

在农业和水产业中 安全利用废水 及粪便的指导原则

Duncan Mara

编

Sandy Cairncross



世界卫生组织



联合国环境规划署



人民卫生出版社

在农业和水产业中安全利用 废水及粪便的指导原则

保护公众健康的措施

Duncan Mara 编
Sandy Cairncross

苏 如 黄承武 韩德辉 译
黎璧莹 范 琪 校



世界卫生组织 人民卫生出版社



ISBN 92 4 154248 9

© 世界卫生组织 1989

根据《全世界版权公约》第二条规定,世界卫生组织出版物享有版权保护。要获得世界卫生组织出版物的部分或全部复制或翻译的权利,应向设在瑞士日内瓦的世界卫生组织出版办公室提出申请。世界卫生组织欢迎这样的申请。

本书采用的名称和陈述材料,并不代表世界卫生组织秘书处关于任何国家、领土、城市或地区或它的权限的合法地位、或关于边界或分界线的划定的任何意见。

本书提及某些专业公司或某些制造商号的产品,并不意味着它们与其他未提及的类似公司或产品相比较,已为世界卫生组织所认可或推荐。为避免差讹和遗漏,专利产品第一个字母均用大写字母,以示区别。

作者仅对本书内所表达的观点负责

**在农业和水产业中安全利用废水
及粪便的指导原则
保护公众健康的措施**

Duncan Mara

Sandy Cairncross

编

苏如 黄承武 韩德辉



人民卫生出版社出版
(北京市崇文区天坛西里10号)

人民卫生出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

1000×1400毫米32开本 4 $\frac{3}{4}$ 印张 160千字

1991年7月第1版 1991年7月第1版第1次印刷

印数: 00 001—2 000

ISBN 7-117-01591-8/R·1592 定价: 4.50元

在农业和水产业中安全利用废水及粪便的
指导原则
保护公众健康的措施

提 要

引言

本书所述指导原则的总目标是为了倡导在农业和水产业中安全使用废水及粪便，所采取的方式应以保护有关职工及广大公众的健康为依据。本书中“废水”一词系指家庭的污水和不含大量工业流出物的城市废水，“粪便”一词系指人粪尿及其衍生产物，如污泥和化粪池污泥。出于保护健康的考虑，这些废物一般需加以处理，以清除病原体。其他保健措施也都考虑到，如作物限制、废物使用技术以及控制人的接触等。

这些指导原则的主要对象是与废物再利用有关的各部门高级专业人员，目的在于防止传染病的传播，同时合理地保护资源和使废物再利用。因此，重点是在控制微生物的污染，而不是避免化学污染对人体健康的危害，后者在使用家庭废物中不具有重要意义，而且在其他出版物中已详细论述。单纯农业方面的问题只在与保护健康有关时才予以考虑。

过去关于废物再利用的卫生标准，只着眼于病原体潜在的生存期，因此过于严格。1985年，世界卫生组织、世界银行和“废物处理国际合作中心”在瑞士的恩格尔贝格（Engelberg）举行会议，有卫生工程师、流行病学家和社会科学家参加，根据最可靠和最新的流行病学证据，提出关于利用经过处理的废水和粪便的一个比较现实的措施。最后通过的“恩格尔贝格报告”中各项建议成为本书所述指导原则的基础。

各章内容简介

本书第二、三章所述的指导原则回顾了废物再利用的历史和好处，并引用了世界各地现行作法的一些实例。第四章介绍在公共卫生方面的情况，包括流行病学最新研究成果的具体应用。第五章则讨论社会文化方面的因素。第六章讨论环境保护以及废物再利用对促进环保的作用。第七章广泛探讨在保护公共卫生方面一些可行的、适当的控制措施。第八章则讨论项目设计和实施中有关机构、法律及财务方面的事项。

人排泄物可作为一种资源

人的排泄物是世界许多地方被广为利用的一种资源。指导原则集中

论述以下 3 种最常见的作法：

- 用废水灌溉农作物；
- 用粪尿作肥料并改善土壤结构；
- 在水产业中利用废水和粪便。

废水在农业中的利用

在过去 20 年中，用废水灌溉农作物的情况显著增多，特别是在常年干旱或有季节性干旱的地区，工业化国家和发展中国家均如此。这是由于以下诸因素造成：

- 可供灌溉用的其他水源越来越少，而城市对饮用水的需求却越来越大；另一方面，水资源计划人员日益认识到利用废水的重要性和价值；
- 人造肥料成本高，而废水中养分价值（显著增高）则得到了承认；
- 已证明，只要采取必要的预防措施，对健康的危害和对土壤的损害是微乎其微的；
- 先进的废水处理场成本高；以及
- 这一作法已被社会文化所接受。

正常的家庭和城市的废水中，99%是水，0.1%是悬浮的、胶状的和已溶解的固体物质——有机的和无机的混合物，包括植物大量需要的养料，如氮、磷、钾以及必需的微量养料。工业的流出物中可能掺有毒性的混合物，但含量不到产生危害的地步。废水使用率的计算与用清水灌溉相同，但须适当注意土壤水分蒸发量、沥滤的要求、含盐量和控制钠量。

粪便在农业中的利用

在地里施用人粪便的古老作法在东亚和西太平洋的许多国家中使土壤保持肥力达 4000 年以上，而且至今仍是没有地下排水系统设施的地区唯一用于农业的办法。可预见到在将来，发展中国家的大多数家庭仍将无地下排水系统，因此应强调就地建立卫生设施，使积存的粪便得以安全地使用。例如可以建轮换使用的双孔式坑厕或冲水式坑厕、堆肥厕所等。

每人每天的排泄物一般为 1.8 升，其中有 350 克干固体物，包括 90 克有机物、20 克氮及其他养分，主要是磷、钾。粪便经处理后不仅破坏了致病性微生物，并且将这些养分转变为更便于作物吸收的形式。同时使有机物保持稳定，成为一种较优良的土壤。粪便及其衍生物通

常在种植前施到地里，每年每公顷为 5~30 吨（10 吨/公顷 = 1 克/平方米）。

粪便和废水在水产业中的利用

水产业系指古老的养鱼业和水生作物养殖业，如水菠菜、荸荠、水欧菱和莲藕。在亚洲，用人畜粪作水产养殖池的肥料已有数千年历史；今天全世界养殖的鱼至少有 2% 来自用这种施肥方法的鱼塘。中国养殖鱼的产量占全世界总产量 60%，但其鱼塘的面积仅占全世界鱼塘总面积的 27%；中国鱼塘的平均年产量为 3200 公斤/公顷，但管理得好的密集型混养鱼塘的产量可达 7000 公斤/公顷。这样生产出来的鱼是获得动物性蛋白质的最便宜的来源。

在系列废水稳定塘的熟化塘中也可以成功地养殖鱼，年产量可达 3000 公斤/公顷。把收获的鱼出售后所得收入可用于改进城市排水系统的设施和维修。

人废物再利用的范例

在人废物再利用方面有许多范例，其中有些在“指导原则”中被引用。它们所处地域不同，社会文化背景不同，设施规模不同，处理过程不同，施肥技术和种植作物也都不相同。所引用的范例为：

〔废水在农业中的利用〕：澳大利亚、联邦德国、印度、墨西哥、突尼斯。

〔粪便在农业中的利用〕：中国、危地马拉、印度、美国。

〔废水及粪便在水产业中的利用〕：印度、印度尼西亚。

公共卫生方面

对健康的危害

与粪便有关的疾病在发展中国家很常见，随粪便排出的病原体，诸如细菌、病毒、原虫、蠕虫卵等在粪便和废水中的含量也相应地较高。这些疾病中有 30 种对公共卫生来说极为重要，其他多种疾病在废水再利用工程中具有特殊的重要性。但在农业或水产业中利用废水和粪便时，只有所有下列情况统统发生，才会形成对公众健康的真正威胁：

(a) 排泄出来的病原体进入土地或池塘的数量达到能感染人的数量，或者病原体在土地或池塘中繁殖到具有感染能力的数量；

(b) 感染量的病原体到达人（宿主）体内；

(c) 宿主被感染；并

(d) 感染导致发病或进一步播散。

如果不发生 (d), 则 (a)、(b)、(c) 只是对公共卫生具有潜在的危險。如果这一连串情况的发生在某一点上中断, 则潜在的各种危險就不能构成真正的威胁。

现在有可能设计和实施对公众健康毫无威胁的人粪尿再利用工程。但这需要了解与这些废物再利用有关的各种感染的流行病学证据。这样才能确定粪便及废水的微生物学质量标准, 并恰当地保护公众的健康。

流行病学证据

粪便或废水再利用对公共卫生的真正重要性只有对某一特定作法进行流行病学研究后才能作出评价。这样的研究将会决定, 采取这一作法比不采取这一作法是否会使疾病发生或流行, 或者是感染的强度要大得多。进行这样的研究在方法上有困难, 对人粪尿再利用的流行病学调查中所看到的典型例子并不多; 废水灌溉方面所得到的证据比粪便在农业或水产业中应用的证据要多一些。

废水灌溉 世界银行最近的一项报告 (技术报告第 51 号) 对所有可能得到的有关废水灌溉的流行病学证据作了综合分析, 并得出如下结论:

- 用未经处理的废水灌溉作物, 造成消费者及田间劳动者明显地大量地感染肠线虫。田间劳动者 (特别是那些赤足下地的人) 可能比那些不在废水灌溉的田间劳动的人感染更厉害 (尤其是钩虫)。

- 用经过处理的废水灌溉作物, 不会造成作物消费者及田间劳动者严重的肠线虫感染。

- 用未经处理的废水灌溉蔬菜非常容易传染霍乱 (可能还有伤寒)。

- 用未经处理的废水灌溉的草场, 吃草的牲畜可能感染牛绦虫, 但没有证据表明对人有真正的危险。

- 只有有限的证据表明, 居住在用未处理过的废水灌溉的田地附近的居民的健康受到影响 (因直接接触到土地或间接与田间劳动的人接触)。在个人卫生水平很高的社区里, 任何不良的影响一般只限于发生过多的良性肠胃炎病例 (经常是病毒性的), 尽管还可能严重的细菌性感染。

- 通过喷水设备用处理过的废水来灌溉土地, 可能促使排泄物中的病毒通过悬浮颗粒传播, 但实际上这种情况很少见, 因为大多数人在正常情况下对传染性病毒性疾病有高度免疫力。

很清楚, 用未经处理的废水灌溉作物时, 确实存在着来自肠线虫及细菌对健康造成的高度威胁, 但病毒造成的威胁很小或不存在。据此, 对废水进行处理是保护公众健康的一种极为有效的方法。

粪便在农业中的利用 国际废物处理合作中心最近出版一份报告(05/85号)综合分析了在农业中利用粪便的流行病学研究结果,所得结论如下:

- 用未经处理的粪便作为农作物肥料,对作物的消费者及田间劳动者会造成明显严重的肠线虫感染。

- 有证据表明,将粪便进行处理能减少线虫感染的扩散。

- 在稻田中用粪便作肥料可能导致稻农严重的血吸虫感染。

- 牲畜可能感染绦虫,但不大会得沙门氏菌病。

在水产业中的利用 上述报告也综合分析了与水产业中利用粪便及废水有关的疾病传播情况,但结论性的结果不如农业方面的多,因为可以取得的数据在数量和质量上均很有限。

关于某些吸虫病(主要由亚洲肝吸虫病及姜片虫病)的传播有明显的流行病学证据,但不能证实会传播血吸虫病,可是对于在用粪便作肥料的池塘中工作的人来说,后者仍是一个重要的潜在危险。关于通过鱼和水生蔬菜间接传递病原体而引起细菌性疾病的传播,还没有结论性的证据,尽管这也仍然是一个潜在的危险。

微生物学质量标准

前面提到过的1985年恩格尔贝格会议综合分析了有关农业利用人粪尿的流行病学依据,制定了“恩格尔贝格指导原则”,以确定经过处理的并将用于灌溉作物的废水微生物学质量。这些原则建议,经过处理的废水中微生物的含量为:

- 进行有限制的或无限制的灌溉时,能存活的肠线虫卵数平均每升不超过1个;

- 进行无限制的灌溉时,粪便内的大肠菌数每100毫升中不超过1000个。

无限制的灌溉是指对树木、饲料作物及经济作物、果树和草场的灌溉;有限制的灌溉是指对食用作物、运动场和公园的灌溉。

这些指导原则也适用于在作物生长时田间使用粪便,例如将人粪尿稀释成液体状使用。

上述肠线虫卵的规定数量是为了保护田间劳动者和作物消费者的健康,提示虫卵已从废水中大量清除掉(>99%)。粪便内大肠菌的数值比过去规定的稍宽一点,但与现代洗浴用水的标准相符,并完全足够保护消费者的健康。如果用设计良好的系列废水稳定塘进行处理,最后的流出物很容易并可靠地达到这些标准。

1987年6月在瑞士阿德尔博登举行的“第二次项目会议”制订了

关于在水产业中利用经过处理的粪便和废水所须遵守的微生物学质量标准。这些标准所规定的数值是：

- 平均每升或每公斤中能存活的吸虫卵为零；
- 平均每 100 毫升或 100 克中粪便的大肠菌不超过 1000 个。

以上关于吸虫卵的严格规定是必要的，因为这些病原体在第一个水生中间宿主中繁殖极快。关于大肠菌的数值是假定塘中的大肠菌已减少 90%，致使鱼类及水生蔬菜接触到每 100 毫升水中的大肠菌数不超过 1000。

社会文化方面

人们的行为方式是与粪便有关的疾病传播的主要决定因素。首先要弄清楚哪些在文化上具有重要意义的社会习惯有利于疾病的传播，然后才能估计是否可以通过改变某些行为方式去引进粪便/废水利用工程，或减少现有工程中疾病的传播。世界各地的文化观念差异甚大，所以不要认为某一区域已在实施的某些粪便/废水利用方法可以轻易地移植到另一区域。在项目设计阶段就有必要认真评估本地的社会文化状况，否则这个项目必定招致失败。

环境方面

设计和管理粪便/废水利用工程可以产生积极的环境效果，并增加农业和水产业的产量。环境的改善来自若干因素，包括：

- 避免地面水的污染。如果废水不加利用而排放入河湖，就会产生这样的污染。主要的污染问题如溶解氧的损耗、海藻污染、泡沫和死鱼等都可以避免。

- 保护或更合理地利用新鲜水资源，特别在干旱及半干旱地区：城市用新鲜水，农业用废水。

- 对化学肥料的需要减少，从而减少能源消耗及其他地方的工业污染。

由于腐殖质增加和防止土地侵蚀，使土壤得以保持良好。

- 通过对林带的灌溉和施肥使沙漠化得到控制，沙漠地区得以开垦。
- 由于供游憩观赏用的绿地得到灌溉和施肥，使城市更趋舒适。
- 在农业中使用粪便和废水的潜在不利后果是土壤和地下水的污染，但只要科学地合理设计灌溉和施肥规划，并有效地进行管理，这样的污染可减少到最低限度。

保障健康的技术方案

现在可行的保护措施可归纳为 4 大类：

- 废物处理；
- 灌溉作物的选择；
- 废物使用方法；
- 人的接触控制。

综合采用几种方法总是可取的。对于影响每个方案的技术因素都作了考虑。

废物处理

处理过程中病原体清除程度最好用 $\log_{10}$ 单位来表示。无限制灌溉的质量标准要求细菌至少减少 4 $\log$ 单位，肠虫卵至少减少 3 $\log$ 单位。光是后者就足以保护田间劳动者。如果已采用其他保护健康的措施，或处理后质量会得到进一步改善，则可考虑将清除程度稍稍降低。水质改善也可以用以下办法达到：水中自然发生的稀释作用、延长储存时间、在河流或运河中作长途运输。

如果没有辅助的消毒措施，传统的办法（如平地沉降、活化淤泥、生物过滤、充氧水池、氧化渠）不能使水质符合无限制灌溉用的恩格尔贝格标准。此外，传统办法一般不能有效地清除肠虫卵。

废水稳定塘 通常是在温暖气候中选用的废水处理方法。使废水在一系列处理塘中停留 11 天左右，这样可以充分地清除肠虫；如要使细菌清除率达到标准，一般要将存留日数加倍（视温度高低而定）。采用系列处理塘不但可以达到恩格尔贝格高质量要求，而且成本低，操作简单。唯一的缺点是需要较大的地方。

对原始的废水消毒——通常用加氯法——实际上从来没有完全达到要求，但它能使传统处理场流出物中的细菌（随粪便排出的）减少。但要使消毒的效率维持在恒定的、可以预期到的高水平是极为困难的。加氯法对大多数肠虫卵也没有杀灭作用。

另一问题是氯的费用。更适当的办法是在传统处理场的系列处理塘中增加一个或更多的塘。增加精制塘是改善现有废水处理场的一项适当措施。

粪便处理 如果将粪便注入地面的下层土壤，或在作物生长季节前将粪便放入沟内，这些粪便是不需要进行处理的。为达到肠虫质量标准；粪便至少应在室温下存放一年。另一个办法是在废水稳定塘中直接处理人粪尿和化粪池污泥。

粪便热处理 有两种方法将粪便作高温处理可使存放期至少缩短一年，并达到恩格尔贝格标准。

- 在 50℃ 温度下对嗜热菌进行消化 13 天。
- 强制通风堆肥。

从农业角度看，堆肥有若干好处。

作物限制

农业 如达不到恩格尔贝格标准，仍有可能选择一些作物种植，而对消费者不会造成危害。按照保护健康措施的范围，可将作物大致分为以下 3 类、

A类——只需保护田间劳动者 包括经济作物（如棉花、西沙尔麻、谷类）、森林及作罐头用的食用作物。

B类——需要更多的保护措施 适用于草场、青饲料、木本作物、食前需去皮或煮熟的水果和蔬菜。

C类——必须进行处理以达到恩格尔贝格“无限制灌溉”质量标准 包括新鲜蔬菜、喷洒灌溉的水果以及公园、草地和高尔夫球场。如灌溉限于某些作物及条件（如 A 类），则通常称为“限制灌溉”。

作物限制是为消费者而不为田间劳动者及其家属提供保护。它应与其他措施合并实施，如废物不完全处理、控制废物使用或对人的接触控制。作不完全处理以达到有关肠虫卵的恩格尔贝格质量标准，可使田间劳动者在极大多数作业条件下得到保护，而费用则比完全处理便宜。

作物限制是可行的，在以下一些条件下实施更为方便。例如：

- 全社会守法或有强大的执法机构；
- 有一个公共团体负责监督废物的分配；
- 灌溉计划有健全的统一管理；
- 在作物限制规定下种植的作物有充足的需求，并能获得合理的价格；
- 不存在对被排除的作物（如 C 类作物）的市场压力。

废水及粪便的使用

农业用废水 灌溉水（包括处理过的废水）可在下述 5 种措施中使用：

- 漫灌（畦灌）——几乎湿润整个地面；
- 沟灌——只湿润部分地面；
- 喷灌——用喷水器灌溉土地的湿润度犹如下雨后一样；
- 地表下灌溉——表层只有一点湿润，但下层土壤呈饱和状态；
- 局部灌溉（滴灌、淋灌或喷洒）——对每一植株进行灌溉，其速度

可以调节。

漫灌所需投资最少，但对田间劳动者的危害可能最大。

如水达不到恩格尔贝格细菌质量标准，但又需要灌溉B类作物，则不应用喷灌法（草场或饲料作物除外）；对蔬菜不应用漫灌法。

地表下灌溉可达到最大限度保护健康的目的，用水也最省，并且常能增产。但这种办法很费钱，并需将废水经过高度可靠的处理，使之不堵塞小出水孔（水是通过这些小孔缓慢渗入土壤的）。喷洒灌溉是为浇树而设的局部灌溉法。它可以不借助喷水口来调节每个树的水量。

农业用粪便 未经处理或处理不充分的粪便应在作物生长期前放入沟内，然后加以覆盖，或用特殊设备将其注入下层土壤中。人粪尿经处理后如只达到肠虫卵的质量标准，则其对田间劳动者的危害可能大于用废水作有限制灌溉；这种危害只能用控制接触的措施来加以缩小。

水产业 将鱼在清水中放至少两、三个星期再捕捞，可以除去残存的臭味，并减少排泄物中微生物的污染。但这样的净化不能保证将病原体完全从鱼的组织及消化道内清除掉，除非污染是很轻微的。

人的接触控制

农业 人们认为农业用废水及粪便对四类人的健康有潜在的危险：

- 农业田间劳动者及其家属；
- 作物经手人；
- 作物、肉类及奶的消费者；
- 居住在靠近已污染田地的人们。

田间劳动者下地时经常穿适当的靴袜，可以减少钩虫的感染，但做到这一点很困难。

对蠕虫的感染及大多数腹泻性疾病，用免疫的方法是不可行的。但对受威胁最大的人群，用免疫方法预防伤寒和甲型肝炎是有好处的。还可以通过充分的医疗设施对严重感染线虫的儿童进行经常性的化疗防治和控制贫血来提供额外的保护。化疗及免疫措施不能认为是一种有效的战略措施，但可以认为是暂时起缓解作用的有益措施。

采用煮沸及保持高卫生标准可以减少对消费者的危险。检查屠宰后的牲畜可控制绦虫的传播。

应告诉当地居民施用了人粪尿田地的各个位置，以免他们（包括儿童）进入这些田地。没有证据表明，居住在废水喷灌区附近的居民受到严重危害，但在距居民住宅或道路 50~100 米以内的地方不应使用这种喷灌设施。

水产业 通过粪便处理和控制钉螺生长可有效地控制血吸虫病。在

流行区域进行经常性的化学治疗是有益的。应告知当地居民哪些池塘是用粪便作肥料。限制人接触方面还有另一重要因素，就是提供充分的卫生条件和清洁的水源。

规划与实施

资源规划

废水及粪便的利用与若干部或部门的职责有关，卫生部及农业部的积极参与尤为必要。建立一个各部门的联合委员会或一个单独的半国营的机构专门负责这方面工作，通常是有好处的。这样的机构其首要任务是制订一个全国性的废物再利用规划（作为全国水资源总体规划中的一个重要组成部分），一般包括改善现有的再利用工程及实施新的再利用项目。

现有作法的改进

用人粪尿来种庄稼和养鱼常常是违法的，更没有卫生局的正式许可。因此，光是下令禁止不会有多大效果（既不会使人不这样做，也不会减少对公众健康的危害）。更有效的办法是对改进现有作法给以支持，这不仅减少对健康的危害，又可增产。

尽管立法比执法容易，订立一些法律上的控制条文还是需要的。如果废物有许多个别的来源或所有者，保护公众健康的措施就特别难于实施。要使废物得到统一的控制而采取的措施常需要建立新的工程。

改进现行作法的第一步是作出很大的努力来弄明白这些作法，辅之以同当地农民、官员及有关地方组织的巧妙而非正式的谈话。如发现现行作法同规定相违背，那就要去调查为什么有关规定得不到执行（原因是各种各样的，从标准制定不当到没有执法力量）。

政策选择

以下各节讨论各种可供选择方案的可行性、设计及实施。

(a) 处理

废水 如果废水来源不同（例如化粪池溢出的粪水），那么处理是很难的。一个可能的办法是对那些倾倒废水的人采取措施，以防止污染环境。在其他情况下，唯一的解决办法是建造一个下水管道系统和污水处理场。

粪便 如果粪便由一个单位（如市政部门）收集，或至少由一个单位统一处理，那么处理工作就会容易得多。在当地设立示范点，说明经过

处理的粪便会使作物增产后，个体农民就会仿效。这是农业推广部门的工作。

水产业 一种处理方案是将池塘串连起来（或把一个池塘分隔成相互连系的几部分），不在第一个池塘里打鱼或收获水生作物。可能有必要在各个池塘的所有者之间建立合作管理的关系。

(b) 作物限制

在大量个体小农中实行作物限制会有困难，但不是不可能。在一些国家，现有的农业规划机构对所有种植的作物实行严格控制，但如果本地从来没有这样做过，那就应先作试点。要作出安排使允许种植的作物可以销售出去，并使农民可以得到农业信贷。

(c) 应用

如果现在的作法是漫灌，那么首先要改变灌溉方法以减少对健康的危害。农民可能需要帮助以整理土地，使之适于采用其他灌溉方法。可能要说服他们并让他们了解改变灌溉方法的理由，包括其他灌溉方法有更大的效益，并使蚊虫的骚扰减少。

(d) 人的接触控制

采取减少与腹泻患者接触的措施，以及推广良好的个案管理措施，是众所周知的初级卫生保健的组成部分。最有效的措施是提供充足的饮用水和卫生设施。需要注意确保废物不会污染附近饮用水的水源。

与雇用的田间劳动者或池塘工作人员有关的地方，雇主的责任经常在现行的职业卫生法规中有所规定。也需要对作物经手人和消费者进行卫生教育。市场可能是对消费者进行卫生教育的理想场所。

一旦向当地居民讲清需要进行预防的道理，最好将他们安置在确保其健康不受危害的地方。居民健康委员会可以是健康教育运动和废物再利用监督工作的核心。

在正规的废水灌溉工程中，虽然可能要增加卫生工作人员，但对农业劳动者及其家属肠道蠕虫感染的治疗相对地说是容易的。在有许多小农场都使用废水灌溉的地方，要查清和治疗已接触者可能会很费钱，这时进行群众性化学治疗比有选择地对个人进行治疗更为可取。

新工程

为了改善生产力或减少对健康的危害可能需要对现有的工程质量加以提高，同时一般应把重点放在制定新方案上。不仅应注意必要的技术改进，而且需要对工程更好地进行管理，完善其运行及维护机制。

对于在利用粪便或废水方面经验不多或缺乏经验的国家特别需要进行小型试点工作。保护健康只是许许多多相互联系的问题中的一个，没

有小型试验的具体经验，这个问题是难以解决的。小型试验至少持续一个生长季节，然后与培训机构一起转入对当地操作人员及农民进行示范。

工作规划

粪便与废水利用规划工作的要求在许多方面与任何其他灌溉及施肥计划相同。对于每个方案，规划人员应始终如一地根据保护健康的需要争取用最小的成本达到最大的效益。评价效益需要预估，不仅对作物的产量，并且还有价格。这需要进行调查，使作物有足够的销售市场。

要使规划有用，必须考虑时限问题。灌溉工程规划的跨度经常为 20 年。开始时要谨慎，其后分期扩大。可以得到的废水，其质量和数量的不断改变将会对废水的工程提出更高要求。

废物再利用的组织形式在很大程度上将取决于现有土地的利用模式和机构。农民需要得到有关土地及废水使用权的保障，特别是，如果他们进行了大量投资或改种新作物时。

大规模工程需要有一个专职的专业管理人员，他最好属于某一个机构。通过发放和办理许可证的方法来使用资源就有利于监督卫生标准的执行情况。通常通过用户协会同农民或池塘所有者打交道，协会的任务是执行条例，要使许可证发挥其作用就必须遵守条例的规定。

已证明，成立由负责收集和分配废物的机构人员参加及当地卫生机构人员参加，并有协会代表和任何特别大的用户代表参加的联合委员会或管理委员会，对许多工程都有好处。

对农民的支持性服务均与保护健康有关，并应在定计划阶段予以考虑。这些服务包括提供农田机械、农业贷款、市场服务、初级卫生保健及培训。在计划项目开始实施之前，往往需要进行培训。同样，必须估计到有可能需要扩大服务范围，并在实施之后能够让农民得到这些服务。

立法

引进或推广农业或水产业使用废水或粪便的新项目，可能需要立法行动。以下 5 个领域应加以注意：

- 设立新的机构或给予现行机构新的权力；
- 注意在本部门的中央政府机构与地方政府机构之间的关系及各自的职责；
- 取得及拥有废物的权利，包括废物利用的公共条例；
- 土地所有权；
- 公共卫生及农业立法，废物质量标准，作物限制，使用方法，职业卫生，食品卫生等。

经济和财务方面的考虑

经济估价是考虑一个项目是否值得，财务规划是否注意到这些项目的收益如何。改进现行作法也要有某些财务上的计划。

经济估价 对废水灌溉工程作经济估价必须把它们同另一种情况（在没有此项工程的条件下怎样做）作比较。废水的成本应包括任何处理费用、运到田里和施肥的费用。但在计算这些费用时应除掉如果不上这个项目就要采取其他废水处置办法的费用。

粪便利用工程及水产业工程的经济估价不这样复杂，因为某些利益是不难用数字估算出来的。

财务设计 把废物分发给农民通常要收费，收费多少在设计阶段应规定。农民如果觉得用废水比用其他水既便宜、养分又多，他会愿意付费的。有关水产养殖及粪便利用的定价一般是根据处理及运送粪便的边际成本或其所含养分的价值（两者中择其较低者）而定。

废物利用中加收保健费用通常是不合适的或不可行的。下面论述 4 种保健措施的财务考虑：

(a) **处理** 处理费用通常根据控制环境污染的情况予以支付。但把废物处理到符合农用质量标准往往需要增加处理费用。这些费用的一部分可用出售处理过的废物来抵偿。如鼓励个体农户自行处理人粪尿或废水，他们可能需要信贷支援以支付购建设施的成本。

(b) **作物限制** 实施作物限制可能减少处理费用，但如无足够的财政拨款来执行有关规定，则很可能无效。

(c) **使用** 由于帮助农民整地免去其他开支，这笔费用可以象灌溉成本那样从他们那里收回。有限灌溉既节水，又增产，所以农民在某些情况下可能认为值得改用这种方法。

(d) **人的接触控制** 劳动防护服一般由工人或雇主付费。化疗费用看来要由卫生部门负担。

监测和评价

对健康保护措施要经常进行监测，以保证其持续有效。必须作出安排，使那些执行（有时需强制执行）保健措施的人得到信息反馈。经常性监测和评估有以下诸方面：

- **措施本身的执行** 通过简单的调查即可监测。

- **废物质量** 可能比经常取样分析去监测处理系统的功能会富有成效。恩格尔贝格标准值是质量监督用的预期标准，缺乏监测质量的检验能力并不能作为不利用废物的充足理由。

• **作物质量** 对作物进行微生物学监测是卫生部作为执行公共卫生条例的一项任务。

• **疾病监测** 应把重点放在农田劳动者身上。无论哪种工程最低限度要经常对劳动者的粪便进行抽样检查，看其是否有肠道寄生虫。在伤寒流行的地方，应同时作血清学调查。

(苏如译 黎璧莹校)