，牠的北部幾百萬英畝的沃土，全被淹沒，從此就沒有復元。這是荷蘭最大的損失，幾百年來，雖然也出了不少卓識勇敢的人，要想把這一片沉陸，仍然恢復轉來，但都歸於失敗。一直到本世紀才算完成了他們祖先的志願。

自然，這並不是說，以前的荷蘭人沒有用，而是說只有藉近代機械的幫助，才能完成他們這種偉大的事業。

驚人的計劃



用浮台上的起重機和牽斗來建造橫過須德海的大堤。



須德海大堤在淡渥維爾(Dan Oever)地方的大水門，共有三組，每組五門，另有一道能供2,000噸的船隻進出的船閘使船隻能從北海駛進意塞湖內。上圖後方為船閘工程正在進行建築時的情形。須德海大堤的全部工程，包括小運河，排水組織，橋樑，道路，預計共費四千五百萬英鎊，但估計從將來重行恢復的土地所可得之利益，包含出賣土地和徵收租稅，每年可達八百萬英鎊。這些『新創』的陸地，自然是與荷蘭別的許多地方一樣，也是在海平面之下的。

他們所作的偉大事業是什麼？就是在須德海(Suider Sea)中建一巨大的堤，經過魏林根島(Island of Wieringen)，把荷蘭北部和佛萊斯蘭海岸(Friesland coast)連接起來，再從四個地方把海水抽出去，讓已被淹沒多年的土地，重新出現。還有一部分留下的水，則任令牠照舊存在，作為一個內陸湖，名為意塞湖(Yssel lake)。

這個驚人的計劃，係由一個著名工程師，當時正在作水利部長的李萊博士(Dr. J. C. Lely)所提出，於1919年經荷蘭政府核准。

這個計劃，預算荷蘭在1925年即可以增加可耕的面積十分之一。

工程實際開始於1926年，因為工程過於浩大的緣故，由荷蘭四家最大的營造公司合組一個須德海工程公司來担任這個巨大的工作。

工程的程序係先造一道大堤，從大陸連接到魏林根島，第二步再由魏林根島造一大堤連結到佛萊斯蘭。兩堤共長18哩，底部闊1,387呎，堤高出海平面24哩，在海平面部分闊660呎。設計這個大堤的時候，係將堤的位置設在兩條大沙洲上，堤上并設有若干水閘，以便利船隻出入意塞湖。

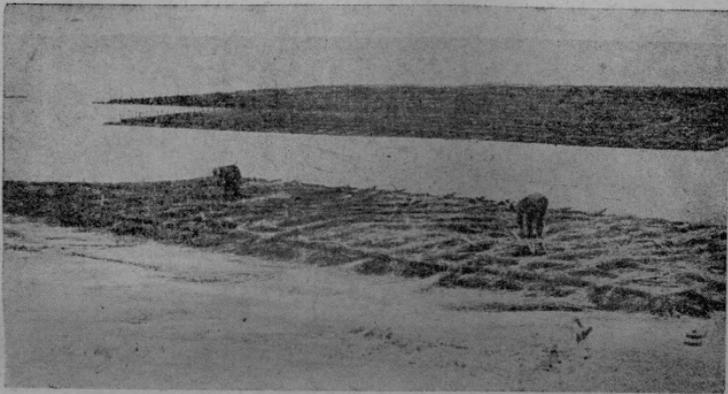
工程開始進行時，除雇用四千工人外，並有各種近代的機械幫助工作：計有十一架捧斗式挖泥機(Grab bucket dredger)，七架吸沙挖泥機(Sand suction dredger)，七架壓沙挖泥機(sand compression dredger)，84隻曳引船(tugboat)和摩托船，250



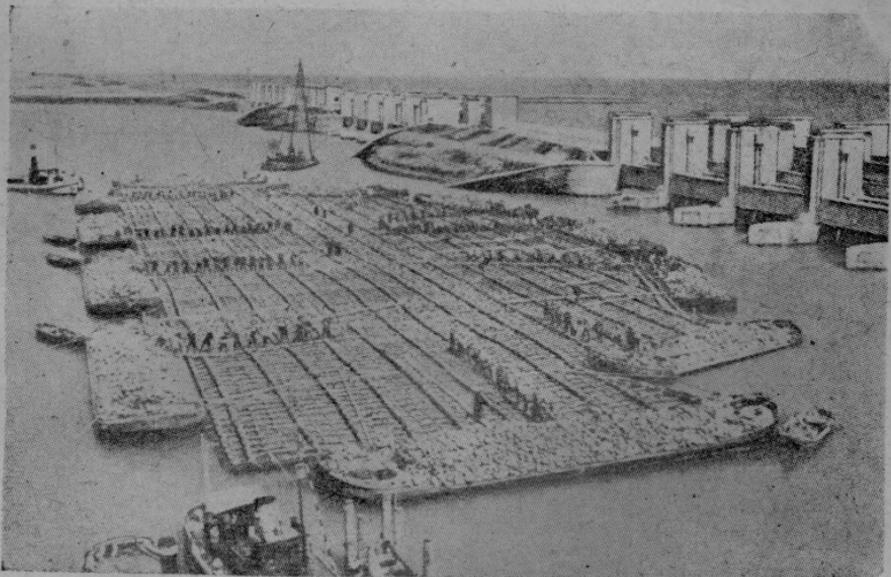
荷蘭人用機械的力量，在須德海中造一道大堤，把海水隔斷，使已淹沒數百年的沃土，恢復回來。在這個巨大工程進行的時候，幾千萬噸的石從別的地方運來供給建築該堤之用。圖中係堤口已將合攏時，浮在水上的起重機正在從駁船上汲取泥土進行工作的情形。



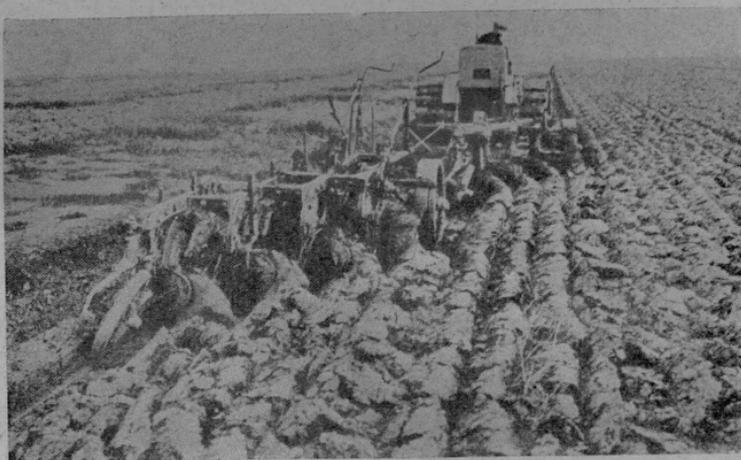
大堤最後一口閉合時的工作。浮在水上的大起重機，正在用巨大捧斗來運泥填口。這基部闊 1,387 呎的巨堤，用泥土構築，向海的一面用樹枝紮成而以石塊加重的巨大沉帶來鋪蓋，以防海浪的侵襲。



荷蘭人正在用小樹編成巨大的沉蓆，以便鋪到須德海大堤的堤坡上，蓆上更鋪石塊，以抵抗海水的衝擊。他們編這種沉蓆的技術，是很高明的。



荷蘭本來是一片窪地，而與大海為鄰。故荷人對於防水的知識與經驗是最充分的。最近荷人在蘇特齊建築的大堤，因淫雨過多，水流湍急，將堤底冲毀一大段，荷人乃於堤身損壞處用大筏排滿載岩石以填缺口，遂得無事。



荷蘭國北部的陸地，幾百年前被海水淹沒後，已成為海，上圖為帆船在這海上比賽的情形。但這同一地點，經水利工程師的努力排水，費去了巨額的金錢，現已成為可耕的沃土。如下圖所示。像此種墾殖地業已收回不少了。

隻活底駁船(open and closed barge), 25 架大型起重機和許多搬運機械。這些起重機都是用特別製造的平底船載着, 駁船也是一種特殊的形式。

建築大堤所用的漂礫土(boulder clay), 就是直接從須德海中挖起, 用駁船裝載, 送到造堤的地方倒下。第二步再用吸沙挖泥船, 從有沙的地方吸起沙來, 放到駁船上, 運到造堤的地方, 另由壓沙挖泥船把沙從駁船中挖出, 用壓力使沙緊壓到漂礫土上去。自然, 這中間還有許多很艱難的工程上的工作, 才能使這樣巨大的堤可以建造起來。

常遇的困難

在工程進行的時候, 最常遇到的困難, 就是風浪的來臨, 若有這種不幸事件發生, 海水的力量, 常常會把費去許多人工和金錢的已成工作, 加以毀壞, 使工程必須重做。

大堤完成以後, 還須用小樹所紮成的巨大沉蓆, 用石頭加重使它沉到淹在水中的堤坡上, 保護堤面。沉蓆上面再加鋪一層石頭, 來抵抗海浪和水流的侵襲。

被堤隔斷而留下的水, 分成幾部分用機器抽排到堤外的海中去。淹沒數百年的舊時沃土, 就可重行出現, 荷蘭的人民又可以在上面耕種和建築房屋了。他們就是這樣從須德海創造出了870平方哩的陸地。

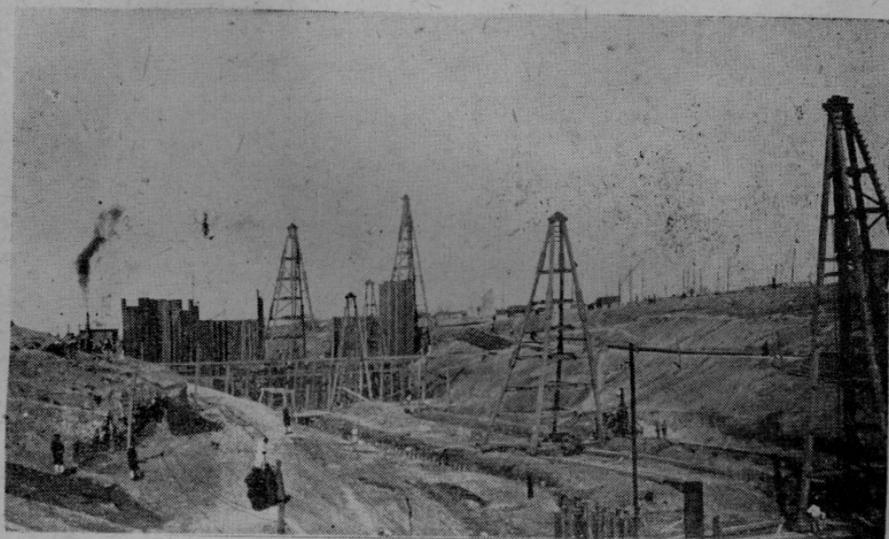
導 淮 工 程

我國水患以黃河爲最，其次即淮河。淮水發源於河南省之桐柏山，挾皖豫之水而匯注於蘇皖間之洪澤湖，而後由張福河與三河分途洩入江海。淮河自古有利無害，自黃河侵奪淮河入海故道，下流河底逐漸高仰，淮水尾閘遂失途徑。自咸豐五年黃河北徙，故道既淤，淮水幹流遂合於運河。洪澤湖洩水入江，其洩量遠小於來量，入海水道更淺狹，於是一遇大水，洪澤湖不勝蓄積，上游壅阻，下游也泛濫成災了。

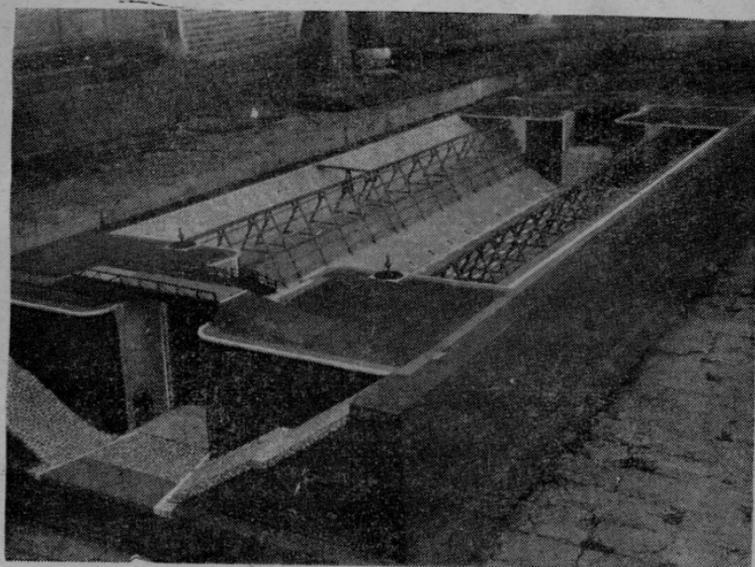
晚近淮水每六七年大水一次，田廬汨沒，人畜飄流，災區之廣，損失之鉅，曠世無倫。民十大水，被淹田地達六千萬畝，每畝以產米糧一擔半，以最低價每擔五元計算，總計損失達四萬五千萬元，生命房屋財產尙未計在內。江北皖北負有富饒全國的資格，而竟至積貧不堪，盜匪遍地，淮患之大，可以想見。所以必須規定入江入海路線，加以挖浚，排洩洪水，而救沉災。

水不治則成災，善導之則爲一民族之莫大福利。據導淮委員會的估計，治導之後，可以避免洪水之地面爲五千萬畝，可以涸湖增墾之地面爲二百五十萬畝，可以得水灌溉之地面爲四千萬畝。今日貧瘠之地可盡變爲富饒之區，不但該地人民生計立可改善，而於全國民食更有莫大之關係。

導淮之利還不止防災和救濟民食。淮運區域內水道縱橫，風帆相接，本來是交通便利之區。然因各湖河爲天然水道，水位漲落無定，每年可供航行之深度至不一律，且一遇乾旱，來源枯涸，航運即被斷絕。治導之後，在各主要河道設閘築隄，使常年有相當之水深度，以便載重九百噸以下之巨船終年往來無阻。交通既便，實業發達，文化日進，將來路線所及，人民之生計自能日增充裕。



邵伯閘身輸水道基樁及上游閘門鋼板樁工程



邵伯船閘模型

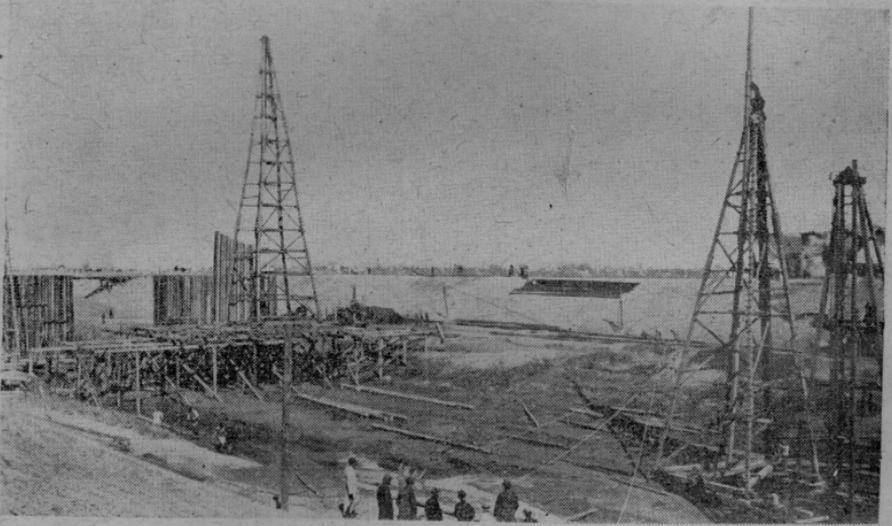
所以導淮之目的有三：就是洩水以防洪，蓄水以裕農，通水以利航。實施此種種工程，在在須根據長期的氣象和水利的紀載，土質的考查，經濟的預算，決非貿然所能從事的。創議導淮，已垂數十年，今幸計劃完成，由導淮會與江蘇省毅然實行，現在雖然還是初步工程，但其性質之重要和價值之偉大，實非我國今日任何物質建設所可比擬。凡我國人，對於此種與民生有密切關係之工程，都應予以熱烈之同情和注意，并促其全部計劃之成功。

工 程 紀 略

導淮計劃為防洪災，便航運，與灌溉，兼籌並顧而作。年來導淮會就財力之所及，已擇要次第實施。茲將已經興辦及正在進行中之各部工程概況，簡略述之。

一·〔張福河初步疏浚工程〕 張福河是排洪工程中入海水道之第一段，兼為灌溉及航運工程中引淮濟運之幹道，全長約三十一公里，費五十餘萬元，工成以後，航運昔為水枯淺塞者，今則暢流順利。又如去年各地苦旱，但裏運河一帶全恃此河浚疏後給水充足，江北運東因以大熟。此乃足證導淮會初步着手之導淮工程所費有限，已覺成效卓著矣。

二·〔建築邵伯淮陰劉澗船閘〕 運河縱貫蘇省南北，為淮河下游灌溉航行要道。惟其水勢盛衰，因季節而異，潦則盈溢，旱則枯澗，雖有運河，未能盡其所用。欲盡運河之用，必使其水位維持相當高度，歷冬夏無甚變易，庶重大船舶得以通年暢行，而運東各縣亦可兼受灌溉之利。導淮會為改良運河現狀起見，於邵伯淮陰劉澗三

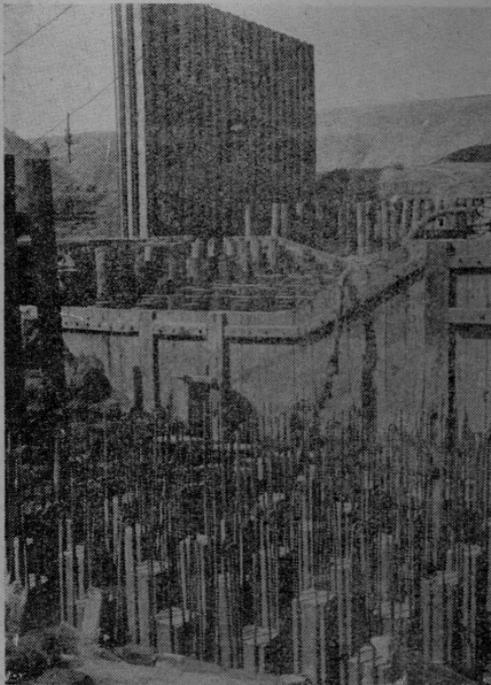


淮陰閘身左岸及上游閘門鋼板樁工程



劉澗船閘下游引河挖土工作之進行

處興建新式船閘各一座。船閘之閘室計長一百公尺，寬十公尺，其容量足供九百噸船一艘，或四十噸船十艘，一次過閘之用。閘門以鋼製，閘牆以鋼骨混凝土建造。閘室之兩側均以塊石鋪砌，作斜坡式。又有輸水管置於閘室底之兩側，均以塊石鋪砌，作斜坡式，又有輸水管置於閘室底之二側，通上下閘門而設啓閉機關於閘門之兩側，運用極便。閘之上下游最大水位差，在邵伯閘爲七·七公尺，在淮陰劉澗均爲九·二公尺。船閘造價連材料每座約計六十萬元。三



淮陰船閘上游木板樁及開關井拉力樁鋼筋工程

閘完成後，運河水勢可終年保持相當深度，自揚子江三江營起，沿運河直至隴海鐵路交點之運河站止。凡三百五十公里，吃水深二公尺載重九百噸之船隻，可以通航無阻。沿途經過重要城鎮，均爲江北繁庶之區，此後交通之發達，可預卜也。

三·〔整理運河東西堤〕沿運西堤，涵洞缺口多凡二十餘處，均須分別

加以杜塞修理，或加配洞門，以維持運河水位並操縱水流。該項工程即由導淮會邵伯船閘工程局兼辦，全綫同時興工。又原有護岸之

掃工，因後運河水槽常有二公尺以上之水深，不足以養護堤身。乃由蘇省府撥款三十餘萬元，交運工局改建石工。

四·〔建築劉老澗洩水閘〕沂水含沙甚多，且中途假道於中運河，爲害於下游頗烈。導淮會於劉老澗地方，現已建築船閘一座，阻其濁水南下。而江蘇省政府亦已將沂水歸海要道之六塘河整理完成。則是六塘河與運河間之新洩水閘之建築實屬必要。現經計劃在劉澗船閘上游，建一新式洩水閘，全長凡十孔，具一千立方公尺之洩量，待劉老澗船閘完工，即從事興建。

開 關 入 海 水 道

五·〔開關入海水道初步工程〕江蘇省政府在民國二十三年，以徵工開浚六塘河，挖土四百萬公方之成功，以爲水利工程佔大部份之土方工事，在不違農時之原則下，皆可利用徵工興辦入海水道。原計劃須挖築土方在一萬八千萬公方以上，現祇先從事初步工程，應浚築土方亦須在六千八百萬公方以上，徵工已達十三萬人以上。其規劃設備各事項如下：

（一）關於規劃事項

1. 新河槽之規定 導淮入海路線曾由國府核定，自洪澤河入張福河，經碼頭鎮楊莊鎮，沿廢黃河舊槽而至六套鎮，改向東北直達套子口入海。先於上年七月由導淮會組織施工測量隊，於十月中旬竣事。即交江蘇省導淮入海工程處繪製施工上所需一切圖表，並根據原定計劃設計中心綫。自楊家莊至套子口河綫長一六四公

里，水位總降落爲11.6公尺，河牀傾斜每公里合7.05公分，新河槽底寬35公尺，岸坡1比2.5，隄距爲230公尺，共計須開挖土方爲68,523,047公方。

2. 工段之劃分 劃分工段初以應徵淮泗江泰高寶淮漣興東鹽阜等十二縣爲標準，劃分十二段，依照各縣伏額之多寡，計算應做土方，而確定其工段長度。至於每段各級隊之工長應做土方數，則由段事務所劃分。嗣後爲便於指揮計，將江泰高寶四段合併爲江泰段高寶段，興東阜三段合併爲興東阜西段，興東阜東段。是原有十二段遂併爲九段。

3. 土方分層單價之規定 原訂土方津貼，每公方平均銀八分。但因開挖深度之不同，其單價應視工作之難易而厘訂。特在原計算範圍以內，酌分三級。例自如楊莊至七套止舊隄以內開挖者，自平均灘面起挖深二公尺止爲上層，每公方銀七分；二公尺至五公尺止爲中層，每公方銀八分；五公尺以下至新河底爲下層，每公方銀九分。嗣因淮漣阜三縣以應徵工伏超過一萬五千人，每公方額外津貼銀五分，泗陽每公方額外津貼四分。是項額外津貼，亦經按照層次分爲三級，加以計算，以昭公允。

4. 工伏編制與管理 各縣工伏編制一總隊，以縣政府主管建設人員爲總隊長，總率各級隊。每隊一千人設隊長一人，下設分隊每隊一百人，各設分隊長，均由縣政府委派自治人員擔任。每分隊分四棚，以工伏二十五人爲一棚，設工目一人。以一分隊爲單位，開挖一土塘，按週收方。至漣阜兩縣工伏編制，略有不同，係依自治區

域編制區鄉隊，管理方面無窒礙。關於管理工伙秩序，訂有工伙規約，由各級隊長負責約束，并由縣保安隊常川駐工維護。工地治安則由護工軍隊防護鎮懾。

5. 籌劃墾區 新河綫裁灣取直區域，應行拆遷房坎及徵用民地，迭據人民請求救濟，當經訂定拆屋遷坎給費辦法，照章給費，限期遷拆。關於徵用民地部分，由江蘇省土地局派員辦理清丈登記。一面在新河綫下游之兩旁勘定界址，圈地二萬市畝，建設墾區，以作裁灣工段貧戶移墾補償之用。是項建設規劃，現在着手設計，擬於次年度設施。

(二)關於設備事項

1. 工棚 按徵工十餘萬人，工伙來自數百里外，工段窩遠，沿河荒無人居，絕少寺廟居民以爲工人寄宿之所。爰仿成法，搭蓋工棚，每二十五人合住一棚，每棚用 1.4×1.75 公尺標準蘆蓆六十二張，竹竿七十七根，苧蓆十斤，兩層蓋蓆之間夾油質皮紙一層，每棚五十五張，



導淮入海挖竣土方工程之一瞥。

以防陰雨滲漏。全工區計搭工棚六千四百座，所需料物至夥，由工

程處設材料股主持其事。復於淮陰漣水東坎三次分設材料站，專司收發運輸儲藏諸務。溯自興辦以來，工伙稱便，雖無廣廈萬間，差幸聊蔽風雨也。

2. 跳板 廢黃河槽土質多沙。疏浚較深，每現滲水淌沙淖沙諸難工，致工伙難於立足。其用土車者，亦有車輪嵌陷之虞。以故跳板之設備遂爲事實上所必需。按工段縣互至一百六十餘公里，開挖最深處達十三公尺，高深既大，搭架浮橋等需要排跳及跳板尤多。且邇來難工迭出，各段紛請加發應用，計先後共備排跳六千塊，跳板一萬三千塊。

3. 排水 廢黃河槽寬闊兩堤間，雨水均以河槽爲歸宿，土質疏鬆，含水甚多，排水問題所關重要。特擬定排水計劃大綱，全工設排水站三十處。每站裝置柴油引擎抽水機一部或二部，利用原有深塘或間挖新槽河一小段爲積水池。並於河槽中先開龍溝，使土坑積水導入龍溝而注於積水池，再藉機力排洩。惟出水較感困難，必須穿隄開溝，方可暢流。現在以興東阜東段逼近海濱，滲水極湧。其餘各段亦逐漸挖深，排水工程極形緊張。

4. 飲料 工伙飲料大概取給舊漕積水，或另覓水塘。惟滹海工段，一片斥鹵，覓取水源極感不易，工伙生活，發生問題。現正雇工勘查地點，穿鑿自流井，試驗水質，供給飲料。在未施工以前，按棚月給津貼水費，雇工在遠方汲取淡水，以資救濟。

5. 交通(甲)電信 爲傳達政令之利器，經設無綫電台於工程處，另在甸河七套下營東坎各設電台一處。又敷設淮漣間阜甸間

之長途電話綫，并促成漣甸間，阜寧坎六套間之城鄉綫，以資聯絡。但工程處各段間仍未能完全直接通話。故復於淮陰西壩間，漣水菱陵下營間，六套七套瓦屋莊間，各裝臨時工用電話，以與省縣各綫銜接，至為便利。此外各段各監工處遞送文件，組織自行車通信隊，規定地點，交換遞送，逐日無間斷。

(乙)公路 在淮陰漣水間原有公路土基通車，自漣水以達海口，蜿蜒二百餘里。雖有廢黃河堤可循，而高低不平，車行不便，已先由淮漣阜等四縣徵工，修治平整，勉強通行汽車，交通頗稱便利。

6. 醫藥 衛生設備至關重要，曾轉請全國經濟委員會特設臨時醫院，以經費支絀，無法成立。乃由工程處組織巡迴醫藥隊，以應治療，並派員赴滬籌募大宗暑藥，以便救急之需。

7. 糧草 糧草為工伏日食之需，至關重要。當籌備伊始，即訂定採辦柴草辦法，由省政府通飭十二縣自行設站辦理，供求相應，便利殊多。

工程進行須在農閒時期，故在五月底工程必告一段落，俾應徵民伏各回鄉里，從事耕穫。自十月起再行召集，繼續工作，如是導淮治農兩便。

掃桑波頓的乾船塢

乾船塢原是修理船底用的一種船塢。先令船隻駛入，然後把塢內的水抽去，使工程師得細察船底，進行掃除和修理的工作。

大洋輪船在海洋中行駛時，船底上往往附滿甲殼動物和其它東西，常須在乾船塢中把它們剷除，所以乾船塢又有掃刮船塢(Graving dock)之稱。

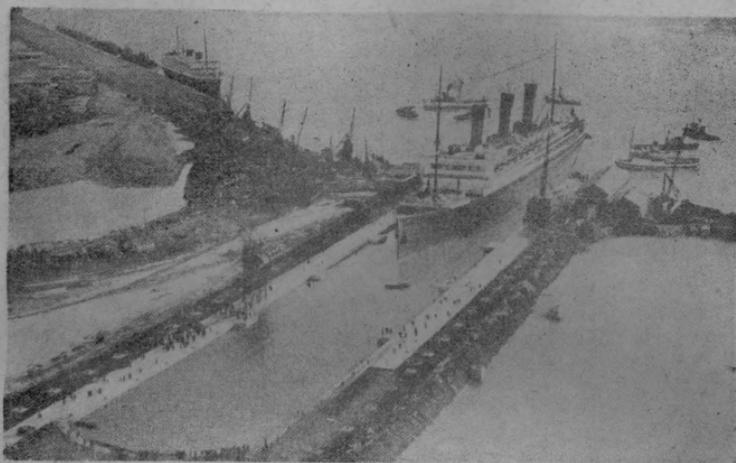
最大的乾船塢

世界上各大商業國各有其乾船塢，而以英國掃桑波頓 (Southampton) 的喬治五世船塢 (King George V Dock) 爲最完備，最巨大。

這個巨大的乾船塢長1,200呎，闊135呎，自頂至底深59½呎。在高小潮時，塢內的水自龍骨盤木(Keel block)以上深45呎，而龍骨盤木的本身高4½呎。

現在著名的巨船，如『諾曼第』(Normandie) 『邁及施蒂克』(Majestic) 和『利維森』(Leviathan) 都長不滿一千呎，即英國的『曼麗皇后』號也只長1,018呎，闊112呎，駛入這塢中，恢恢乎還有餘地，足見這船塢的建造，不但供現在，也爲將來之用的。不能容於這喬治五世船塢的巨船，在最近的將來，恐未必能實現。

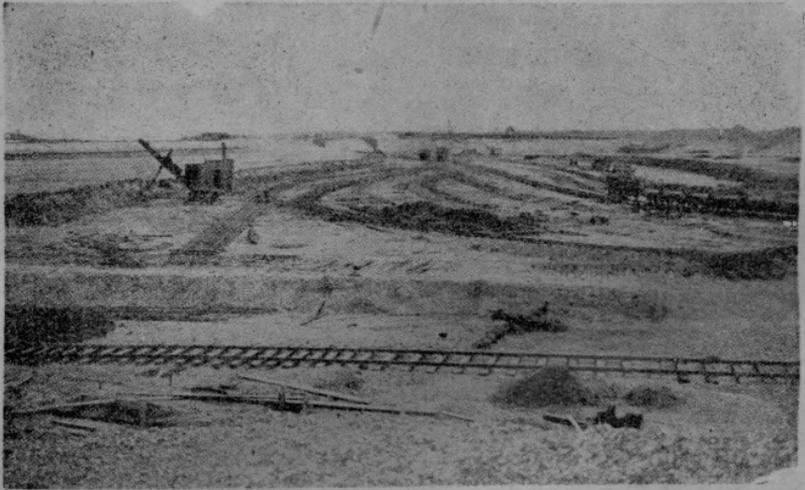
你如果一看附圖，就可推想這船塢的偉大。附圖之一示塢內的



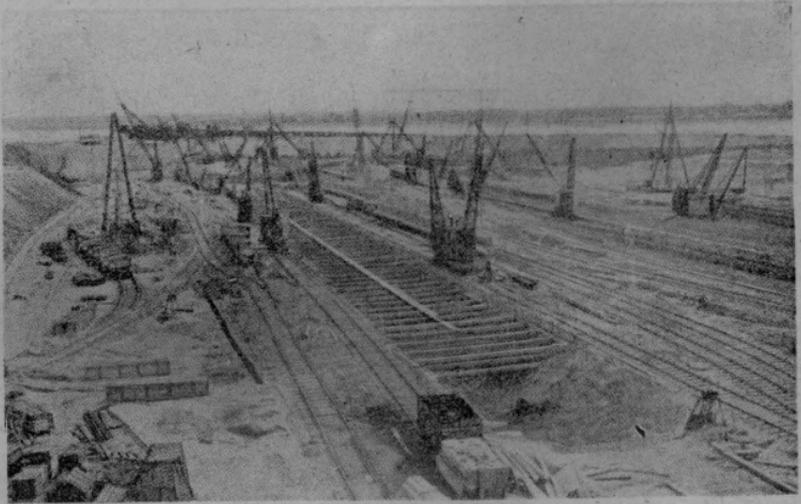
這裏我們可以看到一隻世界最大的船駛入世界最大的乾船塢。這船是英國白星郵船公司的『邁及施蒂克』。這船塢是在掃桑波頓的喬治五世乾船塢，在1937年七月由英王喬治五世揭幕。這郵船是第一隻使用這船塢的船。這船塢能容100,000噸和長1,300呎的輪船駛入。



圖示大西洋巨輪『邁及施蒂克』號停在掃桑波頓的新建乾船塢。這圖係自龍骨盤木向上攝取的，由此可以想見這船塢的偉大。



上圖表示喬治五世乾船塢的基址，在起初是一片瀉泥地。這裏工作正在開始。第一步需將基址周圍築一帶堤，然後把水抽去。這個工作費時十日，抽出水50,000,000加倫，然後把地面上爛泥剷去。

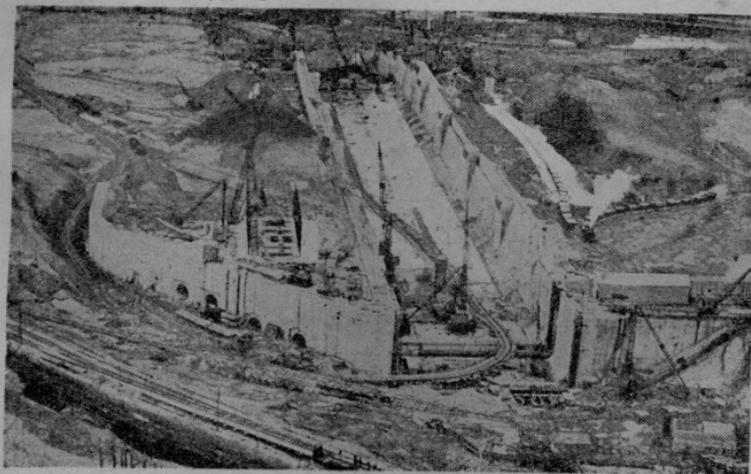


挖掘工作正用起重機和掘鑿機進行。掘鑿機有挖斗，每次能挖起1 $\frac{1}{4}$ 立方碼的泥土卸入貨車中，運至別處，以備填築土地之用。

水已抽去，祇留着巨大的『邁及施蒂克』號郵船以資比較。
塢內無船時，能容水260,000噸，然而這樣巨量的水能在四小



本圖表示喬治五世乾船塢在建造時的狀況，可見它的偉大。巨大的掘鑿機各有一個挖斗，容量達1 $\frac{1}{2}$ 立方碼。挖起的土卸在鐵道貨車上，運至別處。四壁用巨大的混凝土塊築造，總計用去混凝土456,000立方碼。



這是後期建築中所攝的鳥瞰圖。

時的短時期內憑四具54吋離心力抽水機完全抽去。每具抽水機用一具1,250馬力的電動機傳動。

各抽水機各裝有一個活戶，以便能與他機隔離。在船塢的控制室內，有一個巨大的指示板。由板上顏色燈光的指示，工程師一看就知道那幾隻抽水機在工作，和總活戶是否開着或關着。

這個巨大乾船塢的建造是一件極偉大的工程。地基擇定後，第一步用挖起的砂礫和白堊築一個堤，以資包圍選定的基址，並為阻止潮水從堤身漏過起見，沿堤的中綫把鋼板樁打入，以便工作進行時抽水的麻煩可減至極小。

當全部面積完全用堤包圍後，即將水抽乾。這個工作費時十日，抽去水50,000,000加侖。

這地基從前是潮水瀉泥地(tidal mud-flat)，後來用汽力掘鑿機先把它頂層軟泥剷除。

然後開始挖掘工作。所用的掘鑿機各有一個18立方碼容量的挖泥斗。挖起的土裝入鐵路貨車內，運至別處，堆在廣場上，以備填築船塢周圍的土地。

掘井排水

當時有一個問題，工程師們不免要遇到，就是船塢底下或許有湧泉水，向上壓迫，有裂開爛泥面下粘土床的力量。

在工程進行時，早已發見塢基下有一個砂床充滿着高壓的水。所以在這積水的砂床內掘下十個井，井中埋置水管。管的下端鑿有

許多小孔，外包銅絲網作瀘水器，這樣在抽水時不致有砂礫混入管中。

經多次抽水之後，湧泉水向上壓迫塢床的壓頭已降低90呎。

然後用水平的排水溝通至船塢，使水得在岸壁下40呎的水平面排出。靠這個方法，足以永久避免水壓的積增。

這乾船塢的建造很是有趣，一部分由於塢床的挖掘，而另一部分由於周圍陸地的築成。當地面掘至充份深度時，上面即用混凝土鋪蓋，在中央厚25呎。周圍的壁，和底一樣，也用混凝土築成，所用的這種材料計456,000立方碼；先前已挖去的泥土約計1,258,000立方碼。

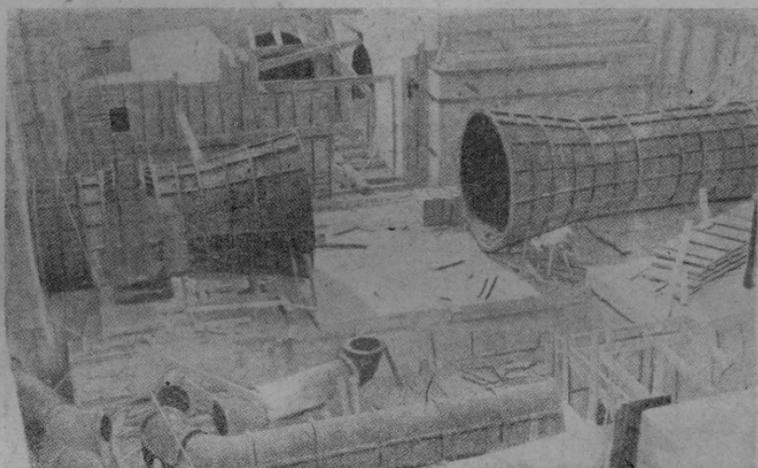
工作進行非常迅速，有時一星期內需用10,000立方碼的混凝土，由在塢的北端特設的一個廠中拌合。

對於水抽出後把塢關閉的方法曾引起各處工程師們不少興趣。它的門是一個巨大的鋼沈箱(steel caisson)，是這一類製品中從未造過的最大的結構。門長138½呎，深58½呎，闊29呎。

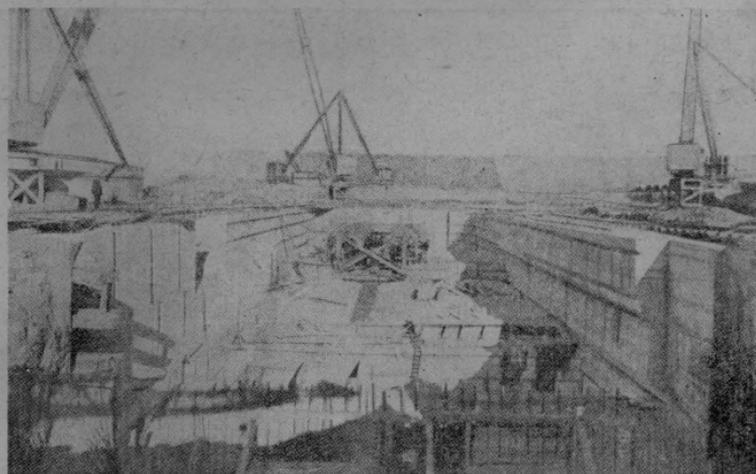
這個門有兩種用處，當船塢乾時，它擋水於塢外。當塢內蓄水而外面潮落時，它保持塢內的水位。

門的動作係根據滑門的原則，管理者用電力絞車能使它在鋼滑軌上移動。這個巨沉箱或門重4,600噸，包括箱底內特製櫃中所貯水的重量。

這偉大的乾船塢裝着兩個巨大的電力移動起重機，每邊各置一個。在西邊的一個能舉重50噸，達110呎半徑的範圍以內。在東邊



這是船塢內的幾個暗溝。塢底下曾發現有水，其壓力足以裂破粘土層。因此鑿了幾口井把水抽出，使壓力降低。現在由水平的排水溝抑低水面。



乾船塢在建造中，混凝土工作將近完畢。在二十一個月內，已挖出1,258,000立方碼的土，築好456,000立方碼的混凝土工程。這船塢能容1,200呎長的輪船。

的一個能舉重十噸，達60呎半徑範圍。

在掃桑頓的這個新船塢，的確可稱為世界奇跡之一。它是工程師和營造家的一大勝利。它在世界各大乾船塢中當推第一。

浮動的船塢

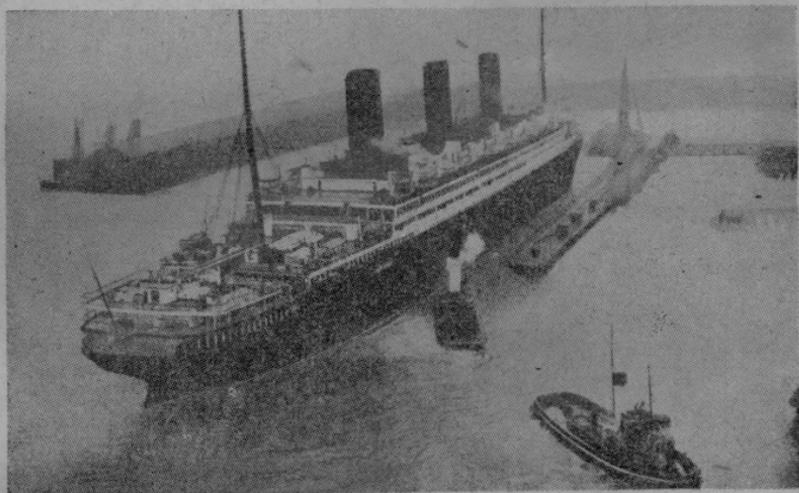
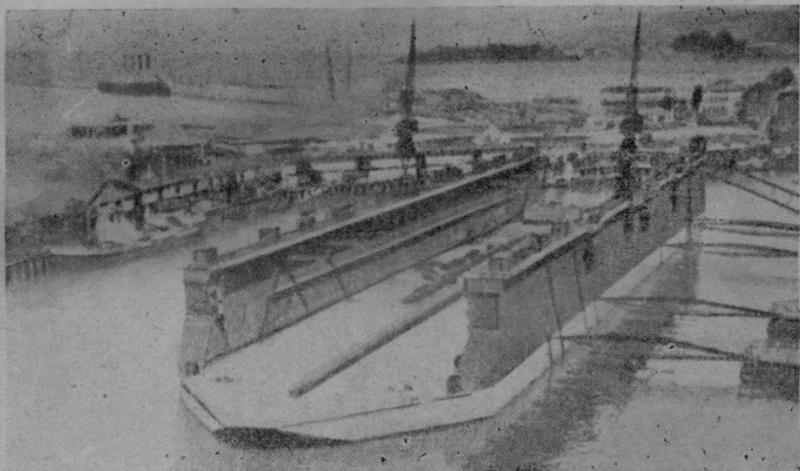
現在本文更介紹一隻浮動的船塢，也在掃桑波頓地方。這隻浮動船塢有六萬噸的浮力，可用來舉起世界最大的海輪。牠的形狀作U字式，其實就是一種割去二端的圓底貯水槽。

這個底部內有許多空心水櫃，櫃中充滿水時，船塢即沉下，便可把要修理的輪船到拖塢內。船登定後，把櫃中的水抽出，則船塢即連帶塢內的船浮出水面。

浮動船塢有許多優點：第一，造浮動船塢所需的時間和經濟較少；第二，可以從一處拖到另一處；還有，可以放大，以便容納更大的船隻。

但浮動船塢並非是一個很新的設計。早在十六世紀，英國已有一個艦長，因為他的海艦在波羅的海(Baltic sea)中受傷，就利用一只船殼，卸去船梁和甲板，再截去船尾，首先來製成一只浮動船塢了。他把海輪浮到這個船殼中，關起船殼之尾，排出所有的水，居然能將海輪浮出水面從事修理。

後來人們用木製成浮動船塢。到了十九世紀中葉，有一位叫來尼(John Rennie)的英國橋梁工程師首先用鐵來製浮動的船塢。這個船塢現在尚在應用着。倫敦的滑鐵盧橋(Waterloo Bridge)



現在要油漆大船，我們都用浮動的乾船塢來代替舊式的固定乾船塢。上圖中浮在水面上的，是掃桑姆敦地方的一隻浮動的乾船塢，在世界上是最大的一隻。牠現在裏面是空的，將來預備沈入水中，以便容納一隻龐大的定期航艦。牠能從容地由水中提起一隻重有五萬六千噸的大船，以便洗滌清潔而後油漆。

下圖中那隻碩大無朋的乾船塢已沈入水中，而一隻定期航艦貝蘭加利亞(Berengari)號正向塢內進去。一待此艦登定，船塢就上浮，同時把艦提出水面。以便洗刷油漆。

就是來尼的傑作之一。

浮動船塢實在就是一個浮動製造廠，上面有各種機械和工具，可供修理船隻；還有許多蒸汽力抽水機，可將水櫃內的水於短時間內抽空。英國柏麥大(Bermuda)地方有一只浮動船塢，是為戰艦而設的，牠的抽水機可於四小時內抽出三萬四千噸的水。通常一只浮動船塢上總有二或不止二個發電廠，來供給起重機和電燈所需的電流。

怎樣舉起大船

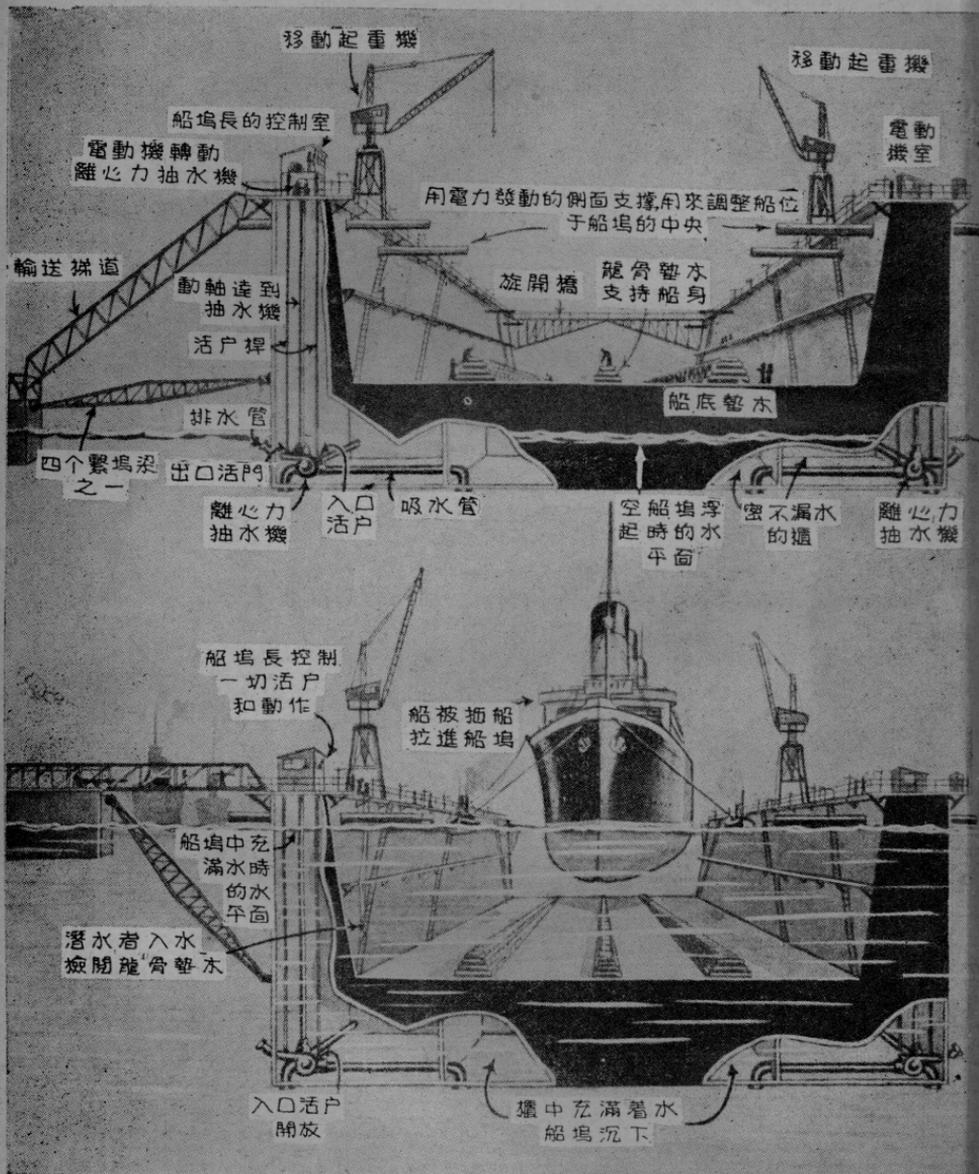
第274與275二面上的圖，說明一個新式的巨大浮動船塢怎樣把一隻數萬噸的大船舉出水面，以便油漆或修理。此種船塢的底部，為一個巨大的櫃，分隔為許多小室，都是密不漏水的。

船塢上的主要機器為離心力抽水機，位於船塢的櫃內，用直立軸聯於船塢頂上的電動機而動作。

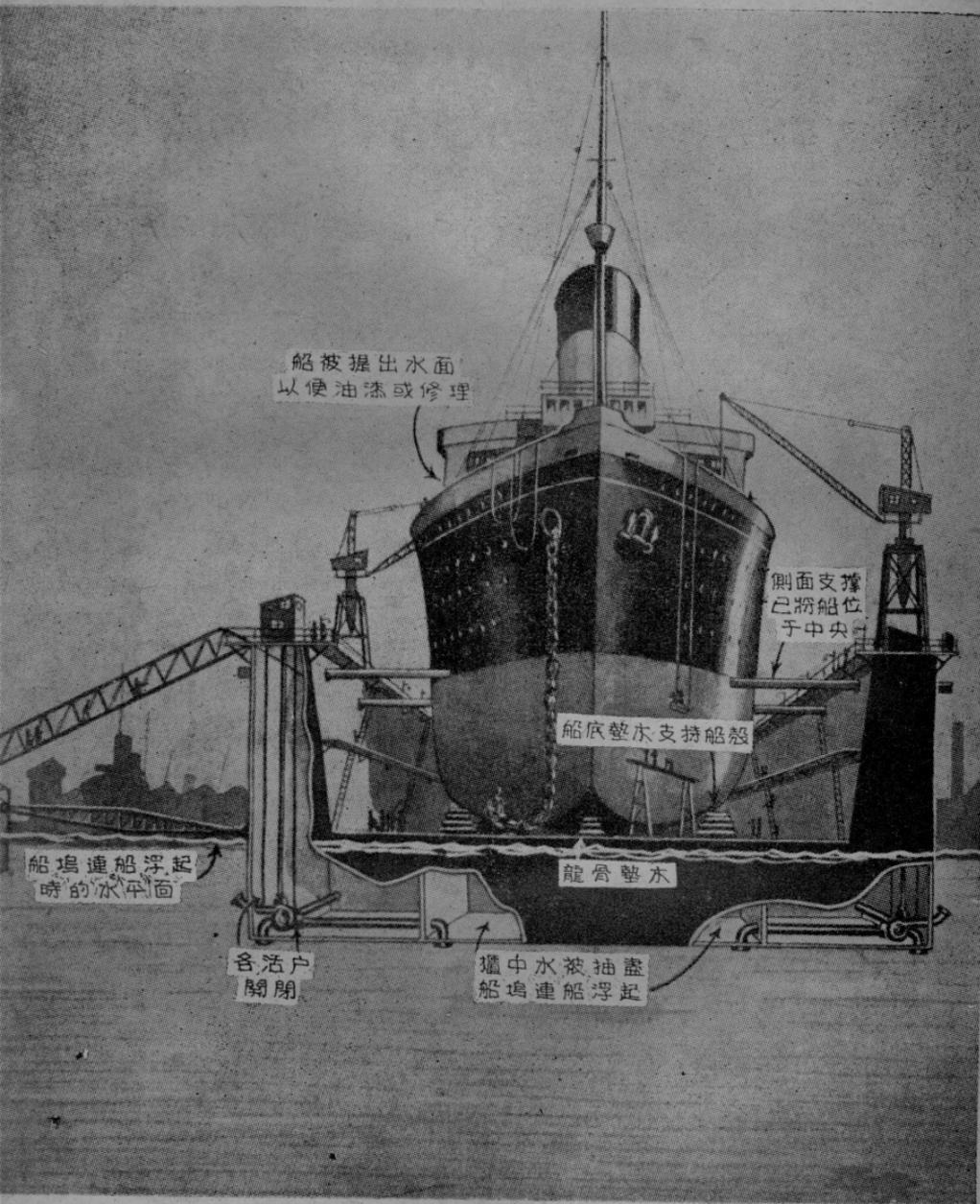
這些抽水機係裝在船塢兩邊的管上，管道和船塢等長，有許多支管，通到各密不漏水的小室內。每室都用一組活戶來調整所抽進或排出的水量。

離心力抽水機共用十四付，節水活戶計有六十六個。各抽水機和活戶都由同一地點控制。這個地點就是船塢長的控制室。因此他能指揮一切而無須離開他的位置。

船塢的二邊上有可以滑動的橫桿，叫做側面支撐(見圖)，利用電力依相反方向而同時移動。當船進塢時，這些支撐推動船邊，把



(上)表示浮動船塢的各重要構造和裝備。(下)表示船塢已因水櫃中充滿着水而沉下,以使用小拖船把把大船拖入塢內。



水壩中的水已被排出，船塢因輕而上浮，把要修理的船舉出水面。

船調整於塢內的正中位置，而後把船撐定。

船塢外面裝着鋼製的梁，用來將船塢泊定不動。梁的兩端裝着鉸鏈，故可依水平面的改變而上下移動。繫船梁的上方有一個可以移動的梯，供輸送材料之用。

船塢的二邊上，又各有一個巨大的移動起重機，可以從船塢的前端移到後端，以便伸到船的上方把材料等從船上送下，或從下面把材料送到船上。

船塢的前後端各有一座旋開橋，故工人可從船塢的一邊跑到另一邊，並可達到船的首尾。這些橋在船進塢時當然須先放開。

要使船塢沉下，只須把水引入水櫃內。待沉到充分的深度時，就可把要修理的船拖進船塢。

而後用側面支撐將船位於中央部分，再用抽水機抽出各小室內的水，使船塢逐漸浮起。當浮到相當高度時，船身便坐在中央的龍骨墊木和兩邊的船底墊木上。這些船底墊木，預先已由潛水者放於適當的位置。

當櫃內的水繼續抽出時，船塢便完全浮起，而船身即被舉出水面。

掃桑波頓為世界最大的商港之一，數百年前已被認為重要。自英國南部鐵道的計劃完成，它遂成為現代極重要的海港。巨大船塢的建立，使它的繁榮更進一步。

中國科學社科學畫報叢書

楊孝述主編

世界工程奇蹟

中華民國三十一年十二月初版

版權所有 翻印必究

楊臣勳編

發行所及印刷所

中國科學圖書儀器公司

上海福煦路六四九號

售 3000

上海图书馆藏书



A541 212 0005 4112B

