

# 延安市区水土流失问题与对策刍议\*

冯伟, 李靖, 张新和

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘要] 通过对延安市区城市化过程中水土流失现状、成因、危害的分析, 结果发现, 延安市区的水土流失受人为因素的影响较大, 其流失强度隐蔽, 流失物源多样, 人为倾倒的弃土堆侵蚀模数可达  $2.15 \times 10^5 \sim 1.31 \times 10^6 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{年})$ , 城市垃圾、大气降尘等均可产生不同程度的水土流失。延安市区作为典型的黄土高原山涧河谷城市, 水土流失对城市的大气、水质、防洪等造成了一定影响, 针对这一问题提出了相应的对策和防治措施。

[关键词] 延安市区; 城市化; 水土流失; 防治措施

[中图分类号] S157.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)03-0136-05

改革开放以来, 我国城市化进程显著加快。在城市化过程中, 由于平整地基、修路、筑桥等人为活动扰动了大量土石, 使植被、地貌、水系等相应环境遭受破坏, 同时又缺乏相应的侵蚀防治措施, 导致各种形式水土流失的发生。城市水土流失直接影响城市的生活环境和投资环境, 成为经济发展的严重制约因素。

延安市处于西北黄土高原丘陵沟壑区强烈的水蚀和风蚀区, 侵蚀环境脆弱, 其自然状况、经济水平和社会环境在黄土高原城市中具有一定的典型性和代表性。本研究以延安市区城市化过程中的水土流失为视点, 研究了该地区的水土流失及其危害, 以使人们认识到城市水土流失问题的严重性, 并采取相应的防治措施。

## 1 市区(规划区)概况

延安市区三面环山(凤凰山、宝塔山、清凉山), 中间二水(延河、南川河)襟围, 地形西北高、东南低, 两侧为黄土梁卯, 中间为河谷川地。东至姚店, 西至裴庄, 北至河庄坪, 南至柳林镇二十里铺, 西南至万花山, 包括宝塔区南市、宝塔、凤凰3个办事处及万花、柳林、李渠、桥沟、姚店、河庄坪、枣园、川口8个乡镇的部分村组, 总土地面积  $115 \text{ km}^2$ 。

延安市城区建国初期仅在中心地带较为集中的居民区, 大的支沟沟口两岸有少量开发。以后, 随着城市经济的发展和人口的增多, 城市开发逐渐由延河低阶地向高阶地及大支沟方向发展, 但开发速

度慢、规模小。近年来城市开发速度与规模逐步加大, 中心城区的建成区面积1978年为  $8.6 \text{ km}^2$ , 到1995年增至  $12 \text{ km}^2$ , 1995年以后发展更为迅速, 到2002年已达  $16 \text{ km}^2$ , 较1995年增长  $1/3^{[1,2]}$ 。城市人口由建国初期的1.6万人发展到20万人(包括流动人口)。市区现已建成世纪花园、东苑、翟则沟等住宅小区, 城市人均居住面积达到  $10 \text{ m}^2$ 。市区道路总里程已达  $57.4 \text{ km}$ , 人均占有道路面积  $8.2 \text{ m}^2$ 。

延安市区属黄土丘陵沟壑地貌, 主要由梁、卯、沟、坡组成, 海拔高度为  $1000 \sim 1200 \text{ m}$ 。该区地表极为破碎, 据测算(1:10000地形图)<sup>[1]</sup>, 市区周围沟壑密度一般为  $7.5 \sim 11 \text{ km}/\text{km}^2$ , 最大可达  $20.95 \text{ km}/\text{km}^2$ , 形成了沟壑纵横的景象。本区属高原大陆性季风气候, 春秋盛行西北风, 平均风速  $2 \text{ m}/\text{s}$ , 最大风速可达  $14.3 \text{ m}/\text{s}$ 。降水年际变化大, 多年年平均最大降水量  $871.2 \text{ mm}$ , 平均最小降水量  $330.0 \text{ mm}$ , 且年内分配不均, 主要集中在7~9月, 占全年总降水量的60%~80%, 多以大雨或暴雨形式出现。流经市区的延河泥沙含量较高, 多年平均含沙量  $314 \text{ kg}/\text{m}^3$ , 实测最大含沙量为  $1300 \text{ kg}/\text{m}^3$ , 多年平均输沙量  $8756 \text{ 万 t}/\text{年}^{[3]}$ 。市区植被覆盖较差, 且分布极不均匀。

## 2 市区水土流失现状

延安市区的侵蚀类型有水蚀、风蚀、重力侵蚀等, 其中水蚀是最主要的流失形式, 市区水土流失面积  $97.2 \text{ km}^2$ , 占总面积的84.5%, 平均土壤侵蚀模

\* [收稿日期] 2002-11-11

[作者简介] 冯伟(1977-), 男, 浙江嘉兴人, 在读硕士, 主要从事水土环境与保护研究。

数为 8 000~ 10 000 t/(km<sup>2</sup>·年), 年均土壤流失量约为 102 万 t<sup>[2]</sup>。此外, 城区水土流失受人为影响的程度较大, 具有流失方式的复杂性、流失强度的隐蔽性和流失物源的多样性等特点。

### 2.1 人为弃土弃渣

据孙虎等<sup>[4]</sup>对延安市火车北站、兰家坪、桥儿沟等 17 处的调查, 松散堆积物的侵蚀强度大多为 8 000~ 50 000 t/(km<sup>2</sup>·年), 以人为倾倒的弃土和堆土场边坡侵蚀最为严重, 侵蚀模数为 2.15 万~ 13.1 万 t/(km<sup>2</sup>·年), 远大于此区的自然侵蚀模数(1 万 t/(km<sup>2</sup>·年)左右)。改革开放至 1998 年, 近 20 年间延安市城区人为松散固体堆积物累积达 1 702.57 万 m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>, 若以平均弃土堆高 3 m 估算, 堆积面积为 567.52 万 m<sup>2</sup>, 再取平均侵蚀模数 7.625 万 t/(km<sup>2</sup>·年), 则每年流失泥沙 43.3 万 t。

### 2.2 滑坡、滑塌与崩塌

延安市区因其特殊的地形, 城市建设极易引发各种重力侵蚀。城区范围内共发育大型滑坡 35 处, 总体积达 597.65 万 m<sup>3</sup>, 其中规模较大的滑坡有医学院、制药厂、二庄科、宝塔山、棉土沟、罗家坪、34 医院、机砖厂、二号工地和林校等处。滑塌共有 132 处, 总体积 394.34 万 m<sup>3</sup>, 其中分布数量最多、滑塌体总方量最大的地区为凤凰山东麓与北麓、南川河左岸以及杜甫川两岸的黄土斜坡。崩塌达 74 处以上, 总体积 18.40 万 m<sup>3</sup>, 大多发育在中、小沟两侧的黄土地及黄土-基岩斜坡的基岩或黄土陡坡<sup>[2]</sup>。

### 2.3 城市垃圾及污水

据延安市环卫处 2000 年的统计资料, 中心市区年产固体废弃物 16.7 万 t, 其中工业固体废弃物约 10.2 万 t, 生活垃圾约 6.5 万 t。大约只有 4 万 t 得到环卫处集中处理, 不足总固体废弃物量的 25%, 其余则均倾倒在山坡沟洼, 不仅影响市容, 而且一遇暴雨, 成为流失物源, 堵塞沟道, 造成排水不畅。城市污水的排放也是一个不小的污染源, 仅宝塔区每年就有 595.4 万 t 未经处理的污水直接进入河道。现全市年排放工业污水 350 万 t, 生活污水 1 800 万 t, 占全市年排污水总量的 83.7%, 其中大部分未经处理直接排入河流, 若按 10 g/kg 含污泥量计算, 则每年排放污泥达 20 万 t<sup>[4]</sup>。

### 2.4 煤尘沉降

延安市工业和生活燃煤主要为子长煤, 而子长煤属一种肥煤, 燃烧后产生的灰粉、挥发粉较多。1998 年城区燃煤 44.26 万 t, 排放二氧化硫 3 092 t, 烟尘 6 800.8 t<sup>[5]</sup>。据市环保局调查, 1997 年延安城

区总悬浮微粒年平均超标 1.56 倍, 冬春季最高超标 2.5 倍, 污染最严重时市区能见度不足 50 m<sup>[5]</sup>。经市环保局的整治, 大气质量状况虽有所好转, 但现市区的总悬浮微粒仍高于国家二级标准(0.20 mg/m<sup>3</sup>), 达到 0.35 mg/m<sup>3</sup>, 年降尘模数为 16.76 t/km<sup>2</sup>, 市区每年可产生降尘近 2 000 t(以 115 km<sup>2</sup> 计算), 这些降尘沉积在背风处的屋顶、墙角或街区陡坎处, 在降雨时又成为降雨径流侵蚀搬运的对象。

## 3 水土流失成因分析

延安市区为典型的黄土高原山涧河谷城市, 城市与农村的分界不很明确, 水土流失成因较为复杂。

### 3.1 自然因素

延安市区周围环绕着黄土斜梁、梁峁、丘陵沟壑, 切割深度为 190~ 250 m, 地表破裂度高达 56%<sup>[2]</sup>, 如果其他条件不变, 则水土流失量与地面破碎程度有相当好的正相关关系<sup>[6,7]</sup>; 市区的地面物质以马兰黄土为主, 马兰黄土遇水易崩解, 崩解后的散粒中粉细砂颗粒占主要成分, 极易被坡面高动能的水流带走, 形成强烈侵蚀。延安市降雨量年内分配不均, 主要集中在夏季, 且以雷阵雨为主, 降水强度大, 1 h 最大降水量可达 62 mm, 24 h 最大降水量 139 mm<sup>[2]</sup>; 高强度的暴雨对水力侵蚀影响最大, 一旦有暴雨, 各种处于极限平衡状态下的裸露坡面、松散弃土坡、建筑开挖面就会被激发, 从而引起强烈的水土流失<sup>[1]</sup>。市区及外围植被覆盖率较低, 且分布极不均匀, 总体覆盖率约 30%, 在坡度大于 40 度左右的坡段, 几乎无植被。据朱忠礼等<sup>[8]</sup>研究, 植被覆盖度在 50% 以上的地区, 侵蚀量可以减少 70%, 而植被覆盖度在 30% 以下的地区, 侵蚀模数可以高达数千吨级。

### 3.2 人类建设活动对原始地貌的破坏

在城市基础设施和工矿企业建设中, 挖高、填低, 弃土弃渣, 常常形成人工均夷坡和人工切割坡, 造成不同程度的水土流失。原始状态下的地表物质具有一定的胶结度和组织结构, 有一定的抗蚀性, 但经人工开挖松动后, 不仅形成一些易受侵蚀的人为地表形态, 而且产生的大量松散开挖物极易遭受侵蚀, 且开挖面形成陡高边坡, 坡度一般都大于原始地表的坡度, 其稳定性低, 一经降雨、径流、风力、践踏、机械震动等外营力的激发, 常常发生滑塌, 造成大量侵蚀。此外, 开挖弃土形成的松散坡地、人为堆积的松散物质, 因抗剪强度低, 在雨滴击溅或径流冲刷下易发生崩塌, 使大量的泥沙进入河道, 又因延安市区

地处河谷地带,市区中心地带的平地建筑已呈饱和状态,城市渐渐向四周山坡扩展,形成垂向分布,特殊的地形地貌条件、脆弱的地质环境、人为的工程开挖导致市区斜坡地带经常发生滑坡、滑塌和崩塌。同时,开发建设势必带来大量的采石、修路活动,形成危崖陡壁,增加了崩塌的可能性,并产生了大量就近堆积于坡麓的松散岩土体,增加了侵蚀物质。

### 3.3 城市垃圾及污水的乱倒乱排

城镇人口和工业生产每天都在不断排放各种垃圾。目前延安市区虽加强了对建筑垃圾、生活垃圾、工业废弃物的集中收集与处置,如增设垃圾收集点,每天按时收集与清扫,并在桥沟镇伊家沟后沟建成一座日处理能力过百吨的垃圾掩埋场,但因城区建在狭长的河谷里,许多建筑依山而建,建筑垃圾就地堆放于山麓或沟道里,造成收集困难。且在沟道和山坡上分布有一定数量的居民点,有的居民已养成了就地丢弃垃圾的习惯,从而形成了不少垃圾收集的死角。这些垃圾无任何防护措施,直接暴露,且这些地方坡度较陡,一遇暴雨,极易产生汇流,把大量的垃圾冲进沟道造成流失。如前所述,污水的随意排放也可造成一定的水土流失。到目前为止,延安市区还没有一座上规模的污水处理厂,全市年排污水超过 2 000 万 t,其中大部分以暗渠的方式排入河川,仅延河宝塔区段就有排污点 112 个。

### 3.4 水土保持措施缺乏

延安市区地处黄土丘陵沟壑区,属于强水蚀区,该区的自然因素使其本身易发生大面积的水土流失,加之市区人口、工矿集中,开发强度大,更易发生强烈的侵蚀,因此,对水土保持措施要求较一般流失区高。然而笔者实地调研发现,延安市区建设在布局上缺少总体规划,许多开发建设项目没有配套的水土保持规划,更不用说建设过程中的水土保持措施,即使有少许水土保持措施,也缺乏相应的执法监督和管理。

## 4 市区水土流失的危害

城市水土流失具有多方面的危害,不仅污染大气与水体,而且淤塞河道、渠道、排水管道,抬高河床,降低城市防洪标准,危及城市防洪安全,破坏人们的生存环境,进而影响到外资引进、城市建设和旅游业的发展,不利于城市的可持续发展。

### 4.1 破坏大气质量

施工区的粉尘、扬尘会造成大气环境中的颗粒物污染,这是一项需要认真对待的问题。空气中的固

体颗粒物可以在空气中悬浮几天甚至几个星期,会对下风向城市的大气环境构成威胁。同时,大量城市建设垃圾和生活垃圾的乱堆乱放,不仅破坏了城市的景观,也使城市大气悬浮物含量增加。1997年,延安市城区总悬浮微粒春、夏、秋、冬 4 个季度的平均值分别为 0.692, 0.443, 0.360 和 0.673  $\text{mg}/\text{m}^3$ ,均超过 0.2  $\text{mg}/\text{m}^3$  的国家标准,尤其以冬、春两季最为严重,当地群众和到此地参观的国内外宾客,对污浊的空气、笼罩宝塔的烟尘感受极为强烈<sup>[5]</sup>。近年来,每逢春暖花开,沙尘暴就频繁发生,整个城市被黄沙笼罩,严重影响了居民的正常工作和生活。

### 4.2 污染水体

城市水土流失对水质影响最直接的表现是影响水体的混浊度。延安市区内的河流含沙量高,河水长年浑浊,无法饮用。又因市区三面环山,大部分山体植被覆盖率低,一下雨极易形成水土流失,导致大量表层土进入水体,不仅使土壤中的养分流失掉,而且也把土壤中的化肥、农药等污染物带入水源,污染水体,恶化水质<sup>[9]</sup>。目前,市区的工业“三废”、生活垃圾、旅游景点污染使延河的宝塔区城区段达 4 级污染。同时,大量泥沙进入河道也对水体中的动植物构成一定威胁,从这一点上讲,足够多的悬浮泥沙同样可使水体的生态环境遭受破坏。

### 4.3 束窄河道,减小过水断面

城市发展中的大量开发弃土与生活垃圾被随意倾倒在干支流的河堤内,部分松散堆积物由于长期堆积而固化,并在河堤内形成新的堤状堆积物,部分河段还形成堤内堤。据笔者实地估测,在城区嘉陵大桥靠近黄瓜沟一侧,由于受汽车、推土机碾压及人行踏实,已形成了一条宽 3~6 m,高 2~8 m,长 500 m 的堤内堤,在枯水期河道过水断面被压缩至 10~20 m,且在大桥桥头已形成一条宽 50 m、高 10 m 的建筑垃圾与生活垃圾堆,束窄了河道,减小了过水断面,严重影响了洪水期河道的行洪能力。

### 4.4 抬高河床,淤积沟道

城市水土流失产生的泥沙中含有大量的石块、粗沙,其中大部分排入流经市内的延河和南川河,而延河、南川河大部分时间处于枯水期,没有足够的水力外营力作用,短距离搬运的泥沙、石块,容易淤积、固化并抬高河床。加之市区河道弯曲(弯曲系数达 1.47~1.50),纵比降小(河床纵比降仅 1.8‰)<sup>[11]</sup>,使得河道泄洪能力下降而屡遭洪水袭击。

此外,街边沟、明沟、暗沟经常由于建筑垃圾、生活垃圾的随地堆放而发生堵塞淤死。延安市区 90%

以上的排水通道有不同程度的淤积,有的暗沟淤积程度达60%~70%<sup>[1]</sup>。有些管渠的淤积得不到及时清理,致使一遭大雨,暴雨就满街黄泥、污水横流。如大砭沟,其沟头就有两处长2m的街边沟被生活垃圾、砖块、灰渣和弃土填埋,中段多处发生严重淤积,生活垃圾、粪便等污物随处可见,雨天造成排水不畅,径流常顺街下泻,侵蚀路面。

#### 4.5 滑坡、崩塌、崩岸造成地质灾害

延安市城区建设的竖向发展势必要进行人为开挖、削坡、爆破,人为形成高陡边坡,如遇连续大气降雨或地震等外营力作用,极易发生滑坡、崩塌。虽然目前这些不稳定或极不稳定滑坡、滑塌和崩塌数量不多,但大部分位于凤凰山东坡、东北坡以及宝塔山等人口稠密地段和重要文物保护单位,一旦发生滑坡、崩塌就会对滑体上方和下方居民的生命财产安全构成严重威胁。

## 5 对策及建议

### 5.1 提高认识,加强执法和管理

据笔者实地调研发现,目前延安市区不少单位和个人在从事生产、建设活动中,大多从行业的眼前利益出发,急功近利,随意堆放弃土、垃圾、工业固体废弃物,而早在1994年底延安市就印发了关于贯彻《中华人民共和国水土保持法》的实施细则,这说明人们的法制观念还比较淡薄。因此,应进一步开展城市水土保持宣传,充分利用各种传播媒体,比如在电视上做一些水土保持的公益广告,增设水土保持宣传画,开展城市水土保持宣传日等活动,以加大对城市水土保持工作的宣传,提高全社会的城市水土保持意识。此外,上层领导部门要分派人员专门负责并指导城市水土保持工作,加强对建设项目的管理,切实落实城市建设主体工程与水土保持设施“三同时”(同时设计、同时施工、同时投产使用)制度。建设并拥有一支高素质、精业务、高效率的水土保持执法队

伍,以杜绝边治理边破坏的现象,这对确保水土保持工作成效是至关重要的。

### 5.2 因地制宜,科学规划,综合治理

在实际工作中要坚持高起点的规划设计原则,针对延安市区三山夹两川的地形特点,在环市山坡上以生物措施为主,辅以工程措施,缓坡地发展生态农业,陡坡地实行封山育林,在一些生态环境较好的沟道种植如山桃、山杏、沙棘、枣、梨等具有经济和观赏价值的乔灌木,层层推进,既治理了水土流失,涵养了水源,又开发了水土保持旅游资源。在城区的宝塔山、凤凰山、清凉山等重点旅游区植树种草,发展水土保持各种配套措施,既能改善侵蚀环境,又增加了旅游收入,可谓一举两得。

对于医学院、二庄科、宝塔山、凤凰山东麓与北麓等重点滑(塌)区,应以工程措施为主,结合其发生的具体地形地貌,坡顶削坡减载,坡面开槽排水,坡脚设抗滑桩或砌挡土墙。在滑坡山体 and 半山以上的居民要有计划地搬迁,并广植长绿林、风景林建成森林公园。对于两川的防治应以工程措施为主,兼顾生物措施,加强河防大堤的整修,并及时清淤。禁止向河床乱倒弃土弃渣,乱排污水,以解除城市洪灾隐患。河道两岸设置绿化带,种花育草,因地制宜,开辟河堤公园,把延安市建成披青戴绿的环保城市。

### 5.3 加强城市水土保持研究

城市水土流失的治理是一项庞大的系统工程,不能拿农村的水土保持经验来照套城市水土保持。因此,开展对延安市区城市水土流失强度分级与评价、城市下垫面物质与侵蚀动力发生作用机制等方面的研究非常有必要。然而目前许多基础性工作刚刚起步,资料、数据、研究成果都比较少,所以必须加强科研规划,并充分利用现代科研成果,采用RS、GPS、GIS等高新技术手段对延安市区的水土流失及时做好监测、监控和预报,为决策部门提供科学依据。

致谢:本文资料的收集得到延河项目办张翼主任,延安市国土资源局孙民生副局长,城市管理局杨林副局长,以及市环保局、水利局等单位和个人的大力帮助,在此深表谢忱!

## [参考文献]

- [1] 孙虎.黄土高原地区城市土壤侵蚀发生机理与侵蚀环境调控——以延安市为例[D].陕西杨陵:中国科学院水土保持研究所,1999.
- [2] 延安市水土保持工作队.延安市城市水土保持规划[R].延安:延安市水土保持局,2001.
- [3] 西安工程学院地质工程与环境工程研究所.延安城市滑坡危险程度评判及治理建议[R].延安:延安市国土资源局,2000.
- [4] 甘枝茂,孙虎,甘锐.黄土高原地区城市化对侵蚀环境的负面影响及防治对策[A].中国科学技术学会.中国西部生态重建与经济协调发展学术研讨会论文集[C].成都:四川科学技术出版社,1999.458-463.
- [5] 米生富.洗片蓝天送给你——延安市治理大气污染纪实[M].北京:华夏文化出版社,1999.1-12.

- [6] 袁仁茂, 杨晓燕, 李树德. 水土流失的多因素分析及其防治措施[J]. 水土保持研究, 1999, 6(4): 80- 85.
- [7] 卢金发. 黄河中游流域地貌形态对流域产沙量的影响[J]. 地理研究, 2002, 21(2): 171- 177.
- [8] 朱忠礼, 莫多闻, 徐海鹏. 水土流失与地貌侵蚀[J]. 水土保持研究, 1999, 6(4): 86- 90.
- [9] 郝天文, 孔彦鸿. 城市建设与水土保持[J]. 国土开发与整治, 1998, 8(2): 17- 19.

## Problems of soil and water loss in Yan'an City proper and countermeasures

FENG Wei, LI Jing, ZHANG Xing-he

(College of Hydraulic and Architecture Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract** Based on analyzing the present conditions, reasons and disadvantages of the soil and water loss during Yan'an city proper development, we draw a conclusion that the soil and water loss in Yan'an city proper is greatly impacted by human beings' activities and has the characteristics of concealment of loss intensity and multifold sources of eroded materials. The erosive speed of man-made soil heap can get to  $2.15 \times 10^4 \sim 13.1 \times 10^4 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , and city rubbish and atmosphere dust also can result in a certain soil and water loss. Yan'an city proper is located in a valley of the Loess Plateau, and the urban soil and water loss has certain destructive effects to the atmosphere, water, controlling flood etc. At last, this article gives some advices and protection ways to the soil and water loss problem in Yan'an city proper.

**Key words:** Yan'an city proper; urbanization; soil and water loss; protection ways

### · 简 讯 ·

## “植物杀虫剂苦皮藤素的研究与开发”项目 获 2002 年陕西省科技进步一等奖

由西北农林科技大学植保学院吴文君教授主持的“植物杀虫剂苦皮藤素的研究与开发”项目,在 4 项国家自然科学基金资助下,于 2002 年获得陕西省科技进步一等奖。

该项研究首次从农药学角度研究了杀虫植物苦皮藤的有效成分,从中分离鉴定了 3 类有效成分、19 个化合物,其中 15 个是国内外首次分离鉴定的新化合物,研究了苦皮藤有效成分结构与杀虫活性的关系,发现二氢沉香呋喃类衍生物是一种新的杀虫活性先导化合物,为我国农药的源头创新打下了基础。首次发现苦皮藤麻醉成分具有负温度系数,这是继 DDT 和部分拟除虫菊酯类杀虫剂之后关于负温度系数杀虫剂的又一例报道。首次发现苦皮藤麻醉成分和毒杀成分的选择作用并初步阐明了这种选择作用的机理,这一发现为植物杀虫剂苦皮藤制剂的正确合理使用提供了理论依据。在国内外首次研究了苦皮藤麻醉成分和毒杀成分对昆虫的作用机理,特别是发现苦皮藤 V 主要作用于昆虫消化系统(绝大多数杀虫剂是作用于神经系统或呼吸系统),并首次在国内外提出“昆虫消化毒剂”的概念,阐述了昆虫消化毒剂的定义、特点及创制一类作用于昆虫消化系统的新型杀虫剂的途径。

在上述应用研究的基础上,先后开发出“0.2% 苦皮藤素乳油”和“0.15% 苦皮藤素微乳剂”,分别于 1995 年和 2002 年获 2 项国家发明专利,其中 0.2% 苦皮藤素乳油 2000 年获农药临时登记,0.15% 苦皮藤素乳剂亦正在办理国内临时登记及欧洲农药登记。

(窦春蕊 供稿)