

# 土工合成材料在防汛抢险中的运用

谢明快 李波

会泽县水务局，云南曲靖，654200；

**摘要：**土工合成材料将两种或多种土工材料进行合成，可以同时满足防渗、加固、排水等多种工程需求，这种“一材多能”的特点使其在防汛抢险中被广泛使用。本文在介绍土工合成材料应用优势和主要作用的基础上，分别概述了土工合成材料在堤坝坍塌、管涌、大面积散浸中的实践应用。研究表明，根据险情类型和工程特点，灵活选用“土工格栅+土工布+沙袋”或“土工排水管+土工布+砂砾石+复合土工膜”的组合方案，可以保证防汛抢险任务的顺利完成，为防汛抢险工作的开展提供了经验借鉴。

**关键词：**土工合成材料；防汛抢险；管涌；复合土工膜

**DOI：**10.69979/3060-8767.26.01.045

随着极端天气出现频率增加，防汛抢险形势更加严峻。以2024年为例，汛期内全国发生26次编号洪水，水利部启动IV级应急响应34次。在防汛抢险工作中，只有做到快速响应、科学处置，才能最大程度地减少人员伤亡和财产损失。土工合成材料具有施工效率高、适应性强、使用成本低、应急灵活性好等诸多优势，契合防汛抢险工作对于快速响应、果断处置、科学抢险的基本要求。常用的土工合成材料类型多样，在防汛抢险中需要结合险情类型、工程实际条件等选择恰当的土工合成材料，并加强施工质量管理，达到防渗截流、排水导渗、加固防护等效果，助力打赢防汛抢险“攻坚战”。

## 1 防汛抢险中土工合成材料的应用优势

### 1.1 施工效率更高，防护效果更优

防汛抢险重在效率，土工袋、土工膜等土工合成材料，质量轻、便携性好，可一次性大量运输，现场无需复杂加工，方便施工人员快速完成险情封堵和筑起防护结构，作业效率是传统材料的数倍，很好地遏制了险情发展。从应用效果上看，土工合成材料具有较好的过滤性、防渗性、抗拉强度等优点。研究表明，相比于单纯填土，使用土工格栅加筋后土体稳定性可以提升30%-40%。另外，土工合成材料还能有针对性地解决冲刷、渗漏、管涌等险情，在防汛抢险中发挥的防护作用更好。

### 1.2 适应性更强，使用寿命长

防水布、砂砾石、沙袋等传统材料虽然在防汛抢险工作中也有应用价值，但是具有较强的局限性。例如，相比于土工布（主要成分为聚丙烯、聚酯等合成纤维），

防水布（主要成分为PE、PVC等高分子材料）不仅抗拉强度和抗撕裂强度较低，而且耐腐蚀性差，使用寿命短，因此仅用作临时防渗。土工合成材料具有较强的耐水、耐老化、耐腐蚀性能，使用寿命更长。此外，土工合成材料质地柔软，可以贴合复杂地形，适应性更强。

### 1.3 综合成本更低，应急灵活性好

在防汛抢险中，材料成本也是要考虑的一项重要因素。土工合成材料的成本优势主要体现在两个方面：其一是运输成本低，在达到同样防护效果的前提下，相比于传统砖石、混凝土等材料，土工合成材料的重量仅为10%-20%，大幅度降低了运输成本。其二是人工成本低，土工合成材料质地轻，不需要挖掘机、推土机等大型机械设备，可以节约人工成本和设备成本。像土工袋、土工织物等材料，在防汛抢险现场可以直接填充泥沙、砂石使用，更适合一些交通不便、位置偏远的地方，在应急灵活性方面也有明显的优势。

## 2 防汛抢险中土工合成材料的主要作用

### 2.1 防渗截流

以聚酯（PET）、聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）等为主要成分的土工合成材料，具有致密无孔隙的特点，可以直接阻断水体的渗透路径，从而达到理想的防渗截流效果<sup>[1]</sup>。在防汛抢险中，针对单一防渗材料容易破损的弊端，采用土工复合结构达到协同防护的目的，在延长材料寿命的同时进一步提高了防渗效果。例如，常用的“土工布+土工膜”复合体系，先铺一层抗撕裂强度高的土工布作为保护层，然后再铺一层防渗性能好的土工膜，能避免土工膜被尖锐石块刺破。

## 2.2 加固防护

土工合成材料可以提升土体或结构的承载能力、抗变形能力，这也是其在防汛抢险中被广泛应用的原因之一。一方面，土工合成材料中的土工格栅、土工织物等加筋层，可以与土体结合形成“土-筋”复合结构，相当于钢筋与混凝土的结合，限制土体侧向位移，提升了抗滑稳定性和整体承载力。另一方面，土工合成材料还能把局部集中荷载（如水流冲击）均匀分散到更大范围的土体中，避免土体因为局部应力集中而发生破坏，达到对堤坝或边坡的加固保护目的。

## 2.3 排水导渗

在防汛抢险中使用土工排水网、土工排水盲管等土工合成材料，可以形成贯通的三维孔隙结构。产生的渗水可以从这些孔隙中快速排出，并流入指定的安全区域（如河流），从而降低渗透阻力和孔隙水压力，避免发生管涌、滑坡等重大险情。另外，长丝土工布等土工合成材料，由于孔隙尺寸较小，在允许水分子通过的同时，还能拦截土体颗粒。这样既可以顺畅排水，又能防止土体流失。

## 2.4 应急封堵

土工复合材料可根据防汛抢险的现场需要，任意裁剪、拼接，以更好地适应不规则的封堵面，如堤身裂缝、管涌洞口等。克服了传统材料贴合难度大、封堵不牢固的弊端，在应急封堵方面具有独特的应用价值。

# 3 防汛抢险中土工合成材料的具体应用

## 3.1 在堤坝坍塌抢护中的应用

堤坝坍塌的核心风险是边坡失稳与土体流失，将土工合成材料应用到堤坝坍塌的抢护中，一来可以发挥加筋增强作用，使坍塌区的土体承载力得到明显加强，避免土体进一步滑塌；二来能够起到防渗截流的效果，防止渗水对堤身的侵蚀，从而消除坍塌的诱因；三来有助于形成相对稳定的防护结构，以防险情的加重发展。根据堤坝坍塌严重程度的不同，选择相应的土工合成材料<sup>[2]</sup>。

### 3.1.1 局部滑塌

对于未贯通、无集中渗漏的堤坝坍塌，可以采取“土工格栅+土工布+沙袋”的组合方案。正式施工前要清理滑塌区域的松动土体、石块以及其他杂物，同时修整坡面，为下一步施工创造有利条件。沿着处理好的坡面先铺设一层双向土工格栅，相邻两块格栅的搭接宽度不应

小于50cm，并用土工钉固定。在格栅上方铺一层长丝土工布，搭接宽度同样在50cm以上，并保证土工布能覆盖整个滑塌区域。最后在土工布表面使用沙袋压实，构造出“加筋+压载”复合防护层，从源头上解决堤坝坡面再次滑动的问题。

### 3.1.2 大面积坍塌

对于已经贯通且伴随集中渗漏的堤坝坍塌，抢护原则为截渗堵水与整体加固，可采取“复合土工膜+土工格栅+土工排水管+沙袋”的组合方案。提前疏散周围人员并使用沙袋在坍塌区两侧筑起挡墙，避免坍塌范围进一步扩大。清理坍塌区基面，保证基面平整、无松动土石后，铺设一层复合土工膜，要求能覆盖整个坍塌面并超出3m，复合土工膜的搭接处采用热熔焊接，并在焊接后开展充气检测，保证密封良好。在复合土工膜的上方再铺一层土工格栅，作用是提升整体承载能力。在复合土工膜的下方埋置土工排水盲管，使渗漏的水体能经管道排入下游。最后在上方压上沙袋，得到临时防渗加固体系。

## 3.2 在管涌险情抢护中的应用

管涌会因为土颗粒的持续流失导致地基或坝身内部形成空洞，增加水利工程的防渗压力；当空洞扩大到一定程度后，还有可能引发溃堤、垮坝等重大事故。在管涌险情的抢护中，土工合成材料可以通过发挥反滤、截渗、加固等组合作用，在较短的时间内达到遏制土体颗粒流失的效果，防止管涌险情升级引发溃决。常用的土工合成材料有长丝土工布、复合土工膜、土工格栅、土工排水网等。根据涌水量的大小，选择合适的土工合成材料并进行施工<sup>[3]</sup>。

(1) 表层管涌，特点是涌口浅、涌水量少，可以采取“长丝土工布+砂砾石”的组合方案。先在管涌出口铺一层土工布，覆盖范围要超过涌口边缘2-3cm，并使用沙袋进行临时固定。均匀摊铺一层粒径1-2cm的砂砾石，摊铺厚度约为30cm，形成反滤体。摊铺结束后撤去临时沙袋，最后在砂砾石上再铺一层长丝土工布，用沙袋压实，以免水流冲散砂砾石。

(2) 深层管涌，特点是涌口深、涌水量大，可以采取“土工排水管+土工布+砂砾石+复合土工膜”的组合方案。由于涌水量较大，需要提前在管涌出口处垂直开挖一口直径为50-60cm、深度为80-100cm的降水井。开挖后清理井底渣土，在井壁上铺一层土工布并放入土工排水管，以便于将井内的积水导入下游安全排水区。

井内填入砂砾石，直到与井口齐平。在砂砾石上覆盖一层土工布，超出井口边缘至少5cm，并用沙袋将土工布压实。最后在管涌区周围铺复合土工膜，超出集水井边缘3m，复合土工膜的搭接宽度不小于10cm，搭接处用热熔焊接方式处理<sup>[4]</sup>。

### 3.3 在大面积散浸抢护中的应用

一些水利工程由于坝体防渗墙厚度不够、防渗层拼接不严密，以及长期运行后砌体结构风化剥落等原因，在水压力作用下容易形成大面积散浸。这种情况下，土体或砌体长期受水浸泡会软化、崩解，进而造成堤坝边坡失稳，甚至出现滑坡。另外，大面积散浸还会形成渗漏通道，诱发管涌、流土等险情，严重时可能导致溃坝或决口。在大面积散浸的抢护中，土工合成材料凭借防渗、排水、加筋等核心作用，可以快速阻断渗流、排出渗水，避免险情范围和后果的扩大化，成为水利工程大面积散浸抢护的理想材料。根据应用场景的不同，土工合成材料的选用和具体施工方法也存在差异。

#### 3.3.1 堤身表面散浸抢护

在开展现场险情勘察、确定散浸范围与渗漏强度等基本信息后，清除散浸区域的杂草、石块等杂物，尽量保证表面平整，坡度宜控制在1:2.5以内，为后续土工合成材料的铺设创造良好条件。选取“土工膜+土工布”的材料组合方案，先铺土工布，起到保护土工膜的作用，防止土工膜被尖锐土体或石块刺破。按照从坡顶到堤脚的顺序单向铺设土工布，上下两块土工布之间的搭接宽度不小于30cm，并且搭接部位及边缘位置用土工钉固定，防止移位。然后将土工膜以同样的铺设方向覆盖在土工布之上，土工膜的接缝处采用热熔焊机焊接，焊缝宽度要求不少于10厘米，避免出现虚焊、漏焊等情况<sup>[5]</sup>。最后沿着土工膜边缘和接缝放置沙袋，压实固定后可以起到很好的防渗效果。

#### 3.3.2 堤脚散浸抢护

选取“土工布+砂砾石+土工排水网”的材料组合方案，通过形成反滤排水体，在防止土体颗粒流失的基础上，还能排出堤坝内部积水，降低孔隙水压力，防止边坡失稳、滑坡。首先在堤脚渗水出口处挖“U”型排水沟，宽度50cm、深度80cm。清除沟内松软泥土和尖锐石块后，于沟底埋置土工排水管，直径10-12cm。然后铺一层土工布，要求完全覆盖沟壁和沟底。在土工布之上再铺一层厚度约为20cm的砂砾石，整平后再覆盖一

层土工排水网，最后用土工布包裹整个反滤体。将土工排水管的一端插入反滤体，另一端接入排水渠或河道，达到反滤排水效果。完成上述操作后，回填排水沟，压实后铺一层沙袋作为防护，防止雨水冲刷。

#### 3.3.3 边坡散浸抢护

采用“土工格栅+土工布+土工排水网”的材料组合方案，通过形成加固排水体系，增强边坡土体稳定性。首先进行边坡修整，如果边坡已经出现失稳现象，需要削坡减载，修整后的边坡坡度以1:3-1:4为宜，同时清理坡面松动土体，使基面密实。在边坡上铺设土工格栅，相邻格栅之间的搭接宽度不小于40cm，固定端埋在堤坝顶端的土体中，埋深至少要达到30cm，并用土工钉固定。在土工格栅上再铺一层土工布和土工排水网，两者结合形成排水反滤层。最后重新填入种植土，压实后与原来的坡面齐平，表面用沙袋压实。

## 4 结语

防汛抢险工作具有突发性强、时间紧迫、风险性高等特点，决定了必须要在最短时间内完成抢护任务，从而保证人民群众的生命和财产安全。在防汛抢险攻坚战中，抢护材料的选择和使用是决定这场“战争”胜利的关键因素。相比于传统的沙袋、砖石、混凝土等材料，土工合成材料具有质量轻、防渗性好、施工效率高等优点，除了能防渗截流，还可以发挥加固防护与排水导渗等作用。在实际应用土工合成材料时，应提前开展现场调研，在了解险情类型、掌握现场地形与水文条件后确定最佳的抢护方案。在此基础上，施工人员还要加强土工合成材料的施工质量控制，发挥土工合成材料的优势，确保险情得到控制。

## 参考文献

- [1] 王亚飞,李立,彭锴.基床防排水层土工合成材料工作特性试验研究[J].铁道建筑,2023,63(1):122-126.
- [2] 毕聪.新型土工合成材料在沥青路面全生命周期中的应用[J].产业创新研究,2024(6):130-132.
- [3] 郝建伟,王瑞.土工合成材料在公路软基处理中的应用与设计[J].工程建设与设计,2023(1):124-126.
- [4] 秦小军.不同试验因素对土工合成材料拉伸强度影响研究[J].路基工程,土工合成材料,2025(2):85-89.
- [5] 温玉财,谢敏.土工合成材料在软土地基中的应用研究——以A工程为例[J].房地产世界,土工合成材料,2025(6):86-88.