

ICS XXX  
XXX  
备案号：

DBXX

广东省地方标准

DB XX/ XXXXX—XXXX

# 水下埋置式预制墩台技术规程

(送审稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

广东省市场监督管理局 发布



# 目 次

目次.....	I
前言.....	I
引言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和符号.....	2
4 基本规定.....	3
5 设计.....	4
6 工厂预制.....	7
7 墩台运输.....	10
8 水下墩台安装.....	12
9 墩台施工监测.....	16
本规范用词用语说明：.....	19



## 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》的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由广东省交通运输厅提出，并组织实施。

本文件由广东省交通运输（公路水路）标准化技术委员会(GD/TC 133)归口。

本标准起草单位：港珠澳大桥管理局、浙江大学。

# 引 言

埋置式墩台将承台设置在海床面以下，可显著降低阻水率，对于弱水动力环境下，选择埋置式墩台对于确保防洪具有重要意义；埋置式墩台采用柔性止水法施工或围堰法施工具有施工效率高、施工质量可靠等优点，目前水下埋置式预制墩台设计和施工技术已臻成熟，有必要制定相关技术规程，指导预制埋置墩台的应用。

本规程在借鉴已有相关规定的基础上，吸收港珠澳大桥埋置式预制墩台设计、施工的成功经验编制而成，为今后我省建造类似桥梁工程提供指导。

# 水下埋置式预制墩台技术规程

## 1 范围

- 1.0.1 为规范水下埋置式预制墩台设计与施工,提升我国水下埋置式预制墩台建设技术水平,按照“安全可靠、技术先进、耐久适用、低碳环保、经济合理”的原则,编制本规程。
- 1.0.2 本规程适用于水下埋置式预制墩台的设计与施工。
- 1.0.3 水下埋置式预制墩台施工应遵守国家建设工程质量、安全生产和环境保护的有关法律法规,保证工程质量和施工安全,保护环境。
- 1.0.4 水下埋置式预制墩台设计与施工应贯彻执行国家有关技术经济政策,有序推行智慧建造,积极稳妥地采用新技术、新工艺、新材料、新设备。
- 1.0.5 水下埋置式预制墩台设计与施工,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本规程的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本规程。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规程。

- GB/T 1499.1 钢筋混凝土用钢第1部分:热轧光圆钢筋
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢第2部分:热轧带肋钢筋
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB/T 20065 预应力混凝土用螺纹钢筋
- GB/T 25826 钢筋混凝土用环氧涂层钢筋
- GB/T 33959 钢筋混凝土用不锈钢钢筋
- GB/T 51028 大体积混凝土温度测控技术规范
- GB/T 714 桥梁用结构钢
- GB 18173.2 高分子防水材料 第2部分:止水带
- GB 50496 大体积混凝土施工规范
- GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范
- JTG B02 公路工程抗震设计规范
- JTG D60 公路桥涵设计通用规范
- JTG D64 公路钢结构桥梁设计规范
- JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
- JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
- JTG/T 2231-01 公路桥梁抗震设计规范
- JTG/T 3360-01 公路桥梁抗风设计规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JT/T 822 公路桥梁铅芯隔震橡胶支座
- JT/T 852 公路桥梁摩擦摆式减隔震支座

DBXX/ xxx-xxxx

JT/T 927 桥梁双曲面球型减隔震支座  
JT/T 928 桥梁超高阻尼隔震橡胶支座  
JTS 145-2 海港水文规范  
JTS 131 水运工程测量规范  
JTS 167-13 插入式钢圆筒结构设计与施工规范  
JTS 257 水运工程质量检验标准  
JTS 204 水运工程爆破技术规范  
JTS/T 209 水运工程结构防腐蚀施工规范  
JTJ 211 海港总平面设计规范  
JTJ 319 疏浚工程技术规范  
JGJ 18 钢筋焊接及验收规程  
JGJ 107 钢筋机械连接通用技术规程  
JG/T 502 《环氧树脂涂层钢筋》  
JG 171 镦粗直螺纹钢筋接头  
DB44/T 2294 海洋工程不锈钢钢筋应用技术规范  
DL/T 5215 水工建筑物止水带技术规范  
LD 48 起重机械吊具与索具安全规程

### 3 术语和符号

#### 3.0.1

**预制墩台** precast pier and abutment

在预制场，采用桥梁工业化手段提前进行整体化制作的用于支撑桥梁上部结构并将其荷载传至基础的墩身与承台一体化预制结构。

#### 3.0.2

**水下埋置式墩台** underwater embedded pile cap

为了降低阻水率以及减小船撞风险，而将承台设置于海床或河床面以下的水中桥墩承台。

#### 3.0.3

**围堰止水法墩台安装** Installation of pier and abutment with cofferdam water sealing

水下埋置式墩台安装时通过设置临时性钢围堰防护结构，防止水和土进入墩台安装区域，以便在围堰内进行墩台安装作业的施工方法。

#### 3.0.4

**柔性止水法墩台安装** Installation of pier and abutment with flexible capsule water sealing

水下埋置式墩台安装时通过设置附着于墩身的止水围堰、承台与桩基之间的柔性止水结构、墩身与

围堰之间的柔性止水构造，以实现承台与桩基连接位置的止水，从而实现墩台安装的施工方法。

### 3.0.5

#### 水下基坑 underwater foundation pit

柔性止水法中，为进行水下埋置式墩台在海（河）床面以下部分的施工，在水中由海（河）床面向下开挖出的空间。

### 3.0.6

#### 符号

$P_0$  ——波浪动水压力的振幅；

$H$  ——有效波高；

$\lambda$  ——波数；

$L$  ——为波长；

$d$  ——水深；

$\gamma_w$  ——海水容重；

$\omega$  ——圆频率；

$x$  ——水平位置；

$T_v$  ——钢圆筒围堰振动后降低了的摩阻力；

$P_0$  ——钢圆筒围堰起振力；

$A_0$  ——振动体系的振幅；

$M$  ——偏心力矩；

$Q_0$  ——振动重量。

## 4 基本规定

4.0.1 水下埋置式墩台在设计与施工前应进行针对性的资料收集、调查、测绘及勘察等工作。

4.0.2 应根据设计及施工各阶段的任务、目的、要求，确定收集、调查资料的内容、范围和精度，各阶段调查的基础资料应齐全、准确，施工中遇到特殊情况时应进行补充调查。

4.0.3 基础资料应包括桥址及预制场等的地理位置、交通、地形地貌、水文地质、水中（建）构造物、堤防、码头、气象、航道、锚地、地震、自然生态环境或海洋保护区等方面的信息。

4.0.4 水下埋置式墩台设计与施工各阶段调查与研究的基础资料可参照表 1。

表1 水下埋置式墩台基础资料调研项目

调研项目			阶段			目的
			前期	设计	施工	
社会	航道	航道现有的水深和宽度	△			研究墩台设置的位置
		航道规划的水深和宽度	△			

条件	条件	用地和渔业等所有权	△				
		水底埋设物	△			研究墩台位置及设置深度	
		锚地及禁锚区		△		研究墩台施工布置	
		水底遗弃物			△	研究不确定性对施工的影响	
	附近建（构）筑物等	△	△	△	研究施工对建（构）筑物等的影响		
	水质容许标准			△	研究施工方法及保护措施		
	自然保护区与自然文化遗产	△	△				
自然条件	地质	地层特性、断裂	△	△	△	研究线位、基础与地基处理设计	
		地震	△	△		研究抗震设计用地基参数	
		工程地质及水文地质	△	△		研究设计用地基参数	
		有害物质		△	△	确定开挖土砂的处理方法	
	地下水		△	△	推算水压、围堰入土深度		
	地层土的性质		△		计算土与结构的相互作用		
	气象	风向、风速		△	△	研究墩台吊装方法、计算吊具受力	
		气温		△	△	制定极端温度条件下的施工措施	
		不良气候条件		△		研究施工辅助措施	
	水文和水质	区域防洪要求	△	△		研究结构阻水率	
		异常潮位或水位	△	△	△	研究结构受力和施工围堰设置	
		水流波浪	△	△	△	研究波流力和施工止摆措施	
		水质		△	△	分析施工时对水质的影响	
		水底物质的活动			△	推算基坑开挖深度	
	其它	弃土及取砂石调查			△	△	对疏浚土和砂石料的分析
		墩台预制与运输	预制场位置	△	△	△	研究航道、出运、系泊方案
			预制场自然条件	△	△	△	制订预制施工计划等
临时寄放场地				△	△	研究临时寄放布置及方法	
墩台出运航线					△	△	研究出运航线及运输方法

注：△为该阶段必须调研的项目。

4.0.5 水下埋置式墩台设计使用寿命应满足《公路桥涵设计通用规范》的要求。

4.0.6 水下埋置式预制墩台设计及施工宜采用“标准化、工厂化、装配化”建设理念。

4.0.7 水下埋置式墩台施工应针对工厂预制、水上运输以及水中墩台安装等关键施工环节制定专项施工方案。

4.0.8 水下埋置式墩台施工应考虑对桥址环境的保护，应编制环保专项施工方案。

## 5 设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 水下埋置式预制墩台设计应全面考虑桥址处自然环境条件、工程技术条件、人文和社会条件，根据道路等级、桥梁规模和桥址环境，确定合理的设计使用年限、结构安全等级、抗震设防标准等技术指标。

5.1.2 水下埋置式预制墩台设计应从结构受力、对装配化施工的适应性、施工质量的可靠性、耐久性、环保效应及经济效应等多方面进行方案比选，确定最优方案，宜采用标准化设计。

5.1.3 设计阶段应给出水下埋置式预制墩台的初步施工方法，提出墩身预制分段和施工中的止水思路，编制结构体系转换程序。

5.1.4 水下埋置式预制墩台设计应计算施工过程临时连接区域在自重、风荷载、水压力、波流力等作用下的受力和变形，临时连接部位应满足受力安全和施工需求。

## 5.2 材料

5.2.1 水下埋置式预制墩台采用的混凝土、钢筋和预应力筋应符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)、《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)和《预应力混凝土用螺纹钢筋》(GB/T 20065)等规范的有关规定。

5.2.2 水下埋置式预制墩台采用的钢材应符合现行《桥梁用结构钢》(GB/T 714)或《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64)或《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)的有关规定。

5.2.3 水下埋置式预制墩台应根据施工区域水深情况选择满足相应水压条件的止水材料，止水材料性能应通过试验验证，试验应满足《高分子防水材料 第2部分：止水带》(GB 18173.2)和《水工建筑物止水带技术规范》(DL/T 5215)的要求。

5.2.3.1 选用止水带作为止水材料时，应通过试验检验施工水压下止水带的压缩量及止水效果。

5.2.3.2 选用止水胶囊作为止水材料时，应通过试验检验施工水深下胶囊内部气压是否满足止水要求。

5.2.3.3 水下浇筑的速凝砂浆应通过试验检验其初凝时间和初凝强度，其初凝时间宜不超过1小时，初凝强度宜不小于30MPa。

## 5.3 作用及作用效应组合

5.3.1 水下埋置式预制墩台设计采用的作用应按照《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)、《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01)、《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T 3360-01)和《海港水文规范》(JTS 145-2)等规范的相关规定进行取值和组合。存在荷载不明确的情况时，应开展荷载取值专项研究。

## 5.4 结构计算

5.4.1 水下埋置式预制墩台的整体计算应按照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)的相关规定，对施工过程和运营阶段的结构强度、刚度和稳定性进行计算及抗裂验算。

5.4.2 水下埋置式预制墩台的施工过程中应对承台与桩基的临时连接部位、分段墩身连接部位进行精细化分析。

5.4.3 水下埋置式预制墩台设计应计算墩台安装线形误差对结构受力的影响，并给出墩台安装误差的允许值。

## 5.5 承台与桩基连接设计

5.5.1 水下埋置式预制墩台在承台中设置预留孔时，应考虑桩基尺寸、桩基施工的平面及垂直度误差后，预留孔孔壁与桩基间仍有满足施工作业的空间，且墩台结构受力满足要求。

5.5.2 承台预留孔壁应进行切槽处理，以增加连接时的咬合力，切槽设计应满足以下要求。

5.5.2.1 切槽形状可设计为矩形、梯形或者三角形。

5.5.2.2 切槽尺寸应根据接触界面抗剪性能的局部受力分析进行确定。

5.5.3 水下埋置式预制墩台可采用围堰法、柔性止水法或其它可靠的方法进行安装，承台预留孔设计应考虑墩台安装过程临时连接区域的受力要求和止水构造。

5.5.4 当采用插入不透水层或设有封底混凝土的钢围堰进行止水安装时，应重点考虑结构支撑体系转换时预留孔临时连接区域受力；预留孔中应设置剪力键以辅助传力，剪力键设计应符合以下规定。

5.5.4.1 剪力键通过预埋在承台预留孔底板顶面的钢板实现桩基与承台的连接，预埋钢板锚固承载力应满足剪力键传力要求。

5.5.4.2 剪力键应满足墩台安装过程自重作用、波流力和风荷载作用下的受力要求。

5.5.4.3 剪力键焊缝等级和焊缝尺寸应根据施工过程结构受力计算予以确定。

5.5.4.4 当采用竖向分层浇筑进行支撑体系转换时，还应根据结构受力计算确定分层浇筑高度。

5.5.5 当采用柔性止水方法进行墩台安装时，预留孔临时连接按 5.5.3 进行设计；并对承台以上墩身区域和承台内预留孔与桩基连接区域进行止水设计。

5.5.5.1 承台以上区域可采用附着于墩身周围的钢围堰进行止水，附着式钢围堰设计应满足以下规定。

a) 应考虑水中浮力影响，设置可靠的抗浮措施。

b) 围堰与承台顶面和承台侧面的接触区域应设置止水装置实现止水，对于有抗浮要求的还应设置反压装置。

5.5.5.2 采用嵌于承台预留孔底部的柔性止水胶囊和现浇速凝砂浆的整体式柔性止水体系进行承台预留孔内止水时，止水胶囊设计应考虑桩基施工的垂直度偏差和预留孔与桩基的匹配误差，满足施工水深止水要求。

5.5.5.3 采用分离式柔性止水体系时，应专门设置位于桩基与承台底部间的止水结构，该结构应满足与承台底面的水平方向止水要求和与桩基的竖直方向止水要求。

## 5.6 分段墩身连接设计

5.6.1 应考虑桥墩高度及数量、施工设备吊重能力和结构耐久性等因素后进行墩身分段。

5.6.2 分段墩身可采用现浇湿接缝、预应力筋干接缝、灌浆套筒或其它可靠方式进行连接。

5.6.2.1 采用现浇湿接缝时，应考虑施工作业空间要求，湿接缝高度不宜太小；应考虑后浇接缝的抗裂性能，接缝处宜采用高韧性混凝土材料。

5.6.2.2 采用预应力筋连接时，应评估地震作用下连接截面的承载能力。

5.6.2.3 采用灌浆套筒连接时，应评估地震作用下套筒连接区对桥墩结构变形性能的影响。

## 5.7 耐久性设计

5.7.1 水下埋置式预制墩台应考虑结构不同部位所处的水中区、浪溅区和大气区存在的环境差异，而分别进行耐久性设计；对于后浇部位，应强化耐久性设计，可采用综合防腐措施提升后浇接缝部位混凝土耐久性能。

5.7.2 水下埋置式预制墩台耐久性设计应符合《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310)和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)的相关规定。

## 5.8 抗震设计

5.8.1 水下埋置式预制墩台抗震设计应符合《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01)和《公路工程抗震设计规范》(JTG B02)的相关规定。

5.8.2 抗震设防烈度为7度及以上地区的水下埋置式预制墩台，应进行桥梁上部结构的减隔震设计，优先选用减隔震支座，墩底不宜出现塑性铰区域。

5.8.3 水下埋置式预制墩台采用的各类型减隔震支座应符合《桥梁超高阻尼隔震橡胶支座》(JT/T 928)、《桥梁双曲面球型减隔震支座》(JT/T 927)、《公路桥梁摩擦摆式减隔震支座》(JT/T 852)、《公路桥梁铅芯隔震橡胶支座》(JT/T 822)等相关减隔震支座规范的规定。

# 6 工厂预制

## 6.1 一般规定

6.1.1 墩台预制前应根据场地条件、质量、工期、造价等要求对预制场建设、原材料准备、预制工艺等做好总体部署。

6.1.2 墩台预制施工应建立标准的工厂施工质量控制体系，确保结构混凝土的耐久性满足相关规范要求。

6.1.3 墩台预制施工前应根据选择的原材料进行混凝土配合比设计，混凝土配制应满足耐久性相关要求。

6.1.4 墩台预制前应制定大体积混凝土防裂专项方案。

6.1.5 墩台应根据现场条件及施工能力合理进行分段、分步浇筑。

## 6.2 预制场建设

6.2.1 预制场选址应满足以下要求：

6.2.1.1 预制场的陆上交通须满足原材料、大型施工设备的运输要求；预制场的水上运输应能满足运输要求，并应考虑运输船舶的尺寸、吃水深度、吨位等因素，选择满足运输船舶停靠的场址。

6.2.1.2 应选择地质条件较好的场地，考虑防洪排涝要求，避开居民经济区、取土场、弃土场、塌方、高压线等危险区域。

6.2.1.3 应选择对周边环境影响小的预制场地址，禁止将预制场设于环境保护区。

6.2.2 预制场按功能分区可分为：预制生产区、生产辅助区、办公生活区和运输区等，各区域建设应满足有关部门对工程所在地的水域、防洪的总体规划要求。

6.2.3 墩台预制生产区应包括墩台预制台座、存放台座、运输路线以及配套设施。

6.2.3.1 墩台预制台座及存放台座应满足以下要求：

- a) 应根据墩台设计存储时间要求布置存放台座数量。
- b) 应按照承载力极限状态和正常使用极限状态对台座进行验算，预制台座主要考虑预制墩台自重、模板自重、施工人群荷载、振捣荷载、台座自重、运输台车自重及风荷载；存放平台主要考虑预制墩台自重作用及风荷载。

6.2.3.2 预制场墩台采用轨道转运时，运输轨道建设应满足表 2 要求。

6.2.3.3 预制场墩台采用轮式车辆转运时，应根据载重情况对运输道路做专门设计。

表2 预制场运输轨道建设要求

序号	项目		规定值
1	轨道直线度		$\leq 1/2000$
2	纵向平整度		$\leq L/1000$
3	横向平整度		不超过 $\pm 3$ mm
4	两轨道中心线距离偏差		不超过 $\pm 5$ mm
5	轨道纵坡		$\leq 2\%$
6	轨道接缝	接头间隙	$\leq 1$ mm
		接头高差	$\leq 0.5$ mm

注：L 为轨道长度，单位：mm。

6.2.4 墩台预制生产辅助区应对混凝土拌合站、试验室、钢筋加工车间、材料堆放区等设施进行合理组合；生产辅助区建设应满足以下要求：

6.2.4.1 混凝土拌合站配置搅拌机数量及设计产量依照生产需求配置，料仓顶部应设置顶棚，防止日晒雨淋。

6.2.4.2 钢筋加工车间应设计为封闭式厂棚，防止雨水进入车间锈蚀钢筋等钢构件。车间应配备龙门吊、剪切机、弯箍机、弯曲机、车丝机、焊接设备等各类设备。

6.2.5 办公生活区布置应考虑常风向，采取有效措施减少噪音、尘埃的影响；应根据使用方便、整洁美观的原则进行设计和建设，并设有消防设施。

6.2.6 上料码头、墩台出运码头等应尽量利用有利的地形、地貌合理规划，码头建设须满足交通部水运（港口）工程技术规范的有关规定。

### 6.3 墩台预制施工

6.3.1 水下埋置式预制墩台预制精度应满足表 3 中项目要求。

表3 墩台预制精度

项目	实测项目		规定值或允许偏差 (mm)
1	断面尺寸	外廓尺寸	不超过±15
		壁厚	不超过±10
2	竖直度或斜度		≤ H/3000 且不大于 20
3	墩身高度及承台厚度		不超过±10
4	轴线偏差		不超过±20
6	大面积平整度		≤ 5
6	预埋件位置		≤ 10
7△	钢筋保护层厚度		0~+10
8	预留孔位置		不超过±5
注:	带“△”为海洋或近海等氯化物环境下的要求,其它环境条件的钢筋保护层厚度,参考《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)的相关规定执行。		

6.3.2 水下埋置式预制墩台采用的环氧涂层钢筋应符合现行《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》(GB/T25826)和《环氧树脂涂层钢筋》(JG/T 502)的规定;不锈钢钢筋应符合现行《钢筋混凝土用不锈钢钢筋》(GB/T 33959)、《海洋工程不锈钢钢筋应用技术规范》(DB44/T 2294)的规定;普通钢筋应符合现行《钢筋混凝土用钢第1部分:热轧光圆钢筋》(GB/T1499.1)、《钢筋混凝土用钢第2部分:热轧带肋钢筋》(GB/T1499.2)、《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)等相关规范的规定。

6.3.3 预制墩台的钢筋绑扎宜采用劲性骨架+钢筋绑扎架+穿筋平台,钢筋+劲性骨架宜整体绑扎和吊装。

6.3.4 墩台预制应采用整体式可移动的钢模板,模板应具有足够的强度、刚度和稳定性,模板的制作和安装偏差应满足《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的要求。

6.3.5 对于采用预应力的预制墩台,预应力连接除了满足《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的相关规定外,还应满足以下要求:

6.3.5.1 预应力筋及其锚固系统的品种、规格、技术性能、使用要求及施工工艺须符合设计要求及相关技术标准、规范的规定。

6.3.5.2 体内束管道应安装牢固,接头密合,弯曲圆顺,定位准确,管道支撑处不允许存在局部变形。

6.3.5.3 锚垫板平面应与孔道轴线垂直;锚垫板后的螺旋钢筋垫圈或钢筋网片须按设计要求的数量和位置安装稳固;预应力筋张拉前应检查钢垫板位置、平整度,预应力钢筋保护罩及封闭圈。

6.3.5.4 预应力筋张拉时,混凝土的强度、弹性模量和龄期应满足设计要求,张拉应严格按照设计规定的张拉顺序进行操作。

6.3.5.5 预应力筋张拉应采用智能压浆、张拉系统,压浆时排气、排水孔应有水泥原浆溢出后方可封

闭。

6.3.6 墩台附加防腐的施工应根据设计要求、结构特点、环境条件编制相应施工组织设计或施工方案。硅烷浸渍应满足《水运工程结构防腐蚀施工规范》(JTS/T 209)的相关要求。

6.3.7 预制墩台应按构件类型、安装位置及顺序编号存放,并标注制作日期及最低存放时间要求。

6.3.8 埋入墩台的所有交通工程、维修养护设施等预留预埋件(不可更换构件,含钢板),其外露部分均须按设计要求涂装防腐。

## 6.4 墩台混凝土防裂

6.4.1 墩台预制应充分考虑水化热、干燥收缩、施工缝新旧混凝土约束、劲性骨架约束、保护层厚度以及临时支撑、移动和存放等可能导致裂缝的产生因素,并采取相应的防护控裂措施。

6.4.2 防裂方案应根据墩台耐久性要求、构造形式以及施工工艺特点等确定,明确混凝土原材料及配合比性能指标、温控指标要求、施工过程关键性控制参数及技术措施,并通过相应的现场模型试验进行验证和调整。

6.4.3 应进行系统配合比实验室试配,进行胶凝材料水化热、抗压强度、耐久性能、静力弹性模量、平板抗裂性能测试,优选抗裂能力强的混凝土配合比。

6.4.4 埋置式墩台预制施工时,墩身与承台宜一起浇筑。

6.4.5 大体积混凝土温度控制应符合《大体积混凝土施工规范》(GB 50496)、《大体积混凝土温度测控技术规范》(GB/T 51028)、《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)等相关规范规定。

## 7 墩台运输

### 7.1 一般规定

7.1.1 应制定预制墩台场内转运、码头装船和海上运输专项施工方案。

7.1.2 应根据预制场条件、墩台构造、水文气象、航道条件等因素,选择满足墩台码头上船、水上运输和桥位安装等施工要求的运输船舶。

7.1.3 应实地调研现有航道位置、水深等情况,确定运输路线;对于航道水深不满足运输船舶航行要求的应进行运输路线内航道疏浚。

7.1.4 应根据运输距离、气象水文、作业窗口、工期要求等确定墩台运输作业排布,并与墩台安装作业相协调。

7.1.5 水上运输应遵守避碰规则及航运规定,采取可靠措施预防通航安全事故。

### 7.2 场内转运与存放

7.2.1 应综合考虑预制场地质条件、工效、费用等因素确定墩台转运方法和设备。

7.2.2 分段式中、上节桥墩场内转运宜采用辅助平台,辅助平台应满足以下要求:

7.2.2.1 辅助平台应尽可能满足多种尺寸的承台和墩身运输要求。

7.2.2.2 辅助平台应在预制台座和储存区域进行调平。

7.2.2.3 墩身与辅助平台间应设置可靠的连接构造。

7.2.3 应根据墩台转运方案，分别选取重量最大、高度最高、重心最高的构件进行稳定验算。

### 7.3 码头装船

7.3.1 预制墩台装船方案应综合考虑构件特点、码头条件、场内转运方法及装船设备等因素确定。

7.3.2 墩台装船方法可采用吊装上船或轨道平移装船等方法。

7.3.3 轨道平移装船应满足以下要求：

7.3.3.1 驳船驻位前应观测潮位及风力，选择平潮期进行驻位，现场风力应小于6级。

7.3.3.2 当水深不够需要驳船坐底装船时，在坐底前应进行水下检查，清除底座顶面所有杂物；驳船坐底过程应随时观测驳船位置并通过缆绳调整，直至驳船按设计位置坐底落座。

7.3.3.3 驳船驻位后，可利用短轨将墩台码头轨道与驳船钢轨连接，该短轨应满足受力要求。

7.3.4 吊装装船应满足以下要求：

7.3.4.1 吊装装船临时出运码头应满足起重船宽度、作业宽度和起吊吃水深度要求。

7.3.4.2 墩台起吊前应对船舶、机械设备、吊具等进行全面检查。

7.3.4.3 吊装装船应进行墩台码头试吊，对吊具、紧固装置进行检查，合格后方可起吊运输。

### 7.4 水上运输

7.4.1 墩台运输前应对运输航线进行调查，调查内容至少涵盖以下几个方面：

7.4.1.1 应充分调查码头与墩位间水域的风向、风力、潮水等气象水文条件，研究其分布规律；应排除急流、暗流、大漩涡等不利工况。

7.4.1.2 应调查航行水域的桥梁和跨江电缆等障碍物，并对通航净空进行评估。

7.4.1.3 应调查运输线路内船只出航频率，对拟定线路进行分析和统筹规划，避开交通繁忙时段和区域。

7.4.2 预制墩台水上运输应综合考虑气象水文条件、运输路线、工期要求、墩台尺寸及重量进行设备选型，确定运输船舶吃水深度、航速、吨位等技术参数。

7.4.3 运输作业窗口应考虑运输时长、运输设备性能、水文气象作业限制条件及航运管制等因素确定；墩台运输作业窗口宜设定于白天时段。

7.4.4 墩台运输的水文气象限制条件应综合考虑墩台稳定性、船舶设备性能和作业条件等因素确定；施工环境复杂时应进行墩台运输演练。

7.4.5 运输预制墩台的船舶应验算各种荷载作用下的船舶稳定性与倾侧角，须满足航运要求。

- 7.4.6 预制墩台应进行运输滑移及倾覆稳定性验算，必要时应设置临时固定装置。
- 7.4.7 船舶应始终在安全可操作的界限范围之内行驶，并制定应对雷雨、浓雾、冰雹、台风等恶劣天气的应急处置措施。
- 7.4.8 应确保参与作业的船舶证照、安全、环保设施齐全，状态良好，船员证书齐全、能力适任。
- 7.4.9 应针对运输水域可能发生的通航安全事故和环境变化，制定相应的应急救援方案，包括应急机制、人员安排、消防与医疗保障和预防措施等。

## 8 水下墩台安装

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 应制定水下埋置式预制墩台安装专项施工方案，明确施工工艺。
- 8.1.2 应根据墩台结构形式、水文地质条件、施工装备情况等因素确定水下埋置式预制墩台安装采用的挡水围堰形式，围堰结构应具有可靠的挡水能力，满足施工中的强度、刚度和稳定性要求。
- 8.1.3 应根据墩台与桩基结构特点、施工止水方式确定墩台安装中采用的吊装悬挂系统，吊装悬挂结构应满足施工中的受力和调位、限位要求。
- 8.1.4 应遵守桥位处环境保护规定，调查分析施工过程中可能引起的生态环境保护问题，并制定相应的环境保护方案。

### 8.2 围堰结构

- 8.2.1 对于地质条件不均匀，存在孤石、片石等特殊地质情况的施工区域，宜采用无内撑或少内撑的锁口钢围堰，锁口钢围堰应满足以下要求。
  - 8.2.1.1 锁口钢围堰应便于现场安装与拆除，应在围堰横向弯矩相对较小处进行分块，锁口处应采取可靠的止水措施。
  - 8.2.1.2 锁口钢围堰安装应设置导向装置，围堰初定位完成后应尽快下沉至稳定位置，并选用顺水流方向的角块围堰为首块进行拼装。
  - 8.2.1.3 围堰插打应根据桥位地质情况选择分批次插打，每批次插打的深度不宜大于 5m，各块围堰的相对高差不宜大于 10mm。
  - 8.2.1.4 对于地勘发现的墩位处存在孤石、片石或其它水下障碍物时，应对围堰底口做加强处理。
- 8.2.2 对于地质条件较好，具有稳定不透水层的施工区域，宜采用直接插入不透水层的钢围堰，围堰结构应满足以下要求：
  - 8.2.2.1 应根据承台底设计标高、稳定不透水层情况和振沉设备施工能力确定围堰底标高。
  - 8.2.2.2 应根据围堰自重和动侧摩阻力对围堰振动下沉和拔出过程进行分析，确保围堰的振沉和起拔。
- 8.2.3 采用柔性止水方法进行预制墩台安装时，应设置紧贴承台并附着于墩身的钢围堰，钢围堰应满足以下要求：

- 8.2.3.1 钢围堰宜采用整体式装拆结构形式，接缝处应采取防止渗漏的措施。
- 8.2.3.2 应通过对拉、支顶、预埋件连接等措施确保钢围堰与墩身的可靠连接。
- 8.2.3.3 钢围堰与承台的接触处应设置止水带，必要时增设反压梁等措施，确保可靠止水。
- 8.2.3.4 应对钢围堰内抽水后工况进行抗浮验算，对于存在上浮情况应采取抗浮措施。

### 8.3 吊装悬挂系统

8.3.1 预制墩台安装采用的吊装悬挂系统应满足以下要求：

- 8.3.1.1 吊装悬挂系统应满足浮吊操作要求，便于安装与拆除，具备可重复使用性。
- 8.3.1.2 吊装悬挂结构的强度、刚度、稳定性以及抗疲劳性能应满足施工过程结构受力要求。
- 8.3.1.3 吊装悬挂系统应考虑与桩基的协同工作，宜具备水平和竖向调位能力及限位功能。

8.3.2 预制墩台吊装过程的吊点区域应满足以下要求：

- 8.3.2.1 吊点应满足预制墩台重量、施工临时荷载作用及其他荷载共同作用下的受力要求。
- 8.3.2.2 吊点处的承台局部受力应满足承载能力要求。

8.3.3 悬挂系统安全控制

8.3.3.1 悬挂系统应符合《起重机械吊具与索具安全规程》（LD 48）等规范的要求。

8.3.3.2 吊装前应全面检查吊具是否有可见损伤、变形和磨损、焊缝开裂等现象，检查吊索是否有腐蚀、脱丝、断丝、扭结、挤出等现象；对于出现上述情况应及时对悬挂系统进行安全评估，评估通过后方能继续开展吊装作业。

8.3.3.3 应设置专门的吊具放置措施，在吊具放置的时候，避免吊具构件相互挤压及产生扭、折等情况。

8.3.3.4 吊具的使用状态及检测记录应有固定人员负责。

### 8.4 围堰止水法墩台安装

8.4.1 围堰安装到位后应进行抽水吸泥，围堰内排水不应过快，排水过程中应加强对围堰结构的观测；至设计标高后，应在围堰内四周设集水槽和水泵。

8.4.2 预制墩台吊装前应进行桩头处理和钢筋表面清理，避免钢筋伸出桩外影响墩台的安装。

8.4.3 应根据测量放样出的限位控制点设置导向装置。

8.4.4 墩台吊装应满足以下要求：

8.4.4.1 每次起吊时，构件吊起 10cm，静置 5min，无异常情况方可继续吊装。

8.4.4.2 吊装过程应有专人指挥，严禁无关人员在吊装区域逗留。

8.4.4.3 墩台吊装应缓慢落钩，通过测量系统实时调整平面位置，并利用限位装置使墩台强制就位。

8.4.4.4 墩台最终落位前应再次复核墩台的平面位置。

8.4.5 墩台调位精度应满足表 4 所列项目要求。

表4 预制墩台现场安装施工控制精度

序号	项目	允许误差 (mm)
1	垂直度	H/3000 且不大于 30
2	墩顶面高程	±10
3	轴线偏位	优先墩±20, 其它墩±10

8.4.6 承台预留孔施工应按设计要求分批进行浇筑, 通过体系转换完成所有预留孔施工, 结构体系转换应满足以下要求。

8.4.6.1 第一批预留孔施工由悬挂系统作为临时支撑, 预留孔混凝土浇筑应对称进行, 保证受力均匀。

8.4.6.2 待第一批预留孔混凝土强度达到设计等级的 80%后方可进行体系转换, 后续预留孔应按顺序对称浇筑。

8.4.6.3 对于采用竖向分批浇筑的, 首层浇筑的混凝土高度不应小于设计要求高度。

8.4.6.4 对于采用水平分批浇筑的, 在后续浇筑的预留孔的承台与桩基间设置剪力键连接时, 剪力键施工应满足以下要求:

- a) 焊接剪力键前, 应对承台预留孔底板预埋钢板进行清理;
- b) 应对剪力键焊缝进行 100%无损检测, 保证焊缝质量等级达到设计要求。

8.4.7 预留孔钢筋混凝土施工应满足以下要求:

8.4.7.1 承台预留孔应采用微膨胀混凝土, 其配合比应进行专门设计并进行试验验证。

8.4.7.2 预留孔浇筑前应清理桩顶松散混凝土及桩外壁, 使用淡水冲洗和湿润桩顶、桩外壁以及承台预留孔侧壁。

8.4.7.3 预留孔钢筋应在墩台预制场内进行预匹配连接, 进行编号后运至现场。

8.4.7.4 预留孔新老混凝土接触面应涂刷界面剂, 保证新老混凝土紧密结合。

8.4.7.5 应进行预留孔底部封堵, 底部托底模板与承台底部混凝土间可设置橡胶条进行止浆。

8.4.7.6 混凝土应分层浇筑, 分层振捣, 振捣作业必须严格遵守操作规程, 保证混凝土的密实。

8.4.7.7 应严格保证预留孔内新浇筑混凝土振捣质量, 尤其是新老混凝土接触部位; 可采取二次振捣、二次抹面的措施, 防止混凝土裂缝发生。

8.4.7.8 混凝土浇注后应采取养护措施, 保证其在 10d 内且混凝土达到 80%设计强度前, 不受海水的侵袭。

8.4.8 墩台安装完成后应及时进行吊点的拆除及修补, 吊点槽口内应浇筑与承台混凝土同标号的高性能微膨胀砂浆。

## 8.5 柔性止水法墩台安装

### 8.5.1 水下基坑开挖

8.5.1.1 采用柔性止水法进行墩台安装应在桩基施工前进行基坑开挖，基坑开挖前应开展以下工作。

- a) 应进行现场实地调查，分析江（河、海）堤岸、闸门、围堰、管线、周边建（构）筑物、水下障碍物及其它设施的详细资料，并对基坑影响范围管线、建筑物等进行监控测量。
- b) 应根据桥位水文地质条件、墩台构造、墩台安装工艺等条件，确定合理的水下基坑边坡比和基坑超挖量。
- c) 水下基坑边坡比和基坑超挖量可通过计算水下基坑稳定性和回淤量进行理论分析，同时应进行现场试验予以验证，并在施工过程中根据现场情况及时修正。
- d) 开挖前应进行一次完整的初始水下地形测量。根据《水运工程质量检验标准》（JTS 257）规定绘制水深测量图。

8.5.1.2 基坑开挖应按分段、分层进行施工，可分为粗挖、精挖、清淤三个阶段，水下基坑开挖施工应满足以下要求。

- a) 基坑开挖应采用分层阶梯开挖的施工工艺，遵循“下超上欠，超欠平衡”的原则。
- b) 基坑开挖精挖层厚度应结合施工工艺和工程控制要求确定，宜为基坑底面以上2~3m范围。
- c) 基坑分层分段开挖、抛泥等技术要求应符合《疏浚工程技术规范》（JTJ 319）等相关行业规范的要求。
- d) 基坑开挖区域如有岩石，应根据其坚硬程度，确定是否经预处理后再开挖。岩石预处理爆破作业应符合《水运工程爆破技术规范》（JTS 204）等相关行业规范的要求。
- e) 基坑开挖施工应考虑回淤量并与后续工序合理衔接，回淤较大时应进行清淤。
- f) 基坑开挖弃方必须按审批指定的区域倾倒，基坑边坡顶部严禁堆置开挖的淤泥和土石方。
- g) 在环保区域进行基坑开挖施工时，应遵守有关环保规定，采取合理的施工方法和必要的控制措施，并对水域土粒扩散和混浊度等进行检测。

### 8.5.2 承台与桩基之间柔性止水

8.5.2.1 采用整体式柔性止水体系时应满足以下要求。

- a) 承台预留孔位置应与桩基施工的几何线形相匹配。
- b) 止水胶囊的承压能力和止水效果应满足施工水深的止水要求，应在正式使用前对止水胶囊充气进行内压与止水效果的试验，胶囊内部承受压力能力应不小于两倍施工水深压力。

8.5.2.2 承台与桩基之间采用分离式柔性止水体系时应满足以下要求。

- a) 分离式柔性止水体系中须设置可嵌套于桩基上的托盘或抱箍或其它类似结构，分离式柔性止水结构应满足施工中的受力要求；结构顶面应具有可放置止水带的构造；结构与桩基接触面

应具有可放置止水带或止水胶囊的构造。

- b) 分离式柔性止水结构径向尺寸应考虑在承台预留孔尺寸、孔位和桩基施工的最不利施工误差下，环形止水带可覆盖承台预留孔底口；其与承台底面接触的顶面的平整度应不超过 3mm，内径误差应不超过±10mm。
- c) 止水结构顶面应均匀布置高度限位装置，装置高度应与止水带设计压缩后的高度相同。限位装置顶面应磨平，标高误差应控制在±3mm 以内。
- d) 采用托盘结构时，应在环形托盘内部设置止水胶囊的充气管道；环形托盘内还应设置限位滑轮以保证托盘顺利吊装下放。
- e) 分离式柔性止水体系采用的止水带或止水条的压缩量与止水效果应满足施工水深的止水要求，应在正式使用前对止水带/止水条进行压缩量与止水效果试验。
- f) 分离式柔性止水体系采用的止水胶囊内部承受压力能力应不小于 1.3 倍施工水深压力，并在正式使用前对止水胶囊充气进行内压与止水效果的试验。

### 8.5.3 墩台安装过程止摆与减振

8.5.3.1 柔性止水法施工中应控制最不利荷载作用下承台与桩基的相对位移，在后浇孔施工时，该位移值应不超过《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)中规定的混凝土结构裂缝宽度限值。

8.5.3.2 应对墩台安装过程采取可靠的止摆与减振措施，保证安装中墩台与桩基的相对位移满足施工要求，确保承台预留孔施工质量。

8.5.3.3 墩台止摆与减振应设置专门的工装进行锁定，工装应满足以下要求。

- a) 工装布置位置应根据施工精度控制要求、结合理论分析结果，沿高度方向宜分别设置在墩台顶部、中部和底部。
- b) 墩台顶部的锁定可通过安装在墩台吊具上的千斤顶实现；墩台中部的锁定可通过钢楔块和对拉收紧装置实现，钢楔块位于墩身与桩基之间；墩台底部的锁定可通过承台预留孔内千斤顶实现，千斤顶布置应防止墩台与千斤顶的碰撞，并能够适应桩基倾斜度的变化。

### 8.5.4 墩台安装

8.5.4.1 墩台安装前应对桩基表面进行彻底清理，确保桩基外壁光滑，桩外壁不得有突出的焊缝等结构，焊缝打磨控制余高应不大于 0.5mm。

8.5.4.2 钢管桩顶应进行抄平，作业后桩顶标高误差应控制在±5mm 以内。

8.5.4.3 应在承台预留孔内设置导向结构，导向结构宜采用轮式构造。

8.5.4.4 墩台下放到位后应在低水位时进行钢围堰内抽水，抽水过程中应密切观察水位下降的速度，和抗浮装置工作状况，发现漏水问题时立即停止抽水，解决问题后方可继续抽水。

8.5.4.5 承台预留孔施工应符合本规程 8.4.5~8.4.8 的要求。

## 9 墩台施工监测

## 9.1 一般规定

9.1.1 施工前，应熟悉设计图纸，并收集当地水文、水质、混浊度等有关测量资料，制定墩台施工监测专项方案。

9.1.2 墩台施工过程中应对制造时的结构几何尺寸、运输和安装过程的结构几何状态、浇筑时的水化热温度场以及安装过程最不利受力部位的应力状态、墩台与桩基相对位移进行监测。

9.1.3 应根据测试对象的响应随时间的变化规律，确定监测频率，选择监测设备。

## 9.2 测试内容

9.2.1 墩台工厂预制阶段应监测墩台的几何状态和混凝土水化热。几何状态重点监测墩台结构尺寸、垂直度和定位件的预制精度；墩台大体积混凝土应监测水化过程的结构温度。

9.2.2 墩台运输阶段应对墩台的倾斜状态进行监测。

9.2.3 墩台吊装过程应监测墩台和吊具最不利受力部位；下放过程应监测墩台平面位置和垂直度；承台预留孔施工过程应监测承台与桩基的相对位移。

## 9.3 测试方法

9.3.1 墩台预制过程中的水化热监测选择测试范围大、精度高、线性化及稳定性好的温度传感器。

9.3.2 墩台几何状态监测宜选择全站仪进行平面位置监测和垂直度监测。

9.3.3 运输过程宜采用倾角仪进行动态监测。

9.3.4 吊具受力和墩台局部受力监测应采用抗干扰能力强、精度高、方便使用的应力计或其他应变式传感器、光栅光纤传感器。

9.3.5 墩台柔性止水法安装过程中对承台与桩基的振动监测宜采用惯性式传感器，测试方法应符合《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982）的要求。

## 9.4 测试精度

9.4.1 温度传感器监测精度应不大于  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

9.4.2 全站仪测角精度应不大于  $1''$ ，测距精度应不大于  $2\text{mm}+2\text{ppm}$ 。

9.4.3 倾角仪量程应介于测点倾角位移估计值的 2 倍~3 倍，倾角仪测试精度宜不大于倾角估计值的  $1/10$ 。

9.4.4 应力传感器的分辨率应不大于  $1\mu\epsilon$ ，测试精度应不大于满量程的 0.5%，监测值宜控制在满量程的 50%~80%。

DBXX/ xxx-xxxx

9.4.5 振动监测应根据墩台与桩基的振动特性选择合适的采样频率，数据处理时应选择合适的滤波器和窗函数。

## 本规范用词用语说明：

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”或“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用词：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，首先应这样做的用词：正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

2 规程中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”。