

水深測量的实施

胡家明編著

人民交通出版社

水深测量的实施

胡家明 编著

人民交通出版社

本書系介紹我国目前水运建設及運輸勘察部門一般水深測量工作的实施，特别是对于双大平板仪前方交会定位先进操作方法介紹較詳。此外对一般測深工具和仪器及其使用时应注意的事項；以及各种測深船艇（如机动測深艇，操縱机等）亦作了簡要的叙述。

本書可供水运、水利勘测工作人員，水运工程、運輸学校及測繪訓練班学生在实际工作及学习中参考。

水深測量的实施

胡家明 編著

*

人民交通出版社出版

（北京安定門外和平里）

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号

新华書店发行

公私合营慈成印刷厂印刷

*

1958年10月北京第一版 1958年10月北京第一次印刷

开本：787×1092 1/32 印張：1 1/2張

全書：28,000字 印数：1—2,560册

統一書号：15044-3040

定价（10）：0.18元

目 录

引 言	2
第一章 測深工具及仪器	3
§1. 測深杆	3
§2. 測深錘	4
§3. 魚形測深錘	5
§4. 迴声測深仪	6
第二章 測深 船艇	9
第三章 測深工作的实施	13
§1. 双大平板仪前方交会定位法	14
§2. 双經緯仪前方交会定位法	19
§3. 一大平板仪一經緯仪前方交会定位法	20
§4. 双六分仪后方交会定位法	20
§5. 联合交会定位法	23
§6. 鋼索量距定位法	24
§7. 經緯仪視距导标定位法	23
§8. 一架仪器(經緯仪、大平板仪或六分仪)导标交会定位法	29
§9. 六分仪测定垂直角导标定位法	30
§10. 罗盘方位及時間定位法	31
§11. 不用仪器定位法	32
§12. 扇形导标交叉定位法	32
§13. 冰上水深測量	34

引 言

水深測量是水運勘測工作中的一个重要項目，這門科學正在飛躍發展。蘇聯在這方面已取得了許多卓越的成就，如利用無線電定向測距儀配合新式迴聲測深儀、航空攝影配合新式迴聲測深儀進行水深測量以及新型水下探測儀器等等，就大大地為水深測量打開了廣闊的道路，提高了作業自動化程度及質量。尤其是在大規模水深測量中，它更具有重要的意義。隨着我國水運事業發展的需要，水運勘測工作也有了相應的提高和發展。作者鑑於專門介紹這方面的書籍還不多，因就個人直接從事水運勘測的些微經驗并參閱有關文件，將目前我國水運勘測工作中一般較常採用的水深測量實施作一簡單介紹。希望對水運建設及運輸部門的勘測工作者在實際工作中能有參考價值。

此外，關於測深比例尺的選用、測深斷面綫、測點間距的規定等，應取決於使用部門的具體要求，不能統一規定；平面、高程控制系統，整理圖板及制图等方面的問題，以及其他一些專門問題在本文中均不予以介紹了。

本文主要是介紹測深工作的實施，但考慮到測深工具、儀器及船艚等問題對測深工作有很大關係（如測深艇一般應具備的性能、操縱機的介紹推廣等），因而亦加以簡單敘述。

由於作者實際工作經驗及水平均很有限，內容取捨不當或錯誤之處在所難免，尚祈讀者指正。

第一章 測深工具及儀器

§1. 測 深 杆

一般水深在 5 ~ 6 公尺以內，如無其他困難時則以測深杆測深精度較為可靠。

測深杆由竹杆或木杆制成，直徑 4 ~ 6 公分，長度 4 ~ 6 公尺，亦有達 8 公尺者（作者在松花江勘測時，曾見蘇聯挖泥船隊所採用的木質測深杆可測 8 公尺水深）。測深杆長度的選用應根據測區的水深及流速情況來決定，如流速較大則不宜採用過長的測深杆，以免使用時發生危險。

竹制測深杆的缺點是因其本身具有彈性，在流速較大處測深時入水易致彎曲；而且往往因尖端較細，在底質細軟地區容易插入土中。木制測深杆則一般可以避免這些缺點，但應選用較好的木料制成。

測深杆下端須裝置一個重約 0.5 ~ 1.0 公斤、長約 6 公分的筒狀鉄靴——可用鉄或鉛制成，用螺絲固定在測深杆尖端，其作用一方面是借其重量使測深杆下沉，另一方面是保護測深杆，使尖端不因經常碰觸水底而損壞。鉄靴底部中空，以便測深時可以填以牛油，從水底採取底質表面土樣。

測深杆自鉄靴底端起向上每隔 1 公寸分別塗以紅色和白色油漆，為了使用時明顯起見，可在每公尺整數處變換為黑色及白色。測深杆以公寸為單位用黑色或紅色油漆書寫阿拉伯數字，如 0.5 公尺漆寫為 5、3.5 公尺漆寫為 35，這樣可減少誤讀公尺整數的錯

誤。为了避免測深杆使用时期过長而数字脫落，还可采用火烙方法。

§2. 測 深 錘

当水深超过 4 ~ 6 公尺时，一般測深杆則不能使用。如流速不太大而水深不超过 20 公尺时，一般可采用測深錘。

測深錘系由鉛錘和錘索組成。鉛錘重量視水深及流速情况而定（3 ~ 6 公斤之間），其形狀为多角錐形或圓錐形，上端較小，有吊环連接錘索。鉛錘亦有用鑄鉄代替者，但沒有鉛錘好。錘索由 10 ~ 12 股未上油的麻綫或棉綫擰成，直徑为 5 ~ 6 公厘。为避免和减少使用时錘索浸水后長度发生伸縮現象，所以新使用之錘索应先在水中浸 2 ~ 3 天，然后兩端掛牢，拉緊，并在其上悬挂重物，俟錘索干后（如此反复数次更好），即可作分划标记。

錘索作分划标记时，自鉛錘吊环处开始量起，这是因为在測深时鉛錘常全部或大部陷入泥中。分划时利用鋼尺，一般由 0 ~ 20 公尺，間隔为 0.2 公尺。在分划处应系扎以下各种鋸齿形皮帶头或色布条作标记。

1、6、11、16 公尺处系一齿皮帶头；

2、7、12、17 公尺处系二齿皮帶头；

3、8、13、18 公尺处系三齿皮帶头；

4、9、14、19 公尺处系四齿皮帶头；

5 公尺处系紅布条，10 公尺处系一个斧形皮帶头，15 公尺处系藍布条，20 公尺处系两个斧形皮帶头。每兩公分分划处系扎細的纜索标志。

凡使用測深錘时，每日出工前和收工后均应用鋼尺校核錘索長度，如有誤差則应記入測深手簿，以便进行改正，如誤差較大时則应予以重新分划。如錘索材料很好及制作得法，則一般誤差不会太

大。

測深時由於錘索受水流的沖移關係，故準確度不及測深杆。因在不同的流速及深度情況下，錘索並不完全垂直而有彎曲，故應根據需要進行彎曲改正。彎曲改正公式如下：

$$K = \frac{l_1}{l_2}$$

式中：K——錘索改正係數；

l_1 ——測深杆或其他方法測出的可靠水深；

l_2 ——測深錘測出之水深。

§3. 魚形測深錘

當水深超過 20 公尺以上而又沒有迴聲測深儀配備時可採用魚形測深錘測深。

魚形測深錘是由流綫型（魚形）測錘及錘索製成。測深錘用鉛鑄成（圖 1），重 30 公斤。但此種中型魚形測深錘只能測 40 公尺深度，如超過 40 公尺時則需使用大型魚形測深錘，重約 60 公斤。

為了保護鉛錘，防止與水底碰撞而損壞，故在前后應包以薄鐵片。

錘索系採用直徑 1.5~2.5 公厘的鋼索製成，中型魚形測深錘應不大於 2 公厘，大型魚形測深錘應不大於 3 公厘。

測深艇船尾應裝一絞車，錘索繞在絞車上。為了測出錘索的傾斜角（即錘索與鉛垂綫所形成的角度），可採用以下兩種量角器：

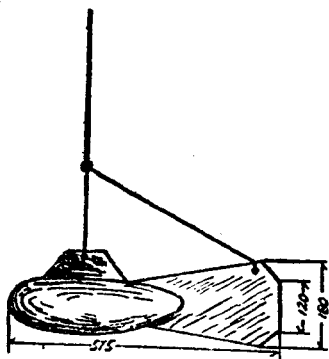


圖 1 魚形測深錘（單位：公厘）

1. 扇形量角器，是一塊在邊緣上刻有度數的扇形板，測深時根據鉛垂線在扇形板上所表示的角度即可讀出錘索的傾斜角；

2. 叉形量角器，形狀似叉，固定在測深艇船尾，可以在垂直軸上旋轉，錘索由叉隙通過，可在刻在叉上的度數讀出錘索的傾斜角。

用魚形測深錘測深時，錘索的傾斜角在深度 10 公尺以內時不應超過 20° ，10~20 公尺時不應超過 30° ，20 公尺以上時不應超過 40° 。

讀記放出錘索的長度，可以根據滑輪計數器或者錘索上的標記。

滑輪計數器應經常進行校正，至少每條測深断面綫一次。

魚形測深錘測深時不必每個測點均將測錘提出水面，而只須在接觸水底後略為提起即可。為了能準確地查覺測錘與水底接觸的時間，有的在測錘上裝置電流接觸器。

由於流速及水深關係，錘索在水中會發生沖移和彎曲，所以不能僅從放出的錘索長度與傾斜角來進行計算，尚需根據測錘的重量、船速、流速及水深等條件，按經驗方法編成專門的改正表進行改正。

§4. 迴聲測深儀

除了在淺水地區採用測深杆測深可以取得較準確的成果外，其他各種測深工具（如普通測深錘、魚形測深錘等）均不如迴聲測深儀精確。

迴聲測深儀可以用於流速及深度較大的地區。它可以連續不斷地施測水深，易於發現水底障礙物，在一定程度上更可保證測深質量，並且還可減輕測工的勞動強度，有時因工作需要晚上進行測深時亦很方便。它是目前最準確而且方便的測深儀器，惜價值太

昂。

迴声测深仪的基本原理是利用超声波自“发射振荡器”射出，以一定速度到达水底，然后又以同样速度反射回来，由“接收振荡器”接收；把声能变成电能并通过放大器放大后，传至指示器的氦气管或自动记录器的记录笔尖，根据超声波在水中的行进速度是一定的这一简单原理，由经历时间即可以在指示器或自动记录器中，自动显示或记录所测深度。

迴声测深仪的类型很多。一般的迴声测深仪由以下几个主要部分组成：1. 指示器或记录器；2. 激发器；3. 发射振荡器；4. 接收振荡器；5. 放大器；6. 电源。

迴声测深仪在显示深度上一般有兩種型式：一种是自动记录式，可以把水深情况利用自动记录器连续记录在纸上，操作时纸上也可以记上交会定点的符号，可供查考和保存；另一种为自动显示器，即把水深情况随时直接显示出来，但不能自记。对一般测量工作来说，应属前者较好，因可将记录纸作为原始记录而加以保存，供定位及检查时用。此外还有一种两者兼备的迴声测深仪。

在迴声测深仪发射和接收振荡器的安装上，亦有不同型式。一种是將发射和接收振荡器安装在船底上，此种型式最大的缺点是修理和拆卸不便，必须將测深艇“上坡”。另一种是在船旁架装的发射和接收振荡器，这种安装可根据需要便于拆迁。此外，更有一种轻便可携的型式，使用更为方便，连同迴声测深仪本身，可以随时装置在小艇或舢板上。

迴声测深仪的测深范围，可以根据需要加以选择。苏联近年出产的PЭЛ-1型、PЭЛ-2型等可以测量浅水的迴声测深仪，已经为苏联各水利、水运部门广泛采用，它的测深范围可自0.3~0.4公尺起，至20公尺。如果能仔细地操作、掌握，其测深范围可以达到0.2公尺甚至小于0.2公尺，在一般条件下，测深精确度可达0.1公

尺，甚至还可达到 0.05 公尺。

测深时测深艇船速一般可以控制在 12~15 公里/小时以内，当然，还要取决于交会定位可能达到的速度，太快则会使交会定位困难。

水中含沙量过大会影响回声测深仪测深的准确程度，因水中含沙量过大，发射出去的超声波并没有到达水底，而是由水中悬浮的泥沙处反射回来，当然显示出来的深度就不可能正确了。1954 年在长江某港洪水期进行测深时就曾发生过这种情况，所以在洪水期、挖泥船排泥管附近或在含沙量较大的河道进行测深时必须加以注意。

在选择船型时亦有一定要求，除应具有安装回声测深仪及其发射、接收振动器等设备的位置外，主要是船体应较稳定，以免在有风浪地区进行测深时船身摇摆太大，而影响测深的准确程度。

回声测深仪每次使用前后，应选择适当地区利用测深杆、测深锤或其他方法进行不同深度的校核。

回声测深仪应由专人负责操作和养护，必须根据该仪器所附说明书或仪器保养规则进行。

采用岸上交会定位法用回声测深仪测深时，曾有人提出自动定点打旗器的合理化建议，经试行颇有成效。过去测深时一人在船内管理、操纵回声测深仪，一人在船顶打旗，由于打旗必须与测深仪定点配合，而船上引擎嘈杂声使船内船外联系困难，容易发生错误。该建议系在船舱顶上装置支架，在支架上有一横圆柱，旗杆则套在横圆柱内，其下端联接于操纵杆，操纵杆通入舱内并在其把柄上装有定点电钮；测深时回声测深仪操纵人员可在舱内配合回声测深仪自动定点而操纵升降不同旗号。如此，可节省一个人力并且保证了测深质量。回声测深仪自动定点打旗器简单机械装置如图 2 所示。

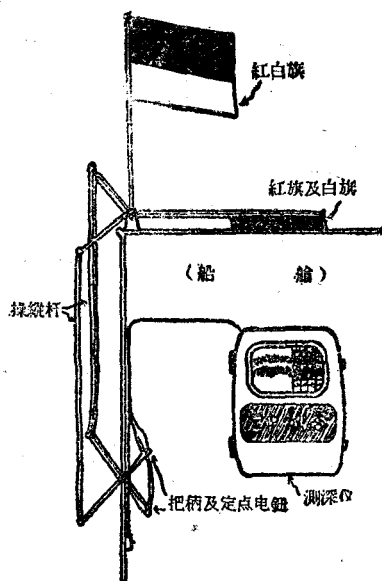


圖 2 通声測深儀自動定點打旗器示意圖

第二章 測深船艇

測深船艇並沒有适用于各种地区的統一規格及要求，而应根据測区的水深、流速、风浪、底質特性、測深範圍、河道寬度及測深方法等具体条件来选定。一般說来，采用机动船艇效率高，但在流速較小、工作量不大的測区或沒有机动船艇配备的条件下，亦可采用人力舢板或帆船測深。

人力舢板有兩人、四人或多人划槳的大小不同数种，長 4 ~ 5 公尺或 10 公尺左右，依流速大小来选定。主要的要求是船身較为輕便、穩定。由于采用人力舢板时多为人力測深(測深杆或測深錘)，

故在船首应有测深人员的操作位置而不妨碍划船工人的工作。

在某些情况下，还有必要采用橡皮船（例如在珠江上游南盘江进行测量工作时，主要是采用一种载重 600 公斤的中型橡皮船）以解决滩险、瀑布地区不能通过的困难，同时搬运方便可满足浅水地区测深的需要。

另外，还有些地区采用靠风力行驶的帆船来进行测深，它可以减少劳动强度较人力舢板工作效率高，同时还可节约机动船的燃料消耗。使用帆船须特别注意安全，因准确地沿测深断面线行驶，帆船较之人力舢板操縱困难。

机动测深艇一般以采用柴油机较好，馬力由十数匹、数十匹至一、二百匹不等。它可以利用普通机动船艇改装，亦可根据当地具体条件及需要专门设计建造。水运设计院曾委托有关部门设计建造了 60 匹及 160 匹馬力鋼壳（电焊）柴油机测深艇两种：60 匹馬力测深艇长 12.4 公尺、宽 3.3 公尺、吃水 0.7 公尺、排水量 9 吨、速率 8 浬/小时；160 匹馬力测深艇长 15.0 公尺、宽 3.4 公尺、吃水 0.9 公尺、排水量 15 吨、速率 9 浬/小时。

机动测深艇的要求，除一般机动艇条件外，应根据不同情况分别具备以下的条件。

1. 船体应较稳定（尤其是准备安装回声测深仪的测深艇）。

2. 船的吃水应尽可能小（一般为 0.5~0.9 公尺左右），否则在浅水地区或岸边测深时特受到限制，容易搁浅。喷水船的建造成功，相信今后可提供吃水达 0.4 公尺或更小的测深艇，而满足浅水测量之需。

3. 由于测深艇不像一般运输船只或其他各种工作船只那样可以选择安全的航道航行，而是经常航行于礁石、浅滩地区，推进器及舵叶容易被碰损。为了防止碰损及水草卷入推进器而影响行驶，故必须在推进器及舵叶前端或周围安装防护托、防护架。但需注意，

不能因之而增加船艇的吃水。

4. 測深艇因工作性質关系，往往不可能完全避免推進器、舵叶發生碰損情况。因此，除了應配足备件外，在船体設計上還需考慮到在野外船艇不必“上坡”而可以進行推進器、舵叶修理或更換的条件。

5. 在船壳的必要部分，應以鋼板加固（不論系鋼板或木質船壳）。船內如有可能應為水密隔艙，或多裝空氣箱。

6. 駕駛台四周應有良好的通視条件，以便駕駛人員隨時可以根據測深断面導标方向確定和修正航向。

7. 為了適應測量工作的需要，駕駛和司機工作應更好地配合，最好駕駛人員能直接操縱引擎，而一般不採用車鐘或車鈴。

8. 在船艙內及甲板上應有足够的作業地區，並且應具有根據測深方法需要而安裝迴聲測深儀及其固定式或移動式振動器的条件。

9. 有時測深艇為了適應扫床、扫海測量需要，在船尾部還可考慮類似拖輪一樣：干舷較低，后甲板地位較寬闊、平坦不妨礙收放扫具等操作，同時為便于在扫測過程中有利於船艇的操縱，還應具有專用拖鈎，以避免拖纜等被打在推進器或舵叶上。如果有条件時裝上機械絞盤對大型扫海更為有利，因這樣既可保證工作效率、安全，同時又可大大地減輕體力勞動。

10. 根據具体情况，測深艇還可考慮配備帆蓬及木槳等設備，以便在停工時（如收工順風或順流返回駐地時）可以利用風力或人力以節約燃料。

除一般機動測深艇外，尚有一種操縱機，過去几年中曾利用此種引擎對水運勘测工作起了一定作用，在一定条件下是值得介紹推廣的。

操縱機又名船外馬達（俗稱磨盤機），是一種可携式小型汽油機，由數匹馬力至十數匹馬力不等，一般有垂直式和傾斜式兩種，它

有以下一些特点。

1) 体积不大，一般一人或兩人即可搬动，可以随时安裝在普通舢板上进行工作使用非常簡便。本身即可起着舵的作用，不必另行裝舵。当停止工作或轉移工地时可以随时卸下或裝車、裝船运输，到达另一工地后安裝在舢板上即可应用。

2) 一般工作量較大的淺水地区，使用人力舢板工作效率太低，而机动船艇又因吃水过大受到限制；所以在淺水地区进行測深工作，以采用操縱机最为适合，可以提高工作效率。

3) 投資較小，一般机动船艇造价較高，而操縱机本身价格較低，船身亦不必另行建造，仅采用一般舢板或略为改裝即可。

4) 操縱机管理方便，一般机动船艇，駕駛及司机工作至少需要兩人分別管理，而操縱机如操作熟練，一人即可担任；而且由于操縱机較一般引擎簡單，其使用及修理較易掌握。

但是在使用中必須給以更多的照料和妥善的保养工作。因此，操縱机亦有一定缺点，如行駛中不能倒退，停車后再行发动必須重新搖动把手或拉繩等等尚須加以研究改进。

1955年在黃河中游航运规划測量工作中曾使用匈牙利操縱机，將該机裝在7~10公尺長的舢板上作为測深艇及交通艇使用，同时还能拖曳宿舍船、材料船轉移工地。在当地条件下，人力舢板在效率、質量上不能滿足要求，机动船艇因吃水限制不能行駛，而該操縱机則發揮了极大的作用，完成了任务，大为勘测人員所贊許。

該种匈牙利操縱机 (Delphine—台尔芬) 系汽油机，四个汽缸、30匹馬力、長4.04公尺、寬0.78公尺、高0.55公尺、重121公斤。

这种操縱机是傾斜式的，由舢板尾部斜伸入水，在工作中遇到障碍或擱淺时可以立即將机尾由水中提出（但必須及时停車，以免损坏机件）。

行駛时机尾推进器部分应在水面以下20公分左右，如行駛速率过大时則应加深为20~40公分。

在流速較大地区施測橫断面水深时，此种較大型操縱机最好由兩人照料掌握，必要时一人从旁协助，以免发生危險。

图3系匈牙利 Delphin 操縱机使用时的情况。



圖3 在使用中的匈牙利操縱机

第三章 測深工作的实施

測深方法是沒有一种能在任何地区、任何条件下都是完全合适的。所以，一般應該考虑到测量的目的性、精度要求、測图比例尺大小、測区范围大小、河道寬度、水深、流速、风浪、測深船艇和工具、以及測深仪器的配备情况等多方面的因素来适当选择的。本章系分节叙述目前我国水运勘测工作中一般較經常采用的測深方法。这些方法在具体实施过程中，有时也可視具体条件予以混合使用，灵活掌握。

§1. 双大平板仪前方交会定位法

这是一种苏联先进测深法，系作者于1951年在松花江随苏联测量队进行测量工作时由苏联测量队介绍到我国的。以后曾在我国长江中、上游航道引水图测量工作中加以推广应用；1953年底，交通部航道技术研究班对这一方法又进一步加以肯定，并由参加该班学习的人员分别带到各单位广泛推广应用。据了解目前已有不少航道工作单位采用了这个方法并收到了很大效果。

本节除介绍这一先进方法外，同时对于与此有共同之处的一般测深方法亦合并叙述之。

双大平板仪前方交会法系在两个平面控制点测站上，分别架设一架大平板仪，根据测深时测深艇的旗号进行同时交会以确定测点位置的方法。

这个方法特别适用于一般内河航道，于宽度为2公里左右，比例尺小于1/1,000测深时采用。在外业工作上可以减少两个记录员，因采用经纬仪前方交会定位法时，一般除负责观测仪器的测量员外，还需要配备记录员（尤其是采用机动测深艇和配备回声测深仪，测深进度较快时），而大平板则仅需较熟练的测量员一人即可。而且由于交会方向线在野外就显示在图板上，较易于发现错误。最主要的优点是在内业工作效率上较一般双经纬仪前方交会定位法可提高100~200%以上。其缺点是沒有原始记录，查对不易，另外，如欲将测图比例尺放大时会有困难或降低了精确度。虽然如此，但终不失为一般内河测深的一个值得大力推广的先进方法。

采用这种方法进行测深所需主要仪器是两架大平板仪及全套测深设备。

这个方法的具体步骤如下。

首先将已经布设并确定了坐标的平面控制点，按分幅规定照作