

黄河沿岸（沙坡头—河曲段）风成沙入黄沙量的探讨*

邸醒民 杨根生 刘阳宣

史培军

（中国科学院兰州沙漠研究所）（北京师范大学地理系）

黄河是我国第二大河。长期以来，因其含泥沙量较高给黄河水利及流域的开发利用带来了一系列问题。解放初，围绕黄河治理及流域的开发利用问题进行了大量的科学研究，尤其是流域内的水土流失、河水泥沙含量的观测等方面积累了一定资料，但是对流域内风沙区的风沙活动对黄河的影响方面所做工作甚少。因此，在这次开发黄土高原的研究中，将风沙活动对黄河的影响列入专题将是十分必要的。

风沙段西起卫宁平原的西端（沙坡头），东到晋陕峡谷的北端河曲县，全长约 1201.2 公里。工作方法是沿黄河两岸调查，重点地段采样分析，编制沿岸风沙地貌图，对沙丘、风沙流及坍塌进沙的严重段，进行了野外风沙入黄观测。在观测的基础上，运用数理统计方法对观测数据进行整理、计算，估计年入黄沙量为 53211365.3 立方米。但由于此项研究工作属第一次尝试，且涉及因素较为复杂，有关问题的探讨尚有待更深入地工作。

一、黄河沿岸一河曲段的自然环境特点

1. 降水

根据黄河风沙段沿河气象资料表明，年平均降水量在 135.5—415.2 毫米之间，降水自东向西逐渐减少。中卫—临河段年平均降水量在 200 毫米以下，临河—托克托年降水量逐渐增加；托克托向南抵河曲县，年降水量剧增，河曲县年降水量达 415.2 毫米。风沙段降水少，且变率大，平均年变率达 26%，年内分配也极为不均，主要集中在 7, 8, 9 月份，该期占年降水总量的 60% 以上，一般为 63.5—74.6%，并以 8 月份最多，且常以暴雨形式出现。

2. 大风及沙暴

风沙段路经三大风口，冬春季节当西伯利亚-蒙古高压向南移的冷重气流进入该区时，形成大风，特别是 3—5 月份，托克托—河曲县，大风可延长至 6 月底。3—5 月占年总日数的 44.6%。风沙段各占历年平均风速 2.7 米/秒，但有一定的地域差异：标准差 $S=0.27$ 米/秒， $s/m=10\%$ 。

3. 风、水作用交替，风沙地貌广泛分布

风沙段处在所谓黄河上游峡谷段（中卫—青铜峡）、平原段（青铜峡—河口镇），中游峡谷段（河口镇—河曲）总长 1200 公里，呈现一束一放的连续葫芦状地形。流经断陷盆地地区，形成洪积-冲积平原（如河套平原），平原上堆积的松散沉积物，又为沿河风沙区地貌的发育奠定了物质基础。加之沿河风大且频，风沙地貌广布，风积沙丘类型多样。

4. 地表以松散沉积物为主，且富含沙物质

干燥风化剥蚀以及风、水两者长期作用，形成了黄河风沙段面广量大的松散沉积物。黄河两岸平原，分布有丰富的河流冲积、河湖相沉积及洪积物，此外还有大量的风积沙。在一些干燥剥蚀山地丘陵、台地地区覆盖有薄层残、坡积物和零星叠加风积物。黄河流经晋陕峡谷之后，进入黄土丘陵区，沙黄土广泛堆积，且厚度大，并在黄土层中央有厚度不等的古风成沙，多出露在上述池区沟谷两侧谷坡地段。黄土含沙丰富，一般在 40—50% 以上。

所有上述特点，集中体现了生态系统结构的单一和脆弱性，易造成环境退化及退化程

* 参加本工作的还有甄计国、温向乐。

度的加剧。

二、黄河沙坡头—河曲沿岸沙地分布、形成及演变

1. 沙地分布

黄河从沙坡头—河曲段河道沿风沙区绕行,两岸分布有腾格里、河东、乌兰布和及库布齐沙漠。毛乌素沙地虽未濒临黄河,但其支流秃尾河、无定河及佳芦河等却流经毛乌素沙地,尔后汇入黄河。显而易见,黄河沿岸的流沙,将源源不断地输进黄河,淤积河道。

据调查,严重进沙段 151.4 公里,占该段河道总长的 12.6%,次严重段 112 公里,轻微进沙段 208.6 公里。为便于防治将严重进沙段概况分别叙述如下:

(1) 宁夏中卫县长流水沟口—沙坡头(黄河西岸)。该段黄河由腾格里沙漠南缘绕行,长 7 公里,沙丘高大且密集,沙丘覆盖在黄河阶地上。一级阶地高山水面 7 米,阶池面宽 150 米,上覆低矮沙丘。沙丘高 2—5 米,多为格状沙丘,丘间地狭窄,沙丘密度为 60%,沙丘已经伸进进黄河河道。二级阶地高出一级阶地 13 米,上覆沙丘高 8—20 米。三级阶地高出二级阶地 20 余米,上覆沙丘高 10—15 米。

(2) 中卫县小湾子树—沙坡头段(黄河东岸)。位于黄河东岸河漫滩阶地之上,长 6.5 公里,地表波状沙地及低矮沙丘。

(3) 宁夏陶乐县沙嘴子—南沙拐子段(黄河东岸)。黄河进入陶乐县之后,由河东沙地西侧通过。风沙线长 35 公里,沙丘覆盖在黄河东岸的河漫滩、阶地及侵蚀平台之上。沙丘形态为新月形沙丘链,呈流动状态,沙丘高 8—13 米。丘面低地狭窄,一般 5—6 米,流动沙丘已进入河道。

(4) 宁夏平乐县京星牧场及石嘴山白家庄段。位于黄河西岸,沙丘链覆盖在黄河漫滩之上,京星牧场段长 12 公里,白家庄段长 7 公里。沙丘形态为新月形沙丘及新月形沙丘链,沙丘高 4—6 米。;

(5) 内蒙古三道坎—三盛公大桥段(黄河东岸)。位于岗德格尔山西侧的洪积冲积倾斜平原及冲积平原之上,长 90 公里,沙砾地表,其上叠加半固定草丛沙堆,沙堆与沙堆之间覆盖片状流沙及沙砾地,沙堆高 0.5—1.0 米,倾斜平原的中上部覆盖有片状新月形沙丘,沙丘高 3—5 米。

(6) 内蒙古老磴口—阎王背及老磴口南段。黄河从乌达至磴口,沿乌兰布和沙漠东侧绕流,乌兰布和沙丘由西向东移动,直贯黄河,而且已有若干段沙丘已进入黄河 100 多米,老磴口—阎王背最为严重。沙丘覆盖在河漫滩及一级阶地之上,河漫滩高出水面 0.5—2.0 米,沙丘形态以新月形沙丘链为主,高 3—50 米,阎王背一带,沙丘高大且密集,一般高 10 米。一级阶地高出水面 6.0 米,上覆新月形沙丘链,高度 5—6 米。上述两段长 33 公里。

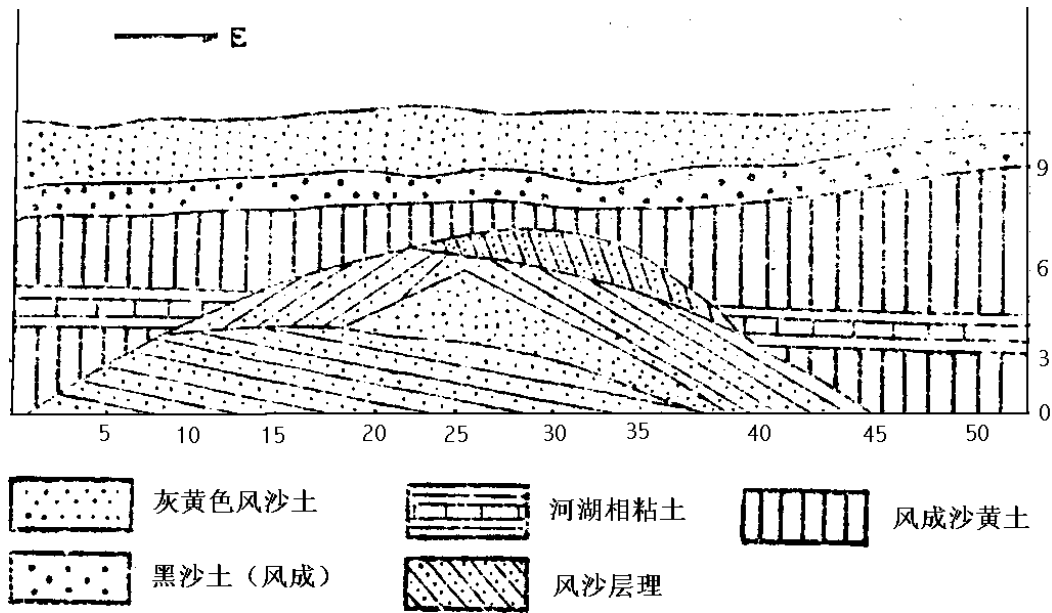
(7) 内蒙古准格尔旗黑格劳湾—前房子段(黄河西段)。黄河由西北向东南流进峡谷,峡谷两岸覆盖库布齐沙漠,长 20 公里,沙丘高 7—8 米,峡谷两侧坡陡高 50—80 米。因此,沙丘的前移及风沙流活动抵陡坡边缘,均沿陡坡滑下,并在坡脚形成风积扇裙。风积扇沙厚 0.8 米,直径 20 余米,扇弧长 22.5 米,扇缘前伸部分,受黄河流水侵蚀,形成阶梯状陡坎,坎高 2—3 米。

(8) 内蒙古前房子—河曲段。黄河流经晋陕峡谷,两岸沙黄土在风、水两相作用下,形成片状复沙,进入黄河,进沙段长 23 公里。

2. 沙池的形成演变

该区沙地是在干旱、多风、地面富含沙物质这一特定自然条件下的产物。至于人为因素,则是在人类历史时期,尤其近百年来,因土地利用方向不合理,过分增加土地负担,破坏植被,起了诱发和加剧风沙活动的作用。至于该区沙地的演变过程,据考证,拟分两个阶段。

(1) 地质时期沙地演变。虽然有报道在晚更新世之前该区就有风成沙(丘)的形成, 但我们的研究表明, 出露及分布最广的还是晚更新世晚期的风成沙(丘)。这时期的沙



(丘), 一是分节在河流阶地, 表明其物质来源就是下伏河流阶地的河流相松散沉积物; 一是夹在沙黄土中。说明在这一地质时期, 古风成沙与沙黄土是同期异相的产物。即在风力强劲时, 形化风成沙(丘), 当风力减弱时, 因仍处在寒冷干燥期则形成黄土堆积。如此交替, 必然导致如前所述的形成沙黄土与古风成沙互层的结构(图1)。

图1 内蒙古和林格尔宝县沟沙黄土的古沙丘

(2) 人类历史时期(全新世)风沙活动的演变过程。晚更新世晚期, 风沙活动过程达到了最强盛期, 尔后由于全球性的冰后转暖和最适宜期气候逐步波及, 风力减弱, 风沙活动过程衰退, 即由流动沙丘逐渐趋于自然的半固定和固定沙丘。发育了程度不等的近于同期的黑土和黑沙土层的沉积层。该区在沉积物的剖面中黑沙土的发育至少有3层(图2)。

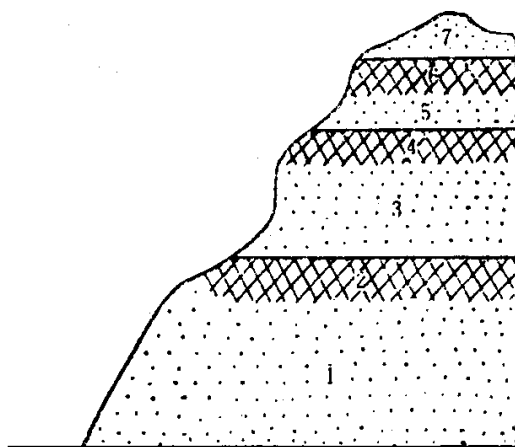


图2 内蒙古伊盟乌兰布隆第四纪剖面图

1 灰黄色 Q_4 第一期风成沙; 2 黑沙土; 3 棕黄色 Q_4 第二期风成沙; 4 黑沙土; 5 灰黄色现代风成沙; 6 70.5 厘米厚黑沙土; 7 现代风成沙

根据 ^{14}C 年代测定得知, 第一期为 $6060 \pm 160B.P.$, 第二期为 $3570 \pm 80B.P.$, 第三期为 $1265 \pm 100B.P.$ 。由此表明, 进入全新世以后, 至少有3期风沙活动加强期和3期风沙活动衰弱期。说明距今1万年到1000年黄河沙坡头—河曲段沿岸沙地曾经历过3次半干旱—湿润的交替过程。这种“脉动”现象迄今并未停止, 最上层黑沙土形成之后, 又被流动沙堆积而覆盖, 反映了半干旱的干草原景观再次出现。全新世人类历史时期风沙活动过程又表现出明显的时空尺度

更小的风沙过程。在时间尺度上, 距今几百年到几十年的波动过程。伊克昭盟的历史气候波动强度虽较前差, 但波动次数频繁, 由图3看出, 公元前1世纪, 公元后

2,5,11,17—19 世纪(清代)干旱比较突出。气候干旱必然伴随大风, 为风沙活动创造了充足动力条件(图4)。

三、黄河风沙沿岸风沙对黄河的危害特点及形式

风沙对黄河的危害内涵、危害特点及形式，就是风成沙入黄河的时空和形式。前者体现在时间性、方向性和区域性三个方面，后者是指风沙流、沙丘前移及河岸坍塌而进入黄河的泥沙方式。

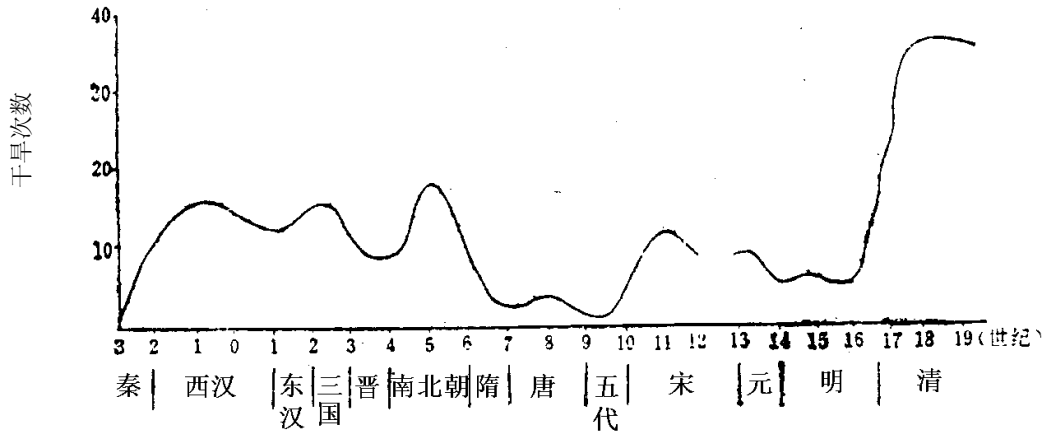


图3 内蒙古及邻近地区各世纪干旱次数统计曲线

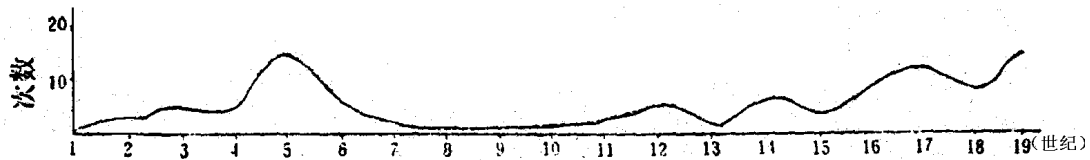


图4 内蒙古及邻近地区各世纪大风霾或特大风霾变化曲线

1. 风沙危害黄河的特点

(1) 时间性。黄河风沙段因处北温带内，每年春末夏初，冷暖气团频繁交替，起沙风或大风年年均有。但由于年际大气环流和温度差异，造成了起沙风或大风的出现时间、次数、持续时间长短、风速大小等方面的明显差异，主要表现在以下几点：①起沙风年际变化大。起沙风年际出现次数差异明显，多风年份可为少风年份的1.7倍，年偏差一般都在20以上，相对变率最大年份为30.7%。差异变化除气流活动的周期性特点外，还与该地旱湿年份密切相关。干旱年份，尤其大旱年份起沙风和大风都有明显增多。多雨年份，起沙风、大风和沙尘暴出现次数明显减少，如1967年磴口和准格尔旗年降水量分别为261.4和628.9毫米，比距平值多106和230.8毫米，当年起沙风出现次数少减25%，而且风力降低，8级以上大风未曾出现，②年内季节变化明显，风（包括起沙风、大风）和沙尘暴及扬沙日数，年内主要集中于春季，尤其在4、5月份风沙活动最为频繁。

(2) 方向性。风沙入黄的方向，主要来自偏西（包括西北、西北西、北北西、西南西、西南）方位。但是，由于风沙入黄地段所处位置、沙源、风向有异，其诸段受害风向也各不相同。宁夏中卫沙坡头段受害风向，一般都在7—9个方位，占全年起沙风总频率的48.1—64.6%。除个别地段以东北东频率较多外，其余绝大部分地段均以西北西或西北风为主，其频率分别为25.2%和12.8%。陶乐县境内以偏北风（包括北北西和北北东风）为主，3个方位频率为33.6%，其次是东北风，占16个方位15.4%，受害严重地段，可占全年起沙风总频率的72.6%，海勃湾至磴口县河段，则以西南风为主，频率占全年起沙风总次数的24.2%，其次是西北风占10.4%，左岸上风侧受害风向频率，一般都在65%以上，最多地段可达76.2%。河口镇至河曲段，却是西北风占绝对优势，西北3个方位（西北、西北西和北北西）的频率为62.7%，受害风向频率最大处可达81%，如头坪一高崖。

(3) 区域性。区域性指物质的区域性特点,黄河风沙地段地表物质以松散沉积物为主,且富含沙物质。与风沙入黄有关的地表物质可归为三类,即风成沙、沙质黄土及河湖相沉积。现代风成沙集中分布于宁夏中卫沙坡头、陶乐,内蒙古乌兰市和、库布齐及陕北毛乌素五大片,以裸露流动沙丘为主。冲积、湖积、冲-湖积和洪积物,分布面广,厚度大,主要由粉、细砂和粘土组成。沙黄土分布于河口镇以南山陕峡谷段。黄河河道淤沙大部是由风力直接搬入黄河,有些物质,则是经过两次搬运,输入黄河。

黄河风沙段沿岸地表物质差异明显。从中卫县长流水沟口一下河沿两岸、陶乐农场一白家庄右岸、海渤湾一磴口左岸,地表以流沙覆盖为主,沙丘密度大,植被盖度小,沙物质来源十分丰富。黑格劳湾一石流沙的右岸,多为沙黄土覆沙地,沙丘虽不如前述地段高大密集,但前移动速度较快,加上黄土含沙量大,及古风成沙的存在,沙源同样丰富。红水沟一河曲县城段,沙黄土层中虽含沙量较高,但地表覆沙少,沙物质来源相对少些。卫宁、银川和河套平原,尽管有深厚的泥沙沉积,但水分条件好,能提供入黄沙源数量不多。

2. 危害方式

风沙对黄河的危害,主要是风沙入黄填淤河道,其入黄的形式有三种,即风沙流活动,沙丘移动及坍塌入黄。

(1) 风沙流活动形式入黄。风沙流量是指含有沙粒而运动的气流,它的浓度大小,直接影响入黄沙量,风沙流浓度的大小以输沙率(量)来表示,即单位时间、单位面积气流搬运的沙量。它与风速的大小有关,风速大,持续时间长,风沙活动的强度就大,进入黄河的沙量也就愈多。

风沙活动强度,除与风速有关外,与地表物质粗细也有着密切关系。在相同风力的情况下,地表物质愈细,风沙流活动的强度愈大。

(2) 沙丘移动入黄形式。沙丘移动入黄则很重要的一个要素是沙丘移动速度,而沙丘移动速度又与沙丘形态、体积、高度等密切相关。由此可见,要想得知沙丘移动入黄沙量,则首先要得知,风沙流入黄段沙丘移动速度关系式。我们通过不同时期航空像片量测计算求得:

$$\left[\begin{array}{l} \text{沙坡头段: } D=3.6-0.129H \quad R=0.85 \\ \text{前房子段: } D=7.0-0.56H \quad R=0.98 \\ \text{阎王背段: } D=16.56-1.05H \quad R=0.95 \end{array} \right]$$

(3) 河岸坍塌。黄河进沙形式,以上述风沙活动入黄之外,洪水携带泥沙入黄河岸坍塌填淤也是黄河泥沙来源的一种形式。造成河岸坍塌的原因,既有水蚀,也有风、水两相共同作用引起。据 50 年代末与 70 年代末的航空像片分析表明,从宁夏陶乐县红墩子一月牙湖内蒙古磴口县金沙庙,黄河两岸有 50 公里出现不同程度的侵蚀坍塌。最为严重的是巴音木仁段。

四、黄河沿岸(沙坡头—河曲)入黄沙量估算

黄河沿岸不同类型沙地,在风力的作用下,每年进入黄河的风成沙了;秒年个量入黄沙量。前第三部分已述,风成沙入黄沙量有风沙流、沙丘移动及坍塌入黄三种形式。显而易见,入黄沙量的统计计算,也应包括这三部分,但由于黄河北长滩一河曲段沿岸沙丘入黄所处的条件关系,采用沙丘移动入黄沙量的计算,与风沙流形式入黄沙量计算相比,显得不太合理。其原因是:①沙坡头、陶乐、磴口段,沙丘移动已进入河道 100 余米。河岸沙丘移动,已受流水的制约,并非沙丘迎风坡吹扬,背风坡堆积,构成了沙丘有规律的前移,而是沙丘迎风坡吹扬沙子,直接落入黄河沙丘背风坡则不能堆积。可见,运用沙丘移动来计算入黄沙量,不太合理。③库布齐沙漠东端,沙丘覆盖在河岸阶地面上,阶地面距河面 50—60 余米,故沙丘移至阶地面边缘后,滑落在陡坎坡上,不直接入黄。陡坡上的堆沙,在风力、重力作用下,直接入黄。由此可见,此段采用沙丘移动计算入黄沙量,大

为不妥。③风沙流是风沙运动的基本形式，沙丘移动是风沙流动的函数，它是随着风沙流形式变化而变化。沙丘移动速度公式： $D=Q/rH$

式中 D 为沙丘单位时间前移距离； Q 为单位时间内通过宽度的全部沙量； H 为沙丘高度； r 为沙子容重。从公式看出，沙丘移动速度与风沙流沙量成正比。由此可见，运用风沙流的运动沙量，可说明沙丘移动沙量。

鉴于上述，黄河沿岸入黄沙量的计算，应主要考虑风沙流及坍塌入黄的沙量。年入黄沙量的获得，是通过黄河沿岸不同沙地的半定位观测，运用数理统计的方法计算求得。

1. 风沙流形式入黄沙流的计算

风沙流入黄沙量，即以风沙流活动每年进入黄河的流量。它与风沙流强度（ q ）、全年形成风沙流且对黄河有害的诸风向不同风速时数（ t ）、风沙流进河长度（ l ）等要素有关。

$$\text{以数学公式示之: } Q_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n q_i l_i t_i$$

(1) q 值得确定。 Q 值代表黄河沿岸不同类型沙地不同风速下的输沙量，即单位时间、单位面积通过的沙量[克/(平方厘米·分)]。 Q 值的取得，是通过实地观测、计算获得(表 1)。

表 1 黄河沿岸不同下垫面输沙量公式表

沙地类型	输沙量公式
沙坡头河岸流动沙丘	$Q=0.0516v^3$
磴口地区河岸流动沙丘	$Q=0.088v^3$
磴口地区河岸半固定草丛沙滩	$Q=0.0264v^3$
乌海地区河岸沙源地中沙片	$Q=0.0460v^3$
乌海地区河岸半裸露沙砾地	$Q=0.0140v^3$
库布齐东端河岸流动沙丘	$Q=0.0305v^3$
库布齐东端河岸半固定沙丘	$Q=0.0205v^3$
前房子—河曲段黄土覆沙	$Q=0.033v^3$

由表 1 计算，求得黄河沿岸不同沙地类型、不同风速下的不同沙量值，计算结果列成表 2, 3, 4。

表 2 黄河沿岸沙坡头段不同类型沙地不同风速下输沙量表

地 点 与 类型	风速 (米/秒)											
	6.7	8.1	9.4	10.8	12.2	13.6	14.9	16.3	17.7	19.0	20.4	21.8
	输沙量[克/ (平方厘米·分)]											
沙 坡 头 流沙地	15.52	27.42	42.86	65.09	93.70	129.8 0	170.6 9	223.4 7	286.1 3	353.9 2	438.0 7	534.5 9

(2) t 值的确定。年内不同风向，不同风速时数（ t ）值的确定示对黄河沿岸形成风沙流进河时各种风向下不同风速持续时数的确定。

风速时距，需根据观测输沙量的风速时距进行换算。观测输沙量时，采用 1 分钟平均风速，而自记同向风速是 10 分钟平均风速，经观测换算，二者的关系式是

$$Y=1.105+0.7X$$

式中 Y 为 10 分钟平均风速； X 为 1 分钟平均风速。

(3) 不同进沙段有害风向确定。由于进沙段所处的位置、沙源、风向三者关系，决定了有害与无害风沙流的活动方向，因此，计算入黄沙量时，首先要确定诸段的有害风沙活动方向。

(4) 进沙长度的确定。进沙长度，即风成沙入黄通过地段长度。此长度的确定，通过作图量算得知。

表 3 黄河沿岸乌海段不同类型沙地不同风速下输沙量表

地点与类型	风速 (米/秒)									
	4. 0	5. 3	6. 7	8. 1	9. 4	10. 8	12. 2	13. 6	14. 9	16. 3
	输沙量[克/(平方厘米·分)]									
乌海段流沙地	5. 03	13. 1	26. 47	46. 77	73. 09	110. 85	159. 79	221. 36	291. 10	381. 11
乌海段半固定灌丛沙堆	1. 69	3. 9	7. 94	14. 03	21. 93	33. 26	47. 94	66. 41	27. 33	114. 33
乌海段沙片	2. 94	6. 85	13. 84	24. 45	38. 21	57. 95	83. 53	115. 71	152. 17	199. 21
乌海段半固定沙丘	1. 31	3. 05	6. 17	10. 89	17. 03	25. 82	37. 22	51. 57	67. 81	38. 78
乌海段半裸露沙砾地	0. 896	2. 03	4. 01	7. 44	11. 63	17. 64	25. 42	36. 22	46. 31	60. 63
乌海段裸露沙砾地	2. 52	5. 85	11. 82	20. 89	32. 64	169. 50	71. 36	98. 80	130. 00	270. 20
地点与类型	风速 (米/秒)									
	17. 7	19. 0	20. 4	21. 8	23. 1	24. 5	25. 9	27. 3	28. 6	35. 1
	输沙量[克/(平方厘米·分)]									
乌海段流沙地	487. 98	603. 59	747. 09	911. 70	1084. 72	1204. 14	1528. 91	1790. 48	2058. 64	393. 02
乌海段半固定灌丛沙堆	146. 39	13. 08	244. 13	273. 51	325. 42	388. 24	458. 16	537. 75	617. 59	118. 11
乌海段沙片	255. 08	351. 51	390. 52	476. 57	567. 01	676. 48	799. 20	935. 94	1076. 11	206. 99
乌海段半固定沙丘	113. 68	140. 61	174. 04	212. 38	252. 68	301. 48	356. 17	417. 10	479. 57	617. 1
乌海段半裸露沙砾地	77. 63	96. 03	118. 85	145. 04	172. 57	205. 88	243. 14	284. 85	327. 11	626. 34
乌海段裸露沙砾地	217. 93	269. 56	333. 64	407. 20	484. 43	577. 95	682. 80	799. 61	919. 37	175. 20

表 4 黄河沿岸河口—河曲段不同风速下沙量表

地点与类型	风速(米/秒)												
	5.3	6.7	8.1	9.4	10.8	12.2	13.6	14.6	16.3	17.7	19.2	20.8	21.8
	输沙量[克/(平方厘米·分)]												
前房子流动沙丘	4.54	9.17	16.2	25.3 3	38.4 2	55.3 8	76.7 2	100. 39	132. 09	169. 13	209. 20	258. 93	315. 99
黑岱沟半固定沙丘	3.05	6.17	10.3 9	17.0 3	25.8 2	37.2 2	51.5 7	17.8 1	88.7 8	113. 68	140. 61	174. 04	212. 38
黄土覆沙	4.91	9.93	17.5 3	27.4	41.5 7	59.9 2	83.0 1	109. 16	142. 91	182. 99	226. 15	280. 16	341. 89

表 5 黄河北长滩—河曲段以风沙流形式进黄沙量统计表

不同进沙段	沙坡头段	陶乐段	海勃湾段	库布齐西端	临河—托克托段	黑坎劳湾至前房子段	前房子至河曲段	总计
上下风向年进河沙量(吨)	1150621.5	1544033.63	17795052.8	3612634.0	9784223.9	160848.2	368207.8	48311925.3

以上三个值确定之后, 结合风沙流在各段时黄河的进沙方向。可计算出每段风沙流的年进河沙量, 其计算结果于表 5。

2. 黄河沙坡头—河曲沿岸风成沙坍塌入黄量计算

风成沙坍塌入黄沙量的计算, 则是利用不同时期的航空像片对比、量测、计算获得。坍塌进河沙量, 与坍塌的宽度 (m)、高度 (H)、长度 (L) 有关, 可用下式表示:

$$Q_{\text{年}} = \sum_{i=1}^n m_i H_i L_i$$

式中: Q 为年坍塌进沙沙量 (立方米); m 为年坍塌宽度 (米); H 为坍塌的高度 (米); L

为坍塌的长度（米）。

由此可见，上式中的 m ， H ， L 值满足之后，方可计算出因坍塌进河的沙量。但由于黄河沿风沙区绕行，经由不同的地质、地貌、气候、土壤、植被、水文地段，故坍塌的宽、高各不一样，这就要求把黄河沿岸风成沙坍塌段，按照坍塌的宽度、高度划分归类分为若干小段，量测计算每个小段的年坍塌进河沙量，各小段坍塌沙量总和，乃是风成沙坍塌进河的年总沙量。对于公式中的三要素值的取得，其中各段长度值我们从图上直接量测； H 值实地量测与图上量测相结合； m 值的量测较为复杂，它是通过两个时期的航空像片对比，量测确定，即在像片上找固定不变位置（参照点），对比其河岸线的变化求得坍塌速度，而速度、高度与长度之积等于坍塌入河沙量，结果见表 6。

表 6 黄河沙坡头一河曲段坍塌风成沙入黄沙量统计表

地点	年坍塌速度（米/年）	坍塌厚度（米）	坍塌长度（米）	沙量（吨）
陶乐—红墩子	7.15	3.0	12000	411840
陶乐—月牙湖	20.1	2.5	13000	1045200
陶乐苦水井—红旗公社	20.7	6.5	10000	2152800
磴口段	16.12	1.0	50000	1289600
合计				4899440

综上所述，黄河沙坡头一河曲 1200 公里干流段，以风沙流和坍塌形式进河的总沙量约为 5321 万吨。

五、风沙入黄的防治

为了防止黄河沿岸风沙蔓延，减少风沙入黄，必须加速黄河沿岸风沙危害的防治，其做法应是：

（1）对潜在风沙危害地区的防护。黄河沿岸（北长滩—河曲段）潜在风沙危害地段较长，防止植被破坏，保护天然植被，则是重要措施。内蒙古前房子—山西河曲段，黄河沿岸地表物质主要为黄土，水土流失严重，目前应结合水土保持，把一些坡度较大的农田还林、还草、补植与封育结合，尤其是冲沟阴坡，原生长有林木，封育并辅以补植，效率将更加显著。尽快解决该地区“三料”的困难，促进生态平衡，同时要加强农田建设，调整农田坡度，减少水土流失。

（2）对轻度风沙危害的地区，应彻底扭转土地利用不合理的现状，对已出现的半固定沙丘、沙地、沙砾地等，在适当人工促进（加围栏封育及补植）之下，给以自然恢复。

（3）对中度风沙危害的地区，在牧区应结合草原建设，围建草库伦，建立人工植被，既发展生产，又可防治风沙土地。农区结合旱田建设，防治风沙土地的发展。建设包括旱作在内的基本农田，提高单产，退耕还牧。在旱地农田配置林带、草带，保护土壤，增加土地肥力。

（4）对临近黄河或流沙已进入黄河河道段，加快人工治理步伐，治理的原则是：因害设防，即根据风沙危害程度、危害方向，确定防护带宽度和防护体系结构。固沙带与阻沙带的结构、树种材料等设置，应结合自然地带，依据 400，300，250 毫米降雨量线，因地制宜地合理配置。年降水量 ≥ 400 毫米地区，固沙与阻沙带均采用生物措施防沙，生物措施采用乔灌结合，以灌为主，可不考虑机械防沙措施。300—400 毫米降雨量地区，固沙与阻沙带的设置，以生物措施为主，生物措施中以灌为主，或皆用灌草结合；但适当考虑临时性机械措施。250—300 毫米降雨量地区，固沙与阻沙带的设置，应是生物与机械措施结合，机械措施先行，而以生物措施为主，考虑耐旱树种的选择，生物措施则皆用灌草，可不考虑乔木树种。250 毫米以下地区，机械与生物措施并重，而且机械为先行固沙措施。

参考文献

[1]Case Studies on Desertification. Prepared by UNESCO / UNDP. 1982.

[2]朱震达、刘恕，中国北方地区沙漠化过程及其治理区划，中国林业出版社，1981 年。

- [3] (英) A·高迪著, 环境变迁, 海洋出版社, 1981 年。
- [4] 杨怀仁、谢志仁, 气候变化与海面升降过程和趋向, 地理学报, 1984 年第 1 期。
- [5] 郭绍礼, 西辽河流域沙漠化土地的形成和演变, 自然资源, 1980 年第 4 期。
- [6] 徐叔鹰、徐德馥、石生仁, 青海共和盆地的风沙堆积, 中国沙漠, 1982 年第 3 期。
- [7] 裘善文等, 中国东北晚冰期以来自然环境演变的初步探讨, 地理学报, 1981 年第 3 期。
- [8] 张德仁, 我国历史时期以来降尘的天气气候学初步分析, 中国科学, (B 辑), 1984 年第 3 期。
- [9] 杨根生等, 有关沙漠化几个问题的探讨, 干旱区研究, 1986 年第 4 期。