

农村生态系统的 分析、诊断与维护

白建明 梁小林 杨都 编著



甘肃人民出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农村生态系统的分析、诊断与维护 / 白建明, 梁小林, 杨都编著. — 兰州 : 甘肃人民出版社, 2011. 12
ISBN 978-7-226-04222-9

I. ①农… II. ①白… ②梁… ③杨… III. ①农业生态系统—研究 IV. ①S181

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第258307号

责任编辑: 李依璇
封面设计: 王林强

农村生态系统的分析、诊断与维护

白建明 梁小林 杨都 编著

甘肃人民出版社出版发行
(730030 兰州市读者大道 568 号)

甘肃新华印刷厂印刷

开本787毫米×1092毫米 1/16 印张10.75 插页2 字数176千
2012年5月第1版 2012年5月第1次印刷
印数: 1~1 000

ISBN 978-7-226-04222-9

定价: 38.00元

前 言

本教材是我们将可靠性理论及方法应用于农村生态系统研究的探索性成果。

可靠性理论起源于 20 世纪 30 年代,最早被用于航空和军事领域,主要涉及机械设备的维修问题。第二次世界大战期间,由于在军事装备设计及维修方面良好的适用性,可靠性技术受到了极大重视并在战争中得到了较好的应用。第二次世界大战以后,尤其是从 50 年代开始,可靠性理论出现了十分迅速的发展,被广泛应用于机电、电子、宇航及化工等非军事领域。在最近一二十年之间,则进一步扩展到大型工程设施、复杂网络、社会经济及生态系统等众多领域,逐步形成了完整的理论和方法体系,成为一门新兴的、具有很强应用性的综合性交叉学科。

农村生态系统是典型的半人工生态系统,是人类在改造自然、利用自然的过程中打破原有的生态系统而重新构建起来的一类生态系统,既具有明显的社会属性,又保持了纯自然生态系统的许多特征,具有复杂的结构和多样化的功能,是人类赖以生存和发展的基础。从生态学观点来看,影响农村生态系统的主要因素包括自然因素、生物性因素和人类行为。这三类因素所产生的各种影响以叠加方式作用于农村生态系统,决定着农村生态系统的演化和发展。基于人类的生存与发展需求,我们关注的核心问题是,农村生态系统是否能够保持正常、持续的运行并实现既定的功能、完成一定的任务。本质上,这就是一个可靠性问题。

另一方面,相对于农村生态系统而言,上述三类影响因素均来自于系统外部,一旦这些影响超过一定限度,系统会出现性能恶化、运行不畅、主要功能无法实现等结果,甚至出现严重故障,引发局部甚至全局崩溃的后果。这样,农村生态系统就明显地具有“承受影响—性能恶化—出现故障”的演化机制,表现出明确的可靠性特征,构成一个十分典型的可靠性系统。

基于上述认识,我们尝试从可靠性视角来重新审察农村生态系统,提出农村生态系统的可靠性概念,并借助可靠性理论中的冲击模型方法和可靠性维修技术对农村生态系统的演化及失效规律进行探索研究,完成了本书的写作。本书内容分为九章,组成四个相互联系但又具有一定独立性的部分,各部分的内容及之间的关系如下:

第一章的前三节从生态学理论出发,对农村生态系统的若干重要内容进行了回顾与概述,第四节则从可靠性理论视角出发,总结了农村生态系统的可靠性特征,提出了农村生态系统的可靠性问题。本章单独构成一个部分,是全书的阅读基础。

第二、三、四章的基本内容是冲击模型,主要包括冲击模型的原理与方法(第二节)、经典模型的构造与扩展(第三节)、一类新的冲击模型及其最新研究成果(第四节),它们共同组成了本书的第二个部分。建议读者以第二、第三章作为重点阅读和学习内容,有一定数学基础和兴趣的读者可参考第三节。

第五、六、七章介绍了可靠性维修的有关内容,这些内容形成了本书的第三个部分。该部分主要内容分别为维修的基本概念(第五章)、不可修系统(第六章)和可修系统(第七章)。由于可靠性维修的特点所致,本部分内容要求读者具有一定的数学基础,特别是概率基础。

第八、九章是农村生态系统的可靠性应用研究,也是本书的第四个部分。本部分采用案例分析的方法,分别研究了两类典型的农

村生态系统的可靠性问题。其中第一个案例是湖泊—湿地类型的农村生态系统可靠性研究(第八章)。在这个案例中,我们重点关注由人为活动所导致的湖泊—湿地水域缩减和功能恶化,当水域减少到一定程度时,该系统的功能将完全丧失,导致生态系统的崩溃。第二个案例的研究对象是森林类型的农村生态系统(第九章)。其中的关注重点是以砍伐为主的森林利用与破坏行为。当砍伐超过一定限度时,会导致森林资源的严重损耗和生态功能的丧失。

从可靠性视角对农村生态系统进行关注,是一个全新的视角;利用冲击模型和维修的理论与方法对农村生态系统的可靠性特征及可靠性规律进行分析与研究,则是一种全新的尝试。从这个意义上来说,本书既是对可靠性理论与方法的新应用领域的一种探索,也是对农村生态系统研究的视角与方法的一个补充。

目 录

第一章 农村生态系统概述 / 001

- 第一节 农村生态系统的结构 001
- 第二节 农村生态系统的功能 006
- 第三节 农村生态系统的问题 009
- 第四节 农村生态系统的可靠性特征 014

第二章 冲击模型的原理与方法 / 018

- 第一节 冲击模型的原理 018
- 第二节 冲击模型的基本方法 022

第三章 经典冲击模型及其扩展 / 028

- 第一节 经典冲击模型 028
- 第二节 经典冲击模型的扩展 035

第四章 复杂系统冲击模型 / 042

- 第一节 复杂系统冲击过程的结构 043
- 第二节 具有簇生结构的冲击模型 049

第五章 可靠性维修的基本概念 / 057

- 第一节 可靠度与可用度 058
- 第二节 可靠性常用的寿命分布 063

第六章 典型的不可修系统 / 066

- 第一节 串联系统和并联系统 066
- 第二节 冷贮备系统 072
- 第三节 温贮备系统 078

第七章 典型的可修系统 / 082

第一节 马尔可夫型可修系统的一般模型	083
第二节 单部件可修系统	093
第三节 串联系统	097
第四节 并联系统	101
第五节 表决系统	104
第六节 冷贮备系统	108
第七节 温贮备系统	112

第八章 农村生态系统的可靠性分析(案例一) / 116

第一节 农村生态系统的可靠性分析思路	116
第二节 案例介绍	120
第三节 建模与分析	123

第九章 农村生态系统的可靠性分析(案例二) / 132

第一节 李子坝森林生态系统	132
第二节 模型建立与参数选取	135
第三节 模型结果与分析	140
第四节 数值模拟附件	146

主要参考文献 / 161

后 记 / 164

第一章

农村生态系统概述

现代生态学认为,生态系统是在特定空间内生命系统和非生命环境系统的组合,其中生命系统是由动物、植物和微生物等生命有机体的组成,非生命环境系统则由光、电离辐射、火、水、大气、土壤、岩石和声音等非生命元素组成。根据陈佑启等学者对生态系统的划分,按照地域空间的差异,把生态系统划分为城市生态系统、农村生态系统和纯自然生态系统^①。其中,农村生态系统是对于农村环境而言,它具有明显的社会属性,介于城市生态系统和纯自然生态系统之间;农村生态系统既表现出社会经济系统的特征,又具有纯自然生态系统的某些规律,因此显得更为复杂。

本章内容分为四节。按照一般生态系统的分析步骤,第一节和第二节分别叙述农村生态系统的结构、功能及其主要特征,第三节主要以中国农村生态系统为主,总结农村生态系统面临的主要问题。在前三节内容的基础上,第四节尝试从可靠性理论的视角对农村生态系统进行观察和初步描述,分析农村生态系统的可靠性特征,并建立农村生态系统的可靠性概念。

第一节 农村生态系统的结构

农村区域是一类由自然、社会和经济组成的复合系统,具有不同的地域性质,并在特定的地域内实现物质和能量的交换。这些生命与非生命环境因

^①陈佑启. 论生态系统与经济的可持续发展[J]. 中国软科学, 2000 (8) .

素相互制约、相互作用形成具有自身结构和功能的农村生态系统。因此，在不同的农村区域，农村生态系统表现出不同的功能特点，若按农村生态环境组成的景观特征并结合自然生态系统的特点，可将农村生态系统分成多种类型，其中陆地生态系统，可以分为森林生态系统、草原生态系统、农田生态系统、荒漠生态系统等；水域生态系统，又可以分为海洋生态系统、淡水生态系统等；另外还有介于水、陆生态系统之间的湿地生态系统。不同类型的农村生态系统，其主要结构及功能表现出很大的差异。然而，无论对农村生态系统如何分划，必须归纳出系统具有的共同属性。

一、农村生态系统的基本构成

在纯粹的生态学意义上，一个完整的生态系统应包括生产者、消费者和分解者及无机环境。从生态学意义出发，依据大多数学者的观点，农村生态系统应该是一个复合生态系统，基本构成主体为自然生态子系统、农业生态子系统、村镇生态子系统等三个部分。据此，农村生态系统的基本构成如表 1.1 所示。

表 1.1 农村生态系统的构成

生态学定义	一般定义
生产者：绿色植物（人工与自然物）	成分一：自然生态子系统
消费者：人类、牲畜等杂食性动物	成分二：农业生态子系统
分解者：微生物	成分三：村镇生态子系统

以下我们按照陈佑启等学者对农村生态系统的分类，主要从构成农村生态系统的每一构成主体所具有的特征和规律入手，对每一构成主体进行简单阐述。

（一）自然生态子系统

自然生态子系统是自然选择与适应过程的产物，系统中的生物物种拥有环境所允许的最大程度的多样性。这些生物物种间的相似程度很不一样，各类物种由复杂的关系联系，自然生态系统内形成的多样性与其机能间的相关关系维持着该系统的稳定，系统网络结构的合理性与完整性保证了系统的可

持续性^①。自然生态子系统受自然因素及其规律的制约,并保持与自身功能相适应的生物多样性,在能量流动过程中实现自我更新与发展。因此,生物在能量流动过程中积聚,表现出明显的自然节律性。

(二) 村镇生态子系统

村镇生态子系统是农村居民的生活居住场所与农村居民非农活动的产物,系统发展不仅受到人类行为的影响,还受到经济规律的制约。与自然生态子系统不同,人类行为成为系统发展运行的关键因素,影响村镇生态子系统的发展演变,在物质循环的能量流动的过程中,人类活动承担了重要的角色。因此,村镇生态子系统是典型的人工系统,具有人工系统的某些特征,与城市生态系统较为接近。

(三) 农业生态子系统

在农村区域内,由于自然因素的制约和人类生产活动影响,形成了农业生态子系统。在农业生态子系统能量流动具有自身的特点,在能量流动和物质循环的过程中,不仅局限于系统内部,而且实现了与系统外的能量输出。如果在能量流动过程中能量输出减少、间断或不平衡,能量转化的效率将会受到影响,进一步会影响农业生态子系统的生产力^②。人们对于农业物种的选择,有时会表现出与自然资源环境极大地不适应性,导致自然环境的能量和养分不能保持原有的水平。

二、农村生态系统结构的特点

在农村生态系统中,自然生态子系统为农村生态系统提供物质基础和能量基础,表现出极大的自然属性;农业生态子系统在物质和能量循环过程中满足人类最基本的需求,构成系统的主体,具备农村生态系统大多数特征;村镇生态子系统为满足农村生态系统更高的追求,是系统实现更高级功能的必要组成。然而,与城市生态系统和纯自然生态系统相比,该系统的结构特殊性具体表现在系统的目的性、非自律性与自然节律性、地域差异性、结构多样性等方面。

^①卢兵友.农村复合生态系统结构多样性及其可持续发展对策[J].国土与自然资源研究,2000(4)

^②陈佑启.论生态系统与经济的可持续发展[J].中国软科学,2000(8).

（一）目的性

在农村区域内，人类的生产、生活都受到自然因素的影响，在长期与自然环境的斗争过程中，最终实现了人类生产生活的目的。在农村生态系统中，人类的社会经济活动反映了系统运行的全过程，满足人类的需求及其相关的物质循环和能量流动是系统的唯一目的。然而，系统的物质循环与能量流动受到区域内人类行为及其所生活环境的影响，由于人类行为的干预，系统运行的物质、能量及信息量达到了相当的水平，系统的生产力明显提高；同时，人类的干预超过系统的承受能力，会导致系统大多数功能失效甚至系统崩溃^①。

（二）非自律性

自律性是指系统在封闭的环境中所表现出来的特定的性质。农村生态系统表现出明显的输出性特征，要实现系统内的物质和能量的转化，系统内的能量将无法满足其需要，必须从该系统以外的系统输入。了解农村生态系统的能量流动和转化规律，对分析农村生态系统的功能及其组成部分之间的内在联系和生产力形成非常必要。

（三）自然节律性

在以农业生产为基础的农村区域，农业生态子系统成为农村生态系统的构成主体。在农村生态系统中，农业生产都必须依赖于光、热、水等非生命环境，并且实现其生产的每一环节都包含着大量的能流和信息流，这些能流和信息流受到自然规律的影响，如表现出较强的季节性等。同时，人类的活动被限定的特定的环境中，且不能肆意破坏自然生态系统平衡。因此，农村生态系统具有自然节律性的特征。

（四）地域差异性

在我国农村区域，自然因素对农村生态系统的影响较为复杂，具有明显的地域差异。我国地域广阔，气候、地形、水文、海拔、土壤等自然因素对生态系统的影响差异明显。同时，我国农村区域，社会经济的历史发展现状各不相同，表现出明显的南北差异、东西差异等，这些差异直接影响到农村生态系统功能的发挥。因此，农村生态系统表现出较强的地域差异性特征。

^①陈佑启等. 我国可持续农业评价指标体系建设的有关问题[J]. 中国软科学, 2001(1).

(五) 结构多样性

农村生态系统的结构优化是实现该系统整体功能的保障。主要从以下三个方面介绍系统结构的多样性,即系统的结构单元、结构链和结构网络。

能否实现系统多项功能,由系统的结构单元的多样性来决定。农村生态系统的结构单元包括众多的生物和非生物环境。其中生物包括参与生产活动的各种动物、植物和微生物等,生物的多样性直接决定了系统结构单元的多样性,非生物环境将对系统整体结构功能产生影响。同时,结构单元的多样性表现为生物多样性,是农村生态系统结构多样性的特征。

在农村生态系统中,不同的结构单元为了实现某种特定的作用而构成的链状结构,因此,特定的结构链包括实现其目的的物质循环和能量流动的全过程,显然,不同的结构链或许由不同的结构单元构成,或许实现不同的结构特征。

多条相同或不同的结构链按照特定的方式构成结构网络。这种更高级别的系统结构网络在农村生态系统中直接或间接发生作用,同时,较为清晰地表现了系统内部各结构单元的某些特性。农村生态系统网络关系建立的关键包括两个方面。一方面在原有的结构网络中加入一些有益的结构单元或结构链,或者某些结构网络中去除某些无关联的或有负关联作用的结构单元或结构链,促进网络结构的优化,最大化的实现系统结构功能。另一方面在没有相关关系的结构单元或结构链之间建立某些特定的关联,充分发挥结构网络的现实作用。

(六) 其他特性

在农村生态经济系统中,不仅有由土壤、大气、岩层、水体等非生物要素和植物、动物、微生物等生物要素构成的自然生态系统,而且还有由多种要素组成的农业生态系统和村镇生态系统。因此,农村生态系统具有边界的模糊性、环境的难控性、生产的分散性、技术的依赖性和生产活动的单调性等特点,此外,还具有受人类干预、自我满足和自我维持、维持人类生存与发展 and 受人类社会发展多种因素制约等特征。

第二节 农村生态系统的功能

系统的结构和功能有着辩证统一的关系。一方面，系统的结构对系统的功能有决定性的作用，并通过能量的输入、输出来实现，另一方面，系统的功能反映了系统的结构，并表现出某些结构特点。同时，农村生态系统的自身功能之间也是辩证统一的，比如：农村生态系统的生态功能是系统其他功能的依托和保障，而系统的其他功能受到生态功能的限制和影响。

按照生态学的定义，在一定区域内，生命和非生命环境之间进行着为实现系统功能和自我更新的物质循环、能量流动和信息传递。因此，所有的生态系统都有如下特征：一是，能量流动、物质循环和信息传递，以实现系统的生产生活的需要；二是，自我调节、自我更新和稳定的能力，即遭到某种破坏和冲击时，在一定区域内实现自我调节和恢复；三是，动态性和发展性，不同生态系统都有自身发展变化的过程，使自身功能更加多样化、复杂化，并不断走向成熟；四是，都具有生态系统的基本结构（包括生产者、消费者和分解者），并形成多样性的特征。然而，生态系统中的有机质的变化过程，即有机质的生产、加工、分解的过程构成生态系统的基本功能，换句话说，也就是物质、能量及信息等要素的运动过程。各生命与非生命环境通过其特殊的作用把太阳能转化成其他形式物质和能源，并在其转化和移动过程中实现物质的生产、能量的流动和信息的传递等。

农村生态系统是自然生态系统通过人类活动的不断加强、生活水平不断进步和生产不断发展的过程中逐渐演替发展而形成。因此，可以把农村生态系统看作是半人工生态系统，既有自然生态系统的结构要素，又有人类的社会经济活动等要素的加入，这些要素通过特定的关系组合而形成一个复杂系统。因此，农村生态系统除了具有生态系统的基本功能能量流、物质流、信息流外，还具有特有的一些功能。基于目前人们对生态系统的认识，农村生态系统既具有与自然生态系统相类似的结构和生态功能，又具有鲜明的人类影响的特性。

一、能量流动、物质循环和信息传递功能

生态系统在物质生产、能量流动、物质循环及信息传递的过程中表现出明显整体性的特征。首先,各区域间的农村生态系统中能量的流动和转移的方式可以看出,能量的存在方式多种多样,具体包括来自光源的光量子以波状运动形式传播的能量,即辐射能;化合物中储存的生命活动最基本的能量,即化学能;运动着的物质所含有的能量,即机械能;电子沿导体流动时产生的能量,即电能;参与生命活动的任何形式的能量,即生物能。生态系统中的不同形式的能量流动都遵守热力学第一、第二定律,实现能量在不同形式中转移或转化,但在转移或转化过程中,能量的总量并没有发生变化,即遵循能量守恒定律,并且能量总是从能量的高级形式流向能量的低级形式,由高能量物质流向低能量物质。

其次,生态系统中维持生命需要各种各样化学物质,这些化学物质的供应也是在能量流动中实现。在生态系统中,太阳能提供能量最初的来源,地球环境提供物质资源。各生命体在非生命环境中获取营养物质,实现生命体的延续发展,而非生命环境还通过自身的某种特殊的方式实现能量的转化而参与到物质循环中。生态系统中的物质循环遵循物质不灭定律和质能守恒定律。

各生命成分之间的信息传递是生态系统的基本功能之一。信息传递过程也是一种能量消耗的过程,既不能实现物质和能量相似的循环的功能,也不具有物质和能量流动的方向性,而是在信息传递的过程中双向流动,有时表现为信息反馈的作用。各种不同的信息形式在生态系统中发挥不同的作用,并且信息在能量流动和物质循环过程中转化成不同的信息,同时,不同的信息流动把整个生态系统的物质循环和能量流动联系起来,使系统始终处于正常的运转状态。

二、生产功能

这里的生产功能主要是指有机质的生产过程,有机质的生产是生命体得以延续和更新的保证^①。各生命体在非生命环境获取物质和能量,通过光合

^①张艳明,马永俊.现代乡村生态系统的功能及其保护研究[J].安徽农业科学,2008(6).

作用、食物链传递等实现物质和能量的转化。

农村生态系统最基本的功能是物质生产，为了人类发展的需要，农村生态系统的生产除了满足自身的更新和演替外，还需要为人类的发展提供物质基础。农村生态系统为人类生活提供原始资源、生产的原材料和维持生活必需的粮食等；同时，农村生态系统还向农村区域外输送一些基本的生活物资，提供整个社会发展的初级产品等。在中国，截至 2010 年，占世界约 7% 的耕地养活占世界近 20% 的人口，农村生态系统巨大的生产能力不仅保证了城乡居民的基本生活需求，满足了城乡基本需求，同时也为工业生产和城市发展提供了大量的原材料，促进了城乡发展，是重要的物质供应基础。然而，在耕地面积面临不断减少的压力下，我国农村生态系统已经基本实现生产功能的最大化。

三、生活功能

农村生态系统为农村居民提供生活和居住场所，使农村居民享受健康生活，构成了农村文化和经济发展的重要依托。农村区域作为有机整体，让农村居民安居乐业，同时也以其丰富的旅游资源、独特的生活方式、特有的风土人情吸纳了大量的城市人口。总之，农村生态系统的生活功能体现在为人们追求美好生活提供必备的条件，为农村建设和社会发展提供基础的物资储备和天然能源。

四、生态功能

对于不同类型的农村生态系统，都具有相似或相异的生态功能。如森林生态系统主要具有涵养水源、水土保持、净化空气提供清新空气等生态功能；湿地生态系统主要具有调节径流、气候调节、侵蚀控制、抵御洪水等生态功能；农田生态系统具有调节气候、净化水质等生态功能；其他类型的生态系统通常也具有调节气候等功能。我国农村地域广袤，表现出更强的生态服务功能。在世界范围内，农村生态系统除了生产世界上最多的粮食和各类农产品外，还发挥了巨大的生态服务功能。据中国 21 世纪议程管理中心可持续发展战略研究组的相关研究，在我国农村区域的森林、草地、耕地以及水面等构成自身相对独立的生态系统，且每种农村生态系统每年的生态效益

占我国国内生产总值的 50%左右,对整个农村生态系统的生态安全有着重要意义。

五、文化功能

农村生态系统的文化功能在农村发展中占有重要地位。作为相对独立的空间,农村内部存在着相互联系且多样性的文化形式,通过相互影响和长期积淀,构成农村文化生态系统。农村生态系统的文化功能维持着人类文化的最大化多样性,并在其文化功能的实现过程中传承着传统文化、构建现代知识体系和教育体系等,同时为广大美学爱好者提供创造宝贵思想的场所。中华民族的传统文化和特有的民族文化丰富多彩、源远流长,而这些民族文化来源于农村,依赖于农村特有的非物质环境,同时农村承载着更多的民族精神、民族文化遗产的责任。农村生态系统的文化功能是农村区域社会发展的重要保证,反映了农村区域的发展水平和历史演变的规律,是中华民族宝贵的财富之一。

第三节 农村生态系统的问题

农村生态系统是第一性物质产品生产、提供生态服务功能为基本特征的生态系统,农村生态系统是人类社会存续和发展的基础。在中国,农村生态系统不仅为 6.71 亿农村居民提供了居住、生产和发展的空间,为农村发展提供了良好的生态基础和物质性基础,而且在保持生物多样性、维护人类与自然环境的关系、传承文化多样性等方面都发挥了不可或缺的作用。同时,农村生态系统是一个典型的复合生态系统,其中自然、经济和社会等因素相互关系而形成了一个有机的整体,从生态学的角度来看,农村生态系统的形成与发展是在打破原有生态环境系统的基础上重构新系统的过程。在这个重构过程中,人与环境、生物与生物、生物与非生物之间必须保持生态平衡。一旦其中的任何一种平衡遭到破坏,则可造成新建的农村生态系统内部各组成成分之间以及与外部系统之间的关系不协调、系统的结构与功能出现畸形的结果,进而导致农村生态系统无法维持良性持续发展的恶果。

中国是世界上人口最多的国家,由于人类生存和发展的巨大需求以及这

种需求的快速增长,对自然资源的开发和索取缺乏节制,忽略了人与环境、生物与生物、生物与非生物之间的关系,使得农村生态系统内部关系失调、系统运行长期处于失衡状态。目前,农村生态系统的各个子系统、各个组成成分均出现了不同程度的问题,其中最为突出者主要表现在环境污染加剧、生物多样性锐减、森林灾害频发、土地资源超载及土壤退化、系统生态服务功能减弱等几个方面。

一、农村环境污染问题

水污染是世界上存在的几个严重的问题之一,同时中国又是世界上水污染最为严重的国家之一。2005年,在我国七大水系的总体水质分布中,其中Ⅰ~Ⅲ类所占比重为41%,Ⅳ~Ⅴ类所占比重为32%,劣Ⅴ类所占比重为27%^①。

近年水质问题总体有所改善,但局面仍然十分严峻,局部情况更是不容乐观。根据国家环保部公报结果,2010年,Ⅰ~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别占到59.9%、23.7%和16.4%^②。但与2006年相比,Ⅰ~Ⅲ类水质的比重提高了13.4%,劣Ⅴ类水质的比重降低了16.9%。水污染整体情况依然较严重,特别是地表水,主要河流中,虽然七大水系的整体评价为轻度污染,但不同局部区域情形差异较大。地表水的相关监测数据中,污染最严重是海河,黄河、辽河为中等程度污染,松花江、淮河的局部区域有较轻程度的污染,长江、珠江等水质较好^③。从上面的水质污染结果可以看出,北方河流由于径流量相对较小,水体更新净化能力较弱,造成水体污染各项指标较高,另一方面,水质污染较为严重的区域大多处于多工业、老工业地带,并且污水处理设施没有达到相应的水平。

除水污染外,随着工业化进程的加快,农村生态环境的气体污染和固体废弃物污染也在加剧。其中固体废弃物污染的突出表现在农业生产污染、居民生活污染等方面,包括农业生产源污染物随意排放,排放总量在持续增加;各类畜禽养殖污染物排放量也较快增长;农村区域的村民生活污染和农

①中华人民共和国环境保护部.中国环境状况公报[R],2006年5月.

②中华人民共和国环境保护部.中国环境状况公报[R],2011年5月.

③段华平等.常熟市农业和农村污染的优先控制区域识别[J].环境科学,2010(4).