

土体加筋 · 稳固 · 约束

土工合成材料 **Strata**

StrataWeb[®] 土工格室、StrataGrid[™] SGU-SGB 土工格栅、StrataBase[®] 刚性土工格栅、StrataTex[™] 非织造土工布与 StrataDrain[™] 排水土工复合材料——把软弱土变成耐久基础设施的工程技术。含设计支持。

01 一家全球制造商

Strata 是土工合成材料制造与岩土工程领域的全球领先者，创立于 1994 年，在美国、印度、巴西与英国设有工厂与办事处。其产品按国际标准制造，并由全球公认的设计与工程支持服务提供保障。

Ece® 是其巴拉圭官方代理：我们供应材料，在制造商技术支持下陪伴设计，并以自有专业班组完成施工。

可核验的质量： 产品在 GAI-LAP 认可实验室完成试验——TRI（美国）、BTG（英国）、BTRA（印度）——通过 NTPEP 认证，并符合 ASTM、ISO 与 GRI 标准。

1994
成立年份

4
个国家设有工厂与办事处

+400
名员工 · 200 名工程师

ISO-CE
NTPEP · GAI-LAP

解决方案	功能	典型应用
竖向	加筋	高速公路、开发项目与填埋场的挡土墙
水平向	稳固	堤防、承载、路面、吊装平台
倾角	约束与加筋	水土流失防治、加筋边坡、<70° 挡墙



StrataWeb® 土工格室防护阿尔韦迪引道边坡——由 Ece 施工 57.000 m²

02 STRATAWEB® – 土工格室

StrataWeb 把三维蜂窝的结构形式带入土体加筋：挤出成型的聚合物片材按一定间距焊接，张开后形成格室基质。充填后可传递重载的拉压力，并提供 **承载能力高于任何其他土工合成材料**。

既适用于 **承载** 也适用于 **渠道衬护与边坡防护**，并可接受不同填料——素土、种植土、粒料或贫混凝土——面层按项目要求：**土料、块石、混凝土或植被**。

- ▶ 带深压纹的穿孔，兼顾排水与摩擦
- ▶ 按现场需求提供不同焊缝强度等级
- ▶ ESCR 性能可达 5.000 小时
- ▶ 定制高度与格室规格
- ▶ 可用于陡于 1H:1V 的边坡，甚至用于保护渠道与蓄水池的土工膜

应用领域

软土地基上的非铺装道路·边坡水土流失防治·渠道与塘体衬护·作业与钻探平台·集装箱堆场承载



以 StrataWeb® 护面的 57.000 m² 边坡——阿尔韦迪引道

Ece 在巴拉圭的工程：对以下部位的防护：**阿尔韦迪市引道**（57.000 m²——引道边坡的加筋、防护与植被恢复）·**巴拉圭海军的边坡整体防护**，雷曼索大桥基地，马里亚诺·R·阿隆索（23.000 m²，以植被恢复收尾）·**林区道路加筋** 在以下省份采用 100 mm StrataWeb®：**康塞普西翁**。



林区道路以 100 mm StrataWeb® 加筋，穿行于林地之间：格室以现场自有材料充填——康塞普西翁

03 STRATAGRID™ – 土工格栅

StrataGrid 是一种 加筋聚酯（PET）土工格栅 高性能，以高强度、高分子量纱线织成尺寸稳定的网格。其专利抗紫外涂层配方提供机械与化学耐久性——施工期间以及在侵蚀性土中——并具备 **结构寿命超过 100 年**。

提供行业领先的延伸率与应力-应变性能：用加筋土（MSE）系统把不可用的场地变成可用，节省空间与造价。

- ▶ 土体与土方的竖向与水平向加筋
- ▶ 最高 **成本降低 20%** 相较于传统挡土方法
- ▶ 最高 **提高 50%** 在铁路、柔性及刚性路面、乡村道路、石块路与碎石路的结构性能方面
- ▶ 或者反过来：**粒料层厚度减少 25% 至 50%** 在相同设计寿命下——采石更少、运费更低、土方更少

系列	抗拉强度	卷材幅宽
StrataGrid SGU 单向	40 – 180 kN/m 等级 40 · 60 · 80 · 100 · 120 · 150 · 180	1.9 · 3.8 · 5.7 m × 100 m
StrataGrid SGB 双向	20 – 150 kN/m (MD = CMD) 等级 20 · 30 · 40 · 60 · 80 · 100 · 150	5.0 m × 100 – 200 m

应用领域

加筋土（MSE）挡墙 · 加筋边坡 · 桩承载传递平台 · 路堤基底加筋 · 路面与铁路加筋 · 填埋场封场

Ece 服务： 我们依据每个项目的稳定验算确定 StrataGrid 的等级，并有我方与制造商双方工程师的支持。



在粒料填筑之前铺设于路基上的 StrataGrid™ 双向土工格栅

04 STRATABASE® – 刚性土工格栅

StrataBase® 是一种土工格栅 挤出成型的刚性双向聚丙烯：一体式肋条与节点约束颗粒材料并引入受拉单元，从而提高承载与荷载支撑能力。其长处在于 **刚度、网孔稳定性与嵌锁作用** 与骨料。

该 **侧向位移** 基层骨料的侧向位移是路面结构最常见的破坏形式。StrataBase 抑制它——由此节省厚度，或成倍延长结构层的使用寿命。

- ▶ 最高 **骨料层厚度减少 50%** 在相同设计寿命下
- ▶ 以下方案的经济替代：**挖除换填 软土**
- ▶ 节点效率为 **93%**（GRI-GG2），三个等级均适用
- ▶ 其使用已由以下规范标准化：**AASHTO R 50** 用于基层加筋

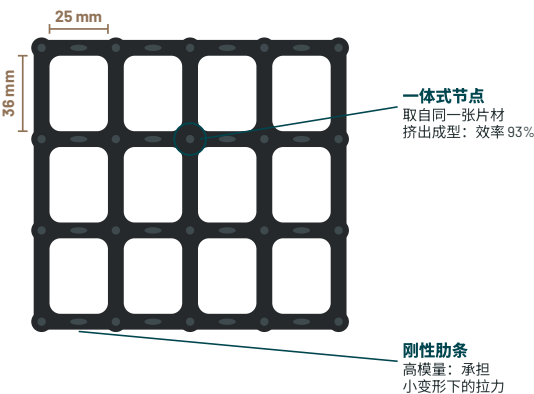
等级	纵/横向极限强度	网孔尺寸
SB11	12.4 / 19.0 kN/m	25 × 36 mm
SB12	19.1 / 28.7 kN/m	25 × 36 mm
SB30	30.0 / 30.0 kN/m	36 × 33 mm

应用领域

柔性路面基层加筋 · 路基与地基改良 · 运输道路 · 工业堆场与硬化场地 · 机场跑道 · 软土地基路堤 · 饱和土上的作业平台

Ece 工程： 供应 60.000 m² 双向土工格栅，用于以下项目
底基层标高处平交过渡段的加筋：**PY12 公路**。

网格构造如何



矩形网孔与肋条刚度将骨料嵌锁：骨料进入格室并被约束其中。SB11-SB12 等级的公称尺寸。



骨料直接摊铺在土工格栅上：从第一遍碾压起就开始约束 · 图片：Strata

05 STRATATEX™ – 非织造土工布

非织造土工布 **StrataTex™** 采用以下工艺制造：**针刺** 聚丙烯短纤或聚酯长丝制成：一种透水、高延伸率的织物，让水通过并 **拦住土颗粒**，且不会淤堵。

它的作用无声，却是决定性的——而且是整套土工合成材料中最便宜的一项。

- **隔离** 粒料层与路基，并阻止细颗粒上泛
- **过滤** 排水体与墙背的水，而不带走土颗粒
- **导排** 水在其自身平面内
- **保护** 土工膜免受石块刺破

性能	范围
工艺	针刺非织造
聚合物	聚丙烯（PP）或聚酯（PET）
克重	100 至 600 g/m ² ，按项目确定
耐久性	抗紫外稳定 · pH 2-13 · 50 年以上

应用领域

道路与平台的层间隔离 · 排水体与墙背反滤 · 蓄水池与填埋场的土工膜保护 · 盲沟包裹 · 土工格室与混凝土联锁垫下垫层

经验法则：每一处排水都需要反滤，每一张土工膜都需要垫层。非织造土工布两者兼任。Ece 依据以下参数选型：**垂直渗透系数与等效孔径** 视项目土质而定。



在粒料层之前现场铺设非织造土工布

产品系列速览

系列	用来做什么	单位面积质量	选型依据
标准型	隔离、过滤、排水与水土流失防治	105 至 542 g/m ²	AASHTO M288 耐久等级
高强度	土工膜垫层与环保工程	135 至 542 g/m ²	CBR 顶破与厚度
路面重铺	沥青面层下的应力吸收布	129 与 143 g/m ²	沥青保持量与熔点

全系列在 500 h 时抗紫外强度保留率 70%（ASTM D4355），延伸率 ≥50%。逐等级的详细数据见 F-4 说明书。

06 STRATADRAIN™ – 排水土工复合材料

像毯子一样铺开的排水层。StrataDrain™ 将 HDPE 排水土工网——**双平面**（SD 系列）或 **三平面**（TD 与 HF）——单面或双面复合非织造土工布：水经土工布过滤进入，沿芯材通道流动，在系统底部汇集排出——**无需碎石，无需超挖**。

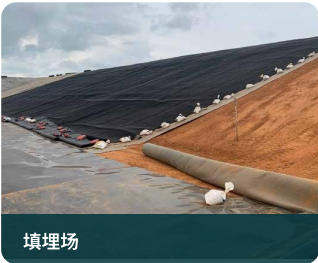
- ▶ 最高 **1,75 l/m·s** 平面导水（HF， $\sigma=20$ kPa）
- ▶ 取代大厚度排水碎石层
- ▶ 在侵蚀性土中耐久（**pH 2-10**）
- ▶ 卷材规格 **3.8 m** 宽：搭接更少、效率更高

在道路设计中，这一点算两次：在 AASHTO 93 中，排水系数 **m** 排水良好的基层可达到 **1.40**，相对于 **0.40** 而不是超过 25% 的时间处于饱和状态的那种。

等级	芯材	厚度
SD 40 · 45 · 50	双平面	4.8 – 6.2 mm
TD 50	三平面	按等级
HF 55	高流量三平面	21.5 kN/m

应用领域

墙背 · 垃圾填埋与堆场 · 污染场地 · 公路、铁路与机场 · 隧道与地下工程 · 矿业 · 土方工程 · 排水沟 · 加筋边坡



07 加筋土挡墙

两套系统，同一逻辑：该体块以下列材料加筋：**StrataGrid™ 单向土工格栅**而面板赋予其形状、饰面与围护。Ece 与以下产品一并施工：**Geo Soluções**——Strata 的区域合作伙伴——因此在墙体内部工作的土工格栅，与我们在目录其他部分所指定的完全相同，附带其稳定验算与蠕变折减系数。两者皆为**竖向解决方案**：对于缓坡与水土流失防治，答案是 StrataWeb® 或水土流失防治网垫。

StrataSlope®

面层为折成「L」形的镀锌钢丝网，以拉杆稳固并填以洁净块石：面层**自排水**且外观自然。其最大优势在于经济性——**使用现场自有土料**作为加筋填料，省去取土场与运输，并可在距面板 1m 处以重型机械压实。模块高 40 与 50 cm，现场组装。设计依据 **ABNT NBR 16920-1**。

石面 · 自排水

Lock+Load®

模块化悬臂挡墙：每个单元——面板厚 **41 kg** 外加扶壁，尺寸 **18 kg**，采用强度为 **42 MPa**——铺设方式：**人工作业，无需吊车**，并由压实填料自身固定。可承受贴面强夯而不失线形，适应任意倾角、曲线或转角，配合加筋土可形成高度达**超过 18 m** 的高度。

带纹理的混凝土面板

完整系统

Ece 交付的每一道挡墙都附带其工程设计：**StrataGrid 土工格栅**按计算确定规格，**StrataTex™ 非织造土工布**反滤，**StrataDrain 排水土工复合材料**在墙背，以及项目所要求的表面饰面。**Strata 的完整产品线：**StrataWeb® 土工格室 · StrataGrid™ SGU 与 SGB 聚酯土工格栅 · StrataBase® 刚性土工格栅 · StrataTex™ 非织造土工布 · StrataDrain™ 排水土工复合材料。

可按需提供的替代系统：StrataBlock®（带覆土的分段式混凝土砌块）与 StrataWeb® 面层挡墙（格室以贫混凝土或种植土充填）——当项目需要时另行选型。



StrataSlope® 挡墙——外露石面，自排水

从设计到工地：Ece 与制造商共同完成挡墙选型，提供完整系统，并以自有班组施工——从工程设计到交付，只有一个责任方。

08 道路与路面加筋

这不是可选的改进：它已被规范化。以土工合成材料加筋柔性路面粒料层已获认可，依据为 **AASHTO R 50 – Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures**——并计入设计 **AASHTO 93**，即巴拉圭道路设计所遵循的方法。

该标准定义了三个设计参数，需针对每款产品通过试验取得：

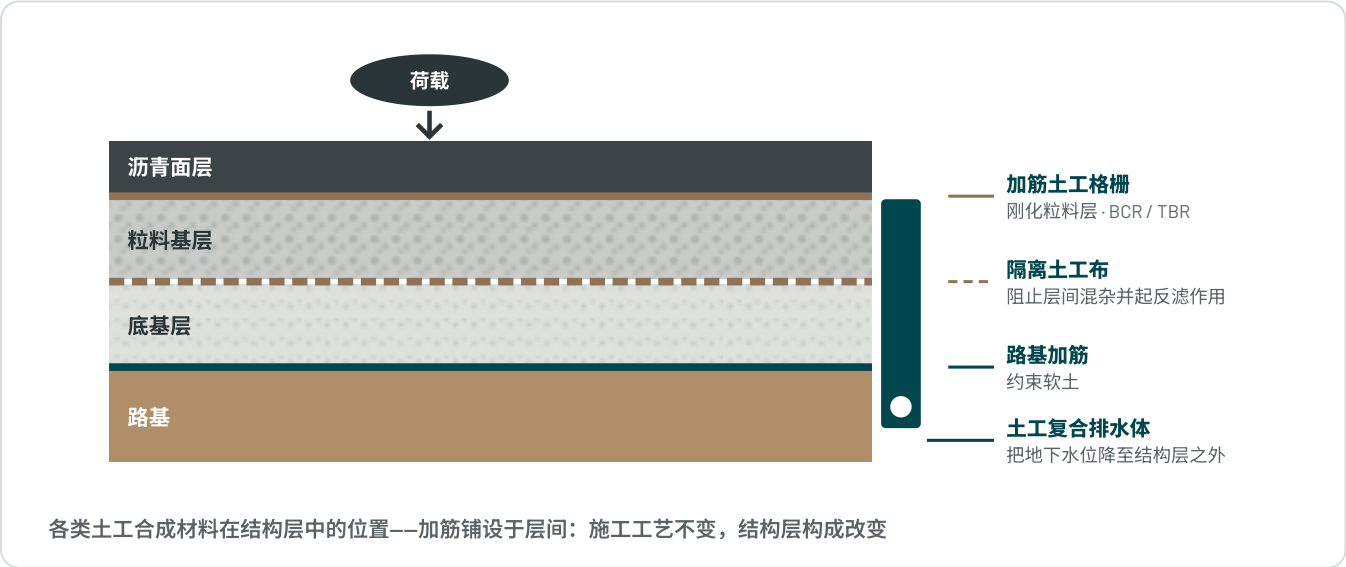
- **TBR – 交通量效益比 (Traffic Benefit Ratio)**：在相同车辙深度下，加筋结构可承受多少倍的交通量
- **BCR – 基层厚度折减 (Base Course Reduction)**：在相同设计寿命下可节省多少基层厚度
- **LCR – 层系数比 (Layer Coefficient Ratio)**：该层的结构系数提升多少

在 **AASHTO 93 公式**中 其效益直接计入结构数：**SN = a₁·D₁ + a₂·D₂/(1-BCR)·m₂ + ...**——要么延长使用寿命，要么节省厚度。绝不可能两者兼得。
而 **m₂ 系数就是排水系数**：排水良好的基层，其 **StrataDrain™** 最高可达 **1.40**，相对于 **0.40** 而不是超过 25% 的时间处于饱和状态的那种。

设计目标	作用机理	功能
稳固粒料层	骨料的侧向约束	刚化作用
防止层间混杂	阻止细颗粒唧出与骨料嵌入	隔离与过滤
稳固软弱路基	竖向约束与薄膜效应	加筋
缓解膨胀性黏土	保持粒料层的完整性	刚化作用
把水排出路面结构层	拦截渗流并把地下水位降至路面之外	排水与过滤

适用场合
柔性路面（基层与底基层）· 刚性路面 ——加筋不放在面板里，而放在底基层，使支承均匀并阻止唧泥 · 非铺装道路、碎石路与石块路 · 铁路（道砟与底砟）· 作业平台 以及装卸堆场。结构层的排水以土工复合材料解决：**StrataDrain™** 置于纵向沟槽中。

现场实证（FHWA/MT-14-002，17 个埋设仪器的试验段）：**机织土工布** 在受测的 14 款产品中表现最佳，其 **TBR 自 4,1 至 14,8** 取决于容许车辙深度以及 **BCR 为 26,9%** ——几乎 **11 倍** 对照段所承受的交通量。



09 设计已包含在内

加筋类土工合成材料不是按平方米买的：它是算出来的。Strata 在其每一份技术数据表上都写明了这一点——凡采用其产品的项目，均须由具备资质的工程师完成设计——。该计算包含在 Ece 的供货范围内，并有制造商工程部门的支持。

加筋挡墙或边坡如何验算

分析按以下方式进行：**极限平衡法**，按 Rankine 假定平面滑动面且不计静水压力——排水另行解决，这也是 StrataDrain™ 进入同一项目的原因。共走三个层次：

- ▶ **内部稳定。** 确定加筋层的竖向间距、每层长度与搭接。层高不宜超过 50 cm，以免面板鼓肚。
- ▶ **外部稳定。** 对加筋体作抗倾覆、抗滑与地基承载破坏验算；若不满足，则修正内部设计。
- ▶ **整体稳定。** 分析穿过加筋体自身的圆弧与平面滑动面。安全系数须 ≥ 1.5 。

用于 **道路与路面** 路径是 AASHTO 93：土工格栅以结构数或层系数的提升进入计算，最终体现为粒料层厚度减少（BCR）或使用寿命延长（TBR）。

折减系数因产品而异。 用某一种土工合成材料的参数做计算、却安装另一种，计算就此失效：以「同等产品」替换而不重新验算，是性能不达标最常见的原因。

从公称强度到设计强度

$$T_{容许} = T_{极限} \div (FR_{ID} \times FR_{FL} \times FR_{DQB})$$

- T_{极限}** 宽条法极限强度（ASTM D6637 / D4595）
- FR_{ID}** 施工损伤
- FR_{FL}** 蠕变，即 蠕变从长期看
- FR_{DQB}** 化学与生物降解

在该设计强度之上，还要做拔出验算（拔出），颗粒土取 1.5，黏性土取 2.0。

常用折减系数·土工格栅

应用	损伤：施工	蠕变（蠕变）	降解化学/生物
铺装道路	1.2-1.5	1.5-2.5	1.1-1.7
非铺装道路	1.1-1.6	1.5-2.5	1.0-1.6
路堤	1.1-1.4	2.0-3.0	1.1-1.5
边坡	1.1-1.4	2.0-3.0	1.1-1.5
挡墙	1.1-1.4	2.0-3.0	1.1-1.5
承载力	1.2-1.5	2.0-3.0	1.1-1.6

参考范围引自 Koerner（2012）。设计取值来自具体产品的试验结果与所要求的使用寿命。

ECE 随材料一并交付的内容

计算书与稳定验算·加筋布置图（各层标高、长度与间距）·分产品与等级的工程量·招标用技术规格·施工指南与班组培训·现场陪伴与技术指导

10 STRATA 在巴拉圭，由 ECE 代理

+24

由 ECE 完成的工程

100%

由自有班组施工

亚松森

本地库存与技术支持

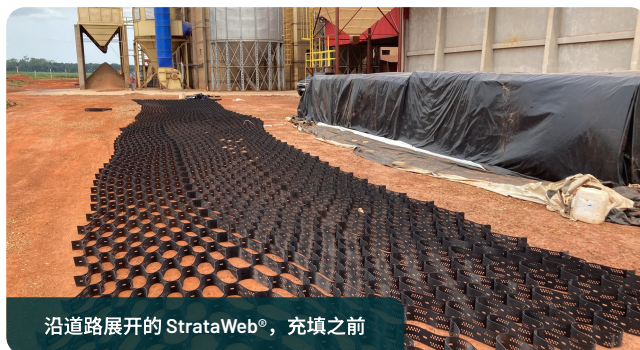
+100

年 STRATAGRID 结构寿命

为什么选 Ece：我们交付的不只是一卷材料——我们与自有工程师及制造商共同完成选型，以自有班组施工，并以全国 24 项以上基础设施工程的经验作为背书。

为你的项目申请技术验算：我们踏勘地形与荷载，回复已完成选型的方案并附报价，不收费。

责任单一：从选型到交付，并在亚松森备有库存与技术支持。



沿道路展开的 StrataWeb®，充填之前



EMPRESA DE CONTROL DE EROSIÓN

Ece® – 水土流失防治公司

Tte. Héctor Vera 2136 esq. Raúl Carmona, C.P. 1820

亚松森，巴拉圭

epcepy.com · info@epcepy.com

+595 981 003532

IG/FB: @epcepy · LinkedIn: /company/epcepy

Ece 使用 Strata 土工合成材料的工程

阿尔韦迪市引道

57,000 m² 的边坡整体防护，以草皮加筋网垫强化的植被恢复收尾

巴拉圭海军——雷曼索大桥基地，马里亚诺·R·阿隆索

23,000 m² 的边坡整体防护，以植被恢复收尾

林区道路，康塞普西翁

土工格室加筋 100 mm StrataWeb®

PY12 公路

供应 60,000 m² 双向土工格栅，用于底基层标高处平交过渡段的加筋



StrataWeb®——加筋土体的蜂窝：每个格室按需充填合适的材料