

台湾地区水库集水区土地利用 对水库淤砂之影响

林襟江 谢政道

(台湾水资源局 台湾)

陈树群

(中兴大学水土保持研究所)

摘要 本研究之目的即在整合及分析土地利用变迁对水库淤砂之影响,以了解各水库对开发之容忍度,选择翡翠、石门及德基三座水库资料较为完整的水库集水区进行流量与悬移质浓度之分析,分析土地利用变迁对水库淤积之影响。本文中将淤积量与搜集之基本资料进行分析,将分析步骤分为三部分:一是淤积量与气象水文资料之关系,二是淤积量与水库集水区面积之关系,三是悬移质输砂率之关系,希望能从这部分找出与淤积量较相关之因子。

关键词 水库集水区 土地利用 水库淤砂

The Influence of Land Use in Reservoir Sedimentation

Jing-Jion Lin Cheng-Daw Hsieh

(Water Resources Bureau of Taiwan)

Su-Chin Chen

(Department of Soil and Water Conservation, Chung-Hsing University Taichung Taiwan)

Abstract The purpose of this research is to analyze and integrate the influence of land-use change to the reservoir deposit, as well as understand the tolerance of reservoir to the watershed developed. Three reservoirs, Feei-Tsuey, Shyr-Men, Der-Ji, from this ten were chose to do detail research, such as the relationship of discharge and suspended load, land-use change and sedimentation. Finally, simplified erosion model was developed. From this result, the trap efficiency of reservoir and sediment delivery ratio of watershed can be evaluated. From the data analysis and model evaluation, the ratios of forest land are mostly greater than 80%, but Bair-Her reservoir is only 70% in on-channel reservoirs. The landslide ratio of Wu-Sheh watershed, however, is 2.44% that is greatest one in ten reservoirs. As for sediment trap efficiency and delivery ratio, sediment trap efficiency of Tzeng-Wen reservoir is greater than the others, and delivery ratio of Shyr-Men reservoir is greatest in on-channel reservoirs. The sediment erosions of unit area of Wu-Sheh, Bair-Her and Tzeng-Wen reservoirs are greater than the other on-channel reservoirs. From the result of the relationship of watershed area and average

reservoirs' sedimentation, the reservoirs of south Taiwan have higher deposits than middle and north Taiwan.

Key words reservoir watershed land use reservoir sedimentation

1 前言

台湾地区, 在地理上位于环太平洋之东部, 在水文上则属于四面环海之海岛型气候, 在地形上则呈一狭长之岛屿, 南北长约 400 km, 东西宽约 200 km。地质上由于受到欧亚板块及菲律宾板块二者之挤压, 致使本岛中央多成高矗之山脉且成南北纵走之势, 其中多座山峰海拔高度超过 3 000 m 以上。多数河川以此中央山脉为发源地及分水岭, 发源于山脉向东流入太平洋属陡坡河川; 西注台湾海峡之河川下游河段虽然平缓, 但在上游段仍属陡坡之河道。故山区河川因坡陡之故多湍且急; 因此, 造成上游集水区的冲蚀与切割现象严重。

在气候上, 每逢春末秋初之际多有台风侵袭本岛, 在入秋之后则为东北季风之盛行季节, 此二节气皆为本岛带来丰沛之雨量; 但因降水季节之集中及河川短促, 为能储留雨水以为旱季之用, 因此构筑水库以蓄水为一极佳之方法。然而, 雨量之丰沛, 加之河道陡峻, 致使河川上游集水区多形成土壤严重冲蚀、河水含砂量偏高及下游河床淤砂等问题。同时在人口增加及经济成长双重压力下, 上游集水区不免为人所开发利用, 造成水库集水区土壤冲蚀日趋严重, 其影响所及则直接反应在水库淤砂之上。水库淤砂, 不仅减短其寿命, 同时降低其蓄水量, 使得在旱季时节之水量供应形成困难。为能推估水库上游集水区土地开发对土壤冲蚀及水库淤砂之影响, 故从事本计划以评估其间之相关性。

台湾地区由于工商业及经济蓬勃发展, 水资源需求日见迫切, 为能有效掌握及利用水资源, 已先后建造了 60 余座水库, 提供防洪、灌溉、发电、公共用水及工业用途等需求。惟台湾地区之地理环境特殊, 地质条件不佳, 山高川陡, 且全年雨量分布不平均, 因此常常一雨成灾, 土砂随豪雨而下, 造成水库的淤积。加之近年来坡地开发的压力持续增加, 造成水库上游集水区土地利用形态发生变化, 也因此加剧水库的淤砂量。

有鉴于水库淤积问题日益严重, 甚至影响日常之民生用水, 本研究对 10 座水库(西势、翡翠、石门、永和山、明德、德基、雾社、曾文、乌山头及白河等)进行研究, 冀求了解水库集水区中不同土地利用形态所造成水库淤砂之影响, 希望藉由此研究订定未来水库集水区土地管理的方针。

2 淤积量与气象水文资料之关系

本研究将本章所列各水库之淤积量, 配合各水库之气象及水文资料进行回归将之分为 3 类: A 为淤积量—进水量; B 为淤积量—暴雨进水量; C 为淤积量—年雨量。本研究是以每段之淤积测量计算为一笔资料, 所以每笔资料之时间长度并不相等, 以致于在进行回归分析之前, 必须将相对应之降雨量、进水量或暴雨进水量重新计算, 以符合淤积测量之时间。首先假设去年度及前几年之降雨量或进水量, 会影响该年之输砂量, 其次进一步将气象及水文资料量上之计算做年份上的平移, 再与输砂量进行回归分析, 以找出降雨量与进水量对淤砂之影响, 分析结果所得之相关系数 R^2 如表 1 所示:

表 1 显示, 大部分之水库淤积量与年雨量及水库年进水量并无太大相关性存在, 其中以德基水库、明德水库及翡翠水库有较佳之结果, 但由于后二者之淤积量资料量太少, 而影响到其可信度, 以德基水库淤积量与降雨量及进水量之相关性最佳详细资料及分析结果如表 2、表 3 及表 4 所示。

表 1 淤积量—气象、水文相关系数分析表

移动年份	无间距	一	二	三	四	五
石门 A	0. 0097	0. 0490	0. 0002	0. 0369	0. 0034	0. 0242
石门 B	0. 3508	0. 1008	0. 0005	0. 0110	0. 0008	0. 0226
石门 C	0. 0323	0. 0043	0. 0110	0. 0002	0. 0018	0. 0736
德基 A	0. 3793	0. 4148	0. 5392	0. 0595	0. 1232	0. 4065
德基 B	0. 2893	0. 5696	0. 5496	0. 1529	0. 4082	0. 9019
德基 C	0. 2970	0. 3842	0. 4284	0. 3188	0. 4084	0. 3576
曾文 A	0. 0353	0. 0140	0. 0306	0. 0678	0. 0201	0. 0464
曾文 C	0. 0025	0. 0172	0. 2765	0. 0043	0. 0132	0. 2260
翡翠 A	0. 1442	0. 0353	0. 1416	0. 9948		
翡翠 B	0. 2708	0. 0001	0. 0087	0. 2916		
翡翠 C	0. 1496	0. 0352	0. 0443	0. 5689		
明德 A	0. 6218	0. 9477	0. 9520			
明德 C	0. 1051	0. 1009	0. 1036	0. 0784	0. 0467	0. 0265

表 2 德基水库历年淤积量与进水量分析表

年 度	淤积量/ 10 ³ m ³	平移年份相对之水库进水量/ 10 ⁶ m ³					
		无间距	一年	二年	三年	四年	五年
1973. 9 ~ 1976. 6	2733. 23	2204. 47	2189. 30	2016. 56			
1976. 6 ~ 1978. 12	3618. 75	1598. 09	1646. 92	1876. 34	2083. 32	1936. 65	1753. 87
1978. 12 ~ 1981. 3	2337. 82	1500. 69	1631. 18	1516. 89	1381. 88	1594. 46	1889. 19
1981. 3 ~ 1982. 6	1370. 58	1065. 13	773. 29	876. 96	909. 82	827. 30	725. 46
1982. 6 ~ 1984. 12	2751. 43	2086. 87	2241. 58	1899. 36	1763. 78	1657. 95	1806. 57
1984. 12 ~ 1987. 11	3257. 00	2616. 95	2512. 91	2522. 93	2439. 97	2563. 14	2103. 76
1987. 11 ~ 1990. 8	1639. 94	2279. 57	1953. 59	2256. 18	2483. 08	2349. 19	2355. 02
1990. 8 ~ 1992. 11	2461. 21	2054. 57	2091. 80	2151. 18	1513. 10	1671. 80	2013. 47
1992. 11 ~ 1994. 1	723. 90	701. 14	1285. 79	698. 71	1519. 61	836. 27	728. 86
1994. 1 ~ 1995. 3	1633. 16		662. 03	1291. 44	667. 24	1474. 63	968. 63

表 3 德基水库历年淤积量与暴雨进水量分析表

年 度	淤积量/ 10 ³ m ³	平移年份相对之水库暴雨进水量(10 ⁶ m ³)					
		无间距	一年	二年	三年	四年	五年
1973. 9 ~ 1976. 6	2733. 23	404. 25	412. 93	481. 16	519. 41		
1976. 6 ~ 1978. 12	3618. 75	314. 26	411. 73	388. 74	376. 62	355. 57	510. 00
1978. 12 ~ 1981. 3	2337. 82	280. 73	256. 84	264. 19	331. 64	401. 46	306. 46
1981. 3 ~ 1982. 6	1370. 58	257. 70	173. 32	156. 38	133. 08	152. 06	191. 80
1982. 6 ~ 1984. 12	2751. 43	250. 80	396. 08	439. 49	381. 16	280. 87	297. 71
1984. 12 ~ 1987. 11	3257. 00	299. 42	277. 25	251. 98	338. 21	488. 07	476. 98
1987. 11 ~ 1990. 8	1639. 94	382. 50	197. 41	240. 73	286. 90	251. 36	241. 21
1990. 98 ~ 1992. 11	2461. 21	312. 06	439. 39	442. 64	166. 66	152. 33	235. 58
1992. 11 ~ 1994. 1	723. 90	90. 94	163. 53	89. 01	384. 03	131. 89	44. 39
1994. 1 ~ 1995. 3	1633. 16		83. 83	169. 53	54. 97	367. 72	186. 88

表 4 德基水库历年淤积量与年雨量分析表

年 度	淤积量/ 10 ³ m ³	平移年份相对之年雨量/ mm					
		无间距	一年	二年	三年	四年	五年
1973. 9 ~ 1976. 6	2733. 23	5781. 77	5594. 39	5209. 08	5100. 51	5100. 51	
1976. 6 ~ 1978. 12	3618. 75	4386. 88	4493. 33	5029. 09	5373. 43	5373. 43	4549. 20
1978. 12 ~ 1981. 3	2337. 82	4001. 15	4298. 69	4117. 73	3812. 19	3812. 19	4978. 04
1981. 3 ~ 1982. 6	1370. 58	2921. 29	2179. 67	2284. 96	2412. 75	2412. 75	2017. 88
1982. 6 ~ 1984. 12	2751. 43	5749. 52	6136. 53	5191. 18	4832. 90	4832. 90	4785. 31
1984. 12 ~ 1987. 11	3257. 00	6968. 19	6714. 54	7007. 45	6676. 77	6676. 77	5765. 13
1987. 11 ~ 1990. 8	1639. 94	6135. 91	5485. 83	6006. 15	6592. 23	6592. 23	6535. 87
1990. 98 ~ 1992. 11	2461. 21	6796. 73	6592. 15	5615. 44	4378. 29	4378. 29	5306. 05
1992. 11 ~ 1994. 1	723. 90	2907. 17	3539. 10	3419. 52	3663. 96	3663. 96	2056. 95
1994. 1 ~ 1995. 3	1633. 16		2839. 21	3460. 50	3378. 77	3378. 77	2701. 67

由分析资料发现,淤积量与暴雨进水量之相关性最佳,对照各组分析资料,其中又以平移两年以上相关性最佳,这表示今年降雨的效应可能影响至二三年之后。

4 平均淤积量—流域面积之关系

一般影响输砂量最重要之因素为流域面积,根据美国诸多水库淤砂资料分析,产砂量与流域面积之 0.8 次方成正比,但由于各水库之输砂量并不齐全,所以利用历年平均淤积量与集水区面积并且分为北中南三区进行分析如图 1 所示。并且可以得到北中南三区水库面积与平均淤积量之关系式,如下列所示:

北部

$M = 1.87A + 221.36$

(1)

中部

$M = 1.73A + 43.72$

(2)

南部

$M = 6.56A + 642.61$

(3)

式中: M ——平均淤积量($10^3 \text{ m}^3/\text{年}$); A ——水库集水区面积(km^2)。

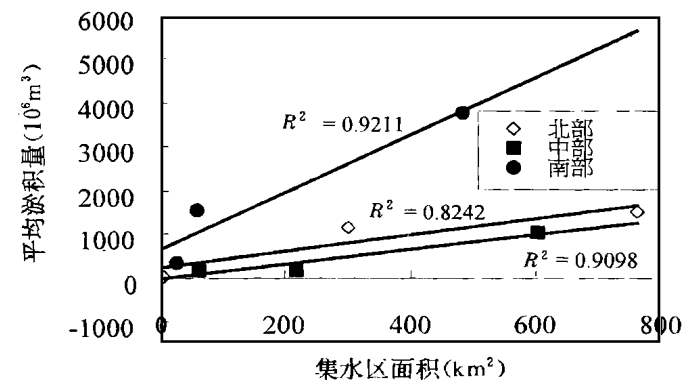


图 1 历年平均淤积量—集水区面积关系图

由上述各回归线可知,南部之水库有较大之淤积量,而中部略小于北部之水库的淤积量。这可能与南北地质状况有关,因为南部地质多属泥岩,冲蚀情况严重,中北部则多为砂岩及沉积岩,故较不易产生冲蚀现象,造成之淤积量亦不似南部水库严重。

另就回归线之斜率而言,南部水库也远大于中北部之水库,此显示中北部水库之淤积量差异不若南部水库为大,南部之水库集水区面积愈大者,其淤积

量也愈大。

5 流量—悬移质输砂率之关系

本研究执行期间,所搜集之资料仅有翡翠、石门及德基三座水库有测定入流含砂浓度之资料,所以选定这三座水库进行悬移质之研究,首先求出流量—悬移质浓度之率定曲线,本研究参照蔡长泰、沈学汶、王文江(1993)所建议之率定曲线回归式:

$$\log C_s = C_r + S \log Q$$

(4)

式中: C_s ——悬移质之重量百分率浓度, Q ——流量(cms), C_r 及 S 需由回归计算求得, C_r ——率定曲线之截距, S ——率定曲线之斜率。

本研究中将每年度对每一个测站之资料进行回归分析,并将此回归式作为当年此水库之悬移质之率定曲线,再将每一水库之所有悬移质浓度测定资料进行回归分析,得到一条代表该水库之悬移质率定曲线。

5.1 翡翠水库

翡翠水库之入流含砂浓度的测定,自 1989 年开始在坪林站与逮鱼溪站两处水文站有初步的记录,而后在 1992 年起则再加增金瓜溪站之测量记录。由于这三个测站分设在三条主流上,所以本研究将每年对一个站进行回归分析,如表 5 及图 2 所示。

表 5 翡翠水库各测站历年悬移质浓度率定曲线表

年 度	资料量	$Q_{\max}(\text{cm s})$	$Q_{\min}(\text{cms})$	S 斜率	Cr 截距	R^2
1989- A	15	41.08	3.64	0.0213	- 4.7422	0.0006
1989- B	15	29.45	2.84	0.3140	- 4.9677	0.1395
1990- A	15	1287.85	1.93	0.7960	- 5.5062	0.6372
1990- B	22	527.39	1.76	0.6860	- 5.3481	0.6728
1991- A	22	158.90	2.44	0.3157	- 4.9304	0.2711
1991- B	22	169.85	1.60	0.3658	- 4.8567	0.4185
1992- A	17	634.15	1.12	0.3907	- 4.8957	0.5681
1992- B	17	376.54	1.32	0.4204	- 4.8965	0.5882
1992- C	16	88.01	0.31	0.3674	- 4.4565	0.5331
1993- A	12	32.55	1.98	- 0.0701	- 4.5747	0.0063
1993- B	12	31.48	1.50	0.1956	- 4.7698	0.0379
1993- C	13	3.00	0.34	0.2008	- 4.5736	0.0472
1994- A	14	680.37	5.08	0.3973	- 4.5271	0.2200
1994- B	8	185.46	1.18	0.2008	- 4.0899	0.0957
1994- C	8	54.56	0.72	0.4195	- 4.0184	0.2618
历年	228	680.37	0.31	0.3220	- 4.6428	0.2855

A: 坪林站 B: 逮鱼溪站 C: 金瓜溪站

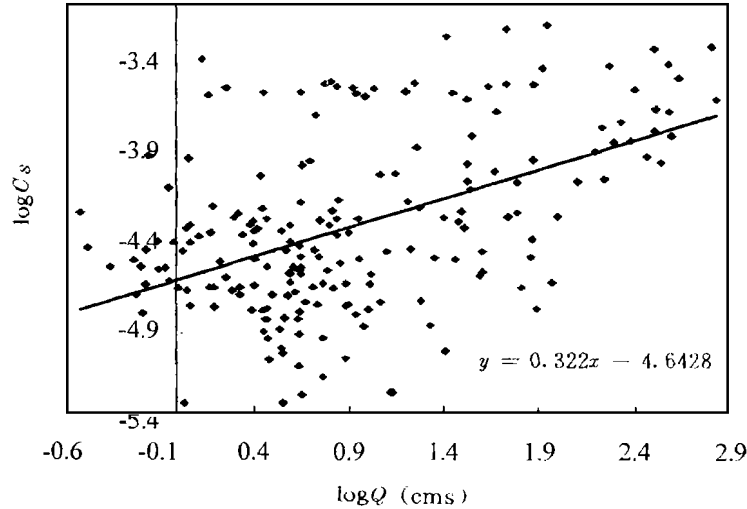


图 2 翡翠水库各测站历年流量—悬移质浓度回归图

由以上资料显示,翡翠水库之悬移质浓度与流量之相关性并不高,最佳者为 1990 年及 1992 年所测定之率定曲线之相关性,但也只达中度相关之范围,如此之关系在输砂上应属尚可接受之结果,其中 1993 年坪林站之资料呈现为负相关,这不符物理现象,所以应属于资料之误差。因为翡翠水库建造的年代并不久远,目前所能得到之资料有限,并无法作太多的研判。

若回归式之斜率 S 可代表当年河道输送之能力,则将年降

雨量、水库年进水量、暴雨进水量及测定含砂浓度时之最大流量 Q_{\max} 与斜率 S 进行回归分析,分

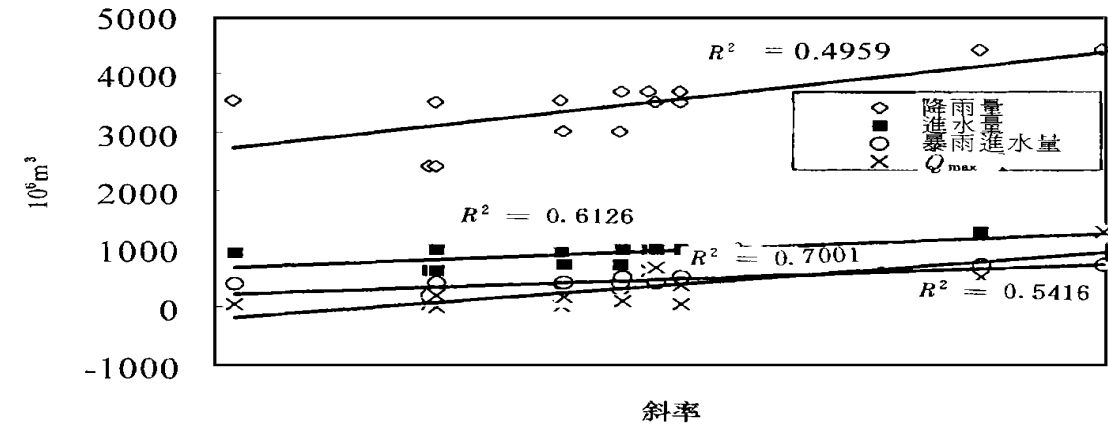


图 3 翡翠水库斜率 S 与年雨量、进水量、暴雨进水量及 Q_{\max} 回归分析图

别得到 R^2 为 0.495 9, 0.612 6, 0.700 1 及 0.541 6, 如图 3 所示。斜率 S 与各量值之间均达到中度相关及高度相关以上之程度, 表示在翡翠水库集水区中存在: 年降雨或进水量愈多时则河道之输砂能力愈高之关系。若再由斜率 S 与 Q_{\max} 分析结果, 可知测定含砂浓度时之最大流量将影响率定曲线之斜率 S , 在大流量时所做之率定曲线所得的河道输砂能力较大, 而悬移量大部分发生在大流量时, 所以执行悬移质测定最好在高流量发生时, 如此较能代表当年之河道输砂能力。

5.2 石门水库

石门水库之悬移质浓度自 1957 年就有完备之记录, 包括日和年悬移质在内, 均系根据每年之输砂量率定曲线计算而来。输砂量率定曲线则根据 DH—48 取样器(全深取样器)取得悬移质资料, 每月通常测量 2~3 次以建立率定曲线, 如表 6 及图 4 所示, 并每年重新校正。

表 6 石门水库历年悬移质率定曲线表

年度	Q_{\max}	Q_{\min}	S 斜率	年度	Q_{\max}	Q_{\min}	S	年度	Q_{\max}	Q_{\min}	S
1957	208	124	1.717	1970	1520	114	1.124	1983	265	153	0.636
1958	777	120	1.179	1971	1770	284	0.95	1984	1325	130	0.847
1959	920.75	207	0.867	1972	2720	274	0.977	1985	2186	151	1.017
1960	1330	500	0.898	1973	181	89.8	1.18	1986	1245	236	0.982
1961	1980	103	0.504	1974	344	144	1.328	1987	860	201	1.512
1962	1650	150	0.907	1975	746	172	1.284	1988	262	162	1.32
1963	6520	164	1.057	1976	1586	93.2	1.039	1989	1739	131	1.677
1964	80.5	42	0.874	1977	559	101	0.945	1990	1597	127	1.605
1965	700	74	0.566	1978	317	121	0.899	1991	230	142	1.801
1966	971	128	0.478	1979	1140	106	0.352	1992	1180	315	1.32
1967	640	93.1	1.23	1980	685	103	1.246	1993	89.1	55.37	2.444
1968	653	243	0.535	1981	807	156	0.876	1994	1666	335	1.371
1969	1730	216	0.781	1982	733	153	0.684	历年	6520	42	0.775

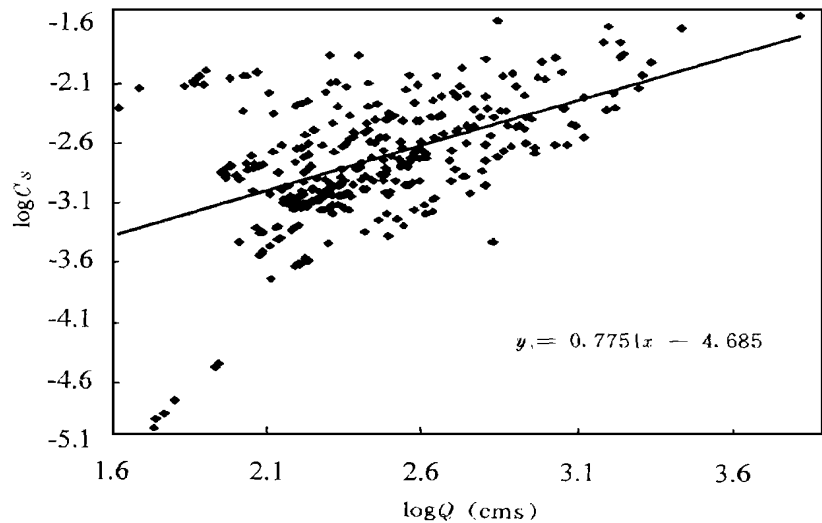


图 4 石门水库历年流量—悬移质浓度回归图

进行回归分析, 但分析结果之相关性均非常低, 所以在石门水库集水区中之降雨量与流量对率定曲线之趋势并无影响。

5.3 德基水库

本研究中德基水库之悬移质资料, 是参考松茂站之数据, 其资料是由 1970 年开始记录, 由于 1971、1982、1988 及 1993 年之悬移质测定资料次数过少, 所以本研究中仅对其他年份进行分析,

由石门水库 38 年间之率定曲线资料中, 可发现除了建造初期率定曲线之斜率 S 值较大之外, 于 1959 年起斜率 S 值都保持在一定之范围内, 但值得注意的是, 于 1985 年后斜率 S 值有增加的趋势, 这代表石门水库集水区之输砂能力增加, 应是由于集水区之开发增加所致。

本研究中亦将石门水库率定曲线之斜率 S 值, 与年降雨量及测定含砂浓度时之最大流量 Q_{\max} 分别

所得如下表 7 及图 5 所示:

表 7 德基水库各测站历年悬移质率定曲线表

年 度	资料量	Q_{\max} (cms)	Q_{\min} (cms)	S 斜率	r 截距	R^2
1970	8	75. 17	27. 64	0. 978414	- 4. 50116	0. 6959
1972	12	405. 00	63. 00	1. 539593	- 5. 97693	0. 8442
1973	23	530. 64	48. 99	1. 023523	- 4. 88325	0. 6530
1974	5	162. 48	69. 23	1. 923619	- 6. 80476	0. 9820
1975	13	740. 46	69. 97	0. 703247	- 4. 28812	0. 5430
1976	18	263. 27	37. 83	0. 499377	- 3. 47411	0. 2649
1977	11	235. 69	91. 94	1. 407831	- 5. 88285	0. 4374
1978	9	215. 19	67. 87	1. 136024	- 5. 32884	0. 8443
1979	11	278. 87	98. 52	1. 530296	- 6. 31242	0. 7559
1980	5	451. 99	64. 06	1. 822671	- 7. 20189	0. 8190
1981	16	540. 81	86. 87	1. 372835	- 5. 90451	0. 8823
1983	7	301. 17	102. 025	1. 366626	- 6. 02018	0. 7569
1984	6	140. 04	80. 995	0. 54991	- 4. 26699	0. 2271
1985	7	268. 90	80. 335	1. 724727	- 6. 5603	0. 6901
1986	9	599. 79	65. 32	0. 968275	- 5. 0064	0. 9570
1987	5	599. 91	62. 58	0. 625835	- 4. 51412	0. 6973
1989	6	599. 91	126. 25	1. 06785	- 5. 51863	0. 9707
1990	20	358. 755	49. 475	0. 735774	- 4. 69439	0. 6239
1991	5	128. 315	30. 82	0. 75176	- 4. 47061	0. 8038
1992	11	363. 26	72. 995	0. 716958	- 4. 64725	0. 7528
1994	6	410. 9	63. 40	0. 511646	- 4. 07689	0. 6312
历年	215	740. 46	27. 64	0. 576449	- 4. 12001	0. 2237

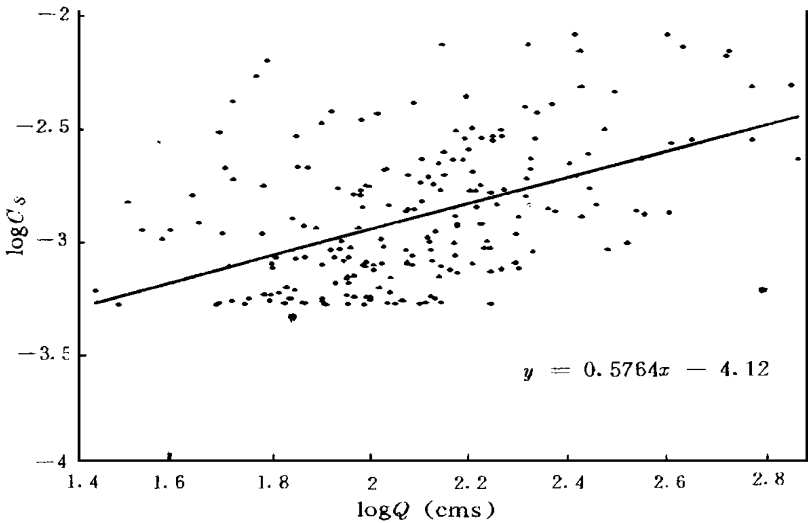


图 5 德基水库历年流量—悬移质浓度回归图

由表 7 可得知, 德基水库之流量与悬移质浓度之相关性不错, 且部分都达到高度相关之程度。将德基之年雨量与率定曲线之斜率 S 进行分析得到之相关性非常低。再将测定之最大流量与斜率 S 进行分析, 其结果均无相关性。所以在这方面可能德基水库集水区与翡翠水库集水区存在不相同之特性。

但由德基水库有较多次之土地利用调查, 曾尝试利用将斜率 S 与林地面积进行直线回归及对数回归, 但是所得之结果均相当低。而由表 7 可显而易见的, 除了建造初期数年之外, 从 1977 ~ 1985 年间之斜率 S 值较大, 表示可能有较高之输砂能力, 虽然在土地利用调查的数据上并无明显人为开发增加或林地面积减少之现象, 推测那数年德基水库集水区中人为开发农垦开发频繁, 且无适当的水土保持措施。近年来斜率 S 值有下降之趋势, 则可能开发行为不再频繁或环保意识抬头, 使得水土保持措施落实执行有关。

本研究将三座水库近 40 年之资料加以比较, 则发现以翡翠水库之斜率 S 值最小, 德基次之, 石门最大, 如此显示以翡翠水库之输砂能力最小, 这可能与集水区较未受人为干扰有关。当然正

确之土地利用可降低水库集水区的输砂量, 达到水土保持及防止水库淤积之功效。

6 结 论

(1) 翡翠水库其淤积量及悬浮质分析结果均与气象及水文资料方面有一定程度的相关性。在淤积量分析上, 更发现在平移 3 年之回归分析发现有较佳之结果, 表示集水区中之水文、气象之现象将对翡翠水库有至少 3 年的影响。

(2) 翡翠水库是本研究中 3 个有探讨悬移量水库之一, 由于其悬移质浓度测定资料数量有限, 仅能以有限之资料进行初步的推估, 所得结果是 3 座水库输砂能力最小的一座水库, 这与地形地质有着密切的关系。配合所搜集之淤积量资料, 发现翡翠水库历年至今的淤积量有一大部分为非经由河流悬移质输砂而至的。

(3) 石门水库之淤积量及悬移量之分析上, 并无发现与气象或水文资料有任何相关性。然而 1963 年的葛乐礼台风给石门水库带来了历年最大的淤积量及悬移量, 但该年并非发生最大的年雨量。由此可见石门水库之淤积、悬移量受暴雨洪水相当的影响。

(4) 石门水库历年之平均因砂率为 91%, 较临近的翡翠水库低了将近 5 个百分点, 而且石门水库的悬移量占水库淤积相当大的一部分, 所以在悬移量的控制上, 是减少水库淤积相当重要的方式之一。

(5) 石门水库为一多用途之水库, 不论在资源应用及土地开发利用等方面, 都有其不可避免之情形发生。针对崩塌情形之发生, 乃为水库淤砂主要来源, 因此在开发及利用上宜特别注意崩塌之整治及管理。

(6) 德基水库淤积量方面之分析与历年气象及水文资料存在一定程度以上的相关性, 其中以暴雨进水量与淤积量之相关性最佳, 其中所有的资料与淤积量的关系又以平移两年之后的分析较佳, 可见德基水库的淤积现象, 与暴雨洪水有很大的关系, 而且该暴雨可能会影响至两年之后的水库淤积量, 所以水库单位应在大暴雨发生之后数年更注意水库的泥砂及崩塌现象, 以减缓水库的淤积。

(7) 德基水库之悬移质分析上, 发现有 60% 以上的淤积量并非由大甲溪松茂站之悬移量而来, 可能是由周边之土壤冲蚀及崩塌或者是其他支流挟带方式进入库区, 所以在德基水库方面应多加强水库保护带的养护工作, 这对水库淤积将有重要的影响。

(8) 本研究利用历年平均淤积量与集水区面积并且分为北中南三区进行分析可以得到北中南三区水库面积与平均淤积量之关系式, 由各回归线可知, 南部之水库有较大之淤积量, 而中部略小于北部之水库的淤积量。这可能与南北地质状况有关, 因为南部地质多属泥岩, 冲蚀情况严重, 中北部则多为砂岩及沉积岩, 故较不易产生冲蚀现象, 造成之淤积量亦不似南部水库严重。

(9) 另就回归线之斜率而言, 南部水库也远大于中北部之水库, 此显示中北部水库之淤积量差异不若南部水库为大, 南部之水库集水区面积愈大者, 其淤积量也愈大。

作者简介

林襟江: 台湾水资源局副局长。

谢政道: 台湾水资源组组长。

陈树群: 中兴大学水土保持研究所副教授。