机器人割草机

目的：重点强调机器人割草机在行业中取得的进步，标准更新如何促进创新和设计灵活性，以及 UL Solutions 提供的其他相关服务。

UL Solutions

Safety. Science. Transformation.™

目录

割草机简史	**03**
条款	**04**
条款 20.102 — 安全要求	**04**
条款 21.101.2 — 切割装置和切割装置座架	**04**
条款 22.104 — 工作区域	**05**
条款 22.105 — 传感器	**05**
当前行业趋势	**06**
电池创新	**07**
连接	**08**
网络安全	**09**
限制材料	**10**
UL 如何提供帮助?	**11**

割草机简史

1830 年，英格兰人 Edwin Beard Budding[1] 发明了第一台滚筒式割草机并申请了专利。那时，链条还未被发明出来，因此刀片的动力通过一个铸铁齿轮传动机构传递。自从这一早期发明以来，割草机经历了众多不凡的创新，在全球的住宅、商业和工业应用中被广泛采用和认可。

不到 30 年的时间 (1859)，割草机就变成了由链条传动，[2]这让割草体验更轻松、更安静。蒸汽动力割草机于 1893 年获得专利，随后在 1902 年又增加了内燃机。[3]很快到了 1969 年，S. Lawrence Bellinger 的 MowBot 获得了第一个机器人割草机专利。[4] MowBot 由电池供电，设有边界线，通过自动化或远程控制来割草，并配备传感器，能够返回到对接站。因此，一个新的产品类别诞生了，那就是机器人割草机。

机器人割草机标准：
IEC 60335-2-107

虽然第一个机器人割草机专利于 1969 年被授予，但现行标准 IEC 60335-2-107 “家用和类似用途电器标准——安全——第 2-107 部分：机器人电池动力电动割草机的特殊要求” 却是 IEC 于 2004 年首次起草供传阅并于 2005 年发布。第一版发布于 2012 年，第二版发布于 2017 年，之后 2020 年发布了第 2.1 版，2021 年发布了第 2.2 版。

作为 IEC 60335 “家用和类似用途电器系列” 中的一项标准，许多一般要求都包含在 IEC 60335-1 的第 1 部分中。作为一项国际标准，其中阐述了许多家用电器的一般要求。各国家和地区可根据当地需求调整该标准，并在必要时修改要求。在北美，60335-1 是美国 (UL 60335-1)、加拿大 (CAN/CSA-C22.2 No. 60335-1) 和墨西哥 (NMX-J-521/1-ANCE) 的三国标准。在欧洲，为了遵守欧洲指令，该标准是 EN 60335-1。

作为第 2 部分标准，IEC 60335-2-107 包含电池动力电动机器人割草机特定的额外要求，这些要求可能不适用于其他家用电器。此外，第 2 部分标准可接受、增加、修改、替换或废除 IEC 60335-1 内的条款。为了促进和鼓励创新，IEC 60335-1 和 60335-2-107 经历了不同的标准制定过程。每个标准都有一个技术委员会，其成员来自不同行业组织，他们开会讨论、提议标准的变更并进行投票。虽然只有经批准的技术委员会成员才能对标准提案进行投票，但任何人都可以提交标准修订。为了确保 IEC 60335-1 的任何变更不会给 IEC 60335-2-107 带来不利影响，IEC 60335-2-107 技术委员会将审核 IEC 60335-1 的变更，并决定哪项措施适用于 IEC 60335-2-107。
如上文所述，一些国家可能通过并发布自己的 IEC 60335-2-107 版本。因此，除了国家特定的技术委员会，还有一个 IEC 60335-2-107 总技术委员会。对于北美，发布的标准是 ANSI/OPEI 60335-2-107。

由于机器人割草机的评估还在继续，因此标准的评估也在继续。IEC 62841-1，“手持式电动工具、移动式工具以及草坪和园艺机械——安全——第 1 部分：一般要求”，是很多电动工具和户外电动设备的现行标准。IEC 62841 的第 1 部分包含该系列的一般要求。第 2、3 和 4 部分规定了对手持电动工具、移动式工具以及草坪和园艺机械的特定要求。标准编写委员会预计机器人割草机的修订要求将在 2023 年某个时间在新的 IEC 62841-4-X 标准中发布。

虽然 IEC 60335-2-107[5] 中的所有条款都与机器人割草机的安全操作有关，但下面仅详细讨论几个条款。该讨论不应被视为要求的全面列举、回顾或解释，因为一个条款或要求本身并不能决定设计是否安全。

条款

条款 20.102 — 安全要求

正如人们所料，安全标准中的安全要求条款包含一个长长的详细要求列表。在 IEC 60335-2-107 的要求列表中，首先列出的是“切割装置外壳”子条款，其中指出切割装置是用于提供切割动作的机械装置，该装置会伸到切割装置外壳的下方。而外壳可防止抛掷物体以及在无人看管的情况下接触正在运行的切割装置。如果切割装置是离心力不超过 2 焦耳的旋转切割元件或丝线，则允许有例外，即切割装置不必在外壳下方。该例外主要基于以下假设：动能低于 2 焦耳的切割装置应该无法通过割草机的剩余力抛掷物体。

许多要求规定切割装置必须在特定条件下停止。该“切割装置停止时间”子条款指出，停止时间必须在 2 秒钟之内并且需要进行测试以验证是否合规。如果切割装置在各个传感器生成停止命令的 2 秒内停止，或者残余能量低于 0.1 焦耳，则符合 2 秒要求。
根据“牵引驱动停止”子条款所述，在特定条件下，还可能要求割草机停止移动。当手动停止、手动控制器、升力传感器、倾斜传感器或障碍传感器生成停止命令时，机器必须能够停止牵引驱动。距离和时间要求取决于使用的命令和控制功能。此外，条款 20.102.6 规定了必须采取的重新启动操作。

“无意中接触切割装置”子条款指出，运行中切割装置外壳的设计应尽可能在合理可行范围内阻止接触切割装置。采用各种测试探头进行合规测试，以确保在多数不利切割位置进行测试。测试探头设计有特定角度、深度、厚度、长度和/或枢轴点以模拟成人或儿童。自 2005 年发布以来，该标准经过多年的不断更新，增加了更多探头，这显著提高了机器人割草机的安全性。增加的测试探头现在包括：成人脚探头测试、站立儿童脚探头测试、跪坐儿童脚探头测试、手探头测试、儿童手臂探头测试和手指探头测试。

条款 21.101.2 — 切割装置和切割装置座架强度

多年前，机器人割草机的主要切割装置是一个刚性金属刀片，类似于传统手扶式或坐骑式割草机的切割装置。较新的机器人割草机现在采用旋转切割元件，由小刀片或丝线组成，这是打草机通常采用的元件。总的来说，切割装置和座架装置必须有足够的强度，可以承受正常运行时固体物的冲击，而不会给操作人员或旁观者造成伤害。

条款 22.104 — 工作区域

机器人割草机在置于自动模式时自动运行，它们不允许离开工作区域或在工作区域外运行。如果割草机在工作区域之外，则其必须不能运行。工作区域由周界限定器（线）或预先编程的区域定义。

条款 22.105 — 传感器

传感器的主要目的是监控和响应正常、安全运行期间的任何意外刺激。根据传感器和触发器的类型，此类刺激可能导致机器人割草机停止工作、重新启动或反转方向。可采用多种传感器类型：倾斜传感器、障碍传感器、升力传感器和翻转传感器。如果激活的传感器使设备停止，则仅可以通过采取条款 20.102.6 重新启动程序中规定的措施重新启动设备。

当前行业趋势

21 世纪，机器人割草机在西欧的普及速度最快。20 世纪 90 年代中期到 21 世纪初期，机器人割草机的应用变得越来越普遍；然而，自动产品仍然很少用于个人或商业应用。要正确看待机器人割草机的使用，不妨想想 2007 年发布的第一台 Apple iPhone。在此之前，并不存在带监控、通信和控制应用程序的个人设备。今天自动产品已经成为消费者日常生活常见的一部分，从吸尘器到送货机器人，从医疗设备到喷漆设备，自动产品的列表在全球范围内不断增长。虽然欧洲是机器人割草机份额最大和增长最快的市场，但其在北美的普及和扩张也没有落后太远。这两个地区的住宅和商业应用都在增长。

消费者想要获得机器人割草机提供的便利和省时优势。很多人定期安排机器人割草机在夜间运行。与传统割草机的所有者不同，他们通常在两次割草之间要等较长时间，然后必须推着割草机穿过较高的草坪，而机器人割草机的所有者则可以每天都毫不费力地修剪草坪。为了修剪面积较大的草坪，现在的趋势是为割草机配备重量更轻的切割装置，通常倾向于采用旋转切割元件（刀片），而不是类似于传统手扶式割草机中的刚性切割装置。重量较轻的切割装置的一个优势就是，在为割草机再充电之前，可以运行更长时间。机器人割草机通常根据它们可以修剪的草坪面积来区分。较大的草坪需要较长的电池续航时间，从而确保在充电站充电的时间更短。两次充电之间的电池使用时长取决于割草机需要的能量，而所需能量取决于切割装置的类型以及保持切割和向前移动割草机的推进系统。为了减少重量和电池能量消耗，旋转切割元件（刀片）近年来已越来越普遍。

商业和工业机器人割草机还有一个额外优势，那就是初始购买设备后，可降低长期人工成本。它们的整体设计、尺寸、能量和电源都与传统住宅机器人割草机有很大不同。鉴于建筑住宅草坪通常不足一英亩，因此这些差异在意料之中。相比之下，商业和工业应用的草坪面积可能更大，例如公园、路边草坪、高尔夫球场、公司经营场所等。如今，该行业既生产电池供电的设备，也生产内燃机设备，因此似乎并没有哪种设计和样式占据主导地位。根据预期最终用途的不同，刀片类型可以是旋转切割元件，也可以是刚性切割刀片。在该行业内，传感器技术和人工智能 (AI) 创新迅速发展。当今设计中的一些创新包括激光雷达、GPS 导航、接近探测和超声波传感器。应注意的是，虽然 IEC 60335-2-107 被称为家用电器标准，但它目前并没有区分住宅、商业和工业机器人割草机的用途。IEC 60335-2-107 明确规定，电池供电机器人割草机不得超过 75 VDC。目前还没有专门针对内燃机器人割草机发布的标准。但是，在 ANSI/OPEI B71 系列标准中，已经为内燃机割草机制定各种标准。燃气动力机器人割草机公司预计相关机构会制定一项涵盖燃气动力机器人割草机的标准。

电池创新

作为区分机器人割草机的主要设计元素和因素，电池和电池充电器是住宅机器人割草机不可或缺的组成部分。与电线连接和内燃机设备相比，电池越来越受欢迎，这在电动工具和户外电动设备行业已经成为长期趋势。电池技术和锂离子电池已经成为市场主流。因此，持续的需求促使电池的运行时间越来越长，能量密度越来越大，放电率越来越低；它们重量轻、外形紧凑且充电快速；还能在多次再充电后维持能量密度。制造商一直致力于为工具和园艺机械产品组合提供电池互换能力。这样一来，在秋天为吹叶机供电和在冬天为除雪机供电的电池，在夏天还可为机器人割草机供电。

IEC 60335-2-107 在附录 KK 中涵盖额外电池要求，即有关电池运行和充电的额外要求。IEC 62133 中涵盖对电池组中电芯的特定要求。为了符合电池运行和充电要求，必须在各种正常和异常工作条件下对电池进行测试，包括异常放电、短路、过度充电等条件。对于某些测试，电芯电解液泄漏是被允许的，但火灾和爆炸则被视为不符合要求的结果。每种测试的具体方法和程序可能取决于电池组的设计和配置。大多数电池的化学成分必须满足特定要求，而多数要求都与锂离子化学成分有关。机器人割草机不允许接受通用电池作为其主要功能的能量来源。

连接

虽然机器人割草机可能有不同的外形、尺寸和设计，并具有独特的差异化特征，但除了割草外，它们还有一个共同点，就是连接。连接带来了一系列全新的监管和非监管问题及挑战。

推出联网住宅机器人割草机的一个主要目的就是让房主的生活更加轻松，但有些事情可能会带来新挑战，例如：

- 多次尝试后仍不能连接割草机。
- 无法将割草机连接到新路由器上。
- 手机操作系统更新后，割草机不能联网或者收到警示。
- 不知道割草机相关错误消息的含义。
- 在 iPhone 上可以运行的功能在新 Android 手机上无法运行。
- 割草机的应用程序崩溃，因此停止使用所有智能功能。
- 最新应用程序更新后产生很多问题。

因此，一台联网的机器人割草机只有在能够联网、保持联网且能够提供预期功能时才能给消费者带来好处。这点表明，透彻了解智能设备的配置变得对用户整体体验至关重要。机器人割草机可能在保持草坪美观方面做得极好，但与智能功能有关的体验不佳可能会导致线上评分很差、客户服务呼叫增多以及产品退货。健全完善的配置流程会考虑接口、用户设置、操作系统版本、堆栈版本和芯片组之间的差异。还会考虑不同 Wi-Fi 路由器类型和配置之间的差异。

在产品设计和开发阶段、发布之前以及产品的生命周期中，需要针对大量手机和各种 Wi-Fi 路由器进行测试。

尽管机器人割草机技术并未改变，但割草机要连接的技术却在不断创新。在机器人割草机首次发布时有效的功能，可能在发布几个月或几年后不再有效。因此，机器人割草机行业面临的问题是：如何维护和升级以提高客户满意度和改善用户体验？不明问题可能迅速增长，不仅会损害您的品牌，而且纠正问题的代价高昂。

网络安全

我们已经探讨机器人割草机如何可靠联网、保持联网以及提供预期功能，现在我们将重点转向网络安全。从表面上看，机器人割草机似乎并不是攻击者的主要目标，但其连接的整体系统却可能是攻击者想要接触的目标。由于攻击者会利用漏洞，因此确保机器人割草机软件没有固有安全漏洞是一个很好的开端。开发和遵守不断评估最新威胁的测试协议，以防范报告和未报告的漏洞，是一个永无止境的过程。公开的漏洞和风险、打补丁时的风险以及未打补丁时被利用的零日漏洞的列表一直在更新。只要有可以攻击的漏洞，网络安全风险就会随着时间的推移而增加。无论机器人割草机的软件是否更新，风险都会继续存在，因为攻击者总是在寻找新方法。在发布时经过测试并被认证为安全的功能，在发布的第二天可能就不再安全了。

电磁兼容性 (EMC) 是世界上很多国家对机器人割草机的监管要求，包括美国，电磁兼容性是美国联邦通信委员会 (FCC) 管辖的要求。作为具有无线功能的预期辐射产品，这些产品需要进行特定测试。辐射发射和抗扰性测试通常会在设计阶段的早期进行，而且为了符合相关法规，还会重复很多次。对于安全认证，EMC 和无线测试都有各自的要求，产品必须符合这些要求才能投放市场。了解 EMC 和无线测试及其如何影响产品的设计和构建，对于避免在开发流程后期进行成本高昂的重新设计至关重要。EMC 和无线测试为机器人割草机提供安全保障，确保其在正常修剪草坪或在对接站充电时，在可能遇到的条件下能够安全运行。

优先实施持续全面的连接策略，在策略中考虑互操作性、网络安全、EMC和无线的公司，可在机器人割草机行业获得竞争优势。对于生产联网或智能产品的每一个行业而言，连接都是一项挑战。

只要有可以攻击的漏洞，

网络安全
风险就会
随着时间的推移而增加

限制材料

最后一个主题是限制材料，这不是机器人割草机或户外电动设备行业特有的主题，而是所有制造商都在广泛讨论的主题。

与时俱进和遵守环境法规的重要性不容忽视。因为遵守环境法规是强制性要求，违规可能会让公司损失数百万美元。

每个国家或地区都有各自的限制材料清单。希望在欧洲营销产品的公司必须熟悉电气和电子设备报废 (WEEE)、有害物质限制 (RoHS)、化学品注册、评估、授权和限制 (REACH) 以及包装和包装废物指令（包装指令）所规定的法规并遵守这些法规的定期更新。在北美，美国有毒物质控制法案（TSCA，授权给美国环境保护署 (EPA)）、加州 65 号提案、美国包装有毒物质和加拿大环境保护法 (CEPA) 最近也有更新和拟议的变更。了解规定和法规、即将发布的拟议和确认生效日期、不同的风险类型、在何时、何地以及如何发出警告，以及法律风险等信息是一项艰巨的任务。除了了解法规，很多公司还通过测试和健全完善的供应商声明计划来符合法规和规避风险。

UL Solutions 如何提供帮助?

作为测试、检验和认证方面的全球专家，UL Solutions 自 1894 年以来一直致力于帮助各公司将更加安全的产品推向市场。UL Solutions 的分支机构遍布全球，因此具有独特优势，可在制造商的整个产品设计阶段与其专家合作，帮助制造商进军不同市场。UL Solutions 将提供 C-UL-US 标志，该 UL 认证标志表明符合加拿大和美国要求。C-UL-US 标志有传统标志和增强版标志形式，还可根据 IEC 和 ANSI/OPEI 60335-2-107 对机器人割草机进行 CB 认证。我们训练有素的工程师是 IEC 60335 和 IEC 62841 标准方面的专家。在连接方面，UL Solutions 一直是优秀的提供商，无论是小企业还是财富 500 强公司，都能与之合作，帮助其应对互操作性、网络安全、EMC 和无线挑战，并取得了了不起的成果。

在限制材料方面，UL Solutions 可提供全面的知识和测试，与客户的专家和供应链合作，确保客户及时了解最新法规。

有关上述任何 UL Solutions 测试和认证服务的更多信息，请联系您当地的 UL Solutions 销售代表或访问我们的网站 bit.ly/OutdoorMachines

参考文献:

1. Edwin Beard Budding，**zxc.wiki**
2. Jennifer Igra，《History of Lawn Mowers: Know the Beginning》，**igra-world.com**
3. 《Lawn Mower》，**Gardenology.org**
4. IEC60335-2-107:2017+AMD1:2020+AMD2:2021

UL.com/Solutions

©2022 UL LLC 保留所有权利。未经许可，不得复制或散布本白皮书。
本白皮书仅供一般信息用途，且无意传达法律或其他专业性建议。

CS358651(0722)