

种子摩擦系数的测试方法以及影响因素分析

济南兰光机电技术有限公司

摘要：现代化农业中，种子清选、运输和播种均实现了机械化作业，其中种子与机械接触面的摩擦系数在很大程度上影响了作业的效率。通过对种子摩擦系数的简单研究与测试，种子的外形、含水率以及种子接触材料的表面性质是种子摩擦系数的诸多变量，值得深入研究。

关键词：种子、摩擦系数、测试方法、外形、含水率

十二五期间，我国农业机械装备水平、作业水平、科技水平得到了前所未有的提升，农业机械化成为现代农业的强有力支撑，为粮食增产、农民增收做出了重要贡献。其中，种子类农业机械设计中，摩擦性是必须考虑的因素，关系到机械表面材料和参数的确定，是机械正常高效运转的基础和前提。

种子加工过程中摩擦性的重要作用

摩擦性是各类材料的基本性质之一，常用摩擦系数来表征。摩擦系数是针对一组摩擦副来讲，即互相接触的两种材料。当二者表面相互接触后，在相对移动开始时的最大阻力，其于法向力之比成为静摩擦系数，而后二者以一定速度相对移动时的阻力与法向力之比称之为动摩擦系数。种子类农业机械运转时，机械表面材料与种子表面发生相互摩擦，其摩擦性会对种子的清选、输送、播种产生影响。

种子清选是提高种子质量的关键步骤，一方面清除种子中的杂物，另一方面将饱满的种子分离出来并按大小等因素分成不同等级。收获的种子中混杂着破碎粒、不饱满种粒、杂草种子、碎秸秆、砂砾等，携带大量细菌且易吸湿，有加速种子劣变的作用，通过严格清选后的种子生命力和增产性显著增强。种子清选的方法很多，利用种子表面的摩擦性的差异进行分离的方法为其一，由此也出现了相应的种子清选机械。这类种子清选机械也称为带式清选机，由喂料斗、布带和上下辊轴组成，布带安装在上下辊轴上与地面成一定倾角，以一定的速度向上转动，种子会因摩擦性的不同而出现上行和下落。这一分离机理可归结为：对于相同的接触布带，表面光滑的种子与布带的静摩擦系数小，在布带倾角较小的情况下即可滑落；而同重量表面粗糙的砂砾、杂草或碎秸秆等与布带的静摩擦系数大，滑落需要更大的布带倾角。由此便可实现种子的清选。

种子清选后的各个加工环节都离不开输送带的运输，运输过程以“不散落、不滑落”为要求，降低种子的损失。既然输送带表面与种子接触，二者必然存在相互摩擦。基于“不散落、不滑落”的要求，输送带表面材料的粗糙度应适当提升，加大与种子表面的静摩擦系数，防止种子在运输中滑落。

播种，是种子应用的最终环节，也是决定作物产量的重要因素。传统播种采用耩播与条播方式，播种量大、均匀性比较差，易出现幼苗稀疏、脆弱的现象。现代，精密播种设备逐

渐普及，而其中排种器是影响设备播种精密程度的核心部件。排种过程中，种子与排种器材料直接接触，种子的摩擦系数决定了种子的流动性和排种的顺畅，也为排种器材料的选择、排种器结构形状和倾斜角度以及种子的运动速度控制提供理论依据。

种子摩擦系数的测试方法

材料摩擦系数的测试常采用直接接触法，即使用一个试验板（安置在水平操作台上的），将一个试样用胶固定在试验板上，另一个试样裁切合适后固定在专用滑块上，让滑块放置在试验板上第一个试样中央，并使两试样的试验方向与滑动方向平行且测力系统恰好不受力，如图 1。本次种子摩擦系数测试，采用的是 Labthink MXD-02 摩擦系数仪。由于种子外形的特殊性，测试时随机取部分种子均匀的撒在粘有 502 胶的硬纸板上，硬纸板用胶固定在试验板上。将粘有不同接触材料的滑块按上述要求放于试验板上试样的中央，启动摩擦系数仪，使滑块和试验板相对移动。需重复测试 5 次，取数据的平均值为最终结果，如表 1。

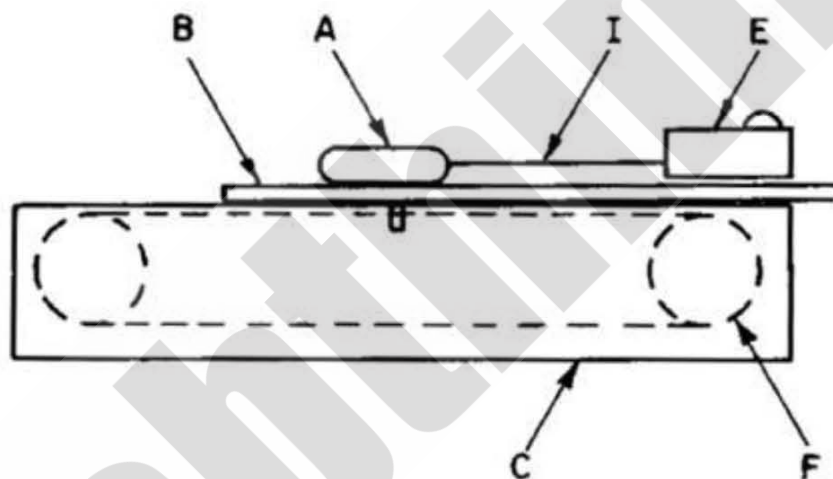


图 1. 检测方法示意图

注：A. 滑块；B. 试验板；C. 支持底座；E. 测力系统；F. 恒速驱动系统；I. 尼龙丝

表 1 白菜和小米种子对不同接触材料的摩擦系数

种子	摩擦系数					
	钢		塑料		木材	
	静摩擦系数	动摩擦系数	静摩擦系数	动摩擦系数	静摩擦系数	动摩擦系数

白菜	0.498	0.483	0.476	0.471	0.806	0.735
小米	0.596	0.541	0.713	0.726	0.867	0.814

由于种子接触的农业机械材料多为钢、塑料和木质材料，因此上述试验选定了这三类材料为种子的接触材料。表 1 中，同一种接触材料，小米种子的动/静摩擦系数均大于白菜种子，这种差异主要来源于种子自身的综合性质，如外形特征、含水率等。同样表 1 中，对比同一类种子对不同接触材料的摩擦系数发现，种子对于木材的动静摩擦系数最大，对钢材和塑料的摩擦系数则相对较小。这就表明了种子的接触材料的表面性质也会对彼此之间的摩擦系数产生影响。

种子摩擦系数的影响因素

种子外形影响

不同作物品种的种子，形状大小、表皮纹理千差万别，对其摩擦性的影响也各有不同。就形状而言，越接近圆球形，种子与材料的接触面越小，摩擦系数越小，反之，则摩擦系数亦大。例如蚕豆为肾脏形、豌豆为圆球状、瓜类种子为扁平形等，相对而言，豌豆的摩擦系数较小，而瓜类种子的摩擦系数可能相对较大一些。

此外，不同种子对同一接触材料摩擦系数不同，也与种子表面的粗糙程度有关，尤其是表面存在网纹、凸起、穴坑、棱脊的种子，往往对某一材料的摩擦系数相对表面光滑的种子更大。这种表面的差异可能源于种子成熟后自珠柄脱落留下的斑痕，也可能源于种子为了自身传播而衍生出的绒毛、刺、芒等附属物，像棉籽表面生有大量皮毛、番茄种皮有刺状凸起。

种子含水率的影响

为了验证含水率对种子摩擦系数的影响，笔者依照上述试验方法测试了几种不同含水率的小米接触钢板材料的静、动摩擦系数，结果如表 2。

表 2 不同含水率小米摩擦系数

含水率 (%)	静摩擦系数	动摩擦系数
11.5	0.479	0.471
13.9	0.501	0.489
15.6	0.565	0.549
17.8	0.598	0.572

19.1	0.664	0.639
------	-------	-------

由表 2 数据可见，小米的含水率与其摩擦系数成线性关系，含水率越高，种子的摩擦系数越大，即受到的摩擦阻力越大。尤其当小米含水率达到并高于 15.6%后，摩擦系数迅速增大。由此可以看出，含水率对小米种子在钢板材料的摩擦系数的影响极为显著。其原因在于：种子多为粘弹性体，当含水率高时种子变软，粘性变大，与材料接触面增大，吸附能力大幅提高，因此摩擦系数变大。

种子接触材料性质的影响

大多播种机械制造材料多为金属或木材等。部分金属长时间暴露在空气中易与氧化合生成一层氧化膜。随着温度的增加，金属表面氧化膜增厚、质地较硬，摩擦系数增加；当处于高温状态时，氧化膜发生软化甚至脱落，润滑作用明显，因而摩擦系数减小。而对于木材材料，其表面的粗糙程度也是影响种子接触时的摩擦系数的主要原因。

结语

现代化农业中，种子清选、运输和播种均实现了机械化作业，其中种子与机械接触面的摩擦系数在很大程度上影响了作业的效率。通过对种子摩擦系数的简单研究与测试，种子的外形、含水率以及种子接触材料的表面性质是种子摩擦系数的诸多变量，值得深入研究。