

水土保持措施对黄河中游液体和固体逕流影响的計标方法

Г. Б. 納扎罗夫

中华人民共和国在1934年就提出了治理黄河的任务，並因此而制定了黄河流域规划，三门峡水利枢纽工程便是这个规划中的巨大工程之一。它除能发电外，對於保護黄河下游不致受到严重的水災也將有决定性的意义。这座水库庫容為63立方公里，將能保證洪水的調節。大量含沙是黄河的特点，以含沙量来说，黄河居於世界各大河流的第一位，每年於三门峡断面上懸移負泥沙逕流平均為1360百万噸(平均含沙量為32.2公斤/公方)在这样条件下，现在正在修建的三门峡水库將在不長的时间内淤滿，从而大大地降低其調節作用。因此防止黄河流域的水土流失是最重要的任务。為了解决这一任务，而制定了在黄河流域大部份的地区上开展綜合水土保持措施的工作。

綜合水土保持措施实施以后，就能大大地減少侵蝕，从而延長三门峡水库的寿命，因此能得到在綜合水土保持措施实现后，黄河逕流变化的数字就有很大的意义。正确估計黄河逕流的变化对于制定利用黄河水利资源的正确规划是很重要的。

黄河流域綜合水土保持措施实施以后，固体逕流就將減少在水份缺乏的黄土区固体逕流的減少，將能帮助解决提高农业生产力的重大任务。因此能正确估計黄河逕流在今后的变化就有着很大的现实意义。由於对逕流在人类活动影响下的变化研究得很少，所以正确的估計黄河逕流的变化还是一个複杂的任务。

现在只有三本作品进行了在綜合水土保持措施影响下，黄河逕流变化的計标，这些作品是李沃维奇教授、波奇可夫教授和黄河水利委员会的水利研究所工程師们所编制的。在这些作品中对各种措施所減少地表逕流的意义，評價不一，其原因是由於作者

所引用的实验资料不一样，另一方面在计算时所采用的黄河流域水土保持措施的控制数字也不一样。

现在由于大跃进运动的开展，水土保持措施的计划从新修订；实现水土保持措施的期限大大缩短。因此提出了从新计算在水土保持措施影响下径流变化的任务。此外现在我们准备用黄河流域更详细的地貌和其他自然方面的资料，以便使我可能划分出更有根据和更正确的代表区。今后我们将利用更详细和更精确的方法来进行水土保持对地表径流效益的计算。

I. 自然分区

黄河中游(黄土区)径流和固体径流变化计算的第一阶段工作是划分形成径流各种条件的代表区。代表区是以中国科学院黄河中游水土保持综合考察队在罗来典先生领导下所编制的地貌图为基础而划分的。同时也参照了年径流深等值线图，并计算了土壤的冲刷，结果按地貌特征划分的某些大的自然区因水文特征而分成几个小的代表区，有一些按地貌特征划分的自然区，又因为其形成径流和土壤冲刷的自然条件相近，故又把它们合併为一个区。在划分代表区的同时，我们通过地貌径流和冲刷，间接地也注意了土壤、植被、地质和气候的条件。

这样划出下列各区及其简短自然特征如表 I 所示：

编号	区域名称	省份	面积 KM ²	自然特征简述	平均 降雨量 mm	径流形成情况	土壤侵蚀状况	备注
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	定西兰州黄土丘陵区	甘肃	38,920	地区干旱,人口少,耕垦指数较低,地形割裂为梁和峁	400	夏季多暴雨,河水暴涨暴落。	侵蚀(沟蚀、沟蚀)较严重。	
2	陇北丘陵区	"	11,820	在河流两岸为平川区(或窄带状),大部分地区为黄土丘陵和裸露石质的丘陵山地,干旱,人口少,耕垦指数低	300	干旱,雨量少,因而河流水量亦小。	坡地多,未耕垦,牧地差,地有相当比重,侵蚀较弱	
3	环县丘陵地	"	25,820	荒地多,地比坡度较缓,干旱,少雨。	300	干旱,少雨,河流水量小。	耕垦指数很低(南部较高),土壤侵蚀(1)(2)弱	
4	陇东黄土高原区	"	10,380	原区约占45%坡度很缓,沟谷下切深达200m左右。	500	夏季暴雨,原区陡流,多为土壤接收,洪水主要来流为沟谷部分。	原区侵蚀微弱,沟谷出口处流和塌方严重。	
5	陇东残丘区	"	4,660	割裂为破碎的丘区,大部分为沟谷面积	500	原区上有相当部分径流流失	土壤侵蚀较(4)严重。	
6	黄土丘陵林区	"	4,640	林地比重较大,植被程度高。	450	林地透水性强,地下径流约占50%	土壤侵蚀较轻微。	
7	六盘山地区	"	12,080	地区全部或大部分岩石裸露	500	风化岩石地区透水性较强,地下径流约占年径流60%。	石洪较严重,但对河流含水量影响不大。土壤侵蚀较轻微。	
8	洮河上游山区	"	8,670	为石质山地林区	550	林地接收水分能力强,河流水情变化较缓,地下径流约占60%	林地植被好,土壤侵蚀轻微。	
9	黄河两岸地区	"	16,890	在河流两岸,为平川区,此外多为石质山区。	250	干旱,雨量少,河流水量小。	土壤侵蚀轻微。	
10	陕北无定河黄土丘陵区	陕西	89,820	坡陡,植被差,耕垦指数很高,地形破碎最严重,成梁状的峁地形	400	夏季多暴雨,土壤 ^{水份} 接收能力低,沟道洪水暴涨暴落。	土壤流失非常严重,每年流失8000吨/KM ² 以上。	

编号	区域名称	省份	面积 KM ²	自然特征简述	平均 降雨量 (mm)	逕流形成情况	土壤侵蚀状况	备注
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	陕北延安黄土丘陵区	陕西	13,190	地形荒梁和峁,西部为阶状的梁地形	420	夏季多暴雨,土壤接收水分能力低,沟道洪水暴涨暴落。	土壤侵蚀较前(无定河地区)区弱,每年流失土地在6000吨/KM ² 以上。	
12	陕北洛川塬区	"	12,870	塬区破碎程度较陇东塬区严重。	450	塬面坡度小,土壤接收水分能力强,逕流主要来源于沟谷部分。	塬面侵蚀微弱,土壤流失主要为沟谷中的坡面泥流和塌方。	
13	渭北丘陵区	"	6,260	地形为"阶状的梁"地形,坡面多为台地或梯田	550	坡度较缓,土壤接收水分能力较强。	区蚀、沟蚀均较严重。	
14	黄土丘陵林区	"	5,400	为黄土丘陵林区。	450	地面透水性较强	土壤侵蚀轻微。	
15	黄龙山石质山林区	"	1,860	石质山林区	480	地面透水性较强	石漠严重,但对河流含泥量影响不大。	
16	六盘山地区	"	11,210		600			同编号7)
17	渭河阶地地区	"	6,350 (渭河北) 4,110 (渭河南) 合计 10,460	为台地式地形 沟谷多。(特别渭河南阶地)是主要农业区。	550	逕流主要来自塬面,秦岭南麓对此区威胁大(系渭河南阶地)	侵蚀较轻微,其中沟谷侵蚀较严重。	
18	渭河平原区	"	7,260	为河流冲积平原,是主要农业区。	550	地面平整,地下水位高	区蚀、沟蚀均轻微,河流侧蚀在有些河段较剧烈	
19	晋西北黄土丘陵区	山西	13,550	自然情况与陕北无定河地区相似,但坡度较缓些,农耕地多已成为台地式坡耕地。	420	土壤吸收水分能力差,沟道洪水暴涨暴落。	耕垦指数高,植被差,坡度陡,土壤侵蚀严重。	
20	晋西南黄土丘陵区	"	5,760	地形破碎较晋西北好些,该区东部地形原残垣和"阶状的梁"	500	同	土壤侵蚀较晋西北丘陵弱。	

编号	区域名称	省分	面积 KM ²	自然特征简述	平均降雨量 (mm)	逕流形成情况	土壤侵蚀状况	备注
1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	吕梁山地区	山西	26,430	石质山区, 植被好	470	岩石透水性较强	石洪严重, 土壤侵蚀 轻微。	
22	霍山中条山 地区	山西	12,070	石质山区。	480	岩石地区透水能力差	内 上	
23	晋南黄河 冲积地	"	1,260	台地地形	500	地石坡度小, 透水性 较大	侵蚀较轻微。	
24	汾河平川区	"	20,750	冲积平原, 为主要农业区。	450	地石平整, 地下水 较高。	土壤侵蚀轻微, 某些 河段侧蚀较强烈。	
25	黄土高原地区	河南	1,590	台地地形, 沟谷较多。	500	逕流主要来源于 山上, 秦岭南麓对地区 农田威胁大。	侵蚀较轻微。	
26	石质山区	"	2,200	大部分地区岩石裸露, 至有部分地区岩石全未裸露。	600	透水性较差, 而在 植被好和岩石风化 强地区透水性较强	侵蚀较轻微。	
27	北洛河二 游黄土 陵区	陕西	9,150	地石坡度缓, 荒地多, 北部接近风沙区	380	土壤沙性大, 透水能力 强	侵蚀较轻微。	
28	秦岭石质山 区	陕西	8,480	石质山区, 植被好, 雨量充足。	900	由于植被好, 因而调 蓄水分能力强, 但透 水性较差, 山水石洪 严重。	土壤侵蚀较轻微, 而石洪严重。	
			$\Sigma F = 327,450 \text{ KM}^2$					

对于内蒙地区和黄河上游径流变化计算，由于该区的土壤侵蚀不强烈径流不大，所以我们有意识地不进行。（黄河在这一段地区，因为用于灌溉的水比当地而产生的径流要多，所以径流减少得特别多），而黄河上游流域则因开垦的农地少，居民也少，所以水土保持措施将不可能象黄土区那样大规模的开展。

除此之外，因为固体径流少，所以黄河上游没有黄土沉积物，特别是由于刘家峡（兰州上游）水电站的修建，黄河上游的径流应该单独的计算。

II. 各代表区现有径流的计算。

各代表区径流的大小，是用求积仪在北京水利科学研究院于1957年所编制的黄河流域多年径流深度等值线图上求出的（该图比例为二百万分之一）（见表2）

表2. 代表区径流的大小。

编号	区域名称	面积 平方公里	平均径流 深度 mm	多年平均径流量 $10^9 M^3$	备注
1	2	3	4	5	6

水土保持措施既能改变地表径流，也能改变地下径流，地表径流由于综合水土保持措施的实现而减少，地下的径流则因大量的水渗入土中而增加，由于地下水补给的作用，从而使河川径流

中的地下水比例均多。

北京水利科学研究院作过径流的分析以及地表和地下径流(雪水径流在水土保持措施地区不大)的研究;并在这个基础上编制了黄河流域地下水补给的径流等线图,其比例尺为二百万分之一,利用这个图通过求积仪算出了每一划分的代表区地下水补给的大小。(表3)

表3 代表区水量平衡的资料

编号	区域名称	面积 (平方公里)	径流 MM.			地下水 补给的 百分比	年降 雨量 H MM.	土壤总 湿度 $M = H + h$	地下水 补给系数 $k = \frac{h_2}{M}$	蒸发 系数 z	径流 系数 η
			地表水 n_1	地下水 n_2	总径流 $n = n_1 + n_2$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

黄河流域三门峡以上^总流域(青海省)以下的地下水总量为15.47立方公里,(1547.9平方公里公方)(占总径流的47%)。

在表3中同样列入了代表区水量平衡的资料,一部分水分渗入土壤(土壤总湿度)。一部分水分蒸发(叶面蒸发和地面蒸发)。一部分渗入到地下水,地下水径流层与土壤总湿度之比乃是地下水补给系数。这样,这个系数就表明了多少水渗入土中而变为地下水了。

计算结果,黄河三门峡以上流域地下水补给系数为8.1%。由于水土保持措施的实施和大坝的修建,地表径流的一部分将参

入土中，从而增加土壤水分的总量，也就是增加黄河流域的地下补给。这样，就将减低汛期（Ⅶ—Ⅹ月）的洪水而增加枯水期的水量。因为在我们还不知道有多少水量保持于土中，多少水量蒸发，多少水量用于增加地下水补给，因此，可以假定，地下水补给不变。

我们现引用于计划中的公式是，黄河水利委员会科学研究所所采用的下列公式：

$$\frac{222222}{222222}$$

$$V' = V + K \cdot \Delta W$$

式中： V' —— 黄河流域综合水土保持措施实施后的河流地下水补给。

V —— 现在地下水补给。

K —— 地下水补给系数。

ΔW —— 由于综合水土保持措施后土壤水分总量的增加量。

除掉农业用地与沟坡上的水土保持措施以外，还应重视谷坊和小沟以及中等的沟上淤沟底的小型土坝的修建。这些谷坊和土坝将拦截所控制面积的一部分径流。这些坝所拦截的径流，将渗透入土壤中，而这些水将全部增加地下水补给。这就使我们能预计到综合水土保持措施实施后在任何情况下地下水补给系数不会降低而只会升高。

了解各种土地的径流和土壤冲刷的比例（耕地、牧场、林地、水路网和陡坡）对于研究水土保持措施影响下地表径流减少的系数有着极重大的意义。在苏沃维奇 А П 波奇可夫和黄河水利委员会科学研究所进行的黄河径流计划中没有这个

数字，这是因为他们没有关于这个方面的足够资料。在哥沃维茨和А.И.波奇可夫的工作中水土保持措施影响下径流变化的计算是按照省的平均径流量来计算的，而黄河水利委员会科学研究所则是以自然区域的平均径流量来计算的，这样所得的结果不会准确，现在必须着手进行准确而有根据的计算工作。

农地比例有着重要的意义，这是因为：

- 1) 各种农地上的径流不一样。
- 2) 由于水土保持措施基本上将在农地上进行，所以径流的最重大的变化都发生在农地。
- 3) 这些水土保持措施所应用的地区范围不一样。
- 4) 在冲的峡谷上实施水土保持措施以后，径流不发生变化或很少变化。

整个代表区的径流量与其中各种用地上的径流量是有以下的比例：

$$\bar{h} = \frac{f_1 h_1 + f_2 h_2 + \dots + f_n h_n}{F}$$

其中 $\bar{h}$ —— 自然区的径流量 (公厘)

F —— 代表区的面积 (平方公里)

$f_1, f_2, \dots, f_n$ —— 各种用地的面积 (平方公里)

$h_1, h_2, \dots, h_n$ —— 这些用地的径流量 (公厘)

进行黄河流域综合水土保持措施的目的应当是减少地表径流。有关水土保持影响下径流减少数值的资料可参阅黄河流域各个水土保持站 (绥德、天水、西峰、高山、榆林) 以及自然条件相似的美国水土保持站的径流观察总结报告。各水土保持措施能减少地表径流数序列于表4。应该指出表4中整个黄土区径流减少的平均数对于每个代表区这些数值将有所不同。

表 4.

措 施		地表径流减少的百分数	
		1967 年	1987 年的远景规划
农业技术和 农业改良 土壤措施	水平梯田	60—80	70—80
	倾斜梯田的地带 和农业技术的改良	40—50	70—80 ^{xxx}
	农业技术的改良	20—40	70—80
森林改良 土壤措施	造林	30—60	50—80
	封山育林	30—50	50—70
坡地人工地		40—60	50—20
天然牧场上 割草放牧		30—40	40—50

x) 引自黄委会的统计。

xx) 在径流变化的统计中的农业技术方法很注意深耕(到20公分)

应该指出深耕只有在实现了轮作(播种牧草)的条件下在保

水方面才能取得了良好的效果,不然,仅有深耕开始的两年

中才有保水的效果。

xxx) 梯田在原则上应该能拦蓄百分之四的径流,但由于不是所有

的梯田埂都整齐的有些则常被冲毁,有些梯田埂已不存在了

因此减少径流的百分数就降低。

除掉上面所说过的水土保持措施外,现在大规模的展开了各

种类型的水池建设(如旱井、水窖、窑窖、涝池等)在陕西省洛

川县灯塔二社修建了近40个旱井(每一个的平均容积为10立

方公尺)其控制面积约为3公顷,在这样的面积上能够拦蓄径流

层为14毫米,现在旱井还在继续修建,旱井一般沿路修建,洛

川平均一公里的道路修建15个旱井但在有些路段上可达40—

—50个,但有的道路上还没有开始修建旱井。(如黄龙、延

安和其他地方)这样这些容积不大的旱井成为减少地表径流和土壤冲刷的巨大储备力量,同时也与农地辅助灌溉的储备力量,种植了幼树的鱼鳞坑,全样在拦蓄坡地径流上起着巨大的作用,陕西省洛川县灯塔二社的鱼鳞坑,在控制面积上能够拦蓄径流层为6.5公厘,而甘肃省灵武县柳河社则为30公厘。

表 5 各自然区水土保持措施对地表径流减少的百分数

編 号	区 域 名 称	农业技术和农业土壤改良措施			农林土壤改良措施		坡地人工草地	在天然草地上计划放牧
		水平梯田	有地埂的倾斜梯田並实施了农业改良技术	农业改良技术	造林	封山育林		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

实现了水土保持措施后黄土区各代表区的地表径流减少的指标按照下列公式进行：

$$V = F_1 \cdot h_1 \cdot \alpha_1 + F_2 \cdot h_2 \cdot \alpha_2 + \dots + F_n \cdot h_n \cdot \alpha_n$$

V —— 代表区径流减少量 (公方)

F₁, F₂, …… F_n —— 实现了水平梯田、有梯田埂、农业技术改良、坡地人工草地等措施的每一典型区的面积 (平方公里)

h₁, h₂, …… h_n —— 水土保持措施后各种地的地表径流层, (公厘)

α₁, α₂, …… α_n —— 各种水土保持措施对径流减少的系数, (%)

表6 水土保持措施影响下各代表区径流的计算

编 号	流域名称	面积平方公里	现 在 径 流			水土保持措施影响			地表径流减少
			地下径流	地表径流	径流总量	地表径流	地下径流	径流总量	
			$10^6 M^3$	$10^6 M^3$	$10^6 M^3$	$10^6 M^3$	径流的 减少 %	径流的 减少 %	$10^6 M^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

地表径流减少的第二个因素为小型水库和谷坊，以及大坝的水位的改变。对上述每一代表区的两种类型的水库反坡求其库面的大小，并计算其库容总量，这些库容平均为一百万公方，而每年平均的损失为六万公方（六万公方为蒸发量六万公方用于灌溉）。这样，引用於表6中的地表径流减少的大小还应加上库面的蒸发量。

除因水土保持措施的实施而减少的径流以外，黄河径流还将因灌溉用水和工业及居民用水，三门峡水库蒸发而减少。损失水量列於表7（根据三门峡初步设计的资料）

表7 灌溉工业及居民供水和蒸发的损失水量

措 施	损 失 水 量	
	到1962年	到1967年
	(三门峡水库水位为 350公尺)	三门峡水库水位为 360公尺
	109 公方	107 公方
灌 溉	0.7	3.0
工业及居民供水	0.3	0.6
蒸 发	1.2	1.8
总 量	2.2	5.4

这样到1967年时用於灌溉的水为3.0亿方公里，工业和生活供水为0.6亿方公里，三门峡水库库容变为1.8亿方公里可以假設用於灌溉的25%水回到河中（除三门峡水库库容外回到河中这样回到河中的水的总量（据1967年的资料）为10.5亿方公里，而损失总量就将为4.35亿方公里总计上述地区径流减少的几种类型的結果，就可获得黄河三门峡断面径流减少的数量。

表8 三门峡断面黄河径流的变化。

年 份	地表径流减小量 (10 ⁹ M ³)					地下径流的 流量增加 (10 ⁹ 公方)	径 流 (10 ⁹ 公方)	比 例 %
	农业技术措施 农业改良 灌溉和改良	造林 森林措施	水土保持 措施	水利措施 (水库)	灌溉工程 三门峡水库 三门峡库容 三门峡库容			
现 在								
1967年								
结 果								
1987年								

国径流变化的計算勿液径流变化計算的方法一样。

計算工作按下列順序进行：

- 1) 确定每一代表自然池的水土保持工作的容缺量
- 2) 在各試驗站的基础上确定各自然代表池，各种水土保持措施对泥沙减少的係数(%)
- 3) 計算各自然池和三门峡黄河断面的现在国径流量及其在水土保持措施影响下的减少量。

黄河水利委员会水利科学研究所提出了下列国径流减少量(%)。