

能源·环境丛书

尚久方

环境 监测 方法

北京能源学会

1984年

环 境 监 测 方 法

尚 久 方

北 京 能 源 学 会

1984年

内 容 简 介

本书叙述监测环境的几种有价值的方法。全书共分五章。第一章环境监测的生物学方法，介绍一些可以指示出环境状况的动植物作为环境污染的早期警报系统。第二章食品分析，介绍了分析食品中各种污染物的方法。第三章水质控制，介绍了在水循环各个阶段控制水质的方法以及各种数据的意义。第四章头发在环境监测中的作用，介绍了头发在环境科学研究中的作用，以及分析头发样品的的方法，并列举了砷、汞、铅等元素的分析。第五章药物的毒性，指出了监测人类体内环境的意义，以及由于药物的固有的毒性、药物之间在人体内的相互作用和服药者自身的因素而产生的药物毒性反应。

本书内容深入浅出，语言通俗易懂，凡具有中学以上程度的环境保护工作者和有关人员皆可阅读参考。

环 境 监 测 方 法

编辑出版：北 京 能 源 学 会

(北京西城西黄城根北街五号)

印 刷：北 京 四 季 青 印 刷 厂

工本费：0.70元

前 言

随着工农业生产的发展和社会的现代化，环境污染的问题会日趋严重，如不加以妥善控制和治理，定将后患无穷。自本世纪五十年代以来，世界工业发达国家出现的严重环境污染而造成的巨大损害，充分说明了这一问题，而他们为治理和防止污染所采取的措施也值得我们借鉴。

从考虑环境保护问题为出发点，渐渐形成了环境科学这样一个综合性的学科。一位科学家曾经说过“科学即是测量”。有些人认为这样的概括过于简单化了，但是从事环境科学工作的人，必须牢记这一点。我们需要的是要少动感情，多进行测量。只有通过测量，我们才能知道污染的状况和趋势，才能估计出采用哪些合适的步骤来清除和防止污染。

本书即是基于上述认识，选择了几种监测环境中某些可变因素的有价值的方法编写而成。

许多动植物对于环境污染物非常敏感，这些动植物的存在和缺乏可以指示环境质量的优劣，因而称为指示生物。一般说来，指示生物并不能精确地指示污染物的特点，但是可以作为理想的早期警报系统。

现代的许多先进技术也为我们带来了具有特别恶劣的副作用的化学物，所以我们应该用有效的方法检测出这些有害化学物是否已进入了食物中。本章介绍了一些高级的分析技术，这些技术保证能够测定出甚至是微量的污染物，如农

药、多氯联苯、二恶英和氯乙烯等。另外也很重要，某些有危险的化学物也产生于自然过程，例如黄曲霉毒素就是属于最有毒的化学物之列，它是由某种霉菌侵袭某种植物而产生的。它们的存在也必须小心监测。

在我们的生活中，唯一天然存在的日用品是水。但是技术的发展和人口的增加意味着世界上许多供水都被污水严重污染。目前许多发达国家已制订了在水循环的各个阶段控制水质的标准，为的是使危险的倾向得以扭转。本章论述了用于控制这些系统的许多方法，以及各种数据的意义。

人的头发对于环境科学的研究具有重要意义。人的头发非常耐久，又便于贮存和运输。头发中的蛋白质对许多重金属具有亲合力，仅需少量样品即可进行分析。它可表明污染是来自身体内部还是外部。而且头发在整个生长期可以看成是体内元素的一个累积计量仪。现有的技术可以检测出发中低于1ppm的痕量元素。本章中着重讨论的是砷、汞、铅等元素。

不仅是人类的外部环境需要小心监测，人体内的环境至少也是很重要的。近年来药物的使用愈来愈广泛，尽管在大多数场合，使用药物是有益的，例如传染病的死亡率已大大降低、疼痛也可减缓、许多心理学方面的疾病也日益减少或得到控制，但是我们必须经常提防药物的副作用，本章讨论了人体对于常用药物的有害反应。

本书在编写过程中，得到中国科学院环境化学研究所申葆诚先生的指教，在此表示谢意。鉴于编者学识有限，错误和不妥之处在所难免，欢迎读者批评、指正。

作者 1984年2月

目 录

第一章 环境监测的生物学方法	1
一、指示生物的优点和局限性	(2)
二、地衣	(5)
三、苔藓	(9)
四、真菌	(10)
五、维管植物	(11)
六、污染物的生态学研究	(14)
七、结束语	(16)
第二章 食品分析	18
一、分析食品中因环境污染而带来的化合物...	(21)
1. 农药	(21)
2. 多氯联苯	(29)
3. 多氯联苯-P-二恶英	(30)
4. 重金属	(31)
5. 氯乙烯	(35)
二、分析食品中天然产生的化合物	(35)
1. 亚硝胺类	(35)
2. 真菌毒素	(38)
三、食品添加剂	(43)
食品染料和抗氧化剂	(43)

四、结束语.....	(44)
------------	--------

第三章 水质控制	45
----------	----

一、水循环.....	(46)
------------	--------

1.自然界对水质的污染.....	(47)
2.人为增加的污染.....	(49)

二、为了控制水质而必须进行的测量.....	(50)
-----------------------	--------

1.化学分析.....	(55)
2.水的微生物学检验.....	(61)
3.生物学检验.....	(64)

三、水分析中重要参数的意义.....	(64)
--------------------	--------

1.传入感觉器官的因子.....	(65)
2.物理化学因子.....	(65)
3.不希望有的或有毒的因子.....	(66)
4.生物学因子.....	(66)
5.微生物学因子.....	(67)

四、水分析的范围.....	(68)
---------------	--------

1.公用水供应.....	(69)
2.娱乐用水.....	(70)
3.水生生物.....	(71)
4.工业用水.....	(73)

五、水质监测.....	(74)
-------------	--------

六、水质控制.....	(76)
-------------	--------

1.雨水.....	(76)
2.湖泊.....	(77)
3.河流.....	(78)
4.地下水.....	(79)
5.供给安全用水.....	(79)

第四章 头发在环境监测中的作用

82

一、头发的生长和结构	(82)
二、头发中的金属	(84)
三、头发分析	(86)
四、活化分析	(88)
五、原子吸收	(91)
六、砷和吸烟	(94)
七、洗涤剂中的砷	(95)
八、职业中毒	(97)
九、自杀未遂一例	(97)
十、牙科门诊中的汞危害	(98)
十一、环境中的铅	(100)
十二、环境和疾病	(102)
十三、历史环境	(103)

第五章 药物的毒性

108

一、药物的固有毒性	(109)
1. 安眠镇静剂酞谷酰亚胺 (thatidomide)	(111)
2. 己烯雌酚和阴道腺癌	(112)
3. 非那西汀的肾损害	(112)
二、由于药物相互作用而产生的毒性	(113)
1. 药物吸收的干扰	(114)
2. 与血浆蛋白质结合	(115)
3. 药物代谢	(115)
4. 肾排泄	(116)
5. 接受器位置	(117)

三、药物毒性的患者因素..... (117)

1. 遗传因素..... (118)

2. 年龄因素..... (121)

3. 疾病状况..... (123)

4. 对于药物的过敏和变应性反应..... (124)

四、结 束 语..... (125)

参考文献 (126)

第一章 环境监测的生物学方法

活着的动、植物会受到周围环境的物理和化学条件的影响,因而动、植物对于环境条件产生的反应,就可以用于测量环境中的某种物理和化学条件。在这种情况下,生物就可作为“指示生物”。指示生物这一术语可以在许多不同的方面加以应用。例如,对于生态学家来说,指示生物可以定义成能够表明特定地区或产地的气候、土壤和其它情况的特征的一类植物或动物。一种指示生物可以是在限定的条件下天然存在的物种,而根据它的存在可以判定出这样一些因素,如该地区的土壤酸度、很少霜冻、供水充足等。在这样的情况下,指示生物所表明的是适合于它定居和生长的条件。然而应当注意,在许多场合,指示植物的存在并不真正表明当地的条件有利于这种植物,而只是表明它能抵抗某种因素,或者是不适于其它物种定居的某些因素。例如,一般认为玫瑰喜欢粘性土壤,实际上玫瑰在其它的土壤结构中生活得更好。只是由于其它的园中花卉不喜欢粘土,才使人们误以为在粘土中可以生存的玫瑰“偏爱”这种条件。在这里,短缺的物种才是真正的指示生物。

甚至是最无专门经验的动、植物的直接观察者,也能辨识出不同地区存在的植物和动物之间的差别,而这些差别是与温度、湿度和其它各种条件有关的。如果他看到了一片生长着灯心草和柳树的田野,他就会知道这片土地是潮湿的。哪怕是一个没有经验的园林工人,也知道凡有杜鹃花和石楠

属植物繁茂生长的地方，土壤一定是酸性的。一个植物学家只需看一眼一片天然植被的照片，一般就可以推断出照片上拍下来的地域的土壤、气候、甚至经纬度等大量情况。当我们想要描述和评价周围环境时，我们都需要依赖生物学资料。

一、指示生物的优点和局限性

指示生物这一术语可以以更精确的方式加以应用。例如用于表示如下一些生物：它们对于某些特定的物质是敏感的，或者对于某些特定的环境条件是敏感的，而且它们所做出的反应的方式应是容易确证的。在这里我们要特别加以讨论的是，用于研究环境污染的那些生物。

一般认为，在一定的地区鉴定出有某种危害存在时，就可看成周围的环境受到污染了。

例如，像石头和颜料这样的物体，可以受化学物质的影响，这类的影响是能够加以测量和定量的。然而当存在某些浓度非常低的污染物时，它们也会对生物产生有害的影响，对这类影响进行更精确的测定也不是不可能的。对于生物学家来说，利用指示生物进行这种定量测定是有吸引力的。他们所关心的是，污染给人类或其它动物所带来的危害的程度，如果一种植物或动物所受到的污染达到可以测量出来的程度，则生物学家就可以将这种情况与敏感性较差的生物受到影响的程度联系起来加以比较。如果敏感的指示生物没有受到危害，则可认为这样的环境条件对于其它生物来说是“安全的”。

人们最熟悉的指示生物是金丝雀，它可用于检查煤矿中存在的一氧化碳。只要金丝雀健康地生存，则周围环境的一

氧化碳浓度就不会太高，而在金丝雀近旁工作的矿工就不会发生一氧化碳中毒，因为金丝雀的身体很小，代谢速率又非常高，一旦环境中的一氧化碳浓度稍高，它很快就会失去知觉。当发生这种情况时，矿工们仍有充分的时间逃离现场，以避免中毒窒息的危险。要注意的是，指示生物所具有的优点和缺点都超过测量污染的各种化学方法。正如上面指出过的，可以把污染对于指示生物的影响与对于其它生物的影响联系起来，这样就可以清楚地表明环境中可能存在的危险。然而，指示生物并不能总是表明污染物的确切性质，而且总的结果还要受其它各种环境因素的影响。在许多煤矿中，最经常的危险当然是来自一氧化碳，因而当金丝雀失去知觉时，最容易把原因归咎于一氧化碳。但是，金丝雀的失去知觉也可能是由其它毒物或条件所引起，也可能是由于疾病或代谢紊乱，也可能是金丝雀的小肠中有相当顽强的寄生虫在作怪。因而只有当我们已经知道最重要的污染源是什么，采用指示生物才能收到最好的效果。

另外，环境条件对指示生物的反应会产生影响，这就使得情况进一步复杂化了。例如，一种营养充足的植物对于某些环境危害的易感程度就与它在贫瘠土地生长时不大相同。空气的湿度也可以是非常重要的。某些有毒气体仅有在空气潮湿时才会造成危害。温度也具有明显的重要性。冷血动物和许多植物在冷天的代谢速率非常低，因而污染对于它们就不会产生什么损害。另一方面，在温暖的气候条件下，一种生长迅速的植物又有可能比在冷天时增长速度减慢的同一物种的敏感性还低。

一般来说，指示生物对于特定的物质是比较敏感的，但是完全特定的物质是没有的。有些指示生物对不同的化学

物质会产生相同的反应，而且还会有由两种物质相互作用而引起的协同效应存在，而这两种物质单独存在时可能没有什么毒性。正如已经指出的，指示生物的最大优点是它们可以在某种程度上表明环境对于它们是有害的，因而表明环境条件正在接近于对其它植物、动物甚至是人类产生危害的水平。不过只是在偶然的情况下，指示生物提供的信息才容易转变成污染物的精确含量数值。因此指示生物虽然是研究环境的有用的工具，但是需要有对于特殊的物质和条件进行化学和物理分析的方法作为辅助手段。指示生物，例如金丝雀，通常可以作为一种早期警报系统，预示环境中已经出现了某种危害。

到目前为止，本章只考虑了在低浓度有害物质作用下受到有害影响的植物或动物作为指示生物；但是在植物和动物体中发生的其它过程，也可用于污染物的监测。其中最重要的一种过程就是某些生物在它们的组织内能够浓集某些物质，这些物质经过浓集后，我们就可以检测出它们，否则它们的含量是很难进行精确分析的。这种沿食物链的浓集过程是人们所熟悉的，尽管此过程有时被误解和夸大，不过处于食物金字塔顶端的食肉鸟类和哺乳动物确实能够在它们的某些组织内有选择地保留某些物质，例如脂溶性的有机氯杀虫剂。这种浓集过程可以使食肉类动物出现病理学症状，甚至死亡。但更经常的是，浓集并不引起危害，只是达到容易进行分析的水平，以致可以用这些动物来估计环境中某些化学物质的含量。

鱼和其他一些水生动物能够有选择地把水中的某些化学物质提取和浓集数万倍。而呼吸空气的陆生动物仅能吸收少量的化学物质。在水中呼吸的动物直接与大量的水接触，只

有通过一定的努力才能得到足够的氧气，水的污染愈严重，水中存在的氧量就比正常情况下愈少，所以动物必须吸入大量的水才能得到足够的氧气。在这些化学物质没有造成明显危害的情况下，也可用分析水生生物适当组织的办法来估计化学物质的含量。

用死的植物材料监测污染水平也在本章所讨论的范围之内。例如，苔藓包——夹有苔藓织成的尼龙包，广泛用于收集铅和其它重金属，主要收集者是苔藓，它们可吸收空气中的重金属，然后可进行分析。合成塑料，如聚乙烯，也可用于这一目的。显然上面所述已不再是生物过程了。也有人发现，某些指示植物在它们死后还会由于有选择地吸收使它们致死的物质，从而继续受到损害。

大量各种植物和动物被用作指示生物。但是不要指望从这些指示生物得来的全部数据就能得出综合性的说明，不过可用于描述环境污染的主要机制，这对于人类是很有价值的。

二、地 衣

在大气污染物的指示生物中，用得最多的是地衣。这类生物是由密集地共生在一起的真菌和藻类组成，有时藻类还不止一种。它们从落在其表面的干燥沉积物、雨水，当然还有藻类的光合作用得到养料。早在100多年前，人们就知道某些地衣对于大气污染物，特别是二氧化硫和氟的危害特别敏感，因为在城市和工业发达的大面积地区，地衣已不复存在了。

各种污染物由人类本身、他们的住处以及工厂和机器排

入大气中。在英国，煤灰和煤烟一度曾是排放最严重的，现在其数量已大为减少，主要原因是无论在市区还是工业上都很少再用原煤做燃料了。大气质量的改善主要是由于采用了更经济的动力，即用人工成本低的石油代替煤作为工业燃料；另一原因是“空气清洁法”的实施。目前最大的污染源是二氧化硫，在英国每年有600万吨二氧化硫排出，其它工业发达国家的排放量与此类似或更高。尽管离二氧化硫源最近的地方，二氧化硫的浓度最高，但是这种气体以不同的浓度广泛分布于全世界，有一些二氧化硫横越大洋，造成国际污染问题。

由工业，特别是砖瓦工程和炼铝厂排入大气中的氟是严重的，但它通常是局部为害的污染物，在污染源以外数公里的地方，就很少受到它的危害了。

根据各种不同种类的地衣的分布情况就可以知晓宽广范围内二氧化硫的浓度，以及氟产生源附近处氟的含量。虽然对这两种污染物的生理学效应进行过某种研究，但是主要的研究课题仍是选定的具有不同敏感性的地衣品种的存在和缺乏。在新建的炼铝厂（属于新的污染源）周围，地衣的生长或退化速率也有人进行了研究。

上述的研究工作是在不同的污染物浓度下进行的。在英国，联邦真菌研究所的霍克斯沃斯（D.L.Hawksworth）博士及其同事，还有谢菲尔大学的吉尔伯特（O.L.Gilbert）博士发表了表明范围宽广的地衣种类对于二氧化硫的不同平均浓度如何做出应答的资料。他们指出，这类植物，不管是哪一个品种，对于硫含量的耐受能力都是明显一致的（已对85个品种进行了深入研究）。非常干燥的条件也会阻碍地衣生长，而在受到污染的潮湿地带，有时还会有某些地衣

存在，虽然对于它们来说，空气中二氧化硫的浓度已经很高了。目前尚无证据表明高硫浓度的短时间作用会对地衣产生严重危害。在这一方面，地衣的表现似乎与维管植物不同。

毫无疑问，能够精确鉴别出他所看到的地衣品种的地衣专家，在应用这些植物研究空气污染时是最有利的。实际上对于小面积内，硫或氟浓度的大量变化情况 进 行 详 细 研究时，就需要这种专门技能。然而也可在非常低的浓度下进行有用的研究。

在1972年，英国剑桥的教育咨询中心和英国伦敦“星期时报”联合组织了一项调查，他们希望这一调查能在学校的暑假期间由英国儿童自愿地完成。结果，孩子们热情地参加了这项有意义的活动。他们购买和填写一个专门的“清洁空气研究包”，包里面配有可以使孩子们画出不同形状（不是品种！）的、对于大气污染敏感程度不同的地衣的分布图。数千个儿童交出了他们所处地区的制作得出奇好的地衣分布地图。虽然他们得到的资料使许多物种得到了鉴定，但是更直接的结果，是将地衣的分布明显地分成几个区域。例如，第六区域是灌丛状地衣非常明显的区域，那里的空气是真正清洁的。由此得出的结论是，地衣生长愈繁盛的地方，空气愈清洁。而污染最严重的地带，零带，可以预期根本没有地衣存在。与零带最靠近的第一区域，仅有抵抗力非常强的、相当容易鉴定的地衣——灰尘茶渍（*Lecanora conizaeoides*）存在。在第二区域，叶状的地衣开始出现。而在第三和第四区域，则地衣的数量增加，并生长得更加茁壮。

对于上述已经得到的结果集中进行了分析，检验和分类。由这些结果可以勾画出全英国的地衣分布区域图。注意到这样一点是有趣的，即所得的结果与沃伦·斯普林实验室

做出的分析调查以及由霍克斯沃斯博士等用精确的地衣品种进行测定所得到的结果非常一致。必须强调的是由孩子们所做的这种普查工作，绝不能代替专门的地衣学家所做的更深入的调查研究。地衣也可以以各种不同方式作为污染物在各种浓度下的指示生物。它们对空气污染敏感，而且可以指示污染的程度。此外，注意到某些敏感的地衣是如何受到空气中非常低的二氧化硫浓度的影响是有意义的。最易受影响的地衣品种仅在30微克/米³的浓度下就会消失，而许多叶状地衣在SO₂的浓度超过50微克/米³时即不可能存在。其实，这样的SO₂浓度还不足以把足够的硫返回土壤，以使得在缺硫的土壤中许多草类和谷物健康生长。而要想使得人类感到不愉快，至少要上述浓度的100倍以上才行。近代的炼铝厂已在许多地方建立，例如在威尔士的安格尔西，原来的空气是很洁净的，灌木丛状和叶状的地衣非常繁盛。遗憾的是，新建的炼铝厂排放出大量的氟到周围乡村。已经知道在该处敏感的地衣事实上已经退化和死亡。通过分析表明它们的体内吸收了大量的氟。虽然地衣的死亡并不那么容易精确断定，但是这种敏感的植物是因暴露于氟而死亡是毫无疑问的。然而它们仍能继续用于监测污染，因为死亡的叶状地衣还会继续吸收氟，其浓度可达数千ppm。

敏感的地衣受到二氧化硫和氟化氢的强烈影响。它们也可用于监测其它的污染物。例如，它们有时可能被迫吸收大量的重金属，如从汽车尾气而来的铅。对于地衣受重金属的危害几乎没有做过什么工作。在交通稠密的地方，很少有叶状地衣存在，不过这也可能是由于凡交通稠密的地方，大多是在城市内部，而那里二氧化硫的含量也很高。

地衣也可用于由核爆炸产生的长寿命同位素（如铯-137