

土壤物理测试

认证实验室进行的测试可以对高尔夫球场的盈利能力、可击球性能和使用寿命产生积极影响。

作者：山姆·菲洛

物理测试实验室提供各种土壤测试和农学咨询服务，可以在评估草坪的当前状况时提供宝贵意见。建造和翻新项目也经常借助实验室，以保证使用适当的材料。本文介绍一些常见的测试程序，应何时进行测试以及如何测试可使高尔夫球场受益。

粒径分析

粒径分析（PSA）是对土壤材料进行的最常用的描述性分析之一。当评估球道、果岭、沙坑、根系层混合物和铺沙所使用的沙子或土壤时，PSA 应该是首先进行的测试。PSA 也是一个很好的诊断工具。粒径结果可以指示出土壤稳定性/压实潜力，提供排水保持水分的趋势以及与现有场地土壤的相容性。

在建项造目期间，PSA 测试用于指示供应商的材料（果岭、发球台和沙坑沙子、铺沙、盖砂）是否一致。通常每次当沙子/土壤交付给高尔夫球场时，进行 PSA 测试。如果批次之间的 PSA 结果在是一致的，则沙子可视为一致和可接受的。如果 PSA 结果显示差异太大，则应拒绝接受。

PSA 包括测定沙子、淤泥和黏土含量以及沙粒分布。确定 D_{15}

（存在 15% 颗粒粒径较细）和 D_{85} （存在 85% 颗粒粒径较细）等参数。还可提供以美国农业部（USDA）为基础的构造分类。

PSA 由两个不同的阶段组成。一个阶段是土壤构造分析，以确定沙子、淤泥和黏土含量。PSA 的另一个阶段是沙粒分布分析。通过使用从顶部筛子到底部具有较小尺寸开口的筛子，确定沙粒分布，且其确定是以美国农业部的沙子分布定义为基础的。沙粒分布应根据所有的淤泥和黏土去除的沙子成分来确定。

对于大多数高性能草坪系统，最好含有少量的淤泥和黏土。沙粒粒径应分布在 0.05 毫米至 2.00 毫米的范围内，大多数粒径在 0.25 毫米至 1.00 毫米之间。如果使用相同的沙子用于铺沙，大量粒径大于 2 毫米的颗粒可能会引发问题。大量粒径小于 0.15 毫米的颗粒会对排水产生负面影响。均匀系数（Cu）是表示土壤粒径分布的计算式，通常在 2-4 的范围内。Cu 值高于 4 表明土壤颗粒可能压得太紧，形成坚实表面、排水不良。Cu 值低于 2 表明材料可能未充分压实，形成松散表面、缺乏保水性。

物理性能评估

建造新果岭？物理性能评估

（PE）应该与粒径测试一起进行。在设计和评估根系层混合物时使用物理性能评估。这是确定根系层改良需求的关键测试，也能确定优化性能需要作多少改良。

您目前的果岭有排水或保水问题吗？想要衡量您的果岭表现吗？PE 测试是关于现有根系层性能的一个良好信息来源，通常用作诊断剖面岩心评估的一部分。诊断岩心评估结果可用于提供关于果岭重建、果岭改良（去除表面层）的建议，以及铺沙和岩心曝气等养护措施的改良和验证。

物理性能评估提供了与所建议的根系层物质的饱和导水率（通常称为 K-Sat 或渗水率）、堆积密度、颗粒密度和孔隙特征等相关信息。参数确定方法以标准农艺测试方法和 USGA 协议为根据。测试包括现场容量（或现有根区未受干扰的核心）样品的压实度，以及确定所列参数。

PE 分析是确定提交材料对草坪系统（如 USGA 果岭系统）适宜性的有效工具。对此评估有帮助的重要参数有 K-Sat 和毛细管孔隙度值。PE 在压实样品上进行（样品的

压实力量为 14.3 英尺-磅/英寸²），并且表示根系层性能最差的情况。

实验室确定的渗水率用于测量样品中水渗入和排出的速度。使用常水头饱和导水率（K-Sat）方法确定渗水率。评估果岭、发球台、沙坑甚至球道的性能时，K-Sat 结果大有用处。

任何给定项目所需的 K-Sat 都取决于多种因素，包括使用情况、典型的降雨量和蒸发条件以及水质。USGA 建议高尔夫球场可接受的 K-Sat 值应大于 6 英寸/小时。

其他建造方法表明，较高或较低的速率是可取的。不管所需的渗水率如何，在评估此结果时都应小心谨慎。单个实验室内结果的重现性通常在 +/-3 英寸/小时左右。不同实验室之间的结果可能显示巨大的变异量。

孔隙度数据分为三个子类别：总孔隙度（土壤颗粒之间的空间量）、毛细管孔隙度（填充水分的孔隙空间）和非毛细管孔隙度（填充空气的孔隙空间）。根系层最好是具有大约一半体积的固体和一半孔隙空间。填充空气和填充水分孔隙空间的数量应大致相等。这会为根系生长、适当的含氧量和良好的矿物和水分保持提供有利条件。

堆积密度测量的是每单位体积的堆积根系层物质质量。堆积密度结果可以表明过度压实或松散或土壤不稳定。大多数草坪系统的堆积密度为 1.3 至 1.6 克/立方厘米。较高值可能表示草皮系统太硬，而较低值可能表示草皮系统太软。

颗粒密度测量的是每单位体积单个根系层颗粒的质量。颗粒密度主要用于计算孔隙度值。应注意避免颗粒密度与堆积密度两者混淆。堆积密度用于测量颗粒以及颗粒之间的空气空间，而颗粒密度则不包含空气。沙子颗粒密度约为 2.65 克/立方厘米。

有机物质（OM）数值以干重为基础，以提供最准确的根系层评估。用于沙基高尔夫球场和运动草坪的土壤和根系层混合物通常含有少于 2% 的有机物质（干重）。

有机物质测试被用作建造项目中根系层混合物是否一致的指标。通常高尔夫球场收到的每一批根系层混合物，都要进行 OM 测试（以及粒径测试）。如果批次之间的 OM、PSA 和性能结果都是一致的，则认为该混合物是一致且可接受的。如果存在太大差异，就应该拒绝接受。

沙坑评估

选择沙坑可能就像试图击中移动的目标那样困难。高尔夫球手的沙坑偏好非常个人化，而且往往不一致。被一个高尔夫球手大加赞誉的某个沙坑，可能被其他人所鄙视。实验室测试有助于在沙坑选沙过程中提供一致的指导。

实验室的沙坑沙评估过程包含多个测试。需要测试沙子的粒径、透度计值、渗水率、结壳、结构、形状和颜色。这个评估过程可以很好地说明沙子将如何在沙坑中发挥作用，以及如何影响附近的果岭。

沙坑的沙子性能方面涉及到球的冲击/球位特征以及维护因素。特定

沙坑的沙子性能主要取决于沙粒分布和颗粒形状。渗水率、结壳和结构会受到非常细的沙子、淤泥和黏土的不利影响。因此，通常这些颗粒越少越好。沙子形状对球位有影响。角砂通常可以比圆砂提供更好的球位。

砾石分布

砾石测试通常与某些类型的结构相结合，只是偶尔用于诊断目的。

砾石通常用于促进排水系统的排水和/或保水能力。砾石位于草坪系统或沙坑底部，顶部带有沙或根系层介质。

通常先选择根系层物质，再选择排水砾石。这是因为担心根系层物质和砾石之间的“桥接和渗透率”。

桥接是指使用适当尺寸的根系层物质和砂砾，以使根系层混合物保持悬浮在砾石上。如果与根系层颗粒相比，砾石的尺寸太小，则这些物质有可能随时间推移而向下移到砾石中。渗透率也是指要使用适当尺寸的根系层物质和砾石。然而，合理渗透率其目标是确保砾石和根系层之间存在明显的尺寸差异。合理渗透率表明，在较细的根系层混合物和较粗的砾石之间会存在毛细管断裂。检查桥接和渗透率的计算公式如下所示：

$$\text{桥接: } D_{15 \text{ 砾石}} \leq 8 \times D_{85 \text{ 根系层}}$$

$$\text{渗透率: } D_{15 \text{ 砾石}} \geq 5 \times D_{15 \text{ 根系层}}$$

为保证充足的水移动，需要适当的桥接和渗透率。使用适当尺寸的砾石可增加根系层的保水性，有助于保持整个根系层水分含量均匀，确保多余的水能迅速流入排水道。

砾石分布试验与沙粒分布类似，是一种测量砾石颗粒大小分布的方法。在果岭和沙坑中使用的砾石粒径大小通常在 1 毫米至 12.5 毫米之间。

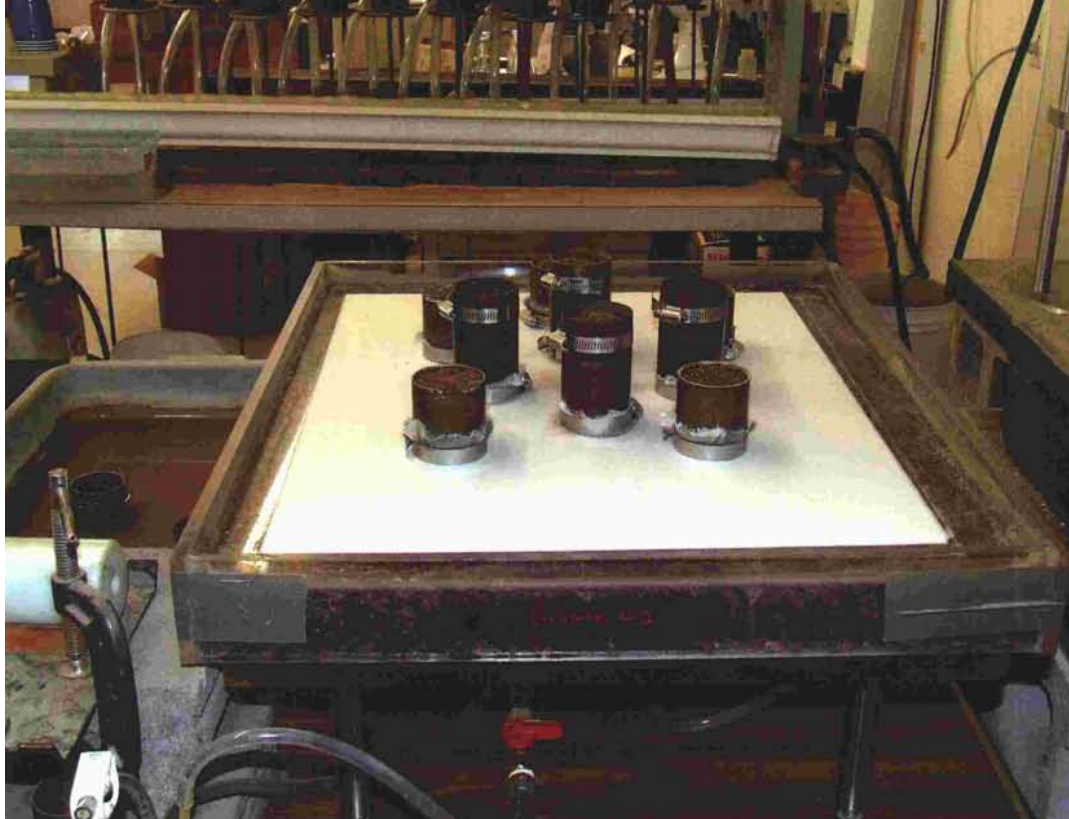
水释放特性

水释放测试用于评估水分的释放和滞留。本测试对于确定 USGA 协议不适用系统（如球道、天然材料施工和直砂系统）的持水和排水能力尤其管用。水释放数据可用于评估土壤或改良对某一特定草坪系统的适应性。排水试验通常用于确定球道的沙土覆盖深度。它也可以与田间采集的水分读数直接相关，并为灌溉时间和水管理措施提供有用信息。

水释放试验可以在从 15 巴（永久萎蔫点）到 $\frac{1}{3}$ 巴压力（连续土壤剖面的田间持水量）、再到 30 厘米（执行 USGA 性能评估的张力）、最后到 0 厘米（饱和度）的土壤张力范围内进行。排水测试包括在多种张力状态下进行水分测量。然后绘制一系列水分释放点，以确定土壤或改良产品在哪个压力下释放水分。该测试确定了植物生长所需适量水分的根系层深度。

用最好的方法进行测试

物理测试应该是管理农艺高尔夫球场的重要因素。但是并不是所有的实验室测试和报告都是以同等的方式创建的。确保使用可进行高尔夫行业物理土壤分析的经认证实验室。经认证实验室具



物理测试实验室可在高尔夫球场建造和翻新期间提供重要的决策依据信息。在评估草坪的现状时，可以进行各种各样的土壤测试，以获得宝贵见解，保证球场项目进行中使用适当的材料。

备相应知识和能力，以确保执行恰当的测试程序，并以正确的方式进行。使用经认证的测试实验室，其好处包括：

- 提供有价值的信息来确定现有高尔夫球场的改良、改造或重建需求。
- 为草坪管理者、业主和建筑商提供建造项目所用优质材料的保证。
- 为评估草坪系统现状提供了工具，并有助于诊断草坪问题。
- 提供根据性能而不是外观来选择优良沙坑沙子所需的信息。
- 经认证实验室可提供数据、报告和咨询，这是草皮管理者的优秀资源。

这本杂志（和 USGA 网站）上，有一个由美国实验室认可协会（A2LA）认证的实验室列表。这些实验室专门从事高尔夫行业的土壤

物理分析，并且其在测试 USGA 《果岭建造规范》规定材料方面的持续能力也已经得到证明。USGA 建议，根据 USGA 指导原则，只有经 A2LA 认证的实验室才能用于测试和分析果岭的建造材料。

山姆·菲洛是位于堪萨斯州林伍德的草坪诊断与设计实验室（*Turf Diagnostics & Design*，经 A2LA 认证的土壤测试实验室）的总裁。