

黄河水系对流域碳分布的影响

徐嵩龄

(中国环境科学研究院, 北京, 100012)

方精云 刘国华

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

A

摘要 本文利用区段模型并以土壤流失资料和水文资料为基础, 计算黄河水系碳运输的诸特征量。结果表明: 黄河水系的碳运输主要表现为无机离子态碳和悬浮态碳, 它们的输运量主要受土壤流失量和径流量的影响, 并可表示为相关性较高的线性回归函数; 黄河流域各区段的碳的源汇功能状况取决于土壤流失与泥沙沉积的总效果, 具体讲, 河源至安宁渡段和河口至三门峡段为主要的碳输运之源, 其余则为主要的碳输运之汇。

关键词: 黄河水系, 碳输运, 区段模型, 碳的源汇, 土壤流失。

流域碳, 泥沙;

黄河在中国水系碳输运中占有重要的地位。本文将建立水系统碳输运对流域碳分布影响的计算方法, 讨论黄河水系的碳输运特征及其成因, 并且确认了它对各区段碳库的影响。

1 黄河水系碳输运的计算方法

1.1 概念性模型: 区段模型

水系碳输运的区段模型, 是把水系分为若干区段, 并相应地把流域分为若干子块, 从而分别研究在每个区段及其相应子流域中的碳输运行为。这一模型的概念构架, 可表为图1。

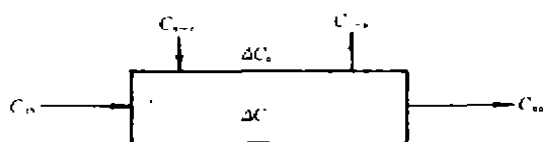


图1 黄河水系碳输运的区段模型

Fig. 1 A river-section model for CTOYRS

图中, C_{in} 表示来自上一区段河流的碳输入量, C_{out} 表示进入下一区段河流的碳输出量, C_{in-} 为该区段所属的子流域输入河流的碳量, C_{out-} 为该区段河流返回子流域的碳量, ΔC_s 为该区段河流碳库的变化量。在假设河流稳态的条件下, 区段河流碳库变化等

于碳在河床中的沉积量。 ΔC_s 为该区段子流域碳库的变化量。

根据碳的输入-输出平衡原理, 对于区段河流, 可建立平衡关系式(1)

$$C_{in} + C_{in-} = C_{out} + C_{out-} + \Delta C_s \quad (1)$$

对于区段子流域, 可建立平衡关系式(2)

$$C_{in-} = C_{out-} + \Delta C_r \quad (2)$$

由(1)式与(2)式, 可得关系式(3)

$$C_{in} - C_{out} = \Delta C_s + \Delta C_r \quad (3)$$

这样, 根据 ΔC_s 和 ΔC_r , 可以确定水系统的碳输运对该区段河流碳库和子流域碳库的影响。

1.2 水系统碳运输的计算方法

理论说明:①碳在河流中以 4 种形态存在,即气态(CO_2),无机离子态(CO_3^{2-} 和 HCO_3^-)、水溶有机态和悬浮态。②这四种形态的碳、有着不同的源-汇机制。气态碳主要来自径流对大气 CO_2 的卷吸和对土壤中 CO_2 的侵蚀;无机离子态和水溶有机态来自地下水和地表水中的可溶性碳化物部分;悬浮态碳则来自土壤和风化岩中碳化物的非溶部分。另外,人类废水对河流的水溶态碳和无机态碳也有相当影响。本文研究碳运输时,将对气态碳单独讨论,而把无机离子态、水溶有机碳和悬浮碳与土壤-泥沙问题联系起来作统一处理。③在河流中,无机离子态、水溶有机态与悬浮态碳之间会发生化学形态的相互转化。但它们遵守质量守恒定律,即总量(无机离子态碳+水溶有机态碳+悬浮态碳)保持不变。④黄河水系水生生物的生产力和生物量,不会直接影响水系的碳运输。它们对水系的碳化学成分的影响可以由水化学监测数据反映出来。由于黄河干流的水生生物的种类和数量极少^[1],所以,它们对干流水化学的影响可以忽略不计。⑤关于黄河干流水-气界面的 CO_2 交换。在稳态条件下,一个水生生物极少的淡水河流,可以视为处于非源非汇的中性平衡状况。在全球碳循环研究中,河流的水-气界面的 CO_2 交换基本上忽略不计^[12]。⑥本模型采用水系稳态假设。因此,本文采用的水文和水化学数据为多年统计平均值;河流碳库的变化 ΔC 仅表现为河床泥沙沉积的碳量变化 ΔC_s ;对于区段子流域的土壤流失状况和用水状况,可以用统计平均数据计算这些稳定的碳“源”或碳“汇”的通量。⑦在河流的 4 种形态碳的浓度数据中,气态、无机离子态和水溶有机态碳的数据是已知的实测量,而悬浮态碳则是未知的待计算量。计算悬浮态碳是本计算方法的核心和关键。

在已知黄河水系干流站的水文和部分水化学参数、子流域流失土壤的含碳率等情况下,一个区段的各形态碳运输的计算流程框图见图 2,其相应计算方法列于表 1。

2. 黄河水系和流域的区段划分和碳运输计算数据

2.1 黄河水系和流域的区段划分

黄河水系的碳,主要来自流域的土壤流失。它在水系中的运输,取决于流域土壤的流失状况、水系的泥沙沉积状况,以及流域的用水状况。为了刻画黄河水系碳运输时河流和流域碳库的影响,我们根据上述三项内容,把黄河水系和流域分为 9 个区段,即

- I、河源—唐乃亥段; II、唐乃亥—兰州段;
- III、兰州—安宁渡段; IV、安宁渡—河口段;
- V、河口—龙门段; VI、龙门—三门峡段;
- VII、三门峡—花园口段; VIII、花园口—络口段;
- IX、洛口—利津段。

当一些主要土壤流失区段内部有着多条不同输碳状况的支流时,为了更准确地表达区段的碳运输,将对该区段按不同类型支流作进一步划分。黄河水系和流域的区段划分见图 3。

上面 9 个区段大致分为 3 类:第一类为清流段,它包括第 I 段;第二类为土壤流失段,或者说其土壤流失量远超过泥沙沉积量,它包括第 II、III、V、VI 段;第三类为泥沙沉积段或者说其泥沙沉积量大于土壤流失量,它包括 IV、VII、VIII、IX 段。

表 1 区段模型的碳输运计算方法

Table 1 Contents of the algorithm

程序代号	计算内容 Items	数学表达式 Formula	附注 Notes
A	区段河流入口的干流站气态、无机离子态和水溶有机态的碳输入量。	气态 $C_{in}^1 = \rho^1 Q_{in}$	
		无机离子态 $C_{in}^2 = \rho^2 Q_{in}$	
		水溶有机态 $C_{in}^3 = \rho^3 Q_{in}$	
	区段河流出口干流站气态、无机离子态和水溶有机态的碳输出量。	气态 $C_{ou}^1 = \rho^1 Q_{ou}$ 无机离子态 $C_{ou}^2 = \rho^2 Q_{ou}$ 水溶有机态 $C_{ou}^3 = \rho^3 Q_{ou}$	
B	子流域土壤的碳流失量	$C_{s-r} = \rho_s \cdot S_{s-r}$	在未知净土壤流失量 S_{s-r} 的情况下, 它可借助河流中泥沙生成量 $\Delta S'$ 求得: $\Delta S' = S_{ou} - S_{in}$, $S'_{s-r} = \frac{\Delta S'}{1-\alpha}$ α 为土壤中可溶性物质比率, 本文认为 α 很小, 故令 $S'_{s-r} = \Delta S'$, 由此产生的误差, 将在后文讨论。
C	返回子流域土壤的碳量	气态 $C_{r-s}^1 = \frac{Q_{s-r}}{Q_{in}^1} \cdot C_{in}^1$	这里的 Q^* 、 C^{1*} 、 C^{2*} 和 C^{3*} 的处理, 类似面对 S^* 和 C^{4*} 的处理。
		无机离子态 $C_{r-s}^2 = \frac{Q_{s-r}}{Q_{in}^2} \cdot C_{in}^2$	
		水溶有机态 $C_{r-s}^3 = \frac{Q_{s-r}}{Q_{in}^3} \cdot C_{in}^3$	
	区段泥沙沉积的碳量	悬浮态 $C_{sd}^4 = \frac{Q_{sd}}{S^*} \cdot C^{4*}$ $\Delta C^4 = C_{sd}^4$	
D	区段河流出口干流站的悬浮碳输出量	$C_{ou}^4 = \sum_{i=1}^4 C_{in}^i \cdot C_{s-r}^i - C_{r-s}^4$ $C_{ou}^4 = \Delta C^4 + \sum_{i=1}^4 C_{in}^i$	
E	区段河流干流站的总碳通量	$C_i = \sum_{j=1}^4 C_i^j$	$i=1, 2, 3, 4$; j 为干流站。
F	河流段对子流域土壤碳库的影响	$\Delta C^1 = \left[\sum_{i=1}^4 C_{in}^i \right] - C_{ou}^1$	不包括河库碳沉积量。
	河流对区段土壤碳库的影响	$\Delta C^2 = \Delta C^1 + \Delta C^4$	包括河库碳沉积量

符号说明:

主符号

 C 碳量 ΔC 碳量变化量 S 泥水量、土壤流失量 Q 水量、流量 P 含碳率 ΔS 河流中泥沙生成量

上标

 i 碳的化学形态

1 气态碳

2 无机离子态碳

3 水溶有机态碳

4 悬浮态碳

* 计算中的过渡量

下标

in 入口干流站

ou 出口干流站

 r 河流(包括河床) s 子流域土壤(不包括河床) T 区段土壤(包括河床) $s-r$ 由子流域土壤输入河流 $r-s$ 由河流返回子流域

sd 泥沙沉积

Subscript

in: input

ou: output

rs: river section

s: soil of sub-basins

s-r: flux from sub basin to river

r-s: flux from river to sub basin

sd: silt sediment

i: river section or main

stream station

Momenclature:

Main symbols

 C : C-flux ΔC : change of C-storage S : eroded soil flux Q : runoff P : C-content of soil

Superscript

i: chemical state of carbon

1: gaseous carbon

2: dissolved inorganic carbon

3: dissolved organic carbon

4: suspended carbon

t: total

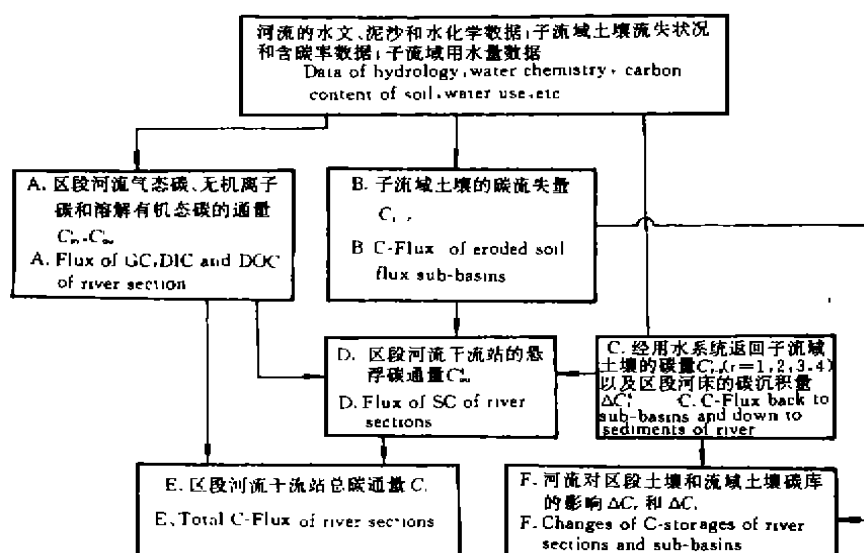


图 2 区段模型的碳输运计算流程框图

Fig. 2 Flow chart of the algorithm for computing the river section model

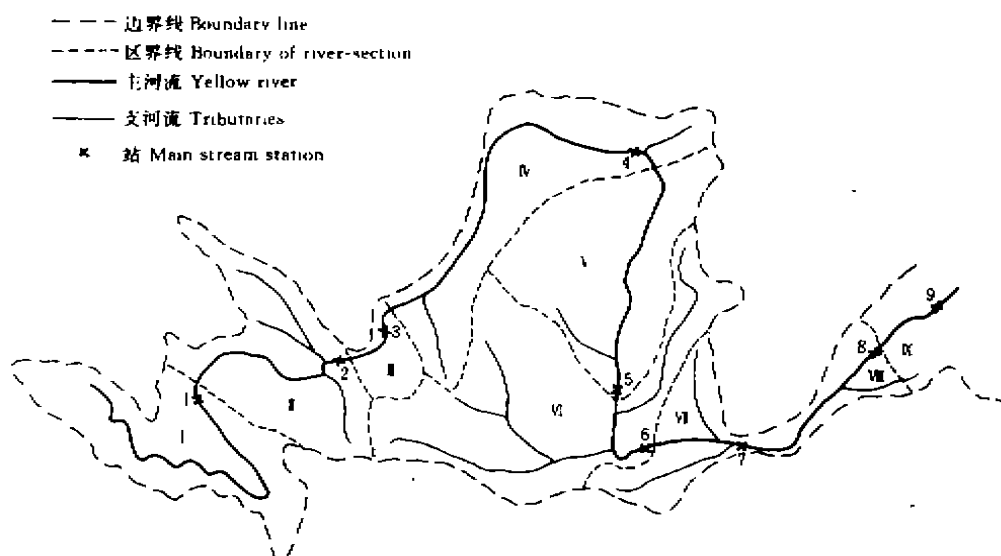


图 3 黄河水系和流域的区段划分

Fig. 3 Section-dividing of Yellow River system and its basin

I. 唐乃亥 I. 兰州 II. 安宁渡 IV. 河口 V. 龙门 VI. 三门峡 VII. 花园口 VIII. 洛口 IX. 利津

2.2 黄河水系碳输运计算的数据

计算所的各类数据, 列于表 2、表 3。

表 2 黄河水系各区段干流站的水文、泥沙和水化学数据

Table 2 Hydrological and water chemistrial data of minstream stations

区段干流站 Mainstream station	年径流量 Runoff Q 10 ⁹ m ³	年输入量 Silt transportation S 10 ⁴ t	碳的水化学数据 Data of water chemistry			
			气态碳 GC	DIC	DOC	总离子数 Total ions (g/m ³)
			ρ_1^1	ρ_1^2	ρ_1^3	
			(g/m ³)	(g/m ³)	(g/m ³)	
唐乃亥	200.0	0.11	12.0	293.3		668.0
兰州	337.7	1.14	0.68	200.0	1.8	346.2
安宁渡	324.7	2.04	6.1	198.3	5.45	378.8
河口	249.2	1.53	39.54	207.6	6.4	498.8
龙门	327.9	11.0	7.21	228.5	2.16	489.3
三门峡	416.6	13.2	4.0	209.3	2.52	457.6
花园口	484.3	13.0	19.35	198.9	4.98	464.7
洛口	482.8	11.3	9.16	175.0	7.9	387.2
利津	467.1	11.0	2.65	195.9	0.71	400.9

表 3 黄河水系各区段子流域的用水量^{*}和土壤含碳率

Table 3 Data of water use and carbon content of soil for sub-basins

区段子流域 Sub-basins	用水量 Water use	土壤含碳率 C-content of soil
	Q _{区-下}	ρ_s
	10 ⁸ m ³	(%)
河源—唐乃亥		4.08
唐乃亥—兰州		2.99
兰州—安宁渡	13.0	2.67
安宁渡—河口		1.94
河口—龙门		1.84
龙门—三门峡	18.07	2.37(渭泾河流域) 3.21(汾河流域)
三门峡—花园口		2.43(伊洛河流域) 3.21(沁河流域)
花园口—洛口	17.2	2.43
洛口—利津	15.7	2.43

* 这里指黄河干流区段的用水量,表中未标明数值者,意味着年径流量中已将此值去除。

* Items without a figure of water use imply that its value is not so big and corresponding runoff here has be deducted by the value.

$$\text{即 } P_i = \frac{\sum A_i P_i}{\sum A_i} \quad (4)$$

式中 P_i 为区段子流域流失土壤的平均含碳率, A_i 为 i 型土壤的面积(不包括灌溉形成的土壤), P_i 为 i 型土壤的含碳率。

①为了计算各干流站悬浮态碳输运量,本文对第 I 区段唐乃亥站悬浮态碳输运量值选为 $3.0 \times 10^3 \text{t}$ (第 I 区段土壤的碳流失量约为 $4.5 \times 10^5 \text{t}$)。这一估计误差的影响将在本文第五部

数据的选用作如下说明:

①表 2 中的水文和水化学数据为经过处理的统计平均值^[3-6]。

②表 2 的 BOD 数值用来计算河流中可溶性有机碳含量。BOD 与可溶性有机碳之间的转换系数选为 2.0

③表 3 中各区域子流域流失土壤的含碳率是以如下方式确定的:

i) 各类型土壤的含碳率可以采用土壤“总碳”的数值。总碳为土壤有机碳与无机碳之和,它们可以通过下述方法求得:①有机碳可根据土壤有机质含量求得(它与有机碳的转换系数为 0.8),也可根据土壤的全氮和 C/N 值求得,②无机碳,可根据土壤中碳酸盐量(如 CaCO_3 , MgCO_3)求得(它们与无机碳的转换系数为 0.12 和 0.14)。

ii) 区段子流域流失土壤的平均含碳率,是根据子流域中各类型土壤的面积及其含碳率,进行加权平均计算得到的。

分加以讨论。

⑤为了便于比较并说明各形态碳运输的总效果,本文对 CO_2 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 和 BOD 分别以 0.27、0.20、0.197 和 0.5^[9] 的比率转化为净碳量。

3 结果和误差分析

3.1 结果

黄河水系碳运输对区段河流和子流域碳库的影响,示于表 4 和表 5。

表 4 黄河水系各区段干流站的碳运输通量(10^3t/a)
Table 4 Carbon flux of mainstream stations of Yellow river

干流站 Mainstream station	GC 气态 (C_g)	DIC 无机离子态 (C_i)	DOC 溶解型有机态 (C_d)	SC 悬浮态碳 (C_s)	Total 总量 (C_t)
唐乃亥	4.10	11.56	0	3.0	18.66
兰州	0.06	13.305	0.30	31.75	45.42
安宁渡	0.54	12.686	0.88	55.67	69.78
河口	2.69	10.2	0.80	42.43	55.12
龙门	0.65	14.77	0.35	212.56	228.33
三门峡	0.45	17.20	0.52	271.92	290.09
花园口	2.56	18.99	1.21	267.39	290.15
洛口	1.21	16.64	1.91	233.48	253.24
利津	0.27	18.03	0.07	227.13	245.50

表 5 黄河水系各区段子流域的碳通量(10^3t/a)
Table 5 Carbon flux between sub-basins and Yellow River

区段子流域 Sub-basin	土壤流失碳量 C-flux of soil eroded from sub-basin (C_{er})	河流返回土壤碳量 C-flux back to sub- basins (C_{br})	河床的碳沉积量 C-flux down to sedi- ment of river (ΔC_d)	河流对区段土壤库的影响 Change of C-storage of river sedion ($\Delta\text{C}_T = \text{C}_{\text{er}} - \text{C}_{\text{br}} - \Delta\text{C}_d$)
河源—唐乃亥*	4.49			-4.49
唐乃亥—兰州	30.80			-30.80
兰州—安宁渡	25.63	1.75		-23.88
安宁渡—河口**		9.66	6.15	+15.84
河口—龙门	174.25			-174.25
龙门—三门峡	113.89	14.31	37.62	-61.96
三门峡—花园口*	9.06		11.12	+2.06
花园口—洛口	0.55	10.22	25.88	+35.55
洛口—利津*		0.60	6.20	+6.80

* 此为土壤流失为主的区段,其河床的碳沉积量及河流返回土壤的碳量或是很小,或是折合到土壤流失量中。

** 此为泥沙沉积量为主的区段,其土壤流失量已折合到河床碳沉积量和河流返回土壤的碳量之中。

* Sections mainly affected by erosion. Its C-flux back to the sub-basin and/or down to sediment are rather small and has been considered in computing C-flux of erosion.

** Sections mainly affected by sediment. Its C-flux of erosion has been considered in computing C-flux down to sediment and back to sub-basin.

3.2 误差分析

计算误差有 3 类:①区段的 C^1 和 C^2 的计算误差,由于它们直接依据水文资料,所以误差亦属实测数据的统计误差;②区段 C^3 的误差,它不仅有 BOD 的实测统计误差,还有选用的 BOD/C 的转换系数(它不是实测结果)引起的误差,但鉴于 C^3 在碳输运总量中所占份额很少($<1\%$),故影响可以不计;③区段 C^4 的计算误差,这是本文最重要的误差,下面将逐一讨论 4 种因素对 C^4 计算的影响。

3.2.1 流失土壤中可溶性物质的比率(α) 本文中设(α)=0,其主要理由是,河水在黄河水系的首区段经历了一个由天然水转化为地表水的过程,在这一过程中,土壤可溶性物质较多地溶入水中,以致在以后诸区段中,虽有流失土壤的加入,但水中可溶性物质浓度变化不大。实际情况也证明这一点, α 值可以用(区段河流总离子量的增量)与(区段河流泥沙量的增量)之比近似确定(α 应不超过此值)。这样,各主要土壤流失区段的 α 值为: $\alpha_1=0.0067$, $\alpha_2=0.0023$, $\alpha_3=0.0065$,它们均小于 1% 。所以,可以认为,本文计算将导致对流失土壤的低估,但相对误差不超过 1% 。

3.2.2 流失土壤的含碳率(P_s) 本文未能考虑土壤中可溶性碳对 P_s 的影响。一般来说,由于土壤中可溶性碳会优先进入水体,故可能导致流失土壤的含碳率高于未流失土壤和对 P_s 的低估。如果以稳态的水土流失考虑,可溶性碳对 P_s 的影响将不大。

3.2.3 起始干流站(唐乃亥站)悬浮态碳输运量的影响 这是一个指定值。从理论上讲,它的真实值应小于该区段流失土壤的含碳量($4.5 \times 10^4 \text{ t/a}$)。我们可以据此估计这一指定值的误差对以后各区段悬浮态碳输运计算的影响。由于唐乃亥站悬浮态碳在总碳输运中的份额不超过 0.191,在第 II、IV 区段不超过 0.119,在第 V 区段不超过 0.0263,在第 VI 区段不超过 0.00174,在第 VII、VIII 和 IX 区段不超过 0.017。这样,完全有把握认为,唐乃亥站指定值的误差对本文计算的各干流站的悬浮态碳输出量的影响(即相对误差),同样小于以上各值。

3.2.4 用于计算沉淀碳量和返回子流域碳量的 S^* , C^* 和 Q^* 本文对这 3 个参量的计算采用了两种方法(见表 1 中 B 栏和 C 栏的附注)。它们的真实值应当介于(入口干流站)值—(土壤流失)值与入口站值之间。本文的计算,可能导致对泥沙沉积碳量和返回子流域土壤碳量的稍微高估,但这种高估的误差不超过 5% 。

4 讨论

4.1 在黄河水系的碳输运中,不同形态的碳表现出不同的输运特征。它们的输运量愈到后来愈明显地表现出不同的量阶:气态(CO_2)和水溶有机态(BOD)为 $10^4 \sim 10^5 \text{ t/a}$,无机离子态(CO_3^{2-} 和 HCO_3^-)为 10^7 t/a ,悬浮态为 10^7 t/a 。在黄河终端前一站(洛口),各形态碳输运量排序及所占比例为:悬浮态(91.99%) $>$ 无机离子态(7.5%) $>$ 水溶有机态(0.75%) $>$ 气态(0.49%)。这比长江水系的碳输运^[7]形成明显对照。它表明黄河水系的碳输运量主要是悬浮碳的输运决定的。这也意味着,利用悬浮态碳和无机离子态碳这两个参量,就可以基本表示黄河水系的碳输运特征。

4.2 黄河水系的无机离子态碳的输运量,明显地表现出与土壤流失状况和产流状况的相关性。各站无机离子态碳输运量(C_2)与该站泥沙量(S)和流量(Q)的关系,可以表为如下线性函数:

$$C_2 = 0.2204S + 0.2297Q + 4.7012 \quad (5)$$

该函数的相关性为 $R=0.9589$

此外,各站悬浮碳输运量(C^s)与该站输沙量(S)的关系亦可表示为线性回归方程(6)式

$$C^s = 1.9365S + 1.2180 \quad (6)$$

该函数相关性为 $R=0.9985$ 。

式(5)和(6)意味着本文关于黄河水系各站的两个最主要碳输运参量,无机离子态和悬浮态,可以由式(5)和(6)并根据常规水文监测数据计算求得。

4.3 黄河流域土壤流失总碳量为 $368.74 \times 10^5 \text{ t/a}$ 。其中的 33.50%,即 $123.51 \times 10^5 \text{ t/a}$,用于水系子流域碳库之间的调节。具体地说,黄河水系的第 I、II、III、V、VI 区段的子流域为碳输出之“源”它们的净碳输出量($\times 10^5 \text{ t/a}$)分别为 14.56, 30.80, 23.88, 174.25 和 61.96;水系的第 VII、VIII 和 IX 区段为碳输入之“汇”,它们的净碳输入量($\times 10^5 \text{ t/a}$)分别为 15.81, 2.06, 35.55 和 6.80。黄河水系的流域的这一碳源和碳汇的空间分布模式与它的土壤流失和泥沙沉淀模式是一致的。黄河入海的碳输出量(非 CO_2 态) $245.23 \times 10^5 \text{ t/a}$,占土壤流失碳总量的 66.50%,从而成为黄河入海口近岸海域的主要碳源。

致谢:中国科学院地理研究所王明远先生在整个论文准备阶段给予了资料支持,颜昌宙先生和刘昕女士进行了文字处理工作,特此致谢!

参 考 文 献

- 1 中国科学院动物所鱼类组与无脊椎动物组,黄河渔业生物学基础初步调查报告,北京:科学出版社,1959
- 2 Trabalka J R *et al.* Atmospheric Carbon Dioxide and the Global Carbon Cycle, Chap. 2, 5, 7, and 8, Department of Energy, USA, Washington D. C., 1985
- 3 水利电力部,中国水资源评价,北京,水利电力出版社,1987
- 4 水利电力部水文司,水文年鉴(黄河卷),1958--1983,北京,水利电力出版社
- 5 水利电力部水文司,中国水文特征值,北京,水利电力出版社,1980
- 6 侯素珍等,黄河上游来水来沙特征及宁蒙河道冲淤情况的初步分析,黄河流域环境演变与水沙运行规律研究文集(一),左大康主编,北京:地质出版社,1991。
- 7 熊毅,李庆远主编,《中国土壤》,北京,科学出版社,1990
- 8 刘东生等,黄河中游黄土,北京,科学出版社,1964
- 9 王明远等,长江碳、氮、磷、硫输送量研究,化学元素的水环境背景值研究,章申等主编,北京:测绘出版社,1990, 121-131。

THE INFLUENCE OF YELLOW RIVER SYSTEM ON THE CARBON DISTRIBUTION OF THE RIVER BASIN

Xu Songling

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing)

Fang Jingyun Liu Guohua

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica Beijing, 100085)

This paper analyses the characteristic values of carbon transfer in Yellow River, based on a river-section model and relevant hydrologic, soil erosion, Hydro-Cmical data. The results show that: the suspended carbon and inorganic-ionic carbon are main components of the C-transfer, and its value depend on erosion and runoff status and can be shown as regressive functions of high interrelationship. A source-or-sink function of sub-basin depends on the net effect of relevant erosion and sediment. In detail, the sources of the C-transfer are from the River head to Anningdu and from Hekou to Sanmenxia and the sinks are from Anningdu to Hekou and from Sanmenxia to Lijing. The paper also presents a comparison between two sorts of C-transfer respectively by the River and by the vegetations of the River basin. The results show that: sub-basin III (from Lanzhou to Anningdu), V (from Hekou to Longmen) contribute as net sources of carbon biogeochemical cycling, the sink functions are weakened and the source functions strengthened both on sub-basins I (from the river fountainhead to Tangnaihui), II (from Tangnaihui to Lanzhou), and VI (from Longmen to Sanmenxia), and the sink functions are strengthened and the source functions weakened both on sub-basins IV (from Anningdu to Hekou), VII (from Sanmenxia to Huayuankou), VIII (from Huayuankou to Laokou), and IX (from Laokou to Lijing).

Key words: Yellow River system, carbon transfer, river-section model, source-or-sink function.