

土工袋防洪应急抢险技术导则

Technical guide for emergency responses with soilbags

2023 – 07 – 20 发布

2023 – 09 – 20 实施

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由新疆农业大学、新疆维吾尔自治区塔里木河流域干流管理局提出。

本文件由新疆维吾尔自治区水利厅归口并组织实施。

本文件起草单位：新疆农业大学、新疆维吾尔自治区塔里木河流域干流管理局。

本文件主要起草人：董宗炜、李晓庆、王光焰、艾克热木·阿布拉、戚印鑫、徐燕、徐生武、岳春芳、王相峰、刘恒博、刘强、张亚明、胡小明、王科新、才登巴、马平、丁培、冯娟、韩梦君、热娜·艾尔肯、贺芙蓉、姚璐、韩玉凡。

本文件实施应用中的疑问，请咨询新疆农业大学、新疆维吾尔自治区塔里木河流域干流管理局。

对本文件的修改意见建议，请反馈至新疆维吾尔自治区水利厅（乌鲁木齐市黑龙江路146号）、新疆农业大学（乌鲁木齐市农大东路311号）、新疆维吾尔自治区塔里木河流域干流管理局（巴州库尔勒市石化大道64号）、新疆维吾尔自治区市场监督管理局（乌鲁木齐市新华南路167号）。

新疆维吾尔自治区水利厅 联系电话：0991-5816236；传真：0991-5816236；邮编：830000

新疆农业大学 联系电话：0991-8762805；传真：0991-8762994；邮编：830052

新疆维吾尔自治区塔里木河流域干流管理局 联系电话：0996-2252391；传真：0996-2252147；邮编：841000

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 联系电话：0991-2818750；传真：0991-2311250；邮编：830004

土工袋防洪应急抢险技术导则

1 范围

本文件规定了土工袋防洪应急抢险技术的土工袋袋片、土工袋装填材料、土工袋抢险施工设备、实施要求、施工安全的要求。

本文件适用于指导在新疆粉细砂河道堤岸进行的滩岸淘刷抢护、河湾深槽底部防护、溃口漫溢抢堵、洪水漫顶防护以及风浪冲蚀防护等机械化流水作业应急抢险工程，适用于冲刷坑到堤顶高度小于6.0 m以下，近岸流速小于3.5 m/s的堤防护岸应急抢险。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 13759 土工合成材料 术语和定义
- GB/T 17638 土工合成材料 短纤针刺非织造土工布
- GB/T 17639 土工合成材料 长丝纺粘针刺非织造土工布
- GB 50286 堤防工程设计规范
- GB/T 50290—2014 土工合成材料应用技术规范（附条文说明）
- SL 235 土工合成材料测试规程
- SL 260 堤防工程施工规范
- SL 297 防汛储备物资验收标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土工袋 soilbag

将土或土石混合料或无污染的固体废弃物等装入具有一定性能要求、一定尺寸规格的采用土工织物缝制的袋子内，并封口而形成的袋装体。

3.2

土工袋袋片 geobag

采用土工织物缝制而成的，专门用于装填土料进行防洪应急抢险工程的片状袋子。

3.3

粉细砂河道 silty fine sand river couese

河床质及河岸质均由粉细砂构成的河道。

3.4

应急抢险 emergency response

针对粉细砂河道滩岸淘刷、河湾深槽发展、溃口漫溢、洪水漫顶以及风浪冲蚀等险情而进行的抢护、除险紧急措施。

3.5

滩岸淘刷抢护 **beach collapse rescue**

针对遭受股流冲刷,尤其是河流弯道处的凹岸,顶冲迎溜,造成边滩、河岸或堤角淘刷,威胁堤身安全而进行的临水侧抢护。亦包括已建防护工程的护脚抢护以及堤身单薄而进行的培厚抢护。

3.6

河湾深槽底部防护 **bottom protection of deep channel in river bend**

在枯水期针对有不利发展趋势的河湾深槽而进行的护底防护。

注:其目的是通过防护限制河湾的进一步发展,实现不出险、出小险;如若出险,即发展为滩岸淘刷抢护情况,底部防护构造物将成为临时(永久)堤岸防护工程的一部分。

3.7

溃口漫溢抢堵 **collapse and blocking**

针对水流冲刷或漫溢造成的土堤(岸)决口险情而进行的水中进占堵口的抢护。

3.8

洪水漫顶防护 **flood overtopping**

针对河道来水超过工程设计标准,或河道内有障碍物影响洪水排泄,使得水位壅高,造成堤顶漫溢而进行的临时抢护。

3.9

子堤 **sub-dike**

洪水上涨为防止其漫溢,在大堤顶部加修的小堤。又称“子埝”、“子抬”或“子堰”。

3.10

风浪冲蚀防护 **flood overtopping or wind wave erosion protection**

针对堤防临水坡在风浪的连续冲击淘刷下,遭受破坏而进行的临时抢护。

3.11

土工袋充填率 **ratio of filling materials to bag volume**

装入土工袋内的松土体积与袋子最大装土体积的比值,通常以百分比表示。

3.12

匹配度 **matching degree**

评估土工袋应急抢险实施工程中由供料设备、装料设备、封口设备组合成流水线的生产效率水平。

4 土工袋袋片

4.1 袋片材料

4.1.1 袋片原材料宜采用聚酯、聚丙烯等高分子聚合物,应符合 GB/T 13759、GB/T 50290 的规定。

4.1.2 根据应急抢险不同工况的功能需求宜选取长丝或短纤针刺非织造土工布,长丝纺粘针刺非织造土工布应符合 GB/T 17639 的规定,短纤针刺非织造土工布应符合 GB/T 17638 的规定。

4.1.3 袋片材料应满足以下基本性能指标,并按照 SL 235 的规定进行检测:

- a) 纵横向标称断裂强度 ≥ 15 kN/m;
- b) 单位面积质量(M) ≥ 300 g/m²;
- c) 厚度(δ) ≥ 2 mm;
- d) 标称断裂强度对应伸长率,短纤针刺非织造土工布为 25%~30%;长丝纺粘针刺非织造土工布为 40%;
- e) CBR 顶破强力 ≥ 1.6 kN;

- f) 抗紫外线老化（II 型荧光紫外灯照射 150 h）断裂强度保持率 $\geq 80\%$;
- g) 等效孔径应符合 GB/T 50290—2014 中第 4 章的规定。

4.2 袋片规格和制作

- 4.2.1 对于滩岸淘刷抢护、河湾深槽底部防护、溃口漫溢抢堵、洪水漫顶防护、风浪冲蚀防护等防洪应急抢险，常备袋片裁剪尺寸宜设计为 2.0 m $\times$ 1.5 m 的规格。
- 4.2.2 其他尺寸土工袋袋片裁剪尺寸规格可依据实际险情需要综合考虑压载重量、设备容量及匹配度、土工织物幅宽等因素进行单独设计。
- 4.2.3 常备土工袋袋片制作应采用折边双线缝合法，袋体缝合线用线强度应不低于袋体材料的抗拉强度，耐久性应在潮湿环境或干燥环境保持工程性能年限 ≥ 5 年（断裂强度保持率 $\geq 80\%$ ），袋片缝制作业应在厂房内完成，土工袋袋片具体制作方法见附录 A。

4.3 袋片储运

- 4.3.1 储备数量应符合 SL 297 的规定。
- 4.3.2 应在避光、干燥、常温环境中存放。
- 4.3.3 宜成捆装运。

5 土工袋装填材料

- 5.1 袋内装填材料宜就地、就近取材，应了解装填土料种类、颗粒分析曲线等物理指标和化学成分等。
- 5.2 分散性土、膨胀土、湿陷性土、盐渍土、冻胀土、有机质土等特殊土不宜作为装填土料。
- 5.3 袋内装填土料符合下列要求：
 - a) 采用粉细砂土，小于 0.005 mm 的粘粒含量宜小于 15%;
 - b) 装填前应清除杂草、树根及剔除有尖锐棱角等不符合要求的土料颗粒;
 - c) 土料最大粒径宜 ≤ 5 mm;
 - d) 对于重要性结构或部位，土料颗粒级配应良好，不应出现级配不连续或间断级配情况。
- 5.4 建筑固废再生砂土料作为土工袋装填材料时，宜对再生料级配、粒形等指标进行论证后可选择性使用。
- 5.5 土工袋充填率宜控制在 70%~80%。

6 土工袋抢险施工设备

- 6.1 土工袋抢险施工设备包括土料供料设备、装料设备、封口设备、抛填和铺设设备。
- 6.2 土料供料设备采用装载机或推土机，设备型号、容量、数量应根据装填土要求、施工工效、抢险强度等确定。
- 6.3 装料设备采用反铲挖掘机，设备铲斗容量、尺寸应与土工袋规格相匹配，宜为平斗状态，土工袋袋片规格为常备尺寸时，铲斗容量宜与土工袋充填率相匹配（一斗一袋）。
- 6.4 封口设备采用手提式电动封口机。
- 6.5 抛填和铺设设备采用反铲挖掘机。
- 6.6 土工袋抢险施工设备和人员配备应作效率分析，具体方法见附录 B，效率分析案例见附录 C。

7 实施要求

7.1 基本要求

7.1.1 应急抢险应遵循“抢早、抢小、抢了”的原则。

7.1.2 应急抢险工程的实施应满足当下抢险、减少损失、降低隐患的即时要求，宜兼顾后期在此基础上修建永久性防洪工程，其设计与施工应符合 GB 50286 和 SL 260 的规定。

7.1.3 土工袋制备，应符合下列要求：

- 装袋前，应根据拟装填的袋内材料（现场开挖土）、土工袋规格以及设计厚度等确定适宜的土工袋充填率；
- 土料装填后封口，封口缝合应无漏缝、错缝，封口部位的断裂（拉伸）强度应不小于袋体强度；
- 封口用线强度应不低于袋体材料的抗拉强度，耐久性应在潮湿环境或干燥环境保持工程性能年限 ≥ 5 年（断裂强度保持率 $\geq 80\%$ ）。缝合2道线，最外侧封口缝合缝距袋口土工布剪裁边宜在100 mm~150 mm范围内，缝合线间距 ≤ 50 mm，针脚 ≤ 10 mm，缝合无断线；
- 装填形成的土工袋应饱满且具有扁平稳定形状。

7.1.4 土工袋抛填，应符合下列要求：

- 抛填时，前期土工袋装土制备数量应满足要求，抛填进占时应连续进行，宜尽可能减少间断次数和间断时间；
- 抛袋时应进行叠抛，即自上而下让土工袋叠压缓慢入水，让土工袋充分吸水、排气、压实。

7.1.5 土工袋铺设，应符合下列要求：

- 自下而上逐层铺设，每层土工袋袋体短边为顺水流（堤岸轴线）方向，上下层土工袋应错缝铺设；
- 铺设时，同一层相邻土工袋袋体间接触高度 ≥ 0.2 m，袋体间接触长度 ≥ 0.5 m；
- 每铺设完一层应采用挖掘机铲斗进行整平压实。

7.1.6 装填点的位置确定时，宜使装填点和防护点均在挖掘机支臂的工作半径内，支臂行程角度宜在 $90^\circ \sim 135^\circ$ 。

7.1.7 装填点取土位置不应形成深坑，影响护岸（堤坝）安全；对装填位置土料不足的，可采用机械设备将土料推运至装填位置。

7.1.8 在应急抢险全过程中应严防尖硬物扎破、顶破、撕裂袋子。

7.2 滩岸淘刷抢护

7.2.1 应遵循“先护脚固基防冲，后护岸（坡）”的原则。

7.2.2 抛投土工袋沿河岸应从险情最严重的部位开始，依次向两侧展开。

7.2.3 实施过程中，先抛一部分土工袋将水面以下冲刷坑底部填平，层层交错排列，顺坡上抛，坡度宜 $\leq 1:1$ 。至水上部分时则应按照 7.1.5 的要求进行土工袋铺设，如图 1 所示。

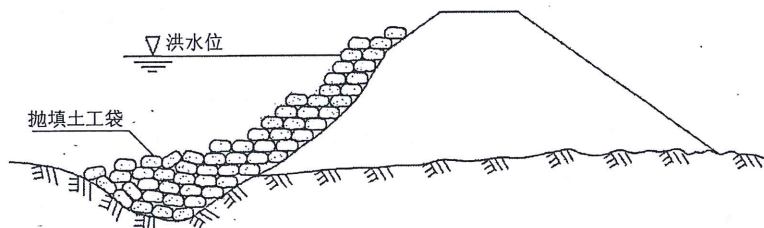


图1 滩岸淘刷抢护示意图

7.2.4 有控导水流转向要求时，可结合现场的实际情况布设短丁坝（三角垛、矶头）。

7.2.5 抛投土工袋遭遇水深流急情况时，应采用突击抢投的施工方法，可根据实际条件选择如下方式进行：

- a) 由河岸向河心方向推进，一次性集中一定数量土工袋持续推进并延伸至冲刷最深处；
- b) 采用挖掘机支臂吊运至近岸冲刷最深处进行抛填。

7.2.6 当险情难以控制时，应在出险堤（岸）段后安全距离利用土工袋抢修第二道堤防，结构宜有护底、护脚及护坡。

7.3 河湾深槽底部防护

7.3.1 应遵循“调顺河势，填槽护岸”的原则。

7.3.2 防护工程宜在枯水期进行旱地施工。

7.3.3 装填土料采集位置宜选择在水毁弯道凸岸区域，取料后宜形成河流主槽的趋势，如图2所示。

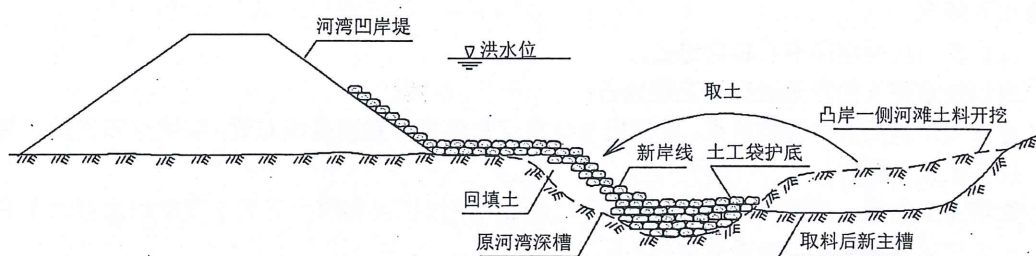


图2 河湾深槽底部防护示意图

7.3.4 实施方向宜由河心淤滩向河道凹岸方向推进。

7.3.5 用于填筑深槽的土工袋宜用水润实，填筑稳定，能够承受机械行走作业。

7.3.6 填筑深槽与岸坡交线处形成的新坡脚，应进行护岸防护，防护至常水位以上 0.5 m，与水平土工袋护底形成整体。

7.3.7 土工袋形成的临水面防护曲线，在平面上其曲率宜小于水毁后形成的河弯曲率，并与上下游堤防（或河岸）平顺衔接。

7.3.8 防护工程首端、末端应进行裹头防护设计。

7.4 溃口漫溢抢堵

7.4.1 应遵循“因地制宜，及时抢堵”的原则。

7.4.2 封堵溃口应连续、不间歇直至合龙。

7.4.3 根据溃口实际条件，可单独使用土工袋，封堵后进行闭气；当龙口水流流速超过 3.5 m/s 时，可作为辅助措施与打桩、抛填铅丝笼、块石等措施联合使用，如图3所示。

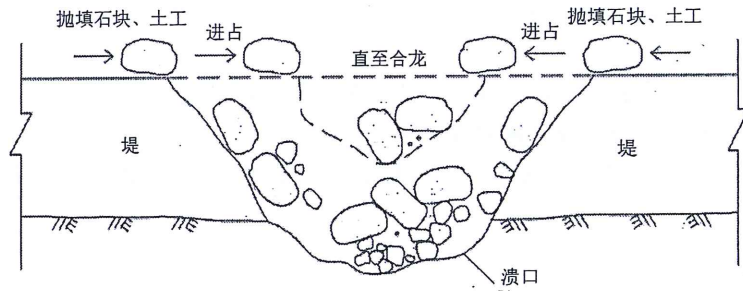


图3 溃口漫溢抢堵示意图

7.4.4 根据溃口水流条件，可选择单体或群体土工袋抛填方式，单体抛填应符合 7.1.4 的规定，群体抛填符合以下规定：

- 宜由溃口段两端向中心相向进占；
- 应以抢筑裹头的方式进行土工袋进占；
- 宜在溃口侧后方布置装填点，挖掘机与装填点和抛投点宜按直线布置，装填点和抛投点宜在挖掘机工作范围内；
- 装填点宜布置于厚度大于 1 m 的堆积土上面，挖掘机可利用土工袋下方堆积土对土工袋进行一体铲运，避免土工袋遭受破坏；
- 进占堤宽度 $\geq$ 机械宽度+两侧安全距离；
- 土工袋进占堤应及时采用土料覆盖并进行机械压实。

7.4.5 堵口时，因时间紧迫或条件限制无封口设备时，土工袋袋口可采取捆扎形式封口，应保证土工袋在被铲运、抛填时不发生绷断、脱落、松弛、滑动等现象。

7.4.6 堵口复堤使用土工袋时，应按照 GB 50286 的规定进行。

7.5 洪水漫顶防护

7.5.1 应遵循“提前筑堤，水涨堤高”的原则。

7.5.2 子堤上游应设置防水布（膜），底端压载到结合槽内，顶端用土工袋反压在子堤内，如图 4 所示。

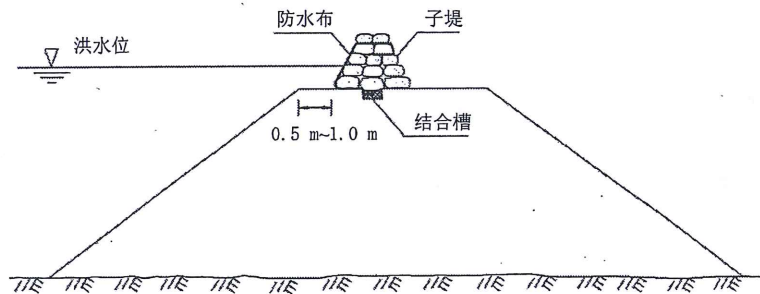


图4 洪水漫顶防护示意图

7.5.3 修筑子堤符合以下规定：

- 用土工袋铺设的子堤高度不宜超过 1.0 m，超过该高度水位的险情应专门论证且配合其他防护型式；
- 子堤铺设时子堤临水侧坡脚与主堤外肩距离 $\geq$ 0.5 m；

- c) 土工袋之间填筑服贴，排列紧密，袋口朝向背水面且错开袋缝相互搭接；
- d) 上下层土工袋应前后交错，上层土工袋退后，成 1:0.3~1:0.5 的坡度；
- e) 土工袋铺砌时，上一层铺筑前，对已铺筑好的土工袋层袋体进行拍压，袋体间相互接触关系应符合 7.1.5 规定；
- f) 土工袋的背水面修土铲并与袋顶持平，应随袋体逐层加高而分层铺土夯实。

7.6 风浪冲蚀防护

7.6.1 应遵循“消浪防冲，保护堤岸”的原则。

7.6.2 风浪冲蚀防护符合以下规定：

- a) 土工袋防护适用于 4 级风（含）以下情况；
- b) 放置土袋前，对于水上部分或较陡的堤坡应进行适当削坡，并铺设防浪软排（可选择土工织物），以起到反滤作用，防止风浪把堤防（岸）土料淘出；
- c) 土工袋起压重作用，上游根据防浪软排与坡面的贴服程度，可布设土工袋；防浪软排顶端由土工袋压载在堤（岸）顶，如图 5 所示。

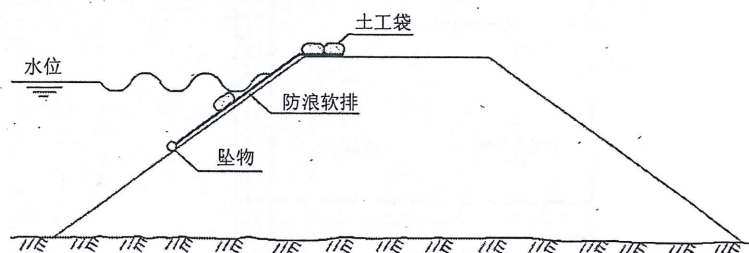


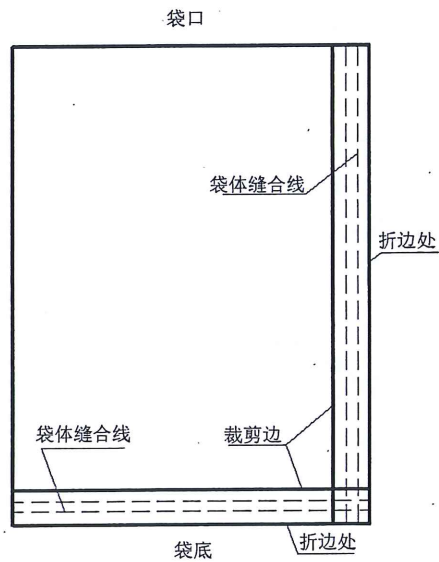
图5 风浪冲蚀防护示意图

8 施工安全

- 8.1 施工单位应组织施工人员进行安全教育及技术交底，并按规定配备劳动保护用品和救援设备。
- 8.2 施工区域应按有关规定设置安全警示标志。
- 8.3 现场临时用电、机械操作等作业，应符合安全规定。
- 8.4 进场材料、设备及施工废料不应在边坡潜在塌滑区堆载。
- 8.5 施工过程中，条件允许时可在边坡坡肩处设置位移观测点并定期监测。

附录 A
(资料性)
土工袋袋片制作方法

A.1 土工袋袋片各部分名称如图 A.1 所示。

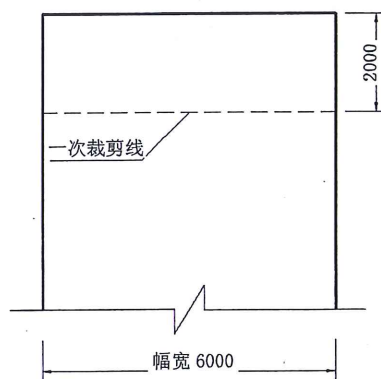


图A.1 土工袋袋片示意图

A.2 依据土工合成材料针刺非织造土工布生产机具的定型生产产品尺寸与规格（即成品土工布宽幅为 6 m），土工袋袋片的制作方法如下：

- a) 沿垂直宽幅的中轴线方向，每 2 m 高度进行裁剪（一次裁剪），规格尺寸为 6 m×2 m，见图 A.2；

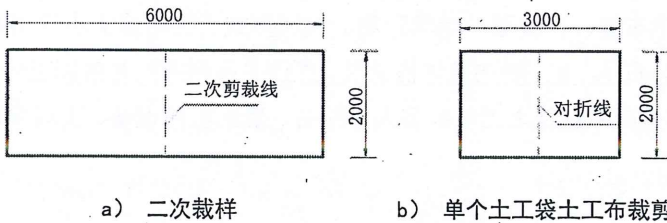
单位为毫米



图A.2 一次裁剪示意图

- b) 将一次裁剪后的土工布，以宽幅 6 m 中心线进行对折，进行二次裁剪（见图 A.3），此时规格尺寸为 3 m×2 m，为单个土工袋制备所需土工布材料裁剪尺寸。即一次裁剪后尺寸可制备 2 个土工袋袋片；

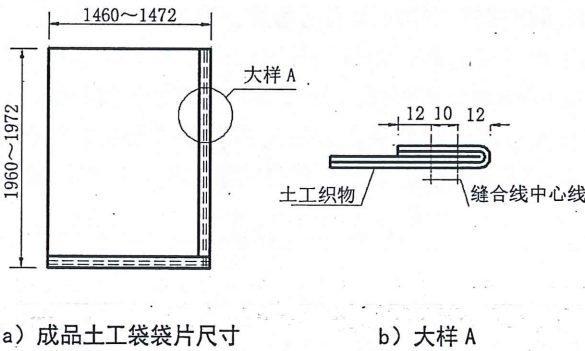
单位为毫米



图A.3 二次裁剪示意图

- c) 将二次裁剪后的土工布，以长边尺寸中心轴线进行对折，形成 1.5 m×2 m 土工布裁剪片，对其下底口和一侧裁剪边进行折边 28 mm~40 mm，采用双线缝合，袋片最外侧一道袋体缝合线位置与土工袋外边缘折边处距离为 (12 ± 2) mm，两道袋体缝合线间距为 (10 ± 2) mm，内侧一道缝合线位置与土工袋裁剪边边缘距离为 (12 ± 2) mm，缝合线针脚 ≤ 10 mm，见图 A.4。

单位为毫米



图A.4 土工袋袋片制作缝合示意图

A.3 对有特殊功能或特殊规格尺寸的、少量需求的土工袋袋片制作，可根据现场实际需要自行制备，但应严格按照相关要求控制质量。

附录 B

(资料性)

效率分析方法

B.1 受抢险段地形、施工布置、作业面、运输距离、机械型式、工程量大小等诸多因素影响，河道应急抢险中土工袋的匹配度，即人、机、物的整体协调性，直接关系到抢险时效和工效。根据单斗挖掘机、履带式推土机、装载机的生产率进行土工袋制备人员配备、装土机械设备、土料集料的效率分析，方法如下：

a) 单斗挖掘机生产率计算见公式 (B.1)：

$$P_W = \frac{3600}{T_w} q_w k_{ch} k_e k_t \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

P_W ——挖掘机的实际生产率，单位为立方米每小时 (m^3/h)；

q_w ——铲斗容量，单位为立方米 (m^3)；

K_{ch} ——铲斗充盈系数，湿砂、壤土取1.0~1.1；

K_e ——土的可松系数，1.0 m^3 ~2.0 m^3 斗容，I类土取0.91；II类土取0.83；

K_t ——时间利用系数，表示挖掘机工作时间利用程度，取0.65~0.85；

T_w ——挖掘机铲装1次的工作循环时间，单位为秒 (s)。

注：作业循环时间=挖掘时间+向卸载处旋转时间+卸载时间+转回掌子面时间。

b) 履带式推土机适应在松软潮湿和坚硬的岩石等各种条件恶劣的场合工作，抢险中采用直铲作业，适于50 m~100 m短距离推运土方。履带式推土机生产率计算见公式 (B.2)：

$$P_T = \frac{3600}{T_T} q_T k_i k_t \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

P_T ——推土机生产率，单位为立方米每小时 (m^3/h)；

q_T ——推运1次的方量，系推土板前堆集的松土体积，单位为立方米 (m^3)。

k_i ——地面坡度影响系数，平坡取1；

k_t ——时间利用系数，表示挖掘机工作时间利用程度，取0.75；

T_T ——推行1次所需循环时间，单位为秒 (s)。

注1：推行1次所需循环时间为推土机从取土土方位置至工程需土位置再回至取土点的时间，即铲土、运土、卸土、回程动作完成时间。

注2： q_T 的计算公式见公式 (B.3)。

$$q_T = \frac{1}{2} B H^2 \cot \varphi k_{ch} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

B ——推土板宽度，单位为米 (m)；

H ——推土板（俗称“刀片”）高度，单位为米 (m)；

φ ——推土板前所堆积土壤的自然倾斜角，单位为度 ($^\circ$)；

k_{ch} ——推土板充盈系数，一般土取0.9~0.7。

c) 装载机生产率计算见公式 (B.4)：

$$P_Z = \frac{60}{T_Z} q_Z K_c K_t \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

P_Z ——装载机装运作业生产率, %;

q_Z ——装载机铲斗(平装斗)容量, 单位为立方米(m^3);

K_c ——铲斗充盈系数, 一般土取1.05;

K_t ——时间利用系数, 0.75~0.80;

T_Z ——装运时间, 单位为分钟(min)。

注: 装运时间计算见公式(B.5):

$$T_Z = T_1 + \frac{L}{V_1} + \frac{L}{V_2} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

T_Z ——装运时间, 单位为分钟(min);

T_1 ——装载时间, 作业时工作循环时间, 装散颗粒体时取0.52, 单位为分钟(min);

L ——运送距离, 单位为米(m);

V_1 ——重车速度, 单位为米每分钟(m/min), 一般取1挡, 2挡速度值的0.9倍;

V_2 ——空车速度, 单位为米每分钟(m/min), 取3挡速度的0.7倍。

注1: 若缺乏档速度资料, 轮胎式装载机取值为: $V_1=200$ m/min, $V_2=300$ m/min。

注2: 自铲自运的合理运距, 整个采装运作业循环时间少于3 min, 经济上是合理的。

B.2 匹配性指标基本要求如下:

a) $P_r > (1.5 \sim 2.0) P_Z$;

b) $P_r > (1.5 \sim 2.0) P_Z$;

c) $T_d < T_r$ 。

注1: P_r 为挖掘机的实际生产率, 单位为立方米每小时(m^3/h)。

注2: P_r 为推土机生产率, 单位为立方米每小时(m^3/h)。

注3: P_Z 为装载机装运作业生产率, %。

注4: T_d 为土工袋置于设计位置的时间, 单位为秒(s)。

注5: T_r 为挖掘机铲装1次的工作循环时间, 单位为秒(s)。

满足以上要求时即为人、机、物匹配性良好, 否则人、机、物匹配性不好, 出现窝工, 抢险工作效率低, 对抢险时效性影响大。

附录 C
(资料性)
效率分析案例

C.1 某河下游河段为粉细砂河床质，该河段汛期堤防附近水流流速为 1.5 m/s~3.0 m/s，河堤地基岩性主要为粉细砂和细砂层，边坡稳定性较差。其中右岸某桩号段为该河段险工险段（堤岸高度 3 m~4 m），且为凹岸股流冲刷严重段，于汛期发生岸坡坍塌，坍塌段约 15 m，为控制险情进一步发展，应组织相应人力和设备进行抢护，针对此情况，进行人（人员）、机（机械）、物（土方备方）等的组织协调及效率分析。

C.2 工况见表 C.1。

表C.1 工况

应急抢险类型	滩岸淘刷抢护，坍塌段长度20 m以内				—
工作面	一般中下游粉细砂河道两岸阶地通常发育不明显，特别是二、三级阶地，因此两岸相对平坦且开阔，便于各类施工作业布置及展开				—
抢护预需 总土方量/m ³	500	就近取土土方	200	主要以挖掘机完成，履带式推土机辅助堆拢	已包含装袋土量
		取土点装运土方	300	装载机完成，履带式推土机辅助堆拢	
土工袋 施工方量/m ³	300				—
取土点至设计堆土点 平均距离/m	200				—
设计堆土点至工程抢 护点平均距离/m	30				—
施工临时道路坡度/%	≤3				—
土的类别	I 类土、II 类土				—

C.3 机械生产率指标计算见表 C.2。

表C.2 机械生产率指标计算

单斗	铲斗容量/m ³	数量/台	k_{ch}	k_c	k_r	T_r/s	$P_r/m^3/h$	计算式	—
挖掘机	1.0	1	1.05	0.85	0.75	20	120	公式 (B.1)	—
履带式 推土机	—	数量/台	T_r	k_i	k_r	q_r/m^3	$P_r/m^3/h$	计算式	型号：功率113
	—	1	24	1	0.75	0.46	52.0	公式 (B.2)	kW，三挡9.1
	q值计算	B/m	H/m	$\phi/^\circ$	$\cot \phi/^\circ$	k_b	q/m^3	计算式	km/h，二挡7.5
		3.5	0.6	25	0.91	0.8	0.46	公式 (B.3)	km/h
装载机	—	数量/台	T_z/min	q_z/m^3	k_c	k_i	$P_z/\%$	计算式	型号：斗容量 2.5 m ³
	—	1	2.2	2.5	1.05	0.77	55	公式 (B.4)	
	T _i 值计算	T_i/min	L	$V_i/(m/min)$	$V_z/(m/min)$	T_z/min	—	计算式	
		0.52	200	200	300	2.2	—	公式 (B.5)	

C.4 机械生产率指标计算见表 C.3。

表C.3 机械生产率指标计算

主指标	数值	判定式	是否满足
单斗挖掘机生产率 $P_w/(m^3/h)$	120	—	—
履带式推土机 $P_r/(m^3/h)$	52	$P_r > (1.5 \sim 2.0) P_r$	满足
装载机 $P_z/(m^3/h)$	55	$P_z > (1.5 \sim 2.0) P_z$	满足
挖掘机铲装1次的工作循环时间 T_w/s	15~25	—	—
土工袋置于设计位置的时间 T_d/s	10~15	$T_d < T_r$	满足

C.5 以 C.1、C.2 中应急抢险类型及工况为例，挖掘机分为 2 个班组，每个班组由挖掘机 1 台，人员 4 人（司机 1 名，撑袋 2 名，封口 1 名）组成；履带式推土机 2 台，1 台是配合挖掘机取土，在挖掘机就近取土范围内堆拢土方，另 1 台配合装载机装运土至设计堆土点时进行堆拢，便于挖掘机取土，提高效率；装载机配置 2 台，将取土点土方装运至设计堆土点，以满足挖掘机取用土。

C.6 根据 C.5 中机械及人员配置，效率分析如下：

- 履带式推土机先配合挖掘机就近取土 $200 m^3$ （单纯取土 2 个工作班组仅需 50 min），并进行土工袋装填作业及放置于设计位置，2 个工作班组同时进行，1 个班组土工袋施工效率在抢险时大致为 $50 m^3/h$ ，预计历时 120 min；
- 装载机由取土点取土 $300 m^3$ ，2 台同时进行，预计历时 160 min~180 min。挖掘机就近取土及完成土工袋施工 100 min 的同期，装载机已完成取土点至设计堆土点土方 $180 m^3$ ，满足后续挖掘机从设计堆土点的取土要求，未有间断时间；
- 剩余 $100 m^3$ 土工袋施工，预计历时 60 min，同期装载机已基本完成所有需土方量，此时已完成总计 $300 m^3$ 土工袋抢护施工；
- 完成 $300 m^3$ 土工袋抢护施工后，需进行背水面堤身培厚施工，完成剩余土方量工作，此时所有机械配合，预计历时 40 min。

抢险的实施预计总历时 240 min，一方面能够满足应急抢险时效，同时为后期作为永久性防护打下良好基础。整体上人、机、物匹配度好，实现较高的功效和时效。