

DB33

浙江省地方标准

DB33/T 839-2011

海堤工程爆炸置换法处理软基技术规范

Technical specifications on blasting replacement method for soft
foundation treatment in seawall engineering

2011-10-9发布

2011-10-9实施

浙江省质量技术监督局 发布

ICS 27.140

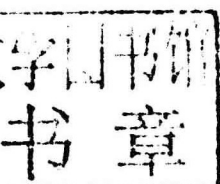
P58

DB33

浙 江 省 地 方 标 准

DB 33/T 839—2011

海堤工程爆炸置换法处理软基技术规范



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

海堤工程爆炸置换法处理软基技术规范 / 浙江省质量技术监督局发布. —杭州:浙江大学出版社, 2012. 3
ISBN 978-7-308-09671-3

I. ①海… II. ①浙… III. ①海塘—防浪工程—工程施工—技术规范—浙江省 IV. ①U656.31-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 028676 号

海堤工程爆炸置换法处理软基技术规范

浙江省质量技术监督局 发布

责任编辑 叶 抒 寿勤文

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江时代出版服务有限公司

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 889mm×1194mm 1/16

印 张 2

字 数 50 千

版 次 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-09671-3

定 价 35.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

前 言

本标准是根据浙江省水利厅 2007 年度科技项目计划(项目编号为 SI 0703)和浙江省质量技术监督局“关于印发 2009 年第二批省地方标准制修订计划的通知”(浙质标发〔2009〕189 号)的要求,由浙江省围垦技术中心、浙江省水利水电工程质量与安全监督管理中心及宁波科宁爆炸技术工程有限公司并会同有关单位共同编制而成的。本标准共 7 章 16 节 114 条和 5 个附录,内容包括总则、术语、基础资料、设计、施工、质量检验和评定、建设管理等。

本标准由浙江省水利厅提出并归口。

本标准在执行过程中的有关意见和建议请反馈给主编单位(地址:杭州市中山北路 588 号东风大厦 13F,邮编:310014),以便修订时参考。

本标准主编单位、副主编单位、参编单位及主要起草人名单:

主 编单位:浙江省围垦技术中心

副主编单位:浙江省水利水电工程质量与安全监督管理中心
宁波科宁爆炸技术工程有限公司

参 编单位:浙江中水工程技术有限公司
浙江省水利水电勘测设计院
浙江广川工程咨询有限公司
浙江省钱塘江管理局勘测设计院
温州市水利局
温州市水利水电工程质量监督站
洞头县农林水利局

本标准主要起草人:金利军 吴保旗 朱小敖 华伟南 江礼茂
陈 玲 袁文喜 陈秀良 潘桂娥 郑 烨
庄峥嵘 林登荣 蒋昭镡 方子杰 沈林杰

引 言

本标准的制定旨在规范和指导爆炸置换法处理软基技术在浙江省海堤工程建设中的应用,促进海堤工程技术的进步。

本文件的发布机构请注意,声明符合本文件时,可能涉及 2.0.2、4.3.6、5.1.4、7.0.4 条款及附录 B 中“爆炸处理参数计算方法”与“控制加载爆炸挤淤置换法”(专利号:ZL 03119314.5)相关专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利的持有人已向本文件的发布机构保证,他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下,就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得:

专利持有人姓名:江礼茂

地址:北京市朝阳区科学园 708 楼 401 室

邮政编码:100101

请注意除上述专利外,本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

目 次

前 言 1

引 言 2

1 总 则 1

2 术 语 2

3 基础资料 3

 3.1 水文气象 3

 3.2 地形测量 3

 3.3 地质勘察 4

 3.4 石料勘查 4

4 设 计 6

 4.1 一般规定 6

 4.2 上部结构 7

 4.3 软基置换处理设计 8

 4.4 龙口置换设计 9

 4.5 稳定分析 10

5 施 工 12

 5.1 一般规定 12

 5.2 施工组织 12

 5.3 施工程序 13

 5.4 施工工艺 14

6 质量检验和评定 16

 6.1 一般规定 16

 6.2 施工质量检验 16

 6.3 施工质量评定 17

7 建设管理 18

附录 A 整体稳定计算方法 19

附录 B 爆炸处理参数计算方法 21

附录 C 爆填堤心石单元工程质量评定表和爆炸处理软基工程检验单 22

附录 D 海堤标准断面参考图例 24

附录 E 本规范用词用语说明 27

1 总 则

1.0.1 为规范和指导爆炸置换法处理软基技术在浙江省海堤工程建设中的应用,促进海堤工程技术的进步,制定本规范。

1.0.2 本规范主要适用于石料来源有保障、工程建设影响范围内不存在环境制约因子的海堤工程,防波堤、促淤坝、丁坝等其它类似工程建筑物可参照使用。

1.0.3 爆炸置换法处理软基技术应用时应根据工程地形、水文地质条件,建筑材料及经济、社会环境情况等经技术经济综合比较后确定。

1.0.4 在海堤等工程建设中应用该项技术时,应充分发挥该技术的优点,做到安全可靠、经济合理、施工和管理方便。

1.0.5 采用爆炸置换法处理软土地基的海堤工程建设除要求符合本规范外,还应符合国家和我省现行的其它有关标准的规定。

1.0.6 本规范主要引用标准如下:

《爆破安全规程》(GB 6722);

《水运工程爆破技术规范》(JTS 204);

《滩涂治理工程技术规范》(SL 389);

《海堤工程设计规范》(SL 435)。

2 术 语

2.0.1 爆炸置换法——采用炸药爆炸的方法一次或数次在极短的时间内将地基一定深度和范围内的软土置换成抛石体(或石渣、砂石等混合物,预先抛填在软土地基表面,下同)的一种软基处理施工方法。

2.0.2 控制加载爆炸挤淤置换法——简称“爆炸挤淤置换法”,通过控制堤身抛填高度、宽度、进尺及爆炸参数,利用炸药爆炸产生的能量对地基和抛石体的综合作用效果,使抛石体在自重荷载及炸药爆炸产生的附加动载作用下,将抛石体“挤压”入软土地基中;经过一次或数次爆炸置换作用,最终形成设计要求的抛石断面结构的一种施工工法。

2.0.3 爆破排淤填石法——在抛石体外缘一定距离和深度的软土地基中埋放药包群,起爆瞬间在淤泥中形成空腔,抛石体随即坍塌充填空腔形成“石舌”,从而使抛石体一次到达硬土层达到泥石置换目的的一种施工工法。

2.0.4 爆填堤心石——在设计海堤上预先抛填并经爆炸置换法处理的抛石体之总称,是一个由抛石混合料组成的松散体结构,包括爆炸置换作业后形成的涂面以下基础抛石混合体与涂面以上兼作堤身抛石混合体之和。

2.0.5 落底式结构——爆填堤心石基础落在基岩、砂性土、老黏土等硬土层上时的海堤断面结构型式。

2.0.6 悬浮式结构——爆填堤心石基础全部落在淤泥、淤泥质土等软土层中时的海堤断面结构型式。

2.0.7 土石混合过渡层——将爆填堤心石与未被置换土层接触面间的土石混杂区域统称为土石混合过渡层,简称混合过渡层。

3 基础资料

3.1 水文气象

- 3.1.1 采用爆炸置换法处理软基的工程建设应具备的水文资料包括水位、潮汐、波浪、流速、流向、泥沙等。
- 3.1.2 采用爆炸置换法处理软基的工程建设应具备的气象资料包括工程当地气温、风况、雨、雾、雪等。

3.2 地形测量

3.2.1 各设计阶段的地形测量资料要求应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 各设计阶段的地形测图要求

图 别	建筑物类别	设计阶段	比 例 尺	图幅范围及断面间距	备 注	
地形图	海 堤	项目建议书	1：1000～ 1：20000	横向自堤中心线向两侧带状展开不小于 200 m;纵向应闭合至自然高地或已建海堤。	如临水侧为侵蚀性滩岸，应扩至深泓或侵蚀线外。	
			1：1000～ 1：10000			
	交叉建筑物		1：100～1：500	包括建筑物进出口及两岸连接范围。	初步设计宜取大比例尺。	
纵断面图	海 堤	可行性研究、初步设计	竖向 1：50～ 1：200	—	初步设计宜取大比例尺。	
			横 向 1：1000～ 1：5000	—		
横断面图	海 堤			1：50～1：500	每 100～200m 测一断面，测宽 200～600m。	初步设计断面间隔宜取下限。曲线段断面间距宜缩短。

- 3.2.2 工程施工阶段,施工区域地形图应满足施工总平面布置要求,比例一般为 1:1000~1:2000;爆炸区域地形图应满足药包布置等施工组织设计要求。
- 3.2.3 地形测量成果中应完整反映出爆炸施工安全影响范围内的居民点、油气站、文物、军事设施、码头、航道(锚地)、桥梁、水产养殖场、水上旅游区及海底设施的位置和重要性等有关信息。
- 3.2.4 遇深泓、潮流沟或侵蚀性岸滩等特殊地形区域,地形图测量应加大比例尺;断面测量间距应适当加密,比例适当加大。

3.3 地质勘察

- 3.3.1 采用爆炸置换法处理的海堤等建筑物地基必须进行地质勘察,勘察精度要求必须遵守国家有关规程规范的有关规定,勘探成果必须能分别满足各阶段的应用要求。
- 3.3.2 地质勘察应按照经设计确认的勘察工作大纲进行,重要的地质勘察成果应经评审通过。
- 3.3.3 地质勘察应重点揭露出软土层的厚度、下卧持力层埋深等地层特征参数,各软土层土工试验成果应包括土常规参数和灵敏度等关键的物理力学性质指标。
- 3.3.4 地质勘察应根据勘察方案与地区经验采取地质钻孔取样试验与静力触探、十字板剪切等原位试验相结合的方法进行。
- 3.3.5 各设计阶段的地质勘察要求应符合表 3.3.5 的规定,表中未规定部分可参照《堤防工程地质勘察规程》(SL 188—2005)进行。

表 3.3.5 各设计阶段的地质勘察要求

设计阶段	勘探孔位	勘探孔间距和数量	孔 深	备 注
项目建议书	规划拟建海堤轴线上或建筑物中心位置。	孔距控制 1000m 左右； 每一条海堤或每一个建筑物宜至少有一个勘探孔。	一般为建筑物高度的 3~5 倍。	
可行性研究	拟建海堤轴线上及堤轴线两侧控制地基处理范围内； 建筑物中心及附属建筑物基础范围内。	每一条海堤或每一个建筑物至少有两个钻孔及相应的静力触探孔等。 钻孔间距海堤纵向一般为 500~1000m,横向一般为 50~100m;其它以建筑物中心点为基点,纵横向均控制在 50~100m 内。	一般为建筑物高度的 3~6 倍或深至持力层止。	在陆海连接处、岛礁周围或地形突变处等地层条件复杂范围内应适当加布钻孔。
初步设计	推荐和比较方案海堤轴线上及堤轴线两侧控制地基处理范围内； 建筑物中心及附属建筑物基础范围内。	每一条海堤或每一个建筑物至少有两个钻孔及相应的静力触探孔等。 钻孔间距海堤纵向一般为 100~300m,横向一般为 30~100m;其它以建筑物中心点为基点,纵横向间距均控制在 20~100m 内。	一般为建筑物高度的 3~6 倍或深至持力层止;或根据设计需要确定。	在陆海连接处、岛礁周围或地形突变处等地层条件复杂范围内应适当加布钻孔； 如临水侧为侵蚀性滩岸或陡坡应深至基岩面。
施工图	根据实际需要进行补勘。	同初步设计。	同初步设计。	同初步设计。

- 3.3.6 地质勘察应同时查明地表浮泥厚度和特性及其变化情况。

3.4 石料勘查

- 3.4.1 采用爆炸置换法处理软土地基的海堤工程必须进行石料勘查。
- 3.4.2 石料勘查与项目建议书、可行性研究、初步设计相对应,划分为普查、初查、详查

阶段,在招标设计与施工图设计阶段可视需要进行补充勘察与复查。

3.4.3 石料勘查要求

1 项目建议书——普查阶段

对拟选石料场应根据天然露头草测 1/10000~1/5000 综合地质图,还宜布置少量勘探和取样试验,初步确定材料层质量。

2 可行性研究——初查阶段

初步查明石料场岩层结构及特性、夹层性质及空间分布、剥离层(无用层)厚度及方量,可用材料(有用层)储量、质量、开采运输条件和对环境的影响等;块石料应实测 1/2000~1/1000 料场地质剖面,应编制 1/50000~1/25000 料场分布图,1/5000~1/2000 料场综合地质图(勘察储量不得少于设计需要量的 3 倍)。

3 初步设计——详查阶段

应详细查明石料场岩层结构及特性、夹层性质空间分布、剥离层(无用层)厚度及方量,可用材料(有用层)储量、质量、开采运输条件和对环境的影响等;块石料应实测 1/2000~1/500 料场地质剖面,应编制 1/50000~1/10000 料场分布图,1/2000~1/1000 料场综合地质图;进一步优选料场(拟定料场勘察储量不得少于设计需要量的 2 倍)。

4 招标设计与施工图设计——补充勘察与复查阶段

应对实际采用的石料场有关遗留问题进行复查,有针对性地进行勘探与取样试验。

3.4.4 在石料勘查中,应对石料的质量(包括石料等级、强度、可开采的块石级配等)提出定性和定量意见。

3.4.5 根据石料勘查探明的品质和储量,选择满足设计要求距工程较近的石料场,并根据选定石料特点分析确定抛填和爆炸参数。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 采用爆炸置换法进行软基处理的海堤设计应根据建筑物级别、堤身高度和当地水文地质条件,经技术经济综合比较后选择最优的断面结构方案。堤身断面结构示意图见下图:

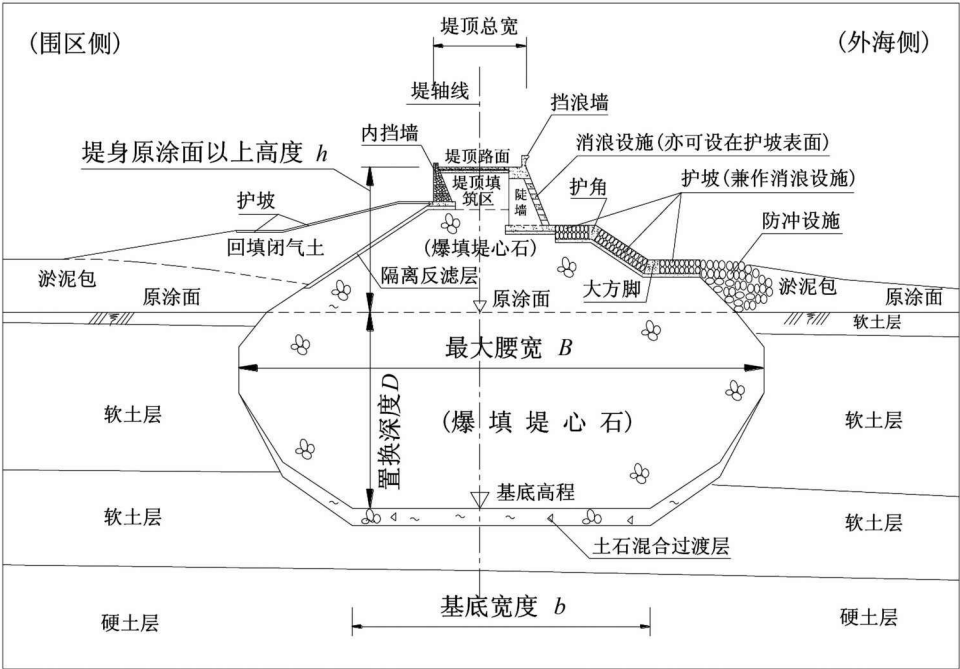


图 4.1.1 爆炸置换法堤身结构示意图

- 4.1.2 海堤堤线布置宜避开海底陡坡、深泓等地形地质不良地段,并考虑风浪因素,尽量保持堤线顺直。
- 4.1.3 海堤采用爆炸置换法进行处理软基时,置换的软土层厚度宜控制在 5~35 m 范围内;当置换软基深度大于 35 m 时,根据工程具体情况经过充分论证后可酌情使用。
- 4.1.4 爆填堤心石设计断面顶部高程应高于多年平均高潮位 1m 以上;涂面以上部分可根据堤上部结构轮廓要求设定,涂面以下部分断面设计应尽可能与其爆填成形规律相吻合。
- 4.1.5 海堤整体稳定分析时爆填堤心石物理力学性质参数取值和浸润线确定时应充分考虑堤心石料质量及其强透水性的特点。
- 4.1.6 爆炸施工时爆填堤心石两侧产生的淤泥包可用作闭气土,单侧淤泥包总量约为被置换软土体积的 1/3;具体利用情况应根据工程当地的地形和水文、波浪情况研究酌情考虑确定。

- 4.1.7 海堤结构断面设计应与地质勘探断面充分结合。
- 4.1.8 海堤工后沉降量一般落底式结构可取 5~10 cm;悬浮式结构需经单向分层总和法计算和实际监测结果综合分析后确定,初估时可取 20~40 cm。
- 4.1.9 堤身断面设计应依据地基条件、筑堤材料及运行要求分段进行,设计断面间距要求见表 4.1.9。在地形、地质条件突变处应加密。

表 4.1.9 各阶段设计断面间距要求

设计阶段	断面间距	备 注
项目建议书	不大于 2 000 m	每一条海堤至少有 1 个断面
可行性研究	不大于 1 000 m	每一条海堤至少有 1 个断面
初步设计	不大于 500 m	每一条海堤至少有 2 个断面
施工详图	不大于 200 m	每一条海堤至少有 2 个断面

4.2 上部结构

- 4.2.1 海堤上部结构断面型式选择应根据堤重要程度、潮汐特性、施工条件、运用和管理要求、环境景观、工程造价等因素,经技术经济综合比较后确定。
- 4.2.2 采用爆炸置换法处理软基的海堤堤身上部结构可根据需要选择各种常规断面结构型式。一般海堤堤身上部结构包括堤顶路面、防浪墙、挡(陡)墙、护坡(大方脚)、消浪和防冲设施、防渗土体等建筑物。
- 4.2.3 堤顶高程可按照我国现行有关规程规范计算确定;堤身上部可选择宽平台消浪结构型式以降低堤顶高程。
- 4.2.4 同一条海堤上部结构断面型式应尽量一致。
- 4.2.5 堤顶结构
- 1 堤顶路面结构设计可不考虑堤基不均匀沉降因素的影响。
 - 2 堤顶两侧宜设置混凝土或浆(灌)砌块石挡墙,外侧挡(陡)墙高度可取 3~5m,内侧挡墙高度不宜超过 3m,挡墙基础均要求筑在爆填堤心石上。
 - 3 堤顶排水宜设计排向外海侧,坡度 1%~2%,通过在防浪墙底部设排水孔直接排入大海。
- 4.2.6 爆填堤心石堤身外侧暴露表面应设护坡,坡度一般取 1:1.5~1:2.0,护坡材料常用混凝土或浆(灌)砌块石、干砌块石(加混凝土消浪块)等;爆填堤心石堤身内侧土石交接面须设置碎石或石渣结合土工布反滤过渡层,厚 0.2~0.4 m,边坡坡度一般取 1:1.2~1:1.8。
- 4.2.7 堤身外护坡坡脚应设置护坡大方脚,大方脚基础要求筑在爆填堤心石上,底面高程不宜低于年平均低潮位,大方脚所在平台总宽度不小于 3 m。
- 4.2.8 爆炸置换法处理的海堤外海侧一般不设抛石镇压层,但在护坡大方脚外边须加设抛石护脚,护脚基础宜铺机织高强土工布,具体可根据堤脚滩涂冲刷稳定情况研究确定。
- 4.2.9 堤前风浪较大的海堤,临水侧结合护坡可设置消浪平台,消浪平台顶高程宜设在

设计高潮位附近或略低于设计高潮位,宽度宜采用 1~2 倍设计波高,但不宜小于 3 m。消浪平台顶面一般采用混凝土或灌砌块石保护,外端设混凝土或浆(灌)砌块石挡墙,基础均要求筑在爆填堤心石上。

4.2.10 有防渗要求的海堤应设置防渗结构并进行防渗稳定分析和计算。海堤一般采用土体防渗结构,土体防渗结构应符合下列要求:

1 海堤的防渗土体应满足堤身浸润线和内坡的渗流出逸比降降低到允许范围以内,并满足施工和构造的要求。防渗土体顶部宽度应不小于 1.0 m,土体顶部高程应高于设计高潮位至少 60cm。

2 海堤堤身的防渗土料应就地取材,当采用多种土料时,宜将抗渗性好的土料填筑于靠外海侧。

3 浸润线从内坡逸出时,可采取放缓内坡坡度,设内坡戕台、或设置排水设施。防渗土体与排水设施或护坡之间应设置反滤层。

4 淤泥包用作闭气土时,其物理力学性质指标可根据堤两侧滩涂表(上)土层的土工试验成果分不同工况再考虑一定的排水固结因素考虑确定。

4.3 软基置换处理设计

4.3.1 海堤软基设计采用爆炸置换法处理时,被置换的软土层厚度不宜小于 5 m。

4.3.2 爆炸置换法处理堤基范围一般只处理主石坝基础部分(包括堤身和迎潮面护坡基础)。必要时抛石护脚和子堤基础也可进行爆炸置换处理。

4.3.3 爆填堤心石断面结构涂面以上部分可根据海堤上部结构布置要求确定;涂面以下部分断面结构与抛石料特性、地基土的物理力学性质指标和上部载荷有关,设计时可近似先按梯形和矩形组合折线结构简化初拟,再根据整体稳定分析结果调整爆填堤心石断面尺寸,直至满足稳定安全要求。

4.3.4 爆填堤心石基础根据其特点分落底式和悬浮式两种结构,设计时应根据工程特点和经济性综合考虑确定。

1 当堤基础软土层厚度较小,下卧硬土层坚实可靠或基岩埋藏较浅时,宜将爆填堤心石基础设计成落底式结构;落底宽度可根据整体稳定分析结果和海堤上部结构布置要求确定。

2 当堤基础软土层较深厚,爆填堤心石基础落在坚实的硬土层或基岩上将造成爆填堤心石断面和投资过大时,在满足海堤整体稳定要求的前提下,可考虑将爆填堤心石基础设计悬浮式结构。悬浮式爆填堤心石断面结构涂面以下起置换作用部分一般上部为正梯形,坡度在 1:0.8~1:1 之间;中部为矩形,高度约 3~6 m 左右;下部为倒梯形结构,倒坡在 1:0.8~1:1.5 之间(置换深度较大时,可设置 2 个连续的倒梯形结构)。初拟时可按置换深度为堤原涂面以上总高度的 2~2.5 倍,最大腰宽为置换深度的 2~3 倍控制。

4.3.5 爆填堤心石底部水平段宽度不宜小于 2.5 倍堤顶宽,并尽量上、下对齐。

4.3.6 爆填堤心石断面结构设计须结合考虑施工方法进行;当软基置换厚度较深厚或采用“悬浮式”结构及石料不能陆运抛填时,设计应采用爆炸挤淤置换法。

4.3.7 爆填堤心石最大腰宽以上部分的混合过渡层一般可以忽略;最大腰宽以下部分

的混合过渡层厚度及抛石含量需根据置换深度和落底情况综合研究确定；底部的混合过渡层厚度一般可取 1~2m，爆填堤心石含量可取 50%~80%。

4.3.8 爆填堤心石两侧涂面设计高程可按隆起的淤泥包稳定情况适当抬高考虑。

4.4 龙口置换设计

4.4.1 为减小单个龙口的泄流量和减小其它龙口过水流速，在堤基采用爆炸置换法处理的海堤上可采用龙口置换方式设计。

4.4.2 龙口置换就是指在地基进行爆炸置换法处理施工完成后的海堤上，选择一段或若干堤段将上部爆填堤心石挖除（保留下部爆填堤心石）作为辅助龙口，以达到减小其它龙口过水流速、分担龙口过水流量的目的，（一般）最后再将该堤段上部复建的组合龙口设计方案。

4.4.3 在爆填堤心石堤身中开挖而成的辅助龙口一般可设置在相应海堤的任意堤段；但其位置须与其它龙口、水闸间距不小于 200 m。

4.4.4 辅助龙口规模需与其它相关龙口联合进行水力计算或通过物理模型试验后确定，计算方法可按照《滩涂治理工程技术规范》(SL 389)或《海堤工程设计规范》(SL 435)中的有关规定进行。

4.4.5 辅助龙口底槛高程应根据分流量、施工条件、工程量及投资控制等要求经技术经济综合比较确定，一般取略高于年平均低潮位。

4.4.6 辅助龙口最大允许流速根据堤心石料情况确定，一般可按 5~6m/s 控制。

4.4.7 辅助龙口应进行龙口保护设计；若爆填堤心石料基本能满足运行期的稳定和抗冲要求，则其保护设计可适当简化。

4.4.8 堤基采用爆炸置换法处理的海堤基础合龙设计时，合龙堤段断面设计应充分考虑龙口流速增大及堤基冲刷等不利因素的影响。

4.4.9 堵口截流堤断面设计应与施工方法、顺序及海堤断面结构设计相适应，并满足堵口期挡潮和施工交通等要求，其顶高程应超过施工期度汛设计潮位 0.5m。

4.4.10 堵口截流材料一般用块石。截流堤单块石在水力的作用下，其抗冲稳定临界流速 V_c 按下式计算：

$$V_c = K \sqrt{2g \frac{\gamma_s - \gamma_0}{\gamma_0}} \cdot \sqrt{d \cos \alpha} \quad (\text{当 } \alpha < \varphi) \quad (4.4.10)$$

式中：

K —稳定系数，垫层块石直径小于抛投其上块石直径时取 0.8，垫层块石直径大于或等于抛投块石直径时取 1.2；

g —重力加速度， $g=9.81\text{m/s}^2$ ；

γ_s —单块石容重， kN/m^3 ；

γ_0 —海水容重， kN/m^3 ，取 $\gamma_0=10.3\text{ kN/m}^3$ ；

d —块石当量直径， m ；

α —抛投体垫层倾角， $^\circ$ ；

φ —堆石体休止角， $^\circ$ 。

当单块石不能满足稳定要求时，可采用其它辅助工程措施解决。

4.4.11 置换龙口堵口施工应安排在非汛期小潮汛、风浪不大的日期和时段进行。并应满足以下要求：

- 1 非龙口堤段施工已基本达到安全度汛的挡潮标准。
- 2 龙口段基础部分施工已达到设计要求。
- 3 水闸及其上、下游连接建筑物水下部分已完建并可通水，闸门已安装并能正常启闭运行。
- 4 堵口材料、设备、人员准备就绪。
- 5 堵口申请报告(应有应急备用方案)已获批准。

4.5 稳定分析

4.5.1 采用爆炸置换法进行软基处理设计的海堤，稳定分析时应根据地形、地质、断面结构、荷载等条件基本相同的原则，划分为若干堤段，每段选取代表性断面进行稳定分析计算。

4.5.2 海堤整体抗滑稳定分析方法可采用瑞典圆弧滑动法和简化毕肖普法，用容重替代法考虑渗流的影响。计算方法详见附录 A。

4.5.3 海堤整体抗滑稳定计算分为正常运用情况和非常运用情况；各种运用情况下的计算工况及临海侧、背海侧水位组合可按表 4.5.3 采用。

表 4.5.3 海堤整体抗滑稳定设计工况及水位组合

运用情况	计算工况	计算边坡	临海侧潮位	背海侧水位
正常运用情况	设计高潮位	背海坡	设计高潮位	常水位
	设计低潮位	临海坡	设计低潮位或滩涂面高程	设计最高水位
	水位降落	临海坡	设计高潮位降落至多年平均低潮位或滩涂面高程	设计最高水位
非常运用情况 I	施工完建期	背海坡	施工期度汛设计高潮位	施工完建期最低水位
		临海坡	施工期度汛设计低潮位	施工完建期最高水位
非常运用情况 II	地震 (竣工后)	背海坡	多年平均高潮位	常水位
		临海坡	多年平均低潮位	常水位

4.5.4 海堤整体抗滑稳定安全系数应不小于表 4.5.4 规定的数值。

表 4.5.4 整体抗滑稳定安全系数

计算方法	海堤工程的级别		1	2	3	4	5
瑞典圆弧法	安全系数	正常运用条件	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10
		非常运用条件 I	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05
		非常运用条件 II	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00

续表

计算方法	海堤工程的级别		1	2	3	4	5
简化毕肖普法	安全系数	正常运用条件	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20
		非常运用条件Ⅰ	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10
		非常运用条件Ⅱ	1.25	1.20	1.15	1.10	1.05

注：地震计算方法按《水工建筑物抗震设计规范》(SL 203)执行。

- 4.5.5 海堤整体抗滑稳定分析时，爆填堤心石物理力学性质参数取值应根据石料品质和潮水位情况分析确定，一般黏聚力近似取零，内摩擦角可取 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。
- 4.5.6 土层物理力学性质参数指标选用应考虑工程实际及各种不同运用条件下土的固结特性经综合分析研究后确定；高灵敏度土层物理力学性质参数指标选用时应充分考虑爆炸置换施工的影响。
- 4.5.7 海堤整体抗滑稳定分析时，土石混合过渡层可按相应土层的物理力学性质指标进行设计。
- 4.5.8 海堤爆炸置换施工完成后，若经检测发现爆填堤心石断面结构与设计值差异较大，应采用现场地质勘测资料及相应的土工试验成果对堤身进行分析和复核计算，并按实际情况酌情修改。