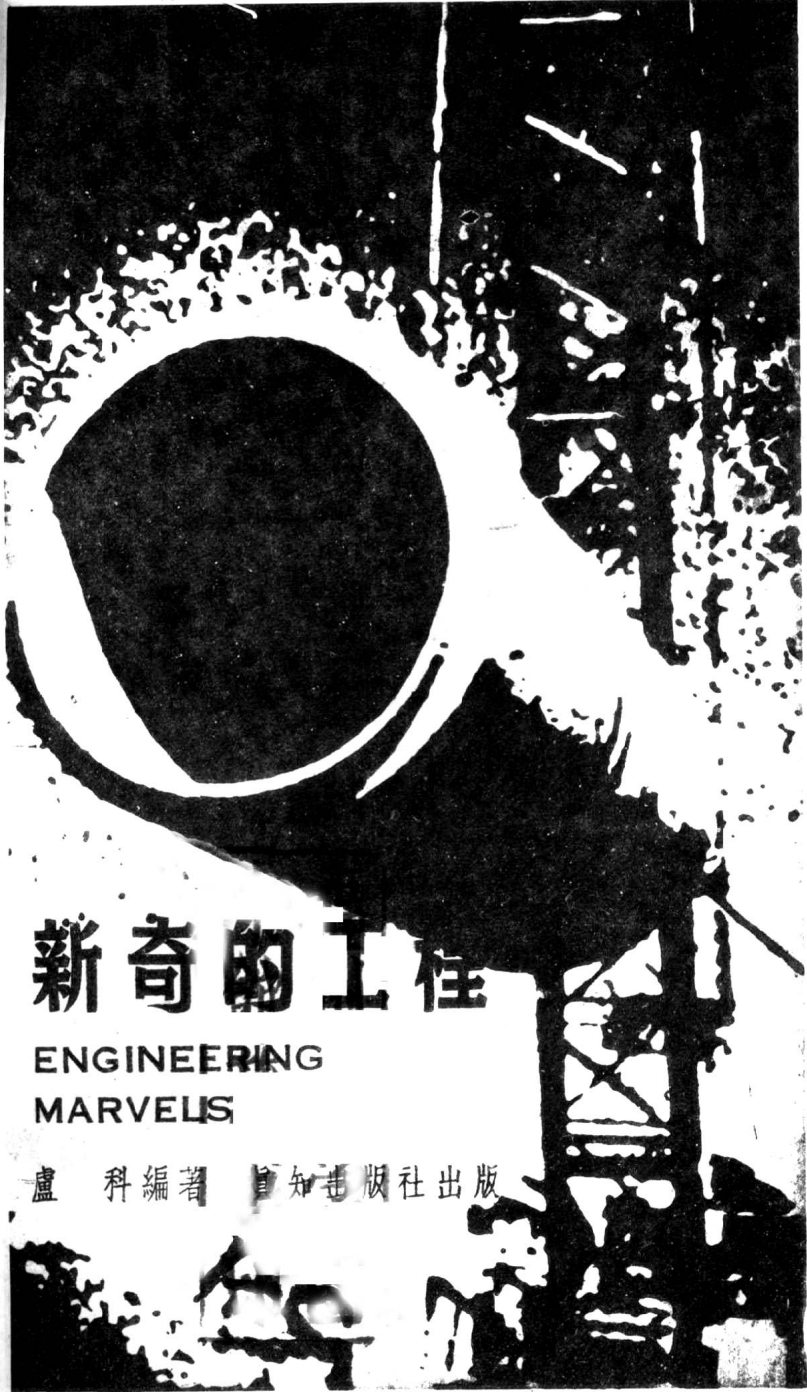




新奇的工程

ENGINEERING
MARVELS

盧科編著 知也出版社出版

目 次

一、本書所寫的工程	1
二、冰下城市	3
三、海底城市	11
四、樹形建築設計	21
五、英倫海峽的海底隧道	26
六、海中懸浮隧道	36
七、潮汐發電站	42
八、地下熱能的開發	49
九、荷蘭三角洲計劃	59
十、撒哈拉沙漠的開發	70
十一、地心的鑽探	79

一、本書所寫的工程

本書所寫的工程，並不都是世界上規模最大的工程。世界上大規模的工程相當多，這本小冊子恐怕是難以逐一敘述的。

本書所寫的工程，也並不都是目前世界上最新的工程。有許多新近完成的工程，書中都沒有介紹。

本書所寫的工程，有些是最近完成的，有些尚在進行中，有些則是在計劃，有些只不過是設想。

爲什麼要這樣介紹呢？筆者的意圖，只是在林林總總的各種工程中，舉出一些，以說明目前的技術水平，及其發展情況而已。而讀者們對於西方各國的工程計劃，總可以窺見一斑。

雖然如此，本書所介紹的工程，範圍是相當廣的，有的是交通建設，有的是城市的發展，有的是土地的利用，有的是能源的開發，有的是科學研究之所需。這些工程分別建築在冰原上、沙漠上、海底、海面、空中，有些工程是在地下進行，甚至在地心進行。正因爲範圍是這麼廣，因此，書中不單

是談到工程本身，而且牽涉到材料力學問題，地質問題，氣候問題，水文問題，甚至有關人類生理變化的生物學問題。所有這些，都是愛好科學的讀者必不可少的知識。

當然，筆者對各方面的知識，都是很有限的，這裏不過是蒐集一些資料，以供讀者參攷。

但，筆者還要說明一下，本書所寫的工程，只不過是從技術方面去介紹而已。有些工程的設計，反映了另外一些問題，例如，為什麼要搞樹形的建築物呢？讀者們也許會聯想到西方許多城市人口過分集中的嚴重性，和工程發展的畸形現象，在這方面，本書就不置論述了。

二、冰下城市

有一個世界上獨一無二的城市，縱然你踏破鐵鞋，跑遍全世界，或乘坐飛機，環繞全球，亦無法發現它。甚至你走近它，亦不知道它存在，除非事先告訴你，它是怎樣的一個城市。

告訴你，它是一個隱藏的冰下城市，叫做「世紀營（Camp Century）」。這城市中住着許多專家，從事各方面的研究。

這冰下城市位於格陵蘭（Greenland），而格陵蘭是世界上最大的島嶼，方圓約百萬英里，處於北極地區，終年為冰雪覆蓋，若干部份冰層厚達一萬一千多呎！格陵蘭海拔約六千呎，常有大風雪，風速高達每小時一百二十五哩，溫度常低至華氏零下六十度！

冰下城市在北極的西南方，距北極僅八百八十六哩，離格陵蘭西北岸港口芙標里（Thule）約一百五十餘哩。這地區，由於氣候條件惡劣，十分荒涼，連南極地區常見的海豹和企鵝也沒有。

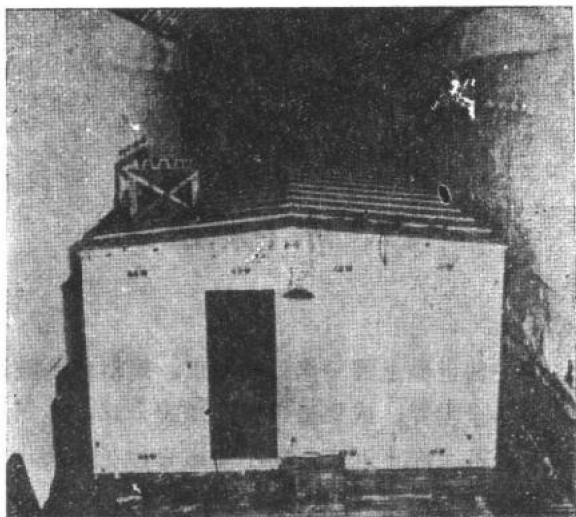


圖1 冰層下的臨時房屋。

因為該處氣溫極低和常有強大的暴風雪，故科學家決定在冰下而不是在冰上建造城市是毫不為奇的。本計劃是二十世紀後期建設計劃。實現這項計劃，首先必須把人和各種裝備從海路運到芙標里，再轉運至建築工地。芙標里是建造這冰下城市的基地。

建造世紀營的工人和技術人員，是住在臨時的小屋中(見附圖1)。除了臨時房屋外，最重要的工具是雪犁。其結構與瑞士的「Peter Snow Millers」(是設計用以保持瑞士的鐵路和公路在最嚴寒的冬季可以行車的工具)相同。它不像任何我們熟知的雪

犁。它看來頗似巨大的人造長頸鹿，是一環帶曳引車，有強力的發動機，不僅可以前進，並同時開動一旋轉開鑿器，將堅硬的冰雪開鑿，把碎冰由噴嘴拋出，開鑿成一條溝。有的雪犁有一個噴咀，有的有兩個噴咀。兩個噴咀的雪犁，於不到一小時之內，就可以在冰雪中開出一條九呎闊、四呎深和三百呎長的隧道。兩種類型的雪犁中任一種，都可以在

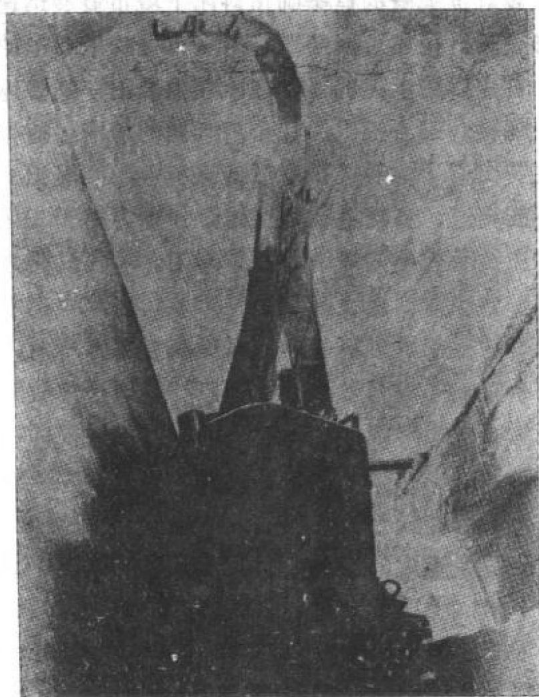


圖 2 用雪犁開鑿冰層壕溝的情形。

堅硬冰層中開鑿三十五至四十呎深的壕溝（這種雪犁開鑿冰層壕溝的情形見附圖2）。

在這樣酷寒和強大風雪的情況下，開鑿冰下城市極其困難，氣溫如在華氏零下六十度以上，已經算是幸運的了。人和機器，在這樣酷寒下，同樣需要設法保溫才能工作。在如此低溫下，金屬會變脆，燃油凝固，發動機不能開動。

設計世紀營的建築師預料冰下城市發展迅速，故必須設計得盡可能簡單。這城市是採取格子的方式。首先，用上述的雪犁在冰雪中鑿出一條幾達四分一哩長、二十三呎深和十八呎闊的壕溝。這作為「主要街道」，然後垂直於這條街道，開鑿出一些較短的街道，各街道縱橫交錯，如像方格子一樣。

由雪犁鑿出的壕溝是長方形的。各壕溝開好之後，貼着壕溝兩邊牆壁，豎立木梁，在木梁上端安放橫跨隧道的拱形波紋狀鋼板。鋼板重量不大，可用一小隊人舉高來安放（見附圖3）。鋼板安放好，便把雪吹入拱形鋼板的頂部上面，雪很快便固結成堅硬的冰。不久從下面移去鋼板，其上便是冰造成的拱形的頂，每平方呎可承受不小於一百磅的壓力。這時，冰中的壕溝，便成了冰中的隧道。暴風雪落下來，上面就全看不出痕跡，只是用許多紅旗，遍插在冰雪上面，以標誌着這個冰下城市。此外，暗示這冰下城市存在的，還有一些凸出於冰雪面上的「有蓋大箱」。這是作為緊急事故出口的太



圖3 工程人員正在安放鋼板。

平門（見附圖4）。有十五個這樣的出口，分佈於適當的地點，以便冰下城市的居民，遇有緊急事故時，可以最迅速地逃到外面。這些出口，用厚厚的波紋狀鋼板造成，成圓筒形，其上有蓋，內有固定的鋼梯及打開蓋的設備。冰下城市中每一座建築物，每一條通道，都掛有清楚的太平門出路圖，俾每一個人在緊急事故發生時，都知道離他最近的太平門在哪裏。

冰下開掘成的通道，兩壁均用木塊鑲砌。它們並不全用作交通道路，大半邊是用以建築房屋作居住。地下設矮木梁架，木屋建於其上，俾空氣可在

屋的地板下流通，木屋與隧道壁亦留下空間。一切用木材建築和鑲砌，及屋的地板下、屋與隧道壁之間留有空間的理由，是防止屋內的熱傳到冰中；同時，那些空間的空氣溫度，還有自動控制系統，使其保持恒定，以免隧道壁的冰有融化的危險。

冰下城市的每一間屋，都有一切現代化的家庭設備，有完善的照明系統、通風系統和暖氣系統。



圖4 冰下城市上面的「有蓋大箱」，作為城市的「太平門」。

冰下城市中也有運動場、圖書館和醫院；有長距離無線電話，以保持和外間世界的聯絡；有各種研究實驗室，供各專家使用。

城市必須有水源，冰下城市上下四周都是冰雪，淡水來源當然不成問題，但並不是一桶一桶的拿冰雪來融化，而是用高壓蒸汽旋轉噴咀，向冰下城市的冰層鑽，將冰融化成一個淡水池，再用唧筒把水抽上，由水管輸送到城市各處，每二十四小時可抽唧淡水一萬加侖。使用過的廢水，則由保暖的管道系統排除到遠離城市的冰層下凍結。

一個城市，自然缺少不了能源，但像冰下城市所處的位置和惡劣氣候情況，如果使用煤、汽油等作為能量來源，需要從外地運入，就相當困難，故最佳莫如利用核能發電。四十多磅的核子燃料所產生的能量，就足供冰下城市一年之用。

在這個冰下城市中，能量的供應是如此重要，那怕是短暫時刻的中斷，亦會引致嚴重的後果，這是誰都可以想像得到的。所以必須有後備的發電設備，以作應急之用。

防火的設備亦極重要。也許你以為這樣埋在冰下的城市，防火沒有必要。然而你要注意，這個城市所有的建築都是用木料的，電綫等如發生短路，就很易引致火災，所以到處都要設置滅火器。

你可能會感到奇怪，在如此惡劣氣候的地方，千辛萬苦建造冰下城市有何用途？

冰下城市不是一個普通人居住的城市，而是一個科學研究中心，有許多科學研究的課題，必須要在這兒進行研究。

格陵蘭是北半球大部份地區天氣的誕生地。格陵蘭的數千呎永久冰凍層，也是數千百年來北半球天氣和氣候變化的博物館。科學家研究埋藏在永久冰凍層中的晶體、微粒及其他物質，就可以分析千百年來北半球天氣和氣候的變遷。根據分析資料，繪出圖形和通過計算機的處理，氣象學家就可以有較平常大得多的準確程度，預告影響我們好幾代的長期氣候和天氣變化。專家們能夠「讀出」埋藏了好幾千百年的冰雪所隱藏的「情報」，而這些「情報」正是許多科學家所面臨的難題的答案。

極區的長久白天和長久黑夜對人和動物等的影響如何，也可加以研究，有助於將來到其他星球上的探險。

三、海底城市

近年來，科學家們開始在研究人類是否可以從陸地發展到海底建設城市，在那裏居住。

當然，這個設想要變成事實，必須解決一系列的難題，其中最重要的是人類在海底的呼吸問題。一九六二年九月初，一位比利時潛水家史丹紐特（Robert Stenuit），參與連克（Link）博士所進行的一系列實驗，首次進入海底試行住一很短的時期。他進入連克博士所設計的一小室中，放至二百呎深的海底，在那裏停留二十六小時，其中八小時是在他的水底小屋外的海底渡過。他在水底小屋所呼吸的氣體，是百分之三的氧與百分之九十七的氮混合成的混合氣體。若包括由水底復出海面時所需逐漸排除壓力的時間（因在海底壓力大，若突然上升海面，壓力突減，會致命），則史丹紐特共在海中八十八小時。

在上述實驗開始後一星期，法國實行了考斯圖（Jacques-Yves Cousteau）的大陸架一號（Conshelf

1) 海底居住實驗。大陸架一號是用金屬造成的圓筒，給予兩位法國潛水家在三十六呎深的海底作為期一週的居室，以便他們在附近的海中遊覽和工作。因為潛水不太深，故應用陸上的空氣供應。

連克博士主持的實驗顯示，人在海底呼吸氧與氮的混合氣體一段長時間，並沒有什麼不良的反應。而法國潛水家參與的那項實驗證明，人能够在海底居住和工作，而無身心方面不適應的問題。

為什麼人潛入水中深處時，不能呼吸普通的空氣而要呼吸氮與氧的混合氣體呢？

我們知道，在平常氣壓下，空氣中氮佔百分之七十八點〇九，氧佔百分之二十點九五，其餘為氫、氦、氬、氖、氫等。科學家發覺，在深水中壓力增加，在大約水深三百呎時，氮會在人體細胞的表面脂肪薄膜中溶解，改變了它在常壓下不與身體組織起反應的性質，使呼吸者發生像喝醉了酒的現象，頭腦昏沉。而用氮代替氮則沒有這種情形發生。又，在深水中，壓力比海面大得多，為了保持肺部的內外壓相等，使肺不至被壓受傷，故所呼吸的氣體，必須與所在深度周圍水壓相等。然而這樣一來，吸入高壓的空氣，也增加了血液攜帶氧氣的能力。這意味着，所吸入的高壓空氣，單位體積內所含的氧的體積，無須像在常壓下那麼多，否則氧過量會發生毛病。因此隨着潛水深度的增加，供應呼吸的混合氣體，含氧的比例必須適當，且其壓力

也必須與該深度的水壓相等。然而壓力增加，氣體便變稠密，使呼吸愈來愈困難。爲了可以潛深一些，就要選用一些較輕的氣體代替氮。氮在一千呎深水的壓力下，其密度等於氮在一百呎深水的壓力下的密度，故用氦代替氮與氧混合作爲潛水人呼吸的混合氣體，就可以潛得較深一些。然而不論用任何混合氣體作呼吸，由於在一定溫度下，氣體體積與壓力成反比的自然定律的限制，呼吸混合氣體的潛水深度便有一定的限制。

關於如何打破上述潛水深度的限制，稍後將予以討論，現在且說一九六三年，考斯圖的一組人員在紅海（Red Sea）一處三十六呎深的海底，建立了一個更複雜的水下居室，這名爲「大陸架二號（Conshelf 2）」的水下小屋，是一間形如海盤車（Starfish）的小屋，作爲五個人在海底居住一個月的家。他們呼吸的是空氣，但有一週其中有二人要潛入九十六呎深的海底，其時呼吸的是氧、氮、氦的混合氣體。

一九六四年，史丹紐特在深四百三十二呎的海底住了兩天多，住屋是用橡膠製成，內充以百分之四的氧與百分之九十六的氮混合成的混合氣體作爲呼吸之用。不久之後，美國製造了一個三十五呎長、十二呎直徑的雪茄形容器，名爲「海下實驗室一號（Sealab 1）」，放在百慕達附近一百九十二呎深的海底，給予四個人作爲海底居住十天的家。供應

這四人呼吸的氣體是百分之十六氮氣、百分之四氧氣和百分之八十氮氣的混合氣體。一九六五年，美國又放下了海下實驗室二號(Sealab 2)於二百零五呎深的海底，作第二次的海底居住的實驗。這次，美國的前太空人嘉邊德(Scott Carpenter)也參加了，在海底連續住了三十天。

在美國的海下實驗室二號進行實驗之際，法國的大陸架三號(Conshelf 3)也開始放下海底。大陸架三號與過去設計的海底屋不同，它是球形的，直徑十八呎，分為兩層，上層用作餐室和科學工作室，下層部份用作潛水，部份作為臥室。這新型的海底房屋設在地中海一處三百二十八呎深的海底，作為六名潛水人的家。他們在那裏住了二十二天。

一九六九年春，美國的海下實驗室三號(Sealab 3)，安置於六百呎深的海底，參與實驗的潛水人員有英國的、澳洲的和加拿大的。不久，大陸架四號(Conshelf 4)又開始下海……這樣的不斷地進行海底居住實驗，顯示了這方面的知識和技術的日益進展。

從歷次實驗的觀察中，發現人在較深的水裏停留太久時，會發生一些奇特現象。比如，由於吸入較多的氮氣，會使正常的說話略為變成急溜不清的說話；而氮的導熱性快於氧幾達六倍，使體熱迅速散失。根據大陸架的潛水者所說，經過數天之後，他們才能够彼此聽懂對方的「氧氮語音」。有人提議，

用某些種類的人造喉（Artificial Larynx）發聲講話，可以克服這個問題，並且能够使潛水者與陸上的人談話時，語句說得清楚。爲了克服熱的迅速散失，潛水者要住在經常用電能或其他能源來保溫的海底房屋。然而穿潛水衣外出時，情形就不同了，你不可能把整個海洋都加熱。海下實驗室二號的人員，曾用電和熱水循環流動的裝置來使潛水衣溫暖。也可以利用放射性同位素作爲潛水服熱能的來源。若潛至比二百呎深得多的海洋下，潛水服的絕熱層就會失去效能。在那麼深的海洋下，由於壓力甚大，潛水服的多孔物質絕熱層受壓而孔洞消失，絕熱乃歸於無效。大陸架三號的潛水人，曾穿一種特製的背心以免熱量散失。這種背心，是用內充二氧化碳的微小玻璃球作夾心製成。這樣的質料只能製成背心給潛水人穿，因爲它相當硬，如有衣袖，就會使潛水人員活動不方便。然而，縱然是最佳的絕熱體，對於長時間在寒冷而深的海水中，亦不能起到充分的保暖作用，必須有輔助的取暖裝備。

長時間在水底居住，必須從水面上經常供應所需的混合氣體或製造混合氣體的原料，直至居住期終結。如果經常要水面上一批人來伺候，則未免過於浪費。大陸架三號在動力方面雖靠一條與水上相連的「臍帶」（大軟管）獲得供給，但在其呼吸的混合氣體方面，在整個居住期間是自給的。它有複雜的監視和自動控制系統。監視混合氣體中氧的濃