

河南淮河平原 地下水污染研究

Henan Huaihe Pingyuan Dixiashui Wuran Yanjiu

程生平 赵云章 张良 等编著



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

河南淮河平原地下水污染研究

Henan Huaihe Pingyuan Dixiashui Wuran Yanjiu

程生平 赵云章 张 良 等编著



中国地质大学出版社有限责任公司

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

内 容 摘 要

本书在分析研究河南淮河平原地质背景条件的基础上,以地下水为分析研究对象,运用系统论的观点阐述了地下水赋存和运移特征,依据水化学、环境地球化学、环境质量评价及污染评价等理论和方法,在对淮河平原区地下水水质分布状况和演化特征、污染源对地下水的影响、污染途径、污染特征以及地下水污染对人体健康危害进行研究的同时,也对主要城市地下水质量和污染进行了重点分析研究,采用数理统计方法对地下水质量和污染进行了评价,对地下水污染趋势作了科学的预测,提出了地下水污染防治和合理开发利用方案。为政府部门进行国民经济发展规划、开展地下水污染防治提供了科学依据。

本书资料翔实,图文并茂、内容丰富,研究深入,对生产实践和科学研究有一定的指导意义。可供水文地质、环境地质、水利、城建、环保及规划等部门参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

河南淮河平原地下水污染研究/程生平、赵云章、张良等编著. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2011.6

ISBN 978-7-5625-2673-5

I. ①河…

II. ①程…②赵…③张…

III. ①黄淮平原-地下水污染-研究-河南省

IV. ①X523.826.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 096833 号

河南淮河平原地下水污染研究

程生平 赵云章 张 良 等编著

选题策划:郭金楠

责任编辑:胡罗兰

责任校对:戴 莹

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路 388 号) 邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:530 千字 印张:20.625

版次:2011 年 6 月第 1 版

印次:2011 年 6 月第 1 次印刷

印刷:武汉中远印务有限公司

印数:1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-2673-5

定价:78.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

淮河发源于河南省桐柏山区,由西向东,流经河南、湖北、安徽、江苏四省,干流在江苏扬州三江营入长江,全长约 1 000 km。淮河流域人口密集,土地肥沃,资源丰富,交通便利。是中华文明的发祥地之一,分布着 10 余座历史文化名城,文化底蕴深厚,风景名胜众多,旅游资源丰富。曾孕育了光辉灿烂的古代文化,诞生了老子、孔子、墨子、孟子、庄子等众多思想家。依靠人民的智慧创造了芍陂灌溉工程和邗沟、鸿沟人工运河,隋唐的汴渠,元明清三代修建的京杭大运河和洪泽湖大堤等许多著名的古代水利工程。淮河流域特有的地域文化魅力,在我国历史进程中大放异彩。现今是我国重要的粮食生产基地、能源矿产基地和制造业基地,也是国家实施鼓励东部率先发展、促进中部崛起战略的重要区域,在我国社会经济发展全局中占有十分重要的地位。

淮河流域河南段位于淮河流域上游。北临黄河,西接洛阳市、南阳市,南邻湖北省,东与安徽省相连。行政区划包括开封、商丘、许昌、平顶山、漯河、周口、信阳、驻马店 8 市的全部和郑州、洛阳、南阳 3 市的部分地区,面积约 87 000 km²。是北方主要缺水地区,人均水资源量不足 440m³,只占全国人均水平的 1/5,居全国第 22 位。自 20 世纪 90 年代以来,因城市化进程的推进,工农业生产的发展,经济的快速增长,以牺牲环境为代价的资源开发利用,造成“三废”任意排放,地表水和地下水遭受不同程度的污染,水质型缺水问题日益突出,使得原本水资源短缺问题更加严重。近年来淮河平原区地下水污染正由点污染、条带状污染向面上扩散,由浅层向深层渗透,而且污染程度和深度也在不断增加,且有日益加重趋势,水质型缺水范围在不断扩大。严重阻碍着流域内城市化、工业化、现代化的进程,影响着社会经济的可持续发展。地下水环境质量关系到生态环境安全和广大人民群众健康与饮水安全的重大问题。党中央国务院十分重视地下水质量状况及污染防治工作,多次提出加强地下水污染防治工作,并会同有关部门研究制定地下水污染防治措施。因此在构建污染监控与污染防治关键支撑体系及污染事故应急体系的基础上,保障生态环境和饮水安全,开展地下水污染研究与防治成为重大战略问题,并具有迫切性和重要性。

本书以河南省淮河流域地下水为分析研究对象,以近年来中国地质调查局安排部署的淮河流域(河南段)环境地质调查和河南平原地区(淮河流域)地下水污染调查评价资料为基础,将水文地质学与环境地质学相结合,依据水化学、环境地球

化学、地下水环境质量评价及污染评价等理论和方法,分析流域内地下水的污染特征与主要污染源,开展地下水质量评价及污染趋势分析。最后,根据地下水污染现状与趋势分析结果,从技术层面和管理层面提出了流域内地下水污染防治对策与措施,以改善地下水环境现状,使流域内的社会经济与环境协调发展。

本书共分九章,绪论部分由程生平主笔编写,论述了开展河南淮河平原地下水污染研究的重要意义,介绍了地下水污染的相关概念,讨论了国内外开展地下水污染研究的现状和发展趋势。第一章为地质背景,主要阐述了河南淮河平原自然地理、气象水文、地形地貌、地质构造等地质背景;第二章为区域水文地质条件,在对水文地质科学分区的基础上,分析论述了地下水赋存条件和运移特征;第三章为地下水水化学类型及组分分布,分区分层阐述了地下水水化学类型以及地下水主要组分分布;第四章为地下水质量评价,分析研究了地下水评价指标的检出情况、超标特征、超标原因以及地下水各无机组分和有机组分区域分布,运用数理统计方法分层进行了地下水、饮用水质量单指标和综合分区评价,并对工业用水和农业用水作出了综合评价;第五章为地下水污染评价,分析论述了地下水污染源、污染途径、污染特征、浅层地下水历史水质演化及变化趋势,分区进行了浅层地下水污染综合评价;第六章为污染源及地下水防污性能与地下水质量关系,分析研究了主要污染源包括黑河水、沙颍河水、垃圾场、油井开采区、农药厂区对地下水的影响,在评价地下水防污性能的基础上,讨论了地下水防污性能与地下水质量变化的关系。第七章为主要城市污染状况,分别论述了主要城市地下水质量和污染状况;第八章为地下水质量与人体健康的关系,介绍了地下水污染物对人体健康的危害,选择地下水污染严重的地段研究了地下水污染与人体健康的关系;第九章为地下水污染防治与饮用水供水规划,分区进行了地下水污染防治规划、饮用水供水规划以及主要城市地下水资源合理开发规划,提出了地下水污染防治和合理开发利用的对策。

该书主要由程生平、赵云章、张良编写,其他参与编写的人员有:左正金、王献坤、刘成社、董富强、罗文金、杨小双、刘海凤、王付军、许铜建、刘洪战。最后由赵云章、张良统稿审核。图件清绘工作由王利、尚茹、贾秀阁负责完成。

本书是在赵云章教授级高工、张良教授级高工精心指导下完成的,在此对他们的指导致以真诚的谢意。感谢河南省地质调查院燕长海总工程师、刘成社副院长对本书的编写给予的大力支持,同时感谢绘图人员和提供资料的有关同志。

编 者

2011年4月30日

目 录

绪 论	(1)
一、地下水污染研究意义	(1)
二、地下水污染的基本概念	(2)
三、地下水污染研究现状及发展趋势	(15)
第一章 自然地理及地质背景(张良、董富强)	(22)
第一节 自然地理	(22)
第二节 气象水文	(23)
第三节 地形地貌	(24)
第四节 地层	(27)
一、前第四纪地层	(27)
二、第四纪地层	(29)
第五节 侵入岩	(32)
第六节 地质构造	(33)
一、大地构造单元	(33)
二、深断裂	(36)
三、新构造运动	(39)
第二章 区域水文地质条件(左正金、刘成社)	(42)
第一节 水文地质分区	(42)
一、含水层划分	(42)
二、水文地质分区划分原则	(43)
三、松散岩类孔隙水水文地质特征	(43)
四、水文地质分区的划分	(44)
第二节 含水层特征	(45)
一、基岩类水文地质亚区(Ⅰ区)	(45)
二、松散岩类水文地质亚区(Ⅱ区)	(50)
第三节 地下水流动特征	(55)
一、基岩类水文地质亚区地下水流动特征	(55)

二、松散岩类水文地质亚区地下水流动特征·····	(55)
第三章 地下水水化学类型与组分分布(程生平、左正金、罗文金) ·····	(65)
第一节 地下水水化学类型 ·····	(65)
一、浅层地下水水化学类型·····	(65)
二、中深层地下水水化学类型·····	(67)
第二节 地下水水化学组分分布 ·····	(69)
一、浅层地下水水化学组分分布·····	(69)
二、中深层地下水水化学组分分布·····	(98)
第四章 地下水质量评价(程生平、左正金、杨小双)·····	(118)
第一节 地下水质量评价标准、评价因子及方法 ·····	(118)
一、生活饮用水质量评价标准、评价因子及方法·····	(118)
二、工农业用水质量评价标准、评价因子及方法·····	(120)
第二节 地下水质量评价指标检出分析·····	(122)
一、不同深度地下水检出率 ·····	(122)
二、不同类型水井地下水检出率 ·····	(128)
三、不同土地利用区地下水检出率 ·····	(132)
四、不同地貌单元地下水检出率 ·····	(134)
第三节 生活饮用水质量评价·····	(137)
一、生活饮用水单项指标质量评价 ·····	(137)
二、地下水质量评价指标超标分析 ·····	(140)
三、生活饮用水质量综合分区评价 ·····	(147)
第四节 工农业用水质量评价·····	(152)
一、埋深小于 20m 浅层地下水工农业用水评价 ·····	(152)
二、埋深 20~50m 浅层地下水工农业用水评价 ·····	(157)
三、埋深大于 50m 中深层地下水工业用水评价 ·····	(163)
第五节 地下水部分组分形成原因探讨·····	(167)
一、铁形成原因 ·····	(167)
二、锰形成原因 ·····	(167)
三、氟化物形成原因 ·····	(167)
四、低碘化物地下水形成原因 ·····	(168)
五、总硬度超标形成原因 ·····	(168)
六、“三氮”超标形成原因 ·····	(168)
七、咸水(溶解性总固体超标)形成原因 ·····	(168)

八、有机组分形成原因	(169)
第五章 地下水污染评价(程生平、王献坤、刘海风)	(171)
第一节 污染源及污染途径	(171)
一、污染源的分类及其特征	(171)
二、污染源演变特征	(187)
三、污染途径	(190)
第二节 浅层地下水污染评价	(191)
一、评价方法	(191)
二、污染程度评价	(193)
第三节 浅层地下水污染特征	(198)
一、主要污染因子污染特征	(198)
二、空间分布特征	(198)
三、污染变化特征	(201)
第四节 地下水水质演化及变化趋势	(203)
一、重点研究区水质演化	(203)
二、一般研究区水质演化	(213)
三、地下水水质变化趋势分析	(216)
第六章 污染源及地下水防污性能与地下水质量变化的关系(程生平、王献坤)	(220)
第一节 黑河水对地下水的影响	(220)
一、黑河污染状况	(220)
二、黑河监测剖面布置	(220)
三、监测剖面水位动态特征	(221)
四、监测剖面现场测试特征	(221)
五、监测剖面无机质量特征	(222)
六、监测剖面无机污染特征	(225)
七、监测剖面有机组分检出情况分析	(225)
八、监测剖面有机组分污染特征	(226)
第二节 沙颍河水对地下水的影响	(228)
一、沙颍河污染状况	(228)
二、沙颍河监测剖面布置	(229)
三、监测剖面水位动态特征	(229)
四、监测剖面现场测试特征	(230)
五、监测剖面无机组分质量特征	(231)

六、监测剖面无机组分污染特征	(232)
七、监测剖面有机组分检出情况	(233)
八、监测剖面有机污染特征	(233)
第三节 垃圾场对地下水的影响研究	(234)
一、垃圾场概况	(234)
二、垃圾场现场测试对比分析	(235)
三、垃圾场无机质量对比分析	(236)
四、垃圾场无机污染程度对比分析	(237)
五、垃圾场附近地下水有机污染分析	(239)
第四节 油井开采区地下水污染研究	(240)
一、油田概况	(240)
二、采样点布置	(241)
三、油井污染区水质评价	(241)
四、油井对地下水污染影响评价	(244)
第五节 农药厂区对地下水污染研究	(245)
一、自然地理概况	(245)
二、采样点布置	(246)
三、农药厂区水质评价	(246)
第六节 地下水防污性能与地下水质关系	(248)
一、浅层地下水防污性能评价	(248)
二、地下水防污性能与地下水质关系	(252)
第七章 主要城市污染状况(张良、王献坤、王付军)	(254)
第一节 郑州市地下水污染状况	(254)
第二节 开封市地下水污染状况	(257)
第三节 商丘市地下水污染状况	(259)
第四节 平顶山市地下水污染状况	(261)
第五节 周口市地下水污染状况	(263)
第八章 地下水质量与人体健康的关系(王献坤、程生平、许铜建)	(265)
第一节 地下水污染物对人体健康的危害	(265)
一、化学污染物	(265)
二、生物污染物	(270)
三、放射性污染	(270)
第二节 地下水污染与发病率的关系研究	(271)

一、研究区地下水污染与发病率的关系	(271)
二、黑河污染对人群健康影响	(274)
三、蔡沟疾病与地下水污染研究	(277)
第九章 地下水污染防治与饮用水供水规划(左正金、程生平、刘洪战).....	(288)
第一节 地下水污染防治规划.....	(288)
一、重点防治区	(289)
二、中等防治区	(291)
三、一般防治区	(292)
第二节 饮用水供水规划.....	(292)
一、规划分区	(292)
二、饮用水需水量及地下水可采资源量计算	(292)
三、饮用水区划	(295)
第三节 主要城市地下水资源合理开发规划建议.....	(305)
一、郑州市	(305)
二、开封市	(306)
三、商丘市	(306)
四、许昌市	(307)
五、平顶山市	(307)
六、漯河市	(308)
七、周口市	(309)
八、驻马店市	(309)
结 论(程生平).....	(311)
参考文献.....	(319)

绪 论

地下水作为水资源的重要组成部分,是举足轻重的供水水源、是生态系统的重要支撑、是维持水系统良性循环的重要保障,对于国民经济和社会发展、安全供水保障具有十分重要的作用。我省淮河流域国民经济将进入新一轮的快速发展期,生态与水质环境质量将面临更大的压力。在经济的长期发展过程中各种地下水环境问题日益突出,地下水污染现象普遍,且不同程度地呈加重的趋势。由于地下环境的隐蔽性和系统的复杂性,地下水污染问题长期没有得到足够的重视,对社会经济发展、生态环境安全和饮水安全保障产生严重影响,制约社会经济和环境的协调发展。地下水保护与污染防治作为水环境保护和饮水安全保障体系建设的重要组成部分,对于社会经济的可持续发展和构建环境友好型社会具有至关重要的作用。

一、地下水污染研究意义

1. 开展地下水污染研究是全面掌握地下水污染状况的重要手段

随着河南省经济持续快速发展,资源、能源消耗迅速上升,污染排放持续大幅增加,现有的资料已难以满足需要。搞好这项工作就是为了了解研究区内地下水资源分布情况,地下水污染空间和时间分布特征,地下水污染发展趋势。对地下水污染进行科学的评价,建立健全地下水污染信息数据库,有利于正确地判断地下水污染形势,为地下水污染防治提供科学依据。

2. 开展地下水污染研究是保障生态环境和饮水安全的迫切需要

地下水是淮河流域居民的重要饮用水源。在区内大多城市以开发水源地地下水作为供水水源。在广大农村地区,受经济条件的限制,以分散式开发地下水作为饮用水供水水源。由于地下水在工农业生产和生活中的重要作用,地下水水质环境质量对于国民经济发展和人民群众身体健康至关重要。地下水一旦遭受污染,其造成的破坏性后果难以估量。

随着工业化和城镇化速度加快,地下水污染形势不容乐观。据已有调查资料,淮河平原区现有城市由于地下水污染造成供水紧张。部分城市浅层地下水已不能直接饮用,一些深层水中已有污染物检出。数万人饮用硝酸盐或氟含量超标的地下水或者是咸水和微咸水。不同程度地存在着与饮用水污染及水质有关的地方病,广大农村地区饮用地下水污染现状堪忧。

目前淮河平原区地下水污染正由点污染、条带状污染向面上扩散,由浅层向深层渗透,而且污染程度和深度也在不断增加。地下水环境质量关系到生态环境安全和广大人民群众健康与饮水安全的重大问题。党中央国务院十分重视地下水质量状况及污染防治工作,多次提出加强地下水污染防治工作,并会同有关部门研究制定地下水污染防治措施。因此在构建污染监控与污染防治关键支撑体系及污染事故应急体系的基础上,保障生态环境和饮水安全,开展地下水污染研究与防治成为重大战略问题,具有迫切性和重要性。

3. 开展地下水污染研究对保障水资源可持续利用和社会经济可持续发展具有重要作用

地下水既是重要的自然资源,也是重要的战略资源,在保证居民生活用水,社会经济发展和生态环境平衡等方面起着不可替代的作用。随着经济的快速发展,人口增长与城市化进程

的加快,水资源尤其是地下水资源短缺问题日益严重,淮河平原区的地下水主要开采区地下水水位连年下降,部分城市地区地下水水位累计下降达 100 余米,形成多个大面积的降落漏斗,部分地下水含水层被疏干,人类活动对地下水的影响越来越大。

随着工业废水、生活垃圾的无序排放和农药化肥的施用量日益增加,水环境的质量不断恶化,直接影响着地下水的品质。工业发达城镇和部分化工区附近的地下水污染尤为突出,石油烃类及其衍生物、卤代脂肪族、卤代芳香族、农药、多氯联苯、细菌、病毒对水土和生态环境破坏十分明显,人体健康影响显著。污水灌溉、矿业及工业固体废物堆放、农药化肥使用所造成的地下水污染普遍存在。根据对城市大型垃圾填埋场的调查,由城市生活垃圾填埋场渗漏出来的有毒物质已经污染到了地表 50m 以下的地下水。耕地受到农药化肥不同程度的污染,相应农业区的地下水也受到污染。地下水品质的降低和污染所出现的水质型缺水,大大减少了地下水资源的有效利用,水质型缺水城市 and 地区日益增多。因此开展地下水污染研究,对于遏制重点地区的地下水污染趋势,改善地下水环境品质,保护地下水饮用水源地,保障流域内水资源可持续利用和社会经济可持续发展具有极其重要作用。

4. 开展地下水污染研究可为政府制定地下水污染防治对策提供决策依据

依照相关法律法规的规定,相关职能部门以及各级地方政府肩负着地下水资源的开发和保护责任。由于受到各种因素的影响,目前尚缺乏完整系统的地下水污染防治工作。

在河南淮河平原区以往虽作过地下水水质方面的调查与研究,对重点地区的地下水污染状况具有一定程度上的认识和了解。但由于调查面积仅占整个面积极小部分,地下水污染的调查评价与监测仅限于部分城市和地区,而且调查评价与监测的指标非常有限,从整体上缺乏对全国地下水污染状况的了解。

同时,地下水污染具有隐蔽性、复杂性和难恢复性等特点,导致缺乏对地下水污染危害性和严重性的认识,由此缺乏有效的地下水污染保护,影响到对地下水环境的有效监管,难以有效遏制地下水污染加剧的趋势。因此开展地下水污染研究,提出对地下水污染控制和治理的对策,有利于政府科学制定地下水保护政策和地下水污染治理规划,切实改善地下水品质,有利于加强和改善宏观调控,促进经济结构调整,推进资源节约型、环境友好型社会建设。

二、地下水污染的基本概念

(一)地下水污染的定义

国内外目前对地下水污染一词尚无明确的定义,但在地下水污染研究中首先搞清楚地下水污染的正确涵义还是有必要的。

英文文献中对污染一词采用了两种词汇,一种是 pollution,用此词描述污染物质浓度超标后的污染情况;另一种是 contamination,用以说明污染物质浓度虽然增高,但水质尚未明显恶化时的污染情况。在前苏联 H. A. 马林诺夫对国外水文地质学研究进展情况所作的综合性论著中谈到,国外文献对地下水污染划分出两个概念——污染与沾染,其中污染一词是通用的术语,包括作为一种污染类型的沾染在内,认为水质在化学物质、热能或细菌影响下恶化到即使不经常对人类健康构成威胁,也对其在日常生活、市政公用、农业与工业利用方面有不利影响的程度者就是污染。而沾染则是指水质由于化学物质或细菌污染而破坏,造成中毒或疾病在居民中间传播的危险情况。法国的 J. J. 费里德提出,地下水污染是指地下水的物理、化学与生物性质发生改变而限制了它在正常起作用方面的各种用途或妨碍其应用。E. JI. 明金则

认为,所谓水源地内地下水的污染是指除水源本身的影响之外,由于生产和生活条件的各种因素影响而直接或间接地使地下水水质恶化,导致其全部或部分不能用作供水水源的情况。他还指出,如果是由于矿化水在自然条件下扩展到开采水源地,或因矿化水与淡水含水层及地表水有水力联系而使其渗入水源时便不能称为污染,只说明是由于取水量超过了水源地地下水的开采储量而引起地下水被疏干的现象,这种观点缩小了地下水污染的范畴,是值得商榷的。还有外国研究者把污染看作是人类把异物带入水循环系统中,这种带入是期望或不期望的,有意识或无意识的,直接或间接的。这种所谓把异物期望带入的提法与污染的基本概念似有矛盾,也值得商榷。

在我国制定的《水污染防治法》中,对水污染一词所确定的含义为:“水污染是指水体因某种物质或能量的介入,而导致其化学、物理、生物与放射性等方面特性的改变,从而影响对水的有效利用,危害人体健康或者破坏生态平衡等的水质恶化现象。”

我们认为,地下水污染指凡是在人类活动影响下,污染物进入含水层中,引起地下水水质恶化,使水使用价值降低的现象。无论这种现象是否使水质恶化达到影响使用的程度,只要这种现象一发生,就认为地下水已受到污染。而在天然环境中,在某种水文地球化学条件影响下,地下水某些组分相对富集及贫化而造成地下水水质差的现象,称为水文地球化学异常。地下水污染具备两个条件,一为水质朝着恶化方向发展;二为这种恶化现象是人类活动引起的。地下水从开始污染到污染严重,是经历了一个从量变到质变的过程。

(二)地下水污染的特点

地下水污染与地表水污染有着明显的不同,其有以下两个特点。

(1)隐蔽性:就是说即使地下水某些组分已经受到严重污染,但它往往还是无味、无色的,不易从气味、颜色、动植物死亡率等因素鉴别出来。即使人类饮用了受污染的地下水,对人体影响也只是缓慢的长期效应,不易察觉。

(2)难以逆转性:地下水一旦遭到污染,治理是要付出相当大代价的。主要是因为地下水水流速度特别缓慢,仅靠含水层本身自净作用,地下水污染难以逆转,另一个重要原因是某些污染物在被有机质或介质吸附之后,能够在地下水环境特征变化中发生一系列解吸—再吸附的反复交替过程。所以地下水污染时间长达几十年甚至上百年。

(三)水污染类型

划分水污染类型的方法很多。

(1)按污染物属性分类有物理污染、化学污染、生物污染(致病菌、寄生虫与卵)以及同时排放多种污染物复合污染。

(2)按污染源在空间分布方式分类有点状污染、带状污染和面状污染。

(3)按污染物分类有汞污染、酚污染、热污染、放射性污染等。

(4)按污染物入渗排放时间分类有连续性污染、间断性污染和瞬时性污染。连续性污染又可分为连续均匀性污染和连续非均匀性污染。

(5)按污染源位置分类有固定污染和流动污染。

(6)按导致污染的人类社会活动分类有工业污染、农业污染、交通运输污染和生活污染。

几个较典型和常见的污染类型。

1. 化学污染

化学污染是水中元素及其化合物数量异常的一种水污染现象。天然地下水是溶有多种元

素和化合物的一种混合溶液,其中有天然的和人工合成的物质、有无机物和有机物。在正常情况下,水中元素和化合物含量很低,不致影响水的使用。但人类不断地向水中排放废弃物和污水,使污染水的化学物质愈来愈多。水中化学污染物可分为无机物和有机物两大类。按典型污染物可进一步细分,非金属有毒物如氰化物、氟化物、硫化物、砷化物。重金属如汞、镉、铬、铅、铜、锌。放射性物质如铀-235、镭-90、铯-137、钚-239。酸碱盐类如硫酸、硝酸、盐酸、磷酸、氢氧化钠(钙)、无机盐。致色物质如铁盐、锰盐、色素、染料、腐殖质。致臭物质如氨、硫化物、酚、胺类、硫醇。杆物营养物质如硝态氮、亚硝态氮、氨氮。需氧有机物质如碳水化合物、蛋白质、油脂、动植物尸体。易分解有机毒物如苯、醇、有机磷农药。难分解有机毒物如有机磷农药、洗涤剂、油类、石油及其制品。

化学污染是由于接纳工业废水、农田灌溉和生活污水入渗含水层所致。冶金、机电、电镀、造纸、制革、石油、农药、化肥、食品、印染、选矿等工业废水所含的污染物种类多、毒性强,是化学污染的主要来源。农田排水中的大量农药、化肥和农作物残枝败叶,生活污水中的很多需氧有机物,也是造成化学水污染的原因。

化学水污染造成的危害:

- (1)需氧有机物使水中溶解氧大幅度下降。
- (2)剧毒物质(如氰化物、砷化物、农药等)使水生物慢性中毒或急性中毒。
- (3)汞、铜、铅等重金属,不仅能使生物发生急性中毒,而且能在水体中沉积成为次生污染源,并易在生物体内累积,造成慢性中毒(如甲基汞引起水俣病)。
- (4)砷、铬、镍、苯胺、多环芳香烃、卤代烃等有致突变、致畸、致癌作用。
- (5)致色物、致臭物和油类使水体失去旅游、观光和疗养价值。
- (6)有机氯农药、多氯联苯等有机氯化物能毒死幼鱼和虾类,或在成鱼体内累积,使繁殖力衰减,影响胚胎发育和鱼苗成活率。这些化合物经过食物链逐级被富集,威胁居于营养级顶端生物的生存。

2. 酸碱水污染

酸碱水污染是水中酸碱浓度异常的一种水污染现象。天然水 pH 值常为 6.5~8.5,当 pH 值小于 6.5 或大于 8.5 时,表示水体受到酸类或碱类污染。

水中酸性物质主要来自制酸厂、化工厂、粘胶纤维厂、酸洗车间等含酸废水,以及矿山排水和酸雨等。水中碱性物质主要来自制浆厂、造纸厂、制碱厂、印染厂、制革厂和炼油厂等含碱废水。

酸碱水污染增大了水体腐蚀性,从而使输水管道、水工建筑物和船舶等受到损坏。破坏了水体的缓冲系统,使水中 pH 值发生异常变化,造成生物回避或死亡(对微生物影响最大)。使水体自净能力降低,破坏了水生态系统。使生物种群发生变化,严重时会使鱼虾等水生物绝迹。

3. 无机物水污染

无机物水污染是水中金属和非金属矿物质浓度异常引起的一种污染现象。

1)水污染无机物主要来源

- (1)矿山排水和运输途中落下的矿石(水中无机物最大来源之一)。
- (2)冶金、化工、化肥、机械制造、电子仪表、涂料等工业废水。
- (3)地表径流(特别是来自含有某种矿物成分特殊地层的径流)。

(4)农田排水。

(5)大气中降落于水体的无机粉尘。

(6)岩石风化、火山爆发等自然过程中进入水体的无机物。往往先污染地表水,然后入渗含水层中污染地下水。

2)无机物水污染的危害

(1)水中无机物微量元素过低,会引起生物摄入量不足,使生物体内某些功能失调和导致疾病。

(2)污染水体中某些元素及其盐类的浓度增大,则水的渗透压力增加,对生物产生不利影响。

(3)无机毒物可通过饮水或食物链引起生物或人类急性和慢性中毒,例如甲基汞中毒(水俣病)。砷中毒、氰化物中毒、铬中毒、氟化物中毒等。

(4)某些元素(如砷、铬、镍等)及其化合物污染水体后,能在悬浮物、底泥和水生物体内蓄积,若长期饮用这种水,则可能诱发癌症。

(5)一些金属元素(如铅、铜、锌等)在一定浓度下抑制微生物生成和繁殖,影响水体自净过程。

(6)某些重金属(如汞、铅等)在底泥中经微生物甲基化作用,成为水体次生污染源。

4. 有机物水污染

有机物水污染是耗氧有机污染物引起水体溶解氧含量大幅度下降的现象。水中有机物大多数能够被微生物分解与利用。这类有机物在分解过程中需要消耗水中溶解氧,故称耗氧污染物。溶解氧大幅度下降,是水体遭受有机物污染后的最显著特征。

1)水中有机物按来源分类

(1)天然有机物,指生物产品、代谢产物和生物残体,主要为碳水化合物、蛋白质和油脂。

(2)人工合成有机物,主要有塑料、合成纤维、洗涤剂、溶剂、染料、涂料、农药、食品添加剂和药品等。有机合成工业发展迅速,人工合成有机物种类和数量也随着增加。

水中有机污染物的主要来源是城市污水、农业污水、工业废水和石油废水。

(1)城市污水:水中含有碳水化合物、蛋白质、油脂和合成洗涤剂。

(2)农业污水:来源广,数量大,危害严重。农业污水包括农田排水和农副产品加工的有机污水,其中含有化肥、农药、农家肥(人和农畜的粪便,以及动植物残体)和农副产品加工的有机废弃物。

(3)工业废水:来自造纸、制革、石油化工、农药、药品、染料、化纤、炼焦、煤气、纺织印染、食品、木材加工等工厂。这类废水所含的有机物种类多,人工合成物所占比例高,有机毒物多,生物不易降解。

(4)石油废水:主要污染物是各种烃类化合物——烷烃、环烷烃和芳香烃,其中多环芳香烃具有致癌性。

2)水体遭受有机物污染的危害

(1)大量需氧有机物进入水体,被好氧微生物分解,使溶解氧大幅度下降,甚至造成缺氧状态,危害水生物,有时使大批鱼类死亡。溶解氧耗尽时,有机物转入厌氧分解过程,产生甲烷、硫化氢、氨等还原性物质和恶臭,使水质变坏。

(2)流动缓慢、更新期长的水体,如湖泊、池塘等封闭性水域,接纳大量含氮、磷有机废水

后,促使藻类大量繁殖,形成水华。藻类死亡后沉入水底,厌氧分解,释放出氮、磷等,使藻类更加增殖,形成水体质量恶性循环,不宜鱼类生存。

(3)水体遭受油污染后,油膜覆盖水面,阻止气液界面间的气体交换,造成溶解氧短缺,促使发生恶臭。油脂亦可堵塞鱼鳃,使鱼呼吸困难,引起死亡。鱼受石油污染,肉有异味,使食用品质降低或不能食用。

(4)水体遭受高毒性酚类有机物污染,能使蛋白质变性或沉淀,对生物细胞有直接损害,对皮肤和黏膜有强腐蚀作用。长期饮用酚类污染水,可引起头晕、出疹、发痒、贫血及各种神经系统疾病。低浓度酚影响鱼类回游、繁殖,引起鱼肉酚臭;高浓度酚可使鱼类大批死亡。

(5)有机氯农药、多氯联苯、多环芳烃等有机物,大都是剧毒物或强致癌物,进入水体后能长期存在,而且难被分解,常经食物链逐级浓缩、放大,造成危害。

5. 热污染

热污染是水温异常升高的一种污染现象。天然水水温随季节、天气和气温而变化。当水温超过 33~35℃时,大多数水生物不能生存。水体急剧升温,常是热污染引起的。

水体热污染主要来自工业冷却水。首先是动力工业,其次是冶金、化工、造纸、纺织和机械制造等工业,将热水排入水体,使水温上升,水质恶化。水体增温显著地改变了水生物习性、活动规律和代谢强度,从而影响到水生物分布和生长繁殖。增温幅度过大和升温过快,对水生物有致命的危险。

水体增温加速了水生态系统的演替或破坏。硅藻在 20℃水中为优势种;水温 32℃时,绿藻为优势种;37℃时,只有蓝藻才能生长。鱼类种群也有类似变化。对狭温性鱼类来说,在 10~15℃时,冷水性鱼类为优势种群;超过 20℃时,温水性鱼类为优势种群;当水温为 25~30℃时,热水性鱼类为优势种群;水温超过 33~35℃时,绝大多数鱼类不能生存。水生物种群之间的演替,以食物链(网)相联结,升温促使某些生物提前或推迟发育,导致以此为食的其他种生物因得不到充足食料而死亡。食物链中断可能使生态系统组成发生变化,甚至破坏。

水体升温加速了水及底泥中有机物生物降解和营养元素的循环,藻类因而过度生长繁殖,导致水体富营养化。有机物降解又加速了水中溶解氧消耗。

某些有毒物质毒性随水温上升而加强。例如水温升高 10℃,氰化物毒性就增强一倍;而生物对毒物的抗性,则随水温上升而下降。

水体热污染区域可分为强增温带、适度增温带和弱增温带。热污染有害效应一般局限在强增温带,其他两带不利影响较小,有时还产生有利效应。热污染对水体影响程度取决于热排放工业类型、排放量、接纳水体特点、季节和气象条件等。

各国对水热污染及其影响进行了多方面研究,并制定了冷却水温度排放标准。美国、苏联等国按不同季节和水域制定了冷却水温度排放标准;联邦德国以不同河流最高允许增温幅度为依据,制定了冷却水温度排放标准;瑞士则以排热口与混合后的增温界限为最高允许值,确定排放标准。中国和其他一些国家尚未制定有关标准。

6. 生物水污染

生物水污染是有害生物进入水体或某些水生物繁殖过程引起的一种水污染现象。

水体生物污染是由于水体接纳了医院、畜牧场、屠宰场和生物制品厂等污水以及城市污水和地表径流而引起的。这些污水含有大量病原微生物(病原菌、病毒和霉菌)、寄生虫或卵。病原微生物水污染危害历史最久,至今仍威胁着人类健康。

病原微生物数量大、来源多、分布广。病原微生物在水中存活时间长短与微生物种类、水质、水温、pH 值等环境因素有关,对于在水中存活时间长的病原微生物,人畜感染机率很大。有些病原微生物不仅在生物体内(包括水生生物),而且在水中也能繁殖;有些病原微生物抗药性很强,一般水处理和加氯消毒的效果不佳。

钩端螺旋体、病毒和寄生虫及卵等常与病原菌共存而污染水体。钩端螺旋体来源于带菌宿主——猪和鼠类的尿液,它以水为媒介,经破损皮肤或黏膜进入人体,引起血性钩端螺旋体病。水中常见病毒有:脊髓灰质炎病毒、柯萨基病毒、腺病毒、肠道病毒和肝炎病毒等。世界各地广泛传播的传染性肝炎,主要是水体受污染后所引起的。水中柯萨基病毒和人肠细胞病变为幼儿病毒侵入人体后,在咽部和肠道黏膜细胞内繁殖,进入血液形成病毒血症,可引起脊髓灰质炎,无菌性脑膜炎等疾病。常见寄生虫有阿米巴、麦地那龙线虫、血吸虫、鞭毛虫、蛔虫等,这些寄生虫通过卵或幼虫直接或经中间宿主侵入人体,使人患寄生虫病。其卵和幼虫在水中可以长期生存。

传播疾病的昆虫,如蚊、蝇等,其生活史中某一阶段必需在水中度过,它们传播多种疾病(如疟疾、尾丝虫病等),对人类健康危害很大。

此外,某些藻类在水中营养元素(如氮、磷等)过剩时会大量繁殖,改变水体感官特征,使水体带霉烂气味,严重时可危及鱼类等生存。

7. 次生污染

次生污染指积累于悬浮物和底质中的污染物质重新引起水污染的现象。

河流流量增加,流速增大,泛起底质,使原来沉积在底质中的污染物质再次进入水中,重新污染水体。水体 pH 值和温度发生变化,破坏了污染物质在水悬浮物和水底质界面的动态吸附平衡,发生解吸作用,也会使污染物质重新进入水中。水体中汞、铅等重金属污染物和多氯联苯、有机氯农药等难以降解的有机污染物,大部分因静电吸引、离子交换和络合等作用被吸附于悬浮物和底质的表面,发生一系列复杂的物理、化学、生物反应(微生物和腐殖质在反应过程中起着重要作用),引起次生污染。例如重金属汞,在微生物作用下,因烷基化作用转变为甲基汞和二甲基汞等有机金属化合物,毒性剧增,易在生物体内积累,危害人体健康。

次生水污染是一种较为复杂的污染现象,往往对环境和人体健康产生很大影响。

地下水和地表水彼此有着不可分割的联系,在大多数情况下,地表水污染往往导致地下水污染。两者在污染源方面经常是相同的,但在污染机理和治理方法上则有区别,地下水污染要比地表水污染复杂得多。地下水一旦被污染,不但治理费时、费力、增加投入,而且很难恢复原来的水质。

(四)地下水污染途径

地下水污染途径是指污染物从污染源进入到地下水中所经过的路径。研究地下水污染途径有助于制定正确的防治地下水污染措施。按照水力学上的特点分类,地下水污染途径大致可分为四类。

1. 间歇入渗型(图 0-1)

其特点是污染物通过大气降水或灌溉水淋滤,使固体废弃物、表层土壤或地层中的有毒或有害物质周期性(灌溉旱田、降雨时)从污染源通过包气带土层渗入含水层。这种渗入一般是呈非饱水状态的淋雨状渗流形式,或者呈短时间的饱水状态连续渗流形式。此类污染无论在范围或浓度上,均可能有明显的季节性变化,受污染对象主要是浅层地下水。