

应用指南 释放 ACE 机械涂层性能

*(农业机械、工程机械、土方工程设备)



目录

引言

1

ACE 市场
关键核心指标

2

涂装工艺
面临核心挑战

3-4

涂装类型
农业、建筑与土
方机械

5-7

核心数据速览
最优的涂装方案

8

在 ACE 设备上
进行涂层处理
前必须了解的四个
核心问题

9

ACE 涂层工艺
四大核心技术挑
战

10-12

如何满足该市
场的需求

13-14

总结

15-16

引言

农业、建筑、采矿、土方工程、农林以及物料搬运机械，统称为 ACE（农业、建筑与土方工程）行业。这些设备通常在极为恶劣的工业环境中作业。涂层就像是机械的“保护皮肤”，需要持续抵御冲击、磨损、腐蚀性大气、强腐蚀性化学品、长期户外暴露以及极端的热循环。

ACE 机械远不止是单纯的生产工具，更是关键的战略工业资产。设备的出勤率、使用寿命、残值以及运营成本，都直接取决于表面防护的质量与一致性。因此，涂装工艺是制造环节中至关重要的一环，它不仅决定了设备的耐用性，更直接影响生产效率和全生命周期成本的控制。

应用于 ACE 机械的液体涂料系统，绝不仅仅是提供一层带颜色的外观，它们还承担着不可或缺的核心功能：

- 防护性：提供持久的耐腐蚀、耐磨损及抗环境老化能力；
- 美观与品牌塑造：在要求严苛的市场中，强化产品坚固、高品质的感知，并彰显品牌身份。

对于 ACE 设备的原始设备制造商（OEM）和生产商而言，涂装工艺必须在规模化生产中保持质量的稳定性，同时最大限度地减少材料消耗、返工、停机时间以及单件涂装总成本。

本白皮书专为负责选择、升级或优化液体涂料解决方案的工业决策者、技术经理和工艺专家编写。本文立足现场实际工况的务实评估，并聚焦 WAGENER(瓦格纳尔) 技术，深入探讨了受控的涂装工艺如何为 ACE 设备在提升生产力、优化成本效益、增强运营稳健性以及创造长期价值等方面，带来切实可见的收益。



ACE 市场核心指标

尽管农业、建筑、基础设施和采矿分属不同的经济市场，但被统称为 ACE（农业、建筑与土方工程）的各个领域，却面临着极其相似的工业限制条件。

这些机械都需要具备相当性能的技术涂料：必须能抵御极端的作业环境，并具备耐用、坚固的特性，同时还要达到一定的美观标准，以强化高价值产品的品牌形象。它们采用相似的表面处理工艺，并追求高度一致的性能目标。这就是为什么涂料制造商和行业专家将它们统称为“ACE 涂料”。这种技术上的高度契合，充分证明了采用统一的涂装解决方案是合理的。

从整体来看，ACE 市场在全球范围内代表着一种不可忽视的强大经济力量：

- 每年约有 800 万台 ACE 机械投入生产。
- 其总营业额估计高达 2700 亿欧元。
- 在城镇化、农业机械化以及大规模基础设施投资的推动下，该行业正以年均约 5% 的速度稳步增长。
- ACE 行业是全球最大的工业涂料消费群体之一。
作为对比，该行业的营业额甚至超过了全球航空航天业（约 1800 亿欧元），这充分彰显了这个常被低估的行业的巨大实力。

对于决策者而言，引入现代涂装工艺解决方案已不再是一个可有可无的边缘选项，而是支撑业务增长、控制生产成本、提升设备可靠性以及强化产品品质认知的关键战略杠杆。



应用至关重要
ACE 机械的涂装



涂装工艺面临的核心挑战

涂装的作用远不止于美观：它处于耐用性、性能感知与运营盈利能力的交汇点。这可以通过几个关键指标来加以说明。

具有双重影响的直观指标

受控良好的涂装工艺是塑造品牌形象的强大载体。作为与机械的首次视觉和触觉接触，涂装在决定产品感知价值、建立对制造商的信任，甚至激发终端用户的“拥有自豪感”方面，都发挥着关键作用。

在机械车队中，与油漆相关的缺陷会立刻引起客户的注意，并会不成比例地影响他们对设备整体坚固性和制造质量的认知——即便这些缺陷并未影响设备的实际功能性能。因此，涂装质量成为了衡量产品耐用性和可靠性感知的重要“代理指标”。

正因如此，涂装问题往往是客户不满和售后索赔的重灾区，通常占到返工或保修成本的 20% 到 25%。除了外观因素，涂装质量还蕴含着巨大的经济影响；而如果能保持持续、稳定的涂装控制，它还将成为企业打造差异化竞争优势的巨大潜力所在。

腐蚀：重大的工业与声誉危机

从更宏观的层面来看，腐蚀每年造成的经济损失估计占全球 GDP 的 3% 到 4%（数据来源：世界腐蚀组织）。对于机械制造商而言，5 到 7 年的防腐性能通常是合同中必须履行的承诺。涂装系统的任何失效，不仅会危及保修条款的合规性，还会直接削弱设备的防腐能力。这会导致设备价值迅速贬值、被迫提前翻新，并严重损害客户关系。



提升生产力与盈利能力的核心引擎

相反，受控良好的涂装工艺将成为提升工业表现的真实抓手。在市场层面，据评估，校准精准的喷涂设备可使返工率整体降低 30% 到 50%，涂料消耗平均减少 20%，并显著降低生产线上的损耗。这些收益不仅有助于削减直接成本，还能确保输出持续、稳定的高质量产品。

环保合规的核心要素

由于涂装线需要消耗大量能源用于气候控制（温湿度调节）和烘箱固化（尤其是粉末涂装），再加上材料浪费和挥发性有机化合物（VOC）的排放，液体涂料和粉末涂装成为了 ACE 机械环境足迹的主要来源。

粉末涂装通常没有挥发性有机化合物（VOC）排放，但其固化过程的能耗较高；而液体涂装则会产生更多的材料浪费和 VOC 排放，其喷涂工艺的平均转移效率往往低于 50%。通过优化涂装工艺，制造商可以在降低能耗的同时减少材料浪费和 VOC 排放，从而减轻其环境足迹。涂装工艺已成为推动可持续发展的战略杠杆，它不仅有力支持了企业社会责任（CSR）倡议，还推动了更广泛的工业环保目标的实现。



涂装类型：农业、建筑与土方机械

应用于 ACE（农业、建筑与土方）设备的涂料，其首要设计目的是保护金属表面免受腐蚀和磨损，同时也要满足外观与耐用性要求。这类涂料主要基于标准的工业涂装解决方案，包括双组分溶剂型液体涂料、粉末涂料、电泳漆（E-coat），以及占比较小的水性液体涂料。

市场数据：

- 双组分溶剂型涂料（约 73%）
- 电泳漆（12%）
- 粉末涂料（10%）
- 水性涂料（5%）



在工业涂装工艺中，粉末涂料与液体涂料扮演着互补但各有侧重的角色，具体取决于工件尺寸、基材类型、性能要求以及生产限制条件。

▶ 粉末涂料不含溶剂，在实施回收循环系统的情况下，其转移效率几乎可达 100%。它们尤其适用于对耐热金属部件进行涂层较厚、坚固耐用且防护性能极佳的表面处理。

▶ 相比之下，液体涂料在应用上具有更大的灵活性。它们可以在有或没有静电辅助的情况下进行施工，因此能够广泛应用于多种基材，包括金属、塑料和复合材料。此外，液体涂料还能实现更快捷的换色，且固化温度更低（有时甚至可以在常温条件下固化），并能提供卓越的表面涂层质量。

▶ 这些特性使得液体涂料特别适用于大型部件（如底盘或已完全组装的 ACE 机械）、形状复杂的工件、难以触及的区域、对温度敏感的部件（如带有密封件或传感器的子组件），以及对表面外观要求极高的应用场景。在实际操作中，由于其坚固耐用且高效，粉末涂装往往是金属部件的首选默认方案。而当技术或工艺上的限制导致无法使用粉末涂装时，液体涂装便成为了替代方案；而在真实的工业环境中，这种情况大约占了四分之三（即 75% 的情况）。

技术的选择取决于在技术要求、环保合规与经济效益之间取得适当的平衡。对于液体涂装而言，混气喷涂技术通常是最具通用性的解决方案。它在表面涂层质量与生产效率之间实现了良好的折中与平衡。混气喷涂技术的效率高于传统空气喷涂，且涂层质量优于无气喷涂。根据工艺限制的不同，它既可以手动操作，也可以实现自动化，并且支持有或无静电辅助。

当需要极高的涂层外观质量或极强的渗透能力时，空气喷涂雾化技术依然具有不可替代的现实意义。而当投资回报率成为关键决策标准时，旋杯技术便脱颖而出，成为液体涂装的标杆解决方案。旋杯技术仅应用于自动化或机器人喷涂工艺中，且需配合适宜粘度的涂料使用；特别是结合静电充电技术时，它能实现最高的转移效率、极致的生产效率以及顶级的表面涂装质量。

然而，这一选择并非绝对唯一，针对特定的涂层外观、生产效率或材料要求，其他技术可能更为适用。

涂层的防腐原理

防腐涂料主要通过三种互补的机制来保护金属基材：一是机械保护（屏障效应），即阻止水分、氧气以及腐蚀性化学物质接触基材；二是化学保护，通过添加缓蚀颜料，利用钝化或离子交换作用来减缓腐蚀反应；三是电化学（牺牲）保护（存在于某些特定涂层体系中），通常通过富锌底漆来实现，即利用锌优先发生腐蚀（牺牲自身）来保护钢铁基材。

在实际应用中，这些防腐机制通常会结合在多层涂装体系中（通常由底漆和面漆组成）。具体的涂层体系会根据工件所处的环境暴露条件以及预期的使用寿命来进行选择和工程设计。



涂装：全表面处理工艺中的关键一环

涂层的长期性能在很大程度上取决于表面处理的质量。可以说，表面处理是决定涂层使用寿命的基石。

表面处理的第一步是进行彻底的清洁和脱脂，以去除表面的油污、灰尘及其他污染物。随后，需进行机械或化学处理（如喷砂、抛丸或酸洗），以清除铁锈、氧化物和轧皮；同时，这一过程还能使表面形成微观粗糙度并提高表面能，从而有效增强涂层的附着力。

转化膜处理（如用于钢铁的磷化或用于铝材的铬化）通常会被进一步施加，以增强涂层附着力并提供额外的防腐蚀保护。

上述所有步骤共同构成了完整的表面处理工艺，这对于确保 ACE 机械在严苛环境下依然能够保持长久的耐用性与可靠性至关重要。



其他技术与应用场景

除了金属部件之外，许多塑料和复合材料部件（包括外饰板、内饰件和引擎盖）同样需要进行表面处理。在制造过程中，这些部件可以采用传统的涂装工艺，但也可以采用其他替代方案来实现所需的颜色与表面质量。例如：针对纤维增强塑料（FRP）的胶衣喷涂、模内涂装（IMC），或是本体着色塑料——后者的材料本身即能提供持久的颜色，无需再进行额外的涂装。

此外，在设备的整个生命周期内，维护、维修与运营（MRO）相关的涂装作业也占据了相当大的比重。这些涂装任务通常以手工方式完成，并且必须在生产效率、工艺灵活性以及涂层耐久性方面满足特定的要求。

核心数据速览： 最优的涂装方案

这些确凿的数据表明，在 ACE（农业、建筑与土方机械）行业中，采用最优的涂装方案将对您的日常运营和财务收益产生直接且积极的推动作用：

挑战	关键数据
减少每次换色时的液体油漆/粉末涂料损耗	损耗量从最高 5 升大幅降至仅数毫升（2K Smart 2KE SMART）
提高生产效率	提升高达 35%（TOPFINISH RobotBell 2 / Bell 2S）
降低维护频率	最长可达 8 年免维护
节约能源	采用涂料循环系统，节能高达50%
减少涂料消耗	采用静电喷涂工艺，涂料节省高达 30%
提升转售价值	得益于外观质量的提升，（转售价值）增加10% 至 15%



持久卓越的性能”
全面优化 ACE 的性能表现与耐用性

在 ACE 设备上涂层处理前必须了解的四个核心问题

为了优化您的涂层工艺并应对所在行业的挑战，思考以下战略性问题至关重要：

1 ➤ 如何从手动模式过渡到自动模式？

自动化已成为必然趋势：

- 大幅提升生产效率
- 显著提高的涂料传输效率
- 降低对熟练喷漆工的依赖

2 ➤ 如何应对环保问题？

满足环保法规要求现已至关重要：

- 必须减少 VOC（挥发性有机化合物）的排放
- 最大限度减少涂料和溶剂浪费的压力日益增大
- 现有工艺能否有效达成这些目标，正受到质疑

3 ➤ 如何应对不断升级的涂装产品与技术难题？

涂料配方正在快速迭代：

- 喷涂作业的难度不断增加
- 配料与混合的难度日益增大
- 您的设备是否已准备好应对这些不断变化的要求？

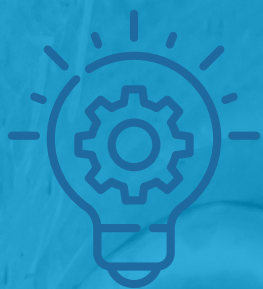
4 ➤ 如何提升生产效率？

优化设备是提升生产力的关键：

- 确保底漆、配料和喷涂系统之间的兼容性
- 缩短生产周期，减少材料浪费
- 提高涂料传输效率实现更快、更稳定的涂装，
- 减少返工和停机时间
- 通过生产数据分析与预防性维护，进一步提升效率与可靠性

ACE 涂层工艺

四大核心技术挑战



挑战一

涂装创新

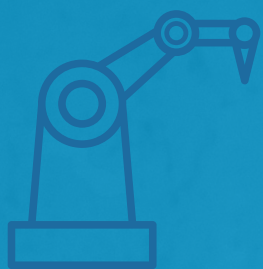
推动着您的工艺不断演进



挑战二

迈向可持续发展

减少涂料与溶剂浪费完全可行



挑战三

为恶劣环境打造坚固

且高效的涂装系统



挑战四

监控涂装性能

开启数字化新篇章

挑战一

涂装创新

推动着您的工艺不断演进

涂料在复杂性和性能方面不断演进，这也要求涂装设备必须具备持续的适应能力。

新型配方带来了诸多挑战：

- （超高）高固体份涂料（在降低 VOC 的同时，往往具有更高的粘度和更低的润湿性）
- 先进的双组分/三组分（2K/3K）涂料系统，适用期短（需要自动配料与混合）
- 水性涂料（具有不同的涂装要求）
- UV/EB 光固化涂料（对剪切力敏感）
- 直接涂装金属（DTM）
- 涂料高填料涂料（容易产生沉淀并堵塞狭窄通道）

您的涂装工艺不能再一成不变；它必须与这些新型配方同步演进。

挑战二

迈向可持续发展

减少涂料与溶剂浪费完全可行

涂装工艺往往是一个尚未被充分挖掘的效能提升源泉。

优化不佳的系统，其涂料传输效率可能低于 20%，而且哪怕仅仅是一次换色，也会造成严重的涂料浪费。通过考量总拥有成本（TCO）——包括涂料损耗、溶剂消耗、人工成本以及废弃物处理费用，制造商可以实现 10% 到 50% 的效率提升。

减少浪费与提升效能的关键发力点包括：

- 高传输效率的喷涂系统
- 设计合理的涂料供给与输送系统
- 适应工艺约束条件的智能自动化

挑战三

为恶劣环境打造坚固 且高效的涂装系统

ACE 领域的涂装作业必须应对大型工件、复杂几何形状以及严苛的生产环境。人为操作的差异性是非质量问题的主要根源：熟练喷漆工的短缺往往导致涂装失误、外观缺陷、返工，以及长期防腐性能的下降。在大型手动喷涂房中，操作往往不够精准——喷枪维护不善，喷涂参数也缺乏有效控制。

提升工艺（或流程）的可靠性，需要采取两种相辅相成的方法：

- 自动化：采用自动调漆系统（具备双组份自动配比与混合功能）以及机器人或往复机涂装设备，从而确保涂装过程的稳定性和可重复性。
- 提升手动工艺的可靠性：通过开发简单、坚固且容错率高的设备（包括优化人机工程学设计、简化日常维护以及采用直观的操作界面），从而降低对操作人员技能的依赖。

在这两种情况下，目标都是一致的：保证涂层质量，最大程度降低因质量缺陷而产生的成本，确保长期的功能耐久性，并充分考虑 ACE 环境的特殊限制以及现有的人力资源条件。

挑战四

监控涂装性能 开启数字化新篇章

涂装行业正迈入万物互联、数据驱动的全新运营时代。现代设备越来越多地集成了传感器与物联网（IoT）连接功能，不仅能够实现数据的实时监控和性能的持续优化，还能与您的数字化制造系统实现全面无缝对接。

通过收集并分析关键参数（如涂料流量、压力、温度、电压等），您可以：

- 追踪运行性能
- 及早发现异常偏差
- 确保涂装质量的可追溯性，并减少浪费（或降低损耗）。

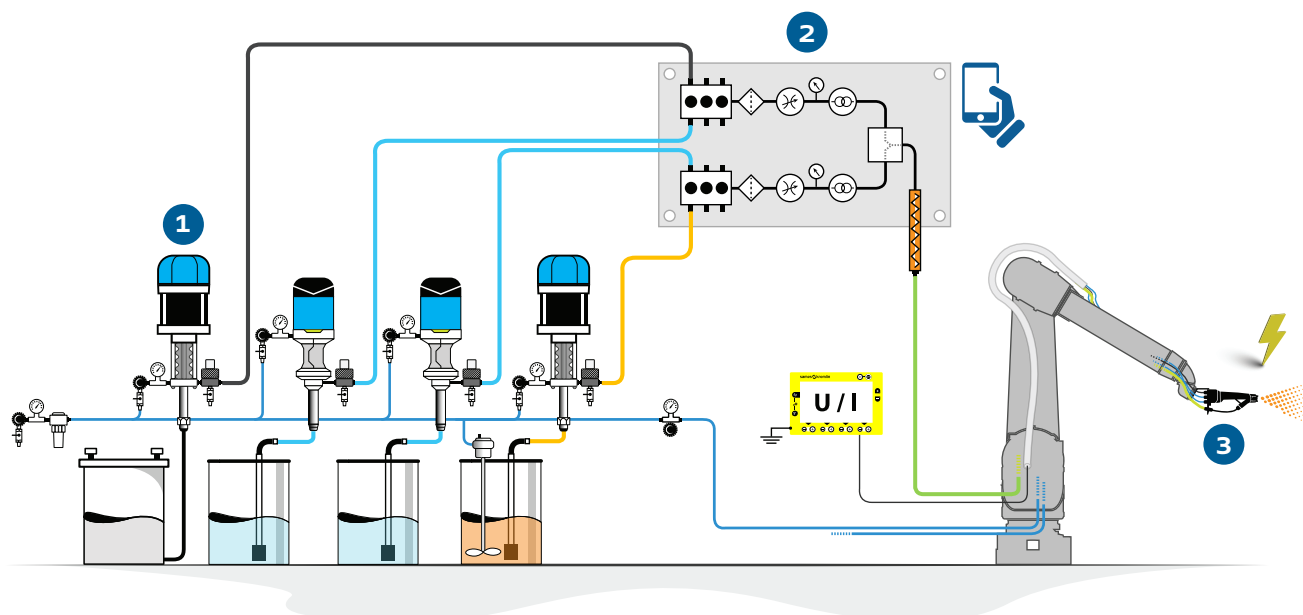
数字化不仅使员工培训更加快捷，确保了工艺结果的高度一致性（可重复性），还让工艺认证变得更加轻松。

如何满足该市场的需求

们深知您在 ACE 领域所面临的独特挑战。凭借逾百年的专业经验，我们为您提供量身定制的创新解决方案，以全面优化您的涂装作业。

我们的多技术专长使我们能够提供一套全面的产品组合

- 液体喷涂：
我们的喷涂解决方案涵盖了空气喷涂（GM1030P、GA1030、Pilot Trend、Pilot Mini）、无气喷涂（GA250AL、GM1-350、GM1-530、AG14）、静电旋杯喷涂（TOPFINISH RobotBell 2 / Bell 2S）以及相关的静电喷涂解决方案（GM5000EA、GM5000EAC、GA5000EA、GA5000EAC）。我们将协助您为特定的应用场景挑选出最高效的技术。
- 液体配比与混合：
为了实现精准的配比与混合，我们提供诸如2K Smart、2KE SMART等坚固耐用的解决方案，以确保涂装过程的可靠与可控。
- 液体输送与分配：
从基础的手动分配系统到最先进的机器人喷涂天线，我们通过对涂料的泵送、调节、选择与输送，确保将正确的涂料精准送达喷枪，从而实现最佳的喷涂性能。
- 粉末喷涂：
我们提供 Sprint 2 H (手动设备)、PEA-X1 自动喷枪套装等先进设备，适用于您的手动及自动化喷涂应用，确保实现高品质的涂层外观与卓越的喷涂效率。



系统布局示意图

- (1) 输送泵,
(3) 流体配比设备, (4) 喷枪

互联、可持续且生产力优化的解决方案：

瓦格纳尔整合了最新的创新技术，为您带来切实可见的收益：

→ **Leopard、PROTEC:**

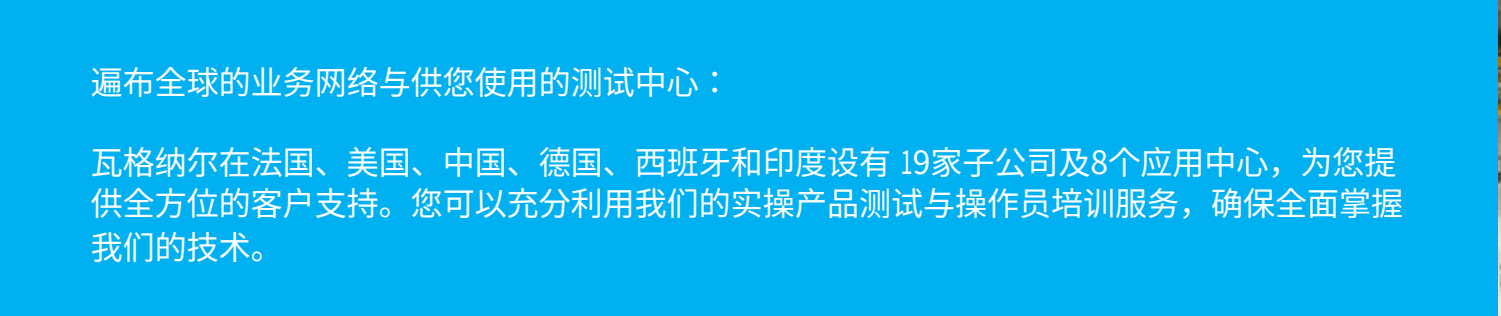
专为高固体分涂料、耐磨蚀涂料、UV 固化涂料、预催化涂料，以及含有异氰酸酯的水性涂料和固化剂而设计，能够提供极致的可靠性并最大程度减少停机时间，确保您的生产线平稳运转。

2K Smart:

→ 凭借专利的配比原理、优化的废料管理以及出色的联网能力，这款模块化配比单元定能满足您的期望。

→ **TOPFINISH RobotBell 2 / Bell 2S:**

静电效应结合 Airmix? 雾化技术，可实现高达 93% 的行业领先上漆率（传递效率）。



遍布全球的业务网络与供您使用的测试中心：

瓦格纳尔在法国、美国、中国、德国、西班牙和印度设有 19 家子公司及 8 个应用中心，为您提供全方位的客户支持。您可以充分利用我们的实操产品测试与操作员培训服务，确保全面掌握我们的技术。



创新致力于保障您的生产可靠性与践行环保理念：

瓦格纳尔持续驱动创新，确保设备在最严苛的环境中依然保持高可靠性，同时提供绿色环保的解决方案，包括降低 VOC 排放和减少涂料浪费。我们的技术赋能了多种先进的涂装能力，例如：轻松喷涂难以触及的区域、为锐利边缘提供全面保护，以及灵活适应不断升级的液体和粉末涂料配方等。这些创新成果助力我们在各类应用场景中，实现始终如一的卓越性能、出色的防腐保护以及高品质的表面涂层。

总结

在农业与建筑设备（ACE）领域，耐用性、品牌声誉和生产力是脱颖而出的制胜关键，因此，优化涂装工艺是通往成功的战略性杠杆。无论是拖拉机、收割机、挖掘机还是起重机，选择合适的涂装系统都是一项明智的投资，它将在长期的性能表现和可靠性上为您带来丰厚回报。

凭借逾百年的专业经验、前沿技术以及对可持续解决方案的坚定承诺，瓦格纳尔致力于帮助您延长设备使用寿命、降低运营成本，并实现资产价值的最大化。我们的解决方案以全球应用中心的实操测试、操作员培训及全方位支持为坚实后盾，专为应对农业与建筑设备（ACE）市场中最严苛的挑战而设计，能够为您带来始终如一的高品质、卓越的运营效率以及高度的环保责任。

携手瓦格纳尔，将您的涂装作业转化为可量化的竞争优势：在降低成本、提升生产力的同时，为您的机械设备提供可靠且具备卓越防腐性能的涂装效果。

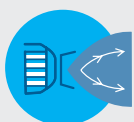




附着 · 防护 · 美化

凭借我们的手动喷枪、自动及机器人涂装设备，并辅以种类繁多的流体处理、配比、混合与分配泵机，瓦格纳尔为您提供全面的工业解决方案，助力您提升产能、改善产品质量，并节省材料与成本。我们是工艺设备的设计与制造商，产品共分为六大系列：

液体涂料喷涂解决方案



+



+



空气喷涂

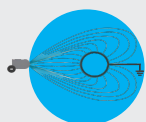
确保极致漆面效果的涂装技术。

混气喷涂

漆面品质与生产力的完美结合。

无气喷涂

保护表面的最高效涂装技术。



液体涂料静电
涂装解决方案



液体涂料旋杯
涂装解决方案



粉末涂装解决
方案