

台湾地区水库集水区治理成效评估方法

李铁民¹ 谢政道¹ 王昭堡¹ 王文江² 吴富春³

(1 台湾“经济部”水资源局) (2 美国 Multech Engineering Consultant) (3 台湾大学农业工程学系)

摘要 介绍了台湾水库集水区治理成效评估之方法。该方法以水库淤积控制、水质改善、水源蕴育及生态保育为集水区治理之主要目的。治理成效以经济效益为评估之标准,采用分项与整体评估两种方式进行。分项评估包括防砂工程、种树、造林、农地水土保持、道路水土保持、水库淤积浚渫、水库保护带、崩塌地处理、蚀沟控制等8项治理措施。分项评估可用来比较各项治理措施之效果,做为后续治理规划之参考;整体评估则反映整个治理计划之效果。

关键词 水库集水区 集水区治理 成效评估

Evaluation Method for Watershed Management Programs in Taiwan

Tieh-Min Lee¹ Cheng-Daw Hsieh¹ Jau-Pao Wang¹ Wen C. Wang² F. C. Wu³

(¹ Water Resources Bureau of “Ministry of Economics Affairs” Taiwan)

(² American Multech Engineering Consultants)

(³ Department of Agricultural Engineering of Taiwan University Taiwan)

Abstract The evaluation method for watershed management programs in Taiwan is presented. The programs are evaluated in terms of effectiveness on controlling reservoir sedimentation, improving water quality, preserving runoff retaining capacity, and restoring wildlife habitats. Itemized and integral evaluations are conducted through economical analysis of the programs. Measures included in the itemized evaluation are check dam, reforestation, farm erosion control, roadway erosion control, reservoir desilting, reservoir perimeter protection, landslide control, and gully erosion control. Itemized evaluation provides a basis for comparing the merits of different management measures, while integral evaluation provides overall assessment on the effectiveness of the programs.

Key words reservoir watershed watershed conservation economical evaluation

1 绪论

台湾位于亚热带地区,年降雨量虽丰沛,但干湿两季分明,需以水库来调蓄雨季径流,以供干季各类用水之需。台湾地区现已筑有大小水库69座,总容量约为24.17亿m³,有效容积为18.26

亿 m^3 。台湾由于地质年代新而且脆弱, 加以地形陡峻, 一遇暴雨, 不仅地表冲刷强烈, 易形成崩塌, 使大量泥沙随径流进入水库。近几十年来, 更由于滥垦、滥伐、滥建等不当土地利用与开发, 使集水区涵养水源能力降低, 泥沙产量大幅增高, 加速下游水库之淤积。此一情形已严重影响水库功能之发挥。根据近年来之水库淤积测量资料, 台湾许多水库之年淤积量都远超过其设计值, 每年淤积总量达 1 460 万 m^3 。集水区水源涵养能力之降低使河川径流更加集中于雨季, 枯水流量更加偏低。集水区不当之土地利用也连带使水源受到污染。台湾“环保署”1997 年之资料显示, 主要水库除了日月潭以外, 水质污染均已达中养与优养之程度。严重之水库淤积与水质污染普遍威胁台湾水资源之利用。

水资源之质量虽可消极的从水库浚渫与水质处理等措施来改善, 但根本之道则在于对上游集水区施以有效之治理。有鉴于此, 主管单位多年来积极推动集水区之治理工作。例如: 对翡翠、石门、德基、雾社及曾文等大型水库设立专责机构或以专案方式办理集水区之治理工作; 另于 1989 年起, 研订水库集水区治理保育计划, 办理大埔、明德、白河等 23 座中小型水库集水区调查治理规划工作; 同时持续办理台湾西部地区治山防洪计划。

为了加强中小型水库集水区之治理工作, “经济部”水资源局更拟订中小型水库保育整体计划, 分 5 年(1996 年 7 月 ~ 2001 年 6 月) 实施, 以期经由集水区之整体治理保育, 达成水资源永续利用之目标; 另一方面, 也于 1998 年拟订“集水区治理成效评估制度”来配合此一保育整体计划(吴、王, 1998)。本文对此评估制加以介绍。

2 治理成效评估方法

水库集水区治理项目繁多, 各集水区特性亦不尽相同, 因此应先建立一套制度做为治理成效评估之标准。成效评估应尽可能以量化数值为之, 不可计数之效益则以文字说明。

台湾水库集水区治理措施大致可归纳为防砂工程、种树、造林、农地水土保持、道路水土保持、水库淤积浚渫、水库保护带、崩塌地处理、蚀沟控制等 8 项。防砂工程以防砂坝为主, 具有拦阻砂石、防止河道溯源冲刷、边坡崩塌及控制流心之功能。种树造林具有涵养水源、稳定边坡、减少土壤冲蚀及维护自然生态环境功能。农地水土保持处理可减少表土冲蚀, 处理方法包括平台阶段、山边沟、植生覆盖、绿肥等。道路水土保持包括边坡保护工程、植生护坡、排水设施等, 可减少路面及边坡之冲蚀与崩塌。水库淤积浚渫在于增加库容, 以提高水库调蓄径流之功能, 而达到增加供水量之目的。水库保护带乃沿水库周边加强置植生保护及治理以防止水库边坡冲蚀崩塌, 并有效拦阻入库径流所挟带之污染物及泥沙。崩塌处理乃用以稳定边坡, 减少泥砂来源, 相关措施包括挡土、护坡工程、植生及安全排水等。蚀沟控制在于抑止蚀沟之冲刷及扩大。

水库集水区治理成效主要反映于水库淤积率之降低、水质之改善、水源蕴育能力之提高及生态之保育。淤积率降低可由水库淤积量测量结果推知, 水质改善可经由水库水质检测得知, 水源蕴育能力提高可由枯水季流量变化来判断, 生态保育则依赖集水区之生态调查结果来推定。水库淤积改善之相关治理项目有防砂工程、种树造林、农地水土保持、道路水土保持、淤积浚渫、保护带设置、崩塌处理、蚀沟控制; 水库水质改善之相关治理项目有水库保护带与农地水土保持等。由于台湾水库集水区目前缺乏水源蕴育与生态保育资料, 因此其经济效益分析方法暂未列入本制度。

集水区治理可就个别治理项目予以评估(称为分项成效评估) 或就其整体效果予以评估(称为整体成效评估)。集水区治理成效评估属于事后评估性质。治理计划实施前之基本资料为成效

评估之基准, 可用来比较治理前后之差异。因此治理计划实施前, 水库集水区治理单位应办理相关测量与调查工作。测量项目应包含水库淤积量及水质监测; 调查项目应包含集水区内现有各项治理措施及土地利用情形。

集水区治理成效评估应依循一定之步骤进行, 依次为界定集水区范围; 搜集、整理、分析相关资料, 进行现场调查, 进行分项及整体成效评估及撰写评估报告。资料搜集应包括水库、集水区、经济财务三方面。水库方面包含定案报告、各目标用水量、历年淤积测量、历年水质检测及水库运转营运、入流量、来沙量等资料。集水区方面包含治理规划报告、治理实施计划、预计成效、天然灾害损失报告等。经济财务方面包含物价指数、治理经费、营运费用及收入等。

现场调查包括淤积调查、水质调查、现场勘查及民意调查 4 方面。淤积调查以水库与防砂坝为对象; 水库调查以淤积测量为主, 防砂坝调查需登录工程构造物现况及淤砂体积等资料。水质调查项目包括总磷、透明度、叶绿素甲等之检测。现场勘查包括治理范围与成效查验等; 再者, 治理计划执行至评估期间内影响治理成效之重大天然因素(如台风、地震等)亦应详细记录, 以为评估之参考。当地居民对集水区治理措施之配合意愿、期待改进方向及对治理之满意程度等皆需列入调查。

3 分项成效评估

分项成效评估分别对防砂工程、种树造林、农地水土保持、道路水土保持、水库淤积浚渫、水库保护带、崩塌地处理、蚀沟控制等 8 类治理项目进行经济效益评估。分项评估之目的在于比较各治理项目之效果, 以为后续治理规划之参考。相关之成本与效益定义如下:

直接成本: 直接成本为各治理项目之经费。集水区个别治理措施应依适当之分析寿年(例如防砂工程、蚀沟控制、崩塌处理工程取为 30 年, 道路、农地水土保持、排水等工程取为 15 年), 将经费分摊到使用寿年内之各年度。为了反映物价之波动, 经费分摊可依平均物价指数或年利率来进行。累计各年度内之分摊经费即为年计经费。各年计经费可再依平均物价指数或依年利率以下列公式换算至评估年度之币值(现值), 累计所有年度之值即为直接成本(现值)。

$$\text{年计成本(现值)} = \text{年计经费} \times (1 + \text{年利率})^{\text{年期}} \quad (1)$$

间接成本: 间接成本系因治理项目之实施而连带增加之水库营运成本。各年度之间接成本可依据平均物价指数或公式(1)换算为评估年度之值(现值)来累计。

可计量效益: 为治理项目之实施所获得效益中之可计量者。各年度之可计量效益可依据平均物价指数或公式(1)换算为评估年度之值(现值)来累计。

不可计量效益: 集水区治理所产生之效益中无法计量者, 如生态保育、社会环境改善等。此类效益应以定性方式来说明。

在分项成效评估中, 间接成本及不可计量效益均暂不予以考虑。经济效益评估结果可用益本比或净效益来表达。益本比之计算式为 B/C , B 为效益, C 为成本, 其意义为每单位成本投入可获得之利益。净效益之计算式为 $B - C$ 。当资源有限时, 往往选择益本比大者, 以获得最高的投资报酬率。当资源无限时, 往往选择净效益最大者, 使资源获得充分利用。本评估制度同时采用益本比及净效益。

3.1 防砂工程

防砂工程以防砂坝为主。防砂坝具有下列功能: 拦阻砂石下移, 缓和河床坡度, 降低河道输砂

能力, 防止河道溯源冲刷; 安定坡脚, 防止边坡崩塌; 控制流心, 抑止乱流。其效果反映于下游沙源之降低。

成本: 为各年度所分摊防砂坝工程经费之年计成本。转换为现值后即可累计为成本现值总和。

效益: 个别防砂坝之效益可依其规划功能估计各年度对下游水库来沙减量(包括防砂坝本身之拦砂量及由抑止溯源冲刷、边坡崩塌、河床横向冲蚀等功效所减少之沙源)。来沙减量乘以水库囚沙率即为水库之减淤量。减淤量可视同水库浚渫量, 以计算各年度在有与无此项工程之情况下水库营运收入之差额, 作为防砂坝之效益。累计集水区所有防砂坝之效益即为该年度之效益。各年度之效益可换算为评估年度之现值, 并以之累计求得效益现值总和。

益本比: 效益现值总和与成本现值总和之比值即为防砂工程之益本比, 两者之差为净效益。

3.2 种树造林

造林具有涵养水源、防止土壤冲蚀与绿美化景观之功能, 其中景观绿美化可视为不可计量效益。

成本: 为各年度所分摊实施造林经费之年计成本。转换为现值后即可累计为成本现值总和。

效益: 造林对防止土壤冲蚀之经济效益可先依实际造林面积估计对下游水库每年之减淤量(亦即由防止土壤冲蚀功能所导致进入下游水库泥沙淤积之减量), 再将其视同下游水库各对应年度之浚渫量, 以计算各年度在有与无实施造林之情况下水库营运收入之差额, 作为各年度之造林效益, 并转换为现值, 以累计求得效益现值总和。造林后各年度土壤冲蚀之减量可利用实测资料来估计, 或利用适当经验公式, 依造林前后之植被状况, 分别计算对应之土壤冲蚀量, 由其差值来代表。将此一冲蚀减量乘以适当之递送率可求得对下游水库之来沙减量。来沙减量乘以水库囚沙率即为水库之减淤量。造林对蕴育水源之经济效益可由枯水季基流变大所增加之给水、灌溉及发电量来估计。在目前情况下, 由于缺乏资料, 造林所增加之枯水季基流仍不易准确估计, 因此暂不予以考虑。

益本比: 效益现值总和与成本现值总和之比值即为造林之益本比, 两者之差为净效益。

3.3 农地水土保持

农地水土保持有防止土壤冲蚀及增加经营收益之功能。相关之成本与效益说明如下:

成本: 为各年度所分摊实施农地水土保持治理之年计成本。转换为现值后即可累计为成本现值总和。

效益: 农地水土保持治理之效益包括水库之减淤效益及农业经营增益。农业经营增益可依治理前后之相关调查结果来计算。水库之减淤效益可依实际治理面积估计下游水库每年之减淤量。将减淤量视同下游水库各对应年度之浚渫量可计算各年度在有与无实施农地水土保持治理情况下水库营运收入之差额, 作为各年度之治理效益。转换为现值后, 可累计求得效益现值总和。实施农地水土保持治理后各年度土壤冲蚀之减少量可利用实测资料来估计或由适当经验公式, 依治理前后各年度之植被状况, 分别计算对应之土壤冲蚀量, 由其差值来代表。将此一冲蚀减少量乘以适当之递送率可求得对下游水库之来沙减量。来沙减量乘以水库囚沙率即为水库之减淤量。

益本比: 效益现值总和与成本现值总和之比值即为此农地水土保持之益本比, 两者之差为净效益。

3.4 道路水土保持

道路水土保持主要在于防止边坡崩塌、绿美化景观及维持运输功能。相关措施大致包括边坡

处理、植生、排水设施。道路水土保持对景观绿美化之效益可视为不可计量效益,而不列入经济效益分析。

成本: 为各年度所分摊实施道路水土保持治理之年计成本。转换为现值后即可累计为成本现值总和。

效益: 道路水土保持治理效益包括水库之减淤效益及农业运输成本之节省。农业运输成本之节省可依治理前后之相关调查结果来估计。实施道路水土保持可防止道路及两侧边坡之土壤冲蚀与崩塌。其经济效益可依实际治理面积(路面及边坡崩塌)估计下游水库每年之来沙减量(亦即由防止土壤冲蚀、崩塌功能所导致进入下游水库泥沙之减量),再乘以水库囚沙率求得水库之减淤量。减淤量可视同水库各对应年度之浚渫量,以计算各年度在有与无实施道路水土保持治理情况下水库营运收入之差额,作为各年度之治理效益,并转换为现值,以累计出效益现值总和。

益本比: 效益现值总和与成本现值总和之比值即为道路水土保持治理之益本比,两者之差为净效益。

3.5 淤积浚渫

水库淤积浚渫具有增加水库容积、浚渫物再利用、减少底泥释出营养盐之功能。水库浚渫系指清除库底淤泥之作业,依使用之机具或清除机理,浚渫方式大致可分为陆面机械开挖、浚渫船及水力排沙3大类。陆面机械开挖为利用挖土、装土、运土之机具以清除露出水库水面淤沙之一种浚渫方式。使用之机具通常包括挖土机(含挖沟机、铲斗机、扒斗机)、装载机、推土机及倾卸卡车。浚渫船浚渫系在工作船上配置抽泥或挖泥设备,以清除库底淤泥之一种浚渫方式。其特点为可机动的清除水库内之水下淤泥,而不致于影响水库之正常运转。浚渫船浚渫可分为:水力式抽泥、机械式挖泥、气力泵抽泥及虹吸抽泥等4类。水力排沙为利用水流自身的力量,将来沙排出库外,或冲刷水库内前期淤积物之一种清淤方法。依其运转特性,水力排沙又可分为泄降排沙、泄洪排沙、空库排沙、异重流排沙及蓄清排浑等方式(王、蔡,1998)。水库浚渫之经济效益可依下法来评估:

成本: 水库浚渫之成本包括作业直接成本与水库营运成本之对应增额。

直接成本= 浚渫工程费+ 浚渫物处理费+ 浚渫作业耗水费用

间接成本= 水库营运成本 \times (浚渫量/有效库容)

浚渫作业应将其成本分摊到各年度,并应转换为现值,以便累计求得成本现值总和。

效益: 水库浚渫之经济效益可由浚渫量,依据评估期间各年度在有与无此项浚渫情况下水库有效容积之变化来计算。水库浚渫之直接效益包括售水量与发电量之增加、防洪能力之提高及浚渫物再利用等效益;间接效益包括农工业增产、水库游憩利用价值提高、原水处理成本降低等效益。浚渫年效益可转换为现值以累计效益现值总和。“经济部”水资源局已建立相关之经济效益分析方法与电脑运算程式(蔡、王,1998)。

益本比: 效益现值总和与成本现值总和之比值即为此浚渫之益本比,两者之差为净效益。

3.6 水库保护带

水库周边设置保护带可拦阻周边入库径流所挟带之泥沙与污染物。保护带可视为一植生覆盖良好之带状小集水区,所需之宽度依周边之地形坡度、泥沙粒径及植生种类(即高度与密度)等因素而定。

成本: 为各年度所分摊设置水库保护带之年计成本。转换为现值后即可累计为成本现值总和。

效益: 在拦沙方面, 保护带之经济效益可将拦阻之泥沙量视同水库各对应年度之淤积量, 以计算各年度在有与无保护带之情况下水库营运收入之差额, 作为各年度之效益, 并转换为现值; 在拦阻污染物方面, 保护带之经济效益可用节省之水质处理费用来估计。两者之和为各年度之效益, 转换为现值后可累计所有年度之效益而得效益现值总和。保护带之功能可利用实测资料或由适当经验公式来估计。

益本比: 效益现值总和与成本现值总和之比值即为设置水库保护带之益本比, 两者之差为净效益。

3.7 崩塌地处理

崩塌地处理具有减少泥沙来源与景观绿美化之功能。

成本: 为各年度所分摊治理费之年计成本。转换为现值后即可累计为成本现值总和。

效益: 崩塌处理可防止边坡崩塌及土壤冲蚀, 其经济效益可先依实际治理面积估计下游水库每年之来沙减量(亦即由防止边坡崩塌及土壤冲蚀功能所导致进入下游水库泥沙之减少量), 再乘以水库囚沙率求得水库之减淤量。将减淤量视同下游水库各对应年度之淤积量可计算各年度在有与无实施崩塌处理下水库营运收入之差额, 作为各年度之治理效益, 并转换为现值, 累计以求出效益现值总和。实施崩塌处理后各年度边坡土壤冲蚀之减少量可利用实测资料来估计或由适当经验公式, 依治理前后之植被状况, 分别计算相对之土壤冲蚀量, 由其差值来代表。塌方抑止量可由边坡稳定分析方法来估计, 配合统计方法(依据集水区年降雨特性)分析年内发生崩塌之机率, 以估计平均年抑止量。

益本比: 效益现值总和与成本现值总和之比值即为崩塌处理之益本比, 两者之差为净效益。

3.8 蚀沟控制

蚀沟控制具有抑止野溪蚀沟之溯源冲刷与控制流心之功能。

成本: 为各年度所分摊治理费之年计成本。转换为现值后即可累计为成本现值总和。

效益: 蚀沟控制措施大抵以防砂坝、潜坝及护岸结构物为主, 因此其经济效益可依前述防砂坝之评估方法来进行。依此, 蚀沟控制之经济评估可依各年度下游水库之来沙减量(包括防砂坝、潜坝本身之拦砂量及由抑止溯源冲刷、边坡崩塌、河床横向冲蚀等功效所减少之沙源)。来沙减量乘以水库囚沙率即为水库之减淤量。再由减淤量计算各年度在有与无此项工程措施下水库营运收入之差额, 作为各年度之治理效益, 并以适当之年利率转换为现值。

益本比: 效益现值总和与成本现值总和之比值即为蚀沟控制之益本比, 两者之差为净效益。

4 整体成效评估

整体成效评估以集水区全部治理措施之总效果为对象, 包括水库淤积控制、水质改善、水源蕴育及生态保育, 评估方法仍以经济效益评估为主, 不可计量之效益以文字说明。如前所述, 水源蕴育及生态保育暂未列入本评估制度之经济效益分析。评估时, 先分别估计成本与效益, 以计算其益本比及净效益。治理之成本与效益大致可分类如下:

直接成本: 为集水区治理之总经费。间接成本: 为实施集水区治理而增加之成本, 包括因供水量增加及水库寿命延长而增加之营运成本。可计量效益: 为实施集水区治理而增加之水库营运效益, 包括因供水量增加所增加之效益及水库寿命延长而增加之效益。不可计量效益: 为实施集水区治理而产生无法量化之效益, 如水源蕴育、生态保育、社会环境改善、区域经济发展等, 应以文字定性说明。

4.1 淤积控制

淤积控制之效益包括各年度供水量增加及水库寿命延长。水库各年度供水量增加之效益可依对应营运收入(包括家庭、工业、灌溉用水及发电等)之增加来估计。水库寿命延长之效益可由因减淤所延长之水库年数与平均年营运收益来计算。成本与效益之计算方法说明如下:

(1) 成本。直接成本: 将各年度相关治理措施成本依工程之经济分析寿命, 分摊到各年度, 并换算为年计直接成本现值。间接成本: 因减淤所增加供水量导致之水库运转成本增加及水库寿命延长而增加之营运成本, 可以下列公式来估算:

水质处理成本增加额= 该年度水质处理成本 × 年增加水量比

给水营运成本增加额= 该年度给水营运成本 × 年增加水量比

发电营运成本增加额= 该年度发电营运成本 × 年增加水量比

上式中年增加水量比为年减淤量对该年度水库有效容积之比值。年成本增加额之总和可转换为年计间接成本现值。水库寿命延长而增加之营运成本则以下式计算:

水库寿命延长营运成本= 水库寿命延长年数 × 平均年营运总成本

(2) 效益。因减淤所导致增供水量之水库年收益增加额:

发电收益增加额= 该年度发电收益 × 年增加水量比

给水收益增加额= 该年度给水收益 × 年增加水量比

灌溉收益增加额= 该年度灌溉收益 × 年增加水量比

防洪收益增加额= 定案计划年防洪效益 × 年增加有效容积比

上式中年增加有效容积比为年减淤量对该年度水库有效容积之比值。上列年收益增加额之总和可转换为年计效益现值。水库寿命延长而增加之营运效益则以下式计算:

水库寿命延长效益= 水库寿命延长年数 × 平均年总营运收益

4.2 水质改善

水质改善程度以治理前后水质指标之变化来表示。水质优化通常以下列两类指标表示:

¹ 复变数指标: 卡尔森指数(Carlson's TSI)——以总磷、叶绿素甲、透明度为控制因子。北卡指数(North Carolina TSI)——以总磷、总有机氮、叶绿素甲、透明度为控制因子。

④单一变数指标: 美国环保署指标——以透明度、总磷及叶绿素甲所订定之三种单一指标。水库水质可经过处理来改善, 例如增设曝气循环设备、生物硝化功能设备、臭氧生成设备及粒状活性炭吸附池或除藻处理设备。

(1) 成本。由于集水区治理对水质改善之直接成本不易与淤积改善之成本分离, 因此并入淤积改善之直接成本中。

(2) 效益。水质改善之效益以净水厂各年度营运维护成本之节省额来表示:

水质改善效益= [(治理前卡尔森指数- 该年度卡尔森指数) / (治理前卡尔森指数- 贫养界值)] × 治理前之水质处理成本

(3) 水源蕴育。集水区治理具有蕴育水源之效果, 其经济效益可由枯水季基流变大所增加之给水、灌溉及发电量来估计。其成本视为淤积控制之直接成本之一部分。各年度相关效益估计如下:

发电收益= 该年度发电收益 × (年增加水量 / 年总供水量)

给水收益= 该年度给水收益 × (年增加水量 / 年总供水量)

灌溉收益= 该年度灌溉收益 × (年增加水量 / 年总供水量)

由于水源蕴育成效之分析需有长期集水区实测径流资料(包括治理前与治理后)方能可靠估计出年增加水量。台湾大多数集水区现有资料仍不足以用来准确的加以量化,因此暂时未列入本评估制度之经济效益分析。

(4) 生态保育。实施集水区生态保育具有保护珍稀动植物及维护生态平衡之功能;另一方面也能美化环境,提高游憩之价值。实施生态保育措施之费用可视为集水区治理之直接成本,其效益目前尚难以量化,因此宜以定性方式说明。

(5) 整体经济效益评估。总成本包含水库淤积改善及水质改善成效分析中之直接成本及间接成本,总效益则包含水库淤积改善及水质改善成效分析中之效益。益本比为总效益对总成本之比值,两者之差为净效益。

5 讨 论

水库集水区治理必须规划与成效评估紧密配合方能达到预期效果。本文仅就台湾在水库集水区治理成效之评估制度做一介绍。本评估制度包括分项与整体评估两种方式。分项评估之结果可用来比较各类治理措施之效果,做为后续治理规划之参考;整体评估则反映整个治理计划之成效。分项成效评估必须有充分之实测水文、泥沙、水质、生态资料做基础,其结果方能准确可信。台湾大部分集水区之相关资料仍相当缺乏,因此,虽已建立较为完整之评估架构,但实际评估仍以整体评估为主。为了弥补此一缺点,台湾已积极设立监测系统,并进行集水区土地利用对水源蕴育、土壤冲蚀、水质变化、生态环境等影响之研究。

水库集水区治理成效评估结果常受到评估期间长短、水文状况及有无发生天然灾害(如台风、地震等)所影响。例如,枯水年之集水区泥沙产量通常较低,下游水库淤积量较小,集水区治理效果也相应的显得较高。反之,有台风发生之丰水年或有地震发生而形成崩塌之年度,集水区泥沙产量相对较高,下游水库淤积量较大,集水区治理效果也显得较低。为了克服这些影响,选用之评估期间不宜过短,而且特殊天然灾害对治理成效之影响也应加以说明。

参考文献

- 1 王文江,蔡长泰.台湾水库清淤之研究.水库永续经营研究计划成果研讨会论文集,1998
- 2 吴富春,王文江.水库集水区治理规划与成效评估(一).台湾大学水工试验所,1998
- 3 蔡长泰,王文江等.水库清淤之研究(三).成功大学水利及海洋工程学系,1998

作者简介

李铁民:“经济部”水资源局总工程师。

谢政道:“经济部”水资源局组长。

王昭堡:“经济部”水资源局工程司。

王文江:美国 Multech Engineering Consultants。

吴富春:台湾大学农业工程学系助理教授。