

高等学校教学用书

农业给水与土壤改良

A. Я. 卡拉布金 著
C. И. 穆腊舍夫

高等教育出版社

高等学校教学用书



农业给水与土壤改良

A. Я. 卡拉布金 著
C. H. 穆腊舍夫
韩 景 慈 译

高等教育出版社



本書系根据苏联国立农业書籍出版社 (Государственное издательство сельскохозяйственной литературы) 出版的卡拉布金 (А. Я. Калябугин) 教授及穆腊舍夫 (С. И. Мурашев) 副教授編著的“农业給水与土壤改良” (Сельскохозяйственное водоснабжение и мелиорация) 1955 年莫斯科版譯出, 原書經苏联高等教育部高等农业学校司审定为土地整理院系教学参考書。

本書譯稿系由东北林学院林学系杜淪聰同志担任校閱。

农 業 給 水 与 土 壤 改 良

А. Я. 卡拉布金, С. И. 穆腊舍夫著

韓景慈譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 号

(北京市书刊出版业营业許可証出字第 054 号)

商务印书館上海厂印刷 新华书店发行

統一書号 16010·123 开本 787×1092 1/16 印張 13 字數 269,000 印數 1—3,600

1958 年 8 月第 1 版 1958 年 8 月上海第 1 次印刷 定价 (10) 元 1.60

序

在社会主义農業中,土地整理照例是与灌溉或排水土壤改良、地方引水和農業給水同时进行的。所以土地整理工程师应该懂得土壤改良、引水和給水的基本原理和技术。

本書簡要地闡述了最普遍和最有前途的引水、灌溉、排水、土壤改良方法及農業給水方法的實質和采用条件。

土地整理系教学計劃中,沒有像水力学、水文測驗学、水文学和水文地質学这样的課程,而沒有这些課程的基本知識,就不可能研究土壤改良和農業給水。所以本書根据教学大綱,引述了上述課程的基本知識。

第1—19章是 A. Я. 卡拉布金教授写的,而第20—27章則是 C. И. 穆臘舍夫教授写的。

作者感謝 B. A. 舒馬科夫教授和莫斯科季米里亞捷夫农学院土壤改良教研組全体科学工作人員、对手稿的审閱和給予的很宝贵的指示与批評,作者并向 M. T. 利雅比歇夫編輯致謝和銘記安息的 A. A. 契尔卡索夫教授極為全面和有益的評論。

所有对本書的批評,請按下列地址投寄:莫斯科, Б-66, 第一巴斯曼街3号,国立農業書籍出版社。

作者識

目 录

序

緒論	1
----------	---

水力学、水文測驗学、水文学和水文地質学基本知識

第一章 水力学知識	4
第二章 水文測驗学知識	11
第三章 水文学知識	15
第四章 水文地質学知識	27

农业引水和給水

第五章 农业引水和給水的意义	36
第六章 水质和需水量定額	36
第七章 地面水的收集	40
第八章 地下水的集取	52
第九章 揚水设备	60
第十章 农业上水道	73
第十一章 草原、半沙漠和沙漠地区的引水	92
第十二章 下水道工程的簡要知識	101

排水土壤改良

第十三章 排水土壤改良的意义	104
第十四章 排水系統的調节部分	110
第十五章 排水系統的輸水部分	127
第十六章 容泄区的导治	136
第十七章 特种排水	139
第十八章 排水土地的开垦	141
第十九章 排水工程机械化和新的排水方法	143

灌溉土壤改良

第二十章 一般概念	147
第二十一章 灌溉系統的調节部分	153
第二十二章 灌溉系統的輸水部分	166
第二十三章 灌溉水源	180
第二十四章 机械揚水灌溉	188
第二十五章 灌溉时鹽漬化和沼澤化的預防办法	196
第二十六章 沼澤地的灌溉	198
第二十七章 土壤改良措施在預防和阻止土壤侵蝕和崩塌上的作用	200

緒 論

在苏联正在实现着一个进一步发展农业所有部門的广泛的工作計劃。

苏共中央委员会一月全体會議決議認為最重要的国民經济任务首先是發展谷物經济，保証在1960年以前全国谷物收获总产量每年不少于1000万普特。其次是在1960年以前使肉类、(各种)油脂和牛奶的产量比1954年多1倍，雞蛋多1.2倍，(各种)毛类多0.8倍。苏共中央委员会一月全体會議也同意了关于在1956年內至少扩大生荒和熟荒地上的播种面积2800—3000万公頃的决定。

进一步开展土地整理、农业給水、缺水(或几乎無水)地区的引水工作和灌溉与排水土壤改良工作，就与完成上列农业主要任务有直接的关系。

那末，用以提高农业生产率的这些土壤改良措施的实质和任务究竟是什么呢？

卡尔·馬克思对土壤改良的实质作了如下的說明：“所謂永久性的土壤改良——那就是要通过各种費去資本支出的操作来改变土地的物理性質，甚至部分地改变土地的化学性質，就可以当作合并在土地內的資本来看——几乎完全就是給某一塊土地，一塊位置已經确定并有限制的土地以另一塊位置不同并且往往就在近旁的土地天然已經具有的各种屬性。”^①

在社会主义农业中，土壤改良就被当为一种强化农业保証最高产量、而且不受不良自然条件和自發性自然力偶然現象所影响，使它服从于計劃体系的手段来加以实现。

土壤改良措施在技术任务上、主要是在土壤活动層內維持植物能發育良好所必需的相应最适含水量和保証有足够的热量和空气进入該層內。

在土壤中維持最适含水量和必要的温热、空气及营养狀況的目的，可以通过水利技术、农业土壤改良和农业技术等綜合的方法来达到。属于水利技术方法的是灌溉系統和排水系統。属于农业土壤改良和农业技术方法的是栽培技术的綜合措施和合理輪作制的采用。

共产党和苏維埃政府从苏維埃政权存在的最初日子开始就十分注意土壤改良問題。

B. И. 列宁远在1921年4月14日致阿捷尔拜疆、格魯吉亞、阿尔明尼亞、达格斯坦、哥里共和国共产党員同志的信中就已指出：“灌溉是最需要的，它最便于改造边疆，复兴边疆，埋葬一切旧的，而使向着社会主义过渡的事業巩固起来”。^②

在革命前的俄国，土壤改良措施發展得很緩慢。几百年內才在大約300万公頃的面积上进行了排水，而在大約400万公頃的面积上进行了灌溉。排水工作主要是在白俄罗斯和波罗的海附近的官办林場土地上进行，而灌溉工作則主要是在中亞細亞和南高加索进行。

在偉大的十月社会主义革命之后，土壤改良工作就得到了普遍的發展。根据 A. H. 考

① K. 馬克思，資本論，莫斯科，国立政治書籍出版社，1949年版，第III卷，第758—759頁。

② B. И. 列宁，全集，第4版，第32卷，第297頁。

斯加可夫院士的資料,到1950年,苏联的排水土地面积就已达到600万公頃,而灌溉土地面积則达到630万公頃。

苏联的土壤改良是按計劃發展的。大塊的土地就是它的对象。土壤改良的實現与許多社会主义国民經济部門——农业、动力工程、水运、漁業等部門的需要有关。

在过度湿润的地区內,沼澤、过湿矿質土壤和遭受淹沒或浸沒的农地就是土壤改良的对象,而在水分不足的地区內,則草原、半沙漠和沙漠地区的土地是土壤改良的对象。

水利技术和农业技术的綜合措施,应该确切地符合土壤改良地区的土壤和农作物的要求。

土壤改良的發展不但要依靠新渠道系統的建立,而且还要改良現有系統的利用狀況,提高經過土壤改良的土地的肥力并在这些土地上获得农作物高额而稳定的产量。

普遍地向具有临时灌溉渠的新灌溉系統过渡,就是在提高灌溉土地利用率方面的一个最重要的措施。

在提高农业生产率方面,除了排水和灌溉之外,地方引水和农业給水也起着巨大的作用。

所謂农业引水我們应理解为造成取水的可能性,或者說,創造补充水文網的水源、以便最有效地利用农地的建筑物和措施系統。所謂农业給水,应理解为取水、改良水質和及时供給农业用水需要的建筑物和措施系統。

在革命前的俄国,由于土壤改良事業發展迟緩,相应地使得土壤改良科学發展得也極为緩慢。

B. B. 多庫查耶夫教授在土壤改良科学上作出了巨大的貢獻。1894年,在他的领导下,組織了一支整頓俄罗斯草原地区水利和农业的調查队。直到1900年,調查队还在进行工作,并且研究出了提高农业生产和整頓水利的綜合措施。这个綜合措施包括了造林、农业技术和水利技术—土壤改良(其中主要是引水)等工作。

第一所水利技术—土壤改良高級專科学学校——莫斯科农学院工程分院,即現今之莫斯科威廉士水利工程学院,就开办于1894年。这一所学校在土壤改良的發展上起了巨大的作用。B. P. 威廉士教授和 B. B. 波达臘夫都曾在这所学校工作过,应该說,他們与 B. B. 多庫查耶夫同是土壤改良科学的奠基人。B. P. 威廉士研究出了一系列土壤改良与土壤学和农业問題相关联的根本原理。B. B. 波达列夫最先研究了在土壤改良方面的水利技术問題。

A. H. 科斯提亞科夫院士奠定了,作为一門科学的苏联土壤改良的现代理論基础,他的科学著作:“排水系統計算的基本要素”和“灌溉系統計算的基本要素及其研究”使土壤改良的科学研究工作开始普遍地發展起来,而他的名著:“土壤改良原理”(1951年第五版获得了斯大林獎金一等獎)則是苏維埃水利技术工作者和土壤改良学家最宝贵的指南。今天这一本著作已經成为每一个水利工程师和土壤改良学家必讀之書。

土壤改良理論与实践及农业先进生产者新成就的結合,对苏維埃土壤改良科学的發展有着巨大的意义。

在土地整理上,土壤改良的意义很大。应使农业土地的合理組織和正确輪作制的施行与水源的位置和土壤改良系統的建筑配合起来。

因此,土地整理工程师应该清楚地了解針对土地組織的土壤改良要求、并且能够用土壤改良的观点来进行农业用地的评价和懂得水利設施的原理。土地整理工程师只有懂得了土壤改良、引水、农业給水的原理,才能够使土地整理問題与水利設施問題相調协和清楚地說明土壤改良学家的任务。

如果没有各級灌溉渠道的布置設計,那末土地整理工程师虽然解决了灌溉区内的土地組織問題,但仍無法設計出各輪作面积和各輪作田塊的边界。所以只有在土地整理工程师对修筑各級灌溉渠道的基本技术要求都很了解的情况下,才能迅速和恰当地使土地整理設計各要素与灌溉設計相互配合。

根据同样的理由,土地整理工程师又应認識排水系統的实質和了解在过湿地区内各級排水溝道設計的基本技术要求。

土地整理工程师又应该在相当大的程度上懂得农业引水和給水的原理。

在开垦生荒和熟荒地的地区内,土地整理工程师便依靠自己对引水和給水原理的認識,会同土壤改良学家来解决各居住中心和农場中心、各个田間休息站等的布置問題。

水力学、水文測驗学、水文学和 水文地質学基本知識

第一章 水力学知識

論述液体平衡和运动的这一門实用科学就称为水力学。研究液体平衡定律的那一部分水力学称为水靜力学，而研究液体运动定律的那一部分水力学，則称为水动力学。

在水力学中区分出理想液体和实际液体。沒有質粒間的凝聚力，沒有摩擦和粘着性的液体就称为理想液体。所謂实际液体，就是指質粒間和質粒与容器边壁間有摩擦，以及有凝聚力和粘着性的这种液体。

在液体中有外力作用和內力作用。屬於外力的是：表面力（即貼附在表面上的力，例如施到液体表面上的大气压力）和体积力（即作用于液体全部体积的力，例如重力）。內力就是各質粒之間的相互作用力。

水靜力学的基本原理 理想液体对容器边壁的压力方向垂直于形成这些边壁表面的各个小面积。

理想液体在任一点上的靜水压力，在各个方向上大小相同。

按巴斯加定律，施加在液体自由表面上的压力向各个方向和各点傳遞程度均等。

在靜止液体任一点上的靜水压力，都等于施加到液体自由表面上的压力与液柱重量之和；液柱之底面积等于1个單位，而液柱的高度則等于該点在液面之下的深度。这个水靜力学原理可用下面方程式来表示：

$$p = p_0 + \gamma z, \quad (1)$$

式中： p —总靜水压力值，

p_0 —外力（大气压力），

γ —液体單位体积的重量，

z —該点在液面之下的深度。

根据这个方程式可以作出結論，如果不考虑大气压力，則施于底上的压力就等于。

$$p = \gamma z B, \quad (2)$$

式中： z —容器中液体的深度，或者說由表面至底部的距离，

B —容器的底面积。

如果斜壁重心在水面之下 z 处，同时斜壁与水平面所成的角为 α ，則長 l ，寬 b 和面积 $Q = bl$ （圖 1）的斜壁所受之靜水压力 p 等于斜壁的面积与斜壁重心在自由液面之下的深度

和液体單位体积的重量 γ 之相乘积:

$$P = \Omega \gamma z_0.$$

根据圖 1 得:

$$z = \frac{l}{2} \sin \alpha,$$

故

$$P = \Omega \gamma \frac{l}{2} \sin \alpha.$$

代入 $\Omega = bl$ 值, 得:

$$P = \gamma b \frac{l^2}{2} \sin \alpha. \quad (3)$$

圖 1. 斜壁上的靜水压力。

如果壁是垂直的, 則 $\alpha = 90^\circ$, $\sin 90^\circ = 1$, 因此

$$P = \gamma b \frac{l^2}{2}. \quad (4)$$

例如, 長 $l = 2$ 公尺, 寬 $b = 2$ 公尺的立式放水閘門上的总靜水压力就是:

$$P = 1 \times 2 \times \frac{2^2}{2} = 4 \text{ 吨}.$$

液体运动的种类 在水流任一点上流速和流向不随時間而变, 密度和压力也保持固定的这种液体运动称为稳定流。

相反的, 在不稳定流中, 水流的流速、流向以及密度和压力就都是会变的。

在某一定長度水流段上, 流速和流向都保持固定的流动称为等速流。

相反的, 在变速流中, 在某一定長度的水流段上, 流速和流向都会改变。

層流就是液体在水流中以各条平行的流束移动。

紊流就是以其各流束混乱無序和不相平行为特点。

液体运动定律 从物理課程中可以知道, 达尼耳·伯諾里针对理想液体元流束的稳定流导出了这样的一个方程式:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \text{常数}, \quad (5)$$

式中: z —元流束断面重心位置的高度,

p —压力(流体力学的),

γ —液体單位体积的重量,

g —重力加速度。

如果 $z + \frac{p}{\gamma}$ 之和是表示位能, 而 $\frac{v^2}{2g}$ 值是表示动能, 則达尼耳·伯諾里方程式可以表述如下:

在理想液体稳定流中, 同一流綫上任一点的位能与动能之和等于一常数。对实际液体元流束來說, 这个方程式則应写成如下形式:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 = H = \text{常数}, \quad (6)$$

式中: h_1 和 h_2 —损头,

H —总水头。

这个方程式的水力学意义可以通过下面一个例子来阐明。

假定有一个充水的水池(圖 2, a)。水从这池内流进断面随长度而变的 AF 管。

在水头的影响下,水便以随管长而变的速度沿管流动。

假定在管中有三个横断面 B, B, F 。

以 p_1 和 v_1 , p_2 和 v_2 , p_3 和 v_3 来表示在这三个横断面上的相应压力和速度,而以 z_1 , z_2 和 z_3 来表示这些断面重心位置的高度。在管上的这些断面处各各装上两支垂直的玻璃管子。其中一支叫测压管,是用来量度 p_1 , p_2 和 p_3 的,而另一支则叫畢托管,是用来量度該断面处的总水头的,这条畢托管具有弯向逆流一方的弯曲末端(圖 2, b)。

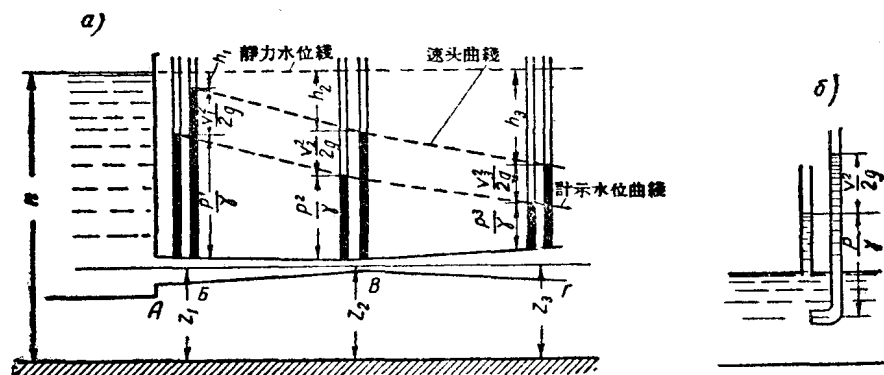


圖 2. 伯諾里方程式的推导圖。

当水沿管流动时,水便在测压管中上升到与 $\frac{p}{\gamma}$ 值相应的高度,而在畢托管中则上升到与 $\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$ 相应的高度。

由此可知,水沿 AF 管流动的结果,在 B 断面处测压管中的水位就比水槽中的水位低 $\frac{v_1^2}{2g}$ (速头) + h_1 (由水槽中流出时的摩擦损失)。

在 B 断面处,测压管中的水位就比水槽中的水位低 $\frac{v_2^2}{2g}$ (消耗在速度上) + h_2 (消耗在由 B 点到 B 点的管内摩擦上),而在测压管中的压力则等于 $\frac{p_2}{\gamma}$ 。按畢托管和测压管确定下来的 F 点的速头、损头和压力相应为 $\frac{v_3^2}{2g}$ 、 h_3 和 $\frac{p_3}{\gamma}$ 。

对水槽、测压管和畢托管中水位观察的结果,可以在圖中在槽内水位上引出水平线,即静力水位线,繪出各测压管标度的联结线,或称計示水位曲线和动力水位曲线并繪出各畢托管标度的联结线,此线称为速头曲线。

速头曲线与計示水位曲线之间的这些部分是表明速头 $\frac{v_1^2}{2g}$ 、 $\frac{v_2^2}{2g}$ 和 $\frac{v_3^2}{2g}$ 之值,而静力水位线与速头曲线之间的这些部分则表明损头值。

从圖 2, a 可以看出, 对任一水流断面來說, 元流束任一点上的四种高度(位置、压力、速度和損失)之和等于一常数, 即

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + h_2 = H = \text{常数。} \quad (7)$$

对整个水流來說, 达尼耳·伯諾里方程式可以写成如下形式:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_1 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_2 = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + h_3 = H = \text{常数} \quad (8)$$

式中: α_1 、 α_2 和 α_3 —系数, 它表示断面上流速分布不均匀对水流动能的影响。

在管内和断面小的水流中, 这个系数就很接近 1, 所以达尼耳·伯諾里方程式就与针对液体元流束导引出的方程式(7)相同。

壁上孔口出流 水通过容器的孔口流出, 容器中的水位借固定的来流来維持。造成出流的水头 H 不变, 它等于由液体自由表面至孔口中央的距离。

以 v_0 来表示与来流流速相应的 AA_1 水位上的水流初速, 以 v 来表示孔口出流的速度, 以 H 表示水位差(水头), 以 g 表示重力加速度并以 γ 表示单位体积水的重量。假定由水面 AA_1 至侧面孔口的水流是稳定流, 則我們可以针对这水流写出如下的达尼耳·伯諾里方程式:

$$H + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g},$$

式中: α —系数, 用以計算水流断面上流速分布的不均匀度。因为流速 v_0 很接近于零, 故可將它的影响略去不計, 因此:

$$H = \frac{\alpha v^2}{2g},$$

由此得
$$v = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \sqrt{2gH}。$$

如用 φ 来表示 $\frac{1}{\sqrt{\alpha}}$ 則得托里契里公式:

$$v = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (9)$$

式中: $\varphi = 0.97$ 并称为流速系数。

薄壁容器小孔流量公式 单位时间内从孔口流出之水体积 Q 等于底面积为 ω , 而高度相当于 v (流速) 的圓筒容积:

$$Q = \omega v。$$

按托里契里公式, 流速为:

$$v = \varphi \sqrt{2gH}。$$

將 v 值代入前式, 得

$$Q = \omega \varphi \sqrt{2gH}。 \quad (10)$$

試驗証明, 当液体从孔口流出的时候, 水流断面便縮小(圖 4), 并不等于 ω , 而是 $\omega_1 < \omega$, 所以

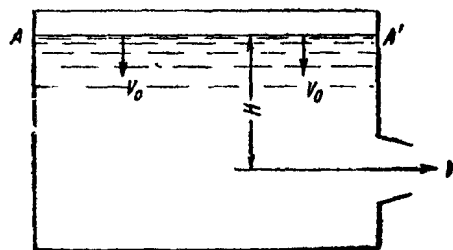


圖 3. 壁上孔口出流。

$$Q = \omega_1 \varphi \sqrt{2gH} \quad (11)$$

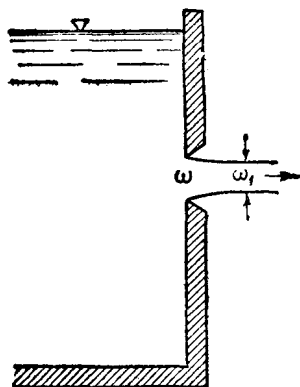


圖 4. 圓孔口出流。

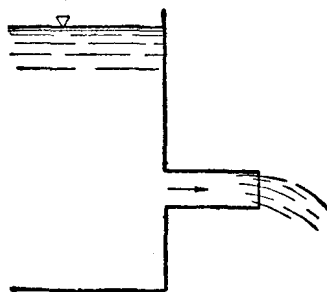


圖 5. 管嘴出流。

水流的收縮断面值 $\omega_1 = \varepsilon \omega$ ，式中 ε —收縮系数，它等于 0.64，將 $\omega_1 = \varepsilon \omega$ 代入(11)式，得

$$Q = \varepsilon \varphi \omega \sqrt{2gH}; \quad (12)$$

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (13)$$

式中： $\mu = \varepsilon \varphi$ —流量系数，或称出流系数，它等于 $0.64 \times 0.97 \approx 0.6$ 。將管咀接在孔口上(圖 5)，便能將 Q 加大，因为从管咀流出的水流不会收縮。

薄壁大孔口出流(圖 6)的流量公式是根据通过小長縫(高 dh ，面积 $d\omega = b dh$)流出的元流量 dQ 值导引出来的，按公式(13)

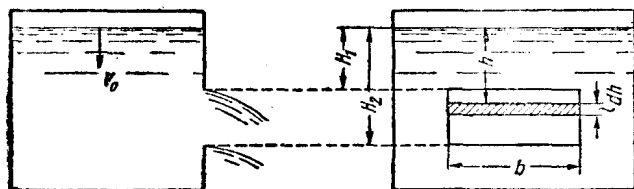


圖 6. 薄壁大型孔口出流。

得：

$$dQ = \mu d\omega \sqrt{2gh} = \mu b dh \sqrt{2gh},$$

同时可当 $v_0 \approx 0$ 。

在由 H_2 至 H_1 的 h 变化范围

内积分，得：

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} (H_2^{3/2} - H_1^{3/2}). \quad (14)$$

薄壁堰，如圖 7 所示。这种堰又称为非潜堰，在工程实践上采用得很普遍。假定(14)式中 $H_1 = 0$ ， $H_2 = H$ ，則可知过堰流量为：

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} H^{3/2}.$$

令 $\frac{2}{3} \mu = m$ ，并將 m 定名为堰流量系数，則

$$Q = m b \sqrt{2g} H^{3/2}. \quad (15)$$

m 值的变化范围为 0.41—0.47，詳見手册①。

① Н. Н. 巴甫洛夫斯基，水力学手册，莫斯科—列宁格勒，科学技术联合出版社 1937 年版。М. А. 莫斯特科夫，水力学手册，莫斯科，1954 年版。

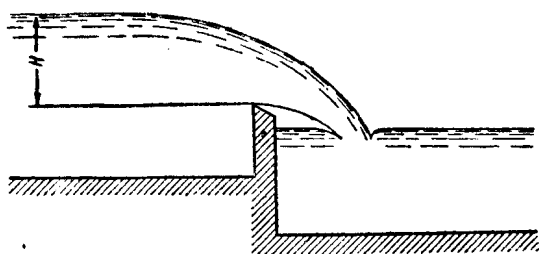


圖 7. 薄壁堰。

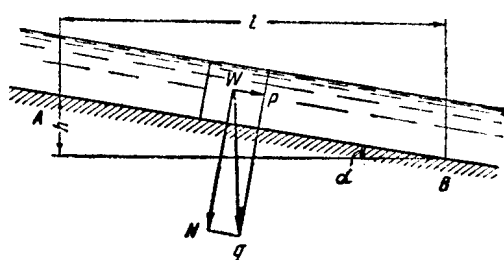


圖 8. 等速流公式推导圖。

明渠水流 假定在长度为 l 的 AB 河段上, 河槽横断面 (或称水流断面) 不变 (圖 8), 那末, 在这种情况下, 的水流流速也不变 (稳定流)。

A 点与 B 点的高差为 h , 故水流比降 $i = \frac{h}{l} = \operatorname{tg} \alpha$ 。

从水流中分出长度等于 1 个单位, 横断面为 ω 的水体积 W , 即 $W = 1 \times \omega$ 。这一水体积的重量为 G , 如果水的密度为 γ , 则 $G = \gamma \omega$ 。

将 G 力分成两个分力: P —与底平面平行并沿着水流河槽推动所分出之水体积 W 的分力, N —垂直于底平面的分力。根据圖 8, 得:

$$P = G \sin \alpha, \quad \text{或} \quad P = \gamma \omega \sin \alpha;$$

$$N = G \cos \alpha, \quad \text{或} \quad N = \gamma \omega \cos \alpha。$$

試驗証明, 水流的阻力与流速 v 平方, 湿周 p 和依河槽表面糙率及流速大小而定的两个系数成正比。若以 T 表示阻力, 则:

$$T = \alpha \beta p v^2,$$

式中: α —依槽底和边壁的糙率而定的系数,

β —依流速大小而定的系数。

由于在上述河段上的水流是等速流, 故移动力等于阻力, 因此可以写成:

$$T = P, \quad \text{或} \quad \alpha \beta p v^2 = \omega \gamma \sin \alpha,$$

由此得

$$v^2 = \frac{\gamma}{\alpha \beta} \cdot \frac{\omega}{p} \sin \alpha,$$

或

$$v = \sqrt{\frac{\gamma}{\alpha \beta}} \sqrt{\frac{\omega}{p}} \sqrt{\sin \alpha}。$$

令

$$\sqrt{\frac{\gamma}{\alpha \beta}} = C \quad \text{和} \quad \sqrt{\frac{\omega}{p}} = \sqrt{R}。$$

R 值称水流断面的水力半径。如果角度很小, 则可以把 $\sin \alpha$ 当为 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l} = i$ 。代入各值, 最后得:

$$v = C \sqrt{R} \sqrt{i}。 \quad (16)$$

这是一个用来确定明渠等速流流速的公式。

确定所谓流速系数 C 的公式有好几个, 例如有 H. H. 巴甫洛夫斯基公式:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}}, \quad (17)$$

式中: $y = 1.5\sqrt{n}$ (当 $R < 1$ 时) 和 $y \approx 1.3\sqrt{n}$ (当 $R > 1$ 时),

n —糙率系数, 它依水流河槽 (底和边壁或边坡) 种类和表面情况而定, 变化范围很大 (0.013—0.040)。

管流 在水头 h 的作用下, 水从水池内通过 A 孔进入 AB 管并再通过 B 孔自由流出 (图

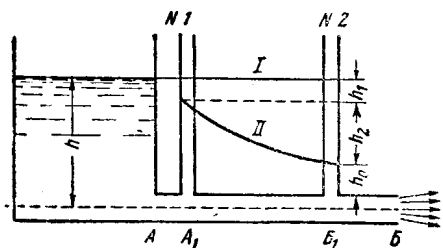


图 9. 水从水池沿管流出。

9)。观察了安装在 AB 管上的测压管 1 和 2 的水位之后, 就可以绘出曲线 II , 这一曲线叫计示水位线或动力水位线。I 线, 或称静力水位线, 在液体不流动的情况下, 就与测压管中的水位相同。根据计示水位线可以清楚地知道, 水头 h 一部分是消耗在变成流速 v 的上面, 一部分是消耗在克服水由水池流进 AB 管时所产生的阻力上 (h_1), 而还有一部分则消耗在克服管壁摩擦上 (h_2)。

试验证明, 消耗在克服管壁摩擦上的这一部分损失, 是与管的长度 l 成正比, 而与管径 d 成反比, 即:

$$h_2 = \lambda \frac{l}{d} h = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}, \quad (18)$$

式中: λ —系数, 其大小依管径和管壁糙率而定。

流入管中时的水头损失, 用速头的分数表示之:

$$h_1 = \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (19)$$

使水从孔口流出的管末水头 h_0 , 是消耗在流速的形成上:

$$v = \sqrt{2gh_0} \text{ (如果不考虑流速系数 } \varphi \text{)}。$$

从图 9 中可以看出,

$$h_0 = h - (h_1 + h_2)。$$

所以

$$v = \sqrt{2g(h - h_1 - h_2)},$$

或

$$v = \sqrt{2g \left(h - \xi \frac{v^2}{2g} - \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \right)}。$$

由此得:

$$\frac{v^2}{2g} = h - \xi \frac{v^2}{2g} - \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

$$h = \left(1 + \xi + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{v^2}{2g} \quad (20)$$

流速则为:

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \xi + \lambda \frac{l}{d}}} \quad (21)$$

(20)和(21)式的推导簡化如上。

如果用流量 q 来代換(18)式中的 v , 則該式的形式如下:

$$h = \frac{16\lambda}{2g\pi^2} \cdot \frac{q^2}{d^5} l。$$

若用 C 来表示 $\frac{16\lambda}{2g\pi^2}$, 并用 $i = \frac{h}{l}$ 来表示水力比降或管道單位長度上的損头, 則可写成下式:

$$i = C \frac{q^2}{d^5},$$

或再令 $\frac{C}{d^5} = A$, 而得

$$i = Aq^2, \quad (22)$$

式中 A 称为單位阻力, 对一定管徑的管子來說, 它是不变的。

如果金屬管管壁的糙率系数 $n=0.012$, 則 A 值如下:

管徑(公厘)	系数 A (公方/秒)	管徑(公厘)	系数 A (公方/秒)
38	42300	150	36.7
50	12900	200	7.92
75	1480	250	2.41
100	319	300	0.911
125	97.2	400	0.196

因为石棉水泥管的糙率系数 $n=0.010$ 、木管 $n=0.011$ 和鋼筋水泥管 $n=0.013$, 故对这些管相应采用修正系数 0.69、0.84 和 1.12。

消耗在局部(入管口时, 在管段連接部分, 在附件上, 出管口时)阻力上的損头, 可按下式确定之:

$$h = \xi \frac{v^2}{2g},$$

式中: ξ —局部阻力系数, 其值通常如下: 进入銳緣管时为 0.5, 进入圓緣管时为 0.01—0.1, 从管内流出到大气中时为 1.0, 在半閉的閘門上为 2.0, 在吸水和取水管的攔污網和單向閘上为 5.0—10.0。

第二章 水文測驗学知識

水文測驗学是一門实用的課程, 在这一門課中, 闡述确定水流流速与流量的实践方法。

利用 $Q = \omega v$ 的关系, 便可确定明渠流量, 式中 ω —水流任一橫断面的过水断面面积, v —水流平均流速。

在已定断面上确定水流(河流、渠道)过水断面的办法是測深, 接着进行計算并求組成过水断面的各面积的总和。

在河上选择用以测定过水断面面积和流速的断面时,应遵守下列条件:

(1) 河段应平直,其长度应比宽度大5倍,河段上的河床深度、宽度和水面比降应该十分一致。

(2) 在测量段上和在与测量段直接相连的上下游,不应有支流、建筑物、蘆叢和足以造成壅水和变坡的其他障碍物。

(3) 河段应防风。

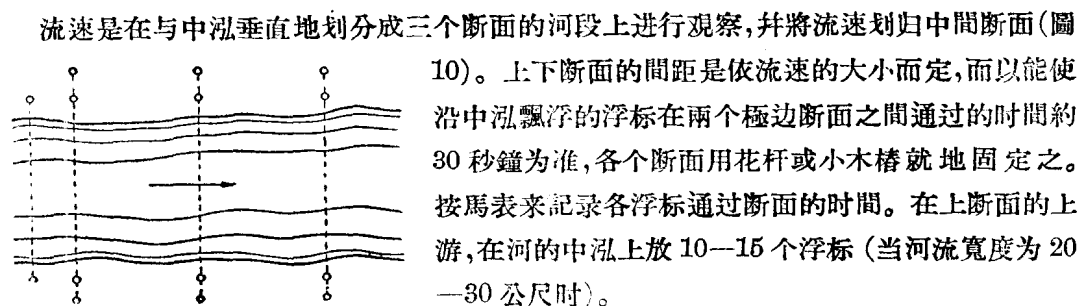
测深垂綫的数目依河段宽度大小而异,通常测深垂綫的間距如下:

水流宽度(公尺).....	1.0	1—5	5—10	10—50	50—100	100—200	超过200
测深間距(公尺).....	0.2	0.5	0.5—1.0	1—2	2—5	5—10	10—20

如果深度在2公尺以下,則可用水尺来测量,若深度在10公尺以内,則用测深杆测量,如果超过10公尺,就得用测深锤(系在鉄綫或繩索上的重物)来进行测深。

流速 测定流速时,利用下列仪器:浮标、流速仪、取样器和量器(容积法)。水流不大的流量,可以通过浮标法的流速测量来加以确定。

比重接近于1而体积不大的浮水物体,能保持与流水相同的速度。采用得最普遍的是水面浮标,它用木料锯制而成,呈圆形,直径約10公分,厚度为3—5公分。



流速是在与中泓垂直地划分成三个断面的河段上进行观察,并将流速划归中间断面(圖10)。上下断面的間距是依流速的大小而定,而以能使沿中泓飘浮的浮标在两个極边断面之間通过的时间約30秒鐘为准,各个断面用花杆或小木桩就地固定之。按馬表来记录各浮标通过断面的时间。在上断面的上游,在河的中泓上放10—15个浮标(当河流宽度为20—30公尺时)。

各个浮标浮游的历时与所有浮标浮游的历时平均值之差,不得超过10%。在所有浮标当中,取两个浮游历时最短的进行計算,并以兩者历时之差不超过兩者历时总和之半的10%为条件。

用浮游的平均历时去除两个極边断面的間距,則得出河流的最大平均水面流速。將所观测到的平均水面流速 $v_{水面}$ 乘以系数 k (它約为0.85),則大致求出整个横断面的平均流速 $v_{平均}$,也就是

$$v_{平均} = k v_{水面} \approx 0.85 v_{水面}。$$

采样器是一种橡皮囊式的仪器(圖11),它帶有一个金屬咀(管),浸入水流中时可以充水。仪器的金屬咀应逆流放置并与水流平行。仪器囊充水的程度与流速成正比。采样器充水体积与流速的关系可以用预先针对每一仪器进行校准的办法来加以确定。根据采样器囊中水的体积和檢定表,便可以确定浸放采样器处的水流流速。

用采样器取水样1公升左右。

流速仪就是一种其旋槳能为流水所轉动的仪器(圖12)。流动水压使流速仪的旋槳