

# 土工布热熔连接技术的应用

刘祥

(中交一航局第三工程有限公司)

**摘要:**在某海外大型水工护岸项目中,为解决土工布铺设效率低、砂渗漏风险高及施工成本高的问题,研究并采用了土工布热熔连接技术。该技术替代了传统的搭接方式,通过加热设备将2块土工布边缘加热至熔融状态,迅速压合形成紧密连接。应用结果表明,热熔连接技术显著提高了铺设效率,减少了水上搭接处理,节约了原材料成本,同时有效防止了砂渗漏,提升了施工质量和耐久性。该技术成功实现了降本增效的目标,具有较高的推广价值,适用于类似的大型水工护岸及其他土木工程项目。

**关键词:**土工布;热风枪;热熔连接;铺设压载

## 0 引言

土工布在反滤方面的应用广泛,主要用于防止土壤颗粒流失的同时确保水分顺利排出。其具有高效过滤、耐久性强、施工简便和经济性高等优势,成为水利工程、道路工程、地下工程等领域不可或缺的材料。在实际工程中,土工布常需要通过连接来满足大面积覆盖需求或适应复杂地形。目前工程中广泛应用的连接方式包括缝合、粘接、搭接等,存在连接强度不足、耐久性差、施工质量不稳定、环保性差的问题。为解决土工布连接中的上述问题,通过技术创新和设备改进,提出热风枪热熔连接土工布技术。从而实现提高连接强度、提升耐久性、保证施工质量、促进环保施工、降低工程成本的目标。本研究旨在提升土工布连接的整体性能和应用效果,延长工程使用寿命,推动土工布连接技术的创新与发展,为现代工程建设提供更高效、环保的解决方案。

## 1 工程概况

某海外大型水工项目包含5500 m护岸,均采用700 g/m<sup>2</sup>聚丙烯(PP)短纤无纺土工布作为护岸的反滤结构,铺设总量约20万m<sup>2</sup>。土工布单幅宽5.8 m(工厂可加工幅宽普遍不超过6 m,且考虑便于装箱运输),厚5 mm。如采用传统滚铺工艺,土工布搭接缝较多、临时压护量大,每天1个潜水组铺布仅约300 m<sup>2</sup>。为优化土工布铺设工艺,现场进行了大量试验研究,多次反复尝试用缝纫机缝合相邻土工布,但频繁跳针、无法有效缝合,因此提出热熔连接工艺。

## 2 热熔连接机理

土工布热熔连接是在搭接处加热融结成一体的连接方式,搭接面宽度30 cm,分成3条热熔连接,每条10 cm宽,此工艺经过现场试验验证获得成功。

土工布热熔连接示意图见图1。

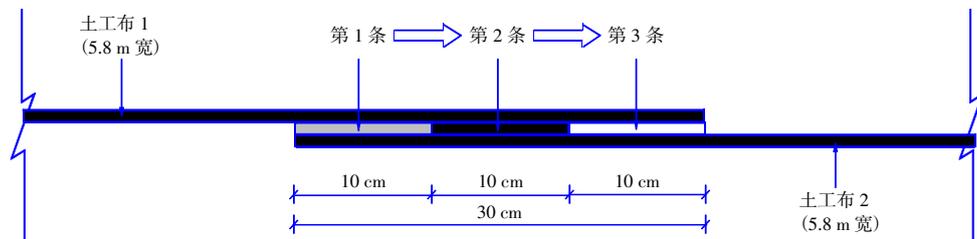


图1 土工布热熔连接示意图

土工布热熔连接通过加热使重叠部分的表面纤维熔化,随后在冷却过程中相互嵌合并固化,形成强韧且无缝的连接<sup>[1]</sup>。该过程依赖精确的温度

控制、压力施加和冷却等步骤,以确保连接的完整性和性能。具体机理如下:1)使用热熔设备(如热风枪)对重叠区域加热,使土工布材料达到

熔点, 软化其聚合物表面而不造成降解; 2) 熔化的聚合物表面相互接触, 在冷却过程中于分子水平上嵌合, 形成连续且耐用的接缝; 3) 在熔化阶段施加压力, 确保重叠层均匀接触并消除气隙, 从而增强机械结合强度, 避免接缝处出现弱点; 4) 连接处自然冷却, 聚合物重新固化, 将层锁定在一起, 形成与原始材料性能相近的接缝。

### 3 技术优势与局限性

热熔连接通过高温熔融和冷却固化形成无缝接缝, 显著提高了土工布的连接强度和耐久性, 适用于高强度工程场景。热熔连接、缝合连接、机械连接等连接方式的对比<sup>[2]</sup>见表 1。

表 1 热熔连接与传统连接方式的对比表

指标	热熔连接	缝合连接	机械连接
强度	高(接缝强度≥母材 100%)	中(依赖缝合线强度)	低(易受夹持力影响)
紧密性	完全紧密	存在针孔渗漏风险	无紧密性
施工成本	高(设备与能耗)	低(手工操作)	中(夹具成本)
适用场景	倒滤工程、高荷载环境	非关键性临时工程	快速施工或复杂形状

土工布热熔连接具有显著优势。包括: 1) 连接强度高、抗震能力强。热熔连接通过高温熔融纤维并迅速冷却固化, 形成牢固的粘结, 显著提高了接缝的强度和耐久性, 尤其适用于高强度工程和抗震场景。2) 施工方便快捷。其设备操作简单、施工速度快, 适合大规模工程需求, 且无需复杂工具或技术, 降低了施工难度和成本。3) 适应性强、质量可控。热熔连接适应各种环境条件, 包括潮湿或雨天, 同时通过精确控制温度和压力, 确保接缝质量稳定。4) 环保性好。该工艺不使用化学粘合剂, 减少环境污染, 符合绿色施工要求。5) 经济效益显著。尽管初期设备和工艺成本较高, 但其高强度和长寿命可降低工程维护成本, 具有显著的经济效益。

土工布热熔连接的局限性主要体现在成本较高、设备依赖性强、质量控制要求高、材料适用性有限以及环境限制等方面。热熔连接需要专用的热熔设备和工艺, 设备成本和操作成本较高, 且对设备依赖性较强, 一旦设备故障会直接影响施工进度。此外, 热熔连接的质量受温度、速度等参数影响较大, 需严格控制和检验。该方法主要适用于具有热熔特性的纤维材料(如聚丙烯纤维), 对其他类型土工布的适用性有限。虽然热熔

连接可在潮湿环境下进行, 但在极端高温或低温条件下, 材料性能可能受到影响, 限制了其应用范围。

### 4 热熔和铺设工艺

将相邻两幅土工布热熔连接, 并热熔小布块后进行两幅土工布同步铺设, 热熔连接后土工布宽度 11.3 m, 铺设过程中相邻两幅土工布搭接宽度控制为 1 m, 因此两幅土工布有效铺设宽度为 10.3 m, 已达到岸坡滚铺作业的最大限度。

#### 4.1 热熔工艺

使用热熔设备(热风枪)在土工布重叠区域均匀加热至一定温度; 迅速将加热区域手工压合在一起, 形成连续的连接; 让连接的接缝自然冷却, 牢固地粘接在一起; 在铺设之前检查接缝的均匀性和强度。

得力 DL391200 数显调温热风枪(图 2), 采用无极变速调温、温度实时显示、自动冷却设计, 双发热芯, 额定功率 2 000 W, 温度范围在 100~650 °C 可调, 开关 1 档为低风速档(功率 120~1 000 W, 温度 100~400 °C, 风量 250 L/min), 开关 2 档为高风速档(功率 190~2 000 W, 温度 100~650 °C, 风量 500 L/min)。



图 2 得力 DL391200 数显调温热风枪

#### 4.2 热熔连接

指定 3 名专人操作热风枪, 操作时必须佩戴塑胶手套, 避免烫伤。将热风枪调至开关 2 档, 控制吹出的热风温度约 250 °C, 热熔连接速度约 25 cm/min, 上下 2 层土工布的搭接面分条状(搭接面宽度 30 cm, 分成 3 条, 每条 10 cm 宽)同时烘烤, 必须控制在边线范围内。另外, 沿着土工布长度方向每隔 1 m 热熔 0.3 m×0.3 m 的小布块,

以便于铺设时的搭接和压护操作。小布块上预留尼龙绳，处于水下的小布块用尼龙绳串联起来，以便于潜水员顺绳攀爬，确保土工布连接与砂袋绑扎固定不遗漏。热风枪扫过一遍且出现明显的土工布表面烤焦迹象，即可进行粘接。热喷嘴距离土工布表面约 3 cm 以保证空气流动，并始终保持移动状态，避免局部过度加热而烧透土工布。完成后检查粘缝质量，确保粘缝结合紧密牢固可靠，不出现裂缝、漏粘等缺陷。土工布热熔连接见图 3。



图 3 土工布热熔连接

热熔连接工艺需要注意温度、速度、裂缝、漏粘等细节问题。1) 温度控制。在热熔连接过程中，需要控制好温度，避免过度加热导致土工布变形或损坏；2) 速度控制。在粘接过程中，需要控制好粘接设备的运行速度，以确保土工布的均匀受热；3) 避免裂缝。在铺设土工布时，需要确保其平整、无褶皱，以避免在粘接过程中出现裂缝；4) 避免漏粘。在土工布卷缠绕之前要仔细检查，确保没有漏粘的部位。

粘缝修补办法：如局部连接不牢固，应拉开粘缝重新粘接；如粘接过程中因加热过度导致土工布熔化硬结，出现孔洞等情况，应局部切除损坏的土工布，并用新的土工布进行修补。

#### 4.3 连接检测

选取多组热熔连接处的土工布按 Geosynthetics-Wide-width tensile test<sup>[3]</sup>标准进行拉伸试验，以评估热熔连接工艺的力学性能。选取 30 cm 宽的热熔连接土工布试样，将试样夹持在拉伸试验机的夹具中，以恒定速率施加拉伸荷载，直至试样断裂，记录拉伸过程中的荷载-伸长曲线，计算断裂强度和断裂伸长率等力学性能参数。结果显示所有试样均在未粘接的土工布区域发生断裂，热熔连接处未见断裂；热熔连接土工布的平均断裂

强度为 29.13 kN/m，断裂伸长率 73%。该结果远高于该项目设计上要求的断裂强度(22 kN/m)和断裂伸长率(60%)，热熔连接处的抗拉伸强度高于未粘接的土工布(母材)，表明热熔连接工艺安全可靠。热熔连接工艺显著提升了土工布的整体性能，适用于高强度要求的工程场景。

#### 4.4 铺设压载

安排施工人员在两侧控制土工布端部缆绳，通过缓慢下放缆绳来控制布卷的进度。潜水员在土工布卷的两端协助铺设，同时牵引拉绳，以调整和控制土工布卷的展开方向和速度。铺布过程中，将砂袋放入履带吊的吊篮中，履带吊将其运送至坡面进行压载，手工绑扎砂袋，以确保土工布紧贴倒滤块石。压载物还可以在一定程度上分散荷载，减少土工布的局部应力集中，提高其使用寿命。土工布铺设压载见图 4。

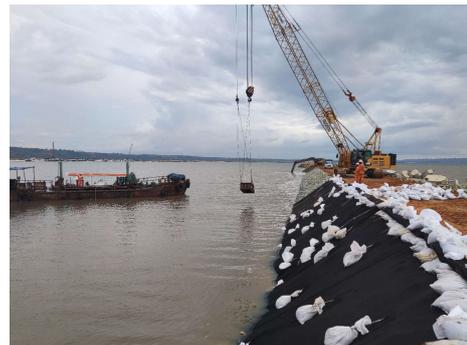


图 4 土工布铺设压载

## 5 结语

热熔连接工艺的成功应用，实现了土工布由单幅改为双幅铺设，大幅减少水上搭接缝数量，砂袋用绳结后压护也更加稳固，接缝更是采取搭接和绳结的双重保险，有效规避了接缝漏砂的风险，土工布铺设效率成倍提升，仅用一个潜水组就保质保量完成全部施工任务，并节约土工布用量，达到降本增效的目标。建议充分挖掘土工布热熔连接工艺的潜力，并广泛用于水运护岸工程等领域。

#### 参考文献：

- [1] 王鑫竹,钱晓明,黄顺伟.非织造土工布的功能及应用[J].应用技术,2017(11):1-4.
- [2] KOERNER, R M. Designing with Geosynthetics[M]. Xlibris Corporation, 2012.
- [3] BS EN ISO 10319:2024, Geosynthetics-Wide-width tensile test [S].