

水土保持工程学

名河外译, 填空, 计算, 简答题

目 录

前言	(1)
第一章 绪论	(1)
第一节 水土保持的历史与现状	(1)
第二节 水土保持的基本原则	(2)
第三节 水土保持工程学的研究对象和内容	(3)
第四节 与本课程相关联的学科	(5)
第二章 斜坡固定工程	(6)
第一节 斜坡应力状态和块体运动	(6)
<i>概</i> 一、 <u>斜坡应力状态</u>	(6)
二、块体运动	(8)
第二节 斜坡稳定性分析	(10)
<i>水</i> 一、 <u>影响斜坡稳定性的因素</u>	(10)
二、斜坡稳定性分析方法	(12)
第三节 斜坡固定工程 <i>种类</i>	(20)
一、挡墙	(20)
二、抗滑桩	(21)
三、削坡和反压填土	(21)
四、排水工程	(21)
五、护坡工程	(24)
六、滑动带加固工程	(24)
七、植物固坡措施	(25)
八、落石防护工程	(25)
第四节 <u>山坡截流沟</u> <i>概念</i>	(26)
一、截流沟的作用	(26)
二、截流沟的布置	(26)
三、截流沟断面设计	(26)
四、截流沟施工	(27)
第五节 <u>沟头防护工程</u> <i>概念</i>	(28)
一、蓄水式沟头防护工程	(28)
二、泄水式沟头防护工程	(29)
第六节 崩岗治理工程	(35)
第三章 田间工程	(36)

第一节 梯田发展概况	(36)
第二节 梯田的作用与分类	(36)
一、坡面水流的力学分析	(36)
二、土壤流失量及其影响因素	(38)
三、田间工程的作用	(39)
四、梯田的分类	(42)
第三节 梯田的规划与设计	(44)
一、梯田的规划	(44)
二、梯田的断面设计	(46)
第四节 梯田的施工	(55)
一、梯田的定线	(55)
二、土方平衡计算	(56)
三、梯田的施工	(59)
第五节 坡面蓄水工程	(67)
一、水窖	(67)
二、涝池	(69)
第四章 沟床固定工程	(72)
第一节 泥沙运动	(72)
一、悬移质	(72)
二、底移质	(73)
三、泥沙来源	(73)
四、泥沙的特征	(73)
五、影响泥沙运动的力	(74)
六、临界冲刷及沉降流速	(77)
七、流水的挟沙量	(78)
八、泥沙运动的频率	(79)
第二节 谷坊	(80)
一、谷坊的作用	(80)
二、谷坊的种类	(80)
三、谷坊高度与间距的确定	(81)
四、谷坊位置的选择	(82)
五、谷坊的施工	(82)
第五章 拦沙坝	(88)
第一节 拦沙坝的作用	(88)
第二节 坝址选择	(88)
第三节 坝高与拦沙量确定	(89)
一、拦沙坝坝高的确定	(89)
二、拦沙量计算	(89)
第四节 坝型选择	(90)
一、砌石坝	(90)

沟道工程的作用

各淤水控

13号
周日上午8:30

二、混合坝	(91)
三、铁丝石笼坝	(92)
四、格栅坝	(92)
第五节 重力坝的断面设计	(94)
一、断面轮廓尺寸的初步拟定	(94)
二、坝的稳定与应力计算	(95)
第六节 溢流口设计	(102)
一、确定溢流口形状和两侧边坡	(102)
二、计算坝址处设计洪峰流量	(102)
三、选定单宽溢洪流量，估算溢流口宽度	(103)
第七节 坝下消能与冲刷深度计算	(104)
一、坝下消能	(104)
二、坝下游冲刷深度计算	(105)
第八节 拱坝	(105)
一、拱坝的特点	(105)
二、拱坝的布置	(106)
三、拱坝的应力分析	(108)
四、拱坝与沟岸的连接	(110)
第六章 淤地坝	(116)
第一节 淤地坝的组成，分类和作用	(116)
一、淤地坝的组成及其运用特性	(116)
二、淤地坝的分类及分级标准	(116)
三、淤地坝设计洪水标准	(117)
四、淤地坝的作用	(118)
第二节 坝系规划	(118)
一、坝系规划的原则	(119)
二、坝系布设	(119)
三、坝系形成和建坝顺序	(121)
四、小流域坝系防御洪水标准	(122)
第三节 淤地坝工程规划	(122)
一、坝址选择	(122)
二、资料收集和地形测量	(123)
三、集水面积测量及库容曲线绘制	(124)
四、淤地坝水文计算	(128)
第四节 淤地坝坝高的确定及其调洪演算	(129)
一、淤地坝坝高的确定	(129)
二、淤地坝调洪计算	(140)
第五节 建筑材料的选择与设计	(141)
一、材料场的选择	(141)
二、材料的选择与设计	(142)

第六节	土坝设计	(166)
一、	土坝枢纽布置	(166)
二、	土坝坝型选择	(166)
三、	土坝的断面尺寸拟定	(169)
四、	土坝的排水	(170)
五、	分期加高坝初修坝高的拟定	(173)
六、	坝体土方量的计算	(173)
七、	土坝的渗透计算	(174)
八、	土坝的稳定计算	(183)
第七节	溢洪道设计	(188)
一、	溢洪道位置的选择	(188)
二、	溢洪道的型式和断面尺寸的确定	(189)
第八节	放水建筑物设计	(201)
一、	放水建筑物的作用及其位置选择	(201)
二、	竖井设计	(202)
三、	分级卧管设计	(203)
四、	输水涵洞设计	(209)
第九节	游地坝工程施工	(234)
一、	土坝施工	(234)
二、	涵洞施工	(238)
三、	溢洪道施工	(239)
四、	施工组织及概算	(239)
第七章	小型水库	(245)
第一节	概述	(245)
一、	库址选择	(245)
二、	地质调查	(246)
三、	地形测量	(246)
第二节	水库的特性曲线和特征水位	(248)
一、	水库的特性曲线	(248)
二、	水库的特征水位	(249)
第三节	死库容和死水位的确定	(249)
一、	死水位应保证水库自流灌溉	(249)
二、	死库容应满足泥沙淤积的要求	(250)
第四节	水库兴利调节计算及设计蓄水位的确定	(252)
一、	水库的调节性能	(252)
二、	年调节水库	(253)
三、	多年调节水库	(260)
第五节	水库防洪规划	(269)
一、	水库防洪规划的目的和任务	(269)
二、	设计洪水 and 设计标准	(269)

三、小流域设计洪水的计算	(270)
四、水库调洪计算的基本原理和方法	(270)
五、水库溢洪道宽度和坝顶高程的确定	(270)
第六节 水库兴利管理运用	(278)
一、小型水库简易供水计划	(278)
二、水库兴利调度图	(278)
三、水库兴利调度图的编制	(279)
第八章 山洪排导工程	(282)
第一节 山洪及泥石流的特性	(282)
一、山洪及泥石流的定义	(282)
二、山洪及泥石流形成的水文因素	(283)
三、山洪及泥石流形成的地质与地貌因素	(286)
第二节 荒溪分类	(288)
一、国外的山溪分类工作	(288)
二、国内的荒溪分类工作	(291)
第三节 山洪及泥石流洪峰流量的确定	(294)
一、最大清水洪峰流量的确定	(294)
二、高含沙山洪洪峰流量的确定	(295)
三、泥石流洪峰流量的确定	(295)
第四节 山洪及泥石流排导沟	(295)
一、排导沟的平面布置	(295)
二、排导沟的类型	(297)
三、排导沟的淤积措施和断面设计	(297)
第五节 沉沙场	(300)
一、沉沙场规划布置	(300)
二、沉沙容量的确定	(300)
三、沉沙场的结构	(301)
第九章 护岸工程与治滩造田	(303)
第一节 河道横向侵蚀的机理	(303)
一、横向侵蚀与弯道水流的特性	(303)
二、河道演变的机理	(304)
三、横向侵蚀的防治	(305)
第二节 护岸工程	(306)
一、护岸工程的目的及种类	(306)
二、护岸工程的设计与施工	(306)
第三节 整治建筑物	(310)
一、丁坝	(310)
二、顺坝	(317)
第四节 治滩造田工程	(319)
一、治滩造田的类型	(320)

二、整治线的规划	(321)
三、新河槽断面设计	(322)
四、整治建筑物设计	(325)
五、河滩造田的方法	(325)
第十章 山地灌溉	(330)
第一节 灌溉排水系统的组成	(330)
第二节 灌溉水源的估算及水质评价	(330)
一、灌溉水源估算	(330)
二、灌溉水质评价	(332)
第三节 灌溉渠系规划	(335)
一、引水枢纽规划	(335)
二、渠系规划	(339)
三、渠系建筑物规划	(341)
四、灌区查勘与测量要求	(342)
第四节 灌溉渠道设计	(343)
一、设计步骤	(343)
二、灌溉设计标准及灌溉用水量	(343)
三、灌溉渠道流量计标	(345)
四、渠道纵断面设计	(356)
五、渠道横断面设计	(360)
第五节 小型渠道建筑物	(375)
一、跌水与陡坡	(375)
二、渡槽	(384)
三、水闸	(393)
第十一章 灌溉技术	(402)
第一节 地面灌溉与地下灌溉	(402)
一、地面灌溉	(402)
二、地下灌溉	(406)
第二节 喷灌	(407)
一、喷灌系统的组成和分类	(407)
二、喷头的基本参数和性能指标	(408)
三、旋转式喷头的主要水力参数及其影响因素	(417)
四、喷灌系统的规划设计	(419)
第三节 扬水灌溉	(426)
一、扬水站的规划	(426)
二、水泵的选择及安装	(428)
三、建筑物枢纽	(450)

第一章 绪 论

水土保持工程学是应用工程之原理,防治山区、丘陵区、风沙区水土流失,保护、改良与合理利用水土资源,以利于充分发挥水土资源的经济效益和社会效益,建立良好生态环境的科学。水和土是人类赖以生存的基本物质,是发展农业生产的基本要素。水土保持对发展山区、丘陵区、风沙区的生产和建设,整治国土、治理江河,减少水、旱灾害,防止土地退化,维持生态系统平衡,具有重要意义。

第一节 水土保持的历史与现状

在古代,人类结合农业生产早已采用水土保持措施。公元前956年,中国古代《吕刑》中就有“平水土”、“平治水土”的记载,相当于现代的水土保持。涉及水土保持理论的文献最早见于《国语》(公元前550年)。书中指出:“古之长民者,不堕山,不崇藪,不防川,不塞泽。……山,土之聚也;藪,物之归也;川,气之导也;泽,水之钟也。”作者认为山陵是土壤聚集的地方,藪泽是百物生长繁殖的场所,河川可以通水和调节气候,沼泽能拦蓄洪水,因此,古代先王有不毁坏山陵,不垫高藪泽,不在河流修堤防,不渲泄沼泽的说法。这样的认识对当时保护森林和水土保持,都起了一定的作用。中国历代劳动人民在水土保持实践中还创造了许多行之有效的水土保持措施。战国末期(公元前221年)劳动人民就已采用“高低畦整地”的方法蓄水保墒,商代已创造了防止坡地水土流失的“区田”法,此法颇似今天山区群众采用的“掏种”和“坑田”法。中国早在西汉已经出现了梯田。十八世纪黄河中游的山区农民已开始打坝淤地。在水土保持造林种草方面,古代西周已开始采用封山育林的方法在山区大面积恢复植被,保持水土。东汉王充在他著的《论衡》一书中明确指出:“地性生草(指五谷及牧草)、山性生木”,为合理利用土地及荒山、荒坡造林提供了理论依据。中国古代劳动人民在与水土流失作斗争的过程中,积累了丰富的经验,并从实践中总结了至今对水土保持工作仍有借鉴价值的理论,其中有:“森林抑流固沙”、“沟洫治黄”、“人人治田,则人人治河”、“治水先治源”等方面的理论。国外水土保持工作的发展特点与各国自然条件及社会经济条件关系密切。欧洲文艺复兴以后,围绕因滥伐山地森林而引起的山地的荒废,阿尔卑斯山区各国采取了以恢复森林为中心的森林复旧工程,取得一定的成效。奥地利1884年制定了世界上第一部“荒溪治理法”,总结出一套完整的防治荒溪侵蚀的森林——工程措施体系。1886年,日本明治维新以后,以日本关东山洪及泥石流灾害为契机,在原有的“治水在于治山”传统思想的基础上,于1928年创立了具有日本特色的砂防工学(即水土保持工程学)。欧洲阿尔卑斯山区各国及日本主要针对山洪及泥石流灾害开展水土保持工作。另一方面,随着土壤科学及山地农业开发利用技术的发展,开始形成土壤侵蚀及其防治学。20世纪三十年代,美国农学教授贝勒特(H.H.Bennet)创立了以保护、改良与合理利用耕作土壤为中心的“土壤保持学”(Soil Conservation)。美国水土保持事业的发展与殖民者肆意开垦大面积的天然草原和原始森林而引起的严重水土流失危害有密切的关

系。苏联学者在1917年苏维埃政府成立以后，继承了俄罗斯著名科学家道库恰也夫（В.В. ДОКУЧАЕВ）、柯斯特切也夫（Н.А.КОСТЫЧЕВ）、威廉士（В.Р.ВИЛЬЯМС）等人景观系统生态学的思想体系创立了农地森林改良气候土壤学和水利改良土壤及农业改良土壤学，体现了采用综合措施改良土壤、维护与提高土地生产力的观点。这些理论在20世纪四十年代以后指导了苏联“关于种植护田林带，实施草田轮作、建造池塘和水库，以保证苏联欧洲部分草原地区和森林草原区农业稳定丰产计划”的实施。

中国在三十年代，许多土壤科学工作者结合土壤调查，对全国各地的土壤侵蚀现象和防治办法进行研究。1939年四川内江甘蔗种植试验场在土壤科学工作者的帮助下，在坡耕地上设立了径流小区，观测不同耕作法的水土流失量与产量的关系。1940年旧黄委会内一些科技人员针对治黄工作，提出了防治泥沙问题，并成立了林垦设计委员会，推动以森林防止侵蚀、保护农田、涵养水源、改善水文状况方面的工作。同年8月林垦设计委员会改名为水土保持委员会。从此，“水土保持”才作为专用术语使用。从1941年起，先后在甘肃天水、陕西长安、福建河田等地建立了水土保持试验区，在甘肃平凉、清水等地设立了林草种苗繁殖场，有些农林科研机构也开展水土保持研究。1943年、1945年，又先后在黄河中上游和西南各省进行水土保持考察。有些水土保持机构引种了一些优良的水土保持林草种苗，观测了水土流失规律和水土保持措施效益，取得了一定的成果。但是，当时的政府根本不重视水土保持工作，因此，水土保持研究成果的应用与推广，实际成效甚微。全国水土流失危害日益严重。

新中国成立以后，党和政府对水土保持工作十分重视。1952年政务院发出了《关于发动群众继续开展防旱、抗旱运动并大力推行水土保持工作的指示》；1957年国务院发布了《中华人民共和国水土保持暂行纲要》，成立了国务院水土保持委员会；1964年国务院制定了《关于黄河中游地区水土保持工作的决定》，1965年成立了黄河中游水土保持委员会。为了加强领导，1982年成立了全国水土保持工作协调小组，并由国务院批准发布了《中华人民共和国水土保持工作条例》。据统计，截至1985年，全国初步治理水土流失面积44万 km^2 ，占水土流失总面积的29.3%，其中黄河中游地区累计初步治理面积约10万 km^2 。水土保持工作已经取得了明显的成效，主要表现在提高山地农田单位面积产量及土地生产率；改变了产业结构，变单一的粮食生产为多种经营；调节河流洪峰流量与减小输沙量；改善了生态环境。水土保持事业的发展推动了科学研究工作的发展，全国水土保持科学试验站（所）已达七十多个。在人才培养方面，北京林学院于1958年成立了水土保持专业并于1980年发展成水土保持系，培养具有水土保持综合技术知识的专门人才。内蒙古林学院、江西水利专科学校也相继建立了水土保持系或专业。三十多年来，中国水土保持工作虽然取得了很大成绩，但由于水土流失面积广大，水土保持的任务仍然十分艰巨。

全世界土壤侵蚀面积已达2500万 km^2 ，占全球陆地总面积的18.5%。据粗略估计，全球年土壤侵蚀总量约600亿t，其中由河川输入海洋的泥沙约200亿t。苏联土壤学家柯夫达（1977）指出：目前世界每年因土壤侵蚀及土地退化等原因要丧失土地500~700万公顷，到本世纪末可能增加到1000万公顷。又据联合国有关机构预测，人均耕地将由1975年的0.3公顷减少到2000年的0.15公顷。因此，就全世界范围而论，水土保持的任务也是十分艰巨的。

第二节 水土保持的基本原则

为了有效益防治山丘区及风沙区的水土流失，保护、改良与合理利用水土资源，在确定

水土保持综合治理措施时，要求遵循以下的原则：

(一) 把防止与调节地表径流放在首位。为此，应设法提高土壤透水性及持水能力；在斜坡上建造拦蓄径流或安全排导径流的小地形；利用植被调节、吸收或分散径流，减小径流的侵蚀能力。

(二) 提高土壤的抗蚀能力。为此，应当采用整地、增施有机肥料、种植根系固土作用强的作物，施用土壤聚合物等。

(三) 提高植被的防护作用，营造水土保持林，调节径流，防止侵蚀作用。

(四) 在已遭受侵蚀的土地上防止水土流失，必须注意辅以改良土壤特性、提高土壤肥力的措施、把保持土地与改良土地结合起来。

(五) 采用综合措施防治水土流失。综合措施包括水土保持土地规划、水土保持农业技术措施、水土保持林草措施及水土保持工程措施。以小流域为单元形成一个各项措施之间互相联系、相辅相成的综合措施体系。

(六) 因地制宜。针对不同的水土流失类型区的自然条件制定不同的综合措施体系，提出保护、改良与合理利用水土资源的具体方案。因地制宜是水土保持措施设计的科学基础。

(七) 生态——经济效益最优的原则。在设计水土保持综合治理措施体系过程中，应当提出多种方案，选用生态——经济效益最大的方案。在确定水土保持综合治理方案中，全面估计方案实施后的生态后果，预测水土保持措施对成土作用及自然环境因素的影响。

第三节 水土保持工程学的研究对象和内容

一、研究对象

水土保持工程学的研究对象是斜坡及沟道中的水土流失机理，即在水力、重力、风力等外营力作用下，水土资源损失和破坏的过程及其工程防治措施。水土流失的形式包括水的损失及土体损失。土体损失（或土地表层侵蚀）除雨滴溅蚀、片蚀、细沟侵蚀浅沟侵蚀、切沟侵蚀等典型的土壤侵蚀形式外，还包括河岸侵蚀、山洪侵蚀、泥石流侵蚀以及滑坡等侵蚀形式。水的损失在美国及其他一些国家的水土保持文献中是指植物截留损失、地面及水面蒸发损失，植物蒸腾损失，深层渗漏损失、坡地径流损失。在中国，水的损失主要指坡地径流损失。水的损失在干旱地区及半干旱地区加重了大气干旱及土壤干旱对农业、林业、牧业等生产事业的危害。

在中国，水土流失一词最先应用于山丘地区，描述水力侵蚀作用，“水冲土跑”、“跑土、跑水、跑肥”，即水土流失。二十世纪三十年代“土壤侵蚀”一词从欧美传入中国，水土保持科技人员开始把“水土流失”作为“土壤侵蚀”的同义语，“水土流失”的涵义也相应扩大，还包括风力侵蚀。随着水土保持的目的与任务由防治土壤侵蚀扩大为对水土资源的保护、改良与合理利用，水土流失的概念也相应扩大。

水的损失 (Water loss) 形式 降水 (包括降雨及降雪) 在到达地面之前及到达地面以后，其损失形式可分为植物体截留损失(I)、地面蒸发损失(E)、杂草蒸腾损失(T)、坡地径流损失(R)、深层(根系分布层以下)渗透损失(D)等。农田中作物可利用的水量(A)可以用下列关系式表达：

$$A = P - [I + R + E + T + D]$$

每次降水都可能被植物截留一小部分，但对作物可利用水量影响不大。坡地径流损失决

定于土壤透水能力、土壤结构、土壤含水量、土壤板结程度以及地面坡度，最大可达每次降水量的75%。地面蒸发损失在干旱地区一般占年降水量50%以上；与气温、空气相对湿度、土壤湿度、坡向有关。作物生长所需要的蒸腾作用需水量不属于水的损失形式。杂草蒸腾作用引起的水分损失量决定于耕作制度。植物根系分布层以下的渗透水量一般不能被作物利用。在干旱及半干旱地区由于降雨量小，深层渗透量不大；在降雨量多的湿润地区，深层渗透量可以达到相当大的数值。

坡地径流损失是水分损失的主要形式，它不仅减小土壤含水量，影响作物产量以及乔灌木、牧草的生长状况，而且是引起坡地土壤侵蚀的主要营力。控制坡地径流损失是当前我国干旱的水土流失地区大力提倡的“径流农业”、“径流林业”的重要环节，它有利于充分利用天然降水为发展农、林、牧等生产事业服务。

二、水土保持工程的内容

水土保持工程措施是小流域水土保持综合治理措施体系的组成部分，它与水土保持生物措施同等重要，不能互相代替。另外水土保持工程措施与生物措施之间是相辅相成互相促进的。

中国历代劳动人民在水土保持实践中创造了许多行之有效的水土保持工程措施。早在西汉时期已经出现了雏形“梯田”。黄河中游的山区农民在十八世纪开始打坝淤地。坡塘的利用和兴建早在《禹贡》和《诗经》中已有记述。引洪漫地（淤灌）在中国也有着悠久的历史。陕西省富平县赵老峪引洪漫地区，是中国最古老的引洪漫地工程之一。欧洲文艺复兴之后，围绕山地荒废与山洪及泥石流灾害问题，阿尔卑斯山区开展了荒溪治理工作。当地农民修建干砌石谷坊、原木谷坊、铁线石笼拦沙坝等工程，固定沟床、拦蓄泥沙，调节洪峰流量以减小山洪及泥石流灾害。奥地利的蓄溪治理工程、日本的防沙工程均相当于我国的水土保持工程。美国则在五十年代出版了《水土保持工程学》，作为农业院校农业工程专业的教科书。美国《水土保持工程学》包括六项内容：（1）侵蚀的控制；（2）排水，（3）灌溉，（4）防洪，（5）土壤水分保持，（6）水资源开发。

中国根据兴修目的及其应用条件，水土保持工程可以分为以下4种类型：（1）山坡防护工程；（2）山沟治理工程；（3）山洪排导工程；（4）小型蓄水用水工程。

山坡防护工程的作用在于用改变小地形的方法防止坡地水土流失，将雨水及融雪水就地拦蓄，使其渗入农地、草地或林地，减少或防止形成坡面径流，增加农作物、牧草以及林木可利用的土壤水分。同时，将未能就地拦蓄的坡地径流引入小型蓄水工程。在有发生重力侵蚀危险的坡地上，可以修筑排水工程或支撑建筑物防止滑坡作用。属于山坡防护工程的措施有：梯田、拦水沟埂、水平沟、水平阶、水簸箕、鱼鳞坑、山坡截流沟、水窖（旱井）、蓄水池以及稳定斜坡下部的挡土墙等。

山沟治理工程的作用在于防止沟头前进、沟床下切、沟岸扩张，减缓沟床纵坡，调节山洪洪峰流量，减少山洪或泥石流的固体物质含量，使山洪安全地排泄，对沟口冲积锥不造成灾害。属于山沟治理工作的措施有：沟头防护工程、谷坊工程，以拦蓄调节泥沙为主要目的的各种拦沙坝、以拦泥淤地、建设基本农田为目的淤地坝及沟道护岸工程等。

山洪排导工程的作用在于防止山洪或泥石流危害沟口冲积锥上的房屋、工矿企业、道路及农田等具有重大经济意义及社会意义的防护对象。属于山洪排导工程的有排洪沟、导流堤等。

小型蓄水用水工程的作用在于将坡地径流及地下潜流拦蓄起来，减少水土流失危害，灌溉

农田，提高作物产量。小型蓄水用水工程包括小水库、蓄水塘坝、淤滩造田、引洪漫地、引水上山等。

在规划布设小流域综合治理措施时，不仅应当考虑水土保持工程措施与生物措施、农业耕作措施之间的合理配置，而且要求全面分析坡面工程、沟道工程、山洪排导工程及小型蓄水用水工程之间的相互联系，工程与生物相结合，实行沟坡兼治，上下游治理相配合的原则。水土保持工程措施的洪水设计标准根据工程的种类，防护对象的重要性来确定，坡面工程均按5~10年一遇24小时最大暴雨标准设计。治沟工程及小型蓄水工程防洪标准根据工程种类、工程规模确定。淤地坝、拦沙坝，小型水库一般按10~20年一遇的洪水设计，50~100年一遇的洪水校核。引洪漫地工程一般按5~10年一遇的洪水设计。

小流域综合治理是一项系统工程，包括多种措施。随着系统工程的发展，在水土保持工程规划设计中，将会更广泛地应用系统工程理论。另外，为了使水土保持工程的设计与施工现代化，将逐步推广电子计算机辅助设计方法与先进的机械设备。

第四节 与本课程相关联的学科

水土保持工程学与一些基础性自然科学、应用科学和环境科学均有紧密的联系。在基础科学方面：（1）水土保持学与气象学、水文学的关系，各种气候因素和不同气候类型对水土流失都有直接或间接的影响，并形成不同的水文特征。水土保持工作者，一方面要根据气象、气候对水土流失的影响以及径流、泥沙运行的规律采取相应的措施，抗御暴雨、洪水、干旱、大风的危害，并使其害变为利；另一方面通过综合治理，改变大气层下垫面性状，对局部地区的小气候及水文特征加以调节与改善。（2）水土保持工程学与地貌学的关系；地形条件是影响水土流失的重要因素之一，而水蚀及风蚀等水土流失过程又对塑造地形起重要作用。地面上各种侵蚀地貌是影响水土流失的因素。（3）水土保持工程学与地质学的关系。水土流失与地质构造、岩石特性有很大关系。许多水土流失作用如滑坡、泥石流等均与地质条件有关，水土保持工程的设计与施工涉及地基、地下水等方面的问题，需要运用第四纪地质学、水文地质学及工程地质学的专业知识。（4）水土保持工程与土壤学的关系；土壤是水蚀和风蚀的主要对象，不同的土壤具有不同的渗水、蓄水和抗蚀能力。改良土壤性状，保持与提高土壤肥力与防止水土流失有很大的关系。（5）水土保持工程学与应用力学关系密切，为了查明水土流失原因，确定防治对策，除水力学、泥沙水动力学、工程力学外，还需要土力学、岩石力学等方面的知识。在应用科学方面，水土保持工程学与农学、林学及农田水利学、水利工程学等均有密切关系。

第二章 斜坡固定工程

向一个方向倾斜的地段称为斜坡。斜坡由坡面、坡顶及其下部一定深度的坡体组成（图 2—1）。按照物质组成可将斜坡分为岩质斜坡和土质斜坡。按人为改造程度，斜坡分为自然斜坡和边坡。自然斜坡即未经人为改造破坏的斜坡，如天然沟坡岸坡、山体斜坡等；边坡又叫人工斜坡，即人工改造了形状的斜坡，如坝坡、渠道边坡等。斜坡可按稳定性分为稳定斜坡、失稳斜坡和可能失稳斜坡，后两者又统称病害斜坡。按地貌部位，斜坡又分为山坡、梁阶坡、沟坡等。

坡地在山区农业生产中占有重要地位，斜坡又是泥沙和径流的策源地，水土保持要坡沟兼治，而坡面治理是基础。

坡面治理工程包括梯田工程、斜坡固定工程和坡面蓄水工程等。

斜坡固定工程是指为防止斜坡岩土体（即组成斜坡的岩体和土体）的运动、保证斜坡稳定而布设的工程措施，包括挡墙、抗滑桩、排水工程、护坡工程、植物固坡措施等。斜坡固定工程在防治滑坡、崩塌和滑塌等块体运动方面起着重要作用，比如，排水工程能降低岩土体的含水量，使之保持较大的凝聚力和摩擦力，挡土墙、抗滑桩能增大坡体的抗滑阻力。

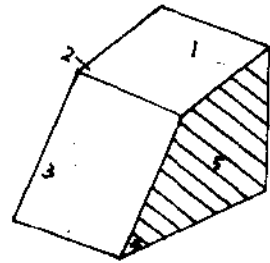


图 2—1 斜坡的组成
1—坡顶面；2—坡肩；3—坡面；4—坡角；5—坡体

第一节 斜坡应力状态和块体运动

块体运动是指斜坡上的风化碎屑或不稳定岩土体在重力作用下以单个落石、碎屑或整块岩土体向下运动，例如滑坡、崩塌、蠕动等。块体运动相当于重力侵蚀，是斜坡固定工程的防治对象。

块体运动决定于坡体的应力状态和岩土体的强度特点，因此要首先了解坡体中的应力分布特征。

一、斜坡应力状态

（一）地应力

地壳岩土体内在天然状态条件下所具有的内应力称为地应力，它分布在岩土体的每一个质点上。地应力可按成因分为天然应力和感生应力。未经人为扰动的岩土体内天然状态的应力称为天然应力，又称初始应力；岩土体内由工程引起的应力称为感生应力，又称次生应力。天然应力主要包括自重应力和构造应力。由岩土体自重引起的应力称自重应力；岩土体内长期存在的构造运动的内在力称为构造应力。

岩土体内任一点的地应力包括铅直应力（ σ_z ）和水平应力（ σ_x, σ_y ）（图 2—2），或按应力大小分别称为最大主应力（ σ_1 ）、中间主应力（ σ_2 ）和最小主应力（ σ_3 ）。铅直应

力和水平应力中, 哪个为最大主应力, 哪个为中间主应力和最小主应力, 取决于地质条件。

(二) 斜坡应力分布

斜坡是在内力地质作用和外力地质作用下形成和发展的。所谓内力地质作用, 是指来自地球内部的力所引起的地壳运动和岩浆活动等。所谓外力地质作用, 是指来自地表外部的力, 如风化、重力、流水、地下水、冰川、冻融、风力、波浪等的作用力以及人为作用力等。

斜坡形成前岩土体所处的应力状态称为原始应力状态。斜坡形成后, 应力状态发生变化, 坡体质点便向坡面方向移动, 应力重新调整, 发生明显的应力重分布现象, 斜坡应力分布有以下特点:

1. 坡体中主应力方向发生明显偏转 (图 2—3)。坡面附近的最大主应力 (σ_1) 与坡面近于平行, 其最小主应力 (σ_3) 与坡面近于正交; 坡体下部出现近乎水平方向的剪应力, 且总趋势是由内向外增强, 愈近坡角处愈强。向坡体内部逐渐恢复到原始应力状态。

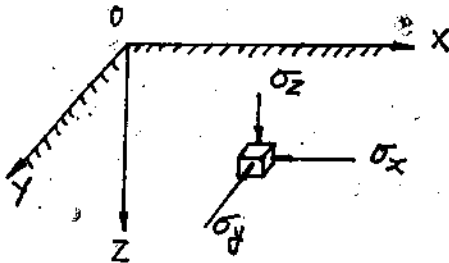


图 2—2 地应力示意图

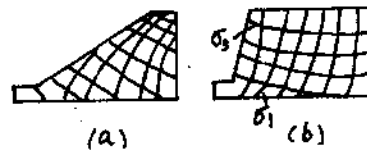


图 2—3 斜坡主应力迹线示意图

(a) $\alpha=30^\circ$; (b) $\alpha=75^\circ$;

σ_1 、 σ_3 ——主应力迹线

2. 坡体中产生应力集中现象。坡脚附近形成明显的应力集中带; 坡度愈大, 集中愈明显。坡脚应力集中带的主要特点是最大主应力与最小主应力的应力差达到最大值, 出现最大的剪应力集中, 形成一最大剪应力增高带。

3. 坡面的岩土体由于侧向压力近于零, 实际上变为两向受力状态; 而向坡体内部逐步变为三向受力状态。

4. 坡面或坡顶的某些部位, 由于水平应力明显降低而可能出现拉应力, 形成拉应力带 (图 2—4)。

(三) 影响斜坡应力分布的主要因素

斜坡形成后, 其应力分布主要受原始应力状态、坡面几何状态和岩土体结构特征的影响。

斜坡应力状态首先取决于原始应力状态。在新的构造运动强烈的地区, 往往存在较大的水平构造残余应力 (σ_x), 在斜坡岩体的临空面附近常常形成应力集中, 这在坡脚、坡面及坡顶拉应力带表现得最明显。

坡面几何状态是影响坡体应力分布的主要因素。坡面几何状态主要指坡度, 其次有沟底宽度和坡型。坡度增大, 坡顶及坡面拉应力带的范围扩大, 坡脚应力集中带的最大剪应力也

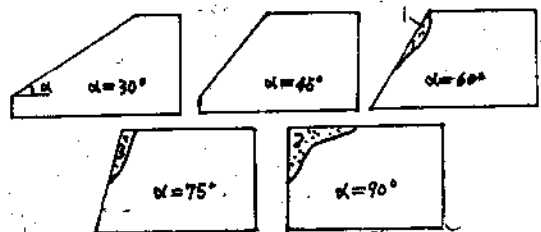


图 2—4 坡顶及坡面拉应力带示意图

1、2、3——拉应力带

随之增高。沟底岩土体因沟坡岩土体向下滑移的趋势而呈挤压状态，应力增高，变形加剧，这主要表现在坡脚附近，当沟底宽度大于0.8倍坡高时，这种作用便减弱。坡型在此指的是坡面凹凸。凹坡使沿坡面走向的水平压应力（中间应力）增强，凸坡则使水平压应力削弱，或出现拉应力，前者有利于坡体稳定，后者相反。可见，陡坡与缓坡、凸坡与凹坡比较，前者的稳定性差。

斜坡岩土体结构特征对应力分布的影响很复杂，主要表现为由于岩土体的不均一和不连续，使其沿结构面周边出现应力集中或应力阻滞现象。斜坡岩土体结构是块体运动的控制性条件。坡体中平缓软弱结构面的上盘应力值较高，下盘应力值较低；而软硬两种岩土体界面处，硬侧应力值急剧增高。可见，坡体中结构面的存在，使斜坡应力不连续。

二、块体运动

按照规模和特征，可将块体运动分为滑坡、崩塌、滑塌、泻溜和蠕动等类型。

(一) 滑坡

滑坡是指坡面上的大量岩土体或其他碎屑堆积体，在重力、水等的作用下，沿一定的作用面整体下滑的现象。

滑坡是山区和黄土区经常遇到的一种自然灾害，对人民生命财产带来严重威胁。例如，1983年3月7日甘肃省东乡族自治县洒勒山发生了一次大型滑坡，约4000—5000万立方米的山体向前滑动了400多米，滑动及覆盖堆积范围约1.4—1.5平方公里，滑坡涉及9个生产队，其中4个生产队遭受毁灭性损失，共死亡220人，伤22人。摧毁房屋，毁坏农田，群众的财产损失严重，估计折合人民币至少几十万元，另外还毁坏了一些水利、交通和通讯设施。

滑坡包括滑坡体、滑动面、滑坡后壁、滑坡床等部分（图2—5）。

滑坡体，或称滑体，即向下滑动的那部分岩体或土体。滑坡体基本保持原有结构，其上的树木可能因滑坡体旋转而倾斜，称为醉林。滑坡体体积从几十到几亿立方米不等。

滑坡体沿着坡体内一定的面滑动，这就是滑动面，在均质土体中，其纵剖面近圆弧形，上陡下缓，前缘出口呈反坡。滑动面有时不止一个，这时分为主滑动面和分支滑动面，滑坡体也因此分为几个台坎，称滑坡台阶。滑动面附近有时有一剪切变形的岩带，称滑动带，它由压碎的岩石、岩屑、岩粉和泥质物组成，厚度从数厘米到数米不等。

滑坡壁即滑坡体与母体（又叫滑坡床）接触部分露出的围椅状陡崖；坡度60—80°，高度不等，其上有有时有擦痕，在基岩坡上，滑坡壁常沿较陡的构造节理出现。

滑坡床又称滑床，即滑坡体下未动的岩土体。

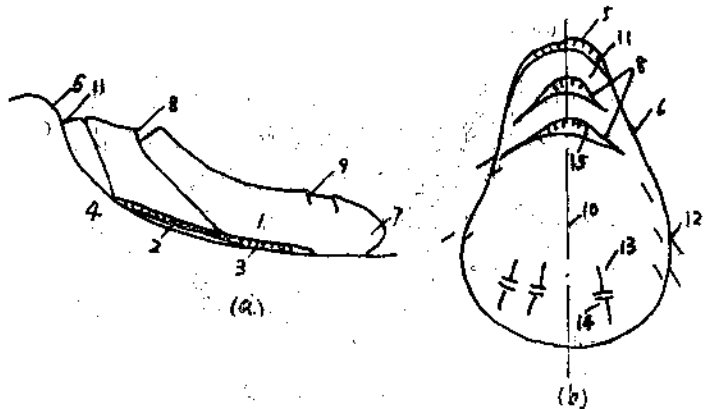


图2—5 滑坡形态结构示意图

(a) 剖面；(b) 平面

- 1—滑坡体；2—滑动面；3—滑动带；4—滑坡床；
5—滑坡壁；6—滑坡周界；7—滑坡舌；8—滑坡台阶；
9—滑坡裂缝；10—主滑线；11—滑坡洼地；12—剪切裂缝；
13—扇形裂缝；14—鼓张裂缝；15—拉张裂缝

滑坡体前缘常伸入沟谷，呈舌状突出，故称滑坡舌或滑坡头。在滑动过程中，滑坡舌前面常因受阻、挤压而鼓起，称滑坡鼓丘。

滑坡体与滑坡壁之间的沟槽状洼地称滑坡洼地，积水后成为滑坡湖。

主滑线又称滑坡轴，即滑坡体运动最快的纵向线，它代表滑坡体的运动方向。

按照物质组成、滑动速度、力学特征、滑坡体形态、规模、厚度、滑坡年代和发展阶段等，可对滑坡进行不同的分类。按物质组成可分为土质滑坡和岩质滑坡。土质滑坡又分粘土滑坡、黄土滑坡和碎屑滑坡。粘土滑坡因粘土成分不同而呈现不同特征；黄土滑坡是基本完整的块体沿着弧形滑动面旋转下滑，滑坡体一般较厚；碎屑滑坡是堆积土和岩屑堆积体沿着基本平直的滑动面下滑。岩质滑坡又分为风化岩浆岩滑坡、沉积岩滑坡和变质岩滑坡。

滑坡的形成条件如下。

1. 地貌条件

高而陡的凸形坡稳定性差，在山区，大量滑坡发生在河谷线内，其中，大型滑坡集中分布在凹岸陡坎处。

2. 物质组成和地质结构

易滑地层有：粘土和松散堆积层，沉积岩互层地区夹有软弱层的薄层页岩、泥岩、煤系等地层，含有绿泥石、叶蜡石、云母矿物的片岩、千枚岩地层。容易形成滑动面的软弱面有：层面、片理面、断层面、解理面、堆积层内的分界面及其基底面、含水层的顶底面，基岩风化壳中风化程度不同的各层的分界面。当这些软弱面倾向与坡向一致，且岩层倾角小于坡角时最易发生滑坡。

3. 地下水的作用

坡体被地下水浸湿后抗剪强度降低；地下水层对上覆岩层有浮托力，使抗滑力减小；土石中的易溶物质被水溶解后，成分发生变化，也使抗剪强度降低；地下水位升高产生很大的静、动水压力。这些都有利于滑坡产生。

斜坡形态的改变、大气降水和地下水的变化，地震和爆破震动等因素促进滑坡条件形成，从而会导致滑坡。

(二) 崩塌

在陡峻的山坡上，巨大的岩土体或碎屑层在重力作用下，突然沿坡面倾倒、崩落，这种现象叫崩塌。崩塌的结果是在坡脚形成碎石堆或岩屑堆。在高山峡谷区进行道路和工程建设，常遇到倒石堆，那些不稳定的高大的倒石堆容易发生崩塌，产生严重危害。黄土陡崖也经常崩塌，使沟谷扩展。通常崩塌可分为坚硬岩层崩塌和松散层崩塌，松散层崩塌包括碎屑层崩塌和土类崩塌。

规模很大的山区崩塌又称山崩，其速度快，危害严重。斜坡上的悬崖、危石、不稳定岩块或碎屑，在重力作用下沿坡跳跃式滚落，这种崩塌又称散落，单个大石块崩落叫落石，散落和落石规模不大，但常威胁交通安全。在河流凹岸、海岸等部位，因河水或海水冲刷引起岸坡坍塌，这类崩塌又称坍岸，在长江流域称坍江。坍岸造成河床摆动迁移，破坏沿岸的农田和建筑物。

崩塌的形成条件有地貌、地质和气候条件等。坡度大于休止角时，由松散碎屑组成的坡地有可能发生崩塌。由坚硬岩石组成的坡地，坡度大于 50° — 60° 时可能发生崩塌。相对高差越大，崩塌的规模越大。

结构疏松、破碎的岩石容易崩塌。当岩层层面或解理面的倾向与坡向一致，倾角较大

又有临空面时，最容易崩塌。软硬岩互层，物理风化的差异有利于崩塌。

温差大的地区物理风化强烈，使岩石破碎，容易崩塌，冻融作用强烈地区陡坎上常发生崩塌。

暴雨、强烈的融冰化雪、爆破、地震及人工开挖坡脚等能导致崩塌。

(三) 泻溜和剥落

植被稀少的陡峭土坡，因干湿、冷热、冻结和解冻等作用，表层土体发生膨胀和收缩引起剥蚀，具有棱角的小块状剥落物因重力不断堆积在坡脚，这种现象称泻溜。泻溜常发生在红土坡、黄土坡、土状堆积物和页岩组成的谷坡上。泻溜在任何时候都有发生，遇暴风雨时更为迅速，泻积物还被洪水大量冲走。

剥落是指斜坡岩体因物理风化破碎解体形成岩屑或小岩块的现象。

(四) 滑塌

滑塌介于滑坡和崩塌之间。它是由于下部坡体迅速变形位移，使上部坡体解体而产生滑落崩塌。坡体一般不整体运动，但岩土体有相对位移，垂直位移一般大于水平位移，表面可能有岩土块滚落，但无坠落现象，其局部滑动的滑动面不平整、不连贯。滑塌常发生于土质坡和严重破碎的岩质坡。例如，由砂层、砂砾石层和黄土、亚粘土组成的高而陡的坡上，因下部砂砾石层被波浪淘空，或下部黄土遇水湿陷，引起上部岩土体开裂，从而发生滑塌。

(五) 蠕动

蠕动是指土层和岩层及其风化碎屑物质在重力作用下，十分缓慢地顺坡向下移动。移动速度为每年几毫米至几十厘米，经过长期作用，对生产建设也会带来危害，可使电线杆倾倒、围墙扭裂，甚至使厂房破裂、地下管道扭断。

因物质组成不同，蠕动可分两类。一类是脆性岩土体沿已有滑动面或一定的转点长期缓慢地滑动或转动，岩土体的发生位置相对变化、拉裂，从而松动架空；另一类是塑性岩土体在荷载长期作用下发生变形，在野外可以表现为层状岩石的非构造弯曲，也可表现为柔性岩石沿斜坡表层“揉皱”，或淤泥质软土斜坡的塑性流动。

蠕动逐渐改变了斜坡的平衡条件，到一定时候就会产生滑坡、崩塌等剧烈块体运动，之后，又会发生新的蠕动。

第二节 斜坡稳定性分析

斜坡的稳定性直接关系到斜坡上和斜坡附近的工矿、交通设施和房屋建筑等的安全。要保持斜坡处于稳定状态和治理不稳定斜坡，首先要进行斜坡稳定性分析。

一、影响斜坡稳定性的因素

影响斜坡稳定性的因素主要有地质条件、水文条件、振动作用、边坡形态、植物作用等。

(一) 地质条件

1. 岩土体性质

岩土体性质包括岩土体的坚硬程度，抗风化和抗软化能力，抗剪强度，颗粒大小、形状以及透水性能等。岩土体性质不同，可能发生的块体运动的形式不同。例如，有的地层中滑坡比较发育，是因其中含有特殊的矿物成分，易于形成滑动带。岩土体性质还影响斜坡的状态，有的岩土体可以形成陡峭的斜坡，如石灰岩峡谷和干燥状态下的黄土斜坡，而有的岩土