

年

卷

期

15

2

第

第

水利

紀念李故會長儀祉先生

第十五卷 第二期

紀 念

李故會長儀祉先生逝世十週年

本期印刷費由陝西省水利局捐贈

中華民國三十七年三月八日

水 利

第十五卷 第二期

中華民國三十七年三月八日

李故會長儀祉先生逝世十週年紀念專號

目 錄

封面：

李故會長儀祉先生遺像

紀念辭：

李儀祉先生逝世十週年獻辭……………（劉夢錫）……………1

論著：

水庫洪水演算法及新圖解法……………（程學敏）……………2

地下水側壓力之計算……………（陳明紹）……………12

黃河流量之二重控制論……………（李 隼）……………22

由溝谷築壩淤田說到黃河治本……………（成甫隆）……………36

灌溉事業與農民心理……………（劉鍾瑞）……………42

海塘一年……………（汪胡楨）……………46

規劃：

整理秦淮河流域水利工程方案……………（陳揚，吳志達）……………48

介紹：

近年混凝土進步之事實與因素摘要……………（混凝土試驗室）……………51

李儀祉先生逝世十週年獻辭

劉夢錫

大禹之後，中國一人，唯陝西李儀祉先生。先生篤學力行，敦品持志。晚清負笈德國，初攻鐵道，嗣應國家需要，改習水利。回國主講河海水利工科學，桃李滿天下。歷事各大江河治本暨農田水利，偉績遍全國。以仁者之心，行仁者之術，先生誠近代之水聖也。

先生於戰前對於全國各大江河之疏導利用，躬親查勘，精心擘劃。尤於害多利少之黃河，痛下治理之決心。並於陝西古秦漢渠道，重新開建。完成灌溉者：計有涇惠，渭惠，洛惠，梅惠，漢惠，褒惠，黑惠，湑惠等渠。放水以後，綠麥遍野，白棉滿地。在抗戰八年中，以素稱地瘠民貧之陝西，竟能供應無量數軍精民食，無量數軍服民衣。屏障西北，鞏固西南，得與天府之四川，共負抗戰建國之重任。如斯豐功偉績，端賴數條水渠。今勝利已兩年，先生逝世，倏忽十載，崇功揚德，中外欽敬！

尤有述者：先生治事與治學，合而為一。公餘之暇，即埋首思研，從未稍輟。持恆如斯，允宜成功。先生治水，必從源頭起，故水工計劃，注重根本，永固基礎。凡工程設施，重節省，求實效。先生治事，大處着眼，小處下手，務實際，除虛浮，不作宣傳，不事表面，不計功，不浪費。先生待人誠信，不信社會有壞人，嘗謂：「人之好惡，皆由我之誠信為主」。對人之真，於此可見。先生持家勤儉，從不美食華衣，私圖享樂。有餘賞，栽培子姪輩，留學成器，貢獻社會。先生憂國憂民之熱忱，尤足楷模。當抗戰軍興，先生除督造渠工外，更致力於救濟事業，奔走籌款，不遺餘力，使關中難民，免受凍餒。每與先生晤談，輒以國政民生為念，從未絮及家事。

余與儀祉先生交，相處較久，共事亦長，研討請教，獲益良多。值茲先生逝世十週年，環顧國內，生民塗炭，戡亂方殷，追懷先賢，無限敬仰！謹書心憶，用誌不忘。

水庫洪水演算法及新圖解法⁽¹⁾

程學敏⁽²⁾

一、引言

二、近似法(Approximate Method)

甲、胡氏法(Woodward's Method)

乙、英國土木工程師學會法

三、試誤法(Trial and Error Method)

四、半圖解法

甲、托氏法(Thomas' Method)

乙、史氏法(Stevens' Method)

五、圖解法

甲、積線法(Mass Curve Method)

乙、克氏法(Clemens' Method)

丙、算尺法(Slide Rule Method)

丁、尺圖法(Nomographic Method)

六、新圖解法

七、結論

一、 引 言

凡洪水經過一蓄水庫後，因蓄水庫調節之作用，洪水之高峯常可因而減小且稍為延遲。蓋流入水庫之洪水量為時間之函數，而流出水庫之出流量則常為水庫水位之函數。當入流量增加時，必先使整個水庫之水位抬高，然後出流量亦隨之而增。此抬高整個水庫水位所需之水量，即為洪水量之一部分，而暫時蓄積於水庫中者。一般減洪水庫之原理，即基於此。

關於水庫消納洪水之演算(Reservoir Flood Routing)，即根據流入水庫之洪水曲線(Inflow Flood Hydrograph)及水庫之蓄水量以求此水庫消納該洪水後之流出曲線(Outflow Hydrograph)之法。現有各家之方法極多，其基本公式，為在任一時間(Time Interval)內：

$$(\text{入流量}) + (\text{出流量}) = (\text{蓄水量})$$

在此公式中，水庫之蓄水量常為已知且可以水庫水位之簡單函數大約表示之。水庫之流出曲線亦常為水庫水位之簡單函數，但水庫之流入曲線則常為一極不規則之函數，致此公式絕不能以平常算學

(1)本會三十六年度年會論文

(2)資源委員會全國水力發電工程處處工程師。

方法求得一普遍通用之解法。若干工程師憑其豐富之經驗，設置若干假定以簡化此公式而求得一近似之解答，以為初步估算之應用。當詳細演算時，則常應用逐步演算之方法。或為試誤法，或為圖解法。凡此諸法，多極繁瑣，應用時至感不便。筆者曾創擬新圖解法一種，似頗簡捷。用將現有諸法，編述成文，而以新法殿於文末。以資比較而便採用，或可為水庫設計工程參考之助也。

本文所用符號之涵義如下：

t = 時間

$\Delta t = t_2 - t_1$ = 時距

s = 蓄水率 (Rate of Storage)

o = 水庫出流率 (Rate of Outflow)

i = 水庫入流率 (Rate of Inflow)

S = 累積蓄水量 (Accumulated Storage)

O = 累積出流量 (Accumulated Outflow)

I = 累積入流量 (Accumulated Inflow)

h = 水庫水位 (在此即作為水庫溢流之水頭)

(細註 1 及 2 各表示演算步驟之開始及終了，一短劃表示其平均值。)

二、近似法

甲、胡氏法(Woodward's Method)

胡氏法根據之假定有四：

- (1) 流入水庫之淨入流率為一常數。
- (2) 水庫蓄水面積為一常數。
- (3) 水庫出流率為水庫溢流水頭 $h^2/3$ 之函數。
- (4) 當洪水到達時，水庫即開始溢流。

此數假定與實際情形相差甚遠，故用本法所求之解答僅為一近似值。

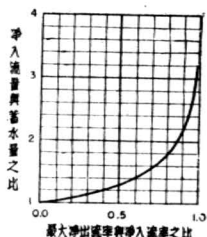
應用本法時需用第一圖之曲線，該曲線表示總共淨入流量與蓄水量之比數及最大淨出流與淨入流之比數之關係。應用時如果一水庫自溢水道頂至某一安全水位時之可能蓄水量為一億立方呎。洪水入流量平均為 1,000 秒立方呎，洪水總量為二億立方呎。故淨入流總量與蓄水量之比為

$\frac{200}{100} = 2$ ，由第一圖求得最大出流與淨入流之比為 0.865，淨入流為 1,000 秒立方呎，故最大出流量為 865 秒立方呎。

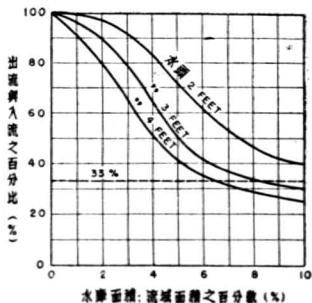
乙、英國土木工程師學會法

英國土木工程師學會防洪委員會之報告中敘述一法，係用胡氏法之假定，再根據英國之洪水記錄，假定流入水庫之洪水量為流域面積之直接函數。水庫面積亦以其佔全流域面積之百分數表示之。該會曾就若干種大小不同之流域面積，及各種不同之水庫面積，以試誤法求得若干種不同洪水經調節後而減小之百分數，製為曲線，如第二圖。

第二圖之用法至為簡單，可毋庸解釋。但此法之推演



第一圖



第二圖

係根據英國之洪水記載。英國之河流域面積都極小，應用時需加注意。

該報告中尚列二法，一為普通之試誤法，另一法與後述之半圖解法極為相似，茲從略。

三、標準試誤法

此法較繁瑣，但因其結果準確，故應用甚廣。用此法時應先將已知各項繪成以下三種曲線：

- (1) 澆水道流量與水庫水位之關係曲線。
- (2) 水庫蓄水量與水庫水位之關係曲線。
- (3) 入流洪水曲線。

其演算時之步驟如下：先將洪水期間分為若干時距，再以每一時距為單位而逐個演算之。如先假定一出流，則根據入流及此假定之出流可求得水庫在時距內之蓄水量。由此蓄水量可求得水庫之水位（曲線 2）而由此水位可以求得相當於此水位之出流（曲線 1）。此求得之出流與原假定之出流如不相符，則以通常試誤法調整之。連續使用此步驟，便可求得整個之出流曲線。

此法之演算通常以表格為之如下：

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Time at End of step	Duration of step	Final Inflow	Final outflow	Final Rate of storage	Mean Rate of storage	Increment of storage	Final Storage (Computed)	Final Surface Elevation	Final Storage (from curve)
t_2	Δt	i_2	O_2	S_2	$\bar{S} = \frac{1}{2}(S_1 + S_2)$	$\Delta S = S_2 - S_1$	$S_2 = S_1 + \bar{S} \Delta t$	h_2	S_2

蓄水量 (百萬公方呎)
第二圖

四、半圖解法

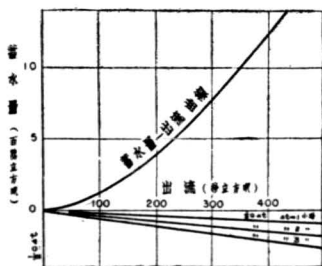
半圖解法 (Semi-graphical Method) 種類甚多，類多大同小異，茲述其二，以見一般。

甲、花氏法 (Thomas' Method)

如以平均值代入洪水演算之基本公式，可得：

$$\bar{I} - O_1 = \bar{S} + \frac{1}{2} \bar{O} \Delta t$$

此式之演算可以若干曲線輔佐之，如第四圖。圖上半部之曲線為表示蓄水量與出流量之關係者，蓋蓄水量與出流量同為水庫水位之函數，故蓄水量自亦可作為出流量之函數而表示之。第四圖下半部之斜線為表示各種時距之 $\bar{O} \Delta t$ 之值，亦作為出流量之函數而表示之。上列公式中 \bar{I} 之值可經由入流曲線算出。 O_1 為本時距開始前之累積出流量。故 $\bar{I} - O_1$ 之值即可算出。以兩腳規量取此距離配入第四圖上部曲線與下部曲



第四圖

線之間，即可在橫坐標上求得相當之 \bar{o} 值。 O_2 之值可由 $O_2 = O_1 + \bar{o} \Delta t$ 算出之。而此一時間之 O_2 即為下一時間之 O_1 。本法之演算亦常以表格為之如下：

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Tim. at End of Step	Duration of Step	Final Inflow	Average Inflow	Increment of Inflow	Final Accumulated Inflow	Average Acc. Inflow	Initial Acc. Outflow	Working Ordinate	Average Outflow	Increment of Outflow	Final Acc. Outflow	Final Storage	Final Surface Elevation
t_2	Δt	i_2	\bar{i}	$\bar{i} \Delta t$	I_2	$\frac{I_1 + I_2}{2}$	O_1	$S + \bar{o} \Delta t$	\bar{o}	$\bar{o} \Delta t$	$O_2 = O_1 + \bar{o} \Delta t$	$S_2 = I_2 - O_2$	h_2

乙、史氏法(Stevens' Method)

如前法，水庫之蓄水量可轉換為出流之函數，如：

$$S = f(o)$$

微分之得：

$$\frac{dS}{do} = f'(o) = m$$

如第五圖，圖內計曲線三條，其中二條代表上列二式，另一為普通之水位流量曲線。 m 為 $S=f(o)$ 曲線之傾斜度，表示蓄水量之增加與出流量之增加之比。故洪水公式亦可書作：

$$\bar{i} \Delta t = \bar{o} \Delta t + m \Delta o$$

設 o_1 為 Δt 時間開始時之出流， o_2 為終了時之出流，則：

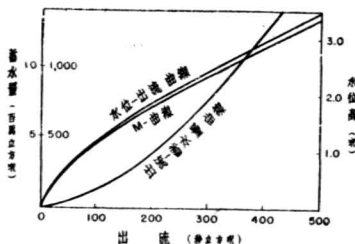
$$\bar{i} \Delta t = \frac{o_1 + o_2}{2} \Delta t + m (o_2 - o_1)$$

故：

$$o_2 = \frac{\bar{i}}{\frac{m}{\Delta t} + \frac{1}{2}} + o_1 \frac{\frac{m}{\Delta t} - \frac{1}{2}}{\frac{m}{\Delta t} + \frac{1}{2}}$$

連續應用此公式即可演算出流曲線，如下表：

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
t	Δt	i	\bar{i}	m	$\frac{m}{\Delta t} + \frac{1}{2}$	$\frac{m}{\Delta t} - \frac{1}{2}$	(4)/(6)	(7)/(6)	(9) × (11)	$\frac{10}{O_2} + (8)$	h



第五圖

五、圖解法

甲、積線法(Mass Curve Method)

洪水演算之基本公式亦可書之如下：

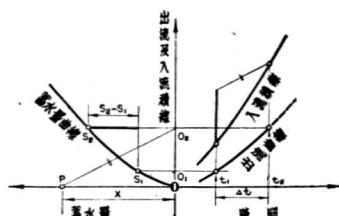
$$S_2 - S_1 = \bar{I} \Delta t - \bar{O} \Delta t = \Delta I - \Delta O$$

此公式可以作圖解法之如第六圖：圖左之曲線表示蓄水量與出流之函數，圖右則繪以入流曲線及其積線 (Inflow mass curve)。在橫軸上定一極點 P，此極點之作法，應使由此極點與直軸上任何點 o 所連之直線，即係代表與入流積線同一尺度之出流率。

設以 $R_o = 1$ 秒立方呎， $R_t = 1$ 秒， $R_s = 1$ 立方呎，則 $X:O:R_o = \Delta t:R_t:\Delta O:R_s$ ，

$$X = \frac{\Delta t \cdot O \cdot R_t \cdot R_o}{\Delta O \cdot R_s}$$

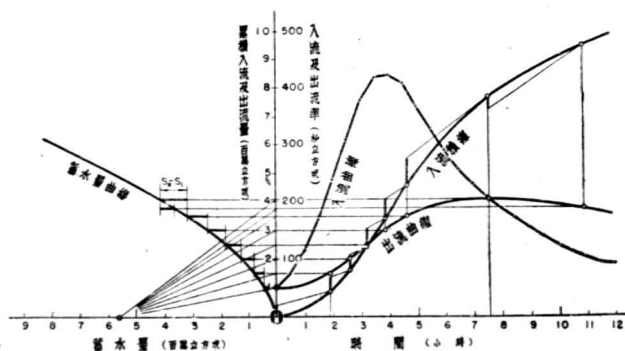
因 $\Delta t:O = \Delta O$ ，故秒距 $X = \frac{R_t \cdot R_o}{R_s}$ ，



第六圖

自出流曲線上任一已知點 (o_1) 開始，假定一出流 (o_2)，以圖解法求由 o_1 增至 o_2 間所需之時距 Δt 。先由 o_1 及 o_2 作二水平線交蓄水量曲線於 S_1 及 S_2 兩點， $S_2 - S_1$ 即係此時間內蓄水量之增加。由極點 P 連至 o_2 之直線即代表此時距內之出流量 (此中有一小誤差，蓋理論上應用 o_1 及 o_2 之平均值也)。量 $S_2 - S_1$ 之距，畫於入流積線上時距開始處 (t_1)。在此距之上端作一斜線平行於 Po_2 ，此線與入流曲線相交處，即為時距之終了 (t_2)。

連續應用此步驟即可求得一連續之出流曲線。如第七圖。



第七圖

乙、克氏法(Clemens' Method)

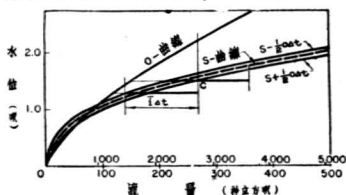
在時距 Δt 內之洪水演算法式可書作：

$$\bar{I} \Delta t = \frac{1}{2} (o_1 + o_2) \Delta t + (S_2 - S_1)$$

或：

$$\bar{I} \Delta t + (S_1 - \frac{1}{2} o_1 \Delta t) = (S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t)$$

克氏法之洪水計算，即係利用若干曲線以解上列之公式，如第八圖。圖中計有蓄水量曲線一，流出率曲線一， $S - \frac{1}{2} o \Delta t$ 及 $S + \frac{1}{2} o \Delta t$ 曲線各一。凡此諸曲線，均以水位為縱坐標。由一已知水位開始，自 $S - \frac{1}{2} o \Delta t$ 曲線起，量取一水平距離，等於 Δt 時距內之入流量 ($\bar{I} \Delta t$)，由其末端作一垂直線交 $S + \frac{1}{2} o \Delta t$ 曲線於 C。通過 C 點作一水平線，與各曲線之交點即表示在時距終了時之水位，蓄水量，及流出率。前一步驟之終了即為次一步驟之開始。連續應用此法亦可求得整個洪水之演算。



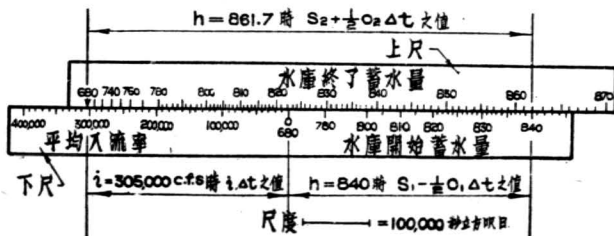
第八圖

丙、算尺法(Slide Rule Method)

下列公式：

$$\bar{I} \Delta t + (S_1 - \frac{1}{2} o_1 \Delta t) = (S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t)$$

可以一特製之算尺演算之。如第九圖，公式中等號之左各項畫於下尺，等號以右各項畫於上尺，以一定之尺度表示水量。上尺之繪製自左至右，圖中 60 為洩水道頂之高度，水庫在此高度時之出流量為零。在每一其他水位時，則計算其 $S + \frac{1}{2} o \Delta t$ 之值，自 680 處向右量一距離等於 $S + \frac{1}{2} o \Delta t$ 之值



第九圖

，即記其相當之水位之值。如圖中自 680 至 861.7 之距離，即代表水位在 861.7 時之 $S + \frac{1}{2} o \Delta t$ 之值也。下尺分為左右兩半，零點在尺中，自零點向左繪以每一入流量在 Δt 時距內之總入流量 ($\bar{I} \Delta t$)。下尺之右繪以 $S - \frac{1}{2} o \Delta t$ 之值，而記其相當之水位之值。上下尺各刻度所用之比例尺應為一致。

此尺之應用極為簡單。先將上尺之左端對準下尺左半之平均入流量處，時距開始時之水位常為已知，可於上尺之右直接讀出。與此相對之下尺右半刻度上之讀數，即為時距終了時之水位。

算尺法之使用至為便捷，但其製作則較為費時。故其應用常限於對某一水庫作詳細研究時，演算若干不同洪水之用。

丁、尺圖法(Nomographic Method)

同一公式：

$$\bar{I} \Delta t + (S_1 - \frac{1}{2} o_1 \Delta t) = S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t$$

亦可以一尺圖解之，如第十圖。(有※各項僅為計算尺度時所需)。應用時可以一直尺連 o_1 之值於尺(1)及 $\bar{I} \Delta t$ 之值於尺(3)。 o_2 之值即可於尺(2)中直接讀出。製作此尺圖時，係以尺(1) $S_1 - \frac{1}{2} o_1 \Delta t$ 之值與尺(3) $\bar{I} \Delta t$ 之值相加而得 $S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t$ 之值於尺(2)。因 $S = f(o)$ ， $S \pm \frac{1}{2} o \Delta t = F(o)$ ，故尺(1)及尺(2)上 $S \pm \frac{1}{2} o \Delta t$ 之值均可以 o 之值表示之。

六、新圖解法

同一公式：

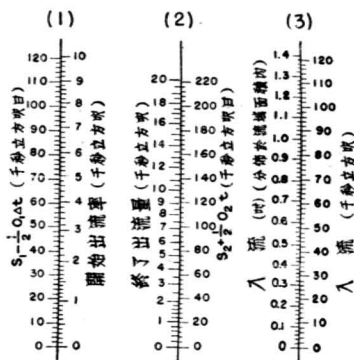
$$\bar{I} \Delta t + (S_1 - \frac{1}{2} o_1 \Delta t) = S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t$$

可以作圖法解之如下：在第11圖中，圖左之曲線 I 及曲線 II 表示 $S_1 - \frac{1}{2} o_1 \Delta t$ 及 $S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t$ ，均作為流出之兩數而繪製之。橫軸之右半代表時間， t_1, t_2 等為時距線。入流曲線即畫於圖右。圖上尚有一斜線，其所表示者為 \bar{I} 及 $\bar{I} \Delta t$ 之關係。凡此諸線，繪製時所用之比例尺，應令其統一。

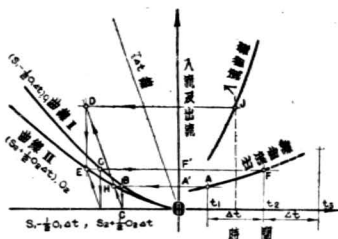
由流出曲線上一已知點 A (此點應在時距開始線 t_1 上)，作一水平線交曲線 I 於 B，由 B 作垂直線交橫軸於 C，由 C 作斜線平行於 $\bar{I} \Delta t$ 線而交 JD 線於 D。J 為此時距內之平均流量 \bar{I} 。由 D 作垂直線交曲線 II 於 E，由 E 作水平線至圖右交時距終了線 t_2 於 F。此 F 點即為流出曲線上之第二點。EF 線交曲線 I 於 G，由 G 點即可以同一步驟繼續演算次一時距。此作圖法可證明如下：A'B 之長度等於 $S_1 - \frac{1}{2} o_1 \Delta t$ ，BE 間之水平距離等於 $\bar{I} \Delta t$ ，此二距離相加即等於 F'E 之長度。而 F'E 之長度則等於 $S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t$ 也。

第11圖為新圖解法之第一方式。

由第11圖中，可見斜線 CD 與水平線 AB 相交於 H，此 H 點同時亦在曲線 II 上。此可為省標之用。而由此更可得一較簡單之作圖法。如第12圖，曲線 I 即予刪去。由同一已知點 A 開始，一作水平線交曲線 II 於 H，由 H 作一斜線平行於 $\bar{I} \Delta t$ 線交 JD 水平線於 D，J 為 Δt 時距內之



第十圖



第十一圖

平均入流 \bar{I} 。由 D 作垂直線交曲線 II 於 E，由 E 作水平線至圖右交時距線 t_2 於 F，此 F 即為所求出流曲線上之第二點。此法之證明如下：

A'H 之距離等於 $S_1 + \frac{1}{2} o_1 \Delta t$ ，F'E 之距離等於 $S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t$ ，而 HE 間之水平距離則等於 $(\bar{I} - o_1) \Delta t$ ，將此等距離列成等式，則得：

$$S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t = (\bar{I} - o_1) \Delta t + S_1 + \frac{1}{2} o_1 \Delta t$$

$$= \bar{I} \Delta t + (S_1 - \frac{1}{2} o_1 \Delta t)$$

此式與洪水演算基本公式相符。

第十二圖為新圖解法之第二方式。

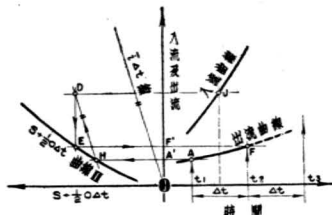
因曲線 I 及曲線 II 均可由一蓄水量與出流量之關係曲線 (S-o 曲線) 求出，故選以 S-o 曲線亦即可應用新圖解法，如第十三圖，圖左即繪一蓄水量及出流量之關係曲線，並增繪兩斜線表示 $\frac{1}{2} o \Delta t$ 及 $-\frac{1}{2} o \Delta t$ 與 o 之關係。同樣由出流曲線上已知點 A 開始，作一水平線交 S-o 曲線於 B，由 B 作垂直線交橫軸於 C，由 C 作斜線平行於 $\frac{1}{2} o \Delta t$ 線，遇 AB 線於 D。由 D 作斜線平行於 $\bar{I} \Delta t$ 線，遇 JE 線於 E，J 為 Δt 時距之平均入流量 \bar{I} 。由 E 作垂直線交橫軸於 F，作 FG 斜線平行於 $-\frac{1}{2} o \Delta t$ 線，交 S-o 曲線於 G，由 G 作水平線至圖右交時距線 t_2 於 H，H 點即為所求出流曲線上之第二點。其證明可如下：LG 之長度等於 $\frac{1}{2} o_2 \Delta t$ ，ED 間之水平距離為 $(\bar{I} - o_1) \Delta t$ ，故 GD 間之水平距離為 $(\bar{I} - o_1) \Delta t - \frac{1}{2} o_2 \Delta t$ ，BD 之長度等於 $\frac{1}{2} o_1 \Delta t$ ，而 A'B 之長度等於 S_1 ，H'G 之長度等於 S_2 。將此各距離列為等式如下：

$$S_1 + \frac{1}{2} o_1 \Delta t + (\bar{I} - o_1) \Delta t - \frac{1}{2} o_2 \Delta t = S_2$$

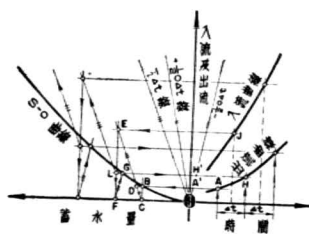
$$\text{或： } \bar{I} \Delta t + (S_1 - \frac{1}{2} o_1 \Delta t) = S_2 + \frac{1}{2} o_2 \Delta t$$

此式亦與演算洪水公式相符。

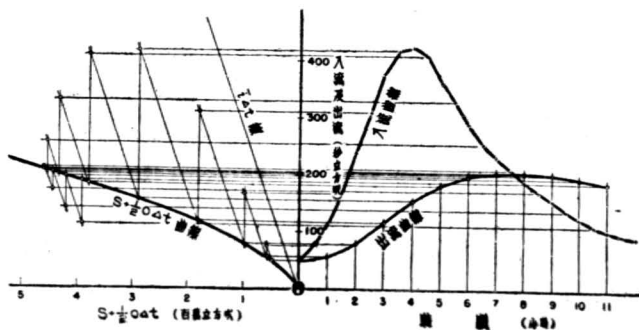
第十三圖為新圖解法之第三方式。



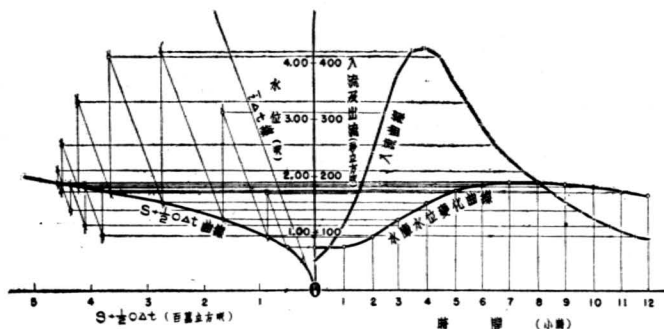
第十二圖



第十三圖



第十四圖



第十五圖

七、結 論

前文所述，殆已將現有諸法大部列入。應注意者，即若干方法常有數個不同之名稱。此文僅列舉其一。或有大同小異者，茲均從略。

諸法中以近似法應用最早，手續最簡而精確度最差。半圖解法為避免試誤法之試算而創，但計算仍嫌冗長。圖解法中以積線法應用最廣，算尺法及尺圖法使用甚簡，常用於已成水庫之運用研究時。

新圖解法有若干特點，茲縷述如下：

第一：由此法所求得之結果之精確度，可與任何其他方法所求得者相埒。用一普通大小之方格紙即可達到足夠之精確度。

第二：為此法應用時之便利。既無繁複之計算，亦無冗長之表格，更毋需捉摸不定之試算。整個問題之推演為一串連續性點線之聯繫，所需之時間亦為最少。

第三：為其簡單性。除若干近似法外，現有諸法似均無此法之簡單。姑不論繁複之試誤法，即如算尺法，應用時可稱極為便捷，但其準備工作實不能稱為簡單。一算尺之刻製常需相當之時間及勞作。而此新圖解法之準備工作，僅為一二曲線之繪製。算尺法之最大應用為在詳細研究一水庫時，假定若干不同之入流洪水曲線，而求其各相當之出流曲線，如製成一算尺後即可在短時期內求出所有之結果。但如應用新法，則可將圖之左半畫於一透明方格紙上，晒印若干藍圖，在每一藍圖之右半可畫以各種不同之入流洪水曲線，而其相當之出流曲線即可於其下方繪出，不需任何計算。如此亦不遜於算尺法之便捷。

在現有之圖解法中，積線法常被認為最佳者。而通常對積線法之批評，一為有若干長度需用兩腳規量出，易生誤差。二為當推演至出流曲線之最高點時，代表出流之斜線與入流積線之相交角度極小（事實上在最高點時二線為相切）。此切點常不易明確決定。此亦影響結果之精確度。此兩缺點在新圖解法中均不存在。新法中若干點之決定固亦在於兩線之相交，但其相交角度均甚大，足以明確表示其交點之所在。

新圖解法之第一及第二方式亦可用以求水庫水位變化曲線。在此情形下，則縱軸同時表示水位。一切手續均仍舊，僅將 $S \pm \frac{1}{2} O \Delta t$ 二曲線作為水位 h 之函數而繪製之而已。

參 考 書 目：

- Woodward, S. M., Hydraulics of the Miami Flood Control Project, Miami Conservancy District Technical Reports, Part VII, 1920.
- Institute of Civil Engineers (British), Interim Report of the Committee on Floods in Relation to Reservoir Practice, 1933.
- Davis, C. V., Handbook of Applied Hydraulics, 1942.
- Stevens, J. C., Computing Reservoir Outflow and Height from Inflow and Capacity, Eng. News-Record, Dec. 22, 1921.
- Schoklitsch, A., Hydraulic Structures, 1937.
- Barrows, H. K., Water Power Engineering, 1943.
- Posey, C. J., Slide Rule for Routing Floods through Storage Reservoirs, or Lakes, Eng. News-Record, 114, 1935.
- Linsley, R. K., Use of Nomographs in Solving Stream-Flow Routing Problems, Civil Engineering (Am. Soc. C. E.) May, 1944.
- Clemens, G. R., The Reservoir as a Flood Control structure, Proc. Am. Soc. C. E., May, 1934.
- Rutter, E. J., Graves, Q. B., & Snyder, F. F., Flood Routing, Trans. Am. Soc. Civil Eng., V. 104, 1939.
- Meyer, O. H., Simplified Flood Routing, Civil Engineering, (Am. Soc. C. E.) May, 1941.

地下水側壓力之計算⁽¹⁾

陳 明 紹⁽²⁾

(一) 引 言

水工設計，首重「安全」與「經濟」，而此二者能否滿足，繫乎其所受諸力之能否詳確分析。蓋能明悉受力之情況（包括大小，方向及配置），吾人可按所用建築材料之性能，加以適當之安全率，而定一恰切之尺度也。水工結構物所受之力至夥，而最常遇者厥為水壓力。舉凡壩壩，海塘，隄岸，墩座，水閘等，無不以水壓力為其主要力。是以言水工設計者，對於水壓力之分析，不能不詳加研討焉。

水之為物，可為江，湖，河，海之地面水（Surface Water），可為潛流土壤內之地下水（Underground Water）。而動靜不一，其施于結構物之壓力亦異。普通水力學教科書中，對於地面水之靜壓力，研討甚詳；惟對地下水之壓力，多付缺如。水工結構物類皆受地下水之壓力，而地下水又係常流動者，故為設計之需要，誠應加以補充之。

(二) 靜 壓 力 之 計 算

如第 1 圖所示，AB 為直立之板樁牆，牆之前面為水，其在水中之深度為 h 。按諸水力學，牆上任意一點 c 其水深為 y ，則

$$p = \gamma y \dots \dots (1)$$

式中 p = 水深為 y 時之壓力（以 t/m^2 計， $1t = 1000kg.$ ）

γ = 水之單位重量（ $= 1t/m^3$ ）

y = 水深（以 m 計）

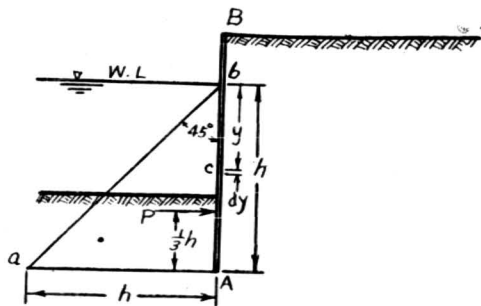
簡書之

$$p = y \dots \dots (1a)$$

即用公制之單位時，任一點之壓力以

t/m^2 計，等于其水深以 m 計。若自水面之 b 點作一直線 ba 與牆 AB 成 45° 角，則 ba 線代表水壓力作用于 AB 牆上之分佈情形。茲計算單位寬度（即垂直紙面之寬度 = $1.0m$ ）之總壓力

$$P = \int_0^h y \cdot 1 \cdot dy = \frac{1}{2} h^2 \dots \dots (2)$$



第 一 圖

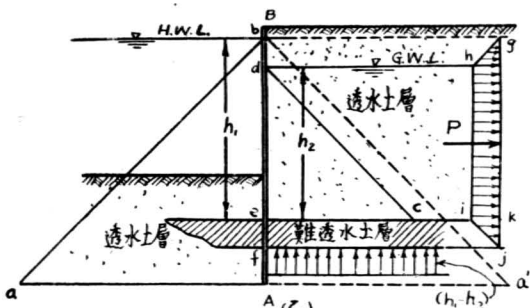
(1)本會天津分會年會論文

(2)河北省立工學院教授

壓力由左向右，分佈情形如最右端之 $hijkg$ 。其值等于此圖形之面積，並通過此圖形之重心點。

(三) 流動地下水之壓力計算。

一牆之前後水位不一(如第2圖所示)，由水位之相差，必使水由高水位向低水位流動。此流動時之水壓力，實與靜止時之壓力相異。地下水之流動，乃吾人習知之事。水工結構之基礎部分，類皆與地下水接觸，流動之地下水所加諸結構物之壓力，若以靜壓力計算，常失之過大或過小。故須按流動時壓力之變化情形，加以修正之。



第三圖

地下水流動時加諸結構物上之水壓力，依流動情形，可別為二大類：

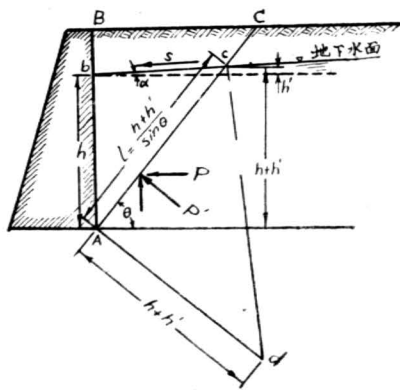
(一) 結構物建築後，必使地下水圍繞結構物之基礎部分流動，若水流線在建築前後，無顯著變化，則靜壓力之計算方法，仍可引用。

(二) 若地下水之水流線，因結構物建築結果而發生明顯變化者，則引用靜壓力之計算方法，誤差較大，須用另法為之。

(a) 第一類問題

如第4圖所示，設有一牆 AB，其透水性與土壤相若，則牆後填土內之地下水，作橫向流動，其坡降為 $S (= \tan \alpha)$ 。在牆背之水深為 h ，若依靜壓力計算，此 AB 牆上所受之總壓力 $P = \frac{1}{2} h^2$ 。

若牆後之填土為粒性砂土，依 Coulomb 氏之土壓力理論，當 AB 牆有向前移塌之趨勢時，牆後之土壤必沿一直面滑 AC 塌，滑塌面 AC 與水平面所成之角度 θ ，依土質及牆壁之粗糙情況而定。可用 Poncelet 氏或 Culmann 氏圖解法，或 Krey 氏之表中查得之。由于地下水之坡降，滑塌面上之地下水位較靠牆背處稍高，其增加之值



第四圖

$$h' = (h \cot \theta) \cdot S - h \cot \theta \tan \alpha$$

$$(S = \tan \alpha)$$

滑塌面上受水壓力之長度

$$L = \frac{h+h'}{\sin \theta} = \frac{h(1+S \cot \theta)}{\sin \theta}$$

在此長度上所受之總壓力如圖示之三角形 Acd 之面積。即

$$P' = \frac{1}{2} L \cdot h = \frac{h^2(1+S \cot \theta)}{2 \sin \theta}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot \frac{1+S \cdot \cot \theta}{\sin \theta}$$

此水壓力可析為二分力，一為直立方向，一為水平方向。水平方向者，須由 AB 牆承受之，其值為

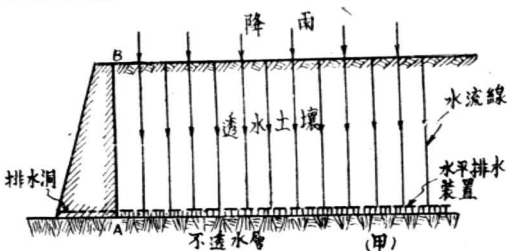
$$P = P' \sin \theta$$

或

$$P = \frac{1}{2} h^2 (1+S \cdot \cot \theta) \dots \dots \dots (3)$$

依第(3)式觀之，流動之地下水，其壓力與靜壓力(=½h²)相較，多出½h²S cotθ一項。在實際之情形，S 之值甚小，S·cotθ 之值可略而不計，故用靜壓力計算，誤差無幾。惟依理論言，在此情形下，流動時之壓力較靜壓力稍大也。

若牆上牆建築于不透水土層上者，為免除暴雨時積水之壓力，常于填土之底層，安設一排水裝置，如第5圖(甲)所示。牆上牆 AB 建築于不透水土層上，牆後填土為透水之粒性土，若不透水土層上，有排水之裝置，雖在暴雨之際，土壤呈飽和狀態，而水流皆成鉛垂方向下流，至排水層由排水洞排出。此時 AB 牆背並無水壓力作用其上，即

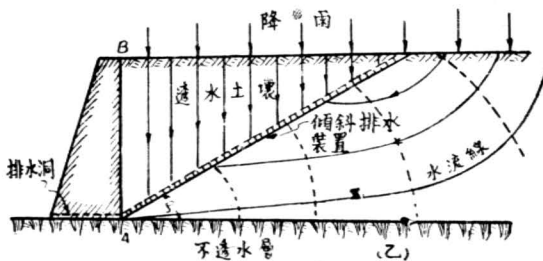


第五圖

$$P = 0 \dots \dots \dots (4)$$

同理排水裝置可安設于自然坡上，如第5圖(乙)。在自然坡前之水流，皆係鉛垂方向下流，故 AB 牆背，可不受水壓力之作用，即 P=0。

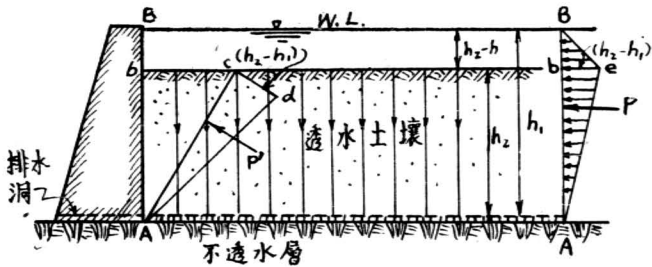
如第6圖所示，若填土上有一積水深度 h，即水面之高度為 h₁，填土之深度為 h₂，不透水土層上安設水平排水裝置，則水流線仍如前述，成鉛垂向下流動。茲驗 AB 牆背上水壓力之分佈情形，Bb 一段受靜壓力，b 點之水頭為 h₁-h₂=h。其總壓力



第五圖

$$P_1 = \frac{1}{2} h^2$$

其壓力圖為右端圓形中之 Bbc 三角形。Ab 一段，因水流線為鉛垂向下，依前述之原理，應無壓力之作用，即 P=0。惟設備受荷載後，有向前移動之趨勢，依Coulomb氏土壓力理論，牆後填土沿 Ac 方向滑塌。滑塌面上受一壓力 P'，其值可分析如次：在 C 點之水頭為 h₁-h₂=h，至 A 點時，地下水由排水洞排出，該處為大氣壓力，即水壓力等于零。依直線函數變化，其分佈情形如圖



第六圖

示之 Δcd 三角形。即

$$P' = \frac{1}{2} \left(\frac{h_2}{\sin \theta} \right) \cdot h$$

茲將 P' 析為二分力，一為鉛垂向上，一為水平向左，其水平者由 AB 牆承受之，其值為

$$P_2 = \frac{1}{2} \frac{h_2}{\sin \theta} \cdot h \cdot \sin \theta$$

或

$$P_2 = \frac{1}{2} h_2 \cdot h$$

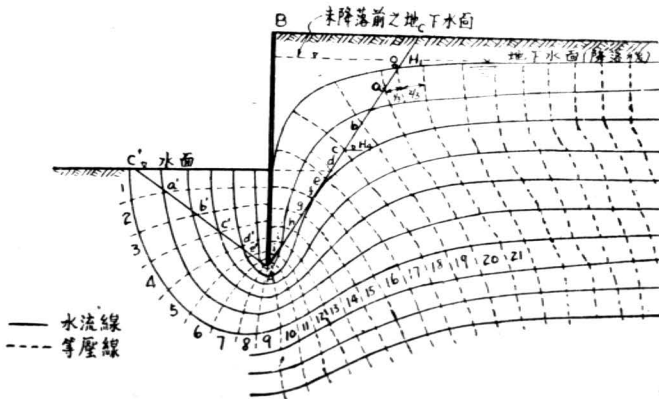
故 AB 牆上所受之總壓力

$$P = P_1 + P_2$$

或

$$P = \frac{1}{2} h^2 + \frac{1}{2} h \cdot h_2 \dots \dots \dots (5)$$

其壓力圖如第 6 圖中之三角形 ABc 。



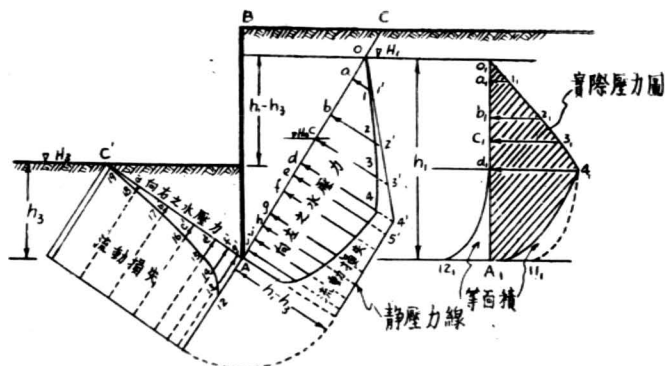
第七圖

(b) 第二類問題。

凡結構物之建築，使地下水之水流線發生明顯之變化者，則水壓力加諸結構物之計算較為繁複。蓋流動之地下水，由於其流動，必有一部之壓力頭 (Pressure head, Druckhöhe) 變為流速頭 (Velocity head, Geschwindigkeitshöhe)。且此項變化並非一簡單之直線函數。惟吾人可用方格流網圖 (flow net diagram, Strömungsnetzen)，繪出地下水之水流線與等壓線。根據等壓線，得知其壓力之變化，即可求其壓力分佈之情形。

如第 7 圖所示，一板樁牆 AB，牆前後之填土皆為透水性甚大之粒性土，設牆前之水面與地面平，牆後之地下水位甚高。由於牆前後之水位差，地下水必繞板樁基脚，由高水位向低水位流動。牆後地下水面降落之情形，如圖所示。地下水流動時，水流線與等壓線，可參照降落後之地下水面，板樁入土之深度，及方格流網圖之二特性 (水流線與等壓線成 90° 角正交，水流線與等壓線構成正方形)，繪出方格流網圖。

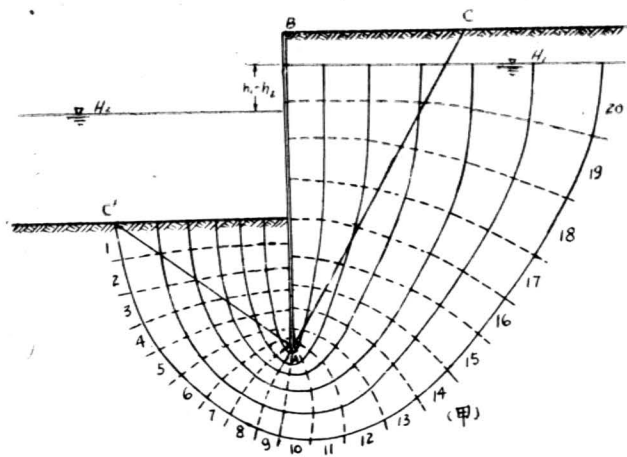
自水流線之形狀觀之，水流線靠牆處約與牆平行，牆之上半段，因地下水降落結果，未與地下水接觸，按理應無水壓力可言。惟 AB 牆上有土壓力作用其上，右端為正壓力 (active Pressure)，左端為反壓力 (Passive Pressure)，或稱土抗力 (earth resistance, Erdwiderstand)，即牆後之土沿 AC 面向下滑動，牆前之土沿 AC' 面向上滑動，此二滑動面皆有水壓力作用其上。此二水壓力可各析為鉛垂方向與水水平方向二對分力。其二水水平方向之一對分力，其合力即 AB 牆上所受之總水壓力也。



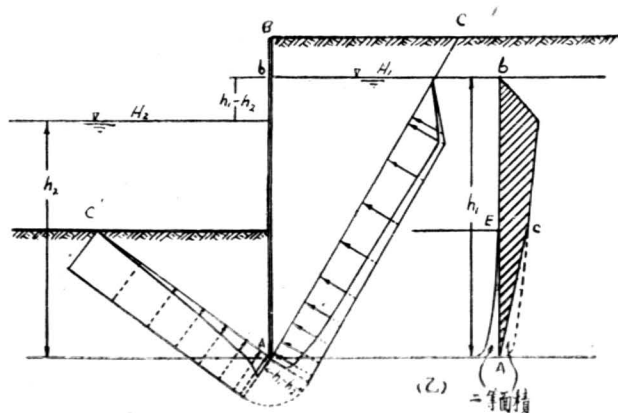
第八圖

第 8 圖為第 7 圖之同一牆及水位情形。AC 滑動面與地下水而相交之水位為 H_1 ，即離牆脚之水深為 h_1 (圖中各部依比例尺繪製，圖上尺寸為 50mm ，牆前之水深為 h_2 ，圖上尺寸為 23mm 。水位差等於 $h_1 - h_2$ (圖上尺寸為 $50 - 23 = 27\text{mm}$)。此水位差變為流動之能力。自第 7 圖中，AC 滑動面與各等壓線相交於 a, b, c, …… 諸點。AC' 滑動面與各等壓線相交於 a', b', c', …… 諸點。現水位差 ($h_1 - h_2$) 由 O 點至 C' 點，共經等壓線 19 格。依方格流網圖繪製之原理，每二條等壓線間之水頭損失皆相等，故沿 AC 與 AC' 二滑動面，由 O 至 C' 每格水頭損失 (損失於流動) 為 $27/19 = 1.395\text{m.m.}$ 。各點之實際水壓力，等於該點之靜壓力減去流至該點之水頭損失。如第 8 圖中 c 點之靜壓水頭為 21mm 。由 O 至 c 共經 2 格，其流動損失等於 $2 \times 1.395 = 3.26\text{mm}$ 。故

c 點之實際壓力等于 $21 - 3, 26 = 17, 74 \text{ mm}$ 。自 c 點上作 AC 線之垂距 c3 令等于 $17, 74 \text{ mm}$ ，則 c3 為 c 點之實際壓力高度。同理其他 a, b, d, e …… 諸點之實際壓力高度可求得之。以曲線聯結各點上之壓力高度，如圖示之 1, 2, 3, 4 …… 曲線，為 AC 滑場面上之實際壓力分佈情形。同理 AC' 滑場面上之實際壓力亦可如法繪出，如圖示之 12, 13, 14 …… 曲線圖形。



第九圖



二者之水平分力，即作用于 AB 牆上之實際水壓力。依第 7 圖法則，如最右端圖形， $O_1 A_1 I_1 A_1$ 為牆之右側所受之水壓力圖。 $d_1 A_1 I_2$ 為牆左側所受之水壓力圖。如將 $O_1 A_1 I_1 A_1$ 之圖形中減去 $d_1 A_1 I_2$ 之面積，即得圖示中之陰影圖形，亦即 AB 牆所受之淨壓力。方向為水平方向，並通過此圖

形之重心點。

設牆前之地面水之水位甚高，如第9圖所示，地面水深度為 h_2 ，地下水深度為 h_1 ，前後水位差為 $h_1 - h_2$ ，在此情形下，因水位相差較少，則地下水面，可能不似第7圖所示之降落情形，水流線多作鉛垂向下之流動。第9圖(甲)為水流時之方格流網圖。圖中尺寸，水位差為10mm由水位H1至H2共經20格消失變為動能。每方格之損失為 $10/20 = 0.5\text{mm}$ 。同前法，AC與AC'二滑場面上之實際水壓力可求得如第9圖(乙)所示。AB牆上所受之淨壓力如圖示之陰影面積。

(c) 近似之簡化法。

根據上述方法，地下水流動時加諸結構物之水壓力，其分佈圖係曲線圖形。計算方法頗為繁雜。蓋壓力之損失，各處不一，悉依方格流網圖中方格之大小而定。

有所謂滲線理論 (Line of Creep theory) 者，係假定地下水沿結構物之基腳面積曲折滲流。此滲流之長度，稱為滲徑，水頭之損失，係按滲徑之長短平均分配 (著名之 Bligh 方法)。準此，則地下水流動時，壓力之變化為直線之函數。各部之水壓力，可迅速求得之。

如第10圖之板樁牆。滲徑為

$$L = aA + AE$$

茲以A為圓心，AE為半徑作一圓弧與aA延長線相交于E'點 (AE = AE')。則滲徑為

$$L = aA + AE = aA + AE' = aE'$$

AB牆右端之滲壓力圖為三角形Aag，左端之滲壓力圖為三角形Afh。故

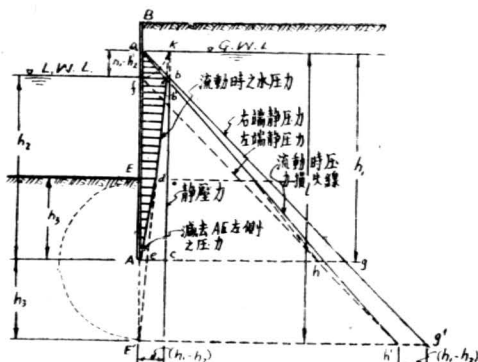
$$\begin{aligned} \text{淨滲壓力} &= Aag - Afh \\ &= Aabc \text{ 之面積。} \end{aligned}$$

現由于流動之結果，水頭之損失，假設由a至E'悉依直線函數變化。延長ag；fh線與自E'點所作之水平線相交于g', h'兩點。聯結ah'線，則ah'代表地下水流動時壓力損失之變化線。此線與fb相交于b'點，則ab'為AB牆af一段之實際壓力線。fA一段之淨滲壓力以bc線代表。延長bc與地下水面相交于K點，聯KE'線，交自E及A所作之水平線于d及e兩點。則KE'，亦為地下水流動時之壓力變化線。則fb'deA為fA一段左側之實際壓力圖。惟AE之右側尚有水壓力，其實際之值等于三角形AE'e之面積，亦等于三角形Aed之面積。故AB牆上實際淨壓力為ab'dA之陰影面積。總合力通過此圖形之重心點。

上述之方法，較用方格流網圖方法，簡捷便利，所得之近似圖形與第9圖之圖形相較，出入無幾。尤以前後水位差較小時，更為接近。若水位差較大時，則近似方法所得之值，稍嫌略小耳。

(d) 土質不一致時之影響。

前述地下水流動時所加諸結構物之水壓力，均係假定全部土壤之透水率，各處皆相同。計算之方法，或為精確之方格流網圖，或為近似之滲線理論，皆未顧及土質變化時對於壓力分佈之影響。若上下層之土壤，其透水情況相差甚遠，則其壓力之分佈，將隨土質之改變而生差異，茲舉二例以明之：



第十圖

如第11圖所示，設一板樁牆 AB，牆後之填土，上層為透水性甚大之砂土（設其透水率 $K=1 \times 10^{-1}$ cm./sec.），下層為透水性甚小之粘土（設其透水率 $K=1 \times 10^{-7}$ cm./sec.）。牆之前後水位差為 h 。若用滲緣理論，可假定水頭之損失，在同一土質內，其壓力變化為直線函數。則 AB 牆上之水壓力分佈圖，可依水力學之基本公式求得之。如第 11 圖所示，地下水在透水土層之滲徑為 L_1 ，在難透水土層之滲徑為 L_2 。依緩流（Laminar flow）之基本公式：

$$q=V \cdot a; \quad V=ki$$

茲為便于分析起見，假設 $a=1$

$$\text{則} \quad q=Ki \cdot 1=K \frac{h}{L}$$

$$\text{即} \quad h=\frac{Lq}{K} \dots \dots \dots (6)$$

由此式觀之，水頭之損失，與滲徑成正比，與透水率成反比。令 h_1 為滲徑 L_1 內之水頭損失， h_2 為滲徑 L_2 內之水頭損失，

$$\text{則} \quad h_1=\frac{qL_1}{K_1}; \quad h_2=\frac{qL_2}{K_2}; \quad h=h_1+h_2=q \left(\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} \right)$$

$$\text{故} \quad q=h \left(\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} \right)$$

$$\text{現} \quad i=h/L-q/K$$

$$\text{則} \quad i_1=q/K_1=h \left(L_1 + \frac{K_1}{K_2} L_2 \right) \dots \dots \dots (7a)$$

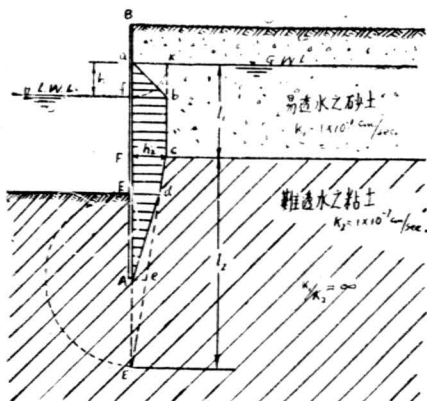
$$i_2=q/K_2=h \left(L_2 + \frac{K_2}{K_1} L_1 \right) \dots \dots \dots (7b)$$

自第 (7) 式，地下水在 L_1 與 L_2 兩段內之坡降 i_1 與 i_2 即可求得之。

$$\text{現} \quad h_2=h-h_1=h-i_1 L_1$$

$$\text{故} \quad h_2=h \frac{hL_1}{L_1 + \frac{K_1}{K_2} L_2} = \frac{\frac{K_1}{K_2} L_2}{L_1 + \frac{K_1}{K_2} L_2} \cdot h \dots \dots \dots (8)$$

由第 (8) 式將 h_2 之值求得後，則 AB 牆上之水壓力圖即可用滲緣理論求得近似值。如第 11 圖所示，以 a 為圓心， $af (=h)$ 為半徑作一圓弧交地下水面於 K 點。自土層變換處 F 點豎一 Fc 等於 h_2 。即水頭 h 經上層透水土層後，剩餘之水頭為 h_2 ，將在 L_2 一段內消失之。聯 Kc 與 cE' 線，此二線代表 L_1 與 L_2 兩段內之壓力變化線。自 f 點作水平線交 Kc 線於 b 點，聯 ab 線。自 E 點作水平線交 cE' 線於 d 點，則 $abcF$ 為 aF 一段之壓力圖。 FA 一段之右側之壓力圖為 $FcdeA$ 。此



第十一圖

外 FA 一段之左端尚有一壓力，其值為三角形 AeE'，即等於三角形 Aed。故 AB 綫上之淨壓力圖為 abcdA 之陰影形之面積。合力通過此圖形之重心點。

惟此處有一可注意之事實，若上下層土質之透水情形相差懸殊，如第 10 圖所示，上層為透水性甚大之砂土 ($K_1 = 1 \times 10^{-1} \text{ cm/sec.}$)。下層為透水性極小之粘土 ($K_2 = 1 \times 10^{-7} \text{ cm/sec.}$)。則

$$\frac{K_1}{K_2} \left(= \frac{1 \times 10^{-1}}{1 \times 10^{-7}} = 1 \times 10^6 \approx \infty \right) \text{ 之值極大。}$$

$$\text{則 } h_2 = \frac{\frac{K_1}{K_2} L_2}{L_1 + \frac{K_1}{K_2} L_2} h \approx h$$

即 h_2 約等於 h ，換言之，使地下水流動之水頭 h ，幾乎全消失於難透水之下層土壤一段內。

$$\text{或 } i_1 = \frac{h}{\left(L_1 + \frac{K_1}{K_2} L_2 \right)} \approx 0$$

即在透水性甚大之上層砂土，壓力變化之此降，幾乎為零。換言之，圖中 bc 綫約平行於 AB。

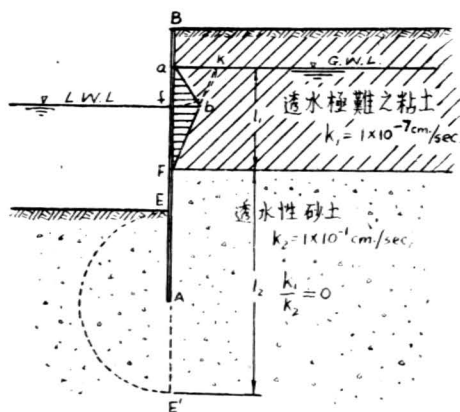
第 12 圖所示，AB 綫後之填土情形恰與第 11 圖相反。即上層為難透土之土壤 ($K_1 = 1 \times 10^{-7} \text{ cm/sec.}$)，下層為易透土之土層 ($K_2 = 1 \times 10^{-1} \text{ cm/sec.}$)。則在第 8 式中

$$\frac{K_1}{K_2} \left(= \frac{1 \times 10^{-7}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-6} \approx 0 \right)$$

之值極小，

$$\text{或 } h_2 = \frac{\frac{K_1}{K_2} L_2}{L_1 + \frac{K_1}{K_2} L_2} h \approx 0$$

即使地下水流動之水頭 h ，幾乎全在難透土之上層土壤內消失之，剩餘於下層則微乎其微，故 AB 綫所受之淨壓力圖，如 abF 之陰影圖形。其合力通過此圖形之重心點。在此情形，下層之易透水土層，可視為排水層，與第 6 圖所示之排水裝置，其性質一也。



第十二圖

主要參考資料

1. Forchheimer: Hydraulik 1930
2. Schleicher: Taschenbuch für Bauingenieure 1943
3. Terzaghi: Theoretical soil mechanics 1943
4. Bligh: The Practical design of irrigation Work 1927
5. Krey: Erddruck und Erdwiderstand 1936
6. Davis: Handbook of Applied Hydraulics 1942

黃河流量之二重控制論

三十六年九月七日

李 集 (1)

本文爲筆者研究黃河水文紀錄之結果，曾經前黃河水利委員會呈送水利部。惟本文爲平日片斷研究所得，原稿文意，頗多重複，理論亦未臻完密，今將原稿加以修改發表，希望能引起一般注意黃河問題人士之興趣，共同討論。以期黃河問題能得一合理之解決，原稿本附有黃河水文圖七幅，含沙量輸沙量及流量之關係曲線圖六幅，爲製板省略計，僅保存三幅，因所省去者不關重要也。

筆者附誌

一、概 言

黃河問題，千頭萬緒，歸納之，其最重要者，僅爲下列二問題。

1. 如何始可輸送黃河在汛期內各洪水峯自上游攜至孟津以下之泥沙入海，令下游河槽不生淤澱。
2. 如何始可減低黃河洪水流量，令下游堤防不生潰決。

此二問題，前者爲輸沙問題，後者爲防洪問題。欲完滿解決黃河問題，必需同時解決以上二問題。中國自有史以來，生民受河患威脅，垂四千年。而黃河問題，迄今仍懸而未決。不僅事實上未曾解決，即在理論上，亦尚無一完滿治河力策，能令人滿意。有主張固定中水河槽者，在詢之以「固定中水河槽以後，下游河槽是否有運輸汛期內各洪水峯自上游攜至孟津以下之全部泥沙入海之能力」，則亦不敢輕下斷語。因河流運輸泥沙之狀況，至今尚不明瞭，（見「黃河下游之治理」第二一頁）。有主張建築高壩以防洪者，水庫之淤澱問題，終究如何解決，迄未見有完滿之答覆。比較慎重者，則認爲目下水文資料尚不充足，主張先補充水文測量設備，以求對黃河之氣象，作進一步之認識。黃河之水文測量，始於民國八年順直水利委員會之設立陝州灤口二測站，其紀錄雖殘缺不全，但亦非全無價值。民國廿二年黃河水利委員會成立以後，水文測量工作，極力擴充。迨廿六年，黃河上下游已有水文站廿四處，水位站廿二處，尤以廿五廿六兩年之紀錄，較爲詳密，足供研究、本文之作，即以廿五廿六兩年陝州、中牟、陶城埠、利津、四站各水文紀錄曲線爲根據，對黃河下游河槽中最常見之水文現象，加以研究，尋求其發生之原因，藉以推論黃河下游河槽中運輸泥沙之狀況，並草擬一解決黃河問題之方案。

黃河下游水文現象之最引人注意者，第一黃河含沙量依流量值之大小而變動。流量大時，含沙量大，流量小時，含沙量小，其關係近似成直線。輸沙量係含沙量乘流量而得，故輸沙量近似與流

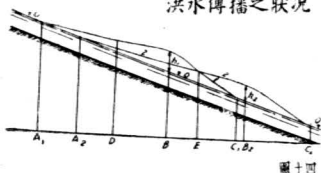
(1) 黃河水利工程總局工務員，李儼繼先生胞弟。

量之平方成正比，其關係成拋物線，利津陶城埠中各站之水文紀錄曲線，及含沙量輸沙量及流量之關係曲線，可以證明。

普通人多有一種觀念，以為汛期內流量增加時，上游泥沙來源較富，故對上述現象罕加注意。茲欲說明其為一種水力現象，與汛期內上游泥沙來源多寡，無大關係，詳密之說明見後，在此須先略述梗概。

在說明此種水文現象之性質以前，須先明瞭洪水在河槽中向下游傳播之狀況，關於此節，普通河工學多論及之，惟以此為下文討論之基礎，故特詳述之。

洪水傳播之狀況



圖十四

假定河槽無支流注入，河槽橫斷面上下游無大差異，則洪水向下游傳播時，其形狀宛如波浪，如圖十四，名之曰洪水波（Flutwelle）。圖中00為河流平衡狀態下之水面，11為甲時刻之水面，22為乙時刻之水面，甲時及乙時之時差為 Δt ，在甲時 A_1 處為洪水波正經過以後之處， A_1 點名爲波尾，D處為水面降落之處， B_1 處為洪水波最高之處，名爲波首，E處為水面上漲之處， C_1 處為開始上漲之處，名爲波趾， B_1 點波首之高為 h_1 ，波之前部，因此降較峻，流速亦大，波之後部，因此降較緩，流速亦小，經 Δt 時以後，波尾由 A_1 進至 A_2 ，波趾由 C_1 進至 C_2 ，因波之前部流速變大，故 C_1C_2 之距離必大於 A_1A_2 ，若上下游河槽橫斷面形狀無大差異，乙時刻波首之高 h_2 必小於 h_1 ，即愈向下游，洪水波之波長愈增，波高愈減也。

洪水波前部之比降值及後部之比降值，可按沿河各站對同一之洪水波，在同一時間內之水位，及各站之距離以求之。

當洪水由河槽中向下游傳播時，每一水文站水位曲線上一之洪水峯，即代表一洪水波，每一洪水峯之漲水時間，即洪水波波趾至波首一段經過該站之時，由水位曲線上每一洪水峯之高度及其經過該站時間之長短，即可以大略推知其所代表之洪水波之高度及長度。

以上所論，對普通河流未必全部適合，因以上理論之成立，係先假定沿河無支流注入，而此條件普通河流大多不能具備，當幹流河槽中發生洪水時，各支流均先後或同時漲水，因時間上之差異，則洪水之不能以完整之波浪形向下游傳播也，明甚，但以上理論，在黃河下游河槽中却完全可以適合，自平漢路橋以東至海六百公里長之河槽中，再無支流注入，又因黃河僅有高低水而無中水，故黃河下游河槽中洪水波波浪形傳播之狀況特別顯著，而黃河下游河槽中轉運泥沙之狀況，亦與此種現象發生關係。

今再觀察黃河下游各站水文紀錄曲線（圖在此省略），可見黃河水文現象之最引人注意者，除含沙量值之依流量值而變動外，槽底高度亦與水位之變動有密切之關係，當水位曲線上發生一洪水峯時，河槽高度亦發生變化，水位由小而大時，槽底漸深，水位由大而小時，槽底又漸高，洪水峯終止時，河槽底漸高復原，吾人已知水位曲線上，每一洪水峯即代表一洪水波，並已明瞭洪水峯及洪水波之關係，即可知上述現象表示每一洪水波在河槽中向下游傳播時，波之前部，流速較大，冲刷河槽，產生新荷重，波之後部，流速較小，由上游來之泥沙多在波之後部，無力負荷，故生沉澱，（由上游來之泥沙，何以多在波之後部，其原因詳後）每一洪水波由上游向下游傳播時，波之前部，產生新荷重，波之後部，拋棄舊荷重，週而復始，循環不息，舊日河工人員其述黃河水性為：「急水挾沙，緩溜落淤」，即表示此種現象，故黃河汛期內每一洪水波由孟津傳播至山東下游河槽中時，其所挾泥沙大部非自孟津以上所挾帶而下者，而為由河槽本身冲刷所生，故下游河槽中含沙量數值依流量大小而變化之現象，與汛期內上游含沙來源之多寡，無大關係，純然為一種水力

現象，可利用之，以解決黃河之輸沙問題。

以下所有之討論，均以黃河水文紀錄為根據，但因以前紀錄之精度似尚未十分可信，故所論均以最常見之水文現象，作抽象理論之討論，而不注重數字，所謂「最常見」之現象，即在不同之測站，及不同之時期內，均可發生之現象，蓋施測方法之粗略，及施測人員之疏忽，所得結果，自不免有誤差，然同一現象，在不同之測站及不同之時間內，均可發現，即可知此現象之發生，決非偶然，若以為水文紀錄不可盡信，並對此最常見之現象，亦認為不可信，則未免失之於太武斷，蓋如此，則過去紀錄，已全無價值可言，又何必保存之乎。

黃河水文最常見之現象，約有下述諸端。

1. 含沙量依流量之大小而變動。
 2. 各河段內之含沙量有與比降成比例之現象。
 3. 漲水冲刷，落水淤積。
 4. 汛期為首次出現之洪水峯，較小之流量，可發現較高之含沙量，以後各洪水峯含沙量與流量之比，有循序低落之勢。
 5. 如洪水時間延長，則含沙量值，不僅低落，且其變化與流量之變化不復相應。
- 以上五項現象，除第二項外，均限於孟津以下下游河槽。
6. 含沙量之最大值，常在流量之最大值以後發現，此現象僅限於陝州紀錄。

本文二、三各節，所討論者，即此各現象發生之原因，並由此申論下游河槽中轉運泥沙之狀況，至於所討論之含沙量公式及輸沙量公式，因紀錄數字之精度不可盡言，公式內之係數及指數，均須待精密觀測以後始可決定，公式之形式亦與筆者所知過去之含沙量公式不同，但此為歸納自然現象所得，其理由筆者不能解釋。討論證明，則有待於專門學者。

二、下游河槽中含沙量之因素

上節已論及黃河下游河槽中含沙量有與流量之一次方成正比之現象，但含沙量之因數不僅是流量，尚有其他因素在。

依黃河實際狀況，每當河水漫灘時，水中所含泥沙必大量沉積於灘地，灘地上之水流，含沙量大為減少，此足證水淺流緩時，水流挾帶泥沙之能力較小，故含沙量雖與流量值成正比，若流量不變，河槽水面寬度 b 增加，水淺流緩，則含沙量必減低，故含沙量又應與河槽水面寬度 b 成反比。

含沙量又與比降有密切之關係，依黃河水文紀錄，陝州以下各測站含沙量有與比降成正比例之趨向，陝州比降為萬分之八，含沙量 46%，中牟比降為萬分之二，含沙量 12%，利津比降萬分之一，含沙量 6%，其含沙量之比值，與比降之比值，大略近似。

中牟利津二站之含沙量值，係取廿六年汛期前後各洪水峯最大含沙量之平均值，何以如此，原因甚複雜，當於以後詳論之，陝州含沙量，係取紀錄中之最高值，因孟津以上，河槽固定，汛期中山河槽本身冲刷新生之泥沙數量不大，其含沙之多寡，關乎上游來源，故必須取紀錄中之最高值，始足以表示含沙量與比降之關係。

含沙量之大小，又與泥沙之飄浮力有關，泥沙顆粒直徑愈小，飄浮力愈強，同一比重同一總重，而粗細不同之泥沙，其較細者能為水流所挾不沉之數量，必多於較粗者，此節可以司托克司之沉落公式證明之。(Stokesches Fallgesetz)

歸納以上四端，以 Q 代表流量， b 代表河槽水面寬度， J 代表比降， C 代表泥沙之飄浮力，名之

爲飄浮係數， M_s 代表含沙量， S 代表輸沙量，可以成立以下關係。

$$M_s \propto CJ \frac{Q}{b} \dots\dots\dots (1)$$

含沙量乘流量得輸沙量。

$$S \propto CJ \frac{Q^2}{b} \dots\dots\dots (2)$$

A. Schoklitsch於1924年研究含沙量之結果，謂含沙量爲比降及單位河寬內流量之函數，與黃河含沙現象正同，單位河寬內之流量即 $\frac{Q}{b}$ ，但(1)式內之 Q 及 J 是否正爲一次方，尚須討論，按美國密蘇里河(Missouri river)在堪薩斯城(Kansas City)之輸沙量公式如下：

$$S = 30.42 \times 10^{-11} Q^{2.16} \quad \text{式中輸沙量以秒噸計，流量以立方英尺計。}$$

其含沙量公式應爲下式：

$$M_s = K_1 \cdot 30.42 \times 10^{-11} Q^{1.16}, \quad K_1 = \text{單位換算時所加入之係數。}$$

紅河(Red river)之輸沙量公式及含沙量公式如下：

$$S = 95 \times 10^{-10} Q^{2.036},$$

$$M_s = K_2 \cdot 95 \times 10^{-10} Q^{1.036}, \quad K_2 = \text{單位換算時所加入之係數。}$$

密蘇里河及紅河之輸沙量公式均爲精密測量所得之結果，1929年5月至12月觀測者可輸沙量，與公式計算者相較，其誤差不及3%，公式只限於一定地點，故公式均無比降及河寬，因此二值，普通可流在一定地點內，幾均成爲定值，故公式僅流量 Q 爲變數，其含沙量與流量之關係，並不完全成爲直線，流量 Q 均有一近似1而稍大於1之指數，故黃河含沙量公式中流量 Q 之指數尚待以後精密觀測後，始可決定。

至於比降 J 是否正爲一次方，亦須討論，按式(1)，當 $\frac{Q}{b}$ 之值相等時，必需各測站之含沙量之比與比降之比值相等，始可證明含沙量與比降之一次方成正比，今雖已知黃河各站之含沙量有與比降成正比之現象，但其當時之 $\frac{Q}{b}$ 值不明，故此比降 J 之指數是否爲1，亦尚待研究。

由上所論(1)及(2)二式中之 Q 及 J 應加以指數 n ， $1+n$ ，

$$M_s \propto CJ^m \frac{Q^n}{b} \dots\dots\dots (3)$$

$$S \propto CJ^m \frac{Q^{1+n}}{b} \dots\dots\dots (4)$$

m 及 n 之值雖未決定，但以密蘇里河及紅河之含沙公式，及黃河含沙量與流量之關係比較，可以斷定 Q 之指數 n 必亦爲一近似1之數，或亦略大於1， J 之指數 m 或爲一近似1而稍小於1之數，但尚不甚明瞭。

河流中之懸移質，在靜水中，本均能沉藏者，在流水中所以飄浮不沉，乃由於紊亂水流(Turbulente Strömung)所發生之力負荷，此力因發生於水之內部，故可名之爲水之內動力，內動

力以 I 代表之，內動力愈強時，水流能負荷之泥沙愈多，含沙量亦愈大，式(3)若去其飄浮係數 C ，即可代表內動力，由此成立下式。

$$I \propto J^m \frac{Q^n}{b} \dots\dots\dots (5)$$

流量 Q 之指數 n 若視之為 I ，則 $\frac{Q}{b}$ 等於水深 t 乘流速 v ，以 tv 代入(5)式，又得下式

$$I \propto J^m tv \dots\dots\dots (6)$$

故內動力在河槽中同一地點，其大小與水深 t 乘流速 v 所成之面積之大小成正比，水深深，流速愈大，其可能挾帶之泥沙亦愈多。

普通流速公式為 $C\sqrt{J}$ 之形，上式中比降 J 之指數 m 若亦近似 I ，則成 $I \propto J^{1/2}$ 之形， J 含有流速之平方性質，故 $J^{1/2}$ 可視為流速之立方，由此又得下式。

$$I \propto v^3 \dots\dots\dots (7)$$

故吾人若欲明瞭 J 之指數 m 之性質，可以精密測驗含沙量與流速之關係，若含沙量與流速之立方成正比之關係可以成立，則可以決定 m 亦為一近似 I 之數。

內動力攜帶懸移質飄浮不沉之數量，必自有其極限，此極限可名之為「內動力荷重量之極限」以含沙量表示之。此極限值又依泥沙之飄浮力大小而定，飄浮力大者，其極限值大，小者其極限值小，但此極限僅僅就流瀉面幕中各部之平均值言之也，若就流瀉面幕中上下各部論之，則荷重之上部者較居下部者為少，上部為少數飄浮力強者，下部為多數飄浮力弱者，愈向下荷重數量愈增，其泥沙顆粒亦愈大，黃河之荷重，依「黃河之水文」所載，近河床處之含沙量，大於近水面處者三倍，惜其對泥沙顆粒大小等級，及其在流瀉面幕中各部之分佈狀況，未作詳密之測驗分析。

第一表 密蘇里河懸移質之等級及其沉落速度表

泥沙顆粒直徑 (以mm計)	等 級	沉落速度 (以cm/sec計)
1/250—1/128	最細土 (very fine silt)	0.0022—0.0091
1/128—1/64	細 土 (fine silt)	0.0091—0.037
1/64—1/32	中等土 (medium silt)	0.037—0.124
1/32—1/16	粗 土 (coarse silt)	0.124—0.38
1/16—1/8	最細砂 (very fine sand)	0.38—1.16
1/8—1/4	細 砂 (fine sand)	1.16—2.60
1/4—1/2	中等砂 (medium sand)	2.6—5.33
1/2—1	粗 砂 (coarse sand)	5.33—9.95
1—2	最粗砂 (very coarse sand)	

當流瀉面幕中荷重數量達其內動力荷重量之極限以後，水中荷重數量即不能再事增加，但押轉力之作用當仍在，而其值或更大於不含泥沙之清水，因含泥之水，比重大於清水，其質量亦較清水

爲人，若河槽基質，仍爲易受冲刷之沉澱質如黃土之類，則河槽可能發生與槽底作平行推移運動之推移質，若內動力減少，其過量之荷重即生沉澱，其沉澱之程序爲，流澗面下部飄浮力較小之荷重，先沉至水底作推移運動之泥沙上層，與之共同作推移運動，作推移運動之泥沙下層，因推移層加厚，其所受之間接轉力減小，推移運動停止。

內動力荷重量之極限，不僅依荷重之飄浮力大小而定，即在同一飄浮力之荷重，此極限值亦非極端固定者，因荷重數量即使已超過其極限，其沉澱亦需相當時間，懸移質愈細，沉澱愈緩，故有時水文紀錄中流量曲線之起落太驟，當流量值突然減小時，亦可發現頗大之含沙量，此並非因荷重飄浮力之強或內動力之巨，而爲超過荷重量極限之懸移質，短期內不及完全沉澱所致，茲以美國密蘇里河所挾泥沙之等級分析及其沉落速度，列爲第一表，以與黃河中所含黃土之成份比較。

密河含沙成份以砂質(Sand)爲多，土質(Silt)較少，砂質約居全部荷重70%，土質僅30%，黃河含沙等級成份，雖未作詳細分析，但河槽基質黃土之成份，則曾經分析，見於黃河模型試驗報告附稿中，用作試驗之黃土，係取自濟南濰口之河槽中，其等級成份及沉落速度參考密河成立下表。

黃河河槽中黃土等級成份及沉落速度表

泥沙顆粒直徑(mm)	等級	百分數	沉落速度(cm/sec)
0.01以下	最細土	43.6%	0.0022—0.0091
0.01—0.02	細土	27.2%	0.0091—0.037
0.02—0.06	中等土	26.2%	0.037—0.124
0.06—2	中等砂及粗砂	3%	5以上

河槽基質成份，雖不能完全代表水中懸移質之成份，但大略當亦近似，故黃河之荷重幾全部爲飄浮力特強之細土，其在水中沉落速度，平均每小時不及四公分，普通河流情形多類似密河，因其荷重飄浮力弱，荷重量即已達其極限，其含沙量仍不甚巨，黃河在近海比降較小之河段中，洪水期內含沙量仍可平均至6%，即係因黃土之飄浮力特強所致。

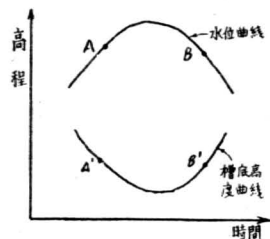
三、黃河水文現象之解釋及下游河槽中轉運泥沙之狀況

黃河之特性如上節所述：爲其懸移質荷重數量特巨而均爲黃土，黃土之特性，除上文所述顆粒極細故飄浮力特強外，尚有一端，即其爲水所浸透後，其顆粒間之粘結力極弱，故黃土質之河槽對轉力之抵抗極弱，極易受冲刷變形，故河槽自身冲刷而生之荷重，來源毫無限制，其含沙量不僅特高，且極易接近其內動力荷重量之極限，由此種特殊條件及上節所述荷重在流澗面內分佈之狀況，可以說明第一節中所述之黃河水文之各種現象發生之原因，茲分述於下：

含沙量之最高值常在流量之最高值以後發現，黃河含沙量，在孟津以上比較較大之處，可達46%，下游山東境內河槽中亦可達8%，依二節所述荷重在流澗面內之分佈狀況，爲少數飄浮力強之極細泥沙居上部，多數飄浮力弱之粗質泥沙居下部，上部之流速較大，下部之流速較小，故泥沙在水中運行之平均速度（指流澗面內上下部所有泥沙之平均速度）必小於水之流速，經時已久，含沙較多之水，與含沙較少之水，遂發生分離現象，含沙較少之水居前，含沙較多之水在後，故含沙量之最高值，常在流量之最高值以後，始行發現，此現象以陝州紀錄爲最著，因孟津以上，含沙較固定，由河槽自身冲刷而生之荷重，爲量甚微，含沙較少之清水，與含沙較多之濁水分離後，不易再有大量泥沙加入，陝州水文紀錄中含沙量曲線之最高峯及流量曲線之最高峯之時差，多有在

二十四小時以上者，至於孟津以下由河槽自身冲刷而生之荷重，來源毫無限制，含沙較少之清水與含沙較多之濁水分離後，其荷重仍沿途增補，不易減少，故此現象在孟津以下不易發現，即有之，其時差亦甚小，不易察覺。

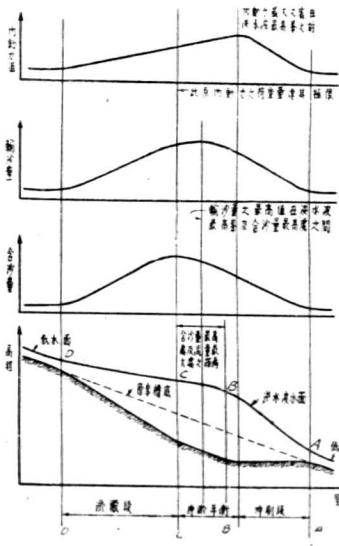
漲水冲刷，落水淤積，此種奇特現象，已詳述於第一節中，今再詳述之。如圖十五，上部為水位曲線，下部為河槽平均高度曲線，水位曲線上 AB 二點高程相等，按之普通河流水力現象言，水位相等時，押轉力相等，若水位在 A 點時，河槽冲刷，當水位至 B 點時，水深即不相等，亦必大於 A 點，故河槽必仍冲刷，但在黃河水文紀錄中則不然，水位在 A 點時河槽冲刷，水位至 B 點時，河槽又淤高，與普通河流水力現象完全矛盾，此種奇象可以水流內動力荷重量之有極限，及黃河下游



圖十五
水位漲落及河槽沖淤之關係

河槽中河水作波浪形之傳播以說明之，今已知泥沙運行之速度小於水之流速，含沙量之最大值，常在流量之最大值以後發現，含沙量值依水流之內動力之大小而變動，內動力值又視比降水深流速而定（公式 6），水位曲線及流量曲線自起點至最高處為洪水波波趾至波首一段經過該站之時，在此時期內水面比降峻急，水深及流速均漸次增加，押轉力及內動力均漸次增高，河槽亦漸次刷深，當水位及流量達最高峯時，正洪水波波頂經過該站之時，此時水深流速最大，內動力值亦頗大，但當時含沙量最大之水尚未至該站，其最大流量所發生之押轉力所沖動之懸移質及原有之荷重相加，尚未密切接近其內動力荷重量之極限，經過 dt 時以後，洪水波波首已過，洪水已低落，含沙量最高之水，始抵達該站，其時正為洪水波波首至波尾一段經過該站之時，其降及流速均減小，在同一水深下押轉力及內動力均小於漲水時期，河流中含沙量遂超過其內動力荷重量之極限，不能再事增加，即開始淤積，以後水位愈低，流量愈減，內動力愈弱，淤積愈甚，洪水波完全經過該站後，已沖深之河槽復大致恢復原有之高度，故黃河之沖淤，由水位之漲落而定，與水位絕對值無關，所以然者，河槽過多，接近其內動力荷重量之極限值有以致之也。

吾人由此可以對黃河運輸泥沙之狀況，獲得相當認識，如圖十六，表示河槽中洪水波前進時之狀況，A 點為波趾，B 點為波首，C 點為含沙最高之處，D 點為波尾，A B 二點間水面比降最大，流速亦高，由 A 點至 B 點間流量水深流速均逐漸增加，其押轉力及內動力均迅速增高，河槽開始冲刷，至 B 點為洪水波之波首，水深最大，但比降已減，故押轉力及內動力之最高值已過，且已



圖十六

黃河下游河槽中洪水波前進時沖淤狀況及沿里程含沙量輸沙量內動力值分佈圖（此圖無比例只大略表示各數值之先後關係）

開始低落，C 點爲含沙量最大之處，該點內動力之荷重量，超過其極限，故 C 點以後河槽開始淤積，D 點爲洪水波尾，淤積現象停止。

依上所論，可知每次洪水發生時，洪水波前部內動力強而荷重少，除挾帶原有之泥沙外，尚足以挾帶由押轉力衝動之泥沙上升前進，在上游攔來之泥沙，因虛波之後部，內動力小，含沙量超過內動力荷重量之極限，故生淤積，洪水波經過以後，若河槽低於洪水波經過以前，則爲冲刷，高於原河槽，則爲淤積，故黃河下游河槽中轉運泥沙之狀況，與普通河槽固定之河槽迥異，亦與孟津以上之黃河不同，普通河槽固定之河流，由河槽本身冲刷而生之荷重爲量甚微，由上游來之泥沙數量亦有限，其荷重量與其內動力之荷重量極限甚遠，故其荷重除有特別原因而致沉澱者外，大部均不易沉澱，爲流水所挾帶之行程甚遠，或者即由一次洪水波，全部自上中游輸送入海，亦爲可能之事，孟津以上黃河，河槽波度峻急，河槽固定，水流所發生之內動力甚強，汛期中自上游中游各支流所挾帶而下之泥沙，數量雖巨，仍能轉運而下，不生壅滯，直出孟津，孟津以下，其河槽減小，流速減少，內動力減低，而河槽基質爲易受冲刷之黃土，由河槽本身冲刷而生之荷重，來者毫無限制，河流之荷重，立接近其內動力荷重量之極限，遂發生「漲水冲刷落淤」之現象，如上文所述，故黃河下游河槽中水流所挾帶之泥沙行程甚短，不僅每次洪水波自孟津以上攔至孟津以下之泥沙不能直接入海，即在豫境河槽冲刷而生之泥沙，似亦不能直達魯省下游，每一洪水波在河口運輸入海之泥沙，幾均爲近海數百公里內河槽本身冲刷所生，此一部份泥沙去後，已刷深之河槽，即爲由上游來之泥沙所填滿，河槽中每有一次洪水波經過，河槽基質即發生一次短程轉移，同一泥沙，似須經過多次之洪水波，始可輸送入海。

試以二十五年陶城埠水文紀錄爲例，每一洪水峯發生時河槽刷深數值爲標準，以計算各洪水波冲刷河槽可能產生之泥沙數量，二十五年汛期之洪水峯有四，第一洪水峯刷深河槽 0.4 公尺，第二最小洪水峯刷深河槽 1.2 公尺，第三洪水峯刷深河槽 1.8 公尺，第四洪水峯刷深河槽 0.7 公尺，河寬以 400 公尺計，自孟津至海 700 公里，則得各洪水波自孟津至冲刷河槽而產生之荷重數量如下。

洪水波	第一	第二	第三	第四	總計
冲刷量(億公方)	1.12	3.3	5.0	1.95	11.37

河槽基質泥沙因含水關係，其泥沙顆粒間之空隙，較乾鬆泥沙爲大，故以上數值尚須加以折減，姑以十分之八計，得 9.1 億公方。

二十五年利津全年總輸沙量共 4.6 億公方，故知僅近海三百公里長之河段中由洪水冲刷而生之荷重，已與利津全年總輸沙量相等。

以上估計雖爲大略，已可證明黃河下游河槽中含沙量，幾均爲由河槽本身冲刷而生者，不僅來自孟津以上之泥沙不能直接入海，即河南境內由河槽本身冲刷而生之泥沙，亦不能直接全部至下游近海段河槽中也。

至於同一洪水波，若上下游河槽坡度不變，當經上下游時，各該處挾帶泥沙之能力，是否相等，尚待研究，水流挾帶能力之大小，純依其內動力之大小而定，內動力又爲其水深及流速之函數，(公式 6)，洪水波愈向下游，波長愈增，波高愈減，其前部水深，水深，流速均小於上游，內動力當亦較在上游時爲小，可以斷言，波之後部水深雖亦較在上游時小，其降及流速却增加，其內動力之減少，當不及前部之甚，同一洪水波，其在上下游挾帶泥沙能力大小之比，可以圖十六上部表示內動力之面積定之，內動力值除其降，水深，流速外，尚與河槽橫斷面形狀等複雜之因素有關，研究極困難，姑從略。

依上所討論，知黃河下游河槽中，每經一次洪水，河槽基質即發生一次變換，由第二節中所述：流澇而罷中荷重沉澱時，飄浮力小之粗質泥沙先行下沉，飄浮力強之荷重較後，故下游河槽基質雖均為黃土，但表面各層均為飄浮力特強之細土，愈向下土粒愈粗，飄浮力愈弱，河槽冲刷過深時，其下層或可發現飄浮力較弱或不易冲刷之土層，（非黃土之土層）以河槽基質之組織狀況，可以說明黃河水文常見之現象第四項及第五項發生之原因，茲論之如下：第四項水文現象為：汛期中首次洪水峯，較小之流量，可以發生較高之含沙量，以後各洪水峯含沙量與流量之比，有循序低落之勢，第五項水文現象為：如流量之最高值時間延長，則含沙量值不僅低落，且與流量之變化不復相應，即含沙量值與流量值不發生關係。

第四項現象之發生，必需各洪水峯在時間上相距甚近，前一洪水峯尚未完全低落，後一洪水峯又發生，如二十六年利津及陶城埠紀錄所表示者，廿六年利津汛期，第一洪水峯經過時間約二十日，最高流量不及 5000 秒公方，而其含沙量近 8%，因此次洪水峯係本年首次洪水，其所挾泥沙殆多為河槽表面之細泥沙，飄浮力特強，故其含沙特高，第一洪水峯在落水時期，雖亦循黃河常見之現象，發生淤澱，但尚未淤高至原來之河槽高度，洪水峯亦尚未完全低落，第二洪水峯即發生，其經過時間約十六日，流量最高為 5600 秒公方，含沙量最大只 5%，此因河槽表面細泥沙，已被第一洪水波攔去，第二洪水波所挾為普通泥沙，飄浮力較次，故其含沙較低，第二洪水峯稍形低落，第三洪水峯又發生，其經過時間約一月，流量最大達 9000 秒公方，當初期流量為 5000 秒公方時，含沙量亦增至 5%，以後流量愈增，河槽愈加深，含沙量反見低落，當流量 8000 秒公方時，含沙量僅 2.5% 而已，含沙量之變化，與流量之變化不復相應，此種現象，不僅是利津為然，陶城埠在同一條件下，亦同時發生，故吾人不能視為測量錯誤，只可認為因洪水時期過長，河槽冲刷過深，河槽下層有飄浮力較弱並不易冲刷之其他土層，由河槽本身冲刷而生之懸移質，數量大減，河流荷重數量距其內動力之荷重量極限甚遠，故含沙量之變化與流量之變化不復相應，此種情形，在其他河流或為常態，在黃河却成為特殊現象，非常態也。

四、下游河槽之輸沙能力

依以上之討論，始可進一步研究下游河槽中含沙量輸沙量及流量之關係，並下游河槽之輸沙能力，由以上之討論，研究下游水文紀錄中含沙量與流量之關係時，有下述之特殊狀況，即不能研究一、河槽水面寬度 b ，在流量變動時，須無人變動，始可研究其含沙量與流量之關係，若流量增加時，河水漫灘，灘地水淺流緩，內動力弱，含沙量小，正槽水深流急，內動力強，含沙量大，故須將正槽及河灘流量與含沙量分別統計，但黃河水文紀錄中，河水漫灘時，正槽及河灘之含沙量流量，並未分別記錄，故紀錄中之洪水若有漫灘現象，即不能研究其含沙量與流量之關係。

二、流量曲線之起落，不能太驟，起落太驟時，流量突然減小，其超過內動力荷重量之極限之荷重，短期內不及全部下沉，在此狀況下研究其含沙量與流量之關係，為無意義之事。

根據以上二條件，中牟水文紀錄，即無法研究，因其洪水發生時，河水漫灘，而流量曲線之起落過驟也，二十六年陶城埠汛期後期，河水漫灘，亦不能研究，此外尚有下述條件，亦須注意。

三、洪水時間特別延長，河槽冲刷過深時，含沙量與流量之變化不復相應，則亦不能研究，二十六年陶城埠及利津汛期後半期內均呈此現象，故不能研究。

根據以上三條件，現有之水文紀錄可供研究者，僅二十五、二十六、二二年利津及陶城埠二紀錄中之一部份洪水峯而已，但此各洪水峯之含沙量及流量之關係，亦須分別統計，因汛期首次出現

之洪水峯，所含常為河槽表面之細泥沙，飄浮力特強，較小之流量中亦可發現較高之含沙量，以後各含沙量及流量之比值較低，前在第一節中，比較含沙量與比降之關係時，中牟利津二站之含沙量均取汛期內前後各洪水峯最高含沙量之平均值，即係此故，至於孟津以上，河槽固定，洪水時所含泥沙由河槽冲刷而生者，數量甚微，其含沙量之多寡，關乎來源，與流量之關係較小，故孟津以上之紀錄，不能研究其含沙量與流量之關係。

依以上所述各條件，將利津湖城埠二站紀錄中可供研究部份之含沙量，輸沙量，及流量之關係，分別統計作圖，依圖八至圖十三，得含沙量輸沙量及流量之關係，一或直線，一或拋物線，聯絡各作圖點所成之直線及拋物線，代表含沙量及輸沙量之平均值，此各直線及拋物線，係按下列二式計算而得者。

$$M_s = C \beta n \cdot 1000 \cdot J \frac{Q}{b} \dots\dots\dots (8)$$

$$S = C \beta n \cdot 1000 \cdot J \frac{Q^2}{b} \dots\dots\dots (9)$$

(8) (9) 二式係依第二節中 (1) (2) 二式加數假定之數值所成立，式內 1000 為水之比重， n 為一與可滲透率有關之數值，(因內動力之值與滲率亦以有關係)，在下游河槽中應為定值， β 為內動力總值中所用於負荷泥沙之力之比例數，在荷重量達內動力荷重量之極限時，亦應為定值，飄浮係數 C 為變值，先由各作圖點之連絡線求 $C \beta n$ ，然後以所求得之值代入 (8) (9) 二式中，計算其曲線，完全與自然現象符合，僅各洪水峯之 $C \beta n$ 不盡同，其中以 0.0198 一值為最低，出現次數亦最多，各值均附註圖上，可參閱。

(8) (9) 二式因所根據之數值不盡精確可靠，故僅可作以後進一步研究之參考，其係數固須精確之測驗始可決定，流量 Q 及比降 J 之指數 n 及 m ，之精確值，亦有待於嚴密之試驗觀測，但「河流挾沙能力近似與流量之一次方成正比」及「河流之輸沙能力近似與流量之平方成正比」之關係，似可成立，所以不云「含沙量與流量成正比」及「輸沙量與流量之平方成正比」者，以河流有時有特殊狀況，泥沙來源減少，其挾沙輸沙能力仍在，而其含沙量及輸沙量可能與流量不生關係，如第三節所討論者，以 E_{ms} 代表河流之挾沙能力， E_s 代表輸沙能力，可成立以下關係。

$$E_{ms} \propto J^m \frac{Q^n}{b}, \quad n \text{ 為近似於 } 1 \text{ 之數} \dots\dots\dots (10)$$

$$E_s \propto J^m \frac{Q^{1+n}}{b}, \quad 1+n \text{ 近似於 } 2 \dots\dots\dots (11)$$

由第 (11) 式，可獲下述之重要概念：

同一總量之水，若分佈於較長之時期內，以小流量通過一段河槽，其總輸沙能力遠不及其在較短之時期內，以大流量通過此段河槽之巨。

故每一河流全年總流量之值不變，若欲增強其輸沙能力，須令其全年流量集中於一定時間之內以大流量通過該河槽入海，以廿五年利津輸沙量與流量關係曲線為例，當流量為 1000 秒公方時，含沙量不及 1%，輸沙量僅 6 秒公方，流量增至 6000 秒公方時，含沙量增至 3.5%，輸沙量增至 210 秒公方，故同一總水量，以 6000 秒公方之流量通過利津河槽時，其總輸沙能力，大於

以 1000 秒公方之流量通過利津河槽者 6 倍。

但依第三節所論，河流之挾沙能力與流量成正比，但河槽中流水若作波浪形之傳播，則泥沙運行之行程甚短，由此又得第二重要概念：

若欲令大量泥沙作長程之運行，不僅須增高流量，並須延長最高流量之時間，令流水勿作波浪形之傳播，始克達大量泥沙作長距離運輸之目的。

河槽輸沙能力，尚與比降有關，比降愈小之河段，其輸沙能力愈弱，故下游河槽之輸沙能力須以利津紀錄為標準，在利津可以運輸下行之沙量，在下游河段中當亦可以不沉，依前所作之利津含沙量輸沙量及流量之關係曲線，當流量在 5000 秒公方時，含沙量最小為 4.5%，最大為 7.5%，以 5% 為 5000 秒公方時利津河槽挾沙能力作標準，當無大差，黃上之比重以 1.6 計，則每公方水含沙量 0.0312 公方，5000 秒公方流量可輸送 156 秒公方泥沙下行，每日可輸送 0.135 億公方泥沙下行，黃河之泥沙幾均來自陝州以上，今試將水文紀錄中所有陝州各年各年總輸沙量列表，並依利津河槽 5000 秒公方流量時之輸沙能力，計算輸送入海所需水量及日數，並與陝州及下游各年總流量比較，如下表：

下游河槽運輸陝州全年下注泥沙所需水量及日數表

年別	陝州全年總輸沙量	運輸入海所需日數	所需水量	陝州全年總流量	下游各站全年總流量
廿三	14.5億公方	108	440億公方	——	560億公方(濼口)
廿四	12.7	94	400	590億公方	——
廿五	4.1	31	129	410	380(利津)406(濼口)
廿六	18.5	137	590	715	680(陶城埠)

依上表可知黃河歷年自陝州下注泥沙，在 5000 秒公方流量之條件下，均可輸送入海，其全年總流量亦優有餘裕，然而事實上每年入海泥沙數量，並不及自陝州以上下注者之多，根據「黃河之水文」，每年陝州總輸沙量約有四分之一，不能入海，沉積於孟津以下之河槽中，其所以致此者，由於其全年輸沙量於時間上過於集中，而其全年總流量却未於時間上作同一集中以輸送之，由陝州歷年輸沙量曲線，全年總輸沙量 90% 以上，均集中於汛期內數個與洪水峯相應之輸沙量峯中，每個輸沙量峯經過時間，長者十餘日，短者三四日，其每秒輸沙量，小者三四百公方，大者可達二千公方，以如此巨量泥沙，所以能於短期內轉運而下，不生礙滯者，純以孟津以上比降之峻，洪水流量之巨，河流工作能力較強，始克致此，孟津以下，河入平原，比降減少，河流工作能力驟低，對其所不能負荷之過量荷重，亦惟有委棄之而去，吾人由沿河含沙量依比降值而減少之事實，即不難窺見問題之真象所在，按 (II) 式，河流之輸沙能力一方面與比降成正比，一方面又與流量之平方成正比，故其工作能力失之於比降者，可以增加其流量以補足之，苟在每次洪水峯過後，能加入相當數量之清水流量，並延長其時間，則固可以運輸全部泥沙入海，不成問題，其所以不能者，各個洪水峯間及秋後之清水流量值太小，不能滿足吾人之條件，故黃河全年總流量值須能在時間上予以空調調整，將其至流量曲線上除去挾帶泥沙之洪水峯以外之清水流量空調之，令其在時間上集中於流量曲線上之流量谷中，及汛期後一週月內，以增強其工作能力，運輸由各洪水峯帶來之泥沙，但僅空調黃河之低水流量，只能解決輸沙問題，不能解決防洪問題，故空調低水流量外，尚須同

時控制洪水流量，爲兼顧輸沙問題計，控制洪水，宜以節洪方式出之，普通河流，控制流量，僅控制其洪水流量，此爲一重控制，黃河控制流量，洪水流量及低水流量同時控制，是爲二重控制，僅控制低水流量，雖可解決輸沙問題，刷深河槽，但遇非常洪水，潰決之禍，仍不可免，僅控制洪水流量，若以節洪方式出之，則不但不能解決輸沙問題，且使下游河槽淤積更甚，因洪水經節洪壩節制以後，流量減低，時間延長，下游河槽之輸沙能力，反小於未節洪以前，自上游來之泥沙，若沉澱於節洪庫內，節洪庫不久失效，若不沉澱於節洪庫內，下游之淤積狀況，必更甚於未節洪以前，可以斷言，歷來論治河者，對節洪效果之討論，多注重於節洪庫內之淤積問題，而不知其對下游河槽影響之不良，殆亦因未注意河槽輸沙能力與流量之關係而已。

五、以二重控制流量之方策解決黃河之防洪及輸沙問題

吾人是否可以達到此二重控制黃河流量之目的，尚須申述黃河上中游之水文狀況，根據「黃河之水文」，黃河之泥沙及汛期洪水，幾均來自綏遠以下陝晉各支流，河曲以上黃河含沙量遠小於下游，包頭汛期最大含沙量僅 2.5%，且爲時甚短，陝州最大含沙量達 46%，河曲以上黃河全年總流量約居下游全年總流量 70% 至 75%，下游除汛期內挾帶泥沙之洪水外，低水時期，所賴以沖刷孟津以下淤積之清水，幾均來自河曲以上黃河，惜其於時間上太過分散，致未能充分發揮其工作能力，吾人若欲控制黃河之低水流量，即須控制河曲以上之黃河流量。

今假設於河曲以上設立水庫，儲蓄上游清水，同時在孟津以上，陝州以下，建築節洪壩，當汛期洪水發生時，每次之洪水峯經節洪壩節制以後，以不致災之流量（假定在 12000 秒公方以下）及其所能挾帶之泥沙，注入下游河槽，節洪庫在未發生蓄水作用前，自不致發生淤積，及發生蓄水作用以後，因庫內流速減低，必有一部份泥沙臨時沉澱於節洪庫內，惟此正符合吾人之要求，因吾人之目的不僅欲節制洪水流量，同時亦欲節制其輸沙量，不願其於時間上太過集中，致下游河槽，無力負荷，洪水峯雨過，即放河曲水庫清水下注，約五日左右，即可達節洪水庫，其流量值以能沖刷節洪水庫內之淤積爲合格，至於經過節洪水庫節制之洪水，其洪勢已殺，自孟津後，自不免仍生淤積，但因其含沙量已低於未經節制之洪水，故淤積程度，當亦較輕，經過河曲水庫清水沖刷，經相當時間，必可全部輸送入海，至於豫冀境內河槽距離寬大，向來即有調節洪水之作用，含有水庫性質，孟津以上設立節洪水庫後，豫冀境內河槽之節洪作用，已大部爲節洪水庫所代替，汛期內無須過寬之河槽，亦可以減少流量滲漏之損失，亦即所以增加下游河槽之輸沙能力。

節洪水庫內淤積之沖刷，是否需要甚大之流量，雖不能十分明瞭，但可推測其所需流量不能較沖刷下游河槽所需要之流量，超過甚遠，因孟津以上，其降大於下游近海河槽者八倍，故同值之流量，其轉動力及內動力必遠大於下游河槽，且放清刷淤，必緊接於每一洪水峯發生以後，水庫內淤積必尚未凝固，而黃土有在水中缺少黏結力之特性，尤易沖刷，故沖刷水庫所需流量值，當不致甚大，可以臨時試驗決定之，水庫地形，選擇其直而狹深者，亦是增強其沖刷能力。

河曲水庫之容量，只須能容納 100 億公方，已足以容納河曲以上冬春總流量，汛期包頭流量增至 2000 秒公方，水庫每次放水數量以 5000 秒公方，放水時間以上日計，共需水 40 億公方，其損失在汛期約二十五日即可補充，汛期過後，水庫全部存水一次放盡，然後再開始蓄水。

按日人之治黃研究，曾擬在河曲以上清水河以西 25 公里處，建壩蓄水發電，其水庫地形曾經航測，壩高 80 公尺，週水 160 公里，水庫容量 300 億公方，不僅黃河上游冬春總流量，即全年總流量亦可容納，故河曲以上之蓄清水庫庫址當亦不成問題。

每年汛期中控制流量機帶可設立於陝州，以無線電訊指揮控制上下游水庫，同時控制機構須與

中游各支流水文站雨量站聯絡，在陝州每一洪水峯發生以前，即可預測其發生之時間，及流量之大小，經過時間之長短，但此尚須對各支流域之雨量流量，與陝州洪水在時間上數量上之關係，有長期之統計，始可臨時控制裕如。

甯緩灌溉用水，亦可與此控制流量之計劃不相衝突，因灌溉用水，多在夏秋漲水時期，其流入農田之水，除植物生長及蒸發損失外，均由排水系統或化為地下水仍流入河中，而河曲水庫不僅居甯緩下游，且重在儲蓄秋後至次年汛期前之流量，詳細狀況，自待研究，惟可斷定，必無大妨礙。

流量經控制以後，下游河槽中，冬春枯水時期，流量減小，或足妨礙航運，惟吾人不妨視下游河槽為運河，設閘以節制其水量，閘之設計，須以不妨及汛期內排洪輸沙為條件。

六、論固定中水河槽及其他治河方策

黃河問題，論其重要，可關中國國運之盛衰，故久為古今中外水利家注意力之集中點，各種治河方策，亦紛然雜陳，見仁見智，本不能忘加詳論，惟各種治河方策，其目的均為解決黃河之防洪及輸沙二問題，在黃河水文氣象不明以前，吾人自不能判斷其得失，今吾人對黃河水文，似已略有認識，試以黃河水文為根據，對目前所有各種治河方策，加以討論。

一、建築高壩著洪 此其目的，重在電能，以供工業之用，防洪為其第二目的，輸沙問題，完全不能解決，僅以著沙代替輸沙，故著洪之策，收效於目前，貽患於後世，為人所共論，不可置論，但以其可得大廉價電力，以供工業之用，故仍不可忽略。

二、以堤束水，以水攻沙，及固定中水河槽 以堤束水以水攻沙，為中國賢哲所主張，固定中水河槽，為德水工家恩格思所主張，表面觀察，二者似有歧異，若就輸沙方面言，兩者之目的無二，均以增加河槽輸沙能力為目的，而其所用之方法略異，以堤束水，以水攻沙，其方法為減少河寬 b ，以增加 $\frac{Q}{b}$ 值，增強其內動力，固定中水河槽之目的，與以堤束水無異，但比較能利用自然水力現象，黃河中之含沙量，既常接近其內動力荷重量之極限，正槽水深流急，內動力強，其所負荷之泥沙，在河水漫灘時，必生淤積，以灘地水淺流緩，內動力弱也，但黃河河槽不固定，洪水不專沖一槽，河槽固定後，則灘地淤高，河槽刷深，與以堤束水，以水攻沙，無異也。（公式 $6, I \propto J^{1/3} v$ ）準此而論，固定中水河槽，自為最合理之治河方策，雖然，但並非無討論之餘地，若黃河之善淤，係由於河槽過於平坦，致水流無力負荷自上游來之泥沙，並無力刷深河槽，則不論用以堤束水，或固定中水河槽以治河，均無可疑議，但黃河之善淤，主因乃由於孟津以上與下游比降之差異，孟津以上河流所可負荷之泥沙，下游不能負荷所致，（吾人由水文紀錄中上下游各站含沙量值依比降值而減低之現象，不難窺見此問題之癥結所在，）並非因河水無力挾帶泥沙亦非因河水無力冲刷下游河槽，汛期中每次洪水峯出現，其洪水波在河槽中由上游向下游傳播時，均有冲刷河槽之能力，亦有挾帶泥沙之能力，每一洪水波冲刷河槽挾帶泥沙能力之大小，視其總流量之值而定，亦視其單位河寬內流量 $\frac{Q}{b}$ 之值而定，總流量及 $\frac{Q}{b}$ 大者，冲刷較深，總流量值小者， $\frac{Q}{b}$ 亦小，冲刷較淺，吾人觀察利津，陶城埠，中牟各站水文曲線中，流量曲線及槽底高度曲線之關係即知，但須嚴密注意者，不論每次洪水波總流量之大小如何，河槽冲刷之程度如何，洪水峯過後或汛期過後，槽底高度復淤高復原，其所以如此者，洪水波之總流量增高後，挾帶力及內動力亦同時增高，但由河流冲刷而生之荷重，其來源毫無限制，河流中所挾帶之荷重數量，不論如何總迫近其內動力荷重量之極限，在此條件下，洪水波前部冲刷，後部淤積之現象，依然如第三節所述，故洪水波過後，不論其深河槽之程度如何，仍然淤積復原，或且過之，當固定中水河槽工程實施後，自有增高 $\frac{Q}{b}$ 值，

及押轉力內動力之效果，與增高每一洪水波之總流量同，每一洪水波之總挾沙能力，亦可相當提高，可無容置疑，但以黃河下游河槽中懸移質之來源毫無限制之情形觀之，則河流荷重之迫近其內動力荷重量之極限之狀況，必仍然不變，每一洪水波向下游傳播時，波之前部冲刷，後部淤澱之現象，必仍然不能避免，準此而論，固定中水河槽是否能完滿解決黃河問題，似亦有重行研究之必要矣。

然則當日恩格思以模型實驗固定中水河槽，結果何以能刷深河槽，依當日之報告觀之；模型之長僅一百公尺，而黃河河槽中之洪水波，僅波趾至波首一段之長，已在五百公里以上，當波趾已抵利津之時，波首尚在中牟以上，模型中流量之大小，全以人力操縱，水中荷重，均放水時加入，其狀況已與天然洪水波在河槽中向下游傳播時之狀況不類，漲水時及落水時（即洪水波之前部及後部），水中荷重量之變化，尤與天然洪水波不符，天然洪水波，波之前部冲刷，後部淤澱，固由於波之前後部流速不同，內動力之大小異殊，亦由於河水經長時期之流動後，因泥沙運行之速度必小於水之速度，含沙較多之水，必在波之後部發現，乃致沉澱，此種自然現象，在一百公尺長之模型內，殆不能以人力實現，故黃河模型實驗，尚有與天然現象不符者。

吾人由以上之討論，乃可下結論曰：「固定中水河槽，須與控制流量同時進行，始可收效力，流量經控制以後，下游河槽中無突起突落之洪水峯，洪水不再作波浪形之傳播，水中之含沙量，即迫近其內動力荷重量之極限，亦不易沉澱，在此條件下始可刷深河槽，並直接運輸泥沙入海，達到迅速改善下游河槽之目的，若不控制其流量，雖固定中水河槽，泥沙之行程仍不長，河槽內之淤澱，仍不可免，但流量控制後，固定中水河槽之工作仍不可少，不僅為消除險工，亦因下游河槽，絕不能任其荒蕪不治也。

流量經控制以後，下游河槽中無過量之洪水，現有之修防組織，可以大量減裁，中水時期甚長，冲刷河槽，不必依賴洪水，黃河下游治理計劃中之護灘壩可以全部略去，魯境河槽，除裁減取直段外，丁壩壩等均可大量減省，因魯境河槽斷面較佳也，固槽束水之工作，可以集中於豫冀二省境內。

設欲獲得電力，以供工業之用，僅可於晉陝二省間築壩發電，河曲水庫，亦可發電，但其發電之數量及時間，須受控制流量時間之支配。

治理溝壑，減少泥沙來源，為根本解決黃河問題之要圖，但不易於短期內收功，治理溝壑，固定中水河槽，控制流量，三者須同時進行，俟治理溝壑收效以後，控制流量之工程，均可改為蓄水發電灌溉之用，成為純粹生利之事業，當亦無大困難也。

參 考 文 獻

鄭肇經：河工學

H. Engels：Handbuch des Wasserbaus

黃河下游治理計劃

黃河模型試驗報告

Physics of the Earth—Hydrology 1942

沙玉清：流水挾運泥沙之通式

由溝谷築壩淤田說到黃河治本

成 甫 隆

引 言

黃河不治之害，及需治之亟，盡人皆知，毋待繁詞。近年來各方提供之方策，效果上姑不論其能否達到澈底治理之目的，而經費上，幾傾國力不克舉辦，若河患任其自然演進，人民痛苦將無法解除。著者未嘗學問，只因生長在黃河流域的黃土邱陵地——山西臨縣——對坡嶺水土走洩及居民應付的方法，有點實地的見識，認爲河患之成因，由於上游坡嶺之水土不能保持，故河患之根本治理，亦當求之於上游之水土保持。惟水性就下，土質易沖，如於黃土坡面蓄水，勞多收少。觀察過去之經驗，可預知將來之努力，吾人欲達到澈底保持水土之目的，不能不注意於溝谷。溝谷築壩，施工經濟。收效宏大，涉嶺人民，實地已有經營，其所以未能發展者，實因土地零碎分割之小農制度爲之障礙，倘今後能將此障礙解除，政府再加以倡導協助，實可望其迅速發展。夫集支流而成黃河，集溝谷而成支流，祇要每一溝谷的水土保持都得到澈底而巧妙之解決，則可消弭河患於無形。竊以爲最理想的治河方策，無逾於此者，爰本斯旨，草成黃河治水論初稿一冊（全書七萬餘字），寄呈中國水利工程學會求教，並希將書中概論一節刊登水利，蒙覆囑另具短文並指明重點，著者欣然應命，乃成此文，聊作引玉之功焉。

一、溝谷築壩淤田之由來及現狀

黃土邱陵地，因地勢坡陡之故，下在地面的雨水，大部流走了；又因土質疏鬆易沖之故，流走了的這些雨水，必飽含泥土以去，流走了水，可以促成荒旱，帶走了泥土，便是破壞地力，居民爲了解救生活的痛苦，所以那些地方，向來就沿用着種種的保持水土方法，他們在坡地裏，導水有水道，蓄水有水窖，低窪處有水簸箕——即謂洪壩之雛形——就是一般人認爲最新學說的等高線耕種，在我們那坡嶺田地，也早在實行着。但這些方法，或因功效不足，難達完全蓄水之目的，如水簸箕與等高線耕種，或因耗費人力太甚，不能每塊田地裏普遍設施，如水窖與地窖，總之在坡面上蓄水，因地形不利，人工實敵不過自然趨勢，所以每逢大雨的時候，溝谷裏乃不免有山洪匯集流走，農人們不但瞧着流走的水分泥土可惜，且激濤的溝中山洪，流量更多，沖力更猛，溝底無以止的窮深，溝壁無止境的崩陷，臨溝的田地住宅等，相隨付之東流，居民爲了進一步的克服自然，溝谷築壩淤田就應運而生，且一變消極的防禦沖蝕，而成積極的利用沖蝕了，因爲其他的保持水土方法，充其量也不過保護原有的田地，而壩壩淤田，實可在溝谷內新創田地也。

黃河上游的大部，原係風成的黃土高原，但經千萬年來之沖蝕，已成了溝谷密佈的邱陵，高坑處坡陡難耕，低下處土質早已無存，大部面積已失耕種效用，小部面積亦產量微弱，黃壤是最適於

農耕之土壤，而事實上，反是西北地瘠民貧，其最大原因，恐即在此。故此等地區，保持原狀，既不足以慰吾人之慾望，而且事實上亦不可能，反之，來一個逐漸改良，則條件適合，且當地已有實例可循。倘你深受了我國古訓防川之誡，而謂治水宜導不宜塞，這裏的事實，必給你一個相反的教訓；倘你滿懷了普通開渠壟牛那一套而來這裏興水利，你必感到條件不許可，一籌莫展，因為這種地區不但無水源可資引壑，而且無平坦之田地可供灌溉，但在這裏你可看到溝谷築壩的奇蹟，可以將荒谷變為平坦的壩地，可在乾溝內創造水源，這件事在當地居民是司空見慣，在我們治水者却可作為重要的參考。

現在的山溝裏，一則由於小農制度之下，土地零碎分割的軍制，再加以人民財力不集中及技術落後等原因，大規模的築壩淤田事業實在沒有，只能於頗小山溝的末梢處偶爾見到一點，但規模既小，技術亦甚簡單，他們只在溝中橫築壩一道，能截留山洪不至流走就行，修築此種壩聽說各地用木石材料薪等的都有，但著者所見，多係用上，壩之形式，內面（即臨水之面）作坡狀，外面則壁立，壩之尺寸，當然要視集水區面積，及雨量逕流等而定，農人們實在沒有測量記載依據，然只憑經驗目力，亦可有不遠於事實的決定。糾集人員的方式，多隨其僱傭，間亦有互相變工（變工即借工的意思，）經濟力薄弱之家多如此做者。壩成後，則將暴雨時鼓盪流來的山洪攔積於內，待幾日泥土沉澱，則將上層的清水放走，裏邊剩下沉澱的淤泥。平常蓄水庫的壩內淤積淤泥是失敗，但這種淤田壩內沉澱淤泥是成功。因為沉澱積起來的淤泥，就是所謂壩地。即使是上層沖蝕已淤土盡的石溝中，只要淤積數寸厚的一層淤土，就可開始種植，以後因壩內陸續收集山洪之故，淤土愈積愈高，壩地面積愈高愈闊。此種壩地，因將坡地流來之水分，泥土，肥料等，收集於內，故甚肥沃，收穫量數倍於山坡地。且因壩內向地中滲入多量水分，往往能於乾溝內新造出一個泉源來，此在乾旱之區，亦為人民生活上之一大恩物。故我們倘能把政治上的障礙解除了，技術士予以指導，經濟士予以協助，確可望這一件事迅速普遍發展起來。

二、溝谷築壩普遍發展之重要及推行之方式

溝谷普遍築壩，確可做到徹底之水土保持，對上游，不但可以挽救土地逐漸剝落之劫運，而且可以逐漸肥沃，對下游，不但汎濫之患永絕，且可達到流量由人操縱的渠化境地。其效益如此偉大，故政府應早下決心，學者們應多提供意見，各界人士應一致予以協助，使溝谷築壩早日實現，茲將抽擬之推行方法列下，以供參考。

1. 擴大宣傳——一種事業，欲其順利推行，必須社會上了解該種事業之重要性，了解得愈普遍，和了解程度愈深刻，則將來推行起來亦愈順利。基於這個道理，我們要用各種方式，作深入各階層的擴大宣傳。

2. 制定法令：

A. 開放地權——溝谷普遍築壩的最大妨礙，是地權的絕對私有制，在當前，我們並不否定私有地權，但須做到開放地權。地權怎麼開放呢？就是原則上要做到：凡築壩用得着的溝谷土地，如所有者自己不願經營此種築壩事業時，在不損害他的原有利益原則下，不得拒絕合作。舉個具體的例，比如我們的政策，是務要做到每一個溝谷內普遍築壩，但事實上，無論你怎樣提倡，終恐不能做到每一個溝谷內的所有地主都對之發生興趣，迅速的完成了他們應有的壩長，而且即使興趣是

够，而經濟力量，實在不克荷負他們應付的資金或勞務，像這樣的地主，也不能說沒有。但另一方面，有些人，溝谷內並無土地，但他們有興趣，有資力，願意經營這一類事業的，社會上也不在少數，針對此種情形，我們的溝谷築壩事業，應當採取一種投資合作制度，即將地主們自己不能完成壩堰的地方，有人願投資修築時，他們不得拒絕，但可將他們的土地，按當時當地的公平價格作了價，此種價款係作股本，不能向企業中強索現金，惟股票可以在市場上自由買賣。地價作股後，則在自由投資原則下，凡地主或非地主，均可任意投資，這個制度下，不但暗合於孫中山先生荒地盡其利之意，且地主們因恐自己的利益落於旁人之手，可激起他們的爭先恐後的心理，此外政府還應當明令規定，凡屬新淤成的墾地，在若干年內不納田賦。

B.規定各種地區完成的年限——這個事業，要在黃河的集水區普遍完成，但因各地自然的及人事的條件不同，故完成上自有難易之分，大體上說，分佈居民的農耕區容易，沒有居民的荒僻之區比較困難，且同為農耕區，居民愈稠密完成亦愈容易，蓋居民稠密，則土地必感不足分配，溝谷壩堰可以創造田地也。關於黃河集水區農耕之地區，據一九二六年郵務局調查，謂每平方公里有居民四百七十九人，然誰也知道，這是一個統計的平均數字，實際上是有多處，有少處，決不是那樣平均分佈着，所以要分別規定，每平方公里有居民若干者，在若干年內完成，總以居民愈稀少，完成之年限愈長為原則，其次，於沒有居民的荒僻之區的溝谷壩堰，自要比較農耕區困難，但也有發動民力的可能性存在：一、此種地區溝谷內因荒僻無人，而溝谷外則係繁庶之灘岸或平原，修築好壩堰，蓄積起水來，可以灌溉谷外居民的田地；二、此種地區不必像農耕區的淤田壩，在每個細小的溝谷內都要個別修築，如地形適宜，可合併多數的溝谷，只在其總匯合處修築一堰就行，因其地區大，蓄水量多，而所蓄之水，又都在谷外使用，出水處又有修平的壩堰，將水位抬高，可藉此發生水力。上述二個有利條件，各處具備之程度至為不齊，我們要考慮實際情形，分別規定各種地區完成築壩的年限。

3.籌備協助的款項——這件事，實在必須利用各地民力完成，然在草創伊始，大多數人民，因艱於習見，對這件事的支持，終不過是一種嚐試性質，不易期望他們像經營其他業務似的可以付出其最大力量，所以政府要籌備一部款項，於民資不足舉辦的場合，予以協助，此種協助款項，係一種投資或借貸，並不是說須要津貼。且最好選擇些適合的地方，由政府直接經營，以資倡導，而且在技術之指導上，亦有此需要。

4.技術上之指導——由地形面積，及坡度之大小，各地雨量逕流含泥量的估計法，各種壩堰的建築方法等，要盡量使人民知道這些知識。此外著者還有一個建議，就是關於農耕區各種壩堰修築，以前的農民，是只顧淤田不顧蓄水，今後要淤田與蓄水兼施並顧，即將每一個溝谷的尾間部，空出一畝，將淤田沉澱過的清水儲積在內，有這種措施，淤成的墾地既可以灌溉，而河中流量，也可以做到由人操縱的境地。

5.從事人員的編製——現在我們根治河堤剛雖有，可是從事於這一件事的組織沒有。將來我們要積極的普遍舉辦，則由中央以至於各級地方都要有負責的人，但我們要由省而縣而區的重新成立機關，必然組織龐大，開支太多，而且這件事的完成，實在要靠政治上的推動，即使多成立幾個脫離政治的技術機關，恐亦發揮不了很大的作用，所以我們要把這件事，放在普通行政之內，即每一個地方行政官，都負有將他管轄之內的溝谷修築壩堰之責，河務機關，則擔任技術指導與成績考覈之責，但其機構，要按水系設立，不必按省縣等行政機構配合也。這是上層推動與指導者編製。至於下層——即鄉村實踐者，最好用我前述的投資方式。蓋地權開放，無土地而有興趣有力量者可以

從事，有土地而無興趣無力量者亦不至爲累。股票可以買賣，則從事者人事環境起變化時，有考慮退出之方便，承購既自由，則新參加者，又必對此種事業具有熱忱，所以這是一個現行法制之下最理想的一個方式，將來國家法制改革，這些制度，自可隨之改革。

6. 制定獎懲條例——我們既斟酌情況，分別規定各種地區完成之時期後，則對如期或提前完成者予以獎勵，對逾期不能完成者予以懲罰，這是對國家的負責官吏而言，對於人民，則凡積極倡導熱心從事者，依其成績之大小，國家要分別予以獎勵，吾人又須有意在社會造成一種風氣，不論國家官吏或普通人民，凡對於這種事業能有特殊貢獻者，社會應予以尊榮。

三、普遍完成所需之時期及其利益之試估

1. 普遍完成所需時日。(A) 準備期，可分中央準備與地方準備。中央準備，即由負責治理總機關，召集水利、農業、金融家及各地建設機關、農民代表等，製訂施行大綱，如規定各地區完成之年限，發動民力之方式，技術上之指示，獎懲條例，宣傳要點，及國家經濟上可能協助之程度，及方式等。

(B) 地方準備，所謂地方，即省、縣、區、鄉，是也，而省、縣、區，不過盡督導扶助之責任，實踐者則爲鄉。故省、縣、區，努力之目標，乃爲促成鄉之實踐，而促成之最有力量者，則爲資金之協助，而這一種協助，是投資或借貸，並不是普通行政上的開支，省、縣、區等，在地方上自有其威望，可敦促富裕之家出資協贊，他們所承諾的數目，個別的直接投資也好，組成貸款團也好，這是一件道德，名譽，利益兼全之事，諒不至毫無結果，集中央、省、縣、區所籌之資金，以準備鄉資不足時貸與。此外如中央規定完成年限，與地方上之特殊情形不合，在準備期間應確實呈明，以便改正。中央、省、縣、區，準備期間各三個月，共爲一年。

(C) 農耕區之淤田壩，三年內普遍完成，這件事，是要各地之居民，在各該地區之溝谷內分頭進行，所以估計到條件最惡劣地區所需之時日，就是普遍完成所需之時日。據調查，黃河流域農作之高草地每平方公里有居民四百七十九人，今有集水面積五方公里的一道溝，則共有居民二千三百九十五人，能工作者以五分之一計，則爲四百七十九人，以四百多人，在一個狹窄的溝谷內修築可截留五平方公里面積的山洪的壩堰，需時最多也不過一星期，這是按普通情況說的，那些人口分佈稀少，地形特殊不利，工作需時要增加十倍的地方，也不過三個月就可完成，我們規定三年完成，則規定時間爲實際工程需要時間之十二倍，實在有充分的時間設法促成，但萬一我們的勸導努力全歸失效時，則用命令的服役方式完成，其擾民之程度，也不過如此。

上面是偏重於人事上的估計，有些學者以爲黃河集水面積甚廣，氣象地理等，各地不盡相同，這個辦法，未必各地盡相適合，所以恐難望其普遍推行，著者以爲，所謂氣象不同，無非雨量不同，雨量不同，當然可以影響於築壩事業，然其所影響者，係各地之壩高之大小不能盡同，這決不是阻撓實施的大困難。再如所謂地理不同，無非地面構成溝谷深淺寬狹坡度等不同，然這只是影響了壩之形式，也不是阻撓實施的大困難。還有人說，水土保持方法甚多，儘可因地制宜，不必固執一見也，這對著者是一種誤解，蓋著者所倡者係徹底之水土保持，非固執某一種方法也。

(D) 荒僻之區的溝谷，其需要築壩之處，距居民愈近愈多，則興修亦愈容易。然實地情形如何，因無確實之調查，故亦不能妄作具體之說明。然當農耕區及荒僻之區的溝谷壩堰完成之後，黃河之水患就可以不發生，那些不能利用民力完成的少數處所，國家亦有力修築；且事實上，總可能利用民力，比如蘭州以上有一個溝谷，雖修築好壩堰，在當地絕無利用水力及繁殖魚類之可能，其受益地區，在孟津以下，在這種情況之下要發動蘭州以上人民經營，固無此希望，然政府要編成

這個民力亦有可能也。或不免有人要說，像這種做法，利用民力，亦未免過於苛細，但我的意思，是要即使在無外資幫忙之下，我們亦要把這個計劃完成，所以不得不如此。且苛民之事，莫過於苛重之捐稅，拿了人民的錢，做了有益於別人的事，倘我們能向人民拿一分錢，與人民做一分事，人民亦必樂於擁護。再如鐵路郵電等公用事業貼補制度，其負擔大部出之於農村，其享受則大部歸之於都市，然尚可行之甚久，我的這個方案，比較合理公道得多了，所以大家不要過慮有擾解民行不通。

2. 普遍完成後之利益

(A) 淤田之利——我們要正確的估計黃河集水區溝谷內普遍築壩後，每年共可淤成多少壩地，必須對於每一個溝谷的橫寬，縱長，坡度，全年雨量，逕流量，含泥量等都有正確的測量與預知，但不僅個人做不到，恐國家也做不到，所以我們一定要估計個大概的話，則只好據一隅以言全面了。據我估計，我們臨縣的湫河流域各山溝的淤田壩普遍完成後，十年內可淤成壩地十六萬二千六百畝，湫河集水面積，約當黃河集水面積的二百分之一，則黃河流域淤田壩普遍完成後十年內，共可淤成壩地三千二百五十二萬畝，這個數字，我們實在不敢輕信，然有一個確實可信的事實，就是自然給我們移山填谷。據張含英先生估計，黃河每年攜沙量為七八七，一九三，〇〇〇公噸（五四二，五七七，〇〇〇立方公尺）約與我國四萬萬人不論老幼男女，自上游至下游負二公噸之重量工作相當，但現在這個工作是淤塞河床海口為下游之害了，倘我們的溝谷築壩淤田事業普遍實施以後，這個巨大工作，就轉變為自然給我們搬運泥土填塞溝谷，變為改造良田的事業，今日我們所說的，西北地瘠民貧呀，交通不便呀，文化閉塞呀，其總原因，實在就是因為那些地方溝谷太繁多，地面不平坦，這是過去黃河移山填海的後果，我們現在是要使他移山填谷，這件事雖然來得慢，然慢走總比不走好，而且事實上是不進則退，因為黃河流域的黃土高地，千黃萬流是漸趨沒落着，據地質學家推測，再過六七千年後，則要完全沖刷盡淨，除這方案外，我們用什麼方法，可以挽救這一個劫運呢。

(B) 渠化河流之利——流量暴漲暴落，為各河流之通病，而黃河特甚，黃河之小支流更甚，簡直是暴雨時濁浪滔天，乾旱時滴水沒有，不要說通航灌溉了，人畜飲用之水，也時常發生問題，倘各山溝都有了儲水的設備，則下雨由天，放水由人，如此，則小支流大支流，以及黃河幹流，其流量均可達到由人意操縱之境地，各河流可按最經濟之通航需要，束窄水道，支配流量，今日黃河支幹流洪水所佔之灘岸，均可放淤改造為水田。我現在也不願根據不確實不完全的材料妄估，但要說明一件事，就是灘岸放淤之利，可完成束水的堤壩，——至少也必然是一個很大的幫助——束水的堤壩完成之後，通航可不受流量不足的限制。束水必須用堤壩，築堤壩必然是一件大工程，然社會上的事，凡可直接生利者，人民必爭趨赴，我們可看今日各沿河灘岸，人民與水爭田之事，他們不避艱勞，築堵水壩護田堤，然而河中流量無常，洪水小的年頭，可以僥倖得收成，洪水稍大的年頭，可把禾苗沖毀，洪水極大的年頭，說不定把艱辛的工程也沖個淨光，然因土地飢荒之故，他們還是毀而後築。或不免有人要懷疑，今日各沿河灘岸人民修築的堵水壩護田堤等，我們固可見到一點，然將來的束水堤壩，是要兩岸延續不斷的修築着呀？我可以回答：今日洪水無常，人民只能於沖擊力緩弱之處修築一點，那些不修築之處，實在是衝擊力過強，人力鬥不過水去，僥倖之成分也很少。若將來我們能把流量確實控制得住，則利益更為穩定，政府可規定束水堤壩所需之材料尺寸等，昭示人民，修築堤壩若干長可承受放淤田若干畝，政府統一規制，人民零星承修，其有放淤之利益，不足以抵付修築堤防代價之處，政府自不得不加以貼補，這種堤壩完成之後，河流便成了一個渠道，渠道上再設置關門，流走之水可任意減少，渠內水深可任意加多，如此我們再變渠道而成為蓄水槽，所以通航可以免流量不足的限制。

(C) 灌溉之利——今日黃河流域灌溉事業不能發展的一般原因，都可由此得到改善：一、今日我們無蓄水設備，大部的水，都白白流走了，溝谷壩堰普遍完成後，所有的水，都可以儲積起來以供利用；二、今日上游山溝裏，不但無水源可資引壑，且無平坦之地可供灌溉，溝谷築壩不但可以開水源地，而且可以創造平坦之田地；三、今日中上游各支流沿灘岸田地，天旱時，河水乾枯，灌溉無水，雨涼時河中流量暴漲，又易遭淹沒，溝谷水源控制後，這個現象完全可以改善，又因谷口原有壩堰之故，可將谷水抬高，谷外灘岸水低田高之弊，由此得到補救；四、黃河下游，水高田低，而又是一望無際的平原，按理說應當灌溉事業極發展，但只因怕氾濫之害，以致各種有利條件不克應用，今後氾濫之成因杜絕，則這些灌溉的有利條件皆可應用，黃河全年總流量，除最經濟的通航需用量外皆可用於灌田。

四、溝谷築壩可充當前治黃中心工作的理由

前文中已把溝谷築壩的利益與發展的可能大概說明，下面再舉數點極重要的理由論證此項辦法可充當前治黃中心工作。

(一) 治理黃河的其他方法，如縮窄下游河道及固定中水位河槽等，收效如何，目前猶難斷定，非繼續研究不可。但研究工作什麼時候可以完成呢？在研究工作未完成前我們是否仍像過去四千餘年一樣一任河患愈演愈烈呢？溝谷築壩的事是有百利而無一害的，作一道壩即有一分好處，它本身即可視為一種生產事業，山西臨縣的老百姓已有良好的試驗結果作我們的參考，用不着再事試驗研究，而可馬上着手。

(二) 假如在黃河興大工程，如建築大水庫之類，自然是非常艱鉅的，目前國力是否能勝任，實在大成問題，三峽大壩設計鑽探工作之停止，即是最明顯之前鑒。若我們再把治黃事業寄托在那些艱鉅工程上，在目前豈非可望而不可及及嗎？但溝谷築壩的事所需要的是民力的發動，而不是大量資金的籌集，故無用借助於外人之資金或技術，而可全循「自力更生」之原則以完成之。

(三) 溝谷築壩淤田與目前專家們所討論的任何治黃辦法皆不相悖而相成。不管是治理下游河槽或於中上游建築水庫，溝谷築壩的事對它們皆有直接的利益，故退一步說，溝谷築壩亦可視為在實施其他工程之前的一件非常緊要的基本工作。

一九四七，七，七，

灌溉事業與農民心理

劉 鍾 瑞

西北半旱區域，需要灌溉，以補天雨之不足。灌溉事業之發展，可分兩期言之：（一）先民自古逐水草而居，依自然之地形，由山澗或河川引水逐漸擴展至廣大平原。灌溉設備，或藉官民合力以發展，或藉族氏關係，獨資經營，各自為政。大都每一水源，取多官制，漸次向水源之上游擴展。如關中之鄭國渠，白公渠，及陝南蕭曹堰，山河堰等是。此種渠堰，利益漸薄，而設備簡陋，山洪無法控制，分水不得均勻，而強豪或以為個人衣食之源。故陝南五門堰，在專制時代有「甯管五門堰，不作城固縣」之諺。其意謂縣令之權勢收益，猶不及小小五門堰長。是以灌溉事業，雖為民生着想，但無完善之管理法則，反致病民，是為舊日灌溉事業。（二）應用近代水工學術，探求流域面積，觀測常年流量，研究農民種植情形，及需水季節。依照可能供水之總流量，分配於灌溉面積以內，以保持農田常年需要，及渠堰供水之平衡。進而研求蓄水之運用，及農事之改進，依農村習慣，定給水之週期。復觀測地下水水位之升降，以期有用之水，發揮最大效力，是為新型灌溉事業。

新型灌溉事業，在創辦時期，農民以安於舊習，心理上難以改變。故新型渠道已成之後，管理上亦必多方容納農民意見，消除其積弊，改善其習慣，更引導農民對於水利有積極之認識。

一、工程設計時期

灌溉工程之設計，以觀察水文及農田需水量為依據。按陝西實際情形，分關中區，渭南北區，及陝南區，茲分述之：

關中區，渭河流域渭北平原，由咸陽東北如涇陽，三原，富平，高陵，臨潼，渭南，蒲城，大荔，朝邑等縣，土壤均宜種麥，且農家自然之習慣，都以半數農田種麥供食，其餘半數種棉以求售，藉作購置之費，若種麥以為購置費，僅間或有之，故在規劃農田需水量時，可將全部灌溉面積分作冬禾夏禾各半估計，其用水最緊急時期，在棉花下種之前及小麥揚花之候，即在每年四月至五月。

渭河流域自咸陽以西之渭北，在高原上為麥田，沿隴海鐵路一帶平原上則麥田與玉米各半，近年以來，自渭惠渠完成之後，渠水有保障，不怕秋旱，故農田已有八成既種玉米復種二麥，但以玉米成熟，農田地力已薄，來年小麥因地力不繼而收成難豐，一般農民反誤認為渭水灌溉宜夏禾（玉米），不宜小麥，而定却應及時補充肥料之事實。

渭河南岸，以位於終南山之陰，山溪頗多，土壤宜種麥玉米，原有稻田甚少，繼因抗戰關係，隴海線人口激增，需水量迫切增加，為適應需要計，是以大米反為本區域之主要生產，玉米及小麥則居次位，故本區需水量之對象，應在稻田插秧後之第一次給水。

陝南漢中平原，農田以稻田為主，農家所謂「田」與「地」，即水田與旱地之別，各渠需水情形，按稻田在五月二十日至六月十日，插秧期間，一次給水深度二十五公分為準繩，並依農家情形

使插秧工作愈早愈佳，最緊急用水則在半數區域業已插秧急需「苗秧水」(第一次灌溉)，及其餘半數區域正進行插秧之時間。

西北多黃土，故設計時對於幹渠輸送含泥量，至為重要，土渠斷面必須能承受清水之冲刷，而泥水時期之流速適足以運移泥沙為宜。(見拙著陝西省灌溉工程對於泥沙之處理，載水利十五卷第一期)。

二、工程進行時期

工程進行時期如鳩工備料簽借定線之時，農民並不阻撓，但希望渠道所佔用之民地，早日發給地價，及免除糧賦，而免糧為尤急，蓋地既被徵用，重糧不豁免，渠成若干年後，猶在索賦，實欠公允也。

關於議訂地價時，工程師應先將渠道之挖方填方及渠道之最外邊線，測繪二千分之一之清丈圖，並註明地籍，及保甲，依市畝折合。在主持工程者對於農民之要求，切勿使其失望，蓋開工伊始，農民短視，未受灌溉之利，而先蒙失地遷墳填土等損失，是以必須滿足農民之希望，方可於工程進行中不致有所妨礙。

渠道土方工程之價格，如能列入工程預算中者，以完全列入不擾民為宜。蓋採取就地征工修渠制度，其弊有三：(甲)農民不諳作土方，其工作效率，在運土六十公尺以內，二公尺深之挖土區域，每工每日最多不過二公方，而包工制可達四公方以上。(乙)農民無嚴密之組織，對於征工視為無法抗拒，相率逃亡，而反予經辦人作福作威之機會。(丙)就受益農田征工修渠，尚可認為適當，如延遠隔他鄉農工，實予農家以擾民之印象，但為配合時機，偶一為之，務使其勞役縮短，待遇寬厚，監工人員務以禮貌對待農工，則全部工程聚精會神一氣呵成，亦大有成效。

當渠道工程進行時期，如任與農人講解開渠之益，則大部均抱懷疑態度，因工程師不善宣傳工作，農民祇見到處挖乾溝，各村修虛橋，而大河遠在百十里外，及深在上念丈下，何來渠水？安得引到「原」上來？憶余主辦渭惠渠時，上游已試水，水頭距余所在地尚有八公里，余見短裝農民四人往來於新渠岸上，余與之立談，以為鄉人候參觀水頭之究竟者，二小時後水到，而此四人散去，村有長者告余曰：「方纔四渠客，伺於渠側，專視水頭，如屆時水不能暢達，則先生殆矣」，蓋暴客身藏手槍，看水利工程師之講話是否兌現耳。

此種現象在工程期間，都已司空見慣，對無知農民，未足厚非，余以為工程進行時期，為農民懷疑時期。

三、工程完成時期

工程本身之難易，固足以規定施工時期之長短，而在抗倭戰爭時間，工程本身又受工程費之支配，誠以工程預算無法把握，而支領工程款又多費周折，予工程師以不少理財經驗，兼予財政家以不少工程常識，如財政家常以貸款之利率及還本付息之能力課工程師，代農民保障，在工程師反以工程款遲遲，行將坐失工程材料及工人食糧之最好時機，則工程師不得不代受益農民保障利益，及保障還債。其實每一灌溉工程之完成，僅完成其引水設備，如引水閘，滾水壩，排沙池，沖刷閘等，以及輸水設備，如幹渠支渠之土方，及渠道上應有之跌水，涵洞，橋樑，渡槽，退水閘等而已。其分水設備，如斗門農渠等，必須俟放水入渠，農民親見幹渠已有不絕之流水，然後由斗門向下之農渠始可逐漸展開，在此時期，一般農民心理莫不歎服工程師之堅巨毅力，感激政治家之深謀遠慮，及財政家之擊刺周詳，往日之懷疑與演說態度，均一掃而空，從茲民變大有，而歌樂利，對於佔地之失，征工之勞，均視為分所應有，對於農渠之開挖，及渠水之管理，一切聽從工程師之指揮，誠心

悅服，不再惶恐。但農民此種心理，能維持三年，如善於引導，則管理方面，亦半功倍，否則農民信心動搖，灌溉之效益將受甚大之影響。

農民目光淺近，甚難有深謀遠慮，如渠成放水之後，在開挖農渠時期，以工程師之眼光，必依地形之高下規定渠線，農民則不顧自己田畔有所損傷，而樂將農渠伸入其鄰畔者，當灌水時期則又強豪爭先，不顧其鄰畔灌溉。涇惠渠上卽有是例，鄰家則甘願佔地，以便引水，且沿渠密植白楊，十年之後，楊樹成廬，計其失地之收穫，已爲楊樹之收益所補償，故豪強大戶慮反有一失，今日此種移渠風氣已翻然悔改矣。

農渠由斗門引水之後，長者達十餘里，短者亦三里以上，所經各村農田，亦有利害之不同。大凡下游農民願將農渠由引水斗門起淘深挖寬，取其不易溢水而得較大量水源源下注，不爲上游所截留。反之，上游農民因不患乏水，設法使農渠壅窄寒淺，窄則不費地畝，淺則易引水入田，因之同一農渠之上，農民卽有兩種相反之心理，而究其實際，每一農渠每日可灌田一千五百畝至二千畝，固不必再勾心鬪角，而有此上下游極端相反之爭執也。

幹渠完成以後，逐日放水，非由斗門將水引入農渠，則灌溉工程無由發揮其效力，而農渠開挖之速度，每以天氣亢旱與否爲定。大都於微雨時降或風調雨順之春間，集農民開農渠甚非易事，必待天氣暴熱，麥苗將枯，甚開渠而晚澆田，此時渠渠異常踴躍。故農渠之進展，如以季節計，當在立夏及大暑之間，但不宜損傷特熟之二麥。放水灌溉時，農民間有懷疑，以一經灌溉，卽須繳水費，故往往對於開闢農渠，躊躇不前，圖免水費。甚至在灌水之後，不惜採取犁平農渠之手段，滅盡用水之痕跡，而其享受豐收則無異也。此種農民究屬少數。且習之既久，自覺填挖農渠實不勝其勞，漸能不生妄想。

四、工程養護時期

引水灌田之利益，盡人皆知，顧此利益是否遍及全城，而水永久勿替，是在工程之養護。當是時也，農民往昔之勞怨，早成過去，而感激工程師之心理，亦逐漸淡薄，日久則視灌水爲當然，認爲應有之享受，對於分配水量及控制洪水等工程設備，反誤認爲有妨農田用水之自由，漸次波及水費之繳解。對於豐收之豐稔，及灌區內外農村經濟之比較，地價上升之利益，則均置諸不論。涇惠渠農民語余曰：「涇陽農民灌溉收穫愈豐稔，三原人民對於工程師愈岐視」。以農民狹窄心理，以爲工程師厚此而薄彼也。然管理者仍以大公無私之精神，不與計較。養護渠道之次序有三：（甲）清丈全灌區區域農田，使其每年種灌與用水情形得於圖上稽考；（乙）組織灌區農民，使其責任分明；（丙）訓練全區農民，使其瞭然於建築物、及渠道、渠水均爲農民所共有，祛除一切隔閡。茲分述如次：

（甲）清丈：各處農田地籍，一向缺乏有系統有規則之整理，據個人所知，在陝西各縣原有魚鱗冊，新近有土地陳報土地復查及清丈復丈等區別，其精確程度自隨所採方法而異，灌區區域橫跨二縣至五縣不等，非有精確之清丈圖，無由向農田分水，故採用四千分之一及二千五百分之一之詳圖，正式清丈。先依經緯度區分圖幅，次由圖幅填入村莊及渠道，再按地逐區清丈，計算面積，然後折合市畝，由此得知舊畝改正爲市畝時，其畝數約增加百分之十二至百分之二十。但在農民方面有懷疑清丈所用公尺制及清丈方法或不正確，又有懷疑倘清丈成爲定案，必牽涉田賦數額，使農民未得灌溉之利，而先受增加田賦之累。然清丈之用意，在確定農田面積，由此可以公平分水，公平繳解水費，如清丈有錯誤，可以隨時更正，因每圖幅內地畝之總和不變，而清丈時多有界畔之差，無遺漏之患，整理田賦之職責，非關水利，且灌區未必包括某整個縣份，農民尤不宜多所牽張。大約在清丈之後，素以抗繳田賦爲榮之地痞土豪，因水利範圍內無特殊階級之存在，而感不快耳。

陝西水利事業得力於清丈者甚大，自不能以其麻煩而躊躇也。

(乙)組織農民：各農村獲得給水之後，農民本身須有良好之組織，出入相友，守望相助，化舊日鄰壑陳見爲通力合作，如抽修農渠，種樹，修路以及引水施肥，必須將他人之利益爲重，然後渠道不致因斷而過小而溢水，渠水不致誤引入溝壑，肥料不致沖失，道路不致泥濘。每村之負責者爲「渠保」，每斗之負責者爲「斗長」，三四斗灌溉面積中有「水老」，均採取農民公舉制度，水老憑清丈地畝圖冊，以定各斗各村用水之時間，農民依圖冊可以更正給水及繳付水費等事項。各渠段水老之間設水老會，以維繫全渠之秩序，村中農民須瞭解組織，遵守秩序，方可獲得普遍之利益。

農渠初成時期，各村所舉之渠保斗長以及水老之品格，多不合理想，且往往以村中能講話少土地之半自耕農任之，此輩對於分水及平整土地之責任，故事推諉，當農田需水時期，眼見鄰村有組織肯負責之斗長得以充分享受水利，故此輩鄉民不數月卽爲其村中之正式農人所罷免，蓋各級組織得人，則人民灌溉既便，而修渠派工亦易互助也。

(丙)訓練農民：農民既有組織，更須積極加以訓練，村中農人組織不健全，其受累者反爲良善農人。若農人不認清今後渠道及渠水爲其子孫萬世衣食之源，則水利事業無由持久。農民互爭用水，當導之以先溉下游，而後溉上游。如遇天旱，則告誡渠水之不可浪費；農渠有整修，將不能容納應得之渠水。養成農民之勤耕習慣，則收穫可分外增產。所謂「聚蟻爲雲，決渠爲雨」，以及「百里田間稻花香」，祇有往來農畔者，得以親身體味。

農田由旱田變爲水田，常感耕作器械，人力，獸力，及肥料等，頗形缺乏。往往原有旱田百畝之家，改種水田後，每年祇能耕種五十畝。在管理者必須指導輪種，獎勵多種小麥，並多方施肥，以補償地力之消耗。並常集農民互作觀摩，例如棉麥區，玉米區，稻米區均須相互觀光。而本區內引水排沙防洪及洩水等設備，亦必須按時作實地之指導。使灌區之農民，皆得瞭然於水之來源去路，知一滴之水皆渠之所賜，來之不易，農民既食其惠，尤應倍加愛護。如此方可使其明瞭渠道爲大業衣食之源，而得永垂不朽。

五、結 論

西北灌溉事業，爲農民切身利益，就個人體察所得之農民心理，作以上之敘述。我國農業按人力獸力爲出發點，農地利用已臻上乘。如以近代化之農業生產方法衡量，則虛糜之處正多。而灌溉水之於農作物，在西北不可或缺。渠道完成初期，每患水少。及三五年後，農田之地下水位變更，灌區之林木茂盛，農民且深耕蓄水以補水量之不足，由於農民之用水常識增高，使水利事業愈易推動。而管理者職責日益加重，如農家要求公路之暢通，以輸運農產，水力之擴展，以配合農村之副業，大規模之紡織麵粉等工廠，及水利銀行之設立，以期自給自足，富裕經濟。而飽暖淫慾，習向漸趨奢華，尤須有正當之教育，方可領享此生產之財富，期得再生產之實效。孔子遠衛，答冉有曰：「既庶矣富之，既富矣教之」，余鑒於西北農民心理，深悟灌溉事業當遵孔聖之教也。

三十七年農民節

海塘一年

汪 胡 楨 (1)

僕膺聘治理錢塘江下游兩岸海塘。三十五年八月成立工程局，即着手查勘、測量、設計、購料、領用善救器材、訓練機械人才。按標準兼治之原則，擬定計劃，積極進行。至十月份各工區始先後興工。

自開工迄今，感歷一年，幸各處工程均已達到預期之目的，北岸自海甯尖山起至杭州翁家埠止沿塘均已增漲新沙，長八十里，闊度平均八里，合面積二十四萬畝。自翁家埠至七堡，原有老沙，足為海塘外護，自七堡至頭堡，自從本局建茅挑水壩後，沿塘緊逼之強流，已挑向塘外五十公尺，雖大汛時頭堡仍能溢及塘頂，但對岸沙嘴已止漲轉塌，趨勢即將轉變。南岸自蕭山新灣底經頭蓬至緒山，數月來亦均漲沙，長五十里，闊平均六里，面積達十一萬畝，超過淪陷期內為水衝塌之面積。

目前錢塘江下游水流已歸納于中泓，達到水由地中行之結果。回憶初開工時，南北兩岸，波浪洶湧澎湃，拋石則石隨水去，打樁則樁隨浪折，工情艱困，無可言喻。今則海塘以外，小潮汛時，水不盈寸，寒雲可涉；大潮汛時，潮頭已循中央而行，近處祇有不滿一尺之餘波。此種現象，實為近百年所罕見，堪以稱慰者也。

一年以來，在事同人祇知埋頭苦幹，與水奮鬥，一度曾有人向省參議會提請糾舉，報章喧騰，煩言四起，同人亦從未向人求諒。今喘息略定，特略陳梗概。

經費方面，本局曾蒙中央撥款三次，第一次二十億元，第二次二十億元，第三次八十六億元，行總先後撥發麵粉四千噸，米一千噸。

器材方面，承蒙總行總之協助，先後撥發大小機器六十餘部，卡車四十餘部。輪船大小四艘，駁船二十三艘，火車頭四部，車輛一百五十部，鐵路三十里，材料中以炸藥汽油柴油木料為多。本局得此協助後，得在富陽湯山及海甯尖山兩處，設立大規模之碎石場，由輪船駁船及鐵路列車，每日運輸塊石至工地。

工程方面已完成者計有新海塘一百十四公尺，翻修海塘七百六十公尺，修築土塘五千二百六十公尺，坦水八百二十四公尺，建茅盤頭二十五座，挑水壩六座，修理洩水閘七座，建茅護岸工程二千多公尺。現正進行之工程重要者計有四處：為杭東區；尖山區；南沙；及大塘。杭東區為建茅杭州以東三堡至六堡之挑水壩及護岸工程。挑水壩工程之主要材料為塊石，採取于上游四十公里之富陽湯山，藉輪船駁船以運輸。護岸工程之主要材料為杉木松板及山柴，係由商人投標承辦。現在建造中者計挑水壩五座，已完成總長二百公尺，及護岸一千五百公尺，尖山區位於海甯縣城之東，開

(1) 錢塘江海塘工程局副局長兼總工程師

採塊石於小尖山，經九公里之輕便鐵路，運至新倉附近，再用打樁機在海中打樁，造成棧橋，石車即由棧橋上拋石海中，造成挑水壩，現已打樁六排，開始挖石。南沙區在蕭山縣境，自淪陷以還，坍沙甚烈，已有三岔埭、小泗埠二鎮，陷入江中，農田衝毀者達五萬餘畝。經本局造成挑水壩一座，長三十公尺，護岸五百公尺後，坍勢即止，頭蓬鎮已類絕境，幸得轉危為安。現仍在採運石料，在頭蓬鎮西加建挑水壩一道及護岸數段，以防明年之春水。大塘工程為修復海青陳文進一帶之坍損海塘，本年建築鋼筋混凝土塘五百公尺，現已將主要材料辦齊，着手建築。

已成之海塘則盡力加以保養與修理。故已將全部三百餘公里之海塘分成三段與十分段，每段設養護隊一隊，往來梭巡，隨時施工。施行以來，成績亦尚滿意。此後經費稍充，當再力求推進。務使先民遺留吾人為太湖流域暨蕭紹平原生命財產保障之海塘，得以維持于永久。

自今以後，錢塘江下游治導工程，當仍按標本兼治之原則，努力進行。治標方面為將損毀石塘全部修成，計有三千二百公尺。目下已着手者計鋼筋混凝土塘五百公尺，待修者二千七百公尺。治本方面為建築挑水壩與順水壩，使業已增漲之沙灘，不再發生變化，業已造成之流槽，不至遷改，其主要工作為繼續開採湯山及尖山兩石礦，維持並加強現有水陸運輸設備，使每月可以運塊石一萬公方，以供建築之用。

整理秦淮河流域水利工程方案⁽¹⁾

陳 揚⁽²⁾ 吳志達⁽³⁾

整 理 方 案

河道之整治，固貴乎因勢利導，庶免逆反水性而釀巨災。然實際之需要與工費之盈絀，亦為規劃時之重要因素。茲就勘查所得，並顧全事實，草擬治標治本兩方案，臚陳如次。然以資料有限，訛謬之處，自難盡免。尚望水利先進，予以指正。如能藉此引起當權諸公與地方人士之精心研討，竭力贊助，繼以測量施工，秦淮流域之繁榮，可企待也。

1. 治 標

甲、整理赤山湖

(1) 疏浚赤山湖內外之南、北、中、西、四河 赤山湖泥沙沉積厚達 5 公尺，土方達 80,000,000 立方公尺，雖有倡全湖浚深之議者，事實上非但土方數量過巨，人力財力不及，即出土問題亦無解決良策。為切合實際情形，擬疏浚湖內外南、北、中、西四河，以暢其流。復出之士，湖外用以培築河堤，湖內用以培築湖堤。湖內各河原係互相溝通，今各溝底幾與湖底齊平，已失聯絡溝通之效。為易於整理及化繁為簡計，擬將湖內南、中二河併為一支，由赤山端出湖。北河及西河則仍循故道，分由赤山關與赤山端出湖。

(2) 湖堤加高培厚 現時湖堤高 12.70 公尺，(以吳淞零點為準)，民國二十七年七月湖內水位高 12.24 公尺，湖堤僅高出最高洪水位 0.46 公尺，似嫌稍低，應一律加高至 13.50 公尺，庶於較高水位時可保無虞。目前堤身厚薄不均，堤頂寬狹不一，應一律按邊坡 1:3，頂寬 4 公尺之標準培培，並覆平夯實，以期安全。堤頂堤坡必須植草覆蓋，以減沖蝕。

(3) 勘定湖界嚴禁圍墾 赤山湖周圍原為六十餘公里，經農民歷年私墾築圩，面積逐漸縮小，周圍今僅廿餘公里，致此天然蓄水庫之吐納作用，日趨低落。亟應及早勘定湖界，嚴申與水爭地之禁令，以保湖之蓄洩功效。

(4) 廢墟築橋 湖內原有閘壩失修後，水位不能操縱，乃分築土壩，用以攔水，兼代橋樑。刻聞壩即將修復，水位操縱自如，故所有土壩應一律廢除，改築便橋，以暢水流而維交通。

(5) 組織閘壩管理機構 應即組織閘壩管理機構，以科學方式管理閘壩啓閉及修葺湖堤事宜

(1) 本文原題名為『秦淮河流域水利查勘報告』，全文計分八章，(前言、緣由、查勘經過、查勘區概況、湖河現狀、地方人士對於整理秦淮幹支各河水利意見、整理方案、及結論)，茲尚得著者全意，先發表第七章整理方案。

(2) 水利示範工程處工程師。

(3) 水利示範工程處助理工程師。

以司調節而維久遠。

乙、整理秦淮河幹支各流

(1) 修浚三岔鎮以下句容河 句容河自黃泥壩至三岔鎮，前曾於民國二十四年浚河培堤。三岔鎮以下，河床淤墊，堤岸殘缺，工事坍塌，致航運受阻，水流不暢，每釀潦災。應自三岔鎮以下普遍拓寬浚深，培築河堤，並加建護岸工事，以利宣洩，而維航運。以三岔鎮河底浚深至5.20公尺，(吳淞零點以上)為準。

(2) 修浚沙河以下至三峯橋溧水河第一幹流及石壩以下溧水河第二幹流 秦淮幹支各流以溧水河第一幹流淤積沖蝕最為嚴重。河床墊高，河堤單薄，護岸工事，蕩然無存。且第一幹流河道寬淺，而流量甚大，亟應及早修浚，免釀巨災。三峯橋至西北村一段，曾於民國二十四年疏浚。三峯橋以上至沙河一段，應續予修浚。溧水河第二幹流自石壩以下除普遍修浚外，毛公渡以上河道屈曲於灘地間，河槽極不規則，應開挖固定河槽，加建臨河堤岸，以束水流。民國二十年大水，各幹流皆漫堤淹田，最高洪水位平均高出河堤0.5公尺，故河堤應一律平均加高1.5公尺，以杜後患。

(3) 修復並增建句容溧水各河上游閘壩 各河上游皆係寬廣之坡地，非河身築壩蓄水，則兩岸田地無由灌溉。農民所築土壩，皆係臨時性質，汛至壩毀，反增河身淤墊。間有圯工閘壩，則以年久失修，泰平坍塌，應於施測後通盤規劃，視實際需要修復原有圯工閘壩，並酌量增建，以利灌溉。並可藉此截蓄部份洪水，以殺下游洪峯。

(4) 重修烏利橋、令橋 烏利橋、令橋原為三孔石橋，尚感橋孔面積不足排洩洪水，今改為一孔木橋，僅能維持公路交通而不能暢洩，匪特洪水被阻，水位抬高，決堤淹田，即平常雨水，亦感排洩不及。至有礙航運，更不待言。地方人士曾再三呈請有關機關重修，迄今未見實施。從水利方面着眼，亟應及早重修，以減潦災，而利航運。

(5) 拓浚秦淮河幹流及護城河 秦淮河幹流情形大致良好，惟河堤尚嫌稍低。民國二十年大水，兩岸田畝，悉被淹沒，民國二十年九月十六日南京洪水位高9.29公尺，故幹流河堤應一律增高至10.0公尺。堤距過寬處，應臨河加築新堤，以束水流。河身予以普遍拓寬浚深，以期宣洩裕如，航運暢通。蓋秦淮為害，病在幹流斷面不足，倘支流山水齊發，同時江湖倒灌，幹流無法容納，勢必水位增高，決堤淹田，廬舍蕩然，故幹流之拓寬浚深，實屬急要之圖。護城河在中華門、水西門、漢中門各段，以房屋侵佔，垃圾充塞，致河身日狹，應予拓寬浚深，並築護岸工事。長江在南京平均高水位為7.54公尺，新河口應浚深至4.0公尺，俾於旱年潮水得以上達，河道坡降，則取決於三岔鎮及新河口河床高程。

(6) 整理湯水外河、解溪、陳墟諸河 湯水上游，坡度甚陡，賴閘壩以資灌溉，惟多被沖毀，應予修復。外河自橫溪橋至高橋一段情形尚佳。高橋以下應使灘地間河槽固定，以減淤積，並培厚河堤，以防潦災。解溪上游應開挖河身，出上用以培堤，並以河身分築閘壩，藉蓄著水灌溉。陳墟河應予拓寬浚深，俾可引潮灌溉，同時培築河堤，以防泛濫。其他各支河或源流過短，或情形尚屬良好，治標過程中似無一律整治之必要。

2. 治 本

甲、整理赤山湖

(1) 包括治標方案第1節內所列各項。

(2) 茅山造林 抗戰前茅山山脈曾部份實施造林，藉以蓄水保土，對於防洪減淤頗著成效。而今砍伐殆盡，蕪山濯濯，殊屬可惜。亟應擬定造林計劃，分期實施，既裕民生，兼減水患。

(3) 修建湖堤瀆閘 濱湖圩田，悉藉湖堤瀆閘引水灌溉，原有瀆閘損壞頗多，應予修復，並

酌定增建，俾能挹注自如。

乙、整理秦淮河幹支各流

(1) 河口建閘 在下三岔至老河口間建寬18公尺三孔上下閘門節制閘一座。並在下三岔至新河口間築寬12公尺，長70公尺船閘一座，配以必要之堤防。藉節制閘以調節秦淮河水量，使終年保持相當水深，維持常川通航，兼資灌溉用水，使全流域無缺水之虞。並隨時視內外水位情形操縱調整，則京畿一帶水慶安瀾。船閘則專為船隻進出長江之用。二閘完成後，秦淮河治本問題解決泰半矣。

(2) 浚河培堤 按照測量設計後規定之標準斷面，全面疏浚秦淮河幹支各流，並增培河堤。其堤距過遠或無規律者，一律加築完備。

(3) 重建橋梁 原有橋梁，或已坍塌，或嫌過低，或感過水面積太小，既阻水流，復礙航運，均應次第重修。

(4) 築壩建閘 於秦淮河各支流之山源，督導農民分段建造坊工或土工攔水壩，以截蓄山水，既減洪峯，復利灌溉。並詳細規定幹支各河諸閘系統及位置，務使水盡其利，民無爭執。

丙、整理秦淮河本流 南京市區內秦淮河本流及有關支流，堵塞污穢，為各方所垢病。本處前曾接受南京市政府之委託，擬有初步整理意見書，建議疏浚本流及北支，並於通濟門外，護城河中建築低壩，引水入城。倘值雨季城外水位高於城內時，則利用抽水機以資排洩。故如本方案內之河口建閘工程實施後，即特秦淮本河之引水通航問題，同時解決，即排水問題亦因護城河水位之操縱自如而減少其嚴重性。且必要時，現有之東西水關兩閘及東水關之抽水站已可應付裕如。故本河之整理，僅需在本河及北支實施浚深工事，其餘小支酌予填堵，即可全部解決矣。

丁、整理句容河灌溉航運工程 句容河黃泥壩因壩底過高，致下游水流隔斷。應將壩底降低，俾旱季內上下游皆有水可用。並利用黃泥壩石槽建寬7.5公尺，長45公尺之船閘一座。黃泥壩與句容城間亦酌建相同尺度之船閘一座，使船隻能上溯縣城，灌溉航運兩得其利。

戊、溝通石臼湖溧水河第一幹流 本計劃線之重要性已在湖河現狀章內詳述。兩流域溝通後，可使內河航運，暢通無阻，沿河農村，日趨繁榮，其於社會經濟上之價值實堪重視。工程之主要部份為中部天生橋之開挖。並利用天生橋建造寬9公尺長50公尺船閘一座。

己、設置圩田抽水站 秦淮流域，上游地勢高亢，引水不易，霖雨之後，又常積潦成災，此種情況以溧水東南一帶為甚。應擇適當地點設置抽水站或活動抽水站，用以提水灌溉或排圩田積水。抗戰前西北村附近曾一度舉辦，成績頗佳，農民咸知其利，極望政府能協助舉辦。

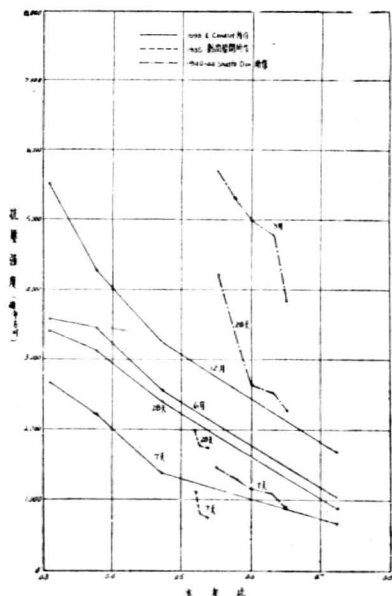
近年混凝土進步之事實與因素摘要⁽¹⁾

國立中央大學 合設混凝土研究室
 淮河水利工程總局

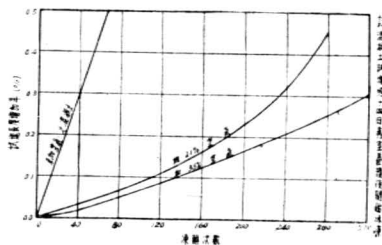
本文係根據歐美混凝土試驗與研究工作之結果，以表解及曲線方式，介紹近年混凝土進步之事實；並分析其進步之因素，共有圖表十三幅，其中關於進步之事實者五幅，關於進步之因素者七幅，此外總論優良混凝土之因素一幅，茲分述其要點如下：

(一) 進步之事實

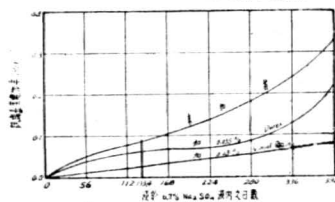
1. 混凝土強度之進步 (圖一) 就 1898 年與 1944 年之紀錄，比較混凝土在各種水灰比之下之抗壓強度，並附列我國劉老調船閘混凝土強度記錄。



圖一 混凝土強度之進步



35% 空氣含量 (1944 年)



0.05% 空氣含量 (1944 年)

美賓夕文尼州公路處 1940-1945 年路面損壞試驗
 試驗地段 建于 加空氣量 損壞指數

克勞福縣	1940	0	11.74	17.58	19.83
85 級第十段	1943	6.3%	0.15	1.58	2.45

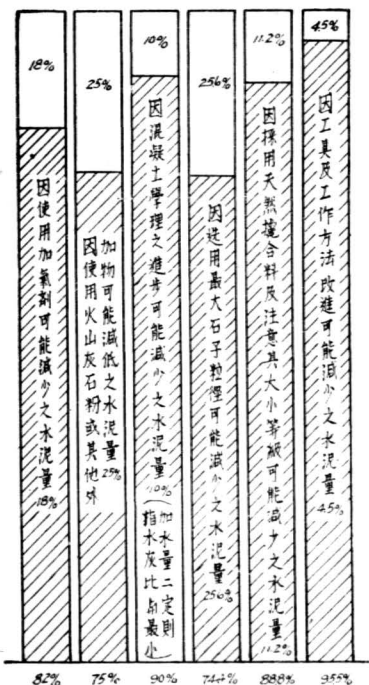
圖二 混凝土耐久性之進步

2. 混凝土耐久性之進步 (圖二) 因缺少長期試驗記錄，故無從作今昔之比較，惟近年

(一) 本會二十六年度年會論文摘要

創用之加氣劑，使混凝土之耐久性增進極多，圖中列舉對於凍解，抗碱力及路面損壞三項之影響，以示其進步。

3. 混凝土材料經濟之進步 (圖三) 水泥為混凝土材料中最昂貴者，故講求材料經濟，必自節省水泥量以求之，近來因外加物之採用及混凝土學術與施工方法之進步，節省水泥量極為可觀。

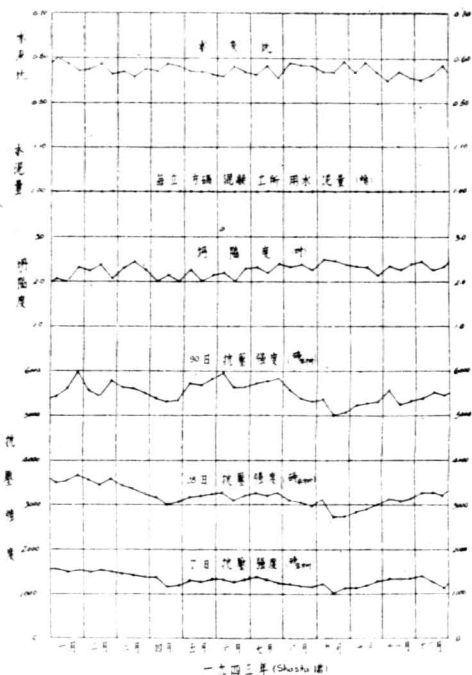


圖三 混凝土材料經濟之進步

5. 混凝土其他方面之改進 (圖五) 溫度上昇問題在大體積建築物中，至難解決，近年採用低溫水泥，收效甚著。

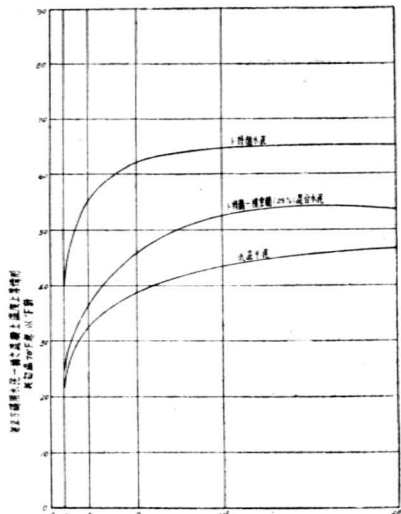
(二) 進步之因素

1. 低水灰比及低加水量 (圖六) 比較各種水灰比7天，28天，365天之抗壓強度，一月，七月之抗撓強度及抵抗凍解之耐久性，水灰比愈小，強度及耐久性愈佳，又在同一水灰比之下，加水量小者強度及耐久性較佳。

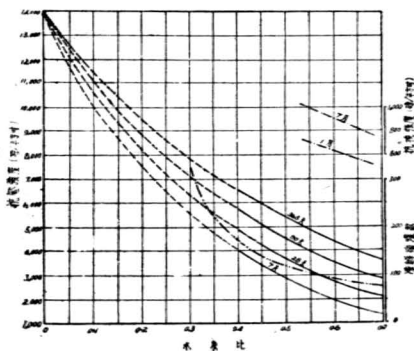


圖四 混凝土均勻性之進步

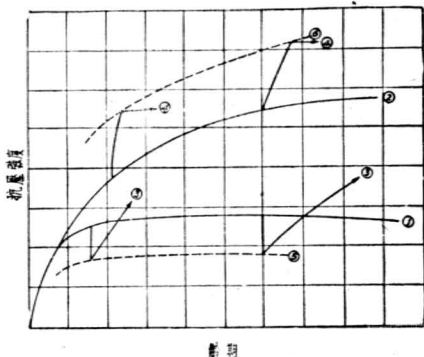
4. 混凝土均勻性之進步 (圖四) 均勻性為混凝土工場管制之最大要求，常藉持續之強度與坍陷度試驗以掌握之，因缺乏早年工場管制之記載，故亦無從作今昔之比較，茲錄 1943 年美墾務局 Shasta Dam 之工場記載，以示近年工場管制之嚴格及混凝土均勻性之優越。



圖五 混凝土溫度上昇問題之改進



圖六 低水灰比及低加水量



說明 曲線 (1) 始終未經養護者 (註一)

(2) 始終在養護中者

(3) 起初未經養護, 相當時間後加以養護, 強度仍能上昇。

(4) 養護經一定時期後即行停止, 乾燥後強度驟增, (註二), 惟如不再繼續養護, 此後強度增進甚緩。

(5) 可能之最低抗壓強度之軌跡, 乃始終未經養護, 一旦浸濕後之強度。

(6) 可能之最高抗壓強度之軌跡, 乃始終在養護中, 一旦乾燥後之強度。

註一, 本圖所指養護, 即保持溫度 $70^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}$, 及 100% 之相對濕度, 雖與工場養護不同, 然表示之功效則一。

註二, 混凝土含水量對於試驗強度之結果, 影響至大, 同樣試塊乾透時之抗壓強度 3 較濕時大 25%。

圖七 養護之重要

2. 養護之重要 (圖七) 圖中對於養護之功效, 表現無遺, 養護愈久, 強度愈高, 縱或起初未予養護, 日後始行恢復者, 亦可使強度重行增進, 養護對於耐久性, 亦具同樣功效。

3. 水泥沙漿強度之進步 (圖八)

近年混凝土強度之進步，得力於水泥強度之改進，而水泥之強度，恆以一比三標準水泥沙漿之強度表出之，圖中比較 1905 年

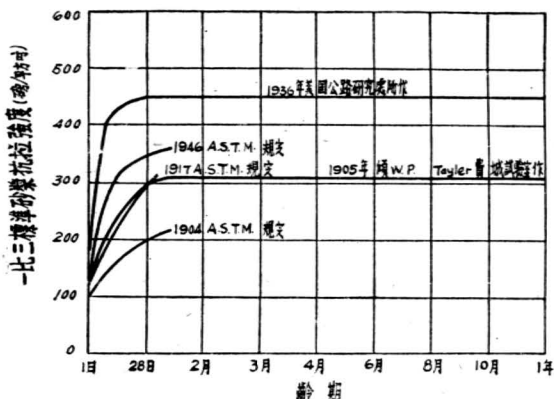
W. P. Taylor 在費城試驗室及 1936 年美公路研究處所作抗拉試驗結果，並列舉 1896, 1902, 1903, 1904, 1905, 1917, 1946, 各年暨 1946 年早強水泥等之標準砂漿抗拉強度之規範，以觀其歷年之進步情形。

4. 搗實法之改進

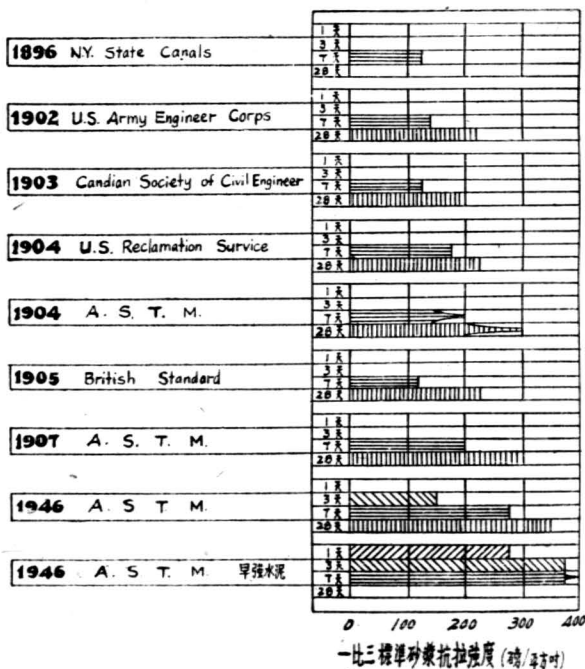
(圖九) 比較人工搗實法與震動器搗實法對於各種水灰比下混凝土性能之影響，就抗壓強度與透水性二項比較之，震搗法之應用，一般譽為混凝土操作上一大進步。

5. 適宜之機合料

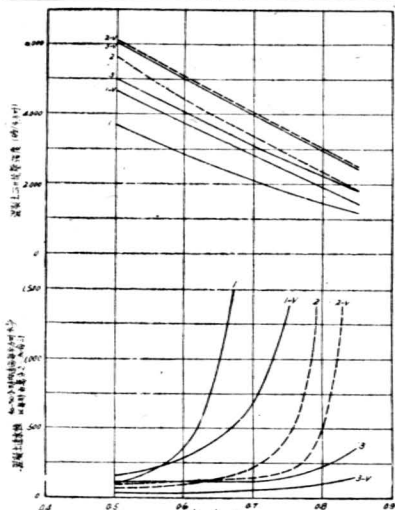
(圖十) 細機合料應增損各級粒徑之量，使篩析結果在規定限度以內，是為最佳之粗細等級。



從規範看進步



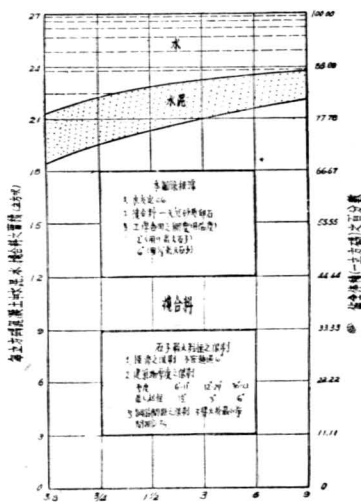
圖八 水泥沙漿強度之進步



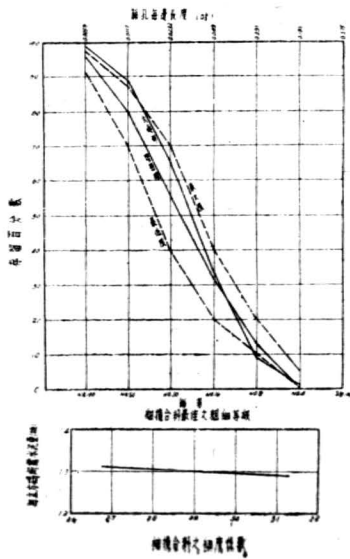
- 1—V 特蘭水泥人工搗實
- 2—V 早強水泥
- 3—V 特蘭水泥模素蘭水泥
- 1—V 震動器搗實
- 2—V ” ”
- 3—V ” ”

圖九 搗實方法對於混凝土強度與耐久性之影響

6. 石子最大粒徑 (圖十一) 儘量採用最大石子, 以求得材料之經濟, 自圖中比較, 採用六吋最大粒徑者較一吋半最大粒徑者節省水泥量達 25.6%。



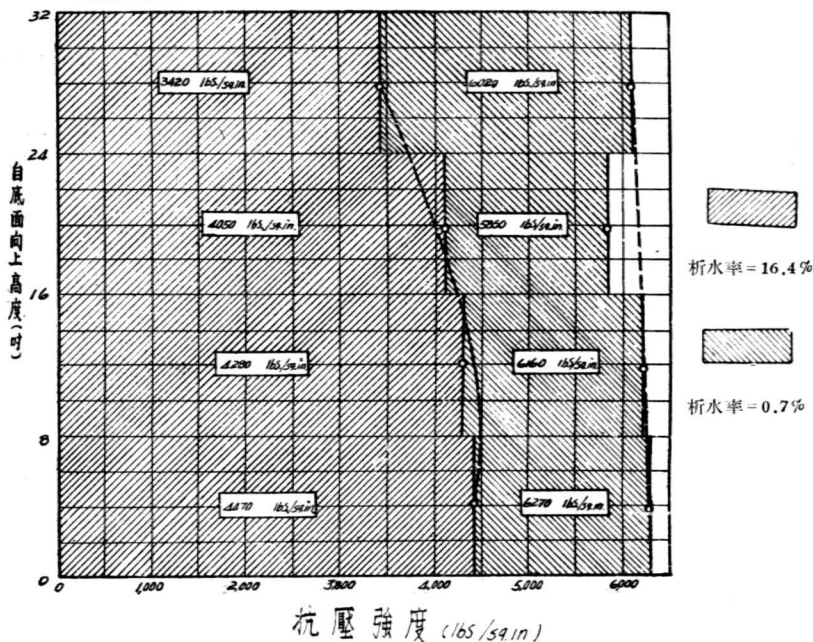
圖十一 石子最大粒徑愈大則愈經濟



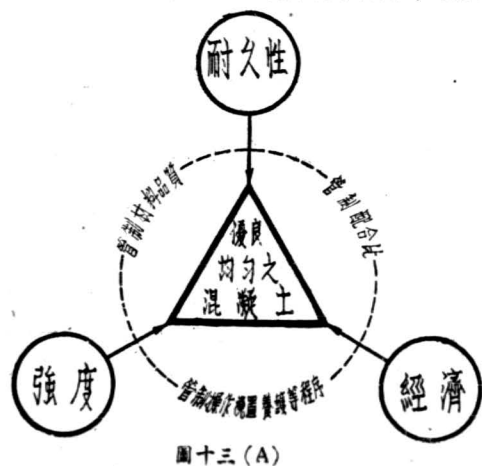
圖十 為求材料經濟應選擇適宜之混合料

7. 加氣劑增進混凝土之勻整性 (圖十二)

近年採用之加氣劑, 對於混凝土之耐久性, 和易性, 及材料經濟諸方面, 均有極大之貢獻, 已分見於前述諸圖中, 加氣劑又可減低析水率, 析水率大者, 混凝土上層較下層鬆, 故加氣劑間接能使混凝土全體勻整。



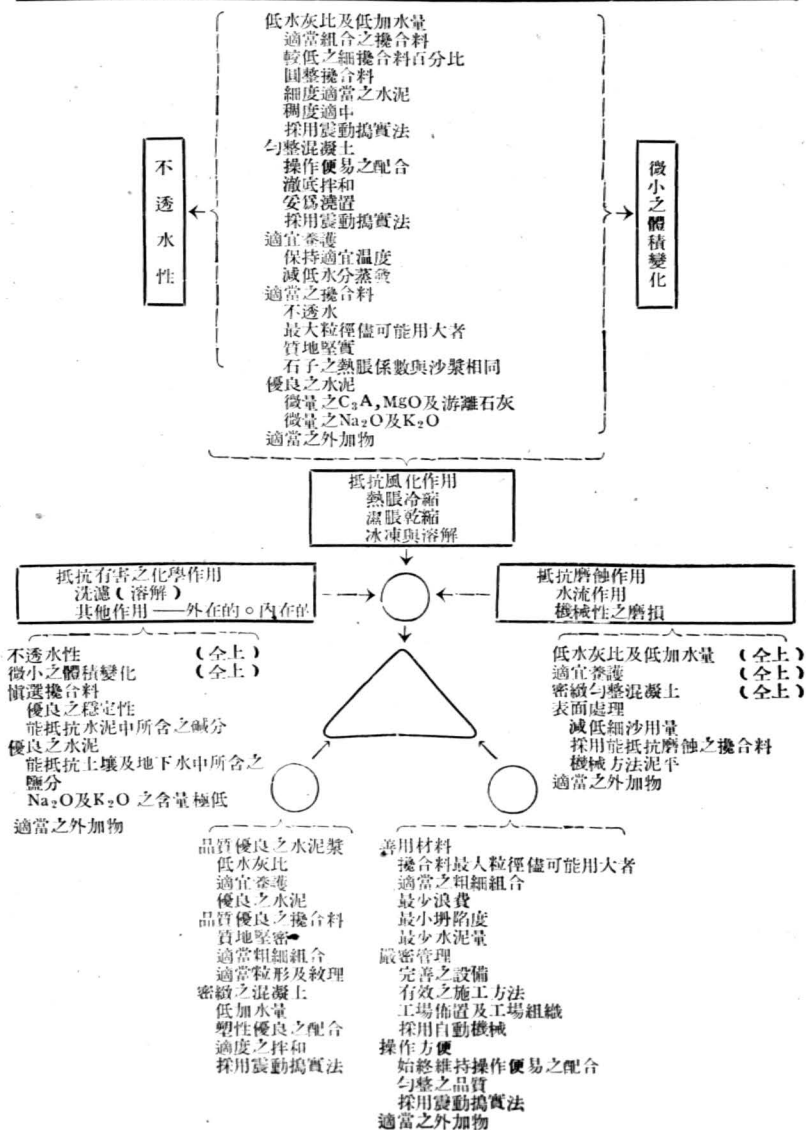
圖十二 加氣劑可減低析水率故能增進混凝土之勻整性



圖十三(A)

(三) 總論優良混凝土之因素

(圖十三) 美國墾務局所編混凝土手冊中，曾就影響混凝土性能之各種因素，繪成表解，標舉耐久性，強度，與經濟為混凝土三大要素，再分析達成此三大要素之種種因子，包羅週詳，特譯述之，並稍稍補充，作為本文之結尾，題其名曰「如何得到優良之混凝土」。



圖十三(B) 如何得到優良之混凝土

關於“懸移質理論介紹”討論⁽¹⁾

(一) 梁永康⁽²⁾

本文所論，僅限於河渠中懸移質 (Suspended load) 「1」之推移 (transportation)。擬先論籍渦流運動 (eddy motion) 之沙淤遷移 (transfer)，繼及沙淤推移之廣義方程式 (general equation for silt transportation)，終乃應用所得結果於平衡與不平衡之二問題焉。

(甲) 籍渦流運動之沙淤遷移 考經典式之熱之渦流擴散 (eddy diffusion) 論，前經 Schmidt 「2」與 Taylor 「3」二氏，討論及之。Taylor 氏學說，嗣為 Brunt 氏「4」「5」所修正。熱之渦流擴散新說，最近由 Pirestly 與 Swinbank 二氏「6」提出。茲擬採上作者關於熱之擴散論中概意，進而研討籍渦流運動之沙淤遷移理論。

命分速度與沙淤濃度 (concentration) (例如單位容積之質量) 如下：

$$\left. \begin{aligned} u &= \bar{u} + u', \\ v &= \bar{v} + v', \\ w &= \bar{w} + w', \\ N &= \bar{N} + N'; \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

式中 $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ 與 \bar{N} 各為就時間上言之平均值 (temporal mean values)； u', v', w' 與 N' 各為緣於混流，在平均值上下霎時之消長 (fluctuations)。就一運動 $u = \bar{u} + u'$ ，與 $\bar{v} = \bar{w} = 0$ ，而論，擬予考慮者，為沙淤籍渦流之混流式遷移，通過流體中位於高度 z 處之平面。渦流通過此水平時，時間為 t ，其上向流速為 w' ，所含沙淤濃度 $N = \bar{N}(z, t) + N'$ 。單位面積單位時間之上向沙淤通量 (flux) 於斯為

$$\begin{aligned} q'_z &= w' [\bar{N}(z, t) + N'], \\ &= \bar{w}' \bar{N}(z, t) + \bar{w}' N', \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

式中符號上端之橫線，用以表明面積上之平均值。緣淨質量之通量通過上述平面為不可能，若取面積與時間二值相當大時， $\bar{w}' = 0$ ，而沙淤通量之式簡化如下。

$$q'_z = \bar{w}' N' \dots\dots\dots (3)$$

吾人若視上述之渦流，於時間 t_0 時，於假定之水平線 z 下，距離 L 之處，本為寂然未動者 (就垂直向而言)，按 L 為混流徑長 (mixing length)。準此定義，僅就幾何向上要求。而不必求應於物

(1) 本刊第十五卷第一期泥沙專號第 6 頁范家驊“懸移質理論介紹”

(2) 國立浙江大學教授

理性要求，即可推知，不論渦流運動性質為何，每一渦流之 w' 與 L 二值，均必同其正負號。斯時，吾人可設渦流所含之沙淤濃度 $N_0 = \bar{N}(z_0, t_0) + N_0'$ 。如 N 值為流體之一性質，經過垂直運動而不變者，立有

$$\bar{N}(z, t) + N' = \bar{N}(z_0, t_0) + N_0' \dots\dots\dots (4)$$

又設 $\frac{\partial \bar{N}}{\partial z}$ 值殆遍混流徑長而不變，可得

$$N' = -L \frac{\partial \bar{N}}{\partial z} - (t - t_0) \frac{\partial \bar{N}}{\partial t} + N_0' \dots\dots\dots (5)$$

將式(5)代入式(3)，通過假定平面 z 之沙淤通量乃為

$$q_z' = - \frac{w'L}{\bar{w}} \frac{\partial \bar{N}}{\partial z} + \frac{w'N_0'}{\bar{w}}$$

$$= -Kz \frac{\partial \bar{N}}{\partial z} + \frac{w'N_0'}{\bar{w}} \dots\dots\dots (6)$$

上式中，命 $\frac{w'L}{\bar{w}}$ 為 Kz ，名為渦流擴散係數(eddy diffusivity)。

關於流體之特性(characteristics)，如動量，熱量，水汽，鹽量，顏色，與含沙量等，在混流情形之遷移中，各 Kz 值是否相同，應予詳考。按 Vanoni [9] [19] 與 Dobbins [11] 二氏所持之見解，動量遷移與沙淤遷移，二者之渦流擴散係數，視為不必盡同。惟於斯二者，Rouse 氏 [12] 曾用同一係數。據 Taylor 氏 [13] 所指陳，有向量(如動量)之遷移，與熱量或質量等之遷移，在任何混流情形下，皆必盡同。但 Kalinske [9] 據實驗結果所示，動量遷移，與熱量遷移，在發生於邊界(boundary)之均勻混流(uniform turbulence)情形下，為同一，而在發生於浸沒物體尾端下游域(Wake)之混流情形下，則盡異。似此，則無向量，如熱量，水汽，或沙淤等之遷移，應為同一也。準此，則關於無向量之各 Kz 值宜皆盡同。

(乙) 沙淤推移之廣義方程式 命 \mathbf{W} 為流體介質(fluid medium)之場速度(field velocity)，其 (x, y, z) 向之分速度為 ξ, η, ζ ，於斯，緣於流線式(laminar)擴散之沙淤分通量為 $\xi \bar{N}, \eta \bar{N}$ 與 $\zeta \bar{N}$ ；據式(6)，緣於混流式擴散之沙淤分通量為 $-Kx \frac{\partial \bar{N}}{\partial x}, -Ky \frac{\partial \bar{N}}{\partial y}$ ，與 $-Kz \frac{\partial \bar{N}}{\partial z}$ ；在上討論中， $\frac{w'N_0'}{\bar{w}}$ 等各項，均已略去，蓋各該項均無法量度也。總通量 \mathbf{q} 可視為(i)緣於流線式擴散之通量 $\bar{\mathbf{q}}$ ，與(ii)緣於混流式擴散之通量 \mathbf{q}' ，二者之有向和，由是得書

$$\mathbf{q} = \bar{\mathbf{q}} + \mathbf{q}' \dots\dots\dots (7)$$

或

$$\mathbf{q} = \bar{N} \mathbf{W} - \frac{1}{2} \mathbf{K} \cdot \nabla \bar{N} \mathbf{r} \dots\dots\dots (8)$$

式中 $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$ ，又為便利計，書 $\mathbf{K} = K_x\mathbf{i} + K_y\mathbf{j} + K_z\mathbf{k}$ 。按連續性方程式(Continuity equation)為

$$\frac{\partial \bar{N}}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{q} = 0 \dots\dots\dots (9)$$

又設 \mathbf{W} 為常數，如取式(8)之散度(divergence)，

得
$$\frac{\partial \bar{N}}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{N} \mathbf{W} - \frac{1}{2} \mathbf{K} \cdot \nabla \bar{N} \mathbf{r}) = 0 \dots\dots\dots (10)$$

或
$$\frac{\partial \bar{N}}{\partial t} + \xi \frac{\partial \bar{N}}{\partial x} + \eta \frac{\partial \bar{N}}{\partial y} + \zeta \frac{\partial \bar{N}}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} (K_x \frac{\partial \bar{N}}{\partial x}) - \frac{\partial}{\partial y} (K_y \frac{\partial \bar{N}}{\partial y}) - \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial \bar{N}}{\partial z}) = 0 \dots\dots (11)$$

此為沙淤推移之廣義方程式。

(丙) 平衡情形下之沙淤推移 在穩定狀態(Steady state)問題中， $\frac{\partial \bar{N}}{\partial t} = 0$ 。如沙淤沉澱率與混流上向之推移率，二者平衡，是為平衡情形。以是，式(11)可書如下簡式

$$-c \frac{\partial \bar{N}}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} \left(Kz \frac{\partial \bar{N}}{\partial z} \right) = 0 \quad \dots\dots\dots (12)$$

或
$$\bar{N}c = -Kz \frac{\partial \bar{N}}{\partial z} \quad \dots\dots\dots (13)$$

上式中曾以沉澱速率 (rate of settling) c 代 $-\zeta$ 求式 (13) 之積分, 得

$$\log e \frac{\bar{N}}{\bar{N}_a} = -c \int_a^z \frac{dz}{Kz} \quad \dots\dots\dots (14)$$

其中 \bar{N}_a 為泛定高度 a 之濃度。按 Prandtl 氏 [8] 方程式

$$\bar{u} = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} \log e \left(1 + \frac{z}{z_o} \right) \quad \dots\dots\dots (15)$$

橫流擴散係數 Kz , 則如下式所示

$$\begin{aligned} Kz &= k \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} (z + z_o) \\ &= k \bar{U} \sqrt{\frac{f}{8}} (z + z_o) = k \sqrt{gDS} (z + z_o) \quad \dots\dots\dots (16) \end{aligned}$$

上式中, ρ 為流體之密度; τ_o 為槽床之上切應力; k 為萬有常數; z_o 為積分常數, 以其為槽床粗糙度 (roughness) 之量度, 故名為粗糙係數; f 為 Darcy 之槽床摩擦因數 (friction factor); g 為重力加速度; D 為水深; S 為流速梯度 (gradient); \bar{U} 為平均容積 (bulk) 流速。最佳之實驗數據曾示 $k=0.40$ 。據流槽試驗結果, Prandtl 建議 $z_o = \frac{e}{30}$, 式中 e 為粗糙元素 (roughness element) 之實際高度, 亦名為 identical height [14], 按上試驗係以沙礫為槽床之粗糙元素。如式 (14) 中用式 (16) 之 Kz 值, 則沙淤分佈 $\frac{\bar{N}}{\bar{N}_a}$ 之方程式為

$$\frac{\bar{N}}{\bar{N}_a} = \left[\frac{z + z_o}{a + z_o} \right]^\beta \quad \dots\dots\dots (17)$$

其中
$$\beta = -\frac{c}{k \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}}} = -\frac{c}{k \bar{U} \sqrt{\frac{f}{8}}} = -\frac{c}{k \sqrt{gDS}}$$

關於工程實用懸移量計算, 如可設 Kz 值殆遍水深 D 不變, 可得一簡式。按 Jeffrey 氏 [15] 關於長方形斜槽中混流理論, Kz 值可自下關係得之

$$2K_z m(1-n) = \varphi Q, \quad \dots\dots\dots (18)$$

命
$$\varphi = \frac{\tau_o}{\rho u_1^2}$$

上式中, u_1 為水面流速; mu_1 為平均容積流速; nu_1 為流線與混流兩域 (region) 間之邊界流速; Q 為流量。 φ 與在 $mu_1 = C(DS)^{\frac{1}{2}}$ 一式中之 Chezy 係數, 可由下式聯合之

$$C^2 \varphi = m^2 g \quad \dots\dots\dots (19)$$

再則, m 與 n 之關係為

$$m = \frac{2+n}{3} \quad \dots\dots\dots (20)$$

於斯, Kz 可以下式表之

$$Kz = \frac{gmQ}{6C^2(1-m)} \quad \dots\dots\dots (21)$$

以上 Kz 值代入式 (14)，則沙淤分佈方程式變為

$$\frac{\bar{N}}{\bar{N}_a} = e^{-6\lambda(z-a)} \dots\dots\dots (22)$$

其中
$$\lambda = \frac{cC^2(1-m)}{gmQ}$$

按照 Jeffrey 氏所定法則， z 軸之量度，以混流區域底部為始點，又須垂直於槽床。Jeffrey 氏所提供之流速 u 為

$$u = u_1 - \frac{gS(D-z)^2}{2Kz} \dots\dots\dots (23)$$

以式 (21) 中 Kz 值代入式 (23)， u 可表為

$$u = u_1 - P \dots\dots\dots (24)$$

其中
$$P = \frac{3C^2S(1-m)(D-z)^2}{mQ}$$

合 (22) (24) 二式，得單位時間單位河渠寬度之總推移量如下

$$M = \bar{N}_a \int_a^z (u_1 - P) e^{-6\lambda(z-a)} dz \dots\dots\dots (25)$$

或
$$M = \bar{N}_a e^{6\lambda a} \int_a^z (u_1 - P) e^{-6\lambda z} dz \dots\dots\dots (26)$$

Lane 與 Kalinske 二氏 [16] 於混流流速分佈，採用 Prandtl-von-Kármán 之對數曲綫，取 Kz 之平均值為 $\frac{D_1 + gDS}{15}$ ，曾得類似於 (22) 與 (26) 之公式。

(丁) 不平衡情形下之沙淤推移 按沙淤推移之廣義方程式 (11)，設 $\bar{N} = \bar{N}(z, t)$ ，如 Kz 可視為一常數，則式 (11) 可簡化如下

$$\frac{\partial \bar{N}}{\partial t} = c \frac{\partial \bar{N}}{\partial z} + Kz \frac{\partial^2 \bar{N}}{\partial z^2} \dots\dots\dots (27)$$

如將坐標軸線之原點移置於水面， z 軸下垂，則式 (27) 變為

$$\frac{\partial \bar{N}}{\partial t} + c \frac{\partial \bar{N}}{\partial z} = Kz \frac{\partial^2 \bar{N}}{\partial z^2} \dots\dots\dots (28)$$

上式與移動之介體中熱之傳導 (Conduction of heat in a moving medium) 方程式同形 [17] [18]。茲定邊界條件 (boundary conditions) 如下：

- I 當 $z=0$ ， $\bar{N}=0$;
- II 當 $t=0$ ， $\bar{N}=0$;
- III 當 $z=D$ ， $\bar{N}=N_1 = \text{常數 (槽床不變)}$ 。

式 (28) 之解答如下

$$\bar{N} = N_1 \left[\frac{e^{\frac{cz}{Kz}} - 1}{\frac{cD}{Kz} - 1} + \frac{2}{D^2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{n}{\left(\frac{n\pi}{D}\right)^2 + \left(\frac{c}{2Kz}\right)^2} \times e^{\frac{c(z-D)}{2Kz}} \times \sin\left(\frac{n\pi z}{D}\right) e^{-\left\{\left(\frac{n^2\pi^2 Kz}{D^2}\right) + \left(\frac{c^2}{4Kz}\right)\right\}t} \right] \dots\dots\dots (29)$$

参 考 书 目

- [1] Einstein, H. A. Anderson, A. G. Johnson, J. W. A distinction between bed-load and suspended load in natural streams. *Trans. Am. Geophys. Union*, Pt. II: 628-633(1940).
- [2] Haurwitz, B. *Dynamic Meteorology* (1941).
- [3] Taylor, G. I. Eddy motion in the atmosphere. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A215: 1-26(1915).
- [4] Brunt, D. Some phenomena connected with the transfer of heat by radiation and turbulence in the lower atmosphere. *Proc. Roy. Soc. London*, A 130:98-104(1930).
- [5] Brunt, D. The transfer of heat by radiation and turbulence in the lower atmosphere. *Proc. Roy. Soc. London*, A 124: 201-218(1929).
- [6] Priestly, C. H. Swinbank, W. S. Vertical transfer of heat by turbulence in the atmosphere. *Proc. Roy. Soc. London*, 189: 543-501 3 June (1947).
- [7] Dryden, H. L. Murnaghan, F. D. Bateman, H. Report of the Committee on Hydrodynamics (1933), Division of Physical Sciences, National Research Council, U. S. A.
- [8] Berry, F. A. Bolla, F. Beers, N. R. *Handbook of Meteorology*(1945).
- [9] Vanoni, V. A. Some experiments on the transportation of suspended load. *Trans. Am. Geophys. Union*, Pt. III: 608-621(1941).
- [10] Vanoni, V. A. Transportation of suspended sediment by water. *Proc. Am. Soc. C. E.* 793-828 June (1944).
- [11] Dobbins, W. E. Effect of turbulence in sedimentation, *Trans. Am. Soc. C. E.* 109: 629-678 (1944).
- [12] Rouse, H. Modern conceptions of the mechanics of fluid turbulence. *Trans. Am. C. E.* 102: 463-543 (1937).
- [13] Taylor, G. I. Transport vorticity and heat through liquids in turbulent motion. *Proc. Roy. Soc. London*, A 135 P, 685 (1932).
- [14] Bakhmeteff, B. A. *The Mechanics of Turbulent Flow* (1941).
- [15] Jeffrey, H. The flow of water in an inclined channel of rectangular section. *Phil. mag.*, (6)49: 793-807 (1925).
- [16] Lane, E. W. Kalinske, A. A. Engineering calculations of suspended sediment. *Trans. Am. Geophys. Union*, Pt. III: 603-607 (1941).
- [17] Somers. *Proc. Phys. Soc. London*, Vol. XXV, p. 74 (1912).
- [18] Bateman, H. *Partial Differential Equations of Mathematical Physics* (1932).

關於「懸移質理論介紹」討論

(二) 陸士嘉⁽¹⁾

讀水利十五卷泥沙專號，大作「懸移質理論介紹」一文，甚感興趣。文中所述，極切要明晰，惟其中略有數處可討論，茲錄述於后：

(一) 紊動理論淺述中

(甲) 紊動……其中謂「紊動不遵循因果律，但其各種因子之性質，均可以統計理論處理之…」按統計理論可用於等向紊動問題，而實際水力學問題，但無等向性，（除水之中央略近似外），故此處之所以用之，因無其他較善之方法也。此問題尚待研討，似不能即謂「均可以」，而只能謂「暫以」。

(乙) 紊動之基本觀念。

a 等紊紊動 isotropic turbulence 似意譯為等向紊動較佳。

b 相關係數中之公式：
$$R_x = R_t = 1 - \frac{(v_1 - v_2)^2}{2\bar{v}^2}$$
 此種寫法似有考慮

之必要。蓋 R_x 及 R_t 雖在定義上公式之形式相同，但其值不同。（除特殊情形外）例如 $R_x = f(x)$ ， $R_t = f(t)$ 不能寫為

$R_x = R_t = f(v)$ ， $w = x$ 或 t 即 $R_t = R_x = 0$ 亦當寫為 $R_x = 0$ ， $R_t = 0$ 。

（前者可能誤解為： $R_x = R_t$ 但 $R_t = 0$ ， $\therefore R_x = 0$ 。後者則為絕對的各等於零也），但在等於零或常數時，此類寫法尚可，在公式上則以分開為上。不知以為然否？又（3）式分母印落一平方及平均值之符號。

c 擴散係數 圖4為 Kalincke 實驗結果之附圖，以附註為宜，貴圖中似只注重 x 、 y 坐標在圖中之定法，而忽略與原圖之忠實性（即其粒子分佈之情形），致未讀原文之讀者，由圖中粒子地位得一不正確之印象，以為如何？

其餘如泥沙之沉降速度，一般皆以拉丁字母表之，此種符號本不必一律，惟為便利他人參考起見。附帶提出而已。

以上俱係筆誤小問題，關於懸移質理論尚有能量消耗等等附帶問題，本分所現亦在研究此類問題中，但目前除參閱他人著作外，尚未有專論，此後有問題，極願彼此討論，互作參考也。

(1) 國立清華大學教授北平水工試驗所研究員

關於“河流泥沙測驗方法之研究”討論⁽¹⁾

水庫內淤土密度之研究

許 京 騏⁽²⁾

提 要

在河水混濁，挾有大量泥沙之河流上興築水庫，如對泥沙之淤積問題，未加詳盡之考慮，或作有效之防止，則因泥沙之淤積，水庫可能在短期間即失其效用，此在水利工程上，實為一極嚴重之問題。

淤積於水庫中之泥沙重量究有若干，可由流入水庫及由水庫排出之流量及含沙量推算得出，而水庫淤積之體積則可由淤積泥沙重量除以密度得之，以是淤積物密度遂為水庫設計中所不可缺少之資料。

關於水庫淤積物 (Sediments) 之密度，前人已作不少之試驗與研究。E.W. Lane 及 Victor A. Koelzer 曾搜集大量淤積物密度之資料，加以整理與分析。本篇除介紹 Lane 氏結果外，並根據其他資料作一補充分析，以討論淤積物中粘土與泥土含量對其密度之關係。次以乾縮現象對於淤積物密度影響甚大，各種土壤因性質不同，乾縮之程度亦異，故著者根據淤積物之縮性限度，收縮比，及含水量等求其與密度變化之關係。

在第三章淤積物固結作用之研討中，因沒於水底之細淤積物往往密度甚小，幾接近於懸液體，故土壤力學有關固結之知識能否應用並其準確性如何，實係一亟待解決之問題。著者於此引列余恆睦氏試驗結果，而以土壤力學之理論，加以驗算，作為比較。又以余氏試驗紀錄多未完備，且膠體化學之現象在沒於水底細淤積物之固結作用中，影響亦巨，乃建議一具體研究及試驗之方法，以期與各方共同研究，俾得全盤之了解。

末以我國黃土區域內諸河流上均待興築水庫，黃土淤積物密度之決定，極關重要，因此搜集資料，將根據 Lane 氏設計數值表計算所得之我國黃土淤積物密度與實測者比較，建議一暫用數值，以為整治挾帶黃土河流及建築水庫時設計之參考。

一. 現有淤積物密度資料之分析及其結果之討論

(一) 根據流入水庫之泥沙重量及其淤積容積求淤積物密度。

落水庫完成以後，庫內淤積物之乾密度 (Dry Density 以後簡稱密度) 可用兩種方法求得，一

(1) 參閱本刊第十五卷第一期泥沙專號第 149 頁陳格庭黃河泥沉著測驗方法之研究一文中第九報告節

(2) 中央水利實驗處國立清華大學合設北平水工試驗所研究員

(3) 原文列為北平水工試驗所研究叢書第九種未出版

爲直接採取土樣實測，一爲由河流挾帶泥沙總量除以淤積物容量算出，兩種方法以後者較爲可靠，因水庫內淤積物之實測密度隨地而異，其在高水線上者，與在水面附近或水底者，因乾縮現象之關係，密度相差甚大，惟利用前法計算淤積物密度時，流入水庫泥沙之重量，應包括河底滾動泥沙（Bed Load）在內，但後者在河水較深之情形下，極難測得，是其缺點。

美國新墨西哥州 Rio Grand 河 Elephant Butte 蓄水庫在上海進口處設有測站，歷年來之流量及1925年後之含沙量均有記載，又爲了解水庫實際淤淺情形起見，曾於1915年蓄水前與1935年蓄水21年後，舉行精密地形測量。此項資料經美國水土保持局（U. S. Soil Conservation Service）加以估算，得淤積物密度爲51.8磅/立方呎（註一）

W. W. Folett 在未築水庫前，以一單獨土樣測驗所得，其密度爲 53 lb/ft³（註二）兩者相差僅 2.4%，可謂恰相吻合。

（二）蓄水庫性質及顆粒粗細對淤積物密度之影響。

美農林部（U. S. Dept. of Agriculture）在分析 Texas 省諸蓄水庫淤積物密度後，認爲泥沙乾縮（Shrinkage）對密度影響甚大，而乾縮發生與否，又與蓄水庫之性質及其運用方法有關。因是得攔洪水庫淤積物平均密度爲 90 lb/ft³，給水之水庫內者爲 70 磅/立方呎，而在蓄水發電之水庫內僅 30 磅/立方呎（註三，註四）

著者將 Texas 省諸蓄水庫土樣按其暴露於水外，間歇暴露於水外，及沒於水中之性質分爲三類，以其密度加以平均，得 88.3 磅/立方呎，58.9 磅/立方呎，32.0 磅/立方呎。

著者相信美農林部，所以認爲攔洪水庫，泥沙密度爲 90 磅/立方呎，給水水庫者爲 70 磅/立方呎，蓄水發電之水庫者爲 30 磅/立方呎，蓋因暴露於水外之土樣性質與攔洪水庫者同，間歇暴露在水外者與給水水庫者同，而沒於水中者與蓄水發電者相同之故。但美農林部用於給水水庫之數值爲 70 磅/立方呎，而作者所得之平均值僅約 60 lb/ft³ 耳。其次美農林部未指出泥沙顆粒粗細對其密度之影響，故 Hemphill（同註四）分析上述資料結果，謂蓄水庫進口淺灘處，暴露於水外之粗沙之密度，平均爲 92 磅/立方呎，同處暴露於水外之細沙，則僅得 82 磅/立方呎，又蓄水庫中部表層泥沙之顆粒較進口處者爲細，其密度平均爲 55 磅/立方呎，而沒於水中之河底無泥密度平均僅得 31 磅/立方呎。

水流在蓄水庫進口處，其流速最大，以後遞減，故所挾帶之泥沙顆粒由粗變細，密度亦由大變小，Resinger（註五）曾發現淤積物之密度隨距蓄水庫進口之距離而遞減，渠於 AIP 湖兩進口遞增距離處，挖五個橫槽，八年後其淤積物密度各爲 41, 32, 26, 26, 25 磅/立方呎。

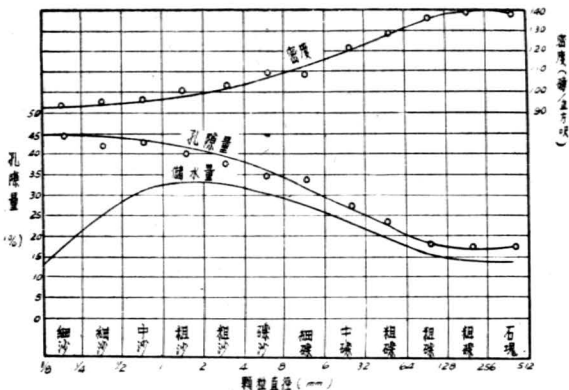
（三）粗淤積物顆粒粗細對其密度之關係。

淤積物密度隨顆粒粗細而增減之情形，在粗淤積物如礫石及粗沙中，現象尤爲顯著，此蓋因沙礫沉積後，所發生之固結作用受時間及深度之影響甚小之故。據 Sonderegger 分析美國 California 州 Los Angeles 附近沿海蓄水庫 200 個粗淤積物土樣之結果，知其孔隙率（Porosity）或所儲水量與顆粒大小有一定之關係，如第一圖所示（註六）假定土粒比重爲 2.65，則顆粒直徑與密度之關係曲線，即可由孔隙率曲線換算得出。圖中橫軸之顆粒直徑係在各該土樣之顆粒分析累積曲線中，有 10% 粗於該直徑者。

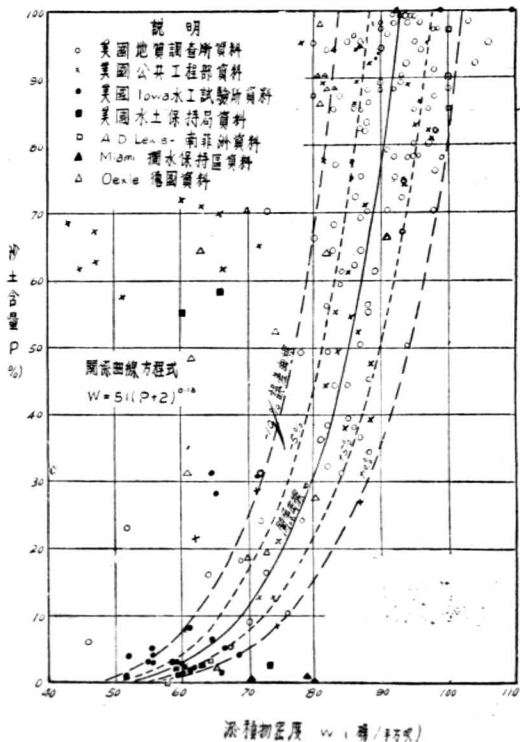
由圖得粗淤積物之密度，由細沙之 93 磅/立方呎增至礫石之 139 磅/立方呎。

（四）沙土含量對淤積物密度之關係。

E. W. Lane 及 Victor A. Koelzer 兩氏，曾就美國陸軍工程師團，Iowa 水工試驗所，農林部水土保持局，墾殖局及公共工程局等機關，已發表或未發表之資料中，分析美國 Rio Grande 河，Texas 諸蓄水庫，Colorado 河，Missouri 河，Miami 攔洪水庫，Iowa 河，歐洲及南非洲諸河之淤積物密度與其沙土含量（按美國土壤局分類爲介於 0.05m. m. 至 1.0m. m. 之顆粒）之關係，



第一圖 粒直徑之關係
物之密度，孔隙量，儲水量與顆
California 州南岸蓄水庫淤積



第二圖 沙土含量與淤積物密度之關係

以密度為橫座標，沙土含量為縱座標，繪製曲線，結果見第二圖，圖中各土樣均顯示其密度有隨沙土含量而增加之趨勢。其足以代表大多數結果之曲線方程式為 $W = 51(P+2)^{0.13}$ ，式中 W 為淤積物密度（磅/立方呎） P 為沙土含量（%）設以其 5% 及 10% 之誤差曲線繪入，則 50% 之結果位於 5% 誤差曲線之間，75% 之結果位於 10% 誤差曲線之間。（同註六）

第二圖顯示，當沙土含量為 100%，其相當密度為 93 磅/立方呎，此與第一圖所示之細沙密度為 93 磅/立方呎完全符合。

(五) Lane 氏淤積物密度設計數值表。

淤積物密度除與乾縮現象及顆粒粗細有關外，他如固結作用之速度亦為影響因素之一。故 Lane 氏就上節所舉資料，根據以上三點，擬定淤積物密度設計數值表如下：（同註六）

第一表

蓄 水 庫 運 用 之 方 法	沙土 (0.05-10mm)		泥土 (0.005-0.05mm)		粘土 (<0.05mm)	
	W_1	K	W_1	K	W_1	K
(a) 淤積物經常沒於水中	93	0	65	5.7	30	16.0
(b) 正常時因供水關係水位有少許降落	93	0	74	2.7	46	10.7
(c) 正常時因供水關係水位有大量降落	93	0	79	1.0	60	6.0
(d) 正常時水庫無存水	93	0	82	0.0	78	0.0

在上表蓄水庫之劃分中，(a) 類指指水庫經常滿貯以水，或偶有乾涸，但為時甚暫者，此類水庫包括專供發電，常使水位一定之水庫，或雖為供水，但水位驟降之情形甚少，而蓄水之恢復又甚迅速者，其淤積物無從暴露於日光或空氣中，因而密度為最小，攔洪水庫兼作蓄水之用者亦屬於此類。(b) 類指水庫長期蓄水，正常之年，水位因供水關係稍有降落，此類水庫包括水電計劃中為增加旱季供水而設之蓄水庫，庫中低水位附近之淤積物常因水位降落而暴露於水外。(c) 類指正常之年，水位有大量降落之給水水庫或灌溉水庫。至 (d) 類則指攔洪水庫，正常之年並無存水，以前洪水所沉積於水庫中之泥沙，在下次洪水來臨以前，能有充分時期接受日光之曝曬，以增大其密度，故攔洪水庫中之沉積物層層乾縮，密度為最大。

因沉積物在最初幾年中固結甚快，其後則轉慢，故 Lane 氏假定淤積物之密度隨固結之年度而對數增加。即

$$W = W_1 + K \log_{10} T \dots\dots\dots (1)$$

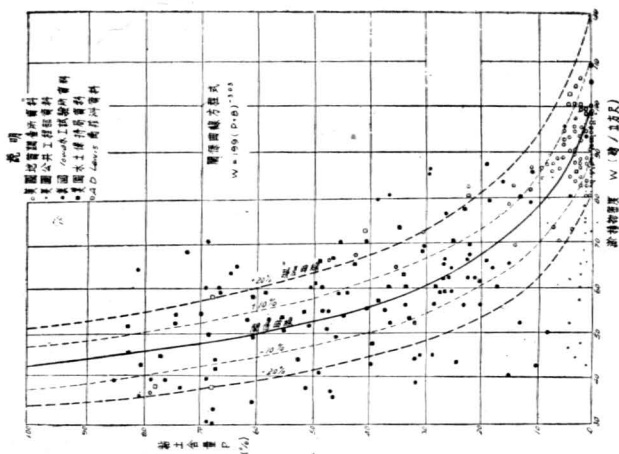
式中 W 為經 T 年固結後淤積物之密度

W_1 為經一年固結後淤積物之密度

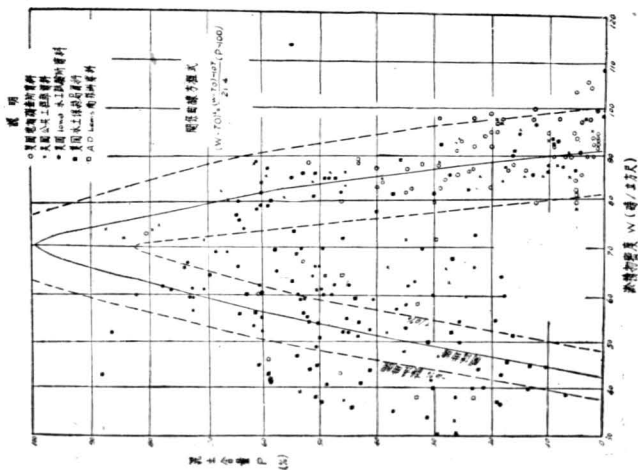
K 為固結係數

表中沙土密度項下 W_1 列為 93 磅/立方呎係由第一圖及第二圖導演而得。因乾縮及固結對沙土之影響極小，故四種蓄水庫之沙質淤積物密度相等，其固結係數為零。沙土之密度既經決定，即可假定泥土及粘土經一年固結後之密度 W_1 ，照 (1) 式試算，取其能符合大多數資料，所舉某種水庫淤積物之實測值者。

Lane 氏假定 (a) (b) 及 (c) 三種蓄水庫淤積物中之泥土及粘土均能於 1000 年後完全固結，達到 (d) 種蓄水庫之密度，故泥土及粘土之固結係數 K 即可由 $W = W_1 + K \log_{10} 1000$ 式中算



第三圖 粘土含量與淤積物密度之關係



第四圖 泥土含量與淤積物密度之關係

出，式中 W 及 W_1 均爲已知。

例如在 (a) 類蓄水庫中，水底淤積物含沙土 20%，粘土 40%，則經 100 年固結後，其密度可按成份分別，照表中數字計算，而後求其總和如次：

沙	$(93 + C) \times 20\%$	= 18.6
泥	$(65 + 5.7 \text{ Log}_{10} 100) \times 40\%$	= 30.6
粘土	$(30 + 16.0 \text{ Log}_{10} 100) \times 40\%$	= 24.8
	淤積物密度	= 74.0 lbs/ft ³

二、關於顆粒粗細及乾縮現象對淤積物密度影響之補充分析

(一) 泥土含量及粘土含量與淤積物密度之關係。

在 Lane 氏搜集之資料中，土樣之細料較少，以之求泥土 (Silt) 含量或粘土 (Clay) 含量，對密度之關係頗爲困難，然在美國水土保持局 1943 年發表之淤積物密度資料中，各土樣之泥土及粘土含量尚稱豐富。著者茲就此兩項資料，分別以各土樣中之粘土 (0.005 m. 以下之顆粒) 含量及泥土 (0.05 至 0.005 m. 間之顆粒) 含量與其密度之關係繪製曲線。見第三圖及第四圖。

第三圖顯示淤積物密度隨粘土含量之增加而減少，其代表方式爲 $W = 1.99 (P + 8)^{-2.02}$ 。

第四圖顯示當泥土含量甚少時，淤積物或接近沙土，或接近粘土，其密度爲最大或最小，當泥土含量甚多時，則密度介於沙土或粘土之間，其代表方程式爲

$$(W - 70)^2 = \frac{(W - 70) - 107}{21.4} (P - 100)$$

第三圖介於 10% 誤差曲線間各點佔總數 44.6%。介於 20% 誤差曲線間各點佔總數 76.4%。第四圖中介於 10% 誤差曲線間各點則佔總數之 63.0%。

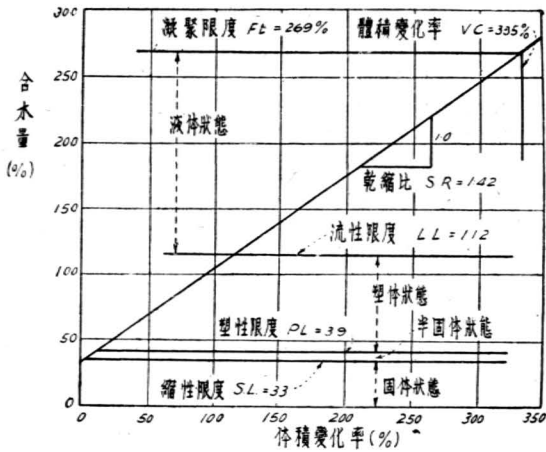
第三四兩圖之結果顯較第二圖之結果略爲凌亂，此蓋因泥土及粘土受著水庫應用方法及固結影響甚大，而三四兩圖因受資料限制，均未將其考慮在內之故。沙土因不受上述影響，故第二圖之結果較爲齊整。

以三四兩圖之結果與 Lane 氏密度設計數值表相比較，則據第三圖粘土含量達 100% 時，密度約爲 42.5 磅/立方呎其數值介於第一表粘土項下 (a) 種蓄水庫 30 磅/立方呎及 (b) 種蓄水庫 46 磅/立方呎之間，又據第四圖，沙土含量爲 100% 時密度約爲 70 磅/立方呎其數值介於第一表泥土項下，(a) 種蓄水庫 65 磅/立方呎及 (b) 種蓄水庫 74 磅/立方呎之間，因三四兩圖所根據之資料，大部爲水面附近及水底之淤積物，故其結果亦介於 Lane 氏設計數字表中 (a) (b) 兩種蓄水庫之間，是以本節之分析結果，可視爲 Lane 氏設計數值表之一參證。

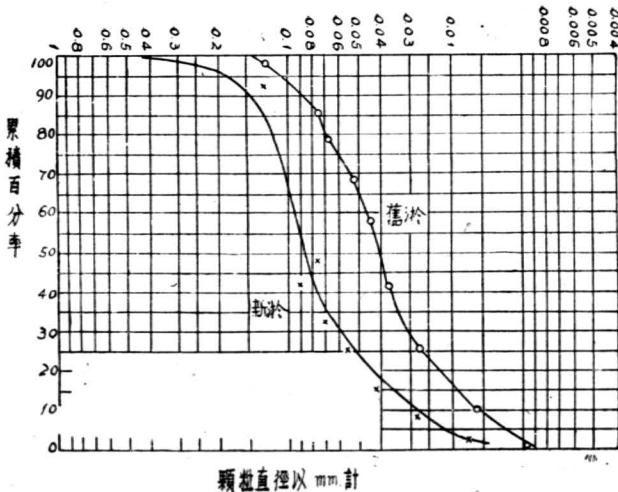
(二) 乾縮現象之發生及其數量與淤積物密度之關係

淤泥乾縮現象係因表層水分蒸發，孔隙水成彎月狀 (Meniscus)，其產生之表面張力壓縮泥沙，使體積縮小，淤積物之密度遂以增大。且如淤積者爲細泥，其表面常因收縮而生龜裂，則蒸發作用可及於下層，更使密度增大。

第五圖示沼土 (Muck Soil) 乾縮時，體積變化率 (Volume Change, %) 與其含水量變化之關係曲線，由圖知該項淤泥體積變化率與含水量之變化，成直線之關係，其比例爲一定，謂之乾縮比 (Shrinkage Ratio)。當水庫水位降低，淤泥開始暴露於水外時，其含水量稱之凝聚限度 (Flocculation Limit) 當淤泥水分由凝聚限度減少至流性限度 (Liquid Limit) 時，稱之液體狀態 (Viscous or Liquid State)，當淤泥水分由流性限度減少至塑性限度 (Plastic Limit) 時，稱之塑狀狀態 (Plastic State)。此後淤泥之水分繼續減少，進入半固體狀態 (Semi-Solid State)，但當



第五圖 淤積物之乾縮



第六圖 蘆溝橋永定河西岸淤積物之顆粒分析

水分蒸發至一定程度時，淤泥之體積即不再縮減，此時之含水量謂之縮性限度 (Shrinkage Limit) 如水分繼續蒸發，則淤泥進入固體狀態，體積已完全固定矣。

由圖知淤泥水分由凝聚限度減少至縮性限度，所發生之體積變化率為

$$V.C. = (F.L. - S.L.) S.R.$$

如淤泥之 $F.L.$, $S.L.$, $S.R.$ 及在凝聚限度時之密度 W_1 均經求出，則全部乾縮後之密度為：

$$W = W_1 (1 + V.C.) \\ = W_1 [1 + (F.L. - S.L.) S.R.] \dots\dots\dots (2)$$

以第五圖沼土為例，淤泥水分自凝聚限度 $F.L. = 269\%$ 減至縮性限度 $S.L. = 33\%$ 之體積變化率

$$V.C. = 335\%, \text{ 故乾縮比 } S.R. = \frac{335}{269-33} = \frac{335}{236} = 1.42$$

淤泥在凝聚限度時，其孔隙當為水分所飽和，設土粒比重 $S = 2.65$ ，則因其含水量 $W = F.L. = 269\%$ ，故孔隙率為 $e = WS = 2.69 \times 2.65 = 7.13$

$$\text{此時淤泥之密度 } W_1 = \frac{S}{1+e} \gamma = \frac{2.65}{1+7.13} \times 62.4 = 20.8 \text{ 磅/立方呎}$$

以 $F.L.$, $S.L.$, $S.R.$ 及 W_1 之值代入 (2) 式，得淤泥完全乾縮後之密度為

$$W_2 = 20.8 [1 + (2.69 - 0.33) \times 1.48] = 90 \text{ 磅/立方呎}$$

三、淤積物固結作用之研討

淤積泥沙受上部重力之壓縮，其孔隙部分所含之水分因之被迫滲出，密度增大，謂之固結作用 (Consolidation) 泥沙固結視上部加予之壓力，泥沙之性質及底部是否透水，作用迥異。大而別之，著水庫內淤積物之固結，可分為下列三種：

(一) 粗淤積物。

粗淤積物如礫石及沙土等，其顆粒間多非毛細管孔隙 (Non-Capillary Porosity)，不能存水。固結作用主要係由調整其顆粒間的排列而起，而與孔隙水之排除速度無關。因之固結之速度快，固結之數量亦較小。在不同垂直壓力及不同固結時間之情形下，粗淤積物固結時體積之縮減實達幾何，需作壓縮試驗 (Consolidation Test) 以獲得之。若粗淤積物沒於水底，則試驗時之垂直壓力當為淤積物本身在水底之重量與其所承受水柱重量之和。

(二) 暴露在水外之細淤積物。

暴露在水外之細淤積物之固結作用遵循 Terzaghi 氏之理論，土壤固結時體積之縮減，主要係由孔隙水之排除而起，但因固結時條件之不同，又可分為下列數種：——

甲、淤泥位於沙土層上，上下均可透水，其沿垂直方向之壓力分佈為長方形

本節情形恰與 Terzaghi 氏研究固結作用所舉之基本情形相同，固結程度 Q_c (% of Consolidation) 與時間因數 J_1 (Time Factor) 之關係可下列無窮級數表示之，即

$$Q_c = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} e^{-(2n-1)^2 J_1} \dots\dots\dots (3)$$

$$J_1 = \frac{\pi^2 C t}{4 \left(\frac{H_0}{2}\right)^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中C爲固結係數 (Coef. of Consolidation) 以立方呎/分計； H_0 爲孔隙率等於零時淤積物之高度，以呎計； t 爲固結時間，以分計。

乙、淤泥位於不透水層上，其所受垂直荷重爲本身重量，故沿垂直方向之壓力分佈爲三角形，底層最大，頂面爲零。本節情形經 Gilbov (註七) 研究，得關係如下：

$$Q_2 = 1 - \frac{32}{\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^3} e^{-(2n-1)^2 J_2} \dots\dots\dots (5)$$

$$J_2 = \frac{\pi^2 C t}{4 H_0^2} \dots\dots\dots (6)$$

丙、淤泥位於不透水層上，其沿垂直方向之壓力分佈爲梯形，頂面壓力爲 p ，底層壓力爲 $(p + p_1)$

本節情形經 Kimball (註八) 研究得固結程度 Q_3 及時間因數 J_3 與 (甲) (乙) 兩節情形相當之固結程度及時間因數關係如下：

$$Q_3 = \frac{p Q_1 + \frac{p_1}{2} Q_2}{p + \frac{p_1}{2}} \dots\dots\dots (7)$$

$$J_3 = J_1 + n(J_2 - J_1) \dots\dots\dots (8)$$

式中 n 爲一係數視頂面壓力與底層壓力之比 $\mu = \frac{p}{p+p_1}$ 而變，其值可以下式求得之，即

$$n = \frac{\log \left[\frac{2(\pi-2)\mu+4}{\pi(1+\mu)} \right]}{\log \frac{4}{\pi}} \dots\dots\dots (9)$$

因土壤位於不透水層上，故時間因數與固結時間之關係，仍可沿用 (6) 式。

(三) 沒於水底之細淤積物

沒於水底細淤積物之密度在固結作用中極爲重要。據 Trask 以不同土壤經極短時間之沉澱後，量其初密度 (Initial Density) 得沙上之平均密度爲 88 磅/立方呎，泥土爲 67 磅/立方呎，粘土爲 13 磅/立方呎 (註九)

又據余恆陸氏以粗細兩種土壤分別沉澱於量筒中，而測其密度變化，得下表之結果 (註十)

沉澱時間 (日)	No.1. 土壤 50z. 倒入量筒中沉澱		No.2. 土壤 50g. 倒入量筒中沉澱	
	容積 (立方呎)	密度 (克/立方呎)	容積 (立方呎)	密度 (克/立方呎)
1	62.0	0.81	37.0	1.35
3	56.0	0.89	36.6	1.37
6	54.0	0.93	36.4	1.37
10	54.0	0.93	36.4	1.37
35	54.0	0.93	36.3	1.38
135	53.0	0.94	36.0	1.39
185	52.5	0.95	35.9	1.39
540	52.0	0.96	35.5	1.41

如上所示，水底細淤植物之密度遠較暴露於水外者為小，以粘土而論，幾接近於懸液體（Suspension），以是有如（二）節所列有關土壤力學固結之知識能否應用於水底細淤植物乃成疑問。

為明瞭土壤力學有關固結之知識應用於水底細淤植物究可準確至何程度起見，著者根據 Trask 及余恆陸氏試驗結果並若干假定，應用（3）至（9）式，以余氏 No.1 土樣之沉澱時間反算其固結後之理論高度，以與實際高度比較，其計算步驟如下：

假定余氏所用量筒為普通試驗室用 100 立方厘米量筒，其斷面面積為 $A=4.9$ 平方厘米，100 立方厘米刻劃高度應在距筒底 $\frac{100}{4.9} = 20.4$ 厘米處。No.1 土樣 94% 為泥土及粘土，因假定其初密度為 Trask 試驗中兩者數值之平均，即 $\frac{67+13}{2} = 40$ 磅/立方呎。又假定泥沙之比重為 $S=2.65$ ，則 No.1 土樣之土粒在一立方呎中所佔之體積為

$$V_s = \frac{40}{2.65 \times 62.4} = 0.262 \text{ 立方呎}$$

泥沙孔隙率為孔隙水所佔體積對泥沙顆粒所佔體積之比，即

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{1-0.262}{0.262} = 3.14$$

故此時淤積泥沙在 100 立方厘米量筒中之高度為

$$h = \frac{W_s}{S \times A} (1+e) = \frac{50}{2.65 \times 4.9} (1+3.14) = 16.0 \text{ 厘米}$$

相當於初密度之土樣高度為 16.0 厘米，540 日後者為 10.6 厘米，今假定經該時後，土樣業已完全固結，則 No.1 土樣全量沉澱量為

$$S = 16.0 - 10.6 = 5.4 \text{ 厘米}$$

按第二節土壤力學固結之理論，余氏試驗中土樣之底層接觸量筒之底為不透水，又壓力分佈為梯形，故時間因數 J 可按（6）式計算，但式中固結係數 C 因無試驗紀錄，尚需以下法求出之。

假定余氏試驗中，No.1 土樣經固結一日後，其實際高度與相當之理論高度相符，則

$$Q = \frac{S}{S} = \frac{16.0 - 12.65}{5.4} = 0.62$$

以 $Q=0.62$ 代入（3）（5）兩式，因式中級數收斂甚速，祇取其第一項，則得

$$0.62 = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-J_1}$$

$$0.62 = 1 - \frac{32}{\pi^2} e^{-J_2}$$

$$\text{或 } J_1 = \log_e 10 \log_{10} \frac{8}{4(1-0.62)} = 0.756$$

$$J_2 = \log_e 10 \log_{10} \frac{32}{(1-0.62)^2} = 0.998$$

設量筒水面貯滿至 100 厘米刻劃處，則最初固結時泥沙上部所受壓力為

$$P = (20.4 - 16.0) \times 1 = 4.4 \text{ 克/平方厘米}$$

泥沙底部所受之壓力為 $P = P_1 - 20.4 \times 1 + \left(50 - \frac{50}{2.65}\right) \frac{1}{4.9} = 26.8 \text{ 克/平方厘米}$

故
$$\mu = \frac{p}{p+p_1} = \frac{4.4}{26.8} = 0.164$$

以 $\mu=0.164$ 代入 (9) 式, 得
$$n = \frac{\log \left[\frac{2(\pi-2) \times 0.164 + 4}{\pi(1+0.164)} \right]}{\log \frac{4}{\pi}} = 0.75$$

以 J_1, J_2 , 及 n 之值代入 (8) 式, 得 $J_3 = 0.756 + 0.75(0.998 - 0.756) = 0.94$

以 J_3, H_0 , 及 t 之值代入 (6) 式, 得 $0.94 = \frac{\pi^2 \times C \times 24 \times 60}{4 \times (3.84)^2}$, 或 $C = 0.00391$ 平方厘/分

C 值既經求得, 則以 C, H_0, t 等值代入 (6) 式, 即可得 J 值, 然後應用 (3) (5) (7) 諸式以計算 Q_3 , 以沉澱時間三日為例

$$J = \frac{\pi^2 \times 0.00391 \times 3 \times 24 \times 60}{4 \times (3.85)^2} = 2.82$$

以 J 之值代入 (3) 及 (5) 兩式, 得

$$Q_1 = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-2.82} = 95.1686\%$$

$$Q_2 = 1 - \frac{32}{\pi^2} e^{-2.82} = 93.8484\%$$

以 Q_1 及 Q_2 之值代入 (7) 式, 得

$$Q_3 = \frac{4.4 \times 0.951686 + 11.2 \times 0.938481}{15.6} = 94.2212\%$$

故沉澱三日後之沉陷量為 $\delta = 5.4 \times 0.942212 = 5.0879$ 厘

此時土樣高度則為 $h = 16 - 5.08793 = 10.9121$ 厘

同理 6 日, 10 日... 等後之時間因數, 固結程度, 沉陷量及土樣計算高度均可求出, 列如下表:

第三表 余氏試驗中土樣固結後高度之計算

1	2	3	4	5	6	7	8
余氏試驗中所列沉澱時間	固結土樣容積	固結土樣密度	固結土樣實測高度	時間因數	固結程度	計算沉陷量	計算土樣高度
日	立方厘	克/立方厘	厘		%	厘	厘
—	78.5	0.64	—	0	0	0	16
1	62.0	0.81	12.65	0.94	62.0000	3.3500	12.6500
3	56.0	0.89	11.40	2.82	94.2212	5.0879	10.9121
6	54.0	0.93	11.00	5.64	99.6615	5.3817	10.6183
10	54.0	0.93	11.00	9.40	99.9920	5.3996	10.6004
35	54.0	0.93	11.00	32.9	100.0000	5.4000	10.6000
135	53.0	0.94	10.80	127	100.0000	5.4000	10.6000
185	52.5	0.95	10.70	174	100.0000	5.4000	10.6000
540	52.0	0.96	10.60	507	100.0000	5.4000	10.6000

比較(4)(8)兩項，知根據土壤力學知識計算所得之土樣高度較實測者略小，即理論上之固結速度較余氏試驗中者略快，唯上述意見尚不足以爲定論，因計算中引用若干假定，足以影響其精確性也。

(四) 繼續研究之途徑及方法

著者以爲如海底細淤積物固結與一般固結有所差異，則差異之發生當在固結之最初階段內，在此階段，因細淤積物在水底密度甚小，已接近於懸液體，(Suspension)故除固結作用外，膠體化學之現象及亂流(Turbulence)之影響亦極顯著，需考慮及之。

在懸液體中，膠體顆粒(Colloidal Particte)或粘土顆粒帶有負電荷，本身爲負電子(Anion)，因之可在其表面附着若干帶有正電荷之金屬電子(Adsorbed Cation)，此等金屬電子之性質極關重要，因Li, Na, K等單價電子挾帶之電荷強，附着之水分(Water H₂O)多，故正負電子之間所產生之電壓差(Zeta Potential)大，可使粘土顆粒相互排斥，成分散狀態(Dispersion)。反之，H及Ca, Mg, 等雙價電子挾帶之電荷弱，附着之水分少，故產生之電壓差不足以使粘土顆粒在懸液體中成爲分散狀態，土粒乃相互凝聚(Flocculation)，沉澱之速度遂以加快。

著者以爲如取淤積物分爲三份，第一份以稀酸溶液沖洗，使其沉澱於量筒中，第二份以淡薄之氫氧化鈉溶液沖洗，亦沉澱於量筒中，第三份則不加任何處理，直接沉澱於量筒中。結果第一份淤積物土粒表面應被所附着之H⁺電子所飽和，因而發生凝聚，沉澱時間爲最短，第二份淤積物應被Na⁺電子所飽和，發生分散現象，沉澱時間爲最長，第三份淤積物之沉澱時間則應介於第一二兩份之間。

上述試驗，應注意其大部泥沙均已沉澱之時間，及其相當之初密度。泥沙之沉澱量，在試驗最初之數小時，及數日內爲最大，應予詳密讀出，沉澱時間亦應較久，最好在三年以上，沉澱泥沙物理性質之分析，尤應詳盡，如顆粒粗細之分配，透水性係數(Coef. of Permeability)，壓縮係數(Coef. of compressibility)，及固結係數(Coef. of Consolidation)均須另作試驗以求得之。

四、我國黃土淤積物密度附算

我國過去對西北，華北一帶之河流黃土淤積物密度資料甚少，茲經搜集黃河，永定河等淤泥之顆粒分析資料，根據第一表，對其淤積物之密度加以估佔，列爲第四表，共有實測數值者，則並列於表中，求其誤差。

黃河枯水時期，流量極小，淤積物大部均暴露於空氣中，發生乾縮現象，其作用與攔洪水庫同，故在第四表計算密度項中，除江蘇黃河河槽水面下30cm處土樣係用(a)種蓄水庫之數字外，餘均用(d)種蓄水庫之數字。又在以上計算中，固結年限均用一年，其因固結年限超過一年而增加之密度，均未計算在內。

著者於36年4月 在蘆溝橋鐵橋西岸取新淤舊淤兩種土樣，其顆粒分配經分析後，繪如第六圖，茲將根據土樣顆粒之粗細計算所得之密度與實測密度列爲第五表。

第四表 我國黃土淤積物密度附算

土 樣 地 點	土 樣 號 數	孔 量 隙 (%)	含 水 量 (%)	顆 粒 分 配 (%)			計 算 密 度 磅 立方呎	實 測 密 度 磅 立方呎	誤 差 %	實 驗 者
				沙	泥	粘 土				
永 定 河 黃 河 武涉西30km 唐郭河床 汜水縣西黃河東 岸黃土高壩		31.3		44	48	8	83.3	86	0.35	漢諾佛水工 試驗所(註 十一) Scheidig(註 十二)
		38.6		6	57	37	81.1	76.6	5.9	
	42-1	40		82	15	3	91.9	98.5	6.7	
	42-3	40		65	35	0	89.1	98.5	9.5	
		47.2		40	60	0	86.4	86.6	0.2	
永 定 河 淤 泥	蘆溝橋測站			67	33	0	89.3			華北水利委 員會(註十 三)
	官廳測站			67	33	0	89.3			
	雙營測站			80	20	0	90.9			
	三家店			50	50	0	87.5			
江 蘇 黃 河 舊 河 槽	堤與河槽之間在地面下一公尺	A ₁		61	29	10	88.3			漢諾佛水工 試驗所(同 註十一)
		A ₂		63	35	2	88.8			
		A ₃		76	22	2	90.2			
	河槽內水面下30cm	B ₁		10	68	22	60.1			
		B ₂		10	83	7	65.4			
		B ₃		66	30	4	82.0			
宮 河 槽 身 壩 後 黃 河 舊	壩後舊槽西邊	A		0	90	10	81.6			
	壩後舊槽中部	B		0	88	12	81.4			
	壩後舊槽東邊	C		0	95	12	81.4			
	壩前	D		0	95	5	81.9			
	河之左邊	E		0	70	30	80.8			
洛 河 黃 河 河 槽	黃河中部	1A		0	77	23	81.0			
		1B		0	90	10	81.6			
	河槽右邊	2		0	90	10	81.6			
	河槽左邊	3		0	90	16	81.6			
	右邊床	4		0	90	10	81.6			
	左邊床	5A		0	90	10	81.6			
	5B		0	95	5	81.9				

第 五 表

土樣地點	土樣號數	孔 隙 率 (%)	含 水 量 (%)	顆粒分配 (%)			計算密度 (磅/立方呎)	實測密度 (磅/立方呎)	誤 差 (%)	備 註 (%)
				沙	泥	粘土				
蘆溝橋鐵	No. 1	0.72	24.8	75	25	0	90.3	92	1.9	新淤
橋西岸	No. 2	0.71	2.42	35	65	0	86.0	94	8.5	舊淤

上表No 2土樣實測密度與計算密度誤差較大，此蓋因土樣係舊淤，其固結之年限已超過一年之故。

此外Freeman氏經多次試驗，得黃河淤積物之平均密度為 90.1 lb./ft^3 （註十四），Todd及Eliassen氏得 101.5 lb./ft^3 （註十五）

綜觀第四第五兩表，知由Lane設計數值表算得之黃土淤積物密度與實測者誤差甚小，平均僅4.5%，又其結果亦與前人所尋者大致符合，故第四第五兩表所列之計算密度可認為大致準確，即基於於水外之黃土淤積物，其顆粒分配以沙泥佔多數者，密度約為 90 lb./ft^3 ，以泥土及粘土佔多數者，密度約為 80 lb./ft^3 ，至恆沒於水下之淤積物，其密度在 70 lb./ft^3 以下矣。

參 考 書 目

- 註 一 Stevens, J. C.; "The Silt Problem", Trans. A. S. C. E. vol. 101, P. P. 208-88, 1936.
- 註 二 Follett, W. W.; "Silt in the Rio Grande", Engineering News, vol 71, No.1, 1914.
- 註 三 Faris, Orville A; "The Silt Load of Texas Streams", U. S. Department of Agriculture, Tech. Bull. No. 382, 1933.
- 註 四 Hamphill, R. G; "Silt and Life of Southwestern Reservoirs", Trans. A. S. C. E. vol. 95, P. P. 1061-74, 1931.
- 註 五 "Quantitative Investigation of the Deposition of Sediment in Lake Alp," Reprint from the "Archiv für Hydrologie", 1932. vol XXIV P.P. 535-42.
- 註 六 E. W. Lane and Victor A. Koelzer; Report No. 9, "Density of Sediments Deposited in Reservoirs, A Study of Methods used in Measurement And Analysis of Sediments in Streams", St. Paul, U. S. Engineer District Sub-office, Hydraulic Laboratory, University of Iowa, 1943.
- 註 七 Earth and Foundations, Progress report of Special Committee, Proc. A. S. C. E. vol. 59, 1933 P. P. 777-820
- 註 八 "Discussion on Earth and Foundations", Progress report of Special Committee, Proc. A. S. C. E. August, 1933.
- 註 九 Trask, Parker; "Compaction of Sediments", Bull. Am. Assn. Petroleum Geologists, vol. 15, P. P. 271-276.
- 註 十 余恆睦：“蓄水庫泥沙淤積之研究”，民國三十六年六月，水利部選印。
- 註十一 李賦都：“黃河問題”，工程第八卷第六期。
- 註十二 蔡振編譯：“中國黃土之分析”，黃河水刊，第一卷，第十二期。
- 註十三 徐世大：“永定河之泥沙”水利月刊，第一卷，第二期。
- 註十四 Freeman; J. R. "Flood Problem in China", Trans. A. S. C. E. vol 85, 1922, P. 1442.
- 註十五 Todd, O. J. and Eliassen, S; "The Yellow River Problem", Proceedings A. S. C. E. vol. 64, No. 10, P. P. 1922-91, 1938.

會 務 消 息

中國水利工程學會第六十四次董事會議紀錄

日 期 三十六年八月十二日下午四時

地 點 水利部會議室

出席者 沈 怡 沈百先 陳謙恩 須 愷 沙玉清 胡品元 何之泰 朱士俊 張含英 孫輔世

主 席 須 愷 紀 錄 朱士俊

(甲) 報告事項

一、主席報告會務

二、總幹事報告上屆董事會紀錄

三、准中國工程師學會函知五十四屆年會定於本年十月一日在京舉行

四、百先獎學金准中央大學、湖南大學、西北工學院、清華大學、北洋大學、西北農學院等六校保送學生姓名成績已由獎學金保管委員會審查合格並已函復各校轉知各生具領。

五、資源委員會全國水力發電工程總處及水利部水利示範工程處請求加入本會為機關會員，已由會員委員會審查通過，加入本會為機關會員。

六、水工名詞委員會主任委員張書農函請聘顧兆勳、高寅堅為委員，董作海、錢家歡為幹事，已照聘。

七、呈社會部保送仲會員徐昌衡赴美求學。

八、本年六月八日呈水利部薛部長提交全國水利會議建議四點。一、切實執行水利法。二、加強水利機構。三、確定水利建設經費最低比額。四、力行水利建國綱領。

九、會計報告

(乙) 討論事項

一、本會水利每期刊印費在目前需兩千餘萬元，本會經費來源有其實已不能負擔但此項刊物為本會固有之精神業不能以困難而中輟應如何籌劃經費以利進行提請討論
決議

(1) 規定水利為兩月刊每兩月出版一期並先籌半年計劃刊印三期後再議

(2) 向各水利機關推銷水利按照定價收費每機關至少五十冊

(3) 水利定價授權總幹事及出版委員會主任委員按照當時物價指數每期隨時酌定

(4) 水利刊印費每期不得超過兩千萬元

(5) 呈請水利部借借整兩億元限六個月後歸還以利進行

二、本會參加中國工程師學會聯合年會為期已近應如何積極籌備案

決議 根據六十二次董事會決議仍請沈副會長百先積極籌備

三、長沙分會、廣州分會、及東北分會報告成立并附送各該分會章程提出討論(附長沙、廣州、東北各分會函件)

決議 各地分會會章擬具通則通知修正。

四、上海分會第十二次會議紀錄討論事項內：

(一) 目前各項工程漸將利用機械以替人工本會於土木水利工程人員應如何提倡注重機械學說
決議建議總會分函各大學建議多使學生參加工地實習機會。

決議 修改原建議函知各大學土木水利系酌加機械課程並函知水利機關多予學生實習機會

(二) 錢塘江海塘工程進行時會有吃水九呎之船自上海平安駛抵杭州以此推測滬杭間海道通航應甚可能本會應如何提請各方之注意決議建議總會分函交通機關提請研究並實行滬杭間吃水六呎以下輪船之試航

決議 保留

五、本會會員分佈全國各地為便於會務推展及連絡起見擬設法在各大大都市從速成立分會除已有分會者外並擬在其地地點推請本會會員負責籌備成立分會(附已有分會及擬成立分會地點名單)

決議 通過(附修正各地籌備分會負責人名單)

西安	劉鍾瑞	陳之韻	耿鴻樞	南昌	燕方畋	丘葆忠	重慶	程仁武	許懋榕
濟南	王志超	宋文田	張 燾	合肥	盛德純	賀士奇	蘭州	黃萬里	
杭州	周象賢	孫壽培	沈景初	福州	林友韻	楊庭玉	成都	李鎮南	
青島	宋希尚	何幼良		開封	宋 彭	李賦都	貴陽	周彥邦	
鎮江	蕭開瀛	俞淑芳		北平	施嘉揚	李不濟			
台灣	章錫綬	薛履坦		漢口	涂允成	陳澤榮			

六、前經決議製會員錄並預收印刷費國幣二千元現已有一部會員繳費領取而尚無法製印將來印成需費當不以此數應如何辦理請討論。

決議 會員通訊地址調查完竣後付印收費俟印出後再議。

七、奉社會部指令京訊四字第二四六四七號為呈報改選職員開票結果內開「查該會仍選會長副會長、董事制於法不合仍仰依照人民團體組織法調整具報」等由如何辦理提請討論。

決議 暫時保留

八、天津工商學院畢業生入會案

決議 函知介紹人在詢畢業資格

六時散會

中國水利工程學會第六十五次董事會議紀錄

時間 三十六年九月二十三日下午四時

地點 水利部會議室

出席者 孫輔世 沈百先 何之泰 沈 怡(朱士俊代) 張含英 胡品元 朱士俊 邢丕緒
梅成章 胡建芬 蔡 振

主席 須 禮 記錄 朱士俊

(一) 報告

(1) 主席報告本年會期近本會關於會務之推進行有應應舉事項及各項提案希能在年會中提出持就年會籌備會第三次會議之機會請各位董事及各專門委員會主任委員出席討論

(2) 報告第六十四次董事會議紀錄

(二) 討論決議事項

(1) 關於修正本會會章案根據第六十二次董事會議修正案提出年會

(2) 本會六月五日臨時大會決議本年度會費徵收標準提請年會追認

(3) 沈副會長百先提出根據工程師學會兩該會現正積極組織技師公會籌備會以便參加國大代表及立委選舉定於本月二十三日下午五時在平會巷十五號會會長公館召開董事會商討一切關於各專門工程學會參加選舉人員即請加以考慮以便提出董事會討論云云決議請沈副

會長出席工程師學會董事會代表本會表示兩點意見

一、技師公會組織本會應參加

二、關於本會競選國大代表及立委名額應按照本會現有會員人數壹千七百多人分配其候選人名單應俟名額釐定後提出年會公開競選候選人此示公允 下午六時議畢散會

中國水利工程學會卅六年度年會會議紀錄

日期 三十六年十月五日

地點 國民大會堂

主席 須禮

紀錄 陳道弘 方元龍

出席者 張含英 張培公 馮雄 曹恩琪 戴 邨 賈霖 李在玉 劉德潤 徐綽廷 孫鼎敏
黃會首 徐鳴鶴 沈百先 丁承敘 張洪昌 劉肅臣 李 潤 陳道弘 宋希尚 何學孟
何之泰 章元義 須禮 陳和甫 陳 揚 周宗蓮 顧兆勳 朱士俊 方元龍 陳之顯
林平一 朱延年 陳慶 劉衷偉 楊乃俊 陳裕庭 劉方澤 張瑞璋 沈承麟 譚葆泰
謝松濤 劉光熙 胡建芬 孫輔世 雷鴻基 張昌齡 蔡振 趙鍾靈 蔡均 張中權
吳中烽 劉啓祐 陳湛恩 盛德純 朱坦莊 劉夢錫

甲 報告事項

- 一、主席報告本日討論本會會務及提案並審查聯合年會交議水利工程提案九件先請總幹事及各委員會報告會務推行情況
- 二、朱總幹事報告(一)會員 本會會員截至目前為止有 1708 人在聯利以後加入的有 164 人其中退出及死亡的有 67 人現有會員 1674 人包括正會員 686 人仲會員 842 人學生會員 146 人其分佈情形如次江蘇 352 人四川 187 人陝西 144 人河北 81 人廣東 74 人湖南 67 人湖北 63 人甘肅 59 人浙江 52 人安徽 38 人福建 30 人瀋陽 25 人貴州 20 人江西 19 人山東 19 人甯夏 18 人美國 12 人山西 9 人台灣 7 人新僑 5 人青海 3 人吉林 1 人察哈爾 1 人尙餘 209 人失去聯繫本會的機關會員為中央與地方之各水利工程機關截至目前為止共有 27 個(二)分會 本會在全國各地的分會已經組織成立及正在籌備組織中者有南京上海天津長沙廣州桂林東北西安南昌杭州開封鎮江北平成都重慶貴陽漢口濟南台灣合肥福州等 21 處。(三)經費 卅四年度收入 1,222,328.25 元結存 153,119.69 元卅五年度收入 2,929,533 元結存 138,395 元卅六年度收入 29,162,945 元截至目前為止結存 1,516,355 元惟最近一期季刊之印刷費尚未結賬
- 三、譚主任委員報告出版委員會之中心工作為編印水利月刊本人接手以來計已編印第十四卷第五期第六期及第十五卷第一期每卷六期每兩月出版一期編輯宗旨在促進學術研究之興趣及提高工程技術之標準更水利成爲全國水利界技術刊物之權威目前稿件甚爲踴躍惟經費困難印刷紙張所費甚鉅就本期水利印刷費而言即需三千七百餘萬元以致其他單行刊物一時尙難刊印希望各位會員盡量供獻意見以解決當前經費困難問題
- 四、雷主任委員報告會員委員會自本人接管以來尙無整調會員名冊兼有一部分舊名冊已不合用擬逐步調查整理至於新會員入會資格初步審查均按照規定辦理並隨時請示董事會決定惟會章所定「負責工作」一項解釋尙當困難

五、譯會員葆泰代表水工名詞編訂委員會張主任委員書農報告水工名詞編訂工作經兩年來之努力初稿業已完成計有水文(包括氣象)水力學(包括水工試驗)土壤(包括土工)河工渠工灌溉排水水力水工建築物等書籍以中、英、日、法四種文字對照編譯共有 2300 個單字凡與土木方面重複者均未列入現以印刷關係擬先印中文英文兩種將在水利第十五卷第二期起陸續發表每期刊印一種請諸位會員提供意見以便校正如經費許可擬印單行本

乙 討論事項

一、本會六月五日臨時大會決議之會費徵收標準提請大會追認案

計會員入會費二萬元常年會費四萬元仲會員入會費二萬元常年會費二萬元初級會員入會費四千元常年會費一萬元機關會員中央機關國立大學國立獨立工學院及全國性之團體入會費六萬元常年會費六萬元省市機關學校及省市性質之團體入會費四萬元常年會費四萬元其他機關或團體入會費二十萬元常年會費二十萬元
永久會員刊物費三十六年度徵收二萬元

決議 於「會費徵收標準」之上加「三十六年度」字樣修正通過

二、本會第六十二次董事會議決修訂會章提請公決案

修訂會章決議第四條學生會員為初級會員凡國內外大學工學院或獨立學院水利或土木工程系肄業者或高級水利職業學校高級土木科職業學校畢業者由會員或仲會員二人之介紹經董事會審查合格得為本會初級會員

第十條添副總幹事一人改為董事會由會長副會長總幹事副總幹事董事十九人組織之會議時由會長主席董事任期三年每年改選五人

第十二條「介紹職業」改為「介紹人才」

第二十一條之選舉方法董事會長副會長由司選委員徵求各地分會意見提出三倍人數由年會或用通訊方法選舉之(以上選舉方法是否適當提出討論)並擬修改如后:

董事會長副會長由司選委員通知各地分會召開臨時大會票選之後後由各地分會將選舉情形連同選舉票函送司選委員彙齊揭曉但司選委員如認為各地分會投票會員總數不足時得參照各地選舉結果提出二倍人數由年會或用通訊方法再行選舉之

決議 (一)第四條「凡國內外大學工學院或獨立學院水利或土木工程系肄業者」改為「凡國內外專科以上學校水利或土木工程系科肄業者」

(二)第十條「董事會由會長副會長總幹事副總幹事董事十九人組織之」於「十九人」以上加「共」字

(三)第二十一條選舉方法改為董事會長副會長由司選委員通知各地分會召開臨時大會票選候選人函送司選委員彙齊用通訊方法再行選舉之

修正通過(詳見修正年會提案及會章)

三、本會會費徵收標準以物價未能穩定致時有增加每次增加尚討論研究需時且不合合理擬具一富有彈性之收費辦法提請公決施行案

名稱 中國水利工程學會會費徵收標準暫行辦法

一、本會在物價未能穩定期間會費徵收標準依照本辦法辦理之

二、本會會費徵收標準照冊四年六月修正會章第十六條所定數目倍以每該年一月份首都工人生活指數百分之五(即作該年度會費)

三、第十六條會費徵收標準如左

(一)會員入會費二十元常年會費十六元

(二) 仲會員入會費十元常年會費八元

(三) 初級會員入會費五元常年會費四元

(四) 機關會員中央機關國立大學國立工學院及全國性質之團體入會費三百元常年會費三百元省市機關學校及省市性質之團體入會費二百元常年會費二百元其他機關或團體入會費一百元常年會費一百元

四、本會在物價尚未穩定期間暫不收永久會員原有永久會員每年收刊物費十元倍以生活費指數

五、本辦法俟物價穩定時即行廢止之

六、本辦法經年會通過施行

會 費 計 例

南京八月份工人生活總指數 26.480 倍 50% 13,240 倍

(一) 會 員：入會費 244,800 元常年會費 211,80 元

(二) 仲 會 員：入會費 13,4200 元常年會費 105,920 元

(三) 初級會員：入會費 66,200 元常年會費 52,960 元

決議 原則通過暫行辦法第二條所稱生活指數百分數及第四條永久會員是否應酌收刊物費交董事會研究決定

四、請政府提前撥發黃河三门峡試驗研究費案

決議 建議水利部提早撥發

丙 聯合年會交議事項

一、享堂峽及澗水流域不少可供水力發電之處請中央從速勘測實施以利民生國財案

審查意見 併第九案辦理

二、爲減輕豫南豫中淮河上游水患請中央籌撥專款交由淮河水利工程總局迅速派隊勘測以利工展由

審查意見 建議政府辦理

三、請政府指定河南氾區水利工程專管機關以利施工而專責成案

審查意見 送請政府參考

四、請政府繼續修甘肅省隴平豐兩渠以增生產案 審查意見 送請政府參考

五、西北公路水渠防止洪水之經辦辦法案 審查意見 送請政府參考

六、西北水利問題案 審查意見 建議政府審議辦理

七、澗水幾無航運之利在運輸觀點上有無整理通航價值請予研討案 審查意見 併第九案辦理

八、青海省黃河湟水兩岸高地頗多土質肥美氣候溫和極宜耕作惟河身太低開渠引水頗不容易非經測量設計利用機械灌溉殊難奏效請中央大量籌撥高地灌溉機器以興水利而裕民生案

審查意見 併第九案辦理

九、爲提前完成黃河流域水利事業計劃擬請政府籌撥專款充實黃河流域基本測驗研究工作以利進行案 審查意見 一、七、八、九併案辦理將第九案辦法建議政府從速辦理

丁 選舉司選委員

票選結果 朱士俊18票 戴 祥14票 譚葆壽14票 當選候選委員次多者戴鍾錫11票 張含英9票

戊 散會

中國水利工程學會第六十六次董事會議紀錄

日期 三十七年一月十六日下午三時

地點 水利部會議室

出席者 沙玉清 胡品元 須 體 沈百先 朱士俊 孫輔世 陳湛恩 劉錫夢 戴 那

主席 須 體

紀錄 朱士俊

甲 報告事項

一、報告第六十五次董事會議及三十六年度年會會議紀錄

二、報告成都分會經李會員鎮南籌備業於三十六年十二月七日正式成立當在成都市布后街二號召開成立大會到會會員三十餘人選舉李鎮南為會長林啓庸為副會長幹事能達成、張瑛、湯學雲

三、報告三十六年度經費收支情形

四、報告辦理百先獎學金及收支情形

乙 討論事項

一、三十六年度收支報銷請推人審查案

決議 推陳湛恩 胡品元 劉錫錫三人審查

二、成都分會章程提請審查案

決議 無異議通過

三、三十七年度會費徵收標準提請討論案

決議 (一)會員入會費十二萬元常年會費十萬元

(二)仲會員入會費六萬元常年會費五萬元

(三)初級會員入會費三萬元常年會費二萬五千元

(四)機關會員(1)全國性者入會費一百八十萬元常年會費一百八十萬元(2)省市性者入會費一百二十萬元常年會費一百二十萬元(3)其他入會費六十萬元常年會費六十萬元

(五)永久會員收刊物補助費八萬元

(六)在本年三月份以前繳納者按照以上規定標準徵收在本年三月份以後其徵收標準另定之

四、百先獎學金應如何繼續辦理案

決議 繼續兩請中央大學北洋工學院湖南大學西北工學院西北農學院清華大學等六校每校保舉水利成績最優者一人每人津貼四十萬元共審查事項仍由陳湛恩譚傑泰朱士俊三人負責辦理

五、機關會員是否應按照本年度規定標準徵收會費抑請補助案

決議 機關會員仍應照章繳納會費外并請補助以資提倡并機關會員請補助

六、本屆司選委員戴那、譚傑泰、朱士俊擬具本會辦理選舉實施細則提請討論案

決議 修正通過(附實施細則)

七、主席提據會員胡步川劉鍾瑞兩為本年三月八日李儀祉先生逝世十週年紀念日用學術論文紀念李先生擬在南京天津西安三處各出版紀念冊一種并擬以本會名義發行在二月底前印刷完

成所有三處印刷郵寄等費統由陝西水利局設法籌措期易觀成案

決議 推本會出版委員會主任委員譚葆泰負責臨時與陝西水利局劉輯五胡竹箴二位先生接洽辦理

八、會員委員會主任委員雷鴻基請辭職案

決議 慰留

九、譚委員葆泰提議請籌建永久會所案

決議 組織籌建會所委員會推林平一、孫輔世、譚葆泰、陳湛恩、吳又新為委員並推定林平一為主任委員

五時三十分議畢散會

中國水利工程學會辦理選舉實施細則

民國三十七年一月十六日第六十六次董事會通過

- 一、中國水利工程學會（以下簡稱本會）根據會章第二十條及第二十一條之規定辦理選舉，特訂定此細則，所有選舉事務悉依此辦理之。
- 二、根據會章第二十條本會每年選舉事務，由年會推選委員辦理之，司選委員定為三人。
- 三、依據會章第二十一條規定，司選委員首先辦理通知各地分會召集臨時大會，票選候選人；通知內須附任滿及未滿之董事會長及副會長名單。
- 四、各分會於接獲司選委員通知後，在限內召開臨時大會，辦理候選人選舉事宜，候選人選出後，應即將出席選舉人數選舉結果郵寄司選委員；如逾期則以覆權論。
- 五、司選委員彙集各地候選人選舉時，以得票最多之三倍候選人數為候選人，如所選候選人不足三倍時，司選委員得補提候選人。再用通訊方法普選之，但普選時選舉人可不以所提候選人為限。
- 六、司選委員於選舉票所規定寄回之限期一個月後即可定期開票。
- 七、在開票期前由司選委員請董事會推定董事三人並請社會部派員監票開票。
- 八、本細則經董事會通過施行。

分會消息

(一) 南京分會

南京分會會長副會長及幹事三十七年度改選事宜，業於一月十七日在上海公司三樓召集全體會員大會舉行，計到會員六十人，選舉結果，南京分會會長沈百先，副會長須愷，幹事趙鍾鐸，何學孟，沈承驥當選。同時選舉總會正副會長及董事候選人，開票結果，沈百先為會長候選人，須愷為副會長候選人，林平一，孫輔世，雷鴻基，陳湛恩，徐世大為董事候選人。

(二) 成都分會成立大會紀錄

時間 卅六年十二月七日上午九時

地點 成都市布后街二號

出席會員 熊達成 湯學雲 張 瑛 李鎮南 林啓衛 黃星穆 李殿雲 李元亮 王次權 謝尚清 郭登輝

陳功深 吳際春 李興泰 孫至善 徐桐雲 黃用誠 劉復瓊 賈書河 葉嘉禾 鍾定基 朱駿詳 熊光萬
 謝連臨 何水彥 李元勛 陳濟棠 黃永賢 費國華 王守智
 列席來賓 黃季陸(國立四川大學校長)林啓庸代
 鄭愈(中央水工實驗室主任) 楊允璽(四川省水利局主任秘書) 黃功五(成都市政府代表社會科科長)
 何北衡(四川省政府建設廳廳長,四川省水利局局長)楊允璽代 楊性農(大陸新聞社代表記者)
 張培德(四川省社會處代表) 邵從遠(四川省水利局副局長)

主 席 林啓庸

紀 錄 湯學雲

(一)主席報告開會意義(略)

(二)籌備人張瑛報告籌備經過(略)

(三)討論會章 修正通過

(四)選舉職員

選舉結果 會長李鎮南 副會長林啓庸 幹事 熊達成 張 瑛 湯學雲 候補幹事 陳功霖 黃呈種

研究委員會主任委員 林啓庸 委員 費國華 謝連臨,

(五)會長及來賓致詞(略)

(六)討論會務

(甲)如何徵收會費案

決議 一,照卅六年度總會章程徵收會費二次以一次為正規會費一次為本分會基金
 二,自由樂捐(首由水工實驗室鄭主任自動捐廿萬元)

(乙)會址問題案

決議 設本市實業街四川省水利局內

(丙)調查舊會員徵求新會員案

決議 各級會員,機關會員均由幹事會負責辦理

(丁)加選候補幹事案

決議 以選舉時票數次多者為候補幹事計陳功霖黃呈種當選

(戊)設立特種委員會案

決議 視需要而設暫先成立研究委員會公推林啓庸費國華謝連臨三人為委員由林啓庸任主任委員

(己)幹事職務分配案

決議 由張瑛担任文書熊達成担任會計湯學雲担任庶務

(庚)幹事會定期開會案

決議 依據本分會章程幹事會每三個月開會一次其第一次幹事會應於本月內舉行。

(七)臨時動議

李會長鎮南提議本日為成立大會應舉行聚餐以表慶祝并招待來賓

決議 通過

散 會

中國水利工程學會章程

民國三十六年十月五日修正

第一章 總則

第一條 本會定名為中國水利工程學會。

第二條 本會以聯絡水利工程同志研究水利學術協力促進中國水利建設為宗旨。

第三條 本會總會設於首都。

第二章 會員

- 第四條 本會會員分爲會員、仲會員、初級會員、名譽會員、機關會員五種，其資格如左：
- (一) 會員 凡具八年以上之水利及土木工程經驗，其中三年以上爲負責工作者，由會員二人之介紹，經董事會審查合格，得爲本會會員。
 - (二) 仲會員 凡具四年以上之水利或土木工程經驗，由會員二人以上之介紹，經董事會審查合格，得爲本會仲會員。
 - (三) 初級會員 凡國內外專科以上學校水利或土木工程系科肄業者，由會員或仲會員一人之介紹，經董事會審查合格者，得爲本會初級會員。
 - (四) 名譽會員 凡對於水利工程事業或學術有特殊貢獻者，由會員十人以上連署推薦，經董事會之通過，得被舉爲本會名譽會員。
 - (五) 機關會員 凡有關水利工程之機關學校或團體，由會員二人之介紹，經董事會之通過，得爲本會機關會員。
- 第五條 國內外大學工學院及獨立工學院畢業，作爲四年工程經驗。舊制工業專門學校或新制專科工科學校畢業，作爲二年經驗。三年修業期滿，作爲二年經驗，二年修業期滿，作爲一年經驗。研究院工程學術研究工作，及專門工程教授副教授講師教員助教。以工程經驗論。負責工作以負責之獨立設計施工爲準。教授副教授之工作，及不受人指導之研究工作著有成績者，認爲負責工作。
- 第六條 會員有選舉權及被選舉權。
仲會員有選舉權，無被選舉權。
初級會員無選舉權及被選舉權，
名譽會員由本會會員中選出者，仍有選舉權及被選舉權，外籍會員應享權利，必要時得予以限制。
- 第七條 凡仲會員經驗資格已及升級之時，得由會員或仲會員二人之證明，由本人具函申請，或由會員二人之舉薦，經董事會通過後升級。初級會員具有仲會員資格時，即升爲仲會員。
- 第八條 凡本會會員有自願出會者，應具函聲明理由，並經董事會認可，方得出會。凡本會會員違反本會職業道德信條者，得由會員十人以上之提議，經董事會之通過，予以警告，警告無效者，得由董事會提出年會大會通過令其出會。

第三章 組織

- 第九條 本會組織分爲（一）董事會（二）執行部，（三）特種委員會，（四）分會。
- 第十條 董事會由會長副會長總幹事副總幹事董事共十九人組織之，會議時由會長主席。董事任期三年，每年改選五人。
- 第十一條 執行部由會長副會長總幹事各一人組織之。會長副會長任期一年，到選得連任一次。總幹事由董事會聘任之。另設幹事二人，由總幹事提請董事會聘任之。
- 第十二條 特種委員會：本會爲保管基金，發行刊物，介紹人才，徵求會員，及其他事項，得由董事會議決，設置特種委員會辦理之，各委員會委員任期一年，各委員會主任委員得列席董事會議。
- 第十三條 分會：本會會員有十人以上在同一地點者，經該地會員過半數同意，得請求董事會核

准，設立分會，其章程得由分會另訂之，但以不與本會會章抵觸爲限。

第四章 職權

第十四條 董事會之職權如左：

- (一)決議執行部所不能解決之重大事務；
- (二)審查新會員及升級會員資格，並通過之；
- (三)認可分會之成立；
- (四)其他本會重大事務。

第十五條 會長副會長總幹事副總幹事之職權如左：

- (一)會長總理本會會務，並爲本會對外代表；
- (二)副會長協理本會會務，會長不能到會時，其職務由副會長代行之；
- (三)總幹事承會長之命，辦理本會日常事務，並掌管一切文書會計事宜。副總幹事協理本會日常事務，幹事協助總幹事副總幹事辦理會務。

第五章 會費

第十六條 本會會費如左：

- (一)會員 入會費二十元，常年會費十六元。
- (二)仲會員 入會費十元，常年會費八元。
- (三)初級會員 入會費五元，常年會費四元。
- (四)機關會員 中央機關，國立大學，或國立獨立工學院，及全國性質之團體，入會費三百元，常年會費三百元，省市機關學校，及省市性質之團體，入會費二百元，常年會費二百元，其他機關或團體，入會費一百元，常年會費一百元。

第十七條 凡會員仲會員附繳入會費外，一次繳足二百元者，以後免繳常年會費，外籍會員應於入會時繳足永久會費。

前項永久會費及會員入會費，應存儲爲本會基金，非經董事會議決，不得動用。

第十八條 各項會費，得由分會代收，彙繳總會。分會代收常年會費，得以四分之一留充分會經費。

第十九條 會員於年份開始一個月內，有即行繳納是年常年會費之義務。除有特別情形外，逾期不繳，即暫保留應享權利。經總幹事函催三次以上，滿一年後，仍不繳納者，應由總幹事提請董事會議決，停止其會員資格。

第六章 選舉

第二十條 本會每年選舉事務，由年會推司選委員辦理之。

第二十一條 董事會長副會長，由司選委員通知各地分會召集臨時大會票選候選人，函送司選委員彙齊，提出三個人數用通訊方法再行選舉之。

第七章 開會

第二十二條 本會每年開年會一次。其時間及地點，由上屆年會議定，但必要時得由董事會更改之。

第二十三條 董事會常會，每兩月舉行一次，臨時會由會長召集之。

第八章 附則

第二十四條 本章程得由會員十人以上之提議，經年會通過修正之。

中國水利工程學會分會章程通則

- 第一條 中國水利工程學會（以下簡稱本會）為劃一各分會組織及章程特訂定分會章程通則各分會章程悉依本通則辦理之。
- 第二條 分會依據總會章程第十三條之規定組織之其名稱須冠以所在地地名如中國水利工程學會○
○分會
- 第三條 分會以協助總會聯絡水利工程同志研究水利學術協力促進中國水利建設為宗旨
- 第四條 凡居住分會所在地及其附近區域之總會各級會員均得參加。
- 第五條 分會設會長及副會長各一人幹事三人分掌會計文書庶務事宜任期均為一年連選得連任
- 第六條 分會為辦理特種事務得公推會員組織特種委員會
- 第七條 分會會費由會員大會議定之
- 第八條 分會每年舉行常會一次年會與總會同時舉行臨時會無定期
- 第九條 分會章程得由分會會員五人以上之提議經會員大會通過修正之仍須報經總會核准
- 第十條 本通則經董事會通過施行

中國水利工程學會成部分會章程（卅六年十二月七日成立大會通過）

- 第一條 本會依據 總會章程第十三條之規定組織之定名為中國水利工程學會成部分會
- 第二條 本分會以協助 總會聯絡水利工程同志研究水利學術促進水利建設為宗旨
- 第三條 凡居住成都及其附近區域之中國水利工程學會各級會員均為本會會員
- 第四條 本分會設會長及副會長各一人幹事三人分掌會計庶務事宜並由會員大會選舉之任期均為一年連選得連任
- 第五條 本分會為辦理特種事務如保管基金介紹職業舉辦水工展覽編印研究刊物遊影講演旅外參觀等得公推會員組織特種委員會
- 第六條 本分會會費除依照 總會章程繳納外得視實際需要由會員大會另行議定徵收之
- 第七條 本分會每三個月舉行幹事會一次每年秋季舉行會員大會一次並與 總會同日舉行年會一次惟臨時會無定期
- 第八條 本章程如有未盡事宜得由本分會會員五人以上之提議經會員大會通過修正之
- 第九條 本章程經會員大會通過並報請總會核准施行

水 利 新 聞

1949年度美國建設費之預算

今年一月十二日，美國杜魯門總統向國會咨文，提出1949年度（按1949年度係自1948年7月1日起至1949年6月30日止）一筆龐大之建設費預算，總數為21億8千萬美元

其重要建設事業之項目，及經費之分配情形，有如附表：

建設項目	建設經費	佔總建設費百分比
(一) 水利建設費	9 億 4 千萬元	43%
(甲) 軍部工程師團 (Corps of Engineers)		
主辦防洪、航運及海港工程	6 億 7 千萬元	
(乙) 墾務局 (Bureau of Reclamation)		
主辦灌溉及水電工程	2 億 4 千萬元	
(丙) 坦納西流域工程局 (T. V. A.)		
主辦該區內之水利工程	3 千萬	
(二) 公路建設費	4 億 6 千萬元	21%
(三) 原子能研究及製造費	2 億 6 千萬元	12%
(四) 兵員醫院建設費	2 億 3 千萬元	10.5%
(五) 軍事工程建設費	1 億 8 千萬元	8.3%
(六) 其他建設費		5.2%

由上表觀之，今年美國建設事業之重心在於水利建設，無容費辭矣。

總幹事啟事

(壹)本會卅七年度會費徵收標準已經第六十六次董事會議決議
 (一)會員入會費十二萬元常年會費十萬元(二)仲會員入會費六萬元常年會費五萬元(三)初級會員入會費三萬元常年會費二萬五千元(四)機關會員(1)全國性者入會費一百八十萬元常年會費一百八十萬元(2)省市性者入會費一百二十萬元常年會費一百二十萬元(3)其他入會費六十萬元常年會費六十萬元(五)永久會員收刊物補助費八萬元(六)在本年三月份以前繳納者按照以上規定標準徵收在本年三月份以後其徵收標準另定之現在本會經費困難即希各會員將三十七年度應繳會費從速匯寄『南京(八)寧海路九十一號朱總幹事士俊收』以資應用為荷

(貳)會員諸君無論本人或所知其他會員若通訊處改變時，務請隨時將新址開示，以便寄發刊物，傳遞消息。

出版委員會啟事

(一)本刊自復刊以來，承外埠讀者紛紛函購，至感欣慰，惟本刊收款及郵寄等手續，均由執行部負責，以後外埠諸君賜函購書，務請逕寄“南京(8)寧海路91號何學孟先生”接洽。

(二)本刊主旨在研討水工理論，交換工作經驗，蒙各界人士及會員賜稿，曷勝歡迎！惟以經費不裕，篇幅有限，故來稿若已于其他雜誌報章發表，或已送投其他刊物者，務請於篇末註明，俾酌擬提要或彙編索引。至來稿如須退回者，亦希說明。

(三)水工名詞專號擬於本刊第十五卷第三期刊載，一次刊全，以便水利同志參閱。

(四)本刊第十五卷第四期，擬刊黃河堵口專號，刻正集稿中，尙請各方惠賜佳作。

水 利

編輯者 中國水利工程學會出版委員會

南京廣州路二四九號

主任委員 譚葆泰

委員 汪胡楨 徐世大 張 任 李文邦 周宗蓮

吳沈鈺 胡鳴時 嚴 愷 戴 祁 方宗岱

張瑞瑾 劉方燁

幹事 吳志成 陳宏德

發行者 中國水利工程學會

南京甯海路九十一號

會 長 須 愷 副會長 沈百先

總幹事 朱士俊 幹 事 何學孟 方元龍

印刷者 美堂祥印書館

南京林森路一二八號

本期校對者 俞世琛 陳高林 陳子霞 蔣杏村

本期專號零售每冊國幣五萬元正

交通部

船 舶 修 配 廠

業 務 項 目

- (一) 各型式船舶之設計及修造
- (二) 有關水上交通工具之改善
- (三) 沉船打撈及其他海事工程
- (四) 鋼鐵結構電鍍與基樁工事

船舶技術諮詢委員會備供諮詢

上海廣東路七五號三樓電話一四三九四號

過 去 略 歷

- (甲) 改善木駁總計二萬三千四百噸
- (乙) 製造木駁一五〇艘一萬五千噸
- (丙) 登陸艇五〇艘載兵一萬五千名
- (丁) 淺水拖輪總計二千一百餘馬力

辦 事 處

重慶：小慶重 順城街一十號 電話一四一五八
 上海：長海東 茂海路七村 電話三五二七九
 杭州：英士街一三四號 浙江海門東新街九號

各 區 修 配 工 廠

重慶區：重慶南門外龍門浩老碼頭 電話二四一四
 上海區：南市機廠街一三九號 電話〇七二
 海關區：北關潘家灣一路 電話〇六一四
 海門區：浙江海門椒門 電話二〇六一
 海州區：蘇州州錫無錫 電話四一三二
 海州區：蘇州州錫無錫 電話四一三二
 海州區：蘇州州錫無錫 電話四一三二

華元染料化工廠

出品飛機牌硫化元染料

品質高超 價格低廉

媲美舶來 行銷全國

營業所

上海江西中路一七〇號二二三—二二四室
電話 一〇七四六 一七八五〇

製造廠

上海徐虹路二十八號
電話(〇二) 七五〇二〇 七五〇三四

國華工程建設有限公司

KWHK HWA ENGINEERING DEVELOPMENT CORP. LTD.

本公司承造及設計下列業務

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8.
- 工 各 橋 隧 海 堤 水 鋼
 廠 式 樑 道 港 壩 利 鐵
 堆 房 道 鐵 碼 閘 工 結
 棧 屋 路 路 頭 堰 程 構

上海江西路一七〇三號四七室 事務所
 電話 一一二五

上海斜土路〇八六號 工廠
 電話 (二〇) 七五〇一

同 益 營 造 廠

承辦土木建築工程

歷 史 悠 久
信 譽 卓 著

上海總廠 西康路286弄3號
電話 33254號

南京分廠 華僑路26號
電話 21068號