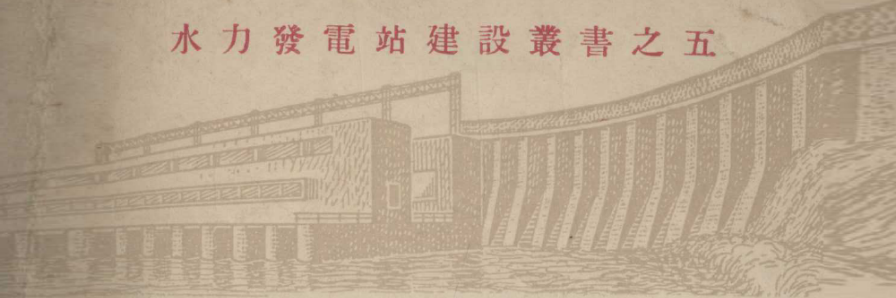


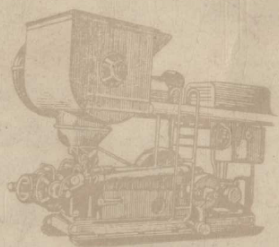
水力發電站建設叢書之五



水力發電站建築中的 混 凝 土 工

苏联 阿·恩·森傑耶夫著

燃料工業部水力發電建設總局編譯室譯



燃 料 工 業 出 版 社

原出版者的話

在1950年8月、9月和12月，苏联部長會議通过了建築斯大林時代的巨大水力工程建築物的決議，該決議的內容包括：在伏爾加河的古比雪夫和斯大林格勒水力發電站，第聶伯河的卡霍夫卡水力發電站；伏爾加河左岸、裏海附近地帶、南烏克蘭和北克里木等地區的灌溉，包括攔水壩、灌溉渠道和土庫曼蘇維埃社會主義共和國的水力發電站等在內的規模宏大的水工建築物；開鑿伏爾加-頓河運河，以及灌溉羅斯托夫省和斯大林格勒省的農田等。

苏联政府的这些決議意味着斯大林改造自然計劃在我國正在進一步地得到實現，表明了在社会主義制度下利用一切科学和技術成就爲人民謀福利的創造力量。

除上述水力發電站和水工建築物以外，在苏联各河流上正建築着數十座大、中型的水力發電站及數千座小型的水力發電站。

所有这些建築物工程施工的勝利進行將在頗大程度上有賴於水力發電站的建築工人幹部，有賴於對他們的培養程度，以及他們對黨和政府所交給他們的重大責任的正確理解。

〔水力發電站建設叢書〕的內容，包括建築水力發電站施工方面的必要知識，以及有關水能、水力發電站及其各種建築物的基本知識。

目 錄

原出版者的話

緒言 4

第一章 水工建築物 6

1. 水力樞紐 6

2. 水力發電站廠房 7

3. 溢流壩(滾水壩) 9

4. 土壩 10

5. 船閘 10

第二章 關於混凝土和鋼筋混凝土的一般概念 11

6. 建築材料的強度 11

7. 水泥及其標号 11

8. 混凝土 13

9. 鋼筋混凝土 15

第三章 水工混凝土 17

10. 水工混凝土的特性 17

11. 混凝土的密度 18

12. 混凝土成分及混凝土的性質 20

第四章 水工建築物的分段和分塊 24

13. 水工建築物中接縫的作用 24

14. 接縫的設置 28

第五章 澆注混凝土塊的準備工作 33

15. 一般規定 33

16. 軟土地基的準備工作 33

17. 岩石地基的準備工作	35
18. 臨時性接縫的加工	36
19. 永久性接縫的加工	38
20. 模板和鋼筋	40
第六章 混凝土的拌合	41
21. 混凝土攪拌機	41
22. 混凝土作業的一般概念	45
第七章 混凝土的運輸	48
23. 一般規定	48
24. 吊桶	50
25. 混凝土泵	51
26. 汽車	63
27. 輸送帶	63
第八章 澆注混凝土	66
28. 一般規定	66
29. 混凝土的澆注順序	67
30. 用振動器搗固混凝土	69
31. 各種振動器的型式	71
32. 振動器的使用順序	74
33. 混凝土的真空作業	78
34. 殼板	81
第九章 混凝土養護法	84
35. 混凝土夏季養護	84
36. 拆模及缺陷修正	85
37. 混凝土冬季澆注	86

緒 言

从蘇維埃國家電氣化的首創物——沃爾霍夫水力發電站的建成(1926年)起，到歐洲最大型的水力發電站——第聶伯水力發電站的建成(1932年)止，再往後則到世界上最偉大的建設工程——古比雪夫水力發電站和斯大林格勒水力發電站的建成(1955—1956年)，簡單說來，這就是我國水工建設的幾個階段。

在圖1中列舉了關於在上述各水力發電站建設中混凝土工程量和每小時混凝土澆注生產率所增長的比較數據。

高度勞動生產率的成就，只解決了混凝土工——共產主義偉大建設工程的參加者——當前的三個任務之一。其他兩個也很重要的任務就是要作到提高工程質量和尽量降低混凝土工程的造價。

幾乎一切水工建築物都具有很大的國民經濟價值。它們可用來造成大型的水庫，並承受着巨大的壓力——水頭，這些結構物如果遭到破壞，便將造成災害，因為這種破壞不僅將會帶來若干巨大的損失，而且還將威脅着居民的生命。

在混凝土工工作項目中包括的各項作業之中（混凝土澆注地點的準備，混凝土的澆注，以及混凝土的養護），沒有一項不是十分重要而關係重大的工作。所有這些作業同樣都是重要而關係重大的，那末進行這些工作時就應該嚴格的遵

守混凝土工程的技術規程，因為那怕是只在一個工序中忽視了這些技術規程，也都必然会影响到全部所澆注混凝土建築物的質量。

在大型水力發電站的建設中，混凝土工程的造價能達到整個水力樞紐造價的一半，計算起來可達數億盧布之多。因此，在混凝土工程的施工中与損失和廢品作有效的鬥爭就有着重大的意義，而這種鬥爭基本上有賴於水工混凝土工的技術熟練程度和主動性。這種鬥爭之所以具有重大意義，是因為將建設工程的造價即使降低百分之一，也會給國家節省數

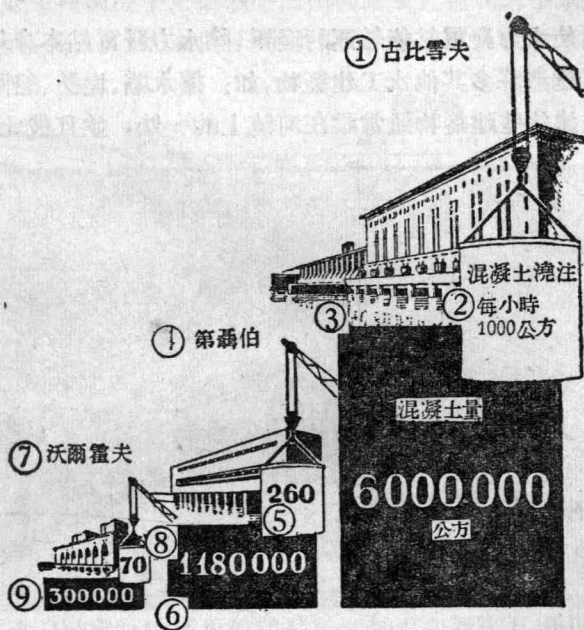


圖 1 苏联水力發電站容量增長圖

百萬盧布。

現在，全國都以建築材料和巨型的施工機器來保證共產主義的偉大建設工程，而建築工作者們其中也包括水工混凝土工的任務，就是在这短時期內能最有效的利用技術和蘇維埃國家所交給他們的建築材料來修建各種建築物。

第一章 水工建築物

1. 水力樞紐

爲使水力發電站能够運行發電，除水力發電站本身外，多半必須建造許多其他水工建築物，如：攔水壩、堤防、船閘等。

上述這些建築物通常設在河流上的一處，並且彼此直接

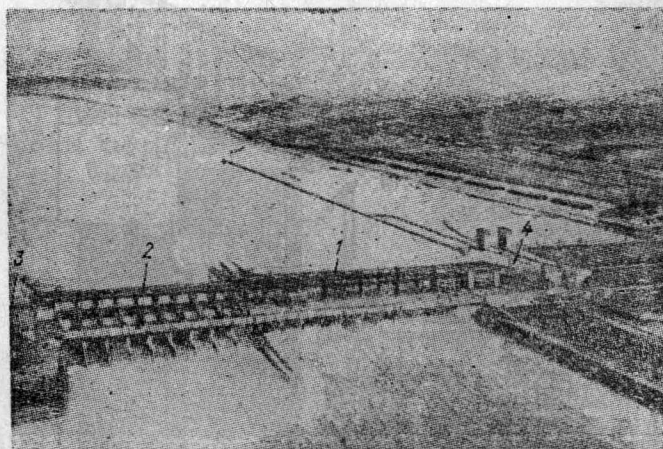


圖 2 水力樞紐全圖

1—水力發電站；2—溢流壩；3—土壩；4—船閘。

相連，我們稱此為水工建築物樞紐，或簡稱為水力樞紐。

因此，當談到建造某一水力發電站時，這就意味着不僅是建築水力發電站本身，而且還要建築該水力樞紐中所包括的其他水工建築物。

圖 2 所表示，為某一水力樞紐的全景。該水力樞紐包括下列主要水工建築物：水力發電站廠房、混凝土溢流壩、土壩和船閘。

2. 水力發電站廠房

如果在河流中用築壩方法抬高水位，造成河中水位差，即水頭（圖 3）。那末便可利用該水頭來發電。水位抬高的河

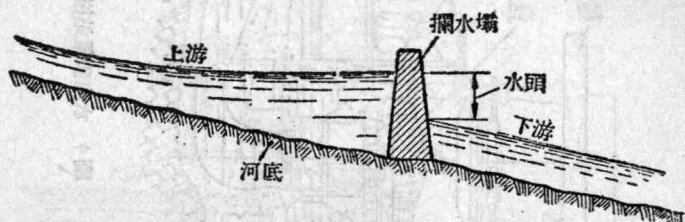


圖 3 水頭形成圖

段稱為上游，順河流方向位於壩下的河段稱為下游。為了發電還必須有河水不斷的向上游流入。

上游河水由於水压作用流入水力發電站廠房內（圖 4），使安裝在廠房內的水力原動機——水輪機轉動。水輪機轉動時發電機也隨着轉動，發電機是安裝在與水輪機同一軸上，以便把水輪機旋轉時的機械能變為電能。

水力發電站的廠房通常是用混凝土和鋼筋混凝土建造的。

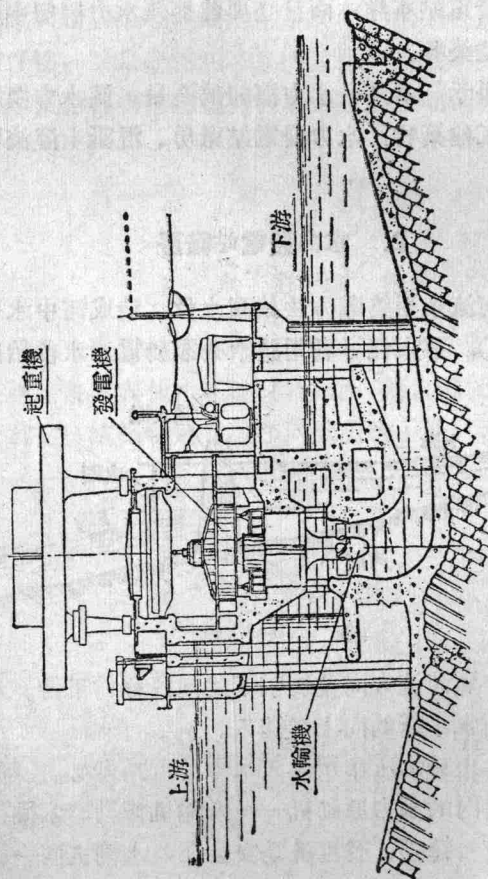


圖 4 水力發電站橫剖面圖

3. 溢流壩（滾水壩）

溢流壩(圖5)除了在河中造成壅水外, 还可排洩水力發電站不能利用的多餘水量。溢流壩順壩長方向築墩分成幾個單個的孔道, 在各孔道中設有可昇降的鋼製擋板——閘門。一年中大部分時間(夏、秋、冬三季)閘門都是關閉着的。在春汛時期, 河流中流過的水要比水力發電站運行所需要的水量多得多。因此, 爲了避免上游水位过分抬高和对建築物發生危險, 就用特設的起重機把溢流壩的閘門開啓, 使多餘的水通過閘門下的壩體溢流部排洩到下游。

溢流壩和水力發電站一樣, 是用混凝土和鋼筋混凝土建造的。

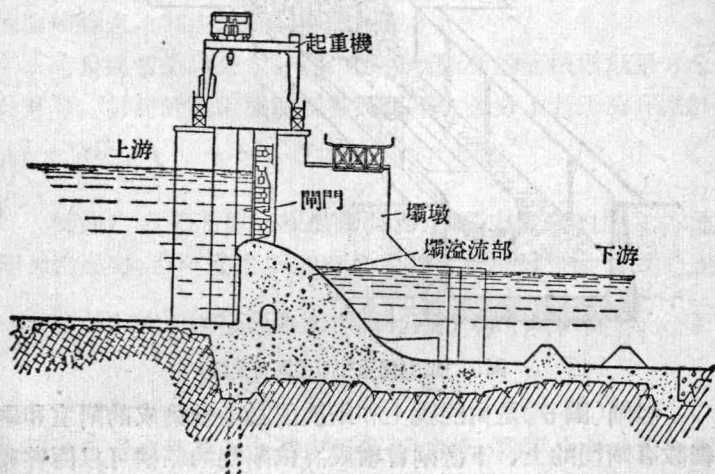


圖5 溢流壩橫剖面圖

4. 土 壩

与溢流壩相毗連的土壩（圖 2）只是爲了在河中造成壅水。爲了避免土壩被冲毀，絕不能讓水流从壩上溢过。

5. 船 閘

在河流上築壩和造成上下游水位差以後，爲了保証該河流能够通航，还需要修建船閘。

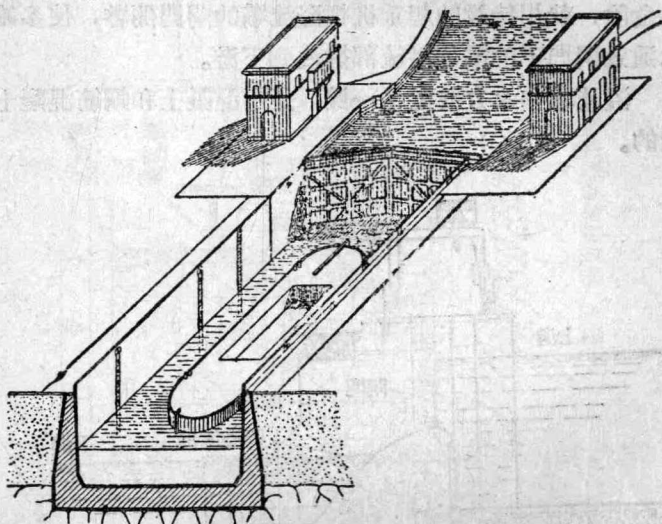


圖 6 船閘（閘室和上游閘首全圖）

船閘（圖 6）是由混凝土和鋼筋混凝土壁築成的閘室和兩個設有閘門的上、下游閘首構成。依閘門的結構可以開啓和關閉，或者是提昇和下降，可使船隻从上游通到下游，或从下游通往上游。

第二章 關於混凝土和鋼筋混凝土的一般概念

6. 建築材料的強度

建築材料的強度就是其抵抗各種作用力的能力。

材料有抗压、抗拉、抗彎等強度的區別，其區別要看是那一種力量作用在建築結構物上：是壓力、是拉力或是彎曲力等等。

材料的抗压或抗拉強度是具有所謂極限強度，這種強度是用試體作試驗而確定的。試驗時，材料試體上的荷重逐漸增加，直到試體破裂為止。試體破裂時的荷重量以其橫斷面的面積除之，其商即稱為極限強度。

荷重通常是以公斤計算，試體橫斷面的面積則以平方公分計算。材料的極限強度就按照每平方公分上若干公斤來計算 $\left(\frac{\text{公斤}}{\text{平方公分}}\right)$ 。

例如，我們若取一根橫斷面為 60 平方公分的短方木逐漸加給壓力，當荷重為 24 000 公斤時方木塊破裂，這就是說作成木塊的木料的極限強度為 $24\,000 \div 60 = 400 \frac{\text{公斤}}{\text{平方公分}}$ 。

7. 水泥及其標号

水泥是由灰質泥灰岩或泥質石灰岩，抑或由含一定比例的黏土和石灰岩的人工混合料製成。

水泥製造的方法就是把原料放在達 1500°C 高溫下燒煉，

然後把燒过的材料——熔塊——磨成淡綠灰色的細粉末。

將水泥与少量的水拌合就變成可塑性的水泥漿，这种漿在水泥和水之間的複雜的物理化学相互作用的影响下，大約在溶解後一小時開始變稠，失去其可塑性，也就是如通常所說的開始凝固(初徵)。由於水泥之種類和等級不同，水泥漿凝固時間一般為4—6小時，此後水泥漿開始硬化，變成堅固的水泥結石。

水泥結石硬化和強度的增加要繼續很多年。如果水泥漿是在優越條件下(溫暖和潤濕的環境中)凝結和硬化，那麼在水泥漿調成後的前三天至七天中，其強度便增加得特別快。

用同類和同等水泥作成的水泥結石，其強度只根據硬化過程所需的水量多寡決定。用水愈少(到一定的限度)，水泥結石的強度愈大。用水愈多，水泥結石的強度也就愈低。

如果在拌合時往水泥漿裏加添砂子，那末就變成水泥砂漿。其凝固時間，以及凝固後硬化和強度的增長情況是和水水泥漿一樣。

水泥的種類和等級很多，工作中最常用的是矽酸水泥，按國定標準(國定全蘇標準970-41号)分有六等或六種標号，各種標号根據磨研的細度和燒製的精密程度彼此有所不同。

200、250、300、400、500、600等標号的矽酸水泥是符合於水泥砂漿試體的極限抗压強度，並且這些試體是在做成後經過28天才進行試驗的。

試體是在方体型模中作成，方体型模的邊長各為7.07公分，其橫斷面面積為 $7.07 \times 7.07 = 50$ 平方公分。立方體試體的壓碎試驗是用專用的壓力機來做。壓碎壓力(公斤)除以50(立方體橫斷面的面積)所得之商即為水泥砂漿的極限抗压

强度，这个数值通常又称为水泥活性，与其标号相符合。

8. 混 凝 土

利用上述水泥和水拌合所得的黏結力，可製造人造石，也就是由水泥、水、砂子和礫石或碎石構成的混凝土。

这些材料拌合後即成混凝土，通常是又稠又黏的漿体，經過相当时期開始逐漸硬化，變成人造石——混凝土。

混凝土凝固的时间，僅依其所用水泥的種類和標号而定，因此就与水泥漿或水泥砂漿一樣。至於混凝土的强度，則和水泥結石情况相同。按規定的水泥標号，其强度僅取決於拌製混凝土所用的水和水泥对比分量。

水和水泥分量的对比，即是以水泥的重量除水的重量所得的分數，称为水灰比，可用分數 $\frac{\text{水}}{\text{灰}}$ ($\frac{B}{U}$) 表示。

从上可知，如果增加拌製混凝土所用的水泥分量，同時也適量的增加水的分量。那麼，混凝土的强度並不因此有所改變，因為水灰比仍然和以前一樣。如果只增加混凝土中的水，則水灰比將增大若干，相对地混凝土的强度也就要降低若干。

如果砂子、礫石或碎石質量好，是不会影响水泥黏結力的，因而也不会影响混凝土的强度。这些材料叫作混凝土骨料(或叫作惰性材料)，加添到混凝土中，主要的是為了降低混凝土價格，粒度在5公厘以內的砂子叫作細骨料；粒度在5公厘和大於5公厘的礫石或碎石叫作粗骨料。

把新拌製的混凝土混合物澆灌到木製模型——模板中，在混凝土混合物凝固後，拆除模板，就成為各种形狀的混凝土結構。

混凝土硬化的最有利條件是在溫度 $15-20^{\circ}$ ，並且周圍的空氣濕度需要很大。如果混凝土在水下硬化時，只要混凝土四週的水在其硬固前不把水泥微粒沖掉，則混凝土在水中硬化比在空氣中硬化得更為堅固。在溫度低於 15° 時，混凝土硬化的速度就要減低；而在溫度低於零度時則完全停止硬化。把溫度昇高到 15° 以上，並且增加周圍空氣的濕度，即使混凝土的硬化加速。

、混凝土按強度分有幾種標號：90、110、140、170、200、250、300、400、和500。混凝土的這些標號是表示相當於28天齡期的混凝土抗壓強度極限。為了試驗混凝土的抗壓強度，用能拆開的專用金屬型模（圖7）製作一些稜角為200或300公厘標準尺寸的立方試體。

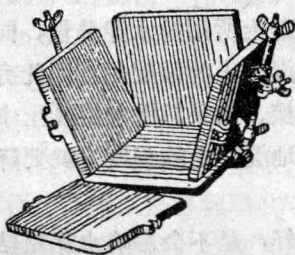


圖7 製作試體用的金屬型模

考慮到試體製成同一樣式的重要性，以下將詳述這一作業過程。在混凝土混合料澆注前，將試體的型模擦上機器油或其他礦物油。製造稜角為200公厘立方試體時，往型模中澆注混合料可分為兩層，其層厚約略相等。先往型模中填充混凝土到略高於型模的一半高度，即用直徑為15公厘，長度約為600公厘的圓頭鋼棒搗實。搗固下層時，鋼棒應達到型模的底部。第二層，即上層也要同樣搗實，並且鋼棒應穿過上層而深入下層2--3公分。每層各搗50次。在作稜角為300公厘的立方試體時，型模分三層填充混凝土，每層厚12公分，各層搗75次。

型模填滿後，試體就進行稱重和編號，然後仍舊在型模中原地不動放 24 小時，並蓋上濕麻袋或濕蓆。經過 24 小時後，拆掉型模，把試體搬到特備的房間中，用濕的鋸屑掩蓋，在 15--20° 的溫度中放置 28 天。

混凝土抗壓強度的極限是用專用的壓力機測定，此種壓力機能測出使試體破裂所需的荷重。

9. 鋼筋混凝土

混凝土和所有石料一樣，有着很大的抗壓強度，即具有很大的抵抗壓縮荷重的作用。混凝土的缺點是抗拉強度極限不大，比抗壓強度極限小到 $\frac{1}{10} - \frac{1}{12}$ 。因此只在承受荷重壓力的結構中使用混凝土是最有利的。例如：重力壩、橋墩、廠房基礎和其他建築物矮柱等等。



圖 8 樑的彎曲情況

但是，有很多建築結構所用的材料，一部分要承受壓力，同時另一部分又要承受拉力。例如，在兩個支座上的樑彎曲時(圖 8)，我們就可看到在荷重不斷增加的作用下，而使樑向下彎曲，因而樑的上表面就將縮短，下表面就將延長。顯然，在樑彎曲時，其上表面壓力和下表面拉力是同時發生的。

用混凝土製造这种樑，在受到彎曲荷重作用時，其下表面很快就發生裂縫，然後樑就会完全破壞，因為混凝土的抗拉强度不大。為避免此种情况發生起見，在混凝土樑的最下層縱向安置鋼筋，即具有很大抗拉强度的鋼條。

此項安置鋼筋的工作是在樑的模板安裝後就進行，然後在模板中灌滿混凝土。在混合料硬固時，混凝土和鋼筋就牢牢的結合成一体，即所謂整塊的結構。它不僅能很好的抗压，而且也能很好的抗彎（圖9）。

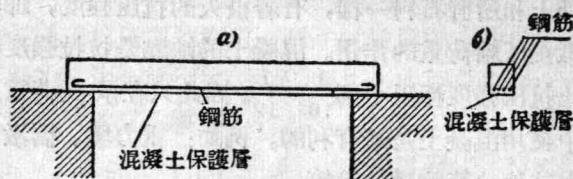


圖9 鋼筋混凝土樑
a—縱剖面；b—橫剖面。

在模板內鋼筋總是放在離開模板有一些距離的地方，以便使混凝土把鋼筋四周都包起來，這樣就能十分可靠的防止鋼筋生銹。由混凝土和鋼條構成的材料叫作鋼筋混凝土（俄文這個名称是 железобетон——鉄筋混凝土），這個名称从鋼筋所用的軟鋼原來叫作鉄的時候所保留下來的，而現在只將化学上純粹的物質叫作鉄。

由於發明了鋼筋混凝土，對於一些結構如橋樑、建築物骨架、樓板、貯水池和輸水管等，即部分承受彎曲力和拉力的所有結構都可能用混凝土來建造。