



JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ/T239—98

**水运工程
土工织物应用技术规程**

**Technical Specifications for Geotextile
Applications of Port and Waterway Engineering**

1998—11—05 发布

1998—12—01 实施

中华人民共和国交通部发布



中华人民共和国行业标准

水运工程土工织物应用技术规程

JTJ/T239—98

主编单位：交通部第一航务工程局

批准部门：中华人民共和国交通部

施行日期：1998年12月1日

关于发布《水运工程土工 织物应用技术规程》的通知

交水发[1998]675号

各省、自治区、直辖市交通厅(局、委、办),部属及双重领导企事业单位:

由我部组织交通部第一航务工程局等单位制定的《水运工程土工织物应用技术规程》,业经审查,现批准为推荐性行业标准,编号为 JJJ/T239—98,自 1998 年 12 月 1 日起施行。

本规范的管理和出版组织工作由部水运司负责,具体解释工作由交通部第一航务工程局负责。

中华人民共和国交通部
一九九八年十一月五日

前 言

土工织物是用高分子聚合物为基础原料制成的可用于土木工程的合成材料。土工织物材料以其多功能的特点,已在我国水运工程中得到广泛的使用,取得了十分明显的经济效益和社会效益。为适应我国水运工程事业的发展,更好地推广应用土工织物技术,保证工程质量,交通部组织交通部第一航务工程局等单位编写了《水运工程土工织物应用技术规程》(以下简称《规程》)。

本《规程》在总结我国水运工程近十年来应用土工织物的经验的基础上,并吸收了有关研究成果,参考借鉴了国外类似的有关工程资料编写而成。主要包括了土工织物滤层、土工织物加筋垫层、直立式加筋土岸壁、模袋混凝土护坡、土工织物袋充填筑堤等工程的设计、施工和工程质量检验等内容。

本《规程》共分 8 章 182 条及 8 个附录,并附有条文说明。

本《规程》由交通部第一航务工程局负责解释。由于土工织物应用是一种新技术,还存在一些需要进一步研究、改进、完善和总结提高之处。因此请各单位在执行过程中针对工程具体情况分别对待,注意积累资料、总结经验,并将对《规程》的修改、补充意见和有关资料随时函告交通部第一航务工程局,以便今后修订时参考。

本《规程》如有局部修订或补充,其修订和补充内容将在《水运工程标准与造价管理信息》上刊登。

目 录

1	总则	7
2	术语、符号	8
2.1	术语	8
2.2	主要符号	9
3	土工织物材料	11
3.1	原材料	11
3.2	土工织物分类及性能	11
3.3	土工织物的验收与储存	14
4	土工织物滤层	15
4.1	一般规定	15
4.2	设计	15
4.3	施工	17
4.4	质量检验与验收	19
5	土工织物加筋垫层	21
5.1	一般规定	21
5.2	设计	21
5.3	施工	24
5.4	质量检验与验收	27
6	直立式加筋土岸壁	29
6.1	一般规定	29
6.2	构造设计	29
6.3	设计计算	32
6.4	施工	35
6.5	质量检验与验收	38



7	模袋混凝土护坡	40
7.1	一般规定	40
7.2	设计	40
7.3	施工	42
7.4	质量检验与验收	45
8	土工织物袋充填筑堤	47
8.1	一般规定	47
8.2	断面构造	47
8.3	设计	50
8.4	施工	51
8.5	质量检验与验收	53
附录 A	土工织物试验方法共同规定	55
附录 B	土工织物单位面积质量测定	57
附录 C	土工织物厚度测定	59
附录 D	土工织物孔径试验(干筛法)	62
附录 E	土工织物垂直渗透试验	65
附录 F	土工织物及土工带拉伸试验	69
附录 G	土工织物直剪摩擦试验	75
附录 H	本规程用词和用语说明	78
附加说明	本规程主编单位、参加单位和主要起草人 名单	79

1 总 则

1.0.1 为提高在水运工程建设中应用土工织物的技术水平,保证工程质量,特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水运工程的土工织物滤层、土工织物加筋垫层、直立式加筋土岸壁、模袋混凝土护坡及土工织物袋充填筑堤的设计、施工与质量检验。

1.0.3 土工织物在工程中应用时,应根据工程结构形式、工程的重要程度、施工条件等因素确定;重大工程和有特殊要求的工程,应进行专门试验并进行技术经济论证。

1.0.4 土工织物宜采用专业化工厂生产的产品。

1.0.5 水运工程应用土工织物的设计、施工与质量检验除应符合本规程规定外,尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 土工合成材料

岩土工程和土木工程所应用的高分子聚合物材料的总称。

2.1.2 土工织物(土工布)

用高分子聚合物为基础原料制成的织物,可用于岩土工程和土木工程。织物分织造(有纺)与非织造(无纺)两大类。

2.1.3 编织土工织物(编织土工布)

由片状薄膜开条成扁条状或再加捻,采用不同机型的织机编织的布状材料。

2.1.4 机织土工织物(机织土工布)

由一种或两种以上纱线,用织机织成的布状材料。

2.1.5 针织土工织物(针织土工布)

用针织机针织成的布状材料。

2.1.6 非织造土工织物(无纺土工布)

由各种化学纤维的长丝或短纤,用不同的工艺流程和不同的机械设备加工成的片状材料。

2.1.7 土工模袋

用纱线机织成的双层起模板作用的连续或单独的袋状材料。

2.1.8 土工带

经挤压拉伸或复合加筋拉伸形成的条带状抗拉材料。

2.1.9 土工网

经过挤压或用条带、粗股条编织成的具有较大孔眼的网目结

扣的平面或三维网状材料。

2.1.10 土工织物滤层

采用土工织物单独地或与砂石料共同组成的倒滤材料结构。

2.1.11 土工织物加筋垫层

通过铺在构筑物底层的土工织物与砂垫层或砂石垫层共同组成的具有连续完整的垫层。

2.1.12 直立加筋土岸壁

用预制墙面板、加筋材料和填土修筑的一种岸壁式结构。

2.1.13 模袋混凝土护坡

将混凝土(或砂浆)压力充灌入土工模袋内,硬化后形成的板状或块状的护坡结构形式。

2.1.14 土工织物袋充填筑堤

利用水力充灌将砂土充填入土工织物袋形成的层层叠砌的堤、坝。

2.2 主要符号

L_p ——土工织物锚固长度(m)

P_A ——主动土压力(kN/m)

P_p ——被动土压力(kN/m)

K_0 ——静止土压力系数

K_a ——主动土压力系数

k_g ——土工织物渗透系数(cm/s)

k_s ——土的渗透系数(cm/s)

K_{SP} ——土工织物抗拔安全系数

K_{SR} ——有土工织物加筋时的抗滑稳定安全系数

K_{su} ——无土工织物加筋时的抗滑稳定安全系数

K_m ——土工织物材料安全系数

T_a ——土工织物材料允许抗拉强度(kN/m)



T_u ——土工织物材料试验得出的极限抗拉强度(kN/m)

T_d ——土工织物设计抗拉强度(kN/m)

φ ——土的内摩擦角(°)

φ_{sg} ——土工织物与土的视摩擦角(°)

3 土工织物材料

3.1 原 材 料

3.1.1 水运工程使用的土工织物可选用聚酯、聚酰胺、聚丙烯、聚乙烯和聚乙烯醇等高分子聚合物纤维制造。其纤维的物理力学性能和耐久性能比较参见表 3.1.1。

3.1.2 水运工程中严禁使用掺有天然纤维的土工织物。

3.1.3 水运工程中使用的土工带,宜选用掺入防老化材料的聚丙烯土工带或复合加筋土工带。

3.2 土工织物分类及性能

3.2.1 土工织物按其形态和制造方法分为编织土工布、机织土工布、非织造(无纺)土工布、复合土工布及其相关产品等种类。在使用中应根据工程要求、使用环境和施工条件等合理选用。

3.2.1.1 编织土工布:具有加筋、隔离和防护功能,宜用于加筋垫层、固滩护底工程或缝制土工织物充填袋等。

3.2.1.2 机织土工布:具有加筋、隔离、反滤和防护功能,宜用于加筋垫层、土工织物滤层工程或缝制土工模袋。

3.2.1.3 非织造(无纺)土工布:具有反滤、隔离、排水功能,宜用于土工织物滤层工程或与编织土工布、机织土工布复合。

3.2.1.4 土工模袋:具有柔性模板功能,其内压力充填流动性混凝土(砂浆),硬化后形成混凝土(砂浆)板块。宜用于护岸、围堤和河道整治中大面积护坡、护底工程。

3.2.1.5 土工带:具有加筋功能,宜用于直立式加筋土岸壁工程。

土工织物原料的物理力学性能和耐久性能比较

表 3.1.1

纤维性能		名称	产品	无纺土工布		机织土工布		编织土工布	
				聚乙烯醇 (维纶)	聚酰胺 (锦纶)	聚酯 (涤纶)	聚丙烯 (丙纶)	聚丙烯 (丙纶)	聚乙烯
短纤	干态	断裂强度	$CN/dT_{\alpha}(kN/m)$	4.4~5.1	3.78~6.16	4.22~5.19	3.96~6.16	—	—
		断裂伸长	%	17~22	25~55	30~45	30~60	—	—
	湿态	断裂强度	$CN/dT_{\alpha}(kN/m)$	3.52~4.31	3.34~5.28	4.22~5.19	3.96~6.16	—	—
		断裂伸长	%	17~25	27~58	30~45	30~60	—	—
强力长丝	干态	断裂强度	$CN/dT_{\alpha}(kN/m)$	5.3~7.9	5.6~8.4	5.6~7.9	4.0~6.6	—	—
		断裂伸长	%	9~22	16~25	7~17	25~60	—	—
	湿态	断裂强度	$CN/dT_{\alpha}(kN/m)$	4.4~7.0	5.2~7.1	5.6~7.9	4.0~6.6	—	—
		断裂伸长	%	10~26	20~30	7~17	25~60	—	—
裂膜丝	干态	断裂强度	$CN/dT_{\alpha}(kN/m)$	—	—	—	—	≥ 0.32	≥ 0.32
	湿态	断裂伸长	%	—	—	—	—	15~30	15~30
相对密度				1.26~1.30	1.14	1.33	0.91		0.94~0.96
耐热性(软化点)			(°C)	220~230	180	233~240	140~160		100~115
在3%伸长下的弹性恢复力			%	70~90	98~100	95~100	95~100		85~97

续上表

名称 纤维性能	产品	无纺土工布		机织土工布		编织土工布	
		聚乙烯醇 (维纶)	聚酰胺 (锦纶)	聚酯 (涤纶)	聚丙烯 (丙纶)	聚丙烯 (丙纶)	聚乙烯
耐酸性		浓的硫酸、盐酸、硝酸可使其膨润或分解。10%的盐酸、硫酸对其无影响	浓的硫酸、盐酸、硝酸可使其分解。7%的盐酸、20%的硫酸、10%的硝酸对其强度无影响	35%的盐酸、75%的硫酸、65%的硝酸对其强度无影响	除浓硝酸、氯磺酸外耐酸性良好		浓的盐酸、硫酸对其强度无影响
耐碱性		在50%的苛性钠溶液中强度不降低	在50%的苛性钠和28%的氨水中强度不降低	在10%的苛性钠和28%的氨水中强度不降低	耐浓碱		耐浓碱
耐磨性		良好	优良	优良	优良		优良
耐蛀、耐霉性		优良	优良	优良	优良		优良
耐紫外线		良好	差	良好	差		良好
抗微生物		优良	良好	优良	优良		优良

注：(1)目前工程上应用的非织造土工布，大部分是针刺土工布，采用短纤原料。

(2) CN/d_{tex} ——单纤维强度。

3.2.1.6 土工网：具有加筋、防护功能，宜与机织土工布、无纺土工布等联合用于加筋垫层，土工织物滤层等工程，或用之编造石笼。

3.2.2 在工程应用中对土工织物及相关产品的性能指标要求应包括下列内容：

(1)产品形态指标：材质、幅度、每卷的长度等；

(2)物理性能指标：单位面积(或单位长度)质量、厚度、有效孔径(或开孔尺寸)等；

(3)力学性能指标：抗拉强度、延伸率、撕裂强度、顶破强度、与岩土间的摩擦系数等；

(4)水力学性能指标：渗透系数等；

(5)耐久、抗老化要求。

3.3 土工织物的验收与储存

3.3.1 土工织物及相关产品进场前，应要求生产厂家按有关标准和合同规定，对产品进行逐批检验，并提交出厂合格证明和试验检验报告，其中主要力学和水力学性能试验应委托国家或部门认可的检测试验单位进行。

3.3.2 土工织物及相关产品的取样、试样准备和主要物理、力学、水力学性能测试方法应符合本规程附录 A 至附录 G 的规定。

3.3.3 土工织物及相关产品进场后，除应检查外包装外，还应核对产品名称、材质、批号、商标、规格、卷长、生产日期、出厂合格证、厂名、厂址等。

3.3.4 土工织物进场后应存放在通风遮光的仓库内，严禁暴露日晒。

4 土工织物滤层

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于码头、护岸、围堰和河道防护等工程的土工织物滤层的设计与施工。

4.1.2 土工织物滤层可替代碎石倒滤层,或与碎石共同组成倒滤层。

4.1.3 土工织物滤层材料宜选用无纺土工织物和机织土工织物,不得采用编织土工织物。当采用无纺土工织物时,其单位面积质量宜为 $300\sim 500\text{g}/\text{m}^2$,抗拉强度不宜小于 $6\text{kN}/\text{m}$;对设在构件安装缝处的滤层,宜选用抗拉强度较高的机织土工织物。

4.2 设计

4.2.1 土工织物滤层设计应包括下列内容:

- (1)确定土工织物保土性能指标;
- (2)确定土工织物透水性能指标;
- (3)土工织物滤层表面防护措施;
- (4)土工织物滤层构造设计。

4.2.2 土工织物保土性能应符合下列规定。

4.2.2.1 静荷载、单向渗流条件下的保土性能应符合下式要求:

$$(1)\text{非粘性土} \quad O_{95} < d_{95} \quad (4.2.2-1)$$

$$(2)\text{粘性土} \quad O_{95} < 0.21\text{mm} \quad (4.2.2-2)$$

4.2.2.2 静荷载、双向渗流条件下的保土性能应符合下式的要求:

(1)土颗粒 $d_{40} < 0.06\text{mm}$ $O_{95} < 1.3 d_{90}$ (4.2.2-3)

(2)土颗粒 $d_{40} \geq 0.06\text{mm}$

$$O_{95} < 2 d_{10} \sqrt{C_u}$$

$$O_{95} < 1.3 d_{50} \quad (4.2.2-4)$$

$$O_{95} < 0.67\text{mm}$$

式中 C_u ——土颗粒不均匀系数, $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$;

O_{90}, O_{95} ——等效孔径(mm),在土工织物孔径大小分布曲线上小于该孔径的土颗粒有 90%, 95%;

$d_{10}, d_{15}, d_{40}, d_{50}, d_{60}, d_{85}, d_{90}$ ——土颗粒筛分曲线上小于该粒径的土颗粒重量分别占总重的 10%, 15%, 40%, 50%, 60%, 85%, 90%。 d 为土颗粒粒径。

4.2.3 土工织物的渗透性应符合下式要求:

$$O_{90} > d_{15} \quad (4.2.3-1)$$

或者

$$k_g \geq \lambda_p k_s \quad (4.2.3-2)$$

式中 k_g ——土工织物渗透系数(cm/s);

k_s ——土的渗透系数(cm/s);

λ_p ——系数,对粘土取 10~100;对于砂性土取 1~10。

4.2.4 土工织物在块石层面上铺设时,块石表面应采用二片石或碎石找平。

4.2.5 在土工织物滤层上面有抛石时,应在土工织物表面上设一层厚度为 200~300mm 的碎石或砾石保护层。

4.2.6 在内河航道士坡上的土工织物滤层,其表面可采用干、浆砌块石或预制混凝土板块进行保护。

4.2.7 铺在护岸或码头抛石棱体上的土工织物滤层,顶部的土工布应和构筑物搭接,其长度不小于 1000mm;坡趾的土工布应伸出

保护面以外,其长度不小于 2000mm。

4.2.8 沉箱、空心块体、扶壁、圆筒等直立墙安装缝处的土工织物滤层,应设置定位和固定措施。

4.2.9 内河航道岸坡的土工织物滤层,坡顶应设置锚固措施;坡趾应将土工织物延伸超过冲刷线以下 1000mm,并采取防冲刷措施。

4.3 施 工

4.3.1 土工织物滤层的施工程序宜按下图的程序进行。

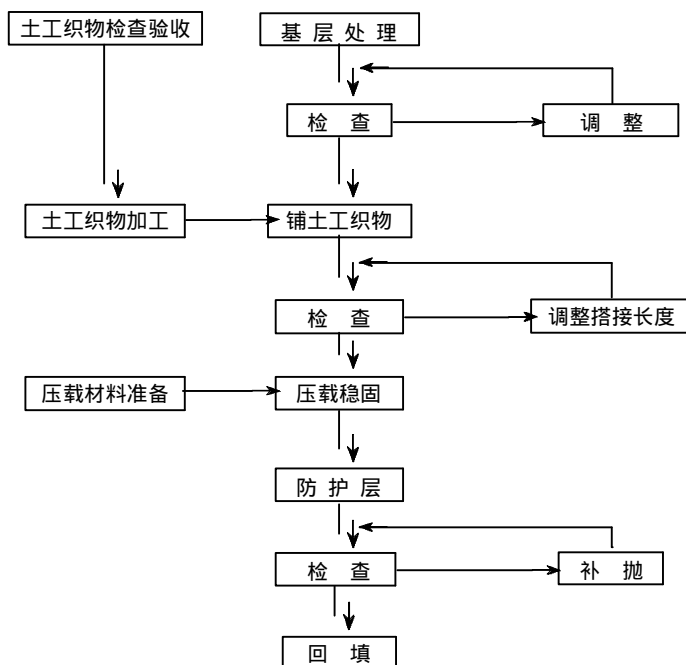


图 4.3.1 土工织物滤层施工程序图

4.3.2 基层表面处理应符合下列要求。

- 4.3.2.1** 坡度应符合设计要求,坡趾如有淤泥应清除;
- 4.3.2.2** 基层表面应按设计要求进行整平;
- 4.3.2.3** 对于直立墙面,应对构件安装缝宽及土工织物固定设

施进行检查；当缝宽超过规范规定的允许值时，应采取相应措施。

4.3.3 土工织物宜加工成铺设块铺设。铺设块的宽度宜为 4~8m，长度应按设计坡长加上一定的富裕量。

4.3.4 土工织物的拼幅和接长，应采用工业缝纫机缝制，所用尼龙线的强度不得小于 150N，其缝接方法宜采用“包缝”或“丁缝”。

4.3.5 土工织物加工后，宜用钢管作轴卷成卷材，运往铺设地点。

4.3.6 在护岸斜坡面上铺设土工织物应符合下列要求。

4.3.6.1 坡顶处应锚固、压载并留出富裕量。

4.3.6.2 宜用绳索系住滚筒(钢管)两端，利用绞车(或人力)控制卷材向下滚铺，两台绞车的速度应一致，防止织物铺斜。

4.3.6.3 应随展铺随压砂袋，防止织物漂浮、位移，砂袋间距宜为 1000~2000mm；对于受风浪影响的坡面，砂袋宜用绳索连接成串，防止砂袋下滑。

4.3.6.4 相邻两块土工织物的搭接长度水下不应小于 1000mm。搭接缝应用砂袋压稳。

4.3.7 水下垂直墙面铺设，宜将土工布卷成捆，吊下水，由潜水员自上而下铺设并固定。

4.3.8 内河护岸斜坡干施工时，土工织物宜由坡底向坡顶展铺，随铺随覆盖，相邻两块土工织物的搭接长度不宜小于 500mm。

4.3.9 土工织物铺设应保持平顺，松紧适度；对地基条件差、变形较大的基面和墙面变形缝处，应留一定富裕量。

4.3.10 在河岸和有潮流海岸铺设土工织物时，应注意水流方向，防止搭接口被水流冲开，保证相邻土工织物的搭接长度和搭接严密。

4.3.11 土工织物如有破损或孔洞，应及时用相同的土工织物进行修补，陆上宜采用缝接，水下可用搭接。

4.3.12 土工织物铺设后应及时施工表面防护层和上部回填，并由坡脚向坡顶方向进行；当采用吹填法施工时，吹填管出口与滤层坡趾的水平距离不得小于 5m，并应采取相应的消能防冲措施。

4.4 质量检验与验收

4.4.1 土工织物进场时应逐批检查出厂合格证或试验报告,并逐卷进行外观质量检查;其主要物理及技术性能应按设计要求进行抽查复验,抽样数量每批次抽样不少于一次。

4.4.2 土工织物滤层施工过程中应进行下列检查:

- (1)基层表面检查;
- (2)土工织物铺设过程中损伤及修补情况检查;
- (3)压稳砂袋数量与间距检查;
- (4)相邻两块土工织物的搭接长度检查;
- (5)坡顶锚固处理和坡趾压稳处理检查。

4.4.3 土工织物滤层施工质量检验标准。

4.4.3.1 土工织物的品种、规格和技术性能必须符合设计要求和有关规定。

检验方法 检查出厂合格证和抽样试验报告。

4.4.3.2 土工织物滤层坡顶、坡趾处理或直立墙安装缝处铺设的固定措施,必须符合设计要求和本规程的有关规定。

检验方法 观察检查。

4.4.3.3 土工织物拼幅的缝接方法应符合本规程的有关规定。

检验方法 观察检查。

4.4.3.4 土工织物滤层铺设不得发生折叠和破损现象。

检验方法 观察检查。

4.4.3.5 压稳砂袋的数量及间距应符合设计要求和本规程的有关规定。

检验方法 观察检查。

4.4.3.6 土工织物滤层施工允许偏差、检验数量和方法应符合表 4.4.3.6 的规定。

4.4.4 土工织物滤层验收时应提交下述资料:

- (1)土工织物出厂合格证;
- (2)土工织物抽样试验报告;

(3)土工织物铺设施工验收记录；

(4)土工织物滤层分项工程质量检验评定表。

土工织物滤层施工允许偏差、检验数量和方法 表 4.4.3.6

序号	项 目		允许偏差 (mm)	检验单元 和数量	单元 测点	检 验 方 法	
1	平整度	抛石面	水下	200	每个断面 (每 10m 一个 断面)	每 2m 一个点	检查基层理坡 或整平测量记 录
			水上	100			
		抛砂砾 石 面	水下	150			
			水上	100			
2	搭接 长度	陆上施工	$\pm l/10$	每块织物 (抽查 30%)	3	用尺量上、中、 下三处	
		水下施工	$\pm l/5$				

注：l 为设计搭接长度，单位 mm。

5 土工织物加筋垫层

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于防波堤、护岸和堤坝等工程土工织物加筋垫层的设计与施工。

5.1.2 土工织物加筋垫层应设在堤身的底部。

5.1.3 加筋垫层的土工织物宜选用抗拉强度高、延伸率低的编织或机织土工织物。

5.1.4 防波堤、护岸和堤坝的土工织物加筋垫层，土工织物应沿垂直于堤轴线方向铺设。

5.1.5 应用土工织物加筋垫层的工程，在施工过程中应安排施工监测，根据监测资料合理安排施工程序及加荷速率。

5.2 设计

5.2.1 防波堤、护岸和堤坝的土工织物加筋垫层设计应包括下列内容：

- (1)整体稳定验算；
- (2)土工织物抗拉强度计算；
- (3)土工织物锚固长度计算；
- (4)土工织物加筋垫层构造设计。

5.2.2 采用土工织物加筋垫层的堤坝坝体稳定性分析计算可采用圆弧滑动面法或水平滑动面法。

5.2.3 厚层软基，可假定为圆弧滑动破坏，圆弧穿过堤身、垫层织物和地基。其抗滑稳定安全系数 K_{GR} 可按下列式估算：

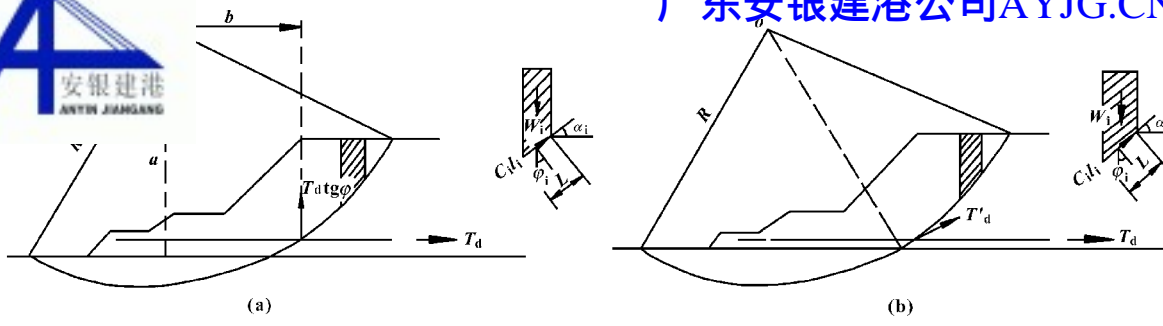


图 5.2.3 圆弧滑动稳定计算图示

$$K_{SR} = \frac{M_T + \Delta M_T}{M_D} \quad (5.2.3)$$

式中 $M_T = \sum (C_1 L_1 + W_1 \cos \alpha_1 \tan \varphi_1)$;
 $M_D = \sum W_1 \sin \alpha_1$;
 $\Delta M_T = T_d (a + btg\varphi)$ (见图 5.2.3-a);
 或 $\Delta M_T = T_d \cdot R$ (见图 5.2.3-b)。

其中： K_{SR} ——有土工织物加筋时的抗滑安全系数，取 1.1~1.3；
 M_T ——不计土工织物加筋时的抗滑力矩(kN·m/m)；
 M_D ——滑动力矩(kN·m/m)；
 ΔM_T ——土工织物加筋作用产生的抗滑力矩(kN·m/m)；
 L_1 ——第 i 土条弧长(m)；
 W_1 ——第 i 土条的重力(kN/m)；
 α_1 ——第 i 土条弧线中点切线与水平线的夹角(°)；
 C_1, φ_1 ——第 i 土条滑动面上土的抗剪强度指标标准值(kPa)；
 T_d ——土工织物的设计抗拉强度(kN/m)；
 R ——滑动圆弧半径(m)。

5.2.4 薄层软基，可假定沿软层底部滑动破坏(见图 5.2.4)。

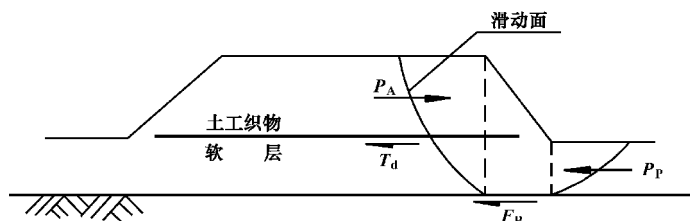


图 5.2.4 浅层水平滑动稳定计算图示

其抗滑稳定安全系数按下式计算：

$$K_{SR} = \frac{P_p + F_B + T_d}{P_A} \quad (5.2.4)$$

式中 P_A ——主动土压力(kN/m)；
 P_P ——被动土压力(kN/m)；

F_B ——软弱层底部抗滑力(kN/m)；

T_d ——土工织物设计抗拉强度(kN/m)；

5.2.5 土工织物材料的允许抗拉强度应通过试验按下式确定：

$$T_a = \frac{T_u}{K_m} \quad (5.2.5)$$

式中 T_a ——土工织物材料的允许抗拉强度(kN/m)；

T_u ——土工织物材料拉伸试验得出的极限抗拉强度(kN/m)；

K_m ——土工织物材料安全系数，一般取 3，当有经验时，可适当减少；当考虑长期作用及蠕变时，可取 4。

5.2.6 土工织物伸出滑动圆弧外的锚固长度应按以下式计算：

$$L_p = \frac{T_a \cdot K_{SP}}{2W_v \cdot \text{tg}\varphi_{sg}} \quad (5.2.6)$$

式中 L_p ——土工织物锚固长度(m)；

K_{SP} ——土工织物抗拔安全系数；砂性土取 1.5，粘性土取 2.0；

W_v ——土工织物表面的垂直压力(kPa)；

T_a ——土工织物材料允许抗拉强度(kN/m)；

φ_{sg} ——土工织物与土的视摩擦角，一般应通过试验确定。当无试验资料时，可取填土内摩擦角的 0.6~0.8 倍。

5.2.7 土工织物不宜直接铺设在淤泥质软土上，宜在织物与软土之间设置砂垫层。其厚度，陆上施工不小于 200mm；水上施工不小于 500 mm。砂垫层宜用中粗砂，含沙量不宜大于 5%。

5.2.8 土工织物加筋垫层上面直接抛填块石时，应在垫层上设保护层或加设土工网。

5.3 施 工

5.3.1 土工织物加筋垫层的施工宜按图 5.3.1 程序进行。

5.3.2 铺设土工织物前，应对砂垫层进行整平。其局部高差：水下不大于 200mm；陆上不大于 100mm。

5.3.3 土工织物宜事先加工成铺设块。铺设块的宽度宜为 8~15m,铺设块的长度应按设计堤宽加上一定富裕长度。水下铺设富裕长度宜为 1.5~2.5m;陆上铺设富裕长度宜为 0.5~1.0m。

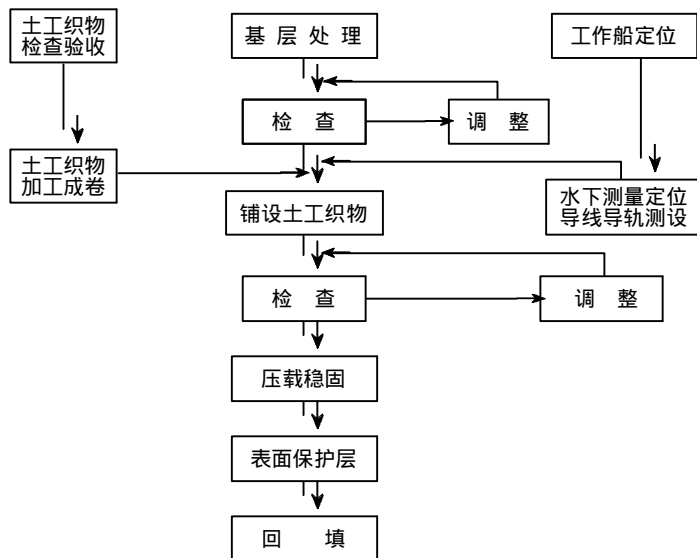


图 5.3.1 土工织物加筋垫层施工程序图

5.3.4 土工织物铺设块的拼幅宜采用“丁缝”或“包缝”连接,但在长度方向(主要受力方向)不得有接头缝。

5.3.5 土工织物铺设块宜用钢管为轴将土工织物卷成卷材。钢管直径宜为 $\phi 80\sim 120\text{mm}$ 。

5.3.6 土工织物铺设时应用经纬仪测设定位桩;在离岸水下铺设时,应用工作船或工作平台定位,并依之测设水下定位桩、导线或导轨。

5.3.7 土工织物铺设宜按下列方法进行:

(1)先将土工织物一端固定在定位桩上,用重物(砂袋、碎石袋)压稳固定;

(2)水下铺设由潜水员指挥并配合工作船将土工织物沿导线和导轨平缓展开并不断拉紧;

(3)随土工织物的铺展,及时抛压砂袋或碎石袋;

(4)土工织物尾端应按设计要求固定,并用砂袋或碎石袋压稳。

5.3.8 相邻两块土工织物应搭接吻合,搭接长度:水下不小于1000mm;陆上不小于500mm。

5.3.9 水下铺设土工织物应顺水(潮)流方向进行。在潮流较大区域宜在平潮时施工。

5.3.10 土工织物应拉紧、铺平,避免产生皱折。

5.3.11 水下土工织物铺设后应及时抛(回)填,防止风浪损坏;陆上土工织物铺设后,应及时覆盖,防止日晒老化。

5.3.12 土工织物加筋垫层的上部抛(回)填顺序,宜按先两侧端,再中部的顺序进行;分层的厚度和加荷速率应符合设计要求。

5.3.13 滩涂软弱地区护岸及造陆回填的回填顺序应符合设计要求,当设计无要求时,宜按图5.3.13所示顺序进行。第一层只允许用小型推土机、装载机进行;当填土厚度大于800mm以上时,才能用平碾、汽胎碾等机具压实。

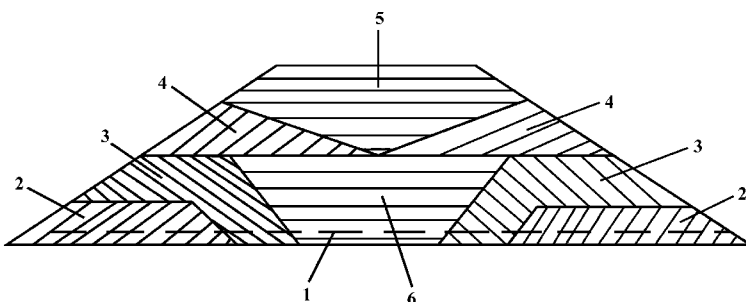


图5.3.13 软弱地基回填顺序图

1-土工布;2-戗台(自卸车筑工道);3-填两侧土将织物锚定;4-填中间土将织物拉紧;5-填中心土;6-填内中土

5.3.14 在抛(回)填施工中应按设计要求进行观测,监测堤体及地基情况。如发现异常,应及时调整工程进度或修改设计、施工方案。

5.4 质量检验与验收

5.4.1 土工织物进场时,应逐批检查出厂合格证或试验报告,并逐批进行外观质量检查;其主要物理力学性能指标应按设计要求进行抽查复验,抽验数量每批不少于一次。

5.4.2 土工织物加筋垫层施工过程中应进行下列检查:

- (1)土工织物在铺设轴线、边线检查;
- (2)相邻两块土工织物的搭接长度检查;
- (3)土工织物两端的压稳锚固情况检查。

5.4.3 土工织物加筋垫层质量检验标准。

5.4.3.1 土工织物的品种、规格和技术性能必须符合设计要求和有关规定。

检验方法 检查出厂合格证和抽样试验报告。

5.4.3.2 土工织物拼幅缝接接头的抗拉强度必须符合设计要求和有关规定。

检验方法 检查接头强度抽样试验报告。

5.4.3.3 土工织物加筋垫层两端的锚固处理应符合设计要求。

检验方法 观察检查。

5.4.3.4 土工织物铺设不得发生折叠和破损现象。

检验方法 观察检查。

5.4.3.5 土工织物加筋垫层施工允许偏差、检验数量和方法应

土工织物加筋垫层施工
允许偏差、检验数量和方法 表 5.4.3.5

序号	项 目		允许偏差 (mm)	检验单元 及 数 量	单位测点	检验方法
1	土工布搭接长度	水 下	± l/5	每块土工织布	每 20m 一个点	用尺量
		陆 上	±100			
2	土工布轴线偏移	水 下	1500	每块土工布	2	用尺量 两端
		陆 上	500			

注: l 为设计搭接长度,单位 mm。

符合表 5.4.3.5 的规定。

5.4.4 土工织物加筋垫层工程验收时应提交如下资料：

- (1)土工织物出厂合格证；
- (2)土工织物抽样试验报告；
- (3)土工织物接头抽样试验报告；
- (4)土工织物铺设施工验收记录；
- (5)土工织物铺设分项工程质量检验资料。

6 直立式加筋土岸壁

6.1 一般规定

- 6.1.1 直立式加筋土岸壁适用于内河护岸或中小型码头岸壁。
- 6.1.2 直立式加筋土岸壁墙面板安砌、筋材铺设和填料压实,应采用干地施工。
- 6.1.3 对于施工周期较长可能遭受洪水冲刷的工程,在设计和施工中应考虑度汛措施。
- 6.1.4 直立式加筋土岸壁工程宜根据工程规模设置一定数量的观测点,定期观测岸壁在施工和使用期的沉降和位移。永久性观测点应列入设计内容。
- 6.1.5 直立式加筋土岸壁结构设计中有关荷载的取值,应按现行行业标准《港口工程荷载规范》(JTJ 215)规定的标准值确定。地震荷载只考虑水平地震力的作用。

6.2 构造设计

- 6.2.1 直立式加筋土岸壁的断面形式一般有矩形、倒梯形、梯形、锯齿形(见图 6.2.1),断面形式的选择应根据墙高、地质条件、地形条件等因素经验算确定。
- 6.2.2 直立式加筋土岸壁的墙面板底部,应设置条形基础,基础宽度不应小于 500mm,厚度不应小于 400mm,埋深应满足冲刷要求。
- 6.2.3 墙面板材料、外形与尺寸应符合下列规定。
 - 6.2.3.1 墙面板应用混凝土或钢筋混凝土制作,混凝土强度等级不应低于 C20。

6.2.3.2 墙面板外形宜选用矩形、十字形、双十字形、六角形或槽形等(见图 6.2.3)。

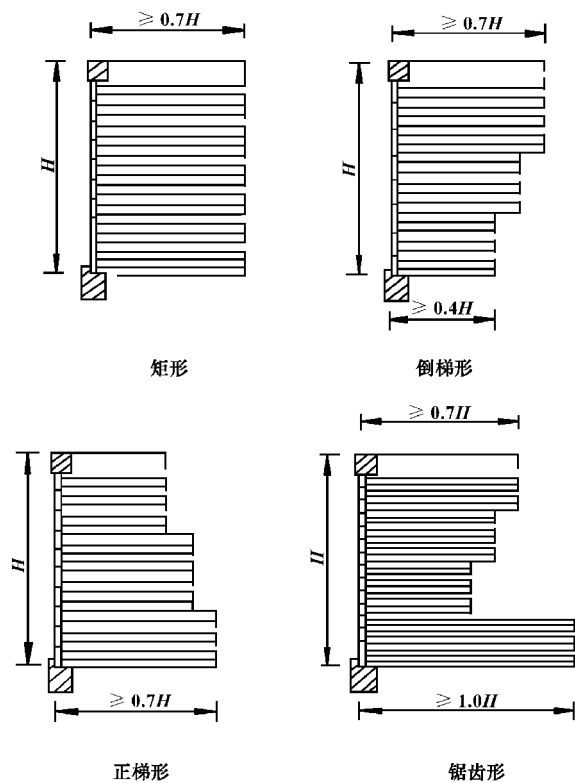


图 6.2.1 加筋土体断面形式图

6.2.3.3 墙面板尺寸:长度以 800~2000mm 为宜;宽度按筋材与面板连接的要求决定,以 500~600mm 为宜;厚度按结构受力情况计算确定,以 150~250mm 为宜。

6.2.4 直立式加筋土岸壁中的加筋材料应根据构筑物使用要求和岸壁高度,选择防老化、强度高、延伸率低、视摩擦系数较大、铺设质量易于控制的土工带。

6.2.5 墙面板与土工带的连接宜在墙面板背面上埋设钢拉环或预设穿筋孔。其埋设位置应使上、下相邻层的预埋拉环或穿筋孔在水

平方向相互错开(见图 6.2.5)。钢拉环的外露部分应做防腐处理。

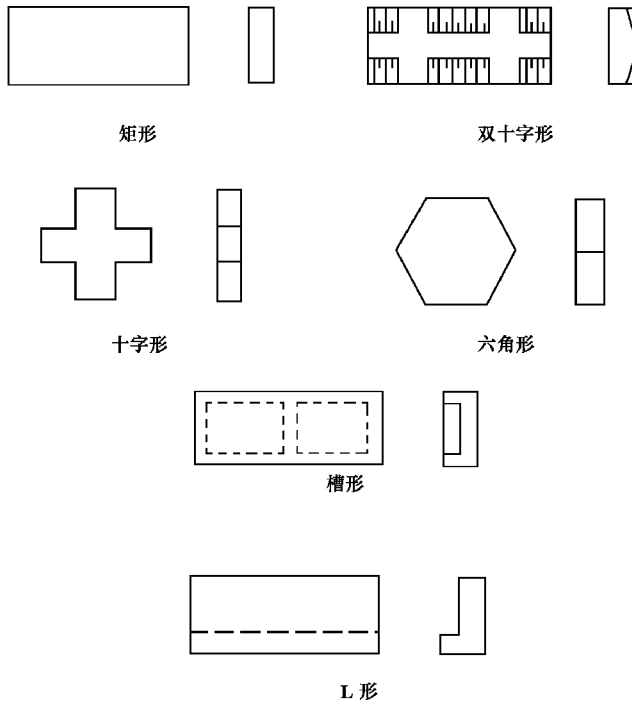


图 6.2.3 面板形式图

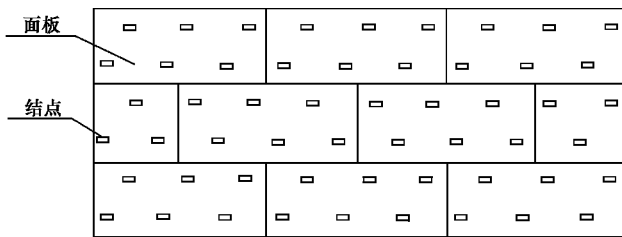


图 6.2.5 墙面板背面结点布置图

6.2.6 墙面板组砌应上下错缝,相邻墙面板宜设企口连接。当采用平口时,宜穿销连接,插销一般采用 $\phi 10 \sim \phi 12\text{mm}$ 钢筋,插销孔应

用砂浆填塞饱满。

6.2.7 墙面板及基础在长度方向必须设置沉降缝,缝宽采用 20~30mm,缝内填充弹性材料,做成上下垂直通缝。沉降缝的间距应根据地基条件等确定,以 15~20m 为宜。

6.2.8 墙面应设排水缝,间距宜为 4~6m。排水缝处应贴铺无纺土工布并设置厚度不小于 300mm 的碎(砾)石排水层。

6.2.9 加筋土填料应选择水稳定性好、易压实的土类,严禁采用腐植土及生活垃圾。

6.2.10 直立式加筋土岸壁上的系缆设施应根据水位变化和系缆要求单独设置,不得与墙体有受力连接。

6.3 设计计算

6.3.1 直立式加筋土岸壁设计应进行内部稳定验算、外部稳定验算、沉降量计算和墙面板计算。

6.3.1.1 内部稳定计算应包括下列内容:

- (1)加筋材料拉力计算;
- (2)加筋材料锚固长度计算。

6.3.1.2 外部稳定验算应包括下列内容:

- (1)加筋土体基底及变截面处的抗滑移验算;
- (2)加筋土体抗倾覆验算;
- (3)加筋土体地基承载力验算;
- (4)加筋土体整体抗滑动验算。

6.3.2 内部稳定计算的加筋材料拉力计算,外部稳定验算中抗倾、抗滑计算时的荷载组合,应按现行行业标准《重力式码头设计与施工规范》(JTJ 290)的规定执行。加筋材料的锚固长度计算时,其荷载只考虑自重和永久荷载的组合。

6.3.3 加筋土体第 i 层一个结点土工带所受拉力按下式计算:

$$T_{si} = K_1 W_1 S_x S_y \quad (6.3.3)$$

式中 T_{si} ——第 i 层一个结点土工带所受拉力(kN);

K_1 ——至墙顶深度为 h_1 处的土压力系数(见图 6.3.3);

当 $h_i \leq 6\text{m}$ 时, $K_i = K_0 \left(1 - \frac{h_i}{6} \right) + K_a \frac{h_i}{6}$;

当 $h_i > 6\text{m}$ 时, $K_i = K_a$ 。

W_i ——第 i 层土工带所受的法向压力(kPa), $W_i = \gamma h_i + q$;

q ——墙顶换算均布荷载(kPa);

S_x 、 S_y ——结点的水平、竖向间距(m);

K_0 ——静止土压力系数, $K_0 = 1 - \sin\varphi$;

K_a ——主动土压力系数, $K_a = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$;

h_i ——墙顶至第 i 层土工带的距离(m);

γ ——土的重度(kN/m^3);

φ ——加筋体填料的内摩擦角($^\circ$)。

6.3.4 加筋土体的第 i 层一个结点所需土工带的根数按下式计算:

$$n_{ik} = \frac{T_{si}}{T_d} \quad (6.3.4)$$

式中 n_{ik} ——第 i 层一个结点土工带的根数;

T_d ——土工带的设计拉力,取单根土工带在延伸率为 1.5%~2%时的抗拉力,且不大于土工带极限抗拉强度的 1/4~1/5。

6.3.5 直立式加筋土岸壁土体的破裂面可采用简化破裂面(见图 6.3.5)。

6.3.6 第 i 层土工带伸出破裂面以外的锚固长度按下式确定,且不小于 2000mm。

$$L_p = K_{sp} \frac{T_{si}}{(2 n_i b \gamma h_i) \text{tg} \varphi_{sg}} \quad (6.3.6)$$

式中 n_i ——一个结点所需土工带根数的设计采用值, $n_i \geq n_{ik}$, 且不小于 2;

L_p ——土工带的锚固长度(m);

K_{sp} ——土工带抗拔安全系数,一般取 2;

b ——单根土工带的宽度(m);

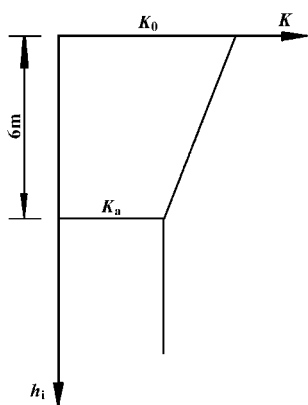


图 6.3.3 土压力系数沿深度分布图

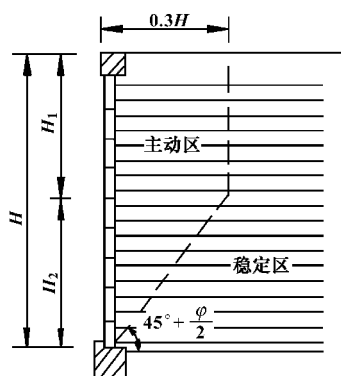


图 6.3.5 简化破裂面图

φ_{bg} ——土工带与填料间的视摩擦角($^{\circ}$)。

6.3.7 土工带的设计长度按下式确定,并应满足外部稳定要求和图 6.2.1 的构造要求,且最小长度不小于 3000mm。

$$L_i = L_{ai} + L_p \quad (6.3.7)$$

式中 L_i ——第 i 层土工带的设计长度(m);

L_{ai} ——第 i 层土工带在主动区内的长度(m);

当 $h_i \leq H_1$ 时, $L_{ai} = 0.3H$;

当 $h_i > H_1$ 时, $L_{ai} = (H - h_i) \text{tg} \left(45^{\circ} - \frac{\varphi}{2} \right)$;

$H_1 = H - 0.3H \text{tg} \left(45^{\circ} + \frac{\varphi}{2} \right)$;

H ——加筋土体的高度(m)。

6.3.8 直立式加筋土岸壁外部稳定验算及沉降量计算,分别按现行行业标准《重力式码头设计与施工规范》(JTJ 290)和《水运工程地基规范》(JTJ 280)的规定执行。在计算时可将加筋体视作重力式刚性墙。

6.3.9 墙面板的厚度和配筋计算,可假定每块板单独受力,面板后土压力均匀分布,其值取面板中点处的土压力强度,按点支承板进行计算。验算船舶挤靠力对板的作用时,可假定面板为弹性地

基板。

6.4 施 工

6.4.1 直立式加筋土岸壁的施工宜按下图程序进行。

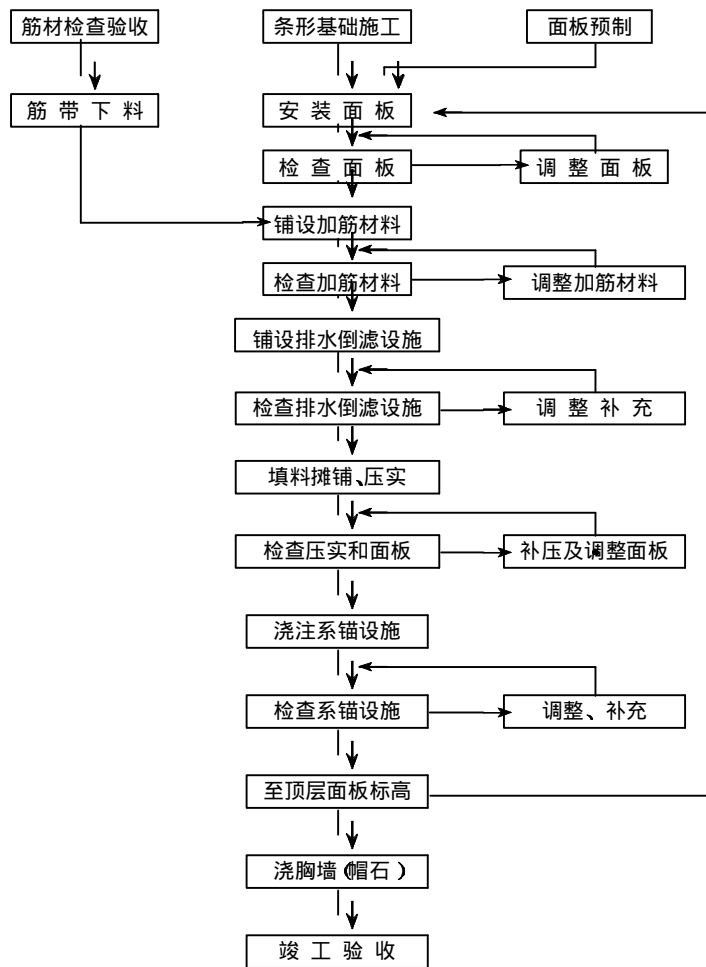


图 6.4.1 直立式加筋土岸壁施工程序图

6.4.2 加筋土岸壁的地基基础施工应符合下列要求。

6.4.2.1 基底地面应按设计要求开挖、压实、整平。压实、整平的范围应按设计尺寸各边加宽 300mm。

6.4.2.2 岩石地基,当纵向高差较大时,应成阶梯形开挖,每一台阶的长度不宜小于 3m。

6.4.2.3 水下基础,应按现行行业标准《重力式码头设计与施工规范》(JTJ 290)规定执行。

6.4.3 墙面板预制尺寸应准确,外观轮廓和图案应清晰。在堆放、搬运中要防止棱角碰撞。

6.4.4 墙面板的安砌应符合下列要求。

6.4.4.1 第一层墙面板安装前,应在条形基础上画出墙面板外缘线和墙面板长度分段线。

6.4.4.2 墙面板安砌宜从沉降缝处开始,依次向两边延伸。

6.4.4.3 采用插销连接方式的墙面板,一次安砌层数不宜超过两层;采用企口连接方式的墙面板,一次宜安砌一层。

6.4.4.4 墙面板之间安装缝宽不宜大于 10mm。除排水缝外,墙面板的砌缝均应坐满砂浆,外侧一般做成平缝,所用砂浆强度不得低于 M10。

6.4.4.5 墙面板安砌严禁外倾,内倾坡宜为 1/100;安砌面板调整水平偏差时应使用砂浆,不得用碎石等支垫找平。

6.4.5 土工带宜提前下料,下料长度为 2 倍设计长度再加上 500mm。

6.4.6 土工带铺设应符合下列要求。

6.4.6.1 土工带应垂直于岸壁前沿线并呈扇形辐射状尽量散开铺设,并应分布均匀。扇形的大小以墙面板起至筋带长度 1/3 以后不重叠为宜。

6.4.6.2 土工带应平铺、拉直、拉紧,不得有卷曲、扭结。土工带拉紧定位后,应立即填铺填料,使之固定。

6.4.6.3 结构内转角处的土工带重叠交叉时,土工带之间应用填料隔开,其厚度宜大于 50mm;结构外转角处,宜在转角相邻 2~4

块墙面板上增设加强筋带,加强筋带的数量不宜小于结点设计数量的 1/3。

6.4.7 土工带上的回填及压实应符合下列要求。

6.4.7.1 填料的种类、颗粒粒径应符合设计要求,填料中不得含有尖锐棱角等有损于土工带的材料;填料中的最大粒径不得大于填料压实厚度的 2/3,且不大于 150mm,其总量不得大于 15%。

6.4.7.2 填料必须分层回填及碾压,分层厚度以压实后的厚度为 200~300mm 为宜。

6.4.7.3 当采用机械卸料、摊铺时,土工带上覆盖的土层厚度不得小于 200mm。施工机械严禁在未覆盖填料的土工带上行驶。

6.4.7.4 填料的碾压顺序应按从筋带中部压向筋带尾部,再由中部压向面板,全面轻压后再进行重压。

6.4.7.5 距墙面板 800~1000mm 范围内的回填,应用人工推铺,宜采用蛙式夯、震动板等轻型压实机械压实。

6.4.7.6 加筋土填料的压实度必须满足表 6.4.7.6 的规定。

加筋土填料压实度 表 6.4.7.6

填 土 范 围	重 要 工 程	一 般 工 程
距面板 0.8m 以外	≥93%	≥90%
距面板 0.8m 以内	≥90%	≥90%

注:(1)表中压实度均指重型击实标准;

(2)压实度按现行标准《土工试验方法标准》(GBJ 123)有关规定试验确定。

6.4.8 墙后倒滤层和排水缝的施工应符合下列要求。

6.4.8.1 排水缝后的土工织物滤层应随墙面板安砌,从下至上挂贴。

6.4.8.2 墙后排水碎石层、砂砾层(或盲沟)应随后方回填高度逐步进行施工,并辅以灌水和振捣,使之密实。

6.5 质量检验与验收

6.5.1 土工带进场后应逐批检查出厂合格证和试验报告,并逐批进行外观质量检查,其物理、力学性能应按设计要求进行抽查复验,抽验数量每批每 3~5t 抽查一组。

6.5.2 直立式加筋土岸壁施工过程中应进行下列检查:

- (1)地基和基础处理情况,基底的开挖标高、平整度检查;
- (2)条形基础轴线及标高检查;
- (3)墙面板预制质量检查;
- (4)墙面板安砌质量检查;
- (5)土工带铺设长度、数量和铺设质量检查;
- (6)回填料的含水率、铺设厚度和压实度检查;
- (7)沉降缝、排水缝及排水层施工质量检查。

6.5.3 直立式加筋土岸壁的加筋土体有关部分的质量检验按下列规定进行,其他分项工程的质量检验均按现行行业标准《港口工程质量检验评定标准》(JTJ 221)有关规定执行。

6.5.3.1 土工带的品种、规格和技术性能必须符合设计要求和有关规定。

检验方法 检查出厂合格证和抽样试验报告。

6.5.3.2 加筋的层数、间距及土工带与面板的连接,必须符合设计要求。

检验方法 观察检查,检查施工纪录。

6.5.3.3 回填料的质量及压实度必须符合设计要求。

检验方法 检查检验报告。

检验数量 每一施工段(且不大于 500m²),每二层抽查一次且不少于 6 点。

6.5.3.4 土工带铺设不得发生扭结、卷曲、皱折或重叠现象。

检验方法 观察检查。

6.5.3.5 预埋拉环外露部分防腐处理应符合设计要求。

检验方法 观察检查。

6.5.3.6 直立式加筋土岸壁的施工允许偏差、检验数量和方法
应符合表 6.5.3.6 的规定。

直立式加筋土岸壁的施工
允许偏差、检验数量和方法 表 6.5.3.6

序号	项 目	允许偏差 (mm)	检验单元 和 数 量	单元 测点	检验方法
1	前 沿 线	20	每处(每 10m 一处)	1	用经纬仪检查
2	墙面垂直度 或 坡 度	内 倾 $\frac{H}{100}$ 且 <100	每 处 (每 10m 一处)	1	吊线尺量
		外 倾 $\frac{H}{200}$ 且 <50			
3	砌缝	水平方向平直	每 处 (每 10m 一处)	1	拉线或吊 线检查
		垂直方向平直		1	
4	加筋材料长度	+L/20, -0	每层每一施工段 (抽查 3 处)	3	尺 量
5	沉降量	<200	每 15m 一处	2	用水准仪检查

注：H为墙高，L为土工带设计长度，单位 mm。

6.5.4 直立式加筋土岸壁工程验收时应提交如下资料：

- (1)土工织物出厂合格证和抽样试验报告；
- (2)压实度检验记录；
- (3)土工织物铺设施工记录；
- (4)直立式加筋土岸壁质量检验评定表。

7 模袋混凝土护坡

7.1 一般规定

- 7.1.1** 模袋混凝土可用于护岸、围堤和航道整治的大面积护坡工程。
- 7.1.2** 模袋混凝土护坡应设置在稳定的岸坡上。
- 7.1.3** 模袋的厚度,充填混凝土时不宜小于 150mm;充填砂浆时不宜小于 100mm。混凝土(砂浆)的强度等级不宜低于 C20;砂浆的强度不宜低于 M15。

7.2 设计

7.2.1 模袋混凝土护坡设计应包括下列内容:

- (1)岸坡稳定验算;
- (2)模袋的选型;
- (3)模袋混凝土厚度确定;
- (4)模袋混凝土抗滑动稳定性验算。

7.2.2 岸坡稳定性验算和安全度要求,应遵照现行行业标准《水运工程地基规范》(JTJ 250)的规定执行,在验算时不考虑模袋混凝土的作用。

7.2.3 模袋的型式及充填厚度可根据工程要求和当地土质、地形、水文和施工条件,参照表 7.2.3 选用。

7.2.4 在模袋混凝土护坡抗滑动稳定性验算时,可假定模袋混凝土沿坡向产生滑动(见图 7.2.4),其抗滑动稳定安全系数 K_{SR} 按下式计算:

模袋型式、厚度和适用范围 表 7.2.3

模袋类型		充填厚度(mm)	适用范围
混凝土型		150~250	护岸、围堤护坡、护底
		300~700	海堤防护
砂浆型	有过滤点	100~150	一般坡面、内河航道
	无过滤点		

$$K_{SR} = \frac{(W_3 + W_2 \cos \alpha) \operatorname{tg} \varphi_{sg}}{W_2 \sin \alpha}$$

$$= \frac{(L_3 + L_2 \cos \alpha)}{L_2 \sin \alpha} \operatorname{tg} \varphi_{sg} \quad (7.2.4)$$

式中 K_{SR} ——抗滑稳定安全系数，一般不应小于 1.5；
 $W_2、W_3$ ——分别为坡面、坡脚模袋混凝土的重力(kN)；
 $L_2、L_3$ ——分别为模袋混凝土在坡面、坡脚处的长度(m)；
 α ——坡角(°)；
 φ_{sg} ——模袋混凝土与坡土界面间的摩擦角，应根据试验确定，当无试验资料时，可取土内摩擦角的 0.6~0.8 倍。

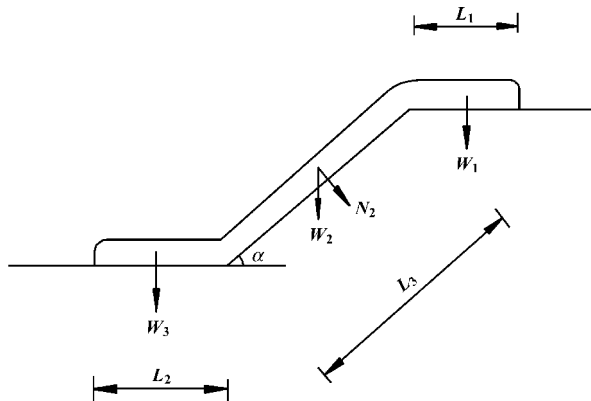


图 7.2.4 模袋混凝土抗滑动稳定计算图式

7.2.5 模袋混凝土护坡应根据坡面渗流量选定模袋滤水点分布

数量；当选用无滤水点模袋时，应设渗水滤管。

7.2.6 模袋混凝土的边界处理和构造应符合下列要求。

7.2.6.1 顶部宜采用浆砌块石保护或填土覆盖；对于有地面径流的坡顶，应设截水沟或其他防止地表水侵蚀模袋下部基土的措施。

7.2.6.2 海岸斜坡护岸模袋混凝土底端应设压脚棱体或护脚块体；有冲刷岸坡应采取护底等防止冲刷措施。

7.2.6.3 模袋混凝土护坡侧翼，宜设沟槽，将侧翼模袋混凝土埋入沟槽中。

7.2.6.4 相邻两块模袋混凝土接缝处，应设土工织物滤层，土工织物与模袋混凝土搭接长度不应小于 500mm。

7.3 施 工

7.3.1 模袋混凝土护坡的施工宜按下图程序进行。

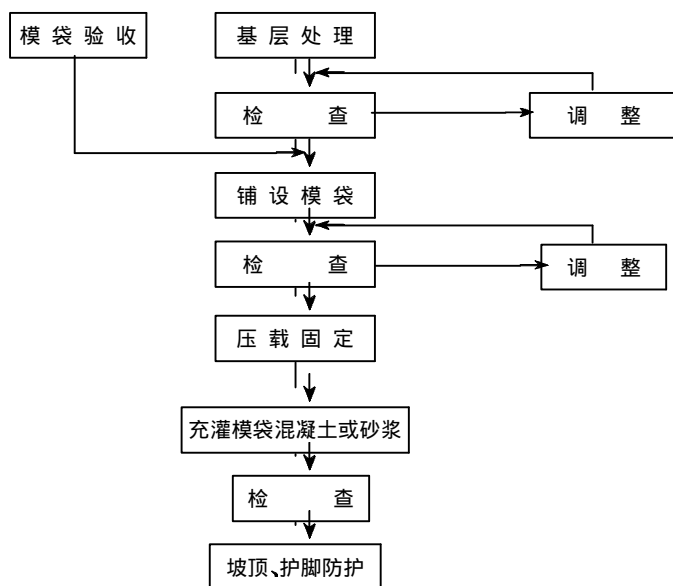


图 7.3.1 模袋混凝土护坡施工程序图

7.3.2 施工前，应根据设计图纸、现场地形和施工区段设计标准段、异形段模袋加工尺寸图，并委托厂家加工。

7.3.3 模袋铺设前土坡坡面应按设计要求进行修坡或挖泥,坡面应平顺、无明显凹凸,无杂物;其表面平整度:陆上不应大于100mm;水下不应大于150mm。

7.3.4 模袋铺设前抛石坡面应按设计断面进行理坡,并用二片石、碎石进行整平,其表面平整度:水下不大于150mm,陆上不大于100mm。

7.3.5 模袋铺设宜按下列方法进行。

7.3.5.1 模袋宜先卷卷,在其上、下缘管套中穿入钢管,以下缘钢管为轴,将模袋卷成卷。

7.3.5.2 模袋铺设前应设定位桩及拉紧装置。定位桩宜打在坡顶距模袋上缘1.5~2.0m处,其间距宜为1~2m,且每块模袋不少于4根;每根定位桩上均应设紧张器或滑轮。

7.3.5.3 模袋应预留纵向收缩富裕量,模袋的纵向收缩量宜通过试验确定。

7.3.5.4 铺展模袋宜利用人力或绞车顺坡滚铺,随铺随压砂袋或碎石袋;对于受风浪影响较大的坡面,砂袋宜用绳索连接成串,间距一般为1~2m。

7.3.5.5 模袋铺展、压稳后,应拉紧上缘固定绳索,以防止模袋下滑。

7.3.6 模袋铺设后应及时充灌混凝土或砂浆。

7.3.7 模袋混凝土的原材料、配合比和拌合物性能除应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定外,尚应符合下列要求。

7.3.7.1 粗骨料的^{最大}粒径不应大于表7.3.7.1的要求。

混凝土粗骨料最大粒径 表7.3.7.1

模袋混凝土厚度(mm)	骨料最大粒径(mm)
150~250	20
≥250	40

7.3.7.2 宜掺粉煤灰,其掺量应符合现行行业标准《粉煤灰混

混凝土技术规程》(JTJ/T274)的规定。

7.3.7.3 混凝土塌落度不宜小于 200mm。

7.3.8 模袋混凝土充灌应符合下列要求。

7.3.8.1 充灌时,泵管与充灌口应扎牢;当泵管垂直插入充灌口袋内时,应在泵管口设置减冲挡板。

7.3.8.2 陆上部分的模袋在充灌前应洒水润湿。

7.3.8.3 充灌应从已充灌的相邻的模袋混凝土块处开始,由下而上,依次进行(见图 7.3.8.3),充灌过程应及时调整模袋上缘张紧装置。

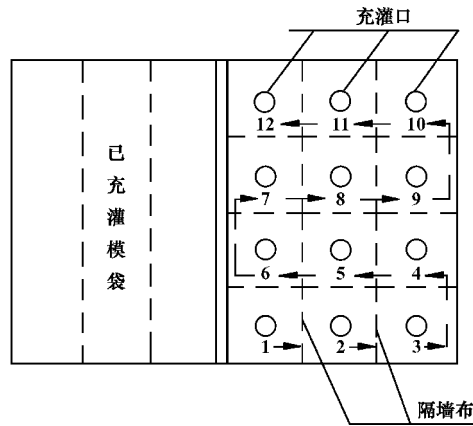


图 7.3.8.3 模袋充灌次序图

7.3.8.4 充灌速度宜在 $10\sim 15\text{m}^3/\text{h}$ 范围内,充灌压力宜为 $0.2\sim 0.3\text{MPa}$ 。

7.3.8.5 每一充灌口的充灌应连续,充灌将近饱满时,应暂停 $5\sim 10\text{min}$,待模袋中水分析出后,再充灌至饱满。灌满撤管后应将充灌口扎紧。

7.3.9 模袋混凝土充灌完成后,应及时用水将模袋表面和滤点孔内的灰渣冲洗、清理干净,并进行养护。

7.3.10 充灌后的模袋混凝土坡脚应及时进行锚槽回填覆盖和压脚棱体施工。

7.3.11 模袋铺设及充灌混凝土宜按先上游后下游、先深水后浅水、先标准断面后异形断面的次序进行。

7.3.12 铺设下一块模袋时,宜预留一定富裕量,搭在前一块模袋之上,在充灌混凝土时辅之人力使之挤严。

7.3.13 受潮汐影响的封闭式护岸、堤身的模袋混凝土护坡,施工时应考虑内外水头差的影响,并采取相应措施。

7.4 质量检验与验收

7.4.1 模袋进场后应逐批检查出厂合格证和试验报告。模袋布的主要技术性能指标,应按设计要求进行抽查复验,抽检数量每批一块。

7.4.2 模袋布的表面缺陷、模袋的规格尺寸和缝制质量宜在工厂进行检查验收。

7.4.3 模袋混凝土护坡施工过程中应进行下列检查:

- (1)基层坡度、平整度检查;
- (2)相邻模袋接缝处理情况检查;
- (3)模袋充灌混凝土(或砂浆)的数量和饱满情况检查;
- (4)滤点和排水管的处理情况检查;
- (5)坡顶、坡底和侧翼处理情况检查。

7.4.4 模袋混凝土护坡质量检验标准。

7.4.4.1 土工织物模袋的型号、规格和性能必须符合设计要求。

检验方法 检查出厂合格证和抽样试验报告。

7.4.4.2 模袋混凝土的原材料、配合比、养护及抗压强度等必须符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定。

注:混凝土强度试件制取方法:在充灌出口处取样,取出的混凝土灌入 $\phi 150\text{mm}$ 长 1200mm 材质与模袋织物相同的织物袋中,吊置 15~20min,取出装入标准试模成型。

检验方法 检查施工记录及试验报告。

7.4.4.3 坡顶、坡底和侧翼处理应符合设计要求。

检验方法 检查施工记录并观察检查。

7.4.4.4 模袋混凝土表面应冲洗干净并进行养护。

检验方法 观察检查。

7.4.4.5 模袋混凝土护坡施工的允许偏差,检验数量和检验方法应符合表 7.4.4.5 的规定。

模袋混凝土护坡施工
允许偏差、检验数量和检验方法 表 7.4.4.5

序号	项 目	允许偏差	检验单位 及 数 量	单 元 测 点	检 验 方 法
1	模袋混凝土厚度	+8% -5%	每 块 (逐块检查)	3	探针插入检查上、 中、下部
2	相邻块缝宽	≤30mm		3	用尺量上、中、下三 处
3	表面平整度	100mm		2	用 2m 靠尺量纵横两 方向,取大值

注:厚度误差系与设计厚度比较。

7.4.5 模袋混凝土护坡工程验收应提交下述资料:

- (1)模袋出厂合格证;
- (2)模袋抽验试验报告;
- (3)模袋铺设及充灌混凝土施工记录(包括规格、型号位置图、混凝土充灌日期、数量等);
- (4)模袋混凝土护坡质量检验评定表。

8 土工织物袋充填筑堤

8.1 一般规定

8.1.1 土工织物袋充填筑堤适用于水浅浪小区域围滩造地和航道整治工程。

8.1.2 充填袋用的土工织物应根据充填料颗粒和充填压力选用透水性和保土性较好的编织土工布或复合土工布。编织土工布单位面积质量宜大于 $130\text{g}/\text{m}^2$ ，抗拉强度不宜小于 $18\text{kN}/\text{m}$ 。

8.1.3 土工织物袋充填筑堤的充填料应采用排水性较好的砂性土、粉细沙类土料。

8.1.4 土工织物充填袋施工中不得长时间暴露日照，必须及时覆盖。

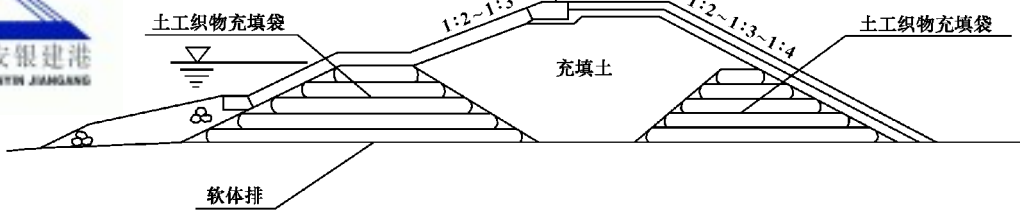
8.1.5 施工周期较长，可能遭受台风、洪水冲刷的工程，应考虑施工中的防护措施。

8.1.6 软基上的土工织物袋充填筑堤工程，应视工程规模设置一定数量的观测点，定期观测在施工期和使用初期沉降、位移，发现异常情况应及时采取措施，保证安全稳定。

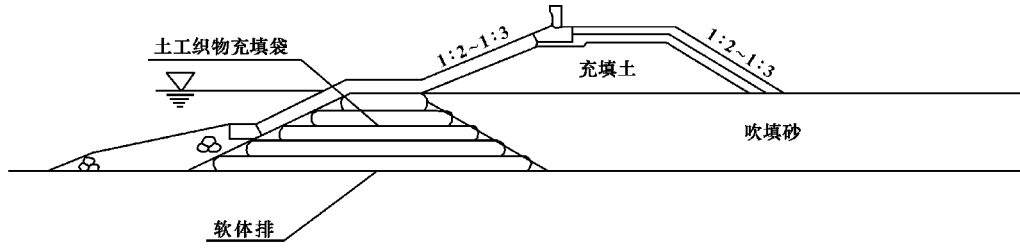
8.2 断面构造

8.2.1 土工织物袋充填筑堤的断面形式可分为双棱体、单棱体、全棱体三种(见图 8.2.1)。断面形式的选用应根据使用要求、当地土料来源、水文地质条件等因素确定。

8.2.2 围堤堤身高度小于 4m 时宜采用全棱体结构型式；堤身高度大于 4m 时，宜采用双棱体结构型式；对于围堤内吹填砂类土形成陆域的工程，宜采用围堤与吹填相结合的单棱体结构型式。



双棱体断面图



单棱体断面图

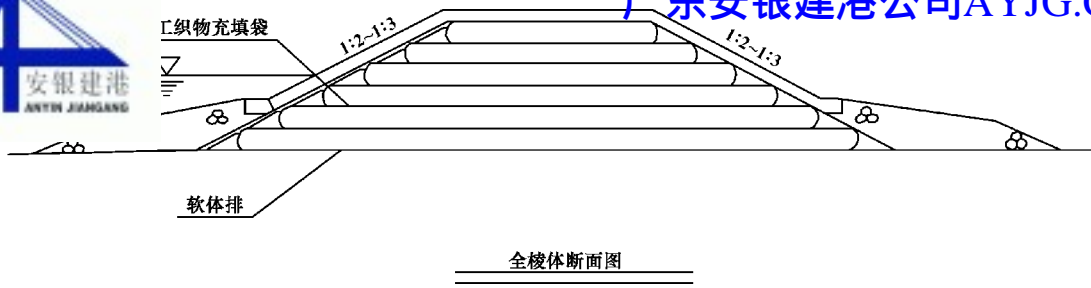


图 8.2.1 土工织物袋充填筑堤断面构造图

8.2.3 土工织物充填袋外棱体断面,顶高程宜高于大潮平均高潮位,顶宽可取 3~5m,外坡坡度可取 1:2~1:3,内坡坡度可取 1:1~1:1.5;内棱体顶高程宜高于平均高潮位,边坡可参照外棱体确定。

8.2.4 土工织物袋充填筑堤坡面护面和护底设计,应视地基、波浪、水流的条件采取相应措施。

8.2.5 土工织物充填袋外侧应设土工织物滤层及袋体保护层,其厚度外坡面不小于 300mm,内坡面不小于 150mm;双棱体堤心内侧和单棱体内侧(背水吹填面)可不设保护层。

8.2.6 土工织物滤层在坡顶坡肩、坡趾的处理方法,宜按本规程第 4 章有关规定执行。

8.2.7 在软基上筑堤时,应参照本规程第 5 章有关规定设置土工织物加筋垫层。

8.3 设 计

8.3.1 土工织物袋充填筑堤设计应包括下列内容:

- (1)堤整体稳定验算;
- (2)充填袋层间稳定验算;
- (3)土工织物保土、透水性能指标选择;
- (4)充填料与充填料干容重选定;
- (5)护面与护底设计。

8.3.2 整体稳定可采用圆弧滑动法进行验算。

8.3.3 充填袋层间稳定性按下式验算:

$$K = \frac{W_i \cdot f}{P_d} \quad (8.3.3)$$

式中 W_i ——计算层以上总重力(kN/m);

P_d ——袋体受到的水平力(kN/m);

f ——袋间摩擦系数,由试验确定;

K ——层间抗滑安全系数,不小于 1.3。

8.3.4 土工织物袋的保土性与透水性指标,应按本规程第 4 章有

关规定选取。

8.3.5 土工织物袋充填料,宜选用砂性土,其粘粒含量宜控制在10%以内。充填饱满度宜为85%,充填后的干土重度应达到 14.5kN/m^3 以上。

8.3.6 土工织物袋充填筑堤的护面设计按现行行业标准《防波堤设计与施工规范》(JTJ 215)有关规定进行。

8.3.7 土工织物充填筑堤的护底设计按有关规范进行。

8.4 施 工

8.4.1 土工织物袋充填筑堤施工宜按下图程序进行。

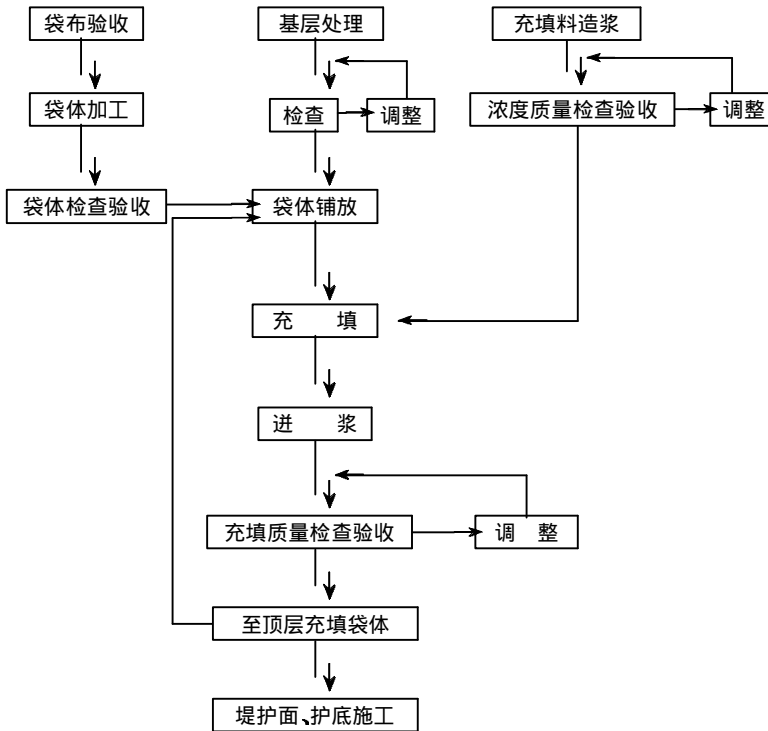


图 8.4.1 土工织物袋充填筑堤施工程序图

8.4.2 土工织物袋充填筑堤前,应对基层进行处理。直接铺放的

土工织物袋,应将基层可能有损织物的凸出物、杂物清除;当堤底有加筋垫层时,应按本规程第5章有关规定执行。

8.4.3 土工织物袋加工应符合下列要求。

8.4.3.1 土工织物袋应用工业缝纫机缝制,缝制线应采用尼龙线,强度不得小于150N。

8.4.3.2 土工织物袋缝合宜采用“包缝”或“丁缝”。

8.4.3.3 土工织物袋充填口布置在袋体表面,充填口数量应视充填料粒径和充填能力确定,砂性土一般按每16~20m²布置一个为宜。

8.4.4 土工织物袋充填所用泥浆泵和高压水泵,应根据充灌速度、袋体大小、输送距离等要求进行选择。

8.4.5 充填料宜采用就地取料或用采砂船运至充填区;当在附近滩地取土时,取土坑应离坡趾有足够距离。

8.4.6 土工织物铺设应符合下列要求。

8.4.6.1 土工织物袋应垂直于堤轴线铺设,上、下袋体应错缝铺设。

8.4.6.2 同层相邻袋体接缝处土工织物袋铺设时应预留收缩量,确保充填时后两袋相互挤紧。充填后的两袋间不得有贯通缝隙,如有应作相应处理。

8.4.6.3 水下铺设宜设定位桩。

8.4.7 土工织物袋充填施工应符合下列要求。

8.4.7.1 应用高压水枪进行水力造浆,泥浆浓度宜为20%~45%。

8.4.7.2 充填工序宜按充填→进浆→二次充填→袋内土体厚度满足设计要求的次序进行,袋体充填饱满度宜为85%、厚度宜控制在400~500mm范围内。

8.4.7.3 充填应用泥浆泵进行,管路出口压力宜控制在0.2~0.3MPa。

8.4.8 土工织物袋在铺设及充填过程中若出现袋体损伤,应及时修复,缝接方法可采用外覆式。

8.4.9 袋体充填后外露部分不得长时间暴露日照,应按设计要求及时做好覆盖保护。

8.5 质量检验与验收

8.5.1 土工织物进场时,应逐批地检查出厂合格证和试验报告,并逐卷进行外观质量检查;其主要物理及技术性能应按设计要求进行抽查复验,抽样数量每批次不少于一次。

8.5.2 土工织物充填袋施工过程中应进行下列检查:

- (1)堤底清理、平整情况检查;
- (2)土工织物充填袋铺设过程中损伤及修复情况检查;
- (3)充填料土质、颗粒级配、干土重度检查;
- (4)泥浆浓度、进浆压力检查;
- (5)充填袋充填成形后的外形尺寸及平整度检查。

8.5.3 土工织物袋充填筑堤质量检验标准。

8.5.3.1 土工织物的品种,规格和技术性能必须符合设计要求和有关规定。

检验方法 检查出厂合格证和抽样试验报告。

8.5.3.2 充填料土质、颗粒级配和干土重度必须符合设计要求。

检验方法 检查试验报告。

检验数量 每 1000m³ 取一试样。

8.5.3.3 土工织物充填袋之间,不允许出现贯通的缝隙。

检验方法 观察检查。

8.5.3.4 土工织物袋充填筑堤施工的允许偏差,检验数量和检验方法应符合表 8.5.3 的规定。

8.5.4 土工织物袋充填筑堤验收时应提交下述资料。

- (1)土工织物出厂合格证;
- (2)土工织物抽样试验报告;
- (3)土工织物充填袋铺设施工记录;
- (4)充填料颗粒分析、干土重度试验报告;

(5)土工织物袋充填筑堤分项工程质量检验评定报告。

土工织物袋充填筑堤施工的允许偏差、检验

数量和检验方法

表 8.5.3

序号	项 目	允许偏差(mm)	检验单元 及数量	单元测点	检验方法
1	充填袋体长度	±500	每袋	2	用尺量
2	相邻袋间局部最大缝宽	≤20		2	用尺量
3	堤顶面标高	±100	每 20m	1	用水准仪测
4	堤顶轴线偏移	水上<500		1	用经纬仪和 钢尺量
		水下<1500			

附录 A 土工织物试验方法共同规定

A.0.1 目的和适用范围。

本附录规定了有关土工织物的制样方法、试样调湿和测试值的计算公式,是附录 B~附录 G 各项试验中均应遵守的共同规定。

A.0.2 制样方法。

A.0.2.1 制样原则:

(1)每项试验的试样应从样品的长度和宽度方向上随机剪取,但距样品的边缘至少 100mm;

(2)试样不应含有折痕、孔洞、损伤部分和可见疵点;

(3)对同一项试验剪取两个以上的试样时,应避免它们位于同一纵向和横向位置上,即采用梯形取样法;如不可避免(如卷装、幅宽较窄),应在试验报告中注明情况;

(4)剪取试样时应满足精度要求;

(5)剪取试样前,应先有剪裁计划,然后再剪;

(6)对每项试验所用全部试样,应予以编号。

A.0.2.2 上述原则适用于各类土工布,土工膜和土工复合品,但不包括土工格栅等专门用途制品。

A.0.3 试样调湿。

A.0.3.1 试样应置于温度为 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $65\%\pm 2\%$ 和标准大气压的环境中调湿 24h。

A.0.3.2 如果确认试样不受环境影响,则可省去调湿处理,但应在记录中注明试验时的温度和湿度。

A.0.4 算术平均值、标准差和变异系数的计算公式。

A.0.4.1 算术平均值 \bar{x} 按下式计算:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{A.0.4.1})$$

式中 n ——试样块数；
 x_i ——第 i 块试样的试验值；
 x —— n 块试样试验值的算术平均值。

A.0.4.2 标准差 σ 按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1}} \quad (\text{A.0.4.2})$$

式中符号意义同式(A.0.4.1)。

A.0.4.3 变异系数 C_v 按下式计算：

$$C_v = \frac{\sigma}{x} \times 100\% \quad (\text{A.0.4.3})$$

式中符号意义同式(A.0.4.1)。

附录 B 土工织物单位面积 质量测定

B.0.1 目的和适用范围。

B.0.1.1 本试验规定了土工布单位面积质量的测定方法。

B.0.1.2 本试验方法适用于各种类型土工布、土工膜和土工复合品。

B.0.2 试验原理。

从整块样品上截取规定数量和规定尺寸的试样,经称量、计算,求得试样的单位面积质量。也可用其他试样,例如条带拉伸试验的试样,测定其尺寸和质量,计算单位面积质量。

B.0.3 仪器及用具。

B.0.3.1 剪刀。

B.0.3.2 尺,最小分度值为 1mm。

B.0.3.3 天平,感量 0.01g。

B.0.4 操作步骤。

B.0.4.1 试样准备:

- (1)按附录 A 中制样原则剪取试样;
- (2)试样面积不小于 100cm^2 ,裁剪和测量精度为 1mm;
- (3)试样数量不小于 10 块,并进行编号。

B.0.4.2 称量。

将裁剪好的试样按编号顺序逐一在天平上称量,读数精确到 0.01g。

B.0.5 计算。

B.0.5.1 按下式计算每块试样的单位面积质量 m :

$$m = \frac{M \times 10000}{A} \quad (\text{B.0.5.1})$$

式中 m ——单位面积质量(g/m^2);
 M ——试样质量(g);
 A ——试样面积(cm^2).

B.0.5.2 按照附录 A 第 A.0.4 条计算单位面积质量的平均值 m , 标准差 σ 及变异系数 C_v 。

B.0.6 记录。

本试验记录格式参见表 B.1。

土工织物单位面积重量试验记录 表 B.1

委托单位		大气温度	
产品名称规格		大气湿度	
试样状态		试验者	
试样尺寸		计算者	
试验日期		校核者	
名称 序号	质量 (g)	单位面积质量(g/m^2)	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
平均值 m 标准差 σ 变异系数 $C_v(\%)$			

附录 C 土工织物厚度测定

C.0.1 目的和适用范围。

C.0.1.1 本试验规定了测定一定压力下土工布厚度的方法。

C.0.1.2 本试验适用于各种类型的土工布、土工膜及土工复合品。

C.0.2 试验原理。

C.0.2.1 将试样平放在基准板上,用与基准板平行的圆形压脚对试样施加规定的压力,两块板之间的距离为土工布厚度测量值,以 mm 表示(见图 C.0.2)。

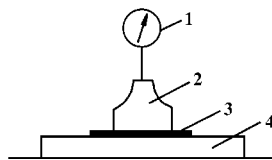


图 C.0.2 厚度试验仪示意图
1-百分表;2-压脚;3-土工布试样;4-基准板

C.0.2.2 土工布的厚度一般指在 2kPa 压力下的厚度测定值;当需要测定厚度随压力的变化时,通常进行 2kPa、

20kPa 及 200kPa 压力下的厚度测定,其他压力下的厚度可内插求得;也可直接测定特定压力下的厚度。

C.0.3 仪器设备及用具。

C.0.3.1 基准板 直径应大于压脚直径 50mm。

C.0.3.2 压脚(或称压块) 表面光滑平整,底面积为 25cm^2 ,重为 5N 的圆形压脚。压脚放在试样上,对试样施加 $2\text{kPa} \pm 0.01\text{kPa}$ 的压力。

C.0.3.3 用磅秤或杠杆对压脚加压,压力为 $20\text{kPa} \pm 1\text{kPa}$ 及 $200\text{kPa} \pm 1\text{kPa}$ 。

C.0.3.4 百分表 测量基准板及压脚之间的垂直距离,最小分度值为 0.01mm。

C.0.3.5 秒表 最小分度值为 0.1s。

C.0.4 操作步骤。

C.0.4.1 制样：

- (1)按照附录 A 中的制样原则剪取试样；
- (2)试样数量不小于 10 块,并进行编号。

C.0.4.2 测定 2kPa 压力下厚度的操作方法：

- (1)擦净基准板和压脚,压脚放在基准板上,调整百分表零点；
- (2)提起压脚,将试样平放在基准板与压脚之间,轻轻放下压脚,接触后开始记时,达 30s 时记录百分表读数。提起压脚,取出试样；

- (3)重复上述步骤,测试完 10 块试样。

C.0.4.3 测定 2kPa、20kPa 及 200 kPa 压力下厚度的操作方法：

- (1)将基准板放在磅秤或杠杆加压仪上,再将压脚放在基准板上,调整百分表零点；

- (2)提起压脚,将试样平放在基准板与压脚之间,轻轻放下压脚,接触后开始记时,达 30s 时记录百分表读数；

- (3)调节加压仪上荷重,使压脚的压力达 $20\text{kPa} \pm 0.1\text{kPa}$,压力加上后开始记时,达 30s 时记录百分表读数；

- (4)调节加压仪上荷重,使压脚的压力达 $200\text{kPa} \pm 1\text{kPa}$,压力加上后开始记时,达 30s 时记录百分表读数；

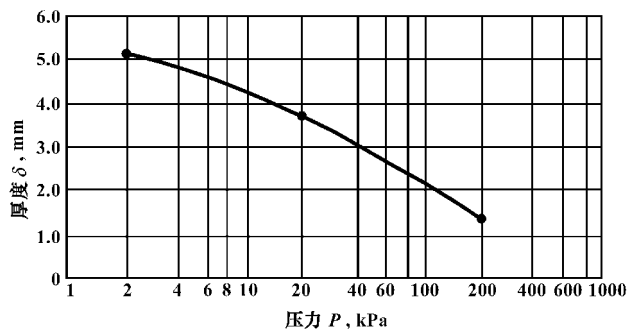


图 C.0.5 针刺无纺布的厚度—压力曲线

(5)重复(1)至(4)步骤,测试完 10 块试样。

C.0.5 计算及绘图。

C.0.5.1 按照附录 A 第 A.0.4 条方法分别计算每种压力下 10 块试样厚度的算术平均值,以 δ 表示;计算每种压力下厚度的标准差 σ 及变异系数 C_v 。

C.0.5.2 绘制厚度与压力关系曲线,横轴为压力对数值,纵轴为厚度的平均值(见图 C.0.5)。

C.0.6 记录 本试验记录格式参见表 C.1。

土工织物厚度试验记录 表 C.1

委托单位		大气温度	
产品名称规格		大气湿度	
试样状态		试验者	
试样尺寸		计算者	
试验日期		校核者	
厚度 (mm) 序号	压力	2kPa	20kPa
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
平均值 m 标准差 σ 变异系数 $C_v(\%)$			

附录 D 土工织物孔径试验(干筛法)

D.0.1 目的和适用范围。

D.0.1.1 本试验规定了用干筛法确定表观孔径 AOS(或称等效孔径 EOS)的试验方法。

D.0.1.2 本试验可确定土工布的孔径分布曲线,得出各等效孔径值。

D.0.1.3 本试验适用于有孔隙的各种类型的土工布和复合土工布。

D.0.2 试验原理。

将土工布试样作为筛布,用已知粒径的颗粒材料(石英砂或玻璃珠)放在土工布上进行振筛。筛后,称量通过土工布的颗粒材料重量,算出过筛率;调换不同粒径的颗粒材料进行试验,由此可绘出土工布的孔径分布曲线。

D.0.3 仪器设备及用具。

D.0.3.1 标准筛 直径 200mm。

D.0.3.2 振筛机 具有水平摇动和垂直振动(或拍击)装置。

D.0.3.3 天平 称量 200g,感量 0.01g。

D.0.3.4 振筛用的颗粒材料 将洗净烘干的颗粒材料用筛析法进行分档制备,按标准筛孔径分档如下:0.063~0.075,0.075~0.090,0.090~0.106,0.106~0.125,0.125~0.150,0.150~0.180,0.180~0.250,0.250~0.300 等。

D.0.3.5 其他用品 秒表,细软刷子等。

D.0.4 试样准备。

按附录 A 中制样原则剪取 5 块试样,试样直径应大于筛子直径。

注：如果试样为针刺无纺布，振筛后，如嵌入无纺布内的颗粒不易清出，当调换另一种颗粒料振筛时，此试样不能重复使用。这时，试样数应为 $5 \times n$ 。 n 为选取的颗粒组数。

D.0.5 操作步骤。

D.0.5.1 将试样放在孔径为 2mm 细筛网上，并固定好。

D.0.5.2 称量某级标准颗粒材料 50g，均匀撒布在试样表面。

D.0.5.3 将筛子、试样和接收盘夹紧在振筛机上，开动机器，振筛 10min。

D.0.5.4 停机后，称量通过试样的颗粒材料重量，然后轻轻拍打筛框或用刷子将表面颗粒去掉。

D.0.5.5 用另一级颗粒材料在同一块试样上重复 D.0.5.2~D.0.5.4 步骤，测定孔径分布曲线，需要取得不少于 3~4 级连续分级标准颗粒的过筛率，并要求试验点均匀分布。

注：对针刺无纺土工布，用不同粒径颗粒材料进行振筛，必要时需换新的试样。

D.0.5.6 其余试样重复 D.0.5.1~D.0.5.5 操作步骤。

D.0.6 计算及绘图。

D.0.6.1 按下式计算某级标准颗粒的筛余率 R_1 ：

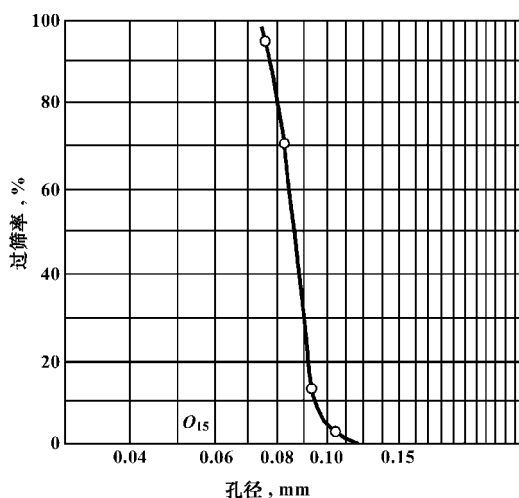


图 D.0.6.3 孔径分布曲线

$$R_i = \frac{m_t - m_{pi}}{m_t} \times 100\% \quad (\text{D.0.6.1})$$

式中 m_t ——筛析时标准颗粒投放量(g)；
 m_{pi} ——筛析后底盘中颗粒重量(过筛量)(g)。

D.0.6.2 计算 5 次试验筛余率的平均值 R ：

$$R = \sum_{i=1}^5 \frac{R_i}{5} \quad (\text{D.0.6.2})$$

式中符号同上。

D.0.6.3 绘制孔径分布曲线。

在半对数纸上绘过筛率与孔径分布曲线,见图 D.0.6.3。

D.0.7 记录:本试验记录格式参见表 D.1。

土工织物孔径试验记录 表 D.1

委托单位		大气温度				
产品名称规格		大气湿度				
粒料种类		试验者				
投放量		计算者				
试验日期		校核者				
序号	粒径 (mm)	过 滤 量 (g)				平均过筛率 (%)
		(1)	(2)	(3)	平均值	

附录 E 土工织物垂直渗透试验

E.0.1 目的及适用范围。

E.0.1.1 本试验规定了土工布在常水头垂直水流作用下的渗透特性,以渗透系数 k_g (单位 cm/s)及透水率 ψ (单位 s^{-1})表示。

E.0.1.2 本试验方法适用于具有透水性能的各种类型土工布和复合土工布。

E.0.2 试验原理。

E.0.2.1 土工布在垂直于布的某一常水头作用下发生渗流,测定在某一时间段内通过布的流量,即可测得表观流速和渗透系数。

E.0.2.2 渗透系数 k_g 是单位水力梯度 i 时的渗透流速 v (或称表观流速),即

$$k_g = \frac{v}{i} = \frac{Q\delta}{At\Delta h} \quad (\text{E.0.2.2})$$

式中 Q ——渗透水量(cm^3);

A ——土工布过水面积(cm^2);

i ——水力梯度 $i = \Delta h / \delta$;

δ ——土工布厚度(cm);

Δh ——上下面水位差(cm);

t ——通过水量 Q 所需时间(s)。

E.0.2.3 透水率 ψ 是单位水位差 Δh 时的渗透流速,即

$$\psi = \frac{v}{\Delta h} = \frac{Q}{At\Delta h} \quad (\text{E.0.2.3-1})$$

式中符号同(E.0.2.2)。

渗透系数 k_g 与透水率 ψ 的关系为:

$$\psi = \frac{k_g}{\delta}$$

(E.0.2.3-2)

E.0.2.4 土工布的渗透特性试验要求在水力梯度不大的层流条件下进行,服从达西定律。

E.0.3 试验设备及其技术性能要求(见示意图 E.0.3)。

E.0.3.1 试样夹持器:

(1)夹持器的有效过水面积一般为 $20 \sim 100 \text{cm}^2$,能装单层和多层土工布试样;

(2)试样与夹持器周壁密封良好,不得有渗漏;

(3)防止试样在水流过程中发生变位,需要在试样下部加托网。

E.0.3.2 上下游水位容器:

(1)要有溢流装置,使在试验过程中,保持常水头;

(2)要能调节水位,一般使用的水头变化范围为 $0 \sim 60 \text{mm}$ 。

E.0.3.3 测量系统的管路要求短而粗,减小水头损失。

E.0.3.4 其他 秒表、量筒、温度计、吸球、水桶等。

E.0.3.5 对新安装的测试系统应作空态(无土工布)率定,以确定设备自身的压力损失 ΔH_a 。 ΔH_a 与流速有关,一般低流速时 ΔH_a 很小;流速大时, ΔH_a 较大,应在 Δh 中予以修正。也可在夹持器两侧装测压管,测读 Δh 值。

E.0.4 试验准备。

E.0.4.1 准备好试验用的经脱气处理的水或蒸馏水。

E.0.4.2 试样准备:

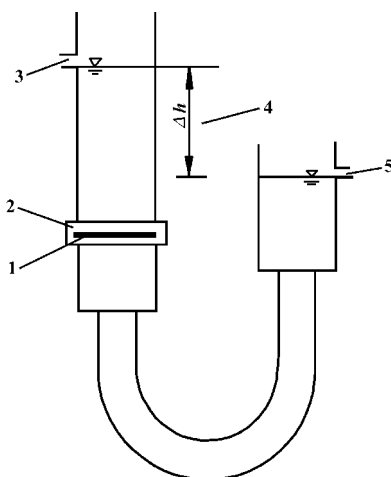


图 E.0.3 渗透仪示意图

1-土工布试样;2-试样夹持器;

3-溢水口;4-水位差

(1)按附录 A 中制样原则截取试样；

(2)试样数量：

用单片试样测定时取 10 个试样；

用多片试样测定时取 5 组。

E.0.5 试验步骤。

E.0.5.1 事先将试样浸泡在水中排除气泡。将饱和试样装入夹持器内,安装操作过程中要注意试样中不含气,有条件时在水下装样。

E.0.5.2 渗透仪内注满水,将夹持器放上,尽快安装,减少水的流失。

E.0.5.3 向下游容器内注水,使水自土工布底部徐徐向上渗出,使试样全部浸在水下,并同时排气。

E.0.5.4 调节上游水位,使之高出下游水位,水从上游流向下游,并溢出。

E.0.5.5 待上下游水位差 Δh 稳定后,测读 Δh ,同时开动秒表,用量筒接取经一定时间内的渗透流量,并测定水温。

E.0.5.6 调节上游水位容器,改变水力梯度(至少 3 次),重复 E.0.5.4~E.0.5.5 步骤,作渗透流速 v 与水力梯度 i 的关系曲线,取其线性范围内的试验结果,计算平均渗透系数。

E.0.5.7 重新安装一个试样,按 E.0.5.1~E.0.5.6 步骤进行。把全部试样进行完毕。

E.0.6 计算。

E.0.6.1 标准温度(20℃)时的渗透系数按下式计算：

$$k_{20} = \frac{Q \cdot \delta}{A \cdot \Delta h \cdot t} \cdot \frac{\eta_t}{\eta_{20}} \quad (\text{E.0.6})$$

式中 k_{20} ——标准温度(20℃)时试样的渗透系数(cm/s)；

η_t ——试验水温(t ℃)时水的动力粘滞系数(kPa·s)；

η_{20} ——20℃时水的动力粘滞系数(kPa)。

其余符号见式(E.0.2.2)。

水的动力粘滞系数比 η_t/η_{20} ,列于表 E.1。

水的动力粘滞系数比 η/η_{20} 表 E.1

温度(°C)	η/η_{20}	温度(°C)	η/η_{20}	温度(°C)	η/η_{20}
5.0	1.501	12.0	1.227	19.0	1.025
5.5	1.478	12.5	1.211	19.5	1.012
6.0	1.455	13.0	1.194	20.0	1.000
6.5	1.435	13.5	1.176	20.5	0.988
7.0	1.414	14.0	1.163	21.0	0.976
7.5	1.393	14.5	1.148	21.5	0.964
8.0	1.373	15.0	1.133	22.0	0.953
8.5	1.353	15.5	1.119	22.5	0.943
9.0	1.334	16.0	1.104	23.0	0.932
9.5	1.315	16.5	1.090	24.0	0.910
10.0	1.297	17.0	1.077	25.0	0.890
10.5	1.279	17.5	1.066	26.0	0.870
11.0	1.261	18.0	1.050	27.0	0.850
11.5	1.243	18.5	1.038	28.0	0.833

E.0.6.2 计算每个试样不同水头时的平均渗透系数及计算全部试样的平均渗透系数。

E.0.7 记录 本试验记录格式参见表 E.2。

土工织物垂直渗透试验记录 表 E.2

委托单位		大气温度									
产品名称规格		大气湿度									
试样面积 A		试验日期									
试样厚度 δ 及层数 n		试验者									
试验水温		计算者									
温度修正系数 η		校核者									
试样 序号	试验 次数	水位 (cm)		水位差 Δh (cm)	水力 坡度 i	渗透 水量 $Q(\text{cm}^3)$	渗透 流速 $v(\text{cm/s})$	渗透 系数 k_s (cm/s)	20°C时渗 透系数 $k_{20}(\text{cm/s})$	k_{20} 平均 值	备 注
		上游 h_1	下游 h_2								
	(1)	(2)	(3)	(4) - (3)	(4) /H	(6)	(6)/ (1)·A	(7)/ (5)	(8)	(8) · η	
1	1 2 3										H 为 渗径 长度 $H =$ $\delta \cdot n$
2	1 2 3										
∴											

附录 F 土工织物及土工带 拉伸试验

F.0.1 目的及适用范围。

F.0.1.1 本试验规定了用条带试样进行拉伸试验的方法,用以测定土工布的拉伸特性。适用于各种编织、机织和针织型土工布,非织造型(无纺)土工布,土工膜和复合土工布等片状织物。

F.0.1.2 本试验可测定土工布的抗拉强度及延伸率,并可用来计算初始模量、偏移模量、割线模量及破坏刚度(韧度)。

(1)抗拉强度 试样在外力作用下拉伸时能承受的最大拉力,发生在断裂时或断裂前,以 kN/m 表示;

(2)延伸率 对应最大拉力时的应变量,以%表示。

F.0.1.3 本方法适用于宽条试样拉伸试验和窄条试样拉伸试验,两种试验方法和步骤相同,只是试样宽度不同。宽条试样的宽度大于长度,宽条试样可以减少试样的“颈缩”现象。

F.0.1.4 本试验可测定土工带的拉力(N)和延伸率(%),并可计算土工带的强度(kPa)。

F.0.2 试验原理。

将试样全部宽度放入夹具内夹紧,拉力机等速进行拉伸,作用于试样上的纵向力逐渐增大,直至试样破坏。试样的拉伸强度、延伸率、初始及割线模量和破坏韧度都可从机器的刻度盘读数或记录曲线计算得到。

F.0.3 仪器及用具。

F.0.3.1 拉力机 具有等速拉伸功能,能测读拉伸过程中土工布的拉力和伸长量,并能记录拉力-伸长量曲线。

F.0.3.2 夹具 一对夹持试样的夹具,钳口面有约束作用,防

止试样在钳口内打滑,同时又要防止试样在钳口内被夹坏。

(1)宽条试样有效宽度 200mm,夹具实际宽度不小于 210mm;

(2)窄长试样有效宽度 50 mm,夹具实际宽度不小于 60mm。

F.0.3.3 测量和记录装置:

(1)荷载指示值或记录值的误差不大于相应实际荷载的 2%;

(2)伸长量的测量可用有刻度钢尺,读数精确至 1mm;

(3)直接记录试样的拉力-伸长量曲线。

F.0.4 试样准备。

F.0.4.1 取样方法 按照附录 A 中制样原则取样。

F.0.4.2 试样数量 纵向(顺机向)试样最少 6 块;横向(横机向)试样最少 6 块。

F.0.4.3 试样尺寸:

(1)宽条试样 裁剪试样宽度 200mm,长度至少 200mm,实际长度视夹具而定。必须有足够的长度使试样伸出夹具,试样计量长度为 100mm。对于编织型土工布,裁剪试验宽度 210mm,再在两边拆去大约相同数量的纤维,使试样宽度达到 200mm;

(2)窄条试样 裁剪试样宽 50mm,长度至少 200mm,必须有足够长度的试样伸出夹具,试样计量长度为 100mm。对于编织型土工布,裁剪试样宽度 60mm,再在两边折去大约相同数量的纤维,使试样宽度达到 50mm;

(3)除测干态抗拉强度外,还要求测定湿态强度时,则裁剪两倍的长度,然后一剪为二,一块测干强度,另一块测湿强度;

(4)土工带试样,取土工带整条宽度,长度至少 200mm,计量长度 100mm。

F.0.5 操作步骤。

F.0.5.1 准备好干、湿试样,对湿态试样要求从水中取出至上机位拉伸的时间间隔不大于 10min。

F.0.5.2 两夹具的初始间距调至 100mm,两个夹具中要求其中的一个支点能自由转动或为万向接头,保证两个夹具平行并在一

个平行面内。

F.0.5.3 选择拉力机的负荷满量程范围,使试样的最大断裂力在满量程的 10%~90%范围内。设定拉伸速率为 50mm/min。

F.0.5.4 将试样对中放入夹具内,为方便对中,事先可在试样上画垂直于拉伸方向的两条相距 100mm 的平行线,使两条线尽可能贴近上下夹具的边缘。

F.0.5.5 测定抗拉强度及伸长量 开动拉力机,同时启动记录装置,直至试样破坏后停机。

若试样在钳口内打滑,或在钳口边缘或钳口内断裂,其试验结果应予剔除,并增补试样。

当土工布在钳口内打滑或大多数试样在钳口边缘断裂,可采取下列改进措施:钳口内加衬垫;钳口内的土工布用涂料加强或改进钳口面。采取某种措施时应在试验报告中说明。

F.0.6 计算。

F.0.6.1 土工织物抗拉强度 计算各试样的抗拉强度,拉力可从拉力机刻度盘直接读出,或从记录曲线量取。抗拉强度 T_s 用下式计算:

$$T_s = \frac{P_f}{B_0} \quad (\text{F.0.6.1})$$

式中 T_s ——抗拉强度(kN/m);
 P_f ——测得的最大抗拉力(kN);
 B_0 ——试样宽度(m)。

F.0.6.2 土工带的抗拉力及抗拉强度:

(1)抗拉力 可以从拉力机刻度盘直接读出,或从记录曲线上量取。

(2)抗拉强度 按下式计算:

$$T_u = \frac{P_f}{A_0} = \frac{P_f}{B_0 H_0} \quad (\text{F.0.6.2})$$

式中 T_u ——土工带抗拉强度(kPa);
 A_0 ——土工带的初始断面(m²);

H_0 ——土工带初始厚度(m)。

其余符号同(F.0.6.1)式。

F.0.6.3 延伸率 计算试样的延伸率以试样初始长度的百分数表示。伸长量可用钢尺人工测读,或从记录曲线量取。延伸率 ε_p 按下式计算:

$$\varepsilon_p = \frac{L_f - L_0}{L_0} \quad (\text{F.0.6.3})$$

式中 ε_p ——延伸率(%);

L_0 ——试样初始长度(mm);

L_f ——对应最大拉力时的试样长度(mm)。

F.0.6.4 拉伸模量和断裂韧度 可由试样的拉力-伸长量曲线计算。

(1)初始拉伸模量 E_i 如果应力-应变曲线在初始阶段是线性的,利用初始切线可取得比较准确的初始模量值,见图 F.0.6.4(a)。

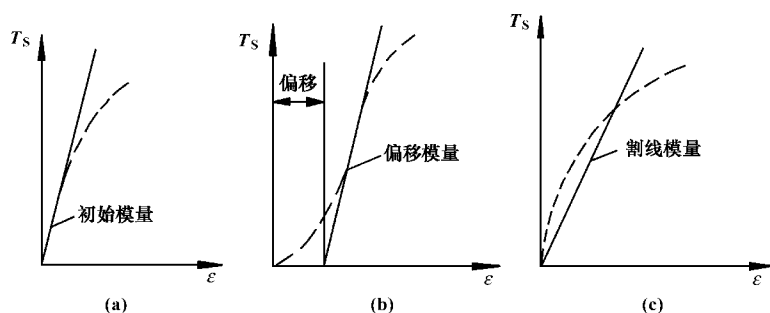


图 F.0.6.4 拉伸模量表示法

(2)偏移拉伸模量 E_0 当应力-应变曲线开始段坡度很小,在中间部分接近线性,则把开始段的曲线舍弃,将纵轴向右移到直线部分的延长线与横轴相交的位置,再求模量,见图 F.0.6.4(b)。

(3)割线拉伸模量 E_s 当应力-应变曲线始终呈非线性,可采用割线模量。从原点到曲线上某一点,如应变 10%或 20%,连一直线,该线坡度即为割线模量,并用 E_{s10} 或 E_{s20} 表示,见图

F.0.6.4(c)。

(4)断裂韧度 韧度反映了单位体积材料破坏以前抵抗外力所需做的功,它可以从应力-应变曲线下包含的面积求得。

F.0.6.5 计算抗拉强度,延伸率及各模量的平均值,并计算它们的标准差 σ 及变异系数 C_v 。

F.0.7 记录 本试验记录格式参见表 F.1 和 F.2。

土工织物拉伸试验记录 表 F.1

委托单位		大气温度	
产品名称规格		大气湿度	
拉力机型号		试验日期	
拉伸速率		试验者	
试样状态		计算者	
试样宽度		校核者	

序号	纵 向				横 向			
	拉力 (N)	强度 (kN/m)	伸长量 (mm)	延伸率 (%)	拉力 (N)	强度 (kN/m)	伸长量 (mm)	延伸率 (%)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
平均值 T_v 标准差 σ 变异系数 $C_v(\%)$								

土工带拉伸试验记录

表 F.2

委托单位				大气温度			
产品名称规格				大气湿度			
拉力机型号				试验日期			
拉伸速率				试验者			
试样				计算者			
试样				校核者			
序号	试件尺寸 宽×厚 (mm)	面积 (mm ²)	2%变形时 的拉力 (kN)	破断拉力 (kN)	极限抗拉 强度 (MPa)	破断时	
						伸长量 (mm)	延伸率 (%)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
平均							

附录 G 土工织物直剪摩擦试验

G.0.1 目的及适用范围。

G.0.1.1 本试验规定了用土工直剪试验技术确定土与土工布之间滑动阻力的方法。

G.0.1.2 本试验可确定土工布与土工布之间的滑动阻力。

G.0.1.3 本试验适用于各种土性和状态时的土和各种类型的土工布。

G.0.2 试验原理。

G.0.2.1 在直剪仪的上、下盒内填土,在上、下盒的土之间放土工布,在法向压力 σ 作用下,土与布压在一起,移动下盒,使土工布与土产生相对滑动,测定滑动力 τ 。

G.0.2.2 在直剪仪的上、下盒内填土,在上盒底部固定一块土工布,在上盒顶部固定另一块土工布,在法向压力 σ 作用下,二块土工布压在一起,移动下盒,使两块土工布之间产生相对滑动,测定滑动力 τ 。

G.0.2.3 一般要测定 3 个以上法向压力 σ 下的滑动力 τ ,作出 $\tau-\sigma$ 曲线,近似为直线。 $\tau-\sigma$ 线在纵轴(τ)的截距为粘着力 C 。 $\tau-\sigma$ 线与横轴(σ)的倾角 φ 称为摩擦角,通常 $C \approx 0$,则 $\tau/\sigma = \operatorname{tg} \varphi = f$, f 称为摩擦系数。

G.0.3 仪器设备。

主要为直剪摩擦仪,包括试样盒,加荷装置和测量装置。

G.0.3.1 试样盒 由上下两盒组成,方形,尺寸大于 $(60 \times 60) \text{mm}^2$ 。试验时通常上盒固定,下盒滑动,上、下盒均有固定土工布的装置。

G.0.3.2 加荷装置:

(1)法向压力 可采用气压滚动隔膜或油压千斤顶,要求活塞摩擦力小,使出力正确可靠,并在试验过程中保持恒压;

(2)水平加荷可应变控制或应力控制,通常采用调速电动机进行应变控制加荷。

G.0.3.3 量测装置:

(1)法向和水平向测力装置可用拉压力传感器;

(2)垂直和水平位移可用百分表或位移传感器。

G.0.4 试样准备。

G.0.4.1 试样尺寸 试样要能覆盖试样盒并能固定在上、下盒上。

G.0.4.2 试样数量 每组试验至少 3 块试样。

G.0.5 操作步骤。

G.0.5.1 移去上盒,在下盒内填土,按土的密度和状态仔细填实,土面高出下盒约 1mm;下盒内也可放刚性块体或硬木,块体高度高出下盒顶约 1mm。

G.0.5.2 将土工布盖在下盒土面上,并将土工布固定在下盒上。

G.0.5.3 放上上盒,插入上下盒固定销钉,即按要求仔细填实上盒内的土,上下盒之间留有缝隙,宽度为 1mm 加上土工布厚度。当测定土工布与土工布之间的滑动阻力时,则应先将土工布固定在上盒底部再进行填土。

G.0.5.4 放上加荷顶盖,施加法向压力,固结开始,固结时间随土性及排水条件而异,参照《土工试验规程》(SD128—84)。

G.0.5.5 调整水平加荷装置,使水平顶杆刚好与试样下盒接触。拔去销钉。开动电动机,剪切开始,测读并记录位移量和水平推力。位移速率视土性而定,对砂性土取 0.5mm/min。

G.0.5.6 连续剪切,直至滑动力保持常值不再增加或位移量达 10 mm 时即可停止试验。

G.0.5.7 换一块土工布,施加另一个法向压力,重复上述操作,直至完成要求的全部试样。

G.0.6 计算。

G.0.6.1 水平剪切力 τ 按下式计算：

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (\text{G.0.6.1})$$

式中 τ ——剪切力(kPa)；
 F ——实测得到的滑动力(N)；
 A ——试样盒面积(m²)。

G.0.6.2 土与土工布之间摩擦系数 f 有如下关系：

$$f = \text{tg} \varphi_{\text{sg}} = \frac{\tau}{\sigma} = \frac{F}{P} \quad (\text{G.0.6.2})$$

式中 φ_{sg} ——土与土工布的界面摩擦角；
 σ ——法向压力, $\sigma = \frac{P}{A}$ (kPa)；
 P ——法向总力(N)。

其余符号同上式。

G.0.6.3 土工布与土工布之间摩擦系数 f_{gg} 有如下关系：

$$f_{\text{gg}} = \text{tg} \varphi_{\text{gg}} = \frac{\tau}{\sigma} = \frac{F}{P} \quad (\text{G.0.6.3})$$

式中 φ_{gg} ——布与布的界面摩擦角(°)。

其余符号同上式。

G.0.7 记录 本试验记录格式参见表 G.1。

土工织物直剪摩擦试验记录 表 G.1

委托单位		传感器系数						
试验方法		大气温度						
土的状态密度		大气湿度						
土工布名称规格		试验日期						
试样尺寸		试验者						
固结时间		计算者						
剪切速率		校核者						
序号	历时 (min)	位移量 (mm)	法向压力 σ_1 (kPa)		法向压力 σ_2 (kPa)		法向压力 σ_3 (kPa)	
			传感器 读数	μ 值	传感器 读数	μ 值	传感器 读数	μ 值

附录 H 本规程用词和用词说明

H.0.1 本规程条文对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1)表示很严格,非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”或“不可”。

H.0.2 本规程条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应按现行……执行”或“应符合现行……的要求（或规定）。”非必须按照所指定的标准、规范执行的，写法为“可参照……执行。”

本规程主编单位、参加单位 和主要起草人名单

主 编 单 位：交通部第一航务工程局

参 加 单 位：交通部第二航务工程局

交通部第四航务工程局

交通部第四航务工程勘察设计院

上海航道勘察设计院

重庆交通学院

南京水利科学研究院

无锡市第一毛纺厂

主要起草人：张树仁

(以下按姓氏笔画为序)

马梅英 刘传源 刘兵民 刘诗净

何光春 陈学良 陈虎宝 徐建人

张景明 张鉴念 曾锡庭 蔡立毅

戴承礼 欧阳仲春