

## 浅山丘陵区石匣小流域综合治理

项目位置：密云区高岭镇

项目规模：33km<sup>2</sup>

竣工时间：2000年

### 17.1 项目基本情况

#### 17.1.1 自然条件

石匣小流域位于密云水库上游，流域总面积33平方千米，行政隶属密云县高岭镇，包括八个行政村。属于土石浅山丘陵区，地势北高南低，海拔150~390米，相对高差240米，地面起伏，坡面和缓；沟壑密度为0.2千米/平方千米。

流域岩石以片麻岩为主，间有花岗岩和石灰岩。土壤类型为洪积冲积物母质上发育的褐土，质地为轻壤，土层深厚，土体紧实，孔隙较小，耕层较浅。流域植被北部以杂草灌木丛为主，丘陵地带植被主要为人工刺槐、油松及经济林。由于长期以来人为活动频繁，天然植被类型早已被破坏，原始植被已难见到。

该流域为暖温带季风气候，冬天干燥寒冷，夏天炎热，雨量集中，春季多风干旱，秋季天气清爽，多年平均降雨量为661.8毫米，80%集中在6~9月份。最大年降雨量为1004.8毫米（1959年），最小年降雨量316.8毫米（1975年），年日照时数为2813小时，无霜期为176天，

年蒸发量为1840毫米，最大冻土深为65厘米。

#### 17.1.2 社会经济情况

流域内有白河涧、瑶亭、芹菜岭、东关、石匣、四合、栗榛寨、大屯八个行政村，户数3339户，总人口9987人，4790个劳动力，流域内有耕地8476亩，人均0.85亩，粮食平均亩产406.2千克，人均占有粮食344.7千克，其中白河涧、芹菜岭、东关、石匣四村粮食不能自给，年需吃返销粮50~70万千克。全流域农业总产值864.6万元，其中农业为419.2万元，林业为112.3万元，牧业为333.1万元，人均纯收入358元。

### 17.2 问题与需求分析

#### 17.2.1 水土流失情况

根据治理前流失调查结果，流域水土流失面积为32.22平方千米，占总面积的97.7%，侵蚀模数2500吨/平方千米·年。水土流失类型主要为面蚀和沟蚀两种。调查结果表明，流域内土地利用不合理、坡面植被覆盖度低和坡度大是发生水土流失的主要原因。

表1 石匣小流域坡面土壤侵蚀强度分级

| 级别       | 坡地     |         | 林地     |         | 合计（亩）   |
|----------|--------|---------|--------|---------|---------|
|          | 坡度     | 面积（亩）   | 覆盖度（%） | 面积（亩）   |         |
| I 微度侵蚀   | <3°    | 12407.9 | >90    | 0       | 12407.9 |
| II 轻度侵蚀  | 3-5°   | 382.2   | 70-90  | 4088.9  | 4471.1  |
| III 中度侵蚀 | 5-8°   | 831.7   | 50-70  | 4240.1  | 5071.8  |
| IV 强度侵蚀  | 8-15°  | 6467.3  | 30-50  | 3796.5  | 10263.8 |
| V 极强度侵蚀  | 15-25° | 5649    | 10-30  | 803.6   | 6452.6  |
| VI 剧烈侵蚀  | >25°   | 433.7   | <10    | 0       | 433.7   |
| 合计       |        | 26171.8 |        | 12929.1 | 39100.9 |

17.2.2 小流域经济发展主要问题

（1）土地利用不够充分，土地生产力得不到正常发挥。流域有耕地8476亩，其中灌溉面积5499亩，粮食作物以小麦、玉米为主，夏秋粮合计平均亩产仅402千克，属中下水平，其中4个村粮食不能自给。流域内有林地（经济林、用材林）2万余亩，只占宜林地面积的60%，其中经济林以散生为主，且品质差，产量低，鲜果亩产202千克，干果亩产20千克。要发挥效益，需补植、更新品种，加强管理。另外，要使流域达到农、林、牧良性循环系统，要开发一定比例的牧业用地。

（2）流域水资源短缺。流域年灌溉用水总量为7332万方，根据当地水资源情况，平水年农田及果园灌溉用水缺160.7万方，遇枯水年则缺305.5万方。需加强节水措施，合理利用已有水源。

（3）群众文化水平较低。农民掌握先进生产技术能力较差，再加上专业科技人员不足，使得科技和信息的利用都受到限制。

（4）当地管理形势不适应当前生产发展，缺乏完整的服务体系。实行土地承包责任制后，缺乏为农民提供服务的组织形势和机构，产前产后的供销环节不能很好配合，与平原区横向经济联合少，基本是封闭式经营，制约了生产过程的正常运行。

17.3 治理目标与指导思想

以建立良性生态经济系统为总目标，以防治水土流

失，改善生态环境，保护水库水源和提高农民生活水平为目的，以科技为先导，试验示范，全面开展小流域综合治理的研究和建设，优化土地利用结构，调整产业结构，保护、培育和合理开发利用自然资源，美化自然景观，保持流域内自然—社会—经济—环境之间的长期动态平衡，促进流域生态及经济的可持续发展。

17.4 试验研究与科技创新

17.4.1 石匣小流域综合治理模式研究

石匣小流域综合治理在概念上提出了“建设小生态单元”的基本观点，在土地利用结构的调整与水土保持措施体系优化配置研究的基础上，提出以保护水资源为主的土地资源开发治理模式和以高效利用水资源为主的节水工程模式。在土地资源开发治理模式中提出了土地资源开发的综合治理系统和土地资源开发的技术措施体系。

石匣小流域土地资源开发的综合治理体系为：

（1）分水岭防护体系——以治理源头水土流失为目的，在分水岭形成以水源涵养林为主体，道路、堤埂、水土保持防护林和拦蓄工程相配套的分水岭防护体系。

（2）沟坡防护体系——缓坡修梯田、陡坡整地造林种草，营建果园，形成以营林植草为主，各项工程措施（包括雨洪利用工程措施）与林草措施相结合的坡面防护体系。

（3）沟谷防护体系——从上游到下游，由支毛沟到干

沟，以谷坊、塘坝为主，结合护村（路、地）坝、山洪疏导工程和沟道水土保持林（草），以抬高侵蚀基准面，缓洪拦沙，减灾防灾，形成以谷坊、塘坝工程、雨洪利用工程与林草措施相结合的沟谷防护体系。

这样从分水岭到沟底，层层设防，节节拦蓄，水土“流而不失”，形成完整的小流域综合治理的防护体系。另一方面，它依照“因地制宜、因害设防、为农业生产服务”的原则，把保持水土同合理开发土地、提高经济效益、改善生态环境统一起来；把总体规划的需要同一村一户为单元的具体实施的可能性统一起来；把综合防治同不同效能的各单项治理措施的布设统一起来，通过建设多层次、多功能的单项水土保持措施，达到综合治理的目的。

石匣小流域土地资源开发的技术措施体系为：沟坡道路建设工程、人畜饮水与果园节水灌溉工程、土地整治工程、沟坡果园建设工程、粮经丰产工程和沟坡林业建设工程。

#### 17.4.2 小流域综合治理与应用技术的试验研究

石匣小流域在综合治理过程中研发并推广应用了一系列技术，包括：

##### （1）沟道防洪减灾体系

研究了沟道防洪减灾工程的布设、工程用材及减灾效果。工程布局根据沟壑的侵蚀类型、集雨面积、沟道长短、宽窄和比降大小等自然因素，因地制宜布设。

##### （2）条田埂坡治理及利用

采用随机区组设计，每小区埂长100米，分别种植木樨、花生、黄豆、香椿、枣、紫穗槐、黄花及植草网垫等，进行了植物生长发育、植被覆盖度、收益等调查观测及保持水土效益观测；得出埂坡不同部位适生植物种、埂坡植物种立体配置模式等。

##### （3）集雨工程技术的应用与推广

包括集雨场、汇流系统、蓄水系统和节水灌溉系统四大部分。在连续几年大旱的情况下，石匣小流域利用原有矿坑、道路等有利条件，建立集雨工程，灌溉果园，在1999-2000年连续大旱条件下发挥了巨大作用。

##### （4）微型节水灌溉技术

石匣小流域在1998年建成了滴灌、地表小滴灌、微型喷洒灌溉、涌泉灌溉等4种节水灌溉方式的110亩微灌试验园，通过观测总结出微灌工程运用在土石浅山丘陵区果树节水灌溉的优缺点。

##### （5）提高板栗造林成活率

通过设计试验，发现板栗林成活率的影响因子顺序为：浇水量>工程措施>造林方式>施基肥量。首先要利用水土保持措施保持水土、涵养水源，然后充分利用有限的水资源，大搞节水灌溉工程，提高水的利用率。配合造林方式的正确应用，加上新型保水剂等，才能从根本上解决板栗造林成活率的问题。

##### （6）林业技术的应用与推广

小流域造林以“适地适树、宜林则林、宜果则果”为原则，树种以侧柏、刺槐为主，为提高造林成活率，采用容器育苗雨季造林，并进行抗旱造林试验，减少土壤蒸发，提高土壤含水量，提高造林成活率。

#### 17.4.3 石匣小流域水土流失监测系统

##### （1）石匣小流域水土流失监测系统的建立

建设11组（22个）坡地径流小区、2个沟道简易径流观测断面、1座小型气象站、7个雨量观测点，1个土壤化验室等设施，调查划分了265个坡地地块单元和164个沟道调查单元，开展了流域水土流失面积监测、坡地各种水土流失类型区水土流失量及污染物流失量监测、坡地治理措施减少水土流失量及污染物流失量监测、沟道洪水径流泥沙监测等监测项目。

##### （2）土壤侵蚀面积遥感调查

治理前以人工调查为主，将石匣小流域根据土地利用、坡度、植被情况分为264个坡地地块单元和164个沟道调查单元，人工调查每一个单元的面积、土地利用、坡度、植被覆盖度、土壤种类等，按照国标土壤侵蚀分级分类标准进行土壤侵蚀强度判定。

治理后的1999年利用遥感信息及地理信息系统进行调查，使用RS遥感信息源、电子地形图和GIS系统，配合实地野外调查建立影像解译标志，提取土地利用图、植被覆盖度图、坡度图资料，并应用GIS空间分析的功能，将土地利用、植被覆盖度和坡度图三个层面图重叠，创造一个

新层面图即三维编码地块图，按照国标土壤侵蚀分级标准，直接判别土壤侵蚀强度，完成土壤侵蚀调查。

## 17.5 综合治理工程示范

### 17.5.1 项目区布局规划

在水土资源综合调查的基础上，进行系统特点与资源优势、系统的制约因素等分析。参考现有的各种土地质量分级标准和“全国第二次土壤普查暂行技术规程”中的土地生产力分级标准，建立石匣小流域综合土地质量评价标准，得出石匣小流域土地综合评价成果。进一步进行土地适宜性分析评价，在保持水土、调整农业生产结构、合理利用土地资源获得最佳经济效益的同时，使水土流失减小到最低水平，采用线性规划方法提出适合当地的农、林、牧用地比例，完成石匣小流域土地利用规划。根据流域水土资源现状、水土流失情况及土地利用规划制定了水利工程及农业节水规划、小流域治理措施规划、林业发展规划等。

### 17.5.2 主要工程内容

石匣小流域的综合治理可概括为因地制宜，因害设防，统一规划，综合治理，形成流域综合防护体系，控制水土流失，改善生态环境，保护水源，发展当地经济。坡上部及远山高山区铁路以北坡度大于30度的地区，人为活动少，以封山育林为主，营造水源涵养林，形成坡面第一道防线。坡中部及近山丘陵区，植被稀少土层薄，坡面较破碎，水土流失严重，以营造水土保持林为主，进行鱼鳞坑整地，栽植油松、侧柏、刺槐等乔灌混交林，建立坡面第二道防线。坡下部及近山缓坡区，风化强烈，人为活动频繁，但土层较厚，以发展坡地经济林为主，进行扩树掩整地，改造和栽植干鲜果树，建立坡面第三道防线，既保持水土，又发展经济。

对于沟道而言，支沟因坡度大，洪水冲击力大，修建谷坊坝等防护工程拦蓄泥沙，削减洪峰，建立第四道防线。主沟道沟底较宽，两侧多为耕地、居民区及公路，以修护村坝、护地坝、护路坝、排洪渠为主，使水、路分道，疏导洪水下泄，保护农田和村庄的安全，建立主沟第五道防线。

这些措施布局形成层层拦截、层层设防，有效地控制了水土流失，提高了流域综合防护能力，为进一步综合开

发打下坚实基础。

石匣小流域在治理开发的几年内共治理水土流失面积32.22平方千米，修建梯田380亩，水平条田14800亩，鱼鳞坑13890亩，打谷坊坝123道，扩树掩6000亩，排洪渠14.8千米，果树灌溉6760亩，修路45千米，栽植果树14800亩，造水保林13890亩，种草600亩，封育治理13260亩，共动土石方126.7万方，用工80.5万个。结合水利配套完成节水灌溉面积6760亩，修建蓄水池34个，完成渠系配套10000米。

## 17.6 建成效果

石匣小流域通过八年的治理开发，控制了水土流失，改善了生态环境，土地利用结构趋于合理，各业经济协调稳定发展，人民生活有了很大提高。通过科学研究与试验，探索出北京浅山丘陵区小流域综合治理模式，建立了小流域综合治理管理体系，为向同类型地区推广治理模式与治理技术打下了基础。

### 1) 控制水土流失，改善生态环境，保护水库水源

治理中本着因地制宜、综合治理的原则，实施生物措施与工程措施、坡面与沟道工程、一般工程和骨干工程、保护水源和开发利用、预防保护和治理有机结合，自上而下建立了五道防线，形成了综合防护和开发体系。共治理水土流失面积32.22平方千米，年减少土壤侵蚀量59482.5吨，拦沙率72.1%，土壤侵蚀模数下降至422吨/平方千米·年，下降83.1%。

通过治理工程，固持土体，减少水土流失，同时也改善了植物生长条件，植被覆盖度由1991年的55%提高到82.3%。植被的增加，改良了土壤的物理性质，提高了土壤的入渗能力和蓄水能力，1999年土壤平均含水率比1993年土壤平均含水率有很大提高。植被的增加，对水质有改善作用，经实测，水质明显好于对比流域。表明综合防护体系不仅具有防洪拦沙能力，而且具有较强的净化水质作用，对保护密云水库水源起到积极作用。

### 2) 优化土地利用结构，建立良性生态经济系统功能

在客观科学地分析土地资源的基础上，对土地利用结构重新界定，调整农林牧用地比例，促进经济发展。治理前农林牧水生用地比例为21:40:21.5:1:7.4，治理中，坡

耕地退耕还林，坡中开条植经济林，对坡度陡、人为活动少的高山区实行封山育林，恢复植被，提高林草覆被率，到1999年，农林牧水生用地比例为12.8:89.8:3.3:1:4.2。

土地利用率提高，林草面积达到宜林宜草面积的98%，由此带动了农业经济的发展，农业总产值由1991年的864.6万元增加到1999年的2587.7万元。

### 3) 治理与开发相结合，促进经济可持续发展

治理过程中始终贯穿着如何开发搞活经济这个主题，在治理的基础上，发展了六个区（中心监测与治理示范区，坡面沟道水土流失综合防治类型区，生态农业类型区，经济林管理与节水灌溉类型区，水源涵养林类型区，石质山地封禁治理类型区）和四种开发项目，取得了显著的经济效益。农林牧工矿交通建筑等产值比例由1:2.01:0.13:0.21调至1:2.1:0.2:0.22，产业结构发生变化，人均收入由358元增加至2533元，人均果品产量由82千克增加到93千克，人民生活水平显著提高，电视普及率100%，电话普及率70%。

### 4) 建立交流、教学、示范基地，促进水土保持工作全面开展

通过八年治理开发、研究及建设，达到了探索水土流失规律、探讨治理模式、改善生态环境、减少水库泥沙淤积、提高人民生活水平的目的。北京市试验示范基地的建成，为相同类型山区的治理提供样板和理论基础，为国际国内交流开辟窗口。近几年来，到石匣小流域学习、考察的市内外水保同行3000人次，农民考察团7000人次，为促进水土保持工作的全面开展起到宣传推广作用。

### 5) 科研成果显著

摸索出了北京浅山丘陵区小流域综合治理模式，治理应用技术的研究为水土保持生态环境建设及治理工作提供了技术基础，遥感及地理信息系统的应用，使水土流失调查工作更加科学、先进、准确、快捷及管理方便，建立了流域水土流失监测系统，为全市水土流失监测工作提供了示范样板，建立了小流域综合治理管理系统。示范研究为今后同类型区小流域综合治理提供了科学依据。