

水利工程防溺水安全设计规范

Specifications of Safety Design for Drowning Prevention in Hydraulic Engineering

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前言 II

引言 I

1 范围 2

2 规范性引用文件 2

3 术语和定义 2

4 基本要求 3

5 防溺水安全防护等级 4

6 防溺水安全设施 4

 6.1 警示设施 4

 6.2 防护设施 5

 6.3 救生设施 5

7 结构设计 7

 7.1 一般规定 7

 7.2 混凝土基础 8

 7.3 标识标牌 8

 7.4 防护栏杆 9

 7.5 防护网 9

 7.6 安全盖板及防坠网 10

 7.7 救生浮绳及救生抓手 10

8 证实方法 10

附录 A（资料性） 警示设施样式图 11

附录 B（资料性） 防护设施样式图 14

附录 C（资料性） 救生设施样式图 17

附录 D（规范性） 防护栏杆计算 22

附录 E（规范性） 动水压力和撞击力 24

附录 F（规范性） 混凝土基础稳定计算 25

参考文献 26

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由海南省水务厅提出并归口。

本文件起草单位：海南省水利水电勘测设计研究院有限公司、海南省质量协会。

本文件主要起草人：李强、庞庆庄、陈祖盛、陈家东、甘晓洁、庄岗、王壮海、沙奇斌、郭建超、吴栋桥、郑飞、林明标、林晓、柯才健、黎开运、陈金铃、韩欣定、曾其欧、胡维芬、林建海、林梦龙、韦龙威、王梦宇、符传亮、叶宏清、郑昌业、庞植元、刘洋一週、欧家杰、林香余。

引 言

为规范我省水利工程中的防溺水安全设计，加强水利工程临水、涉水区域公共安全，有效防控溺水事件发生，切实保障人民群众生命安全，特制定本文件。

防溺水安全设计应积极采用经实践证明有效的新技术、新工艺、新结构、新材料，做到经济实用、技术先进、生态节能、管理方便等原则。

水利工程防溺水安全设计规范

1 范围

本文件规定了水利工程防溺水安全设计的基本要求、防护等级、设施类型、设置内容和技术要求。
本文件适用于水域范围内有溺水风险的1~5级水工建筑物防溺水安全设计，其余建筑物及自然形成的水域可参照执行。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 2893.5 图形符号 安全标志 第5部分：安全标志使用原则与要求
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB 5725 安全网
- GB/T 11787 纤维绳索 聚酯 3股、4股、8股和12股绳索
- GB/T 18833 道路交通反光膜
- GB/T 20878 不锈钢 牌号及化学成分
- GB/T 23827 道路交通标志板及支撑件
- GB/T 25895.1 水域安全标志和沙滩安全旗 第1部分：工作场所和公共区域用水域安全标志
- GB/T 26941.1 隔离栅 第1部分：通则
- GB/T 40248 人员密集场所消防安全管理
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50706 水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范
- JC/T 2161 铝包钢丝护栏网
- JGJ 79 建筑地基处理技术规范
- JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程
- JTG/T D81 公路交通安全设施设计细则
- SL/T 105 水工金属结构防腐蚀技术规范
- SL 191 水工混凝土结构设计规范
- SL 252 水利水电工程等级划分及洪水标准
- SL 570 水利水电工程管理技术术语
- SL 744 水工建筑物荷载设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水利工程 hydraulic engineering water project

对自然界的地表水和地下水进行控制、治理、调配、保护、开发利用，以达到除害兴利的目的而修建的工程。

[来源: SL570, 3.2.1.1]

3.2

水工建筑物 hydraulic structure

为控制调节水流、防治水患和开发利用水资源而兴建的承受水作用的建筑物。

[来源: SL570, 3.2.2.1]

3.3

防溺水 prevention of drowning

在河流、湖泊、渠道和水库等水域范围，为避免人员溺水导致生命危险而采取防护措施的行为。

3.4

人员密集场所 assembly occupancy

人员聚集的室内场所，包括公共聚集场所，医院的门诊楼、病房楼，学校的教学楼、图书馆、食堂和集体宿舍，养老院，福利院，托儿所，幼儿园，公共图书馆的阅览室，公共展览馆、博物馆的展览厅，劳动密集型企业的生产加工车间和员工集体宿舍，旅游、宗教活动场所等。

[来源: GB/T 40248, 3.3]

3.5

警示设施 warning facilities

在有溺水风险区域设置的安全标语、标识标牌和提示告知等设施。

3.6

防护设施 protective facilities

防止进入有溺水风险区域而采取的隔离屏障和安全防护等措施。

3.7

救生设施 life-saving facilities

设置在水工建筑物及其周围场地，用于溺水救助或自救的构筑物、设备和其他实体。

4 基本要求

4.1 水利工程防溺水安全设施分为警示设施、防护设施和救生设施。

4.2 防溺水安全设计对象包括水库、水闸、溢洪道、水电站、泵站、堤防、灌溉与排水工程等涉水水工建筑物。

4.3 在水工建筑物设计方案比选中，应综合考虑功能要求、施工条件和工程投资等因素，宜选用防溺水安全性更高的结构型式：

- a) 灌溉渠道采用管涵或箱涵等顶部封闭式结构；
- b) 排水沟道顶部采用金属或混凝土格栅板等透水式结构；
- c) 渡槽、水闸、陡坡、压力前池和水池（井、塔）等敞口水工建筑物顶部采用封闭式结构，但内部应满足检修要求。

4.4 防溺水安全设施应与水利主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用；已建水利工程增设防溺水安全设施时，不应影响建筑物的结构安全和功能使用。

4.5 防溺水安全设施的建筑物级别应按 SL 252 的规定确定。

4.6 防溺水安全设施布置应充分了解、收集并分析基础资料，包括工程所处的地理位置、周边环境和水利工程的功能、规模及建筑物级别等，防溺水安全设施不应影响水利工程的正常运行和调度。

- 4.7 防溺水设施布置在城区、人员密集场所或风景旅游区等公共区域时，宜采用与周边环境相协调且外形美观的结构型式。
- 4.8 直接与水接触的防溺水安全设施应采用环保、无毒的耐腐蚀材料，不应污染水体水质。
- 4.9 公路桥梁、港口码头、公园湿地及防波堤等建筑物的滨水带及自然形成的水域宜参考本文件设置防溺水安全设施。

5 防溺水安全防护等级

根据水利工程与自然村等密集居住区、人员密集场所或等级交通道路的距离确定防溺水安全防护等级，具体见表1。

表 1 防溺水安全防护等级

风险级别	高风险	中风险	低风险
安全防护等级	一级	二级	三级
水利工程与区域地理关系距离	≤200 m	200 m~2000 m	≥2000 m
注1：当水利工程与自然村等密集居住区、人员密集场所或等级交通道路三者分属不同风险等级时，应按最高风险等级确定；			
注2：当人员密集场所、等级交通道路的周围设置有封闭的围墙（栏）时，防溺水安全防护等级宜确定为三级。			

6 防溺水安全设施

6.1 警示设施

- 6.1.1 警示设施包括安全标语、标识标牌、安全监控设施和智能预警系统等，应根据安全防护等级，在管理范围内设置一种或多种警示设施。
- 6.1.2 警示设施应设置于醒目空旷区域，并应避免汇水冲刷区、积水淹没区和交通通行区。
- 6.1.3 防溺水安全标语应布设于堤岸、水闸、亲水平台等溺水高风险区域，宜采用“禁止游泳”“水深危险”等简明扼要的警示性语句。
- 6.1.4 防溺水标识标牌分为以下两种类型：
- a) 安全标志牌：用于传递简单的溺水风险信息，分为禁止标志牌、警告标志牌、指令标志牌和安全条件标志牌，选取的安全标志应符合 GB 2894 和 GB/T 25895.1 的要求，标志牌示例参见附录 A.1；
 - b) 复式标识牌：用于传递复杂的溺水风险信息，集中展示安全标语、安全标志和安全标记等，版面示例参见附录 A.2。
- 6.1.5 防溺水标识标牌宜采用柱式支撑，单柱式标识标牌样式参见附录 A.3；双柱式标识标牌样式参见附录 A.4。
- 6.1.6 防溺水标识标牌设置应符合下列要求：
- c) 1级~4级渠(沟)道和渠道设计水深大于1.2m的5级渠道，其跌水、倒虹吸、渡槽、隧洞、陡坡、水闸等渠系建筑物进、出口及穿越人口聚集区应设置1~3处，在学生上下学的跨渠交通道路出入口处应增设1处；
 - d) 堤防和渠（沟）道等带状水利工程按安全防护级别合理布置，一级间隔50m~200m，二级间隔201m~500m，三级间隔501m~1000m，在田间生产和等级交通道路出入口处宜增设1处；
 - e) 水库大坝、水闸、水电站和泵站等建筑物较集中的水利工程，应在管理范围的每个出入口处设置1处，有道路通达的临水侧岸边应增设1处；

- f) 大坝坝顶兼做公共交通道路时，宜在大坝两端及踏步出入口各设置 1 处。
 - g) 靠近或经过饮用水地表水源保护区的农业生产及公共交通道路路口处宜设置 1 处防溺水标识标牌。
- 6.1.7 防溺水标识标牌宜贴反光膜，其逆反射性能应符合 GB/T 18833 的规定。
- 6.1.8 根据安全防护级别及工程管护要求，对管理较集中的水工建筑物宜设置安全监控设施或智能预警系统：
- a) 安全监控设施包括电子围栏系统、视频监控装置和周界报警装置等；
 - b) 智能预警系统应包括：智能图像采集装置、声光报警装置、数据通信模块及预警管理平台；系统架构应满足可靠性、经济性和先进性等要求，同时具备可扩展性和易维护性。

6.2 防护设施

6.2.1 防护设施包括防护栏杆、波形梁护栏、防护网、绿植隔离带、安全盖板和防坠网等，应根据安全级别、水深及建筑物重要性，在管理范围内设置一种或多种防护设施。

6.2.2 灌溉与排水工程设置防护设施应符合如下要求：

- a) 渠（沟）道应根据安全防护等级设置防护栏杆：一级安全防护等级渠段应设置防护栏杆，二级安全防护等级渠段宜设置防护栏杆，三级安全防护等级渠段可设置防护栏杆；
- b) 承担供水功能的渠道应设置防护栏杆或防护网；
- c) 渠道外边坡及加大水位以上内边坡的踏步两侧宜设置防护栏杆；
- d) 1 级~4 级渠（沟）道和渠道设计水深大于 1.2 m 的 5 级渠道，其跌水、倒虹吸、渡槽、隧洞、陡坡、水闸等渠系建筑物进、出口应设置防护栏杆；
- e) 设有踏步或人行道的渡槽、水闸、倒虹吸及隧洞等建筑物应设置防护栏杆；
- f) 渠顶管理道路兼做交通道路时，除按本文件设置防护栏杆外，临水侧宜增设波形梁护栏，护栏设置应符合 JTG/T D81 的有关规定。

6.2.3 水库、泵站、水闸、水电站及堤防等建筑物设置防护设施应符合如下要求：

- a) 平台临水侧 2.0 m 范围内，底质为淤泥的水域和常水位水深超过 0.5 m 的硬质底水域应设置防护栏杆或防护网；
- b) 水库、泵站、水闸和电站宜在管理范围设置防护栏杆或防护网；
- c) 饮用水地表水源保护区宜设置防护网；
- d) 管理道路兼做交通道路时，除按本文件设置防护栏杆外，临水侧宜增设波形梁护栏。

6.2.4 水工建筑物的进人孔、闸孔、检修井、集水井、拦污栅孔及通水竖井等开口部位，应设置安全盖板、防护栏杆或其组合式防护设施。

6.2.5 在建筑物周围地势开阔地带，二级和三级防护区可结合周围环境和景观需求设置绿植防护带。绿植防护带宽度不宜小于 1.2 m，高度宜为 0.6 m~1.0 m。绿植防护带的植物应选取本地耐旱品种，宜间隔种植景观乔木，但应符合当地规划及相关规范要求。

6.2.6 临水侧坠落高度超过 2.0 m 时可增设防坠网，防坠网应与防护栏杆、防护网或绿植隔离带配合使用。

6.2.7 防坠网宜设置在坠落点下部 0.5 m~1.0 m 范围，网面宽度不小于 1.5 m。

6.2.8 防护栏杆、防护网、绿植隔离带和防坠网等布置参见附录 B。

6.3 救生设施

6.3.1 救生设施包括救生浮绳、救生抓手、救生踏步、救生杆、救生爬梯、救生圈、救生衣、智能救生设备和防溺水智能救生系统等。

6.3.2 渠（沟）道设置救生浮绳和救生抓手等救生设施根据表 2 确定：

表 2 救生浮绳和救生抓手设置表

渠道		安全防护等级		
		一级	二级	三级
设计水深h（m）	h≥1.2	A ^a	B ^a	C ^a
	0.5<h≤1.2	B	C	
a A 表示应设置、B 表示宜设置、C 表示可设置。				

- 6.3.3 渠（沟）道设置救生浮绳和救生抓手等救生设施应符合如下要求：
- a) 救生浮绳和救生抓手应配套使用，间距应根据安全防护级别合理确定：一级间隔 80 m~120 m，二级间隔 121 m~250 m，三级间隔 251 m~500 m，沿渠（沟）道两侧宜错开布置；
 - b) 跨渠桥梁的上下游 30 m 渠段两侧各加密布置一处救生浮绳，救生设施布置参见附录 C 中图 C.1~图 C.3；
 - c) 救生浮绳宜间隔 2.0m 绑扎一个浮球，救生浮绳及浮球参见附录 C 中图 C.4；
 - d) 救生浮绳长度宜为渠顶开口宽度的 3~10 倍，救生浮绳一端绑在渠堤的固定桩上，另一端自由漂浮在水面，浮绳固定于钢桩样式参见附录 C 中图 C.5；
 - e) 救生抓手应从救生绳索固定端开始，沿漂浮绳索间隔 5 m~15 m 布置，救生抓手与钢桩连接参见附录 C 中图 C.6；
 - f) 水位变动区内，救生抓手宜在垂直水流方向的坡（墙）面间隔 30 cm~60 cm 设置。
- 6.3.4 设计水深大于 0.5 m 的渠（沟）道应设置救生踏步，行走净宽不宜小于 1.2 m，救生踏步布置应符合下列要求：
- a) 救生踏步布置间距应根据安全防护级别合理确定：一级间隔 160 m~240 m，二级间隔 241 m~500 m，三级间隔 501 m~1000 m；
 - b) 渠道布置有救生浮绳时，救生踏步宜布置在救生浮绳中间位置，救生踏步与救生浮绳平面布置参见附录 C 中图 C.7；
 - c) 渠顶布置有安全防护栏杆或防护网时，应在救生踏步处设置可开闭的安全门；
 - d) 渠（沟）道在暗涵、渡槽、隧洞、水闸等重要渠（沟）系建筑物进、出口处应设置救生踏步；
 - e) 救生踏步应从渠（沟）道顶部布置至过水结构底板处。
- 6.3.5 救生浮绳未覆盖的渠段宜在岸边布设救生杆、救生圈或救生衣等设施。
- 6.3.6 水库大坝、水闸、水电站和泵站等建筑物较集中的水利工程，防溺水安全设施以警示牌和安全防护设施为主，宜设置救生设施，但不应影响水利工程的正常运行和调度，设置救生设施应符合下列要求：
- a) 水库大坝上游正常蓄水位至死水位的消落带宜设置救生浮绳、救生抓手和救生踏步等救生设施，间距可参考渠道进行布设，但不应影响涵管放水和溢洪道泄洪等功能；
 - b) 水闸进、出口位置宜设置救生踏步、救生爬梯、救生浮绳和救生抓手等救生设施，但不应影响闸门的正常启闭；
 - c) 水电站和泵站的前池和尾（出）水池宜设置救生踏步、救生爬梯、救生浮绳和救生抓手等救生设施，但不应影响水电站和泵站的正常运行。
- 6.3.7 水工建筑物的坡（墙）面设置攀爬设施应符合如下要求：
- a) 攀爬设施可采用内凹式的救生抓手或外挂式的钢梯，钢梯宜参考 15J 401 图集；
 - b) 攀爬设施应符合美观要求，且与周围环境相协调；

- c) 有泄洪、灌溉或供水任务的建筑物应复核攀爬设施对过流能力的影响，同时应避免对建筑物产生安全隐患。
- 6.3.8 堤防可参考渠道设置救生踏步、救生浮绳、救生抓手和救生杆等救生设施。穿堤涵闸的挡水侧及背水侧坡面应设置救生踏步。
- 6.3.9 浮绳固定桩、救生抓手和救生杆等宜采用奥氏体型或奥氏体——铁素体型不锈钢，其化学成分应符合 GB/T 20878 的有关规定。
- 6.3.10 水工建筑物临水侧岸边可设置现地集成式救援箱，箱内配备救生圈、救生衣、防水手电、保温毯或其他辅助设备等。
- 6.3.11 根据安全防护级别及工程管护要求，对管理较集中的水工建筑物宜设置智能救生装备或智能救生系统：
- a) 智能救生装备包括水域救援无人机、水面救生无人艇和水下搜救机器人等；
 - b) 智能救生系统应包括：智能图像识别单元、应急救援装备、多模通信传输模块及智能救生指挥平台；系统架构应满足可靠性、经济性和先进性等要求，同时具备可扩展性和易维护性。

7 结构设计

7.1 一般规定

- 7.1.1 作用于防溺水设施的永久荷载和可变荷载应包含下列内容：
- a) 永久荷载：包括结构、上部填料和永久设备自重、土压力、其他出现机会较多的荷载；
 - b) 可变荷载：包括静水压力、动水压力、漂浮物撞击力、风压力、救生荷载、其他出现机会较多的荷载。
- 7.1.2 防护栏杆计算应符合附录 D 的规定，动水压力及漂浮物撞击力计算应符合附录 E 的规定，混凝土基础结构稳定计算应符合附录 F 的规定。其余荷载按 SL 744 的规定计算确定。
- 7.1.3 风压应按 GB 50009 的规定确定，宜选取重现期 100 年风压。
- 7.1.4 荷载组合分为基本荷载组合和偶然荷载组合两类，防溺水安全设计应将可能同时作用的各种荷载进行组合，可按表 3 的规定采用，必要时还可考虑其他可能的不利荷载组合。

表 3 荷载组合表

荷载组合	计算情况	荷 载								备注
		1	2	3	4	5	6	7	8	
		自重	水重	土压力	风压力	静水压力	动水压力	漂浮物撞击力	救生荷载	
基本组合	完建情况	√	—	√	√	√	√	—	—	
	设计水位情况	√	√	√	√	√	√	√	—	适用于在水面或水中的防溺水设施
	自救情况	√	√	√	√	√	√	√	√	考虑2~3人在动水中漂浮
偶然组合	施工情况	√	—	√	√	—	—	—	—	应考虑施工过程中各个阶段的临时荷载
	校核水位或加大水位情况	√	√	√	√	√	√	√	√	适用于在水面或水中的防溺水设施
	施救情况	√	√	√	√	√	√	√	√	考虑施救者和被救者共3~5人在动水中漂浮

7.1.5 防溺水设施结构的承载力安全系数 K 不应小于表 4 规定：

表 4 防溺水设施结构的承载力安全系数 K

防溺水设施建筑物级别	1		2、3		4、5	
荷载效应组合	基本组合	偶然组合	基本组合	偶然组合	基本组合	偶然组合
承载力安全系数 K	1.25	1.15	1.20	1.10	1.15	1.05

- 7.1.6 防溺水安全设施利用主体结构作为基础时，不应影响主体结构安全。
- 7.1.7 防溺水标识标牌、防护栏杆、波形梁护栏、防护网宜采用混凝土基础，救生浮绳、救生抓手宜采用微型桩基础。

7.2 混凝土基础

- 7.2.1 混凝土基础结构稳定应考虑上部构件受力。
- 7.2.2 混凝土基础抗滑稳定安全系数计算值不应小于安全系数允许值 $[K_c]$ ，抗倾覆稳定安全系数计算值不应小于安全系数允许值 $[K_0]$ ，安全系数允许值按表 5 采用。

表 5 抗滑动和抗倾覆稳定安全系数允许值

荷载组合		稳定安全 系数类别	级别	
			1、2、3	4、5
基本组合	空槽、有风	$[K_0]$	1.5	1.4
		$[K_c]$	1.3	1.2
偶然组合	施工、有风	$[K_0]$ 、 $[K_c]$	1.2	1.1
	有漂浮物撞击	$[K_0]$ 、 $[K_c]$	1.3	1.2

- 7.2.3 金属构件通过预埋件与混凝土基础连接时，应按受力预埋件进行设计，并符合 SL 191 的相关规定。
- 7.2.4 混凝土基础应布置在岸坡稳定、岩土坚实和地下水位较低的地点，基础宜置于地质良好的地基之上。
- 7.2.5 混凝土基础的地基承载力不宜低于 90 kPa，且基底最大应力应小于地基允许承载力。
- 7.2.6 混凝土基础强度等级不宜低于 C25，有金属构件或埋件的基础顶面宜露出地面 5 cm~15 cm。
- 7.2.7 回填土压实度应根据混凝土基础所处主体建筑物类型和级别进行确定，且不小于 0.91。
- 7.2.8 基础安装上部构件时，混凝土应达到设计强度的 70%以上。
- 7.2.9 基础外露表面宜配置温度钢筋。

7.3 标识标牌

- 7.3.1 标识标牌应采用金属构件制作，板材相关指标及制作应符合 GB/T 23827 等规范要求。
- 7.3.2 单立杆基础的长×宽×高不应小于 60 cm×40 cm×60 cm，双立杆基础的长×宽×高不应小于 120 cm×60 cm×60 cm，具体尺寸应根据计算合理确定。
- 7.3.3 金属连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。
- 7.3.4 金属立杆与混凝土结构之间的连接宜采用预埋件。立杆与下部钢结构采用螺栓连接时，基础主

体结构应在连接处预留螺栓孔。

7.3.5 立杆通过机械锚栓、化学锚栓和植筋与混凝土结构连接时，每个立杆处的锚栓不应少于 3 个，锚栓的直径不应小于 10 mm，锚板厚度不宜小于 8 mm，并应根据 JGJ 145 的相关规定按照非结构构件连接进行设计。

7.4 防护栏杆

7.4.1 防护栏杆应符合下列要求：

- a) 临空高度小于 6.0 m 时，栏杆防护高度不应低于 1.10 m；临空高度在 6.0 m 及 6.0 m 以上时，栏杆防护高度不应低于 1.15 m；
- b) 防护栏杆可采用石材栏杆、金属栏杆或钢筋混凝土栏杆等结构型式。栏杆的设计荷载、材料和样式宜参考 22J403-1 图集；
- c) 采用预制栏杆防护时，各构件应采用安全可靠、防腐耐久的连接方式。

7.4.2 石材栏杆宜选用大理石、花岗岩等质地坚硬、耐磨和耐腐蚀的天然石材，立柱底部榫头长度宜在 150 mm~250 mm 之间，护栏及栏板的榫头长度宜在 40 mm~50 mm 之间。

7.4.3 金属防护栏杆立柱顶部在设计荷载作用下的位移限值应取 25 mm，扶手挠度限值应为扶手长度的 1/250。

7.4.4 钢筋混凝土栏杆立柱宜选用边长为 18 cm~25 cm 的正方形截面，扶手宽度宜为 10 cm~18 cm，扶手高度宜为宽度的 1.2~1.5 倍。扶手设有竖向栅格的短边尺寸不宜小于 8 cm。

7.4.5 栏杆独立柱基础采用混凝土结构型式时，混凝土基础的长×宽×高不应小于 30 cm×30 cm×40 cm，具体尺寸应根据计算合理确定。

7.4.6 钢筋混凝土栏杆的承载力安全系数和配筋率应符合 SL 191 的相关规定。

7.4.7 金属防护栏杆的连接件与主体的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

7.4.8 金属防护栏杆不应直接锚固在砌体结构上，与混凝土结构之间的连接宜采用预埋件。栏杆立柱与下部钢结构采用螺栓连接时，基础主体结构应在连接处预留螺栓孔。

7.4.9 防护栏杆通过机械锚栓、化学锚栓和植筋与混凝土结构连接时，每个立柱处的锚栓不应少于 2 个，锚栓的直径不应小于 8 mm，锚板厚度不宜小于 6 mm，并应根据 JGJ 145 的相关规定按照非结构构件连接进行设计。

7.5 防护网

7.5.1 防护网高度宜为 1.5 m~2.0 m，两个立柱之间长度宜在 2.0 m~3.0 m。

7.5.2 防护网宜采用混凝土基础，混凝土基础的长×宽×高不应小于 30 cm×30 cm×50 cm，斜撑杆基础的长×宽×高不应小于 25 cm×25 cm×40 cm，具体尺寸应根据计算合理确定。

7.5.3 防护网设计基本风荷应符合 GB 50009 的有关规定，材料结构应符合 GB/T 26941.1 和 JC/T 2161 的有关规定。

7.5.4 防护网由立柱、网片、斜撑柱及紧固件等组成，应采用 Q235B 或以上普通碳素结构钢制作。

7.5.5 螺栓、螺母、垫圈等紧固件均应采用热浸镀锌处理，镀锌量不低于 350 g/m²，其他所有钢构件均应先进行热浸镀锌处理后再进行浸塑处理，立柱及网片的颜色宜为绿色。

7.5.6 防护网不应直接锚固在砌体结构上，与混凝土结构之间的连接宜采用预埋件。防护网立杆与下部钢结构采用螺栓连接时，基础主体结构应在连接处预留螺栓孔。

7.5.7 防护网通过机械锚栓、化学锚栓和植筋与混凝土结构连接时，每个立杆处的锚栓不应少于 3 个，锚栓的直径不应小于 10 mm，锚板厚度不宜小于 8 mm，并应根据 JGJ 145 的相关规定按照非结构构件连接进行设计。

7.6 安全盖板及防坠网

- 7.6.1 安全盖板可采用预制钢筋混凝土结构或金属构件。
- 7.6.2 洞口边长不大于 50 cm 的盖板，应能承受不小于 1.1 kN/m² 的荷载；洞口边长大于 50 cm 的盖板，应能承受 4 kN/m² 的荷载。
- 7.6.3 防坠网应采用钢丝绳制成的安全平网进行防护，不应使用密目式安全立网代替平网使用。
- 7.6.4 防坠网的规格尺寸、断裂强度及耐冲击性能应符合 GB 5725 的有关规定。
- 7.6.5 防坠网网孔宜采用菱形或双绞六边形结构，承载能力不小于 1.5 kN/m²。
- 7.6.6 防坠网搭设应牢固严密，易于拆卸，且应符合下列规定：
 - a) 平网每个系结点上的边绳应与支撑架靠紧，边绳的断裂张力不应小于 7 kN，系绳沿网边均匀分布，间距不应大于 75 cm；
 - b) 网体与井壁的空隙不应大于 20 cm，安全网拉结应牢固。

7.7 救生浮绳及救生抓手

- 7.7.1 救生浮绳应选用强度高、耐紫外线和延伸率小的绳索制品，采用聚酯纤维制品的性能指标应符合 GB/T 11787 的有关规定。
- 7.7.2 救生抓手应选择强度高且耐久性好的金属构件，直径宜在 32 mm~50 mm 之间。
- 7.7.3 单个救生浮球不应小于 0.1 kN 的浮力，宜选用耐腐蚀和抗老化的塑料制品。
- 7.7.4 浮绳和救生抓手固定端基础型式应根据地形、地质条件等通过技术、经济比较确定。
- 7.7.5 渠（沟）岩基面较浅段宜采用混凝土基础，土渠（沟）可采用钢管、型钢或微型桩基础，桩身承载力应符合 JGJ 79 有关规定。
- 7.7.6 救生浮绳和救生抓手的基础应能承受 3.0 kN 动水拉力。
- 7.7.7 浮绳固定桩基础的长×宽×高不小于 40 cm×40 cm×50 cm，抓手基础的长×宽×高不小于 30 cm×30 cm×30 cm。
- 7.7.8 微型桩宜采用注浆钢管桩，桩径宜为 70 mm~150 mm，钢管壁厚 2.0 mm~5.0 mm。
- 7.7.9 微型桩顶部在设计荷载作用下的位移限值应取 2 mm，宜通过现场试验确定。
- 7.7.10 钢管、型钢或微型桩金属构件的防腐蚀应符合 SL/T 105 的有关规定。

8 证实方法

- 8.1 依据质量管理体系要求，制定各个环节的安全管理制度，并做好档案管理。
- 8.2 建立水利工程防溺水安全设计档案，主要记录内容包括但不限于：
 - a) 水利工程近期水文资料、工程区域地质勘察简表等输入文件。
 - b) 施工图册（含平面布置图、施工详图及计算书）、工程量表等输出文件。
- 8.3 档案专人保管，记录资料应妥善保存以备溯源，记录保存不应少于 3 年。

附录 A
(资料性)
警示设施样式图

A.1给出了安全标志牌的样式图，A.2给出了复式标识牌的版面样式图，A.3和A.4给出了警示设施的样式图。

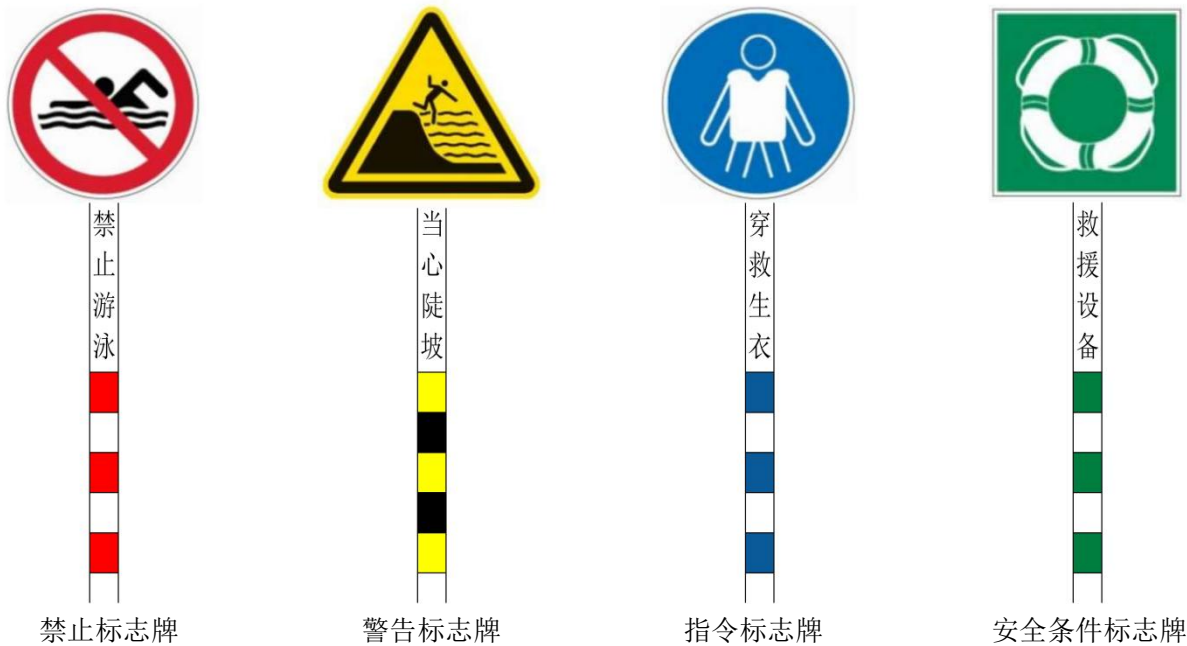


图 A.1 安全标志牌样式图（单位：mm）



复式标识牌一



复式标识牌二



复式标识牌三



复式标识四

图 A.2 复式标识牌版面样式图（单位：mm）

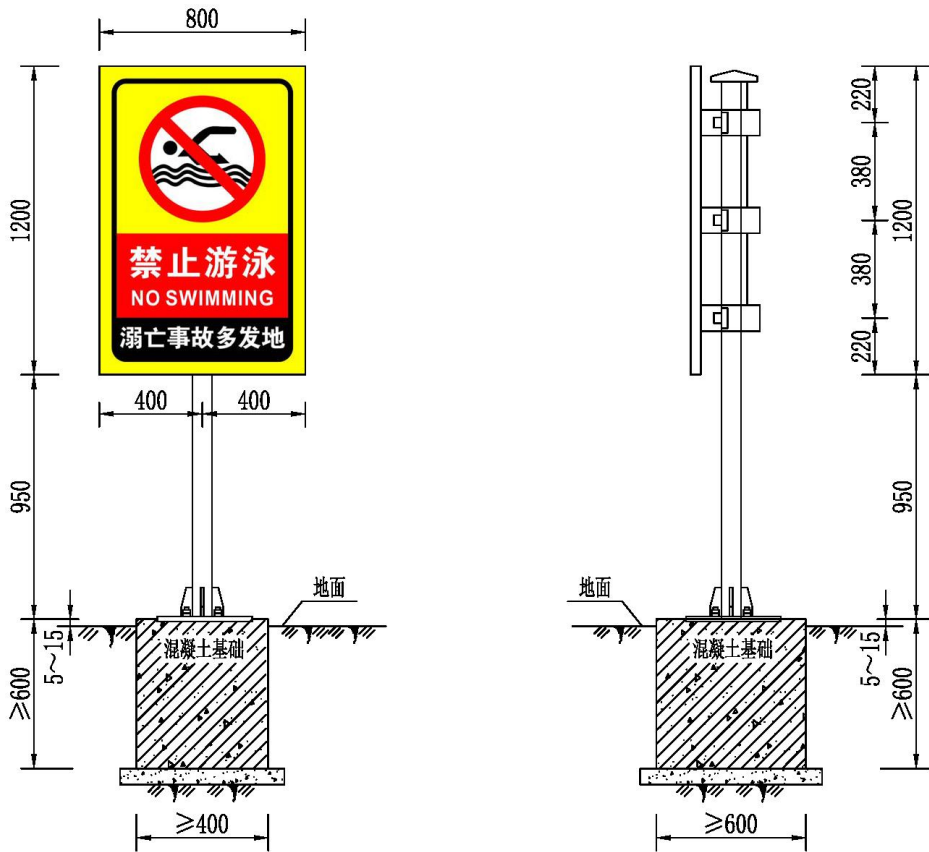


图 A.3 单柱警示牌样式图（单位：mm）

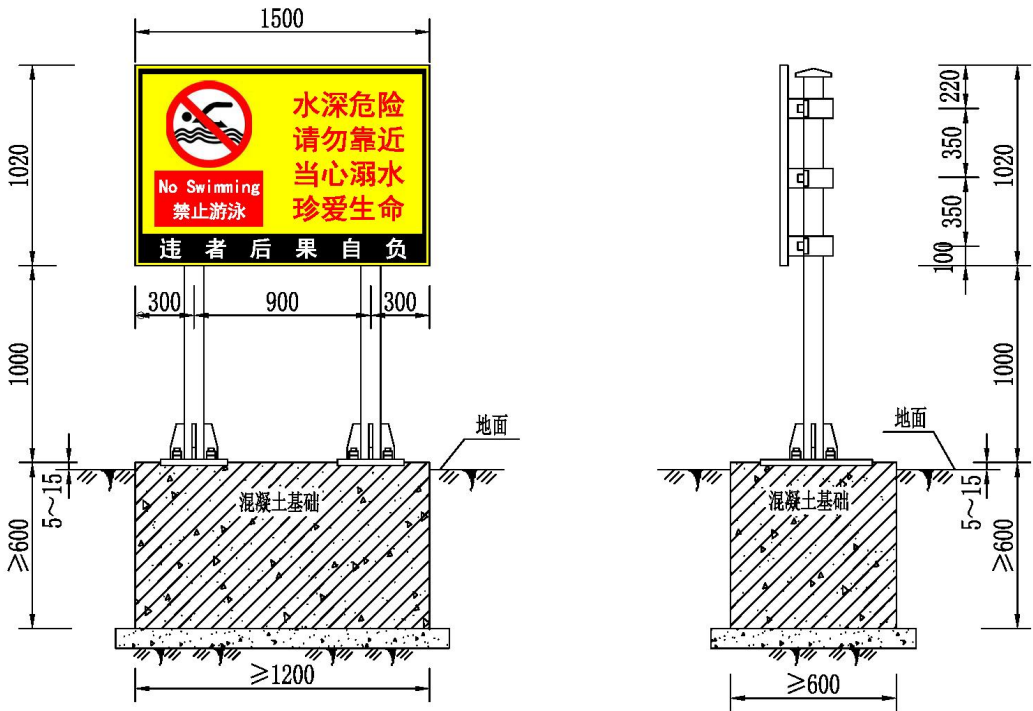


图 A.4 双柱警示牌样式图（单位：mm）

附录 B
(资料性)
防护设施样式图

B.1至B.4给出了防护设施的样式图。

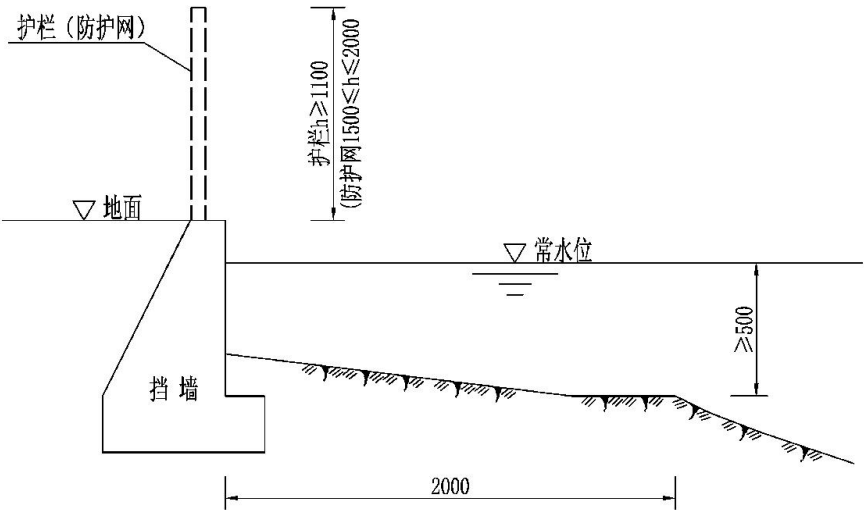


图 B.1 防护栏杆或防护网样式图 (单位: mm)

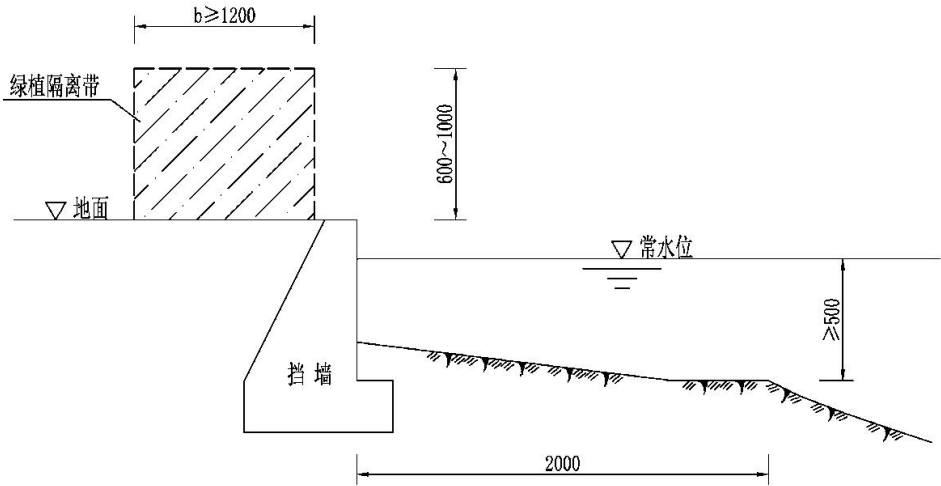


图 B.2 绿植隔离带样式图 (单位: mm)

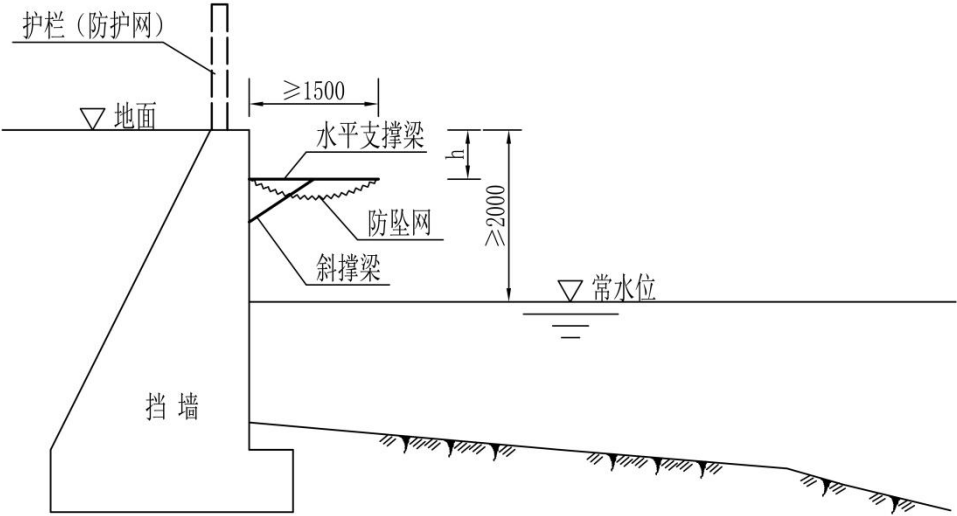


图 B.3 防坠网样式图 (单位: mm)

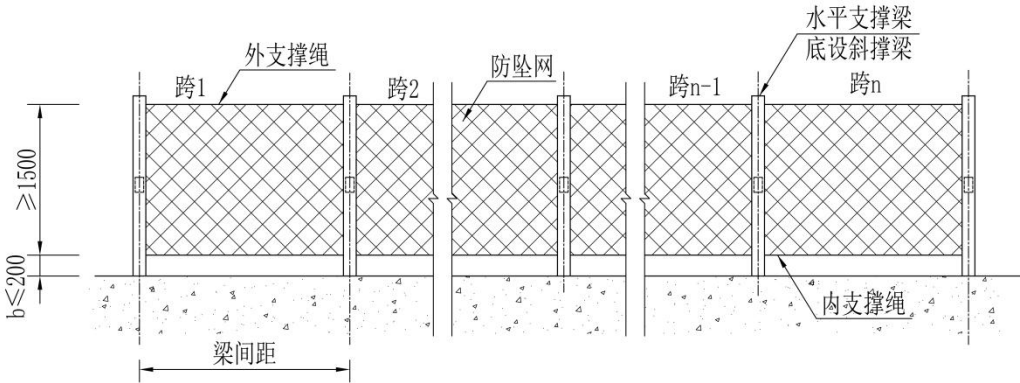


图 B.4 防坠网平面图 (单位: mm)

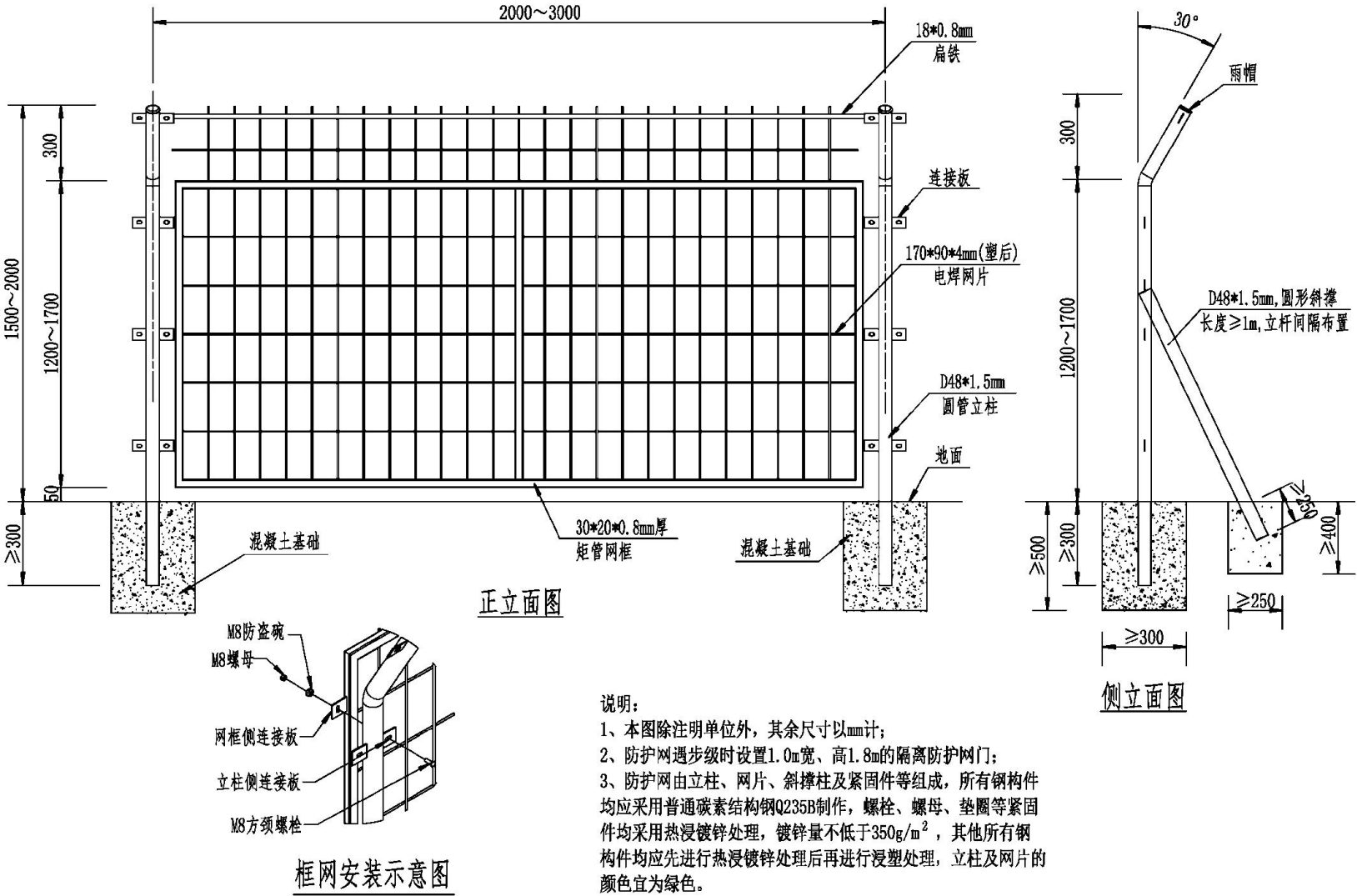


图 B.5 防护网样式图（单位：mm）

附录 C
(资料性)
救生设施样式图

C.1至C.6给出了救生设施的样式图。

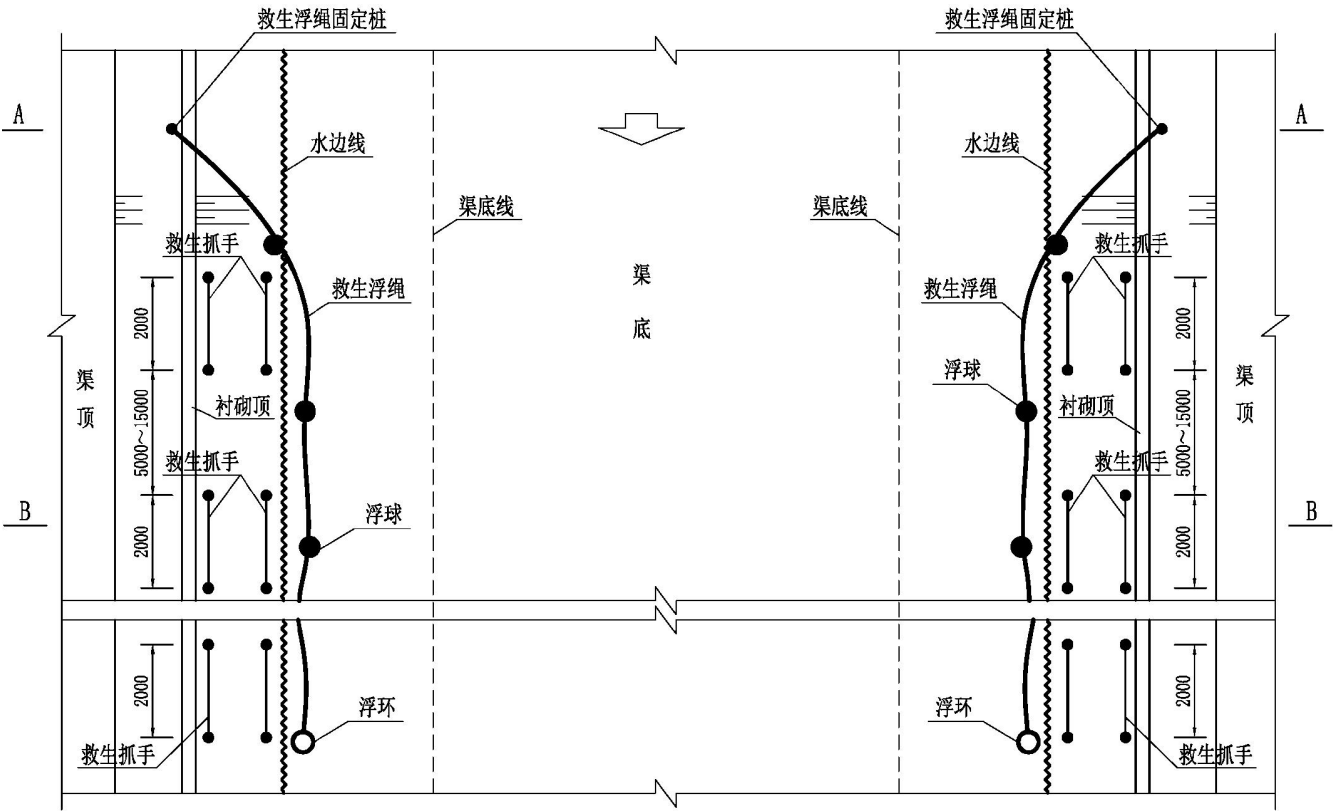


图 C.1 救生浮绳、救生抓手平面样式图 (单位: mm)

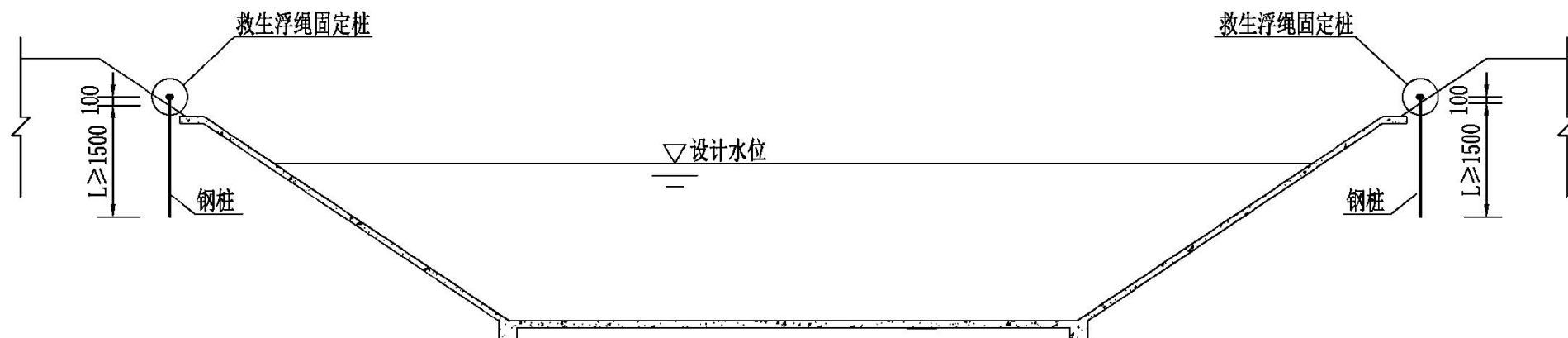


图 C.2 救生浮绳固定桩 (A—A 剖面图, 单位: mm)

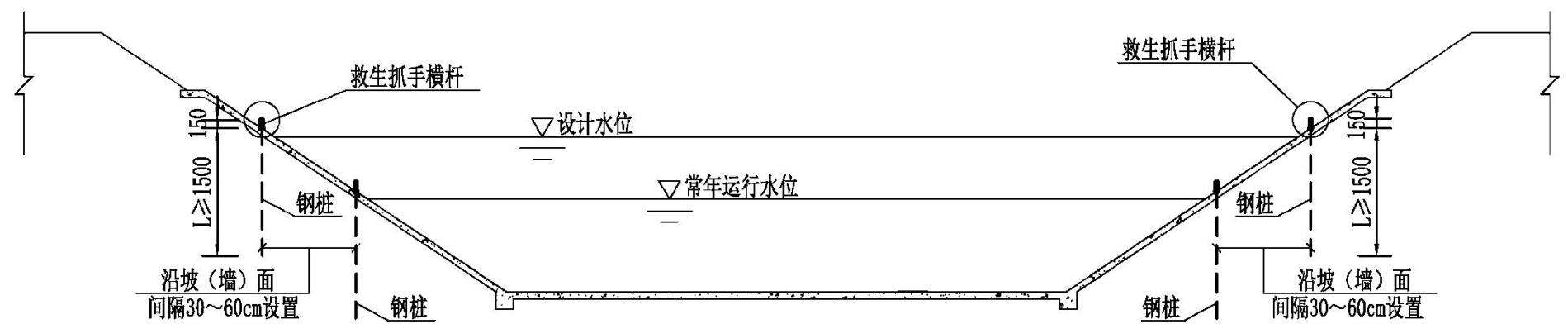


图 C.3 救生抓手 (B—B 剖面图, 单位: mm)

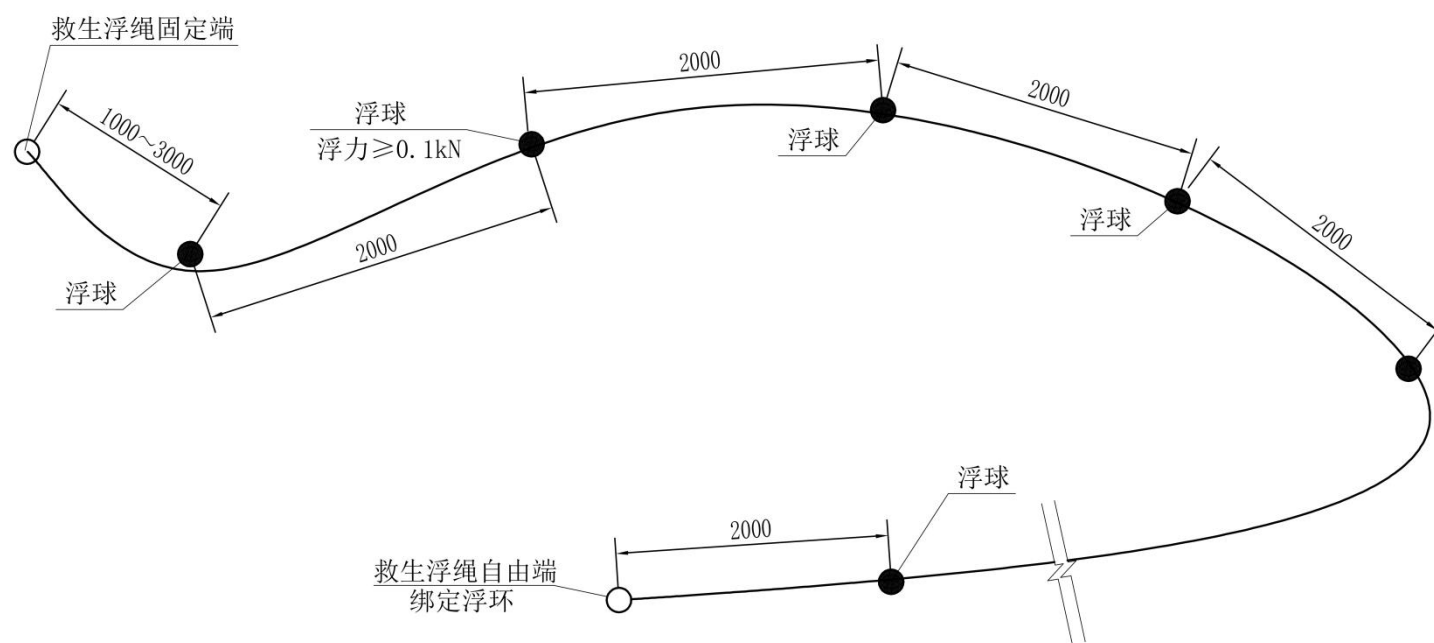


图 C.4 救生浮绳样式图 (单位: mm)

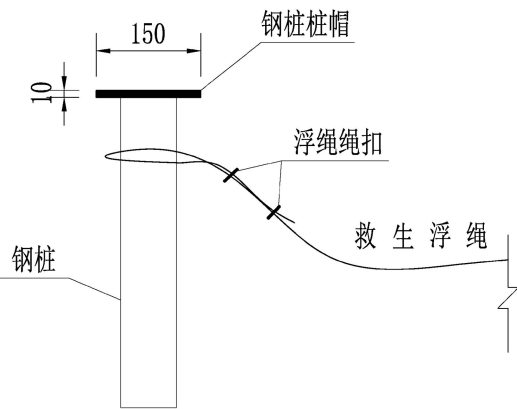
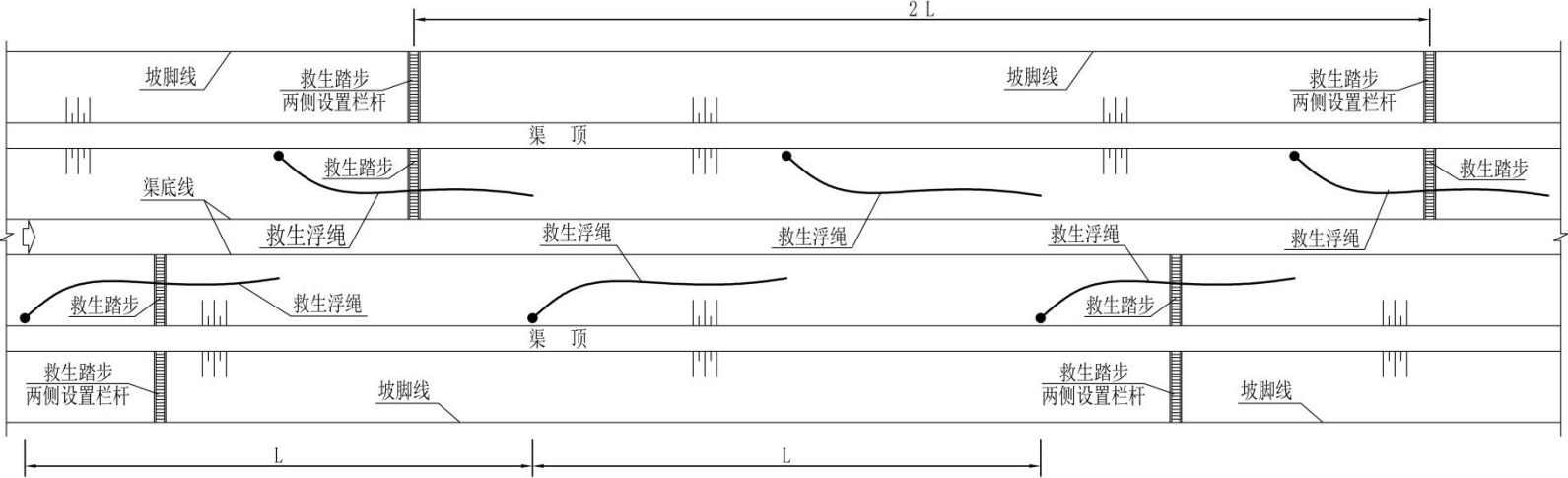


图 C.5 救生浮绳样式图（单位：mm）



图 C.6 救生抓手样式图（单位：mm）



图C.7 救生浮绳与救生踏步平面图（单位：mm）

附录 D
(规范性)
防护栏杆计算

- D.1 防护栏杆荷载设计值的取用，应符合 SL 744 的有关规定。
- D.2 防护栏杆上横杆的计算，应以外力为垂直荷载，集中作用于立杆间距最大处的上横杆的中点处并应符合下列规定：
- D.2.1 弯矩标准值应按下列式计算：

$$M_k = \frac{F_{bk}l}{4} + \frac{q_k l^2}{8} \tag{D.1}$$

式中：

- M_k —— 上横杆承受的最大弯矩标准值，N·mm；
- F_{bk} —— 上横杆承受的集中荷载标准值，N；
- l —— 上横杆计算长度，mm；
- q_k —— 上横杆承受的均布风荷载标准值，N/mm。

- D.2.2 抗弯强度应按下列式计算：

$$\sigma = \frac{KM}{W_n} \leq f \tag{D.2}$$

$$M = \sum \lambda_{qi} M_{ki} \tag{D.3}$$

式中：

- K —— 承载力安全系数，参见表4；
- M —— 上横杆的最大弯矩设计值，N·mm；
- W_n —— 上横杆的净截面抵抗矩，mm³；
- f —— 上横杆抗弯强度设计值，N/mm²；
- λ_{qi} —— 按基本组合计算弯矩设计值，各项可变荷载分项系数。

- D.2.3 挠度应按下列式计算：

$$\nu = \frac{F_{bk}l^3}{48EI} + \frac{5q_k l^4}{384EI} \leq [\nu] \tag{D.4}$$

式中：

- ν —— 受弯构件挠度计算值，mm；
- $[\nu]$ —— 受弯构件挠度容许值，mm；
- E —— 杆件的弹性模量，N/mm²，钢材可取 2.06×10^5 N/mm²；

混凝土根据SL 191-2008表4.1.7条取值。

I —— 杆件截面惯性矩， mm^4 。

D.3 防护栏杆立杆的计算，以外力为水平荷载，作用于杆件顶点，并应符合下列规定：

D.3.1 弯矩标准值应按下列式计算：

$$M_{zk} = F_{zk}h + \frac{q_k h^2}{2} \quad (\text{D.5})$$

式中：

M_{zk} —— 立杆承受的最大弯矩值， $\text{N}\cdot\text{mm}$ ；

F_{zk} —— 立杆承受的集中荷载标准值， N ；

h —— 立杆高度， mm 。

D.3.2 抗弯强度应按下列式计算：

$$\sigma = \frac{\lambda_0 M_z}{W_z} \leq f_z \quad (\text{D.6})$$

$$M_z = \sum \lambda_{qi} M_{zki} \quad (\text{D.7})$$

式中：

σ —— 立杆抗弯强度计算值， N/mm^2 。

M_z —— 立杆的最大弯矩设计值，即弯矩基本组合值， $\text{N}\cdot\text{mm}$ ；

W_z —— 立杆的净截面抵抗矩， mm^3 ；

f_z —— 立杆抗弯强度设计值， N/mm^2 。

D.3.3 挠度应按下列式计算：

$$v = \frac{F_{zk} h^3}{3EI} + \frac{q_k h^4}{8EI} \leq [v] \quad (\text{D.8})$$

附录 E
(规范性)
动水压力和撞击力

E.1 作用在救生浮球等救生设施上的河（渠）道水流动水压力按公式（E.1）计算：

$$P_p = K_p \frac{\gamma v_d^2}{2g} A_p \tag{E.1}$$

式中：

- P_p —— 作用于救生设施的动水压力，kN；
- γ —— 水的容重，kN/m³；
- v_d —— 河（渠）道水流的设计流速，m/s；
- g —— 重力加速度，m/s²；
- A_p —— 救生设施阻水面积，即河（渠）道水面以下至一般冲刷线处，救生设施在水流正交面上的投影面积，m²；
- K_p —— 救生设施形状系数，可按表 E.1选用。

表 E.1 救生设施形状系数 K_p

救生设施迎水面形状	K_p
方形	1.5
矩形（长边与水流方向平行）	1.3
圆形	0.8
尖圆形	0.7
圆端形	0.6

E.2 位于河（渠）道中的防溺水设施承受的漂浮物撞击力，按公式 E.2 估算：

$$P_d = \frac{W_d v_c}{gt_d} \tag{E.2}$$

式中：

- P_d —— 漂浮物的撞击力，kN；
- W_d —— 漂浮物的重力，kN，应根据实际情况或调查确定；
- v_c —— 水流速度，m/s；
- t_d —— 撞击时间，s，如无实际资料时，可取 $t_d=1.0s$ 。

附录 F
(规范性)
混凝土基础稳定计算

F.1 混凝土基础的抗滑稳定安全系数应按下列公式计算：

$$K_c = \frac{f_e \sum N}{\sum P}$$
 (F.1)

式中：

K_c —— 抗滑稳定安全系数；

f_e —— 基底面与地基土之间的摩擦系数，当缺少实测资料时，可按表F.1采用；

$\sum N$ —— 作用于基底面所有铅直力的总和，kN；

$\sum P$ —— 作用于基底面所有水平力的总和，kN。

表 F.1 摩擦系数 f_e 值

岩土的分类名称		f_e
黏性土	软塑	0.25
	硬塑	0.3
	半坚硬	0.3~0.4
亚黏土、轻亚黏土		0.3~0.4
砂类土		0.4
碎、卵石类土		0.5
软质岩石		0.3~0.5
硬质岩石		0.6~0.7

F.2 混凝土基础的抗倾覆稳定安全系数应按下式计算：

$$K_0 = \frac{\sum M_v}{\sum M_p}$$
 (F.2)

式中：

K_0 —— 抗倾覆稳定安全系数；

$\sum M_v$ —— 所有垂直力对基底面形心轴的力矩总和，kN·m；

$\sum M_p$ —— 所有水平力对基底面形心轴的力矩总和，kN·m。

参 考 文 献

[1] GB/T 11787 纤维绳索 聚酯 3股、4股、8股和12股绳索

[2] GB/T 30667 聚酯与聚烯烃双纤维绳索

[3] GB 50071 小型水力发电站设计规范

[4] GB 50201 防洪标准

[5] GB 50265 泵站设计标准

[6] GB 50286 堤防工程设计规范

[7] GB 50288 灌溉与排水工程设计标准

[8] GB 50352 民用建筑设计统一标准

[9] GB 50707 河道整治设计规范

[10] GB 51192 公园设计规范

[11] SL 25 砌石坝设计规范

[12] SL 75 水闸技术管理规程

[13] SL 106 水库工程管理设计规范

[14] SL/T 171 堤防工程管理设计规范

[15] SL 189 小型水利水电工程碾压式土石坝设计规范

[16] SL 205 水电站引水渠道及前池设计规范

[17] SL 253 溢洪道设计规范

[18] SL 265 水闸设计规范

[19] SL 266 水电站厂房设计规范

[20] SL 274 碾压式土石坝设计规范

[21] SL 279 水工隧洞设计规范

[22] SL 285 水利水电工程进水口设计规范

[23] SL 303 水利水电工程施工组织设计规范

[24] SL 319 混凝土重力坝设计规范

[25] SL 379 水工挡土墙设计规范

[26] SL 386 水利水电工程边坡设计规范

[27] SL 654 水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范

[28] JGJ/T 470 建筑防护栏杆技术标准

[29] 15J 401 钢梯

[30] 22J403-1 楼梯 栏杆 栏板（一）
