

**T/CECS ××××-202×**

**中国工程建设标准化协会标准**

海底电缆冲刷防护与检测标准

Specification for scour protection and detection of submarine cables

（征求意见稿）

**XXXXXXXXX出版社**

中国工程建设标准化协会标准

海底电缆冲刷防护与检测标准

Specification for scour protection and detection of submarine cables

**T/CECS XXX-202X**

主编单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

浙江华东测绘与工程安全技术有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年X月X日

**XXX出版社**

202X　北　　京

前 言

根据中国工程建设标准化协会文件《关于印发《2024年第一批协会标准制定、修订计划》的通知》（建标协字〔2024〕15号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准的主要技术内容是：总则，术语，基本规定，环境条件、海底电缆冲刷防护设计，海底电缆冲刷防护施工，海底电缆冲刷防护检测与监测，报告编制与归档。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会归口管理，由中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司（地址：浙江省杭州市西湖区三墩镇灯彩街321号，邮编：310030，邮箱：xue\_l@hdec.com）。

主编单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

浙江华东测绘与工程安全技术有限公司

参编单位：浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司

华东勘测设计院（福建）有限公司

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

中交第三航务工程局有限公司

山东电力工程咨询院有限公司

青岛卓建海洋工程勘测技术有限公司

中电建华东勘测设计院（深圳）有限公司

中船第九设计研究院工程有限公司

浙江理工大学

天津大学

同济大学

东南大学

清华大学

中国海洋大学

浙江工业大学

北京中工建信科技中心

中国科学院武汉岩土力学研究所

浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院)

主要起草人员：汪明元 刘 强 陈旭光 练继建 谢锦波 刘松玉

 程武伟 沈侃敏 薛 凉 林 鹏 王 琛 孙宏磊

狄圣杰 占晓明 卢胜强 徐山琳 张祖国 俞 峰

王 鑫 闫星宇 刘 璐 覃茂欢 李 强 杨 洋

梁发云 朱 艳 王 栋 过 锦 张凤鹏 孙淼军

杜文博 李高年 江峻毅 王 勇 张超杰 高兴国

范志强 何兴刚 窦玉喆 潘生贵 潘建峰 周波翰

主要审查人员：

目 次

[1 总 则 1](#_Toc187614817)

[2 术 语 2](#_Toc187614818)

[3 基 本 规 定 3](#_Toc187614819)

[4 环境条件 4](#_Toc187614820)

[4.1 工程地质 4](#_Toc187614821)

[4.2 潮位 4](#_Toc187614822)

[4.3 波浪 5](#_Toc187614823)

[4.4 海流 5](#_Toc187614824)

[4.5 海床演变 6](#_Toc187614825)

[5 海底电缆冲刷防护设计 8](#_Toc187614826)

[5.1 一般规定 8](#_Toc187614827)

[5.2 抛缆自然防护设计 8](#_Toc187614828)

[5.3 掩埋防护设计 9](#_Toc187614829)

[5.4 抛石防护设计 10](#_Toc187614830)

[5.5 盖板防护设计 12](#_Toc187614831)

[5.6 砼联排防护设计 13](#_Toc187614832)

[5.7 套管防护设计 15](#_Toc187614833)

[6 海底电缆冲刷防护施工 17](#_Toc187614834)

[6.1 一般规定 17](#_Toc187614835)

[6.2 抛缆自然防护施工 18](#_Toc187614836)

[6.3 掩埋防护施工 18](#_Toc187614837)

[6.4 抛石防护施工 19](#_Toc187614838)

[6.5 盖板防护施工 19](#_Toc187614839)

[6.6 砼联排防护施工 19](#_Toc187614840)

[6.7 套管防护施工 20](#_Toc187614841)

[7 海底电缆冲刷防护检测与监测 22](#_Toc187614842)

[7.1 一般规定 22](#_Toc187614843)

[7.2 检测与监测 23](#_Toc187614844)

[7.3 检测与监测数据分析 26](#_Toc187614845)

[8 报告编制与归档 28](#_Toc187614846)

[8.1. 一般规定 28](#_Toc187614847)

[8.2. 报告编制 28](#_Toc187614848)

[8.3. 资料归档 29](#_Toc187614849)

[附录A 海底电缆冲刷防护方法 31](#_Toc187614850)

[附录B 海底电缆冲刷防护检测与监测方法 32](#_Toc187614859)

[本标准用词说明 33](#_Toc187614860)

[引用标准名录 34](#_Toc187614861)

[条文说明 3](#_Toc187614862)5

**Contents**

[1 General Principles 1](#_Toc187614817)

[2 Terms 2](#_Toc187614818)

[3 Basic Requirements 3](#_Toc187614819)

[4 Environmental Conditions 4](#_Toc187614820)

[4.1 Engineering Geology 4](#_Toc187614821)

[4.2 Tide Levels 4](#_Toc187614822)

[4.3 Waves 5](#_Toc187614823)

[4.4 Ocean Currents 5](#_Toc187614824)

[4.5 Seafloor Evolution 7](#_Toc187614825)

[5 Seafloor Cable Scour Protection Design 8](#_Toc187614826)

[5.1 General Provisions 8](#_Toc187614827)

[5.2 Cable Throwing Natural Protection Design 8](#_Toc187614828)

[5.3 Burial Protection Design 9](#_Toc187614829)

[5.4 Rock Dumping Protection Design 10](#_Toc187614830)

[5.5 Cover Plate Protection Design 12](#_Toc187614831)

[5.6 Concrete Trough Protection Design 13](#_Toc187614832)

[5.7 Sleeve Protection Design 15](#_Toc187614833)

[6 Seafloor Cable Scour Protection Construction 17](#_Toc187614834)

[6.1 General Provisions 17](#_Toc187614835)

[6.2 Cable Throwing Natural Protection Construction 18](#_Toc187614836)

[6.3 Burial Protection Construction 18](#_Toc187614837)

[6.4 Rock Dumping Protection Construction 19](#_Toc187614838)

[6.5 Cover Plate Protection Construction 19](#_Toc187614839)

[6.6 Concrete Trough Protection Construction 19](#_Toc187614840)

[6.7 Sleeve Protection Construction 20](#_Toc187614841)

[7 Seafloor Cable Scour Protection Inspection and Monitoring 22](#_Toc187614842)

[7.1 General Provisions 22](#_Toc187614843)

[7.2 Inspection and Monitoring 23](#_Toc187614844)

[7.3 Inspection and Monitoring Data Analysis 26](#_Toc187614845)

[8 Report Compilation and Archiving 28](#_Toc187614846)

[8.1. General Provisions 28](#_Toc187614847)

[8.2. Report Compilation 28](#_Toc187614848)

[8.3. Data Archiving 29](#_Toc187614849)

[Appendix A: Seafloor Cable Scour Protection Methods 31](#_Toc187614850)

[Appendix B: Seafloor Cable Scour Protection Inspection and Monitoring Methods 32](#_Toc187614859)

[Explanation of Wording in This Code 33](#_Toc187614860)

[List of Quoted Standards 34](#_Toc187614861)

[Addition : Explanation of Provisions](#_Toc187614862) 35

**1 总 则**

**1.0.1** 为统一海底电缆冲刷防护与检测的技术标准，避免海床冲刷引起电缆损坏，保证海底电缆的正常运行和使用寿命，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于各类既有、新建、改建及扩建的海底电缆冲刷防护与检测。

**1.0.3** 海底电缆冲刷防护与检测除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准和中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

**2 术 语**

**2.0.1** **海底电缆**submarine cable

敷设在海洋水域环境中，直接与水接触或埋设在海底，具有较强的抗拉、抗压、纵向阻水和耐腐蚀能力的通信电缆、光缆、电力电缆或光电复合电缆。

**2.0.2** **抛缆敷设**surface laying

将电缆从船上有控制地释放并铺设在海床上的一种海底电缆施工方法。

**2.0.3**  **掩埋防护**cable burial protection

将海底电缆掩埋于海床面以下，以保护电缆免受海流冲刷、渔业活动、锚定及其他外力影响的防护措施。

**2.0.4** **抛石防护**rock placement protection

在海底电缆周围抛放石块或碎石，以保护电缆免受外界环境和人类活动影响的防护措施。

**2.0.5** **盖板防护**cover slab protection

将预制的成型盖板直接覆盖在海底电缆上方的防护方法。

**2.0.6** **砼联排防护**concrete mattress protection

在海底电缆上方放置预制混凝土联排构件，以提供物理保护和稳定性的防护措施。

**2.0.7** **套管防护**cable conduit protection

在海底电缆外部加装保护套管，以增强特殊区域电缆防护的措施。

**3 基 本 规 定**

**3.0.1** 海底电缆冲刷防护措施应确保海底电缆在整个生命周期内的结构安全和稳定性，避免因冲刷引起电缆悬空、损坏或断裂。

**3.0.2** 海底电缆冲刷防护和监测设计应符合下列要求：

**1** 考虑不同海床地质、海洋流体动力学特征及自然条件的变化。

**2** 合理选用防护材料和监测设备，确保防护设施和监测设备的适用性。

**3.0.3** 海底电缆冲刷防护施工应符合下列要求：

**1**  严格按照设计文件和施工规范进行，应确保施工质量、施工安全和防护效果。

**2** 关注当地海域、气象及水文资料，应在不损伤海底电缆的情况下有序进行防护。

**3** 优化施工工艺，满足安全环保的前提下应降低工程成本。

**4** 不应干扰或扰乱现有基础设施。

**5** 施工人员应经过相应的培训，具备海洋工程相关资质。

**3.0.4** 海底电缆冲刷防护应设置长期检测和定期检查的管理机制，对电缆及周边区域应进行实时或定期检测，发现潜在风险应及时采取防护或维修措施，确保海底电缆安全运行。

**3.0.5** 海底电缆冲刷防护应遵循环保要求，采用节能环保的技术和产品，并应对废弃物进行收集和妥善管理，防止破坏海洋生态系统。

**3.0.6** 海底电缆冲刷防护应通过海事部门和相关主管部门的审批，获得水上水下施工作业许可证。海上作业应健全安全生产管理机构，制定安全工作制度，现场作业安全应符合下列要求：

**1** 现场安全设施和设备应完备。

**2** 作业人员应进行安全教育培训。

**3**  及时了解作业海区气象和海况；四级及以上海况时，严禁进行外业作业。

**4** 作业前，应对设备、电缆、钢缆、保险绳、绞车、吊机等进行检查，并应确认安装牢固且符合作业要求。

**5** 遇危及作业安全的障碍物时，应停止作业并收回水下拖曳设备。

**6** 收、放拖曳设备时，应将船速控制在3 kn以下。

**4 环境条件**

**4.1 工程地质**

**4.1.1** 海底电缆冲刷防护应以工程地质条件分析和主要工程地质问题评价为前提。

**4.1.2** 工程地质条件分析应主要包括下列内容：

**1** 区域地质与地震概况、工程区的地形地貌、沉积作用、地层岩性、地质构造、不良地质作用情况，对海底电缆的影响分析；

**2** 地基土体的成因类型、物质成分、性质、结构特征、厚度、密实度及下伏基岩面的形态等；海流、底质等环境条件，地基冲刷深度、宽度及冲刷形态分析，冲刷防护设计建议；

**3** 冲刷深度影响范围内岩土体的物理力学性质及参数取值；

**4** 海底电缆周围的冲刷机理分析和冲刷防护要求。

**4.1.3** 工程地质问题评价应主要包括下列内容：

**1** 不良地质、特殊岩土、海底障碍物的性质和分布范围，以及对海底电缆稳定性及冲刷防护的影响；

**2** 海底浅层气的分布、特征及对冲刷防护的影响；

**3** 海床活动沙丘沙波的分布、特征及对冲刷防护的影响；

**4** 海底滑坡及陡坡对海底电缆稳定性及冲刷防护的影响；

**5** 冲刷范围内的其他工程地质问题评价及处理方案建议。

**4.1.4** 文件编制应主要包括下列内容：

**1** 海底电缆冲刷防护的主要工程地质内容；

**2** 海底电缆的冲刷防护方案建议。

**4.2 潮位**

**4.2.1** 设计潮位应主要包括设计高水位、设计低水位、多年平均海平面、极端高水位、极端低水位。

**4.2.2** 设计高水位应采用高潮累积频率10%的潮位或历时累积频率1%的潮位。

**4.2.3** 设计低水位应采用低潮累积频率90%的潮位或历时累积频率98%的潮位。

**4.2.4** 极端高水位以及极端低水位应根据设计使用年限选择合适的重现期。

**4.3 波浪**

**4.3.1** 波浪可采用波浪参数或波浪谱表示。

**4.3.2** 波浪参数应主要包括表观波周期、波高*H*、平均水深*d*、波长*L*。

**4.3.3** 根据结构物的类型、形状和尺寸，波浪荷载计算可选择合适的波浪理论。

**4.3.4** 波浪荷载计算中的流函数、Stokes 五阶波和线性波理论的适用范围宜按图4.3.4确定。



图4.3.4 流函数、Stokes 五阶波和线性波理论的适用范围

注：图中③、⑤、⑦…为流函数的阶数。

**4.4 海流**

**4.4.1** 仅计入海流作用时，设计海流流速可采用海底电缆使用期间可能出现的最大流速，其值可根据现场实测资料分析确定。

**4.4.2** 圆形构件单位长度上的海流荷载可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （4.4.2-1） |

式中：——海流荷载（N/m）；

——海水密度（kg/m3）；

——阻力系数，圆形构件取0.73，其他形状的结构可根据国家现行标准《港口工程荷载规范》JTS 144-1的有关规定取值；

*A*——单位长度构件垂直于海流方向的投影面积（m2/m）；

*V*——设计海流速度（m/s）。

**4.4.3** 承受海流作用的细长构件，应分析由Von Karman涡流引起振动的可能性，流体动力交变、涡旋的释放频率可按下列公式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.4.3-1) |
|  |  (4.4.3-2) |

式中：——频率（Hz）；

 ——Strouhal值，可按图4.4.3査取；

V ——垂直于构件轴线的海流速度（m/s）；

*D* ——细长构件外径（m）；

*Re* ——雷诺数；

——运动黏性系数（m2/s）。

****

图4.4.3 *S*t 值

**4.4.4** 计算波浪和海流共同作用时，宜采用海流影响下的波浪要素。

**4.5 海床演变**

**4.5.1** 海底电缆工程海域的泥沙运移应主要包括下列资料:

**1** 工程海域全潮水文观测的典型季节和典型潮汐过程条件下的悬沙含量和粒径分析资料，大范围海底底质采样粒度分析资料；

**2** 工程海域及附近悬沙和底质采样资料。

**4.5.2** 海底电缆工程海域的海床冲淤应包括不同历史时期海岸线变迁和海底地形冲淤的实测和遥感资料。

**5 海底电缆冲刷防护设计**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 海底电缆冲刷防护应根据地质勘察报告、海缆类型、海缆保护路径、海域环境，分区域制定具体防护方案。

**5.1.2** 海底电缆冲刷防护应根据海中段、潮间段、登陆段的不同保护需求和不同海底地质条件，分别合理选取抛缆自然敷设、掩埋、抛石、盖板、砼联排、套管等不同防护手段。海底电缆冲刷防护方法宜符合附录A的要求。

**5.1.3** 海底电缆冲刷防护设计应考虑海床运移对电缆稳定性的影响，确保电缆运行期间海床的长期稳定性。

**5.2 抛缆自然防护设计**

**5.2.1** 设计前应对海缆敷设海域进行详细勘测，评估冲刷深度、冲刷速率和范围，为海缆预留长度及其形态提供依据。

**5.2.2** 海底电缆敷设应平放水底，并应减小海底电缆的悬空高度。海底电缆平行敷设时，间距不宜小于最高水位水深的 2 倍。

**5.2.3** 海底抛缆应考虑冲刷影响下电缆向敷设方向外移或向主要波流方向兜移，冲刷防护应采取下列措施：

1 电缆预留段姿态可分别采用类似O形、S形或8字形盘绕。

2 预留段敷设方向与海域常浪向的夹角应在可行的前提下缩小。

3 避开高风险区域，可进行微观路径调整。

**5.2.4** 海底抛缆应进行冲刷影响评估确定监测周期，定期对电缆预留长度和姿态进行监测，及时发现并处理冲刷导致的电缆悬垂或拉伸现象。

**5.2.5** 海底抛缆应设置预留长度，预留长度应符合现行国家标准《海底电力电缆输电工程设计规范》GB/T 51190的规定，并应符合下列规定：

**1** 预留长度应保证海缆接入终端出现意外断裂时能再次接入终端。

**2** 预留长度应保证电缆在受到冲刷后仍能维持稳定状态，避免因冲刷导致电缆悬垂或拉伸过度。

**3** 强冲刷海域，宜适度增加预留长度，减少电缆悬垂，避免因拉力集中而导致断裂。同时应确保设计的预留长度不因过度的张力或弯曲应力而导致疲劳失效。

**4** 海底电缆终端处预留长度应符合表5.2.5的规定。

表5.2.5 海底电缆终端处预留长度

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 额定电压(kV) | 10 | 20-35 | 110 | 220 | 500 |
| 预留长度（m） | ＞4 | ＞8 | ＞10 | ＞15 | ＞20 |

**5.2.6** 海底电缆与平台设备等刚性连接时，在弯曲部位宜设置弯曲限制器作为支撑件，防止弯曲应力过度集中，弯曲限制器设置应符合现行国家标准《海底电力电缆输电工程设计规范》GB/T 51190的规定，并应符合下列规定：

**1** 当垂直保护管较长时，应采用措施防止电缆与管壁在风浪作用下发生摩擦碰撞。

**2** 当采用J形保护管时，应封堵管口，防止海水与海洋生物侵蚀。

**3** 电缆进入构筑物J形管设施的端部周围，应设置专门的弯曲限制器，减少应力集中，增强电缆的保护效果。

**4** 弯曲限制器应采用高强度、耐腐蚀、耐磨损的材料制成，抵抗海水的侵蚀和海底环境的磨损。

**5** 弯曲限制器内侧与海缆接触面附近的材料，应具有良好的弹性和韧性，确保电缆弯曲时能有效限制弯曲半径，防止电缆受损，并缓解海缆因冲刷导致的局部应力集中。

**6** 弯曲限制器应均匀布设在电缆上，确保电缆在敷设过程中及敷设后能够维持稳定的弯曲半径。

**7** 弯曲限制器布设长度应根据电缆直径、电缆弯曲半径要求以及附近海域冲刷程度确定，布设长度至少应大于预期的最大冲刷范围，且不宜少于5米。

**5.3 掩埋防护设计**

**5.3.1** 海底电缆防护应考虑冲刷影响下重物下落、拖拽、移动的风险，宜优先采取埋深保护的措施，或采用与压覆物加盖保护相结合的措施。

**5.3.2** 海缆的掩埋深度应考虑海流和海浪的冲刷，根据风险程度和海床地质条件综合确定。相对于周围海床平均值的掩埋深度应符合下列规定：

**1**  对于泥、砂及泥砂混合的海底底质，海底电缆掩埋深度不宜小于2m。

**2** 对于经论证存在冲刷和海床演变的离岸区域，海底电缆掩埋深度不宜小于变化影响深度下2.0m。

**3** 对于岩石类海底地质环境，掩埋深度不宜小于1.0m。

**4** 跨越航道、锚地等与航运关联的海域，掩埋深度不宜小于3.0m。

**5.3.3** 掩埋重量应确保电缆在海底的稳定性，防止冲刷、拖拽造成电缆损伤。给定电缆掩埋重量、土壤性质和近床水动力条件的挖沟应达到目标埋深，并应保证回填期间电缆不浮起。

**5.3.4** 挖沟设备应确保在挖沟和回填期间不对电缆施加重大负载，并应将电缆损坏的可能性降至最低。

**5.3.5** 电缆裸露长度不应超过设计埋深下的电缆预留长度，具体的裸露长度应根据海底地质条件、海床形态、冲刷程度，以及渔业活动和锚定作业的影响分析确定。

**5.3.6** 电缆裸露长度超出设计标准时应及时进行补救，可采取二次掩埋或使用岩石覆盖的防护措施，确保海缆在使用寿命期间不因裸露长度过大而受到损害。

**5.4 抛石防护设计**

**5.4.1** 海缆的抛石防护设计，应考虑海底地形地貌、工程地质条件、海缆区段、海缆悬空状态、抛石冲击和水文气象条件的影响。抛石应根据电缆路径精准投放，合理配比抛石粒径，确保抛石重度、厚度均在合理范围内，避免对海缆造成较大冲击。

**5.4.2** 抛石应考虑地基的变形，不同海底地质条件下应符合下列要求：

**1** 土质海床应计算抛石引起的地基沉降量，不应过度压陷导致防护失效。

**2** 岩石海床应分析抛石是否稳定堆积或滑移，可采用锚固装置固定石材。

**3** 强潮流区域应评估石块在潮流冲刷下的位移，宜选择抗冲刷能力强的碎石和块石。

**5.4.3** 抛石防护应考虑不同区段的防护要求，不同海缆区段内应符合下列要求：

**1** 浅水区段应防止航行器抛锚对海缆造成损坏，抛石厚度可适当增加。

**2** 深水区段应考虑水流冲刷引起的悬空和磨损，抛石应保证足够的堆积稳定性。

**3** 近岸区段应考虑潮汐变化对石块堆积的影响，设计时应留有冗余量。

**4** 海底火山或断层区等特殊区域，防护设计应适应地质变化，并应编制应急预案。

**5.4.4** 抛石防护应根据不同的电缆悬空状态分别进行设计，并应符合下列要求：

**1** 局部悬空，可采用精准抛石进行局部支撑，不应堆积过多石料而影响缆体。

**2** 大面积悬空，可采用连续的抛石堆积体形成稳定坡面，减少悬空段的波动。

**3** 悬空长度较大时，可采用柔性垫层等支撑措施与抛石防护联合使用。

**4** 动态环境中的悬空，可针对季节性水流变化对抛石坝体进行加固，确保长期稳定。

**5.4.5** 抛石的堆积抛填保护工艺应根据海缆的防护需求分别选择明埋式、暗埋式、混合式，并应符合下列要求：

**1** 明埋式可用于环境较稳定的区域，将石块堆积在海缆上方进行防护。

**2** 暗埋式可用于航道和锚区等需高度保护的区域，将电缆埋设于石堆或基槽内部。

**3** 结合明埋和暗埋的混合式可用于地形复杂且风险高的区域，可兼顾防护和稳定性。

**4** 根据实际需求、现场施工条件和检测结果可灵活调整石块的堆积方式。

**5.4.6** 最大波浪底流速应根据水深条件、波浪要求采用适用的波浪理论计算确定，抛填块石的稳定重量可按表5.4.6确定。

表5.4. 6 抛填块石的稳定重量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 最大波浪底流速*v*（m/s） | 护底块石稳定重量*W*（kg） | 最大波浪底流速*v*（m/s） | 护底块石稳定重量*W*（kg） |
| 2.0~2.5 | 60~100 | 3.6~4.0 | 300~400 |
| 2.6~3.0 | 100~200 | 4.1~4.5 | 400~600 |
| 3.1~3.5 | 200~300 | 4.6~5.0 | 600~800 |

注：1、对于破碎波区的抛填块石的重量宜适当加大；

 2、对有水流共同作用时的堤前抛填块石重量宜复核，并适当加大。

**5.4.7** 抗冲抛填块石的稳定重量与最大流速的对应关系可根据下式计算确定：

 (5.4.7)

式中：

*v*——块石的极限抗冲流速，m/s；

*d*——块石化为球形时的粒径，m；

*rs*——块石容重，kN/m3；

*r*——水的容重，kN/m3；

*k*——综合稳定系数，主要与块石形状及其所处的边界条件有关，水平底坡可取1.2，倾斜底坡可取0.9。

**5.4.8** 块石抛填厚度可根据下式计算：

 （5.4.8）

式中：

*h*——护面层厚度（m）；

*n’* ——块石层数；

*c*——块体形状系数，抛填2层时取1.0；

*W*——单个块体的稳定重量（kN）；

*rb*——块石容重，kN/m3。

**5.5 盖板防护设计**

**5.5.1** 海底电缆埋设困难区域可采用混凝土压块、抛石、石笼盖板等盖板防护方式。

**5.5.2** 盖板防护设计应符合下列要求：

**1** 在海缆上方铺设结构性保护层，防止水流冲刷、海底物理破坏和船只锚具对海缆造成损害。

**2** 根据海缆所处环境和风险因素，选择适合的盖板结构与材料，增强电缆的长期稳定性和安全性。

**5.5.3** 盖板防护应根据海底环境合理确定盖板尺寸和形状，并应符合下列规定：

**1** 盖板宽度应确保防护区域足够大，覆盖海缆并向两侧至少延伸50cm。

**2** 盖板厚度应根据施工环境与荷载条件设计，符合防冲击要求，宜选择5~15cm厚。

**3** 平板型盖板可用于平坦海床区域。

**4** 拱形或弧形盖板可用于地形起伏较大或海缆悬空区域，可分散水流压力，避免集中冲刷。

**5** 模块拼接型盖板可用于长距离防护，多个盖板间可拼接形成连续的保护层，提高整体结构稳定性。

**6** 抛石盖板可用于深水区域，以及其他措施不能满足设计防护要求或无法实施其他保护措施的海缆区段、海缆裸露海床部位。

**5.5.4** 盖板材料可分别选取柔性材料和刚性材料，并应符合下列要求：

**1** 柔性材料可用于土质海床或小型电缆, 可选取高分子复合材料垫层或柔性砂袋，可适应地形变化并降低盖板对海缆的应力集中。

**2** 刚性材料可用于高荷载或冲刷严重的区域，可选用钢筋混凝土盖板或金属板，可提供较高的抗冲击和耐久性。

**5.5.5** 盖板防护应考虑边缘二次冲刷的影响，并应符合下列要求：

**1** 盖板边缘应设计为圆角或倾斜结构，减少水流扰动。

**2** 边缘区域宜设置碎石垫层或防冲刷织物，增强边界过渡区的稳定性。

**3** 评估盖板边缘冲刷的风险，通过水动力优化设计调整盖板的布局。

**4** 必要时扩大盖板的覆盖范围，减少水流集中对边缘的冲刷。

**5** 定期检测盖板边缘的冲刷状况，根据监测结果及时采取补救措施。

**5.5.6** 针对不同的盖板失效模式，应合理采取相应措施进行补救，并应符合下列要求：

**1** 水流冲击或安装不当导致盖板位移或翻转时，可通过增加锚固装置或加固边缘石料，确保盖板保持原位。

**2** 外力超过盖板材料的强度极限导致盖板破损或断裂时，可更换损坏的盖板，并检查设计强度是否满足实际荷载需求。

**3** 水流在盖板边缘产生冲刷引发海床沉降或盖板基础松动时，可在冲刷区域填充碎石或防冲刷砂袋，重新稳定盖板基础。

**4** 制定应急监测和维修计划，盖板出现问题时应及时采取有效的补救措施。

**5.6 砼联排防护设计**

**5.6.1** 砼联排防护可用于船只频繁活动的航道和抛锚区等高风险区域，应将预制混凝土模块沿海缆路径连续铺设进行海缆防护，可用于防护锚具冲击、潮流冲刷和海洋生物附着，提供长期的物理和环境防护。

**5.6.2** 根据不同的海底区域，砼联排的尺寸与形状应符合下列规定：

**1** 模块长度应根据电缆路径和施工设备能力确定，单块长度宜为1~2m。

**2** 宽度应确保全面保护并防止暴露，应覆盖电缆两侧各至少50cm。

**3** 厚度应根据水流速度、荷载及施工环境确定，保证强度和稳定性，宜取5~20cm。

**4** 矩形平板型可用于平坦海床区域。

**5** 槽形模块可用于地形起伏较大的区域，可嵌入电缆并增强结构的整体稳定性。

**6** 弧形盖板型可用于抵抗流体冲击，减少水流扰动对电缆周围海床的冲刷。

**5.6.3** 砼联排抗滑稳定验算可按式（5.6.3）进行。

 （5.6.3）

式中：

——砼联排的浮重度（kN／m3）；

——砼联排等效厚度（m）;

——坡角（）；

——砼联排上下水头差（m）;

——水的重度（kN／m3）；

——砼联排与坡面的摩擦系数，用水下值，由试验确定；

——砼联排抗滑稳定安全系数，取 1.1 ~ 1.30。

**5.6.4** 砼联排在水流作用下的抗掀动稳定验算可按式（5.6.4）进行，波流共同作用下的压载稳定宜通过模型试验确定。

 （5.6.4）

式中：

*tm*——指折算到单位面积上压载物的平均厚度；

*K*s——抗掀动安全系数，可取1.2~1.4，水流复杂的区域取大值；

g——重力加速度（m/s2）；

*a*m——系数，与水流流态、压载形式有关，系结软体排可取0.5；

*V*——水流垂线平均流速（m/s)；

*γ*m——砼联排重度（N/m3）；

*γ*w——海水重度（N/m3）。

**5.6.5** 砼联排的材料和相应的连接处理应根据不同海缆区段和不同海域确定，并应符合下列要求：

**1** 高强度混凝土可采用C40或以上强度等级的混凝土，应确保其在海洋环境中的耐久性和抗腐蚀性。

**2** 延长结构使用寿命应进行防腐处理，可添加防腐剂或采用钢筋增强型混凝土。

**3** 电缆路径有一定曲率或地形变化时应增强适应性，可采用柔性连接组件连接模块。

**5.6.6** 砼联排防护应避免边缘二次冲刷，可采取下列措施：

**1** 在砼联排模块的两侧设置碎石垫层或抛石防护，减少边缘的水流集中。

**2** 边缘模块采用倾斜设计，优化水动力特性，防止流体扰动。

**3** 在砼联排结构的底部或边缘铺设防冲刷织物，减少水流对海床的侵蚀。

**4** 对边缘区域进行监测，发现冲刷时及时补充碎石或调整联排结构。

**5.6.7** 针对不同的失效模式，应及时采取下列补救措施：

**1** 对潮流冲刷或施工不当引起的联排结构移位，可使用锚固系统固定联排模块，可在底部加设垫层以提高摩擦力。

**2** 对外部荷载超过设计强度导致的混凝土模块破损，应及时更换损坏模块，并应评估其原有设计是否满足实际荷载要求。

**3** 对联排模块边缘发生沉降或冲刷而引起的整体稳定性下降，可在冲刷区域填充碎石或加铺防冲刷织物，确保边缘稳定。

**4** 制定详细的应急监测和维修计划，在高风险区域应预留备用模块和设备，快速更换损坏部分。

**5.6.8** 砼联排的压载稳定应综合考虑水动力条件、结构设计和施工工艺等多方面因素。

**5.7 套管防护设计**

**5.7.1** 套管防护可用于高风险或复杂地形区域，应在海底电缆外部加装具有一定厚度和强度的管状结构，并应具备下列效果：

**1** 提供额外的物理防护和抗冲刷能力。

**2** 防止电缆受到锚具撞击和海洋生物侵蚀等外力损坏。

**3** 增强电缆在潮流冲刷下的抗拉和抗弯能力。

**5.7.2** 根据不同海底区域，套管尺寸与形状设计应符合下列规定：

**1** 套管内径应确保电缆顺利穿入，宜比电缆直径大10~20%，并应预留温度变化或弯曲时的空间。

**2** 厚度应根据环境条件确定，宜为5~20cm，深水区或锚具频繁区厚度应适当增加。

**3** 圆管型设计可用于大多数平稳的海床区域。

**4** 椭圆或扁平型可用于潮流较强区域，降低流体阻力并减少冲刷。

**5** 可弯曲型可用于地形变化或路径曲折区域以增强适应性。

**6** 电缆保护管应满足机械强度要求，确保电缆安全运行。套管机械强度校核应考虑拉力作用下的失效形式和抗挤强度。

**5.7.3** 针对不同海底区域的防护要求，套管防护应使用不同材料，并应符合下列要求：

**1** 橡胶材料应具有良好的柔性，可用于地形复杂的区域、土质海床或弯曲频繁的电缆路径，可减少套管与电缆之间的摩擦。

**2** 混凝土套管应具有高强度且耐腐蚀，可用于深水区或受船锚影响的高荷载区域。

**3** 钢结构套管可用于高风险区或水动力复杂区域，应提供较高的抗冲击能力，并应进行防腐处理以适应海洋环境。

**4** 复合材料可用于潮流冲刷严重、复杂地形或高流速的区域，应兼具柔性和强度。

**5** 强流区域或地形变化明显区域，应结合抛石或柔性垫层等支撑措施。

**5.7.4** 套管防护应考虑二次冲刷问题，并应采取下列措施：

**1** 套管端部应减少水流扰动，宜采用圆角或锥形设计。

**2** 套管两端应增强稳定性并防止水流侵蚀，宜设置碎石或防冲刷垫层。

**3** 套管端部应降低水流对海床的影响，宜铺设防冲刷织物。

**4** 定期检查套管端部区域的冲刷情况，应及时填补或调整过渡区域的材料。

**5.7.5** 根据具体防护要求，冲刷后防护套管的悬跨长度和材料曲率应符合下列规定：

**1** 钢管悬跨长度可取5~10m，柔性橡胶套管不宜超过2m。

**2** 钢套管和混凝土套管应满足最小曲率半径要求，铺设过程中不应损坏结构。

**3** 铺设过程中橡胶套管和复合材料套管应保持连续弯曲，避免形成应力集中区。

**5.7.6** 针对不同失效模式，套管防护的补救应采用下列措施：

**1** 冲击或疲劳导致材料损坏，可更换破损套管，并应检查材料强度和环境适应性。

**2** 潮流冲刷或安装不当造成套管移位，可增加锚固装置或在套管底部铺设防滑垫层，确保套管固定。

**3** 套管端部未处理妥当导致边缘松动或沉降，可在冲刷区域填充碎石或铺设防冲刷织物，稳定套管端部。

**4** 制定套管防护的维修应急计划，并应储备必要的备用材料和设备，及时发现和修复失效问题。

**6 海底电缆冲刷防护施工**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 海底电缆冲刷防护施工前应进行下列工作：

**1** 熟悉设计文件，充分理解设计意图和技术要求。

**2** 收集气象水文、地质、地形、地貌等资料。

**3** 调查邻近建筑物、水下地下管线和障碍物、施工水域和避风锚地等。

**4** 了解类似工程的施工经验和使用情况等。

**5** 复核勘测测量控制网。

**6** 编制施工组织设计、分部分项施工方案，采用新技术、新工艺、新材料、新设备的项目、危险性较大分部工程分项工程编制安全专项施工方案；必要时进行典型施工或试验验证。

**7** 选择合理的施工方法及设备，施工人员、船机设备、工程材料等按要求进场。

**8** 进行施工安全交底和技术交底。

**6.1.2** 海底电缆冲刷防护施工船机设备应根据防护结构、现场水文地质条件、设计要求、施工工艺等条件确定，并应符合下列要求：

**1** 冲刷防护施工船机设备系统应具备测量定位、水深监测等功能。

**2** 外海或工况恶劣条件下冲刷防护施工应选择抗风浪能力强、稳定性好的施工船机设备。

**6.1.3** 海底电缆冲刷防护施工应符合下列要求：

**1**  施工前应对施工区域进行扫测。

**2** 工程材料应满足设计和规范要求，施工前应对材料进行质量检验。

**3** 当施工区域或影响范围内有需要保护的建筑物或既有海缆时，应按有关要求采取相应防护措施。

**4** 施工过程中应对各工序进行质量检查。

**5** 施工时应合理安排施工顺序与作业面，避免与其他海底电缆铺设船机设备与建构筑物交叉影响。

**6** 施工过程中应对埋设机水下工作状态和海底电缆的埋设状态进行监测。

**7** 施工中应采取措施控制海水污染和空气污染，当有噪声控制要求时，还应符合施工海域噪声控制的规定。

**6.2 抛缆自然防护施工**

**6.2.1** 海缆敷设施工期间，应掌握施工海域的水文、气象条件及气象预报资料，避开不利施工时间。海上施工作业时，应根据设备技术条件和施工船舶配置情况，限定工作环境条件。敷设设备的投放与回收作业宜在平潮时进行。

**6.2.2** 海缆敷设宜在小潮汛、风浪小、洋流较缓、视线清晰、海面风力小于六级的海况下作业。

**6.2.3** 施工船舶到达施工现场后，宜安排在设计施工路由区域内进行试航，以更加熟悉施工区域内设计路由的各个关键点及潮水情况。对关键点在路由图上加以标识，提前做好应对措施。

**6.2.4** 海缆敷设应符合下列规定：

1 按批准的施工方案进行施工。

2 按规定的设计路由敷设。

3 敷设时进行定位、测量，及时纠正航向和校核敷设长度。

4 敷设时控制海缆的张力在设计范围内。

5 根据施工海缆的地质、流速、流向确定布缆速度。

6 施工中防止海缆过松打圈，不发生交叉、重叠、弯折、扭结、海底悬空现象。

**6.3 掩埋防护施工**

**6.3.1** 掩埋防护应结合海底地质状况，选用水力冲埋、预挖沟、机械开沟埋设方式。

**6.3.2** 海底电缆可采用边敷边埋、先敷后埋的掩埋保护工艺；边敷边埋时，埋设机应同时进行挖沟和埋设操作；先敷后埋可采取电缆敷设后再开沟掩埋的作业方式。

**6.3.3** 海底电缆掩埋保护施工中，应严格控制埋设深度满足设计要求。

**6.3.4** 海缆掩埋防护可在海缆上覆盖土上方铺设土工织物，土工织物品种、规格和技术指标应满足设计要求，并应符合国家现行规范《土工合成材料丝机织土工布》（GB/T 17640）、《水运工程土工合成材料应用技术规范》（JTS/T 148）的有关规定。

**6.3.5** 土工织物铺设完成后，防护边缘宜与周围天然海床面保持平齐或自然过渡。

**6.4 抛石防护施工**

**6.4.1** 抛石防护施工应根据抛填厚度、面积、水深等条件选用合理的船机设备，应满足允许作业工况下连续施工的要求，宜选用带水下定位、导向装置的专用船舶。水上抛填宜采用卫星定位系统测量定位。

**6.4.2** 抛石防护所采用块石的规格应满足设计要求。

**6.4.3** 护底块石应无严重风化和裂纹，单轴饱和极限抗压强度不应低于30MPa。

**6.4.4** 抛石施工时应考虑水流、风浪、水位对抛填位置的影响，抛填船驻位方式宜采用试抛确定。

**6.4.5** 抛填块石施工宜采取有效措施减缓块石抛填对海缆的冲击。

**6.4.6** 抛石表面坡面宜由海缆中心向两侧倾斜，防冲刷区域边缘宜与海床面自然过渡。

**6.5 盖板防护施工**

**6.5.1** 盖板防护施工前应探明需加盖保护段的长度。

**6.5.2** 盖板防护混凝土压块应适应海底的冲刷变形，紧贴海床底部。

**6.5.3** 抛石形成的盖板防护石料堆积层应具备一定防御外力冲击破坏的强度。

**6.5.4** 盖板保护施工时应确保有效覆盖。

**6.5.5** 盖板防护施工不应对海底电缆造成损伤，并应具有良好的稳定性。

**6.6 砼联排防护施工**

**6.6.1** 砼联排防护施工应符合下列规定：

**1** 砼联排的混凝土块强度等级不宜低于C20，厚度不宜小于10cm，单个混凝土块长厚比和宽厚比不宜小于2。

**2** 砼联排边缘和搭接部位的压载应根据抗掀动稳定验算情况加强，加强部位的宽度不宜小于2m。

**3** 砼联排的排边应力求平顺，相邻排边的平面错牙宜控制在2m以内。

**4** 混凝土块体宜采用防老化的连结绳系结。

**6.6.2** 当放排速度大于船速时，铺排方向与水流方向呈任意角度砼联排所受最大拉力可按式（6.6.2）计算：

 

  （6.6.2）

式中：

*T*——排体所受最大拉力；

*K*——附加动力系数，经实验确定为1.5；

*g*——重力加速度（m/s2）；

*ρ*——水密度（kg/m3）；

*ρ*'——每平方米排布砼块的浮质量(kg/m2 )；

*h*——水深(m)；

*H*——铺排船干舷距水面高度(m)；

*φ*——铺设方向与水流方向的夹角(0≤*φ*≤90°为顺水沉排，90°≤*φ*≤180°为逆水沉排)，（°）。

**6.6.3** 砼联排铺设应符合下列要求：

**1** 根据抗掀动稳定验算情况，可增加砼联排厚度或在上层增加压载。

**2** 压载材料应根据水流、波浪、水深和可能产生的冲刷变形的因素，采用块石砂袋、碎石袋、混凝土块。

**3** 水流、波浪较大时，压载重量和尺寸宜通过物理模型试验确定。

**4** 深水区域可采用浮吊铺设，浮吊船宜将预制模块逐一放置于电缆路径上。

**5** 深水或环境复杂区域可采用水下机器辅助安装，宜使用ROV设备精准定位并铺设模块。

**6** 浅水区可采用人工铺设。

**7** 施工前应详细勘察海床地形，确保铺设路径的平整度和稳定性。

**8** 模块铺设时应保持紧密衔接，防止间隙过大导致电缆暴露。

**9** 施工结束后应进行检测，确保模块的定位和结构符合设计要求。

**6.7 套管防护施工**

**6.7.1** 防护套管应能提高海缆抗破坏能力，减小电缆磨损。套管应满足水下防腐要求，可采用铸铁、玻璃钢、塑胶材质的防护套管。

**6.7.2** 采用套管防护时，应校核电缆载流量和套管的机械强度。

**6.7.3** 套管防护可与加盖防护结合使用，在海底底质硬度不适合埋设时，可采用套管防护，同时应在连接好的套管周围加混凝土压块或砂袋覆盖等加以固定。

**6.7.4** 套管防护施工应符合下列规定：

**1** 施工前应探明需套管保护段的长度。

**2**  套管宜采用哈呋式，由潜水员进行水下施工。

**3** 套管连接应安全可靠。

**7 海底电缆冲刷防护检测与监测**

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 海底电缆冲刷防护检测与监测应符合下列要求：

**1** 检测与监测应满足设计和使用要求，符合安全、高效、可靠、方便、经济的原则。

**2** 检测与监测应采用实用先进的技术方法，选择合理方便的仪器设备，检测过程应具备有效的安全保护措施。

**3** 检测与监测应包括施工期和运营期。施工期应检测海底电缆的施工质量；运营期应检测海底电缆冲刷防护质量，并监测海底电缆的安全状态。

**7.1.2** 海底电缆冲刷防护检测与监测频率应符合下列规定：

**1** 施工期检测与监测频率宜每年1~2次。

**2** 运营期检测与监测频率每年不宜少于1次。

**3** 在发生偶然事故或特殊灾害后，应及时进行检测和监测。

**4** 重要海缆应进行实时在线监测。

**7.1.3**海底电缆冲刷防护检测和监测可采用下列方法，海底电缆冲刷防护检测与监测方法宜根据附录B选取。

**1** 多波束、单波束、三维实时声纳、合成孔径声纳、侧扫声纳法。

**2** 浅地层剖面法，宜采用参量阵原理。

**3** 海洋磁法和电磁感应法。

**4** 高清摄像、三维激光、无人机航拍。

**5** 人工调查。

**6** 在线监测。

**7.1.4** 海底电缆冲刷防护检测和监测设备应符合下列要求：

**1** 设备搭载宜采用勘探船、无人机、无人船、水下机器人。

**2** 设备安放可采用定点投放、人工携带和在线监测的方式。

**3** 设备技术指标应满足工作要求，并处于正常状态，应在检定、校准有效期内。

**4**  在线监测系统应具备实时监视、数据报警、历史查询、数据分析和运行管理等功能模块。

**5**  在线监测系统应能自动管理数据，告警事件数据应永久存储，其他运行数据在处理后存储不应少于1年。

**7.1.5** 海底电缆冲刷防护检测与监测应做好数据原始记录和检查，并应符合下列要求：

**1** 原始记录应包括仪器检查记录、班报记录、原始数据记录、资料检查与评价记录、校审记录。

**2** 班报记录宜包括工程名称、调查海区、作业船只、海况、航速、航向、突发事件、测点测线号、记录文件号、工作日期、工作单位、操作人员、仪器名称及型号、主要工作技术参数、监测过程中的异常情况和监测系统主要参数。

**3** 数据文件编号应与班报记录一致，电子记录应备份。

**4** 记录内容应真实、准确、齐全，不得涂改、擦去或撕页。

**5** 全部资料应进行自检；对不合格记录应分析原因，做好记录，进行补测或重测。

**6** 原始记录应进行检查和验收，抽查率不应少于30%。

**7** 成果质量应通过二级检查、一级验收的方式进行控制。

**7.1.6** 海底电缆冲刷防护检测与监测数据处理和资料解释应符合下列要求：

**1** 数据处理和解释软件应为有效软件。

**2** 现场数据应及时整理和初步解释。

**3** 资料解释应充分结合设计、施工、地质、测量和海图资料，应遵循从已知到未知、先易后难、由点到面、点面结合的原则。

**4** 资料解释成果展示应能体现不同冲刷防护方式的特点。

**7.2 检测与监测**

**7.2.1** 海底电缆冲刷防护检测与监测前应开展下列工作：

**1** 收集和分析项目设计资料、施工资料、地质资料、气象水文资料、已有检测与监测成果等。

**2** 了解项目海域水文、地质、交通管制及障碍物的情况，确保外业可正常实施。

**3** 根据项目要求，结合现场实际情况编制实施技术方案。

**7.2.2** 海底电缆冲刷防护检测与监测的实施技术方案应主要包括下列内容：

**1** 工程简介，地形、地质、气象、水文概况，项目来源，实施阶段，监测目的和要求。

**2** 工作依据的技术标准和规定。

**3** 人员、设备及作业船配置。

**4** 监测内容、工作方法、技术要求、测线布置、数据采集、资料分析。

**5** 工期与进度安排。

**6** 项目管理、质量、安全和环境保护措施。

**6** 重大危险源辨识、环境要素清单和应急预案。

**7** 提交成果的内容和形式。

**7.2.3**  海底电缆冲刷防护检测和监测区域及测线布置应符合下列规定：

 **1** 检测和监测宜包括登陆段、露滩区、浅水区、深水区和基础接入端位置。

**2** 检测范围不宜小于海底电缆两侧30m。

**3** 采用多波束、三维声呐、侧扫声纳和合成孔径声方法时，测线布置方向宜与海缆路由方向平行，测线与海缆走向夹角不宜大于20°。

**4** 采用电磁感应、海洋磁法和浅地层剖面方法时，测线布置方向宜与海缆路由方向相交，测线与海缆垂向夹角不宜大于45°，测线间距宜为100 m~200 m。

**5** 基础附近宜根据基桩分布情况采用＃字型或△字型测线。

**6** 采用单波束、高清摄像、三维激光方法时应根据实际情况制定合适的测线布置。

**7.2.4** 海底电缆外观检测的范围和方法应符合下列要求：

**1** 外观检测范围应包括登陆段海缆、路由海缆和基础接入端海缆。

**2** 检测方式宜为潜水员或机器人水下目视观察。

**3** 必要时可结合采用水下探摸、水下声呐的手段。

**4** 检测可辅助采用钢尺、卷尺、卡尺等量具。

**7.2.5** 海底电缆水下外部检测宜包含下列内容：

**1** 海缆电缆的出露和掩埋情况。

**2** 悬空海缆的长度，高度和终端支撑的情况。

**3** 海缆保护、覆盖物的完整性。海缆附近可能导致损坏的环境等。

**4** 电缆损伤、损坏、变形、位移情况。

**5** 涂层损伤、腐蚀情况和海生物附着程度。

**7.2.6** 海底电缆冲刷防护检测与监测应主要包括下列内容：

**1** 海缆的平面位置、埋深、走向；出露海缆的出露位置、出露长度、悬空长度、悬空高度；海缆上述现状及演变情况。

**2** 海缆周边地形的现状及演变情况。

**3** 防护海缆段的防护现状、防护效果及演变情况。

**4** 海缆接入端的现状和演变情况，海缆接入端现状主要包括出露长度、悬空长度、悬空高度、海缆弯曲情况。

**5** 海底电缆冲刷防护外观检测。

**6** 海底电缆实时在线监测。

**7.2.7** 登陆段和不同水深海底电缆检测与监测方法应符合下列规定：

**1** 登陆段宜采用电磁感应法、人工调查和无人机航拍。

**2** 低潮位出露时段的露滩区宜采用无人机航拍、电磁感应法和人工调查。

**3** 水深3~5 m的浅水区宜采用单波束法、电磁感应法和人工调查的方法。

**4** 水深于5m的深水区宜采用多波束、三维实时声纳、合成孔径声纳、侧扫声纳、浅地层剖面、海洋磁法、电磁感应。

**5** 水深大于50m时应采用水下机器人搭载设备或采用其它设备定深装置。

**7.2.8** 多波束、三维声呐、侧扫声纳、合成孔径声纳、海洋磁法、电磁感应、浅地层剖面、单波束宜采用连续走航方式，并应符合下列规定：

**1** 勘探船应符合适航标准且能适应工区海况作业，满足水上探测对导航定位、安全、消防与救生、通信、供电、设备安装与收放等方面的要求。

**2**  现场作业应考虑风向、洋流、海底地形、海域障碍物等条件。

**3** 换能器宜安装在船身前部1/2~1/3位置处，入水深度宜为0.3 m~0.8 m，入水深度偏差不宜大于10 mm。

**4** 现场工作前应对定位系统进行安装姿态校正。当水下拖曳探头距勘探船较远时，宜采用超短基线水下声学定位系统。水下单元位置应进行归算与改正。

**5** 船只应沿测线延伸线提前上线、延迟下线，施测过程中不应停船或倒船。

**6** 有拖体情况下，延伸线长度不应少于2倍拖缆长度。磁法探测时，拖曳电缆长度应大于3倍勘探船长度。

**7** 工作航速不宜大于5 kn。

**8** 船只航向应保持稳定，航迹与设计测线偏离距不宜大于10 m。

**9**  单一方法效果欠佳时，宜采用多种方法进行综合探测，综合探测的同一测线应采用统一的桩号。

**7.2.9** 海底电缆在线监测宜由运行管理单位负责，应对海底电缆现状进行安全评估并提出后期工作建议，在线监测内容宜包括振动监测、温度监测、埋深监测、船舶监控及综合监控平台，并应符合下列要求：

**1** 在线监测应采用星形以太网连接。

**2** 振动监测应连续测量与记录海底电缆内置光纤沿线的振动位置、信号及分布特征，并应确定海底电缆各处的振动状态。

**3** 温度监测应连续测量与记录海底电缆运行温度，并实时定位热温点及变化情况。

**4** 埋深监测应连续测量与记录对所有位置的埋深变化，位置定位精度应优于1m。

**5** 船舶监控应具有自动、完整存储海底电缆保护区内船舶的AIS信息、预警船舶信息等的完整数据。

**6**  异常情况下应能够正确建立事件标识。

**7** 综合监控平台应能接收各子系统的数据并在电子海图上显示相应信息海底电缆。

**7.3 检测与监测数据分析**

**7.3.1** 海缆检测与监测数据分析内容应包括导航数据、潮位数据、高程数据、信号数据和图像数据和影音数据。数据分析应符合下列要求：

**1** 单波束方法应提供海缆附近海底地形高程数据，分析海底与已知海缆的高程关系，判断海缆掩埋的大致情况。

**2** 多波束和三维声纳可提供海缆附近海底地形和海缆的精细高程数据，分析多波束的影像特征、数值特征识别路由海缆的出露和悬空情况。

**3** 侧扫声纳可提供海缆附近海底地形和海缆的声纳信号强弱特征，分析侧扫声纳的影像特征识别路由海缆的出露情况。

**4** 合成孔径声纳可提供海缆附近海底地形、地层和海缆的精细声纳反射信号数据，分析合成孔径声纳的影像特征、数值特征识别路由海缆的出露和悬空情况。

**5** 海洋磁法可探测海缆的地球磁场数值，根据带电海缆的地球磁场变化特征确定海缆的平面位置。

**6** 电磁感应法可探测海缆的电磁感应信号，感应信号可为负载电流，也可为加载电流。根据感应信号海缆的电磁信号变化特征确定海缆的平面位置。具备探测传感器与海底面接触条件时可近似估算出海缆的埋设深度。

**7** 浅地层剖面可提供海缆附近海底地层和海缆的声纳反射信号数据，分析浅地层剖面的影像特征、数值特征识别路由海缆的出露和悬空情况。

**7.3.2** 数据分析应包括路由海缆、基础海缆接入端、海缆防护段，并应符合下列要求：

**1** 路由海缆应能反映海缆现状，明确海缆的平面位置、埋深、走向。若存在出露海缆，应识别其出露位置、出露长度、悬空长度、悬空高度等。

**2** 基础海缆接入端应能反映现状，明确海缆接入端位置、出露长度、悬空长度、悬空高度、海缆弯曲变形情况等。

**3** 对防护海缆段的现状和防护效果应进行分析、判断。

**4** 根据实测数据，应判断海缆涂层损伤、腐蚀情况、海生物附着程度，损伤、损坏、变形、位移情况，海缆附近可能导致损坏的障碍物和地质环境等。

**7.3.3** 检测和监测数据应进行误差分析，宜根据导航定位特征、检测方法特点、设备指标和现场实际情况对检测成果的误差进行分析，真实反馈检测成果存在的问题。

**7.3.4** 根据检测和监测数据，应进行冲刷演变分析和安全风险评估，并应符合下列要求：

**1** 根据历史数据分析路由海缆、基础与海缆接入端、海缆防护层及周边地形的冲刷演变趋势和规律。

**2** 根据海缆现状及冲刷演变趋势，对海缆的安全状况进行风险评估。

**7.3.5** 检测和监测成果作为海缆防护施工验收依据时，宜依据其位置、裸露高度、悬跨长度和偏离设计路由距离等参数及防护措施，确认当前掩埋深度及防冲刷防护是否已达设计值或符合设计要求。

**8 报告编制与归档**

## 8.1. 一般规定

**8.1.1** 每个阶段完成后应编制报告，报告编制的内容和资料应完整、准确、系统，格式应符合要求，并应确保报告编制内容的时效性和准确性。

**8.1.2** 报告归档应记录、分析和总结海底电缆冲刷防护与检测工程的设计、施工、检测、维护全过程的技术资料，应确保各阶段工作有据可查并便于后续管理与优化。

## 8.2. 报告编制

**8.2.1** 设计报告应详细记录海底电缆冲刷防护的设计方案，应包括下列内容：

**1** 工程概述与目的。

**2** 海底电缆的地理位置和铺设环境分析。

**3** 海床地质条件、海洋水文条件的调查和评估。

**4** 冲刷防护方案设计的技术依据、设计参数及计算结果。

**5** 材料选择、施工方法和技术要求。

**6** 可能的风险及相应的防控措施。

**7** 其他相关的设计图纸和技术文档。

**8.2.2** 施工报告应记录海底电缆冲刷防护施工的全过程，应包括下列内容：

**1** 工程施工的起止时间、施工进度与现场环境条件。

**2** 主要设备、仪器的使用情况及施工参数。

**3** 防护措施的实施情况和施工质量检验数据。

**4** 施工过程中遇到的问题及处理措施。

**5** 施工完成后的质量验收报告。

**6** 施工现场的照片、视频及其他影像资料。

**8.2.3** 海底电缆冲刷防护检测报告编制应符合下列要求：

**1** 工程概况、任务来源、工作内容、工作时间、工作量以及完成情况。

**2** 说明报告编制依据的相关标准、任务书及技术要求等文件。

**3** 描述所采用的检测方法、技术方案、仪器设备，及测线和测点布置情况。

**4**  质量控制，包括质量控制措施、数据质量评价标准等，确保检测数据的准确性和可靠性。

**5** 数据处理，包括数据处理的方法、技术、流程和原则，确保数据处理过程规范和科学。

**6** 分析海缆平面位置、埋深、裸露、悬空状况，附近障碍物状况、海底面状况等，并进行误差分析和冲刷演变分析。

**8.2.4** 海底电缆冲刷防护监测报告编制应符合下列要求：

**1** 说明监测系统的运行情况，包括系统状态、运行稳定性和监测频率等。

**2** 分析冲刷深度、流速、波浪影响等相关数据，评估其对海底电缆的影响。

**3** 环境变化监测结果，包括电缆周边环境的变化情况，及相关趋势分析，确保及时发现潜在问题。

**4** 记录监测期间发现的异常情况及其处理过程，附上整改措施和后续改进方案。

**5** 维护与保养记录，包括定期维护保养记录、设备性能检测数据等，确保监测设备的长期有效性和稳定性。

**8.2.5** 维护与检修报告应详细记录设备及设施的检查、维修情况，应包括下列内容：

**1** 检修的起止时间及具体操作人员。

**2** 发现的问题、检修过程及更换的设备或部件。

**3** 维护保养后的设施运行状态及性能数据。

**4** 后续检修建议和潜在的安全风险。

## 8.3. 资料归档

**8.3.1** 所有报告和技术资料应按照工程文件管理规定进行归档，归档资料应确保完整性和可追溯性。归档资料应包括文字、图表、图纸、图片及影像文件等。

**8.3.2** 归档内容应涵盖设计报告、施工报告、检测与监测报告、维护与检修报告，以及其他与工程相关的技术文件、合同文件、委托书、实施方案、原始记录、原始资料、阶段性成果、评审记录、最终报告、验收文件等。所有资料应分类整理，便于查找和后期复核。

**8.3.3** 所有归档资料应以电子和纸质两种形式存档，纸质版应使用标准A4纸格式，并按工程文件编号规则进行编号。电子文件应保证兼容性和安全性，数据应备份，并应注明应用条件、软件版本、数据类型。

**8.3.4** 归档资料应由专门管理人员负责定期检查和管理，确保文件的完整性、真实性和有效性。资料存储场所应符合防潮、防火、防磁的要求，确保文件的长期保存。

**8.3.5** 归档资料的保密管理应符合下列规定：

**1** 涉及海底电缆工程的核心技术和商业秘密的资料应严格保密。

**2** 归档时应设置访问权限，仅限相关管理和技术人员查阅，确保资料的安全性。

**3** 归档资料应按保密规定划分密级，妥善保管。

**4** 重要文件、材料、数据应保存完整，永久保管。

# 附录A 海底电缆冲刷防护方法

## A1 一般规定

**A1.1** 海底电缆应根据海域环境与地质条件，分区域和典型地段采取合适的冲刷防护措施和运行管理措施，降低电缆受到损害的风险，同时兼顾运维和检修的需要。

## A2 冲刷防护方法

**A2.1** 海底电缆冲刷防护方法可包括抛缆敷设、掩埋、抛石、盖板、套管等方式，宜根据环境因素选择。

**A2.2** 海底电缆冲刷防护设计宜采取埋深防护方案，对不易采取埋深的区域可采取覆盖防护的措施。

## A3 冲刷防护要求

**A3.1** 在海底电缆存在重物下落、拖拽、移动等风险时，宜优先采用掩埋防护，其次采用压覆物加盖防护或二者结合措施。

**A3.2** 在海底电缆存在程度较轻的落物、磨损等风险时，宜优先采用套管防护措施。

**A3.3** 海床坚硬 、掩埋防护施工困难的区域宜采用抛石防护方式。

**A3.4** 采用套管防护方式时，应校核电缆载流量和套管的机械强度。

A3.5 套管防护可单独使用，也可与其他防护方式共同使用。

## A4 冲刷防护施工要求

A4.1 海底电缆冲刷防护作业宜在风力 5 级、波浪高度 1.5m、流速1.0m/s 及以下的海洋环境下进行。设备投放与回收作业宜在平流期间进行。

A4.2 海底电缆冲刷防护施工应按设计路由进行，实际敷设偏差应控制在设计路由中心线 20m内，且不应超越扫海清障范围。

A4.3 连接海上构筑物平台的施工，船舶距离平台构筑物的安全停靠距离不宜小于30m。

**附录B 海底电缆冲刷防护检测与监测方法**

**表B 海底电缆冲刷防护检测与监测方法**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 探测方法 | 出露海底电缆 | 掩埋海底电缆 | 基础与海缆接入端 | 水深H和环境要求 |
| 平面位置 | 悬空 | 平面位置 | 埋深 |
| 1 | 单波束 | ○ | ○ | ✕ | ✕ | ✕ | H≥2m |
| 2 | 多波束 | ● | ● | ✕ | ✕ | ○ | H≥3m |
| 3 | 侧扫声纳 | ● | ○ | ✕ | ✕ | ✕ | H≥3m |
| 4 | 浅地层剖面 | ○ | ○ | ● | ● | ✕ | H≥3m |
| 5 | 三维实时声纳 | ● | ● | ✕ | ✕ | ● | H≥3m |
| 6 | 合成孔径声纳 | ● | ● | ● | ● | ○ | H≥5m |
| 7 | 海洋磁法 | ○ | ✕ | ○ | ✕ | ✕ | H≥3m，有负荷 |
| 8 | 电磁感应（水） | ○ | ✕ | ○ | ✕ | ✕ | H≥3m |
| 9 | 电磁感应（陆） | ● | ● | ● | ○ | ✕ | 露滩 |
| 10 | 高清摄像 | ● | ● | ✕ | ✕ | ● | 水质清晰 |
| 11 | 三维激光 | ○ | ○ | ✕ | ✕ | ○ | 水质清晰 |
| 12 | 无人机航拍 | ● | ● | ✕ | ✕ | ● | 露滩 |
| 13 | 人工调查 | ● | ● | ○ | ○ | ● | 露滩 |

注：●为主要方法，○为配合方法， ✕为不适用

# 本标准用词说明

为便于在执行本标准条文时区别对待，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，在正常情况均应这样做的：

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”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

# 引用标准名录

本标准引用下列标准。其中注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准，不注日期的，其最新版本适用于本标准。

《海底电力电缆输电工程设计规范》GB/T 51190

《土工合成材料丝机织土工布》GB/T 17640

《港口工程荷载规范》JTS 144-1

《水运工程土工合成材料应用技术规范》JTS/T 148

中国工程建设标准化协会标准

海底电缆冲刷防护与检测标准

T/CECS xxxxx-202x

# 条文说明

# 制 定 说 明

本标准制订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国海底电缆冲刷防护与检测的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验和工程经验给出了设计和施工重要技术参数。

《海底电缆冲刷防护与检测标准》在编制过程中，主要的编制原则应遵循科学性、合理性、可操作性和适应性，确保标准具有前瞻性和针对性，能够有效应对不同环境条件下的海底电缆冲刷问题，并在实际施工和检测过程中具有良好的实施效果。

《海底电缆冲刷防护与检测标准》重要问题的处理有：（1）如何平衡不同防护措施的成本与效果。防护材料和方法的选择往往涉及经济性和实用性之间的权衡。在此过程中，应考虑海底电缆的使用寿命、维护成本、环境影响等多重因素，选择既符合技术要求又经济合理的防护方案。（2）检测与监测的技术标准是编制中不可忽视的一部分。随着海底电缆的使用年限增加，防护层可能出现不同程度的损坏，因此应建立一套完善的检测与监测体系，确保对防护效果进行及时评估和调整。

《海底电缆冲刷防护与检测标准》尚需深入研究的问题有：（1）如何更精确地评估海底冲刷的动态过程。目前，虽然已有一定的试验和模型，但针对不同海洋环境和冲刷模式的深入研究仍有待加强。（2）随着海洋工程技术的发展，新的防护材料和新型防护方法的研究也亟待推动，以提供更高效、环保的解决方案。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《海底电缆冲刷防护与检测标准》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

[1 总 则 1](#_Toc191572607)

[3 基本规定 2](#_Toc191572608)

[4 环境条件 4](#_Toc191572609)

[5 海底电缆冲刷防护设计 5](#_Toc191572610)

[6 海底电缆冲刷防护施工 6](#_Toc191572611)

[7 海底电缆冲刷防护检测与监测 7](#_Toc191572612)

[7.1 一般规定 7](#_Toc191572613)

[‌7.2 检测与监测 7](#_Toc191572614)

[7.3 检测与监测数据分析 7](#_Toc191572615)

[8 报告编制与归档 8](#_Toc191572616)

**1 总 则**

**1.0.2** 海底电缆冲刷防护与检测包括设计、施工、运行维护及管理工作，海域范围涉及近海、深海以及在不同海床环境条件下敷设的海底电缆。

**1.0.3** 依据国家相关标准、行业规范及国际通行的海底电缆工程管理方法，并结合国内外海底电缆冲刷防护与检测的先进技术和应用经验编制，旨在规范海底电缆冲刷防护与检测的技术要求，提高工程质量和安全性。海底电缆冲刷防护与检测需要符合相关标准的要求。

**3 基本规定**

**3.0.1** 本条强调海底电缆冲刷防护措施应该确保电缆在整个生命周期内的结构安全与稳定性。冲刷会对海底电缆产生极大危害，可能导致电缆悬空、损坏甚至断裂，从而影响电力或通信等功能的正常传输。因此，需要通过有效的防护措施避免这种情况，保证电缆持续安全运行。

**3.0.2** 此条要求在设计防护和监测系统时，需要综合考虑多个自然和环境因素。具体而言，海床的地质情况、海流的动力特性、以及自然条件的变化都需纳入设计考量。这要求设计人员具备对海洋环境的深入理解，并根据不同地区的实际情况，合理选择防护材料和监测设备，确保防护体系的适用性和长期稳定性。

**3.0.4** 为了确保海底电缆在使用过程中的持续安全，本条文强调需设置长期的检测和定期检查管理机制。实时或定期检测电缆及周边区域，及时发现潜在风险并采取防护或维修措施，是确保电缆安全运行的关键。

**3.0.5** 此条文要求海底电缆冲刷防护措施应该遵循环保要求，采取节能和环保技术及材料。施工过程中产生的废弃物应该进行妥善处理，防止破坏海洋生态系统。因此，设计、施工和监测都需兼顾环境保护，减少对海洋生态的负面影响。

**3.0.6.3** 海况等级的国家标准将海况分为0至9级，具体如下：

‌0级‌：无浪，海面平静。水面平静如镜，或仅有涌浪存在。船静止不动。

‌1级‌：微浪，浪高范围为0-0.1米。波纹、或涌浪和小波纹同时存在，微小波浪呈鱼鳞状，没有浪花。寻常渔船略觉摇动，海风尚不足以把帆船推行。

‌2级‌：小浪，浪高范围为0.1-0.5米。波浪很小，波长尚短，但波形显著。浪峰不破裂，因而不是显白色的，而是仅呈玻璃色的。渔船有晃动，张帆可随风移行每小时2-3海里。

‌3级‌：轻浪，浪高范围为0.5-1.25米。波浪不大，但很触目，波长变长，波峰开始破裂。浪沫光亮，有时可见散见的白浪花，其中有些地方形成连片的白色浪花-白浪。渔船略觉簸动，渔船张帆时随风移行每小时3-5海里，满帆时，可使船身倾于一侧。

‌4级‌：中浪，浪高范围为1.25-2.50米。波浪具有很明显的形状，许多波峰破裂，到处形成白浪，成群出现，偶有飞沫。同时较明显的长波状开始出现。渔船明显簸动，需缩帆一部分（即收去帆之一部）。

‌5级‌：大浪，浪高范围为2.50-4.0米。高大波峰开始形成，到处都有更大的白沫峰，有时有些飞沫。浪花的峰顶占去了波峰上很大的面积，风开始削去波峰上的浪花，碎浪成白沫沿风向呈条状。渔船起伏加剧，要加倍缩帆至大部分，捕鱼需注意风险。

‌6级‌：巨浪，浪高范围为4-6米。海浪波长较长，高大波峰随处可见。波峰上被风削去的浪花开始沿波浪斜面伸长成带状，有时波峰出现风暴波的长波形状。波峰边缘开始破碎成飞沫片；白沫沿风向呈明显带状。渔船停息港中不再出航，在海者下锚。

‌7级‌：狂浪，浪高范围为6-9米。海面开始颠簸，波峰出现翻滚。风削去的浪花带布满了波浪的斜面，并且有的地方达到波谷，白沫能成片出现，沿风向白沫呈浓密的条带状。飞沫可使能见度受到影响。汽船航行困难。所有近港渔船都要靠港，停留不出。

‌8级‌：狂涛，浪高范围为9-14米。海面颠簸加大，有震动感，波峰长而翻卷。稠密的浪花布满了波浪斜面。海面几乎完全被沿风向吹出的白沫片所掩盖，因而变成白色，只在波底有些地方才没有浪花。海面能见度显著降低。汽船遇之相当危险。

‌9级‌：怒涛，浪高范围为14 -20米。海面颠簸加大，有震动感，波峰长而翻卷。稠密的浪花布满了波浪斜面。海面几乎完全被沿风向吹出的白沫片所掩盖，因而变成白色，只在波底有些地方才没有浪花。海面能见度显著降低。汽船遇之相当危险。

此外，浪高超过20米的情况称为暴涛，但由于其极其罕见，因此并未被正式列入海况等级表中。

**3.0.6.6** 在进行海底电缆拖曳、收放设备等作业时，船速需要严格控制在3节（3 knots）以下。此要求旨在降低施工作业中船舶运动对海底电缆造成的冲击力和冲刷风险，从而避免电缆的移位、损伤或脱落，确保电缆安装的稳定性和长期可靠性。此外，较低的船速有助于减小对海洋环境的扰动，保护海底生态系统。施工单位应采取有效的控制手段和实时监测，确保在收放拖曳设备时船速始终保持在规定范围内。

**4 环境条件**

**4.2.4** 在进行海底电缆冲刷防护与检测规范的设计时，需要考虑极端潮位的影响。极端高水位和极端低水位的设计值应该根据海底电缆所在区域的具体环境条件和项目的设计使用年限来选择合适的重现期。设计使用年限应与相应的重现期相匹配。通常情况下，重现期越长，对应的极端高水位或极端低水位的风险越小，但设计的成本和复杂度可能随之增加。根据设计项目的具体需求，选择一个合理的重现期，以平衡工程安全性与经济效益。

**5 海底电缆冲刷防护设计**

**5.4.2** 对于土质海床，抛石引起的地基沉降量计算需根据土的类型选择合适的方法：砂土地基的沉降主要是弹性沉降，可采用弹性理论计算；粘土地基的沉降包括弹性沉降、主固结沉降和次固结沉降，可采用固结理论计算。

**5.4.6** 最大波浪底流速的计算需要根据水深条件和波浪参数选择合适的波浪理论：深水条件，可采用线性波理论；中等水深条件，可采用Stokes波理论或椭圆余弦波理论；浅水条件，可采用椭圆余弦波理论或孤立波理论。

破碎波区，通过增加设计波高的安全系数，加大块石重量以抵抗波浪冲击。水流共同作用，综合考虑波浪和水流的作用力，复核并加大块石重量。

**5.4.7**  将块石化为球形对应的粒径，主要通过计算体积等效粒径或质量等效粒径实现。

**5.5.5** 水动力优化设计包括目标定义、数据收集、数值模拟、优化算法、实验验证和迭代优化等过程。

**5.6.8 1.** 水动力条件需要综合考虑波浪、水流等水动力荷载，确保砼联排压载设计能够抵抗最大波浪冲击和水流拖曳力。结构设计应该综合考虑砼联排的几何形状、重量分布和连接方式，确保结构在静力和动力荷载下的稳定性。施工工艺需选择适合水下环境的施工方法，并确保施工精度和质量，以满足设计要求和环境适应性。

**5.7.2** 拉力作用下的失效形式校核，通过拉伸强度校核和连接强度校核，确保保护管在拉力作用下不发生断裂或连接失效。抗挤强度校核，通过抗压扁强度校核和抗屈曲强度校核，确保保护管在外部挤压条件下不发生压扁或屈曲失稳。引入安全系数、优化材料选择和结构设计，确保保护管的机械强度满足电缆安全运行的要求。

**6 海底电缆冲刷防护施工**

6.4.5 在抛填块石施工中，需要采用精准导管抛石、石料控制、实时监测和特殊场景处理等综合措施，以减缓块石抛填对海缆的冲击，确保海缆安全。

6.6.2 公式（6.6.2）计算卷筒刹车时砼联排与船舷相切部分所受拉力，如果计算所得拉力小于砼联排的抗拉强度，则砼联排在整个移动过程中都能满足抗拉要求。

6.7.4 铸铁套管会产生铁磁损耗，同时覆盖套管后影响了海缆的外部散热环境，需要校核套管对海缆载流量的影响。

**7 海底电缆冲刷防护检测与监测**

**7.1 一般规定**

‌**7.1.5** 为全面、严格地控制产品和服务的质量，提高质量水平，降低因质量问题带来的风险和损失，成果质量应该通过二级检查、一级验收的方式进行控制。二级检查包括过程检查‌和最终检查‌，其中‌过程检查由测绘单位作业部门进行，主要针对各作业流程、工序和生产环节，确保生产过程中的质量问题得到及时发现和解决；‌最终检查：由测绘单位质量管理部门进行，是对整个生产过程的全面检查，确保最终成果满足设计、规范和标准的要求。‌一级验收可以由项目管理单位组织验收，或者委托具有资质的质量检验机构进行质量验收，验收通常采用抽样检查，必要时可以对样本以外的重要检查项进行概查。过程检查采用全数检查，最终检查一般也采用全数检查，涉及野外检查项的可采用抽样检查。过程检查记录和最终检查记录都需要详细记录，审核中发现的问题作为资料质量错漏处理。

‌**7.2 检测与监测**

**7.2.8** 采用侧扫声纳和海洋磁法进行海缆探测时，一般采用拖曳式，水下探头距勘探船较远，通过相对位置判断探头位置误差较大，需要采用超短基线水下声学定位系统提高海缆探测精度。超短基线定位系统工作原理就是在水下被定位的目标上，安装声信标，水上的船体安装超短基线基阵，声信标发出声信号，超短基线系统接收到信号后测算出目标的方位及距离，从而计算得到水下探测器在平面坐标上的位置和水下探测器的深度。

**7.3 检测与监测数据分析**

**7.3.3** 海缆直径一般10~20cm，属于细小目标体，识别难度较大，需要探测设备有较高识别能力。海缆识别主要依靠其在海底地层中的电、磁、声波信号特征，多为间接识别方法，对海缆识别和判断需要一定的专业技能和经验。海缆位置与卫星定位导航系统、探测设备、现场条件和专业经验等相关。一般情况，岸上登陆段平面定位误差需要<1.0m，深度误差<0.2m；深水区出露段平面位置定位误差需要<1.0m；深水区掩埋段平面位置定位误差需要<5.0m，深度误差不能大于实际埋深的20%，作业时需要尽量低速航行和高频发射探测信号，会受设备发射频率和船速影响，也存在漏测或较难识别的情况。

**8 报告编制与归档**

**8.1.1** 本条文明确了报告编制的基本要求。报告是海底电缆冲刷防护与检测工程的重要技术文件，需要保证报告内容的完整性、准确性和系统性。

**8.1.2** 本条文规定了报告归档的具体要求，强调了资料的长期保存和后续可查性

**8.3.1** 本条文规定了报告和技术资料的归档管理要求。

**8.3**.**2** 此条文详细列出了需要归档的文件类型和内容。

**8.3**.**4** 本条文强调了资料管理和检查的责任，明确归档资料需要由专门的管理人员负责定期检查和维护。管理人员需要确保资料的完整性、真实性和有效性。