

27377

法本館藏

# 應用振動器 澆築混凝土須知

A. E. 傑索夫等著

財政經濟出版社

2545

161

5/2545

K7

561

5/2545

# 應用振動器澆築混凝土須知

著 者

技術科學博士 A. E. 傑索夫

技術科學碩士 E. П. 米克拉謝夫司基

技術科學碩士 O. A. 蓋爾什別爾格

技術科學碩士 C. B. 謝司脫彼洛夫

呂 宏 基 譯

中華人民共和國水利部編譯室 校

財 政 經 濟 出 版 社

## 內 容 提 要

本書對於運用振動器在道路、工業、水工和民用建築中澆築混凝土的工作技術作了實際的指導，對於蘇聯運用振動器的實際經驗和在這方面所進行的科學研究作了詳實的記述，並且對於在振動器的實際運用中可能發生的大部分問題作了充分的解答。可作為建築部門和調筋混凝土工廠中技術人員的常備參考書。

分類：工業技術

編號：0315

### 應用振動器澆築混凝土須知

定價 (8) 九角四分

- 譯 者：呂 宏 基  
校 者：中華人民共和國水利部編譯室  
原 書 名：Руководство по укладке бетонной смеси с применением вибраторов  
原 作 者：А. Е. Десов, Е. П. Миклашевский, О. А. Гершберг, С. В. Шестоперов  
原出版處：Издательство дорожно-технической литературы гужосдора мвд СССР  
原出版年份：1950年  
出版者：財 政 經 濟 出 版 社  
北 京 西 總 布 胡 同 七 號  
印 刷 者：導 文 印 刷 所  
上 海 威 振 衛 路 永 翠 里 十 二 號  
總 經 售：新 華 書 店

55.6, 濕型, 92頁, 137千字; 787×1092, 1/25開, 7—9/25印張  
1955年6月第一版上冊第一次印刷 印數[風]1—3,500

(上海市書刊出版業營業許可證出零零八號)

# 目 次

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 序                     | 5   |
| 第一章 振動澆築的混凝土          | 9   |
| 第一節 蘇聯的混凝土工作          | 9   |
| 第二節 混凝土混合物振動作業法在蘇聯的發展 | 10  |
| 第三節 振動澆築的混凝土的理論與特性    | 15  |
| 第二章 振動器的構造與應用         | 25  |
| 第一節 種類與構造             | 25  |
| 第二節 振動器的基本計算          | 54  |
| 第三節 振動器效能的確定方法        | 66  |
| 第四節 現有各種振動器的生產性能      | 76  |
| 第五節 振動器的養護須知          | 78  |
| 第六節 振動器的供電設備          | 79  |
| 第三章 用振動器澆築混凝土的計劃      | 86  |
| 第一節 振動器型式的選擇          | 86  |
| 第二節 編製澆築混凝土施工方案       | 91  |
| 第三節 振動作業混凝土配合比的計算與選擇  | 99  |
| 第四章 組織與施工             | 107 |
| 第一節 用振動器搗固混凝土混合物通用規則  | 107 |
| 第二節 工業與民用建築物結構的混凝土澆築  | 113 |
| 第三節 水工建築混凝土澆築         | 123 |
| 第四節 路面與飛機場的混凝土澆築      | 133 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 第五節 鋼筋混凝土裝配構件與單件製品的混凝土澆築 ..... | 141        |
| <b>第五章 澆築質量的檢查</b> .....       | <b>166</b> |
| 第一節 檢查的任務 .....                | 166        |
| 第二節 檢查的方法與順序 .....             | 167        |
| 第三節 振動器操作的統計方法 .....           | 171        |
| 第四節 業務報表與技術報表 .....            | 176        |
| <b>〔附 錄〕</b>                   |            |
| 1. 人名對照表 .....                 | 179        |
| 2. 華俄技術名詞對照表 .....             | 180        |

## 序

在 1946—1950 年恢復與發展蘇聯國民經濟的五年計劃中，規定了廣泛地培植先進的建築技術並提高建築工作的機械化。到 1950 年機械化澆築混凝土應達 60%；運用振動器解決了黨與政府所交給的這一個任務，代替了用人工夯搗或插搗的繁重工作；同時，由體力勞動過渡到機械化的工作，既提高了混凝土的質量，而且得到水泥的經濟利用。

在戰後第一個斯大林五年計劃的執行中，建築工作者在澆築混凝土工作方面，到 1949 年已超過了戰後五年計劃所規定的機械化水平。

廣泛地應用振動方法，是許多年來在振動器的設計方面、在大量製造振動器的組織方面、在振動作業混凝土的質量研究方面、在調查各種情況下的混凝土澆築方法方面、在培養熟練的振動器工作幹部方面的工作成果。

最近二年來的巨大成就——高頻率振動器與軟軸式振動器能夠熟練地製造與大量生產——使可能在斷面薄的結構中成功地運用內部振動器。高頻率的振動促進了混凝土質量進一步的改善。

蘇聯政府在關於建設如此宏偉的不愧為斯大林時代所有的建築工程方面的歷史性的決定，有如在伏爾加河上修建壯麗的世界上最大的古比雪夫與斯大林格勒水電站，德涅泊河上的卡霍夫水電站，以及進行規模巨大的灌溉及引水等工程，都需要澆築大量的混凝土。

例如，僅僅在一個斯大林格勒水電站建築中就將澆築約 6,500,000 立方公尺的混凝土。

要在很短期間內完成這樣一個歷史上沒有見過的巨大體積的混凝土建築工作，只有廣泛地運用機械化的方法澆築混凝土，首先是用振動

作業法，才有可能。

由於大量運用振動混凝土，感到必需有實用的參考材料，充分而詳細地說明在各種建築場合下這種施工方法的技術。目前此種參考材料尙付闕如，因而促使著者不得不把拙著刊佈出來。

在本書中，著者企圖儘可能充分解答有關振動器運用的主要問題。本書第一章敘述了振動混凝土的一般性質；第二章描述了現有各種振動器與它們的生產性能；第三章講解了澆築混凝土的計劃，包括混凝土配合比的選擇；第四章研討了在整體建築中與鋼筋混凝土裝配構件與單件製品中振動器的運用；在最後一章中，對澆築混凝土的質量檢查作了主要的指示。

本書編寫時，著者力圖儘可能利用蘇聯研究工作者與建築工作者在振動混凝土方面的各種經驗，他們在這樁新的建築事業上大胆地開闢了新的道路，大大地超過了其他國家的技術。由於著者們分工合作，分別編寫本書的各部分而減輕了任務。

本書中下列各部分由著者們分別編寫：

技術科學博士 A. E. 傑索夫——第一章第三節（一部分）；第二章第一、二節（一部分），第四、六節；第三章第三節；第四章第二節。

技術科學碩士 E. П. 米克拉謝夫司基——第一章第一節；第二章第二節（一部分），第三、五節；第三章第一、二節；第四章第一、三節；第五章全部。

技術科學碩士 C. B. 謝司脫彼洛夫——第一章第二、三節（一部分）；第四章第四節。

技術科學碩士 O. A. 蓋爾什別爾格——第四章第五節。

本書總編輯由 E. П. 米克拉謝夫司基擔任。本書第一章在著者的要求下由 B. Г. 斯克拉姆塔也夫教授審閱，給予很寶貴的指示。

著者對公路技術圖書出版社的編輯 H. E. 格拉其顯夫工程師致謝，由於他在原稿上所做的工作，使本書的內容更加完善。

著者立意編寫本書，給予在振動器實際應用中可能發生的大部分問題作解答，但此任務未必能充分的完成。著者將非常感謝地對待對本書的批評、意見與指示。



## 第一章 振動澆築的混凝土

### 第一節 蘇聯的混凝土工作

混凝土是應用最廣的建築材料之一。它幾乎用於一切形式的建築物中——如工業建築、民用建築、水工建築、道路建築、橋樑建築及特種建築。

很多建築物整個用混凝土或鋼筋混凝土來建造，例如堤壩、船閘、橋樑、道路、機場升降道、駁岸、升降機等。在工業建築中，混凝土常用於建造承重框架及特種建築，以及作地板及屋頂之用。鋼筋混凝土樓蓋很廣泛地應用於市政及住宅建築中。

在革命以前的俄國，混凝土及鋼筋混凝土已經廣泛地使用了，特別在鐵路建築及海港工程中更是這樣。但混凝土與鋼筋混凝土建築的真正繁盛時期，僅在偉大的十月社會主義革命以後才開始的。

在偉大的衛國戰爭以前的斯大林五年計劃年代中，在各種類型的建築物中，混凝土的應用已經不斷地大量地擴展及上升。

隨着混凝土每年製造量的增加，以及對混凝土要求質量的提高，混凝土的操作技術亦在不斷地改善。人工拌製的混凝土已經完全改用機器拌製了。在巨大建築工程中，已經應用國內製造的、容積達 2400 公升的混凝土大拌合機；混凝土混合物的機械化運輸過程中用運輸帶、自動混凝土拌合機、自動傾卸汽車、混凝土泵、大吊斗及起重機等設備；混凝土混合物的搗固方法，則應用振動法。

只有使混凝土全部製造工作方法基本改善，才有可能開始使混凝土澆築達到如此高的速度，以完成蘇聯的無數建設工程。有些工程每天

澆築的混凝土量超過 5000 立方公尺，最緊張的澆築強度可以達到每小時 260 立方公尺。

混凝土工作的工業化，除全部施工過程機械化外，還包括着裝配式結構件的製造。在解決裝配式鋼筋混凝土構件的製造問題上，無疑問地，蘇聯在世界上佔着第一位。裝配式鋼筋混凝土構件正在很多國營專門企業部門中製造，並且非常廣泛地應用於工業建築及民用建築中。

## 第二節 混凝土混合物振動作業法在蘇聯的發展

在設計混凝土混合物的配合比時，混凝土技術工作者須研究下列幾項因素：拌合成的混凝土混合物的可澆築性，已硬化的混凝土的質量，及配合比的經濟性。這些因素的最優良的指標是不能同時俱備的。

最主要的困難在於，同時要滿足可澆築性與強度的要求。大家知道，混凝土的強度，是隨着水灰比的降低而增加的；在一定的水泥用量下，即隨着用水量的減少而增加。混凝土混合物的流動性，是混凝土可澆築性的基本性能之一；正好相反，却隨着用水量的增加而提高。可澆築性不良的混凝土混合物，會增加搗固時工作上的困難。每一種搗固方法，都有一種可澆築性的限度；低於這個限度，則使用現有構造的振動器就不能很好地把混凝土混合物搗固；但越出了這個限度，雖然再降低加水量，但由於混凝土的搗固不良，不會增加混凝土的強度，而是降低了混凝土的強度。

在混凝土的構造中應該辨別它的組織的及結構的特性\*。所謂組織的特性，就是指混凝土中粗細攪合料的顆粒形狀與分佈情況，以及攪合料與水泥塊間結合的質量。所謂結構的特性，就是指水泥塊的顯微結構，這是依水泥的礦物組成分、水泥中的外加料、水泥顆粒碾磨的細度、水泥硬化條件的某些特點以及其他因素而決定的。

混凝土的質量要從它的組織的及結構的特性來決定，決不可重視

\* 關於混凝土的這些概念是由 C. B. 謝司脫彼洛夫首先引用。

一方面而忽略了其他一方面。

通常採用的混凝土的搗固方法，主要是對混凝土的組織方面起一定的影響；由於採用最先進的搗固方法，因而可以大大地改進混凝土的某些組織特性。但混凝土的結構特性，幾乎並不根據搗固方法而定。這方面主要是受組成混凝土的材料的質量及配合比的影響；其基本要素是水泥的特性與水灰比值。

因此，建築工作者不僅僅要有能力正確地選擇施工方法，並且要正確地選擇材料。只有這樣，才能得到合於使用條件的混凝土。

在使用混凝土的初期，混凝土僅用於建造無鋼筋的大塊建築物——基礎、厚牆等。在這些結構中，混凝土澆築不用攪拌也不用分層精密夯實。並且工作量也不大，勞動力價值又不高。由於這些原因，直到二十世紀初，混凝土澆築才採用乾稠的混凝土混合物，並分層精密夯實。這種混凝土叫做夯搗澆築的混凝土。

混凝土的澆築轉向鋼筋混凝土建築上發展。在薄結構——板、梁、柱——中，不可能用乾稠的混凝土混合物，因有密集排列的鋼筋不容許應用夯搗法，否則在模板與鋼筋附近，仍舊留有沒有被混凝土填實的地方（蜂窩，孔隙）。

在鄰接的邊緣部分，我們必須放棄夯搗法，而改用很流動的所謂“澆注的”混凝土混合物。這一類混凝土具有幾個明顯的優點：混凝土混合物有這樣的稠度，可以很容易拌合，並可在瀉槽中流動，適當地解決了輸送問題；在澆築時，幾乎不需要消耗勞動力於搗固工作，因為流動的混凝土混合物自己能填充在模板中。

應用“澆注的”混凝土解決了製造上的困難，適用於薄的鋼筋混凝土結構。但是這種混凝土的質量比較差。

要拌得“澆注的”混凝土混合物，必需要比乾稠固的混凝土加入更多的水量，因此在水泥中產生更多的孔隙，降低了混凝土的強度。此外，稠度很稀的混凝土混合物在輸送過程中，以及在澆築地點，很容易使材

料分集，因而使混凝土硬化後質量也不好。

因為澆注的混凝土質量不好，很快地被放棄了。代替澆注的混凝土混合物，開始採用可塑性的混凝土。這種混凝土的澆築製造，需要用『搗棍』搗搗，並酌量用夯搗；在大塊建築物中，混凝土混合物的搗固，在發明振動器以前，時常用腳踏的方法。

因為要適合澆築搗固的條件，混凝土混合物需要有足夠的流動性，但由於要獲得密實與強度高的混凝土，需要加最少的水；這兩個要求之間的矛盾，在應用振動作業後，已經減小了。

在用振動器搗固時，我們可以採用流動性較小的混凝土混合物。振動器將連續的振動傳達於混凝土混合物，大大地減低了內摩擦力，使混凝土混合物形成流動性很大的狀態，很好地填充於所要澆築的混凝土結構的模板中，並在重力作用下自動地搗固。當振動一停止，混凝土混合物即失去由於振動所獲得的流動性。

第一次試用振動澆築的混凝土混合物是在二十世紀二十年代末三十年代初。用振動作業法搗固混凝土混合物對於水工建築特別有意義，因在水工建築中混凝土的密實性非常重要。因此我們應用振動作業的發展，主要就在水工建築方面。

第一種蘇聯製造的振動器用於德涅泊水電站建築，並在該處開始研究振動澆築的混凝土的品質。司維爾第三的水工建築與德涅泊工程一樣，在混凝土工作的完成階段，已經掌握了振動作業的基本方法。在這個建築工程中，用振動器試驗澆築了幾個大塊混凝土，總體積達9000立方公尺。這是第一次試驗應用振動器於巨大的主要的混凝土建築工程上。司維爾水工建築所用的振動器是由列寧格勒建築機械研究院設計的。

振動作業在莫斯科運河建築中得到了很快的發展。在此工程建造者面前存在的問題是要在短期內完成大量的混凝土與鋼筋混凝土工作，總量約達3,000,000立方公尺。如此巨大數量的進度是空前的，並

且要得到質量很高的混凝土，必須要求全部混凝土的澆築過程機械化。在這些要求下，應用振動作業搗固混凝土混合物已成為頭等重要的問題。

用振動作業搗固混凝土混合物的工作，以應用 CCCM—135A 式表面振動器為開端。這種振動器由莫斯科運河工程混凝土中心試驗室會同“建築機械”工廠製造。振動器的重量為 65 公斤。

第一種振動器的設計因為有許多構造上的主要缺點，不能適用於大體積建築。在莫斯科運河工程中，因為表面振動器的偏心輪與電動機分開安裝，開動時由於皮帶伸長開始打滑，並且很快地磨損了；因此即刻決定將偏心輪直接裝於電動機軸上。初步檢定軸承磨耗的試驗，證明振動器可以經過 800 小時的工作，不需要更換軸承。

在莫斯科運河工程中，在 П. М. 米克拉謝夫司基工程師的指導下，在某一工廠製造第二種“司拜爾塔克”式振動器。其重量較輕，為 45 公斤。

莫斯科運河工程在 1934 年已經進行了必要的準備工作，以後，到 1935 年，在全部主要運河建築中開始大量地採用振動器。到 1936 年該工程中已有 800 台以上的各種型式的振動器。表面振動器得到了非常廣泛的應用。在全部使用振動器的施工期間內澆築了 1,600,000 立方公尺的混凝土，佔運河的全部混凝土體積的 55% 以上。

振動器用於水工建築以後，開始在工業建築中使用。在 1933 年斯大林汽車製造廠建築時已經試用過振動器。到 1936 年初，因為加強了許多先進的建築組織及科學研究所，在“司拜爾塔克”及“紅色燈塔”工廠繼續製造振動器。大大地推動了在工廠建築中採用振動作業搗固混凝土。

1936—1940 年間普遍地運用與推廣振動作業搗固混凝土混合物。很多工廠都製造各種不同型式，適用於各種不同工作的振動器：如用於澆築鋼筋混凝土裝配構件的振動台；用於澆築路面及機場升降道的振

動器；用於澆築鋼筋混凝土薄結構的振動器。

振動混凝土在技術上及經濟上的優點，可以在許多新的標準的文件中反映出來。在技術規範中規定了應用混凝土振動作業法，可以降低水泥用量 10%。因為降低了水灰比，加速硬化，縮短了拆模時間。在時間的定額方面，載明用振動器工作時，混凝土工人的勞動生產率，依混凝土結構型式，可以提高 30—75%。

在巨大的水工建築中——伏爾加河工程(1936—1940)——全部混凝土(體積達 2,000,000 立方公尺以上)都是用振動器澆築的；該工程同時使用了表面振動器與內部振動器。在一部分振動作業的現場上，使用了安全電壓 36 伏的電流；以試驗方式應用了 75 赫茲的高頻率電流。為了製造鑲面模板<sup>\*</sup>，設計製造了強力的振動台，載重量達 3 噸，振動頻率 3000 次/分鐘。

在蘇聯，振動方法的實際運用，是與深入的理論研究同時進行的。研究了用振動器搗固混凝土的過程，鑽研了振動機械的構造，並通曉了振動澆築的混凝土的性質。П. М. 米克拉謝夫司基，А. Е. 傑索夫，Л. П. 彼得龍金等，在振動澆築混凝土的理論研究方面做了很多工作。理論與實踐密切地結合，是蘇聯社會主義制度的一般特徵，在此處產生了很大的效果。

偉大的衛國戰爭期間，振動混凝土學說的新的研究停止了。於 1946 年此工作再繼續開始，此後振動作業的發展已經指出了許多新的重要的改進；各工廠再開始繼續出產振動器，於 1948 年能够製造軟軸式的高頻率振動器，這種振動器可以應用於一切類型的鋼筋混凝土的混凝土澆築作業中。這一種發展，在高頻率振動作業上有很重要的意義。應用高頻率振動已大大地增加了混凝土工人的勞動生產率，並提高了混凝土的質量。

---

<sup>\*</sup> 鑲面模板一般稱為預製模板，但其作用不僅是混凝土的模板，而且也是建築物永久的表面保護層——譯者註。

在澆築混凝土技術上有意義的新的成就，要算是 C. B. 謝司脫彼洛夫所建議的重複振動作業法。在應用振動器的初期，混凝土的重複振動，曾經認為必然會破壞先前澆築的混凝土。但在 1934 年的試驗中，證明在重複振動時，對先前澆築的混凝土不但沒有發生不良作用，而且還促進了混凝土強度的增加。

最近由 C. B. 謝司脫彼洛夫，A. E. 傑索夫，Д. И. 森格也夫斯基等做的試驗中，已經指明了有可能在實際工作中利用重複振動的良好效果。

近年來，在著者們的建議下，C. B. 謝司脫彼洛夫的重複振動工作方法，已經在混凝土路面工程中應用了。由於改善混凝土的質量，這種方法可以降低約 10% 的水泥用量。

### 第三節 振動澆築的混凝土的理論與特性

**振動澆築的混凝土混合物的本質** 用振動作業法搗固的混凝土混合物，在本質上與人力夯搗法根本不同。

在人力夯搗法中是用打礮工具搗實。在衝擊的作用下，粗攪合料相互擠攏，並且很緊密地堆積在一起，水泥砂漿侵入粗攪合料中間的空隙部位，而剩餘的水泥砂漿則留在表面。

在觀察振動器的使用時，我們最先就能看到在振動器附近的混凝土混合物比振動器作用圈以外的混凝土混合物的流動性要大得多。為什麼混凝土混合物在振動的時候流動性有如此的變化呢？

使用振動器進行澆築時所用的混凝土混合物，要比用人工搗固時所用的稠乾得多。混凝土混合物的流動性小，是由於其中單位用水量太少，而增加了粒料之間的內摩擦力。

振動器是一種工具，它能產生振幅不大的頻繁性的振動；在振動的時候，這種撞擊力傳達給混凝土混合物中的粒料，並且在撞擊力的作用下，粒料自動地移動到某一適中的位置。在剛開始時，振動器的振動能

量主要是消耗在克服混凝土混合物的粒料間的摩擦阻力以及黏附力，沒有這些摩擦阻力和黏附力就不可能使粒料移動；因此，在克服了粒料間的摩擦阻力及黏附力以後，振動器才能把上述的這種高度流動性的新的性質賦予混凝土混合物。在振動作用下，混凝土混合物從彈塑性狀態轉變成“重質的液體狀態”。

減低內摩擦力及黏附力的結果，能使混凝土混合物自動的搗固：粗攪合料顆粒在本身重力作用下向下沉落，互相滑動，排置得非常緊密；攪合料間的一切空隙都被流動性很大的水泥砂漿填滿；而混凝土混合物中的空氣，形成小泡上浮。流動性的混凝土混合物（在振動器的作用圈內）流到模板中的一切角落，並能很好地將模板內部空間填滿。

以上是用振動作業法搗固混凝土混合物的過程。

振動搗固法的本質，簡要地說來，可謂：此法能使乾稠的混凝土混合物，在振動作用下獲得了高度的流動性，因此，混凝土能自動的搗固。

振動的混凝土混合物，實際上具有某種程度的液體性質，例如：存在於混凝土內部的空氣，能够形成氣泡而浮至表面；混凝土混合物能與液體一樣，佔滿任何形式的容器；並且在模板或擋板上，還能產生符合於靜水力學定律的壓力。混凝土混合物轉變成重質液體狀態的程度，依粒料間因受振動撞擊力的作用的結果所減小的內摩擦力而定。

水泥漿對於砂與粗攪料在它的內部移動時所產生的阻力，可按水泥漿在振動過程中的黏度來估計。一般的振動效率決定於水泥漿的稠度、模板、攪合料顆粒表面粗糙程度與粒徑以及混凝土中攪合料的數量等因素；而最主要的是決定於振動撞擊力的大小及頻率。

最初以為，黏度係數與液體各流層相互流動的速度沒有關係；但經過進一步的研究，得知膠狀溶液的黏度依流動速度決定。因此，黏度的普通概念應用於膠狀溶液是不充足的。必須引用新的概念——結構性黏度或流化性黏度（解釋見下段——譯者註）依物質的結構及擾動速度