

目 录

黄土高原的土壤侵蚀·····	周佩华 (1)
地球上的水·····	高博文 (6)
水土保持生态经济系统浅说·····	刘海峰 (15)
关于水土保持几个问题探讨·····	郑子俊 (19)
红土地地区水资源的开发利用·····	阎国辉 (25)
水土保持与江河水资源·····	蒋有保 (31)
蓄水聚流发展农业生产·····	李斌荣 (36)
川东鄂西山丘地区抗御水旱灾害的 措施·····	田一德 (41)
森林为什么能够增加降水量·····	周鸿岐 (50)
我国各类森林保持水土效益简介·····	李一功 (53)
水土保持学及与有关科学关系的探讨·····	甘润波 (57)
浅谈水土保持区划·····	张凤洲 (66)
工矿、交通等开发建设区水土流失的 防治办法·····	曾大林 (72)
四川丘陵地区水土流失的特点及治理 技术·····	段巧甫 (77)
积极推广水土保持十项科学技术·····	刘利年 (82)
水土保持改变了曹家沟村贫困面貌·····	杨忍劳 (91)
怎样编制小流域综合治理规划·····	杜毅斌 (95)
小流域综合治理·····	王礼先 (100)
探索山区开发新路加快农民致富步伐·····	于宗蔚 (106)
实行小流域综合治理是开发山区经济的 根本途径·····	刘颖超等 (113)
浅议土质沟头治理措施·····	徐谦起 (119)

户包治理小流域的新发展·····	孙博源 (124)
小流域治理竣工验收的原则和方法·····	徐传早 (129)
野蔷薇——天然维生素之王·····	苏文锸 (135)
缙毛相思树的栽培技术·····	杨海泉 (139)
油松山地块状育苗·····	麻青山 (143)
干旱地区杏树的栽培技术·····	张 树 (145)
采取措施提高柠条的综合效益·····	王正秋 (149)
植物措施的合理配置·····	张家耀 (154)
种草是水土保持的有效措施·····	祁永池 (160)
灌木的蓄水保土作用·····	聂云生 (162)
马尾松与麻栎混交是蓄水保土的优良 林型·····	刘颖超等 (166)
槲栎混交林效益与栽培技术·····	王俊英 (170)
浅谈农桐间作林及泡桐生产技术·····	姜志伟 (174)
介绍一种新的蓄水保土耕作技术 ——“沟稻垄杂”耕作法·····	黄元等 (180)
一种减灾增产的革新措施——蓄水覆盖 丰产沟·····	于怀良 (185)
综合治理效益计算分析·····	王丽槐 (192)
用平行成对对比法分析水土保持的经济 效益·····	孙亨八 (200)
灰色系统分析方法简介·····	张淑芝 (207)
坡度分级确定法简介·····	赵根梦 (235)
人工模拟降雨·····	宋尚智 (248)
卫星遥感与地理信息系统在水土保持 宏观动态监测中的应用·····	贾德序 (253)

黄土高原的土壤侵蚀

周佩华

(中国科学院、水利部西北水土保持研究所)

黄河是一条多泥沙的河流。黄河的含沙量，在世界各国的河流中占第一位。世界各大河流的含沙量，一般只有1公斤/立方米左右，而黄河的含沙量则高达37.6公斤/立方米。

黄河的泥沙，主要来源于黄土高原的土壤侵蚀，也叫水土流失。

黄土高原位于大青山、阴山以南，秦岭以北，青海日月山以东，太行山以西的黄河中上游地区。黄河在流经黄土高原以前，含沙量并不太高，例如在兰州站实测结果，黄河的平均含沙量只有3.56公斤/立方米，流经黄土高原以后，含沙量猛增至37.6公斤/立方米。

一、黄土高原的土壤侵蚀类型

黄土高原的土壤侵蚀，可分为水力侵蚀、风力侵蚀和重力侵蚀三种类型。水力侵蚀又叫水蚀，是在降雨和径流作用下，土壤被破坏、剥蚀、搬运和沉积的过程。在黄土高原，以水蚀为主，水蚀分布面积最广，危害也最大。风力侵蚀也叫风蚀，是以风为侵蚀动力，使土粒脱离地面，并被搬运和堆积的过程。较严重的风蚀，只发生在黄土高原北部长城沿

线一带。重力侵蚀，是指坡地表层土石物质，在本身重力作用下，失去平衡，发生位移和堆积的一种自然现象。根据地面物质破坏的特征和移动方式，可分为崩塌、滑坡和泻溜。重力侵蚀只是在个别地方零星分布。

二、黄土高原水力侵蚀的特点

1. 黄土高原几乎都为黄土所覆盖。黄土的厚度，大致为150—200米，在土石山区比较薄，由数米到十余米。黄土比较疏松，孔隙度为44—50%；质地匀细，粘粒含量很少，而以粒径0.05—0.01毫米的粉砂含量为多，约占45—60%。因此，黄土遇水以后，很容易分散。取一块5厘米见方的黄土，放在孔径为1厘米的铁丝笼内，并泡在水中，只需要2分钟左右，黄土就完全分散为碎屑。所以，在下雨时，只要发生地表径流，表层土壤就很快分散，并随径流顺坡面流入沟道，再汇集到各支流，然后流入黄河。据统计，在黄土高原，长度在1公里以上的沟就有三十多万条。根据我们在延河支流杏子河流域实地测量的结果，在大约1,500平方公里内，就有长度在100米以上的沟38,000多条，如果按照这个数字估算，在黄土高原，约有长度在100米以上的沟七百万条。真是名符其实的千沟万壑。另外，黄土高原绝大部分地区，地面坡度很陡，一般在15—25°。甚至30—40°；沟坡坡度在35—45°之间，有的在60°以上。由于坡陡土松，黄土高原的土壤侵蚀异常强烈，平均每年流入黄河的泥沙16亿吨，如果用这16亿吨泥沙，堆成宽1米、高1米的土堤，足可以绕地球赤道26圈。

2. 由于黄土的渗透性较好。一般的小雨不会发生地表径流，也就不可能引起土壤侵蚀。一旦发生了地表径流，就

会引起严重的土壤侵蚀。据观测，黄土高原的土壤侵蚀，主要是由少数几次暴雨引起的，并集中发生在雨季。据统计，每年发生土壤侵蚀的次数为5次左右。有时一次大暴雨所引起的土壤侵蚀，往往占全年总侵蚀量的大部分。根据绥德韭园沟对七次大暴雨统计，一次暴雨所引起的土壤侵蚀量，占年侵蚀总量的52.6—93.7%。

3. 在黄土高原，以坡耕地的土壤侵蚀最严重，坡耕地的表层土壤，经过耕锄耙耢，比较疏松，并且坡耕地的有机质含量和团粒结构，都不如林草地，抗蚀性差，因此，很容易引起严重的土壤侵蚀。据一些水土保持试验站观测的结果，坡耕地的侵蚀量，一般为林草地侵蚀量的3—5倍。由于试验方法和试验条件不同，所得结果差异很大。有些试验，坡耕地的侵蚀量为林草地的数十倍甚至上百倍。

4. 由于地面起伏不平，坡度较陡，地面径流很快汇集成小股水流，顺坡下泄，将地面冲成大小不等的侵蚀沟，所以，黄土高原沟蚀非常严重。其中细沟侵蚀主要发生在坡耕地，细沟的深度和宽度一般都不超过20厘米，暴雨过后遍布坡面，这些细沟的面积有时占坡面面积的50%以上，但经过耕锄以后，又把细沟填平而不留痕迹，迭次耕作不断冲刷。所以，细沟侵蚀对农业危害较大，不但能冲走肥沃的表土和种子，同时使作物根系裸露，严重减产。在斜坡下部，由于径流逐步汇集成较大段流，土壤侵蚀更加强烈，并将地面冲成较大的浅沟和切沟。浅沟虽然经过耕作仍可以填平，但在地面留有痕迹。切沟则无法填平，并且耕作时人畜也不能跨越。切沟对土地的蚕食割切，破坏作用极大。

三、黄土高原土壤侵蚀的危害

黄土高原的年降雨量在200—650毫米之间，大部分地区属干旱和半干旱地区。由于土壤侵蚀，使土、水、肥大量流失，土壤日益瘠薄，加剧了干旱的威胁，使农业产量低而不稳。黄土高原之所以成为全国有名的低产区，土壤侵蚀是主要原因之一。

土壤侵蚀还使侵蚀沟不断扩展延伸，蚕食土地，沟壑面积日益扩大。据调查各地沟道延伸的速度是不一样的，最慢的每年延伸1米左右，一般每年延伸3—5米，快的每年延伸十余米。个别情况下，一次暴雨就使侵蚀沟延伸数十米甚至数百米。由于黄土高原沟壑多，发展快，对土地的蚕食数量相当惊人，有大面积耕地变为荒沟。

由于黄土高原严重的土壤侵蚀，使大量泥沙输入黄河。在每年输送到黄河下游的16亿吨泥沙当中，大约有1/4淤积在下游河床，使黄河下游河床，平均每年淤高8—10厘米。目前黄河下游河床，已经高出两岸地面3—8米，最大的地方高出十米以上，形成地上“悬河”，这是黄河下游经常泛滥成灾的根源。据历史记载，在解放前的近2,000多年当中，黄河下游决口泛滥1,500多次，平均三年决口两次，大改道26次，形成大面积的洪水灾害。解放以后，在党和政府领导下，组织动员黄河下游人民治理黄河，确保四十多年黄河下游没有决口，但为了防汛抗洪，修建堤防，耗费了大量资金和人力，如果黄土高原水土流失不根治，黄河下游的危险局面，仍然不能得到根本解决，黄淮海平原约2亿人民的生命财产安全仍受威胁。所以，治好黄土高原严重的水土流失，

乃是关系到国家的四个现代化建设，关系到根治黄河，以及黄河中下游数亿人民生活的重大问题。

地球上的水

高博文

(水利部农村水利水保司)

我们是从事水土保持工作的，常年与水字打交道。水，对我们的工作太重要、太密切了，所以不能不了解它，研究它、探讨它。

水，是生命的源泉，一切生物离开水便不能生存。就拿人来说，体重的70%是水，它是维持人体正常生理活动的重要物质，在人体内占的位置仅次于空气。一个人几天不吃食物，导致体内贮存的营养大部消耗掉，仍可维持生命，而一旦体内水分失去20%，生命便会终止。人体每天营养的消化、输送、废物排出都离不开水，水还可以调节体温、润滑脏器、关节。一个人每天需要多少水？一般为2,000—4,000毫升。其他动物也是一样，只要生存繁衍都离不开水。

植物又怎样呢？就拿绿色植物来说，它的生存靠光合作用来制造营养，在光合作用过程中，分解的水释放出氧，提供了氢，成为有机界与无机界之间联系的纽带。同时植物的呼吸、蒸腾、营养输送都需通过水来完成。值得注意的是，绿色植物是唯一能将无机物转化为有机物的生物，这一庞大的群体为人类提供了生存物质，其他动物也依靠植物而生存。据研究绿色植物每生产5吨干物质需有2,000吨水才能完

成。总之人类的社会进步、文明的进化、科技提高，所有过程中，水是不可取代的资源。如农林牧副渔业生产的发展，修工厂、建矿山，发电、航运、旅游，如果没有水就寸步难行。

水与人类息息相关，那么地球上有多少水，它的状况如何？是人们十分关心的问题。有关研究表明，地球上的总水量约有14亿立方公里，其中97%是目前人们尚不能直接利用的海洋咸水，淡水仅占3%，可利用的淡水更少了，只有0.8%。水在地球上分布最为广泛，占据着总面积的71%。水笼罩天空，复盖地面，渗入地下，形成了一个气势磅礴、变幻无穷的水世界，在人造卫星上看我们居住的这个球体，呈现一派美丽的蔚蓝色，被称为“水的行星”。

地球的水同时存在着气体、液体和固体三种形态，占有地球圈层结构中的岩石圈、水圈和大气圈三个圈。从地面渗入地下岩石圈的水叫地下水，可以深达13—14公里；水圈即是地球表面低洼江河湖海储水的地方，占据地球的大部面积；大气圈是以地面为底环绕地球外部的一个气体圈层，其厚度在两极约有9公里，在赤道约有17公里，由于地表水的蒸发，蒸腾使大量水气进入大气圈，这部分水叫大气水。如果地球外围没有这个含水的气圈，地球的向阳面便会曝热滚烫，背阴面便会寒冽冷寂。由于气圈的存在，形成地球上空四季千变万化，耕云播雨、酿冰凝雪的壮丽景观。

水在地球上的时间、空间分布极不平衡，连同地面来看，大体是一个平均厚度为22—23公里、两极厚赤道薄的扁圆状圈层体。大气水最少，仅占总水量的十万分之一，约11.4万立方公里；地下水居中，占4%，约4,400万立方公里；

地面水最多，占95%，约13.9亿立方公里。由于太阳能量的推动，水在地球上时时在流动之中，变化之中，主要形态是水分蒸发、成云致雨，经过地而、地下，使万川归海，如此环流，往复不已。陆地的水主要靠降雨来补充，地面径流是流动的主要形式。据计算全球每年地表径流量为3.928亿立方公里，其中三分之二以洪水形式流入大海，可以利用的水量不足1万立方公里。如何采取措施减少洪水入海，增加可用的比例是一个重要课题，也是水土保持工作者的重要任务。

表 1 全球陆地海洋年平均降雨量表
(毫米/年)

北冰洋	240	大洋洲	420
大西洋	890	欧亚大陆	610
印度洋	1170	北美洲	660
太平洋	1130	非洲	690
南极洲(东部)	150	南美洲	1130

有人对地面水环流进行了研究，13.5亿立方公里的海水，通过蒸发全部交换一次的周期为3,000年，而江河水量的周期仅0.032年即11.4天。各种形式水循环的周期如表2：

中国有多少水？是我们更为关心的问题。据有关部分分析计算，全国年平均降水总量61,889亿立方米，平均降水深648毫米，相当每年水气输入国土总量的三分之一左右，既小于全球陆面平均800毫米的降水量，也小于亚洲平均740毫米的降水量，其中有44%的降水量转化为河川径流量。全国平均

表 2

各种形式水循环周期表

(单位: 年)

世界海洋水	3000	河流	0.032(11.4天)
全部地下水	5000	大气水	0.027(9.7天)
其中水分交换带的水	330	全部水圈	2800
土壤层水分	1		
冰川水	8600		

年径流深284毫米, 河川径流总量27,115亿立方米, 加上其他水资源, 总水量为28,124亿立方米。由于受气候、降水地形和地质条件等综合因子的影响, 年径流深在全国分布很不均匀, 既有地带性的变化, 也有垂直性的变化和局部地区特殊性的变化。总的趋势是降水量由东南向西北递减。有关部门根据我国1956—1979年平均年径流深分布图, 按800、200、50、10毫米径流深等值线将全国划分为五个带:

一、丰水带 年径流深在800毫米以上(即每平方公里径流模数80万立方米以上)。800毫米等值线东起浙北的四明山、天目山, 经安徽黄山、九华山沿江西东南山地至南岭, 再向西至广西东北山地, 南折至十万大山, 此线以南以东的径流深一般大于800毫米, 包括浙江大部、福建、台湾、广东、安徽、江西、湖南、广西部分山区。其中台湾中央山地达4,000毫米, 雅鲁藏布江下游达5,000毫米, 东南沿海主要山地为1,600—2,000毫米, 十万大山2,500毫米。此带年径流系数一般在0.5以上, 高者达0.8以上。

二、多水带 此带年径流深在200—800毫米之间。200毫米等值线由东北长白山向南经大连、山东半岛向西南, 经

沂蒙山区北部、宿市、阜阳、驻马店、伏牛山、秦岭北麓，达西秦岭太子山，向南经玛沁、玉树、那曲、拉萨至中尼边境。此带包括东北东部山地、淮河流域大部、长江流域大部、西江上游、以及云南大部、西藏东部和黄河中上游部分地区。此带南部年径流系数一般为0.4—0.6，北部为0.2—0.3，局部0.4—0.6。

三、过渡带 年径流深在50—200毫米之间，50毫米径流深等值线由大兴安岭西侧折向东北平原北端，再由该平原东部向西南，经赤峰、张家口、榆林、潼关，沿秦岭北麓西伸，经贵德、黄河和长江河源地区至藏南。此带包括大兴安岭、松嫩平原一部分、三江平原、辽河下游平原、华北平原大部、燕山和太行山地，青藏高原中部，新疆西部山区以及祁连山区。平原地区年径流系数一般0.1左右，山区0.2—0.4。

三、少水带 年径流深在10—50毫米之间。10毫米等值线由呼伦贝尔高原东侧，向西南经蒙古高原南部再由包头以西南折，经鄂尔多斯草原东南部，沿祁连山、昆仑山北麓，经天山至阿尔泰山南麓。此带包括松辽平原中部、辽河上游、内蒙古高原南缘、黄土高原大部、青藏高原北部、以及西部部分丘陵低山区。平原区年径流深10—25毫米，黄土高原10—50毫米，部分山区50毫米以上。年径流系数一般0.1左右，有的小于0.05。大部地区水资源缺乏，西部边缘地处风沙线上土地沙漠化严重，黄土高原水土流失严重，不少地方人畜饮水困难。

五、干涸带 年径流深小于10毫米，不少地区不产流。本带包括内蒙古高原、阿拉善高原、河西走廊、柴达木盆

地、准噶尔盆地、塔里木盆地、吐鲁番盆地等平原。本带年径流系数只有0.01—0.03。在广阔的沙漠腹地分布有湿地、小海子，对畜牧业和绿洲农业发展有重要意义。

中国水资源分布不仅地域上很不平衡，年内分配也不均匀。长江以南、云贵高原以东地区4—7月径流量占全年径流量的60%左右，长江以北集中性更大，华北平原、辽宁沿海6—9月径流量占80%以上，西南大部地区6—9月占60—70%。这种特性决定了全国的江河汛期多水，大量水资源白白流走，同时容易造成严重的洪涝灾害，而在冬春雨量很少又易形成干旱。

表 3

全国各大江河水资源状况表

(单位：亿立方米)

1. 黑龙江片	1166	4.3%(占全国)
2. 辽河片	487	1.8%
3. 海滦河片	288	1.1%
4. 黄河片	661	2.4%
5. 淮河片	741	2.7%
6. 长江片	9513	35.1%
7. 珠江片	4685	17.3%
8. 浙闽诸河片	2557	9.4%
9. 西南诸河片	5853	21.6%
10. 内陆河片	1064	4.3%

一个地区的降水多少，不仅决定了该地区水资源的丰歉，而且决定着该地区蒸发量的大小。降雨量越少，越是缺水，而蒸发量越大。因而这类地区容易形成严重的旱灾。通常

表示某地气候状况是用干旱指数作为衡量的指标。干旱指数是以年水面的蒸发量与年降水量之比值来表示。我国干旱指数的地域变化很大，最低值小于0.5，最高值可达100以上。干旱指数小于1的低值区，主要分布在秦岭、淮河一线以南，川西高原和云南以东的广大地区，其中部分小于0.5的地区属于丰水带；指数在10以上的高值区分布在内陆河的沙漠、半沙漠地区；其余广大地区指数在1—10之间。干旱指数与降雨量对应关系如下：

表 4 干旱指数与降雨量关系表

干旱指数为1.0的地带	对应降雨量为800毫米
小于0.5的地带	降雨量大于1600毫米；
干旱指数0.3左右	降雨量为400毫米；

降雨量400毫米等值线，是我国气候变化的重要分界线，它决定了我国动植物、农作物分布、产量和耕作制度。此线以东以南气候温热湿润，以北以西气候干旱少雨，少雨地区占国土面积的47.5%。

我国水资源有28,124亿立方米，总量并不算少，居世界第六位，但人均水量只有2,700立方米，退居世界第88位，是一个水资源不富裕的国家。目前北方许多地区用水已经紧张，随着工农业发展，人民生活水平提高，这一矛盾将更为突出。今后制约国家经济发展的不是能源、交通，而将是水资源。中国七大江河人均水资源状况如表5。

水资源缺乏已逐渐成为全球性的问题。据研究公元以前每人每天用水量为12升，中世纪达20—40升，目前发达国家

表 5 我国七大江河人均水资源表

(单位: 立方米):

流 域	人 均	与全国平均数相比
珠 江	4952	1.84
长 江	3139	1.17
松花江	1631	0.61
淮 河	513	0.19
黄 河	842	0.31
辽 河	533	0.20
海 河	281	0.10

高达500升。专家们预测,到2000年全世界人们饮用水将由1985年的3,900亿立方米,增长到6,000亿立方米,增长1.5倍,到那时人类将面临全球性水荒。随着科技进步,如果光电裂解水技术过关,人们将用分解的氢作为重要的能源,水将是人类更缺乏的资源。我国目前城镇用水每天缺2,000万吨,由于缺水影响工业产值200亿元;同时全国有3亿亩农田受干旱威胁,4,000万农民、3,000万只牲畜饮水困难。

全世界人口不断增加,而饮水资源却不断减少,水已成为威胁人类生存的十大问题之一。这一情况已引起各国的注意。我国也正在采取措施。一方面大力宣传水资源是有限的宝贵资源,并不是取之不尽用之不竭的,要求人人爱水、惜水,节约水,保护水,合理用水;同时兴建更多的蓄水调洪工程,采取外区域调水引水,推行节水工业,节水农业,普及喷灌、滴灌、渗灌、暗管灌溉等节水技术,总之应实行节

水型经济，开源节流。对水土保持工作者来说这是一项光荣而艰巨的任务。要求我们加速水土保持工作，增加地面植被，使大量的山地径流就地拦蓄、就地下渗，合理调配，集中使用，不仅要提高当地土地生产率，还要缓流减洪，增加调节江河基流水量，更有效地提高水的利用率，为促进工农业生产服务，为人类谋福利。

水土保持生态经济系统浅说

刘 海 峰

(甘肃省水利厅水保局)

水土保持是一项系统工程。所谓“系统”，是由相互作用，相互依存和相互制约的若干子系统组合而成的，它具有一定结构和特定功能的自然综合体。“系统”概念的精髓，就是强调局部与全局的辩证统一，只有研究“系统”才能发现事物之间的内在联系，只有了解事物之间的内在联系，才能抓住事物的本质，提高对这一事物的认识。

一、水土保持与经济、生态问题密切相关。

我们通常所讲的水土保持，基本至少应有其流失与保持（或防治）两层含意。人们大都懂得“水土流失造成巨大的经济损失”，“水土保持可以有显著的经济效益”，从社会生产活动来看，水土保持属于人类经济活动和生产范畴，水土保持宗旨主要是保护和充分利用水土资源，提高单位面积的土地生产率，发展各业生产。古今中外都懂得“万物土中生”，“土地是财富之母”，“春雨贵如油”，“水是人类生存之本”等这些至理名言。近年美国出版的《环境经济学》介绍了“消费者价值论”。以上所有论点都说明水、土这类基本资源，具有多么重要的经济价值，也客观地反映出水土保持与社会经济的本质。水土保持与生态问题关系密切。生态