

工业废弃地上的 植物定居

〔英〕 R. P. 格默尔 著



科学出版社

工业废弃地上的 植物定居

〔英〕 R. P. 格默尔 著

倪彭年 李玲英 译

金鉴明 校

科 学 出 版 社

1 9 8 7

内 容 简 介

本书是英国生物研究所组织的《生物学研究丛书》之一,专题讲述工业废弃地上的植物生长问题,如养分不足、物质毒性、酸性和碱性对植物的影响等等。作者在阐明事实的基础上还概括地提出了解决问题、恢复土地的方法。随着人类社会的发展,在工业废弃地日益增多和扩大的今天,这本小册子对于如何改造、利用和绿化废弃地具有一定实用意义。

本书可供环境保护和绿化工作者阅读,对有关学科的大专院校师生也有一定参考价值。

R. P. Gemmell
COLONIZATION OF
INDUSTRIAL WASTELAND

Edward Arnold, 1977

工业废弃地上的植物定居

〔英〕R. P. 格默尔 著

倪彭年 李玲英 译

金莹明 校

责任编辑 朱博平

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

北京市通县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1987年2月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1987年2月第一次印刷 印张: 2 7/8

印数: 0001—1,200 字数: 63,000

统一书号: 13031·3403

本社书号: 5082·13-18

定价: 0.70元

总 序

在编写单一教科书时，由于缺乏足够的最新材料，致使其包括生物学整个领域是不再可能的。为此，生物研究所主持编辑了这套小丛书，以便教师和学生能够学习本学科有关重要进展。本丛书受到的热情欢迎，表明了这套书在生物学课题的很多论点上是具有权威性的。

本丛书的特点是注意了研究方法，并精选了书目，以便读者深入探讨和尽可能为实际工作提出建议。

本研究所主管教育负责人欢迎读者的批评意见。

生物研究所，伦敦

前 言

在英国，由于开发能源、矿产、工业原料等自然资源，已经造成了差不多10万公顷的工业废弃地。就全世界而言，工业化国家都同样经历着一场对环境的掠夺，并随之发生了一连串的问题。但是，直到最近几年，人们才对恢复和重建这些被糟蹋的土地予以恰当的注意。

近年来，社会上出现了一股高潮，人们对研究工业废弃地的生态学和使这些废弃地有效地恢复以前必须解决植物的定居问题发生了浓厚的兴趣。遗憾的是，人们对收集到的资料没有进行真正的分析，总结成专题的论述，因为，这是一个具有重要意义的课题，是研究环境科学的学者深感兴趣的课题。我希望，这本小册子将有助于填补这一空白，使读者对这个有益的研究领域有一定的洞察能力。在我们当今工业化社会里，这项研究具有重要的实际应用价值。

R. P. 格默尔

目 录

总序

前言

1	工业废弃地及土地的恢复	(1)
1.1	英国工业废弃地的形成	(1)
1.2	英国以外的问题	(4)
1.3	将来的问题	(5)
1.4	社会问题和植物定居的需要	(5)
1.5	英国景观的复原	(7)
1.6	化学与废弃物的起源	(10)
2	养分不足	(15)
2.1	土壤和废弃物中养分的状况	(15)
2.2	主要养分对植物生长的作用	(15)
2.3	增加养分对废弃物堆上植物生长的作用	(16)
2.4	废弃物中丧失的养分	(17)
2.5	养分缺乏的调节	(20)
2.6	土壤肥力的维持	(22)
3	pH值与植物生长	(24)
3.1	酸性对植物生长的影响	(24)
3.2	碱性对植物生长的影响	(25)
3.3	各类废弃物中的pH值	(26)
3.4	黄铁矿废弃物产生的酸性	(29)
3.5	pH值的中和:天然机制和人工机制	(32)
4	重金属和溶解盐类的毒性	(39)
4.1	毒性离子对植物生长的影响	(39)
4.2	废弃物中重金属的毒性	(41)

4.3	可溶性盐类产生的毒性	(44)
4.4	溶液中离子造成的毒性的改善	(47)
4.5	物理分离	(51)
4.6	在经过治理的亚铁金属废弃物上植被的稳定性	(56)
5	自然定居和植物的耐受力	(57)
5.1	种间耐受力	(57)
5.2	耐受生态型	(63)
5.3	耐受力应用于土地回收	(67)
5.4	废弃地群落的生态	(69)
6	废弃地土壤的分析技术	(75)
6.1	取样	(75)
6.2	pH值的测定	(76)
6.3	石灰需要量	(77)
6.4	磷酸盐的状况与固定能力	(78)
6.5	钾的状况	(80)
6.6	氮的状况	(80)
6.7	盐浓度	(80)
6.8	微量元素和少量养分的测定	(80)
6.9	植物生长反应的分析	(81)

1 工业废弃地及土地的恢复

1.1 英国工业废弃地的形成

人类从事工业生产的结果，使自然环境遭受极大损害。生态系统发生混乱最明显的例子之一是来自采矿和其他工业操作过程中废弃物的积聚，使植物和动物群落逐渐趋于灭绝。由于这些废弃物中常常含有毒性和缺乏肥力，这样的环境不但有碍于生物有机体的重新定居，而且景观丑陋，污染严重，使当地居民和社会深受其害。

英国大多数工业废弃地，是在产业革命，又称工业革命时期创建的各种工业所造成的。这些工业目前正处于衰落状态，或者已经完全消失了。从全国而言，最广泛的损害是采煤工业排出的废土积聚所造成的，受害最严重的地区是英格兰北部、米德兰北部、南威尔士和苏格兰中部一部分地区的煤田所在地。据约略估计，从地下煤矿深处采掘出来的原料的一半，最终以废弃物的形式被堆积起来。在南兰开夏老煤田中的列城，这种废弃物堆积的面积竟广达150公顷。它包围了采煤村金皮特(Gin Pit)，几乎使这个村子与外界隔绝了。那块光秃秃、寸草不生、外表丑陋、至今毫无用处和景观黝黑的酸性废土堆，对附近的住房发展计划投上了重重阴影。

在产生废土场的亚铁工业中，铁矿石的采掘和生铁冶炼业的影响最大。尽管褐铁矿重建基金会(Ironstone Restoration Fund)保证说，近年来，凡是受到铁矿采掘影响的土地已经得到重建，但是，全国高炉冶炼业已在景观方面留下了

累累痕迹。过时的老式高炉虽已废置不用，但它们已留下了庞大的废弃物(炉渣)堆。位于南威尔士梅尔希尔溪谷(Merthyr Vale)端头的多拉依斯(Dowlais)镇正俯瞰着全国生铁冶炼业排出的数量最大、外表最丑的一座废弃物堆。

目前，英国有色金属矿的采掘和冶炼实际上已经停顿了。然而，煤矿废弃物堆和高炉炉渣却往往大面积地堆放在市区或者靠近市区。有色金属废土堆的规模比较小，而且分散在乡村，但常常位于风景优美的遥远地区。另一方面，那些冶炼厂则位于供煤方便的地方，并集中在两、三处，其中最重要的一个冶炼中心是在下斯旺西河谷(Lower Swansea Valley)。下斯旺西一度曾是世界有色金属冶炼中心，后来，这门工业走了下坡路，由钢铁冶炼业取而代之。目前，下斯旺西河谷是英国绝无仅有的、面积最大的一片工业废弃地。那里堆积着近1,000万吨含有毒性、缺乏肥力的废弃物，这些废弃物使要想开拓它的人感到厌恶，并为斯旺西郡约三分之一的居民所忽视。

在英国某些部分，特别是在围绕曼彻斯特和默西河地带(Mersey Belt)的英格兰西北部，那里的废弃物是由化工厂堆积的。这种废弃物很难使土地获得重建，因为它对植物的毒性很强，而且会造成水污染。靠近博尔顿(Bolton)的一个废弃物堆堆积着约75万吨有毒铬酸盐废弃物，这块场地现已成功地开发成一个气候宜人，芳草萋萋、令人神往的游乐场所。

采煤、亚铁金属冶炼和化学工业造成的土地污染虽然有所减轻，但是，由于各种废弃物的堆放，工业废弃地仍在不断出现。近年来，处理以煤粉末为燃料的发电厂排出的炉灰成了大问题。虽然已在建筑工业方面找到了几种利用这种废弃物的用途，但是，大量废弃物仍然遍地皆是。

在康沃尔(Cornwall)开采瓷土时，每提炼出1吨瓷土，

表1 英国工业废弃物的产生及其分布地区

废弃物种类	堆存量 (百万吨)	堆存面积 (公顷)	每年产量 (百万吨)	主要分布地区	处理方法
煤矿废土	3000	15000	50	英格兰北部和东北部、米德兰平原、南威尔士、苏格兰中部及肯特的煤田	主要以废弃物形式堆放, 有些用作填料及制造建筑材料
高炉炉渣	数量未计, 但很少		9	南威尔士、科比、谢菲尔德、斯康塞特、肯索普、提兹赛德、格拉斯哥、坎布里亚	当前所产生的都已利用, 主要用于铺路, 有些旧的废弃物堆尚未动用。
炼钢厂炉渣	数量未计, 但很少		4	分布地点同上	200万吨已回炉。有些用来铺路。其余的堆放或用作钢铁工程周围的填料。
金属矿废土	不详	不详	0.46 (仅锡一项)	康沃尔、南-北威尔士、德比郡、大湖区、彭奈恩山区	分散堆放在乡村。
金属冶炼厂废弃物	不详	不详	0.24	斯旺西(锌、铜)、威德内斯及沃尔索尔(铜)、布里斯托尔(锌、铅)、赫尔及利物浦(锡)	已利用的较多, 旧废弃物堆未动用。
发电站炉灰	不详	不详	10	全国都是	倒入泻湖, 或在地面堆放, 约60%用于建筑。
板岩废弃物	300以上	不详	1.2	威尔士、大湖地区、康沃尔、德文及苏格兰	大多数堆放在地面。
瓷土废弃物	280	800	22	康沃尔、德文	大多数堆放在地面, 少数用于建筑。
采石场废弃物	不详	不详	不详	全国都是	少数用于建筑, 其余堆放在地面。
萤石矿废弃物	不详	不详	0.23	德比郡彭奈恩山区、达勒姆	渣滓倾入泻湖。
硫酸钙	不详, 但很少		2.1	各地磷酸厂、氢氟酸厂均有产生	主要倾倒入海中, 少量堆放在地面。
• 熔炉熔块	没有	没有	1.4	全国都是	目前全部用于建筑。
• 焚化炉灰	不详	不详	0.6	全国都是	大多数堆放在地面。
化学废弃物	不详	不详	不详	默西河地带及柴郡(碱、盐废弃物)、南威尔士及法夫郡(生产氧化铝时产生的红泥土)	堆放在地面上或倒入泻湖。

• 仅指英格兰和威尔士而言。

就会产生 9 吨废弃物，这些残渣废物被倾倒在深坑、泻湖，或者堆放在地面上。这门工业的发展，已对英国西南部地区的景观产生明显的影响；这些白色物质堆积起来的庞大锥形堆已成了这一地区乡村著名的标志。

不断产生问题的另外一门新兴工业是德比郡(Derbyshire)的萤石开采业。萤石开采业所产生的废弃物被倾倒在泻湖里和地面废土堆上。由于这门工业座落在山顶国家公园范围内，这就引起人们越来越大的关注。

小规模废弃物有砂、石作坊的下脚料、石块和石板、硫酸钙副产品、家庭垃圾、焚尸炉中的骨灰等。表 1 是关于英国产生最重要工业废弃物的物质分布地区和处理概况。

从该表可以看出，家庭垃圾、污物、农业废弃物以及各种液体和固体工业废弃物都没有列入。对这些物质的处理，发生了更加特殊和不同的问题，因为这些废弃物是由地方政府或者承包商所收集和堆放的。他们在废弃物堆上覆盖着别的东西，借以蒙蔽群众，堆放废弃物的场所，一般须经批准，并由环境部指定，以确保能作出令人满意的善后处理，防止在堆放过程中发生污染事件。然而，在大多数情况下，环境部的指定没有被认真执行，有时根本不执行。希望地方政府能通过更加有效的立法，加强管理，使情况有所改善。

1.2 英国以外的问题

本书上一节中讨论过的许多有关工业废弃地的问题具有全球性质，也是大多数工业化国家所面临的问题。不论如何，某些国家必须采取特殊和非比寻常的办法去回收土地。在美国，露天采煤已造成大片土地荒芜和酸性排水污染。在南非威特沃特斯兰(Witwatersrand)地方，从金矿排出的废

土堆积如山，有时广达几平方英里（1英里 = 1609.344米）。这些废弃物的硅末满天飞扬，对人类健康形成一大公害，而且由于径流的原因，使许多溪流遭受水污染。在马来西亚和尼日利亚，由于开采锡矿和随之产生的废土的堆积，使许多地区一片荒凉，寸草不生。英国已停止了有色金属的开采，但是，还有几个国家仍在开采大型露天铜矿和其他金属矿。

1.3 将来的问题

目前，有许多国家为了补充石油资源的不足，正在开采油页岩，特别是在美国和加拿大，这些国家很可能把开采油页岩当作发展未来能源资源的一项主要目标。开采油页岩将带来处理大量废弃物的问题，因为，在大多数情况下，原岩的80%—90%是以被抽完了油的页岩而被扔掉的。

英国不能排除大规模开采露天铜、锌和亚铁矿的可能性。既然大多数矿藏位于国家公园地区，那么，任何采矿作业和废土的处理，必然对乡村带来严重的威胁。

1.4 社会问题和植物定居的需要

工业废弃地的全部重建以及将来对自然资源的保护，这对英国和许多国家来说，的确是当前极为重要的问题。有一种说法是人们可以接受的，那就是，工业废弃地对所在地来说是一项经济负担，主要是因为它占用了那里本来已显稀缺的土地，造成了令人生厌的环境，妨碍着周围土地上工业和住房计划的发展和实施，从而使当地经济陷入不景气状态。工业废弃地还对当地社会产生一种令人讨厌和沮丧的作用，甚至可能成为人口大量外流的原因。由于上述种种原因，工

业废弃地的重建，已被看作是针对于主要工业地区恢复元气的有生力量的组成部分，是改善当前居民生活条件的有效途径。

在土地上堆放废弃物最明显的后果是使地形发生了变化，树林、农田和土壤被埋葬在堆积成山的垃圾堆下。受害土地的特征是：山坡陡峭、力学不稳定性、土地浸蚀和自然排水系统混乱，以及由于土地肥力不足和(或)含有毒性而使植被消失。因此，这种土地不能用于发展工业和扩建房屋、农业、林业、休养和娱乐场所及诸如此类的目的，除非事先进行一番特别的改造治理措施(图1-1)。

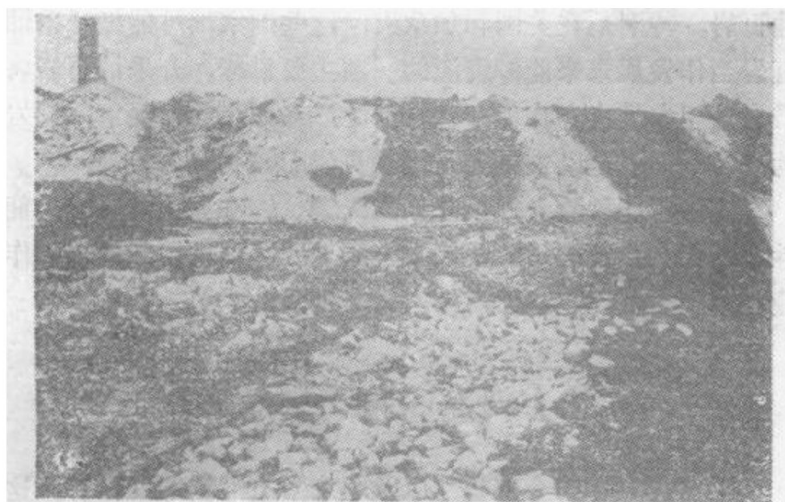


图1-1 化学废弃物堆。右端阴暗部分是黄铁矿废渣和炉灰。白色部分是石灰废弃物和盐的残余物。废弃物堆前的石灰块是为了中和黄铁矿废弃物的酸性排出液而堆放的

进一步的问题是，废弃物可以使水和空气发生污染。从不稳定的亚铁废弃物堆上被风刮走的尘土，可以直接或通过牲畜和农作物对人类健康构成公害。来自煤矿废土的酸性排水曾经在许多国家严重地损害了自然水道中的生物群落，而

亚铁金属废弃物中的毒性也曾促成类似的后果。化学废弃物会释放出极毒废水. 表2列举了工业废弃物所造成的几种污染问题。

表2 废弃物造成的污染问题

废弃物种类	污 染 性
煤矿废弃物	1. 强性径流及其渗入自然水道 2. 径流中释放出悬浮固体 3. 溪流和河床中积存含铁复合物 4. 由于废弃物堆表面不稳定而被风刮走的尘土 5. 由于自燃现象而排放出有毒气体 6. 力学不稳定可导致山崩
亚铁金属冶炼厂 废弃物和矿山废土	1. 水中带有毒金属污染源及酸性 2. 有毒金属的风传尘土和引起人类健康的公害来源 3. 含有高度毒性金属的植物对食草牲畜造成危害的来源
化学废弃物	1. 从铬酸盐废弃物堆渗入水道的高度有毒铬酸盐 2. 从碱废弃物堆释放出硫化物, 造成水道污染 3. 黄铁矿废弃物堆释放出酸性 4. 释放含有各种有毒盐类的废水, 污染水道 5. 把悬浮固体释放进水中
瓷土废弃物	1. 悬浮固体污染水道

1.5 英国景观的复原

为了有利于地方政府进行调查研究和发放无偿拨款以恢复景观, 英国政府拟定了一条关于被遗弃地的定义, “凡是由于工业或其他方面发展的原因而受到损害, 非经治理而无法利用的土地”。这项定义并不包括那些需经计划批准才能进行复原的土地、那些仍在使用的土地以及市区等待开建设的场地等。

1.5.1 政府立法与费用

英国政府曾经制订了几个议会法案，向地方政府慷慨地提供无偿拨款，以便使被遗弃的土地得以复原。例如，1966年的《地方政府工业发展法》(Local Government and Industrial Act, 1966)和1970年的《地方土地使用法》(Local Employment Act, 1970)等。这些法案规定，在地方政府适当地开垦土地时，可无偿拨给50—85%的清理或治理费用。直到最近，这项国库无偿拨款一般为实际费用的75%，在开发地区可达85%。但是，英国政府目前对经过批准的开发遗弃土地的无偿拨款已提高到全部费用的100%。这种无偿拨款的数目是在净费用的基础上计算出来的，即：

获得土地的费用 + 复原费用 - 土地的再生价值

获得土地的费用约为复原费用的三分之一，因为在治理过程中往往需要获得废弃物堆周围多一些的土地，为景观造型而把物资铺开。为了把获得土地的费用算进去，通常的土地复原费用(按照1975年的规定)为每公顷5,000—10,000英镑不等。

1.5.2 英格兰西北部土地的复原

据城市托拉斯(Civic Trust)估计，英国现有工业废弃地约10万公顷。英格兰需要治理的三分之二的工业废弃地位于特伦特(Trent)的北方，受害最烈的是大曼彻斯特市的都会郡(Metropolitan County)威根(Wigan)以东的某些地区，那里的土地总面积的25%是被遗弃的土地。一个名为《西北部联合设计小组》的于1973年提出了《西北部地区战略规划》(Strategic Plan for the North, West)。该规划认为，作为整体来说，西北部地区是全国被遗弃土地中后果最坏的地方。这份报告还下结论说：“由于估计到解决环境问题的财力、物力有限，从收效的方面和范围看，控制污染最好的方案是降低空气污染和回收被遗弃的土地。”

1964年到1974年间对英格兰西北部地区进行的调查报告指出，从整体来说，被遗弃的土地面积以每年累计增加280公顷的速度在发展。经过复查后发现，每年净增的120公顷遗弃地明摆着情况十分严重。尽管如此，由于矿山工地的关闭，更多的被遗弃土地正在出现。同时，现已施工的和计划施工的土地以及不具备充分复原条件的废弃物弃置场的存在，是造成大片遗弃地的潜在原因。

《西北部地区战略规划》下结论说，虽然政府制订了到1980年要清除掉最糟糕的遗弃土地的目标，但据估计，虽然1973年已清除了320公顷土地上的废弃物，而且每年还将保持同样的进展速度，但是，目前已存在的废弃物在1994年以前是不可能被清除干净的。

1.5.3 土地复原的技术性问题

土地开发规划首先考虑的问题之一是，规定这一地区土地的最终用途。土地的最终用途可能是供人民建房居住，或者用于发展工业、农业和林业，或者使之成为怡养身心的地方，如开辟成公共广场、娱乐场所，或者把它定为野生生物的生境。在正常情况下，再生土地的用途，应该规定在正常结构规划以内，并按照郡发展或结构规划(County Development or Structure Plan)行事。这样才能保证取得双重好处：既能去掉那些惹人讨厌的废弃物，或者说造成污染的根源，又能为人类提供土地的一种新用途。

为此，我们必须解决一些工程方面的问题：

- 1.排水 由于采矿而造成的地面下沉、渣土堆积，使天然的排水系统遭受破坏。废弃物可能是不透水的，因此，需要开凿足够的沟渠和安装排水设备。平衡池可以用来控制现场径流的排放。

- 2.斜坡 陡坡及其力学不稳定性是普遍存在的。对废弃

物堆必须进行具体调查，并计算出土壤的减少与补充，以便即使发生物质的少量移动，也可能确定其最终地形。

3. 防火 油页岩废弃物堆可能发生自然现象，因此，必须确保堆放紧密，杜绝空气流通。

4. 竖井 旧的矿山竖井必须填充结实，或者索性予以封闭。

5. 工地材料 工地使用的材料，应该从材料的稳定性、铺开可能占用的面积以及用上后是否合适等问题予以评价。

最后一个问题，如果规划植被，那么就应该考虑废弃物的生态和植树问题。当英国开垦土地的运动尚处于未成熟阶段的时候，兰开夏郡早在五十年代初期就对这个问题认识清楚了。兰开夏郡议会在比克肖(Bickshaw)地方进行了一次试验，对原页岩用石灰和没有表土的肥料进行不同的治理。试验结果令人非常振奋，他们在这块土地上获得了与周围土地上植物生长的同样效果。现在，人们已认不出这个地区曾是一块废弃物的堆放场了。其他试验的结果也使旧页岩矿废弃物堆上长出了一片片郁郁葱葱的树林。然而，要在比较大的废弃物场地上开垦土地还存在不少困难，并发现，执行事后管理规划是极其重要的，否则已经再生的植被会退化或者完全重新枯萎而死。

1.6 化学与废弃物的起源

工业废弃地上存在的极大多数物质系来自矿物质。按原状堆放的煤矿废土，由于风化而引起化学变化和物理变化，产生了毒性。另一方面，冶炼厂和化工厂废弃物一开始就对植物生长处于对抗状态，因为，在添加剂存在的情况下，由