

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^[1]。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^[2]。

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,使渗漏的水体能经过管道排入下游。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^[3]。

(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^[4]。

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^[5]。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.