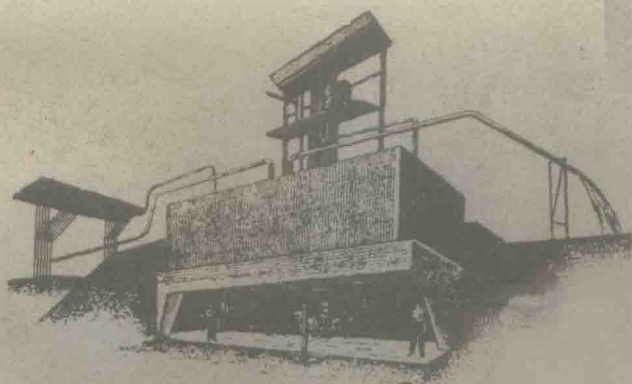


沉箱工程水力机械化

斯大林獎金获得者

Г·И·金果林柯 Н·А·西林著



人民鐵道出版社

沉箱工程水力机械化

斯大林獎金獲得者

Г·И·金果林柯 Н·А·西林 著

武漢大橋工程局專家工作室譯



人民鐵道出版社

一九五七年·北京

本書詳細敘述水力機械化下沉沉箱的方法，介紹了水力機械化設備的各部份的計算，並對實際工作中常常遇到的問題作了分析研究。

本書可供橋梁工程施工人員及廣大的工程技術人員參考用。

沉箱工程水力機械化

ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ КЕССОННЫХ РАБОТ

苏联 Г.И.ЗИНГОРЕНКО, Н.А.СИЛИН 著

苏联國家鐵路運輸出版社(1949年莫斯科俄文版)

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1949

武漢大橋工程局專家工作室譯

人民鐵道出版社出版(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

人民鐵道出版社印刷廠印 新華書店發行

書號: 703 開本: $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印張: $6 \frac{1}{4}$ 字數177千

1957年3月第1版第1次印刷

印數2,385冊 定價(10)1.20元

目 錄

前言	1
引言	2
第一章 水下工程及沉箱工程機械化的發展簡史	6
1. 从开口的升降筒内用挖土机排除土壤	9
2. 用吹土法排除土壤	11
3. 空气吸泥机排除土壤法	16
4. 水力吸泥机排除土壤法	22
第二章 非自动化或水力机械化下沉沉箱法	29
1. 这种方法的本質	29
2. 水力机械化方法適用的条件和范围	30
3. 技術作業过程	32
4. 水之平衡	34
5. 定型的水力机械化裝置	35
甲) 水力吸泥机	39
乙) 水力冲泥机	48
丙) 水及泥漿管的管路	51
6. 施工方法	63
(一) 排除沉箱内土壤的过程	63
(二) 机具的工作情况	68
7. 由沉箱内排除土壤	71
8. 沉箱的傾斜和移动以及預防方法	73
9. 水泵站	76
10. 水力机械化裝置的安裝和拆卸	80
11. 水力机械化裝置在工作中的毛病及其消除方法	84
12. 施工組織	85
13. 用水力机械化方法下沉沉箱安全作業的簡略指示	91

14. 技術經濟指标	93
第三章 水力機械化裝置各部份的計算	100
1. 水力吸泥机、水力冲泥机及水泵等裝置的生產率	100
甲) 水力吸泥机的生產率	100
乙) 水力冲泥机的生產率	102
丙) 水泵站的生產率和水压 (選擇水泵設備)	107
2. 水力吸泥机裝置的計算	108
甲) 水力吸泥机計算的理論根据	110
乙) 基本方程式的分析及水力吸泥机特性曲綫圖解的繪制	116
丙) 變更的揚程高度	127
丁) 混合管的長度	133
戊) 擴散管的形狀及長度	135
3. 水力冲泥机裝置的計算	144
4. 水管及泥漿管的計算	152
甲) 水管的水力計算	152
乙) 泥漿管的水力計算	159
5. 下沉沉箱所用水力機械化設備的計算示例	161
甲) 水力機械化設備生產率的計算	162
乙) 水力吸泥机式样的選擇	163
丙) 水力吸泥机結構各部份的計算	166
丁) 水力冲泥机和水量平衡的計算	170
6. 觀測沉箱下沉的方法	172
第四章 沉箱的自动化下沉方法	176
1. 下沉方法的實質	176
2. 技術作業过程	176
3. 水之平衡	178
4. 第一种技術作業示意圖	180
甲) 修建莫斯科大石桥的試驗裝置	180
乙) 基也輔那沃得尼次基桥自动化下沉沉箱的方法	183
5. 第二种技術作業示意圖	208
附錄: 水力吸泥机的綜合特性曲綫, m 由 2 至 10	213

前 言

建筑安装工程，按照苏联铁路修复及发展计划，正以空前未有的规模进行着。

在铁路建筑上，特别是在桥梁建设方面，沉箱工程占有相当的比重。

过去所采用的人工下沉气压沉箱的方法，已不适应现代技术的要求，这种方法是一种落后，昂贵而又繁重的作业过程。

因此气压沉箱工程机械化的问题，就越来越迫切了。为了解决这个问题，苏联工程师们，曾努力地钻研过。

有很大一批苏联专家彻底改良了气压沉箱工程水力机械化，从而大大地减少了工程费用，改善了劳动条件，提高了劳动生产率，为此曾在1948年授予他们以斯大林奖金，受奖的专家有：И. Ю. 巴林保依姆，В. М. 巴力次基，Г. И. 金果林柯，Н. Г. 卡尔斯尼次基，В. П. 康斯坦金诺夫，М. Н. 康斯坦金诺夫，Г. П. 拉特聃尔，Л. Д. 萨普雷金，Н. А. 西林，И. А. 斯尼特果夫斯基，Н. Е. 达露新等。

斯大林奖金获得者们所研究出来的水力机械化下沉沉箱的方法，保证着沉箱工劳动生产率的显著提高，使沉箱下沉的速度加快了好几倍，大量地节约了资金，改善了沉箱工作室内的卫生条件，而水力机械化设备所需的费用也不大。

本书总结了莫斯科河桥、那沃得尼次基桥桥梁施工中采用气压沉箱工程水力机械化的经验，及基也辅的达尔尼次基桥施工经验的一部份，并加以有系统地整理。在著作中叙述气压沉箱工程水力机械化设备计算方法的，这还是第一次。

本书所列水力机械化设备实际观察的工作情况，及有关制定实际指标方面等资料，不是详尽无遗的。这些指标有待于今后气压沉箱采用水力机械化下沉的工作中积累经验继续提高。

引 言

在前一世紀四十年代時，在含水土壤中建築深基礎，第一次使用了氣壓沉箱的施工方法。氣壓沉箱的方法，是用來修筑低於地面水或地下水的基礎的，其方法如下：

工作的地方（工作室），借壓入其中的壓縮空氣將水排出，室內的气压与沉箱外部的水压力相等，工作室內的水排出後，河底露出，工人就能夠完成一切與沉箱下沉有關的，必要的作業。

工作室，或沉箱室，是一個不透水的，沒有底的箱子，這個箱子具有實體的牆壁及頂蓋，其高度以能保證挖除土壤，並由室內棄土工作的順利進行為原則。

為保證人員能夠安全地出入沉箱，以及在棄土及送料時不使沉箱工作室內的气压受到損失起見，設有特殊裝置。該裝置的組成部份，普通為鋼制昇降筒及氣閘，利用這種裝置，在有人或物品的專門氣閘室內慢慢地進行加壓或減壓。

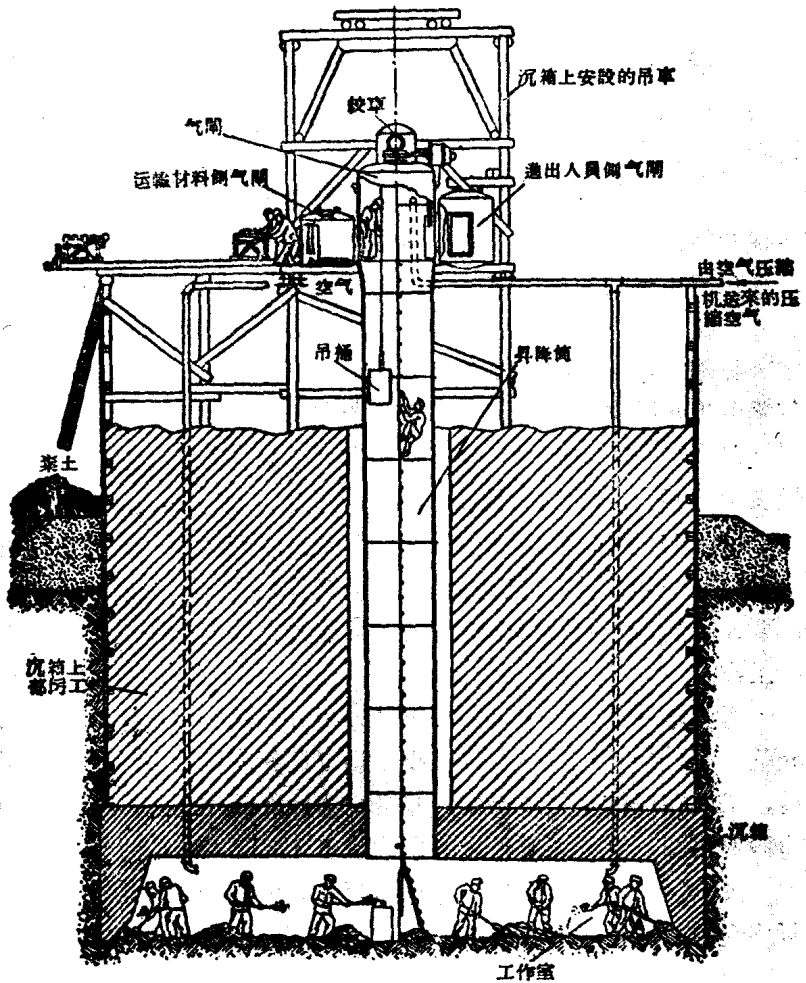
雖然氣壓沉箱的使用，有一百多年的經驗了，但在沉箱內挖土，運土的技術作業過程，至今並沒有什麼顯著的變化。

近百年來的技術發展，僅由於改善了氣閘及工作室，遂使由沉箱工作室內棄土的方法得到了改進。然挖除及運棄土壤的基本作業過程，至今，在絕大多數情況下，還都是用人工方法來作的，這種方法需要大量特別挑選的、身體健壯的沉箱工。

人工方法下沉沉箱之步驟如下（第1圖）：

在工作室內，進入一定數量的沉箱工（視沉箱面積大小而定），以便排除及運棄土壤，其所使用的工具都是普通工具，如：鐵鍬，丁字鎬及撬棍。

挖土的程序如下：沉箱工按着沉箱的全部面積挖土，但在牆壁处留出寬約 0.5 公尺的一条护道，当中央部份的土壤已挖到沉箱刃脚的标高时，土壤运出的工作暫停，沉箱工就順着牆壁挖掉留出的护道。



第 1 圖 用人工方法下沉沉箱

結果，由於自重的作用，沉箱便繼續下沉。當挖掉護道及沉箱下沉後，沉箱工再重新挖掘位於中央部份的土壤，且按上述作業過程循環地進行工作。

在工作室內，把土壤運至升降筒及裝入吊桶內的工作，是用人力傳送，或使用固定在沉箱頂蓋上的單軌昇運機所系着的桶子來進行的。

吊桶裝滿土壤後，經升降筒吊升至中央氣閘室，再把土壤倒入小車，然後把小車推入側氣閘，且運出氣閘以外。此時，吊桶再降入工作室內裝土。

小車出了氣閘後，站在側氣閘外面的工人，就把土壤棄除。這樣的運土作業過程，是要以同樣步驟，循環地繼續下去的。

在使用吊桶輸出土方的方法下沉沉箱時，沉箱工作隊的人數，應根據一個氣閘所控制的沉箱面積，及其經過土壤的性質而定。根據沉箱工作現行標準，如沉箱面積為90平方公尺時，一個氣閘的工作隊由十個沉箱工及兩個在沉箱外部工作的工人組成。每個沉箱工一班內的勞動生產率，譬如在2級土壤時，按一般壓力，平均應為1.8立方公尺。

由上所述可以看出，在橋梁工程中一般所採用的人力下沉沉箱法，是一種笨重的，複雜的，尤其是繁重的方法。採用這種方法需要大量沉箱工在極困難，而又嚴重地損害健康的壓縮空氣中進行工作。

再具體一點說：下沉一個面積90平方公尺的沉箱至深25公尺處就需要1,700個工/日，每晝夜平均下沉速度僅為0.88公尺。最後，工人在壓縮空氣中工作，非常吃力，而該項工作並可能成為得病的根源，有時還有致命的危險。

雖然說上述指標是個平均值，而且有很多斯達哈諾夫工作隊所達到的勞動生產率及沉箱下沉速度，都比它高，但以上所陳述的目的，是為說明人力下沉沉箱是陳旧的，不符合現代技術要求的一種方法，從經濟觀點來看，其價值既不便宜，下沉的速度也

不快。由於在壓縮空氣中工作，工人的工作時間受到限制，生產率低，所以需要大量的沉箱工。由於人力下沉沉箱的方法有這麼多缺點，所以擺在我們施工人員面前的任務，就是研究與創造出沉箱工作機械化的技術措施。

的確，遠在革命前的俄國或在外國也曾有個別的主管機關及公司，打算把沉箱工程作成機械化，主要是想把由工作室向外運棄土方的一段作業機械化，但是這種企圖絕大多數都沒有得到廣泛採用。關於減輕沉箱工人在沉箱內挖土的繁重的體力勞動的問題，始終沒有注意，因為資本主義的老板們對工人的健康是毫不介意的。

因此，在革命前的俄國及外國所使用的沉箱施工方法，全都還是工程中最落后的方式，一直到了最近仍然是用人工方法下沉沉箱。

只有在蘇維埃政權的年代里，出現了土方工程機械化——水力機械化的新方法之後，才有完全實現沉箱工程機械化的可能。

1937年在莫斯科城市橋梁沉箱內進行了水力機械化排除土方的試驗，試驗結果良好。

第一次大規模地採用沉箱工程水力機械化是在基也輔（1939—1940年）修建那沃得尼次基橋梁工程中，當時所有25個沉箱都是使用水力機械化方法下沉的，共挖除了60,000多立方公尺土壤。同時，在跨越奧卡河的郭勞敏斯基橋的沉箱工程中，也採用了同一方法。

近年來在基也輔達爾尼次基鐵路橋梁工程中，曾採用過沉箱工程水力機械化的方法。

在這些橋梁工程中，使用水力機械化方法施工在提高生產率，節約資金，加快下沉速度，及改善沉箱工作室內的衛生條件等方面，得到了輝煌的成績。這就再一次地証明了，我們祖國的技術，比那些直到現在沉箱工程上幾乎還未機械化的外國，要優越。

第一章 水下工程及沉箱工程机械化的發展簡史

遠在古代時，就感覺到需要在水下進行施工，然而在那時這類的確是困難的，因為在施工中沒有任何種類的機具可以利用，而人在水下停止呼吸從事工作的時間是有限的，最多也不能超過一分鐘，因此在水里的施工就極端困難了。由此我們完全可以理解，為什麼在很早以前，就多次地設法延長人在水下停留的時間。

水下施工的第一批被採用的機具叫做潛水鐘，此工具也是借助空氣排水進行工作，潛水鐘在十三世紀末葉人們就知道使用了。最初的潛水鐘是個下面開口，其他各面緊密封閉的箱子，箱子內安設板凳，以便工人休息，還安裝架子、鉤子以便擺放工具。這種潛水鐘系利用粗鋼繩或鋼鏈沉入水中，在水下造成不大的一個空間，在其中可以進行簡單作業。

1655年利用這樣的潛水鐘曾由海底打撈起三門大砲。

這種潛水鐘的缺點很多，缺乏導入新鮮空氣及通風的設備，潛水鐘須經常由水中提出，以便放出濁氣，換入新鮮空氣。

1700年曾改善了潛水鐘的結構——利用風箱把新鮮空氣打入潛水鐘內。

直到1778年時才採用了空氣泵打入新鮮空氣，利用潛水鐘在水深3公尺處進行打撈石料的工作，同年還進行了水下爆破工作。

以上就是十九世紀以前水下施工方法在技術上所達到的成就。

十九世紀繼續地改善着潛水鐘，直到潛水服出現后，潛水鐘才放棄使用了。

十九世紀的前半世紀里，潛水鐘得到了廣泛的使用，甚至在建筑整个基礎時，都使用過潛水鐘，使用潛水鐘建筑了許多水下建築物。

改善了的潛水鐘仍僅適於在露天水面進行水下工作，而在飽和水份的土壤中修建建築物時，還不適用。

但是除了歷史意義外，潛水鐘又是原始形狀的沉箱，也有相當的用途，比如所謂可撤式沉箱，就可以看做是大的，設備完善的潛水鐘。

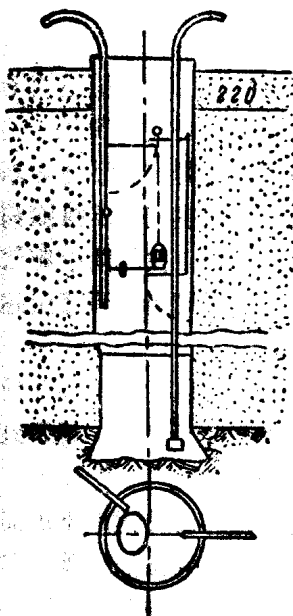
1851年時，為了建筑基礎，初次採用了利用壓縮空氣下沉的气筒。其下沉的步驟如下：在气筒的上部，安裝有气閘，其作用是把充滿壓縮空氣的筒內與大氣壓力的筒外兩空間溝通起來（第2圖）；筒內不斷地壓入壓縮空氣，壓縮空氣把水排除筒外，筒內工人挖掘的土壤，用吊桶提昇至气閘，在气閘中將气压徐徐降低，然後傾棄到外邊去。工人們進出气筒都須經過这个气閘。

使用壓縮空氣下沉直徑不大的气筒成功以後，促進了這種方法的繼續發展，因此在修建桥梁的一个墩台時，就使用了直徑為11公尺，高30公尺的較大的气筒。

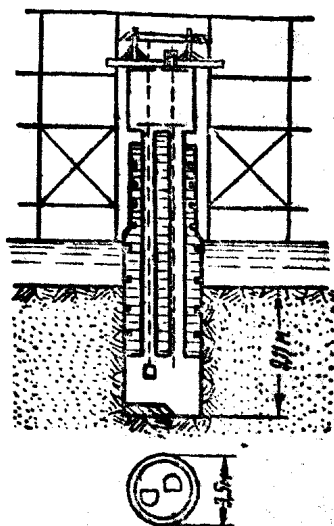
气筒的筒體一般是一節一節連接而成，由於逐漸下沉而逐漸接長，但是在每次接長時，均須拆卸有气閘的上部頂蓋，從而要使工作停頓。此外当气筒周圍的面積很大時，經常从縫隙中漏出壓縮空氣，最後由於筒體的重量不大，而與土壤的摩擦力則很大，結果，在下沉時照例需要附加荷載。所有这一切情况都大大地增加了工程價值。

1856～1858年這段時期中，在俄國初次使用了管式沉箱建筑基礎，也就是建筑跨越考夫諾的聶曼河上桥梁所用的方法，徹底地克服了上述气筒下沉方法的缺點，實際上建筑的沉箱，即是現

时所了解的情形（第3圖）。这种下沉的气筒是用頂盖把它分成兩部份，下部份为工作室（沉箱本身），利用升降筒与上部份——气閘相通。用这种結構，筒体在接長时，就不需要中断工作了。將空气直接地輸送入工作室內，而升降筒的筒口用气閘的活門盖住，这样在升降筒進行接長时，沉箱工作室內就不致進水淹沒。升降筒的四週有水注滿，这样就可減少各節連接不嚴密地方的漏气現象，此外，水还是添加的重量（附加的荷載），也能帮助克服筒体与土壤的摩擦力。



第2圖 1851年沉入含水土壤中所用的
帶气閘的气筒



第3圖 考夫諾的聶曼河桥梁所用的第
一个沉箱（1856—1858年）

下沉完畢后，工作室在壓縮空气状态下灌注混凝土，当混凝土凝結后，把頂盖以上的水抽出，拆除頂盖及升降筒，而在正常气压下，在气筒內砌筑圬工。

因此，在考夫諾桥梁的修建中，基本上就已經具备了現代化

沉箱的主要特点：即是有了工作室，升降筒，气閘等主要結構部份，而这些部份都是各种沉箱所应具备的。

因此可以說首先創造沉箱的是俄國工程師們。

修建基礎所用气压沉箱的方法，一直到現時为止，就像在考夫諾桥施工中所用的方法一样，而后來更改進为帶有固定頂盖及不断地砌筑沉箱上部圬工。

近年來沉箱內的土壤都採用吊桶通过气閘运棄的方法（这是最基本的，一般常用的方法）。此种方法是循环地运棄土壤，而在通过气閘时，並損失压缩空气。

还可以列举很多其他被採用的，不間断运棄土壤的方法；其中大多数在土壤运出气閘时，压缩空气都是不受損失的。茲列举这些方法如下：

1. 从开口的升降筒里用挖土机排除土壤；
2. 用吹土法排除土壤；
3. 用空气吸泥机排除土壤；
4. 用抽泥泵排除土壤；
5. 用水力吸泥机排除土壤。

在談到这些方法的时候必須指出，其中一部份已具有悠久的历史，如挖土机排除土壤法，吹土法或水力吸泥机排除土壤法；也有一些方法是近來才採用的，如空气吸泥机或抽泥泵排除土壤法。但是由於使用吊桶，在修建沉箱基礎的工作中是根深蒂固的，所以虽說上述比使用吊桶有好多的优点，但还没有被广泛地採用。

茲将从沉箱工作室內排除土壤的这些方法分述於后。

1. 从开口的升降筒內用挖土机排除土壤

从开口的升降筒內用挖土机排除土壤的步驟如下：通过沉箱頂盖，在沉箱上部圬工的上面安設有开口的升降筒，使筒的下部稍低於沉箱的刃脚，並伸進小坑內。升降筒內应經常有水灌滿，

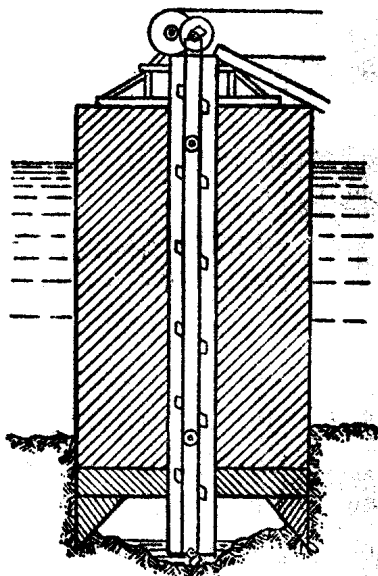
其水面与河水水位相平。此时，升降筒中的水柱压力均衡着沉箱工作室內正常的大气压力。在这种設備下，沉箱工的工作为挖掘土壤，並將土壤抛至升降筒下口的小坑內。从小坑再使用直昇鏈斗傳送机及攪土机把土壤运出（第4圖）。

可是这种方法沒能得到廣泛的应用，因为此法对在沉箱內工作的人員危險很大。

有时由於某种原故，升降筒的水位降低了，或工作室內的大气压力提高到大於靜水压力时，則在这种情况下，空气可能由升降筒漏出，因而使沉箱遭水淹沒。在修建桥梁时，曾發生过这种情况。

由升降筒向外运棄土壤及工作停止时，會發生空气压力与水压力不平衡的現象。由升降筒向外运棄土壤时，斗在提昇土方的同时，也把升降筒中的水帶出一些，因此升降筒里的水位就下降了。由於水柱的高度不够，對於空气來說，升降筒就成了阻力最小的地方，空气就經由此处漏出。因而沉箱內的压力就急剧下降，結果水就淹沒了工作室。工作停止时，升降筒內水的比重，最初要比清水的比重大，因为当斗提上土壤时，掉下許多土壤顆粒，这些顆粒都落在水中。但当这些顆粒在水中停留不多久而开始沉淀时，水又澄清，比重也就恢复了正常。这时候就又像第一种情况那样，升降筒成了空气阻力最小的地方。

因此，在工作停止及工作正在進行时，应不断地向升降筒內



第4圖 用挖土法排除沉箱工作室內的土壤

注水，以保持应有的平衡。这种方法因在施工上不太安全，不能採用，只可做為歷史資料供我們參考。但是不久以前(1936年)，曾一度試圖重新採用这种方法。有一个外國的公司曾建議增添一種設備，好像借此設備就能够提高此方法的安全性，建議的內容如下：在沉箱上部圻工中埋設水平管子，使升降筒与沉箱外圍連接起來。因此，升降筒內水位就与沉箱外面的水位相平了。此外，並建議升降筒下部在小坑水位以下安設气管，以便將沉箱內多於正常气压的空气及小坑內由於水位一度降低所產生的多餘的空气排除於升降筒，而恢复升降筒內水柱压力与工作室內空气压力的平衡。

按該項裝置的本質來說，可以看出它有一定的使用範圍，即僅在露天水面下沉沉箱時才可使用。当筑島下沉沉箱或由地面下沉沉箱時，上述建議不能解决在升降筒中自动注水的問題；因为一方面，由於气管有被土壤堵塞的可能，另一方面，即使气管不会被土壤堵塞，但進入升降筒內的水可能不够快和不及時。所以上述方法也不能介紹应用，因为沉箱工作室內安全施工的問題，並沒有得到解决。

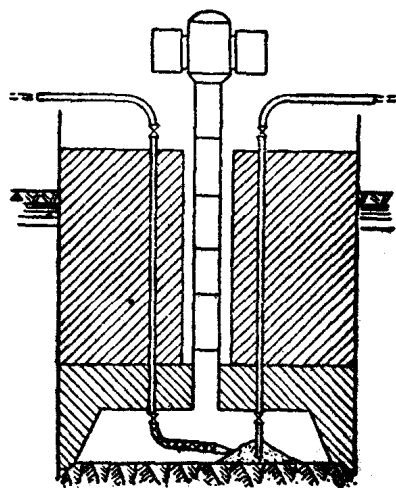
2. 用吹土法排除土壤

从沉箱工作室中排除松散土壤的吹土法，即是在沉箱圻工中埋入一个或数个 37~125 公厘的管子，其数目根据沉箱的面積确定之（第 5 圖）。

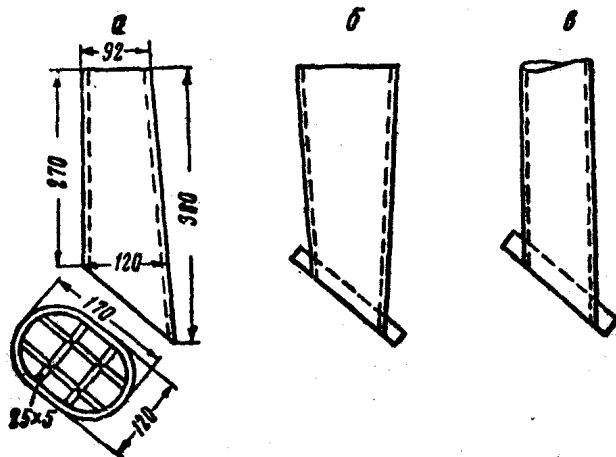
这些通到沉箱內部的管子，其端部安裝有軟橡皮管，軟橡皮管的端部裝有吸嘴或裝有帶橡皮嘴的鉄管，橡皮嘴的位置高於沉箱刃部 0.5 公尺。在沉箱頂蓋及沉箱上部外面安裝有閘門。利用這項閘門來調節吹土的作業过程。在垂直管子的上部接有平順的彎管及水平管子，以便將土壤排除於沉箱以外；隨着沉箱的逐漸下沉，而將垂直管子接長。

吹土法的作業过程如下：一名工人站在閘門地方，另外一名

工人操縱軟橡皮管，其餘沉箱工此時就把土壤送到吸嘴的地点。接觸着吸嘴的土壤被壓縮空氣抽進管中，並吹出沉箱以外。設備的生產量及壓縮空氣的消耗量，不僅關係着空氣壓力的大小，而主要地還與操縱閥門及橡皮管的沉箱工的技術是否敏捷和熟練有關。因為工人必須掌握好進入管中空氣與土壤的混合物的必要濃度。不得將吸嘴埋入土中，因為如果土壤埋上吸嘴，管中進入的壓縮空氣量將不足，從而會使土壤貼



第5圖 用吹土法排除沉箱內的土壤



第6圖 吸嘴的形狀：

а——縮口的錐形吸嘴； б——敞口的錐形吸嘴； в——圓柱體形狀的吸嘴。