

測流建築物

苏联 В.И. 戚伯塔列夫等著

水利电力出版社

測 流 建 筑 物

苏联 В.И. 戚伯塔列夫 А.Р. 斯庫耶著

黃 潤 韶譯

水 利 电 力 出 版 社

В. И. ЧЕБОТАРЕВ А. Р. СКУЕ
ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАД 1954

測 流 建 筑 物

根据苏联水文气象出版社1954年列宁格勒版翻譯

黃 潤 韶譯

*

983 S225

水利电力出版社出版(北京西郊科學路二風溝)

北京市書刊出版登記證出字第106号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本*13 $\frac{3}{4}$ 印張*298千字*定价(第10类)1.90元

1958年8月北京第1版

1958年8月北京第1次印刷(0001—1,800册)

前 言

本書指定作为水文气象中等技术学校“測流建筑物的建造”課程的教材。同时对于那些利用測流建筑物来研究河川徑流的工作人員來說，本書也有指导实际工作的价值。

書中着重論述了各种測流設備的計算和建造。此外也論及有关測流設備型式的選擇和建造各种測流設備前所必須进行的勘測工作等問題，并对建筑材料、施工和建筑物的使用作了闡述。書中也介紹了一些材料力学、水力学和水工学方面的理論知識，以便論証或更好地說明在計算中所采用的各种公式。

A. P. 斯庫耶編写了本書的緒論、第一章、第五章（§34除外）和第六章中的 §37—41。其余各部分都是由 B. И. 戚伯塔列夫編写。

目 录

前 言

緒論	5
----------	---

第一章 各种測流建筑物的一般特征說明，構造上

原則性的描述及其应用条件	9
--------------------	---

§ 1 測流便桥、測流纜車和測船	10
§ 2 量水建筑物	14
§ 3 自記水位計裝置及水尺	19

第二章 設計所需的原始資料及設計書的編制程序

§ 4 建造測流建筑物河段的查勘与選擇	21
§ 5 地形勘测工作	22
§ 6 地質勘测工作	24
§ 7 水文資料	27
§ 8 設計程序及設計書的內容	28

第三章 建造測流建筑物时所采用的建筑材料

§ 9 建築材料的物理力学性能	30
§ 10 土壤	33
§ 11 石料	37
§ 12 礦物質膠結材料	40
§ 13 混凝土和建築沙漿	45
§ 14 木材	52
§ 15 金屬建築材料	59
§ 16 防水材料	63

第四章 建筑物强度和稳定性計算的基本知識

§ 17 計算的目的和方法	67
§ 18 拉伸	70
§ 19 压縮和挤压	77
§ 20 剪切	79
§ 21 弯曲	88
§ 22 偏心压縮	102

§ 23	混凝土和钢筋混凝土構件的計算	105
§ 24	桁架	111
§ 25	建築物穩定性的計算	114
第五章	水力学和水工学的基本知識	123
§ 26	測流建築物水力計算的要點	123
§ 27	測流建築物水工計算的要點	125
§ 28	計算測流建築物過水能力時應用的水力学公式	127
§ 29	據以計算出水河床尺寸的水力学公式	132
§ 30	出水河床水力計算示例	133
§ 31	河床冲刷的驗算	136
§ 32	計算上下游水面銜接及選擇消能設備時應用的水力学公式	138
§ 33	上下游水面銜接計算示例	143
§ 34	壅水建築物上游變形影響的估算	148
§ 35	水工建築物基礎下面地下水的滲流和運動理論方面的簡要知識	154
§ 36	沿底滲流直綫法的水工計算	156
第六章	測流建築物的構造和計算示例	161
§ 37	關於選擇測流便橋和渡口位置時的一般考慮	161
§ 38	單孔梁式測流便橋的構造和計算	162
§ 39	多孔梁式測流便橋的構造和計算	179
§ 40	測流吊橋與纜車的構造和計算	185
	測流吊橋的構造和計算	185
	測流纜車的構造和計算	204
§ 41	測船過河設備的構造和計算	263
§ 42	水尺裝置	221
§ 43	控制河床	230
§ 44	河底控制	240
§ 45	檻式控制	249
§ 46	測流壩	254
§ 47	溢流堰	265
第七章	建筑施工	288
§ 48	土工	289
§ 49	石工	299
§ 50	混凝土和钢筋混凝土工	303

§ 51	木工和樁工	312
§ 52	金屬工	321
第八章	測流建築物的運用	325
§ 53	建築物運用過程中產生的主要缺點及其消除措施	326
§ 54	建築物冬季運用	330
§ 55	測流建築物的檢定	334
参考文献		337
附 录		338
1.	根据水泥标号, 混凝土标号和龄期而建議的水灰比 $\frac{B}{H}$	338
2.	人工澆筑混凝土的配合比	338
3.	金屬的容許应力	338
4.	断面的慣矩和抵抗矩 (断面率)	340
5.	梁在各种載荷情况下梁的支座反力及弯矩	341
6.	無側收縮矩形溢流堰的 $\sqrt{2gH}^{3/2}$ 值及流量系数 m 值	342
6 _a .	通过直角三角形溢流堰的流量	343
7.	求梯形河床临界水深的曲綫圖	344
8.	求梯形出水河床中收縮断面处水深的曲綫圖	345
9.	求梯形河床中产生水躍时共軛水深的曲綫圖	346

緒 論

为了順利解决苏联共产党第十九次代表大会在水利工程建設方面所提出的任务，以及滿足苏联各个国民經济部門的当前需要，这些都將涉及到国家水利資源的利用問題，也只有在系統地研究水利資源的基础上，才可能解决这些任务。

研究水道的情势首先 必須測定流量。为此而进行 的野外測流工作，需要应用各种仪器和用具，并建造專門工程設備，即所謂測流建築物。

測流建築物可分为兩大类：1) 借以进行野外測流工作的建築物；2) 完全或在一定程度上起量水作用的建築物。

屬於第一类的是：測流便桥、測艇、測流纜車及測流渡船。屬於第二类的是：溢流堰、測流斗槽和控制断面。

第一类建築物应用于借流速仪測流的河上。第二类建築物应用于小河上。在这些小河上，水量变化比較显著，而流量則較小，因而不便于或無法使用流速仪來測定流量，只有利用溢流堰、測流斗槽或控制断面才能經常測定这类小河的流量。

在大小河流上充分广泛地使用自記水位計裝置水尺。

另有一类在本書中不予討論的測流建築物，是徑流試驗場的建築物：用以計算来自各土層之地下逕流量的配有專門設置的地下水井、量水池等。

应用測流建築物的历史是与水力学研究工作的發展（水力学在一定程度上是水文測驗学的理論基础），以及水利工程和水位觀測工作的發展相联系着的。提到水力学的發展，首先應該指出，俄国早在十八世紀就在这方面进行了極其重要的研究工作。例如1760年俄国偉大科学家M. B. 罗蒙諾索夫曾發表了有关水力学的許多重要著作，其中包括有《論物体固态与液态》。

《流体动力学或关于液体的力和运动的札記》一篇論文是达尼

尔·柏努里院士于 1725—1733 年間，在彼得堡俄国科学院編著并在 1738 年發表的。

在 M. B. 罗蒙諾索夫和 Д. 柏努里的著作奠定了水力学的理論基础后，又出現了一些在实际应用水力学方面的新著作。

1791 年在彼得堡出版了阿列克賽·卡尔梅柯夫的著作《通过管路、孔口或沿斜槽流过的水量，以及在該流速下的水流冲击力的計算手冊》，这个手冊还刊载了修建水磨和引水工程时机器体内所产生的阻力值的估算規則，在这本书中作者在批判地考虑世界經驗的基础上，特別对有关“流經三角形、梯形和圓形孔口的水量估算”等問題提出了若干实际建議，并引述了有关因流体与边壁面摩擦所引起能量損失的估算意見。

1856 年俄国工程师 B. 罗日科夫在“采矿杂志”的附刊中發表了一篇內容淵博的論文《論水力科学和冶煉事業，以及冶煉事業中所需設備的說明》。他在这篇專为測定河川流量而編著的論文中写出：

“在流量不大約为 10—40 立方英尺（但不超出此限）的小河流上，只要用木板修建一个临时圍堰，攔阻河流橫断面的一部分，并在其中間开一堰口，就可以很順利地直接測得流量”。

关于利用溢流堰来測定天然水道流量的可能性問題，是罗日科夫最先提出来的，因为在此以前溢流堰仅是应用于灌溉渠道內来計量水流，或主要在實驗室条件下使用。罗日科夫的著作可以說是有关水文測驗学的第一本实用指南（虽然它是为适应冶煉事業的需要而編著的），因为其中不仅对流量測定、而且說明河川情势及其他要素的測定一些方法都作了充分詳尽的論述。

湯姆生研究液体流經三角形銳緣堰口的实验直到 1861 年才实现，而巴青研究溢流剖面的实验在 1886 年才發表。

随着上述水力学研究工作的开展，河流上的經常观测工作也获得了發展。特别是由于公共财产部所組成的沼地排水（1873 年）和灌溉調查队；在俄国南部及高加索地区曾开始进行过小河流的水文观测工作，并已采用了某些最簡單的測流設備。

1913 年在外高加索的卡拉雅斯水利模型試驗站进行了理論公式的

驗證工作，以及測定梯形和矩形銳緣堰口流量系数工作，并且制造了适用于野外应用的銳緣堰。

在著名俄国水文学家Д. И. 柯切林領導的研究和改进克里米亞水利事業而建立的克里米亞水利查勘队的工作期間（1910—1916年），在俄国才第一次把溢流堰作为經常測定徑流量的專用測流建筑物来广泛应用。自組成水利查勘队以后到1917年为止，布設在克里米亞山区河流、干谷和小溪上的73个水文站中間，已有22处修建了溢流堰，16处裝設了測流斗槽，7处裝設了自記水位計，并有28处設置了裝卸式測流框架。在河床極不稳定的某些河流上筑有石檻护底。这就是今天大家熟悉的河底控制測流建筑物的前身。

近几年来用以測定徑流量的測流設備（主要是銳緣溢流堰已逐漸得到广泛采用。例如在1922—1928年間西北土壤改良实验站，曾利用銳緣堰来研究小水道及現有排水渠的流量，以确定徑流模数值。

1932—1935年列宁格勒水文气象局当对降雨徑流系数进行广泛研究工作时，曾采用設有自記水位計的銳緣溢流堰。

毫無疑問，克里米亞水利查勘队在应用專門測流建筑物（初次在克里米亞各河流上大規模建造測流建筑物）方面所做的工作，在实用上、在科学上都具有很大的意义，并促进水文測驗学进一步的發展。但必須指出，在1917—1945年間，河流上測流建筑物的建筑工程主要是布設測流断面，亦即裝置水尺、測流便桥、悬索和自記水位計。至于在小河上設置溢流堰、測流斗槽和控制断面等則做得很少。在1945年以后为了建立广大的小型水力發电站網而必須研究小河水情时，在苏联才开始比較大規模地建造这类測流建筑物。

目前在水文气象总局之下設有許多逕流实验站和水文實驗室（国立水文研究院的瓦尔达依水文科学研究实验站（ВНИГЛ），杜保夫水文實驗室，下捷維茨水文實驗室等）均有头等裝備的測流設備。

大部分測流建筑物（約50%）在苏联南部（烏克蘭、高加索和中亞細亞）；大約30%的測流建筑物在俄罗斯联邦的中部地区，波罗的海沿岸和別洛露西亞；另有20%的測流站均在西伯利亞和远东边区。悬索纜車和測流吊桥主要应用于苏联南部地区，而測流渡船和測艇則

主要应用于苏联中部和北部平原地区。

大部分量水设备（溢流堰、控制断面、测流斗槽）分布在乌克兰、高加索、俄罗斯联邦的中部地区、别洛露西亚和波罗的海沿岸。

水尺和自记水位计装置布设在苏联各地，而且其中很大一部分是设置在有量水设备的测站上。

近年来量水建筑物的设计和施工，在质量上均有所改进，旨在寻求最适用的量水设备理论研究工作也在向前发展。

从苏联学者和工程师们在这方面的许多研究工作中，应当指出以下几个人的研究成果：Г. А. 阿列克谢夫，提出了具有“同等精度”堰口形状的新式锐缘堰，就是说，堰口的形状允许在各种不同的水头下以同等精度测得流量；А. М. 辛可夫，最先提出测流装备根本性方案，分开计算天然水道的表面径流和河槽下径流；Н. П. 戚伯塔列夫，提出了曲线形的锐缘堰，足以使测流的范围稍为扩大，既可测大流量，也可测小流量。

还应指出В. И. 戚伯塔列夫关于对测流设备上游段对流量过程线变形的影响，及关于用溢流设备测定流量的精度问题的研究工作，以及А. Р. 斯库耶对设置在周期性干涸水道上溢流堰的静力作用问题的研究工作等。

瓦尔达依水文科学研究实验站的工作值得特别加以注意。在该站上建造了许多各种型式的测流建筑物（根据本书作者和工程师В. Я. 施维多夫等人设计）。

在这方面瓦尔达依水文科学研究实验站取得的经验，在苏联水文气象局系统下的测站网上，特别是建立下捷维茨和杜保夫径流站以及卡明草原观测站上，这三个水文气象局所属的巨型科研机构，曾广泛地加以使用。

第一章 各种测流建筑物的一般特征说明， 构造上原则性的描述及其应用条件

为了研究水利对象而选择测流建筑物的型式时，首先要看该建筑物的基本任务而定，即是说，要看它是一种为了适用于完成野外测流工作的设备，还是本身是一种量水装置。

前面已经谈到，在那些可用一般方法测得流量的河道上，就是可用流速仪逐点施测流量的河流上，则可在测流断面上安设测流便桥或悬索用以测定流量。在另一些河流上，由于它的水文情况特殊，一般测流方法不能适用时，可采用量水建筑物——溢流堰、测流斗槽或控制断面。测流建筑物类型的选择取决于一系列的条件，将在下面更详细地说明。至于应该遵循的一般原则可大致归纳如下。

测流便桥或过河索的型式，主要应视测流断面所在的地形条件与河流的最高水位而定，这些条件直接决定建筑物的跨度。但最大或最小流量不直接影响到测流便桥或过河索型式的选择。

如河宽（测流断面）在30公尺以下，照例采用刚性测流便桥。如河宽超过30公尺，宜于采用吊桥或缆车。如沿测流断面的河宽超出150—200公尺时，则一般采用渡船或测艇测量流量。

量水设备的型式主要应视最大和最小流量、河床特性及挟沙情况而定。如最小流量约为0.1秒公升，而最大流量约为1.0秒公方，且河流的含沙量不大，而河床的纵比降很大时，在这种条件下适宜于采用锐缘堰。如最小流量不低于6秒公升，最大流量不超过6—7秒公方，河流的含沙量很大，且河床的纵比降较小时，建议采用测流斗槽。

如河流的最小流量为15—30秒公升，河床不稳定，易于发生剧烈和频繁的变形，以致无法取得流量与水位之间形成的稳定关系时，应设置控制断面。

如水面縱比降很大（主要在山区河流上），宜于采用河底控制，若縱比降較小，可能由于下游河段的河床变化引起变动回水的影响时，則宜于采用檻式控制。

倘使流量的变化范围特別大，不可能利用上述建筑物中的任何一种来单独測定流量时，可采取各种量水建筑物組合，各种量水建筑物应能彼此相輔，并应在流量变化的整个范围内保証足够的測流精度。最常用的量水建筑物組合是控制断面与測流斗槽或溢流堰，两个溢流堰（一大一小）或两个測流斗槽上下順列等。

众所周知，水尺和自記水位計装置可設在任何水道上。自記水位計装置的目的为：1）在水位观测具有独特意义的河流上可以作为单独的建筑物；2）在水位观测本身并無独特意义，仅供計算流量之用的河流上，作为測流設備組合（包括溢流堰、測流斗槽等）的一部分。

以上各种建筑物的構造主要視河流的水文情况（水位变幅、湍急情况）及測流断面的地形而定。

在选用任何一种測流建筑物时，均应使其能在一定条件下，尽量滿足安全測流和操作方便的要求，以及在最低的工程費和管理費条件下，能保証每次測流所需的精度，并要求估出徑流量随時間变化的情况。

下面將就測流建筑物作原則性的說明，兼述及使用范围与对它們的要求。

§1 測流便桥、測流纜車和測船

測流便桥、測流纜車和測船的主要構件。每一座桥梁都要由跨間結構和墩座組成。跨間結構直接承受作用于桥上的載荷，并經由墩座將載荷傳至地基上。跨間結構的主要特征之一是計算跨度等于跨間結構在支座上兩支点間的距离。纜車和測船的承重構件是悬索。悬索跨越河流和支座兩端固定在特制的錨座上。纜車或測船則沿着悬索移动。

測桥通常分为梁式、桁架梁式、次梁撐架式等。这里只討論在水

文測驗工作中应用最广的梁式桥——單跨桥、多跨桥和吊桥。

單孔梁桥 單孔梁桥（圖 1）是由兩根或多根橫跨河流的梁（通

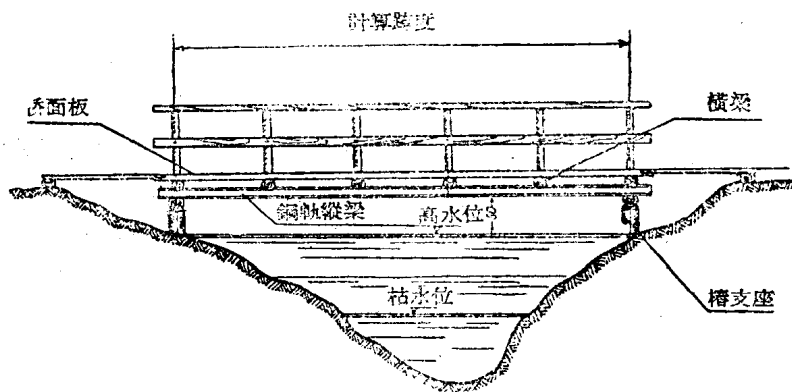


圖 1 單孔梁桥

常是兩面鋸平的圓木、槽鋼或鋼軌）造成。这种梁也称为縱梁，其兩端固定于岸边支座上（支座通常由木料或混凝土建造）。橫梁和桥面板則鋪設在縱梁上面。

如测桥跨度小于10公尺时，則多半采用單孔梁桥，因为象这样大的跨度，可用断面較小的木質或金屬整体性（非組合）縱梁来架設。

跨度較大时仍可采用單孔梁桥，不过这时要有足够長度的金屬梁才行，例如11—12公尺。

多孔梁桥 多孔梁桥与單孔梁桥的主要差別在于除了岸边支座外在河中还有一个或几个桥墩。多孔梁桥也如單孔梁桥一样可用木料、金屬或混凝土建成。它們可以是固定式的（即永久性的）或临时性的可拆卸的。

当需要在河寬（25—30公尺）、水淺（1—1.5公尺）的河流上架設测桥，但因某种原因不能采用吊桥时，可架設永久性的多孔梁桥。

可拆卸的多孔梁桥（通常帶有台架式桥墩）可在河灘淹水时期用作跨越淺水河灘的临时設施。

測流吊桥和纜車 吊桥由兩根鋼索、金屬吊桿、橫梁和桥面板組成。悬索橫跨河流架設在岸边支架的滑車上（与測流断面平行）。兩

根悬索的間距应等于所采用的桥面寬度。悬索的兩端牢固在河岸特制的錨座上。并在悬索上每隔一公尺的距离編上一根細鋼筋制成的吊桿。各吊桿的長度依照悬索的下垂曲綫定出。在吊桿下端連結木制或金屬橫梁，橫梁上鋪設桥面木板。悬索的垂度可用旋紧索（螺絲、拉条）加以調整。

纜車（圖 2）也和吊桥一样，是一根或兩根架設在岸边支架的滑車而橫跨河流（与測流断面平行）的鋼悬索。

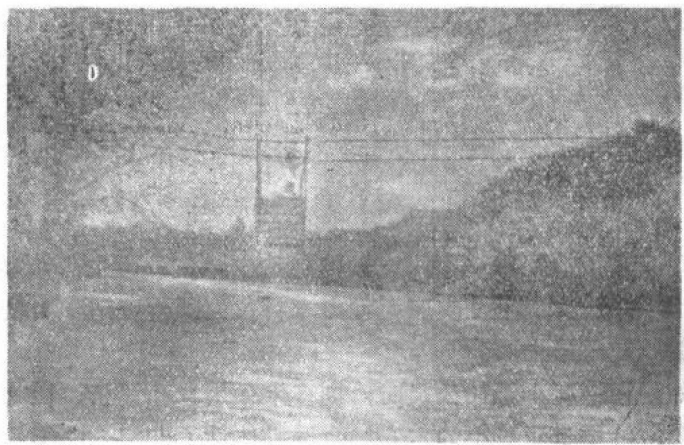


圖 2 双索纜車

悬索的兩端固定在錨座內。測流纜車用滾輪掛在悬索上，可以沿索移动。

測流吊桥和纜車建議用于 20—150 公尺的跨度。規定这个河寬限度的理由是当跨度大于 20 公尺时不一定可能采用次梁撑架式桥，而又不宜建造單孔梁桥或桁架梁桥，因为它们需要大量的桥墩，或者需要断面很大的組合縱梁，甚至还需要很多复杂構架。

就实施測流工作的条件而言，吊桥比纜車更为方便。但实际采用吊桥的可能性受到下列的一些限制：

- 1) 这是一种比較复杂和昂贵的建筑物，需用大量建筑材料；
- 2) 如建在居民区内，还須加以特別管理，不使成为公用桥梁，因为通常它們在設計中并不考虑这种使用条件。

纜車是比較簡單和廉价的建築物，但就進行測流工作的條件而言則不如吊橋方便。

建造吊橋和纜車時應以不妨礙河流的通航條件為原則。用吊橋最合理的跨度為60—80公尺，最多不過100公尺，跨度大於100公尺時需用太粗的懸索，使結構大大地加重；此外也使建築物的架設工作複雜化。纜車是比較輕型的建築物，因此架設的跨度可達150公尺，在個別情況下跨度還可加大。

如測流断面處河流的水深和流速很大，但可能佈置使纜車的底部離水面不超過2—3公尺時，建議採用單索纜車。如測流工作要在比上述情況更危險的條件下進行時，則應採用雙索纜車，這兩根纜索在水平方向平行（一左一右）或在垂直平面內平行（一上一下）（圖2）。如遇一根懸索發生意外拉斷的情況時，則按第二種方法佈置的雙索（一上一下）纜車具有更大的穩定性，不過需要的索徑較大。

測船和測艇 測船或測艇可由橫跨河流（平行於測流断面）的懸索牽拉，沿索移動以進行測流工作。懸索的兩端繞於固定在岸邊支座（通常是樁式的）的直立絞盤上。懸索的松緊程度可轉動絞盤來調整。

在不通航河流上，懸索經常拉緊於河面上；在通航河流上當船隻通過時，應將懸索吊到相當高度或沉到河底。

在寬度為300—350公尺以內的平原河流上通常採用測船，在那種情況下如修建吊橋或纜車在技術上是不相宜的^①。

有時在寬度並不太大的河流上，如果不可能採用測流吊橋或纜車，此時也可採用測船。

測流便橋和各種懸索設備應當滿足下列基本要求：

- 1）建築物應能保證測流工作的安全進行，即無論整個建築物或其組成部分應具有必要的強度和穩定性^②；
- 2）建築物應能使測流工作的進行獲得充分便利；
- 3）建築物應能保證長久的服務年限。

① 在更寬的河流上，測流工作是在用錨固定於測流断面內的輪船或小船上進行的。

② 為了防止由於建築物之超載而引起的事故，應在建築物的前面設立適當的限制標誌，表明可以同時停留在橋上、測船或纜車上的人、物數量。

同时应尽可能地使建筑物的造价低廉和構造簡單。

§2 量水建筑物

为了在小河上經常測得流量，可采用溢流堰、測流斗槽及人工控制断面等方法；后者又可分为河底控制、檻式控制和控制河床。

溢流堰 溢流堰是一座堵塞河道的牆壁，水經堰壁向下游漫溢，流經溢流堰的流量可用測量堰頂或堰緣上面水深的方法求得。

溢流堰的型式和結構。在測流实际工作中常采用自由的不淹沒出流的銳緣溢流堰^①。

按照开口形狀，溢流堰可分为三角形、矩形、梯形、拋物綫形和輻射形。

三角形堰中又可按頂角大小来区分。最常用的是頂角为 90° 的三角形堰，至于頂角为 120° 、 60° 、 45° 及 20° 的則比較少用。

矩形堰按溢流部分本身在整个擋水牆內佈置的不同，而分为有側

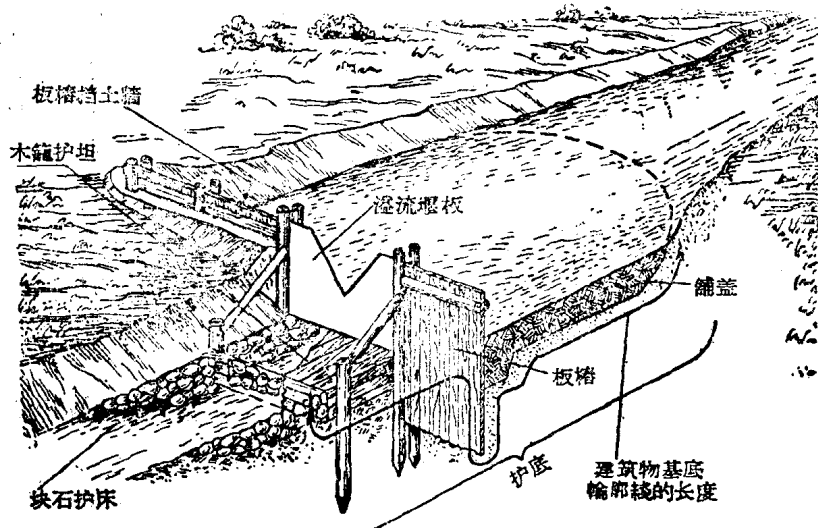


圖3 溢流裝置的主要構造部分

^① 所謂自由的不淹沒出流，是指經由堰壁下泄的水流，經常保證与大气相接触，而緊靠堰壁下游的水面低于堰頂。詳細情形可參閱第五章。