**ICS 91.060.50**

**Q 70**

**江苏省土木建筑学会标准 T**

**T/JSTJXH 001-2022**

**桥梁水中沉井基础施工监控**

**技术规程**

**Technical specification for construction monitoring of bridge submerged caisson foundation**

**2022-X-XX** 发布 **2022-X-XX** 实施

 江苏省土木建筑学会 发布

**前 言**

为进一步规范江苏省桥梁水中沉井基础施工期间监控技术工作的实施和管理，实现沉井基础施工全过程的安全可控、有序高效，经调查研究、认真总结实践经验的基础上，制定本规程。

本技术规程共分7章，主要包括：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.控制计算；5.施工监测；6.数据处理与信息反馈；7.监控成果及要求。

本规程由江苏省土木建筑学会负责管理，中铁桥隧技术有限公司负责解释。各单位在执行过程中如有修改意见或建议，请反馈至中铁桥隧技术有限公司（地址：江苏省南京市江北新区磐能路8号，邮编号码：210061，联系电话：025-58744609）。

本规程主编单位： 江苏省交通工程建设局

 中铁桥隧技术有限公司

本规程参编单位： 中铁大桥勘测设计院集团有限公司

中国科学院武汉岩土力学研究所

中铁大桥局集团有限公司

中交第二航务工程局有限公司

 本规程主要起草人员： 技术规程编制组

本规程主要审查人员： 技术规程审查组

**目 次**

[1 总则 1](#_Toc112367212)

[2 术语和符号 2](#_Toc112367213)

[2.1 术语 2](#_Toc112367214)

[2.2 符号 1](#_Toc112367215)

[3 基本规定 3](#_Toc112367216)

[4 控制计算 6](#_Toc112367217)

[4.1 一般规定 6](#_Toc112367218)

[4.2 计算内容与方法 6](#_Toc112367219)

[5 施工监测 13](#_Toc112367220)

[5.1 一般规定 13](#_Toc112367221)

[5.2 监测项目 13](#_Toc112367222)

[5.3 监测点布置 14](#_Toc112367223)

[5.4 监测方法及精度要求 15](#_Toc112367224)

[5.5 监测频率 16](#_Toc112367225)

[6 数据处理与信息反馈 18](#_Toc112367226)

[7 监控成果及要求 20](#_Toc112367227)

[7.1 监控成果 20](#_Toc112367228)

[7.2 监控要求 21](#_Toc112367229)

[规程用词说明 22](#_Toc112367230)

[引用标准名录 23](#_Toc112367231)

[条文说明 24](#_Toc112367232)

**Contents**

[1 General Provisions 1](#_Toc112367212)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc112367213)

[2.1 Terms 2](#_Toc112367214)

[2.2 Symbols 1](#_Toc112367215)

[3 Basic Reguirement 3](#_Toc112367216)

[4 Control calculation 6](#_Toc112367217)

[4.1 General Provisions 6](#_Toc112367218)

[4.2 Calculate Content 6](#_Toc112367219)

[5 Construction monitoring 13](#_Toc112367220)

[5.1 General Provisions 13](#_Toc112367221)

[5.2 Monitoring Items 13](#_Toc112367222)

[5.3 Layout of Monitoring Point 14](#_Toc112367223)

[5.4 Monitoring Methods and Accuracy Requirements 15](#_Toc112367224)

[5.5 Monitoring Frequency 16](#_Toc112367225)

[6 Data Processing and Information Feedback 18](#_Toc112367226)

[7 Monitoring Results and Requirements 20](#_Toc112367227)

[7.1 Monitoring Results 20](#_Toc112367228)

[7.2 Monitoring Requirements 21](#_Toc112367229)

Instructions for Wording  [22](#_Toc112367230)

Standard Citation List  [23](#_Toc112367231)

Article Description  [24](#_Toc112367232)

# 1 总则

**1.0.1** 为规范桥梁水中沉井基础施工监控工作，提高施工监控技术水平，保证工程质量，特制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于桥梁水中沉井基础（以下简称“水中沉井”）的施工监控，其他大型沉井可参照执行。

**1.0.3** 水中沉井施工监控宜由桥梁建设单位委托给具有相应技术能力的施工监控单位承担。

**1.0.4** 水中沉井宜以可视、可测、可控为施工监控目标。

**1.0.5** 水中沉井施工监控，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家相关的法律、法规及国家、行业相关现行标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

**2.1.1** 钢壳混凝土结构 steel shell-concrete structure

为了浮运或下沉需要，沉井的下部或全高采用钢材制作成的中空薄壁结构，沉井下沉过程中在薄壁空腔内填充混凝土，形成钢壳与混凝土的组合结构。

**2.1.2** 沉井出坞浮运 float-conveyance

借助水浮力把自浮状态的沉井拖运至墩位处的施工方法。

**2.1.3**  沉井定位 caisson location

悬浮在水中的沉井通过固定在锚墩或锚船上的拉缆调整其平面中心坐标满足精度要求的过程。

**2.1.4**  沉井着床 caisson implantation

悬浮在水中的沉井下降至与河床面接触的瞬间。

**2.1.5**  取土（吸泥）下沉 excavate soil to sink

从沉井的井孔内将地基土体取出，沉井依靠自重克服刃脚反力及井壁周边摩阻力沉入地层中的过程。

**2.1.6**  盲区 blind area

因井壁、隔墙、操作平台结构和沉井倾斜形成的垂直投影覆盖区，是吸泥机等垂直取土设备无法直接取土的区域。

**2.1.7**  盲区土体临界深度 threshold depth of soil in blind area

在沉井基础及有关施工荷载作用下，一定宽度的盲区土体失稳时对应的自立高度。

**2.1.8**  盲区土体临界宽度 threshold width of soil in blind area

在沉井基础及有关施工荷载作用下，一定自立高度的盲区土体失稳时对应的土体宽度。

**2.1.9**  端阻力 base resistance

沉井下沉过程中与土体接触的刃脚产生的正面阻力。

**2.1.10**  侧壁阻力 wall friction

沉井下沉过程中入土部分的井壁、隔墙与土体产生的摩阻力。

**2.1.11**  沉井有效重量 effective weight

沉井自重量减去其所承受的水浮力后的重量。

**2.1.12**  空气幕 air curtain

由预埋在井壁外侧的气孔喷射出高压气流，气流沿井壁外侧上升并形成含有气体与水的液化土层，从而降低井壁与周边土体摩阻力的一种助沉措施。

**2.1.13**  台阶式渐进取土 stepped progressive soil excavation

沉井取土下沉中采用从中间井孔逐步向四周井孔渐进有序推进、形成外周井孔泥面始终高于中间井孔的台阶形态的取土工艺。

**2.1.14**  超取土深度 allowable depth of excessve soil excavation

超过刃脚踏面下的容许取土深度。

**2.1.15** 翻砂sand-casting

沉井下沉过程中沉井外周边地层的土从沉井底口涌入井孔内的现象。

**2.1.16** 主动控制 active control

在水中沉井施工监控过程中，通过理论分析与已施工沉井结构的当前变形、内力、几何姿态、水下地形、下沉量及下沉速率等测量数据进行对比分析，通过误差分析和调整参数等一系列控制手段，预测未施工沉井的力学行为状态（姿态、变形和内力）等参数状态，使沉井施工全过程安全可控，结果达到预期目标的工作总称。

**2.1.17** 施工监控 construction control

针对沉井基础设计目标，通过施工过程计算模拟分析、现场监测以及误差识别与修正，对沉井基础进行主动控制，提供技术支撑的全部工作总称。

**2.1.18** 施工监测 construction monitoring

在沉井基础施工过程中，对结构的几何状态、受力及环境关键参数等进行的现场测量测试。

**2.1.19** 控制计算 controlling calculation

根据土体参数等，通过对沉井基础下沉过程中的力学行为状态进行控制的相关计算，控制沉井基础施工全过程结构内力、几何姿态等。

**2.1.20** 监控指令 monitoring instructions

在沉井基础施工过程中，监控单位正式签发用于指导现场施工的技术性要求的正式文件。

## 2.2 符号

$φ$——沉井在浮运阶段的倾斜角；

$M$——外力矩；

$V$——排水体积；

$α$——沉井重心至浮心的距离；

$ρ$——定倾半径；

$I$——沉井浮体排水截面面积的惯性矩；

$γ\_{ω}$——水的容重；

$f\_{kx}$——侧壁与土的极限摩阻力标准值；

$h\_{x}$——计算点距离地面的深度；

$f\_{k}$——单位极限摩阻力标准值；

$h\_{v}$——刃脚到井壁变截面高度；

$T\_{f}$——侧壁与土的总摩阻力标准值；

$U\_{i}$——第i层土中侧壁外围周长；

$f\_{ki}$——第i层土的单位摩阻力标准值；

$H\_{i}$——第i层土的厚度；

$k\_{st}$——下沉系数；

$G\_{k}$——沉井自重，包括附加荷载；

$F\_{w}$——下沉过程中地下水的浮托力；

$γ\_{w}$——水的容重；

$V$——沉井在水位以下的体积；

$R\_{1}$——刃脚下地基极限承载力；

$U$——侧壁外围周长；

$n$——刃脚斜面与土体接触面的水平投影宽度；

$R\_{k}$——地基极限承载力；

$R\_{2}$——隔墙和底梁下地基极限承载力；

$A\_{1}$——隔墙支撑面积；

$A\_{2}$——井壁支撑面积；

$k\_{c}$——接高稳定性系数；

$G\_{kc}$——接高后的沉井重量；

$k\_{f}$——抗浮系数；

$G\_{1k}$——下沉到设计标高后沉井基础的重量标准值；

$F\_{k}^{'}$——基底的水浮托力标准值。

# 3 基本规定

**3.0.1** 水中沉井施工监控应以实现安全可控、有序高效为原则，优化设计和施工参数、分析和预测沉井结构、周边环境的安全状态及其发展趋势，采用相关技术措施，对结构的力学行为状态进行监测与分析，确保最终状态满足规范及设计要求。

**3.0.2** 桥梁水中沉井基础施工监控应从厂内制造阶段开始至沉井基础主体工程施工完成为止。

**3.0.3** 水中沉井施工监控工作应包括控制计算、施工监测和数据分析与主动控制。

**3.0.4** 沉井施工监控应采用可靠的理论和方法，监测设备应经过检定或校准。

**3.0.5** 水中沉井施工监控可采用临界宽度、临界深度控制法。

**3.0.6** 宜综合考虑工程特点、工程地质、水文气象、施工方法、施工装备等因素对施工全过程进行分析。

**3.0.7** 水中沉井控制原则：

1 对于采用台阶式渐进取土施工方式的沉井，严格控制超取土深度、顺序、范围；

2 对于同一高程内有不同土层分布的情况，通过控制不同土层的临界深度、临界宽度值进行差异化取土，使沉井基础平稳下沉。

**3.0.8** 当符合下列规定时，宜实施自动化监测：

1 需要进行高频次或连续实时观测的监测项目；

2 环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的监测项目。

**3.0.9** 桥梁水中沉井基础施工监控应综合考虑水中沉井设计及施工方案、施工装备、建设场地的水文、地质条件等因素，制定合理的监控方案，精心组织和实施监控。

**3.0.10** 监控方案编制前，委托方应提供以下资料：

1 岩土工程勘察报告；

2 沉井相关设计文件；

3 沉井相关施工方案或施工组织设计；

4 周边环境各监测对象的相关资料；

5 其他所需资料。

**3.0.11** 监控单位在现场踏勘、资料收集阶段应包括下列主要工作：

1 了解建设方和相关单位对监控的要求；

2 收集并分析岩土工程勘察、水文气象、周边环境、设计、施工等资料；

3 了解相邻或相似工程的设计和施工情况；

4 通过现场踏勘，复核相关资料与现场状况的关系，确定拟监控项目现场实施的可行性。

**3.0.12** 为了系统进行施工监控，水中沉井施工监控应编制专项施工监控方案，主要包括下列内容：

1 工程概况；

2 场地工程地质、水文地质条件及沉井周边环境状况；

3 监控目的；

4编制依据；

5 监控及监测内容；

6 控制计算；

7 监测方法、频率和控制精度；

8 监测数据处理、分析与信息反馈；

9 质量管理和安全管理及其他管理制度等。

**3.0.13** 沉井监测预警值应根据沉井设计、工程地质条件、水文地质条件、施工方案及装备、仿真计算结果、工程经验等因素确定。

**3.0.14** 沉井基础终沉后的允许偏差应符合表3.0.14或设计文件的规定，并满足设计文件的要求。

表3.0.14 沉井终沉后允许偏差

| 序号 | 项目 | 允许偏差 | 检查方法 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 中心偏位 | 沉井顶面 | 50cm | 全站仪 | - |
| 沉井底面 | - |
| 2 | 倾斜度 | 横向倾斜度 | 1/150 | 全站仪、倾角仪 | - |
| 纵向倾斜度 | - |
| 整体倾斜度 | - |
| 3 | 平面扭转角 | 1° | 全站仪、GNSS | 含圆形沉井 |
| 4 | 终沉标高 | 满足设计要求 | 水准仪、测绳、GNSS |  |

注：沉井倾斜度控制指标应取本表内值与布置在沉井上的施工装备倾斜度允许值两者之间的较小值。

**3.0.15** 沉井基础的施工监控应对施工监控信息的流转、施工监控成果提交等环节制定专门的工作流程。

**3.0.16** 沉井基础的施工监控应以施工监控指令文件和施工监控报告等形式体现。

**3.0.17** 沉井基础的施工监控宜结合整个工程建设期和运营期的桥梁健康监测需求开展工作。

**3.0.18** 沉井施工监控的技术资料应作为桥梁的交工及竣工资料，并归入桥梁的养护技术文档。

# 4 控制计算

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 控制计算应包括设计符合性计算、参数敏感性分析、施工过程分析。

**4.1.2** 设计符合性计算应根据设计文件、勘测资料、施工方案等，进行主体结构强度、刚度及稳定性计算，计算结果应与设计计算值对比分析，以确保控制目标满足设计要求。

**4.1.3** 参数敏感性分析宜在设计符合性计算的模型上进行，参数敏感性分析方案宜采用单因素分析法进行，分析参数变化对计算结果的影响程度。敏感性分析的参数应包含材料变形模量及容重、土层强度参数、施工荷载等。

**4.1.4** 施工过程分析应包括几何姿态计算和力学计算：

1 几何姿态计算应包括结构的平面扭转、中心偏位、倾斜度等空间几何姿态参数；

2 力学计算包括：浮运倾斜角、下沉系数、下沉稳定性系数、接高稳定系数、抗浮系数、沉降值计算等；对盲区土体临界宽度值、盲区土体临界深度值、关键工况沉井结构受力、全过程施工方案等进行有限元计算，其中全过程施工方案计算包括但不限于：接高、混凝土浇筑、取土、清基过程中土压力转移规律分析等。

**4.1.5** 沉井基础整体受力与变形分析，与土体的相互作用分析应采用有限元数值计算方法。

**4.1.6** 按照台阶式渐进取土的方式进行分析不同土层内、不同类型刃角的盲区土体临界深度、宽度值和合理的取土顺序、范围和取土量以指导施工，上述参数作为监控控制依据。

## 4.2 计算内容与方法

**4.2.1** 水中沉井基础在浮运过程中，应验算其稳定性。

计算稳定性时，沉井浮体稳定的倾斜角φ可按下式计算，其值不应大于6°，并满足$(ρ-α)$﹥0：

  （4.2.1-1）

 （4.2.1-2）

式中：——沉井在浮运阶段的倾斜角，不应大于6°，并满足$(ρ-α)$﹥0；

$M$——外力矩（kN·m）；

$V$——排水体积（m3）；

$α$——沉井重心至浮心的距离（m），重心在浮心之上为正，反之为负；

$ρ$——定倾半径，即定倾中心至浮心的距离（m）；

$I$——沉井浮体排水截面面积的惯性矩（m4）；

$γ\_{ω}$——水的容重，等于10 kN/ m3。



D-重心；C-浮心；O-定倾中心

图4.2.1 水中浮运沉井示意图

**4.2.2** 沉井取土下沉应采用地基极限承载力进行计算分析，地基极限承载力宜通过试验获得；当无地基极限承载力勘测值时，地基极限承载力一般取2～3倍的地基承载力特征值，地基承载力特征值参考现行《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363。

**4.2.3** 井壁及隔墙外侧与土层间的极限侧阻力标准值应根据工程地质条件，优先通过试验或对比工程的经验资料确定，当无试验或无可靠资料时，可按表4.2.3选用。

表4.2.3 极限侧阻力标准值（单位：kPa）

| 序号 | 土层类别 | 极限侧阻力标准值 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 流塑状态黏性土 | 10～15 |
| 2 | 可塑、软塑状态黏性土 | 10～25 |
| 3 | 硬塑状态黏性土 | 25～50 |
| 4 | 砂性土 | 25～45 |
| 5 | 砂砾石 | 30～50 |
| 6 | 卵石 | 40～60 |

注：井壁采用空气幕助沉时，可取2kPa～5kPa。

**4.2.4** 首节沉井下沉支撑状态验算：

首节沉井下沉时，在首节沉井自重、施工荷载作用下，下沉稳定系数控制在0.8～0.9范围内。水中沉井露出水面高度不应小于1.5m且宜考虑潮汐、波浪等因素。

**4.2.5** 沉井基础下沉系数及下沉稳定系数计算应符合下列规定：

1 沉井下沉系数验算

为使沉井能平稳下沉至设计标高并便于封底，应根据土层性质、施工方法和下沉深度等因素，选取适当的下沉系数。

 （4.2.4-1）

 （4.2.4-2）

 （4.2.4-3）

 （4.2.4-4）

式中：$k\_{st}$——下沉系数；

$G\_{k}$——沉井自重，包括附加荷载（kN）；

$F\_{W}$——下沉过程中地下水的浮托力（kN）；

$γ\_{ω}$——水的容重（kN/m3），取10 N/ m3；

$V$——沉井在水位以下的体积（m3）；

$R\_{1}$——刃脚下地基极限承载力（kN）；

$U$——侧壁外围周长（m）；

$b$——刃脚踏面宽度（m）；

$n$——刃脚斜面与土体接触面的水平投影宽度（m）；

$R\_{k}$——地基极限承载力（kPa）；

$R\_{2}$——隔墙和井壁下地基极限承载力（kN）；

$A\_{1}$——隔墙支撑面积（m2）；

$A\_{2}$——井壁支撑面积（m2）。

一般情况下，下沉系数宜控制在1.05～1.25之间，但当沉井在软土层中下沉时，如下沉系数过大，有可能发生突沉，故下沉系数宜控制在1.05左右。

2 沉井下沉稳定性验算

当下沉系数较大或在下沉过程中遇有软弱土层时，可采用下列公式进行沉井的下沉稳定验算：

 （4.2.4-5）

 （4.2.4-6）

式中：$k\_{st,s}$——下沉稳定系数，一般控制在0.8～0.9 范围内；

$F\_{fw,k}^{'}$——验算状态下水的浮力标准值（kN）；

$R\_{f}^{'}$——验算状态下井壁总摩阻力标准值（kN）；

$R\_{b}$——沉井刃脚、隔墙和底梁下地基土的承载力标准值之和（kN）；

$f\_{a}$——地基土的承载力特征值（kPa）；

$A\_{1}$——井壁及隔墙的总支承面积（m2）。

**4.2.6** 沉井侧壁摩阻力沿井壁深度方向的分布，侧壁阻力计算应符合图4.2.6的规定：



|  |  |
| --- | --- |
| (a) 直壁式井壁外侧 | (b) 阶梯式井壁外侧 |

图4.2.4 侧壁摩阻力沿井壁外侧分布图

1 井壁外侧为直壁式井壁时，应按下列公式进行计算：

  0﹤≤5 （4.2.6-1）

  ﹥5 （4.2.6-2）

式中：$f\_{kx}$——侧壁与土的极限摩阻力标准值（kPa）；

$h\_{k}$——计算点距离地面的深度（m）；

$f\_{k}$——单位极限摩阻力标准值（kPa），多层土按照深度取加权平均值。

2 井壁外侧为阶梯式井壁时，应按下列公式进行计算：

 0﹤≤5 （4.2.6-3）

 5﹤≤ （4.2.6-4）

 ﹤≤ （4.2.6-5）

式中：——刃脚到井壁变截面高度（m）。

**4.2.7** 侧壁与土的总摩阻力值应按下式计算：

 （4.2.7-1）

式中：$T\_{f}$——侧壁与土的总摩阻力标准值（kN）；

$U\_{i}$——第i层土中侧壁外围周长（m）；

$f\_{ki}$——第i层土的单位摩阻力标准值（kPa）；

$H\_{i}$——第i层土的厚度（m）。

**4.2.8** 沉井基础多次制作下沉时，应按下列公式进行接高稳定性验算：

 （4.2.8-1）

 （4.2.8-2）

式中：$k\_{c}$——接高稳定性系数；

$G\_{k}$——接高后的沉井重量（kN）。

**4.2.9** 沉井基础下沉前，应计算各典型地层中沉井下沉的盲区土体临界深度、盲区土体临界宽度。

**4.2.10** 盲区土体临界深度可按照下述方法计算：

在不同地层内，针对不同类型刃角及隔墙在支撑宽度固定的条件下，按超取土深度逐渐递增的方式进行计算分析，直至土体发生贯穿式塑性变形，得出对应的临界超取土深度，据此作为不同地层内高效下沉、差异性取土保证姿态平稳及预防突沉的依据。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a) 超挖0m | (b) 超挖0.5m | (c) 超挖1m |
|  |  |
| (d) 超挖1.5m | (e) 超挖2m |
| 图4.2.5 隔墙刃角不同超挖深度 |

**4.2.11** 盲区土体临界宽度可按照下述方法计算：

在不同地层内，针对不同类型刃角及隔墙在超取土深度固定的条件下，按支撑宽度逐渐递减的方式进行计算分析，得出对应的临界支撑宽度，据此作为不同地层内盲区取土的依据。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a) 刃角宽度3m | (b) 刃角宽度2.5m | (c) 刃角宽度2m |
| 图4.2.6 隔墙刃角不同超挖深度 |

**4.2.12** 封底前清基支撑状态检算：

根据施组封底方案对封底前清基支撑状态进行下沉稳定检算，下沉稳定系数控制在0.8～0.9范围内。

**4.2.13** 沉井基础抗浮可按照下述方法计算：

1 应对沉井进行封底前抗浮验算。沉井基础抗浮应按封底时可能出现的最高水位进行验算。在不计井壁侧面摩阻力时，其抗浮系数应按（4.2.13-1）计算，但不应小于1.0～1.05：

≥1.05 （4.2.13-1）

式中：$k\_{f}$——抗浮系数，取1.0～1.05，当计入沉井侧壁摩阻力时，可取1.25；

$G\_{1k}$——下沉到设计标高后沉井基础的总重量标准值（kN）；

$F\_{k}^{'}$——基底的水浮托力标准值（按施工阶段的最高水位计算）（kN）。

2 应对沉井进行封底后抗浮验算。沉井基础抗浮应按封底时可能出现的最高水位进行验算。在不计井壁侧面摩阻力时，其抗浮系数应按下式计算，但不应小于1.0～1.05：

 （4.2.13-2）

 （4.2.13-3）

式中：$k\_{f}$——抗浮系数，取1.0～1.15；

$W$——沉井总重量（含沉井结构自重及附加荷载等）标准值（kN）；

$F\_{W}$——地下水浮托力标准值（kN）；

$C$——渗透折减系数，无可靠资料时，取1.0；

$V$——沉井侵入地下水部分的体积，地下水位应考虑可能出现的最高水位（m3）；

$γ\_{w}$——地下水容重，一般取10kN/m2。

**4.2.14** 沉降计算：

沉井沉降的计算可参考《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG D63）5.3节的内容进行计算或《铁路桥涵地基和基础设计规范》（TB 10093）3.2.3条的有关内容进行计算。

**4.2.15** 对于土层参数确定应结合地勘、经验及反演分析确定。

# 5 施工监测

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 水中沉井应对结构内力、土压力、几何姿态、环境等进行监测。

**5.1.2** 监测项目应与水中沉井设计、施工方案相匹配；应针对监测对象的关键部位进行重点观测；各监测项目的选择应利于形成互为补充、验证的监测体系。

**5.1.3** 监测点的位置宜通过仿真计算或结合经验确定，应布置在监测对象受力及变形关键点和特征点上，能反映监测对象的实际状态及其变化趋势，且需满足对监测对象的监控要求。

**5.1.4** 监测点的布置不应妨碍监测对象的正常工作，且应便于监测、易于保护。

**5.1.5** 沉井监测元器件布置与采购应在沉井制造前进行，并在制造中按监控方案要求预埋于沉井结构中。

**5.1.6** 水中沉井监测应采用仪器监测与现场巡视检查相结合的方法。监测方法的选择应根据监测对象的监控要求、现场条件、行业经验和方法适用性等因素综合确定，监测方法应合理易行。仪器监测可采用现场人工监测或自动化实时监测。

**5.1.7** 监测频率的确定应满足能系统反映监测对象所测项目的重要变化过程而又不遗漏其变化时刻的要求。

**5.1.8** 施工监测元器件和线缆类型的确定应考虑沉井下沉施工、混凝土浇筑、振捣等影响因素，并应做专项保护，确保其耐久性和有效性。线缆宜采用无接头通长线缆，若有接头应做接头工艺试验。

**5.1.9** 所采用的仪器和设备应处于有效检定期内，并按要求标定或校正，确保正常使用。

**5.1.10** 施工监测的现场记录内容应真实规范，需经测试、记录、复核人员签认，并妥善保管。

## 5.2 监测项目

**5.2.1** 水中沉井监测项目应根据表5.2.1进行选择。

表5.2.1 水中沉井监测项目表

| 序号 | 监测项目 | 测试要求 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 结构应力 | √ |
| 2 | 侧壁土压力 | √ |
| 3 | 底部土压力 | √ |
| 4 | 沉井几何姿态 | √ |
| 5 | 结构变形 | ◇ |
| 6 | 水中沉井冲刷 | ◇ |
| 7 | 井孔泥面 | √ |
| 8 | 流速 | ◇ |
| 9 | 水位 | √ |
| 10 | 温度、湿度、风速 | ◇ |
| 11 | 周边建筑环境 | ◇ |

注：√——为应测项目，◇——为宜测项目。

**5.2.2** 当有特殊要求时，监测项目应与有关部门或单位协商确定。

## 5.3 监测点布置

**5.3.1** 沉井应力监测断面的平面和竖向位置应布置在控制计算受力较大且有代表性的部位。监测点数量和水平间距应视具体情况而定。每一监测点沿中轴线对称布设，且沿主力方向安装。

**5.3.2** 侧壁土压力监测点的布设应符合下列规定：

1 监测断面总体按“底密上疏”的原则布置，平面布置在受力、土质变化较大或其他有代表性的部位，每个断面内每边数量不少于3个；竖向布置上监测点间距宜为3m～5m；

2 当按土层分布情况布设时，每层土布设的监测断面不应少于1个，且宜布置在各层土的中部；

3 设备受力面与土层直接接触。

**5.3.3** 底部土压力监测点的布设应符合下列规定：

1 监测断面平面上宜布置在靠近中间井孔处，可布置于井壁、隔墙的节点和中点位置；竖向应布置在沉井刃脚踏面底部，可与踏面底部平齐；

2 布设位置应综合考虑可以作为评价取土效果或对底部支撑情况进行评判的目的；

3 设备受力面与土层直接接触。

**5.3.4** 几何姿态监测设备平面上应布置在与起吊、取土等相关设备不存在干涉且信号强的位置处，竖向宜设置于沉井顶面，可通过支架系统安装于沉井顶口外井壁外侧，测点数量不少于4个。测点布置随沉井接高进行转移，期间以全站仪进行监测，确保数据的连续性。

**5.3.5** 沉井基础结构变形监测测点平面布置应根据沉井基础结构形状确定，布置于沉井顶面的对称中心线上，重点监测沉井结构在不同支撑状态下的结构变形，测点数量不少于9个，宜选择端点、中点、1/4点或其他构造点。

**5.3.6** 冲刷区域水下地形监测测点宜全覆盖沉井区域外侧+2m范围，重点监测水流上、下游的冲淤情况，具体测点根据实际情况而定。

**5.3.7** 沉井基础井孔内泥面高程监测范围宜覆盖全部施工井孔。点状监测时，测点选择每个井孔隔墙边缘的端点及中点，测点数量不少于12个；设备扫测时，每个井孔测点数量不少于1个。

**5.3.8** 流速监测断面宜布置在沉井基础上游侧、下游侧，每侧监测断面总量不宜少于1个，每个断面内测点沿垂直与水流方向布置，数量不应少于3个。

**5.3.9** 水位监测适用于井孔内水位、井孔外水位、井壁内水位监测，宜通过水尺或尺度标线进行监测，测试范围覆盖全部井孔、隔舱、外井壁外侧即可。

**5.3.10** 温度、湿度、风力测点布置于沉井顶部，置于不影响施工处即可，数量不少于1个，随着沉井接高进行上移。

**5.3.11** 有周边环境监测要求的按《建筑基坑工程监测技术标准》（GB 50497）执行。

## 5.4 监测方法及精度要求

**5.4.1** 结构应力监测适用于沉井基础钢壳结构、混凝土结构、与沉井结构主体相关的施工临时结构，如生根在沉井结构上的塔吊等其它设备的应力监测，宜采用安装在结构内部或表面的应力传感器进行测量。应力传感器的量程不宜小于设计值的1.5倍，精度不宜低于0.5% F·S，分辨率不宜低于0.2%F·S。

**5.4.2** 应力传感器埋设前应进行标定和编号，导线应做好标记，并做好导线防护措施。

**5.4.3** 应力监测宜取安装完毕前连续3天获得的稳定测试数据的均值作为初始值，且应考虑温度变化等因素的影响。

**5.4.4** 土压力监测适用于侧壁土压力、刃脚土压力的监测，宜采用土压力计进行测量。土压力计的量程应满足预估被测压力的要求，其上限可取设计压力的2倍，精度不宜低于0.5%F·S，分辨率不宜低于0.2%F·S。

**5.4.5** 土压力计埋设可采用埋入式，安装前应对土压力计进行稳定性、密封性检验和压力、温度标定。埋设应符合下列规定：

1 受力面与所检测的压力方向垂直并紧贴被监测对象，保证土压力计的单向受力；

2 埋设过程中应对土压力计进行保护；

3 采用有损预埋时需对结构进行等强补强；

4 土压力计导线中间不宜有接头，导线应按规划线路布设、固定，接头应集中引入导线箱中；

5 系统做好完整的埋设记录。

**5.4.6** 土压力计埋设后应立即进行检查测试，正式着床前应至少经过1周时间的监测并取得稳定初始值。

**5.4.7** 沉井基础几何姿态可采用水准仪、测距仪、垂准仪、全站仪、GNSS等测量仪器进行监测，要求水准仪、测距仪、垂准仪、全站仪测距分辨率不应大于1mm，测角分辨率不应大于1″；GNSS测试平面精度不低于5cm，高程精度不低于10cm，且定期通过全站仪等手段进行校核，校核频次不低于1次/周。

**5.4.8** 沉井结构变形监测可采用水准仪、全站仪、静力水准仪等设备进行监测。要求水准仪、全站仪测试分辨率不应低于1mm；静力水准仪测试精度不低大于2mm。

**5.4.9** 水中沉井基础区域冲刷宜采用声呐设备进行监测，精度不应低于20cm。

**5.4.10** 井孔泥面可采用声呐设备、测绳、潜水员探摸等方式进行监测，声呐设备测试精度不应低于20cm，测绳及潜水员测试精度不应低于50cm。

**5.4.11** 沉井基础区域流速监测可采用流速仪进行监测，测速范围不应低于0.01～4.00m/s，测算误差小于1.5%。

**5.4.12** 温度、湿度监测可采用温湿度计进行监测，温度测量范围不应低于-10℃～50℃，分辨率不低于0.1℃；湿度测量范围不应低于10%-99%RH，分辨率不低于±10%。

**5.4.13** 风速监测可采用风速仪进行监测，测量范围不应低于40m/s，测试精度不低于1m/s。

**5.4.14** 周边建筑物环境可采用水准仪、全站仪等进行测量，测距分辨率不应低于1mm，测角分辨率不应低于1″。

## 5.5 监测频率

**5.5.1** 仪器监测频率应符合下列规定：

1 应综合考虑沉井结构制造、浮运、定位、着床、混凝土浇筑、取土下沉、沉井接高、清基、封底不同施工阶段以及周边环境、自然条件变化和工程经验确定；

2 对监测项目，在无异常和无事故征兆的情况下，取土下沉阶段可按表5.5.1确定；

表5.5.1 水中沉井监测频率表

| 序号 | 监测项目 | 监测频率 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 结构应力 | 1次/30min |
| 2 | 侧壁土压力 | 1次/30min |
| 3 | 底部土压力 | 1次/30min |
| 4 | 沉井几何姿态 | 1次/10s |
| 5 | 结构变形 | 1次/d |
| 6 | 水中沉井冲刷 | 1次/汛期 |
| 7 | 井孔泥面 | 1次/d |
| 8 | 流速 | 1次/汛期 |
| 9 | 水位 | 2次/d |
| 10 | 温度、湿度、风速 | 1次/d |
| 11 | 周边建筑环境 | 1次/周 |

注：上述监测频率可结合具体情况进行调整，以满足工程需求为基准。

**5.5.2** 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：

1 监测值达到预警值；

2 监测值变化较大或速率加快；

3 存在勘察未发现的不良地质状况；

4 验证施工装备、工艺等特殊情况；

5 出现大风、强降雨等不良情况；

6 沉井结构或附近突然出现荷载的较大变化或超过设计限值；

7 沉井结构出现开裂等异常情况；

8 出现翻砂、涌土等情况；

9 出现其它影响沉井及周边环境安全的异常情况。

# 6 数据处理与信息反馈

**6.0.1** 数据处理与信息反馈应包括以下工作内容：

1 当前沉井基础受力、几何姿态识别；

2 沉井当前施工状态是否处于预控状态的判别；

3 超出预控状态的施工误差对后续施工过程结构受力安全与几何姿态的影响预测分析；

4 是否需要对施工发出预警的判定；

5 是否需要对施工过程预控数据或施工工艺实施调整或变更。

**6.0.2** 监测预警值应满足沉井结构、周边环境、相关设备的变形、使用和安全控制要求。预警值应由建设方、设计方、监理方、施工方、监控方共同确定。

**6.0.3** 监测数据预警与反馈按黄色预警值、橙色报警值和红色极限值三级控制。

**6.0.4** 水中沉井监测预警项目包括结构变形、几何姿态和结构应力三部分，其中几何姿态又由沉井中心偏位、倾斜度、平面扭转角、终沉标高组成。监测预警值应根据设计要求确定；设计无要求时，可按表6.0.4采用。

表 6.0.4 沉井控制预警标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 黄色预警值 | 橙色预警值 | 红色极限值 |
| 1 | 结构变形 | 测点相对挠度 | 80%理论极值 | 理论极值 | / |
| 2 | 几何姿态 | 沉井顶面中心偏位 | 35cm | 45cm | 55cm |
| 3 | 沉井底面中心偏位 | 30cm | 35cm | 50cm |
| 4 | 沉井倾斜度 | 3/1000 | 1/200 | 1/150 |
| 5 | 沉井平面扭转角 | 0.6° | 0.8° | 1° |
| 6 | 终沉标高 | 80%设计允许值值 | 100%设计允许值 | / |
| 7 | 结构应力 | 沉井自身应力 | 80%理论极值 | 100%理论极值 | / |

注：理论极值根据仿真计算结果确定，各施工阶段可不为固定值；设计允许值根据设计单位确定。

**6.0.5** 当监测数据达到监测预警值时，通知有关各方及时分析原因并采取相应措施。

1 监测值达到黄色预警值时，通知相关单位人员引起重视，避免后续监测值的继续放大；

2 监测值达到橙色预警值时，通知相关单位人员分析原因，采取纠偏措施；

3 监测值达到红色预警值时，通知相关单位人员，现场立即停止施工，组织专家进行分析与论证，直至消警后恢复施工。

**6.0.6** 监控单位应对整个项目的监控方案实施及监控技术成果的真实性、可靠性负责，监控技术成果应有相关负责人签字，并加盖成果章。

**6.0.7** 取得现场监控资料后，应及时进行整理、分析。监测数据出现异常时，应分析原因，必要时进行复测。

**6.0.8** 监测项目的数据分析应结合施工工况、地质条件、环境条件以及相关监测项目监测数据的变化进行，并对其发展趋势做出预测。

**6.0.9** 数据处理、成果图表及分析资料应完整、清晰。监测数据的处理与信息反馈宜利用监测数据处理与信息管理系统专业软件或平台，其功能和参数应符合本规程的有关规定，并宜具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。

**6.0.10** 技术成果应包括当日报表、监控指令、阶段性分析报告和总结报告。技术成果提供的内容应真实、准确、完整，并宜用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式表达。技术成果应按时报送。

# 7 监控成果及要求

## 7.1 监控成果

**7.1.1** 沉井基础施工监控成果应包含施工监控方案以及施工监控总结报告含计算分析结果。施工监控文件包括三类：

1 施工监控指导性文件：施工监控方案；

2 施工监控执行性文件：施工监控指令；

3 施工监控总结性文件：施工监控阶段性报告和施工监控总结报告。

**7.1.2** 施工监控方案应在现场监控工作实施前提供；施工监控指令应在施工工序作业前提供；施工监控阶段性报告应在阶段施工监控工作结束后提供；施工监控总结报告应在沉井基础封底后提供。

**7.1.3** 施工监控指令应写明当前工况，指令有效期及终止工况。详细说明指令实施的要求或步骤以指导施工单位进行施工，避免出现歧义。

**7.1.4** 施工监控阶段性报告和施工监控总结报告应包括监控指令、监测日报、监测报告、监控计算及分析报告等。

**7.1.5** 监测日报应包括以下内容：

1 工程施工概述、当前工况及下一步施工计划；

2 现场巡查信息：巡查照片、记录等；

3 监测项目日报表：监测项目（包括但不限于沉井姿态、刃脚标高、下沉量、下沉速度、泥面高程、取土量）、仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化值、变化速率值、控制值、监测点平面布置图等；

4 预警情况、分析与说明；

5 监测数据、现场巡查信息的分析与说明；

6 结论与建议。

**7.1.6** 阶段性报告应包括以下内容：

1 该阶段性报告相应的工程、气象及周边环境、施工概况；

2 该阶段内的控制计算内容与结论；

3 该阶段内的监测项目及测点布置图；

4 各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线；

5 各监测项目监测值的分析、评价与发展预测；

6 相关的设计和施工建议、变更等。

**7.1.7** 总结报告应包括以下内容：

1 工程概况；

2 施工概况；

3 监测依据；

4 控制计算；

5 施工监测，包括监测项目、测点布置、监测设备及方法、监测频率、预警值等；

6 施工全过程的实测数据分析与整体评述；

7 设计及施工的建议、变更等；

8 监控工作结论与建议。

## 7.2 监控要求

**7.2.1** 施工监控过程中，监控单位宜使用专门的施工监控辅助系统，以提高信息传递速度、降低数据出错概率、积累沉井基础信息大数据。

**7.2.2** 施工监控辅助系统宜具备这些基本功能：文档管理、数据采集、误差分析、自动预警、结果展示、人机友好交互、专项数据库、系统及用户权限管理、系统自动化巡检等功能。

**7.2.3** 施工监控辅助系统宜基于互联网技术建立，并设专人负责日常维护。

**7.2.4** 施工监控成果文件中提供的数据、图表应客观、真实、准确。成果文件应标识工程名称、工程编号、编写单位、提交日期等。

**7.2.5** 沉井基础下沉测量与记录：

1 测量内容：沉井空间姿态、下沉量、刃脚标高及沉井各井孔泥面标高；

2 记录内容：沉井入水深度，沉井刃脚标高，施工水位、射水或吸泥时间、井孔内泥面标高、潜水检查结果、沉井下沉曲线和倾斜曲线；

3 沉井测量工作每天不少于1次，当沉井下沉发生困难时，井孔内泥面标高的测量次数应增加，以指导取土施工。

# 规程用词说明

执行本规程条文时，对于要求严格的用词，采用以下写法：

1 表示很严格，非这样做不可的用词：

 正面词采用 “必须”；

 反面词采用 “禁止”。

2 标识严格，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”。

5 规程中指明应按其他有关标准、规范执行时，应表述为：“应按……执行”或“应符合……要求（或规定）”。

6 引用标准中的其他规定时，应表述为“应符合本规程第X章的有关规定”“应符合本规程第X.X节的有关规定”“应按本规程第X.X.X条的有关规定执行”。

# 引用标准名录

1 《沉井与气压沉箱施工规范》GB/T 51130-2016

2 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497-2019

3 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013

4 《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093-2017

5 《高速铁路桥涵工程施工质量验收标准》TB 10752-2018

6 《公路悬索桥设计规范》JTG/T D65-05-2015

7 《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363—2019

8 《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650-2020

9 《高速铁路桥涵工程施工技术规程》Q/CR 9603-2015

10 《客货共线铁路桥涵工程施工技术规程》Q/CR 9652-2017

11 《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ2-2008

12 《水电水利工程沉井施工技术规程》DL/T 5702-2014

13 《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》CECS 137-2015

14 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497-2019

15 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013

**江苏省土木建筑学会标准**

桥梁水中沉井基础施工监控技术规程

**T/JSTJXH001-2022**

# 条文说明

**目 次**

[1 总则 1](#_Toc112368401)

[2 术语和符号 2](#_Toc112368402)

[2.1 术语 2](#_Toc112368403)

[2.2 符号 1](#_Toc112368404)

[3 基本规定 3](#_Toc112368405)

[4 控制计算 6](#_Toc112368406)

[4.1 一般规定 6](#_Toc112368407)

[4.2 计算内容与方法 6](#_Toc112368408)

[5 施工监测 13](#_Toc112368409)

[5.1 一般规定 13](#_Toc112368410)

[5.2 监测项目 13](#_Toc112368411)

[5.3 监测点布置 14](#_Toc112368412)

[5.4 监测方法及精度要求 15](#_Toc112368413)

[5.5 监测频率 16](#_Toc112368414)

[6 数据处理与信息反馈 18](#_Toc112368415)

[7 监控成果及要求 20](#_Toc112368416)

[7.1 监控成果 20](#_Toc112368417)

[7.2 监控要求 21](#_Toc112368418)

[规程用词说明 22](#_Toc112368419)

[引用标准名录 23](#_Toc112368420)

[条文说明 24](#_Toc112368421)

# 1 总则

**1.0.1** 为规范桥梁水中沉井基础施工监控工作，提高施工监控技术水平，保证工程质量，特制定本规程。

条文说明：

本条为制定本规程的目的。我国的沉井基础在既往施工过程中仅做了施工监测，未涉及控制部分，为此，特制定本规程，以规范桥梁水中沉井基础施工监控。

**1.0.2** 本规程适用于桥梁水中沉井基础（以下简称“水中沉井”）的施工监控，其他大型沉井可参照执行。

条文说明：

本条是本规程的适用范围，需要说明的是，对于有必要进行施工监控的沉井基础，其施工监控的某些特殊要求可能不被本规程条文包含，宜制定或参照有关专门标准执行。本标准适用于桥梁水中沉井基础，此类沉井常采用底部为钢壳混凝土结构，上部为钢筋混凝土结构，或者高度范围内均为钢壳混凝土结构。陆地沉井的某些工况也可以参考本规程。

**1.0.3** 水中沉井施工监控宜由桥梁建设单位委托给具有相应技术能力的施工监控单位承担。

条文说明：

沉井基础施工监控项目是通过对构件的监测和控制，来保证被监控构件的安全和质量．其中监测工作带有第三方监测性质，控制工作具有咨询性质。如果监控项目由桥梁建设单位委托给施工监控单位，有利于监控工作中发现问题的整改，监控工作只有在施工单位的积极配合下才能取得良好的效果，如果监控项目由施工单位委托给施工监控单位，则不利于监控工作的开展，所以本条推荐采用由建设单位直接委托的方式。

# 3 基本规定

**3.0.2** 桥梁水中沉井基础（以下简称水中沉井）施工监控应从厂内制造阶段开始至沉井基础主体工程施工完成为止。

条文说明：

在制造阶段主要完成监测设备预埋、保护、系统调试，初始值的确定等工序，截止沉井基础的主体结构施工结束，并将监测数据作为初始值接入上部结构监测系统中，实现全寿命期监测。

**3.0.5**水中沉井施工监控可采用临界宽度、临界深度控制法。

条文说明：

在不同地层内，分析不同类型刃角的盲区土体临界宽度、临界深度值，再对不同的施工顺序、取土范围、取土量等进行分析，在保证结构安全的前提下找出效率最高的取土方式，以此指导现场施工。

**3.0.7** 水中沉井控制原则：

1 对于采用台阶式渐进取土施工方式的沉井，严格控制超取土深度、顺序、范围。

2 对于同一高程内有不同土层分布的情况，通过控制不同土层的临界深度、临界宽度值进行差异化取土，使沉井基础平稳下沉。

条文说明：

沉井基础在大锅底的工况下，结构的受力类似于深梁基础，结构中间部位受拉，为结构受力的最不利状态。为了避免结构出现意外，建议采用台阶式渐进取土施工的方式。当采用盲区取土装备进行取土作业时，可主动控制刃脚土体端阻力，有效减小超取土深度，避免传统仅加大超取土深度所带来的突沉、偏沉等风险。

**3.0.15** 沉井基础的施工监控应对施工监控信息的流转、施工监控成果提交等环节制定专门的工作流程。

条文说明：

为了高效的开展施工监控工作，应当组建施工监控工作小组，有完整有效的工作机制，利于工程的有序高效。

# 4 控制计算

## 4.2 计算内容

**4.2.1** 参照《铁路桥涵地基和基础设计规范》（TB10002.5-2005）第7.2.8条、《沉井与气压沉箱施工规范》（GB/T 51130-2016）第4.6.1条的规定执行。

**4.2.3** 综合《沉井与气压沉箱施工规范》（GB/T 51130-2016）第4.3.2条、《水电水利工程沉井施工技术规程》（DL/T 5702-2014）第3.3.2条的规定，两者对砂性土、砂砾石、卵石的极限侧阻力标准值取值不同，考虑沉井基础平面尺度和施工可行性，参照取值较大的《沉井与气压沉箱施工规范》（GB/T 51130-2016）第4.3.2条的规定执行。

**4.2.5** 参照《沉井与气压沉箱施工规范》（GB/T 51130-2016）第4.4.1条、《水电水利工程沉井施工技术规程》（DL/T 5702-2014）第3.4.1条的规定执行，本条适用于刃脚留土下沉工况计算，当井内填砂处理时，R1、R2应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007的规定进行深度修正，且应增加刃脚处砂对刃脚的摩阻力值。气压沉箱下沉系数计算可参照《沉井与气压沉箱施工规范》（GB/T 51130-2016）第4.4.1条执行。

**4.2.6** 参照《沉井与气压沉箱施工规范》（GB/T 51130-2016）第4.3.1条、《水电水利工程沉井施工技术规程》（DL/T 5702-2014）第3.3.1条的规定执行。

**4.2.8** 沉井下沉过程中，遇有软弱土层时，应进行沉井下沉稳定性验算，取值参照《水电水利工程沉井施工技术规程》（DL/T 5702-2014）第3.4.2条的规定执行。

**4.2.9** 沉井下沉过程中应结合理论计算的盲区土体临界深度、盲区土体临界宽度，与实际情况进行反演分析，并优化参数，逼近现场实际后，以盲区土体临界深度、盲区土体临界宽度值作为指导现场施工的参照。

**4.2.13** 综合《沉井与气压沉箱施工规范》（GB/T 51130-2016）第4.5.3条、《水电水利工程沉井施工技术规程》（DL/T 5702-2014）第3.5.2条和上海市《地基基础设计规范》DGJ108-11-1999第9.56条规定，沉井的抗浮稳定性计算应按下沉封底和使用两个阶段，分别根据实际可能出现的最高水位来进行验算。在不计井壁摩阻力的情况下，抗浮稳定系数根据其平面尺寸的大小，可取1.0～1.05，即沉井平面尺寸较小时，可取1.0；平面尺寸较大时，可取1.05。

# 5 施工监测

##  5.1 一般规定

**5.1.8** 施工监测设备的选择和线缆类型及长度的确定应考虑其水下、混凝土浇筑、振捣等因素，应做专项保护设计，接头处应做工艺试验，有条件情况下应保证线缆通长无接头，确保其耐久性和有效性。

条文说明：

沉井基础施工监控持续时间长，随着入土深度的增加，其受力和变形愈加复杂，故监测应该是连续有效。监测传感器和线缆的选择、安装、保护均应该满足建设期的需求，避免在高压、水下等不利环境下出现异常情况。

# 6 数据处理与信息反馈

**6.0.4** 沉井基础终沉后的允许偏差应符合表6.0.4的规定。

表6.0.4 沉井终沉后允许偏差

| 序号 | 项目 | 允许误差 | 检查方法 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 平面偏位 | 沉井顶面 | 50cm | 水准仪 | - |
| 沉井底面 | - |
| 2 | 倾斜度 | 横向倾斜度 | 1/150 | 全站仪 | - |
| 纵向倾斜度 | - |
| 整体倾斜度 | - |
| 3 | 扭转角 | 1° | 全站仪、GNSS | 圆形沉井除外 |
| 4 | 终沉标高 | 满足设计要求 | 水准仪、测绳、GNSS |  |

注：沉井倾斜度控制指标应取本表内值与沉井施工装备倾斜度允许值两者之间的较小值。

条文说明：

沉井基础施工过程中对空间姿态不做特殊要求，但应确保施工机具处于安全可控的使用状态，结构自身安全，同时满足设计文件的要求。为了减少后期调整姿态的施工措施，应在沉井着床阶段保持高精度，施工全过程宜使沉井基础姿态平稳下沉，直至设计位置。

**6.0.5** 当结构应力超出安全控制允许值时，应及时预警，并根据风险程度发出整改或暂停施工指令，同时采取应急监测与防范措施。

条文说明：

预警应进行分级，每一级的预警应有对应的措施和反馈机制，且预警应剔除误报的情况，采用几何姿态配合结构受力等多参数的综合预警。预警后应采取处置措施，直至达到警报解除条件后，方可消警。

# 7 监控成果及要求

## 7.1 监控成果

**7.1.4** 施工监控阶段性报告和施工监控总结报告应包括监测资料。

条文说明：

监测资料应按工况进行汇总，宜将几何姿态、结构受力、泥面标高、环境等进行系统整合，为后期监测数据的系统分析提供依据。