

环境保护的水文地质问题

Н·И·普洛特尼科夫 著
С·克拉耶夫斯基



地 质 出 版 社

环境保护的水文地质问题

〔苏〕 Н.И. 普洛特尼科夫 著
〔波〕 С. 克拉耶夫斯基

汪东云 译
杨中嵩 校
王肇芬

地质出版社

内 容 提 要

本书是苏联专家和波兰专家共同编写的。书中探讨了在环境保护领域中水文地质勘察的新方向；阐述了在各种水利工程施工、运行过程中人为作用形成的主要方向及其对地质环境的不良影响；列举了各种水利工程在长期运转过程中地质环境局部和区域性变化的实例；书中还介绍了作五保护环境的基本手段——最先进的水利工程生产施工方案的水文地质实质。

本书可供水文地质工程地质、水利、建筑、铁道、交通、农业及土壤改良、采矿等专业的教学、科研、工程技术人员参阅。

Н. И. ПЛОТНИКОВ, С. КРАЕВСКИЙ ГИДРО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

МОСКВА «НЕДРА» 1983

环境保护的水文地质问题

〔苏〕Н. И. ПЛОТНИКОВ 著
〔波〕С. КРАЕВСКИЙ 著

汪东云 译 杨中嵩 王肇芬 校

责任编辑：卢时望

地质出版社出版发行

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店总店科技发行所经销

开本：850×1168¹/₃₂印张：7 字数：180,000

1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷

印数：1—2405册 国内定价：2.60元

ISBN 7-116-00342-8/P·298

序

从水文地质观点研究环境保护和防治的各种问题还很不足。众所周知，这一问题就其本身的内容来说，是综合性的和有多种设计的。它涉及生态学、生物学、土壤学、灌溉学、地理学、地质学，水文地质学、工程地质学和其他很多重要学科，都与这一问题有关。自然，在这些学科里起主导作用的是生态学和生物学。它是研究在人—自然界—技术系统中相互作用的条件。从上述这些观点出发，水文地质学和工程地质学作为学科，只是解决普通的问题，可这些观点是介绍人类和自然界相互作用时，地质环境本身的形成条件和预测评价其可能的变化。

然而，这一普遍问题完全可以成为独立的学科分支，在解决这些分支问题时则具有重要的作用。例如，人类从事的各种和各方面的水利事业就可属于这类分支。

已经判明，由于水利设施的长期运营，在人为因素作用的影响下，地质环境，主要指水文地质及工程地质条件发生了很大变化。这些人为因素的变化对自然环境总的结构产生了不良影响。因而在施工水利工程时，必须制定和在实践中采用专门保护环境的工程措施。本书就是用这些水文地质观点探讨这一普通问题中的独立分支。由于这是水文地质科学中的新方向，因而很自然书中不能同等和全面地阐述清所有研究的章节。

本书共分四篇。第一篇论述了环境保护课题的内容，基本概念和定义，简介水文地质问题及对地质环境造成不良影响的人为因素作用。第二篇简要地介绍了中亚细亚的几个加盟共和国经济开发所积累的经验，以及与贝阿干线建设有关的和从西伯利亚河流和北方河流调配部分径流到里海和咸海流域有关的水文地质新问题。第三篇阐述了某些人为因素作用的预测评价方法和地质环境保护措施。第四篇介绍了人为因素作用对地质环境影响的一些

具体实例。这些实例是从苏联水文地质学家们的实践资料中选出的。

序言以及第 1 ~ 6、8 ~ 10、12、14、18 章由 Н. И. Плотников 编写；第 17 章由 С. Краевский 编写，在编写 14、18 章时也采用了他的资料；第 13 章在 Н. И. Плотников 的参与下，由 В. К. Мамонтов 编写；第 9 章采用 Е. В. Пиннекер 的资料；第 11 章由 Б. Н. Барон 编写；第 16 章由 И. П. Кравченко 编写；第 15 章由 И. А. Скабаллович 和 В. Н. Ткаченко 编写。

作者们清楚地知道，本书不是所有的篇章都得到同样充分地阐述。现代水文地质学发展的新方向尚处于形成阶段。因此，作者将以感激的心情接受读者的批评意见。

目 录

序	()
---------	-----

第一篇 总论

第一章 关于环境保护问题	(1)
概述	(1)
环境的变化和污染程度	(3)
第二章 基本概念和定义	(12)
生物圈	(12)
智力圈	(15)
人类居住和生产活动的环境	(17)
第三章 地质环境的概念	(22)
第四章 环境保护的水文地质问题	(34)
综合性问题的内容及其中的水文地质问题	(34)
水利工程的分类	(36)
人为作用	(38)
第五章 矿床疏干过程中人为因素的作用	(45)
第六章 地下水开发过程中的人为作用	(54)
一般特征	(54)
人为作用	(56)

第二篇 改造自然条件的区域性问题

第七章 中亚细亚各加盟共和国干旱区土地经济 开发的经验	(69)
概述	(69)
领土区域开发经验	(70)
第八章 跨区调配地表河川径流对环境的影响 问题的内容	(78)
综合研究	(81)
第九章 贝加尔-阿穆尔铁路干线的建设	(86)
概述	(86)

贝阿线建设中自然条件的总特征	(87)
人为作用的特征和环境保护措施	(90)
第三篇 人为作用形成的预测评价	
第十章 松散地层疏干次生固结作用的预测评价	(95)
概述	(95)
在疏干松散地层和降低地层压力时人为作用的形成条件	(96)
在人为作用影响下地表面变形的预测评价	(98)
第十一章 灌区人为作用的预料评价	(105)
人为作用的一般特征	(105)
人为作用的预测评价方法	(105)
第十二章 人为潜蚀-岩溶作用及其预测的可能 性	(115)
人为作用的形成条件	(115)
潜蚀-岩溶作用预测的可能性	(119)
第十三章 疏干固体矿床时水文地质条件变化的预测 评价	(122)
概述	(122)
在直线孔组长时间垂直排水的影响下水文地质条件变化 的计算	(128)
形成径向流时水文地质条件变化的计算	(136)
在直线孔组排水范围内定降深承压-无压非稳定流计算	(132)
在直线孔组排抽水线上定流量承压-无压非稳定流计算	(138)
在辐射孔组排水范围内给定降深承压-无压非稳定流计算	(139)
在辐射孔组排水抽水范围内定流量承压-无压非稳定流计 算	(141)
排水装置和集水构筑物相互干扰条件的预测评价	(143)
第四篇 具体设施运行过程中地质环境的变化	
第十四章 采矿疏干排水和地质环境保护	(148)
自然因素简介	(148)
地质结构构造	(150)
矿区水文地质条件	(153)
采矿技术条件和矿床疏干方案	(156)

人为作用及其对环境变化的影响.....	(158)
第十五章 修建卡霍夫卡水库地质环境的人为变 化	(164)
概述.....	(164)
水库修建前水文地质条件简述.....	(164)
水库运行过程中地质环境的变化.....	(167)
保护城市和灌溉系统免受工程引起的地质环境的变化.....	(169)
人为作用对地下水开采储量形成条件的有利影响.....	(174)
第十六章 平原水库区人为作用发展的预测	
勘察任务.....	(178)
一般水文地质条件.....	(178)
第十七章 综合利用疏干露天矿时的地下 水——防护地下水源衰竭的有效方法	(186)
第十八章 水文地质工作的生产施工方案.....	(191)
概述.....	(191)
水文地质工作的生产施工方案.....	(193)
参考文献	(199)
俄汉对照专业词汇	(203)

第一篇 总 论

第一章 关于环境保护问题

概 述

若干世纪以来，人类的生存和活动都离不开与自然环境的相互作用。在这种相互作用过程中经常出现相互矛盾的现象。人类总是受自然界影响的控制，但是，在当代科学技术革命时代，人类已开始对自然界产生了重要的影响。这种相互关系十分明显地反映了这些对立现象既统一又斗争的规律。由于这种矛盾，人类和整个社会的工程活动，往往导致破坏历史上形成的自然条件的动平衡并人为地改变了周围环境。

随着人类对环境影响规模的不断扩大，还出现某些局部的生态危机。但在过去，总的说来人类对自然环境的影响是微不足道的，大自然的力量能自行治愈人类造成的创伤。消耗的自然资源可以通过天然途径迅速得到恢复，而环境（空气、水、土壤）的化学污染在大自然的作用影响下可较快地被中和净化。这样一来，可消除局部的生态危机。这种作用称为生物圈的自动调节。因此，人类和社会不必在保持环境的最佳状态及防护其免遭衰竭和不受污染方面过分担忧。

在现代科学技术革命时期，在人类与自然环境相互作用过程中情况就不同了。在各种经济和工程活动范围内，为满足社会主义社会对物质和精神的需求，技术的飞速进步则提供了广泛的可

能性。随着生产力的提高，需要强化开发天然资源，这就加剧了对环境的影响。在这种情况下，出现的所谓人为因素的作用^{*}，对自然环境的某些组分，以及对人类生存所必须的最佳状态，尤其当其遭到破坏时，就产生了不良影响。

В.И.Верюадский在《生物地球化学概论》(1940年)里曾指出：“处在生物圈内，即在地球表壳的人类社会，就某种意义而言是一种独特的作用力，其威力以越来越快的速度日益增强。它单独以新的方式和以不断增长的速度，在改变着生物圈自身的基础结构。它越来越不依赖其它的生存形式，并朝着新的生存形式演变。”

二十世纪在这方面所具有的特征是，人类以它强大的技术对环境的影响具有区域的规模，并在广大范围内使历史上形成的动平衡发生根本性的变化。某些元素对环境（大气层和海洋）的污染遍及全球范围。废气和废液的排放，破坏了生物圈天然的生物地球化学、热力和生态结构。因而使环境不断降解，破坏了人类-生物圈体系内在联系的结构。

问题的实质意义在于，应了解社会上有组织的社会的生产力和自然界的生产力之间相互作用的整个过程。正如以前指出的，环境变化的规模可以是局部的或是区域性的。按其影响的规模和深度，这些变化可以和地质作用相比拟。

自然景观近期区域性变化的特点是，这种变化已影响到还未进行经济开发的毗邻地区（气候条件的变化，大气污染等）。自然界动态平衡的强烈破坏，削弱了地球生物圈的自净速度，承担不了人们由于从事的生产和经济活动给生物圈带来的后果。

环境污染的主要原因之一是，当今的生产力是建立在不完善的工艺流程基础上的，排放大量的废液、废气和废渣。利用治理这方面的科学技术成就还相当不利。实际上就形成了现行的生产工艺流程和现代科学技术进步成就之间的矛盾。

^{*} 或译为“人类活动过程”，以下译为“人为作用”。

因此，在科学技术进步的现代，产生了新的区域性生态问题，即在不同经济区的强化开发影响下，研究制定预测评价环境区域性可能变化的科学原理和方法。制定保护环境和整个生物圈的综合性的工程技术措施，以及科学地规划进一步发展生产力和更合理地开发利用天然资源，主要取决于这种预测。

与此同时，世界上很多学者承认，人类对生物界和非生物界的作用规模和强度，已经达到这种地步，其影响的后果不仅控制个别一些地区，而且几乎包括全球。因此，预防世界环境不良变化的这一类全球性问题也很重要，如大气圈中含氧量减少的可能；保护地球不受致命的太阳紫外线辐射的臭氧带的变形；用水情况的恶化等。

在这方面，М.И.Будыго正确地强调指出，技术的进步不断增强人类对环境的影响，给生态危机提供了前提条件。同时，技术进步的成就又可不断提高预防和消除生态危机的实际可能性。这两种对立的趋势就构成了现代生产力发展的辩证法。

社会生产力对环境不良影响的区域性规模，决定了国际合作的必要性。在这方面，已有一个由经互会参加国完成的保护生物圈的科学研究工作综合大纲。

在苏联-美国和苏联-法国的一定范围内，完成了按《环境保护》纲要的研究，以及按其它国际纲要的研究工作。

环境的变化和污染程度

在已发表的著作里，大都提到了环境的基本组份（空气、地表水、地下水、土壤覆盖层、植被，等）的污染来源和性质。所以，本书只适当引用一些能说明环境一般污染程度的资料。

目前，几乎所有的工业和农业部门，在某种程度上都给自然环境带来污染的影响。根据联合国教科文组织的资料，全世界由工厂排入水体和地表的各类工业废物总量，估计每年为320~340亿 m^3 。有这样的一些经济部门，人为因素对环境影响的很大比重

是由这些部门造成的。

首先应把化学纸浆-造纸工业和化学工业列入此类部门。仅化学纸浆-造纸工业一项向环境排放的含毒污水量，就占各类工业排出污水总量的75%。其原因是，这类工业是耗水量最大的企业。这种工业的生产用水量占各类工业部门总需水量的70%。一个中等规模的硫酸盐生产企业（日产化学纸浆约500 t）每昼夜耗水量达10万m³，这些水足以满足一个50多万人口的城市的生产和饮用用水。

苏联化学工业的增长速度超过了其它工业。由此，工业废水量也随之大量增长，因而，必须采取改进生产工艺方案的措施。

能说明工业总产值增长速度、同时又间接表明环境污染严重程度的资料，在这方面具有特别的意义。1950年至1975年期间，社会主义协作的国家工业产品全面产值增至1100%，而发达的资本主义国家为647%，发展中国家为309%。在这期间，合成树脂和塑料的生产（排放化学污染物最多）在全世界提高了23倍。

工业部门的迅猛发展导致了工业废水急剧增加。到本世纪末预计全世界所有国家排放的污水总量将增加15倍。这些资料，虽然是间接的，但足以雄辩地说明，诸如空气、地表水、地下水、土壤等环境组份所受到的污染，将普遍提高。

石油和天然气开采工业也发展得极快。譬如从1960年至1976年全世界石油开采量几乎增加了两倍，天然气工业开采量增长速度更快。

地球大气层的污染最为严重。例如，1976至1977年在全世界所有国家，各种能源原料燃烧时向大气层散发的二氧化碳将近230亿 t，亚硫酸酐、一氧化氮、酚等共计1.5亿 t。现已判明，空气污染的结果使其腐蚀作用增强。

在这方面，下述资料是很有代表性的。如果将全世界的能源资源需要量作为100%，那末，各种资源的消耗量所占比例为：煤26%，石油37%，天然气18%，水能7%，原子能9%，劈柴和泥炭3%。从这些资料可以看出，煤、石油、天然气的消耗量

在能量总平衡表里占81%。所以，大量各类燃料的燃烧产物对大气层产生了严重的污染。

关于环境污染的程度和规模，А.М.Рябчиков引用的对比资料是很有意义的。目前在全球计有400个以上的大型工业城市（它们之中有136个是拥有百万以上人口的城市），在陆地上已查明的活火山有578个。从火山报导得知，火山喷发产物（熔岩、火山灰、气体、水汽）总量平均每年（根据最近400年资料）达25亿t。而世界上所有大型工业城市每年向周围环境排放约30亿t的各种废物，500km³以上的污水和约10亿t的各种烟尘。

环境污染导致这样的结果，大气层里尘埃及其它污染物的浓度，工业城市平均高于海面上空150倍，农业区高于海面上空10倍。

许多学者推测，在人为作用的影响下，如果大气层里二氧化碳含量增加约一倍，那么，地球上的空气温度则大约提高2.5~3.0℃。由此将导致气候条件的全球性变化，即大气转暖，并由此而产生的冰雪覆盖面积、大气降雨动态等的变化。由这些过程还将引起许多后果，如影响海洋水位的变化。

与大气层化学污染的同时，在人为因素作用影响下还发生物理污染。已经判明，全球的工业每年向大气层排放超过6.9亿t的各类粉尘。粉尘本身就是一种遮热屏幕，它可以对地球热动态的变化发生作用。

最近8~10年内大气圈里人工氟里昂的含量有明显增高，它是农药和日用化学品分解的产物。氟里昂是一种侵蚀性气体，在大气圈里能破坏臭氧层，因而可能导致很严重的不良后果。

因此，对大气圈的强烈人为作用因素，就萌芽了一个全球性的问题，即保护大气层不受污染及其结构的变化。正因为如此，目前制定出一系列研究地球空气层污染条件的国际科学研究纲要，目的就是制定防止化学和物理污染的措施。

大气层的污染产生直接的水文地质后果。在全球水循环影响

下，大气降雨向水文地质圈（гидрогеосфера）表层的渗透形成了逐年补充的地下淡水资源。某些工业区的潜水已明显受到化学污染。

苏联采矿工业发展迅速。矿床采掘深度大大增加，而这意味着，人类活动改变地质环境的底界在下移。在苏联建设矿井的深度达1100~1300m，在比利时采矿深度达1415m，在南非开采金矿深度达3950m。

很多矿床所处水文地质条件极其复杂，采矿工作需要对矿坑常年排水，所以与开采的同时要长期抽排含水层中地下水。例如，在疏干库尔茨克磁异常区（КМА）大型铁矿床群时，每昼夜抽排的地下水量超过120万m³。因此发生了大区域范围内的环境变化。这些矿床所处的自然条件复杂。采掘这些矿需要预先进行疏干，然后还需要长期的开采过程的疏干。

由于强烈抽水，在每个矿床周围形成了地下水位降落漏斗。据推测，不久排水装置将开始相互干扰，到那时形成统一的区域下降漏斗。

因此，库尔茨克磁异常区铁矿床在开采条件下发生了人为作用地质环境的变化。为此，现已采取适当措施预防人为因素作用对环境不良影响的后果（改进排水设施的生产操作方案，等。）

将来，采矿对环境变化的影响程度还要增大。这与计划进一步增加开采量（例如煤）、与采用的开采方法、顶板岩石的塌陷有密切关系。矿床开采这种形式，如实践所表明的，往往导致采空区上部岩石强烈的变形，并随着大型塌陷漏斗和沉降漏斗的形成，导致地面变形。

至于谈到金属矿床，其采掘工作今后将更多地采用露天开采方式。施工大深度的露天采掘场，特别是处于复杂水文地质条件下的露天采场，将引起环境的重大变化。

采矿工业对地形条件也有重要影响。废石场矸石、冶炼工厂的矿渣、选矿厂尾矿地系统的废矿砂堆积如山。堆放煤矸石的矸子山过密，就破坏了煤田地区的景观条件。

某些采矿企业废石场的设置没有足够的水文地质工程地质依据。例如，中亚西亚某一工程矸石堆积场大量矸石直接堆放在河谷区，破坏了地表径流的天然动态，使分布在附近的露天采矿场充水条件复杂化。在另一企业如山的废石场，设置在由第四纪松散充水的不稳定岩层构成的斜坡地带，暴雨季节在滑坡作用影响下，该废石堆滑塌了。

开采油田也可使环境降解。这些变化不仅是由于长期强采石油的影响而发生的，而且也由于在采油过程中采用了借助钻孔压水向油层人工注水的各种方法引起的。

油田人工油层注水通常利用的水源有：1、河湖淡水，以及海洋咸水；2、在采油过程中，与石油一起被抽出的油层层间矿化水；3、非油层的地下水（浅层淡水和层间矿化水）；4、污水（工业和城市废水）。

实践证明，采用油层伴生的层间水和污水的人工注水增压法，这不仅对采油效率，而且对环境保护都是很重要的。将这些含有有害组分的水，实际上通过注水将其永久地埋藏在深部地层里。

但是必须指出，含油水一般都含有大量国民经济必须的有益组分。因此，如果从经济上考虑，合理的作法是在采油场先从含油水里提取有益组分，然后再将其用于人工注水。

在油田中，注水增压法强烈影响水压系统工作状态的是超深注水（2~3km有时达4km）。用高压往承压地层中压水，肯定会影响整个水压系统的运转状况。

在分析从地下深部强采石油对人为因素作用的形成及对整个水压系统动态的影响时，应指出，含油层的不同人工注水方法具有补偿作用，可使含水系统扰动程度抵消。很明显，由于这种原因，在那些采用某种人工注水方法的油田的地区，这些人为因素作用，如开采层上部的砂-粘土层次生陷落压密、各含水层之间相互作用过程等还相对不太发育。在这方面，在油田长期开采过程中，应把不同的人工注水方法，看作是环境保护的有效形式。

在开采气田的过程中，还查明其他人为因素作用的形成条件及其对环境的影响。开采承压系统的天然气，往往使高压地层减低压力（达 $200 \times 10^5 \text{Pa}$ 以上），从而导致气田中整个水压系统范围内，地层压力的重新分布，并可使位于气层上部的砂质粘土层严重陷落压密这样的后果。地层的陷落压密可引起直通地表的变形，继而是地面构筑物和地下管道系统发生变形。

一些研究者假设，在长期开采天然气田过程中，气层压力的显著降低可以引起所谓人工诱发的局部地震。据推测，这种地震有时可使气田开采更加复杂化。苏联在一些大型天然气田进行的综合性现场长期地震勘测、区域大地测量和水文地质调查，在科学研究和实际上都有重要意义。

采矿工业，特别是有色金属工业的选矿厂和尾矿池堆放不当，对污染空气、地表水和地下水都有严重影响。

大型平原水库及其灌溉系统的建设和运用，给环境带来巨大变化。在江河流域上梯级水库破坏了地表径流的天然动态，改变了地表水和地下水之间相互作用的关系及水均衡的结构，引起潜水回水并浸没周围部份土地，等。

在这方面咸海流域具有代表性，这里修建的梯级大型水库实际上已完全调节了主要河流（阿姆河、锡尔河及其主要支流）的地表径流，从这里引出大量的灌渠，水从灌渠再输送到灌溉田地里。这样一来，流域内天然水文网完全被改造。因此，也改变了咸海本身的动态。新的灌溉系统已开始使用。

所有这些都可能导致地表和地下径流动态的变化，并在包气带形成新的含水层，而在灌溉地块则可引起地下水水文地球化学动态的变化。在这种频繁的水利活动中，出现的人为因素作用对地质环境产生了不良影响。

在伏尔加河流域也有类似规模的水利活动，建成了许多大型水工构筑物和灌溉设施。

在农业区地质环境也发生不良的变化。根据农业耕作的要求，需对灌溉地带施用化肥，采用化学方法除草等。在水浇地

上，特别是在栽培技术农作物时，还要更多地采用化学药剂。在化肥转化迁移过程的影响下，发生了地表水、主要是地下水的污染，使它们的总矿化度增加等。

表1引用了联合国教科文组织的一些资料，说明全球土地资源利用程度和增大农作面积的前景。

从表中可以看出，目前现有土地资源已得到较充分的利用，农作区进一步扩大的前景是有限的。必须十分珍惜土地的利用，根本改善农业耕作措施。

表 1

农 业 土 地 利 用 情 况	利用程度 (占陆地总面积的%)
已利用的农作区、牧场、伐木区等	55
未利用的、开垦费用不大的土地	6
未利用的、开垦费用很大的土地（沙漠、沼泽、森林苔原冻土带等）	24
实际上不宜开垦的土地（苔原冻土带、冰川、寒冷沙漠等等）	15

在灌溉系统运行过程中，地质环境发生强烈的变化。当前世界所有国家已垦土地灌溉面积达2.2~2.3亿ha*，其中苏联约占1200万ha。计划还要进一步增加农作灌溉的土地总面积。

在生产力迅猛发展的现代，合理利用有限的水资源，对所有国家来说都是很重要的问题。但是由于工业和农业污水的排放与流失，河川水系淡水受到很大程度的污染。

地表淡水资源总量通常是按多年河水径流量的年平均值进行评价的。苏联境内常年形成的可恢复河水总径流量为4340km³/a，大约占全世界所有国家河水总径流量的12%。其中包括有地下水（所谓地下径流）共计1038km³/a。这部分地下径流量占河水总

* 1ha（公顷）= 10⁴m²