

农业非点源污染模型 (AGNPS)

用户指南与操作手册

郑粉莉 高学田 李 靖 主编

NONGYE FEIDIANYUAN WURAN
MOXING(AGNPS) YONGHU ZHINAN
YU CAOZUO SHOUC



黄河水利出版社

农业非点源污染模型(AGNPS)

用户指南与操作手册

郑粉莉 高学田 李 靖 主编

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书分七章介绍了 AGNPS 模型的基本原理和使用操作指南。第一章,AnnAGNPS V 2 用户指南;第二章,AGNPS 安装步骤;第三章,AnnAGNPS - ArcView 界面使用程序;第四章,AGNPS 输入数据准备模型用户指南;第五章,AnnAGNPS V 3.5 输入文件规范;第六章,AnnAGNPS V 2 输出文件规范;第七章,AnnAGNPS 污染负荷模型程序更新;附件,AnnAGNPS 污染物负荷模型自述文件。可供从事土壤侵蚀与水土保持、地理学、国土整治、生态环境、环境保护研究的科技工作者和高等院校相关专业的师生以及从事水土保持和环境管理的管理人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

农业非点源污染模型(AGNPS)用户指南与操作手册/
郑粉莉,高学田,李靖主编. —郑州:黄河水利出版社,2008.2
ISBN 978 - 7 - 80734 - 336 - 3

I. 农… II. ①郑…②高…③李… III. 农业环境 - 非点源
污染 - 污染控制 IV. X322

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 012284 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940

传真:0371 - 66022620

E-mail: hhslebs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:16

字数:370 千字

印数:1—1 500

版次:2008 年 2 月第 1 版

印次:2008 年 2 月第 1 次印刷

定价:42.00 元

前言

近 20 年来,农业非点源污染问题是全球关注的焦点,同时也是资源环境领域,特别是食品安全、生态安全和资源环境可持续发展研究中的重要议题。据报道,20 世纪 90 年代全球 30% ~ 50% 的陆地面积受到农业非点源污染的影响。在美国,农业非点源污染引起的水质污染已造成每年 22 亿 ~ 70 亿美元的经济损失。我国近 20 多年来化肥、农药施用量急剧增加,导致农业非点源污染问题十分严重。尤其是近 10 多年来,水体富营养化现象呈明显的上升趋势,一些农业高产地区的河流和湖泊,如太湖、巢湖、滇池等的总氮、总磷浓度分别是 20 世纪 80 年代初的十几倍。因此,控制农业非点源污染对实现我国可持续发展战略和农产品安全具有重要意义。

美国农业非点源污染模型的研究水平处于国际领先。自 20 世纪 30 年代席卷美国大陆的黑风暴以来,美国农业部将土壤侵蚀预报及其侵蚀环境效应定量评价作为土壤侵蚀与环境领域的前沿课题和关键问题进行研究,并组织全国力量开展研究。20 世纪 70 年代以来,美国农业部先后研究开发了土壤侵蚀预报模型(USLE、RUSLE、WEPP)和农业非点源污染模型 AGNPS。这些模型在美国本土得到广泛推广应用,为美国政府及农场主管理水土资源提供了决策支持。因此,借鉴国外农业非点源污染研究的成果,对加快建立适用于我国特殊侵蚀环境的农业非点源污染预测预报模型有重要的理论意义和实践意义。

在我国农业部引进国际先进农业科学技术项目“土壤侵蚀及其环境效应评价模型”(948 项目,编号:2003 - Z57)的资助下,课题承担单位从美国农业部农业研究局(USDA - ARS)国家泥沙实验室(National Sedimentation Laboratory)引进 AGNPS(AGricultural NonPoint Source)模型。为了使我国更多的科技工作者和管理者以及大专院校师生熟悉和掌握 AGNPS 模型,经与模型源研发地——美国农业部国家泥沙实验室主任 Matt Romkens 博士协商,在我国出版 AGNPS 模型用户指南与操作手册。

本书全面系统介绍了 AGNPS 模型的基本原理和使用操作指南。全书共分七章和附件。第一章:AnnAGNPS V 2 用户指南;第二章:AGNPS 安装步骤;第三章:AnnAGNPS - ArcView 界面使用程序;第四章:AGNPS 输入数据准备模型用户指南;第五章:AnnAGNPS V 3.5 输入文件规范;第六章:AnnAGNPS V 2 输出文件规范;第七章:AnnAGNPS 污染物负荷模型程序更新;附件:An-

nAGNPS 污染物负荷模型自述文件。

本书源材料来自美国农业部农业研究局国家泥沙实验室网站(<http://www.msa.ars.usda.gov/ms/oxford/ns/agnps>),由郑粉莉和李靖组稿,郑粉莉、高学田、安韶山、汪晓勇和李靖翻译,郑粉莉和高学田校对,最后由郑粉莉汇总定稿。美国农业部农业研究局国家土壤侵蚀研究实验室(USDA-ARS-National Soil Erosion Research Laboratory)主任 Chi-hua Huang 博士、美国农业部农业研究局国家泥沙实验室(USDA-ARS-National Sedimentation Laboratory)主任 Matt Romkens 博士、Ronald L. Bingner 博士、Yongping Yuan 博士为本书的出版给予了重要帮助,对此表示感谢!西北农林科技大学博士研究生张新和硕士研究生汪晓勇参加了编辑工作。

由于编者英文水平有限,书中难免有误译和不妥之处,敬请同仁赐教。

郑粉莉

2007 年 5 月于杨凌

目 录

第一章 AnnAGNPS V 2 用户指南	(1)
一、AGNPS	(1)
二、AnnAGNPS 模型概述	(2)
三、AnnAGNPS 模型输入	(2)
四、AnnAGNPS 模型输出	(3)
五、AnnAGNPS 模型处理	(4)
六、数据准备	(4)
七、模拟处理	(7)
八、污染物负荷输出	(10)
九、相关文件	(11)
附录 A AnnAGNPS 出错信息	(12)
附录 B AnnAGNPS 警告信息	(16)
第二章 AGNPS 安装步骤(版本3)	(18)
第三章 AnnAGNPS – ArcView 界面使用程序(版本 3.51)	(26)
一、AnnAGNPS ArcView 界面文件	(26)
二、AnnAGNPS – ArcView 界面使用程序(版本 3.51)	(26)
第四章 AGNPS 输入数据准备模型用户指南(版本3)	(58)
一、AGNPS 输入数据准备模型	(58)
二、AnnAGNPS 流网生成器	(58)
三、管理项目	(63)
四、AnnAGNPS 输入编辑器	(84)
五、AGNPS – to – AnnAGNPS 转换器	(89)
六、GEM	(93)
第五章 AnnAGNPS V 3.5 输入文件规范	(94)
一、未使用的输入变量	(94)
二、AnnAGNPS 运行模式	(95)
三、AnnAGNPS 输入文件	(95)

四、用户责任	(95)
五、AnnAGNPS 输入文件名	(95)
六、AnnAGNPS 输入文件	(96)
七、日气候数据	(198)
八、暴雨类型数据	(203)
附录 A 输出文件	(207)
第六章 AnnAGNPS V 2 输出文件规范	(210)
一、CONCEPTS 文件描述规范	(210)
二、CONCEPTS 文件布局阵列	(213)
三、侵蚀事件文件描述规范	(214)
四、侵蚀事件文件布局阵列	(230)
五、来源计算文件规范	(232)
六、源计算文件布局阵列	(242)
第七章 AnnAGNPS 污染负荷模型程序更新	(244)
附件 AnnAGNPS 污染物负荷模型自述文件	(250)

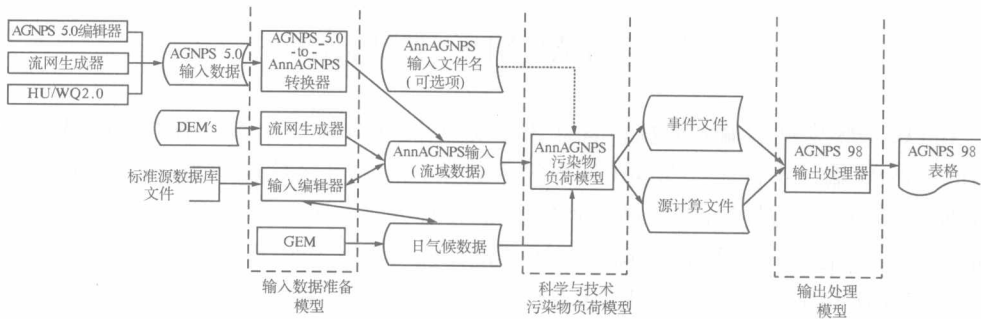
第一章 AnnAGNPS V 2 用户指南

原作者:美国农业部农业研究局国家泥沙实验室

编者:郑粉莉 高学田

一、AGNPS

农业非点源污染模型系统(AGNPS)是由美国农业部农业研究局和自然资源保护局共同开发的计算机模型系统,预报农业流域的非点源污染物负荷。模型包括一个连续模拟地表径流和侵蚀模型。模型可以用于风险和投资/效益分析。计算机程序由三部分组成:①输入生成与编辑以及相关的数据库;②按年计算的污染物负荷模型(AnnAGNPS);③输出格式编排与分析。



农业非点源污染模型(AGNPS)系统图

输入程序包括:①GIS支持的计算机程序TOPAZ(有AGNPS界面),由所有径流汇集面积和数字高程模型相联系,建立追踪网格;②输入编辑器,初始化、完成和(或)修改输入数据;③AGNPS到AnnAGNPS转换器,用于老版本的AGNPS(4.03 & 5.00)单事件的输入数据。

AnnAGNPS包括最新的技术(如RUSLE,冬季常规事件和杀虫剂等),流域内连续模拟必需的按日模拟的特征,预报污染物负荷(水、泥沙和化学物质),有助于选择最佳的管理方式(the settings for TMDLs),以及风险分析。

模型不仅能够预报来自流域内任何一个地方的水量、按颗粒和来源的产沙量、溶解与吸附养分(氮、磷和有机碳)、溶解与吸附杀虫剂等,也能够预报这些污染物去向,能模拟来自饲养场和其他点源的养分浓度。从模型中可以获得各饲养场的潜在分级。

二、AnnAGNPS 模型概述

AnnAGNPS 模型是一个批处理过程、连续模拟、地表径流污染物负荷计算机模型,用标准 ANSI Fortran95 编写。模型产生径流、泥沙和化学物质(养分和杀虫剂)的逐日数据。径流、泥沙和化学物质来自地面(网格),在特定位置(沟道)流入流域河网系统,它们通过流域的沟道最后流到流域出口。下面是模型中的几个专门模块。

饲养场:沟道增加来自动物饲养的可溶性养分;

切沟:沟道增加泥沙和吸附化学物质;

点源:沟道增加水和溶解化学物质;

蓄水坝:减少蓄水沟道的泥沙装载。

各项输入时间参数,包括:整个模拟期日气候参数;操作进程,用于农地种植详情,收获,犁耕,化学品施用(肥料和杀虫剂),灌溉实施等发生变化时;饲养场操作,包括各饲养场厩肥生产率,厩肥的去除等发生的变化。

每日所施用的水及其产生的径流汇聚到流域系统都在当日考虑。因此,除土壤断面中的水和积雪外,没有水量从一日延续到下一日。

三、AnnAGNPS 模型输入

AnnAGNPS 模型的输入数据包含在 3 个文件中:AnnAGNPS 输入数据、气候输入数据和 AnnAGNPS 输入文件名。AnnAGNPS 输入数据包含除气候数据外的所有流域和时间变量数据;气候输入数据包含气象站位置信息和模拟期日气候参数;AnnAGNPS 输入文件名为可选性文件,包含 AnnAGNPS 输入文件名和日气候输入文件名。

AnnAGNPS 输入文件包含 34 类(数据节)不同的数据,描述流域和时间变量参数,并不是每一个模拟任务都需要所有类别的数据。例如,下列可选程序每个只使用两个专用数据节:饲养场、肥料、杀虫剂,而更多的可选程序只使用一个专用数据节。按数据节排列的所有输入参数的完整列表包含在 AnnAGNPS 输入文件规范中。

气候输入文件的所有数据包含在每个数据节标题下,前 4 个记录为气象站常量参数,其后为气候记录,每日一个日气候参数记录。所要求的气候记录应长于模拟期,对于较短模拟期,应输入完整月的气候数据,其原因是要使用数个气候参数的月平均值,月平均值是根据提供的日气候数据计算而来。气候数据可以是历史记录数据,也可以是气候生成器产生的模拟数据。不管数据来源为何,必须为气候输入文件格式。气候输入文件参数的完整列表包含在 AnnAGNPS 输入文件规范中的日气候输入数据节中。

AnnAGNPS 输入文件是可选文件,包含 AnnAGNPS 输入文件名和日气候输入文件名,若该文件不存在或为空文件,将使用适当的默认文件名。AnnAGNPS. inp 为默认的 AnnAGNPS 输入文件名,DayClim. inp 为默认的日气候输入文件名。

四、AnnAGNPS 模型输出

AnnAGNPS 模型输出有 6 种标准输出文件:出错文件、调试文件、旧的事件文件、旧的源计算文件、新的年平均文件和新的事件文件。一般情况下,对于 AnnAGNPS 模型的运行,4 种文件都存在,尽管运行能够完成而没有源计算或表格输出。旧事件文件、旧源计算文件、新年平均值文件和新事件文件输出参数的完整列表包含在 AnnAGNPS 输出文件规范中。每个输出文件的命名为 AnnAGNPS 输出文件名的主体部分(最后一个“.”以前的部分)加上预先定义的后缀组成(出错文件后缀为“.err”,调试文件后缀为“.dbg”,旧事件文件后缀为“.evn”,旧源计算文件后缀为“.src”,两个新文件后缀为“.doc”)。

出错文件包含的信息定义所遇到的各种错误,这些错误可能在数据准备(读入和组装数据)、模拟处理以及完成源计算数据的过程中发生。在数据准备阶段即使发生错误,数据准备过程仍持续进行直至完成,并进行尽可能多的错误检查。在数据准备阶段若发生错误,程序将在任何模拟处理开始前终止执行,多数错误发生在数据准备阶段,出错信息文本将直接引导到不适当的输入。在模拟阶段若发生错误,发生错误前的所有数据将写到事件文件中,但没有任何数据写到源计算文件。若模型运行过程中无错误发生,出错文件的长度将为零。出错信息列表见本章附录 A。

调试文件包含所有警告信息和 AnnAGNPS 输入文件验证数据节询问的任何中间输出,若没有中间询问,该文件长度为零。警告信息列表见本章附录 B。

旧事件文件为版本 1 输出文件,仍然包含模拟期间用户为每个径流事件所选沟道的信息,流域出口自动包含在其中。信息输出因所选沟道而异,取决于下列分类:径流,泥沙颗粒分级与来源,泥沙颗粒,泥沙来源,氮,磷,有机碳,杀虫剂。对于一个特选沟道,若其中任一编码在沟道输出规范(AnnAGNPS 输入文件)中为空白,将从全程输出规范节数据中使用适当的编码。

旧源计算文件为版本 1 输出文件,仍包含模拟期内所选组分(特定网格、沟道、饲养场、切沟和点源)对流域出口贡献的信息,对于特定参数,其值表示为贡献量与出口累积量之比(出口累积量是文件的一部分)。信息输出因所选组分而异,取决于下列分类:径流,泥沙颗粒,泥沙颗粒分级与来源,泥沙来源,养分,杀虫剂。对于一个特选组分,若其中任一编码在污染负荷输出规范(AnnAGNPS 输入文件)中为空白,将从全程输出规范节数据中使用适当的编码。

两个格式化输出文件包括年平均文件 and 事件文件,为版本 2 输出的新文件,包含各种表格,显示径流、侵蚀、产沙量、输移泥沙等的年平均负荷量(AnnAGNPS_SA_AA.doc)和超过 1/4 in (6.35 mm) 的径流事件的水、侵蚀、产沙量、输移泥沙等的事件负荷量(AnnAGNPS_SA_EV.doc)。该事件文件包含的事件数限制在前 120 个事件,防止超过文件容量。

两个文件设计为 MSWORD 使用,当编辑时可以用 $8\frac{1}{2}$ in $\times$ 11 in 标准纸张打印,若用户指定的沟道位置为 4 个或更多,则 MSWORD 页面要求横向设置,使所有栏在同一页。

化学负荷不包含在两个文件中。流域出口自动成为一个沟道位置,用户可以另选其他任何位置作为输出位置,但 MSWORD 不能将超过 5 个的所选位置放在同一页。用户可以选择任意网格组合,但至少选一个网格,在格式化表中,网格数为行数,只影响各表的页数。

新表默认设定询问:①所有表格;②所有网格;③沟道位置只是出口。如果“源计算输出规范”子菜单询问一个或多个网格,只有所询问的网格包括在输出中;如果“沟道输出规范”子菜单请求一个或多个沟道位置,所询问的沟道位置和出口一起包括在输出中。

五、AnnAGNPS 模型处理

在概念上,计算机模型由 3 部分组成:数据准备,模拟处理,污染物负荷输出。①数据准备,包括读入数据,错误检查,设置内部指针,根据读入的数据建立内部矩阵大小,初始化模拟要求的数据(建立气候常量,组合土壤,确定网格和沟道汇流时间,建立沟道汇流顺序和沟道排水面积, RUSLE 预处理)。②模拟处理包括为初始化期和模拟期处理每天的气候信息,以及气候信息对网格的影响。对于模拟期为饲养场、切沟、点源和沟道做进一步处理,土壤水分、积雪、作物生长、残留物以及化学物等方面的信息将从一日带到下一日,如同饲养场的堆肥和养分那样,个体事件的沟道和所选源计算组分数据在模拟处理过程中进行累计。③污染物负荷输出分析模拟期内变量在下游沟道位置的累计值,确定用户所选组分(网格、饲养场、切沟、点源或沟道)对出口的贡献,所分析的变量为用户选定,通过输入源计算编码或全程源计算编码进行选择。

通过使用 AGNPS 5.0 到 AnnAGNPS 输入转换器,模型可以两种模式运行: RUSLE 基于连续模拟模式,是 AnnAGNPS 的核心; USLE 基于 AGNPS 模式,运行转换的 AGNPS 5.0 输入数据,不要求任何额外数据。AGNPS 模式不执行老版本 AGNPS 5.0 那样的处理,但使 AnnAGNPS 技术适应转换的 AGNPS 输入数据(见 AGNPS 转换器文档)。在下面的计算步骤概述中,有些步骤将说明适用 AnnAGNPS 模式或 AGNPS 模式,即该步骤仅适用一种模式。

六、数据准备

(一)读输入文件名

程序从 AnnAGNPS. fil(若存在)中读 AnnAGNPS 输入文件名和气候输入文件名,若 AnnAGNPS. fil 不存在或该文件中不包括两个输入文件名,程序将使用默认的 AnnAGNPS 输入文件名 AnnAGNPS. inp 和默认的气候输入文件名 ClimDay. inp。

(二)读 AnnAGNPS 输入文件

AnnAGNPS 输入文件一次读一个记录,首先读第一个记录,第一个记录指示模拟使用的模式(AnnAGNPS 或 AGNPS),然后按 AnnAGNPS 输入规范描述的数据节格式读其余数据。一般地,数据节可按用户选择的任意顺序读入。数字数据将进行有效数据类型(整

数或浮点)检查,数字数据和部分字母数据要进行接受范围检查,所有要求字段都要检查以确定数据完整,结束数据(The End Data)应是输入的最后一个数据节。

(三)EI 百分比搜索

若以 AnnAGNPS 模式运行,要求 RUSLE EI 百分比数据,数据以 15 天为周期,一年 24 个周期。EI 百分比数据应作为模拟期数据中的一部分输入。如果该数据位输入或 EI 数小于 149,模型内的数据库将提供数据;如果数据不是用户输入且 EI 数大于 149,将产生出错信息。

(四)建立土壤组合

输入的土壤数据缩减到两层土壤剖面供模型使用,深度为 200mm 为上层,剖面的其余部分为第二层。一般地,输入的土层数据将按照两个组合土层的相对厚度赋予相应权重。

(五)汇流顺序

接收沟道标识用来创建流域径流网,根据径流网确定沟道处理的顺序,沟道处理顺序必须确保所有上游沟道的处理先于当前沟道的处理。

(六)沟道面积

网格面积在沟道的适当位置(上游或下游)加到沟道面积上,从而进入流域河网系统,使用汇流顺序,各个沟道面积按下游方向逐步累加,从而确定了排入各条沟道的全部上游面积。

(七)读入气候数据(AnnAGNPS)

读入气候文件包括读入气象站信息和日气候参数信息,日气候数据的时间段必须跨越模拟期,对于短期模拟,数据最好为完整月,因为要计算月常量数据并用于模拟处理。

在 AnnAGNPS 中,气候数据输入文件中的某些数据,如降水可能随海拔而变化。为了确定这种变化。用户需输入气象站高程、高差和高程降雨因子,输入的第一个高差必须小于第二个高差。

程序基于下述概念进行操作,为用户提供最大限度的灵活性。

(1)如果两个高差和高程雨因子两项皆为空白,气象站降水将用于所有网格,若用户希望调节降水随高度的变化,高差和高程雨因子两项都必须输入(只要一个为空白,将引起出错信息)。

(2)输入的两个高差,可能两个都低于气象站高程,或一个低于气象站高程、一个高于气象站高程,或两个都高于气象站高程。通常两个高差中没有一个与气象站高程相同,这样三个点定义了两条线段,位于中间的高程就是高程-因子(降水的乘数)关系的坡度可能变化点。在这种情况下,与气象站高程相关的因子假定为 1.0。例如,若一个网格的高程与气象站高程相同,该网格的降水就等于气候数据输入文件读入的降水;对于其他网

格,若网格高程低于中间高程,就用较低位置线段的方程内插或外推计算该网格的降水;若网格高程高于中间高程,就用较高位置线段的方程内插或外推计算该网格的降水。

(3) 对于一个高差与气象站高程相同的例外情况,则用两个高差及相关因子定义一条线段,确定降水与高程的关系。在这种情况下,忽略对气象站高程因子 1.0 的假定,用户可以输入任何与两个高差关联的因子。例如,如果用户希望使用多于或少于气候数据文件输入的降水运行 AnnAGNPS,就将一个高差设置为与气象站高程相同,因子相应设置为增加或减少的乘数。

(4) 使用外推法输入数据以及可能的输入错误,外推的网格降水可能为负值。例如,在输入网格高程、气象站高程、高差或高程因子时输入错误,这种情况可能发生,错误地估计降水随高程的变化率也可能导致这种情况发生。为了检查该错误,在数据准备过程中要确定最低网格高程;如果外推的降水可能为负值,将产生错误,AnnAGNPS 将继续进行数据准备,但不开始模拟。

(5) 用户应在高差和高程雨因子输入到 AnnAGNPS 输入文件前点绘高程-降水关系(并且确定气象站高程和网格高程范围),这样将使用户确信计算的流域降水为所期待的数值。日降水和月正常降水将根据相同的高差和高程雨因子随高程而调整。

(八) 时间段检查(AnnAGNPS)

对于询问的模拟,系统将检查日气候数据的时间跨度,若气候记录不能包括整个模拟期(或至少一年)将导致出错。

(九) 建立常量

多数气候参数将使用日气候参数计算月平均值,太阳辐射则缩短到日平均(公历日),不是月平均,降水、最低和最高气温则计算年平均值,也根据计算的月平均降水(历月)选择代表性月气候数据的年份,该年的气候参数日值将用做气候年,随后用于初始化期(若模拟期数据输入中设定了初始化年数)。

(十) 网格 T_e

如果未输入网格汇流时间(T_e),系统将根据网格剖面计算该值,网格剖面根据层流、浅层集线流和集线流字段的数值构成的链来建立。网格汇流时间是网格内从层流、浅层集线流到集线流径流旅行时间的总和,径流长度的前 50m 视为地表漫流(层流),随后的 50m 看做浅层集线流(最大流速 0.61m/s),100m 以上为集线流,3 种径流类型根据 TR-55 计算。对于任何网格,3 种径流并不必须存在。

(十一) 沟道几何

如果输入数据中缺失任一沟道或所有沟道的断面参数,参数将根据沟道排水面积和指数方程进行计算。4 个沟道参数是沟道长度、沟道上宽、沟道径流深度和沟谷宽度,方程的系数和指数基于沟槽几何标识;若未提供几何标识,则使用默认值。

(十二) 沟道 T_c

各条沟道根据前面建立的沟道汇流顺序进行处理,确定直接流入沟道上游末端的最大单网格 T_c 。对于流入当前沟道的各条沟道,考虑两个值:最大单网格 T_c ,该 T_c 在其下游末端汇入该上游沟道;该上游沟道 T_c 加上径流通过该上游沟道的时间。并不是所有沟道在其上游末端都有网格贡献和上游沟道,但每条沟道必须有其一。

(十三) 初始化参数

在开始模拟期或初始化期前为绝大多数网格变量建立开始条件,初始化变量使用的信息来自初始作物和非作物信息,这些信息是模拟期数据(AnnAGNPS 输入文件)的一部分,或来自不包括操作日期的操作数据。

(十四) RUSLE 预处理 (AnnAGNPS)

建立非水域网格整个操作管理周期的 RUSLE 参数(K , LS , C , EI 和 P),计算每一种土壤 K 因子,使用年值或 24 个 15 天期的系列值,取决于指定的可变 K 因子编码和是否 EI 数支持可变 K 因子;对于非作物, C 因子计算为年值,对于操作管理进程,计算各年的 24 个 15 天期的系列值;计算每个网格 LS 因子;对于非作物, P 因子计算为年值,对于作物,计算年值系列(操作管理进程每年一个值), P 因子包括各种情况下的因子值调整:等高线、条带作物、阶地以及地下排水; EI 用于整个流域,按公历年表示为 24 个 15 天期的系列值。

七、模拟处理

如果询问初始化期,模拟处理的网格处理部分将运行到初始化时间结束模拟期开始,初始化过程中使用的气候日期为气候年的每一天,初始化期其目的是开始实际模拟前稳定初始网格参数。

(一) 网格处理

网格按日进行处理,处理步骤如下。

调整:根据气象站和网格间的高程差调整日降水和气温,其他气候数据直接使用气象站数据。

潜在蒸发蒸腾(AnnAGNPS):根据彭曼公式计算潜在蒸发蒸腾量。

选择操作(AnnAGNPS):检查该网格当前日在操作进程中所发生的任何操作,取消确定的合并到其余网格步骤的任何操作。

灌溉应用(AnnAGNPS):如果确认当日操作或从前面的操作中确认是灌溉区间的一部分,则实施灌溉水。实施的灌溉可以是手工(固定灌溉量)或自动(土壤水分达到用户提供的灌溉触发器);只确定实施的水,流掉的水量取决于其他日因子,灌溉径流在土壤水分调整后确定。

冬季常规 (AnnAGNPS): 平均气温低于冰点 (0°C) 的任何降水都视为雪, 在网格累积, 现存积雪按天计龄, 取决于气候条件和土壤水分; 确定或调整至冻土层的土壤深度 (达 2m); 在应用冬季常规的任一日, 忽略以前确定的灌溉量。

土壤水分 (AnnAGNPS): 日土壤水分计算将考虑应用的水量 (降雨、灌溉或融雪)、径流、蒸发蒸腾、两层组合土壤剖面维持水平衡时的渗流等。径流计算使用曲线数方法, 但若存在浅层冻土层则可能修改, 曲线数变化于前期水分条件 I (AMC I) 和 AMC III 值之间, AMC III 值根据 SWRRB 和 EPIC 模型中的程序调整而来。实际蒸发蒸腾量是潜在蒸发蒸腾量和土壤含水量的函数。渗流以与土壤含水量相应的水力传导率发生, 根据 Brooks - Corey 公式计算。径流量分别按降雨、融雪或灌溉贮存。

修正曲线数 (AnnAGNPS): 根据与日操作一起提供的新曲线数修正网格径流曲线数。若没有新曲线数, 对于作物处于旺盛生长期, 曲线数处于过渡期, 调整曲线数。

田间池塘 (AnnAGNPS): 田间池塘特征允许用户在一个网格内模拟水稻塘或小龙虾塘。如果田间池塘的闸门操作是“开启”, 塘中水量及悬移质泥沙被直接排放到与之相连的接收沟道, 与之相关联的网格面积被倒调整到整个网格面积; 如果田间池塘的闸门操作是“关闭”, 与之相关联的网格面积缩小到池塘的面积。

RUSLE 泥沙 (AnnAGNPS): 径流产生的泥沙由用户提供的降雨分布 (码) 和当前网格特征使用 RUSLE 模拟生成, 融雪泥沙也使用 RUSLE 按均匀分布计算, 泥沙按颗粒进行分级 (黏土、沙粒、粉沙、小团粒和大团粒)。

USLE 径流和泥沙 (AGNPS): 网格径流根据网格径流曲线数和降水使用 SCS 降雨 - 径流方程进行计算, 泥沙根据与网格相关的 K、LS、P 和 C 用 USLE 方程计算, 所计算的泥沙分布于 5 个颗粒级别 (粉沙、黏土、沙粒、小团粒和大团粒)。

灌溉径流与泥沙 (AnnAGNPS): 确定应用灌溉流走的部分, 灌溉泥沙使用灌溉量和输入的泥沙浓度进行计算, 泥沙量进行颗粒分级 (黏土、沙粒、粉沙、小团粒和大团粒)。

调整杀虫剂: 为该日检查操作进程确定网格的额外杀虫剂, 对于每种杀虫剂, 计算用 GLEAMS (Knisel, 1993) 模型调整的每日杀虫剂量平衡, 考虑的主要成分有杀虫剂叶面冲刷、在土壤剖面中的上下运动以及基于杀虫剂半衰期降解; 计算该日泥沙吸附杀虫剂和径流溶解杀虫剂。

调整养分: 为该日检查操作进程确定网格的额外养分, 计算氮、磷和有机碳的每日量平衡, 考虑的主要成分有作物对氮和磷的摄取、肥料施用、残留物分解、土壤氮和磷的转化; 为网格确定该日泥沙吸附氮、径流溶解氮、泥沙吸附磷、径流溶解磷和泥沙吸附有机碳。氮和磷分成有机部分和矿化部分, 并分别计算各自的量平衡。氮和有机碳循环只跟踪以下方面的主要氮的矿化转换: 潮湿土壤有机质、植物残留物、作物残留物腐败、肥料和植物摄取。土壤剖面中的氮和磷转化用 EPIC 调整 (Sharpley and Williams, 1990)。植物氮和磷摄取使用一个简单的作物生长阶段指数进行模拟。

将网格数据加到沟道: 离开网格的数量 (水、分级泥沙、养分和杀虫剂) 在适当的位置 (上游末端或下游末端) 被加到适当的沟道, 网格泥沙看做层流和细沟泥沙 (初始化期不执行该步)。

(二) 饲养场处理

每个饲养场逐日进行处理。

饲养场事件计算:如果径流发生在与饲养场相关联的网格,进入饲养场的径流被汇集,径流中的可溶性养分(氮、磷和有机质)即可确定;然后,径流和养分汇聚向坡下运移,虽然饲养场下坡的缓冲区能够减少径流中的养分,其结果是包含饲养场的网格中产生的养分在适当的位置(上游或下游)加到相应的沟道中,但不再将来自饲养场的水加到沟道中,饲养场径流已经包括在网格径流中。

饲养场日计算:饲养场牲畜产生的养分加到厩肥中,厩肥以默认の日腐烂速率腐烂,不同养分有不同的腐烂速率,当日养分生产变化量加到当日腐烂速率中,以确定次日的新速率。系统将检查饲养场操作进程以确定当日是否有操作,若发现当日有操作,各种养分的当日腐烂速率和当日腐烂速率的变化将得到更新,更新后的腐烂速率在次日生效。如果当日操作中有刮除操作(厩肥去除率),厩肥养分将被调整。

(三) 切沟处理

每条切沟逐日进行处理。通过切沟排泄的网格径流,基于切沟排水面积与网格排水面积的比率进行计算,泥沙总量根据切沟径流和指数方程使用用户提供的系数和指数进行计算。根据确定的切沟土壤或网格土壤(若未确定切沟土壤),对泥沙进行颗粒分级(黏粒、沙粒、粉粒、小团粒和大团粒)。然后,与网格相关联的切沟泥沙在适当的位置(上游或下游)加到相应的沟道中,该网格泥沙识别为“切沟泥沙”。不再将切沟的水加到沟道中,切沟径流已经包括在网格径流中。

(四) 点源处理

每个点源逐日进行处理。用户输入的径流率常数和养分用来确定径流量和养分总量,径流和养分在适当的位置(上游或下游)加到与包含点源的网格相关的沟道。

(五) 沟道处理

如果任一网格(不包括点源)发生了径流,系统将执行沟道汇流,汇流按沟道汇流顺序进行,该汇流顺序确保一条给定沟道的所有上游沟道的汇流先于它本身的汇流(上游末端没有来水的沟道不进行汇流,因为没有径流)。一条沟道的汇流经过下面的步骤(编码完成时,蓄水坝拦蓄水将加到沟道汇流中):

(1) 径流汇流。根据沟道上游末端的径流量和按权重计算的降雨量(包括降雨、融雪或灌溉)计算出与之等量的径流曲线数和相关联的 I_a/P 比,使用 I_a/P 比和用户自定义的降雨类型(降雨分布编码)用扩展的 TR-55 方法确定该沟道的洪峰流量。然后,所有水变量从上游末端转到下游末端。

(2) 泥沙汇流。泥沙汇流使用 Bagnold 方程进行。如果沟道条件适宜,水流划分为堤岸内水流和漫滩水流,以分别计算其泥沙负荷量。泥沙按颗粒分级(黏土、粉沙,沙粒、小团粒和大团粒)汇流,包括 3 种来源(片蚀和细沟、切沟、沟床和沟岸)。泥沙汇流后,各颗

粒分级重新区分出 3 种来源。汇流泥沙按颗粒重新划分的原理如下:

数量减少: 3 种来源按比例减少; 数量增加: 所有增加部分均来自沟床和沟岸。

(3) 养分汇流。每种养分(氮、磷和有机碳)划分为可溶性和吸附性两种形态, 吸附磷进一步划分为有机磷和无机磷。各形态养分在径流过程中不断衰减, 取决于在沟道运行时间、水温和适当的衰减常数, 可溶性养分还可能随水渗透到沟底而进一步减少, 吸附态养分根据从沟道上游末端到下游末端黏粒泥沙的变化而调整。在汇流开始(上游末端)和养分汇流后(下游末端), 可溶性和吸附态无机磷平衡完成建立, 上游末端的平衡是必需的, 因为数个径流来源可能在此处汇聚, 源聚合在一起, 每个来源可能处于平衡状态, 而团聚体可能处于非平衡状态。

(4) 杀虫剂汇流。每种杀虫剂划分为溶解杀虫剂和泥沙吸附杀虫剂, 两种形态的杀虫剂在径流过程中不断衰减, 取决于在沟道运行时间、水温和合适的杀虫剂半衰期, 溶解杀虫剂还可能随水渗透到沟底而进一步减少, 吸附杀虫剂根据从沟道上游末端到下游末端黏粒泥沙的变化而调整。此外, 在汇流开始(上游末端)和杀虫剂汇流后(下游末端), 每种杀虫剂的平衡完成建立, 上游末端的平衡是必需的, 因为数个径流来源可能在此处汇聚, 每个来源可能处于平衡状态, 而团聚体可能处于非平衡状态。

(5) 更新接收沟道。汇流的水、泥沙和化学物质的数量加在下一个下游沟道的上游末端(若位于流域的下游末端则是加到流域出口)。在当前沟道下游末端汇入的网格、饲养场、切沟和点源等的值也进行累加, 这些数值并未参与当前沟道的汇流计算, 但将参与任何下游沟道的汇流计算。

(6) 记录事件。在用户选择的沟道, 如果在下游末端有径流(汇流径流、网格或点源加入的径流), 则事件信息就写在事件文件中, 所包括的水、泥沙、养分和杀虫剂等信息取决于用户的选择, 用户选择在“沟道输出规范”或“全程输出规范”中, 若有径流存在, 流域出口总是写到事件文件中。

(7) 模拟累积。各条沟道的日沟道事件的所有信息在模拟期内进行累加, 数据包括沟道汇流项目(上游末端和下游末端), 以及在沟道下游末端从网格、饲养场、切沟和点源等增加的项目, 增加的这些项目未在该沟道进行汇流计算。模拟累积信息稍后将用来产生源计算信息。

八、污染物负荷输出

(一) 沟道比率

各条沟道的各个末端模拟期累积数据用来计算沟道比率。计算哪些参数(水、泥沙、养分和杀虫剂)的沟道比率取决于源计算组分的组合选择输出。上游末端比率计算为上游末端参数值与下游末端参数值之比, 若上游末端参数值大于下游末端参数值(由于入渗或沉积造成的损失), 上游末端比率取 1(来自上游末端的所有下游末端值全部贡献给了出口)。下游末端比率计算为当前沟道下游末端值与接收沟道的上游末端值之比。流域出口看做一条沟道的上游末端, 正好是最后一条沟道的下游, 它可能包括网格和其他组