

中国交通运输协会团体标准

# 沉管隧道管节坐底寄放技术指南

Technical Code for Bottom Setting and Deposit of Immersed Tunnel

(征求意见稿)

编制说明

2024-7

## 一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

根据中国交通运输协会发布的“2023年度第一批团体标准项目立项的公告”（中交协秘字（2021）34号）要求，由广州打捞局联合深中通道管理中心、中交公路长大桥梁建设国家工程研究中心有限公司作为起草单位，负责本规程的编制工作。

主要起草人：孔维达、李汪讳、宋神友、马家杰、孙世鹏、陈越、付佰勇、金文良、师启龙、李冠欢、钟汉滨、郭鸿斌、池明华、陈育忠、宁小林、干志诚、魏焕祥、黄晓初、许晴爽、刘迪、张长亮、彭英俊、席俊杰、孙春华、莫钧。

## 二、制订标准的必要性和意义

沉管隧道具有埋深小、线路总长明显少于矿山法和盾构法隧道、横断面形状选择灵活、管节预制质量易于控制、防水效果好等优点，使得沉管隧道技术得到了广泛的应用和发展，从1910年美国底特律河采用沉管法修建第一座用于交通运输的沉管隧道算起，沉管隧道已有100多年的历史，各国已建成具有交通功能的沉管隧道约150座。总的来说，沉管隧道管节坐底寄放技术有了初步的发展，但由于沉管隧道在国内起步较晚，国内沉管隧道数量较少，沉管隧道工程坐底寄放各工序采用的施工技术略有差异，尚未形成完整的标准体系。随着我国沉管隧道技术的快速发展，沉管隧道管节坐底寄放技术的完善和发展尤为重要。

深圳至中山跨江通道项目（深中通道）位于珠江三角洲核心区域，北距虎门大桥约30km，南距港珠澳大桥约38km，直接连接深圳经济特区、广州南沙新区及中山市。深中通道项目沉管隧道工程长约6.8km，分为32节预制管节，由广州打捞局负责的S08标段共10节管节，总长1.44km。深中通道沉管隧道为钢壳混凝土结构，在龙穴造船基地港池内设置4个管节坐底寄放泊位，泊位底高程为-13.5m（85高程），泊位外管节移动所需水域底高程为-12.5m，港池未浚深部分底高程考虑为-6.256m，管节坐底寄放泊位上铺设1m厚碎石垫层，通过对管内压载舱压载，消除管节干舷，使管节寄放于-12.5m高程上的碎石垫层上，并继续稳定压载，确保管节负浮力及管节与碎石垫层间摩擦力可抵抗寄放区内的波浪力。在管节坐底寄放全过程具有场地局限、施工周期长、施工方法和工艺不断调整等特点，对其管理工作提出了很高的要求，不仅要求参与施工方可以及时沟通和交流，相互促进和协作，还要求各工序衔接有序，满足四节管节的坐底寄放。

目前对于沉管隧道管节坐底寄放实施没有相关标准规范评价，阻碍了沉管隧道管节坐底寄放技术的应用和发展，为此，迫切需要开展相关的标准研究。本指南编制依托深中通道沉管隧道工程项目，以推广和规范化沉管隧道管节坐底寄放技术应用、提升我国沉管隧道的总体制造水平为目标，通过工艺研究充分体现管节坐底寄放技术在沉管隧道工程中的重要作用，并提出各工序的质量控制要求、指标及注意事项，体现指南编制的

实用性及对工程项目的指导意义。

### 三、主要工作过程

本标准通过收集既有工程应用经验，以及相关研究成果、试验检测结果及使用单位反馈信息，确定标准编制方向。经中国交通运输协会立项和大纲审批通过，根据评审会专家意见，形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，进行补充、修改，形成送审稿。经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。

### 四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

本标准制订的基本原则是以现有研究工作为基础，参照国家规范、标准，依据《沉管法隧道施工与质量验收规范》（GB 51201-2016）和《沉管法隧道设计标准》（GB/T 51318-2019）的基本规定要求，针对沉管隧道管节坐底寄放技术的特点进行定义、描述和规范。

本规程编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

- 1 沉管法隧道施工与质量验收规范 GB 51201-2016
- 2 沉管法隧道设计标准 GB/T 51318-2019
- 3 内河沉管隧道水下检测技术规范 DBJ/T 15-146-2018
- 4 内河沉管法隧道设计、施工及验收规范 DB/T29-219-2013
- 5 公路沉管隧道设计规范 JTG/T 3371-01-2022
- 6 建筑地基基础设计规范 GB 500072-2011
- 7 建筑结构荷载规范 GB 500093-2012
- 8 混凝土结构设计规范 GB 50010-2010
- 9 堤防工程设计规范 GB 5028611-2013
- 10 高桩码头设计与施工规范 JTS167-1-2010
- 11 港口工程荷载规范 JTS144-1-2017
- 12 建筑抗震设计规范 GB 50011-2010

## 五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

### 1 范围

本文件规定了沉管隧道管节坐底寄放技术的术语和定义、总则、坐底寄放区工程调查与勘测、坐底寄放设计与计算、坐底寄放施工、坐底寄放监测、坐底寄放安全防护、质量控制，适用于沉管隧道管节坐底寄放的设计与施工。

### 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 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范

GB/T 51318-2019 沉管法隧道设计标准

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 沉管隧道

在水域中主要由若干预制完成的基本结构单元，将其通过浮运、沉放、水下对接贯通形成的隧道。

#### 3.2 管节

直接引用 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中的 2.0.2 条。

#### 3.3 坐底

通过增加管节压舱内的水产生负浮力，使管节由水面逐步下沉，并初步调整其高程和平面位置的施工过程。

#### 3.4 寄放

将预制好的管节，从干坞浮运至存放位置并坐底沉放的施工过程。

#### 3.5 浮运

通过船舶或缆系浮于水面，将管节在干坞、系泊位置、坐底沉放位置之间的水面运输过程。

#### 3.6 系泊

管节浮出水面或浮运到位后，通过锚拉固定于水面的过程。

### 3.7 干坞

直接引用 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中的 2.0.10 条。

### 3.8 干舷

直接引用 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中的 2.0.20 条。

### 3.9 GINA 止水带

安装于管节接头处，通过水力压接形成接头第一道防水线的外贴压缩式防水专用橡胶制品。

### 3.10 钢端壳

管节或接口段端头用于 GINA 止水带安装或对接的钢构件。

### 3.11 水密门

设置于端封墙上，用于管节坐底沉放后临时通行的防水密封门。

### 3.12 压载水舱

调整管节起浮、浮运、沉放过程中压载重量所采用的临时设施。

### 3.13 舾装

管节浮运、坐底沉放所需的临时设备及构件安装作业。

### 3.14 先铺法

管节坐底沉放前先行完成的管节基础垫层施工方法。

## 4 总则

4.1.1 沉管隧道管节坐底寄放设计前宜进行工程调查与勘测工作。

4.1.2 沉管隧道管节坐底寄放宜进行设计与计算。

4.1.3 沉管隧道管节坐底寄放设计内容宜包括寄放期间的监测要求。

4.1.4 沉管隧道管节坐底寄放宜根据不同的使用功能需求确定主要设计指标。

## 5 坐底寄放区工程调查与勘测

### 5.1 一般规定

5.1.1 坐底寄放区工程调查宜根据沉管隧道管节坐底寄放的技术特点、设计要求和所在区域条件，采用相应的方法，搜集和调查的资料应准确可靠。

5.1.2 坐底寄放区工程勘测方法及勘测工作量宜根据现场地形、地貌、地质条件、工程结构设置以及不同勘测手段的特殊性进行确定。

## 5.2 前期调查

5.2.1 坐底寄放区工程调查宜根据沉管隧道管节坐底寄放的任务、目的、要求，针对沉管隧道管节坐底寄放的特点和规模，确定调查资料的内容。

5.2.2 坐底寄放区工程调查宜包括下列主要内容：

- 1 现状及规划资料，包括道路交通、城市建设、港口码头、航道运输、堤岸防护等；
- 2 气象资料，包括气温、湿度、降水、雾况、风向、风速等；
- 3 水文地质资料，包括水位、波浪、流速、流向、水温、重度、水质、防洪标准、河道整治、河(海)势变化等；
- 4 工程地质及地震资料，包括地形、地貌、工程地质、区域地震历史、抗震设防烈度、设计地震分组、设计基本地震加速度等；
- 5 沿线地面、地下及水下建(构)筑物资料，包括建(构)筑物、管线、文物、军事设施、矿产资源、危险爆炸物等；
- 6 环境资料，包括坐底寄放区域附近大气环境现状、车辆废气排放要求、噪声要求、水域生态保护要求以及外部环境亮度等；
- 7 现场施工条件资料，包括场地、供水供电、建筑材料来源、装备和机械等。

## 5.3 工程勘测

5.3.1 沉管隧道管节坐底寄放区勘测宜与设计相适应，必要时进行补充勘测。

5.3.2 水下地形测绘宜符合下列规定：

- a) 水下地形测量宜与陆上地形测量互相衔接；
- 2 设计阶段，测绘比例宜采用 1:500~1:1000，测绘范围宜取沉管隧道管节坐底寄放区域附近 0.5km~1km；
- 3 当采用异地干坞时，测绘范围宜涵盖管节浮运区域。

5.3.3 勘察工作宜符合下列规定：

- 1 勘探孔可采用梅花形布设方式，坐底寄放区勘探孔间距宜为 30m~50m；
- 2 在松散地层中，一般性勘探孔进入沉管底板以下不应小于 1.5 倍沉管高度，控制性勘探孔进入沉管底板以下不应小于 2.5 倍沉管高度；
- 3 在微风化及中等风化岩石中，勘探孔深度应进入沉管底板以下 0.5 倍沉管高度且不应小于 5m，遇岩溶、土洞、暗河时应穿透并根据需要加深钻孔；
- 4 当河(海)底存在淤泥时宜实测淤泥层厚度及各分层浮泥密度；
- 5 管节浮运区域需疏浚时，疏浚范围内宜布设勘探孔，勘探孔深度满足疏浚工程量计算需要，勘探孔间距根据区域地质环境具体确定；
- 6 坐底寄放区水文勘察宜包括水流速度、水位、水重度等内容。

## 6 坐底寄放设计与计算

## 6.1 一般规定

6.1.1 管节坐底寄放路线宜进行规划，并协调好与周边建(构)筑物、地下管线、航道间的关系，互有影响时，可采取必要的技术措施。

6.1.2 管节坐底寄放设计宜考虑城市、堤防、航道、码头等规划引起周边环境改变对沉管坐底寄放的影响。

6.1.3 直接引用 GB/T 51318-2019 沉管法隧道设计标准中的 5.1.4 条。

6.1.4 坐底寄放区基础设计宜符合管节坐底寄放设计工况的承载力、变形与稳定性设计要求。

6.1.5 坐底寄放区基础型式可根据工程地质条件、管节结构型式、管节规模、荷载条件、水文条件等综合确定。

6.1.6 坐底寄放区管节位于淤泥、淤泥质土、冲填土或其他高压缩性土层时，可按软弱地基进行地基加固处理。

6.1.7 坐底寄放区基础可采用垫层基础或桩基础，垫层基础可采用先铺法。

6.1.8 管节结构宜进行出坞浮运、管节坐底寄放等工况的结构强度、变形、稳定性和沉降等计算分析。

6.1.9 管节结构宜就其在坐底寄放不同工况下可能出现的最不利荷载组合，分别进行横向和纵向结构分析，并按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行承载力计算和变形、裂缝验算。

6.1.10 管节坐底寄放设计宜开展相关专题研究。

## 6.2 位置选择

6.2.1 管节坐底寄放区宜选择在水文、河势稳定以及河床平缓地段，水深不宜大于 50m，管节坐底寄放区流速不宜大于 1m/s，条件不满足时，宜进行专项论证。

6.2.2 管节坐底寄放区选择宜满足水文和航运条件，有利于管节坐底寄放施工和环境保护，减少对驳岸、码头等既有构筑物的不良影响。

6.2.3 选择管节坐底寄放区时，可根据地震活动性及工程地质条件选择抗震有利地段，无法满足时宜采取有效措施。

## 6.3 基础设计

6.3.1 坐底寄放区基础设计中宜进行横向和纵向沉降计算和分析，满足结构受力和管节沉降控制值的要求。

6.3.2 坐底寄放区基础设计宜满足承载力及变形要求，设计参数可通过载荷板试验测试获取。

6.3.3 坐底寄放区垫层基础最小厚度不宜小于 0.6m，最大厚度不宜大于 1.5m。

6.3.4 坐底寄放区垫层基础整平方案宜采用水下整平机整平方案，同时可采用人工整平方案做为应急补救措施。

6.3.5 坐底寄放区垫层基础方案的选择原则宜符合下列规定：

- 1 坐底寄放期间垫层基础有一定的沉降控制能力；
- 2 垫层基础对管节坐底沉放前的回淤有较好的应对措施或富裕度；

3 在满足管节沉降与受力要求的前提下，可适当减少工程量，降低造价；

4 坐底寄放区不良地质位置处垫层基础的沉降值需满足控制标准要求。

6.3.6 坐底寄放区垫层基础施工原则宜符合下列规定：

1 基槽开挖和垫层基础铺设等施工工序合理衔接，尽可能减少回淤对施工的影响；

2 垫层基础铺设前对碎石顶回淤进行检测，检测结果反馈设计单位以确定清淤要求；

3 垫层基础碎石材料粒径、级配、强度等满足设计要求；

4.垫层基础铺设厚度、宽度、平面位置、高程等满足设计要求，施工前宜进行平面坐标和高程的校核；

5.垫层基础铺设后，沉管坐底沉放前，对垫层基础顶回淤等进行检测，检测结果反馈设计单位以确定清淤要求，清淤不应损坏已铺设碎石基床；

6 垫层基础采用能够自由散落且未受污染、干净、耐久性良好、级配良好的碎石，碎石含泥量 $\leq 2\%$ ，石料饱和单轴极限抗压强度不低于 30MPa，碎石级配要求见表 6.3.1，每 2000m<sup>3</sup>应进行一次粒径级配检测。

表 6.3.1 碎石级配

筛分粒度/mm	筛分通过率（干重）/%
63	100
31.5	20~45
19	8

6.3.7 坐底寄放区垫层基础验收原则宜符合表 6.3.2 中的规定，施工中如有检查项目超出要求标准，评估后确定处理方案。

表 6.3.2 碎石垫层验评标准

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	垫层顶部所有测点最大允许偏差（整平船整平）	$\pm 10\text{cm}$	声纳法 逐垄测试
2	垫层顶部所有测点最大允许偏差（人工整平）	$\pm 10\text{cm}$	
3	垫层两侧顶边线与设计位置平面允许偏差（含人工整平段）	$\pm 50\text{cm}$	

6.3.8 坐底寄放区管节总沉降量控制标准可根据地基沉降量和垫层沉降量综合确定，管节沉降量计算宜考虑地基先卸载再加载的效应、回淤对沉降的影响。

6.3.9 坐底寄放区垫层基础施工与管节坐底沉放前，检查基础底有无回淤，基础底回淤沉积物重度大于 12.6kN/m<sup>3</sup>且厚度大于 0.2m 时宜进行清淤。

6.3.10 当坐底寄放区管节基底处于淤泥质或液化地层、基础回淤速率大于 10mm/d、覆盖层厚度大于 5m 时，宜采用桩基础或基础换填。

## 6.4 浮力计算

6.4.1 在综合考虑管节外形尺寸、混凝土重度、结构含钢量、水体重度、管节制作误差等因素的情况

下，坐底寄放区内管节完成舾装后的干舷高度宜控制在 100mm~200mm。

6.4.2 为确保坐底寄放区内出坞浮运、坐底寄放阶段的稳定性，管节在漂浮状态的定倾高度不宜小于 300mm，如管节在施工过程中可能因侧向牵引、锚拉、横向水流、浪涌或风压而产生较大倾角的状态，按船舶工程的计算方法进行稳定性验算。

6.4.3 管节在坐底寄放期间，可按下列公式进行抗浮计算：

$$F_f \leq \frac{G_s + G_b}{\gamma_s}$$

$$F_f = \gamma_b \gamma_w V$$

式中： $F_f$ —管节浮力设计值(kN)

$G_s$ —管节自重标准值(kN)

$G_b$ —舾装、压舱及覆盖层等有效压重标准值(kN)

$\gamma_w$ —水体重度(kN/m<sup>3</sup>)

$V$ —管节排开水的体积(m<sup>3</sup>)；

$\gamma_b$ —浮力作用分项系数,取 1.0

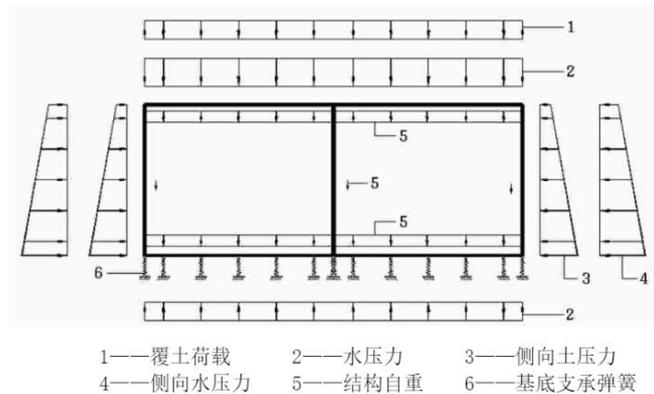
$\gamma_s$ —抗浮分项系数,各阶段取值为 1.04~1.05

## 6.5 管节静力计算

6.5.1 管节横向计算宜符合下列规定：

1 管节横向计算宜分段计算；

2 管节横向分析宜采用平面应变模型进行计算，以支承弹簧模拟基底反力，见下图。



6.5.2 管节纵向计算宜符合下列规定：

1 坐底寄放期间管节纵向结构分析可根据管节结构形式、施工工艺、波浪力、水流力等因素进行计算；

2 对于受力状态复杂的施工工况宜采用三维数值计算方法进行结构分析；

3 沉降量计算中可考虑地基土的承载历史及施工过程的影响。

## 6.6 淤泥吸附力对管节起浮影响计算

6.6.1 坐底寄放区淤泥吸附力对管节起浮影响宜采用三维数值计算方法进行分析。

6.6.2 坐底寄放区淤泥吸附力可参考用太沙基吸附力修正公式进行计算，按照面荷载分区域加载管节底部。

$$F = 5AS(1 + 0.2 \frac{De^{\sqrt{D}}}{B}) (1 + 0.2 \frac{B}{L}) \sin(\frac{\pi S_R}{2S_p})$$

式中：F 吸附力；

D 为结构物在淤泥中的侵入深度；

B 为结构物的宽度；

L 为结构物的长度；

A 为结构物与淤泥的水平投影接触面积；

S 为淤泥的剪切强度；

SR 为结构物与淤泥的接触面积；

Sp 为结构物在淤泥中的多向投影面积。

## 6.7 数模及物模分析

6.7.1 坐底寄放区管节坐底宜考虑对临近建筑物的影响，对临近建筑物影响宜采用三维数值计算方法进行分析。

6.7.2 坐底寄放区管节坐底宜进行管节坐底防台物理模型试验，测量管节在不同水位、波高及基床铺设率组合工况下所遭遇的各向波浪力及端封门的压强，基于实测的波浪力及给定的基床摩擦系数评估管节的坐底防台稳定性。

6.7.3 坐底寄放区管节基床摩擦系数可通过相关调研确定。

6.7.4 坐底寄放区管节坐底宜进行管节坐底防台数值模拟，确保管节负浮力及管节与垫层间基础间摩擦力可抵抗台风引起的波浪力。

## 6.8 舾装件计算

6.8.1 坐底寄放区内管节的端封门、系缆柱、测量塔、吊点等舾装件，可根据受力特点和使用要求进行结构强度、变形及稳定性分析，局部内力分析宜采用三维有限元法。

6.8.2 坐底寄放区内端封门可按根据坐底寄放期间最不利工况条件下的梁板结构进行计算，并以最高水位进行校核。

6.8.3 坐底寄放区内系缆柱系缆力可按水工模型试验确定的系缆力进行计算。

6.8.4 坐底寄放区内测量塔宜按空间体系，在风荷载、水流力作用下，进行结构整体分析，测量塔顶部水平变形不宜大于 15mm。

6.8.5 坐底寄放区内吊点的起吊力可根据管节沉放过程中最不利荷载工况下，按 3 个吊点进行计算。

## 7 坐底寄放施工

## 7.1 一般规定

7.1.1 管节坐底寄放设计可根据项目的建设条件、自然条件，经技术经济比选确定。

7.1.2 管节坐底寄放区可根据区内尺寸确定容纳坐底寄放管节的数量。

7.1.3 管节坐底寄放可根据工期计划确定管节的出坞顺序和指定的寄放泊位。

7.1.4 管节坐底寄放过程中，宜对管节姿态进行实时监控。

7.1.5 坐底寄放的管节宜避免来往船舶损伤 GINA 止水带及其他原因引起 GINA 损伤。

7.1.6 管节坐底寄放航道宜利用现有航道。

## 7.2 控制性节点

7.2.1 管节出坞浮运方式可根据干坞形式、航道条件、浮运距离、水文和气象等因素综合选定。

7.2.2 管节坐底沉放方式可根据场地环境、管节结构、施工设备等因素综合选定。

## 7.3 管节浮运

7.3.1 管节坐底寄放区内浮运宜进行管节稳定性和主缆受力数值模拟分析计算，水文条件复杂时可进行物理模型试验。

7.3.2 管节坐底寄放区内浮运工况内力宜在最不利荷载组合作用下，按波浪最不利波长进行计算。

7.3.3 管节坐底寄放区内拖航时宜对拖航阻力进行验算。

7.3.4 管节坐底寄放之前，宜对管节本体、端封墙、水密门进行检漏测试。

7.3.5 宜对管节坐底寄放区内的水文、气象等历史资料进行分析，结合潮位、水深、水流速度、水重度、风速、波高的监测成果，评估确定管节坐底寄放的作业窗口期。

7.3.6 管节坐底寄放区内浮运作业窗口期宜符合下列规定：

1 管节干舷应大于 100mm;

2 能见度应大于 1000m;

3 水流流速应小于 1.0m/s;

4 管节浮运速度应小于 1.0m/s;

5 浪高应小于 0.6m;

6 风速应小于 10m/s;

7.3.7 管节坐底寄放航道宜符合下列规定：

1 管节坐底寄放区内航道设计中最低通航水深  $H_t$  应符合下式要求：

$$H_t = H + h_g + h_s$$

式中： $H$ —管节高度(m)

$h_g$ —管节干舷高度(m)

$h_s$ —管节浮运安全距离(m)

2 管节坐底寄放区内航道宽度可根据管节水动力性能、管节坐底寄放方案、水流、风浪等条件确定；

3 采用移动干坞时，管节坐底寄放区内航道设计中最低通航水深  $H_t$ ，宜符合下式要求：

$$H_t \geq h_y + h_s$$

式中： $h_y$ —移动干坞管节坐底寄放管节最大吃水深度(m)

$h_s$ —管节坐底寄放安全距离(m)

4 管节在内河和湖泊中坐底寄放时，与航道底部的安全距离  $h_s$  不宜小于 0.5m；

5 管节在海洋环境下坐底寄放时，与航道底部的安全距离  $h_s$  不宜小于 1.0m；

6 管节坐底寄放区内航道为临时工程时，可结合管节的尺寸和管节坐底寄放方案进行专项设计。

7.3.8 管节坐底寄放过程中，管节安装有 GINA 止水带的一端宜设置在管节坐底寄放前进方向的后方，并设置临时性保护罩。

7.3.9 管节坐底寄放时宜严格控制管节的横倾和纵倾。

7.3.10 浮态管节坐底寄放时宜采用四点系泊系统进行定位，管节寄放最小水深  $H_i$  宜符合下式要求：

$$H_i \geq H - h_g + h_j$$

式中： $H$ —管节高度(m)

$h_g$ —管节干舷高度(m)

$h_j$ —管节寄放安全距离(m)

7.3.11 潮汐水域中管节坐底寄放时，管节基底宜满足平整度、管节起浮和承载力要求，坐底时抗浮安全系数不宜小于 1.05，管节寄放最小水深  $H_i$  宜满足下式要求：

$$H_i \geq H + 1.0$$

式中： $H$ —管节高度(m)

7.3.12 管节浮运时可在管节上设置标示警示牌，调配专用船舶进行警戒。

## 7.4 管节坐底

7.4.1 管节可根据不同管节坐底寄放阶段的最不利荷载组合进行内力计算。

7.4.2 管节坐底寄放区内水流阻力可按不同管节坐底寄放阶段的工况、不同水深的水流方向和流速，结合管节坐底寄放施工方案进行计算。

7.4.3 管节坐底寄放区内作业窗口期宜符合下列规定：

1 风速不宜大于 10m/s；

2 水流速度不宜大于 0.6m/s；

3 浪高宜小于 0.5m；

4 能见度宜大于 1000m。

7.4.4 管节坐底寄放过程中压载水舱加载可分次进行，各阶段抗浮安全系数宜符合下列规定：

1 管节沉放下沉阶段，抗浮安全系数不宜小于 1.01；

2 管节坐底稳定压载阶段，抗浮安全系数不宜小于 1.05。

7.4.5 管节坐底寄放时，下沉速率不宜大于 0.5m/min。

7.4.6 坐底寄放期间宜防止船舶误闯坐底寄放区或在附近抛锚，造成船舶搁浅甚至管节破损。

7.4.7 管节坐底寄放区边界线宜布置海域警示浮球，后续随着管节寄放的数量增加，逐步增加警示设施，扩大区域。

7.4.8 管节坐底寄放区考虑到夜晚水面灯光微弱，需在警示浮球间放置若干警示灯，加强夜间安全警示。

7.4.9 管节坐底寄放区宜进行必要的日常水面巡逻作业，若有较大的漂流物，需及时进行清理。

7.4.10 管节坐底寄放期间，定期安排人员进管内对压载水箱、端封门、管节主体结构等进行检查，确保管节安全。定期安排潜水员对管面、管底回淤情况进行检测，若回淤超限则立即组织清淤。

## 8 坐底寄放监测

### 8.1 一般规定

8.1.1 坐底寄放监测可由建设单位委托独立第三方实施现场监测，监测单位可根据工程特点编制监测实施方案，实施方案宜进行专家论证并得到建设单位的认可。

8.1.2 监测单位处理、分析数据后，需将分析结果和评价及时向建设单位和相关单位做信息反馈。

### 8.2 设计阶段监测

8.1.1 为使监测充分发挥技术经济效益，可结合工程的地质和水文气象条件、施工工序、坐底寄放方法以及监测目的等编制切实可行的监测方案。监测工作可为设计参数修订、设计变更、施工方案及施工工艺优化提供依据，应密切跟进施工进度，及时调整监测计划。坐底寄放区内量测部位和测点布置应根据设计要求、环境条件、量测项目、量测仪器设备性能和施工方法等确定。

8.1.2 管节坐底寄放的设计常以工程类比法为主，并以现场监测进行工程实际检验和修正。因此监测、施工、设计单位需紧密配合并共同研究完成监测方案。

8.1.3 直接引用 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中的 13.0.2 条。

8.1.4 直接引用 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中的 13.0.4 条。

8.1.5 坐底寄放区内控制网宜充分利用勘测阶段已有的平面和高程控制网，也可建立独立施工控制网。管节在浮运、坐底寄放的控制网宜用同一平面坐标和高程系统。

8.1.6 坐底寄放区内管节基础刚度变化大的地方应增设测点。

### 8.3 施工阶段监测

8.3.1 坐底寄放区测点安装需牢固可靠，易于识别，并做好标志及相应的保护措施，严防损坏。

8.3.2 宜掌握坐底寄放区内的潮位、水流速度、水容重、含砂率等水文资料，并对管节出坞、浮运、坐底寄放期间相关水域的潮位、水流速度、水容重、含砂率等进行实时监测。

8.3.3 坐底寄放区水域中，回淤强度受水深及水文状况影响，回淤强度随着水深的增加而增强，汛期的回淤强度比枯水期显著增强。宜根据不同的回淤强度设定测量回淤的时间，提高前后两道工序之间回淤量的准确性。

8.3.4 管节出坞坐底寄放前宜对坐底寄放区的回淤厚度及水密度进行监测。

8.3.5 管节在浮运、坐底沉放过程中，部分监测工作由监测人员在水下进行。对由监测人员直接在水下进行的监测工作，需符合潜水工作的规定。

8.3.6 管节在坐底寄放完成后，管节自身的质量将逐渐加大，对管节的抗浮及侧移产生影响，管节基础所承担的荷载变化将会导致基础变形而重新达到受力平衡。在管节寄放期间，宜对沉管的位移与沉降情况进行监测，通过监测、记录并分析管节的变形速率及变形量的时态变化，作为后续施工和设计采取相应措施的依据。

## 9 坐底寄放安全保护

### 9.1 一般规定

9.1.1 坐底寄放区内作业前需对施工人员进行安全与保护技术交底。

9.1.2 管节内作业宜配备照明、通风、通信设备，水上水下作业人员不宜靠近带劲缆绳进行施工作业。

### 9.2 安全技术措施

9.2.1 直接引用 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中的 14.2.1 条。

9.2.2 直接引用 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中的 14.2.3 条。

9.2.3 直接引用 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中的 14.2.4 条。

9.2.4 直接引用 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中的 14.2.6 条。

## 10 质量控制

10.1.1 本指南未作规定的，施工单位宜在开工前会同建设单位、监理单位共同研究确定。

10.1.2 管节坐底寄放的质量可按主控项目和一般项目进行验收，主控项目是在沉管坐底寄放过程中对沉管质量起决定性的项目，如管节结构的受力、管节钢封门的防水效果等关键项目。主控项目外的其他项目均为一般项目。

10.1.3 承担质量控制的单位为具有相应资质的独立第三方，同时施工检测不得与监理复验送检单位为同一家检测单位。

10.1.4 工程的外观质量宜由验收人员通过现场检查共同确认。

10.1.5 坐底寄放工程验收时，宜提供下列文件及资料，但不限于这些资料。

- 1 工程竣工报告；
- 2 工程质量检验评定资料；
- 3 竣工图；
- 4 变更设计文件；
- 5 工程材料试验和工程试件的质量鉴定、试验报告单；
- 6 书面总结。

## 六、重大意见分歧的处理依据及结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

## 七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

## 八、作为推荐性标准建议及其理由

沉管隧道管节坐底寄放技术有了初步的发展，但由于沉管隧道在国内起步较晚，国内沉管隧道数量较少，沉管隧道工程坐底寄放各工序采用的施工技术略有差异，尚未形成完整的标准体系。

本标准以深中通道沉管隧道管节坐底寄放为背景，深中通道 S08 合同段已成功完成了 E24~E32 管节在龙穴造船基地港池坐底寄放区的基础铺设、管节坐底寄放，开展了钢壳混凝土管节坐底寄放及防台施工图设计，同步开展了相关专题研究，包括 E32 及 II 类标准管节完全没水后负浮力研究、深圳至中山跨江通道沉管项目 S08 合同段管节港池坐底防台物理模型试验研究、深中通道沉管港池内坐底防台数值模拟研究、深中通道沉管港池内寄放泊位管节受力变形分析研究。

钢壳混凝土管节坐底寄放及防台施工图设计为深中通道 E24~E32 管节在龙穴造船基地港池坐底寄放区的钢壳混凝土管节坐底寄放及防台施工图设计，沉管管节 E24~E32 混凝土的浇筑选址于中船龙穴造船基地，管节在船坞内拼装完成后，继续在坞内完成全陆域浇筑（干坞浇筑）后进行出坞，在港池内进行坐底寄放、防台及后续的码头系泊舾装作业等。通过管节坐底寄放及防台施工图设计，保证了管节在龙穴造船基地港池坐底寄放区的基础铺设、管节坐底寄放及防台施工安全有序开展，为沉管隧道管节坐底寄放技术提供了设计方案参考。

E32 及 II 类标准管节完全没水后负浮力研究，分析了沉管管节完全没水后的负浮力（基底附加应力），通过管节配置压舱水箱，向水箱压水，可使管节消除干舷，完全沉没，使管节稳定坐于泊位基础上，保证了管节顺利寄放。管节港池坐底防台物理模型试验研究，根据坐底寄放区附近地形及波浪要素情况，确定了对管节稳定性较不利的浪向工况，研究了管节在不利浪向工况时不同碎石基床铺设率情形下管节遭遇的水平波浪力

和上举力，判断出管节沉放稳定性是否满足要求。港池内坐底防台数值模拟研究，研究了不同工况不同泊位管节坐底防台时，管节遭遇的各向波浪力及上举力，以及管节受波浪影响较大一端的端封门上的压强分布等参数，给出了管节抵抗波浪荷载所需的稳定压载量。港池内寄放泊位管节受力变形研究，分析了碎石垫层基础条件下坐底寄放管节的沉降变形和管节结构的受力以及下潜坑影响，给出了管节坐底寄放合理布置建议。

《沉管隧道管节坐底寄放技术指南》依托深中通道工程，其编写和发布将会为沉管隧道建设有关的投资建设单位、勘察设计单位、施工监理等相关单位提供参考与技术支持，可用于各类沉管隧道工程建设。

## 九、贯彻标准的措施建议

(1) 精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的交通建设、监理、设计、施工等单位开展标准实施培训和宣贯普及。明确沉管隧道管节坐底寄放的设计指标、施工工艺、监测方法、质量控制等方面的具体要求，指导管节坐底寄放技术的实施，有效推动贯标工作的开展及落实。

(2) 组织相关人员到施工现场参观学习，直观展示管节坐底寄放技术的效果及具体施工工艺；

(3) 定期组织科研、生产、应用等各环节人员进行技术交流，不断对管节坐底寄放技术进行改进，保持技术领先与工艺优化。

## 十、其他应说明的事项

暂无。