

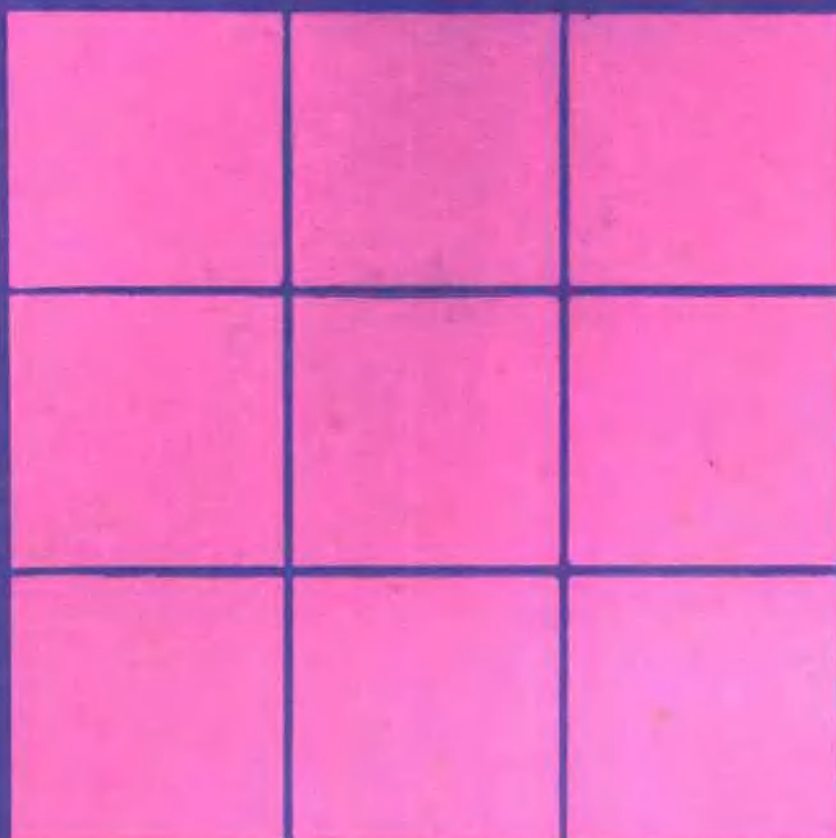
**HANDBOOK OF
NONPOINT POLLUTION**

Sources and Management

**面污染源管理
与控制手册**

Vladimir Novotny, Ph.D., P.E., W
Gordon Chesters, Ph.D., Sc.

珠江水资源保护办公室 译
林芳荣 李学灵 吴亚蒂 编



科学普及出版社广州分社

面污染源管理与控制手册

珠江水资源保护办公室 编译

林芳荣 李学灵 吴亚蒂 执笔

科学普及出版社广州分社

面污染源管理与控制手册

(美) Vladimir Novotny, Ph.D., P.E.
Gordon Chesters, Ph.D., Sc 原著

珠江水资源保护办公室编译

林芳荣 李学灵 吴亚蒂 执笔

责任编辑: 蔡卓之

装帧设计: 吉元宁

科学普及出版社广州分社出版发行

广州科普印刷厂印刷

787×1092毫米 1/16开 18.75印张375千字

1987年5月第一版 1987年5月第一次印刷

印数: 1—1200册

统一书号: 13051·60 定价: 9.00元 + 0.90(邮费) = 9.90

ISBN7—110—00283—7/X·2

译者前言

水环境污染是当前普遍存在的一个世界性问题。污染环境的污染源,大致可分点源和面源两类。前者指工业废水和城市污水,由于集中排放,称为点源;后者则指暴雨产生的径流,冲刷地面的污染物,通过地表漫流而带入江河,造成污染,故称面源。以往人们一直认为点源是造成水污染的主要原因,没有认识到面源污染的严重性。1972年美国国会通过一项法令,规定在1985年以前实行零排放,要求排入江河的污水必须经过高度处理,达到地表水标准,再不向江河排放污染物。为此,他们不惜花费大量资金,投入大批人力,大规模兴建二级污水处理厂。据估计,如果要达到零排放的目标,到1990年的投资总额将达6000亿美元。但是,经过几年的实践,他们发现:单纯控制点源,即使达到零排放的水平,仍然不能使水体不受污染,因为除了点源污染以外,还有很大一部分水体受到面源的污染。

据统计,美国有50%的河流受到面源污染。从我国目前的农业管理和水土保持、城市规划的水平,以及露天采矿、森林砍伐等方面的情况来看,面源污染的程度是相当严重的。

面源污染造成的后果往往是严重的。例如我国黄河流域的水土流失,造成河道和水库的淤积,土壤和养分大量流失、水体污浊,是一种严重的面源污染。农业与城市径流所带来的养分(特别是磷、氮两种元素)过量地输入河口、湖泊和水库,往往造成这些水域的富营养化,使水体的生态系统发生变化,水质恶化。据了解,国内已有一部分湖泊和水库出现富营养化。因此,面源污染的研究,对于当前的水资源和水环境保护工作具有重要的实际意义。

70年代中期以来,面源污染问题受到普遍的关注和重视,全世界每年发表的有关面污染的文献资料大约有500多篇,广大从事这方面工作的人员,迫切需要一本系统而全面介绍面源污染及其治理的工作手册,作为实际工作的参考。本书是顺应这种需要而撰写的,也是国际上第一本论述面污染的专著。

本书大致可分为三部份。第一部份为概论,自第一章至第四章,分别叙述面污染的概况,地表水对污染物的同化自净能力及河川水质标准,面污染与集水面的水文特征,降雨与径流的相互关系,大气降水过程中形成的酸雨对于地表水水质的影响。第二部份阐述面污染的研究方法。由于水土流失是面污染的一个重要来源,便以通用土壤流失方程(USLE)为基础,估算在一定条件下,水土流失造成的面污染,土壤与污染物的相互作用,污染物的迁移与负荷函数;地下水的运动、污染源和水质模型。“城市中不透水地区的污染”一章,叙述地表污染物的积累以及降雨径流对污染物的冲刷,介绍面污染的数学模拟方法,现有的各种模型,如SWMM、NPS、HSP等等,模型建立所需数据、模型的校正及验证。第三部份叙述面污染的控制及治理。分别叙述土地利用规

划与面污染的关系：如何选定最佳管理措施，控制水土流失；如何采取工程措施，控制污染物进入水体；面污染的治理规划以及控制对策。

该书原著在国外出版后受到好评。美国《水资源通报》(Water Resources Bulletin)1982年第2期的“书刊评介”认为，它图文并茂，浅显易读，逻辑性强，循序渐进，适宜于广大从事水资源保护和环境工程的科技人员、技术管理人员阅读，也可作为高等院校有关专业的教学参考，对于水土保持、农业等专业也有参考价值。

当前国内对于面污染源的研究和治理正在开始，为了满足广大工作人员在实际工作中参考和借鉴的需要，1984年春，我们开始了对该书的翻译。

这本书的翻译和出版是在珠江水资源保护办公室的支持下完成的。本书由林芳荣、吴亚蒂、何志加、黄可青、李学灵合译，由珠江水利委员会咨询委员会黄道基高级工程师审阅。在译校过程中，发现原书有若干笔误和刊误，一一加以改正。书中非点源(non-point Source)一词，一律译作面源；原著每章之末附有参考文献，因考虑到本书属于普及性读物，且原参考文大多为特种文献，不易得到，为了节省篇幅计，在译本中一律删去；书中部份照片、附录、索引也删去不录。

限于译者水平，本译文谬误难免，望广大读者不吝指正。

译者谨识

1985年6月

目 录

译者前言

第一章 概论

面污染源问题.....	(1)
定义.....	(2)
面源污染的大小程度.....	(5)
对面污染的立法.....	(10)

第二章 地表水问题

引言.....	(14)
同化污染物能力与河川水质标准.....	(16)

第三章 水文因素

引言.....	(43)
降雨与径流关系.....	(43)
降雨—径流转化过程的构成.....	(45)
产流区的概念.....	(53)
剩余雨量的径流演算.....	(58)
地下水流.....	(65)

第四章 来自大气的污染 (68)

第五章 侵蚀与产沙

泥沙问题.....	(90)
定义.....	(91)
估算输沙量.....	(93)
估算高地侵蚀.....	(93)
通用土壤流失方程.....	(94)
输沙.....	(102)

第六章 污染物与土壤的相互作用

引言.....	(114)
污染物的迁移和负荷函数.....	(115)
土壤中的氮.....	(134)
土壤中的微生物.....	(141)

第七章 地下水污染

地下水 (基流) 与面源污染.....	(145)
地下水的运动.....	(148)

地下水水质的成因.....	(154)
地下水污染的来源.....	(156)
地下水水质模型.....	(166)
第八章 来自不透水城区的污染	
引言.....	(170)
污染物在不透水地面上的积聚.....	(171)
街道表面固形物的清除.....	(181)
透水性路面.....	(190)
第九章 面污染模拟模型	
基本概念.....	(192)
现有面污染模拟模型简介.....	(197)
第十章 土地利用与面源污染	
土地利用对面源污染的影响.....	(215)
土地利用分类.....	(216)
单位面积负荷.....	(217)
土地利用对污染影响的对比分析.....	(220)
城市土地利用的单位负荷及管理.....	(225)
工业土地利用.....	(227)
非城区单位负荷及管理.....	(231)
水文特性改变的影响.....	(236)
第十一章 面面污染控制管理措施	
引言.....	(239)
面污染源控制措施.....	(240)
汇流的集中控制与减少输出.....	(251)
处理.....	(260)
第十二章 面面污染控制规划	
绪言.....	(264)
水质规划的程序.....	(265)
最佳方案的选定.....	(274)
面污染控制对策.....	(291)

第一章

概 论

面污染源问题

一直到前不久,所有关于污染防治方面的努力都着重在控制污水和废水的排放进入接受水体。这些污水和废水的排放是明显可见的,如果不经处理,会引起各式各样令人不快的污染:水体缺氧发臭,鱼类死亡,在流量严重下降期间,严重地损害水体的美观。因此,自从上世纪末以来,人们先是对城市生活污水,以后又对工业废水,进行控制,采用简单的分离悬浮颗粒的方法(筛滤和沉降);到本世纪中期,又采用更为先进的二级和三级处理。随着处理工艺水平的提高,费用亦明显提高。

城市和主要工业污染源的治理,在某种情况下会使水质得到明显的改善。例如伦敦附近的泰晤士河,一个多世纪以来遭受严重的污染,几乎每年夏天都缺氧发臭,现在又得到新生,1970年以来又可以在河中捕到鱼了。

在1960年以前,由于暴雨和径流所造成的面污染,一直未为人们所认识。世界上有许多着重发展工业的国家(例如美国)在本世纪初,对于一些有明显的面污染的排放浓烟的工业,露天采矿以及建筑施工,只考虑如何发展而不考虑它们所造成的污染。在种这种情况下的工程设计实践,是将径流与暴雨水作为污水的稀释,而不是处理污水。在合流制下水道中,如果暴雨水与污水稀释达到一定的“安全比”,大约是4:1至8:1,这个暴雨水和污水的混合物可以不经处理而溢流进入接受水体。尽管在溢流中含有大量的未经处理的来自下水道的污物和沉淀固形物。

在非城市地区,土壤流失是地表径流污染的一个重要组成部份,自从20世纪20年代和30年代的尘暴以后,人们开始认识到它对农业生产的危害和破坏。从那以后,美国开始执行水土保持计划,结果使得风力和水的侵蚀造成的土壤流失大为减少。然而,人们普遍没有认识到土壤流失和农业活动对于水污染的影响。比方说,来自印第安纳州的众议员,早在60年代末就注意到,代表农业方面的小组在该州水质标准听证会上获悉存在农业污染时,表示出很大的反感。

只有在最近,人们才认识到清理城市污水和工业污水不会使水质有多大的改善,特别是对于湖泊、水库、河口以及许多河流,有许多水体接受来自城市与工业排放以外的污染源,一般是与人类对土地的利用以及集水面中所发生的自然过程有关的污染源,非点源(或者扩散源)一词,所指的就是这种污染源。加利福尼亚与内华达之间的塔霍湖就是一个例子,主要的点污染源虽已经清理,但由于面源的影响,目前水体已经恶化。

在所有的水质问题中,有50%以上是由于面源污染,国内(指美国)和国际上对此已有所认识,并进行研究。有许多地区的面源污染,如作物土地上的径流、城市暴雨、露天采矿以及建筑工地上的径流,已经成为主要的水质问题。

面源污染问题不仅涉及“传统的”污染参数,如悬移质、生化需氧量(BOD)、溶解氧(DO)和养份(氮和磷)。事实上,有一些极为严重的面污染问题,与传统的点源污染控制领域存在的问题有所不同。这些问题包括:聚氯联苯类(PCB)使大湖

(美国与加拿大之间的大湖) 的鱼类受污染, 酸雨以及农药对地表水和水生物的污染。

有许多国家的工程师、科学工作者、水质管理机构都在关心扩散污染。这个问题是对美国与加拿大之间的大湖水水质协议而对大湖流域提出的。在大湖两边进行一项值得载入史册的不可磨灭的研究工作: 鉴别引起大湖污染的土地与土地利用活动, 并提出治理措施方案。

在其它国家, 特别是瑞士、联邦德国和斯堪维亚国家, 对于面源污染的探索和防治受到广泛的重视。特别是瑞士, 已经开展一项防治面源污染的计划, 包括改进屋顶排水、暴雨水的储存和化学处理、地表水流的处理以及其它的技术。哥本哈根的丹麦大学有关专业参与面源污染的防治。所有停车场和露天地面都采用透水地面、格子路面和植物, 使透水性尽量增大。在瑞典研究出独特的控制暴雨水的方案, 包括将湖的一部分加以隔开以储存暴雨, 然后再进行处理。

在过去的年代中, 美国环境保护局资助了很多很多的研究项目, 大大地促进对于面源污染及其控制的认识和了解, 有许多集水面已经研究和监测多年, 根据已经取得的数据, 今后还必须进行分析。在大湖的美国一边, 主要的集水面包括嘉梅河流域的黑溪集水面, 这是伊利湖的一条支流; 蒙诺芒尼河流域, 这是威斯康星州米尔沃基一个城市化集水面; 纽约州的日内西河流域, 以及其它小流域。此外, 美国环保局还资助许多有关城市暴雨水与合流制下水道溢流问题的大项目。

定 义

水质与污染

任何论述水质与污染的论著都必须有定义。在公众的心目中, “水质” 往往是污染的同义词; 同样, 水质管理, 包括有关面源方面, 则相当于“污染控制”。

水质是反映水的组成, 受自然过程和人类社会活动的影响, 用可测定的量和水的使用关系来表示, 不同的人对于水质有不同的理解。比方说, 一个研究水生物的科学工作者, 他关心的是鱼类与野生生物的保护和繁殖。一个公共卫生官员关心的是公众饮水的健康和安全, 当地渔民则关心鱼的数量和质量。

污染 (pollution) 一词来自拉丁文 (pollu' ere), 意思是使之污秽。污染、沾染、污害、变质等等, 往往作为其同义词来使用, 用以描述地表水的恶劣状况。可用各种不同的定义用来规定污染和有关事项, 污染的定义是“使空气、土地与水的物理、化学或者生物性质发生不指望它发生的变化, 可能或者即将严重影响人类或者其它物种的生存, 或者影响工业生产、生活条件、文化遗产、或者使自然资源废弃或破坏”。

污染也可以定义为: 在水中加入一些东西, 使它的天然性质发生改变, 下游两岸不能得到河流输送来的天然水。

按照加利福尼亚州的规定: 污染 (pollution) 表示水的合理利用受到不利和不合理的损害, 也许这种损害尚未危及人类健康。沾染 (contamination) 表示实际已经危及公众健康, 政府机关被授权对其采取措施。污害 (nuisances) 则表示由于气味或者外观造成的损害。

绝大部份的污染源都可加以控制或者管理。“污染控制”一词是指治理各个排污口的污染物，或者是地区污染源（面源），包括城市开发土地、牧畜、农业地区，以及其它能发生污染的土地利用。所有的污染控制，其目的都是：（1）保护地表水同化污染物的能力而不损害或妨害其应用。（2）保护水生贝壳类和野生生物。（3）保持或者恢复地表水的美观与旅游价值。（4）保护人类不受不利的水质情况的影响。

水质管理是使水质适合于各种用途，或者对能发生污染的土地的管理，而污染控制则普遍理解为如何安全地处置废水并进行处理。

水质与污染的确定是根据所测出的物理、化学、生物、微生物与放射性的量和参数，和一整套的标准、准则相对比。标准与基准的区别，在此必须加以说明：

“基准”基本上是一个科学量，根据这个量可以作为判断，通常是根据科学实验来提出这个量，水质基准是根据各种物质对于人类或者水生物的致病或者慢性毒性而提出的，或者是与这些物质从水中去除有关的技术方法。标准则是政府管理部门拟定实施的一定规则、原则，或者衡量标准。

水质目标是一种目标，通常由政府管理部门拟定，根据这个目标来制订水污染控制措施，并投入财政资金，应用于规划方面，可以把水质目标翻译成一套标准。在实行之后能保持这个标准。水质目标可以表示各种不同的水的使用水平和相应的水质。

目前全世界的水污染的工程技术人员和科学工作者以及管理部门所使用的水质标准，不是河川标准就是污水排放标准，污水排放标准是确定市政和工业污水可以排放多少污染物。对于面源污染的控制和管理是比较次要的，实施标准相当于控制来自土地污染的排放标准，有一些地方管理机构用来控制来自小区、建筑施工与采矿的污染。河川标准则与水生生物的保护以及下游水的应用有关。

污染源

污染源基本上可以分为两类：天然的与人为（由于人类而引起）的，也可以进一步分为点源或扩散（面）污染源。

点源是以离散方式，在可以确定的位置进入污染传播的途径，它的量可以直接测定或者定量化，其影响可以直接评价。主要的点源包括工业废水和污水处理厂的出水，农村建筑或者固体废物处置场。

扩散性的污染源，牵涉到矿物的风化，原始土地和森林，包括天然植物的残余，人为或部分人为的污染源。后者与人类的活动直接相关，例如施肥和施用农药以控制杂草和昆虫、农业耕作区、畜牧场、建筑工地、运输的土壤流失、不透水城市地面、露天采矿的灰尘和垃圾的积聚，等等。

污染已定义为：水在它的天然品质之上再加入其它物质。面源污染绝大部分是由于人类及其活动所引起，因此它必须与“背景污染”有所区别。这种“背景污染”是由于水接触到岩石，未受扰动的土壤与地质形成、天然侵蚀以及从森林垃圾中淋溶出的化学物质和生物物、盐水的进入河口，或者其它天然污染源而造成的。

除了污水和工业废水的排放以及农田或者城市地区的侵蚀，许多其它的活动亦会引起污染。砍伐森林，结果失去保护性覆盖，土壤裸露，因而引起地表径流增加和侵蚀。

河流渠道化和树木以及两岸保护性草地的消失，都会有明显的生态影响，有时候会完全破坏河流中原来生物的生活活动。

面源污染可以用许多特征来描述：

面源污染的排放是以扩散方式，时断时续，绝大部分与气象事件的发生有关。

污染发生在广阔的土地上，在进入地表水以前是在地面上。

面源污染通常不能在它发生之处进行监测，它的真正源头是难以或者无法追踪的。

污染物的消减或者控制必须在一定的地点。一般来说，最有效和最经济的控制，在农村地区是土地管理和保持的措施，在城市地区则是对建筑业的控制。

面污染源的监测是在土地上，不是在水中。面源污染物不能用排放标准来量度。

面源污染的大小程度，至少有一部分与不可控制的气象事件、地理地质条件有关，因着地点和年份的不同，可能相差很大。

面污染源是从广阔的土地中断断续续发生的，这和工业生产不一样，那是在连续使用的小单元的土地不断发生的。

农业（非城市）面污染源

这种污染源绝大部分与农业活动有关。农业污染物来源于广泛使用的肥料和农药，一般来说，主要是由于耕作（农业土地）或者砍伐（林业土地）扰动土壤而引起。许多其它的因素也会影响污染负荷，如土壤类型、气候、管理措施、地形。土地利用造成单位面积污染最严重的是：牲畜圈养和在陡坡地上的种植。另一方面，林地与牧草地所产生的污染最少，接近背景水平。污染对于接受水体的影响，决定于污染源距离最近的汇流河流的远近，并且决定于污染物输运的地表流动。

城市面污染源

城市化和有关的水文变化会使污染负荷增加，大大超过原来的或者背景水平。城市面源污染物有各式各样：由于城市鸟类和宠物数量剧增，街道垃圾积累，车辆轮胎磨损。公路路面由于交通的磨损，街道撒盐融雪的措施，以及建筑施工。城市面污染可能含有许多危险性污染物，如铅铉、石棉、聚氯联苯、油类和油脂。

城市的土地利用基本有三类：住宅、商业、工业。然而这种分类是粗略的，难以和污染的发生相关。比方说，住宅区可以有低密度、比较清洁的城郊住宅区，每公顷土地1~2户；也可以有高密度的拥挤的市中心，每公顷土地居住几百户人家。同样，工业区包括“清洁的”轻型制造业，也包括“污秽的”重工业，如铸造、冶炼、钢厂、采矿业。

污染最少的通常是低密度的住宅区、公园和旅游区。污染负荷最大的，可以想象：就是由于高密度的闹市区和工业中心。其中污染负荷最大的是建筑工地。

合流制下水道溢流，虽然通常不认为是面污染源，但它代表城市暴雨水管理和控制的一个特殊问题。这种下水道系统，除了来自城市土地的污染物被暴雨水带入接受水体以外，还会有未处理的污水、沉积在下水道中的污水中的固形物、以及集水面中的可降解成份。

面源污染有趣的一点是：污染的主体是由地表径流来携带，除了少数例外。这样，

对发生地表径流的地区（称为水文活动区），也就是产生面源污染的地区，必须加以管理和控制。水文活动区包括不透水城区和公路路面，地下水位高或者土壤密实地区，以及春雨期间的冻土。人们发现：在大暴雨期间，也只是一小部份的集水面积能产生地表径流，并且可以认为是面污染源。“危险性土地利用”或者“危险性地区”，这种名词用来指明能够产生最大量污染的水文活动区。

面源污染的大小程度

概况

面源污染的概况列在表1—1，有关问题略述如下：

表1—1 美国境内某些面源污染地表水的污染物数量估计

面源分类	泥沙	BOD ₅ (百万吨/年)	氮	磷
耕地	1700	8.2	3.9	1.42
草地与牧场	1190	4.5	2.3	0.98
森林	232	0.73	0.35	0.08
建筑	179			
矿业	54			
城市径流	18	0.45	0.13	0.017
农村公路	2	0.004	0.0005	0.001
小型饲养场	2	0.05	0.15	0.032
填埋		0.27	0.024	
小计	3377	14.2	6.9	2.5
天然(背景)负荷	1150	4.6	2.3	1.0
总量	4527	18.8	9.2	3.5

1. 美国境内每年大约有40亿吨的泥沙输入江河，其中大约有1/2来自17000万公顷的农田。

2. 露天采矿，每年约有15万公顷的土地受影响，结果排出数以百万吨计的泥沙和大量的酸类进入接受水体。

3. 大约有80%的总氮和50%的磷负荷来自面污染源，进入接受水体。

4. 农业与城市径流可能含有大量的有毒金属、农药，以及其它的有机化学物。

5. 面污染源所发生的土壤流失，其中有大量的可分解的有机物，可能成为淤泥沉积在地表水中。

6. 98%以上的大肠杆菌和杆菌总数负荷来自面源污染。

面源污染造成的水质影响，有一些是不可避免的。地球表面土地的天然侵蚀和养份流失已经有亿万年的历史。人类的一些活动，例如作物生产，为了延续经济和提供粮食

是完全必要的，但结果也造成面源污染。可是，加速城市化（美国每天大约有2千公顷的农地转变成城市）在过去30年中，已经加速和加大面污染负荷，同时，绝大多数由面源污染引起的明显的水质变化，也发生在这个时期。城市化与有关的扰动性活动，仅次于农业，现在认为是造成地表水污染的主要原因。

在大湖地区，来自面污染源的磷约占苏必利尔湖、休伦湖、伊利湖的总负荷的50%，超过城市与工业点源（表1—2）。其余部份是由于大气降尘与海岸侵蚀。磷是控制大部份的大湖富营养化的制约性养份。苏必利尔湖、密歇根湖、休伦湖，以及安大略湖的铅负荷，有90%也来自面污染源。此外，国际联合委员会的研究发现：聚氯联苯和有机化学物负荷，主要来自扩散性源，包括大气输入。

表 1—2

1975年间，来自美国的对大湖的负荷

污 染 物	来自扩散源总量(%)	扩散性单位面积负荷(公斤/公顷·年)
总 磷	71	0.40
可溶性正磷盐	60	0.10
悬浮性固体	98	310.00
总 氮	85	6.4
氯化物	66	74.00

各个不同地区的负荷量由于水文活动的不同而相差很大。在森林地和透水性土壤的草地上，或在一些低密度的城郊居民区和公园，泥沙负荷每年公顷土地自零至几公斤，对于建筑工地、采矿、或者拥挤的市中心，泥沙负荷每年每公顷土地可以高达几百吨。牲畜圈养使养份进入地表水的数量也是多少不等。各种不同的土地利用的单元负荷更详尽的情况，可参见第十章。负荷随季节而变化，比方说，农业土地最高负荷可以预料是在春耕之后，最低是在秋天和冬天。负荷随气象因素而改变，高强度的暴雨产生的污染最大。

点源与面源的比较

据底桑诺报导：对于污水（点源）作二级处理的城市，BOD的年负荷40~80%来自暴雨所产生的径流。在强暴雨期间，有91~95%的BOD直接来自径流。

表1—3列出污水和来自面源的径流中的浓度对比，可以看出：城市暴雨水径流的污染水平和经过处理的污水（甚至是未经处理的污水）在同一个数量级。然而，悬浮固体的浓度却远远大于污水中的浓度。苏德朗和列丁宁都证实瑞典就是这种情况（表1—4）。

匹特和斐尔特用一个假设的例子来说明：在一个10万人口的城市地区，来自城市径流的COD，大约是污水中的COD的50%，表1—5列出这些结果和其它成份的对比。同时表明：如果生活污水经过充分的处理（除去90~95%的固体和有机化合物），进入

表 1—3 面 源 与 污 水 浓 度 对 比

来 源	悬浮固体 (毫克/升)	BOD ₅ (毫克/升)	COD (毫克/升)	总氮(毫克/升)	总磷(毫克/升)	铅(毫克/升)	杆菌总数 (个数/100毫升)
降 水	11—13	12—13	9—16	1.2—1.3	0.02—0.04		
背 景 值	5—1000	0.5—3		0.05—0.5	0.01—0.2	0.1	
农业耕地		7	80	9	0.02—1.7		
动物饲养圈	30	1000—11,000	31,000—41000	920—2100	290—380		
城市暴雨水	100—10000 (630)	10—250 (30)	20—600	3—10	0.6	0.35	$10^3—10^8$
合流制下水道	100—2000 (410)	20—600 (115)	20—1000	9—10	1.9	0.37	$10^5—10^8$
市政污水未处理	100—330 (200)	100—300 (200)	250—750	40	10		$10^7—10^9$
已 处 理	10—30	15—30	25—80	30	5		$10^2—10^4$

注：() 中数字是经过流量加权平均的。

表 1—4 瑞典居民区雨季期间 (600 小时/每年) 经处理污水与暴雨水负荷的对比
单位: 公斤/公顷

	暴雨水	已处理污水	暴雨水	已处理污水
	(35 人/公顷)		(100 人/公顷)	
悬浮固体	173	7.0	275	19
BOD ₅	14	7.0	43	19
总氮	1.4	9.0	3.5	25
总磷	0.04	0.4	0.2	1.0
杆菌总数	10^{11}	10^{12}	10^{12}	10^{12}
大肠杆菌	10^{11}	10^{12}	10^{11}	10^{12}

地表水的总固体量几乎全部 (约为 97%) 和大约 70% 的 BOD 是来自城市径流。

来自所谓危险性土地如牲畜圈养、建筑施工、采矿的污染负荷, 可能要比污水的污染物浓度或者每单位面积的负荷高出几个数量级。

表 1—5 美国一个假定有 10 万人口的城市区域性污染物负荷量的对比
(吨/年)

污染体	暴雨水	原污水	经处理污水
总 固 体	17000	5200	520
COD	2400	4800	480
BOD	1200	4400	440
总磷	50	200	10
总克氏氮	50	800	80
铅	31		
锌	6		

毒性有机化学物的污染

有许多危险性污染物纯粹来自面污染源, 来自点源的微不足道。例如农药和聚氯联苯类。地表水中的农药污染来自用以控制杂草和虫害的农药, 而聚氯联苯类的污染则可以追踪到主要是城市地区使用的含聚氯联苯的产品。

聚氯联苯这个例子说明, 一个本来很小的点源问题, 是如何污染环境而成为一个具有极其严重威胁的面源污染。

聚氯联苯的来源和性质

聚氯联苯属于含氯有机物一类。这种物质自 1929 年开始在美国蒙桑托化学公司制

造，其它国家包括德国、法国、日本、意大利、苏联、捷克也有制造。

聚氯联苯的制造是用联苯与无水氯起反应，聚氯联苯有的呈液体、树脂状，或为固体。聚氯联苯类最重要的性质就是蒸汽压低、沸点高、水溶性低、介电常数高，可以溶解于许多溶剂，包括一些腐植酸。在美国制造的聚氯联苯类以Aroclor的商品名出售。表1—6列出聚氯联苯类的一些物理性质和另一种严重污染环境的DDT相对比。

表1—6 聚氯联苯与DDT的物理性质

	Aroclor				DDT
	1242	1248	1254	1260	
分子量范围	154—358	222—358	390—392	324—460	352
平均	262	288	324	370	352
含氯(%)	42	48	54	60	50
在水中溶解度(微克/升)	200	100	50	25	0.7
蒸汽压, 毫米水银柱, 20℃	10^{-4}	3×10^{-5}	3.6×10^{-6}		1.5×10^{-7}

自从1929年以来，美国已经生产60万吨的聚氯联苯类。1970年最高年产量达到3.8万吨。

聚氯联苯类的来源

从环境的观点，聚氯联苯商品的使用可以分三类：

1. 可控制的封闭系统。聚氯联苯用作变压器和大型电容器中的电介质，它的寿命等于设备的寿命，如果精心设计，不会污染环境。
2. 不可控制的封闭系统。聚氯联苯用于热传递和水力系统，有可能漏出。
3. 消耗性使用。聚氯联苯类用于涂料、滑润剂、增塑剂，等等，直接与环境相接触。

聚氯联苯类污染环境主要来源是：

1. 从变压器和热交换器中渗漏。
2. 含聚氯联苯类的液体从只有部份密封的水力系统中渗漏。
3. 在制造聚氯联苯类或者含有聚氯联苯时的排放和流失。
4. 含有聚氯联苯的化学品的蒸发或渗漏。
5. 聚氯联苯废料或者含聚氯联苯材料的弃置。

聚氯联苯类的化学性质极其稳定，是一种理想的工业和商品化合物，但也使它成为环境中经久不变而长期积累的一种有毒成份。

由于聚氯联苯类能溶解于类脂组织中，在活的机体(包括人类脂肪)中，曾经发现有这种组成的积累和浓集。鲑鱼对于聚氯联苯类的积累是极其敏感的，因为这种鱼体内脂肪极多。由于聚氯联苯类的毒性，美国食品与药品管理局规定其在鱼组织内的允许水平是2毫克/公斤。鱼类试验表明：密歇根大湖中绝大多数的鱼类(鳟鱼、鲑鱼)体内，聚氯联苯都超过5毫克/公斤。

聚氯联苯进入环球传送的路线、方式就与50年代和60年代的 DDT 的进入一样，可以在极其遥远的地区检测到。它们从环境生态系统中消失的速度是极其缓慢的。

对面污染的立法

面污染管制的法令

直到1972年，美国议会才通过《联邦水污染控制法》(PL92—52)。在此之前，一直没有关于面源污染本身的重大的立法。然而，在1972年以前的立法中就涉及面源污染的问题。从体制上看，面污染问题是水资源保护和开发以及土地管理政策领域的一个部分。在水资源方面，联邦政府规定它对于航运、河流开发、水坝与防洪、灌溉等方面的控制和影响。这方面的计划和立法早在19世纪就已开始。过去几十年，成立了许多政府机构来负责水资源的开发和对污染的控制，其中有美国陆军工程师团、联邦电力委员会（是现在的能源部的一部份）、美国环境保护局和接替内政部的联邦水污染管理局。

虽然联邦政府对于水务政策的发展和控制仍然保持它强有力的影响，但它对土地管理的作用是极其微弱的。联邦政府的政策只限于对国家土地的所有权的控制，以及敦促州及地方政府颁发土地管理的条例，包括区划。

地方政府与土地所有者关系最为密切。尽管联邦和州政府施加影响，土地的利用仍然保留地方的重点。这些都被以后的联邦计划即土壤保持计划所证实。自30年代以后，联邦政策目标是在地方范围内，通过州和地方机构、水土保持管区来实施。在这种范围内，联邦官员给地方机构提供的是技术帮助，而不是管理。

洪泛管理法

如同前面所指出：面源污染与暴雨事件密切相关，因而也与洪水密切相关。尽可能减少洪水也就相当于减少面污染。因此，讨论面源污染控制的法令，开始时必须引进一系列的“防洪法”。第一个法令是在1936年制定，1938、1944、1960、1970年都有修订。这个大型法令也授权美国陆军工程师团必须进行防洪规划与行动，例如对潮湿地的排水。特别有趣的是：1960年的防洪法第266节（PL86—645），委托工程师团向州与地方政府提供在管理使用洪泛地所必需的资料，根据这条法律，工程师团大部分任务只限于大河流域和河流。1936年的防洪法也授权美国农业部提出土地处理规划以减少主要江河流域的洪水。

美国农业部的规划

美国农业部在面污染源控制方面的规划工作，主要是由美国水土保持局来进行的。水土保持局是在1935年第34次议会时（46号法令）决定成立的，它的主要目的是：实现一项全国性规划以保持并开发水土资源。更具体地说，水土保持局的责权、任务是：

通过土地保持管区，发展并实施全国的水土保持计划（1935年第74次议会，第46号法令）。

与其它部门合作，协助发展和实施流域保护与防洪规划（1944年第78次议会，第