

# 高尔夫球场果岭建造基质与 草坪测试项目综述

边秀举<sup>1</sup>, 崔建宇<sup>2</sup>

(1. 河北农业大学, 河北 保定 071001; 2. 中国农业大学, 北京 100094)

**摘要:** 对高尔夫球场果岭基质与草坪的测试机构、测试项目以及现状进行了综合叙述; 对美国高尔夫协会提出的高尔夫球场果岭建造推荐标准(U SGA 标准)作了详细介绍, 并列出了逐项标准, 对促进我国高尔夫以及整个草坪界的健康发展有积极意义。

**关键词:** 高尔夫球场; 果岭; 草坪; 建造

**中图分类号:** S688.4   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1004-5759(2004)03-0113-06

\* 高尔夫球场果岭草坪的功能质量和观赏质量与果岭的构造和基质直接相关, 如果果岭构造及基质选择不得当, 不但造成果岭的透水性差、表层积水现象, 还会造成草坪根系难以下扎, 使草坪生长受到严重威胁<sup>[1-3]</sup>。此时, 即使球场采用先进的草坪养护设备也难以达到理想的效果, 最终只有采取果岭重建才能从根本上解决其致命的弊端, 但此举常常以更大的资金消耗为代价。因此, 合理的果岭建造基质即是理想草坪质量的基础。

经过多年的研究和实践, 美国高尔夫球协会于1960年提出了高尔夫球场果岭建造的推荐标准(U SGA 标准), 并在实践中不断完善, 先后于1973, 1982和1993年进行了修正和补充。对高尔夫球场果岭基质与草坪测试项目作一综述, 以期对我国该行业的健康发展起到抛砖引玉的作用。

## 1 质量监测实验室的现状与测试项目

### 1.1 质量监测实验室的现状介绍

高尔夫球场果岭建造的U SGA 标准, 最主要的即是考虑到果岭排水和防紧实问题。由于果岭建造所用到的材料(包括沙、碎石等)多出自天然, 新建球场一般需将该材料送往权威的机构进行分析、化验方可采用。这里的权威机构是指经美国实验室认证协会认证的草坪或土壤分析实验室。即便是很有经验的球场建造和草坪专家在确定材料是否可被应用之前, 也需将沙、碎石和草炭等送往这些实验室, 由实验室分析化验的专业人员采用经认证的仪器设备及统一测试方法和标准对材料进行测试。几十年来, 欧美国家均将所选材料送往该类实验室, 以对所选材料是否符合或接近U SGA 建造标准做到心中有数。目前, 全世界得到认证的实验室一共有8家, 其中7家在美国, 一家在英国的苏格兰<sup>[4]</sup>。

### 1.2 监测实验室的测试项目

这些实验室的主要工作范围分为两部分: 一是在高尔夫球场及其他运动场的建造过程中, 为各个球场提供测试和推荐服务, 测试工作主要针对土壤物理性质方面; 二是在球场建成以后, 为日常草坪的养护管理提供服务, 主要是有关土壤化学性质和草坪营养状况方面的测试, 从而为科学地管理草坪提供依据。目前这些实验室的服务范围遍及全球所有建造高尔夫球场的国家。

实验室通过对果岭建造所选用的各种材料(沙、有机物质和砾石等)进行测试, 选择符合U SGA 标准的材料, 以保证建成的果岭能够为草坪提供一个最理想的生长环境, 而且具有最佳的土壤物理特性, 既能快速排水又能抗高强度的践踏, 为日后草坪的养护管理奠定一个良好的基础。其具体的测试工作包括:

沙或土壤样品: 测试项目包括粒径分析、饱和导水率(或渗透率)、孔隙度、容重、pH 值和有机质含量等;  
有机材料: 主要是草炭样品, 测试项目包括pH 值、有机质含量和纤维含量等;

\* 收稿日期: 2003-04-25  
作者简介: 边秀举(1963-), 女, 河北献县人, 教授, 博士。E-mail: bianxj@mail.hebau.edu.cn

砾石: 主要进行粒径分析。

在亚洲, 有些实验室也承揽一些该方面的分析测试工作, 但目前还未有经美国实验室协会认证的实验室。

## 2 USGA 果岭建造标准<sup>[5, 6]</sup>

果岭建造的USGA 标准其主要优点有: 1) 抗紧实; 2) 利于根层的水分渗入和水分过多时快速排水, 避免表层积水; 3) 减少表层径流而增加有效降水; 4) 根际层具备良好的通气性, 可为根系的健康生长提供充足的养分。USGA 推荐标准要求果岭根带含有较高的沙, 并对沙子的粒径有特殊的要求。

### 2.1 USGA 根际层的粒径要求

表1列出了USGA 推荐的果岭根际层混合物的粒径分布要求。USGA 将沙粒部分分为5级, 分别为很粗的沙(1.0~ 2.0 mm)、粗沙(0.5~ 1.0 mm)、中沙(0.25~ 0.50 mm)、细沙(0.15~ 0.25 mm)和很细的沙(0.05~ 0.15 mm)。从表1可以看出, USGA 方法认为果岭根际层应以粗沙和中沙为主, 即粒径大小在0.25~ 1 mm 之间的颗粒最少要达到总量的60%以上; 很粗的沙与小砾石(2.0~ 3.4 mm)的含量之和不能超过总量的10%, 且小砾石量最大不超过3%; 细沙量不超过20%; 小于0.15 mm 的很细的沙、粉粒和粘粒分别不能超过总量的5%, 而且三者总和不能超过10%。这样的粒径分布能够保证整个根际层颗粒分布的均匀性较高。

表1 USGA 推荐的果岭根际层混合物的粒径分布要求

Table 1 USGA recommended particle size distribution for the root zone mix of golf greens

名称 Name	粒径大小 Particle diameter (mm)	推荐量(以重量计) Recommendation (by weight)	
小砾石 Fine gravel	2.0~ 3.4	不能超过总量的10%, 其中小砾石的最大量不能超过3%, 最好没有 Not more than 10% in this range, including a maximum of 3% fine gravel	
很粗的沙 Very coarse sand	1.0~ 2.0	(preferably none)	
粗沙 Coarse sand	0.5~ 1.0	至少要达到总量的60%以上	
中沙 Medium sand	0.25~ 0.5	Minimum of 60%	
细沙 Fine sand	0.15~ 0.25	不能超过总量的20% Not more than 20%	
很细的沙 Very fine sand	0.05~ 0.15	不能超过总量的5% Not more than 5%	三者之和不能超过总量的10%
粉粒 Silt	0.002~ 0.05	不能超过总量的5% Not more than 5%	Total in this range shall not
粘粒 Clay	< 0.002	不能超过总量的3% Not more than 3%	exceed 10%

均匀性高的粒径分布在颗粒之间存在较多的大孔隙, 有利于通气与快速排水(图1)。相反, 均匀性低的粒径分布则意味着从大颗粒到小颗粒都存在, 小颗粒会将大颗粒之间的孔隙堵住, 从而使得通气性、排水性大大降低, 这样的土壤结构在日后的养护管理中存在着很大的隐患。比如, 土壤容易发生紧实, 草坪根系生长时易缺氧, 严重时草坪根系难以扎<sup>[7~ 10]</sup>; 另一方面, 在大量灌水或雨季到来时会造成排水不畅, 在果岭表面形成积水, 严重时会影响开业打球。这些土壤方面的问题在球场建好后是很难再改变的。因此, 选择均匀性高的材料建造果岭是非常重要的一个环节。

### 2.2 USGA 果岭的物理特性

除了粒径分布以外, USGA 还重视果岭草坪根际层的土壤物理特性(表2)。整个根际层的总孔隙度、通气孔隙度和毛管孔隙度分别要达到35%~ 55%, 15%~ 30%和15%~ 25%。饱和导水率(或渗透率)一般要达到15~ 30 cm/h, 但是在雨水特别多或雨季比较集中的地区, 最好能达到30~ 60 cm/h, 以保证多余的水分能迅速排入排水管, 果岭表面不出现积水。此外, 容重以1.2~ 1.6 g/cm<sup>3</sup>为宜, 1.4 g/cm<sup>3</sup>最理想, 持水力范围最好为12%~ 16%; 有机质含量在1%~ 5%之间即可, 以2%~ 4%为最佳, 酸碱性以中性、微酸性最佳, pH值最好在5.5~ 7.0之间。

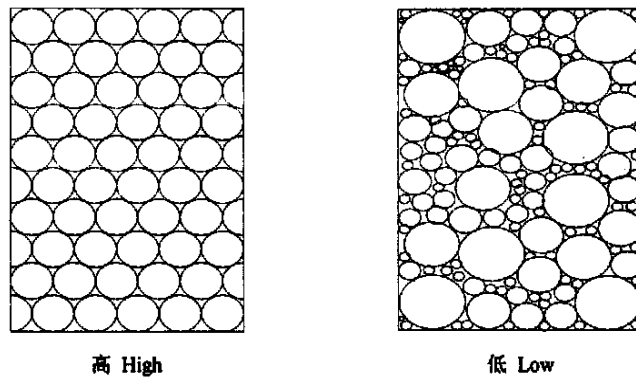


图 1 粒径分布的均匀性示意图

Fig 1 Uniformity of particle distribution for the golf green root zone

表 2 USGA 推荐的果岭根际层的其他物理特性指标

Table 2 Physical property targets for the root zone of greens

物理特性 Physical property	推荐范围 U SGA recommended range
总孔隙度 Total porosity	35% ~ 55%
通气孔隙度 Air filled porosity	20% ~ 30%
毛管孔隙度 Capillary porosity	15% ~ 25%
饱和导水率 Saturated hydraulic conductivity	正常范围 Normal range: 15~ 30 cm/h 高速范围 High speed range: 30~ 60 cm/h
容重 Bulk density	1.2~ 1.6 g/cm <sup>3</sup> (理想值 Ideally: 1.4 g/cm <sup>3</sup> )
持水力 Water-holding capacity	12% ~ 16%
有机质含量 Organic matter content	1% ~ 5% (理想值 Ideally: 2% ~ 4%)
pH 值 pH value	5.5~ 7.0

按照 USGA 推荐标准的要求, 根际层一般都是由沙和有机物质混合而成。考虑到沙子的通透性好, 渗透力强, 不易造成紧实, 但其持水、保肥能力差, 因此一般都需要加入有机物质来进行改良。最常用的有机物质是草炭, 草炭的有机质含量最好在 80% 以上, 纤维含量以 50% ~ 80% 为宜。但是, 如何来确定沙与草炭的比例, 实验室通常需根据测试结果 of 球场建造者们推荐适宜的比例。在欧洲, 二者的比例通常为 8 : 2 或 7 : 3, 此比例在中国是否适用, 仍需更多的研究与实践去证实<sup>[11]</sup>。因为在某地区适宜的比例, 当在其他地区应用时, 随着气候条件的不同其比例应随其改变, 而且草炭本身的特性也不一样。因此, 这是一个值得深入研究的问题。

### 2.3 USGA 的果岭构造

图 2 为 USGA 的果岭构造示意图。由左侧经典的 USGA 果岭结构图可以看出, 果岭构造在地基上依次是砾石层、过渡层 (也称粗沙层) 和根际层。砾石层的厚度为 10 cm, 粗沙层为 5~ 10 cm, 根际层为 30 cm, 整个果岭的深度大约为 45~ 50 cm。在根际层下面的过渡层作用是防止根际层的沙子渗流到砾石层, 阻塞排水管。此外, 过渡层使水分从根际层到砾石层中有一个缓解过程, 故可起到稳定果岭结构的作用。砾石层一般应使用用水冲洗过的砾石, 目的是为了减少石粉对石子间隙的堵塞, 以便将来根际区多余的水能迅速排入排水管道内。

早期的 USGA 标准方法对砾石层与过渡层的粒径要求见表 3。当有粗沙过渡层存在时, 其粒径应以 1~ 4 mm 之间的颗粒为主, 含量至少要达到总量的 90% 以上。这时, 砾石层砾石要求大小在 6~ 9 mm 之间的颗粒含量最少达到 65% 以上, 大于 12 mm 和小于 2 mm 的颗粒含量分别不能超过总量的 10%。对于过渡层的铺设, USGA 标准方法认为最好是人工铺设, 因为大型机械很难保证整个过渡层均匀一致<sup>[12]</sup>。在球场建造过程中, 粗沙层的铺设是

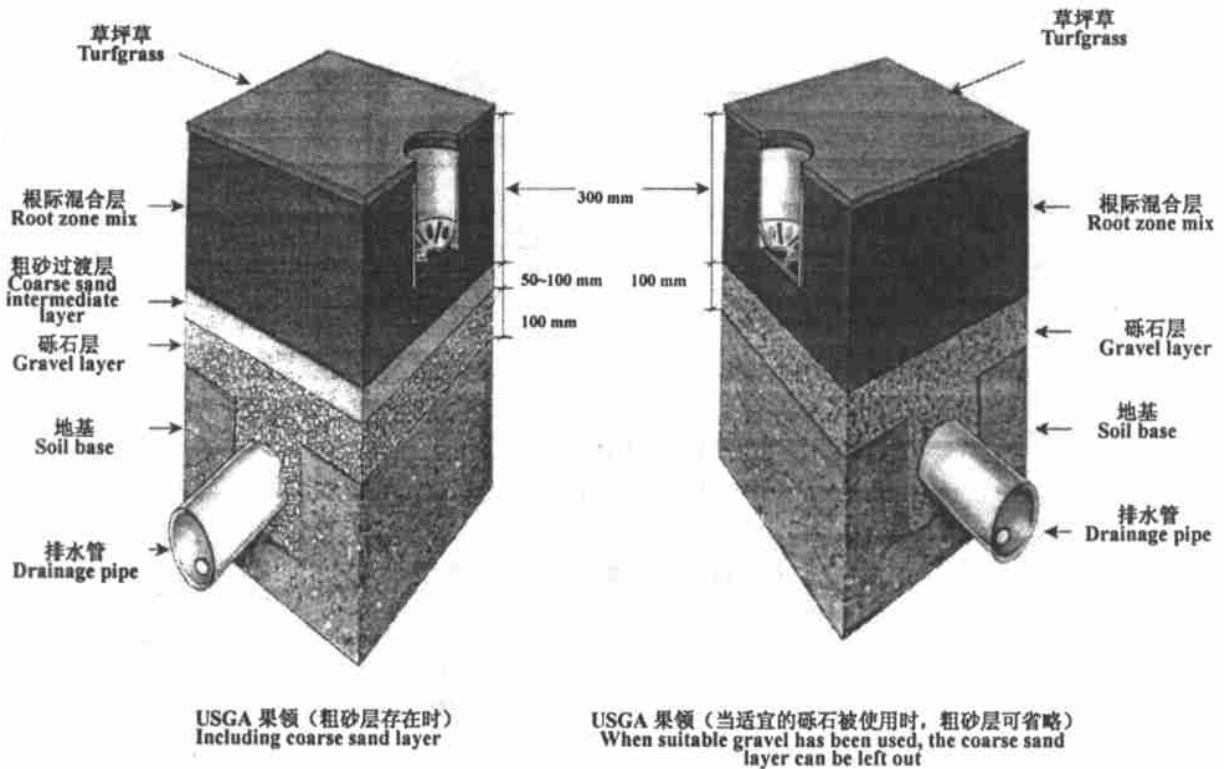


图 2 USGA 的果岭构造示意图

Fig 2 Representations of two options for the USGA method of putting green construction

表 3 过渡层(粗沙层)存在时对砾石层与粗沙层的粒径要求

Table 3 Suggested USGA particle size descriptions for the gravel and coarse sand layers when the coarse sand intermediate layer exists

材料 Material	粒径要求 Particle description (by weight)
砾石层 Gravel layer	粒径大于 12 mm 的不能超过总量(以重量计)的 10%; 粒径分布在 6~ 9 mm 之间的至少要达到 65% 以上; 粒径小于 2 mm 的不能超过总量的 10% Not more than 10% with diameter greater than 12 mm, at least 65% with diameter 6 - 9 mm, not more than 10% with diameter less than 2 mm
过渡层 Coarse sand intermediate layer	粒径在 1~ 4 mm 间的要达到 90% 以上 At least 90% with diameter 1- 4 mm

一项十分艰巨的工作。然而, 该层是否必须要设置, 经过广泛的研究证实, 其必要性取决于上面根际层与下面砾石层的粒径大小匹配情况。当选用的砾石层粒径符合表 4 中参数时, 其过渡层可以省略(图 2 右侧示意图)。否则, 盲目省略过渡层将会带来严重的后果乃至果岭建植失败。因此, 实验室测定在此种情况下必不可少。

当过渡层不存在时, USGA 标准对砾石大小的要求与过渡层存在时是不相同的(表 4)。在实验室根据粒径分布的测试结果来判断在砾石层中最细小的 15% 的颗粒和根际层中最粗的 15% 的颗粒之间是否能够起到桥梁的作用, 如果符合  $D_{15}(\text{砾石}) = 5 \times D_{85}(\text{根际})$ , 说明根际层的颗粒与砾石之间相容性高, 这时可以将过渡层省去。否则, 当二者之间的相容性较差时, 如贪图省事私自决定将过渡层省去, 在以后会造成根际层的沙粒阻塞砾石之间的大孔隙, 引起排水不畅, 最后影响草坪的健康生长和比赛的正常进行。因此, 过渡层是否需要铺设首先取决于根际层与砾石层所选择的材料之间是否具有桥梁作用。此外, 对砾石的渗透能力与均匀性也有严格的要求。为了保证在根际层与砾石层之间的渗透能力一致, 应当满足  $D_{15}(\text{砾石}) = 5 \times D_{15}(\text{根际})$ , 而且整个砾石层的颗粒大小应均匀, 均匀系

表 4 粗沙层不存在时砾石大小的推荐标准

Table 4 Suggested USGA standards for the gravel or crushed stone drainbed when the intermediate layer is not used

考虑因素 Performance factors	推荐标准 Suggested standard
桥梁作用 Bridging function	$D_{15}$ (砾石 gravel) $5 \times D_{85}$ (根际 root zone)
渗透能力 Permeability	$D_{15}$ (砾石 gravel) $5 \times D_{15}$ (根际 root zone)
均匀系数 Uniformity coefficient	$D_{90}$ (砾石 gravel) / $D_{15}$ (砾石 gravel) 2.5
粒径分布要求 Particle size distribution	粒径不能大于 12 mm; 小于 2 mm 的不能超过总量(以重量计)的 10%; 小于 1 mm 的不能超过 5% No particles greater than 12 mm diameter, not more than 10% (by weight) less than 2 mm diameter, not more than 5% (by weight) less than 1 mm diameter

注:  $D_{15}$  (砾石) 指砾石总重量中最小的 15% 部分所对应的粒径大小;  $D_{85}$  (根际) 指根际层总重量中最小的 85% 部分所对应的粒径大小;  $D_{15}$  (根际) 指根际层总重量中最小的 15% 部分所对应的粒径大小;  $D_{90}$  (砾石) 指砾石总重量中最小的 90% 部分所对应的粒径大小

Note:  $D_{15}$  (gravel) is defined as the particle diameter below which 15% of the gravel particles by weight are smaller,  $D_{85}$  (root zone) is defined as the particle diameter below which 85% of the root zone soil particles by weight are smaller,  $D_{15}$  (root zone) is defined as the particle diameter below which 15% of the root zone soil particles by weight are smaller,  $D_{90}$  (gravel) is defined as the particle diameter below which 90% of the gravel particles by weight are smaller

数要求小于或等于 2.5。总之, 是否需要铺设过渡层不是随意决定的, 要有科学依据。

### 3 讨论

实验室监测工作在高尔夫球场及运动场的设计、建造和管理等方面起到了非常重要的作用。从全球高尔夫的发展来看, 这些实验室的数目还是相当有限的, 尤其是在发展中国家, 他们常常将所选材料邮寄到美国或英国的实验室去化验, 这无疑使费用增加, 时间延长, 给时间紧迫的建造工作增添了一些不便。

尽管我国高尔夫运动的发展势头迅猛, 但我国地域辽阔, 地区间气候、土壤条件差异很大<sup>[13, 14]</sup>, 加之我国球场建设的历史仅有 20 年, 经验有些不足, 在球场及运动场的设计、建造过程中常常出现这样或那样的问题, 因此, 在我国建立该类型的土壤、草坪监测实验室, 将对我国高尔夫球场和其他运动场以及整个草坪界的顺利发展起到极大的促进作用, 并且开展这方面的服务将会缩小我国球场与世界一流球场管理水平之间的差距, 从而提高中国在世界高尔夫发展中的地位。

### 参考文献:

- [1] Beard B. Turfgrass science and culture[M]. Prentice Hall, Inc., 1973
- [2] Turgeon A. J. Turfgrass management[M]. Prentice Hall, Inc., 1996
- [3] 孙吉雄. 草坪学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [4] 崔建宇, 边秀举. 打造精品果岭[J]. 高尔夫, 2002, (5): 132-135
- [5] Beard B. Turf management for golf courses, Second edition [M]. Ann Arbor Press, 1998
- [6] Jim Puhalla, Jeff Krans, Mike Goatley. Sports fields[M]. Ann Arbor Press, 1999
- [7] 罗伯特·爱蒙斯. 草坪科学与管理[M]. 冯钟粒, 张守先译. 北京: 中国林业出版社, 1992
- [8] Vargas JM Jr. Management of turfgrass diseases [M]. Bursess Publishing Company, USA, 1994
- [9] 胡林, 边秀举, 阳新玲. 草坪科学与管理[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001
- [10] 张志国. 草坪建植与管理[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1998
- [11] 傅华, 王玉梅, 周志宇. 试用污泥对黑麦草草坪绿地土壤理化性质和重金属元素含量的影响[J]. 草业学报, 2003, 12(2): 82-86
- [12] STR I. The care of the golf course [M]. Bingley, West Yorkshire, England, 1999
- [13] 柴琦, 王彦荣, 孙建华. 坪用草地早熟禾 28 个品种扩展性的比较研究[J]. 草业学报, 2002, 11(4): 81-87

[14] 蒋建生, 任继周, 蒋文兰 草地生态系统的自组织特性[J]. 草业学报, 2002, 11(2): 1-6

### Accredited turfgrass laboratories and USGA specifications for golf greens

BIAN Xiu-ju<sup>1</sup>, CU IJian-yu<sup>2</sup>

(1. Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2. China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** In this paper, the accredited turfgrass laboratories for testing and analyzing materials for green construction are given, and USGA specifications for golf green construction are detailed. The ideal turf ground characteristics detailed in this paper should be very helpful for healthy development of sports turfgrass in China.

**Key words:** golf course; green; turf; construction