

## 高速公路施工期水土流失影响因素及其防治措施

陈宗伟<sup>1</sup>, 江玉林<sup>2</sup>, 张洪江<sup>1</sup>, 程 云<sup>1</sup>, 王金娟<sup>3</sup>

(1. 北京林业大学, 北京 100083;

2. 交通部科学研究院交通可持续发展研究中心, 北京 100029; 3. 湖北沪蓉西高速公路指挥部, 湖北 恩施 445000)

**摘 要:**随着我国西部地区高速公路的发展, 高速公路开发建设项目中的环境问题日益突出, 尤其是水土流失引起了许多学者的关注。《水土保持法》要求, 高速公路建设项目验收之前, 必须进行水土保持工程的验收, 因此水土保持永久措施基本上都能完成, 但通常对于造成更多水土流失的施工期重视不够, 没采取有效的临时综合防治措施, 从而导致大量的水土流失, 对环境造成不可恢复的影响。针对该问题, 作者以湖北沪蓉西高速公路宜长段为例, 对高速公路施工期水土流失的影响因素进行研究, 系统阐述了高速公路施工过程中水土保持措施体系, 为高速公路建设水土保持实践提供参考。

**关键词:**高速公路; 施工期; 水土流失; 临时防治措施

**中图分类号:** S157; U412

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2006)05-0120-04

## Influencing Factors and Temporary Preventive Measures of Soil and Water Loss in Construction Time of the Expressway

CHEN Zong-wei<sup>1</sup>, JIANG Yu-lin<sup>2</sup>, ZHANG Hong-jiang<sup>1</sup>, CHENG Yun<sup>1</sup>, WANG Jin-juan<sup>3</sup>

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Center for Sustainable Transportation, China Academy of Transportation Science, MOC, Beijing 100029, China;

3. Hubei Management Company of Construction of Hurongxi Expressway, Enshi 445000, China)

**Abstract:** With the development of expressway in west of China the problem of environment protection during the construction of highway is more outstanding than ever, especially the problem of soil and water loss. Due to the law of soil and water conservation, a project of highway can not be confirmed without confirmation of soil and water conservation project so that most permanent measures of soil and water conservation can be finished. But more soil erosion being produced during the construction of the highway has not been paid more attention to and there has not been a comprehensive and effective system of temporary measures of soil and water conservation to prevent it. To this question, the temporarily integrated control measure of water and soil conservation was explored tentatively during the construction of the expressway and a reference basis was offered for water and soil conservation practice of road construction.

**Key words:** expressway; construction; soil and water loss; temporary preventive measures

随着我国高速公路事业的发展, 建设项目逐步向西部地区转移, 导致高速公路建设与环境保护的矛盾日益凸出。高速公路作为开发建设项目之一, 是一项浩大的土木工程, 影响范围大; 同时高速公路穿越地区的地形、地貌复杂, 因此高速公路水土保持在公路环境保护中起着举足轻重的作用。根据《水土保持法》的要求, 开发建设项目必须制定相应的水土保持方案, 但在工程实践中, 永久性的水土保持措施都能够完成, 但对施工过程中的水土流失重视不够, 没有采取相应的防治措施。另外, 由于高速公路施工的特点, 公路建设战线和周期比较长, 工艺、穿越地形、地貌复杂等, 在施工过程中造成的水土流失量很大, 可以占到整个建设项目水土流失量的 70% 以上, 如不采取有效的措施, 对环境的影响非常大。因此, 对公路施工中临时水土保持措施体系进行探讨, 为高速公路建设水土保持提供相对比较完备的措施体系, 对

高速公路实际施工具有参考价值。

### 1 沪蓉西高速公路湖北宜长段基本情况

沪蓉国道主干线东起上海, 西达成都, 全长约 2 200 km, 到目前为止, 已建成 1 730 km, 仅剩湖北宜昌长江大桥至重庆万州约 470 km 待建。其中, 主干线宜昌至长阳(白氏坪)工程段(宜长段)位于湖北省西南角, 属宜恩段的起始部分, 东接江汉平原, 南邻湖南省, 北部与湖北省神农架林区、秭归县相衔接, 向西经过恩施、利川与重庆市相毗邻。介于东经 108°23' ~ 111°26', 北纬 29°07' ~ 31°24' 之间。全线采用技术标准为双向四车道山区高速公路标准, 整体式路基宽 24.5 m, 分离式路基宽 2 × 12.5 m, 设计洪水频率特大桥为 1/300、大桥 1/100, 全程路线长 16.447 km, 设计施工期为 42 个月。

研究路段地形地貌复杂, 地势西南高, 东北低, 自西向东

\* 收稿日期: 2005-10-09

基金项目: 交通部西部交通建设科技项目“公路路域生态工程技术研究”(200331822333)

作者简介: 陈宗伟(1972-), 男, 工程师, 北京林业大学水土保持学院在读博士生, 主要从事公路路域水土保持技术研究, 发表论文 3 篇。

呈梯级下降。根据地貌的成因、形态及组合特征,地貌单元可划分为剥蚀构造地貌、侵蚀构造地貌、溶岩构造地貌及溶蚀-侵蚀构造地貌等四大单元。公路沿线由于工程建设对原地貌地形的影响,引发了很多的地质灾害问题,主要表现为崩塌、塌陷、滑坡及土体膨胀变形,其中尤其以崩塌和滑坡最为常见。沿线行政区域宜都市、长阳县地处中纬度,属亚热带大陆性气候区,光照充足,雨量充沛,四季分明,雨热同期,无霜期长,属明显的大陆性季风气候特征。沿线河流均属山溪性河流,因受地形地貌及降雨的影响,具有洪、枯流量悬殊大的特点,一旦遇上暴雨,就会出现回流快,流速大,极易爆发山洪;而在少雨季节,流量一般较小。研究路段土壤类型多样,以黄棕壤面积最大,石灰土次之,再次是黄壤、水稻土、棕壤、潮土等。研究路段内林草覆盖较高,宜都市项目区内林草覆盖率达到 72%,长阳项目区内林草覆盖率为 66.1%。

2 研究路段水土流失状况

高速公路工程为线状工程,沿线散生一些料石场、采石场,整体呈带状分布,虽然局部地区水土流失无明显特征或只是轻度侵蚀,但全线水土流失量巨大。侵蚀来源主要分为主体工程、施工便道、施工场、临时转运场和一些交叉工程地区。侵蚀对象有土壤、植被、水源等,具体表现为大量扰动原地貌、破坏原地貌植被造成的土壤侵蚀和生境破坏,污染河流、水库水质并且造成泥沙淤积,一定程度上减小水库库容,同时对周边人们的生产、生活造成影响。

研究路段的土壤侵蚀类型主要为水力侵蚀,以面蚀和沟蚀为主,局部地区有重力侵蚀发生。宜都市土壤侵蚀(轻度及其以上)总面积达 480.16 km<sup>2</sup>,占国土总面积的 35.8%,长阳县土壤侵蚀总面积 1 666.82 km<sup>2</sup>,占国土面积的 38.55%。具体到研究路段工程,项目总占地面积 152.51 km<sup>2</sup>,扰动地表面积 130.67 km<sup>2</sup>。根据所经区域水土流失实地调查和资料收集整理,并参照工程水土流失现状图,得出研究路段内微度水土流失 20.71 hm<sup>2</sup>;轻度水土流失 27.23 hm<sup>2</sup>;中度水土流失 57.71 hm<sup>2</sup>;强度水土流失 25.02 hm<sup>2</sup>,其中水土流失重点地区的水土流失现状见表 1。

表 1 研究路段重点地区水土流失现状

地区	类型	微度/hm <sup>2</sup>	轻度/hm <sup>2</sup>	中度/hm <sup>2</sup>	强度/hm <sup>2</sup>	小计/hm <sup>2</sup>	流失量/(t·a <sup>-1</sup> )
宜都市	路基边坡	5.57	8.64	13.07	2.22	29.50	725.88
	弃土场			4.87	4.87	9.74	414.15
	施工便道			4.08	4.08	8.16	346.46
	施工场地			5.28	5.28	10.56	449.08
长阳县	路基边坡	0.70	0.54	0.63	0.11	1.98	39.14
	弃土场			1.22	1.22	2.44	103.59
	施工便道			0.95	0.95	1.90	80.79
	施工场地			1.79	1.79	3.58	151.87
合计		6.27	9.18	31.89	20.52	67.86	2310.96

具体到各路段又由于小气候和施工工艺的不同,产生水土流失状况各异。例如,公路路基、隧道、桥梁等工程项目的施工都要进行大量的取土填方、深挖和弃土,雨季到来时会产生不同类型和程度的水土流失。由于沿线各路段所处的地质、地貌及附近河流、沟谷的情况不同,路堑开挖的深浅及路堤填筑的高低不同,水土流失的强度存在很大差异。例如,公路施工过程中挖填方路段所产生的水土流失主要发生在土方开挖地面上,路堑愈深,坡面愈陡,土壤越易受到侵蚀。据有关公路施工资料表明:路堑在 8 m 以下的路段,坡面小,水土流失较轻;而路堑深在 10 m 以上的路段,则容易产生滑坡,造成大量土壤侵蚀,水土流失严重。由于宜长高速路段特殊的

地形特征,路堑深基本都在 10 m 以上,而且地表坡度大,表土层松散,使得该公路路基的高填地段与深挖地段极易产生水土流失,成为施工期内水土流失产生的重点地区。

3 水土流失影响因素

研究路段地势起伏,地形、地貌复杂,建设过程中大量开挖、回填,严重破坏了地表植被,造成地表大量裸露,产生大量弃土弃渣,极大地扰动了原地表地貌,改动了局部区域微地形;加之南方多雨区范围,降雨量大而集中,冲刷力大,因此造成的水土流失极为严重。具体影响因素包括以下几方面:

3.1 气候

研究路段雨热同期且高温多雨,土壤母质强烈风化,土层薄,结构和水稳定性不良,抗蚀性和抗冲性较差,一旦地面受到破坏,很容易被侵蚀,并极难恢复。

降雨是研究路段发生土壤侵蚀的主要动力,而降雨量和降雨强度的大小是影响水土流失效应的重要因素。高速公路所经区域属于亚热带季风气候,降雨集中,多以暴雨出现,年平均降雨量达 1 338~1 600 mm,日最大降雨量 190.4 mm,因而形成大量的地表径流,地表冲刷能量大,所以侵蚀严重,产生较大的水土流失。

3.2 植被

植被能够有效地减少水土流失,主要表现在截留雨水,改变地表糙率,减少雨滴冲击力,改善土壤结构,增加渗透能力等方面。研究路段内植被覆盖率达 60% 以上,但由于施工期间对路基填挖和采土、采石使植被受到严重破坏,施工区大部分地表完全裸露,失去了植被的保护作用,导致水土流失量大大增加。

3.3 地形

地形之所以是影响土壤侵蚀产生水土流失的重要因素,主要在于不同的坡度、坡长、坡形及坡面糙率是否有利于坡面径流的汇集和能量的转化。研究路段地势起伏,沟壑纵横,地形变化多样,施工期间,由于路基的填、挖改变原有微地形,造成疏松表土和风化物剥离,加上山势陡峭,凸形坡较多且坡度大,地表径流流速增大,冲刷能力也随之增强,表土更加容易受降雨径流作用沿山坡向下流失,部分地区还会引起滑坡和泥石流。

3.4 高速公路施工

高速公路建设项目引起的水土流失,主要表现在高速公路建设过程中或建成使用后,因扰动地表或岩石层,堆置废弃物等而造成的水土资源破坏及损失,是典型的人为加速侵蚀。

3.5 人为活动

研究路段主要人为活动造成的水土流失表现在陡坡开荒和一些不合理的耕作方式等。由于研究路段土壤层薄,一旦陡坡开荒破坏了原地貌植被,降雨过后土壤侵蚀很快发生,并且强度大,不易恢复。

4 水土流失防治措施体系

根据水土保持分区防治的要求,采取综合的水土保持临时措施,以达到防治水土流失的目的。其中主要的临时措施有:沉沙池、拦水台、急流槽、排水沟、工程护坡、植物护坡、临时弃渣和表土保护等。各水土流失防治分区的水土保持临时措施体系见图 1。

4.1 主线工程防治区

高速公路在施工期间,由于路基挖填方量大,施工周期长,路堤、路堑、桥梁基础及隧道门洞等单项工程在施工期遇到雨季,受到雨滴击溅、径流冲蚀,容易产生水土流失,影响

高速公路的安全和施工进度。因此,施工期必采取必要的水土保持临时防护措施(包括工程措施和生物措施)。

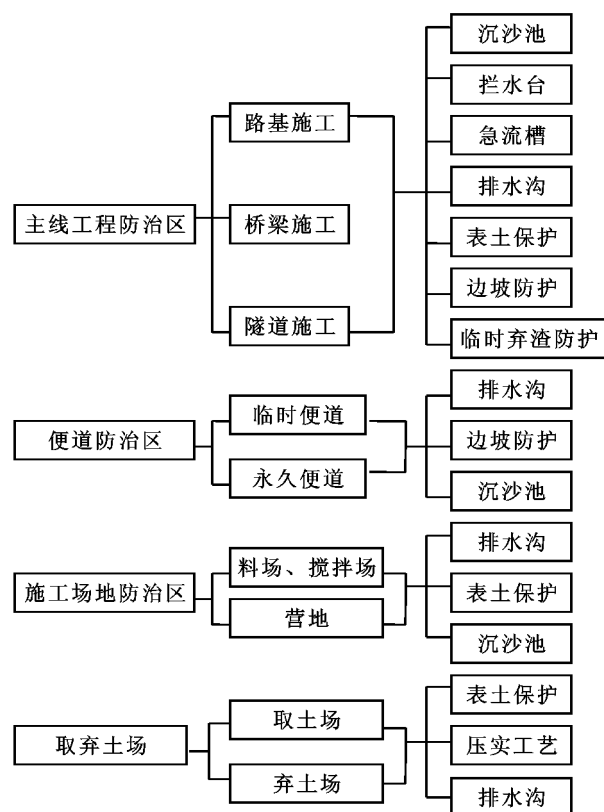


图 1 水土流失防治分区的水土保持临时措施体系

#### 4.1.1 临时土沉沙池

在开挖路基时,根据地形条件,设置临时土沉沙池,以减缓径流流速,沉淀泥沙。土沉沙池可用推土机在路基旁推约 0.5 m 深、20~30 m<sup>2</sup> 面积的小池,使径流在池中流速减缓,泥沙下沉,从而起到防治水土流失的作用。

#### 4.1.2 土工布围栏

在临时沉淀池出水的一侧设土工布围栏,再次拦截泥沙。土工布围栏的做法是:布宽 65 cm,每 3 m 设直径为 5 cm 的立柱,土工布固定在立柱上并有 15 cm 埋入土下。围栏的作用是拦截泥沙并使水分通过。

#### 4.1.3 路基临时排水措施(临时挡水堰、急流槽)

水是形成路基病害的主要因素之一,路基的整体强度和稳定性同水的关系十分密切。高速公路路基施工工期长,填筑量大,一般需经过两个雨季施工才能完成,因此,搞好路基施工临时排水就显得尤为重要。在雨水集中的季节,路槽在短时间内汇集大量雨水,雨水沿着路基边坡和纵坡流淌,会造成大面积土方滑坡。路基土大量流失,对路基造成很大的破坏。

路堤填筑之前,沿两侧先筑土坎或开挖临时排水沟,既防止路基填土发生流失,又可拦挡山坡汇水对路基冲刷。沿临时土坎或排水沟根据地形大约每隔 100 m 挖一个沉沙池沉淀泥沙。路基建成、过水涵洞及排水系统铺设完毕后,推平沉沙池。

路堤汛期前完不成防护措施的,要在路基上设临时挡水堰,下设临时排水道(急流槽)排导。在路堤填筑时,应分层填筑,最大松铺厚度不超过 30 cm,用自动找平平地机将路拱横坡控制在 3%~4%,以利于路拱排水。在测量放样时,应在填第一层土时,就按图纸所设计的纵坡测设桩位,以保

证路拱面排水顺畅。土路肩处边坡排水采用急流槽、拦水台排水。

为了防止路基面路拱上的雨水任意流下,冲毁边坡,在施工中可采用在路堤两侧路肩处修起高 20 cm,宽 30 cm 的长条形拦水台,拍实后连接到急流槽上部的喇叭口,将雨水汇集到急流槽排出。

在挖方边坡汇水面积较大时,在坡口外侧 5 m 处设浆砌片石截水沟。在路堑开挖前做好排水沟、截水沟;根据土质情况做好防渗工作,并结合地形因势利导,做到沟基稳固,沟型整齐;沟坡、沟底平顺,沟内无浮土杂物;沟水排泄不得对路基产生危害,截水沟、排水沟及防渗设施的位置、断面尺寸应严格按照设计图纸的规定施工,其出口应通至桥涵进出口处,截水沟与排水沟挖出的废土应堆置在沟与路堑边坡的一侧,填筑土台,并分层压实。

#### 4.1.4 临时洪水排导沟渠

路段施工改变了原有河道和排洪系统,需设计临时排导沟渠。沟渠尺寸应不低于原河道或沟渠断面。

#### 4.1.5 表土保护和再利用

在路基施工时,将原有表层土推在一边堆放再利用,在临时堆土周围可用袋装弃土临时拦挡,高度 1.5 m 左右,同时播撒草籽形成覆盖层保护。

#### 4.1.6 临时弃土弃渣防护

临时弃土弃渣应集中堆放,用干砌石围挡防护,采取快速恢复植被的方法进行防护,可在表面撒播草籽尽快形成植被覆盖。受影响的河道在施工前建拦渣堤,防止弃土进入河道。

与路基联结端的坡面设临时挡渣墙,临时挡渣墙可用袋装石渣或块石堆砌而成,根据地形临时挡渣墙高度 0.5~1 m,宽度 1 m。

#### 4.1.7 桥梁、隧道等施工防护

水桥施工中,桥墩基础开挖的土石方集中堆放在岸边较高位置,对水下桥墩基础开挖的土石方用船集中运到岸边,再转运到洪水冲不到的高地集中堆放,采取覆盖雨布等临时措施,桥墩基础浇注完后用作回填用料。旱桥施工中,桥墩基础开挖的土石方集中堆放,周边采用袋装石渣作临时拦挡,待桥墩基础浇注完用以后用以回填,剩余部分集中运至附近弃渣场堆放,或用于附近低洼地的平整。

隧道施工前,先设截水沟,距离开挖面大于 5 m,截水沟与四周排洪沟联结,保证排水畅通。

#### 4.2 施工便道防治区

##### 4.2.1 便道的规划

永久便道应尽量利用原有道路,减少土石方,弃方要合理利用,填于低洼处。临时便道施工完毕,占地恢复原用途;永久便道要采取相应的水土保持措施。

##### 4.2.2 排水工程措施

施工便道是运输土料的重要通道,承受的行车荷载及交通量很大,加之雨水的淤积及冲刷极易破损。因此,施工便道修建中排水措施对水土流失的防治很重要。在高边坡端布设临时排水沟,低洼处设沉沙池是施工便道常用的排水措施。

施工便道要根据实际地形及施工情况设置,便道通常高出原地面,用砾石或碎石铺筑,临时便道两侧并根据实际地形设置临时排水沟,在路线低洼易汇水处设置圆管涵,以利排水,保证雨季径流正常通行。临空面端路面高度应略高于内侧,保证径流流向排水沟而不冲刷坡面。排水沟和沉沙池尺寸可根据水文计算得出,落差大的地方可采用浆砌石衬砌。

##### 4.2.3 路基防护工程

施工便道的边坡防护一般采用的工程措施是干砌石或

浆砌石支砌,保证边坡稳定。生物措施是在坡面上种树种草,快速形成覆盖层,防止水土流失。

4.2.4 植物防护措施

在施工临时便道两侧撒播草籽,尽快形成覆盖层,可以有有效的防治水土流失。开挖或填方坡面采取植草护坡,草种选择根据当地自然条件决定,选择抗逆性能好,生长快的乡土草种。永久便道道路两旁还应栽植行道树进行绿化。

4.3 施工场地防治区

临时用地(营地、施工场地、混凝土搅拌场、材料堆放场地等临时占用土地)应恢复原使用用途,边坡应临时防护,主要采取生物措施进行防护。

4.3.1 表土收集保护和利用

施工场地在平整前,应先剥离 20 cm 的表土覆盖层,暂时存放在各自场边,夯实堆积,表面撒播草籽以防止养分流失,在雨季应覆盖防水编织布,待施工结束后用于表层覆土。四周可用干砌石或袋装渣土进行围护。

4.3.2 排水沟

施工场地周边要开挖排水沟,在排水沟出口处设沉沙池,径流经沉沙池沉淀后排向附近自然沟道。

4.3.3 硬化层清除

施工结束后,对因施工留下的硬化层进行清除,清楚厚度一般为 25 cm 左右,清楚的硬化层用于回填附近施工便道或运至附近弃渣场堆放,不得随意弃倒。

4.3.4 恢复利用

将先期剥离保护的表土回填利用,对土地恢复原使用用

参考文献:

[1] 于凤杰. 锦阜高速公路路基施工中临时排水处理的探讨[J]. 辽宁交通科技, 2002, 25(6): 19 - 20.  
[2] 王飞,李锐,杨勤科. 公路建设水土流失与水土保持研究[J]. 公路, 2003, (8): 148 - 152.  
[3] 张绒君,王晓,段菊卿. 线形开发建设项目的土壤侵蚀与工程防治[J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 139 - 141.  
[4] 张洪江. 土壤侵蚀原理[M]. 北京:中国林业出版社, 1999.

(上接第 119 页)

体上来说,各地水土流失仍呈加剧趋势,面积不是缩小了,而是扩大了<sup>[6]</sup>。如安徽省水土流失面积 20 世纪 90 年代是 50 年代的 3 倍,湖北省现有水土流失面积是新中国成立初期的 1.5 倍。

湖南省水土流失面积已达 471.6 万 hm<sup>2</sup>。湖南省每年因生产建设造成的水土流失面积约为 66.7 hm<sup>2</sup>。从 1949 年至今,湖南省水土流失面积增加了近 3 倍。目前,湖南省水土流失面积占土地总面积的 22.3%,水土流失显著的县由 35 个增加到 87 个,每年流失土壤约 1.7 亿 t。尽管每年采取了很多治理措施,但据统计分析,湖南省平均每年水土流失发展速度为 1.59%,治理速度只有 0.54%,治理的速度远远落后于“破坏”的速度。

江西省是我国南方典型的水土流失“大省”,在中亚热带各省(市)位居第一。虽然各级领导和部门采取了一系列措施,治理水土流失。但根据 20 世纪 80 年代和 90 年代两次

参考文献:

[1] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴[Z]. 2005.  
[2] 李文华. 生态农业 - - 中国可持续农业的理论与实践[M]. 北京:化学工业出版社, 2003.  
[3] 黄国勤. 江西省生态安全面临的问题和生态建设对策[J]. 安全与环境学报, 2006, 6(2): 67 - 74.  
[4] 黄国勤. 江西农业灾害规律[M]. 北京:中国农业出版社, 2001.  
[5] 黄国勤. 耕作制度与“三农”问题[M]. 北京:中国农业出版社, 2005.  
[6] 黄国勤,高旺盛. 中国集约型农作制可持续发展[M]. 南昌:江西科学技术出版社, 2000.

途,作为农田或林地,破坏的植被要进行恢复。

4.4 弃渣场、取土场防治区

4.4.1 表土收集和防护

弃渣场和取土场应事先对表土进行剥离,剥离厚度 20 ~ 40 cm,堆积在相对比较平坦的地方,分层夯实,用干砌石或袋装渣土进行临时防护,表面撒播黑麦草尽快形成覆盖层,减少雨水冲刷。在弃渣或取土完毕后,收集的表土可用于弃渣场和取土场的复耕或植被恢复。

4.4.2 取土和弃土转运

取土和弃土转运要合理安排,运输车辆采取加盖篷布或其他措施防止沿途弃撒,避免人为造成水土流失。

4.4.3 弃渣防护

弃渣在堆积过程中应进行分层压实,一般压实度应达到 85%。弃渣要做到先挡后弃。

4.4.4 临时排水沟

取土或弃土周期长,如果跨越汛期,要做好临时排导洪水措施。

5 结论与建议

实践证明,高速公路在建设如果能够采取以上一系列的水土保持临时措施,可使土壤流失量大大减少,对主体工程安全度过汛期也有着重要意义。一些措施投资少,见效快,水土保持效益显著。因此,建设施工单位根据高速公路建设水土流失发生的特点,采取综合的水土保持临时防治措施体系,使高速公路开发建设项目的水土流失量控制到最低。

水土流失的遥感调查,江西的水土流失仍然很严重(表 3),治理和恢复的“路”还很长。

表 3 江西省 20 世纪 80 年代和 90 年代两次水土流失遥感调查结果

水土流失强度	1985 ~ 1987 年		1995 ~ 1996 年	
	面积/ km <sup>2</sup>	%	面积/ km <sup>2</sup>	%
轻度	24725.2	53.57	12282.5	34.87
中度	12879.6	27.91	10443.6	29.65
强度	6358.9	13.78	8402.9	23.86
极强度	1566.2	3.39	2361.2	6.70
剧烈	623.1	1.35	731.6	2.08
裸岩	-	-	999.5	2.84
合计	46153.0	100.00	35221.3	100.00