

土壤对污水的渗透性及影响因素分析

孙志忠¹, 张满银¹, 张新军² (1. 兰州大学, 甘肃兰州 730000; 2. 众春花卉苗木有限公司, 新疆乌鲁木齐 830000)

摘要 基于目前污水土壤渗透研究成果, 结合天然水与污水的土壤对比渗透模拟实验, 结果表明, 污水渗透与天然水渗透存在较大差异。差异主要表现在天然水经过一段渗透期后, 将达到一稳定渗透率, 污水渗透则没有该实验结果, 而是保持一直降低。众多研究一致表明污水渗透曲线符合双曲线数学模型 $V = a \cdot t^{-b}$, 从土壤、污水性质及其相互作用 3 个方面分析了污水作为渗透液时, 土壤渗透性的变化及其影响因素。

关键词 污水; 渗透曲线; 渗透率; 土壤柱

中图分类号 S153 文献标识码 A 文章编号 0517- 6611(2007)30- 09662- 02

Analysis of Influence Factor and Penetrability of Waste Water in Soil

SUN Zhi zhong et al (Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract Based on present research production of waste water infiltration in soil, combined the soil infiltration simulation experiment of the native water compare with waste, the result showed that there was biggish difference between waste water infiltration and native water infiltration. The difference primarily showed that infiltration rate of native water would reach to steady going after a length of time, but infiltration rate of waste water was different from native water, instead of keeping lower all the time. Numerous study showed that waste water infiltration curve conform to hyperbola mathematical model $V = a \cdot t^{-b}$. The paper analysed the variance of soil permeability and influencing factor when the waste water acted as penetrating fluid from three aspects of character of soil and waste water, and interaction of them.

Key words Waste water; Infiltration curve; Infiltration rate; Soil column

通常评价土壤的渗透性都是以天然水作为渗透液。天然水土壤渗透实验的结果是: 渗透经过一段时间后, 渗透率将达到一稳定渗透速率, 即为渗透系数。当渗透液改为除天然水以外的其他溶液时, 土壤的渗透性将发生变化。由于污水、废水的储存、处理、排放等问题的出现, 这方面的研究日渐深入, 并取得了较多的研究成果。目前人们比较关心的污水土壤渗透是废弃物堆积过程中产生的高浓度高污染渗滤液的环境污染问题以及在土地处理城市污水过程中遇到的土壤孔隙堵塞问题^[1-2]。在许多学者研究的基础上, 笔者结合渗透模拟实验, 得出了污水渗透曲线, 并从土壤成分、含水量、结构及污水黏度、化学成分、固体悬浮物和微生物作用等多方面分析了影响土壤渗透性的因素。

1 渗透曲线

天然水在土层中的入渗率与时间的关系, 通常用渗透曲线表示, 描述这类曲线的数学表达式一般多采用考斯加柯夫的双曲线方程或霍顿的逆指数方程。之后, 许多学者通过污水的土壤柱渗透模拟实验, 得出了大部分污水的渗透曲线也服从双曲线或逆指数的数学关系^[3-4]。采用常见的自来水和城市污水作为渗透液, 在室内进行渗透实验, 得到如图 1、2 的渗透曲线。3 条渗透曲线均符合双曲线数学模型 ($V = a \cdot t^{-b}$), 分别为 $y_{\text{城市污水}1} = 5.7504x^{-0.3435}$ 、 $y_{\text{自来水}} = 5.6675x^{-0.2744}$ 和 $y_{\text{城市污水}2} = 0.0709x^{-0.1877}$, 渗透率 y 随渗透时间 x 的延长而呈递减趋势, 在开始阶段降低较快, 后期曲线平缓, 渗透率降低缓慢。图 1 通过自来水与生活污水的对比渗透实验, 结果表明, 自来水的渗透率递减到一定程度时达到一个稳定的渗透率 K ; 城市污水的渗透率随渗透时间的增长一直缓慢降低。采用城市污水透过 50 cm 高的亚砂土模拟柱, 连续渗透 7 个月, 得到如图 2 的渗透曲线, 在开始 20 d 渗透期间, 渗透率降低迅速, 20 d 以后处于稳定递减阶段。

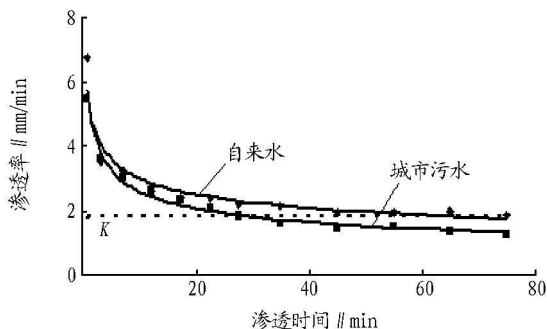


图 1 渗透曲线

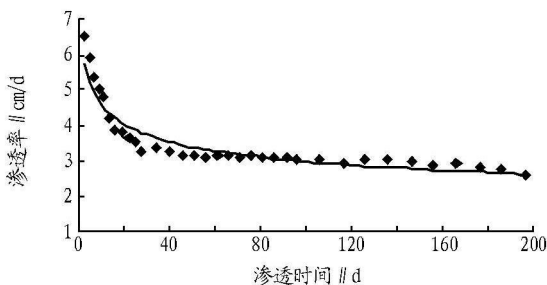


图 2 城市污水渗透曲线

2 土壤渗透性的影响因素

2.1 土的性质

2.1.1 土的成分。影响渗透性的因素有粒度成分、矿物成分、化学成分及有机质。颗粒的大小主要影响土壤原始孔隙, 而矿物质和化学成分主要影响颗粒与污水作用后孔隙的大小, 有机质的含量、性质影响土体结构及土壤颗粒与污水的相互作用。在含水量与孔隙度近似的情况下, 土层中随着砂粒(0.500~ 0.005 mm)含量的增多, 渗透率愈大。有学者根据污水渗透实验测得不同含砂土层前 30 min 的平均渗透率, 含砂量 86.5% 土层的是含砂量 39.5% 土层的 1.8 倍, 是含砂量 32.5% 土层的 3.4 倍^[4]。

2.1.2 土的结构。有学者根据甘肃天水 and 陕西绥德农地土壤对比渗透实验得出, 土壤中团粒含量较高时, 则渗透性越强^[4]。然而, 土壤渗透性不仅与团粒含量有关而且还与密实

作者简介 孙志忠(1983-), 男, 甘肃兰州人, 硕士研究生, 研究方向: 水污染防治。

收稿日期 2007-06-07

程度有关。介玉新等通过对不同压实干密度的垃圾土进行渗透实验,结果表明,随着垃圾土干密度的增大,渗滤液的渗透率逐渐降低,如图3所示^[5]。

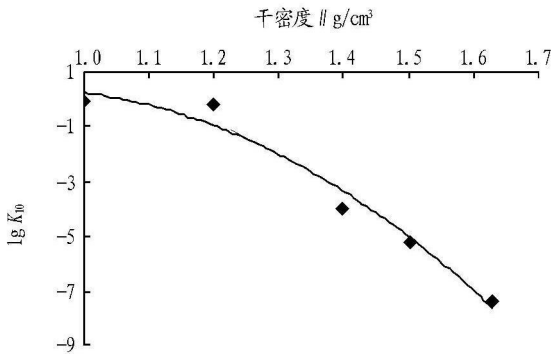


图3 不同干密度下垃圾土的渗透曲线

2.1.3 土的含水率。在含水量不同的土柱中,随着土层湿度的增加,土颗粒对污水的吸力减小,进而土层渗透性降低。张华等通过渠坡降雨入渗计算结果得到吸力与渗透系数的函数关系图,随着吸力的增大,土壤渗透系数也随着增大^[6]。

2.2 污水的性质

2.2.1 污水的黏度。根据地下水动力学中渗透系数的计算公式 $k = c \cdot d^2 \cdot \rho R / \mu$,表明污水的渗透率与其黏度 μ 成反比。瞿贤等测试了上海老港填埋场渗滤液的黏度,其中,20℃时渗滤液的黏度为 1.14 MPa·s,相同温度下蒸馏水的黏度为 1.002 MPa·s。因此在相同的条件下,渗滤液的渗透率小于蒸馏水的渗透率^[7]。

2.2.2 污水中的化学成分。温彦峰等通过粘土柱渗透实验发现,灰水的渗透率在初始阶段大于蒸馏水和去离子水的原因是灰水中的高价离子浓度远大于蒸馏水和去离子水的。根据双电层理论得知高价离子易形成较薄的扩散层,致使土壤孔隙增大,渗透性增强。但是在长期持续的渗透下,灰水的渗透率依然是逐渐减小,而蒸馏水和去离子水的渗透率将达到稳定值^[8]。由此可见,污水中离子浓度和价态均会影响土壤的渗透性。

2.2.3 污水中的固体悬浮物(SS)。污水中的SS造成了土壤孔隙的堵塞,进一步导致土壤渗透性的降低。Rice等的研究表明,SS堵塞孔隙不仅与SS的量有关,而且与SS的组成物质有关,当SS中的无机物含量较高时,更易堵塞孔隙^[9]。Robert通过研究污水投配过程中有机污染物、SS和渗透率三者的关系建立了数学模型: $K_t = 241A / (1 + A)$,其中 $A = e^{2.63 - 5.7BOD + 41.08SS - 0.048BODSS}$,该模型适用于高负荷下的土壤孔隙堵塞分析。因此,在污水处理工程中,为了防止土壤孔隙堵塞,必须对进水加以预处理,例如,北京市昌平快速渗滤示范工程中采用的先栅格再酸化池的两道去除悬浮物工序。

2.3 土壤与污水的相互作用

2.3.1 土颗粒与污水的作用。土壤中黏粒及有机质吸水后体积膨胀,并且颗粒表面物质与污水发生水化作用,形成较厚的扩散层,二者均使土壤有效孔隙减少,影响土壤的渗透性。在渗透力的作用下,土壤表面的细小颗粒被污水带走,当遇到更小的孔隙后被截留,引起土壤骨架结构发生变化,形成致密弱不透水层,进而影响到土壤的渗透性。

2.3.2 土壤颗粒与污染物的作用。土壤颗粒通过吸附和置

换作用来处理污水渗透液中的污染物。粒径较小的土壤颗粒具有较大的表面能,对污染物有良好的吸附性,其吸附量与比表面积呈正比。根据不同比表面积的沙砾石对 Mn^{2+} , Cr^{6+} 的静态吸附实验得到如图4的结果,表明颗粒比表面积 S 与单位吸附量 q 呈正比关系。当土壤颗粒表面吸附了大量污染物后,有效孔隙减少,影响渗透性。污水透过土层时,土壤表面脱落大量的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 与污水中置换能力强的 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 及浓度较大的 Na^+ 、 K^+ 等发生阳离子交换,置换出的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 与污水中的 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 等反应生成难溶的碳酸盐和硫酸盐物质,进而堵塞土壤有效孔隙,导致土壤渗透性降低。

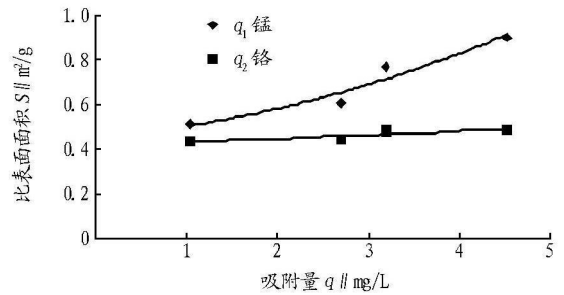


图4 吸附量与比表面积的关系

2.3.3 微生物的作用。在污水的土壤处理过程中,若工艺参数设计不当,随着系统运行时间的增长,土壤的渗透率将逐渐下降,并且会出现孔隙堵塞现象。许多研究均证明微生物作用是导致土壤孔隙堵塞的一个重要原因。Baveye等研究表明,微生物代谢过程中产生大量的胞外聚合物和微生物膜,尤其是在厌氧环境中,来不及分解的多糖和蛋白质等中间产物堵塞土壤有效孔隙,使得土壤渗透性降低^[10-13]。

通过砂砾卵石动态模拟实验得到图5的结果。连续渗透柱的渗透率随着渗透时间的延长而逐渐降低,然而间歇式渗透柱的渗透率是呈波动曲线变化。连续性渗透柱在实验期间柱内一直保持厌氧状态,微生物作用产生的多糖等中间产物随渗透时间的增长而逐渐聚集,从而堵塞了土壤孔隙,表现出渗透率递减趋势。间歇式渗透柱实验期间包括渗透期和间歇期两个阶段,在渗透期,污水进行厌氧和兼性厌氧反应,随着中间产物量的增加,渗透率降低;在间歇期,土柱进行复氧降解中间产物,然后再进行渗透,发现渗透率回升,表现出如图5中的波动变化趋势。

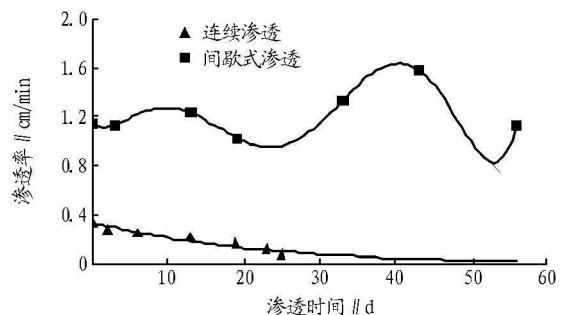


图5 连续与间歇式渗透曲线

3 结论

污水在土壤中渗透时,渗透率随着渗透时间的增长而逐

(下转第9677页)

究规划的理念、规划的原则和规划目标的设定等宏观问题,对土地利用总体规划的编制起着引导和控制作用。目前在城市规划中战略规划是规划编制的一个重要环节,也是规划编制前期研究的重点。相对于城市规划,土地利用总体规划涉及面更为广泛,影响的区域也比城市规划大得多,其战略的重要性不言而喻,但目前我国土地利用总体规划的战略规划还没有受到足够的重视,缺乏相关的法律、法规要求,在土地利用总体规划与城市规划、区域规划和其他专业规划的衔接方面还存在一些矛盾,甚至在土地利用总体规划体系内部还存在上下级规划不一致的情况。因此,把战略规划作为土地利用总体规划的首要环节,加强土地利用总体规划战略研究是土地利用总体规划发展的必然要求。

3.2 建立土地利用总体规划信息质量准则 规划区域的土地资源特征、社会经济发展状况等信息是土地利用总体规划编制的基础,若这些信息不真实,土地利用总体规划不仅起不到应有的作用,甚至对实际的土地利用形成误导。因此,建立土地利用总体规划信息质量准则是编制科学规划的基础保证。通过信息质量准则,确定哪些是允许利用的信息、哪些是限制利用的信息、哪些是禁止使用的信息,保证规划编制的基础信息真实有效,也是编制科学规划的内在要求。

3.3 建立规划师执业准则 目前我国规划编制主要有研究院所、高校和一些土地信息公司承担,并有一批专门从事规划研究和编制的工作人员,规划行业已经形成。但目前我国还缺乏对规划执业人员和规划机构规范的法律和规章制度,导致规划市场鱼龙混杂、恶性竞争,这必然影响到规划编制的质量。建立规划师执业准则,是规范土地利用总体规划编制的迫切要求。

3.4 完善土地利用总体规划的技术准则体系 土地利用总体规划是一项系统工程,为保证规划编制的质量必须用一定的技术准则进行规范。目前我国土地利用总体规划方面除了县级土地利用总体规划编制规程外,其他类型的土地利用总体规划

还没有规程进行指导和约束。因此,完善我国土地利用总体规划技术准则体系,规范土地利用总体规划编制程序是提高土地利用总体规划质量的技术保证。

3.5 完善土地利用总体规划实施管理法规、政策体系 土地利用总体规划编制的最终目的是引导未来土地利用,编制后如果没有得到正确实施,规划也失去了存在的意义。目前我国土地利用总体规划的实施主要由《土地管理法》和相关的政策制度进行约束,还没有形成完善的约束体系。因此,出台《土地利用规划法》,规范规划的实施管理是土地利用规划落实的重要保证。

4 结论

基于土地利用总体规划过程,对规划编制和实施进行定量评价是规范土地利用总体规划编制和实施,减少规划中的非理性因素影响,提高规划的适宜性和科学性的重要途径。加强土地利用总体规划战略评价,建立土地利用总体规划信息质量准则、技术准则、规划师执业准则与完善规划实施管理法规政策体系,构建土地利用总体规划质量控制体系,是规划编制、实施的依据,也是对其质量进行定量评价的基础。土地利用总体规划质量控制体系的建立,可避免当前以土地利用总体规划编制结果和实施效果为控制和评价对象的不足,提高规划质量的控制力度,保证土地利用总体规划编制的质量和实施效果。

参考文献

- [1] 郑振源. 土地利用总体规划的改革[J]. 中国土地科学, 2004, 18(4): 13-18.
- [2] 王万茂, 张颖. 市场经济与土地利用规划——关于规划修编思路的探讨[J]. 中国土地科学, 2003, 17(1): 9-15.
- [3] 吴静. 我国土地利用规划理念探讨[J]. 合作经济与科技, 2006(10): 34-35.
- [4] 魏长晶, 王振伟, 李江风. 土地利用总体规划存在的几个问题及新形势下的战略趋向[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(9): 1993-1994.
- [5] 梁鹤年. 简明土地利用规划[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- [6] 王万茂, 韩桐魁. 土地利用规划学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [6] 张华, 陈善雄, 陈守义. 非饱和土入渗的数值模拟[J]. 岩土力学, 2003, 10(24): 716-718.
- [7] 瞿贤, 何晶晶. 城市生活垃圾填埋场渗滤液粘度的研究[J]. 环境工程, 2005, 2(23): 82-84.
- [8] 温彦锋, 蔡红, 魏迎奇, 等. 灰水作为渗透液时土壤的渗透特性研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2003, 12(1): 266-269.
- [9] SEKI K, MIYAZAKI T, NAKANO M. Effects of microorganisms on hydraulic conductivity decrease in infiltration[J]. European Journal of Soil Science, 1998, 45: 231-236.
- [10] BAVEYE P, VANDEVIVERE P, HOYLE H, et al. Environmental impact and mechanisms of the biological clogging of saturated soils and aquifer materials[J]. Critical Rev Environ Sci Tech, 1998, 28: 123-191.
- [11] VANDEVIVERE P, PAVEYE P D, SANCHEZ DE LOZADA, et al. Biological clogging of saturated soils and aquifer materials: Evaluation of mathematical models[J]. Water Resour Res, 1995, 31: 2173-2180.
- [12] COOK F J, KELLIHER F M, MCMAHON S D. Changes in infiltration during waste water irrigation of a highly permeable soil[J]. J Environ Qual, 1994, 23: 476-482.
- [13] KATSUTOSHI SEKI, TSUYOSHI MIYAZAKI. A mathematical model for biological clogging of uniform porous media[J]. Water Resour Res, 2001, 37: 2995-2999.

(上接第 9663 页)

渐降低, 渗透曲线符合双曲线数学模型。导致土壤孔隙堵塞, 污水渗透率降低的影响因素很多, 其中主要因素为微生物作用下产生的微生物膜及其大量未分解的中间产物、土壤中的固体悬浮物被截留和土壤颗粒与污水发生离子交换作用下生成的大量难溶物质。

参考文献

- [1] 张建, 邵长飞, 黄霞, 等. 污水土地处理工艺中的土壤堵塞问题[J]. 中国给水排水, 2003, 19: 17-20.
- [2] BY R, KERRY ROWE, FELLOW. Particle size and clogging of granular media permeated with leachate[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2000, 9: 775-786.
- [3] 王有乐. 工业废水土地快速渗滤系统设计参数实验研究[J]. 环境工程, 2001, 2(19): 20-22.
- [4] 杨文治, 邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 40-48.
- [5] 介玉新. 垃圾土的渗透特性实验[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2005, 12(19): 307-310.