

水文資料整編方法

泥 沙 部 分

水利电力部水文局編

水利电力出版社

存

水文資料整編方法

泥沙部分

水利电力部水文局編

*

1496S407

水利电力出版社出版 (北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可證出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本 * 3 $\frac{3}{4}$ 印張 * 86千字

1958年11月北京第1版

1958年11月北京第1次印刷(0001—3,100册)

統一書号: 15143·1184 定价(第9类)0.44元

目 录

第一章 泥沙資料整編概論	3
§ 1 泥沙資料整編的意義	3
§ 2 河流泥沙運動的一般概念	4
一、作用於河床泥沙顆粒上的力	5
二、泥沙顆粒運動形態及其發展過程	6
§ 3 河流泥沙的脈動和造脊現象	7
第二章 懸移質泥沙資料整編的基本概念	8
§ 4 懸移質泥沙的垂直分布與橫向分布	8
一、懸移質泥沙的垂直分布	8
二、懸移質泥沙的橫向分布	9
§ 5 測站特性	10
一、河道形勢	10
二、斷面情況	12
§ 6 影響實測懸移質泥沙資料精度的人為因素	13
一、測驗時的誤差	13
二、處理水樣時的誤差	15
§ 7 懸移質泥沙資料整編步驟	15
§ 8 懸移質泥沙資料整編的準備工作	16
第三章 實測懸移質泥沙資料的審查	17
§ 9 審查的目的	17
§ 10 繪制單沙過程綫進行審查	17
§ 11 繪制單沙斷沙關係曲綫進行審查	17
§ 12 實測懸移質輸沙率成果表及實測單位水樣含沙量成果表的編制	19
第四章 逐日懸移質泥沙資料的整編	20
§ 13 單位水樣含沙量資料的整編	20
一、一般概念	20
二、直綫插補法	20
三、連過程綫法	20
四、上下游站相關法	20
五、日平均單位水樣含沙量的計算	21
六、逐日平均單位水樣含沙量表的編制及其過程綫的繪制	21
§ 14 懸移質輸沙率資料整編	21
一、一般概念	21
二、單沙斷沙關係曲綫法	22
三、單沙斷沙關係曲綫相對均方差的計算	28
四、單沙斷沙關係曲綫的高水延長	29
五、比例系數過程綫法	30
六、流量含沙量或流量輸沙率關係曲綫法	31
七、近似法	35
八、討論	36
§ 15 逐日平均含沙量表、輸沙率表及其他整編圖表的編制	36

一、日平均含沙量、輸沙率的推求	36
二、逐時推算日平均含沙量、輸沙率的方法	37
三、逐日平均含沙量表、輸沙率表的編制	38
四、逐日平均含沙量、輸沙率過程綫圖的繪制	39
五、洪水水文要素摘錄表的編制	39
§16 懸移質泥沙資料整編說明書的編寫	40
第五章 懸移質泥沙資料整編成果的審查	40
§17 意義和方法	40
§18 所用整編方法的審查	41
§19 整編成果的歷年對照	43
§20 沙量變化過程的合理性檢查	43
一、影響含沙量變化過程的幾個因素	43
二、本站含沙量過程綫的檢查	47
三、上下游、干支流含沙量、輸沙率過程綫的比較	48
§21 沙量平衡概念及其在整編成果審查中的應用	49
一、一般概念	49
二、沙量平衡表的編制與檢查	50
三、月、年平均流量輸沙率關係曲綫的應用	51
§22 刊布圖表內容及規格的審查	56
§23 懸移質泥沙整編工作的清理結束	56
第六章 推移質輸沙率資料的整編	58
§24 一般概念	58
§25 推移質輸沙率的計算方法和表示單位	58
§26 實測推移質輸沙率成果表的編制	59
§27 月、年平均推移質輸沙率表的編制	60
§28 推移質輸沙率資料的審查	62
§29 推移質輸沙率資料整編說明書的編寫和清理結束工作	63

第一章 泥沙資料整編概論

§1 泥沙資料整編的意義

水流攜帶泥沙對河流的生命具有重大的意義，它直接影響着河道的发展、演變。同時對人類开发利用河流，也帶來許多複雜的問題。

由於泥沙淤積河道，河床容積逐漸減小，每遇洪水，常泛濫成災，如我國黃河流域黃土高原區，大量泥沙隨水流注入河中；及至平原地區，水流平緩則大部分泥沙沉積，造成河床逐漸淤高，以致形成高出地面的地上河，在有史記載的四千年中，大小決口共1,593次，其中最嚴重的決口改道有26次，每次改道，黃河所經之地，沙丘疊疊，沃野盡成沙墟，吞噬無數生命財產，帶來嚴重的災難。

在水利工程上，也常因泥沙問題使工程遭到失敗或很快失去效用，如洛河的洛惠渠大壩，高16公尺，僅經一次為期7日的洪水，大部庫容為泥沙所淤墊；蘇聯穆爾加河上的根都庫什水庫，只13年即被淤滿；又如黃河人民勝利渠東一干渠1953年9~10月放水，不到20天，就因泥沙淤積使引水量減少一半，不得不停水清淤。

近年來，由於水利工程及水利科學研究的迅速發展，人民逐漸認識到，泥沙在水利工程上所涉及的問題是極其廣泛而複雜的，如修水庫首先要考慮到淤積問題，預知水庫建成後每年將有多少泥沙淤積在庫內，然後才能研究庫容多大；泥沙在庫內淤積的程序和位置以及顆粒組成尺度等也都是修建水庫時人們極為關心的問題。這些，在很大程度上影響着工程經濟效益和工程造價，甚至決定着工程的成效。在灌溉工程上，渠系的泥沙淤積也是一個嚴重的問題。引水入渠同時帶來了泥沙，如經過坡度平緩地段，泥沙很容易淤積下來。許多渠道就由於這種嚴重淤積而喪失效能。也有一些引水渠首，由於附近河床淤高，水流無法引進渠道而遭失敗。最近，世界各先進國家對選擇渠首及利用人工導流等辦法來避免泥沙進入渠道，雖已獲得顯著成效，但我國不少河流具有泥沙多、顆粒細的特點，完全解決渠系淤積問題，尚待作更多的努力。

水庫攔河壩修成以後，壩上游水庫內是淤積，而壩下游，由於水庫清水下放，河床水流挾沙能力和條件失去平衡，泥沙來量小於河段的挾沙能力，於是下游河床產生了縱向和橫向的沖刷，直至達到新的平衡為止，形成河床的變動。其後果一方面刷深河床、擴大水槽，減少洪水越堤危險，降低地下水位減輕土壤鹽鹼化程度，但在另一方面也帶來不利的影響，如下游河道愈刷愈深、淘空堤腳使大堤傾坍的危險性增大，同時水面過分降低，使原有灌溉系統的渠首工程進水發生困難，縮小灌溉面積。此外，下游河道變成清水，河流的游蕩性加大，流向可能會發生根本改變，昔日的平工今日可能會變成險工，這也是一個極其嚴重的問題。

要維持多沙河流內河航運的暢通，就要求維持一定的水深和深水綫的穩定，一般天然河道都需加以整治才能達到這兩方面的要求，整治的方法雖多，但就其本質來講都是通過工程措施對天然河道的干擾來改變水流在河床上的水力條件和挾沙條件，成敗的關鍵在於能否使河道挾沙能力與輸沙量相適應，也就是能否使河道維持平衡，不發生沖淤。

現象。至于在一些坡度平緩的多沙河道下游段泥沙大量沉积，又不得不投入大批人力物力进行疏濬。因此，泥沙問題也是航运上的重要問題。

此外，挟帶泥沙的水流通过水輪机和水泵的翼輪时，泥沙强烈地磨損机体，并降低功能和水电站的发电量等問題，无不与水流含沙的性質和数量有密切的关系。

我国北方諸河含沙量之大为世界上罕見，茲將国内外几条多泥沙的河流列表比較如表 1-1。

表1-1 我国河流和国外几条多泥沙的河流輸沙量的比較

国	別	河 名	年輸沙量(万吨)	浸 蝕 模 数 (公吨/平方公里)
苏	联	頓 河	600	1.5
		伏 尔 加 河	2,500	1.85
		叶 尼 塞 河	1,100	0.4
中	国	長 江	46,000	445
		黃 河(陕 县)	170,000	2,275
		涇 河(張家口)	37,000	6,520
印	度	柯 西 河	16,000	2,560
印	尼	紅 河	12,000	1,040
美	国	柯 罗 拉 西 河	24,000	600
		密 西 西 比 河	13,000	45

(注：此表摘自錢宁編著的“泥沙問題”講义。)

我国河流不但含沙量大，而且在許多河流上顆粒較細也是特点之一，这些却給河道治理和水利建設上帶來許多极其复杂的問題，如黃河河床，現在某些河段竟在地面以上十数公尺，无怪乎古代詩人以“黃河之水天上来”，来形容它。

为了解决泥沙問題，必須首先掌握足够的泥沙資料；同时也必須对泥沙运行的規律及其特性具有深刻的理解和完整的知識。一般对泥沙的研究，可从兩方面着手，一方面在实验室內，利用人工控制进行各方面有系統的观察；更重要的是对河道进行直接的观测，积累了一定資料之后，利用数理分析或其他途徑找出泥沙运行規律来。

近年来，随着大規模的水利建設，水文事业也迅速发展，在基本流量站网建成的同时，建成了基本泥沙站网，因而积累了大量泥沙資料。其次，泥沙問題在水利科学研究方面，近年来也有很大的发展，水利科学研究院、黃河水利科学研究所和全国其他水利科学研究机关以及高等院校，均有專門單位或人員研究泥沙問題。再次，在永定河、黃河、長江、汉江等地設立了河床实验站或观测队，进行大規模的野外观测工作，对河床泥沙运移規律作更为細致的研究。相信在不断的努力下，我国的泥沙科学研究水平，很快会跃进到世界先进的行列。

§2 河流泥沙运动的一般概念

河流挟运的泥沙，以其在水中运动形式的不同，可分为层移質、接触質、跃移質、悬移質及溶解質等。如以运行的量(或輸沙率)而言，近年来也有称之为固体徑流的。从河槽縱剖面图来看，它們的运动位置关系如图 1-1 所示。由于溶解質主要影响着水

質，屬於水質分析的研究範疇。跃移質和接触質都在近河底处移动，二者的界限很难明确划分，不容易分别进行观测，所以一般把跃移質、接触質总称为推移質。由于悬移質、推移質及河床質体现着河流泥沙的特征，决定着河床变化的性質，所以它是研究河流泥沙运行規律的主要对象。

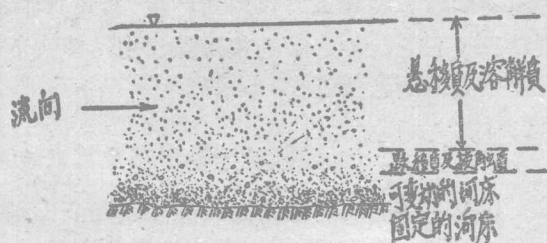


图1-1 河流縱剖面泥沙运动示意图

靜止在河床上的泥沙能够跃起悬浮在水中或向下游移动，被流域表面徑流帶到河槽內的泥沙不会完全沉积于河床上的主要原因在于天然河道水流都是紊动水流，下面即簡述在这种水流的作用下，河流泥沙的运动形式及运动的发展过程。

一 作用于河床泥沙顆粒上的力

河床上的泥沙顆粒受两种力的作用：一为推动泥沙运动的主动动力；一为抵抗泥沙运动的重力。泥沙顆粒在河床表面上运动的发展过程，就是这些力互相作用的结果。河流泥沙由各种形状和大小的顆粒組成，为了研究方便，我們当作均匀的球体，就其中一个泥沙顆粒作为研究对象，則其作用力的分析如下：

1. 推动泥沙运动的主动动力

(1) 水流流过河床表面层时，对泥沙顆粒产生层面(表面)摩擦力，这个力主要作用在泥沙表面上，因顆粒的下半部和其他泥沙相接触，不和水流直接接触；

(2) 当水流流过泥沙的突出部分时要发生分离，由于迎水面与背水面的水压力不对称，从而产生对水流的阻力。这种力的大小，是随泥沙顆粒形状而变的，假想泥沙顆粒均成流线型，那么水流可能不会发生分离，见图1-2(b)这个力也就不存在。图1-2(a)说明水流分离现象。这种力称为形状阻力，它的作用偏于顆粒的上半部。



图1-2 泥沙顆粒受水流冲动时发生形状阻力的情况

(3) 流过河床表面的水流与泥沙顆粒上表面接触部分流速大，而下表面接触部分，由于水流经过泥沙顆粒縫隙而流，所受阻力大，流速就很小。因而泥沙顆粒上下表面发生流速差，随之产生压力差，这种力的综合作用结果，使泥沙顆粒承受了上举力(升力)。

2. 抵抗泥沙运动的重力 这种力就是泥沙在水中扣除水流浮力后的重力(即泥沙在水中的重量)。由于泥沙比重大于1，因此重力始终使泥沙下沉，故称抵抗泥沙运动的力。

3. 由于推动泥沙运动的主动动力与抵抗泥沙运动的力互相作用的结果，使泥沙产生了两种运动的趋势。

(1) 上举：当上举力大于顆粒在水中的重量时，靜止在河床上的泥沙便会被举起悬浮于水中，反之靜止在河床上的泥沙仍然靜止，原来悬浮在水中的泥沙，亦因重力的作用沉降在河床上靜止不动。

(2) 滚动：层面摩擦力，形状阻力及上举力(上举力小于泥沙顆粒在水中重量时)的相同作用，使泥沙有可能繞其他泥沙顆粒接触点旋轉的趋势，也就是滚动的趋势。但这

种滚动的趋势受着重力作用所产生力矩的抵抗, 所以能否发生滚动, 要看这两种力矩的相对值而定, 图 1-3 表示泥沙颗粒受力发生滚动的趋势。

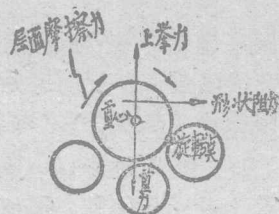


图1-3 作用于泥沙颗粒上的各种力示意图

二 泥沙颗粒运动形态及其发展过程

从以上分析可知推动河床泥沙运动的主动动力, 是由于水流对泥沙颗粒的作用而产生的, 河床上泥沙运动直接受流速大小变化的影响。这个基本概念, 就是下面讨论泥沙运动发展过程的依据。

1. 假设最初水流流动极缓慢, 以致它所产生的上举及滚动趋势都不足以使泥沙发生运动, 这时河床固定不变。

2. 当流速增大到某一程度时, 某些泥沙开始作间歇性的很快的抖动, 这是由于主动力和抵抗泥沙运动的力相差无几的缘故。至于抖动所以有间歇性的原因, 则是由于河渠水流为紊流, 紊动水流的空问每一点的瞬时压力及流速随时间而变化所造成的。

3. 流速继续增大时, 泥沙开始运动, 最初是以滚动形式出现的。位于河床上比较突出的泥沙颗粒, 受到较大的主动动力而首先滚动, 滚动以后, 这些颗粒就更加显得突出。例如移位于所有其他颗粒的上面, 相应的水流作用面也加大, 增加移动的趋势。

总之, 泥沙运动初期, 上举力未超过重力, 在推力的作用下, 泥沙颗粒沿河底以滚动或移动方式向前运动, 这时泥沙颗粒虽然可能升高些, 但仍任何时候都与河底接触。以这种形式运动着的泥沙称为接触质。

4. 流速再继续增大时, 被推动的泥沙颗粒越来越多, 当上举力超过重力时, 颗粒即脱离河底, 颗粒表面全部与水流接触, 但这时颗粒上下流速相差不大, 上举力将因之减低, 重力的作用则相对增强, 泥沙颗粒复降落至河底; 俟降至河底后上举力作用又相对的增强了, 因而泥沙颗粒又再脱离河底。如此继续下去, 使泥沙成跳跃的方式前进,

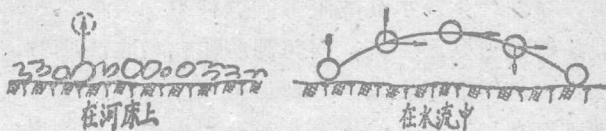


图1-4 跃移质泥沙的运动过程

处于这种运动形态的泥沙称为跃移质, 其运动过程, 如图 1-4 所示。

接触质和跃移质总称为推移质。

5. 河道水流为紊流, 跃起后的泥沙受到三种力的作用: 一是水流挟带泥沙沿水流方向前进; 二是向上紊速使继续抬高; 三是沉速使泥沙下降。这三种作用合成的泥沙运动形式要看紊速和沉速的相对大小而决定。当紊速大于沉速时, 泥沙继续向上升起, 当紊速小于沉速时便向下降降, 所以当流速继续增大时, 跃起的泥沙, 就为向上紊速带到距河底更高的位置而转入悬浮状态, 并为水流挟运向下游运行。由于水流紊动现象因时因地而变化, 泥沙颗粒运动到一个新的位置时, 所受到的紊速的大小和方向可能与原先所承受的截然不同。很难预先测定泥沙到达这个新的位置以后是继续上升还是下落。不过在相当长的时期内, 泥沙颗粒可以悬在水中, 并沿水流方向前进。这种运动形式的泥沙称为悬移质。

总的说来, 泥沙颗粒随时都在作向上、向下的垂直运动, 悬浮着的泥沙可以沉降下来停留在河床上不动, 或者成为推移质, 而推移的泥沙亦可以被紊速带动呈悬浮状态。

6.一般仅把泥沙运动分成推移和悬移两种形态。实验证明：这样分并不全面，泥沙运动还有第三种形式——层移。由于河床为疏松的介质组成，泥沙颗粒可以产生相对位移，水流的重力不仅作用在河床表面而且可以传到河床内部，使内部泥沙发生运动，但每一颗粒都为其他泥沙所包围，所以唯一可能运动的形式就是层移运动，这种运动形态的泥沙，称为层移质。

以上的分析是假定河床由均匀的泥沙组成，实际情况当然应当是更加复杂的，在同样流速的带动下，细沙比较容易以悬移的形态运动。总之，组成泥沙颗粒之大小虽然有所不同，形态也不尽是圆球形，而是各式各样的形态，如尖角形、棱形、片状等等，但不影响以上讨论的结论。作悬移和推移运动的泥沙为在天然河流中所固有的泥沙运动形态，因而通常测验工作，就以测到悬移质和推移质为主。

§3 河流泥沙的脉动和造脊现象

如前所述天然河道的水流为紊动水流，紊动水流即是各种大小的椭圆形漩涡所充填的流场，漩涡带动着泥沙，将其抛向水流的上层，粗颗粒的泥沙很快因其本身的重力而下降，细颗粒的泥沙就悬浮在水流中，由于这种不同大小的漩涡不断地发生着、作用着和消失着，在水流中任何一固定点含沙量的大小在一定时段内就有很大的变化，这种景象称为脉动现象，苏联B.И. 岡察洛夫用锯末试验所得的河流中泥沙分布景象，如图1-5所示。近年来，我国水文测站也开始注意泥沙的脉动现象，如兰州水电设计院在作悬移质泥沙采样器试验时，曾将横式采样器与真空抽气式采样器所得资料加以比较，能够看出瞬时所取的

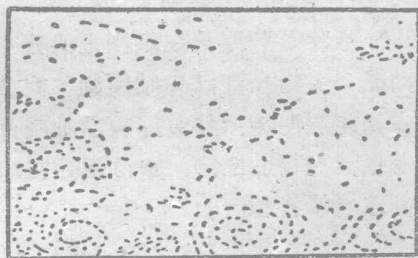


图1-5 岡察洛夫所实验的水流漩涡带动泥沙情况

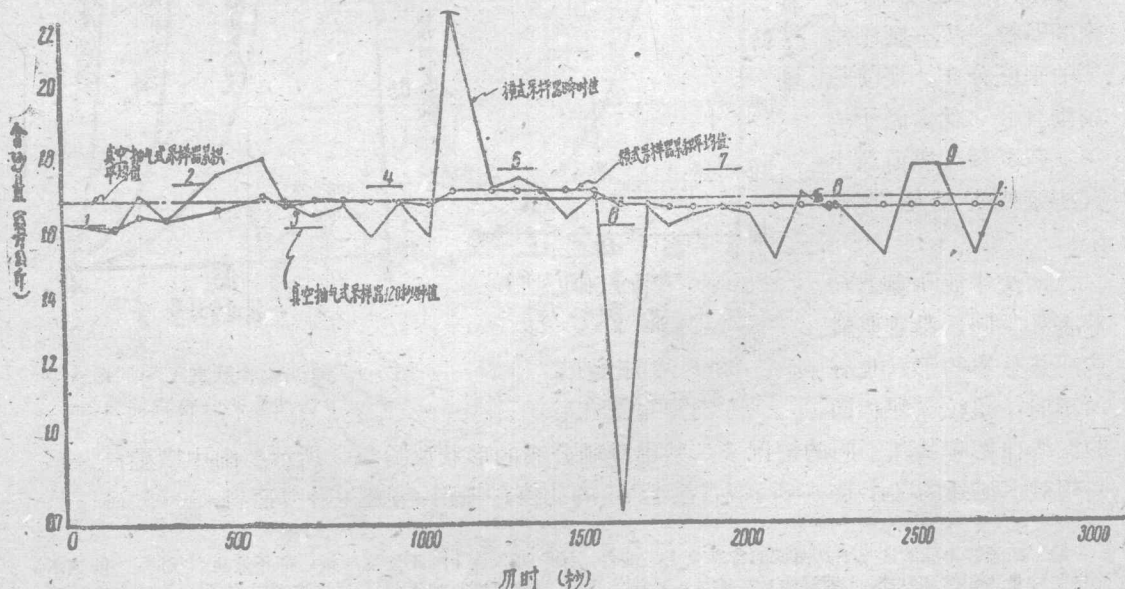


图1-6 黄河上銓站泥沙脉动现象试验

沙样有明显的脉动现象(见图1-5)。

除了被水流漩涡卷动的泥沙以外,还有沿河床慢慢爬动的泥沙,这种泥沙的移动为波状,在洪水退落以后,我们可以明显地看到在沙滩上淤积的泥沙不是平坦的,而是成波浪形。这是由于在紊流情况下,泥沙沿水平轴移动的条件时刻遭到破坏,造成脊纹。脊纹成小丘状,有峰有谷,泥沙可以在由谷到峰这一方向上移动,而脊顶(峰顶)的泥沙又可沿脊坡向下移动,行进的方向可以与水流平行、倾斜或在某种情况下也可能垂直。河流愈深,沙脊高度可能越大。

造脊现象对推移质测验有一定的影响,但是其中关系是极其复杂的,目前尚无实测资料加以验证。

第二章 悬移质泥沙资料整编的基本概念

§4 悬移质泥沙的垂直分布与横向分布

一 悬移质泥沙的垂直分布

悬移质含泥量在垂线上的分布,一般是自水面向河底渐增的,接近河底处增加更多。如图2-1为长江汉口站实测含泥量的垂直分布曲线,一般测站含沙量的垂直分布情况亦多如此。河流悬移质泥沙沿垂线分布的这种特征,是与水流紊速的垂直分速在垂线上的变化情况相适应的,水流紊速在河底最大,而在水面最小(等于零)。因而越接近河底处测点含沙量越大。

泥沙颗粒不同,在垂线上含沙量的分布情况也不同,粗的颗粒较细的颗粒泥沙有更不均匀的垂直分布,泥沙愈细垂直分布就愈趋于均匀,甚至接近垂线上含沙量处处相等的极限。

水流中泥沙量饱和状态^①不同,沿垂线含沙量分布的形状也有所不同,颗粒级配相同的泥沙在饱和状态不同的情况下,其沿垂线分布的形状如图2-2所示。图中横坐标为不同相对水流处的含沙量 ρ 与河底含沙量 ρ_N 的比值,采用 ρ_N 为1计算而得。

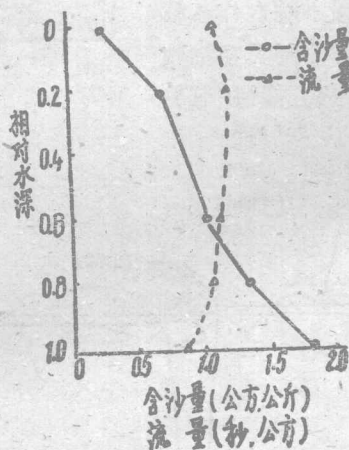


图2-1 实测含沙量垂直分布曲线

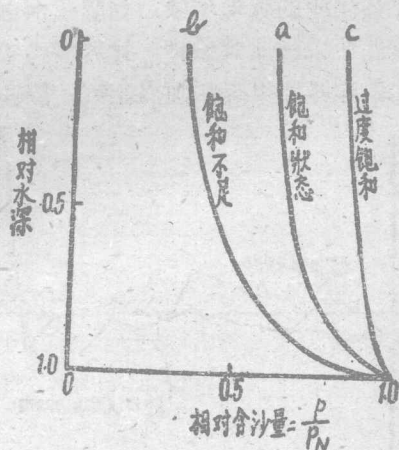


图2-2 泥沙饱和状态不同的垂线中含沙量的分布情况

① 在流速不变的情况下,河流的含沙量正好能为水流全部挟运下移不发生冲刷,亦不发生淤积时,则该水流中含沙量达到饱和状态;若减少其含沙量,河床即发生冲刷则称饱和和不足;反之含沙量增多,河床即发生淤积,则称过度饱和。

垂綫流速、含沙量、輸沙率三因素沿垂綫的一般分布如图 2-3 所示。但由于水流內有环流漩渦等情况发生，水流結構极为复杂，最大的含沙量或較大粒徑的泥沙不一定出現在河底处，有时也可能出現在半深的地方，或甚至于會出現在近水面处。

二 悬移質泥沙的橫向分布

悬移質含沙量的沿断面橫向分布，随着河道情况和断面形狀的不同有很大的差別，如断面規則成矩形或抛物綫形，且河段順直水流較深，則含沙量的橫向分布大都均匀，甚至断面內各垂綫的含沙量都接近于断面平均含沙量，反之在复式河槽或有分流漫灘，水深較淺冲淤頻繁的断面上含沙量的橫向分布將随流速的橫向分布及断面形狀的变化而变化。图 2-4、2-5、2-6，为黄河流域三个測站的流速、含沙量、輸沙率橫向分布及等速和等沙綫图，从图上可以看出上述分析是切合实际的。

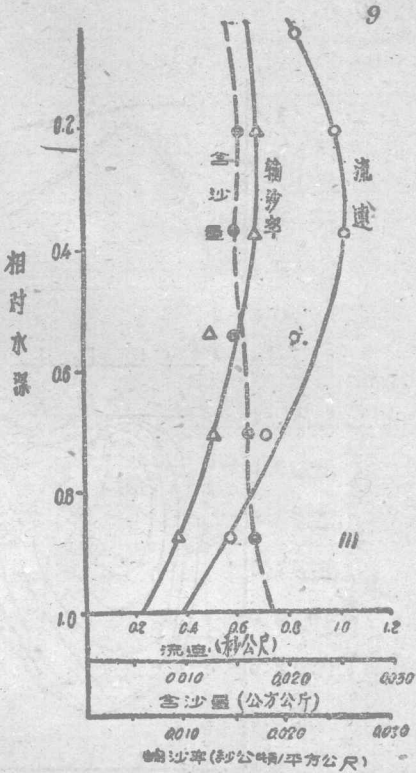
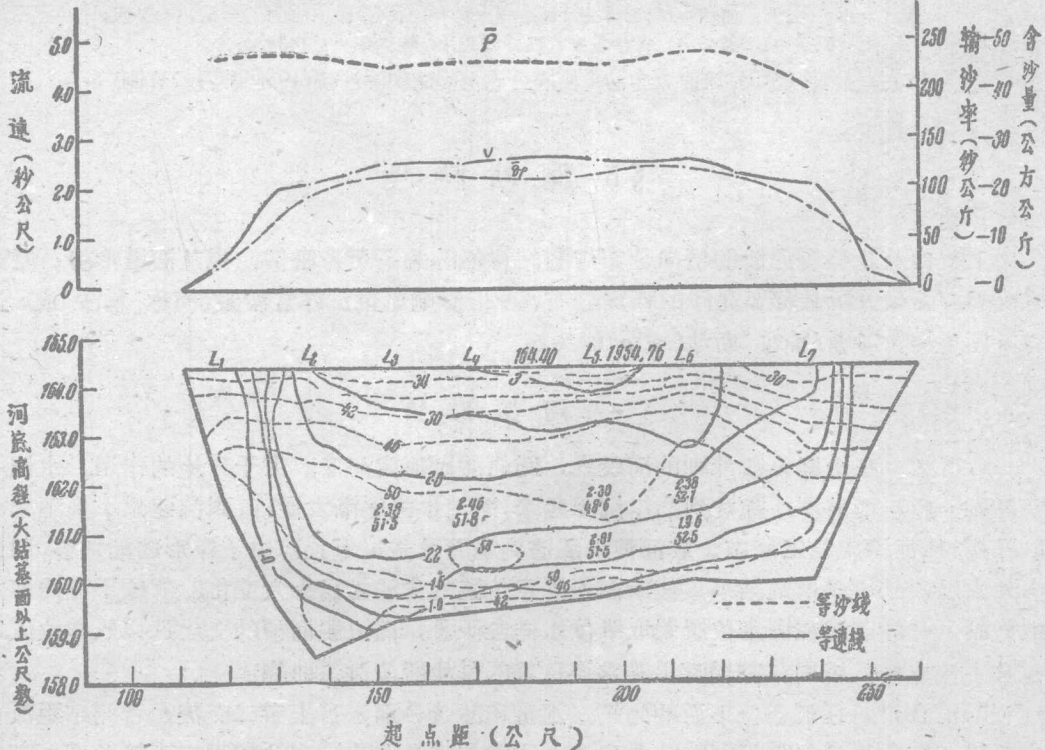
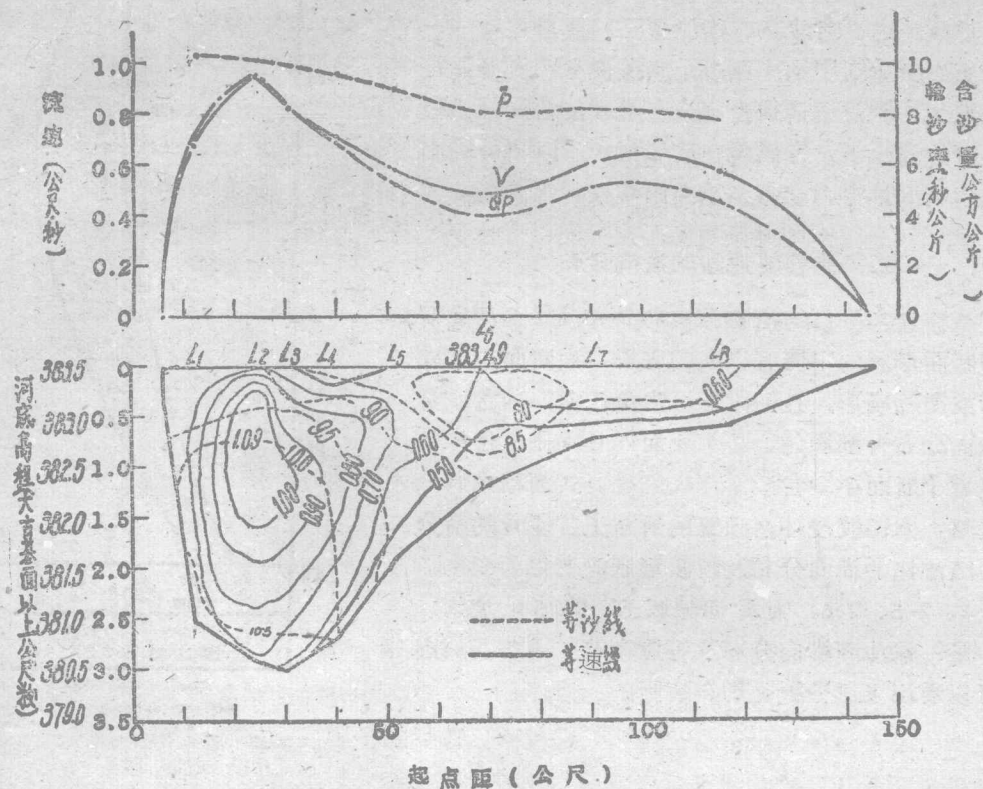


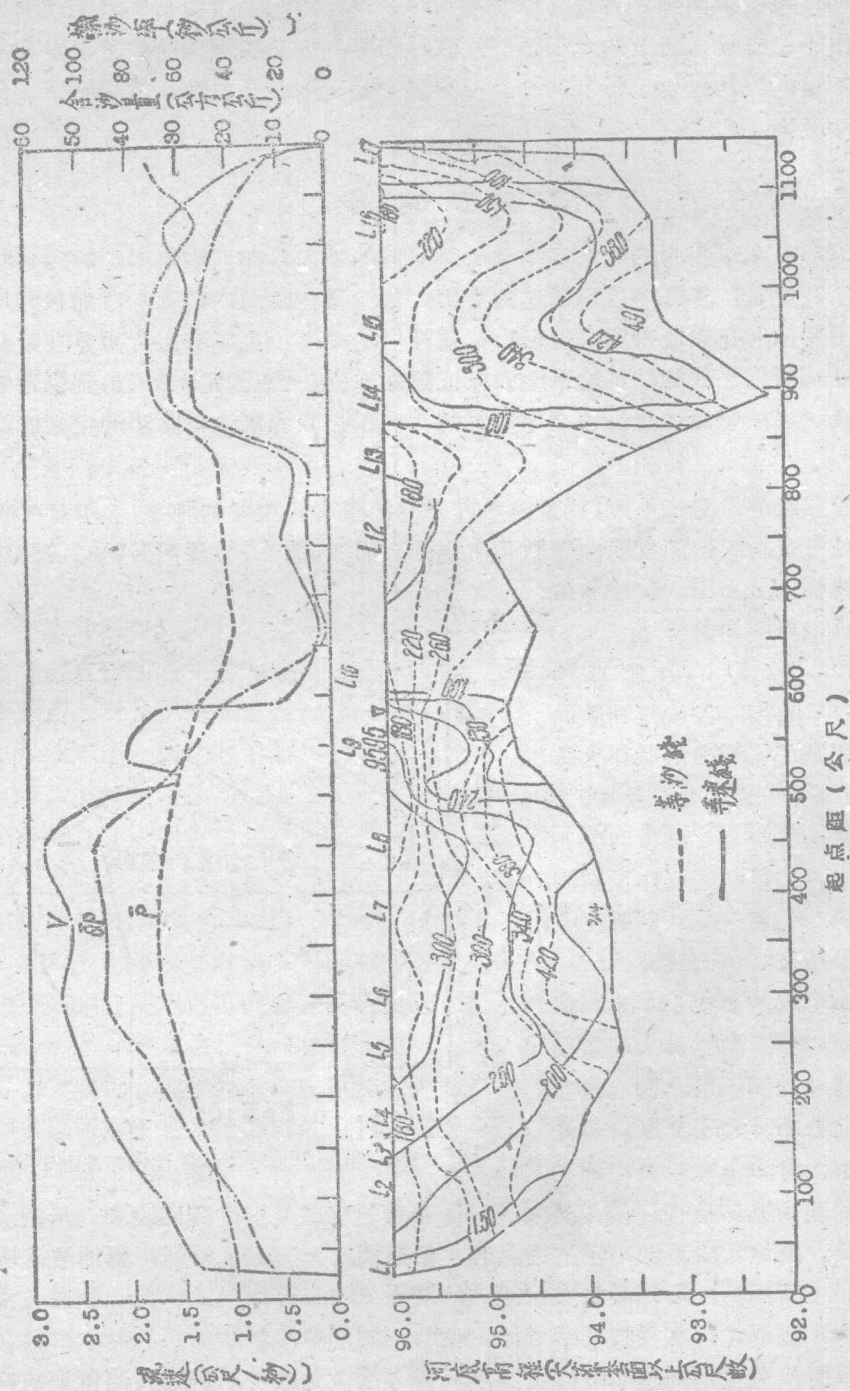
图 2-3 老田庵站含沙量流速和輸沙率的垂綫分布



河寬=148.1公尺；面积=614平方公尺；平均水深=4.15公尺；平均流速=2.16秒公尺；
流量=1,340秒公方；含沙量=45.0公方公斤；輸沙率=60,300秒公方。

图 2-4 黄河八里胡同站流速、含沙量、輸沙率橫向分布及等速和等沙綫图(1954年7月6日測)





沙量均大，但因来水时间不同亦会造成这种差异，这种现象就是所谓“鸳鸯河”。如沅江沅陵站位于沅江与酉水的汇合口下游约3,000公尺处，沅江的含沙量较酉水大，每当涨水季节，站在河岸上可以清楚地看出两岸为清水，一岸为混水，含沙量的断面横向分布就不会均匀。由于二支流来水量的大小不一，因时而异，因此断面上含沙量混合程度和混合界限都是不定的。具有这种特性的测站，测验时如用斜航法取样，整编时才能求得良好的单沙断沙关系。

二 断面情况

1. 断面深窄、河道整直的测站含沙量在断面内的横向分布一般是均匀的。§4图2-4所示情况即属此种性质，从图中可以清楚地看出，含沙量在断面内的横向分布极为均匀，中泓部分几无变化。在渠道特别是近似矩形或梯形的渠道，也能看出含沙量在断面上均匀分布的特征。所以这种测站不论单沙取样位置如何（变动或固定）都可得到稳定的单沙断沙关系曲线。当然岸边水流流速是不稳定的，在岸边取的单沙与断沙的关系就常常不好。

2. 河床稳定或冲淤变化不大，流量段无漫滩分流壅水等现象的测站，含沙量在断面内的横向变化是稳定的，但随着断面形状和流速分布而变，图2-7为黄河吴堡站1955年含沙量比值和流速横向分布图，含沙量的横向分布是以垂线平均含沙量 (ρ_{op}) 与断面平均含沙量 (ρ) 的比值点绘的。从图中可以看出，含沙量在断面内的变化大致稳定，各次形状亦大致相似，在起点距280±10公尺及400±10公尺处各次的含沙量比例横向分布曲线相当集中，如单沙的取样位置固定在此二区间的任何一处，则单沙断沙关系可以保持稳定的直线关系。

3. 河床稳定或冲淤变化不大，但系复式（包括分流）断面，由于河道漫滩的程度和滩地性质不同，含沙量在断面内的横向分布就趋于复杂。当河槽还未漫滩时，含沙量在单槽内的横向分布一般如前所述，但在开始漫滩以后，由于滩地水深较小，糙率较大，水流滞缓，泥沙易于沉降，滩地含沙量即小于主槽。若水量继续增大，水位抬高，滩地流速挟运泥沙的能力已与主槽相似，则含沙量在断面内的横向分布又有均匀的可能。故在有漫滩的测站，如用固定线取样，在漫滩前后各级水位有不同的单沙断沙关系。若欲求得在各级水位不变的单断沙关系，则单沙取样位置或取样方法应加改变。例如黄河青铜峡站为复式断面，水位达500公尺时左岸开始分流，右岸有渠道引水，如图2-8所示。水位在6.80公尺以下的流速比与含沙量比，在断面内的横向分布如图中(2)(3)所示。图2-8(4)为7.0公尺以上时的含沙量比在断面内的横向分布。从(3)与(4)的比较，可以清楚地看出刚开

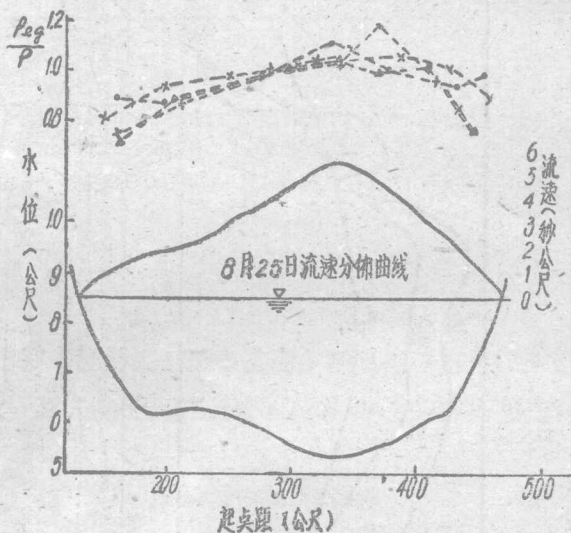


图2-7 黄河吴堡站1955年含沙量比例和流速的横向分布

始分流时灘地含沙量很小,随着水位的升高,分流处含沙量亦随之增大,但全断面內的含沙量分布仍不均匀。直到水位达7.0公尺以上时含沙量在断面內的横向分布漸趋均匀。类似这种特性的测站,若單沙的取样位置或取样方法未按分流或漫灘情况的不同而改变,自然得不到良好的單沙断沙关系。

有些测站虽有漫灘,但漫灘部分的輸沙率佔全断面輸沙率的百分数很小,則單沙的取样位置和取样方法不随水位而变,仍不会严重影响單沙断沙关系。

4.河床冲淤变化剧烈的测站,含沙量在断面內的横向分布,因断面形状、主流移动等具体条件的不同而变化。例如河道寬淺,主流經常移动,或者水流分成几股,則含沙量在断面內的横向分布不均匀且多变。这种测站單沙的測驗可用

斜航法或者在中泓取样就能使單沙断沙有較好的关系。但在断面狹深,冲淤主要发生在河底部分,主流基本稳定的测站,含沙量在断面內的横向分布仍較稳定,如黄河利津站(图2-9)断面冲淤变化很大,但河寬变化不大,主流位置没有变动,因而含沙量在断面內的横向分布仍有規律,單沙采取固定位置取样,則与断沙关系良好。在一些寬淺河道上只要主流基本稳定固定垂綫的位置选择得合适,亦可得到同样的結果。

除了河道形势、断面情况影响含沙量在断面內的横向分布外,还有一些局部变化如坍岸、人类活动、风沙等均影响着含沙量的横向分布,不过这种影响常常是暂时性的。

§6 影响实测懸移質泥沙資料精度的人为因素

一 測驗时的誤差

影响实测懸移質泥沙資料精度的因素很多,如測綫测点的分布,單位水样取样方法和位置的选择,取样器类型的选用、測次間隔、測驗历时以及測沙过程各项具体操作都有引起誤差的机会,有时这种誤差可能很大,以下分別加以討論。

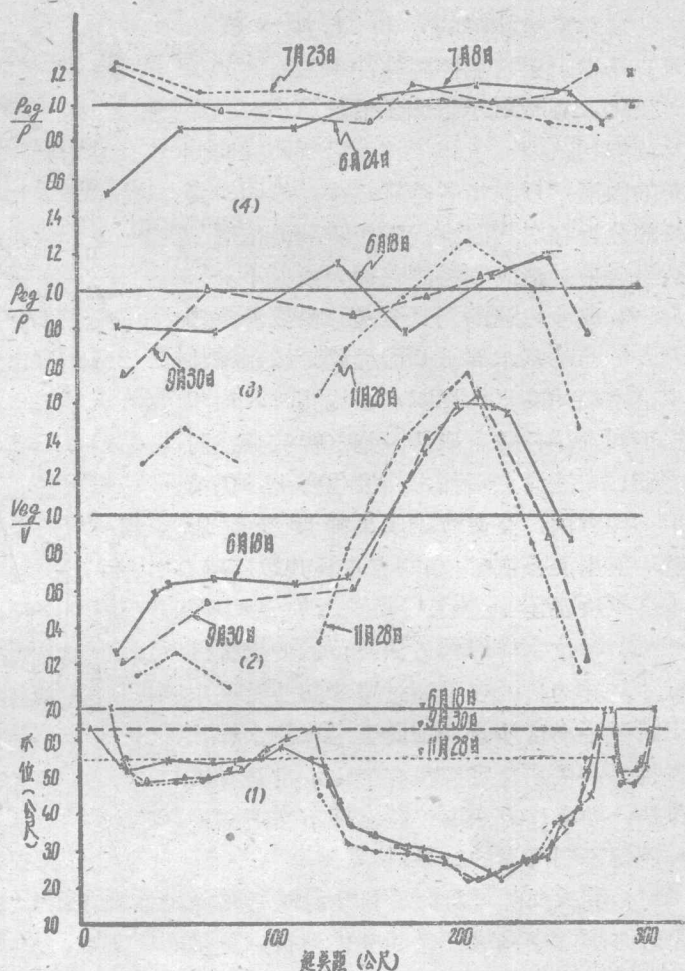


图2-8 黄河青铜峡站1956年流速比、含沙量比横向分布曲线

1. 垂綫輸沙率的分布 測沙垂綫數量，基本上要求能控制輸沙率沿斷面的橫向變化。有時由於含沙量沿斷面橫向分布比較均勻，因而忽視了流速沿斷面橫向分布的因素，以致布置垂綫過少，或因對資料的分析存在片面性，致使垂綫的位置與數目欠妥，造成測驗成果偏大或偏小。

2. 取沙垂綫的測點分布 沿取沙垂綫測點分布的基本要求是能準確地控制輸沙率沿垂綫的變化。用積點法施測時，應根據不同水深並結合取沙時期（暢流期或封凍期）布置測點，如水情發生變化，仍沿用一種方法，會使測驗成果精度受到影響。應用混合法時，如測點水樣比數不當，也會導致誤差。

3. 單位水樣取樣方法及位置的選擇 單沙取樣的目的是通過單沙斷沙關係求出斷面平均含沙量。因此要求單沙水樣代表性高，關係穩定或雖有變化，也是有規律的，如取樣方法及位置選擇不當，整編時將得不到可靠的結果。

4. 測次間隔與歷時 單沙測次必須滿足控制含沙量變化過程的要求，因此當水情變化時必須加密測次，尤其變化轉折點更須布置測點。

單沙代表性常因水情變化而異，單沙斷沙關係也常隨之而變動，因此，輸沙率的測次布置必須與各種水情變化相適應，如中高水部分，漲水期、落水期、封凍期、流水期、河道分流、回水倒灌期等。在各級水位都必須分布測次，如測次分布不均或測次過少，則不能全面反映單沙與斷沙的關係。如據以推求斷面平均含沙量，可能造成較大的誤差。

在汛期，水情變化迅速、流量大、沙量變化也快。這時，水面寬，流速大，取沙困難，往往測一次輸沙率需時數小時，若相應時段內單位水樣取樣過少，或測次雖多但分布不均，則單沙與斷沙失去瞬時相應的意義，用來繪關係點，常顯得突出，只有在測輸沙率的時段內，等時距加密單位水樣測次的成果，整編時才能得出較好的單沙斷沙關係。

5. 儀器測具操作 即便以上各點都符合要求，在施測操作過程中仍有許多因素影響實測成果的精度，如測船搖擺，容易使採樣器脫離測綫測點的正确位置；大水時採樣器偏角大且在水內擺動，取樣位置不易固定；其次如傾倒水樣入盛水器時，不小心可能洒出筒外，也有可能部分泥沙仍留在採樣器內。此外如垂綫水深不准，用積深法取樣時，水樣在瓶內過滿，混合法取樣時，測點水樣比例不准等，都可能導致實測成果偏大或偏小。

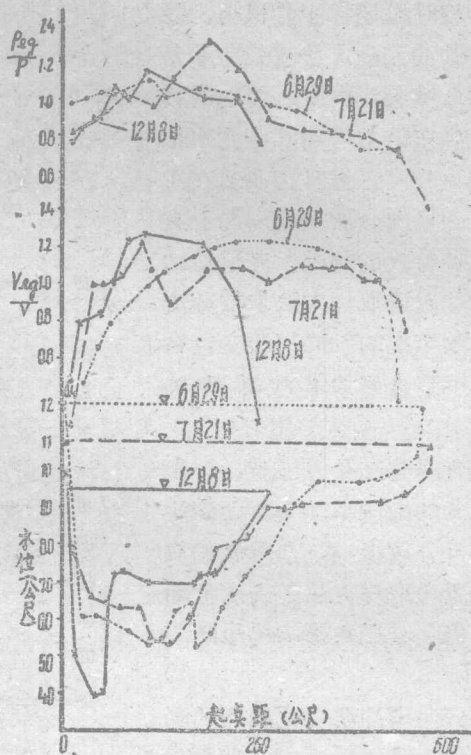


图2-9 1956年利津站流速比、含沙量比横向分布图

二、处理水样时的误差

水样处理分为烘干法和置换法两种，一般都用烘干法。置换法操作较简便，但少沙河流不适宜用。不论用烘干法或置换法在处理水样过程中都有可能从下述几方面使资料精确度减低，或造成大错。整编时应特别加以注意。

1. 水量容积的量度误差，不得大于千分之五。在量积时如未将容器中的水样全部倒入另一容器，则一般会使含沙量缩小。

2. 天平的灵敏度应与测站含沙量的大小相适应，使沙样称重误差不超过0.5~1.0%。如天平灵敏度不够，或使用普通市秤或戥子则称得的沙重常超过允许误差范围。这种误差的大小，随含沙量的大小而异，含沙量大者，绝对误差虽大，但相对误差仍在允许范围内，含沙量小者则误差常超出允许误差范围，甚至可达100%以上。在含沙量甚小的河流使用精确灵敏度不够的天平，常常会称不出沙重来。天平发生故障，失去原有的性能，仍继续使用所造成的误差更是很难估计的。

3. 用沉淀法浓缩水样时，吸取正在沉淀水样中清水的时间，应考虑使最小泥沙颗粒沉降所需的历时，这样才能保证浓缩过程不发生较大误差，但有的工作人员只凭肉眼看水的颜色进行吸水工作。以致吸出的水中还含有细粒泥沙，而使含沙量偏小。

4. 烘干法处理水样时，要求滤纸质地坚密，含可溶质与灰分少，否则滤纸易破或纸质疏松，则细沙容易漏过；可溶质与灰份过多，随水渗掉，重量损失很大，其结果都会使沙量偏小。

5. 使用过滤纸的重量应在烘箱内烘至恒重才能使用，如果滤纸本身还有一定的水量时就使用，则在烘干沙样的过程中这部分水量会失去，滤纸重量减轻，因而影响含沙量偏小。烘至恒重的滤纸和沙样，如干燥保护工作做得不好，由于吸收空气中的水分，沙量必然偏大。在空气温度大的情况下，如果称重工作进行得缓慢亦会使重量增大。

6. 用置换法时，泥沙重量未经测定，比重瓶容积有变动而未加检定，水样温度测得不准确等都会造成含沙量偏大或偏小。当含沙量甚小时，由于称重的精度不足以保证置换法所得沙重应有的精度时，往往会产生极大误差。

7. 在量积、沉淀、过滤、烘干、称重等沙样处理过程中，如因工作不细心，使水量泥沙量有所损失，实验室不清洁，有尘埃泥沙等落入沙样中都会使含沙量偏大或偏小。

8. 每个水样的容积应与测站含沙量的大小相适应，否则取得的沙量太小，称重困难，称重精度难于满足要求，造成不可避免的误差。

§7 悬移质泥沙资料整编步骤

悬移质泥沙资料的整理，应和流量资料一样，在各项主要沙峰出现后随时进行。只取单位水样含沙量的测站，亦应逐月整编测验成果。

悬移质泥沙资料的整编步骤按照“水文测站暂行规范”的规定如下：

1. 准备工作；
2. 校核和审查实测含沙量和输沙率的计算结果；