

台湾水土保持工程及研究

林 亲 义^{*}

(逢甲大学土地管理学系·台湾)

摘 要 台湾四周环海,属海岛型气候,因此降雨量常受海洋气团之影响,致年平均雨量约2500mm;每当台风季节来临时,使原地质脆弱、地势陡峻、溪陡流急之集水区中上游地区,产生冲蚀、崩塌、土石流及泥砂淤塞河道等现象,以致灾害频传。

为减少台湾地区发生洪水灾害之损失,除对集水区之降雨及洪流特性透过分析探讨外,应配合对冲蚀、崩塌、土石流、河道输砂等机制作研究,然后实施治理,才能减少灾害之损失。因此有关台湾集水区之治理,包括林业经营、农地水土保持、防砂工程、崩落地处理、道路水土保持、防洪工程等。

本文仅就水土保持工程之主要工法作一描述,对所实施之各项治理工程透过水文学、水理学及土壤力学之观点及研究来探讨其成败之原因,供为今后实施水土保持各项治理之依据。

关键词 水土保持工程 集水区 排水 冲蚀

Soil and Water Conservation Engineering and Research in Taiwan

Chin-I Lin

(Department of Land Management, Feng Chia University, Taiwan)

Abstract Taiwan is surrounded by the sea and her climate is island type, so that rainfall is often affected by the ocean air masses, and the annual average rainfall amounts are about 2500mm. When the typhoon season is coming to the area of up-and-upper watersheds, due to the geographic weakness, steep slopeland and channel slope and fast flow that can lead to erosion, landside, mudflow and sediments deposition on the channel bed, then disaster frequently occurs.

To decrease the loss of peak flow in Taiwan area, except to discuss rainfall characteristics and peak flow mechanism in watershed, it must match the study in the mechanism of erosion, landside, mudflow and channel sediment transport, and then to carry out some treatments that can be expected to decrease the loss of disaster. Therefore, the treatment of watershed in Taiwan area includes forest management, farmland soil and water conservation, sabo engineering, landside treatment, road of soil and water conservation, flow prevention engineering etc.

This paper has only described the primary engineering method of soil and water conservation that was discussed the success and failure from the viewpoint and research of hydrology.

① 收稿日期 1995-05-10 *逢甲大学土地管理学系副教授。

hydraulics and soil mechanics. It can become the criteria of treatment for soil and water conservation in the future.

Key words soil and water conservation engineering watershed drainage erosion

1 前言

台湾地区各集水区中上游地区之坡地,因地势陡峻、地质脆弱、土质抗蚀力较差,虽然国有林班地种植森林地表覆盖良好,农用地亦有果树等之覆盖地表,但每当台风豪雨来袭,其降雨量多而强度大且延时长,土壤含水量趋近于饱和,致降低了其抗蚀力及抗剪强度,而产生冲蚀、崩塌等现象,因此山洪常自集水区中上游地区挟带大量泥砂流入河床、淤塞河道、减少了河道之通水断面,致洪水漫溢河岸,淹没农田、住家、村落、市镇,以致灾害频发^[1]。近年来台湾地区之天然灾害,据谢信良等(1986)^[2]对台湾气象灾害之调查研究指出,1981~1985年之灾害损失高达新台币476亿元(年平均损失为新台币95亿元),可见损失之严重。蔡清彦(1987)^[3]对1987年10月琳恩台风来袭后之勘灾调查报告指出,琳恩台风所造成之灾害相当严重,导致51人死亡,失踪12人,轻重伤8人;其中有24人被山崩压死,16人被洪水溺死;灾害损失超过新台币24亿元,如将堤防、电信、交通、商业等之灾情包括在内,损失更大。洪如江等(1990)^[4]在1990年报告指出6月23~24日欧菲莉台风引致之灾情相当严重;尤以花莲地区之山洪,市区淹水导致人民生命财产损失,最为惨重;台湾地区共有33人死亡,6人失踪,10人轻重伤,农业损失16亿余元,此数字尚不包括堤防冲毁、交通中断等灾情之损失。1994年8月道格台风来袭,使冈山地区积水数日不退,高速公路冈山段交通中断72h,经过估算台湾地区因道格台风来袭损失超过新台币200亿元。

鉴于台湾地区经常发生洪水泥砂灾害,为减少损失,亟待先对集水区实施整体治理;亦即从降雨对集水区之冲蚀、崩塌、地滑、土石流、河道输砂等机制作研究,然后实施集水区治山防洪整体治理调查规划研究,俾提出治理对策,供为治理之依据,以达确保居民生命财产及公共设施之安全为目的。

2 集水区问题及治理对策

2.1 集水区问题

台湾地区各集水区之问题包括如下:

2.1.1 滥伐林木 1950~1970年,台湾因缺乏外汇,乃以出口林木、糖、香蕉等农林产品来换取外汇,作为发展轻工业之资本;因此大量砍伐林木,造成地表裸露而引起冲蚀与崩塌现象。1980年迄今,滥伐林木已逐渐减少,但以往之问题仍待处理。

2.1.2 滥垦坡地 台湾地区土地资源有限,由于人口之增加,对土地之需求日益殷切,平地作为农业、工商业、住家……等使用已渐趋饱和;因此1950~1960年居民滥垦山坡地极为盛行,大多供农业使用,以种植作物及果树为主,少有实施水土保持处理者,加以坡地之超限利用面积甚多,致产生土壤冲蚀及土石崩落等问题。自1961年迄今台湾地区投资了可观的经费从事农地水土保持、水土保持工程等之处理,成效尚称良好。

2.1.3 开辟道路 山坡地由于地势陡峻、地质脆弱、土壤抗剪力较差,加以坡面坡度甚大,降雨量多而强度大,使原本就不太稳定之坡面因开辟道路而更易产生土石崩落之现象,且崩落土石常阻塞排水系统,使道路之崩塌现象更形严重;常造成路基流失、交通中断等问题。

2.1.4 开矿 台湾地区之山坡地蕴藏丰富的石灰石矿、蛇纹石矿、大理石矿、瓷土矿……等，前述之矿产大部分以露天开采，因此需要先将表土清除后才能使矿床裸露，而便于成层开采；但表土经清除后因未妥为设置废弃土石或矿碴堆积场之边坡稳定措施，以及排水设施，常造成采矿场土石及矿碴等流入河床、淤积河道等现象。

2.1.5 坡地社区 自70年代中期以后，由于平地使用受分区管制之影响，居民为解决居住问题及对宽广空间之需求，即将坡地开发为社区，以面对青山绿水，藉以调剂身心，加以山坡地之土地价格较为便宜，因此坡地社区之开发于80年代中期以后如雨后春笋般地辟建；但由于未重视坡地开发所衍生之冲蚀、边坡稳定及排水问题，坡地社区之灾害时有所闻。

2.1.6 坡地游憩 台湾地区由于工商业发达、国民所得提高，自1980年起，居民逐渐重视野外休闲活动或赴国外观光旅游，以调剂身心；因此近年来高尔夫球场及游憩场所之申请设立大部分以山坡地为主，由于高尔夫球场之开辟必须符合球道设置标准，故常有大挖大填之大面积开发（通常面积在50~150hm²），施工期间长达数年，常引起坡地开发之灾害，如1989年桃园第一高尔夫球场，因豪雨侵袭，开挖土石淹没下游农田及住家，损失达新台币1亿余元，可见其损失之严重。

2.1.7 崩塌地滑地 台湾地区自1965~1990年间对重要集水区之崩塌地调查结果之统计发现，曾有约8 000处之崩塌地发生在面积200余万hm²之坡地上，可见崩塌之严重，当然前述之崩塌地包括道路开辟所造成边坡不稳定之裸露地、采矿迹地之边坡不稳定、坡地社区开发之边坡不稳定、游憩区之边坡裸露地，以及自然冲蚀所产生之崩塌地在内。至于地滑地多发生在缓斜坡地上，目前实施此项整治处理者尚少，估计仅数十处。

2.1.8 溪流冲淤变化 台湾地区各主要溪流中上游之河床坡度皆甚陡，大部分在2%以上，由于河幅狭窄，水流急湍，加以山洪常挟带大量泥砂流入河床，其水流受河床形态、河床坡度、河幅、河床质粗细等之影响，使河床形态产生剧烈的变化，加以迳流量之急剧改变，使得台湾地区溪流整治工程愈形不易。

前述各项集水区问题皆扮演著影响泥砂来源及泥砂输送之主要角色，因此集水区除洪患外，尚有冲蚀、崩塌、地滑、土石流、泥砂淤塞河道等问题。为解决前述问题常需研拟治理对策来因应。

2.2. 治理对策

为解决集水区之各项问题，必须针对实际需要研拟治理对策，兹列述如下：

2.2.1 林业经营 滥伐林木使地表裸露，致产生冲蚀、崩塌等现象，在林业经营中，常以造林来恢复地表覆盖，以减少地表冲蚀、崩塌等问题。

2.2.2 农地水土保持 滥垦坡地供为农业使用，常引起地表冲蚀之问题；为减少地表冲蚀等现象，常以平台阶段、山边沟、截泄沟、跌水、泄槽等配合使用，以降低水流速度、减少水流之动能著手，而达成减灾之目的。

2.2.3 道路水土保持 在山坡地开辟道路会破坏原已稳定之坡面，使道路两侧之上下边坡变陡而产生不安定之现象，且改变了原有坡面之排水系统，因此道路水土保持处理之挡土措施及排水设施，乃为保护道路通畅及减少崩塌之主要方法。

2.2.4 矿区水土保持 由于山坡地上采矿大多以露天开采为主，开采时需先清除地表覆盖物及表土，使地表裸露，再实施分层之阶段开采，其采掘迹地常裸露，必须以平台阶段配合植生绿化、挡土措施、排水系统予以处理；至于矿碴或废弃土石常需利用挡土设施、排水系统及植生绿化处理，以确保其稳定而达减少冲蚀之目的。

2.2.5 坡地社区 居民为面对青山绿水及获取宽广之居住空间，远离喧哗之市区，而过著

宁静之家居生活,乃将都市近郊之山坡地开发为数十户以上之住宅用地,自然地形成一社区形态;在开发时常采用大挖大填之大面积开挖,而使地表裸露,致冲蚀、坡地灾害时有所闻,为解决此问题通常可用挡土措施、排水设施以及小面积分区开发型式解决。

2.2.6 坡地游憩 台湾地区居民为推展休闲活动,常将山坡地开辟为游憩区,如亚哥花园、东山乐园、剑湖山世界……以及高尔夫球场之辟建等。由於前述之开发必须大量开挖山坡地之土石方,致地表大量裸露而造成重大灾害;为解决此问题可用分区小规模开挖、挡土措施、排水系统,以及植生绿美化等处理,以达减少冲蚀与崩塌之目的。

2.2.7 崩塌地滑地 台湾各集水区中上游地区由於地势陡峻、地质脆弱、土壤抗蚀力弱、溪流坡度陡、河道蜿蜒,加以豪雨时降雨量多而延时长,因此崩塌地特多;其崩塌原因以受溪流冲刷、迳流集中,以及开路关系等所引起者为最多;为解决此问题常以溪流整治工程处理,如防砂工程、护岸、整流工程等治理为主,且成效良好。至於地滑地则常发生於已开垦之缓斜坡面,常以挡土措施、排水系统等配合处理,皆能获得良好成果。

2.2.8 溪流冲淤变化 台湾各集水区中上游之河道由於坡度陡、流速大、河幅狭窄、水流冲蚀能量甚大,致河岸冲蚀极为盛行,加以山洪常挟带自坡地冲蚀、崩塌而来的泥砂,造成河床形态剧烈之改变,使水流变得极不稳定,因此常产生洪水泥砂灾害;为解此问题常以溪流工程来治理,如整流工程、堤防、护岸、防砂坝工程等实施整治,大部分成效良好;尚有部分问题亟待解决。综合前述治理对策之方法,可归纳为造林、植生绿化及水土保持工程等三大类,本文将仅就水土保持工程部分作描述。

3 水土保持工程方法及探讨

台湾地区居民滥垦山坡地,自1950~1960年极为盛行,且未实施水土保持处理,致在1959年发生了八七水灾,使中南部地区之农田淹没十数万公顷、房屋损毁超过数万间,居民死伤超过数千人,桥梁冲毁数百座,交通中断达数日至数月不等,损失极为严重。1960年八一水灾亦使中部地区农田淹没数万公顷,房屋损毁数千间,居民伤亡数百人,桥梁损毁数十座,交通中断数日,损失严重。有鑑於此,1961年在台湾省政府农林厅下设山地农牧局,以专责管理台湾地区之山坡地,包括坡地农业经营、坡地畜牧经营,以及水土保持等,并对滥垦农地实施清理工作,辅导农民实施农地水土保持处理等工作;该局自1989年起为配合实际需要已改制为水土保持局,专责管理全省山坡地水土资源之开发与保育工作;该局自成立迄今35年以来,对台湾地区之水土保持业务贡献良多。兹将主要水土保持工程方法列述如下,并作探讨。

3.1 平台阶段

在坡面上每隔适当垂距,沿等高方向,所构筑数条连续之水平或微斜阶段;以抑制迳流,防止土壤冲蚀,并适应坡地耕作需要,达成安全土地利用为目的。本项工法适用於宜农地之果园、茶园等处理,自实施以来,可以达到排水、减少冲蚀及省工经营之目的。

3.2 山边沟

在坡面上每隔适当距离,沿等高方向所构筑之浅三角形沟;以减短坡长,分段截泄迳流并防止冲蚀,增进水土保持效益,并提供田间作业道路,以建立坡地省工经营为目的。本项工法适用於宜农地之茶园及果园等处理,且可适用於较陡之坡地;自实施以来,可以达到截泄迳流、减少冲蚀、以及省工经营之目的。

3.3 截泄沟

沿近似等高方向,横跨於被保护土地或保护物之上方,以拦截迳流,并导至安全地点之沟渠;其目的在截泄上方迳流,以免损坏农地及构造物,并抑制沟壑冲蚀。本项工法适用於宜农地之迳流排除,自实施以来,已发挥在宜农地之排水功效。

3.4 跌水

沟渠坡度过陡,水流速度超过限制流速,则易冲蚀沟底,为减缓流速,消除能量,於适当地点建造控制落差之构造物;其目的在减缓沟渠中水流流速及动能,以减少对渠底之冲蚀,并控制流心。本项工法适用於宜农地之陡坡沟渠,自实施以来常因陡坡渠床,流速大,且水流常挟带泥砂之冲击而破坏,无法发挥其水跃现象,以降低流速之功能,有待改进设计技术。

3.5 护岸

为保护河岸而直接构筑於岸坡之构造物,其目的在保护河岸及稳定坡脚;由於本项工法常设置於陡坡河道,常受水流所挟带泥砂之冲击,加以河床冲淤变化甚大,坡脚常被淘空,致破坏情形相当多;因此必须加深基脚并配合其他工法实施较能达到稳定之效果;本项工法适於溪流之整治,若设於宽广而平坦河道,则加深基脚即可获得稳定之效果。

3.6 整流工程

在野溪、溪流泥砂堆积及乱流地区,为防止纵向及横向冲蚀所构筑之护岸、堤防与固床工、跌水、丁坝、溪床保护工等组合而成之工程;其目的在防止泥砂堆积区纵向及横向冲蚀以稳定溪床,控制水流,保护两岸土地房舍及公共设施,保护特殊地质区之溪岸坡脚,防止崩塌。本项工法适用溪流整治工程,自实施以来常需因地制宜才能获得良好成果,因此在执行初期(1961年~1970年)常因河道冲淤变化及泥砂来源等问题无法获得合理之推估,致破坏者相当多;近年来已能依照河溪特性来实施不同工法之组合,破坏者已显著地减少。

3.7 防砂坝

为拦蓄河道泥砂、调节泥砂输送、稳定河床及两岸崩塌、防止冲蚀、抑止土石流所构筑5m以上之横向构造物;其目的在拦阻或调节河床砂石,减缓河床坡度,防止纵横向冲蚀,控制流心,抑止乱流,防止横向冲蚀,稳定两岸山脚,防止崩塌,抑止土石流,减少灾害。本项工法常用来拦阻溪流泥砂量较多者,自实施迄1994年台湾地区已兴建3 000座以上,目前待探讨之问题较多。其破坏之原因主要来自溢口磨损;静水池淤砂使水跃现象之消能降低、坝体插入非岩壁两岸之损坏、尾槛下游之刷深等现象。目前溢口磨损已可用钢板之特殊处理工法获得合理之解决。但防砂坝淤满后之泥砂流入静水池使消能作用降低、尾槛下游之刷深、坝体插入非岩壁两岸之损坏等问题,尚需进一步探讨。截至目前为止,防砂坝虽常有破坏,但可用加强维护来解决大部分问题。

3.8 排水设施

将地面迳流导至安全地点而施设之构造物,包括排水沟、跌水、涵管等;其目的在截泄上方迳流,以免损坏农地、房舍及公共设施,利於宣泄迳流,防止冲蚀。本项工法适用於各项坡地排水,自实施以来,成效尚称良好;惟涵管於实施初期(1961~1970年)常被枯枝落叶阻塞入口,目前可用加大涵管管径及入口设置静水池来解决,已能发挥排水设施之功能,破坏者已不多见。

3.9 挡土墙

为拦阻天然或填筑之土石、砂砾及类似粒状材料所构筑之构造物;其目的在维持两高低不同地面之安定,防止填土或开挖坡面之崩塌,稳定边坡,减少挖填土石方。本项工法适用於道路水土保持、矿区水土保持、坡地社区、坡地游憩、崩塌地滑地等边坡稳定工程。自实施以来常有破坏之

情形,考其原因与坡地排水之不良有关,亦即土壤含水量之增加,使部分土壤产生膨胀而增加主动土压力,致挡土墙因无法承受较大土压而破坏,或因地基下陷而倾斜破坏等。因此本项工法有待进一步探讨。

4 水土保持工程相关研究

台湾地区在1964年以前,仅作零星之水土保持相关研究;限於当时之人力及水土保持观念尚在萌芽,因此成效有限。自1964年省立中兴大学在农学院下设水土保持学系以后,才陆续地规划出研究之具体方向,即农地水土保持及集水区经营两大领域,而投入研究所行列者才有较明确的目标。自1970年起才有中华水土保持学报之创刊,提供研究者发表研究成果之园地;当时乃利用中美基金补助申请研究计划者经费,从事水土保持方面之研究。水土保持学系历经10年(1964~1973年)草创期之惨淡经营、默默耕耘的培育水土保持专业人才后,鉴于当时水土保持研究人力之缺乏,并因应时代对研究人力之需求,该系乃奉准增设研究所硕士班,以培植水土保持之研究人才;自1989年起为配合国家之需要,该系又奉准设立博士班,藉以培养水土保持之高级人力。同年台湾省政府山地农牧局亦改制为水土保持局,如此水土保持之行政及研究体系,於焉完成。

本文仅针对台湾地区历年来在集水区水文、水理、土壤力学等特性与水土保持工程有关之研究,简要列述如下:

4.1 集水区水文特性

有关台湾地区集水区之水文研究包括降雨量与迳流量,降雨量之研究有张启滨(1972)^[5]台湾之时间雨量强度公式、林芳明(1973)^[6]雨量历线式之理论分析及其在本省近年雨量应用之检讨、黄景春等(1976)^[7]对大甲溪及兰阳流域降雨量与地文数量因子关系之探讨、郭文铎等(1982)^[8]对淡水河流域台风降水量预报之研究、蔡政修等(1984)^[9]以最小二乘法推算雨量时空分布、王时鼎(1984)^[10]台湾区域各大水库最大可能降雨量(PMP)研究、林亲义等(1991)^[11]降雨量之时间分布研究、林亲义等(1991)^[12]降雨量空间分布之研究、林亲义等(1992)^[13]石门水库集水区降雨量时间分布特性之研究、Lin et al. (1993)^[14]提出降雨量时空分布之研究、易任等(1994)^[15]台湾全区降雨时空分布之研究——主成份分析与群集分析。

有关迳流量之研究则相当多,仅列出较重要者,如金绍兴(1975)^[16]台湾洪水量公式之研究、徐义人(1985)^[17]藉试验参数推算小集水区洪峰流量,廖大牛等(1987,1987)^[18,19](1989)^[20]对防砂坝溢洪道之流量观测及分析,黄正良等(1987)^[21]台湾森林集水区最大迳流量推算之初步研究。

台湾地区对降雨量与迳流量之相关性研究者相当多,亦列出较重要者,如陈信雄(1974)^[22]日雨量与相对迳流量关系式之研究、杨炳炎等(1978)^[23]石门试验集水区暴雨流量关系之探讨、刘明芬(1989)^[24]降雨量和相对迳流量关系之研究、陆象豫(1989)^[25]毕禄溪试验集水区降雨与迳流相关性之研究、陈信雄等(1992)^[26]集水区中上游降雨量与迳流量之相关性研究。

前述集水区水文之研究,为台湾地区水土保持工程之设计,提供若干改进意见,惟由於降雨量在时空分布之均匀程度仍需利用降雨量与观测迳流量作分析,故尚待进一步研究,才能供为水土保持各项溪流整治工程设计作水理计算之依据。

4.2 集水区水理特性

台湾地区有关集水区水理学之相关研究相当多,仅列出较重要者,如王如意等(1985)^[27]对拦砂坝模型试验及水理特性分析之研究,苏重光等(1986)^[28](1987)^[29]对防砂坝下游石床受土石

流冲刷之研究、刘长龄(1988)^[30]对防砂坝淤满后下游消能与冲刷、苏重光等(1988~1992)^[31~34]无护坦防砂坝基础水力安定性研究、连惠邦等(1992)^[35]防砂坝下游河床冲刷特性之研究、林传茂等(1994)^[36]防砂坝之水理特性研究。

前述集水区之水理研究,为台湾地区防砂工程之设计,提供不少改进意见,但在防砂坝下游静水池或尾槛下方之冲刷水理特性尚未能完全掌握,此系与泥砂输送力学有关,有待进一步探讨。

4.3 集水区土壤力学性质

台湾地区土壤力学之研究相当多,仅列出较重要者,蔡光荣等(1986)^[37]台南县坡地土壤力学特性之研究、蔡光荣(1987)^[38]中横公路崩积土石堆之力学特性与其稳定性研究、蔡光荣等(1990)^[39]、苏苗彬(1990)^[40]、蔡光荣(1991)^[41]、苏苗彬(1991)^[42]、范正成(1991)^[43]台湾山坡地土壤力学性质之研究。

前述对集水区土壤力学特性之研究,提出了不同地区土壤力学性质之 C 、 ϕ 值,但仅为采样之资料分析,尚未能提出土壤均质区分布之特性,故仅能供采样点处作挡土墙之设计依据,至於不在采样点处之挡土墙设计尚无法应用,有待进一步以均质区之观念整合分析资料,才能因应设计需要。

5 结 论

综合本文之描述,可得下列之结论:

1、台湾地区属海岛型气候,降雨量多而强度大且延时长,其降雨量在时空分布并不均匀,致常产生冲蚀、崩塌等现象,为化减洪水灾害,需实施水土保持各项工程治理。

2、台湾地区集水区问题包括滥伐林木、滥垦坡地、开辟道路、开矿、坡地社区、坡地游憩等开发不重视水土保持所致,因此前塌地滑地经常发生,所产生之泥砂流入溪床,引起溪流冲淤之剧烈变化,造成洪水泥砂灾害。

3、台湾地区集水区所实施之各项治理对策,大部分已发挥应有功效,但尚有部分治理对策必须进一步作探讨,俾确保居民生命财产安全。

4、台湾地区各集水区常用之水土保持工法包括平台阶段、山边沟、截泄沟、跌水、护岸、整流工程、防砂坝、排水设施、挡土墙等,惟使用前述工法应因地制宜,才能发挥其治理功能。

5、台湾地区对水土保持工程之相关研究相当多,透过各项研究已解决部分水土保持工程有关问题,但在降雨量时空分布之均匀程度、泥砂输送机制、土壤均质区之分布等尚未解决前仍需继续研究。

参考文献

- 1 林亲义.台湾各集水区治山防洪整治之探讨.逢甲大学土地管理第9期,台湾台中,1994,pp. 19~23
- 2 谢信良、陈正改.台湾气象灾害之调查研究(Ⅰ).科学委员会防灾科技研究报告75-4号,台湾台北,1986, pp. 1
- 3 蔡清彦、张领孝、陈文恭、任立渝、陈正改.琳恩台风勘灾调查报告.科学委员会防灾科技研究报告76-24号,台湾台北,pp. 7~9
- 4 洪如江、姜善鑫、黄宏斌、游保杉、陈文恭.欧菲莉台风灾害勘查报告.科学委员会防灾科技研究报告78-65号,台湾台北,1990,pp. 7~9
- 5 张启滨.台湾之时间雨量强度公式.水利复刊16卷,台湾台北,1972,pp. 37~50

- 6 林芳明. 雨量历线式之理论分析及其在本省近年雨量应用之检讨. 农工学报第19卷第4期, 台湾台北, 1973, pp. 50~63
- 7 黄景春, 江水哲. 大甲溪及兰阳溪流域降雨量与地文数量因子关系之探讨. 中华水土保持学报第7卷第1期, 台湾台北, 1976, pp. 35~61
- 8 郭文铎, 蒋志才, 朱曙光, 陈正改. 淡水河流域台风降水量预报之研究. 第一届水利工程研讨会论文集(下册), 台湾台南, 1982, pp. 319~338
- 9 蔡政修, 庄忠鹏, 吴建民. 以最小二乘法推算雨量时空分布. 第二届水利工程研讨会论文集, 台湾台北, 1984, pp. 317~332
- 10 王时鼎. 台湾区域各大水库最大可能降雨量(PMP)研究. 第二届水利工程研讨会论文集, 台湾台北, 1984, pp. 333~348
- 11 林亲义, 陈信雄. 降雨量之时间分布研究. 中华水土保持学报第22卷第1期, 台湾台北, 1991a, pp. 21~27
- 12 林亲义, 陈信雄. 降雨量空间分布之研究. 中华水土保持学报, 第22卷第2期, 台湾台北, 1991b, pp. 99~103
- 13 林亲义, 陈信雄. 石门水库集水区降雨量时间分布特性之研究. 中华水土保持学报, 第23卷第2期, 1992, pp. 73~79
- 14 Chin-I Lin and Chong-Guang Su, Study on the Rainfall Temporal and Spatial Distribution. Advances in Hydro-Science and Engineering, Vol. I, Sam S. Y. Wang (ed.) Proceedings of the First International Conference on Hydro-Science and Engineering, Washington, D. C., 1993, pp. 491~496
- 15 易任, 王文清. 台湾全区降雨时空分布之研究——主成份分析与群集分析. 第七届水利工程研讨会论文集(上), 台湾基隆, 1994, pp. D-43~54
- 16 金绍兴. 台湾洪水量公式之研究. 土木水利, 第2卷第2期, 台湾台北, 1975, pp. 25~35
- 17 徐义人. 藉试验参数推算集水区洪峰流量. 台湾水土保持及集水区经营研究成果摘要汇编, 林业特刊第4号, 台湾台北, 1985, pp. 101~103
- 18 廖大牛, 简碧梧, 林亲义. 防砂坝溢洪道之流量观测及分析(二). 农业委员会补助研究报告, 台湾南投, 1987, 44页
- 19 廖大牛, 简碧梧, 林亲义. 防砂坝溢洪道之流量观测及分析(三). 农业委员会补助研究报告, 台湾南投, 1987, 50页
- 20 廖大牛, 简碧梧, 林亲义. 防砂坝溢洪道之流量观测及分析(四). 农业委员会补助研究报告, 台湾南投, 1989, 55页
- 21 黄正良, 陈信雄. 台湾森林试验集水区最大迳流量推算之初步研究. 中华水土保持学报第18卷第1期, 台湾台北, 1987, pp. 36~48
- 22 陈信雄. 日雨量与相对迳流量关系式之研究. 台大实验林研究报告第113期, 台湾南投, 1974, pp. 69~72
- 23 杨炳炎, 卢惠生. 石门试验集水区暴雨流量关系之探讨. 中华水土保持学报第9卷第2期, 台湾台北, 1978, pp. 103~118
- 24 刘明芬. 降雨量和相对迳流量关系之研究. 台湾大学森林学研究所硕士论文, 台湾台北, 1989, 79页
- 25 陆象豫. 毕禄溪试验集水区降雨与迳流相关性之研究. 中华水土保持学报第20卷第2期, 台湾台北, 1989, pp. 93~103
- 26 陈信雄, 林亲义. 集水区中上游降雨量与迳流量之相关性研究. 80年度水土保持及集水区经营研究计划成果汇编, 林业特刊第40号, 台湾台北, 1992, pp. 191~210
- 27 王如意, 施嘉昌, 陈增寿, 朱金元. 拦砂坝模型试验及水理特性分析之研究. 台湾水土保持及集水区经营研究成果汇编, 林业特刊第4号, 台湾台北, 1985, pp. 76~81
- 28 苏重光, 林亲义. 防砂坝下游石床受土石冲刷之研究(一). 农业委员会补助研究计划总报告, 台湾台中, 1986, 93页
- 29 苏重光, 林亲义. 防砂坝下游石床受土石冲刷之研究(二). 农业委员会补助研究计划总报告, 台湾台中,

1987,116页

- 30 刘长龄.防砂坝淤满後下游消能与冲刷(二).水土保持工程改进及崩塌地灾害防治研究,农业委员会,台湾台北,1988,pp. 21~37
- 31 苏重光,林亲义.无护坦防砂坝基础水力安定性研究(一).农业委员会补助研究计划总报告,台湾台中,1988,83页
- 32 苏重光,林亲义.无护坦防砂坝基础水力安定性研究(二).农业委员会补助研究计划总报告,台湾台中,1989,79页
- 33 苏重光,林亲义.无护坦防砂坝基础水力安定性研究(三).农业委员会补助研究计划总报告,台湾台中,1990,80页
- 34 苏重光,林亲义.无护坦防砂坝基础水力安定性研究(四)、(五).农业委员会补助研究计划总报告,台湾台中,1992,64及82页
- 35 连惠邦,陈昶宪,林昆志.防砂坝下游河床冲刷特性之研究.中华水土保持学报第23卷第2期,台湾台北,1992,pp. 123~133
- 36 林传茂,黄宏斌.防砂坝之水理特性研究.中华水土保持学报第25卷第4期,台湾台北,1994,pp. 231~237
- 37 蔡光荣,杨燕山,林金炳.台南县坡地土壤力学特性之研究.中华水土保持学报第17卷第2期,台湾台北,1986,pp. 123~138
- 38 蔡光荣.中横公路崩塌积土石堆之力学特性与其稳定性研究.中华水土保持学报第18卷第2期,台湾台北,1987,pp. 122~155
- 39 蔡光荣,陈旺志,林金炳.台湾山坡地土壤力学性质之研究——高屏地区,78年度水土保持及集水区经营研究计划成果汇编,林业特刊第26号,台湾台北,1990,pp. 355~370
- 40 苏苗彬.台湾山坡地土壤力学性质之研究——中北部地区.78年度水土保持及集水区经营研究计划成果汇编,林业特刊第26号,台湾台北,1990,pp. 371~383
- 41 蔡光荣.台湾山坡地土壤力学性质之研究——台东地区.79年度水土保持及集水区经营研究计划成果汇编,林业特刊第32号,台湾台北,1991,pp. 305~325
- 42 苏苗彬.台湾山坡地土壤力学性质之研究——北部地区.78年度水土保持及集水区经营研究计划成果汇编,林业特刊第32号,台湾台北,1991,pp. 327~352
- 43 范正成.台湾山坡地土壤力学性质之研究(五).78年度水土保持及集水区经营研究计划成果汇编,林业特刊第32号,台湾台北,1991,pp. 353~375