

鐵 路 小 叢 書

沉井工程施工經驗

周道生 編

人 民 鐵 道 出 版 社



沉井工程施工經驗

周道生編

人民鐵道出版社出版

(北京市廣安門外17號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第010

新華書店經行

人民鐵道出版社印刷廠印

(北京市建國門外七樹廟)

書號: 937 開本787×1092 1/32 印張14 字數

1958年6月第1版

1958年6月第1版第1次印刷

印數0001—1,100冊

統一書號: 15013·301 定價(16)0.20元

本書是根據若干現場施工經驗總結及專家談話彙編而成的，對於沉井工程自製造、下沉以至於封底一切施工過程的問題的處理，均有很詳細的敘述，內容詳實，文字淺顯，可供橋梁建筑工程師及領工員參考，其他工作人員閱之也可知道沉井工程的梗概。

目 录

第一章 概述.....	3
第二章 沉井的制造	6
第一节 围堰筑岛.....	6
第二节 制筑沉井.....	8
第三章 沉井下沉	14
第一节 人工开挖下沉.....	15
第二节 机械开挖下沉.....	20
第四章 一些特殊问题的处理.....	23
第一节 孤石的处理.....	23
第二节 井底岩层倾斜的补救.....	24
第三节 沉井裂纹.....	26
第四节 沉井的偏歪.....	28
第五节 流泥流沙问题.....	29
第五章 沉井封底	31
第一节 抽水封底.....	31
第二节 不抽水封底.....	32
第六章 填腹及盖版	40

第一章 概 述

当修筑負荷很重的铁路桥梁建筑物，而堅固的土層在地面下很深，基础部份又需建筑在該土層上面时，採用沉井的基础形式来完成这一工作，是有其一定的优越性。

零外在修筑桥梁建筑物时，因缺乏足够長的板樁，使基坑可以明挖到达基础需要的深度；或者有时虽然基础深度較淺，但土壤条件良好，滲水性不大，有条件在干涸情况下施工；或当基底不适於用樁基和明挖时；等等的情况，採用沉井来修筑基础，也不失为一个正确的方法。

解放以来，在許多新建铁路的桥梁工程中，用沉井来修筑基础，是广泛的被採用着，並且获得了不少的經驗和教訓。

使用这种施工方法的主要优点，是在建筑基础时，不要或仅要少許的防水設備。

在饱和水份的游动土壤中，下沉沉井时会遇到流沙，因此就不宜进行排水；有时在下沉过程中会遇到磊石、沉沒的树木或其他堅硬物体的阻碍；或沉到基底时遇到傾斜的岩層；种种这些情况都会增加施工中的不少困难，特别是在水下工作，更增加了它的复杂性，当然这些困难还是可以設法来克服和解决的。

按照建筑材料沉井可分为：（1）混凝土沉井，（2）钢筋混凝土沉井，（3）竹筋（或木筋）混凝土沉井，（4）木沉井。其中以前二种使用得比較普遍，后二种亦曾在个别工点採用过，且木沉井亦仅能作为防水圍堰之用。

沉井在平面上的形狀，一般都取決於它上面所承托的建

筑物的形状。但無論如何，它的形状是呈对称形的。在沉井边缘或拐角处，有的將其作成圓形或鈍角，以便於下沉。通常铁路桥梁基础所採用的沉井式样，如图 1 上所示。

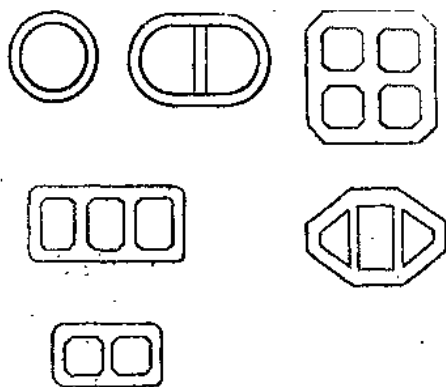


圖 1

沉井是基础本体的外部护套，它有按計算需要的厚度，在絕大多數的情況下，沉井是用混凝土或鋼筋混凝土製造的，並且被包括在基础的構成部份里。

沉井主要是由井壁來構成护套，而在下沉時，從井內挖出的土壤，是由升降孔內運出的。有些沉井由於其尺寸較大，就有必要在其內部增筑垂直隔牆，使沉井外壁具有應有的剛性。這樣就將一個沉井，分為幾個上下開口的井筒。當沉井下沉到達設計標高後，升降孔（或井筒）內即以圬工填充，然後再灌注蓋版，並開始修筑墩台本体。在有些情況下，升降孔並不是以實體圬工來填筑的，而是在設計時，考慮在升降孔內留出空心，改填砂，砂夾卵石、或水。僅在井底與井筒上部灌筑混凝土和鋼筋混凝土版，再在上面接筑基礎以上部份。這樣就可以節省一部份的圬工。

具體的划分，沉井是由下列幾個部份構成的（圖 2）：

井壁——亦即沉井四週的外壁，下沉時與土壤直接接觸。為減小土壤對井壁的摩擦力，有時也將多節灌注的沉井井壁，筑成台階形狀，或不小於 1/100 的斜坡。為克服下沉時

所产生的侧面摩擦力，井壁应有其足够的厚度。

刃脚——为使沉井能顺利地嵌入土中，在沉井底缘作成的刃形部份。刃脚的水平宽度叫做踏面，普通采用为10—20公分。为防止在下沉过程中，遇到坚硬土壤或物体使刃脚受到损伤时，一般在刃脚外部包以角铁作为防护。此项角铁用铁锚钩固定在沉井井壁中。

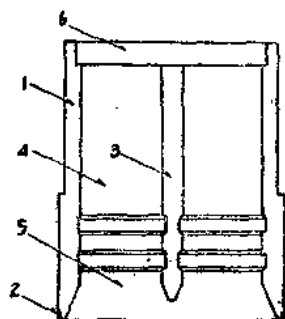


圖 2

- (1) 井壁；(2) 刃脚；
(3) 内隔墙；(4) 升降孔；
(5) 封底；(6) 盖板。

内隔墙——为使沉井井壁增加应有的刚度，在井内加筑的隔墙。其间隔方向视井形的需要而定，有单向的亦有互为垂直方向的。隔墙的刃脚踏面通常都比井壁的刃脚踏面高出0.5公尺以上，同时在隔墙下部做成约1.0×1.2公尺大小的窗孔；如不做窗孔，则内隔墙的下边缘必须高过井壁刃脚踏面2.0~2.2公尺。这样就可以使相邻的升降孔互相连通，简化排水组织，工人亦可以很容易的自一孔进入另一孔内。

升降孔——为沉井内部的空間。当沉井下沉时，作为工人、机具上下及出土之用。其井孔数目及截面尺寸与井壁的厚度同时拟定。必须一方面使沉井的重量能克服下沉时井壁与土壤的摩擦力，同时井孔亦能满足绞土机具的需要限界。

封底——当沉井下沉到达基底后，就需在井底浇筑混凝土，这就叫做封底。在不抽水施工时，可以用水下混凝土来浇筑，待混凝土达到一定强度后，再将升降孔内的水抽干，进行填腹工作。当沉井作为空体基础时，封底的厚度应根据是否能够向井壁传导当建筑物受到全部载重时，基底所产生的全

部垂直反力。

盖版——这是复盖在井筒頂上的一部份圪工，一般均用鋼筋混凝土灌注，使其能承担基础襟边上面所作用到的一切外力。

第二章 沉井的制造

过去几年新綫上所筑的一些桥梁沉井，都是在所在位置就地灌注的。集中制造一个桥所用的沉井，然后再浮运至墩位的施工方法还没有采用过，主要是因为河水一般的較浅，同时沉井的数量也不多。

第一节 圍堰筑島

就地灌注的沉井，在有水的河流中，首先要进行筑島。筑島的形式是随着水流速度、水位高低而有所不同。在水流湍急，流速約在每秒3~4公尺以上，水深在6~7公尺以上时，就宜採用鋼板樁圍堰，然后再进行筑島。像蘭州附近的二座黄河桥的某些桥墩，就都用了圓形鋼板樁圍堰。在水位不深，水流不急的河流中，則以麻袋装土(西南地区以篾包装土)作成圍堰后筑島。在水少、枯水干河，或可以改移河道的地点，只需平整一下地面就可以开始制造沉井了。

不用圍堰的土島，应根据河水的流速来選擇筑島所用的土壤，其一般的适用范围为：

細沙……………0.3 公尺/秒

粗沙……………0.8 公尺/秒

中粒卵石……1.2 公尺/秒

大粒卵石……1.5 公尺/秒

圍堰的作用不仅为防止流水冲刷島边，而且还需要相当

的堅固程度，使沉井下沉時土島不致變形。特別在河床坡度較陡時，更應注意防止土島的滑動。

圍堰筑島時，應注意筑島材料的防水能力，以減少日後抽水時的困難。不准使用淤泥、黑土、泥炭及粘質土壤等來進行筑島。土島的頂面應高出施工期內最高水位 0.5 公尺。

在我國西南地區，曾採用竹籠或篾包內裝卵石作為圍堰的外層，再在其里边填筑一道內裝 $\frac{3}{4}$ 袋黃土的紙袋或草包，如沒有這些材料，亦可用裝土的蘆袋來代替。在這二層之間夯填黃土。這樣就形成了一個透水性很小的圍堰。然後再在圍堰內填充壓縮性小的砂夾卵石或粗砂，成為一個土島。在水面以下所填筑的一部份，在水中能自然的沉實，水面以上部份就需要來夯實，以提高其承載能力，避免在灌注沉井時發生沉陷。

竹籠圍堰應先從二側做起，然後在上游合攏，最後再封下游的一邊，這樣可以使在圍堰內沉淀的泥沙減至最少，同時圍堰滲水性亦就減小。竹籠的大小以二公尺直徑或二公尺見方比較合適，如水流湍急，則應予加大。

蘭新綫黃河橋在用雙層蘆袋作圍堰，曾採取了一些措施來減小圍堰的透水性。其方法是當外圈的蘆袋壘合攏後，即進行抽水，使圍堰內水位降低至距河床 0.3 公尺以內時，就開始將堆放在里圈蘆袋壘處的河床卵石層挖去，挖至透水性較小之地層，然後再將裝土的蘆袋填筑起來。在二層蘆袋壘內夯填不易透水的土壤，這樣就可使整個圍堰的透水程度減至最小。

在冬季進行筑島時，首先要破開河面的冰凍層，然後再填筑砂礫。在所填筑的材料中，應避免含有凍塊。在寒冷的冬季來做圍堰及沉井工程，不僅在施工操作上增加了很多困

难，同时工效亦較低，如沙丰綫永定河某桥的几个土島，取土运距約90公尺，用土斗車运送，每工只能作0.99立方公尺，几为平时工率之半。

蘭州附近的二座黄河桥，有几个桥墩是採用了圓形鋼板樁圍堰筑島，前面已談过。圓形鋼板樁圍堰不仅結構比較穩定，而且施工操作上亦較其他形式的便利，特別是在創造了轉盤打樁架以后，平均插打一根鋼板樁只需0.8工天。

鋼板樁的数目应根据圍堰周徑計算，最后成为偶数以便合攏。但在实际操作时，可能还会有差誤，致最后合攏时为奇数，板樁企口同向無法接合。这时可用同样的二塊板樁对焊起来，成为一个有四个企口的箱形板樁来解决这个問題。

在河床复盖層較淺，流速較大容易冲刷的地段，应在鋼板樁圍堰外同加以适当的防护，来增加圍堰的稳定性。曾有一个圍堰因疏於防护，而造成了鋼板樁傾复事故，这不能不引为教訓。

第二节 制筑沉井

当筑島完畢，島面鋪填一層砂子，地面承载力达到每平方公分一公斤之后，就可以开始在上面制造沉井了。

首先是在平整的島面上鋪放垫木，垫木一般是用五公分厚的硬木板，長40~50公分，垂直沉井的边沿鋪設。有的也曾用枕木来代替，或採用双層垫板，中夾圓木，这样可以使地面的承受压力分佈更为均匀，但耗用的

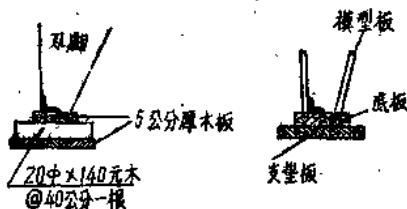


圖 3

木料也就比較多了（圖3）。

墊木应根据預先測定的沉井位置和預埋的標樁拉綫鋪放好，並墊穩找平。然後在墊木上鋪放底板，在底板上正確的畫出刃腳的邊綫，並預刻榫槽，以備將來邊模可以密貼的嵌入底板內。再根據畫好的刃腳邊綫裁割刃腳角鐵，並相互焊接牢固。用來錨連刃腳的鋼筋可以事先焊接在角鐵上。

沉井模板系採用五公分厚的企口板，這些都可以事先在場地內制妥。刃腳處的模板比較複雜，製造時應特別注意其正確度，避免拼裝時臨時修改而延誤工期。在有適當的起重工具時，可將模板拼成大塊吊至沉井處安裝。首先應將內隔牆與井壁內側模板立好，然後綁紮內筋（鋼筋或竹筋），最後支立外側模板，這樣就完成了灌注混凝土前的立模工作。

刃腳內側模板須留臨時的洞孔，以便在灌注混凝土前，清除模型板內部的碎屑及排放洞濕模型板時的積水。

每個取土井都有供人上下的鐵扶梯，設在取土井的一角。這些鐵扶梯應事先在廠制模型板時裝好，作為模型板的附件一併安裝。不宜在立模時臨時敲釘而影響整個工程進度。為節約鋼材起見，這種鐵扶梯亦可作成活動式的，可以長期拆裝倒用。這樣就僅需在沉井壁上裝設少數的懸掛鉤而已。

整個的立模工作必須達到：（1）位置絕對正確；（2）支撐及基底充分的牢穩；（3）刃腳保持一定的水平；（4）井壁垂直不彎。這樣才不致在以後灌注混凝土及沉井下沉時，發生位移及傾斜的現象。

沉井面積比較寬大，所以除了要安裝一些牢穩的支撐外，為防止模板走樣，還需在內外模板上安裝一些拉桿。拉桿一般用16公厘的元鐵制成，二端絞有螺絲，根據沉井表面

每隔二公尺裝一根。如果是圓形沉井，就只需用鋼筋圓環箍，便可以將模型板箍緊而不致走樣了。

為防止灌注混凝土時，因沉井刃腳與隔牆部份有不一致的沉落，致使隔牆混凝土遭受應力而致裂紋，故隔牆下之承墊，不宜直接墊在島面上，而應另設屋架式的承墊，使與刃腳下的承墊連成一体，來克服上述的現象。

在第一節沉井下沉完畢，繼續接高第二節時，固定模板的方法應盡量避免使用支撐，而代以拉桿或環帶。因為在灌注第二節混凝土時，已經下沉的第一節井筒，受到上面增加的荷載，就會有少量的沉落。這時固定在地面或島面上的支撐，相對的說，就產生了一個推力，向上推動了模型板。模型板的移動，使新灌注的混凝土內產生拉力，因而在這些地方就會產生裂紋。

當模型板立妥，並經過檢查和糾正缺點後，就可以開始灌注混凝土工作了。每節沉井的混凝土，應設法使其能一次灌成，所以必需根據其工作量的大小，來配備足夠的机具和人力，並進行不間斷的工作。

在灌注混凝土前，最好先在刃腳處，鋪一層約厚三公分的沙漿。沙漿的水灰比應小於或等於混凝土本身的配合比。沙漿的鋪設，應與混凝土的灌注同時進行，以免產生粘結不良的現象。

混凝土的灌注，應一氣呵成，上面已說過。為保證其能密實成一整體，灌注時應採取分層平均上升的方法，每層厚度不宜超過35公分。沉井的面積比較大，為了達到上述的目的，使灌注點達到每一個角落，工作面上就應配備適當的佈置。在工地有起重吊車時，可以採用如圖4的佈置。混凝土由攪拌機內傾出，裝進放在小平車上的活門吊斗內。然後將

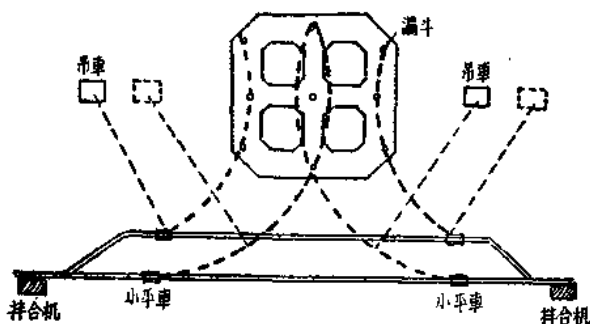


圖 4

小平車推至起吊範圍內，用吊車將活門吊斗提至灌注點。由於沉井每節的高度，均超過混凝土自由下落高度。所以在每個灌注點，都應安設有象鼻漏斗來防止混凝土的离析。隨着混凝土的上升，漏斗也就逐節減短。

如工地無吊車或無法運用吊車時，可採用龍門架來提升由攪拌機中傾出來的混凝土。零外在沉井頂上，搭設一腳手平台。平台上鋪設放射形的輕便軌道。軌道正中設一轉盤。當裝滿混凝土的小斗車，由龍門架提升至平台面後，即推至平台中心的轉盤上，再轉動推向需要灌注的地点。拉開斗車下的活門，將混凝土傾入漏斗內。其概略的佈置如圖 5。

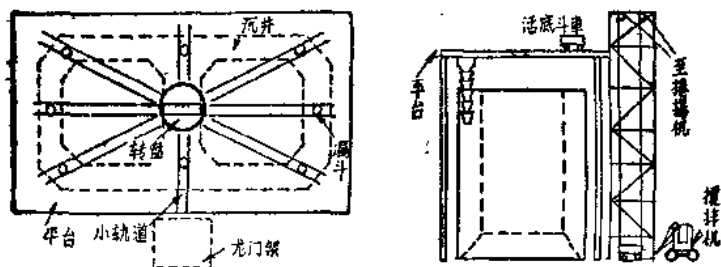


圖 5

沉井混凝土的密实和表面光滑是很重要的。它不但可以增加井筒的防水能力，同时也可以减小下沉时沉井所受的阻力。所以除了模型板内表面应刨平光洁外，灌注时混凝土的捣固工作亦就应特别注意，此时如有条件使用震动器来捣固，亦就有其更大的价值了。

桥梁基础工程是必须尽量争取缩短工期，以免遭受水位的变化而产生不良的后果。沉井工程当然也不能例外。过去如在内蒙某线一桥，因施工季节适在雨季，沉井灌完而还未及下沉，即遭到山洪，将沉井冲离原位。以后又再设法进行拖拉，将其弄至原位，增加了很多的工作。所以如何采取适当的措施，来缩短沉井的施工期是很有意义的。过去对于这一问题所采用的办法计有：

(1) 提高混凝土等级：如设计为 140 级的混凝土，则在实际灌注时采用 170 级或 200 级的配合比。这样就可以提前达到 140 级的强度，使沉井得以提早下沉。这种方法是多用了一部份水泥，而提前的工期不多。

(2) 采用混凝土促凝方法：促凝的方法很多，如：提高混凝土的初温，在搅拌时将集料加温或用热水拌和；在混凝土内掺用促凝剂，如氯化盐类等；用蒸汽养护法，级棚法等冬季施工方法提高养护期内的温度。选用这些方法有时需增加一些设备，另外亦增加了若干工序。但这一类的方法可以提前较多的工期，如与提高混凝土等级合併使用，则其工效更为显著。上述二类方法因需增加投资，所以最好是在施工組織安排需要时才採用。

(3) 合理的組織工序：在宝成线北段的一些桥梁沉井工程中，曾採取了二次灌注一次下沉的方法，使整个工期可以缩短接近或超过一次的养生期。过去每灌注一节沉井，並

通过一定的养生期,混凝土达到设计强度后,即予以下沉。第二节、第三节等亦同样的分段下沉。”这样当一个沉井分为三节施工,就需要有三个养生期,如改用上述方法,在第二节混凝土灌完并经过三~五天的凝固后,再继续灌注第三节混凝土。待第二节混凝土达到设计强度后,就可以开始下沉。当第二节沉井沉至土内时,第三节混凝土的强度亦就可以满足设计要求,不再等待的继续下沉了。

表 1

工 程 内 容		工 进										
逐节灌注下沉	竖立模板	—				—						
	灌注混凝土	—				—						
	养 护		—	—	—		—	—	—			
	开挖下沉					—	—			—		
二次灌注下沉	竖立模板	—	—									
	灌注混凝土	—	—	—								
	养 护		—	—	—							
	开挖下沉					—	—	—				
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

二种方法的工期比较,从表 1 就可以很明显的看出来。

规程中规定,第一节沉井的高度,应视撤除承垫时,沉井抵抗纵向破裂的强度而定。如沉井由土岛或半岛以及在岸旁下沉,沉井下面为枯软的土壤时,则沉井第一节的最大高度不得超过 $0.8B$,式中 B 为沉井的宽度。其他各节井筒应尽可能做高,所以在第二第三节采用二次灌注一次下沉的方法是可行的。而且当井筒较深时,抽水设备需悬挂在井中,采用

这一方法就可以將机具一次掛定，而毋需再倒裝了。

沉井模型板拆除后，应对井筒外表面进行檢查，如發現有蜂窩、麻面或表面不平之处，应以水泥砂浆予以抹平修正。这样对下沉时将帶來較多的便利，不能認為这是小事而忽視。

第三章 沉井下沉

沉井下沉时应先撤除支墊物。撤除支墊的办法，是以洋鎚或鉄鎚把墊木下面的沙夾卵石挖去3~5公分。用大鎚自內向外將墊木敲松，然后在外面抽去。墊木抽去后，应随即向淘空的刃脚下回填沙夾卵石，並夯实之。

拆除支墊木的次序是：（1）撤除內隔墙下面的墊木；（2）撤除沉井四角的墊木；（3）撤除二相对外壁下的墊木；（4）撤除另二相对外壁下的墊木，由二端向中間撤，並間歇的一个一个跳开；（5）撤除最后剩余的間歇墊木，亦由二端向中間撤。圓形的沉井，只要二相对方向对称的間隔內来进行撤除墊木。

撤除墊木时根据上述順序，並与中心綫对称的来进行。这项工作应特別小心，否則可能招致不均匀的下沉，而使中綫有所走移。在丰沙綫某桥五号沉井，就因於撤除墊木时有傾歪，致中綫移动达40公厘，使在下沉时沉井發生偏斜，到最終亦未能得以糾正。

另外在冬季施工时，墊木和底模常易因有水掉在上面而冻结在一起，拆除时較为費事，且易损坏木料，施工时亦应予以注意。

第一节 人工开挖下沉

用人工挖掘井内土壤使沉井下沉，除在特殊情况时，由潜水工在水中进行外，一般的都是將井筒内的积水抽干，工人下至井底来挖掘井内土壤。这种施工方法比较容易掌握基底情况，来保持正确的下沉。但只适宜於井底湧水量不大，需用抽水机具不多的时候。

下沉之前，在沉井外壁四方，各划一垂直线。上面画有以公分为单位的标尺。另在围堰上，每标尺旁竖一木椿指針。用这些东西可以测出，每一阶段沉井下沉的深度和速度。

沉井内壁亦同样划分四等份，每处划一铅直黑线。对准这四道黑线，各悬挂一个线锤。这样在下沉过程中，注意观察线锤与井壁黑线的离合，就可以随时发现沉井是否有偏斜的现象，而立即设法予以纠正。

沉井在下沉过程中，是否保持垂直和不离开中线，是在整个作业过程中很重要的一环。除了上述的一些设施观察外，还须不时的进行操平和打中线来校对。

曾有人为想减少操平的麻烦，提出过建议，在制作沉井时，每侧井沿上预留一个凹形小槽。然后在槽内满盛以水，用来代替水平尺。如在任何一个槽内有水倾出，即表示沉井有了偏斜，需要纠正。这个建议因在操作上增加了一些麻烦，特别是在钢筋混凝土沉井和需要继续接高的井面，未曾得在工地试用。但在某些情况下还是可以试行的，如不抽水下沉的沉井。

用人工开挖，除在地下水位以上部份，毋需用抽水机外；一般有水地区，均需在井上或井内安置抽水机。將井内