

南坪县城区泥石流特征及综合治理

中国科学院成都地理研究所泥石流室

四川南坪县后山泥石流治理领导小组

南坪是属于泥石流发育,暴发频繁的地区。解放以来,南坪县城曾多次遭受泥石流袭击,造成严重灾害。为了保障城区人民生命财产安全,四川省政府拨款,对南坪县城区泥石流进行了综合治理。在省防汛抗旱指挥部的具体部署下,中国科学院成都地理研究所对该区泥石流进行了考察,并同南坪县一起制定了城区泥石流综合治理规划和各单项工程的设计,县政府成立了泥石流治理指挥部负责管理和实施。整个治理工作从1980年全面开始,至1983年基本完成,历时四年,取得了明显效果。

一、南坪县城区泥石流特征

南坪县位于川西北高原的东北边缘,白龙江支流白水江南北纵贯全境。县城坐落于川甘交界的丛山之中,东临白水江,西靠后山,城址处于白水江的I级阶地和水泉沟(九号沟)、无名沟(十号沟)的泥石流堆积扇上,茂南公路穿城而过。县城有党政机关及企事业单位、居民和农业社员共1万余人,建筑面积14万多平方米。

南坪县城在历史上曾两次搬迁。柳州城为南坪古老的县城,建于关庙沟的泥石流堆积扇上,大约在明朝后期被泥石流淤埋,后搬迁到轩福沟泥石流堆积扇上,名为水扶州,在清朝雍正期间由于战乱的破坏和轩福沟山洪泥石流将城池冲毁1/5,破坏严重,无法恢复,现仍有遗迹可见;嗣后南坪县城改建到现址,但仍处于泥石流包围之中(图1)。城北为叭拉沟,南为关庙沟,危害最大的是水泉沟,居高临下,自西向东直冲县城。解放后,南坪县城亦多次遭受泥石流灾害:1967年4月29日降雨29.7毫米,叭拉沟暴发泥石流,冲毁桥工队帐篷几十间和水泥等建筑材料数百吨,死19人,伤2人,淤埋耕地100余亩。这次泥石流将白水江推向左岸,压缩过水断面达1/3。据估算,泥石流总量在9万立方米以上。水泉沟和无名沟于1973年7月13日和1978年6月30日,在半小时降雨30余毫米的激发下,两次暴发泥石流,淤埋了兴建的防洪沟,冲毁十几座干砌石谷坊坝和63间房屋,另有627间房屋被洪水泥沙埋没1米多深,死1

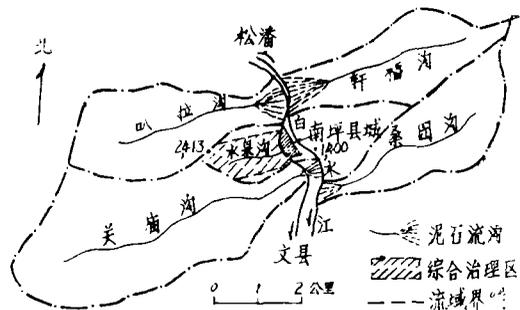


图1 南坪县城位置图

入，伤18人，冲毁耕地361亩，损失各种物资累计价值100多万元。这两次泥石流规模较大，在公路附近、县礼堂和农业局一带形成一片石海，估计总量都在5万立方米以上。

（一）流域概况

南坪县城区泥石流，包括关庙沟、叭拉沟和后山东坡的水泉沟等冲沟三个流域的泥石流。根据1/100,000地形图及实测资料计算：

关庙沟流域面积为13.9平方公里，沟道长7.9公里，平均纵坡为300%。

叭拉沟流域面积为7.16平方公里，沟道长5.5公里，平均纵坡为266%。

后山东坡流域面积为2.62平方公里，形状似圈椅。其中十号沟流域面积为0.63平方公里，沟长2.15公里，平均纵坡为46%；水泉沟流域面积仅0.33平方公里。

对县城危害最大的是后山东坡的九号沟、十号沟等冲沟的泥石流，也是综合治理的重点，现着重叙述如下：

1、地质地貌条件。后山海拔2,413米，比高1,000米。东坡以十号沟为界，其北段为基岩，山体较稳定，其南段为断层破碎带，由上三迭系泥质灰岩、灰绿色砂岩和砂板岩组成，其上为残坡积层和洪积物，上覆黄土。山坡陡峻，坡度达30°以上。这种地质地貌条件，为坡面和冲沟泥石流的发育提供了丰富的固体物质和良好的地形。在东坡南段的1.09平方公里面积内已发育了大、小冲沟10条，深10—30米，宽5—50米，长200—800米。这些冲沟的特点是溯源侵蚀强烈，滑坡活跃，岸坡崩塌严重。其中发育迅速、固体物质储量大、危害严重的有四、九、十号沟。四号沟内有滑坡体和崩塌土体约8万立方米，九号沟的主滑坡体和崩塌土体约30万立方米，十号沟内的滑坡体及崩塌土体约20万立方米，另外在四一八号沟间有滑坡土体约27万立方米。各冲沟下游，沿山麓分布的次生黄土层和砂岩碎屑混杂的堆积物厚达数十米，表明该坡的坡面侵蚀和冲沟泥石流的发生和发育是比较活跃的。

2、降水条件。该地区处于川西北丛山之中，受东南季风影响，但势力较弱，而西北干寒气流却不时袭击本区，加之焚风作用，使得气候较干燥，多年平均降水量仅550多毫米。降雨主要集中在5—9月，占全年降水量的80%。加之山区地形，常产生局地性短历时、高强度雷暴雨和冰雹，仍能为泥石流的发生提供足够的水动力条件。根据南坪县气象站从1959—1980年的雨量资料和几次泥石流暴发的时间对比，半小时降雨30毫米以上，即可引起后山东坡泥石流暴发。

3、植被条件和人类经济活动。除上述地质地貌和暴雨等基本自然条件有利于泥石流发育外，后山东坡泥石流日益严重的主要原因是人类不合理的经济活动，破坏了山坡森林植被和山体的稳定造成的。据调查访问和统计资料，在清朝雍正年间，后山东坡为原始森林，随着城镇搬迁建造房屋，原始森林开始逐渐砍伐。因地处少数民族地区，人口稀少，且增长缓慢，解放前南坪县城有人口千余人。后山次生林木遍山，泥石流并不严重，最宽的冲沟也不过10米。沟内长满了灌丛和杂木。九号沟内泉水潺潺，每逢暴雨也少见山洪暴发。以后随着人口增长，大量砍伐林木，进而开山坡为耕地，逐渐导致水土流失加剧。解放初期，县城人口已增至近4,000人，大量毁林开荒达500多亩，砍光了山坡上的林木，致使黄土裸露，坡面和冲沟侵蚀强烈，直至下伏残坡积层和洪积物出露，滑坡和崩塌大量发生。如九号沟的泉水，解放前其出露位置在山脚附近、高程约1,480米，而现在出露高程为1,523米，抬升了43米，水平后退80米，可见沟谷侵蚀是相当迅速的。另外在山坡中部1,550米的高程修建一条环山渠道，以及在山坡取土烧砖等人类不合理的活动，进而破坏了山坡稳定，水渠漏水和溢水更促使山坡崩塌和滑坡活动频繁。一遇暴雨，坡面产流汇流快，山洪夹带着坡上和沟内的土石一涌而下，形成灾害性泥石流。

（二）泥石流性质及危害

1、泥石流性质和活动特点。南坪县城区泥石流属于暴雨型泥石流，按泥石流流体性质则为粘性。根据实地调查和计算，流体容重为1.95吨/立方米。对堆积物取样进行颗粒级配分析的结果，粉土粘土占12%，砂砾占55%，碎石占33%，其组成成分主要含黄土和砂板岩碎屑，并夹带个别大石块。后山东坡泥石流形成区，主要集中在南段的黄土覆盖区，海拔1,450—1,600米的冲沟内，1,600米以上至分水岭为水源区。形成方式是暴雨使裸露的黄土坡面迅速产流和集流，并沿程侵蚀，携带大量粉土粘粒。这种水流通过陡坡汇入冲沟，具有很大的动能，强烈冲刷沟内的大量松散堆积物，沿沟侵蚀沟床，形成泥石流。九号和十号沟的流通段是冲沟的中游段，该段沟道纵坡为9%；其他冲沟无流通段，在坡脚以下至下游公路附近为堆积区，纵坡为4%，从中街桥至白水江的沟道纵坡仅2%，大颗粒沙石无法排入白水江，只能排泄洪水。危害地段主要是县城区。危害方式主要是对各种设施的冲击和淤埋。该区泥石流的特点是形成过程快，来势猛，龙头呈单峰汹涌而下，一般无后续流，成灾和堆积过程快。泥石流暴发频率与暴雨频率密切联系。解放以来发生7次规模大小不等的泥石流，平均5年一次，其中4次规模较大，灾害严重，平均8年一次。

2、泥石流灾害成因。后山东坡泥石流不断发生，而且一再对县城造成危害，其根本原因还在于人们对泥石流缺乏认识，没有采取适当的预防措施。其具体表现在三方面：

首先是不应当在泥石流严重危害区内设置建筑物及临时住地。如桥梁工程队将帐篷和仓库设在叭拉沟泥石流的出口和主要堆积地段，1967年4月29日惨遭该沟泥石流冲毁；

二是如果必须在泥石流危害区内从事建设，应当采取防治泥石流危害的有效措施，但是南坪在县城的建设和发展过程中，却没有这样做，以致多次成灾；

三是重视人类活动，保护环境，防止非泥石流地区转变为泥石流地区，或防止老泥石流地区的复活和加剧。而在一个时期内，南坪县的人类活动与此相反，毁光了山坡上的林木植被，在陡坡上大量开垦耕地，破坏山体的稳定，促使泥石流迅速发展，规模愈演愈烈，灾害日益加深。

以上三方面不仅见于南坪县城，其他地区也屡见不鲜。这就是我国泥石流危害日益增多的重要原因，值得人们重视。

二、南坪县城区泥石流综合治理

南坪县城区泥石流治理是在四川省防汛指挥部办公室统筹安排下进行的，由国家 and 地方相结合以国家投资为主，并充分发挥地方的积极性。在治理中，根据全面规划，综合治理的原则，尽可能提高经济效益。治理规划是根据该区泥石流活动的特点及以往的经验教训制定的，采取各种防治措施，进行综合治理，以减小和控制泥石流活动，从而达到减轻或消除泥石流危害的目的。叭拉沟和关庙沟的泥石流，其形成源地比较分散，暴发频率较低，下游沟床纵坡为7—10%，泥石流可以直接排入白水江，因此这两条沟采取以排为主的治理措施。后山东坡泥石流，固体物质补给源地和形成区集中，在流通段有停淤场所，但无排泄出路。根据这些特点，采取了以封山育林治理山坡为主，固、拦、淤、排工程相结合，并设置预报和报警装置的综合治理措施。为了保证规划能顺利实施，南坪县政府还采取了相应的行政法令措施。

（一）封山育林治理山坡。其目的是为了尽快恢复后山东坡特别是东坡南段的植被，以改变水动力条件，减轻暴雨和坡面径流对坡面和冲沟的侵蚀，使失去平衡的山坡逐渐稳定。在治理措

施的布设上，以生物措施为主，辅以工程措施。其具体措施是：

1、划定封山育林区。以山脚和分水岭为界，从三号沟至十号沟划为后山封山育林区，面积约1平方公里。区内干旱山坡种植适合当地特点的耐旱、耐瘠薄、生长力强的树种，如洋槐、榆树、油松等树种；退耕地上种植扁桃、苹果、核桃、花椒等经济林木；冲沟内种植白杨、洋槐、柳树等速生树种。为防止人类活动的干扰，该区边界设置了长2公里多的铁刺网，闲人不得入内；在山上和山脚建立四个保护点，由专人负责看管整个封山育林区，并由县政府颁布了八条封山育林区的保护法令。

2、停耕还林。后山东坡南段的530多亩陡坡耕地，主要分布在四至九号沟的集水区内，全部停耕造林。停耕后，首先将滑坡体上的裂缝填平夯实，并种植马兰草、茅草、苜蓿及自行生长的本地耐旱青蒿、狗尾巴草等草本植物，使植被迅速恢复，固结表土；然后栽种苹果、核桃、扁桃等经济林木。

3、水渠停用。永乐公社在后山东坡海拔1,550米高处修建一条环山水渠。该渠通水后，由于漏水、泄水和漫水使山坡更遭破坏，形成多处崩塌和垮方，也是造成四至八号沟之间滑坡体活动的主要原因，甚至泄水和漫水顺冲沟而下，直接造成泥石流。因此，该水渠之害远大于利，所以停止使用，另修建一座提灌站，解决山脚下耕地的灌溉用水。

4、修建山坡截流沟。沿等高线1,580米修建长520米截流沟，将山坡上的地表径流集中引入十号沟内排走，避免大量地表水进入四至八号沟和九号沟的滑坡体内，促使滑坡稳定。截流沟要求三面不漏水，用混凝土浇筑成，个别地段加盖，以防上侧山坡垮塌土体堵沟。

5、挡土墙。修筑挡土墙是为了拦挡山坡上规模较大的滑坡和垮塌土体，减少进入沟道的固体物质，促使山坡稳定，为生物措施创造有利条件。如四至八号沟之间的滑坡体，其剪出口在山脚附近，最低点海拔1,435米。滑坡体平均宽度142米，平均坡面长为194米，地表面积约为345亩，滑坡体土方量为27万立方米。因此，在山脚下修筑一道浆砌块石挡土墙，长210米，高3米，可拦挡四至八号沟的泥石流和滑坡剪出的固体物质1万余立方米，从而减缓坡脚坡度，并淤埋50多米长的滑坡剪出口，造成被动土压力，使该滑坡达到稳定。

(二)固、拦、淤、排工程。固和拦是在冲沟内修建稳固沟床的工程，拦蓄和固定已进入沟内的固体物质，防止冲沟侵蚀和稳定岸坡，使泥石流的固体物质补给源地逐步稳定下来，从而控制住泥石流的发生；淤和排是在中游流通段修建停淤场，在下游段修建排洪沟工程。在治理期间或以后遇到大暴雨，一旦发生泥石流时，大部分进入停淤场停积，而细颗粒泥沙水流通过排洪道排走，以减轻或消除泥石流灾害。具体措施是：

1、在冲沟内修建低拦沙坝群。在冲沟内共修建拦沙坝49座，坝高3—6米。这些冲沟的纵坡一般都陡达50%以上。由于沟床系黄土和砂板岩碎屑堆积物，侵蚀十分强烈，两岸崩塌和滑坡非常活跃，尤其是四、九、十等三条沟最为严重。因此拦沙坝群主要布设在这三条沟内。这些拦沙坝一方面可以固定和拦蓄泥沙，据计算49座拦沙坝共可拦固泥沙15万立方米；另一方面主要作用在于局部减缓沟床纵坡，控制沟床侵蚀，保护坡脚，稳定滑坡和防止岸坡垮塌。这些低坝可使主要冲沟沟床达到稳定，被稳定的松散土体达70万立方米以上，从而使泥石流的固体物质补给源地基本得到控制。

如在九号沟内共设计修建拦沙坝10座，总高度为45米，最高的是3号坝8.5米，一般为3至6米。这些坝共可拦固泥沙5万立方米。该沟在坡脚以上的原始纵坡为42%，建坝后坝间段沟床纵坡一般减为15%以下，并和其他措施一起可使沟头的主滑坡体20万立方米和两岸的滑塌土体5

万立方米逐步稳定,从而使该沟参与泥石流活动的固体物质基本被控制。

2、设置木栏栅。该项措施主要是为了临时应急,或在一些不宜修建拦沙坝的冲沟地段,设置木栏栅114个,用易于生长的麻柳和杨树桩埋插。这些木栏栅也可起稳定冲沟,减小泥石流规模,阻挡大石块的作用。

3、修建停淤场。根据后山东坡的地形条件,泥石流形成区的山坡和冲沟坡度陡峻,而公路以下县城区的地形坡度仅4%,一旦大规模发生泥石流将一涌而下,淤埋县城。为了防止灾害,利用公路以上与山麓间的耕地建立起4处停淤场,形成人工堆积区。在主排洪沟的右岸修建两处停淤场,围堤长度分别为244和236米,堤高2米,可停淤泥石流5万多立方米,主要拦截和停淤后山东坡南段四至九号沟的泥石流。在十号沟的左岸修筑两处停淤场,围堤长度分别为77和360米,堤高2米,可停淤泥石流8万多立方米。这两处停淤场主要拦截和停淤后山东坡北段十至十五号沟的泥石流。为了将泥石流顺利导入停淤场内,在停淤场入口处的排洪沟内修建4道角钢格栅坝,高4米。这样在发生大规模泥石流时,大部分浓稠的大颗粒泥石流进入停淤场停积,其余较稀的泥石流将沿排洪沟排入白水江。

4、修筑排洪沟。山麓以下至白水江,沿九号沟的流路修建长750米的排洪沟。公路以上的中游段长250米,平均纵坡为9%,公路以下至白水江为下游段,长500米,沟道平均纵坡为2.6%。两岸用浆砌块石护坡,其过流断面宽为5米,深2.0米,安全超高0.5米。根据水力计算,过流能力为50.27立方米/秒,而水文计算结果20年一遇洪水最大流量为14.38立方米/秒,50年一遇洪水最大流量为17.73立方米/秒,完全可以排泄。泥石流20年一遇最大流量为38.8立方米/秒,50年一遇最大流量为47.9立方米/秒。经过层层拦挡和停淤场停淤,其流量和容重将大为减小,进入排洪沟下游段以后可视为一般含泥沙水流,因而也可以排泄。

(三) 建立泥石流预报和报警系统。为了能及时采取应急和疏散措施,以减轻灾害损失,设置了后山东坡泥石流预报和报警系统。针对该沟泥石流由短历时的强暴雨引起的特点,在后山南段建立雨量点,并在公路以上主排洪沟的左岸建立预报和报警中心。在中心的屋顶可瞭望后山和全县城,设有报警器和照明装置。在降暴雨时,山上雨量观测哨及时将降雨资料用步话机或电话报到报警中心,经过分析及及时发出警报信号。并在山脚管理站点安装了泥位报警器,在泥石流暴发后,龙头通过报警器时可直接发出警报。城区居民按事先作好的应急部署采取行动。

三、治理工程设计

(一) 工程设计

1、拦沙坝。根据其地基承载力和块石来源较易,拦沙坝的结构采用浆砌块石重力坝,坝体断面为梯形,下游陡直。由于坝不太高,一般高度在6米左右。为了增加拦蓄有效高度,多拦挡固体物质,并且考虑到排泄洪水时减小其水流跌落高度,故在溢水口加做角钢格栅透水建筑。坝顶可溢流。在主要拦沙坝坝体下部,为了减小坝体上游部分的压力,尽快排出坝后积水,在坝高1.5米处设置2个80×80厘米的泄水孔。

2、挡土墙。在滑坡坡岸垮塌处,为了稳定坡面,防止松散物质进入沟床,在适当的位置修建浆砌块石挡土墙,其断面尺寸选用《小型水电站》中水工建筑物挡土墙的定型尺寸,主要断面尺寸为高3—5米,顶宽0.8—1米,底宽1.5—2.1米。

3、山坡截流沟。为了拦截山坡地表径流,减弱各主要冲沟的水动力条件,在分水岭、半山坡、主要冲沟的沟头建筑了三条截流沟。截流沟纵坡上段采用 $i = 2\%$,下段采用15%,逐渐加

大排泄流量。断面尺寸为50×60厘米。排水流量逐渐由上段的0.7立方米/秒加大到下段的2立方米/秒。截流沟全部用混凝土浇筑，内边坡设置浆砌块石挡土墙。

4、停淤场。鉴于主排洪沟易被泥石流淤塞，造成灾害的历史教训，在排洪沟上部坡度小、面积大的地方设置停淤场。根据地形情况建了四处停淤场，拦蓄泥石流，以减少对县城的危害。停淤场总面积为6.7万平方米，可拦蓄泥石流方量为13万立方米。

停淤场围堤按挡土墙计算，结构为浆砌块石重力式，并在适当的部位设置泄水孔，以减少对围堤的堤后压力。停淤场围堤与主排洪沟交叉处，修建角钢格栅拦挡坝，以便拦、导泥石流进入停淤场。围堤与格栅坝交角约30°，其主要尺寸为高4米，长6米，底宽2.5米，顶宽1米，格栅孔洞尺寸为80×30厘米。角钢采用75×75×5毫米规格，用电弧焊接，并进行防腐蚀处理。

5、排洪沟及导流堤：

(1) 主排导沟过流量按20年一遇设计，用50年一遇校核。按主排洪沟下段最小断面计算：主要参数 $n=0.03$ ， $i=0.015$ 。过水断面尺寸为 $h=2$ 米， $b=5$ 米， $m=0$ 。排洪沟主要通过洪水和高含泥沙水流。根据《水力学》流量公式 $Q=W\sqrt{Ri}$ 计算，过流量为50.27立方米/秒，20年一遇的洪水14.38立方米/秒，泥石流38.82立方米/秒；50年一遇的洪水17.73立方米/秒，泥石流47.88立方米/秒，均能通过。

为了防止排洪沟沟床下切，保护边墙，公路以上沟床采用防冲肋板防护，布置间隔为20米。

排洪沟边墙选用《小型水电站》水工建筑物定型尺寸。

(2) 叭拉沟排导沟。主要参数为 $n=0.03$ ， $i=0.06$ ， $m=0$ 。其主要断面尺寸为 $b=8$ 米， $h=3$ 米，过流水深为2.5米，过流量为217.38立方米/秒。能排20年一遇洪水44.12立方米/秒，泥石流141.75立方米/秒；50年一遇洪水54.42立方米/秒，泥石流174.85立方米/秒。

(二) 生物措施规划和实施。在后山东坡南段划定封山育林区，面积约1平方公里，其中停耕地531亩。根据立地条件和地貌制定了造林规划和实施措施。

1、防护林。从山脚到海拔1,560米的山坡上冲沟发育，崩塌滑坡活跃，是固体物质的主要补给源地。因此，采用速生树种营造防护林，保水固土，稳定山坡，减少进入冲沟的固体物质。该段山坡坡度在35°以上，立地条件较差，造林前先开水平带30—40条，带宽1—1.5米，每带植树两行，用洋槐和核桃搭配。在冲沟内播种草类种子，恢复草被，并栽种洋槐、白杨，保护沟岸，减小冲刷。

2、水源涵养林。在海拔1,560米以上至分水岭，营造水源涵养林，可起保持水土、调节洪峰、削减地面径流的作用。停耕531亩大部分在海拔1,560—1,900米间，造林立地条件好的土地，停耕后可直接植树造林。为尽快恢复植被，栽种洋槐、榆树、扁桃等速生树种。海拔1,900米以上为自然生长区，适当加以人工补种。

3、苗圃场。在九、十号沟的山梁上，将坡地改成水平梯地种植经济林和培植树苗；山脚下停耕地上开辟苗圃场，为造林解决部分树苗。

几年来造林1,500多亩，后山植被基本上得到恢复，起到保持水土的作用，改变了后山生态环境，收到良好效果。

四、综合治理效益

四年来，经过各方的共同努力，基本上实现了南坪县城区泥石流的综合治理。各项措施均达到了规划和设计的要求，发挥了应有作用，从而使山坡逐渐稳定，冲沟被基本控制。随着山坡

植被的恢复，有效地保持了水土，改变了水动力条件，效益明显，并使该区的自然和生态环境发生了很大的改观。其效益分述如下。

（一）山坡治理及封山育林的效益

1、山坡治理的效益。随着环山水渠停用和截流沟等工程逐步建成，使坡面上的崩塌和滑坡体停止了活动，山坡已基本稳定。特别是在九号沟主滑坡体上部将冲沟填平，坡地改成梯地并造林，起了良好作用，使该沟强烈的溯源侵蚀得到控制。

2、停耕还林的效益。在封山育林区内有耕地531亩，两年内全部实现了停耕。为使停耕地尽快恢复植被，种植了草本植物和速生树种及部分经济林木。由于适合当地环境的青蒿和狗尾巴草在停耕地上自然生长，密集旺盛，形成优势群落，因而植被恢复比原来预计要快得多。在北段山坡上，社队还自行停耕土地80亩栽种油松。这些植被已经发挥了保护山坡、防止水土流失的作用。

3、封山育林区造林的效益。经过几年来人工造林和自然生长，封山区基本上恢复了植被，改变了过去地表裸露、侵蚀严重的状况。根据调查，现在封山育林区的植被情况大体可分为四种类型：

I类区从海拔1,550米到山脚，为人工造林区，由乔木、灌丛和草本组成，树种有洋槐、杨树、臭椿、榆树及核桃、桃树等，其中洋槐占70%，平均树高2米，平均胸径3厘米，平均密度120株/亩，但分布不匀，呈团状或带状，总郁闭度为60%；

II类区为停耕还林区，树种有洋槐、杨树、榆树、油松、扁桃等，平均密度为300株/亩，平均树龄3年，平均树高1米。该区青蒿和狗尾巴草生长繁茂，高度0.8—1.20米，树木幼苗处于相对劣势，郁闭度为60%。今后应加强管理，随着树木的生长，可形成阔叶幼林区，并可计划的改造成经济林区；

III类区从海拔1,800米至山顶，以自然恢复为主，人工造林为辅。区内主要有青杠、桦木、华山松、云杉、冷杉等用材树种，郁闭度为80%。该区长期封山可自然演替成针阔混交的派生林型。可见封山育林区的植被已经基本恢复，平均郁闭度在65%以上，比治理前提高了两倍多，初步达到保水固土的良好效果；

IV类区为封山育林区以外的山坡，植被还较差，以草本为主，如铺地蜈蚣、北五加皮等，也有少量人工或野生树木散生，郁闭度为30%。该区今后应加强人工造林。

（二）工程措施效益

对冲沟的治理均得到了明显效果。修建的各种拦沙坝发挥了应有作用，基本上控制了最为严重的四、九、十号三条冲沟的泥石流，其沿岸崩塌和滑坡已基本稳定，其他冲沟的侵蚀也大为减弱。停淤场、排洪沟和预报系统均已竣工配套。

经过综合治理，基本控制了后山东坡泥石流，改变了自然环境。从1981年以来，曾出现五次每小时大于20毫米的降雨，山坡草木滞留地表径流的效果良好，四、九、十号沟无水流出沟。治理前遇这样的降雨，水夹泥沙在15分钟左右即可流出沟口。

1984年7月18日，降雨37.3毫米，未经综合治理的关庙沟、叭拉沟均暴发了灾害性的泥石流，而后山东坡安然无恙，经受了考验。但今后仍应对整个系统进行认真的维修管理，积极开展综合治理的效益观测和实验工作，以便进一步总结经验，不断完善和改进，以确保南坪县城的安全。

编写人：周必凡 高 考 谭明政