

葛 德 銘 編

干 硬 性 混 凝 土

科 技 卫 生 出 版 社

目 录

一	干硬性混凝土和塑性混凝土的区别	1
二	干硬性混凝土的优越性	2
三	干硬性混凝土的使用范围	6
四	干硬性混凝土施工	7
五	干硬性混凝土的养护	11
六	水泥掺合料	12
七	震动器	13

一、干硬性混凝土和塑性 混凝土的區別

1955年秋季，北滿建設公司優秀技術人員和工人丁敬秋、程永南、俞秋子同志等，在蘇聯專家指導下，首先學會了搗制干硬性混凝土技術。北滿建設公司在這一年從八到十二的幾個月時間里，就採用這一項新技術完成了數千立方公尺的構件和建築物。對縮短工期、節約水泥、提高混凝土質量方面，都獲得很好的效果。1956年上半年起，全國各地區都在學習這一項先進經驗並積極的加以推廣。單就北京市幾個建築公司的統計，在1956年上半年幾個月當中，因推行干硬性混凝土，就替國家節約了水泥1400多噸。其他各地區，從推行干硬性混凝土以來，也都獲得了良好的效果。

干硬性混凝土和我們過去做慣的塑性混凝土有什麼區別呢？從材料配合、澆搗操作和物理性質三方面來說，有下面四點區別：

（一）干硬性混凝土單位體積用水量比較少 一般塑性混凝土每一立方公尺需要用水180~200公斤，干硬性混凝土每一立方公尺只要用水130~160公斤。

（二）干硬性混凝土含砂率比較小 一立方公尺的混凝土所需砂子重量占所用砂子和石子總重量的百分數，叫做含砂率。塑性混凝土的含砂率，常在33~38%之間，即一立方公尺塑性混凝土，一般需用砂子650~720公斤。而干硬性混凝土採用含

砂率,可减小到26~32%,就是每一立方公尺干硬性混凝土只要砂子550~620公斤。

(三) 干硬性混凝土必須用震動器搗固 搗制塑性混凝土时,不一定要用震動器来搗固,有些地区因为缺乏电力或者沒有震動器設備,可用人力把它冲实。而干硬性混凝土就必須要用震動器来搗固,如果沒有这项設備,就不可以搗制干硬性混凝土。

(四) 干硬性混凝土比重比較大 干硬性混凝土密实性比塑性混凝土好,每一立方公尺干硬性混凝土要比塑性混凝土重100公斤左右,所以干硬性混凝土的比重比較塑性混凝土的比重大4~5%。也就是單位体积所需要的砂石材料,比較塑性混凝土要多4~5%左右。

二、干硬性混凝土的优越性

上面說明的是干硬性混凝土和塑性混凝土在材料配合、澆搗操作等方面的区别。正由于这四个特点,干硬性混凝土显示出很多的优越性。現在把它說明如下:

(一) 强度高 用同样重量的水泥搗制的干硬性混凝土,它的强度比塑性混凝土的强度高。其原因有下面几个:

(1) 一般塑性混凝土單位体积用水量比較大,实际上水泥水化作用时所需要的水,約为水泥重量的25%,故仅为全部水用量的四分之一,潤湿砂子石子表面的水,也需要四分之一。其余的二分之一的水,是为了保持操作上有适当的稠度关系而加入的,不是混凝土本身所需要的,而是多余的水分。这些多余的

游离水分留在混凝土里面,等到水分蒸发之后,就形成很多微小的气泡,使混凝土不密实。从实验告诉我们,混凝土里面,如有百分之一的空隙,它的强度就要降低百分之四;如有百分之十的空隙,它的强度就几乎降低到百分之五十。所以由于多余水分蒸发后所留下的气泡,就大大地降低了混凝土的强度。干硬性混凝土因为单位体积用水量比较少,即多余的水分比较少,因此蒸发后留下的气泡也比较少,就是干硬性混凝土的密实性比较好,因此它的强度也比较高。

(2) 水泥在硬化过程中,水分过多时,水泥微粒的粘着力就要减弱,也就降低了混凝土的强度。干硬性混凝土水分比较少,水泥粘着力比较好,所以强度也比较高。干硬性混凝土对钢筋的握裹力比塑性混凝土强得多。

(8) 塑性混凝土因为流动性比较大,如用震动机过分震捣时,容易形成石子下沉,浆水上泛,使混凝土的密度松紧不均,因此不容易捣得密实,所以它的强度就受了一定的限制。干硬性混凝土没有这个缺点,能够震捣得很密实,所以强度比较高。

(二) 节省水泥 干硬性混凝土必须用震动机震捣,而震捣的时间也比较长,需要30秒钟以上。因此使得混凝土里面的石子和石子靠得非常紧密,使得用来胶结石子并填充石子空隙的砂浆,节省了很多。节省砂浆就是节约了水泥。例如捣制干硬性混凝土时,每一立方公尺混凝土所需要的砂子,大约可以比塑性混凝土少用100公斤左右,同时也就节省了这100公斤左右的砂子所需要的水泥。

级配好的石子空隙率小,含砂率就能用得小,这样就能节约大量的水泥。现在用实际的例子来说明干硬性混凝土因为采用较小的含砂率,既能保证质量又能节约水泥的道理。下表所举

的例子，是我們在過去二、三年里所採用過的幾種配合比，混凝土的強度一般都超過了設計要求的：

混凝土 標號	400號水泥 公斤	用水量 公斤	水灰比	砂子 公斤	石子 公斤	含砂率 %	水泥：砂子：石子
塑性							
140	225	196	0.87	665	1240	35.0	1:2.95:5.5
170	245	190	0.77	660	1240	34.8	1:2.80:5.05
干硬性							
140	200	150	0.75	580	1480	28.2	1:2.90:7.4
170	210	150	0.71	580	1470	28.3	1:2.75:6.95

大家都知道，水灰比是決定混凝土強度的主要因素，所以在攪制混凝土時必須很好注意控制。其次還有一個重要因素，就是砂漿的濃度，也就是水泥用量與砂子用量之比。其值愈大，砂漿愈濃；砂漿愈濃，砂漿的密實性愈好，膠結力也愈強，使膠結成的混凝土強度愈高。要想有好的砂漿濃度，如果不增加水泥，便須減少砂子用量。干硬性的砂漿濃度比較大，所以干硬性混凝土的強度也就獲得了提高。

从上表來看，干硬性混凝土强度高，不僅是由于水灰比小，還由于含砂率可以用得小。換句話說，干硬性混凝土由于可以採用較小的含砂率，不僅使砂漿濃度好、混凝土强度高，同時還能節約水泥。上表告訴我們，標號 140 級干硬性混凝土每立方公尺用水泥 200 公斤，塑性時為 225 公斤；170 級干硬性混凝土用水泥 210 公斤，塑性時為 245 公斤。這就是干硬性混凝土可以節約水泥的一個例子。

（三）強度發展快，縮短工期 干硬性混凝土用水量少，硬化快，強度發展也快。根據實際經驗，干硬性混凝土五天的強度，就可達到塑性混凝土十五天的強度；十天的強度，就可達到塑性

混凝土二十八天的强度。就地澆搗的混凝土如采用干硬性时，可以提早进行下一工序的工作，如用干硬性混凝土澆搗預制構件，就能提早安裝。所以采用干硬性混凝土施工，是一个縮短工期的有效方法。

(四) 加速模板周轉，節約木材 上面告訴我們，由于干硬性混凝土的强度发展快，就可提早拆模，提高模板周轉率。澆搗預制構件时，还可采用翻轉模板快速脫模，可使一副模板的利用率提高到几百次。翻轉模板可以倒翻在鋪薄砂的平地上，这样又可節省底板木料。这都說明采用干硬性混凝土施工，能得到節約木材的良好效果。

(五) 抗水性和耐冻性好 塑性混凝土密实性較差，又由于澆搗时留在内部的多余水分蒸发了以后，就留着很多的气泡，这些气泡連接起来，就成为渗水的通路，这就是塑性混凝土抗水性較差的一个主要原因。渗入混凝土内部的水分，在寒冷的季节里就要冻结，冻结时因水的体积膨胀，往往使混凝土遭受损坏。

干硬性混凝土因为用水量少，澆搗时留在内部的多余水分比較少，蒸发后留下的气泡也少，而澆搗时又經過震動器較長時間的震搗，密实性比較好，因此水分就不容易渗入内部。因为内部沒有水分渗入，所以在寒冷的气温下面，就不会被冻结以致损坏混凝土。寒冷地区采用干硬性混凝土施工的建筑，可以增加使用年限的。

(六) 体积变形小，不易产生裂縫 因为一般物体，遇水要膨胀，干了会收缩，湿脹干縮物体容易发生变形。又因为水泥湿脹干縮的性能比較砂石要大得多。干硬性混凝土比塑性混凝土用水量較少，所用水泥分量也比較少，所以由湿脹干縮而引起的变形也就比較小了。裂縫也会由于变形所造成的，变形小了，也

就不容易发生裂縫。但是干硬性混凝土澆搗時用水較少，在結硬的初期，养护澆水就需要比較多，不然在強度發展沒有達到足以抵抗干縮變形的時候，就會發生裂縫。所以必須注意养护澆水的工作。

(七) 內部游離水分少，不易冰冻 塑性混凝土澆搗時，內部留有多餘的游離水分，這些游離水分，在寒冷的气温下就要冰冻。干硬性混凝土澆搗時，內部游離水分很少，在寒冷气温下施工，就不易冰冻。一般在 -10°C 左右的气温下進行施工，除用水須要加熱和澆搗後即須加以遮蓋保温外，可毋須採取其他措施。不是十分寒冷地區，如長江流域一帶，冬季採用干硬性混凝土進行施工，是非常適宜的。

(八) 可縮短蒸汽养护時間，節省燃料 干硬性混凝土如採用蒸汽养护，养护的時間只要塑性混凝土在同樣情況下养护所需時間的二分之一至三分之二。由於縮短养护時間，就可節約大量煤炭費用。

三、干硬性混凝土的使用範圍

從上面知道，干硬性混凝土有很多優點，既能保證質量、縮短工期，又可節約水泥、水材等寶貴物資，確能符合好、快、省的要求，如果廣泛的加以採用，對加速社會主義建設，將起很大的作用。因為干硬性混凝土必須用震動器震搗，才能密實，有些建築物沒有條件使用震動器時，就不能進行干硬性混凝土施工。根據一般情況，可使用的範圍如下：

(1) 就地澆搗基礎、大小橫梁、樓板等。

(2) 預制柱、大小橫梁、實心板、預加應力構件等。

(3) 其他，如橋台、橋面、路面、路邊石、鐵路軌枕等。

一般就地澆搗的鋼筋混凝土柱、薄壁或鋼筋很密的大小橫梁等，不宜採用干硬性混凝土，因為這些構件使用震動器，很難獲得確切效果，混凝土內留有空洞蜂窩等現象不容易完全避免，因而將難于達到保證質量的要求。

四、干硬性混凝土施工

採用干硬性混凝土進行施工時，應注意以下幾方面的工作：

(一) 准备工作 施工前的準備工作和一般塑性混凝土一樣，準備得好與不好，對施工過程中能否獲得順利進行，有很重要的關係。下面幾件事必須準備妥當後方可施工：

(1) 模板 由於干硬性混凝土要用高頻率震動器震搗，震動器的單位面積壓力也比較大，這就增加了模板的允許荷重。為了確保模板在施工過程中的穩定性，因此在施工前必須仔細地加以檢查，從地面墊板起直到支柱支撐和模板，都必須有足夠的穩定性，如果發現有鬆動或強度不夠的地方，必須加固穩妥後，方可進行施工。在施工時，應指定專人經常檢查，如發現有偏斜沉陷等走動現象，應即停止工作，等加固糾正後再繼續施工。

(2) 震動器 上面說過，澆搗干硬性混凝土必須用震動器震搗，所以在施工前，必須根據需要準備不同規格的震動器（如插入式或平板式）。使用前要先經過運轉試驗，如發現有不正常的情况，必須檢修完好後方可施工。最好還須準備一、二具為後備，以保證震動器在使用時萬一發生故障仍能正常進行施工。

(3) 材料和配合比 干硬性混凝土所用材料的要求和塑性混凝土一样, 要保持一定的清洁。施工时必须根据试验室所规定的配合比进行配料。材料分量配合得是否准确和捣成的混凝土强度有很大的关系。因此在施工前及施工中要测定砂石的含水量, 在加料时要核算砂石所含的水量从加入的水中扣除, 以达到砂、石和水的分量确能符合设计所规定的配合比的要求。称砂石材料用的磅秤, 须要在施工前加以检验校正, 不准的磅秤不许使用。砂石材料要筛过称, 做到用料分量准确, 以保证质量。

(4) 劳动组织 浇筑干硬性混凝土时, 因为搅拌时间和震捣时间都要比浇筑塑性混凝土时稍为长一些, 所以每一台拌和机每天的生产量要比较少一些。为了保证工人不致因劳动力过多形成宕工等情况而降低工效并影响工人收入起见, 应考虑适当的调整劳动组织、减少人数, 或增加震动器设备, 以消除因劳动组织不合适而造成工效不高的现象。

(二) 搅拌 干硬性混凝土必须用拌和机拌和, 搅拌时间要比塑性混凝土搅拌时间延长 0.5~1 倍。一般塑性混凝土搅拌时间为 1~1.5 分钟, 干硬性混凝土搅拌时间应为 2~3 分钟。或者以拌和机的转数来控制, 一般须要在 30 转以上。拌和时间越长越均匀, 质量越好; 但是拌和时间过长, 会影响产量, 减低工效。

对于没有自动翻斗及自动加水设备的拌和机, 向拌筒中投料的程序是: 先倒入水, 然后倒入石子、水泥和砂子, 以免水泥和砂子粘着在拌筒内壁, 不容易倒出来, 形成砂浆不足而影响质量。

装有自动加水设备的拌和机上的水箱, 往往会因水中含有

泥質沉淀，堵塞水管，使水箱容量不準確，須經常加以校正并清除水箱里的沉积物，保持水表指針和实际容量一致，以保證加水量的準確性。

沒有自动加水設備的拌和机，可采取适当方法来补救，如用木制或白鉄制的水桶，按水桶大小标定容水量，每次拌和时，即可按規定用水量应用水桶加水。总之，用水量和干硬性混凝土的强度有非常密切的关系，施工时，必須做到加水量的準確性。

(三) 运输 炎热气温下施工时，干硬性混凝土在运输途中，应用遮盖物盖好，防止水分蒸发过快，影响用水量的準確性，并避免引起操作上的困难。根据有些地区經驗介紹，在气温 20°C 以上，或运输距离超过 500 公尺时，可在每立方公尺混凝土里多加水 1~5 公斤。加水量的增减，由試驗室經過試驗来决定。生产小組不得任意自行加水。

(四) 攪搗 攪搗干硬性混凝土，一律均須用震動器震搗，不得使用人力搗固。

震動器一般以每分鐘頻率 2800~5300 为宜。普通的平板式震動器用来震搗干硬性混凝土时，因为重量不够，需要附加荷重或改裝鉄板，最好使它的重量达到每平方公分有 0.08~0.2 公斤的压力。如 30 公分 $\times$ 40 公分一块長方形的底板，就得有 96~240 公斤的重量。如果不能达到上述重量的要求，減輕一些也可，不过压力愈重，震搗的时间可短一些，压力輕时就得震搗得久一些。震搗时如发现震動器有跳动的情况，說明震動器重量不够，不能起搗实作用，必須附加荷重方能有效。加大震压力可以把混凝土的用水量适当的减少，也就使得混凝土的强度更为增高。

震搗時間，以达到混凝土表面泛漿停止沉落为止。从震搗

开始至表面泛漿停止震搗时止所需的時間，叫做工作度，以秒来表示。普通干硬性混凝土的工作度为 30~60 秒，特殊干硬性混凝土的工作度有达到 600~700 秒的。

澆搗基础、大梁等体积比較厚大的構件时，可以插入式震動器为主，以平板式震動器为輔助进行施工。

澆搗大体积混凝土应采用分层分段澆灌，每层厚度以 20~30 公分爲妥。澆灌时先將混凝土倒在另設的小枋板上，然后用鉄鍬重行翻拌，待其均匀后，再澆倒要灌注的位置，这样可使混凝土均匀，不致发生缺漿中空等現象。切勿以整个小車的混凝土直接倒入模板里，否則，不但常会使混凝土发生空洞蜂窩等現象，并且容易使鋼筋一下受压过重而发生变位弯曲等情况而影响質量。

澆搗楼板时，也須先將混凝土倒在小枋板上，再用鉄鍬澆倒模板里，把混凝土鋪得比樓板的設計厚度稍为厚一些，使其經過平板式震動器震压后，正好达到楼板的实际厚度，如未滿实际厚度时，应加以补足。

✓(五) 施工縫 干硬性混凝土因为强度发展快，根据有些地区的經驗介紹，凡新旧混凝土澆搗時間相隔超过 60 分鐘时，混凝土就会发生裂紋。因此在 1956 年 8 月中央城市建設部召开的全国施工技术會議研究結果，認為当新旧混凝土澆搗時間相隔 40 分鐘以上时，新旧接縫处就应该作为施工縫来处理。

处理施工縫的方法，在接槎部分先澆上約 1 公分厚的同标号强度的水泥砂漿一层，再澆搗同标号塑性混凝土一节，寬度要大于震動器的有效半徑，大約有 30~40 公分即可，以避免旧混凝土受震动而影响質量。

干硬性混凝土在施工时，原則上不許留施工縫的。但如工

作量很大而不能一气浇完时，可按照上述方法处理。对整体结构或特殊结构如井字梁、游泳池、水槽等，必须采取连续作业一气捣成。

五、干硬性混凝土的养护

干硬性混凝土的养护，原则上和一般塑性混凝土一样，在混凝土的强度没有发展到一定程度之前，做好以下四个工作：

(一) 浇水 这是干硬性混凝土最重要的一个养护工作，因为干硬性混凝土单位体积用水量少，混凝土里面游离水分不多，在凝结过程当中，水分蒸发以后如没有得到补充，就会使混凝土在水化过程中水分不足，强度发展就要受到严重影响。因此在混凝土浇捣以后的七天内须保持足够的湿度，经常不断的浇水，每三小时一次。在初捣的一、二天内，夜间也须浇水一、二次。如用草包或麻袋等遮盖时，在浇湿遮盖物以后，浇水次数可以适当减少，并须看气温高低情况来调节浇水的次数。在炎热的季节里，浇水次数要多些，就是梁板下的模板表面，也须经常用水喷射，以保持混凝土本身的湿度的均匀性，使混凝土强度得到良好的发展。

(二) 防晒 如在日光底下浇捣干硬性混凝土时，浇捣后必须随即用潮湿的遮盖物盖好，以防止水分蒸发过快造成混凝土干缩裂缝，在夏季炎热的气温下施工时尤为重要，务须注意。

(三) 防冻 在寒冷的气温下浇捣干硬性混凝土时，也须用遮盖物盖好，防止混凝土受冻结。遮盖物的厚度须能足以起保温的作用，否则在严寒的气温下，仍有被冻坏的危险。稻草、木

屑都是很好的保温材料，遮盖厚度看气温情况决定，一般不小于10公分。

(四) 防震 干硬性混凝土的强度，虽然发展得比较快，但是在浇筑后不久未曾达到一定强度之前，上面不准行走或加荷载，以防止震动过早，影响混凝土的凝结而损坏质量。

六、水泥掺合料

选用适当的材料，如粉煤灰、凝灰岩、烧粘土、砖瓦粉等，掺入水泥里，是一个节约水泥保证质量的好办法。这种材料，叫做掺合料。

水泥掺合料在混凝土里所起的作用，主要是为了增加密实性，因为干硬性混凝土强度高，可以节约水泥用量。水泥用量少了，虽然强度可以达到设计要求，但是会影响混凝土的密实性，因而降低了抗水性和抗冻性。尤以用高标号水泥来捣制时，水泥用量更少，密实性也将更差，抗水性和抗冻性也就更差。采用水泥掺合料，就可弥补这个缺点。

按照规范规定，一立方公尺混凝土的水泥最小用量为200公斤，少了怕会影响密实性，尤其我国北方地区，抗水性、抗冻性的要求比较高，必须遵守规范的规定。但是采用干硬性混凝土，由于强度比较高，不需要用200公斤水泥就可达到设计的要求。譬如捣制140级干硬性混凝土，只需要400号水泥180公斤，就强度说是没有问题的，但是水泥用量不符合规范所规定的最小用量不小于200公斤的要求。为此可掺入20公斤的掺合料，使它和水泥用量180公斤之和保持200公斤的数值，以保证混凝土

土得到一定程度的密实性,达到保证质量的目的。

掺合料掺入混凝土里,它的作用可以两种说法来解释:第一、填充作用,使混凝土有良好的密实性;第二、掺合料与水泥混合后,使水泥分量增加了,而水泥的标号不是原来的标号而是降低了一些。如上面所说的例子,400号水泥180公斤,加掺合料20公斤,混合后,水泥分量就增加到了200公斤,但是它的标号已不是400号而是低于400号了。

北满建设公司,首先采用粉煤灰做水泥掺合料来捣制干硬性混凝土试验是一个很宝贵的经验。下表是“建筑技术”1956年第7期所介绍的资料中的一个例子:

水泥 标号	石子最大粒径 公分	混凝土材料用量 公斤/公尺 ³					耐压强度 公斤/公分 ²			
		水泥	水	砂	石子	粉煤灰	5天	7天	10天	28天
400	4	200	180	580	1490	0	75.2	94.3	130.0	172.1
400	4	190	180	579	1489	10	58.8	114.2	138.8	152.9
400	4	180	130	578	1486	20	59.6	86.3	115.4	138.0
400	4	170	130	577	1483	30	48.7	85.6	115.8	114.5
400	4	160	180	576	1480	40	45.4	83.4	87.6	107.9
400	4	150	130	575	1479	50	42.1	70.8	99.0	114.0
400	4	140	130	574	1477	60	29.2	57.4	87.2	104.3

现在很多有粉煤灰供应的地区,都纷纷学习他们的先进经验,获得了良好的效果,为国家节省了大量的宝贵物资——水泥,为社会主义建设创造了有利的物质条件。

七 震 动 器

在捣制干硬性混凝土过程中,震动器使用得适当与否,对操作的功效和工程质量都有密切的关系。下面简单的叙述一下对

震動器使用和保養以及安全用電等方面的一些常識：

(一) 震動器的種類 目前各地區所用的震動器，有我國自制的，也有從各民主國家進口的，類型很多，故未有統一的規格。以動力講，有電動的，有氣動的，也有用汽油機做動力的。動力大小，從0.5匹馬力至3匹馬力不等。依照不同使用情況的需要，大致有下列四種類型：

- (1) 插入式；
- (2) 平板式；
- (3) 附着式；
- (4) 震動台。

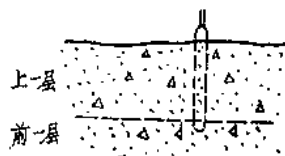
插入式和平板式兩種震動器，最適宜於現場澆搗干硬性混凝土時使用。附着式震動器的下面，如裝以鐵板，即成為平板式震動器，就可象平板式一樣使用。震動台適合預制構件使用。

如條件許可，應盡量採用頻率高、馬力大的震動器，這樣，可以縮短震動時間，從而提高工作效率。

(二) 震動器的操作方法

1. 插入式震動器的操作方法：

- (1) 使用時，先開好配電開關，再開震動器上的手開關。用雙手提起轉動的震動器慢慢的與地面垂直方向插入混凝土內。
- (2) 震動器插入混凝土層的深度，不應超過震柱外殼部分。分層澆搗時，震柱應插到前一層的上部（幾公分的深度），以防止



正確的操作方法



不正確的操作方法

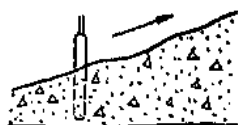
中空,保証上下层接合密实,如上图所示。

(3) 震动器的插点布置应均匀地成正方形或正三角形,并顺次移动,如下图所示。插点要尽量靠近模板,但不可接触模板。插点的间距不可大于有效半径的二倍。

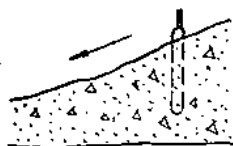


插点位置的布置和震动的程序

(4) 斜坡处进行震捣时,应从低处渐向高处,不可从高处向低处(见下图所示)。



正确的操作方法



不正确的操作方法

(5) 震动的時間,以震到混凝土表面不再有显著沉陷的现象,及震动器作用圈的表面已泛出一层薄水泥砂浆为度。

(6) 震动完毕时,震动器要慢慢提起,一面用脚在震动地位的周围加压,不使留有空穴。

(7) 震动器不可直接顶放在模板上震动,并应避免接触钢筋。

2. 平板式震动器的操作方法:

(1) 震动器应連續向一排方向进行,每次移动距离,不可大于震动器底板的宽度,使先后两次受震面保持几公分的搭接,以保証全部混凝土受到震压而达到密实。

(2) 震动的時間与插入式震动器一样,达到表面平坦不再