

前 言

根据住房城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2014〕189号)的要求,标准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外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准共分6章和1个附录,主要技术内容是:总则、术语和符号、基本规定、设计、钢围堰施工及质量检验、监测等。

本标准由住房城乡建设部负责管理,由广州市市政集团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,请寄送广州市市政集团有限公司(地址:广州市环市东路338号银政大厦,邮政编码:510060)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:广州市市政集团有限公司

江苏德丰建设集团有限公司

参 编 单 位:广东省交通规划设计研究院股份有限公司

中铁大桥局集团有限公司

中铁大桥勘测设计院集团有限公司

中铁一局集团有限公司

中交基础设施养护集团有限公司

上海重远建设工程有限公司

华南理工大学

中国铁建港航局集团有限公司

中铁二十五局集团有限公司

重庆建工第九建设有限公司

中国建筑技术集团有限公司

主要起草人:安关峰 梁立农 黄旺明 万田保 徐 宏
陈双全 孙 樟 李向阳 刘添俊 刘吉福
曹 洪 潘 泓 梁 豪 邓汉权 毛宗原
于海祥 谢卓雄 黄森华
主要审查人:马 翥 傅立容 王树林 顾宽海 汤劲松
杨少军 李友明 周勇军 杨永清 李 松

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(7)
4	设 计	(10)
4.1	一般规定	(10)
4.2	方案设计	(11)
4.3	设计计算内容	(14)
4.4	结构分析	(19)
4.5	稳定性验算	(26)
4.6	构件计算	(45)
4.7	钢板桩围堰构造设计	(49)
4.8	钢套筒围堰构造设计	(49)
4.9	钢吊箱围堰构造设计	(50)
4.10	钢管桩围堰构造设计	(51)
5	钢围堰施工及质量检验	(53)
5.1	一般规定	(53)
5.2	钢板桩围堰施工	(53)
5.3	钢套筒围堰施工	(57)
5.4	钢吊箱围堰施工	(61)
5.5	钢管桩围堰施工	(62)
5.6	质量检验	(63)
6	监 测	(72)

6.1 一般规定	(72)
6.2 监测内容与方法	(72)
6.3 数据处理与应用	(77)
6.4 监测管理	(78)
附录 A 荷载与作用	(79)
本标准用词说明	(92)
引用标准名录	(93)

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirements	(7)
4	The design	(10)
4.1	General requirements	(10)
4.2	Project design	(11)
4.3	The calculation content of design	(14)
4.4	Structural analysis	(19)
4.5	Check calculation of stability	(26)
4.6	Component calculation	(45)
4.7	The structural design of steel sheet pile cofferdam	(49)
4.8	The structural design of steel boxed cofferdam	(49)
4.9	The structural design of steel hanging cofferdam	(50)
4.10	The structural design of steel pipe pile cofferdam	(51)
5	The construction and quality inspection of steel cofferdam	(53)
5.1	General requirements	(53)
5.2	The construction of steel sheet pile cofferdam	(53)
5.3	The construction of steel boxed cofferdam	(57)
5.4	The construction of steel hanging cofferdam	(61)
5.5	The construction of steel pipe pile cofferdam	(62)
5.6	Quality inspection and acceptance	(63)

6	The monitoring	(72)
6.1	General requirements	(72)
6.2	The content and method for monitoring	(72)
6.3	Data processing and application	(77)
6.4	The monitoring and management	(78)
	Appendix A Load and action	(79)
	Explanation of wording in this standard	(92)
	List of quoted standards	(93)

住房城乡建设部信息公开
浏览专用

1 总 则

1.0.1 为规范钢围堰工程技术,做到安全适用、经济合理、确保质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于钢围堰工程的设计、施工、监测及质量验收。

1.0.3 钢围堰工程的设计、施工、监测及质量验收,除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢围堰 steel cofferdam

在涉水工程建设中,为建造永久性构筑物而修建的挡土或挡水的临时性围护钢结构。包括钢板桩围堰、钢套筒围堰、钢吊箱围堰、钢管桩围堰和其他形式钢围堰。

2.1.2 钢板桩围堰 steel sheet pile cofferdam

使用钢板桩逐根(组)插打,钢板桩之间相互咬接,必要时内加支撑体系及封底,通过挡住外侧水土形成施工空间的钢围堰。

2.1.3 钢套筒围堰 steel boxed cofferdam

使用钢板及其加劲构件制造的无底围护结构,必要时内加支撑体系及封底,通过挡住外侧水土形成施工空间的钢围堰。可分为单壁、双壁以及单双壁组合式钢围堰。

2.1.4 钢吊箱围堰 steel hanging box cofferdam

使用钢板及其加劲构件制造、悬吊在水中的有底围护结构,必要时内加支撑体系及封底,通过挡水形成施工空间的钢围堰。可分为单壁、双壁以及单双壁组合式钢围堰。

2.1.5 钢管桩围堰 steel pipe pile cofferdam

使用钢管桩逐根插打,钢管桩之间可以相互咬接,必要时内加支撑体系及封底,通过挡住外侧水土形成施工空间的钢围堰。

2.1.6 封底 bottom sealing

对钢围堰底部浇筑符合设计厚度要求混凝土的施工作业。

2.1.7 内支撑 strut

钢围堰内用于传递和平衡钢围堰侧壁压力保持围堰侧壁稳定的构件。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能：

c ——土黏聚力；

e ——围堰底土体天然孔隙比；

E ——支撑材料的弹性模量；

E_c ——锚杆的复合弹性模量；

E_m ——注浆固结体的弹性模量；

E_s ——锚杆杆体的弹性模量；

f_t ——混凝土的抗拉强度设计值；

f_y ——钢材的屈服强度；

φ ——土内摩擦角。

2.2.2 作用效应及承载力：

C ——围堰结构水平位移、围堰周边建(构)筑物和地面沉降的限值；

C_{kd} ——作用标准值组合的位移、沉降等效应设计值；

E_a ——主动土压力合力；

E_p ——被动土压力合力；

F_{fk} ——钢套筒围堰侧壁总摩阻力标准值；

F_h ——围堰结构计算宽度内的弹性支点水平反力；

F_w ——水浮力标准值；

F_{wl} ——流水压力标准值；

F_{wl} ——静水压力合力；

ΣF_{id} ——动水压力、风荷载、波浪力、冰压力等可变荷载合力；

G_1 ——钢围堰自重标准值；

G_2 ——围堰上部其他结构自重标准值；

G_c ——封底混凝土自重；

G_s ——围堰底土的颗粒比重；

M_{pl} ——每米宽度最大弯矩的标准值；

- M_r ——计算底面以上堰体背后水平荷载对计算底面处产生的倾覆力矩标准值；
- M_{RLk} ——抗隆起力矩标准值；
- M_{sk} ——围堰的容许弯矩标准值；
- M_{SLk} ——隆起力矩标准值；
- M_t ——堰体内填料对围堰计算底面处产生的抵抗力矩标准值；
- P_h ——围堰结构计算宽度内的法向预加力；
- P_p ——锚杆的预加轴向拉力值或支撑的预加轴向压力值；
- P_s ——分布土抗力；
- P_{sk} ——围堰构件嵌固段上的围堰内侧土抗力标准值；
- P_{wk} ——承压水层顶部的水压力标准值；
- q ——围堰外河床或地面的附加分布荷载标准值；
- $Q_1、Q_2$ ——锚杆循环加荷或逐级加荷试验中(Q-s)曲线上对应锚杆锁定值与轴向拉力标准值的荷载值；
- R_{nd} ——偶然组合下结构构件的承载力设计值；
- R_{kd} ——抗滑力、抗浮力、抗滑力矩、抗倾覆力矩、锚杆极限抗拔承载力等平衡作用标准值组合的效应设计值；
- R_{ud} ——基本组合下结构构件的承载力设计值；
- S_{nd} ——承载能力极限状态下作用偶然组合的效应设计值；
- S_{kd} ——滑动力、抗浮力、滑动力矩、倾覆力矩等不平衡作用标准值组合的效应设计值；
- S_{ud} ——承载能力极限状态下作用基本组合的效应设计值；
- u_a ——土条滑弧面上的水压力；
- γ ——土层的天然重度；
- γ_w ——水的重度标准值；
- σ_{kd} ——作用标准组合的正截面压应力和斜截面的主压应力限值；
- τ_1 ——桩基钢护筒与封底混凝土的粘结力；

- τ_2 ——钢围堰与封底混凝土的粘结力；
 τ_3 ——钢板桩及钢管桩与入土深度范围内土层的摩阻力。

2.2.3 几何参数：

- A_c ——注浆固结体的截面面积；
 A_n ——基底净面积，应扣除钢护筒面积；
 A_p ——锚杆杆体的截面面积；
 b_a ——围堰结构计算宽度；
 D_0 ——钢管外径；
 h ——计算工况下的围堰开挖底面至围堰顶深度；
 h_t ——封底混凝土厚度；
 h_w ——围堰内外水头差；
 l_0 ——受压支撑构件的长度；
 l_a ——锚杆长度；
 l_f ——锚杆自由段长度；
 L ——最短渗流路径流线总长度；
 R ——重心位置到围堰背水面脚趾力矩；
 R_w ——浮力合力重心到围堰背水面脚趾力矩；
 s ——锚杆或支撑的水平间距；
 S_1 ——所有桩基钢护筒与封底混凝土接触面积；
 S_2 ——钢围堰与封底混凝土接触面积；
 S_3 ——钢板桩及钢管桩围堰入土深度范围外侧接触面积之和；
 t ——围堰结构入土深度；
 t' ——围堰在最下道支撑以下部分的深度；
 t_s ——钢管壁厚；
 v ——围堰构件在分布土抗力计算点使土体压缩的水平位移值；
 v_b ——挡土构件在围堰底处的水平位移值；
 v_R ——围堰构件在支点处的水平位移值；

V_c ——基底净体积,应扣除钢护筒部分;

z ——计算点距围堰顶的深度;

α ——锚杆倾角或支撑仰角。

2.2.4 计算系数及其他:

f ——围堰底与土的摩擦系数;

i ——围堰底土的渗流水力坡度;

$i_{cr,f}$ ——围堰底土体的流土临界坡度;

k_R ——围堰结构计算宽度内弹性支点刚度系数;

k_s ——土的水平反力系数;

K ——安全系数;

K_{s0} ——钢套筒围堰下沉系数;

K_i ——第 i 个圆弧滑动体的抗滑力矩与滑动力矩的比值;

m ——锚杆道数;

m_z ——土的水平反力系数的比例系数;

n ——划分土条的个数;

$N_q、N_c$ ——地基土的承载力系数;

α_R ——支撑松弛系数;

λ ——支撑不动点调整系数;

γ_0 ——围堰结构重要性系数;

ψ_v ——计算系数。

3 基本规定

3.0.1 钢围堰应根据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 规定的设计原则,采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,按分项系数的设计表达式进行设计。

3.0.2 钢围堰工程实施前应研究主体工程的设计和地形地质及水文勘察资料,并进行必要的补充勘察和现场调查及相关资料的收集。

3.0.3 钢围堰应满足下列功能要求:

1 保证围堰周边建(构)筑物、地下管线、道路、堤岸的安全和正常使用;

2 保证围堰内主体结构的施工方便与安全。

3.0.4 钢围堰工程应根据主体工程实际情况进行专项设计,并根据主体结构的施工工期规定其设计使用年限。

3.0.5 钢围堰结构安全等级划分应符合表 3.0.5-1~表 3.0.5-3 的规定。

表 3.0.5-1 钢板桩、钢管桩围堰安全等级划分

围堰安全等级	主体工程安全等级	平面尺寸 $A(\text{m}^2)$	围堰高度 $H(\text{m})$	围堰水深 $h_w(\text{m})$	围堰深度范围 砂层、淤泥层 厚度 $h_s(\text{m})$	使用 年限 (a)	失事 后果
一级	一级	$A \geq 500$	$H \geq 10$	$h_w \geq 8$	$h_s \geq 5$	> 2	特别 严重
二级	一级或 二级	$100 \leq A < 500$	$5 \leq H < 10$	$4 \leq h_w < 8$	$3 \leq h_s < 5$	1~2	严重
三级	三级	$A < 100$	$H < 5$	$h_w < 4$	$h_s < 3$	< 1	一般

表 3.0.5-2 钢套箱围堰安全等级划分

围堰安全等级	主体工程安全等级	平面尺寸 $A(m^2)$	围堰高度 $H(m)$	围堰水深 $h_w(m)$	刃脚以上覆盖层厚度 $h_s(m)$	使用年限 (a)	失事后果
一级	一级	$A \geq 500$	$H \geq 20$	$h_w \geq 15$	$h_s < 3$	> 2	特别严重
二级	一级或二级	$100 \leq A < 500$	$10 \leq H < 20$	$8 \leq h_w < 15$	$3 \leq h_s < 6$	1~2	严重
三级	三级	$A < 100$	$H < 10$	$h_w < 8$	$h_s > 6$	< 1	一般

表 3.0.5-3 钢吊箱围堰安全等级划分

围堰安全等级	主体工程安全等级	平面尺寸 $A(m^2)$	吊箱高度 $H(m)$	浪高 $h_w(m)$	使用期水位差 $\Delta H(m)$	使用年限 (a)	失事后果
一级	一级	$A \geq 500$	$H \geq 12$	$h_w \geq 3$	$\Delta H \geq 5$	> 2	特别严重
二级	一级或二级	$100 \leq A < 500$	$8 \leq H < 12$	$1 \leq h_w < 3$	$3 \leq \Delta H < 5$	1~2	严重
三级	三级	$A < 100$	$H < 8$	$h_w < 1$	$\Delta H < 3$	< 1	一般

注:1 钢围堰结构安全等级按主体工程安全等级、围堰规模、水文地质条件、使用年限及失事后果等所确定等级中的最高级别定级;

2 当二级、三级围堰有特殊要求而采用新型结构时,其结构设计级别可提高一级。

3.0.6 钢围堰设计时,水位、风、波浪重现期及设计波高累积频率应符合表 3.0.6 的规定。

表 3.0.6 钢围堰风、波浪及水位重现期

水位重现期(a)	风重现期(a)	波浪重现期(a)	设计波高累积频率标准 $F(\%)$
20	20	20	5

注:水位、风、波浪重现期、设计波高累积频率可结合实际工程重要性、施工工期长短、施工具体季节、气象复杂程度、失事后果严重性进行专题论证后确定。

3.0.7 钢围堰原材料、构件、半成品和成品的质量应符合国家现

行有关标准的规定,并应满足设计要求。

3.0.8 钢围堰宜采用 B 级以上钢材,封底混凝土强度等级不宜低于 C25。

3.0.9 钢围堰施工时应建立健全质量管理体系,制订各项施工管理制度。

3.0.10 钢围堰施工及使用期间应进行监测。

3.0.11 钢围堰工程应根据设计文件及主体工程的施工组织设计编制专项施工方案,并应经审批后方可实施。

3.0.12 对气象、水文、航运等建设条件复杂的大型、深水钢围堰工程的设计方案和施工方案应通过专家论证,必要时应采用模型试验验证。

住房城乡建设部信息中心
浏览专用

4 设 计

4.1 一般规定

- 4.1.1 钢围堰设计应包括方案设计、结构与构造设计。
- 4.1.2 钢围堰结构应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态两类极限状态设计。
- 4.1.3 计算作用在围堰结构上的土压力时,应根据围堰结构与土体的位移情况和采取的施工措施等因素确定土压力计算模式,分别按静止土压力、主动土压力、被动土压力及与围堰侧向变形条件相应的土压力计算;计算水压力时,宜根据地下水的渗流条件和水文条件合理确定地下水位。
- 4.1.4 钢围堰在高度方向上宜采用等强度概念分节设计。
- 4.1.5 钢围堰应根据其施工和使用的时间长短、环境腐蚀类型等因素进行防腐设计。
- 4.1.6 在季节性冻土地区,围堰结构设计应根据冻胀、冻融对围堰结构受力和围堰侧壁的影响采取相应的措施。
- 4.1.7 钢围堰设计的抽水水位和速率应综合施工进度安排、结构的安全性及经济性等因素经计算确定。
- 4.1.8 土压力及水压力计算、土的各类稳定性验算时,土压力和水压力的分算、合算方法及相应的土的抗剪强度指标选取应符合下列规定:

1 对地下水位以上的黏性土、黏质粉土,土的抗剪强度指标应采用三轴固结不排水抗剪强度指标 c_{cu} 、 φ_{cu} 或直剪固结快剪强度指标 c_{cq} 、 φ_{cq} ;对地下水位以上的砂质粉土、砂土、碎石土,土的抗剪强度指标应采用有效应力强度指标 c' 、 φ' ;

2 对地下水位以下的黏性土、黏质粉土,可采用土压力、水压

力合算方法；此时，对正常固结和超固结土，土的抗剪强度指标应采用三轴固结不排水抗剪强度指标 c_{cu} 、 φ_{cu} 或直剪固结快剪强度指标 c_{cq} 、 φ_{cq} ，对欠固结土，宜采用有效自重压力下预固结的三轴不固结不排水抗剪强度指标 c_{uu} 、 φ_{uu} ；淤泥、淤泥质土等饱和软黏土宜采用三轴不固结不排水抗剪强度指标 c_{uu} 、 φ_{uu} ；

3 对地下水位以下的砂质粉土、砂土和碎石土，应采用土压力、水压力分算方法；此时，土的抗剪强度指标应采用有效应力强度指标 c' 、 φ' ，当砂质粉土，缺少有效应力强度指标时，也可采用三轴固结不排水抗剪强度指标 c_{cu} 、 φ_{cu} 或直剪固结快剪强度指标 c_{cq} 、 φ_{cq} 代替，对砂土和碎石土，有效应力强度指标 φ' 可根据标准贯入试验实测击数和水下休止角等物理力学指标取值；土压力、水压力采用分算方法时，水压力可按静水压力计算；当地下水渗流时，宜按渗流理论计算水压力和土的竖向有效应力；当存在多个含水层时，应分别计算各含水层的水压力；

4 当有可靠的地方经验时，土的抗剪强度指标可根据室内、原位试验得到的其他物理力学指标，按经验方法确定。

4.1.9 双排钢板桩内部填料应进行压实，压实后填料的内摩擦角宜通过试验确定，在没有试验数据时，可按现行行业标准《重力式码头设计与施工规范》JTS 167—2 的规定取值。

4.1.10 当需进行地下水控制时，应根据场地工程地质和水文地质条件、围堰周边环境要求及支护结构形式选用截水、降水、集水明排方法或其组合。地下水控制设计应满足围堰周边建（构）筑物、地下管线、道路等沉降控制值的要求。地下水控制设计和施工可按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定执行。

4.2 方案设计

4.2.1 钢围堰方案设计应与其制造、运输、施工和拆除等工序结

合,应明确加工方案、运输方案、施工方案和拆除方案。

4.2.2 钢围堰设计应满足主体结构要求,并应符合下列规定:

1 围堰侧壁与主体结构的净空间和地下水控制应满足主体结构及其防水的施工要求;

2 当采用锚杆时,锚杆的锚头及腰梁不应妨碍主体结构施工;

3 当采用内支撑时,内支撑及腰梁的设置应便于主体结构及其防水的施工,上下道支撑宜设置剪刀撑。

4.2.3 钢围堰设计应规定围堰结构各构件施工顺序及其相应的围堰开挖深度。

4.2.4 钢围堰设计文件应包括计算书、工程数量表、设计说明、总平面布置图、单个围堰平面图、纵剖面图、横剖面图、构件大样图、监测点布置图、地质剖面图、围堰安装施工流程图及相关配套施工图纸。

4.2.5 钢围堰顶部设计高程比设计最高水位应高出 0.5m~1.0m,海域施工的围堰顶部高程尚应计入相应等级波浪重现期最大波浪高度一半的影响。

4.2.6 钢围堰设计选型应包括下列因素:

1 主体结构形式及其施工方法;

2 工程场地的地质、水深、水位及水流速度、冬季冻融及冰凌的影响、河床在施工过程中冲刷深度的影响,海域尚应计入潮汐、波浪的影响;

3 河床覆盖层厚度、承载能力、透水性和土体侧摩阻力等;

4 围堰结构施工工艺的可行性和经济性;

5 施工场地条件、施工设备、施工季节、施工工期及进度安排;

6 通航要求、环保要求、施工风险、结构的安全性及经济性等因素。

4.2.7 钢围堰设计时可按表 4.2.7 中的适用条件进行选型。

表 4.2.7 各类钢围堰的适用条件

项目	钢板桩围堰	钢套筒围堰	钢吊箱围堰	钢管桩围堰
覆盖层	覆盖层较厚的浅水水域	覆盖层较薄或地基承载力较高,基础底标高位于河床内或略高于河床	河床存在较厚的软弱土层,或基础底面距离河床面较高	河床覆盖层含有大量漂、砾石或存在水下障碍物,其他类型钢围堰下沉困难;并适用于河床为砂类土、黏性土、碎(卵)石类土和风化岩等水中深基坑开挖防护施工
水流条件	流速较小,小于 2m/s	可适用于较大流速,大于 2m/s	可适用于较大流速,大于 2m/s	流速较小,小于 2m/s
水深	水深宜控制在 10m 以内	水深宜控制在 40m 以内,深水低桩承台均可采用	适用于水深较大的高桩承台或构筑物	水深宜控制在 15m 以内
钢材用量	较少	相比钢板桩围堰,用钢量要大	相比钢板桩围堰,用钢量要大	用钢量介于钢板桩围堰与钢套筒、钢吊箱围堰之间
适用的构筑物	低桩承台,围堰外形可根据基础外形而相应采用矩形、圆形、圆端形,并根据水位或基坑深度及地质情况设置内部支撑或锚杆	水中低桩承台,围堰外形可根据水流速度、基础平面形状、水深情况选择圆形、矩形、圆端形;根据围堰下沉深度、下沉难易程度、荷载情况选择单壁、双壁或单双壁组合式	深水高桩承台,围堰外形可根据水流速度、基础平面形状选择圆形、矩形、圆端形;单壁、双壁结构的选择应根据水压差及支撑情况确定	低桩承台,围堰外形可根据基础外形而相应采用矩形、圆形、圆端形,并根据水位或基坑深度及地质情况设置内部支撑或锚杆
制造难度	制作简单,难度较小	制作复杂,难度相对较大	制作复杂,难度相对较大	制作难度介于钢板桩围堰和钢套筒、钢吊箱围堰之间

4.2.8 对特殊情况,根据实际工程要求,可采用组合钢围堰,包括单双壁竖向组合钢围堰、钢板桩与钢套箱平面组合围堰、钢板桩与钢管桩平面组合围堰、钢管桩与钢套箱平面组合围堰等形式。

4.3 设计计算内容

4.3.1 钢围堰结构应按下列两种设计状况进行极限状态设计:

1 短暂状况应做承载能力极限状态设计和正常使用极限状态设计;

2 偶然状况应做承载能力极限状态设计。

4.3.2 承载能力极限状态设计时应按下列情况计算分析:

1 钢围堰结构构件或连接因超过材料强度而破坏,或因过度变形而不适于继续承受荷载,或出现压屈、局部失稳;

2 钢围堰结构和土体发生整体倾覆或滑动;

3 钢围堰底因隆起而丧失稳定;

4 钢围堰底土体持力层因丧失承载能力而破坏;

5 锚杆因土体丧失锚固能力而拔动;

6 地下水渗流引起的土体渗透破坏;

7 钢围堰抗浮或抗沉失效;

8 钢围堰浮运时失稳下沉。

4.3.3 正常使用极限状态设计时应按下列情况计算分析:

1 钢围堰结构变形过大影响主体结构正常施工的或造成周边建(构)筑物、地下管线、道路等不能正常使用的;

2 因地下水位下降、地下水渗流或施工因素而造成的土体变形引起周边建(构)筑物、地下管线、道路等不能正常使用的;

3 影响主体结构正常施工的地下水渗流或钢围堰渗(漏)水。

4.3.4 作用分类及组合应符合下列规定:

1 作用在钢围堰上的重力及其冲击力、土压力、风力、静水压力、动水压力、波浪力及施工荷载等,应按不同工况进行组合,并按其最不利组合,结合实际工况进行结构计算。各种作用应按本

标准附录 A 取值。

2 钢围堰结构设计采用的作用应分为永久作用、可变作用、偶然作用三类,其分类应符合表 4.3.4-1 的规定。

表 4.3.4-1 作用分类

作用分类	作用名称
永久作用	结构重力
	附属设备和附属结构重力
	土压力
	静水压力
	浮力
	预加力
	流水压力
可变作用	冲击力
	风荷载
	温度作用
	冰压力
	波浪力
	靠船力
	施工临时荷载
偶然作用	船舶或漂流物撞击力

注:设计中计入的其他作用可根据其性质按本表进行分类。

3 钢围堰结构应按作用分类就其出现的最不利组合进行计算。

4 结构设计应计算结构上可能同时出现的作用,按承载能力极限状态、正常使用极限状态进行作用组合,并按下列原则取其最不利组合效应进行设计:

1)当只在结构上可能同时出现的作用时,宜进行组合。当

结构需做不同受力方向的验算时,则应采用不同方向的最不利的作用组合效应进行计算。

- 2) 当可变作用的出现对结构或结构构件产生有利影响时,该作用不应参与组合。实际不可能同时出现的作用或同时参与组合概率很小的作用,宜按表 4.3.4-2 的规定不计入其参与组合。

表 4.3.4-2 可变作用不同时组合

作用名称	不与该作用同时参与组合的作用
冰压力	流水压力、波浪力、船靠力
船靠力	冰压力

4.3.5 当钢围堰结构按承载能力极限状态设计时,对短暂设计状况应采用作用的基本组合,对偶然设计状况应采用作用的偶然组合,并应符合下列规定:

1 基本组合下,钢围堰结构构件或连接因超过材料强度或过度变形的承载能力极限状态设计,应满足下列公式要求:

$$S_{ud} \leq R_{ud} \quad (4.3.5-1)$$

$$S_{ud} = \gamma_0 S \left(\sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} G_{ik}, \gamma_{Q1} \gamma_L Q_{1k}, \psi_c \sum_{j=2}^n \gamma_{Lj} \gamma_{Qj} Q_{jk} \right) \quad (4.3.5-2)$$

$$S_{ud} = \gamma_0 S \left(\sum_{i=1}^m G_{id}, Q_{1d}, \sum_{j=2}^n Q_{jd} \right) \quad (4.3.5-3)$$

$$R_{ud} = R_u(f_d, a_d) \quad (4.3.5-4)$$

式中: S_{ud} ——承载能力极限状态下作用基本组合的效应设计值,采用永久作用设计值与可变作用设计值相组合;

γ_0 ——钢围堰结构重要性系数,对安全等级为一级、二级、三级的围堰结构,其结构重要性系数分别不应小于 1.1、1.0、0.9;

$S(\cdot)$ ——作用组合的效应函数;

γ_{Gi} ——第 i 个永久作用的分项系数;

G_{ik} 、 G_{id} ——第 i 个永久作用的标准值和设计值;

$\gamma_{Q1}、\gamma_{Qj}$ ——分别为最大的 1 个和第 j 个可变作用分项系数；
 $Q_{1k}、Q_{1d}$ ——最大的可变作用标准值和设计值；
 $Q_{jk}、Q_{jd}$ ——作用组合中除最大的可变作用外的其他第 j 个可变作用的标准值和设计值；
 ψ_c ——在作用组合中除最大的可变作用外的其他可变作用的组合值系数；
 γ_{1j} ——第 j 个可变作用的结构设计使用年限荷载调整系数；
 R_{ad} ——基本组合下结构构件的承载力设计值；
 $R_u(\cdot)$ ——基本组合下构件承载力函数；
 f_d ——材料强度设计值；
 a_d ——几何参数设计值，当无可靠数据时，可采用几何参数标准值。

2 偶然组合下，钢围堰结构构件或连接因超过材料强度或过度变形的承载能力极限状态设计，应满足下列公式要求：

$$S_{ad} \leq R_{ad} \quad (4.3.5-5)$$

$$S_{ad} = S \left(\sum_{i=1}^m G_{ik}, A_d, (\psi_{f1} \text{ 或 } \psi_{q1}) Q_{1k}, \sum_{j=2}^n \psi_{qj} Q_{jk} \right) \quad (4.3.5-6)$$

$$R_{ad} = R_a(\gamma_1, \gamma_a, f_k, a_k) \quad (4.3.5-7)$$

式中： S_{ad} ——承载能力极限状态下作用偶然组合的效应设计值， S_{ad} 为永久作用标准值与可变作用某种代表值及一种偶然作用设计值相组合；与偶然作用同时出现的可变作用可根据观测资料和工程经验取用频遇值或准永久值；

A_d ——偶然作用的设计值；

ψ_{f1} ——最大的可变作用频遇值系数；

$\psi_{f1} Q_{1k}$ ——最大的可变作用频遇值；

$\psi_{q1}、\psi_{qj}$ ——最大的和第 j 个可变作用的准永久值系数；

$\psi_{q1} Q_{1k}、\psi_{qj} Q_{jk}$ ——最大的和第 j 个可变作用的准永久值；

R_{sd} ——偶然组合下结构构件的承载力设计值；

$R_g(\cdot)$ ——偶然组合下构件承载力函数；

γ_f ——结构材料、岩土性能的分项系数；

γ_a ——结构或构件几何参数的分项系数；

f_k ——材料强度标准值；

a_k ——几何参数标准值。

3 作用标准值组合下,钢围堰整体滑动、钢围堰底隆起失稳、钢围堰构件嵌固段推移、锚杆拔动、钢围堰结构倾覆与滑移、钢围堰抗浮或抗沉失效、土体渗透破坏等稳定性计算和验算,应满足下式要求:

$$\frac{R_{kd}}{S_{kd}} \geq K \quad (4.3.5-8)$$

式中: R_{kd} ——抗滑力、抗浮力、抗滑力矩、抗倾覆力矩、锚杆极限抗拔承载力等平衡作用标准值组合的效应设计值；

S_{kd} ——滑动力、浮力、滑动力矩、倾覆力矩等不平衡作用标准值组合的效应设计值；

K ——安全系数。

4.3.6 正常使用极限状态计算应符合下列规定:

1 当钢围堰结构按正常使用极限状态设计时,应根据不同的设计要求,采用作用的频遇组合、准永久组合或标准组合,对构件的抗裂应力、裂缝宽度、挠度、位移、沉降进行验算,使各项计算值不应超过国家现行相关标准的相应限值；

2 作用标准组合下,钢围堰结构水平位移、钢围堰周边建(构)筑物和地面沉降等应满足下式要求:

$$C_{kd} \leq C \quad (4.3.6)$$

式中: C_{kd} ——作用标准值组合的位移、沉降等效应设计值；

C ——钢围堰结构水平位移、钢围堰周边建(构)筑物和地面沉降的限值。

4.3.7 短暂状况构件应力计算应符合下列规定:

1 标准组合下,钢围堰结构中的构件尚应按下列公式进行短暂状况的应力计算:

$$S_{kd} \leq \sigma_{kd} \quad (4.3.7-1)$$

$$S_{kd} = S \left(\sum_{i=1}^m G_{ik} + \sum_{j=1}^n Q_{jk} \right) \quad (4.3.7-2)$$

式中: S_{kd} ——作用标准组合的效应设计值,各种作用采用标准值时,不计入荷载组合系数;

σ_{kd} ——作用标准组合的正截面压应力和斜截面的主压应力限值。

2 抗疲劳计算应分析有无疲劳荷载并采用实际的疲劳应力幅,其结果应符合国家现行相关标准规定。

4.4 结构分析

4.4.1 结构分析应符合下列规定:

1 应根据钢围堰的具体施工工艺进行制造、运输、施工、使用和拆除等各个施工阶段的结构分析计算,确保结构安全;

2 结构分析中采用的基本假定、模型和边界条件、参数的选择,应能反映结构施工过程和使用中的实际受力状态,其精度应能满足结构设计要求;必要时,应采用三维空间结构模型进行分析计算;

3 钢围堰结构受力分析可按线弹性理论进行,当结构的变形不能被忽略时,应计入各类非线性对结构受力的影响;

4 当钢围堰结构按平面结构分析时,应按围堰各部位的开挖深度、周边环境条件、地质条件等因素划分设计计算剖面;对每一计算剖面,应按其最不利条件进行计算;

5 钢围堰结构设计时,应根据工程经验分析判断计算参数取值和计算分析结果的合理性。

4.4.2 钢围堰结构应对其吊装、运输、安装、使用、拆除等全寿命过程进行下列等工况结构分析,并按下列工况中最不利作用效应进行围堰结构设计:

- 1 围堰开挖至围堰底时的工况；
- 2 围堰封底工况；
- 3 围堰封底后抽水完成工况；
- 4 对支撑式和锚拉式围堰结构，围堰开挖至各支撑或各层锚杆施工面时的工况；
- 5 在主体结构施工过程中的换(拆)撑工况；
- 6 对水平内支撑式围堰结构，围堰各边水平荷载及边界条件不对称的各种工况；
- 7 对双排及格型钢板桩围堰的填土或注水拆除工况；
- 8 对双壁钢围堰浮运、吊装、接高、下沉等工况。

4.4.3 钢围堰分析计算时，其断面的受力分析计算图式可按周边每单位长度钢围堰受力为单元，可不计入相邻单元之间的作用力，并应根据结构的具体形式与受力、变形特性等按本标准第 4.4.2 条中各种不利工况采用下列方法分析：

1 支撑式围堰结构，可将整个结构分解为围堰结构、内支撑结构分别进行分析；围堰结构宜采用平面杆系结构弹性支点法进行分析；内支撑结构可按平面结构进行分析，围堰结构传至内支撑的荷载应取围堰结构分析时得出的支点力；对围堰结构和内支撑结构分别进行分析时，应计算其相互之间的变形协调；

2 锚拉式围堰结构，可将整个结构分解为围堰结构、锚拉结构(锚杆及腰梁、冠梁)分别进行分析；围堰结构宜采用平面杆系结构弹性支点法进行分析；作用在锚拉结构上的荷载应取围堰结构分析时得出的支点力；

3 悬臂式围堰结构宜采用平面杆系结构弹性支点法进行分析；

4 当有可靠经验或受力及边界条件复杂时，或对围堰精确分析计算时，应采用空间结构分析方法进行围堰结构整体分析或采用结构与土相互作用的分析方法对围堰结构和土体进行整体分析。

4.4.4 内支撑结构分析应符合下列规定：

1 水平对撑和水平斜撑应按偏心受压构件进行计算；支撑的轴向压力应取支撑间距内挡土构件的支点力之和；腰梁或冠梁应按以支撑支座的多跨连续梁计算，计算跨度可取相邻支撑点的中心距；当拼接点按铰接计算时，钢梁（腰梁或冠梁）受压计算长度宜取相邻支撑点中心距的 1.5 倍，现浇混凝土腰梁或冠梁的支座弯矩可乘以 0.8~0.9 折减调幅系数，跨中弯矩应相应增加；

2 矩形支护结构的正交平面杆系支撑可分解为纵横两个方向的结构单元，并应分别按偏心受压构件进行计算；

3 平面杆系支撑、环形杆系支撑可按平面杆系结构采用平面有限元法进行计算；在建立的计算模型中，约束支座的设置应与支护结构实际位移状态相符，内支撑结构边界向支护结构外位移处应设置弹性约束支座，向支护结构内位移处不应设置支座，与边界平行方向应根据支护结构实际位移状态设置支座；

4 内支撑结构应进行竖向荷载作用下的结构分析；当设有立柱时，在竖向荷载作用下内支撑结构宜按空间框架计算，当作用在内支撑结构上的竖向荷载较小时，内支撑结构的水平构件可按连续梁计算，计算跨度可取相邻立柱的中心距；

5 竖向斜撑应按偏心受压杆件进行计算；

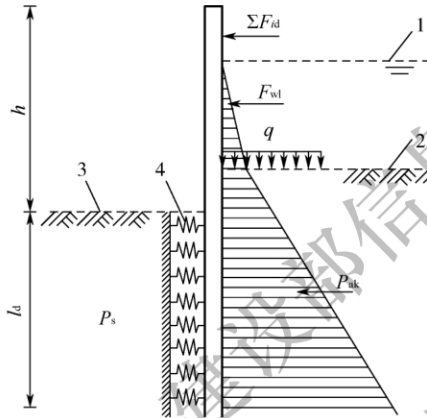
6 立柱截面的弯矩应包括竖向荷载对立柱截面形心的偏心弯矩；对单向布置的平面支撑体系，尚应包括支撑轴向力的 1/50 的横向力对立柱产生的弯矩；土方开挖时，应计入作用于立柱的侧向土压力引起的弯矩；

7 当有可靠经验时，宜采用三维结构分析方法对支撑、腰梁与冠梁、挡土构件进行整体分析。

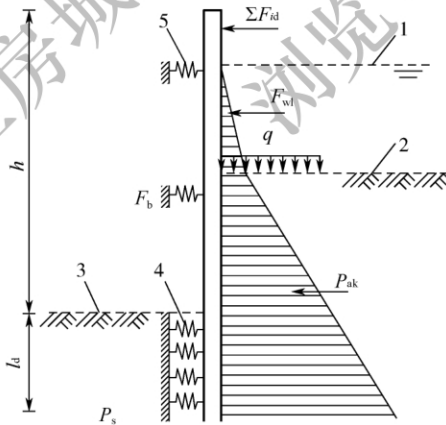
4.4.5 当采用平面杆系结构弹性支点法时(图 4.4.5)，应符合下列规定：

1 主动土压力、水压力、风荷载、波浪力等可按本标准附录 A 的规定确定；

- 2 土抗力应依据分布土抗力做积分计算确定；
- 3 内支撑和锚杆对围堰结构的约束作用应按弹性支座计算。



(a)悬臂式围堰结构



(b)支撑式围堰结构或锚拉式围堰结构

图 4.4.5 弹性支点法计算

1—计算水位；2—河床或地面；3—围堰底；

4—计算土抗力的弹性支座；5—由锚杆或支撑简化而成的弹性支座

4.4.6 作用在挡土构件上的分布土抗力应符合下列规定：

1 分布土抗力可按下列式计算：

$$P_s = k_s v + P_{s0} \quad (4.4.6-1)$$

2 围堰构件嵌固段上的内侧土抗力应满足下列式要求，当不满足时，应增加围堰构件的嵌固深度或取 $P_{sk} = E_{pk}$ 时的分布土压力：

$$P_{sk} \leq E_{pk} \quad (4.4.6-2)$$

式中： P_s ——分布土抗力(kPa)；

k_s ——土的水平反力系数(kN/m³)，应按本标准第4.4.7条的规定取值；

v ——围堰构件在分布土抗力计算点使土体压缩的水平位移值(m)；

P_{s0} ——初始分布土抗力(kPa)，可按本标准附录A中公式(A.1.3-1)或公式(A.1.3-5)计算，应将式中 P_{ak} 用 P_{s0} 代替、 σ_{ak} 用 σ_{pk} 代替、 u_a 用 u_0 代替，且不计 $2c\sqrt{K_a}$ 项；

P_{sk} ——围堰构件嵌固段上的围堰内侧土抗力标准值(kN)，按公式(4.4.6-1)在嵌固段做积分计算；

E_{pk} ——围堰嵌固段上的被动土压力标准值(kN)，按本标准附录A中公式(A.1.3-3)或公式(A.1.3-6)在嵌固段做积分计算。

4.4.7 围堰内侧土的水平反力系数可按下列公式计算：

$$k_s = m_z(z-h) \quad (4.4.7-1)$$

$$m_z = \frac{0.2\varphi^2 - \varphi + c}{v_b} \quad (4.4.7-2)$$

式中： m_z ——土的水平反力系数的比例系数(kN/m⁴)，宜按桩的水平荷载试验及地区经验取值；缺少试验和经验时，可按式(4.4.7-2)计算；

z ——计算点距围堰顶的深度(m)；

h ——计算工况下的围堰开挖底面至围堰顶深度(m)；

c 、 φ ——土的黏聚力(kPa)、内摩擦角(°)；

v_b ——挡土构件在围堰底处的水平位移值(mm),当此处的水平位移不大于10mm时,可取 $v_b=10\text{mm}$ 。

4.4.8 当进行内支撑结构分析时,应符合下列规定:

1 支撑的轴向压力应采用由挡水、土构件传至内支撑结构的水平荷载;

2 当内支撑作为施工平台时,内支撑结构自重尚应计入施工荷载;

3 当温度改变引起的内支撑结构内力不可忽略不计时,应计入温度应力;

4 当内支撑立柱下沉或隆起量较大时,应计入内支撑立柱与挡土构件之间的差异沉降产生的作用。

4.4.9 内支撑和锚杆对围堰结构的作用力应按下列公式确定:

$$F_h = k_R (v_R - v_{R0}) + P_h \quad (4.4.9-1)$$

当采用锚杆或竖向斜撑时:

$$P_h = P_p \cos \alpha b_a / s \quad (4.4.9-2)$$

当采用水平对撑时:

$$P_h = P_p b_a / s \quad (4.4.9-3)$$

当采用不预加轴向压力的支撑时:

$$P_h = 0 \quad (4.4.9-4)$$

当采用锚杆时:

$$P_p = 0.75 N_k \sim 0.9 N_k \quad (4.4.9-5)$$

当采用支撑时:

$$P_p = 0.5 N_k \sim 0.8 N_k \quad (4.4.9-6)$$

式中: F_h ——围堰结构计算宽度内的弹性支点水平反力(kN);

k_R ——围堰结构计算宽度内弹性支点刚度系数(kN/m);

v_R ——围堰构件在支点处的水平位移值(m);

v_{R0} ——设置锚杆或支撑时,支点的初始水平位移值(m);

P_h ——围堰结构计算宽度内的法向预加力(kN);

P_p ——锚杆的预加轴向拉力值或支撑的预加轴向压力值(kN);

α ——锚杆倾角或支撑仰角($^{\circ}$);

b_a ——围堰结构计算宽度(m),取单位宽度;

s ——锚杆或支撑的水平间距(m);

N_k ——锚杆轴向拉力标准值或支撑轴向压力标准值(kN)。

4.4.10 支撑式围堰结构的弹性支点刚度系数宜通过对内支撑结构整体进行线弹性结构分析得出的支点力与水平位移的关系确定。对水平对撑,当支撑腰梁或冠梁的挠度可忽略不计时,计算宽度内弹性支点刚度系数可按下式计算:

$$k_R = \frac{\alpha_R E A b_a}{\lambda l_0 s} \quad (4.4.10)$$

式中: λ ——支撑不动点调整系数;支撑两对边围堰的土性、深度、周边荷载等条件相近,且分层对称开挖时,取 $\lambda=0.5$;支撑两对边围堰的土性、深度、周边荷载等条件或开挖时间有差异时,对土压力较大或先开挖的一侧,取 $\lambda=0.5\sim 1.0$,且差异大时取大值,反之取小值;对土压力较小或后开挖的一侧,取 $(1-\lambda)$;当围堰一侧取 $\lambda=1$ 时,围堰另一侧应按固定支座计算;对竖向斜撑构件,取 $\lambda=1$;

α_R ——支撑松弛系数,对混凝土支撑和预加轴向压力的钢支撑,取 $\alpha_R=1.0$,对不预加轴向压力的钢支撑,取 $\alpha_R=0.8\sim 1.0$;

E ——支撑材料的弹性模量(kPa);

A ——支撑截面面积(m^2);

l_0 ——受压支撑构件的长度(m);

s ——支撑水平间距(m)。

4.4.11 锚拉式围堰结构的弹性支点刚度系数应符合下列规定:

1 弹性支点刚度系数宜通过基本试验数据按下式计算:

$$k_R = \frac{(Q_2 - Q_1) b_a}{(s_2 - s_1) s} \quad (4.4.11-1)$$

式中: Q_1 、 Q_2 ——锚杆循环加荷或逐级加荷试验中($Q-s$)曲线上对

应锚杆锁定值与轴向拉力标准值的荷载值(kN);对锁定前进行预张拉的锚杆,取循环加荷试验中在相当于预张拉荷载的加载量下卸载后的再加载曲线上的荷载值;

s_1 、 s_2 ——(Q - s)曲线上对应于荷载为 Q_1 、 Q_2 的锚头位移值(m);

s ——锚杆水平间距(m)。

2 当缺少试验数据时,弹性支点刚度系数可按下列公式计算:

$$k_R = \frac{3E_s E_c A_p A_c b_a}{[3E_c A_c l_f + E_s A_p (l_a - l_f)]s} \quad (4.4.11-2)$$

$$E_c = \frac{E_s A_p + E_m (A_c - A_p)}{A_c} \quad (4.4.11-3)$$

式中: E_s ——锚杆杆体的弹性模量(kPa);

E_c ——锚杆的复合弹性模量(kPa);

A_p ——锚杆杆体的截面面积(m^2);

A_c ——注浆固结体的截面面积(m^2);

l_f ——锚杆的自由段长度(m);

l_a ——锚杆长度(m);

E_m ——注浆固结体的弹性模量(kPa)。

3 当锚杆腰梁或冠梁的挠度不可忽略不计时,应计入梁的挠度对弹性支点刚度系数的影响。

4.4.12 结构分析时,按荷载标准组合计算的变形值不应大于按本标准第4.3.6条确定的变形控制值。

4.5 稳定性验算

4.5.1 钢板桩、钢套筒、钢管桩等钢围堰稳定性验算应包括整体稳定、抗倾覆、抗隆起、抗滑移、抗流土、抗管涌、抗突涌、抗下沉、抗上浮等稳定性验算。

4.5.2 钢套筒、钢板桩、钢管桩等悬臂式及锚拉式钢围堰的整体

稳定性验算(图 4.5.2)应符合下列规定:

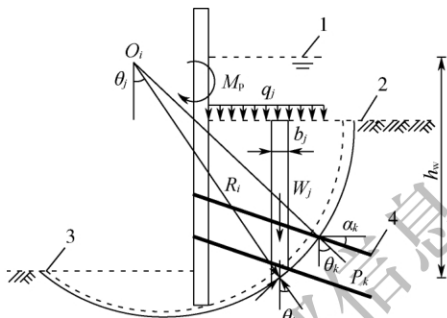


图 4.5.2 围堰结构整体稳定性验算图

1—计算水位;2—河床或地面;3—围堰底;4—锚杆

1 整体稳定性可采用圆弧滑动条分法按下列公式进行验算:

$$\min\{K_1, K_2, \dots, K_i, \dots\} \geq K \quad (4.5.2-1)$$

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_j l_j + \sum_{j=1}^n [(q_j b_j + W_j) \cos \theta_j - u_a l_j] \tan \varphi_j + \sum_{k=1}^m P_k [\cos(\theta_k + \alpha_k) + \psi_v] / s_{x,k}}{\sum_{j=1}^n (q_j b_j + W_j) \sin \theta_j + M_p / R_i} \quad (4.5.2-2)$$

$$\psi_v = 0.5 \sin(\theta_k + \alpha_k) \tan \varphi_c \quad (4.5.2-3)$$

$$l_j = b_j / \cos \theta_j \quad (4.5.2-4)$$

式中: K ——整体稳定性安全系数,一、二、三级安全等级围堰分别取 1.35、1.3、1.25;

K_i ——第 i 个圆弧滑动体的抗滑力矩与滑动力矩的比值,抗滑力矩与滑动力矩之比的最小值通过搜索不同圆心及半径的所有潜在滑动圆弧确定;

l_j ——第 j 条土条沿滑弧面的弧长(m);

n ——划分土条的个数;

b_j ——第 j 条土条的宽度(m);

- q_j ——第 j 条土条上的附加分布荷载标准值 (kPa), 当水位高于地面时应计入地面以上部分水压力;
- u_a ——第 j 条土条滑弧面上的水压力 (kPa), 当可不计入渗流作用时, 对地下水位以下的砂土、碎石土、砂质粉土, 围堰外可取 $u_a = \gamma_w h_w$; 滑弧面在地下水位以上或对地下水位以下的黏性土, 取 $u_a = 0$;
- W_j ——第 j 条土条的自重标准值 (kN), 按天然重度计算;
- θ_j ——第 j 条滑弧中点的法线与垂直面的夹角 ($^\circ$);
- c_j, φ_j ——第 i 条土条滑动面上土的黏聚力 (kPa)、内摩擦角 ($^\circ$); 对多层土, 不同土层分别取值;
- m ——锚杆道数;
- θ_k ——滑弧面在第 k 层锚杆处的法线与垂直面的夹角 ($^\circ$);
- α_k ——第 k 层锚杆的倾角 ($^\circ$);
- P_k ——第 k 层锚杆在滑动面以外的锚固段的极限抗拔承载力标准值与锚杆杆体受拉承载力标准值 ($f_{ptk} A_p$) 的较小值 (kN);
- $s_{x,k}$ ——第 k 层锚杆的水平间距 (m);
- ψ_v ——计算系数;
- φ_e ——第 k 层锚杆与滑弧交点处土内摩擦角 ($^\circ$);
- f_{ptk} ——预应力钢筋抗拉强度标准值 (kPa), 当锚杆杆体采用普通钢筋时, 取普通钢筋的抗拉强度标准值;
- M_p ——水压力、波浪力、风力等标准值引起的滑动力矩 (kN·m);
- R_i ——第 i 个滑动圆弧半径 (m)。

2 当挡土构件底端以下存在软弱下卧层时, 整体稳定性验算滑动面中应包括由圆弧与软弱土层层面组成的复合滑动面。

4.5.3 钢套筒围堰应进行整体及局部抗倾覆验算, 钢板桩、钢管桩围堰应进行局部抗倾覆验算, 并应符合下列规定:

1 钢套筒围堰整体抗倾覆应以背水面脚趾为中心 (图 4.5.3-1) 按下式计算:

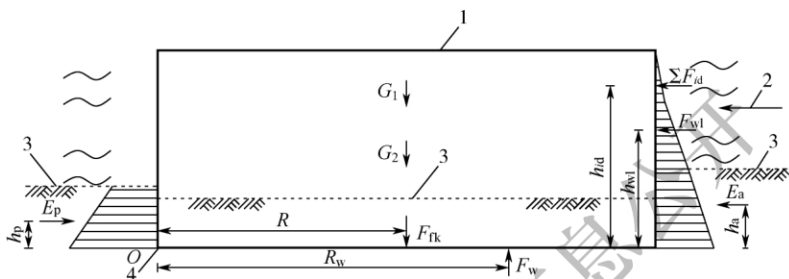


图 4.5.3-1 钢套筒围堰整体抗倾覆稳定性验算图
1—钢套筒围堰；2—水流方向；3—河床或地面；4—围堰脚趾

$$\frac{(G_1 + G_2 + F_{fk})R - F_w R_w + E_p h_p}{E_a h_a + F_{wl} h_{wl} + \sum F_{id} h_{id}} \geq K \quad (4.5.3-1)$$

式中： K ——抗倾覆稳定系数，取 1.5；

G_1 ——钢围堰自重标准值(kN)；

G_2 ——围堰上部其他结构自重标准值(kN)，包括围堰结构内腔中预灌注的混凝土及其他起稳定作用的自重等；

E_a 、 E_p ——钢围堰外主动、被动土压力合力标准值(kN)；

F_{fk} ——钢围堰与土层的摩擦力合力标准值(kN)；

F_{wl} ——钢围堰受到的静水压力合力标准值(kN)；

F_w ——钢围堰受到的水浮力标准值(kN)，当围堰底部位于透水层上时，计入波浪浮托力的影响；

$\sum F_{id}$ ——动水压力、风荷载、波浪力、冰压力、系缆力等可变荷载合力标准值(kN)；

h_a ——围堰结构底端与 E_a 作用点的距离(m)；

h_p ——围堰结构底端与 E_p 作用点的距离(m)；

h_{wl} ——围堰结构底端与 F_{wl} 作用点的距离(m)；

h_{id} ——围堰结构底端与 $\sum F_{id}$ 作用点的距离(m)；

R ——重心位置到围堰背水面脚趾力矩(m)；

R_w ——浮力合力重心到围堰背水面脚趾力矩(m)。

2 悬臂式围堰结构局部抗倾覆(图 4.5.3-2)应按下列式计算:

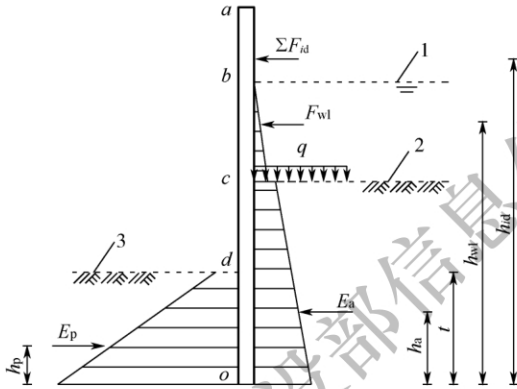


图 4.5.3-2 悬臂式围堰结构抗倾覆稳定性计算图

1—计算水位;2—河床或地面;3—围堰底

$$\frac{E_p h_p}{h_{id} \sum F_{id} + h_a E_a + h_{wl} F_{wl}} \geq K \quad (4.5.3-2)$$

式中: K ——抗倾覆稳定安全系数,一、二、三级安全等级围堰分别取 1.35、1.3、1.25。

3 支撑式或锚拉式钢板(管)桩、钢套筒围堰结构局部抗倾覆应以最下道支撑(或锚拉点)为转动轴(图 4.5.3-3)按下列公式计算:

1)单撑(单锚)围堰结构:

$$\frac{E_p a_p}{a_{id} \sum F_{id} + a_a E_a + a_{wl} F_{wl}} \geq K \quad (4.5.3-3)$$

2)多撑(多锚)围堰结构:

$$\frac{E_p a_p}{E'_a a_a + F'_{wl} a_{wl} + \sum F'_{id} a_{id}} \geq K \quad (4.5.3-4)$$

式中: K ——抗倾覆稳定系数,一、二、三级安全等级围堰分别取 1.35、1.3、1.25;

E'_a ——围堰最下道支点以下的主动土压力合力标准值

(kN);

E_p ——被动土压力合力标准值(kN);

F'_{wl} ——围堰最下道支点以下的静水压力合力标准值(kN);

$\Sigma F'_{id}$ ——围堰最下道支点以下的动水压力等可变荷载合力标准值(kN);

a_a 、 a_p ——围堰外侧主动土压力、内侧被动土压力合力作用点至支点的距离(m);

a_{id} ——支撑或锚杆作用点与 ΣF_{id} 或 $\Sigma F'_{id}$ 作用点的距离(m);

a_{wl} ——支撑或锚杆作用点与 F_{wl} 或 F'_{wl} 作用点的距离(m)。

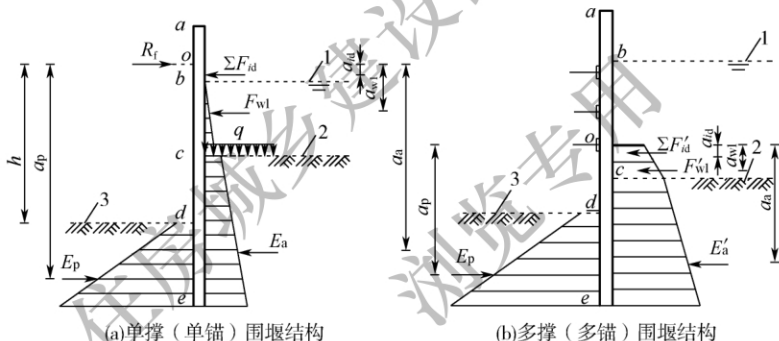


图 4.5.3-3 支撑式或锚拉式钢板(管)桩、
钢套筒围堰局部抗倾覆稳定性验算图
1—计算水位;2—河床或地面;3—围堰底

4 悬臂式双排钢板桩围堰局部抗倾覆(图 4.5.3-4)应按下列式计算:

$$\frac{E_p h_p + G'R}{h_{id} \Sigma F_{id} + h_a E_a + h_{wl} F_{wl}} \geq K \quad (4.5.3-5)$$

式中: K ——抗倾覆稳定安全系数,取 1.3;

G' ——围堰及上部其他结构自重与浮力的合力标准值(kN);

R ——围堰及上部其他结构自重与浮力的合力作用点距前

排桩的距离(m)。

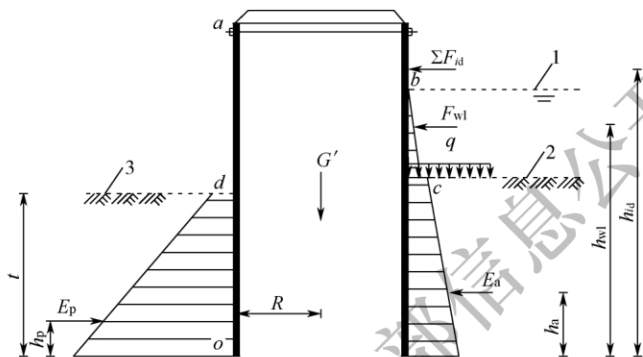


图 4.5.3-4 悬臂式双排钢板桩围堰结构抗倾覆稳定性计算图

1—计算水位；2—河床或地面；3—围堰底

4.5.4 钢套筒、双排钢板桩等结构抗滑移稳定性应符合下列规定：

1 钢套筒围堰整体抗滑移(图 4.5.4-1)应按下列公式计算：

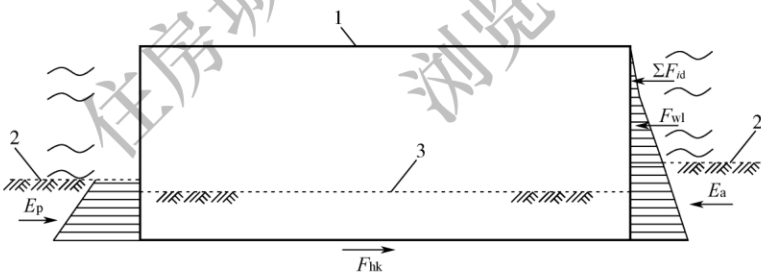


图 4.5.4-1 钢套筒围堰结构抗滑移稳定性计算图

1—计算水位；2—河床或地面；3—围堰底

$$\frac{E_p + F_{hk}}{\Sigma F_{id} + E_a + F_{wl}} \geq K \quad (4.5.4-1)$$

$$F_{hk} = (G_1 + G_2 - F_w) f \quad (4.5.4-2)$$

式中： K ——水平抗滑移安全系数，取 1.3；

E_a 、 E_p ——钢围堰外侧主动、被动土压力合力标准值(kN)；

F_{hk} ——钢围堰与基底土层的摩擦力合力标准值(kN)；
 f ——围堰结构底与土的摩擦系数。

2 悬臂式双排钢板桩围堰抗滑移(图 4.5.4-2)应按下列公式计算：

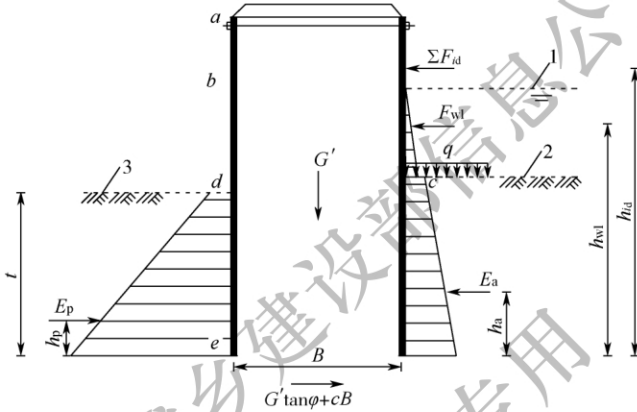


图 4.5.4-2 双排钢板桩围堰结构抗滑移稳定性计算图

1—计算水位；2—河床或地面；3—围堰底

$$\frac{E_p + G' \tan \phi + cB + Q_k}{E_a + F_{wl} + \Sigma F_{id}} \geq K \quad (4.5.4-3)$$

$$Q_k = \tau A \quad (4.5.4-4)$$

式中： K ——抗水平滑移安全系数，取 1.2；

B ——围堰宽度(m)；

G' ——计算滑动面以上围堰及上部其他结构自重与浮力的合力标准值(kN)；

Q_k ——计算滑动面上双排钢板桩抗剪强度标准值(kN)，当取桩底作为计算滑动面时， Q_k 取 0；

τ ——钢板桩的抗剪强度标准值(kPa)；

A ——滑动面上钢板桩总截面面积(m²)；

E_a 、 E_p ——计算滑动面以上钢围堰外侧主动、被动土压力合力标

准值(kN)；

c 、 φ ——计算滑动面上土的黏聚力(kPa)、内摩擦角($^{\circ}$)。

4.5.5 双排钢板桩围堰内部剪切稳定性应按下列公式进行验算(图 4.5.5),并确定堰体的宽度,宽度初值可取双排钢板桩围堰高度的 0.9 倍~1.2 倍:

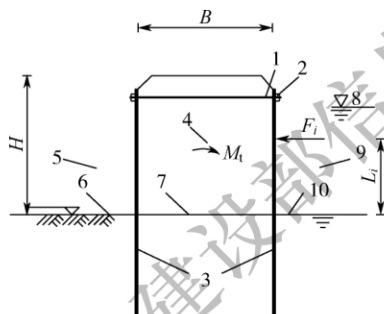


图 4.5.5 双排钢板桩围堰内部剪切稳定验算图

1—拉杆;2—围檩;3—拉森钢板桩;4—回填料;5—内侧(背水面);
6—开挖面;7—计算底面;8—水位;9—外侧(迎水侧);10—泥面

$$\frac{M_t}{M_r} \geq K \quad (4.5.5-1)$$

$$M_t = \frac{1}{6} \gamma_t b_a B^2 H \left(3 \tan^2 \varphi_t - \frac{B}{H} \tan^3 \varphi_t \right) \quad (4.5.5-2)$$

$$\gamma_t = \frac{\sum \gamma_{ti} h_{ti}}{H} \quad (4.5.5-3)$$

$$M_r = \sum F_i L_i \quad (4.5.5-4)$$

式中: K ——内部剪切稳定安全系数,宜取 1.65;

M_t ——堰体内填料对围堰计算底面处产生的抵抗力矩标准值(kN·m);

M_r ——计算底面以上堰体背后水平荷载对计算底面处产生的倾覆力矩标准值(kN·m);

F_i ——作用于围堰迎水侧水平力合力标准值(kN);

L_i —— F_i 作用点至计算底面的距离(m)；

B ——围堰体宽度(m)；

b_a ——计算单位宽度(m)；

H ——堰体计算底面至顶部的距离(m)；

γ_t ——堰体内填料的平均重度(kN/m³)；

γ_{ti} ——第 i 层填料的重度标准值(kN/m³)；

h_{ti} ——第 i 层填料的高度(m)；

φ_t ——堰体内填料的内摩擦角(°)。

4.5.6 钢板桩、钢套箱、钢管桩等钢围堰抗隆起稳定性应根据钢围堰深度分为按地基承载力法与圆弧滑动面法验算,并应符合下列规定:

1 钢围堰在进行清底到封底混凝土施工前,当采用 c 、 φ 值进行抗隆起稳定性验算时(图 4.5.6-1),应按下列公式计算:

$$\frac{\gamma_{02} t N_q + c N_c}{\gamma_{01} (t + h') + q} \geq K \quad (4.5.6-1)$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2 (45^\circ + \varphi / 2) \quad (4.5.6-2)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi \quad (4.5.6-3)$$

式中: K ——抗隆起稳定性安全系数,一、二、三级安全等级围堰分别取 1.8、1.6、1.4;

γ_{01} ——围堰外地表至围堰底各土层天然重度标准值的加权平均值(kN/m³)；

γ_{02} ——围堰内坑底至围堰底各土层天然重度标准值的加权平均值(kN/m³)；

t ——围堰结构入土深度(m),当围堰结构底面以下有软弱下卧层时,围堰底的抗隆起稳定性验算部位应包括软弱下卧层,软弱下卧层的抗隆起稳定性可按公式(4.5.6-1)验算,式中 γ_{01} 、 γ_{02} 应取软弱下卧层顶面以上土的重度, t 以 D 代替；

h' ——围堰外河床或地面与围堰内坑底的距离(m)；

q ——围堰外河床或地面的附加分布荷载标准值(kPa),当水

位高于河床或地面时应计入河床或地面以上的水压力；
 N_q 、 N_c ——地基土的承载力系数；
 c 、 φ ——围堰底的地基土黏聚力(kPa)、内摩擦角($^{\circ}$)。

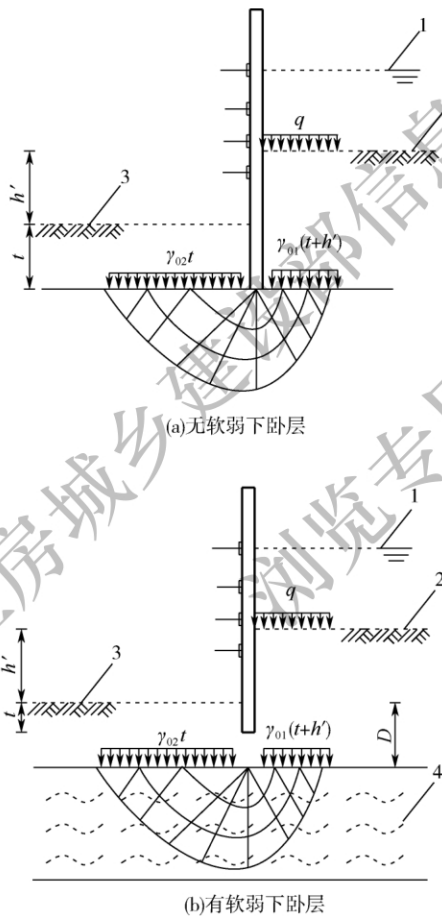


图 4.5.6-1 钢围堰地基承载力法抗隆起稳定性验算图

1—计算水位；2—河床或地面；3—围堰底；4—软弱下卧层

2 钢围堰在进行清底到封底混凝土施工前，当采用 τ_0 值进行抗隆起稳定性验算时(图 4.5.6-1)，应按下式计算：

$$\frac{\gamma_{02}t + \tau_0 N_c}{\gamma_{01}(t+h') + q} \geq K \quad (4.5.6-4)$$

式中: K ——抗隆起稳定性安全系数,一、二、三级安全等级围堰分别取 1.6、1.5、1.4;

N_c ——地基土的承载力系数, N_c 取 5.14;

τ_0 ——由十字板试验确定的总强度(kPa)。

3 带有内支撑的钢围堰在进行清底到封底混凝土施工前,当采用 c 、 φ 值按圆弧滑动模式绕最下道内支撑(或锚拉)点的抗隆起稳定性验算时(图 4.5.6-2),应按下列公式计算:

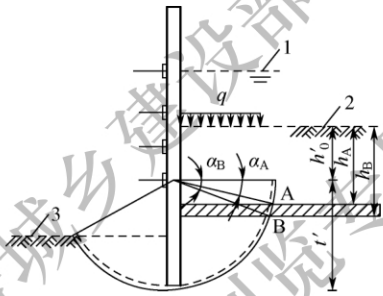


图 4.5.6-2 钢围堰圆弧滑动法抗隆起稳定性验算图

1—计算水位;2—河床或地面;3—围堰底

$$\frac{M_{RLk}}{M_{SLk}} \geq K \quad (4.5.6-5)$$

$$M_{RLk} = M_{sk} + \sum_{j=1}^{n_2} M_{RLkj} + \sum_{m=1}^{n_3} M_{RLkm} \quad (4.5.6-6)$$

$$M_{SLk} = M_{SLkq} + \sum_{i=1}^{n_1} M_{SLki} + \sum_{j=1}^{n_1} M_{SLkj} \quad (4.5.6-7)$$

$$M_{RLkj} = \int_{\alpha_A}^{\alpha_B} [(q_{1fk} + \gamma' \sin \alpha - \gamma h_A + \gamma h'_0) \sin^2 \alpha \tan \varphi + (q_{1fk} + \gamma' \sin \alpha - \gamma h_A + \gamma h'_0) \cos^2 \alpha K_a \tan \varphi + c] t'^2 d\alpha \quad (4.5.6-8)$$

$$M_{\text{RL},km} = \int_{\alpha_A}^{\alpha_B} [(q_{2fk} + \gamma' \sin \alpha - \gamma h_A + \gamma h'_0) \sin^2 \alpha \tan \varphi + (q_{2fk} + \gamma' \sin \alpha - \gamma h_A + \gamma h'_0) \cos^2 \alpha K_a \tan \varphi + c] t'^2 d\alpha \quad (4.5.6-9)$$

$$M_{\text{SL},kq} = \frac{1}{2} q t'^2 \quad (4.5.6-10)$$

$$M_{\text{SL},ki} = \frac{1}{2} \gamma t'^2 (h_B - h_A) \quad (4.5.6-11)$$

$$M_{\text{SL},kj} = \frac{1}{2} \gamma t'^3 \left[\left(\sin \alpha_B - \frac{\sin^3 \alpha_B}{3} \right) - \left(\sin \alpha_A - \frac{\sin^3 \alpha_A}{3} \right) \right] \quad (4.5.6-12)$$

$$K_a = \tan^2 (\pi/4 - \varphi/2) \quad (4.5.6-13)$$

$$\alpha_A = \arctan \left[\frac{h_A - h'_0}{\sqrt{t'^2 - (h_A - h'_0)^2}} \right] \quad (4.5.6-14)$$

$$\alpha_B = \arctan \left[\frac{h_B - h'_0}{\sqrt{t'^2 - (h_B - h'_0)^2}} \right] \quad (4.5.6-15)$$

式中： K ——抗隆起稳定性安全系数，一、二、三级安全等级围堰分别取 2.2、1.9、1.7；

M_{sk} ——围堰的容许弯矩标准值(kN·m/m)；

$M_{\text{RL},k}$ ——抗隆起力矩标准值(kN·m/m)；

$M_{\text{SL},k}$ ——隆起力矩标准值(kN·m/m)；

$M_{\text{RL},kj}$ ——围堰外最下道支撑以下第 j 层土产生的抗隆起力矩标准值(kN·m/m)；

$M_{\text{RL},km}$ ——围堰内开挖面以下第 m 层土产生的抗隆起力矩标准值(kN·m/m)；

$M_{\text{SL},kq}$ ——围堰外地面荷载产生的隆起力矩标准值(kN·m/m)；

$M_{\text{SL},ki}$ ——围堰外最下道支撑以上第 i 层土产生的隆起力矩标准值(kN·m/m)；

M_{SLkj} ——围堰外最下道支撑以下、开挖面以上第 j 层土的隆起力矩标准值($\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$)；

α_A 、 α_B ——对应土层层顶和层底与最下道支撑连线的水平夹角(弧度)；

γ ——对应土层的天然重度(kN/m^3)；

t' ——围堰在最下道支撑以下部分的深度(m)；

c 、 φ ——滑裂面上地基土的黏聚力(kPa)、内摩擦角(弧度)，对多层土，不同土层分别取值；

h'_0 ——最下道支撑距河床或地面的距离(m)；

h_A 、 h_B ——对应土层的层顶和层底埋深(m)；

q_{1fk} ——围堰外对应土层的上覆土压力标准值(kPa)；

q_{2fk} ——围堰内对应土层的上覆土压力标准值(kPa)；

n_1 ——围堰外最下道支撑以上的土层数；

n_2 ——围堰外最下道支撑以下至围堰底的土层数；

n_3 ——围堰内开挖面以下至围堰底的土层数；

n_4 ——围堰外最下道支撑至开挖面之间的土层数。

4 带有内支撑的钢围堰在进行清底到封底混凝土施工前，当采用十字板试验确定土的总强度 τ_0 时，钢围堰抗隆起稳定性验算(图 4.5.6-3)应以围堰最下道支撑或围堰底为转动轴心按下列公式计算：

$$\frac{M_{sk} + \tau_0 l_{ABC} R_t}{(q + \gamma h') b^2 / 2} \geq K \quad (4.5.6-16)$$

$$b = \sqrt{R_t^2 - l^2} \quad (4.5.6-17)$$

式中： K ——抗隆起稳定性安全系数，一级、二级、三级安全等级围堰分别取 1.5、1.4、1.3；

l_{ABC} ——滑动圆弧 ABC 的长度(m)；

R_t ——滑动圆弧半径(m)，取最下道支撑点至围堰结构底端的距离 t' ，当无支撑时取围堰坑底至结构底端的距离 t ；

l ——最下道支撑至坑底的距离(m)；

- b ——滑动圆弧 BC 对应的水平宽度(m);
 h' ——围堰外河床或地面与围堰内坑底的距离(m);
 τ_0 ——由十字板试验确定的总强度(kPa)。

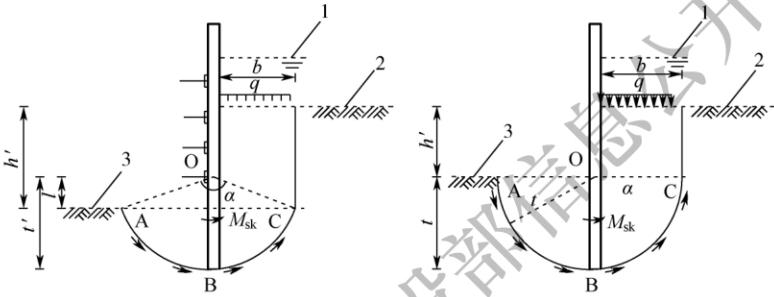


图 4.5.6-3 钢围堰圆弧滑动法抗隆起稳定性验算图

1—计算水位;2—河床或地面;3—围堰底

4.5.7 围堰的嵌固深度除应满足本标准第 4.5.2 条~第 4.5.6 条的规定外,对悬臂式围堰,尚不宜小于围堰深度的 80%;对单撑(单锚)围堰,尚不宜小于围堰深度的 30%;对多撑(多锚)围堰,尚不宜小于围堰深度的 20%。

4.5.8 钢围堰应进行抗流土、抗管涌、抗突涌稳定性验算,并应符合下列规定:

1 钢围堰抗流土、抗管涌稳定性验算(图 4.5.8-1)应按下列公式计算:

$$\frac{i_{cr,l}}{i} \geq K_f \quad (4.5.8-1)$$

$$i = h_w / L \quad (4.5.8-2)$$

$$L = \sum L_h + \sum L_v \quad (4.5.8-3)$$

$$i_{cr,l} = \frac{G_s - 1}{1 + e} \quad (4.5.8-4)$$

式中: K_f ——抗流土、管涌稳定性安全系数,取 2.0;

i ——围堰底土的渗流水力坡度;

- h_w ——围堰内外土体的渗流水头(m),取围堰内外水位差;
 L ——最短渗流路径流线总长度(m);
 ΣL_h ——渗流路径水平段总长度(m);
 ΣL_v ——渗流路径垂直段总长度(m);
 $i_{cr,t}$ ——围堰底土体的流土临界坡度;
 G_s ——围堰底土的颗粒比重;
 e ——围堰底土体天然孔隙比。

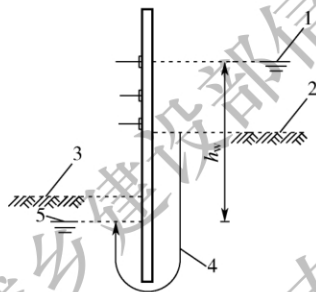


图 4.5.8-1 钢围堰抗流土、抗管涌稳定性验算图

1—计算水位;2—河床或地面;3—围堰底;4—渗流路径;5—坑内水位

2 当开挖面以下存在承压含水层且其上部存在不透水层时,钢围堰抗突涌稳定性验算(图 4.5.8-2)应按下列公式计算:

$$\frac{\Sigma \gamma_i h_i}{P_{wk}} \geq K \quad (4.5.8-5)$$

$$P_{wk} = \gamma_w h_w \quad (4.5.8-6)$$

式中: K ——抗突涌稳定性安全系数,取 1.1;

γ_i ——承压水层顶面至围堰底间各土层的重度标准值(kN/m^3);

γ_w ——水的重度标准值(kN/m^3);

h_i ——承压水层顶面至围堰底间各土层的厚度(m);

h_w ——承压水层顶面承压水水头高度(m);

P_{wk} ——承压水层顶部的水压力标准值(kPa)。

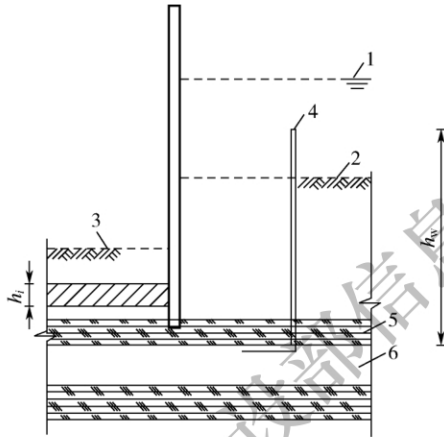


图 4.5.8-2 坑底土体的抗突涌稳定性验算图

- 1—计算水位；2—河床或地面；3—围堰底；
4—承压水测管水头；5—不透水层；6—承压水含水层

4.5.9 钢套箱围堰整体下沉稳定性验算应符合下列规定：

1 当钢套箱围堰内土体挖至刃脚以下、刃脚底面支撑反力为零时，可按下列公式计算下沉系数：

$$K_{s0} = \frac{G_1 - F_w}{F_{fk}} \quad (4.5.9-1)$$

$$F_{fk} = u(h_f - 2.5)q \quad (4.5.9-2)$$

式中： K_{s0} ——钢套箱围堰下沉系数，取值宜为 1.05~1.25；

G_1 ——钢套箱围堰自重标准值(包括外加助沉重量的标准值)(kN)；

F_w ——钢套箱围堰下沉中水浮力标准值(kN)；

F_{fk} ——钢套箱围堰侧壁总摩阻力标准值(kN)；

u ——钢围堰下端面周长(m)；

h_f ——钢围堰入土深度(m)；

q ——钢围堰外壁单位面积摩阻力标准值按土层厚度取加权平均值(kPa)，其沿深度变化为距离地面 5m 范围

内按三角形分布,其下为常数。当缺乏资料时,可根据土的性质、施工措施按表 4.5.9-1 选用。

表 4.5.9-1 钢围堰下沉过程中与土层的摩阻力标准值

序 号	土 类	摩阻力标准值(kPa)
1	流塑状态黏性土	10~15
2	可塑、软塑状态黏性土	12~25
3	硬塑状态黏性土	25~50
4	砂性土	12~25
5	卵石	15~30
6	砾石	15~20
7	软土	10~12
8	泥浆套	3~5

注:1 必要时,摩阻力标准值可根据实测资料或实践经验确定;

2 泥浆套为灌注在堰壁外侧的触变泥浆,是一种助沉材料;

3 气幕减阻时,可按表中摩阻力乘 0.5~0.7 系数。

2 钢套筒围堰在软弱土层中下沉,当下沉系数大于 1.5 或在下沉过程中遇到特别软弱土层时,应按下列公式进行下沉稳定性验算(图 4.5.9):

$$K_{st,s} = \frac{G_1 - F_w}{F_{fk} + R_b} \quad (4.5.9-3)$$

$$R_b = R_1 + R_2 \quad (4.5.9-4)$$

$$R_1 = U \left(a + \frac{b}{2} \right) f_{ak} \quad (4.5.9-5)$$

$$R_2 = A_1 f_{ak} \quad (4.5.9-6)$$

式中: $K_{st,s}$ ——下沉稳定系数,取 0.8~0.9;

F_w ——水浮力标准值(kN);

R_b ——钢套筒围堰端部刃脚、支撑和底梁下地基土的极限承载力之和(kN);

R_1 ——刃脚踏面及斜面下土的支撑力(kN);

- U ——侧壁外围周长(m)；
- a ——刃脚踏面宽度(m)；
- b ——钢套箱围堰刃脚入土斜面的水平投影(m)；
- f_{ak} ——软弱土层极限承载力标准值(kPa)，可按表 4.5.9-2 取值；
- R_2 ——支撑和底梁下土的支承反力(kN)；
- A_1 ——支撑和底梁的总支承面积(m²)。

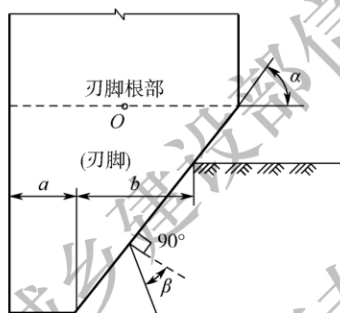


图 4.5.9 刃脚根部位置示意图

表 4.5.9-2 软弱土层极限承载力标准值(kPa)

土的种类	极限承载力标准值
泥炭	60~70
淤泥	80~100
淤泥质黏土	100~120

4.5.10 钢套箱、钢吊箱围堰在浮运过程中应验算横向和纵向稳定性。

4.5.11 钢围堰下沉到位后应进行各工况的竖向地基承载力验算，并进行无底钢围堰封底混凝土下部的竖向地基承载力验算，应进行双排钢板桩桩底之间的地基承载力验算并应满足国家现行相关标准的要求，当不满足时应进行地基加固设计。

4.5.12 应根据河床、水流速度等情况，分别进行钢围堰冲刷计算及冲刷前、后的结构分析计算。

4.6 构件计算

4.6.1 钢围堰封底混凝土抗浮验算,根据实际可能出现的最高水位,应按下列公式计算:

$$K_f = \frac{G_c + F_1 + F_2}{F_w + P_{uc}} \quad (4.6.1-1)$$

$$F_w = \gamma_w h_w A_n \quad (4.6.1-2)$$

$$G_c = \gamma_c V_c \quad (4.6.1-3)$$

$$F_1 = \min(G_z, \tau_1 S_1) \quad (4.6.1-4)$$

$$F_2 = \min(\tau_2 S_2, G_z + \tau_3 S_3) \quad (4.6.1-5)$$

式中: K_f ——抗浮安全系数,宜取为 1.15;

F_w ——水的浮力标准值(kN);

P_{uc} ——波峰时的波浪浮托力(kN);

γ_w ——水的容重(kN/m³);

h_w ——围堰内外水头差(m);

A_n ——扣除钢护筒面积后基底净面积(m²);

G_c ——封底混凝土自重(kN);

G_z ——所有桩基钢护筒及桩基自重(kN);

G_w ——钢围堰自重(kN);

γ_c ——混凝土容重(kN/m³);

V_c ——基底净体积,应扣除钢护筒部分(m³);

τ_1 、 τ_2 、 τ_3 ——桩基钢护筒与封底混凝土的粘结力、钢围堰与封底混凝土的粘结力、钢板桩及钢管桩与入土深度范围内土层的摩阻力(kPa),应分别按表 4.6.1-1、表 4.6.1-2 取值,钢套筒围堰不计侧摩阻力;

S_1 、 S_2 、 S_3 ——所有桩基钢护筒与封底混凝土接触面积、钢围堰与封底混凝土接触面积、钢板桩及钢管桩围堰入土深度范围外侧接触面积之和(m²);

F_1 ——取 G_z 、桩基钢护筒与封底混凝土粘结力 $\tau_1 S_1$ 的最

小值(kN)；

F_2 ——取 $G_g + \tau_3 S_3$ 、钢围堰与封底混凝土粘结力 $\tau_2 S_2$ 的最小值(kN)。

表 4.6.1-1 钢护筒、钢围堰与封底混凝土之间的粘结力标准值 τ_1 、 τ_2 (kPa)

序 号	土 类	粘结力标准值 τ_1 、 τ_2
1	封底混凝土	100~200

表 4.6.1-2 钢板桩围堰、钢管桩围堰与土层之间的摩阻力标准值 τ_3 (kPa)

序 号	土 类	状 态	摩阻力标准值 τ_3
1	黏性土	$1.5 \geq I_L \geq 1$	15~30
		$1 > I_L \geq 0.75$	30~45
		$0.75 > I_L \geq 0.5$	45~60
		$0.5 > I_L \geq 0.25$	60~75
		$0.25 > I_L \geq 0$	75~85
2	粉土	稍密	20~35
		中密	35~65
		密实	65~80
3	粉砂、细砂	稍密	20~35
		中密	35~65
		密实	65~80
4	中砂	中密	55~75
		密实	75~90
5	粗砂	中密	70~90
		密实	90~105

4.6.2 承台施工过程中应进行封底混凝土抗沉验算,封底混凝土抗沉应满足下式要求:

$$\frac{F_1 + F_2 + F_w}{G_c + F_s + P_{ut}} \geq K_c \quad (4.6.2)$$

式中: K_c ——抗沉安全系数,宜取为 1.10;

F_s ——施工期作用在封底混凝土上的承台自重及施工期最大活荷载(kN)；

P_{ut} ——波谷时方向向下的波浪力(kN)。

4.6.3 钢围堰封底混凝土厚度除应满足抗浮、抗沉验算要求外，尚应按下式对封底混凝土结构进行强度验算：

$$h_t = \sqrt{\frac{9.09M_{pl}}{bf_t}} + h_u \quad (4.6.3)$$

式中： h_t ——钢围堰水下封底混凝土厚度(mm)；

M_{pl} ——每米宽度最大弯矩的标准值(N·mm)；

b ——计算宽度(mm)，取1000mm；

f_t ——混凝土的抗拉强度设计值(N/mm²)，按现行国家标准《钢筋混凝土结构设计规范》GB 50010的规定取值；

h_u ——计入水下混凝土可能与围堰底泥土混掺的增加厚度(mm)，宜取300mm~500mm。

4.6.4 支撑构件计算应符合下列规定：

1 混凝土支撑构件及其连接的受压、受弯、受剪等承载力验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定；

2 钢支撑结构构件及其连接的受压、受弯、受剪、局部承压及平面内和平面外稳定、局部稳定和节点连接验算等应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017的规定；

3 支撑的承载力计算应计入施工偏心误差的影响，偏心距取值不宜小于支撑计算长度的1/1000，且对混凝土支撑不宜小于20mm，对钢支撑不宜小于40mm。

4.6.5 支撑构件的受压计算长度应按下列规定确定：

1 水平支撑在竖向平面内的受压计算长度，当不设置立柱时，应取支撑的实际长度；当设置立柱时，应取相邻立柱的中心间距；

2 水平支撑在水平平面内的受压计算长度，对无水平支撑杆

件交汇的支撑,应取支撑的实际长度;对有水平支撑杆件交汇的支撑,应取与支撑相交的相邻水平支撑杆件的中心间距;当水平支撑杆件的交汇点不在同一水平面内时,水平平面内的受压计算长度宜取与支撑相交的相邻水平支撑杆件中心间距的 1.5 倍;

3 竖向斜撑应按本条第 1 款、第 2 款的规定确定受压计算长度。

4.6.6 预加轴向压力的支撑,预加力值宜取支撑轴向压力标准值的 50%~80%,并应与本标准第 4.4.9 条中的支撑预加轴向压力一致。

4.6.7 立柱的承载力计算应符合下列规定:

1 在竖向荷载作用下,当内支撑结构按框架计算时,立柱应按偏心受压构件计算;

2 开挖面以下立柱的竖向和水平承载力应按单桩承载力验算;

3 当内支撑结构的水平构件按连续梁计算时,立柱应按轴心受压构件计算。

4.6.8 立柱的受压计算长度应符合下列规定:

1 单层支撑的立柱、多层支撑底层立柱的受压计算长度应取底层支撑至基坑底面的净高度与立柱直径或边长的 5 倍之和;

2 相邻两层水平支撑间的立柱受压计算长度应取此两层水平支撑的中心间距;

3 立柱的基础应满足抗压和抗拔的要求。

4.6.9 钢套筒围堰堰壁与刃脚计算应符合下列规定:

1 堰壁应按工况进行竖向抗拉强度、水平向的总体和局部强度验算;

2 刃脚应进行向外、向内竖向弯曲和水平向内弯曲的强度验算。

4.6.10 锚杆构件设计计算应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定。

4.6.11 双排钢板桩围堰的强度计算时,内、外板桩可分别为各自独立的单排板桩,应按单排板桩计算拉杆最大拉力和板桩最大弯矩。

4.7 钢板桩围堰构造设计

4.7.1 钢板桩围堰按结构可分为单排、双排和格型钢板桩围堰。

4.7.2 钢板桩围堰可由钢板桩、围檩、支撑、立柱、封底混凝土等构件组成,各构件加工制作应满足设计要求。

4.7.3 钢板桩围堰支撑、立柱构造设计应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定。

4.7.4 钢板桩各项性能指标应符合现行国家标准《热轧钢板桩》GB/T 20933 的相关规定。

4.7.5 围檩、立柱宜采用型钢拼接,必要时型钢之间应增加连接缀板。大型圆形钢板桩围堰可采用钢筋混凝土围檩。

4.7.6 内支撑可采用钢管、型钢或桁架结构,布置应合理。支撑应稳定,必要时可设置剪刀撑或缀板等加强措施,或将若干支撑之间通过剪刀撑连接成整体。

4.7.7 异形桩可采用标准桩切割组焊。

4.7.8 钢板桩墙的抗弯刚度应根据钢板桩类型、锁扣的咬合及约束程度对钢板桩铭牌值折减。

4.7.9 钢板桩围堰内壁宜比基础承台宽 1.0m~1.5m。

4.8 钢套箱围堰构造设计

4.8.1 钢套箱围堰按结构可分为双壁钢套箱围堰和单壁钢套箱围堰。

4.8.2 钢套箱围堰可由侧板、围檩、内支撑、立柱和封底混凝土组成,构件加工制作应满足设计要求。

4.8.3 钢套箱围堰侧板可由壁板、竖向加劲肋、横向加劲肋或横向隔板组成。

- 4.8.4 钢套箱围堰侧板的拼缝应连接可靠、严密、不漏。
- 4.8.5 双壁钢围堰侧板的内、外壁板间应设置水平桁架或实腹式横隔板,必要时应设置竖向隔舱板,隔舱间应严密、不漏。
- 4.8.6 双壁钢套箱围堰底部宜设置刃角,刃角宜采用混凝土填充密实。单壁钢套箱围堰侧板底部结构应进行适当加强。
- 4.8.7 钢套箱围堰围檩、立柱、内支撑应符合本标准第 4.7.3 条、第 4.7.5 条、第 4.7.6 条的规定。
- 4.8.8 当钢套箱围堰采用整体浮运就位时,干舷高度不宜小于 3.0m,浮运速度不宜大于 1.0m/s,并应验算其浮运时的浮体稳定性、拖航及顶推作用点的结构强度和刚度等。
- 4.8.9 双壁钢套箱围堰水中定位的锚碇系统应进行专项方案设计,围堰定位时系缆点的局部结构应进行强度和刚度检算。
- 4.8.10 当钢套箱围堰采用整体或整节段吊装就位时,应选择合理的吊装方式,并进行吊装系统设计,吊装的计算荷载应计入冲击效应,冲击系数应取 1.1。吊耳、吊具的安全系数不应小于 3.0,工具索安全系数不应小于 5.0。
- 4.8.11 钢套箱围堰内腔平面尺寸应根据围堰安装方法、定位精度及基础平面尺寸确定。
- 4.8.12 钢套箱围堰设计宜设置下沉导向装置。

4.9 钢吊箱围堰构造设计

- 4.9.1 钢吊箱围堰按结构可分为双壁钢吊箱围堰与单壁钢吊箱围堰。
- 4.9.2 钢吊箱围堰结构可由底板龙骨、底板、侧板、内支撑、吊挂系统及封底混凝土等组成。
- 4.9.3 钢吊箱围堰侧板及内外壁板的结构形式应符合本标准第 4.8.3 条~第 4.8.5 条的规定。
- 4.9.4 钢吊箱围堰底板根据施工条件可选用钢结构底板或钢筋混凝土预制底板。

- 4.9.5 钢吊箱围堰侧板之间、侧板与底板之间的拼缝应连接可靠、严密不漏，侧板宜设置连通孔。
- 4.9.6 钢吊箱围堰内支撑应符合本标准第 4.7.6 条的规定。
- 4.9.7 钢吊箱围堰吊杆可采用精轧螺纹钢、钢吊带、型钢等多种形式，其力学指标应满足设计要求。
- 4.9.8 钢吊箱围堰底板顶面设计高程应根据承台底面高程及封底混凝土厚度确定。
- 4.9.9 钢吊箱围堰设计的内外水压差应综合施工计划、施工时间、汛期或涨落潮位、结构安全及经济性等因素经计算确定。
- 4.9.10 钢吊箱围堰应按吊装、浮运、下沉、封底、抽水、基础混凝土浇筑、拆除等主要工况进行设计计算。
- 4.9.11 钢吊箱围堰整体浮运就位、水中定位锚碇、整体或整节段吊装应符合本标准第 4.8.8 条~第 4.8.10 条的规定。
- 4.9.12 当小型或不采用整体吊装的钢吊箱围堰设计时，宜利用钻孔作业平台搭设围堰的拼装平台，并应利用钻孔桩钢护筒作为下放钢围堰的支撑桩。
- 4.9.13 钢吊箱围堰的吊挂系统可采用桩基钢护筒支撑、桩基中预埋立柱支撑等多种形式。预埋立柱的强度和刚度及预埋深度应满足受力计算要求。
- 4.9.14 钢吊箱围堰内腔平面尺寸应符合本标准第 4.8.11 条的规定。

4.10 钢管桩围堰构造设计

- 4.10.1 钢管桩围堰按锁口结构及构造可分为 C-O 型、I-C 型、[-I]型钢围堰。
- 4.10.2 钢管桩围堰结构可由锁口钢管桩、围檩、内支撑、封底混凝土等组成。
- 4.10.3 钢管桩的材质、性能和尺寸应符合产品的相应规定。钢管径厚比应满足下式要求：

$$\frac{D_0}{t_s} \leq 100 \frac{235}{f_y} \quad (4.10.3)$$

式中： D_0 ——钢管外径(mm)；

t_s ——钢管壁厚(mm)；

f_y ——钢材的屈服强度(MPa)。

4.10.4 钢管桩围堰锁口应符合下列规定：

1 应根据土层地质情况和止水要求确定锁口形式；

2 应对锁口采取可靠的止水处理措施；

3 锁口焊缝受力计算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定，锁口焊缝计算长度宜取整个焊缝长度的 1/2。

4.10.5 钢管桩顶部和底部宜设置加强箍，并应采用与钢管桩材质相同的钢板满焊，加强箍的纵缝应和卷焊桩管的纵缝错开 90° ，加强箍的厚度与原管壁叠合后的径厚比不宜大于 40。

4.10.6 在锁口槽口下端可焊接一定坡度的挡板，防止插打过程中渣土进入锁口槽口部位。

4.10.7 钢管桩围堰转角部位可在其钢管桩外侧土层设计有效合理的加固方案。

4.10.8 当采用振动打桩时，应对钢管桩打入时的夹持点及帽头的受力进行验算。

4.10.9 钢管桩围堰围檩、立柱、内支撑制作布设和异形桩制作应符合本标准第 4.7.5 条～第 4.7.7 条的规定。

4.10.10 锁口钢管桩围堰内腔平面尺寸应符合本标准第 4.7.9 条的规定。

5 钢围堰施工及质量检验

5.1 一般规定

5.1.1 施工前应进行现场调查、收集资料、掌握现场情况,应核对设计文件、做好施工准备工作。

5.1.2 施工测量除应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的规定外,尚应符合下列规定:

1 实行施工单位复核制和监理单位复测制,应填写相关记录;

2 对水中作业应测量主体结构位置处河床的地面线;

3 宽阔水域宜采用 GPS-RTK 测量系统。

5.1.3 施工前应对进场材料、构件进行检验和验收。

5.1.4 施工前应进行技术与安全交底。

5.1.5 钢围堰及其平台不得作为人员居住、生活的场所。

5.1.6 钢围堰就位后,钢围堰内外应设置安全可靠的扶梯及栏杆、逃生通道和安全警示标志,并应配备消防和救生器材。

5.1.7 当施工区域水流速度较大、航运条件复杂、易受船舶或漂浮物撞击时,应单独设置防撞设施、导航标志和警示装置。

5.1.8 钢围堰构件焊接应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

5.2 钢板桩围堰施工

5.2.1 钢板桩打桩按打桩方法可分为锤击法、振动法、静压法。

5.2.2 钢板桩打桩方法宜根据地层条件和施工条件按表 5.2.2 选用。

表 5.2.2 钢板桩打桩方法适用表

项 目		锤 击 法				振动法	静 压 法	
		柴油锤	蒸汽锤	液压锤	落锤	振动锤	液压静压机	液压静压机 配合钻孔机
地层条件	软黏土	不适合	不适合	不适合	适合	适合	适合	适合
	黏土	适合	适合	适合	适合	适合	适合	适合
	砂土	适合	适合	适合	不适合	适合	适合	适合
	砾石	适合	适合	适合	不适合	适合	不适合	可以
	硬黏土	可以	可以	可以	不适合	可以	不适合	可以
施工条件	设备规模	大	大	大	小	大	中	大
	噪声	大	大	中	中	中	小	小
	振动	大	大	大	中	大	小	小
	耗能	大	大	大	小	大	中	中
	施工速度	快	快	快	慢	慢	中	中

5.2.3 钢板桩围堰施工前准备工作应符合下列规定：

1 应对钢板桩进行材质检验和外观检验，对焊接钢板桩尚应进行焊接部位检验；

2 应根据现场情况及地质条件对钢板桩打桩机选型；

3 钢板桩存放场地宜平整处理；

4 钢板桩在运输、存放时，应按插桩顺序堆码；

5 应根据土层地质情况和止水要求，确定钢板桩桩尖形式并加工制作。

5.2.4 钢板桩围堰施工应包括设置打桩定位轴线、安装导向架、插打试桩、钢板桩合拢、抽水挖土、内支撑安装、混凝土封底、主体结构施工、围堰拆除等关键工序。

5.2.5 当土层为黏土、砂土、砾土时，应进行钢板桩施工试桩，并应根据试桩结果选择打桩机型号。

5.2.6 打桩定位轴线设置应符合下列规定：

- 1 宜取钢板桩的前边线；
- 2 必要时，定位轴线应向围堰外侧偏移；
- 3 应设置打桩起始点和终点，定位轴线观察点应设置在其延长线上；
- 4 当打桩定位轴线设置在水上时，宜设置临时脚手架或观测台。

5.2.7 导向架安装应符合下列规定：

- 1 导向架可分为单边式、夹紧式、整体式等结构形式；
- 2 应根据陆地或水域条件、钢板桩截面及长度确定导向架的结构形式；
- 3 陆地导向架宜采用夹紧式导向架；
- 4 导桩与钢板桩之间应设置导梁，宜采用型钢或格构式，并应有足够的刚度。

5.2.8 钢板桩插打前准备工作应符合下列规定：

- 1 插打前应复核围堰尺寸、钢板桩数量、打入位置、入土深度和桩顶高程等；
- 2 钢板桩起吊前，钢板桩槽凹部位应清理干净，锁口应修整；
- 3 插打钢板桩之前，应对打桩机、卷扬机及其配套设备、绳索等进行全面检查；
- 4 检查导向桩，导向桩应坚固、稳定。

5.2.9 钢板桩插打应符合下列规定：

- 1 第一根桩或角桩应位置正确，不得倾斜；
- 2 应采用卡板控制插打作业中的移动和转动。

5.2.10 钢板桩施打可采用单桩打入法或屏风式打入法，并应符合下列规定：

- 1 水上打桩应设置观测台和简易导向架；
- 2 当钢板桩发生倾斜度超标、变形过大、穿透力不足、锁扣脱开、沉放缓慢、桩身断裂或锁口开裂时，应采取措​​施；
- 3 水中插打钢板桩应从上游依次对称向下游插打，对受潮水

影响的河流,应根据实际情况制订插打方案及安全防护措施;

4 钢板桩插打前应预设好合拢口位置,在合拢口两侧应根据施打情况提前调整钢板桩的垂直度和合拢口宽度。

5.2.11 钢板桩拼接与异形板桩制作应符合下列规定:

1 拼接时,两根同型号钢板桩应对正顶紧、夹持于牢固的夹具内施焊,并应焊接牢固;

2 在围堰的同一断面上钢板桩拼接接头不得大于 50%,相邻桩接头上下错开不应小于 2m;

3 当采用经过整修或焊接的钢板桩时,应采用同类型的短桩进行锁口通过试验,合格者方可使用。

5.2.12 内支撑系统安装应符合下列规定:

1 钢板桩插打完毕后,应根据设计要求分步进行围堰抽排水,或分层抽水开挖基坑,并按工艺要求安装围檩和支撑体系;

2 钢围堰各构件及支撑体系之间应可靠连接,支撑、围檩、钢板桩之间应贴合紧密,空隙处应采用钢板或垫木块垫垫;

3 内支撑系统各构件的加工与安装应符合设计要求,安装时应控制各构件平面位置及高程,内支撑系统宜在同一水平面上;

4 在内部支撑系统安装过程中,应加强对钢板桩桩顶位移、桩身变形和支撑轴力的检测,及时对监测数据分析反馈。

5.2.13 钢板桩围堰渗漏水处理可采取下列措施:

1 当钢板桩锁口漏水时,可在围堰外撒细木屑等细物或在围堰内用板条、棉絮等楔入锁口内嵌缝或对钢板桩锁口涂抹黄油处理;

2 陆地围堰基坑内可设置集水井,或基坑外采用搅拌桩或旋喷桩止水帷幕或井点降水。

5.2.14 封底混凝土浇筑应符合下列规定:

1 封底混凝土浇筑前,应清除钢护筒外壁及围堰内壁表面杂质,混凝土封底的有效厚度不得小于围堰设计计算的最小封底厚度值;

- 2 封底混凝土的和易性与凝固时间应满足施工要求；
 - 3 应在导管和周边特殊位置布设测量点，其余范围布设测量网格时，网格间距不宜大于 3m，在接近封底混凝土顶面时，测点应加密至 1m；
 - 4 测量绳使用前应进行标定，测量砣应使用比重砣。
- 5.2.15 围堰拆除应符合下列规定：**
- 1 围堰内支撑拆除应按从下往上的顺序逐层拆除；
 - 2 每道支撑拆除前，应采用回填、注水或换撑等措施；
 - 3 拆除时，应先拆除斜撑，再拆除较短的杆件，最后拆除纵横通长构件；
 - 4 拆除支撑后，方可拆除围堰构件，拔出钢板桩。

5.3 钢套箱围堰施工

- 5.3.1 钢套箱围堰按施工工艺可分为现场组拼就位、异位组拼后整体运输吊装就位。**
- 5.3.2 钢套箱围堰施工前准备工作应符合下列规定：**
- 1 钢套箱围堰的施工方案应与设计方案同时确定，并按确定方案对套箱围堰在制造、运输、安装及使用过程中的受力情况进行分析计算；
 - 2 钢套箱围堰制造应编制专项加工制造方案；
 - 3 钢套箱围堰施工前应实测河床标高，对影响套箱围堰下沉着床的局部河床或其他障碍物应及时清除或整平。
- 5.3.3 钢套箱围堰应在工厂内分块制造，依次组拼成整体。其加工制造、质量及检验评定应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《组合钢模板技术规范》GB/T 50214 及《钢结构工程质量检验评定标准》GB 50221 的相关规定。**
- 5.3.4 钢套箱围堰块段运输应符合下列规定：**
- 1 套箱围堰分块尺寸应满足吊装、运输、堆放要求；
 - 2 当采用陆路运输时，对不能细分的特殊构件运输应进行相

应的交通协调工作；

3 当采用船舶运输时，应按船舶装载要求进行堆放；

4 先拼装的围堰块段应堆放在上层，结构薄弱的块段应单独堆放，应采取防止围堰块段运输变形的措施；

5 围堰块段在汽车或船舶上堆放运输时，应采取捆绑措施。

5.3.5 钢套箱围堰现场组拼就位应包括钢套箱分块制作、侧板焊缝水密试验、现场分块拼装、内支撑安装、钢套箱水密试验、吊挂系统安装、底节围堰下沉、围堰分段接高、下沉着床、开挖、封底混凝土浇筑、主体结构施工、围堰拆除等关键工序。

5.3.6 钢套箱围堰现场分块拼装应符合下列规定：

1 围堰底节拼装支承平台应牢固，顶平面测量应找平；

2 发生变形的钢构件应在组拼前进行矫正；

3 围堰侧板试拼合格后，方可正式焊接块段拼缝；

4 围堰组拼应分区对称进行，并及时进行测量复核。

5.3.7 钢套箱围堰内支撑安装应符合下列规定：

1 围堰内支撑安装应按围堰侧板上放出内支撑中心线、安装内框梁和安装内支撑的顺序进行；

2 当内支撑安装时，应使水平撑杆中心在同一平面内，水平撑杆应顺直，避免偏心受压；

3 内支撑框梁应与围堰侧板密贴焊牢。

5.3.8 钢套箱围堰吊挂系统安装应符合下列规定：

1 主吊点应设置在围堰侧板竖向主肋或隔舱板上，通过吊杆与分配梁相连，吊杆可采用精扎螺纹钢筋或其他钢结构吊杆；

2 当采用液压提升装置整体下放时，液压控制系统应满足多点同步要求。

5.3.9 钢套箱围堰导向结构安装应符合下列规定：

1 中心线应与钢护筒径向一致，并应与钢护筒间留有空隙，形成滚动摩擦体系；

2 尺寸应根据护筒实测位置和倾斜度做调整。

5.3.10 钢套箱围堰异位拼装就位应包括分块分段工厂制造、下河滑道或码头处组拼、整节段船运或自浮拖航浮运、围堰分段接高、下沉着床、开挖、封底混凝土浇筑、主体结构施工、围堰拆除等关键工序。

5.3.11 钢套箱围堰异位拼装场地应能满足围堰整体出运要求。

5.3.12 当采用船台滑道整体下水浮运时，钢套箱围堰应符合下列规定：

1 应对滑道地基承载力进行检算，必要时应对滑道地基加固；

2 船台小车溜放的最低点水深应比围堰结构自浮时的吃水深度及小车高度之和大 1.5m；

3 钢围堰溜放的牵引装置应安全可靠，牵引力安全系数不应小于 1.5。

5.3.13 当采用气囊法坡道滑移入水时，钢套箱围堰应符合下列规定：

1 钢套箱围堰组拼用的钢支墩的高度不应大于气囊直径的 60%；

2 钢支墩间距应根据气囊布置方式进行摆放，并应满足围堰结构局部受力和场地地基承载力的要求；

3 气囊的工作高度不应小于 0.3m，承载力的安全系数应大于 1.5；

4 滑道的地基承载力应满足围堰拼装和滑移入水的受力要求；

5 滑道前沿水深应大于围堰入水后的自浮吃水深度 1.5m。

5.3.14 当采用浮吊装船运输时，钢套箱围堰应符合下列规定：

1 钢套箱围堰整体拼装场地宜选在能靠泊大型浮吊和运输船舶的码头或大型船舶的甲板上；

2 围堰整体吊装和运输方案应进行专项设计；

3 对长边较长的矩形或圆端形围堰，宜选用双主钩浮吊进行

吊装。

5.3.15 钢套箱围堰整体浮运应符合下列规定：

1 围堰整体浮运前应进行浮运航线的规划和调查，必要时可采取增浮措施减小吃水深度；

2 应对围堰整体浮运时的浮心、重心、定倾中心进行检算；

3 围堰在内河整体浮运的拖航速度不应大于 0.5m/s，拖轮的配置拖拉力应大于 1.5 倍的围堰拖航总阻力；

4 围堰在海上的拖航速度及拖轮配置应满足相关的海上拖航要求。

5.3.16 当钢套箱围堰采用船舶整体运输时，应对船舶甲板进行结构检算和加固。

5.3.17 钢套箱围堰下沉定位应符合下列规定：

1 围堰下沉前，应对围堰平面位置及垂直度进行复测，围堰顶面的定位控制点及标尺应标示明确；

2 围堰范围裸露岩面或坚硬土层应清理到围堰底口设计标高；

3 当双壁围堰隔舱内注水或浇筑混凝土时，各舱之间及舱内外的水头差、隔舱内混凝土浇筑速度和高度应控制在设计规定的范围之内；

4 当围堰采用吊挂系统整体下放时，各吊点之间应同步。

5.3.18 钢套箱围堰封底前应做好下列准备工作：

1 应清除钢护筒外壁及围堰内壁表面杂质；

2 围堰刃脚底口为岩层或浅薄覆盖层时，应先对围堰底口封堵；

3 围堰封底时，围堰内外应无水位差。

5.3.19 钢套箱围堰封底混凝土浇筑应符合本标准第 5.2.14 条的规定。

5.3.20 钢套箱围堰使用期间，应定期对围堰四周河床的冲刷情况进行测量；当冲刷深度超过设计规定时，应进行有效防护。

5.3.21 钢套箱围堰拆除应符合下列规定：

- 1 围堰拆除前，应先向围堰内注水或在侧板上开连通孔，内外水头差应为零；
- 2 围堰拆除应按从下往上、先支撑后侧板的顺序进行；
- 3 围堰拆除时，应采取防止损坏已建主体结构措施，水下可不拆除的结构应保证通航安全。

5.4 钢吊箱围堰施工

5.4.1 钢吊箱围堰按施工工艺可分为现场拼装就位、异位拼装后整体运输就位。

5.4.2 钢吊围堰施工前的准备工作、制造、拼装、内支撑安装、运输、下放、接高、封底混凝土浇筑、主体结构施工、围堰拆除施工应符合本标准第 5.3 节的相关规定。

5.4.3 钢吊箱围堰底板桩基预留孔的封堵施工应符合下列规定：

- 1 当围堰底板桩基预留孔采用弧形钢板封堵时，封堵钢板应根据钢护筒实测外径分块制作，并应采用角钢法兰接头螺栓连接；
- 2 应检查钢吊箱底板与钢护筒之间的缝隙，封堵前应清理干净钢护筒外壁和钢吊箱底板；
- 3 应由潜水员水下安装封堵钢板堵塞缝隙。

5.4.4 钢吊箱围堰混凝土封底施工应符合下列规定：

- 1 封底前应在围堰侧板上最低水位以下开设连通孔，当混凝土达到 90% 强度后，方可封堵连通孔及围堰内抽水；
- 2 封底混凝土应均衡浇筑，局部堆积高度不得超过吊杆的承载力。

5.4.5 封底混凝土达到设计强度后，方可进行钢吊箱体系转换。

5.4.6 钢吊箱围堰抽水时，应加强对围堰侧板和内支撑系统的观测。当侧板有渗漏时，应及时进行封堵。

5.4.7 钢吊箱围堰拆除应符合本标准第 5.3.21 条的相关规定。

5.5 钢管桩围堰施工

5.5.1 钢管桩打桩按打桩方法可分为锤击法和振动法,打桩方法的选择宜根据地层条件和施工条件按本标准表 5.2.2 选用。

5.5.2 钢管桩围堰施工前准备工作应符合本标准第 5.2.3 条的规定。

5.5.3 钢管桩围堰施工应包括设置打桩定位轴线、安装导向架、钢管桩吊运就位、钢管桩插打、钢管桩合拢、锁口防水处理、抽水开挖、内支撑安装、围堰混凝土封底、主体结构施工、围堰拆除等关键工序。

5.5.4 钢管桩的运输与堆放应符合下列规定：

1 堆放场地应平整、坚实、排水通畅；堆放的形式和层数应安全可靠；堆放顺序、位置、方向和平面布置等应便于后续施工；

2 吊运时吊点的位置应符合设计规定；

3 钢管桩运输与装卸不得损伤锁口。

5.5.5 钢管桩施工前试桩应符合本标准第 5.2.5 条的规定。

5.5.6 导向架安装应符合本标准第 5.2.7 条的规定。

5.5.7 钢管桩插打应符合下列规定：

1 钢管桩施打前,应设置测量观测点,控制其施打的定位；

2 钢管桩在施打前,其锁扣宜采用止水材料捻缝；

3 第一根钢管桩应缓慢打入,桩身的垂直度应控制在 0.5% 桩长以内;其他钢管桩的垂直度应控制在 1% 桩长以内;施打中应检查其位置和垂直度;当不满足要求时,应纠正或拔起重新施打；

4 锁口钢管桩应由围堰上游分两头插打、到下游合龙;施打完成后所有钢管桩的锁扣应闭合;当打桩困难时,可采用辅助措施下沉；

5 当插打钢管桩的土层中有孤石、片石或其他障碍物时,应与设计协商采取措施。

5.5.8 钢管桩接长、异形桩制作和钢管桩与锁口拼装焊接应符合

下列规定：

1 钢管桩桩身接长焊接应进行焊接工艺评定，并按焊接工艺评定确定的参数焊接；

2 钢管桩桩身接长应采用桩身内衬套对接焊接，锁口构件连接应采用对接焊接；

3 对接长的钢管桩，其相邻桩的接头位置应上下错开；

4 当同一围堰内采用不同类型的钢管桩时，应通过锁口将相邻桩连接；

5 钢管桩与锁口拼装焊接应在加工场内进行，应按设计要求及现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关规定进行。

5.5.9 围檩及内支撑安装应符合本标准第 5.2.12 条的规定。

5.5.10 锁口漏水应采取填塞黏土、锯末、防水袋等材料预防处理或采用防水袋注浆处理。

5.5.11 浇筑封底混凝土应符合本标准第 5.2.14 条的规定。

5.5.12 钢管桩围堰拆除应符合下列规定：

1 拆除前应进行换撑和监测准备工作；

2 围堰拆除应按从下游到上游，内支撑从下往上、先支撑再围檩，最后拔除钢管桩的顺序进行；

3 应按拆撑工况分阶段向堰内注水，使堰内外的水头差为零；

4 围堰拆除后应对河床及时进行复原。

5.6 质量检验

5.6.1 钢板桩围堰质量检验与验收应符合下列规定：

1 钢板桩进场应全数检验合格证和出厂检验报告。

检查数量：每一批。

检验方法：检查检验报告。

2 钢板桩外观质量不应有严重缺陷，外形尺寸应符合设计

要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察或丈量。

3 拼接钢板桩端头间隙不应大于 3mm,断面错位不应大于 2mm。

检查数量:全数检查。

检验方法:丈量。

4 钢板桩围堰几何尺寸应符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察或丈量。

5 钢板桩围堰使用期间不得漏水、涌水,否则应采取相应措施。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察或丈量。

6 内支撑安装前应进行材料和几何尺寸检验。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察或丈量。

7 内支撑安装质量标准应符合表 5.6.1-1 的规定。

表 5.6.1-1 内支撑安装质量标准

序号	项 目	允许偏差(mm)	检查数量	检验方法
1	围堰标高	±30	全数	测量检查
2	水平支撑允许挠度	$L/250$	全数	测量检查
3	两端支座中心位移(加力前)	20	全数	测量检查
4	两端支座中心位移(加力后)	50	全数	测量检查
5	侧向弯曲矢高	$L/1500$ 且 ≤ 10.0	全数	测量检查
6	横撑间允许偏差(高程)	±50	全数	测量检查
7	横撑间允许偏差(水平间距)	±50	全数	测量检查
8	支撑安装时间	设计要求	全数	检查施工记录
9	开挖超深	< 200	全数	测量检查

注:L为支撑长度。

8 钢板桩围堰施工完成后,允许偏差及检验方法应符合表 5.6.1-2的规定。

表 5.6.1-2 钢板桩围堰施工完成后允许偏差及检验方法

序号	项 目	容许误差	检查数量	检验方法
1	桩墙纵向长度	不大于 1 根钢 桩桩的宽度	打桩过程中适 当时,1 次;打 桩完成时,1 次	利用钢卷 尺等
2	与桩墙定位轴线 距离	±100mm	打桩完成时: 1 根/20 根与设计 轴线不同的点	利用经纬 仪、钢卷尺
3	偏离桩墙定位 轴线的倾斜度	顶部和底部宽 度差小于 1 根桩; 小于或等于 1/100	打桩过程中,1 次;打桩完成时 (在端部),1 次	利用经纬 仪、铅垂线、 倾斜仪等
4	钢板桩顶高程	不低于设计 高程	打桩完成后所 有桩	利用水 准仪
5	锁扣脱开	—	所有桩	观察

9 围堰封底混凝土施工质量应符合表 5.6.1-3 的规定。

表 5.6.1-3 围堰封底混凝土施工质量标准

序号	检查项目	规定值或 允许偏差	检查数量	检验方法
1	封底混凝土 顶面高程(mm)	+50	至少各测量 4 处	采用测砣测量
2	混凝土强度 (MPa)	在合格 标准内	每 100m ³ 取样 1 次,总 数不得少于 2 次;超过 1000m ³ 后,每 500m ³ 取样 1 次;最后一批混凝土应 取样 1 次;每次取样应制 作同条件养护和标准养 护试块各至少 1 组	混凝土试块 检测

续表 5.6.1-3

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检查数量	检验方法
3	厚度(mm)	满足设计要求	至少核查4处	测量封底前泥面标高和封底后混凝土顶面标高
4	平整度(mm)	100	至少核查4处	采用测砣测量

5.6.2 钢套箱围堰质量检验与验收应符合下列规定：

1 钢套箱围堰节段拼装质量检验应符合下列规定：

1)拼装的组对焊缝应进行超声波探伤检验,当达到B级检测Ⅱ级为合格。

检查数量:不少于20%焊缝长度。

检验方法:探伤检验,见证检验,检查检验报告。

2)壁板及隔舱板组对焊缝应进行抗渗试验。

检查数量:全数检查。

检验方法:煤油渗透法检验,见证检验。

3)上下节内外壁板、竖向肋、隔舱板应对齐,并应焊接牢固。

检查数量:全数检查。

检验方法:测量、观察。

4)钢套箱围堰节段拼装允许偏差项目和检验方法应符合表5.6.2-1的规定。

表 5.6.2-1 钢套箱围堰节段拼装允许偏差和检验方法

序号	项 目		允许偏差	检查数量	检验方法
1	内侧平面尺寸	长、宽及直径	1/700	矩形每边不少于2处,圆形不少于2处	尺量
2		对角线	1/500	上、下口	尺量

续表 5.6.2-1

序号	项 目		允许偏差	检查数量	检验方法
3	顶平面 相对高差	井箱相邻点高差	10mm	矩形每边不少 于 3 处,圆形一周 不少于 8 处	测量
4		全节围堰 最大高差	20mm		测量
5	围堰侧板倾斜度		箱体高度的 1/200	不少于 4 处	测量
6	围堰轴线偏差		50mm	不少于 4 处	测量
7	壁板对接错台		1mm	全检	测量
8	水平环对接错台		2mm	全检	测量

2 钢套箱围堰下沉就位允许偏差和检验方法应符合表 5.6.2-2 的规定。

表 5.6.2-2 钢套箱围堰下沉就位允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差	检查数量	检验方法
1	围堰顶高程	$\pm 100\text{mm}$	矩形四角及每边 中点,圆形纵横向 轴线点	测量
2	中心位置	箱体高度的 1/50	底、顶面各不少 于 4 处	测量
3	倾斜度	1/150	矩形每边 2 处, 圆形纵横向轴线点	测量检查
4	封底混凝土 顶面高程	+50mm	矩形四角及每边 中点,圆形纵横向 轴线点	测量
5	壁板隔舱混凝土 填筑高程	$\pm 100\text{mm}$	每隔舱各 2 处	测量
6	封底混凝土 厚度	0~+50mm	矩形四角及每边 中点,圆形纵横向 轴线点	测量封底前泥 面标高和封底后 混凝土顶面标高

3 钢套筒围堰内支撑及封底混凝土的质量检验应符合本标准第 5.6.1 条的规定。

5.6.3 钢吊箱围堰质量检验与验收应符合下列规定：

1 钢吊箱围堰拼装质量检验除应符合本标准第 5.6.2 条的规定外，围堰吊杆及底板拼装允许偏差和检验方法尚应符合表 5.6.3 的规定；

表 5.6.3 钢吊箱围堰吊杆及底板拼装允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差	检查数量	检验方法
1	围堰顶高程	±20mm	矩形四角及每边中点，圆形纵横向轴线点	测量
2	吊杆在底板处的安装位置偏差	±50mm	不少于 4 处	尺量

2 钢吊箱内支撑质量检验应符合本标准第 5.6.1 条的规定；

3 钢吊箱围堰下沉就位及封底质量检验应符合本标准第 5.6.2 条第 2 款的规定。

5.6.4 钢管桩围堰施工质量检验与验收应符合下列规定：

1 钢管桩进场应全数检验合格证和出厂检验报告。

检查数量：每一批。

检验方法：检查检验报告。

2 拼接钢管桩端头间隙不应大于 3mm，断面错位不应大于 2mm。管节对口拼装时，相邻管节的焊接应错开 1/8 周长以上，相邻管节的管径、板边高差允许偏差和检验方法应符合表 5.6.4-1 的规定。

表 5.6.4-1 相邻管节的管径、板边高差允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差	检查数量	检验方法
1	$D \leq 700\text{mm}$	管径偏差 $\leq 2\text{mm}$	全数	管口：用钢卷尺测量； 管身：用游标卡尺或外卡尺或样板、塞尺测量

续表 5.6.4-1

序号	项 目	允许偏差	检查数量	检 验 方 法
2	$D > 700\text{mm}$	管径偏差 $\leq 3\text{mm}$	全数	管口:用钢卷尺测量; 管身:用游标卡尺或 外卡尺或样板、塞尺 测量
3	板厚 $\delta \leq 10\text{mm}$	相邻管节对口的板 边高差 $\Delta < 1.0\text{mm}$	全数	用高度尺测量
4	$10\text{mm} < \text{板厚}$ $\delta \leq 20\text{mm}$	相邻管节对口的板 边高差 $\Delta < 2.0\text{mm}$	全数	用高度尺测量
5	板厚 $\delta > 20\text{mm}$	板边高差 $\Delta < \delta/10$, 且 $\leq 3\text{mm}$	全数	用高度尺测量

注: D 为桩径。

3 钢管桩外观检验应包括表面缺陷、长度、直径、壁厚、垂直度、锁口形状等。对不符合要求的钢管桩经过整修或焊接后,应采用同类型的短桩进行锁口通过试验,合格后方可使用。成品钢管桩的质量检验标准应符合表 5.6.4-2 的要求,自制钢管桩的外形尺寸应符合表 5.6.4-3 的规定。

表 5.6.4-2 成品钢管桩的质量检验标准

序号	检查项目		允许偏差或允许值		检查数量	检 验 方 法
			单位	数值		
1	钢管桩外径、 断面尺寸	桩端	mm	$\pm 0.5\% D$	全数	桩端:用钢卷尺 测量; 桩身:用游标卡尺 或外卡尺或样板、塞 尺测量
		桩身	mm	$\pm 1\% D$		
2	矢高		mm	$< 1/1000L$	全数	用钢尺量
3	端部平整度		mm	≤ 2	全数	用水平尺量
4	端部平面与 桩中心线的倾斜值		mm	≤ 2	全数	用水平尺量

注: L 为桩长, D 为桩径。

表 5.6.4-3 自制钢管桩外形尺寸的允许偏差

序号	偏差部位	允许偏差(mm)	检查数量	检验方法
1	周长	$\pm 0.5\%$ 周长, 且不大于 10	30%	用卷尺测量单根管 不少于 4 个断面
2	管端椭圆度	$\pm 0.5\% D$, 且不大于 5	30%	用钢尺量
3	管端平整度	≤ 2	全数	用水平尺量
4	管端平面倾斜	小于 $\pm 0.5\% D$, 且不大于 4	全数	用水平尺量

注: D 为桩外径。

4 钢管桩采用多层多道焊缝焊接时,每道焊缝的起焊位置应错开,每道焊缝完成后应及时清除焊渣,每层焊缝焊接完成后进行外观检查。焊缝外观的允许偏差和检验方法应符合表 5.6.4-4 的规定。

表 5.6.4-4 焊缝外观的允许偏差和检验方法

序号	缺陷名称	允许偏差	检查数量	检验方法
1	咬边	深度不应超过 0.5mm, 总长度不得超过 焊缝长度的 10%	全数	钢直尺测量长度
2	超高	$\leq 3\text{mm}$	全数	焊缝检测尺测量
3	表面裂缝、 未熔合、未焊透	不允许	100%	目测
			10%	磁粉探伤
4	弧坑、表面气孔、 夹渣	不允许	全数	目测

5 锁口应满足通过性试验。

6 钢管桩围堰成型后施工验收应符合表 5.6.4-5 的规定。

表 5.6.4-5 钢管桩施工质量检验

序号	项目	允许偏差 (mm)	检查数量	检验方法	备 注
1	首节桩身垂直度	0.5%L	全数	用吊线和钢尺检查	打入到设计深度一半时检测
2	桩身垂直度	1.0%L	全数	用吊线和钢尺检查	—
3	钢管桩桩位	±15	全数	经纬仪	入桩位的钢管桩应紧靠内导向架,如不能紧靠时,其间隙应小于20mm
4	桩顶高程	不低于设计要求	全数	水准仪量测	—
5	齿槽平直度及光滑度	无电焊渣或毛刺	全数	用2m~3m长桩段做通过试验	—
6	桩长度	不小于设计长度	全数	用尺量	—

注:L为桩长。

7 钢管桩围堰几何尺寸、位置应满足承台基础施工要求。

8 钢管桩围堰内支撑及封底混凝土的质量检验应符合本标准第5.6.1条的规定。

6 监 测

6.1 一 般 规 定

- 6.1.1 钢围堰使用中应进行监测,应采用巡视检查和仪器设备观测。
- 6.1.2 钢围堰监测应结合围堰设计、施工组织设计编制专项监测方案。
- 6.1.3 应根据工程特点和可能存在的主要安全问题设置监测项目,应能反映围堰的工作状况。监测断面和部位选择应具有代表性。
- 6.1.4 钢围堰在度汛期间应加强巡视检查。
- 6.1.5 当发现变形破坏、漏水严重、底部翻砂鼓水等异常情况时,应及时处理。

6.2 监 测 内 容 与 方 法

- 6.2.1 变形观测基准点、观测点应在钢围堰施工前布设。
- 6.2.2 钢围堰基准点位置应稳定、安全、可靠,且基准点数量不应少于2个。
- 6.2.3 钢围堰布设支撑前应测读所有变形观测和水位观测的初始值,且初始值应采取不少于3次的测回。
- 6.2.4 监测宜采用相同的观测路线和测试方法。
- 6.2.5 现场使用的测量仪器精度应满足要求,并应经专业计量部门检定合格。
- 6.2.6 钢板桩围堰及钢管桩围堰监测项目应按表6.2.6选择。

表 6.2.6 钢板桩与钢管桩围堰监测项目

监测项目	钢围堰的安全等级		
	一级	二级	三级
平面位置监测	应测	应测	应测
桩身倾斜及变形	应测	应测	宜测
立柱竖向位移	应测	宜测	可测
支撑(拉锚)轴力	应测	宜测	可测
支撑挠度	应测	宜测	可测
支撑温度	应测	宜测	可测
围堰内部水位	应测	应测	应测
围堰外部水位	应测	应测	应测
周边地面沉降	应测	应测	应测
周边建(构)筑物沉降	应测	应测	应测
周边管线沉降	应测	应测	应测

6.2.7 钢套箱围堰监测项目应按表 6.2.7 选择。

表 6.2.7 钢套箱围堰监测项目

监测项目	钢围堰的安全等级		
	一级	二级	三级
平面位置监测	应测	应测	应测
围堰结构垂直度	应测	应测	应测
堰壁变形	应测	应测	应测
立柱竖向位移	应测	宜测	可测
支撑轴力	应测	宜测	可测
支撑挠度	应测	宜测	可测
壁板或支撑温度	应测	宜测	可测
围堰内部水位	应测	应测	应测
围堰外部水位	应测	应测	应测

续表 6.2.7

监测项目	钢围堰的安全等级		
	一级	二级	三级
周边地面沉降	应测	应测	应测
周边建(构)筑物沉降	应测	应测	应测
周边管线沉降	应测	应测	应测

6.2.8 钢吊箱围堰监测项目应按表 6.2.8 选择。

表 6.2.8 钢吊箱围堰监测项目

监测项目	钢围堰的安全等级		
	一级	二级	三级
平面位置监测	应测	应测	应测
控制点高程测量	应测	应测	应测
侧向位移、倾角	应测	应测	应测
壁板变形	应测	可测	可测
吊杆应力	应测	可测	可测
支撑挠度	应测	应测	可测
支撑轴力	应测	应测	可测
壁板、吊杆、支撑温度	应测	应测	可测
围堰内部水位	应测	应测	可测
围堰外部水位	应测	应测	宜测
周边建(构)筑物沉降	应测	应测	可测

6.2.9 钢围堰周边建(构)筑物、地下管线的沉降监测及预警值应符合国家现行标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120和《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497的规定。

6.2.10 钢板桩与钢管桩围堰监测项目、监测方法、测点布置、监测频率和预警限值应符合表 6.2.10 的规定。

表 6.2.10 钢板桩与钢管桩围堰监测项目、监测方法、
测点布置、监测频率和预警限值要求

监测项目	位置或监测对象	监测方法	测点布置	监测频率			预警限值
				一般阶段	汛期阶段	抽水及拆撑阶段	
桩顶水平位移	钢板桩顶部	全站仪	矩形围堰角点及中点,圆形围堰测点均布并不少于4点	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
桩顶竖向位移	钢板桩顶部	水准仪		1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
桩身水平位移	钢板桩桩身	测斜管、测斜仪	围堰长边中点,测点竖向间距0.5m~1m	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
支撑轴力	内支撑杆件	钢弦应变计	轴力较大处	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
支撑挠度	内支撑杆件	水准仪、全站仪	内支撑1/2、1/4处	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
支撑温度	内支撑杆件	温度计	轴力较大处	1次/2d	1次/2d	1次/1d	设计值
堰外水位	河流水位	水位标尺	选1根桩	1次/1d	2次/1d	2次/1d	—
堰内水位	围堰内水位	水位标尺	选1根桩	1次/1d	2次/1d	2次/1d	—
立柱竖向位移	立柱顶部	全站仪	立柱顶部	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值

6.2.11 钢套筒围堰监测项目、监测方法、测点布置、监测频率和

预警限值应符合表 6.2.11 的规定。

表 6.2.11 钢套箱围堰监测项目、监测方法、
测点布置、监测频率和预警限值要求

监测项目	位置或监测对象	监测方法	测点布置	监测频率			预警限值
				一般阶段	汛期阶段	抽水及拆撑阶段	
堰顶水平位移	钢围堰顶部	全站仪	矩形围堰角点及中点,圆形围堰测点均布并不少于4点	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
堰顶竖向位移	钢板桩顶部	水准仪		1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
支撑轴力	内支撑杆件	应变计	轴力较大处	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
支撑挠度	内支撑杆件	水准仪、全站仪	内支撑1/2、1/4处	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
壁板温度	内外壁板	温度计	水温及内壁板水面以上1/2高度处不少于3点	1次/2d	1次/2d	1次/1d	设计值
堰外水位	河流水位	水位标尺	围堰长边中点处或圆形围堰任意一点处	1次/1d	2次/1d	2次/1d	—
堰内水位	围堰内水位	水位标尺		1次/1d	2次/1d	2次/1d	—
立柱竖向位移	立柱顶部	全站仪	立柱顶部	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值

6.2.12 钢吊箱围堰监测项目、监测方法、测点布置、监测频率和预警限值应符合表 6.2.12 的规定。

表 6.2.12 钢吊箱围堰监测项目、监测方法、
测点布置、监测频率和预警限值要求

监测项目	位置或监测对象	监测方法	测点布置	监测频率			预警限值
				一般阶段	汛期阶段	抽水及拆除阶段	
堰顶水平位移	钢围堰顶部	全站仪	矩形围堰角点及中点，圆形围堰测点均布并不少于4点	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
支撑轴力	内支撑杆件	应变计	轴力较大处	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
支撑挠度	内支撑杆件	水准仪、全站仪	内支撑1/2、1/4处	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
壁板温度	内外壁板	温度计	水温及内壁板水面以上1/2高度处不少于3点	1次/2d	1次/2d	1次/1d	设计值
吊杆应力	吊杆	应变计	设计拉力最大的吊杆且不少于3根	1次/2d	1次/1d	1次/1d	设计值
堰外水位	河流水位	水位标尺	围堰长边中点处或圆形围堰任意1点处	1次/1d	2次/1d	2次/1d	—
堰内水位	围堰内水位	水位标尺		1次/1d	2次/1d	2次/1d	—

6.3 数据处理与应用

6.3.1 现场的监测资料应符合下列规定：

- 1 应使用正式的监测记录表格；
 - 2 监测记录应有相应的工况描述；
 - 3 监测数据应及时整理；
 - 4 对监测数据的变化及发展情况应及时分析和评述。
- 6.3.2 当观测数据出现异常时应分析原因,必要时应进行重测。
- 6.3.3 监测项目数据分析应结合其他相关项目的监测数据和自然环境、施工工况等情况及以往数据进行,并应对其发展趋势进行预测。
- 6.3.4 应绘制围堰位移(应力、水位)-时间曲线,并应符合下列规定:
- 1 当位移(应力、水位)-时间曲线趋于平缓时,应进行回归分析;
 - 2 当位移(应力、水位)-时间曲线出现反常急骤变化或位移超过预警值时,应分析原因,并应采取必要的安全措施。

6.4 监测管理

- 6.4.1 技术成果应包括当日报表、阶段性报告、总结报告。技术成果的内容应真实、准确、完整,并宜采用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式反映。技术成果应按时报送。
- 6.4.2 应定期编写监测分析报告。
- 6.4.3 监测数据的处理与信息反馈宜利用专门的基坑工程监测数据处理与信息管理系统软件实现数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化及监测成果的可视化。

附录 A 荷载与作用

A.1 永久作用

A.1.1 结构重力计算时,材料容重可按表 A.1.1 取用。

表 A.1.1 常用材料的容重

材料种类	容重(kN/m ³)
钢	78.5
钢筋混凝土	25.0~26.0
混凝土或片石混凝土	24.0
碎石	21.0
填土	17.0~18.0
填石	19.0~20.0

A.1.2 计算作用在围堰结构上的水平荷载时,应包括下列内容:

- 1 围堰内外土的自重(包括地下水或地表水);
- 2 围堰周边既有和在建的建(构)筑物荷载;
- 3 围堰周边施工材料和设备荷载;
- 4 围堰周边道路车辆荷载;
- 5 冻胀、温度变化、流水压力、冲击力、风荷载、冰压力、波浪力、靠船力及其他因素产生的作用。

A.1.3 作用在围堰结构上的土压力应符合下列规定:

1 围堰结构外侧的主动土压力强度标准值、围堰结构内侧的被动土压力强度标准值宜按下列公式计算(图 A.1.3):

1)对地下水位以上或水土合算的土层:

$$P_{ak} = \sigma_{ak} K_{a,i} - 2c_i \sqrt{K_{a,i}} \quad (\text{A.1.3-1})$$

$$K_{a,i} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_i}{2} \right) \quad (\text{A.1.3-2})$$

$$P_{pk} = \sigma_{pk} K_{p,i} + 2c_i \sqrt{K_{p,i}} \quad (\text{A. 1. 3-3})$$

$$K_{p,i} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_i}{2} \right) \quad (\text{A. 1. 3-4})$$

式中： P_{ak} ——围堰结构外侧第 i 层土中计算点的主动土压力(水土压力)强度标准值(kPa)，当 $P_{ak} < 0$ 时，取 $P_{ak} = 0$ ；

σ_{ak} 、 σ_{pk} ——围堰结构外侧、内侧计算点的土中竖向应力标准值(kPa)；

$K_{a,i}$ 、 $K_{p,i}$ ——第 i 层土的主动土压力系数、被动土压力系数；

c_i 、 φ_i ——第 i 层土的黏聚力(kPa)、内摩擦角($^\circ$)；

P_{pk} ——围堰结构内侧第 i 层土中计算点的被动土压力(水土压力)强度标准值(kPa)。

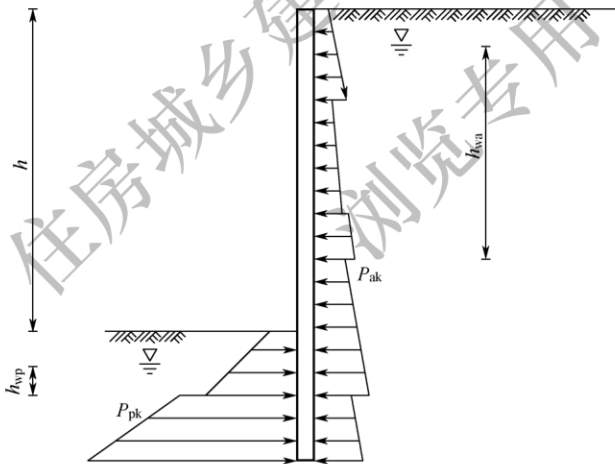


图 A. 1. 3 土压力计算

2) 对于水土分算的土层：

$$P_{ak} = (\sigma_{ak} - u_a) K_{a,i} - 2c_i \sqrt{K_{a,i}} + u_a \quad (\text{A. 1. 3-5})$$

$$P_{pk} = (\sigma_{pk} - u_p) K_{p,i} + 2c_i \sqrt{K_{p,i}} + u_p \quad (\text{A. 1. 3-6})$$

式中： u_a 、 u_p ——围堰结构外侧、内侧计算点的水压力(kPa)。

2 在土压力影响范围内,当存在相邻建筑物地下墙体等稳定界面时,可采用库仑土压力理论计算界面内有限滑动楔体产生的主动土压力,此时,同一土层的土压力可采用沿深度线性分布形式,围堰结构与土之间的摩擦角宜取零。

3 当需限制围堰结构的水平位移时,围堰结构外侧的土压力宜取静止土压力。

4 当有可靠经验时,可采用围堰结构与土相互作用的方法计算土压力。

A.1.4 对成层土,土压力计算时的各土层计算厚度应符合下列规定:

1 当土层厚度较均匀、层面坡度较平缓时,宜取邻近勘察孔的各土层厚度,或同一计算剖面内各土层厚度的平均值;

2 当同一计算剖面内各勘察孔的土层厚度分布不均时,应取最不利勘察孔的各土层厚度;

3 对复杂地层且距勘察探孔较远时,应通过综合分析土层变化趋势后确定土层的计算厚度;

4 当相邻土层的土性接近,且对土压力的影响可忽略不计或有利时,可归并为同一计算土层。

A.1.5 土中竖向应力标准值应按下列公式计算:

$$\sigma_{ak} = \sigma_{ac} + \sum \Delta\sigma_{ak,j} \quad (\text{A.1.5-1})$$

$$\sigma_{pk} = \sigma_{pc} + \sum \Delta\sigma_{pk,j} \quad (\text{A.1.5-2})$$

式中: σ_{ac} ——围堰结构外侧计算点由土及土中水自重产生的竖向总应力(kPa);

σ_{pc} ——围堰结构内侧计算点由土及土中水自重产生的竖向总应力(kPa);

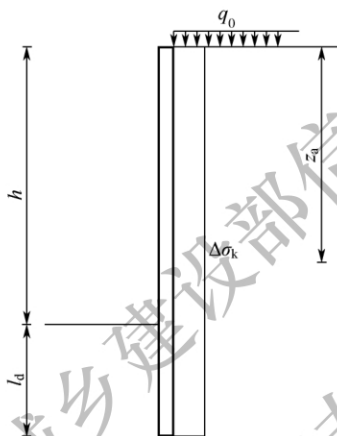
$\Delta\sigma_{pk,j}$ 、 $\Delta\sigma_{ak,j}$ ——围堰结构内外侧第 j 个附加荷载作用下计算点的土中附加竖向应力标准值(kPa)。

A.1.6 围堰结构内外侧均布附加荷载作用下的土中附加竖向应

力标准值应按式计算(图 A. 1. 6):

$$\Delta\sigma_k = q_0 \quad (\text{A. 1. 6})$$

式中: q_0 ——围堰结构内、外侧均布附加荷载标准值(kPa),当水位高于地表时,应计入地表以上部分水压力。



图A. 1. 6 围堰外侧均布竖向附加荷载作用下的土中附加竖向应力计算

A. 1. 7 围堰结构内外侧局部附加荷载作用下的土中附加竖向应力标准值应符合下列规定:

1 对条形基础下的附加荷载(图 A. 1. 7)应按式计算:

当 $d + a/\tan\theta \leq z_a \leq d + (3a + b)/\tan\theta$ 时:

$$\Delta\sigma_k = \frac{p_0 b}{b + 2a} \quad (\text{A. 1. 7-1})$$

当 $z_a < d + a/\tan\theta$ 或 $z_a > d + (3a + b)/\tan\theta$ 时,取 $\Delta\sigma_k = 0$ 。

式中: p_0 ——基础底面附加压力标准值(kPa);

d ——基础埋置深度(m);

b ——基础宽度(m);

a ——围堰结构外边缘至基础的水平距离(m);

θ ——附加荷载的扩散角($^\circ$),宜取 $\theta = 45^\circ$;

z_a ——围堰结构顶面至土中附加竖向应力计算点的竖向距离(m)。

2 对矩形基础下的附加荷载(图 A. 1. 7)应按下式计算:

当 $d+a/\tan\theta \leq z_a \leq d+(3a+b)/\tan\theta$ 时:

$$\Delta\sigma_k = \frac{p_0 bl}{(b+2a)(l+2a)} \quad (\text{A. 1. 7-2})$$

当 $z_a < d+a/\tan\theta$ 或 $z_a > d+(3a+b)/\tan\theta$ 时,取 $\Delta\sigma_k = 0$ 。

式中: b ——与围堰边垂直方向上的基础尺寸(m);

l ——与围堰边平行方向上的基础尺寸(m)。

3 对作用在地面的条形、矩形附加荷载,按本条第 1 款、第 2 款计算土中附加竖向应力标准值 $\Delta\sigma_k$ 时,应取 $d=0$ (图 A. 1. 7)。

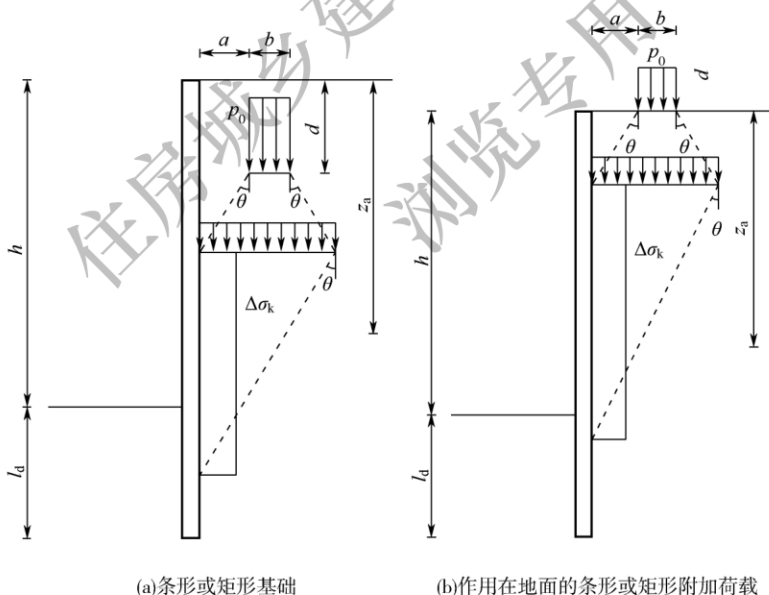


图 A. 1. 7 围堰外侧局布附加荷载作用下的土中附加竖向应力计算示意

A. 1. 8 当围堰结构顶部低于地面,其上方采用放坡或土钉墙时,围堰结构顶面以上土体对围堰结构的作用宜按库仑土压力理论计算,也可将其视作附加荷载,并按下列公式计算土中附加竖向应力标准值(图 A. 1. 8)。

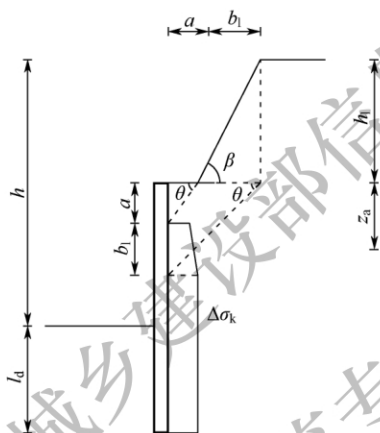


图 A. 1. 8 围堰顶部以上采用放坡或土钉墙时土中附加竖向应力计算示意

1 当 $a/\tan\theta \leq z_a \leq (a+b_1)/\tan\theta$ 时:

$$\Delta\sigma_k = \frac{\gamma h_1}{b_1}(z_a - a) + \frac{E_{akl}(a+b_1-z_a)}{K_a b_1^2} \quad (\text{A. 1. 8-1})$$

$$E_{akl} = \frac{1}{2}\gamma h_1^2 K_a - 2ch_1\sqrt{K_a} + \frac{2c^2}{\gamma} \quad (\text{A. 1. 8-2})$$

2 当 $z_a > (a+b_1)/\tan\theta$ 时:

$$\Delta\sigma_k = \gamma h_1 \quad (\text{A. 1. 8-3})$$

3 当 $z_a < a\tan\theta$ 时:

$$\Delta\sigma_k = 0 \quad (\text{A. 1. 8-4})$$

式中: z_a ——围堰结构顶面至土中附加竖向应力计算点的竖向距离(m);

a ——围堰结构外边缘至放坡坡脚的水平距离(m);

- b_1 ——放坡坡面的水平尺寸(m);
- θ ——扩散角($^\circ$),宜取 $\theta=45^\circ$;
- h_1 ——地面至围堰结构顶面的竖向距离(m);
- γ ——围堰结构顶面以上土的天然重度(kN/m^3),对多层土取各层土按厚度加权的平均值;
- c ——围堰结构顶面以上土的黏聚力(kPa);
- K_a ——围堰结构顶面以上土的主动土压力系数,对多层土取各层土按厚度加权的平均值;
- E_{ak1} ——围堰结构顶面以上土的自重所产生的单位宽度主动土压力标准值(kN/m)。

A. 1. 9 作用于围堰四周的静水压力可按下列公式计算:

$$u_a = \gamma_w h_{wa} \quad (\text{A. 1. 9-1})$$

$$u_p = \gamma_w h_{wp} \quad (\text{A. 1. 9-2})$$

式中: u_a 、 u_p ——围堰结构外侧、内侧计算点的水压力(kPa);

h_{wa} ——围堰外侧地下水位至主动土压力强度计算点的垂直距离(m);对承压水,地下水位取测压管水位;当有多个含水层时,应取计算点所在含水层的地下水位;

h_{wp} ——围堰内侧地下水位至被动土压力强度计算点的垂直距离(m);对承压水,地下水位取测压管水位。

A. 1. 10 水的浮力标准值可按下列公式计算:

$$F_w = \gamma_w V_w \quad (\text{A. 1. 10})$$

式中: F_w ——水浮力(kN);

V_w ——结构排开水的体积(m^3)。

A. 2 可变作用

A. 2. 1 流水压力计算应符合下列规定:

1 作用于钢围堰迎水面的流水压力 F_{w1} 可按下列公式计算:

$$F_{w1} = KA \frac{\gamma_w V^2}{2g} \quad (\text{A. 2. 1})$$

式中: F_{w1} ——流水压力标准值(kN);

- K ——形状系数,按表 A. 2. 1 取值;
 A ——阻水面积(m^2),计算至一般冲刷线处;
 V ——设计水流速度(m/s);
 g ——重力加速度(m/s^2)。

表 A. 2. 1 钢围堰形状系数

形 状	K
方形	1.5
矩形(长边与水流平行)	1.3
圆形	0.8
尖端形	0.7
圆端形	0.6

2 流水压力合理的着力点,假定在设计水位线以下 30% 水深处。

A. 2. 2 风荷载计算应符合下列规定:

1 施工阶段的设计风速可按下式计算:

$$V_{sd} = \eta V_d \quad (\text{A. 2. 2-1})$$

式中: V_{sd} ——不同重现期下的设计风速(m/s);

η ——风速重现系数,按表 A. 2. 2-1 选用;

V_d ——设计基准风速(m/s)。

表 A. 2. 2-1 风速重现期系数

重现期(年)	5	10	20	30	50	100
η	0.78	0.84	0.88	0.92	0.95	1

2 钢围堰上作用的风荷载,在风作用下钢围堰的静风荷载可按下式计算:

$$F_H = \frac{1}{2} \rho V_g^2 C_H A_n = \frac{\rho}{2} G_V^2 V_{10}^2 \left(\frac{z}{10} \right)^{2\alpha} C_H A_n \quad (\text{A. 2. 2-2})$$

式中: ρ ——空气密度(kN/m^3),取为 1.25;

V_g ——静阵风风速(m/s);

- α ——地表粗糙度系数,按表 A. 2. 2-2 取用;
- z ——围堰水面以上高度(m),按表 A. 2. 2-2 取用;
- G_v ——静阵风系数,按表 A. 2. 2-3 规定取用;
- C_H ——构件的阻力系数,按表 A. 2. 2-4 取用;
- A_n ——构件顺风向投影面积(m^2);
- V_{10} ——结构基本风速(m/s),为开阔平坦地貌条件下,地面上 10m 高度处,100 年重现期的 10min 平均年最大风速。

表 A. 2. 2-2 地表分类

地表类别	地表状况	地表粗糙度系数 α	围堰水面以上高度 z (m)
A	海面、海岸、开阔水面、沙漠	0.12	0.01
B	田野、乡间、丛林、平坦开阔地及低层建筑物稀少地区	0.16	0.05
C	树木及低层建筑物等密集地区、中高层建筑物稀少地区、平缓的丘陵地	0.22	0.3
D	中高层建筑物密集地区、起伏较大的丘陵地	0.30	1.0

表 A. 2. 2-3 静阵风系数 G_v

地表类别	水平加载长度(m)	<20	60	100
	A		1.29	1.28
B		1.35	1.33	1.31
C		1.49	1.48	1.45
D		1.56	1.54	1.51

注:水平加载长度为钢围堰全长。

表 A.2.2-4 钢围堰的阻力系数 C_H

截面形状	t/b	钢围堰的高宽比			
		1	2	4	6
	$\leq 1/4$	1.3	1.4	1.5	1.6
	1/3, 1/2	1.3	1.4	1.5	1.6
	2/3	1.3	1.4	1.5	1.6
	1	1.2	1.3	1.4	1.5
	3/2	1.0	1.1	1.2	1.3
	2	0.8	0.9	1.0	1.1
	3	0.8	0.8	0.8	0.9
	≥ 4	0.8	0.8	0.8	0.8
	正方形或八角形	1.0	1.1	1.1	1.2
	12 边形	0.7	0.8	0.9	0.9
	光滑表面圆形 若 $DV_0 \geq 6\text{m}^2/\text{s}$	0.5	0.5	0.5	0.5
	1. 光滑表面圆形, 若 $DV_0 < 6\text{m}^2/\text{s}$ 2. 有粗糙面或带凸起的圆形	0.7	0.7	0.8	0.8

3 作用在钢围堰的风荷载可按地面或水面以上 65% 钢围堰高度处的风速值确定。

A. 2. 3 温度作用计算应符合下列规定：

1 钢围堰当计入温度作用时，应根据当地具体情况、结构物使用的材料和施工条件等因素计算由温度引起的结构效应。

2 材料的线膨胀系数可按表 A. 2. 3 取用。

表 A. 2. 3 线膨胀系数

结构种类	线膨胀系数(以℃计)
钢结构	0. 000012
混凝土和钢筋混凝土结构	0. 000010

3 当计算钢围堰结构因均匀温度作用引起外加变形或约束变形时，应从受到约束时的结构温度开始，计入最高温度和最低有效温度的作用效应。

A. 2. 4 冰对钢围堰产生的冰压力计算应符合下列规定：

1 冰压力标准值应按下式计算：

$$F_i = mC_i b t R_{ik} \quad (\text{A. 2. 4})$$

式中： F_i ——冰压力标准值(kN)；

m ——钢围堰迎冰面形状系数，按表 A. 2. 4-1 取用；

C_i ——冰温系数，按表 A. 2. 4-2 取用；

b ——钢围堰迎冰面投影宽度(m)；

t ——计算冰厚(m)；

R_{ik} ——冰的抗压强度标准值(kN/m²)，取当地冰温 0℃时的冰抗压强度；当缺乏实测资料时，对海冰取 $R_{ik} = 750\text{kN/m}^2$ ；对河冰、流冰开始时，最高流冰水位取 $R_{ik} = 450\text{kN/m}^2$ 。

表 A. 2. 4-1 钢围堰迎冰面形状系数 m

迎冰面形状 系数	平面	圆弧形	尖角形的迎冰面角度				
			45°	60°	75°	90°	120°
m	1. 00	0. 90	0. 54	0. 59	0. 64	0. 69	0. 77

表 A.2.4-2 冰温系数 C_t

冰温(°C)	0	-10 及以下
C_t	1.0	2.0

注:1 表列冰温系数可直线内插;

2 对海冰,冰温取结冰期最低冰温;对河冰,取解冻期最低冰温。

2 当冰块流向钢围堰轴线的角度 $\varphi \leq 80^\circ$ 时,钢围堰竖向边缘的冰荷载应乘以 $\sin\varphi$ 予以折减;

3 冰压力合力作用在计算结冰水位以下 30% 冰厚处。

A.2.5 波浪力大小计算应符合现行行业标准《港口与航道水文规范》JTS 145 的规定。

A.2.6 船舶荷载计算应按现行行业标准《港口工程荷载规范》JTS 144—1 的有关规定计算。作用在围堰结构上的船舶荷载应包括下列内容:

- 1 由风和水流产生的系缆力;
- 2 由风和水流产生的对围堰结构挤靠力;
- 3 船舶靠近围堰结构时产生的撞击力;
- 4 系泊船舶在波浪作用下产生的撞击力等。

A.2.7 施工临时荷载应根据采用的施工方法和工艺的实际情况确定。

A.3 偶然作用

A.3.1 船舶或漂流物撞击力计算应符合下列规定:

1 位于通航河流或有漂流物的河流中的钢围堰,漂流物横桥向撞击力标准值可按下列公式计算:

$$F = \frac{WV}{gT} \quad (\text{A.3.1})$$

式中: F ——漂流物横桥向撞击力标准值(kN);

W ——漂流物重力(kN),根据河流中漂流物情况,按实际调查确定;

V ——水流速度(m/s)；

T ——撞击时间(s)，根据实际资料估计，在无实际资料时，取 1s。

2 内河船舶的撞击作用点应假定为计算通航水位线以上 2m 的钢围堰宽度或长度中点。海轮船舶撞击力作用点应根据实际情况确定。漂流物撞击力作用点应假定在计算通航水位线上钢围堰宽度的中点。

住房和城乡建设部信息中心
浏览专用

本标准用词说明

1 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”,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,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
《钢结构设计规范》GB 50017
《工程测量规范》GB 50026
《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
《组合钢模板技术规范》GB/T 50214
《钢结构工程质量检验评定标准》GB 50221
《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497
《钢结构焊接规范》GB 50661
《热轧钢板桩》GB/T 20933
《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
《港口工程荷载规范》JTS 144—1
《港口与航道水文规范》JTS 145
《重力式码头设计与施工规范》JTS 167—2