

自控型供沙漏斗的研制

张光辉, 卫海燕, 刘宝元

(北京师范大学, 北京 100875)

摘要: 在对自行研制的自控型供沙漏斗的结构、工作原理进行详细论述的基础上, 对其稳定性和转速与供沙速率间的关系进行了测试, 结果表明在 90 次测试中最大相对误差不超过 15.5%, 供沙速率不随时间发生显著变化; 转速与供沙速率间存在非常显著的线性关系, 随着转速的增大供沙速率稳定增加; 该漏斗可提供 0~1120 g/s 供沙速率, 可为相关领域的研究提供技术服务。

关键词: 土壤侵蚀; 供沙漏斗; 研制

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2001)01-0063-03

中图分类号: S157

Development of Self-controlled Sediment Feeding Hopper

ZHANG Guang-hui, WEI Hai-yan, LIU Bao-yuan

(Beijing Normal University, Beijing 100875, PRC)

Abstract Sediment feeding hopper is an most important technique for researches of sediment transport capacity and soil erosion model building. One self-controlled sediment feeding hopper was developed and the structure and working theory were discussed in detailed. The stability and relationship between running speed and sediment rate were tested. The results indicted that the kind hopper had very high stability and the maximum relative error was less than 15.5%. There is a very fine linear correlation existing between motor running speed and sediment feeding rate. Sediment feeding rate increased as motor running speed increasing. The range of sediment feeding rate was 0~1120 g/s and should be used in the researches of relative fields, such as sediment transport capacity of overland flow.

Keywords soil erosion; sediment feeding hopper; development

土壤侵蚀实际上是降雨击溅和含沙水流冲刷地表及运输泥沙的结果, 对含沙水流的水动力特性及侵蚀规律进行系统研究, 是分析土壤侵蚀机理、建立土壤侵蚀物理模型的基础。人工供沙是进行含沙水流水动力特性^[1]、泥沙颗粒运动^[2-3]、含沙量对侵蚀速率影响^[4]、坡面流挟沙力^[5-8]及泥沙沉积^[9-10]研究和模拟的有效手段, 在国外(特别是美国)得到了广泛的应用。然而, 国内尚无成功的人工供沙方法, 特别在坡面侵蚀研究中更是如此。国内研究较多的土壤抗冲性和放水冲刷试验^[11-12]都是在清水条件下进行的, 研制一种行之有效的人工供沙方法, 既可以促进土壤侵蚀室内模拟手段的更新, 又可以促进相关研究的发展, 因而具有重要的实践意义。

1 国外常用供沙方法及特点分析

国外常用的人工供沙方法有侵蚀泥沙源法、震动漏斗法、履带式供沙机、大容量泥浆泵 4 种, 侵蚀泥沙源法^[9]是在研究区域(如试验水槽、凹形水槽)的上部

安装另一个试验水槽, 水槽内装填疏松的容易侵蚀的土壤, 在人工模拟降雨的作用下, 上部水槽内的泥沙随径流一起流入研究区域, 试验前必须对降雨强度与输沙率的关系进行严格的校正, 该方法对降雨器的稳定性要求较严格, 在没有稳定的模拟降雨器的情况下, 无法应用该方法, 同时侵蚀泥沙源法因增加了 1 个试验水槽, 因而占据空间较大。震动漏斗法^[5]比较简单, 它是在试验水槽的上方悬挂 1 个漏斗, 漏斗底部安装 1 个偏心轮, 在马达的带动下可以提供均匀的震动, 沙子由漏斗底部的小孔流出, 供沙速率由漏斗底部小孔的数目和排列方式控制, 该方法对沙子有一定的要求, 一方面沙子的直径要相对均一(如标准沙), 另一方面沙子的含水量必须很小, 否则供沙速率会出现偏小的趋势。带式供沙机^[4, 10]是将沙子通过履带输入试验水槽的上部, 供沙速率由履带的转速控制, 该方法可以准确地控制供沙速率, 但机械传动装置较为复杂, 占据空间也大, 同时造价比较昂贵。大容量泥浆泵是将泥沙和水在容器内搅拌均匀, 用泥浆泵将泥沙直

收稿日期: 2000-09-28

资助项目: 国家杰出青年科学基金(49725103); 国家自然科学基金青年基金(40001014); 高等学校重点实验室访问学者基金项目

作者简介: 张光辉(1969-), 男(汉族), 博士后, 主要从事土壤侵蚀研究工作。电话(010)62209959, E-mail zghxx@263.net

接抽入试验水槽,该方法多用于河流泥沙等研究领域,一般不采用循环水流,在研究坡面侵蚀时并不经常采用该方法。

2 自控型供沙漏斗的结构及工作原理

自控型供沙漏斗包括 1 个装沙漏斗(尺寸大小可根据试验要求自行确定), 1 个拉沙扇叶, 2 个轴承, 2 个轴承套, 2 个片状塑料刷, 1 个调速马达, 1 个调速控制器和电源,其结构示意图见图 1 在漏斗的底部开宽 6 cm,长 35 cm 的矩形开口,将直径为 5.2 cm,长 34 cm 的扇叶通过轴承套焊接在漏斗边壁上,扇叶由 6 个宽 2 cm,厚 3 mm 相互夹角为 60°的铁片焊接而成,扇叶长 34 cm,扇叶中心是直径为 1.2 cm 的长轴,轴的两端安装轴承,轴承固定在轴承套内。轴承的另一端与马达连接,马达是由北京微特电机制造有限公司生产的 90YY60-2CT 调速马达,马达的转速可通过调速控制器调节,调速控制器采用由上海仪表电机厂生产的 MS32 型面板式调速控制器,该调速控制器可实现 0~120 转/min 的无级变速,有效转速在 0~9 转/min 之间,同时可以实现逆方向转动,马达和调速控制器技术见表 1

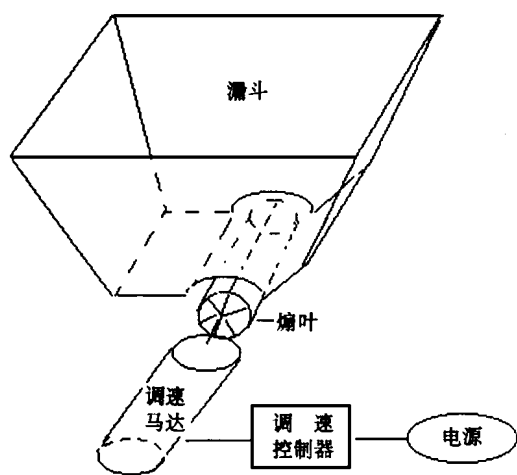


图 1 自控型加沙漏斗结构示意图

表 1 调速马达及调速控制器的技术参数

项 目	90YY60-2CT 马达	MS32 型调速控制器
电压 /V	220	220
频率 /Hz	50	50
最大输出功率 /W	60	—
调速范围 / (转·min ⁻¹)	0~120	0~120
速度稳定率 /%	5	5
额定转矩 / (mN·m ⁻¹)	100	—
起动转矩 / (mN·m ⁻¹)	320	—
电容 /μf	3.5	—

轴承套用于固定轴承,与漏斗边壁连接。片状塑料刷主要用于填补扇叶与漏斗底部铁板之间的空隙,防止细沙从空隙中流出。

自控型供沙漏斗的基本原理是通过旋转的扇叶将沙子从漏斗中自动挖出,通过调节扇叶的转速即可控制供沙速率。利用自控型供沙漏斗供沙时,先打开调速控制器电源,起动机,然后转动调速控制器调速调节旋钮,按照事先率定好的关系曲线间接转速至设计供沙率,即可实现稳定速率供沙。

3 供沙漏斗的性能测试

良好的供沙漏斗必须满足两个方面的性能要求,其一是供沙速率必须具有稳定性,即当马达转速保持稳定时,供沙速率也能够保持相对稳定;其二是供沙速率与马达转速之间必须具有很好的相关性,这样才能保证马达转速对供沙速率的可控性,即当马达转速发生变化时,供沙速率也能产生相应的变化。为此对自控型供沙漏斗的性能进行了以上 2 方面测试。测试土样为北京市密云水库上游石匣小流域的普通褐土,先将土样凉干,用直径为 5 mm 土壤筛过筛,直径为 0~5 mm 的土样被用于供沙漏斗性能的测试。

3.1 稳定性测试

开起马达,从最小值(0)开始调节马达转速,选择 2, 5, 11, 24, 34, 44, 57, 68, 80 转/min 9 个转速对自控型供沙漏斗稳定性进行测试,每个转速持续 10 min,每 1 min 收集 1 次沙样重量,用沙样重量除以取样时间即得该转速下的供沙速率,每个转速收集 10 个供沙速率,分析供沙速率随时间的变化规律。表 2 给出了 9 次测试的结果,从表中看出,供沙速率基本趋于稳定,90 次测试中最大误差为 15.5%,9 个转速中 7 个的最大相对误差不超过或接近于 10%,这充分说明自控型供沙漏斗具有相当高的稳定性。同时可以看出,当转速特别小或特别大时,最大相对误差较大,而当转速适中时最大相对误差较小。转速较大时最大相对误差较大的原因可能与取样时间过短有关系,当转速为 80 转/min 时,取样时间仅为 2 s,因而很容易造成取样时间上的差异,进而引起最大相对误差的增大。当转速特别小时,扇叶转动非常缓慢,扇叶转动 1 圈所需时间为 30 s,但取样时间为 10 s,此时扇叶的不均匀性会严重地影响最大相对误差。图 2 绘出了转速为 11, 24, 57, 80 转/min 时供沙速率随时间的变化关系。

从图中可以看出,当转速较小时,供沙速率基本与水平轴平行,随着转速的逐渐增大,供沙速率出现较大的波动,造成这种现象的原因已在前文论述,这里不再重复。

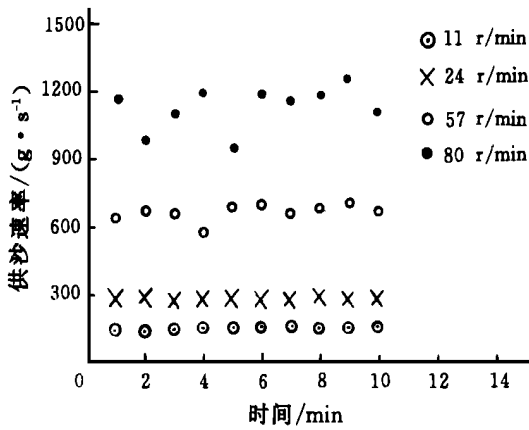


图 2 供沙速率随时间的变化趋势

表 2 自控型供沙漏斗稳定性测试结果

转 速 / 取样时间 / (转·min ⁻¹) s	平均供沙 速率 / (g·s ⁻¹)	最大相对 误差 %	最小相对 误差 %
2 / 10	66	10.7	2.7
5 / 10	82	8.7	0.4
11 / 10	152	8.5	0.9
24 / 5	285	3.2	0.3
34 / 5	410	3.2	0.2
44 / 3	535	10.3	0.5
57 / 3	665	12.6	0.5
68 / 2	929	11.2	0.1
80 / 2	1120	15.5	1.7

3.2 供沙速率与转速间的关系

正确率定供沙速率与转速间的关系是使用该供沙漏斗的前提,测试结果表明,马达转速与供沙速率间呈良好的线性关系:

$$S = 13.162r - 2.2224 \quad (1)$$

式中: S ——供沙速率 (g/s); r ——马达转速 (转 / min), $R^2 = 0.983$

图 3 给出了转速与供沙速率间的关系,在实际应用中可以根据试验对供沙速率的要求,用 (1) 式计算出相应的转速,用转速调节控制器调节转速,从而获得试验需要的供沙速率。

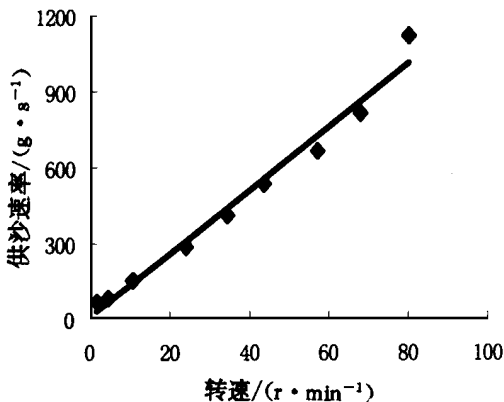


图 3 供沙速率与转速间关系曲线

4 结 语

在对自行研制的自控型供沙漏斗的结构、工作原理进行详细论述的基础上,对漏斗的稳定性和转速与供沙速率间关系进行了系统的测试。结果表明自控型供沙漏斗具有很好的稳定性,最大相对误差不超过 15.5%,同时转速与供沙速率间存在非常显著的线性关系 ($S = 13.162r - 2.2224$, $R^2 = 0.983$),从而表明自控型供沙漏斗可以提供稳定的供沙速率,供沙速率可根据试验目的需要在 0~1120 g/s 间进行选择。这一研究成果可应用于坡面含沙水流水动力特性、含沙对土壤侵蚀的定量影响、坡面流挟沙力等研究领域。

[参 考 文 献]

- [1] Abrahams A, Gary Li. Effect of saltating sediment on flow resistance and bed roughness in overland flow [J]. Earth Surface Processes and Landforms. 1998, 23: 953-960.
- [2] Abrahams A, Atkinson J. Relation between grain velocity and sediment concentration in overland flow [J]. Water Resources Research. 1993, 29: 3021-3028.
- [3] Govers G. Grain velocity in overland flow: a laboratory study [J]. Earth Surface Processes and Landforms. 1989, 14: 481-498.
- [4] Cohrane T, Flanagan D. Detachment in a simulated rill Transactions of the ASAE. 1997, 40(1): 111-119.
- [5] Gary Li, Abrahams A. Controls of sediment transport capacity in lamilar interrill flow on stone-covered surfaces [J]. Water Resources Research. 1999, 35(1): 305-310.
- [6] Guy B, Dickinson W, Rudra R. The roles of rainfall and runoff in the sediment transport capacity of interrill flow [J]. Transactions of the ASAE. 1987, 30(5): 1378-1386.
- [7] Abrahams A, Gary Li, Krishnan C, Atkinson J. Predicting sediment transport by interrill overland flow on rough surfaces [J]. Earth Surface Processes and Landforms. 1998, 23: 1087-1099.
- [8] Julien P, Simons D. Sediment transport capacity of overland flow [J]. Transactions of the ASAE. 1985, 28(3): 755-762.
- [9] Lu J, Cassol E, Foster G, Neibling W. Selective transport and deposition particles in shallow flow [J]. Transactions of the ASAE. 1988, 31(4): 1141-1147.
- [10] Davis S, Foster G, Huggins L. Deposition of nonuniform sediment on concave slopes [J]. Transactions of the ASAE. 1983, 26(4): 1057-1063.
- [11] 蒋定生,李新华,范兴科,等.黄土高原水土流失严重地区土壤抗冲性的水平变化与垂直变化规律 [J].水土保持学报. 1995, 9(2): 1-8.
- [12] 刘国彬,等.原状土冲刷法与人工模拟降雨法研究土壤抗冲性对比分析 [J].水土保持通报, 1995(4): 32-37.