

同粒径的泥沙的浓度,在这三个阶段中的变化如图4所示。在图4(a)中,各种不同粒径的泥沙的输移率虽然不是一个不变的常数,但是它们都只是围绕着各自的平均值有所起伏,与上游来沙量的变化并不相应。在图4(b)中,粒径大于0.1公厘的泥沙的性能也还是如此,不过到了粒径小于0.06公厘以后的泥沙,情形就完全不同。它们的输移率纯粹因上游来沙量的改变而作相应的升降,尽管流量并没有不同。

早在1937年,就已经有人认识到河流中所带细粒泥沙的输移率和水流之间似乎并不存在着任何关系^[5]。这二十年内,也有不少学者对这一问题进行了研究,提供了一定的解释^[6,7,8]。不过,正由于粗细泥沙在外表表现上是如此地不同,给人以十分强烈的印象,以致于我们很容易只看到并强调它们之间不同的地方,而忽略了在本质上的一些相似之处。目前的一些解释认为,细粒泥沙自上游的来量不及河槽挟带这一部分泥沙的能力,因此它们根本不存在于河床之中,输移量也自然因上游来沙的多寡而作相应的改变。这样的说法乍看起来确乎可以完美地解释许多现象,可是如果我们深入地把这一问题再作进一步的研究,将会发现接受了这样一个解释,就等于承认粗细不同的泥沙运动时所遵循的规律在本质上有截然不同的地方。这

样的结论显然是比较难于接受的,因为控制泥沙运动的基本理论只能有一个。

本文的目的,就是要在作者在国外进行过研究^[6]的基础上,尝试对这一问题提出另一种看法。全文的结构将围绕着对下面几个问题的解答来进行:

1. 怎样来解释粗细泥沙在外表表现上所显示的不同?
2. 我们应该如何来理解所谓水流的“挟沙能力”?
3. 为了更好地决定细粒泥沙的输移率,应该朝哪个方向进行研究?
4. 把河流中挟带的泥沙按粗细不同分别看待,又有什么样的实际意义?

粗细泥沙在河流中所处相对位置的不同

河流的性能,从基本上来说,决定于流域中所产生的水量和泥沙量。除了少数犹在急剧改变中的河流以外,世界上大多数的河流,经过长期的堆积和侵蚀作用,大致已经取得了平衡,也就是说,它们能够放行来自上游的

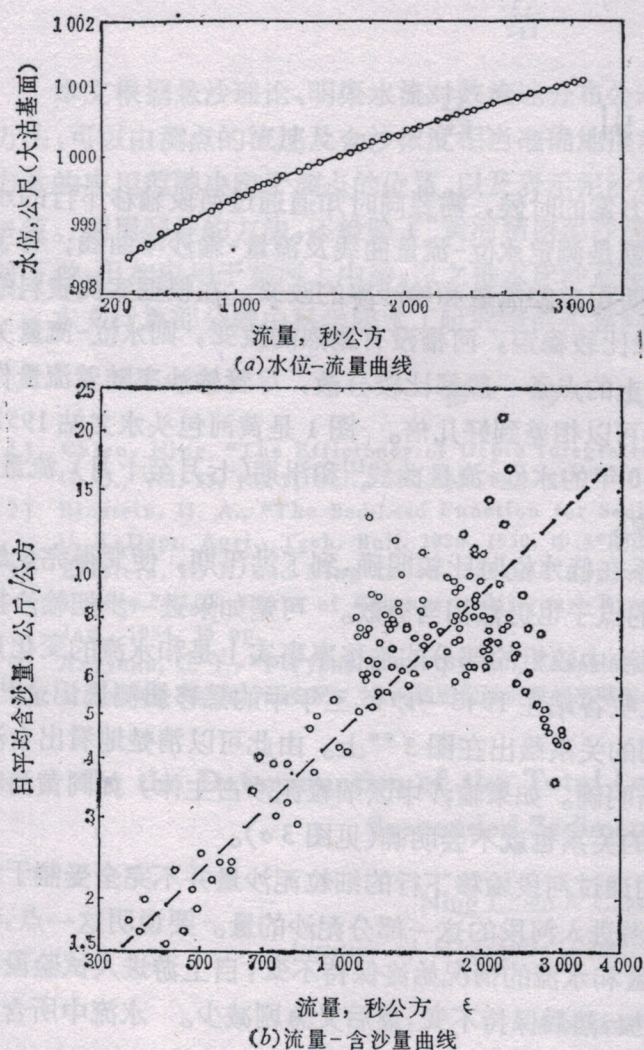


图1 1951年黄河干流包头站测流取沙记录

水量和泥沙量,在一个比较长的时间以内,河槽并无显著的改变。在另一方面,除了在上游

峡谷区有时基岩暴露以外,在绝大多数的河流中,组成河床的泥沙也就是河流挟带下行的泥沙。这一类的河流,我们称之为冲积河流。冲积河流河床中的泥沙,事实上正是过去来自上游不能为水流带走,而在当地堆积下来的泥沙。

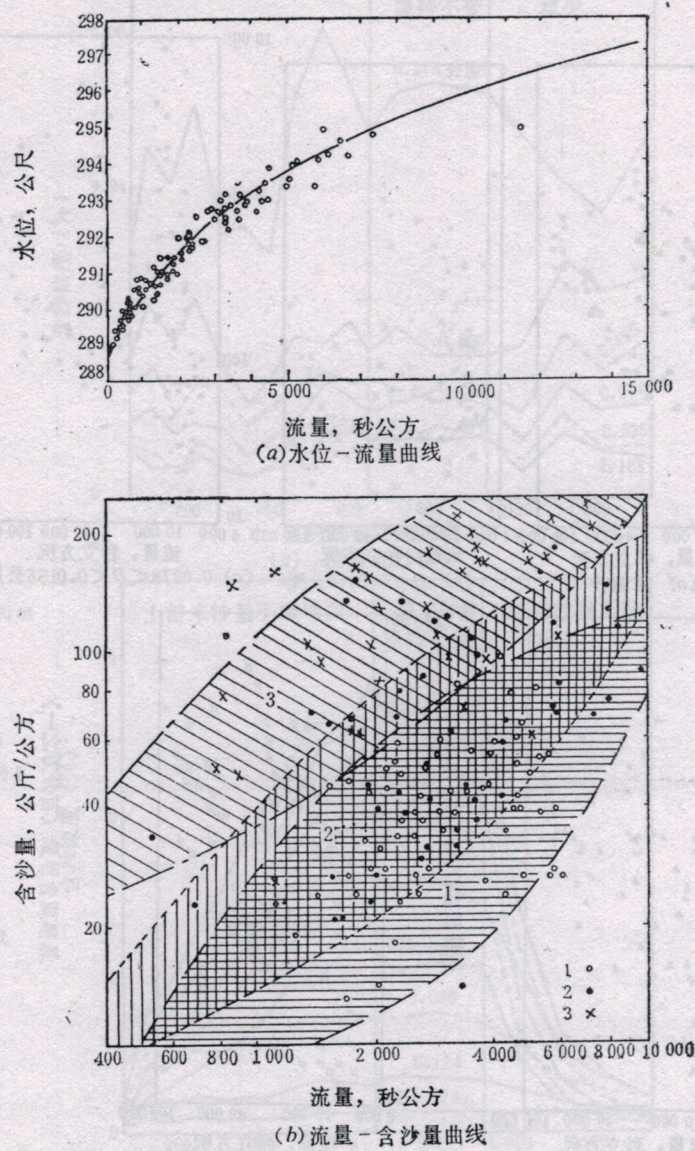


图2 1933—1940年黄河干流陕县站水位-流量曲线及汛期流量-含沙量关系变化范围

在河床淤积抬高的过程中,毫无疑问粗粒泥沙要率先沉淀下来,细粒泥沙则大部分都能输移通过,为输沙的主体。但是,这并不是说,河床中完全没有细粒泥沙的存在。事实上除了粗粒泥沙的空隙间可能填塞一部分细粒泥沙以外,细粒泥沙更特别集中在河床表面附近,使床面的泥沙比床内的泥沙组成要细。图5是前面所提到的那个试验中,在上游来沙不断增加,河床淤积抬高的阶段内,自床面以下各层床沙的粒配曲线。由此可见组成河床主体的泥沙以粗粒为主,各层相差不多,而表层的泥沙则比床内其他各层泥沙要细得多。同样的现象还在其他很多类似的试验中被发现^[9]。

在河床堆积的过程中,粗粒泥沙沉积床底,细粒泥沙停留床面,这一个现象的成因需要加以解释。我们知道冲积河流的床面并不是平整的,而是有一定的起伏,形成典型的沙垄,如图

6 所示。沙垄的剖面不是对称的,其迎水面(AC)坡度较平,背水面(CD)坡度较陡。水流在经过这样的河床时,并不完全与河底平行。近底的主流自 A 点循上坡以达垄峰 C , 然后发生分离,至 E 点再和河床相遇。在 CE 间形成一个迴转极缓的漩涡。

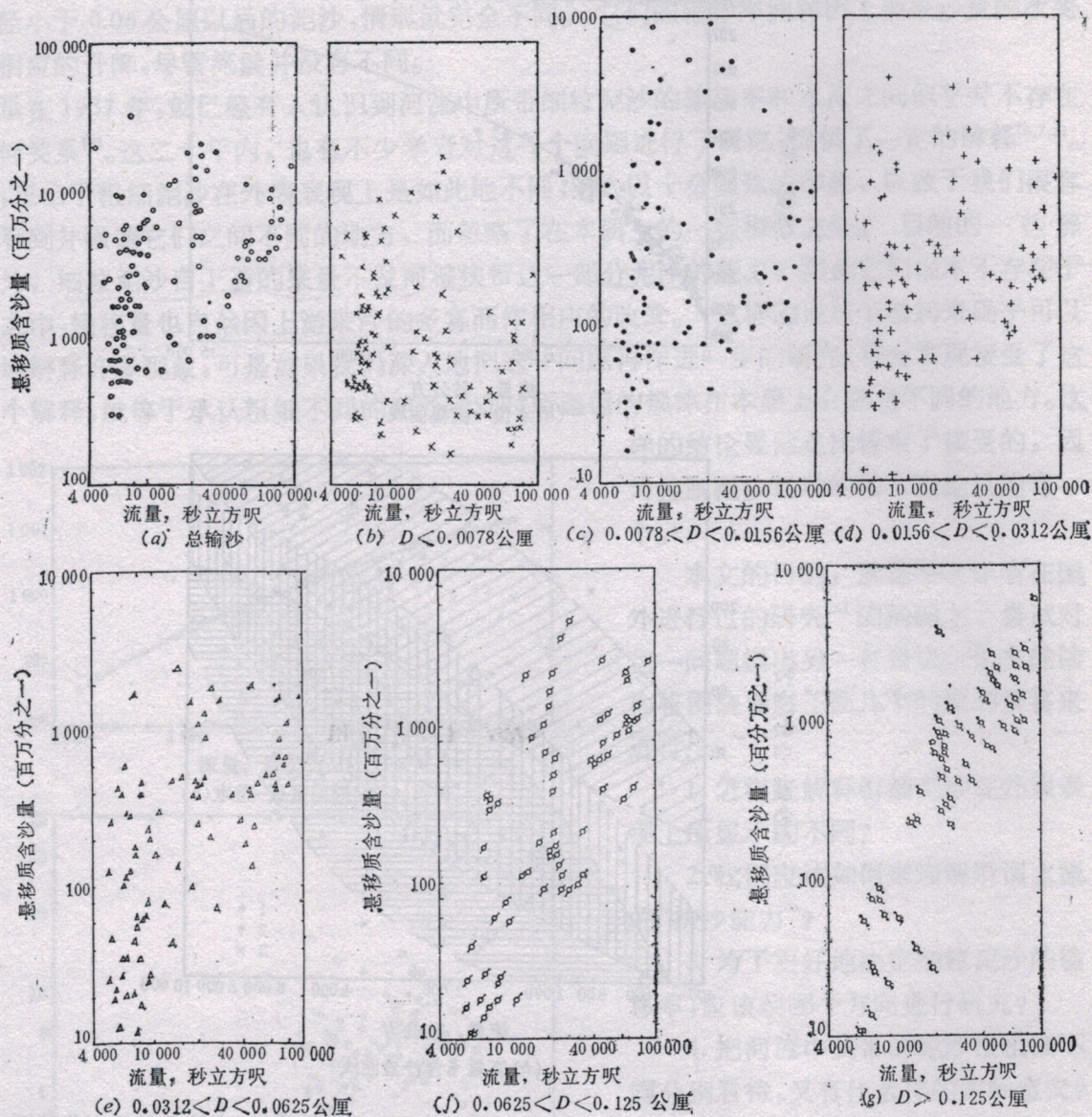


图3 美国柯罗拉多河大峡谷站 1943—1945 年中悬移质含沙量和流量间的关系

泥沙颗粒沿着迎水坡滚动上行,到了垄峰以后,落入背水面的涡流中,在那里沉积下来。这样,沙垄的迎水面上泥沙不断外移,背水面则因来沙的增加而前伸,结果整个沙垄就向前徐徐移动。在垄峰水流的分离面上,由于上下层水流流速的急剧改变,当地水流比较不稳定,产生了局部的紊动。由此而引起的向上紊速,足以使沿迎水坡面来到垄峰的细粒泥沙,在垄峰附近被举悬浮水中。这些细粒泥沙并不落入背水面的涡流区中就地堆积起来,而是被水流带到下一个沙垄。其中有一部分细粒泥沙在下一个沙垄和缓的坡面上沉降下来,当地的水流较深,流速较缓,然后循着迎水坡慢慢向前移动。只有在接近床底处运动的粗粒泥沙,到达垄峰以后,由于水流的向上的紊速不足以使之举离涡流区,结果或则为漩涡所攫取,或则沿坡面 CD 滑落下来,都沉积在垄谷中。随着沙垄的前移,这一部分粗粒泥沙便被沙垄掩埋起来,一直要等到沙