

ICS

CCS

T/CDSA

中国潜水救捞行业协会团体标准

T/CDSA XXXX-XXXX

铁路桥梁水下结构检测作业规则

Rules for underwater structure inspection of railway bridges

(报批稿)

(本草案完成时间：2025 年 10 月 10 日)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国潜水救捞行业协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
5 检测方案	3
6 外观检测	4
7 冲刷检测	7
8 水文观测	7
9 水下地形测量	8
10 检测报告编写	10
附录 A	11
附录 B	13
附录 C	14

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《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。

本文件是《普速铁路桥隧建筑物修理规则》《高速铁路桥隧建筑物修理规则》在铁路桥梁水下结构检测方面的有效补充。

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。

本文件由铁道战备舟桥处提出。

本文件由中国潜水救捞行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：铁道战备舟桥处、天津大学、中国铁路济南局集团有限公司、中国铁路北京局集团有限公司、中国铁路西安局集团有限公司。

本文件主要起草人：李洪涛、李洪路、孟金强、马新环、徐颖、申文军、康振杰、丁增强、李晓杰、张凯、刘兴旺、杨毅峰。

引 言

为规范铁路桥梁水下结构检测工作，明确铁路桥梁水下结构检测内容和检测方法，推动铁路桥梁检测技术的全面发展，确保铁路桥梁安全运行、资料准确、验收有据，依据《普速铁路桥隧建筑物修理规则》、《高速铁路桥隧建筑物修理规则》等规定，制定本文件。

铁路桥梁水下结构检测作业规则

1 范围

本文件规定了铁路桥梁水下结构检测的周期与频率、检测方案编制要求、检测内容、检测方法及检测要求等。

本文件适用于高速、普速铁路既有桥梁水下结构检测和新建桥梁水下结构验收。铁路桥梁水下结构检测除符合本文件的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

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 5006 工程测量规范
GB/T 50179 河流流量测验规范
GB/T 50784 混凝土结构现场检测技术标准
TB 10012 铁路工程地质勘察规范
TB 10017 铁路工程水文勘测设计规范
TB 10101 铁路工程测量规范
TB 10013 铁路工程物理勘探规程
TB 10415 铁路桥涵工程施工质量验收标准
TB 10752 高速铁路桥涵工程施工质量验收标准
JTS 239 水运工程混凝土结构实体检测技术规程
JT/T 790 多波束测深系统测量技术要求
QCR 9230 铁路工程变形观测与评估技术规范
TG/GW 103 普速铁路桥隧建筑物修理规则
TG/GW 114 高速铁路桥隧建筑物修理规则
铁运函〔2004〕120号 铁路桥梁检定规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水下目视检测 Underwater Visual Testing

潜水员靠近检测目标，通过目视和探摸，结合自身经验，对水下结构进行检查和判断。

3.2

水下摄像检测 Underwater video inspection

指利用防水摄像设备或水下机器人搭载的摄像系统，对水下环境、结构或目标物体进行可视化观察、记录和分析。

3.3

水下结构检测 Underwater structure detection

对处于常水位以下的结构物的缺损程度进行的检测。

3.4

图像声呐 Image sonar

通过声学的方法获取水下目标的图像的仪器。

4 基本规定

4.1 检测内容

4.1.1 铁路桥梁水下结构检测主要包括外观检测、冲刷检测、水文观测和水下地形测量。

4.2 水下检测作业一般规定

4.2.1 水下结构及桩身位置描述规则应参照附录 A。

4.2.2 水下结构水下部分的检测应根据桥梁所处水域环境，确定潜水方式；如条件允许，可采用水下机器人辅助检测。

4.3 潜水作业一般规定

4.3.1 潜水员进行水下检测时可采用探摸、目视检测与摄像、声呐等方法。

4.3.2 内陆河流潜水检测作业应在枯水期进行，海面作业应在低潮期进行，并应符合以下规定：

——水流速度小于 0.75m/s 时，潜水员可下水作业；

——水流速度大于等于 0.75m/s、小于 1.5m/s 时，潜水员不应下水作业，在配备潜水梯、潜水吊笼等辅助潜水设施确保安全的前提下潜水员可下水作业；

——水流速度大于 1.5m/s 时，潜水员不应下水作业；

——空气潜水水下作业深度不应大于 60m；

——非饱和潜水水下作业深度不应大于 120m；

——饱和潜水水下作业深度不应大于 300m;

4.4 坐标系统一般规定

4.4.1 采用的坐标系统应与待检测桥梁坐标系统相同,如原始资料不全时,可自设坐标系统,但每次测量的坐标系统应保持一致。

4.4.2 一个测区应采用同一高程基准,有两个或两个以上的高程基准时,应给出其相互关系。

4.4.3 高程基准点的点位应选择在桥梁结构物水面以上,便于寻找、观测的位置。

4.5 检测周期及频率

4.5.1 对技术复杂、修复困难或重要的特大桥、大桥应每 1 年进行一次水下结构检测,其他一般桥梁应每隔 3 年进行一次水下结构检测。其中河床断面等水文观测频次,对常年有水桥梁,至少每年洪水后测量 1 次;对季节性河流上的桥梁,洪水冲刷河床断面发生变化时,汛后测量 1 次。

4.5.2 新建铁路桥梁水下结构应进行外观检测、水文观测和地形测量等验收。

4.5.3 铁路桥梁符合以下条件之一时,应对水下结构进行补充检测。

- a) 桥墩年代长久、材料老化或相关技术资料缺失、基础状态不明确。
- b) 桥位处或上、下游河床条件发生显著改变。
- c) 遭受洪水、滑坡、泥石流、地震等严重危及桥梁水下结构安全的自然灾害。
- d) 遭受船、筏、流冰等漂流物意外撞击事件。
- e) 对水下结构基础使用状态存在疑议,或出现沉降、倾斜、淘空等严重病害。
- f) 其他特殊情况。

4.6 检测资质要求

4.6.1 检测单位应具有中国潜水救捞行业协会颁发的水下工程检测机构能力等级证书,检测结果应由持对应水下检测员资格证书的人员提出。

4.6.2 检测人员应持有相应水下检测员资格证书,每项检测工作由两名或者两名以上检测人员承担,且至少一名具有工程师资格的检测人员担任主检。

4.6.3 进行水下检测的潜水员应持潜水员资格证书和水下检测员资格证书,身体条件适合潜水作业。

5 检测流程

5.1 资料收集

检测前应具有以下资料。

- a) 桥梁类型、结构、水文、地质等技术资料。
- b) 桥址处河道变迁、周围地形及环境特征。
- c) 历次维修加固情况。

5.2 检测方案

铁路桥梁水下结构检测应编制详细的检测方案，桥梁检测方案应包含以下内容。

- a) 桥梁概述。
- b) 检测目的。
- c) 检测依据。
- d) 检测程序。
- e) 检测内容，包含检测项目、检测方法和要求。
- f) 检测人员，包含项目组织机构、主要人员。
- g) 检测仪器设备，包含仪器设备名称、规格型号、精度要求、使用条件等。
- h) 进度计划。
- i) 安全、质量及应急预案。

5.3 检测工作流程

检测工作应按照图 1 的程序进行。

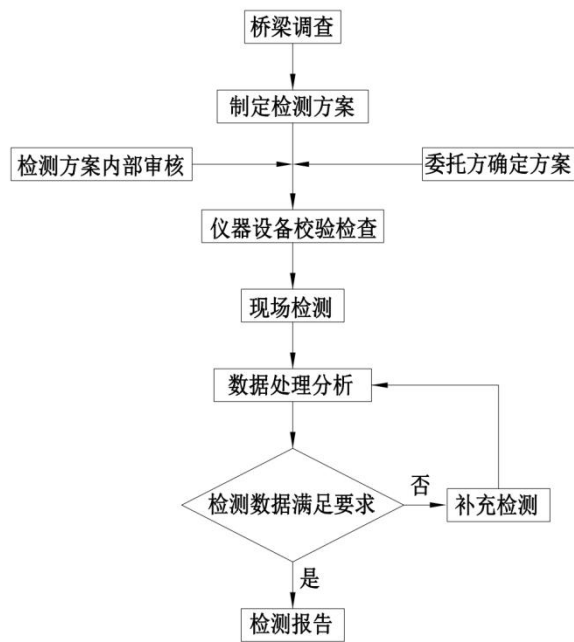


图 1 检测工作流程图

6 外观检测

6.1 一般规定

6.1.1 外观检测包括几何尺寸，裂缝，蜂窝、麻面，孔洞，破损，露筋、锈蚀，冲刷磨损，缩径等，内容详见表 1。

表 1 外观检测内容

检测项目	检测内容	检测部位
几何尺寸	长、宽、高、直径等	墩身、承台、基础
裂缝	长度、宽度、分布及走向等	
蜂窝、麻面	平面方位，尺寸、面积等	
孔洞	平面方位，尺寸、面积、深度等	
破损	平面方位，尺寸、面积、深度等	
露筋、锈蚀	露出钢筋的长度、直径、数量及分布等，钢筋锈蚀引起混凝土脱落的平面尺寸、面积、深度等。	
冲刷磨损	平面方位，尺寸、面积、深度等	
缩径	长度、周长、面积等	桩基础

6.1.2 外观检测应根据缺陷或病害的状态、范围、数量做好详细的调查记录，并绘制分布图。

6.1.3 几何尺寸应采用卷尺测量，一般测量三次以上，取平均值为测量值。

6.1.4 混凝土桥墩允许偏差和检验方法应符合表 2 的规定。

表 2 混凝土桥墩允许偏差和检验方法

项目	允许偏差（mm）	检验方法
桥墩前后、左右边缘距设计中心线尺寸	±20	测量检测不少于 5 处
表面平整度	5	2m 靠尺检查不少于 5 处

6.1.5 水下结构如附着有微生物时，检测部位应先清除后检测；如微生物对桥墩有损伤时，应对其成分进行分析，同时对附着部位拍照并做好记录，以防混淆。

6.1.6 检测时应同步采集影像资料，视频分辨率≥1080p，图像应可用于缺陷量化分析。

6.2 裂缝检测

6.2.1 应进行全数检测，按位置编号，应记录每条裂缝的长度、宽度、深度、走向和位置，并绘制裂缝分布图。

6.2.2 处于变化发展的裂缝应进行监测。

6.2.3 裂缝宽度可用读数显微镜、塞尺和裂缝专用测量仪器测量，也可用钢尺测量或比对。

6.2.4 水上部位的裂缝深度可按《混凝土结构现场检测技术标准》规定的方法检测，或通过钻取芯样验证。

6.2.5 水下部位的裂缝长度可用钢尺测量或比对。

6.3 蜂窝、麻面检测

6.3.1 应进行全数检测，并记录平面方位、尺寸、面积等，按位置编号，并绘制分布图。

6.3.2 平面尺寸应采用专用工具测量，可采用钢尺或卷尺测量。

6.3.3 水下部位可用水下检测仪器进行检测。

6.4 孔洞检测

6.4.1 应进行全数检测，并记录平面方位、尺寸、深度、面积等，按位置编号，并绘制分布图。

6.4.2 平面尺寸应采用专用工具测量，可采用钢尺或卷尺测量。

6.4.3 深度应用两把钢尺或卷尺，纵横垂直置放进行量测，读取纵向尺子数值。

6.4.4 水下部位可用水下检测仪器进行检测。

6.5 破损检测

6.5.1 应进行全数检测，并记录平面方位、尺寸、深度、面积等，按位置编号，并绘制分布图。

6.5.2 平面尺寸应采用专用工具测量，可采用钢尺或卷尺测量。

6.5.3 深度应用两把钢尺或卷尺，纵横垂直置放进行量测，读取纵向尺子数值。

6.5.4 水下部位可用水下检测仪器进行检测。

6.6 钢筋外露、锈蚀检测

6.6.1 检测前应根据技术资料判断待检部位的钢筋直径、钢筋分布、保护层厚度。

6.6.2 应进行全数检测，记录钢筋外露及锈蚀的位置、长度、宽度等，按位置编号，并绘制分布图。

6.6.3 钢筋锈蚀引起的混凝土表面的锈迹、空响应采用专用工具测量，可采用钢尺或卷尺测量。

6.6.4 钢筋外露的长度和直径应采用专用工具测量，长度可采用钢尺或卷尺测量，直径可采用游标卡尺测量。

6.6.5 水下部分的钢筋外露、锈蚀情况可采用水下检测仪器进行检测。

6.7 冲刷磨损检测

6.7.1 应进行全数检测，并记录平面方位、尺寸、深度、面积等，按位置编号，并绘制分布图。

6.7.2 平面尺寸应采用专用工具测量，可采用钢尺或卷尺测量。

6.7.3 深度应用两把钢尺或卷尺，纵横垂直置放进行量测，读取纵向尺子数值。

6.7.4 水下部位可用水下检测仪器进行检测。

6.8 缩径检测

6.8.1 检测前应根据技术资料掌握桩基设计直径。

6.8.2 应进行全数检测，记录缩径部位的长度、周长、面积等，按位置编号，并绘制分布图。

6.8.3 桩基础周长应采用专用工具测量，可采用钢尺或卷尺测量。

6.8.4 水下部分的钢筋外露、锈蚀情况可采用水下检测仪器进行检测。

7 冲刷检测

7.1 一般规定

7.1.1 应对埋置于河床中的基础或承台做冲刷检测，确定其埋深及周围河床的冲刷、淤积、淘空情况。

7.1.2 冲刷检测应在枯水期进行，同时应探明河床覆盖层是否为冲刷、淘空后回淤的沉积物，以排除对测量结果的影响。

7.1.3 冲刷、淤积严重且持续变化时应进行监测。

7.2 冲刷检测

7.2.1 河床冲淤应采用单波束测深仪、多波束测深系统和图像声呐先行扫测，但检查内容、覆盖范围应至少满足本条（7.2.5）的要求。

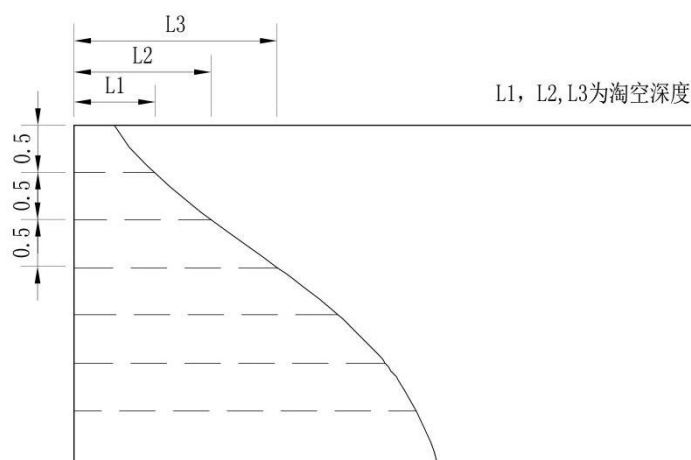
7.2.2 特殊水域声学设备无法正常测量时，可直接采用测深锤、测深杆等进行测量。

7.2.3 基础冲刷深度测量时应消除杂物造成的影响。

7.2.4 冲刷测深点的位置，应采用固定的径向网格模式，测深点间距不应大于 1m。

7.2.5 基础或承台外 3m 以内的局部冲刷应详细测量和描述，3m 以外要探明是否有异物并进行详细记录。

7.2.6 基础埋深和冲刷检测应以基础或承台外轮廓线为基准，从中心开始向周围不少于 4 个方向，并将测量结果按一定的顺序记录下来；基础或承台有淘空时，应计算出淘空面积，如图 2 所示。



注 1：L1、L2、L3 为淘空深度。

图 2 基础或承台淘空测量示意图（单位：米）

7.2.7 测量结果应与历次检测数据进行比较，判定基础或承台冲刷的严重程度。

8 水文观测

8.1 一般规定

8.1.1 水文观测包括水位观测、流速测量、浊度测量及温度、盐度测量。

8.1.2 水文观测应针对河床不稳定、易受水害侵袭的桥梁。

8.1.3 水文观测应采用人工观测、自动观测、人工观测和自动观测相结合的方法进行。

8.1.4 水文观测应在汛期或特殊时期进行。

8.2 水位观测

8.2.1 可采用水尺或水位计等设备人工或自动观测水位变化。

8.2.2 水位观测频次应符合以下规定：

——水位平稳时，应每日观测一次；

——洪水期或水位变化急剧时期，应每 1h~6h 观测一次，暴涨暴落时，应根据需要增为每 30min 或若干分钟观测一次，以能测得各次峰、谷和完整的水位变化过程为原则。

8.2.3 在汛前、汛中、汛后应对水位观测系统进行全面检查维护。

8.3 流速测量

8.3.1 流速可采用浮标、转子式流速仪、电波多普勒流速仪、声学多普勒流速剖面仪（ADCP）等工具测量。

8.3.2 应测量桥位处流速最大处和最有代表处的流速。

8.4 浊度测验

8.4.1 水体浊度可采用不同类型的浊度计，通过采样测定或原位观测的方法得到。

8.4.2 水样采集位置应在桥墩左右侧、大小里程侧等 4 个方向，每个方向取样不应少于 3 次。采样及分析过程应符合规范及仪器的要求。

8.5 温度、盐度检测

8.5.1 可以采用颠倒温度计等设备对选定层位水温进行原位测定。

8.5.2 应对影响桥梁水下结构质量的水体盐度进行测定，盐度可采用氯度分析法和盐度计法测定，取样及测定均需满足规范要求。

9 水下地形测量

9.1 一般规定

9.1.1 水下地形测量包括河床断面测量和河床全覆盖测量。

9.1.2 河床断面测量应符合以下要求：

——测量地点一般在桥下及桥梁上下游各 25m 的三个断面上进行，每次测量的断面应固定。

——测量范围应测至设计洪水位 0.5m 以上，当最大历史洪水位超过设计洪水位时，漫滩较宽的河流可测至最大历史洪水边界 0.5m 以上，并应在断面两端钉桩。

——测点位置应符合表 2 的规定。

表 2 河床断面测点最大间距

单位为米

水面宽	<50	50~100	>100
最大间距	3~5	5~10	10

——测深断面方向原则上应与岸线（或主流方向）相垂直。

——每次测量的结果应绘在图纸上，用不同色笔绘制历年冲刷总图，图上应绘有各种水位、轨底、桥墩顶、基底、河床的标高以及水深、桥墩中心线及河床断面。

9.1.3 河床断面测量的水中测量和陆上测量应相互衔接，采用相同的坐标系统。

9.1.4 河床全覆盖测量的范围及内容应符合以下规定：

——应对桥轴线上、下游各 50m 范围内水下地形、水中结构物或障碍物进行检测。

——水下结构周边为测量重点范围，着重调查该区域的冲淤、淘空情况。

——除定期的检测外，洪水等自然灾害过后需进行加测。

9.1.5 在水下环境不明的水域进行测量时，必须提前掌握测区的暗礁、水流和险滩等情况。

9.1.6 检测成果应包括数字化断面图、水下地形图，满足铁路数字化档案管理要求。

9.2 河床断面测量

9.2.1 河床断面测量可采用单波束测深仪、多波束测深系统、测深锤或测深杆等测深工具。

9.2.2 河床断面测量工具应根据水下地形状况、水深、流速和测深设备合理选择。测深点的深度误差，不应超过表 3 的规定。

表 3 测深点深度误差

水深范围（m）	测深仪器或工具	流速（m/s）	深度误差限值（m）
0~4	测深杆	< 0.3	0.10
0~10	测深锤	< 0.5	0.15
1~10	测深仪	—	0.15
10~20	测深仪或测深锤	< 0.3	0.20
>20	测深仪	—	1.5%水深

9.2.3 当精度要求不高、作业困难、用测深锤测深流速大于表 3 的规定或水深大于 20m 时，测点深度误差限值可放宽 1 倍。

9.2.4 在浅水区应采用测深杆或测深锤进行深度测量；在测量水深时，测深杆或测深绳应保持垂直，倾斜度不大于 1%。

9.2.5 单波束测深测量应按照单波束测深技术要求严格进行。

9.3 河床全覆盖测量

- 9.3.1 河床全覆盖测量应采用多波束测深系统进行。
- 9.3.2 在不考虑平面位移的情况下，全覆盖水下测量的深度误差应符合表 4 的规定。

表 4 检测的深度误差限值

单位为米

水深范围	$H \leq 20$	$H > 20$
深度误差限值	± 0.2	$\pm 0.01H$

- 9.3.3 多波束测深系统的主要技术指标应适用现场的环境，其使用应严格按照技术要求进行。

10 检测报告编写

10.1 资料整理

- 10.1.1 检测记录应包括线路名称、桥梁名称、检测内容、照片编号、检测及记录人员签字、检测日期等。
- 10.1.2 检测记录应及时整理，且不得随意更改或删减，原始记录应一并存档。
- 10.1.3 检测时，当检测参数、检测内容出现改变时应及时补录。
- 10.1.4 检测过程中应保留能够反映桥墩基础使用状态的影像资料，并进行备份。
- 10.1.5 检测记录等资料应一桥一档形成档案，长期保存，资源共享，且严禁进行修改。

10.2 数据处理

- 10.2.1 检测结束后，应对数据资料进行全面检核，合格后方可进行处理。
- 10.2.2 原始数据资料必须进行存档，且严禁修改和删减。

10.3 检测报告

- 10.3.1 检测报告应数据可靠、用词规范、文字简练、结论明确并提出相应的应对措施，对于容易混淆的概念和术语应以文字解释或图例、图像说明。
- 10.3.2 检测报告至少应包括以下内容。
- a) 项目概况、委托单位名称、任务来源以及检测目的与要求；
 - b) 检测桥梁概况；
 - c) 检测依据；
 - d) 检测内容及方法；
 - e) 检测人员，包含项目组织机构、主要人员；
 - f) 检测仪器设备，包含仪器设备名称、规格型号等；
 - g) 检测结果及分析，包括整理后的数据、图表、照片及需要说明的事项等；
 - h) 结论及建议。

附录 A

(规范性)

桥梁水下结构编号及桩位描述规则

桥梁水下结构编号及桩位描述应符合附录 A 的规定。

A.1 方位区分

面向线路大里程方向区分左、右侧。

A.2 桥墩编号

与桥梁既有编号规则一致，即从小里程侧起依次为 0#台、1#墩…N-1#墩、N#台，其中 N 为桥梁孔跨数。

A.3 墩身位置描述

墩身可采用时钟点位的方式描述其方位，将小里程侧方向设为 9:00 点，大里程侧方向设为 3:00 点，按照顺时针的方式进行。矩形基础采用以四个角为原点的局部坐标系进行描述其方位。

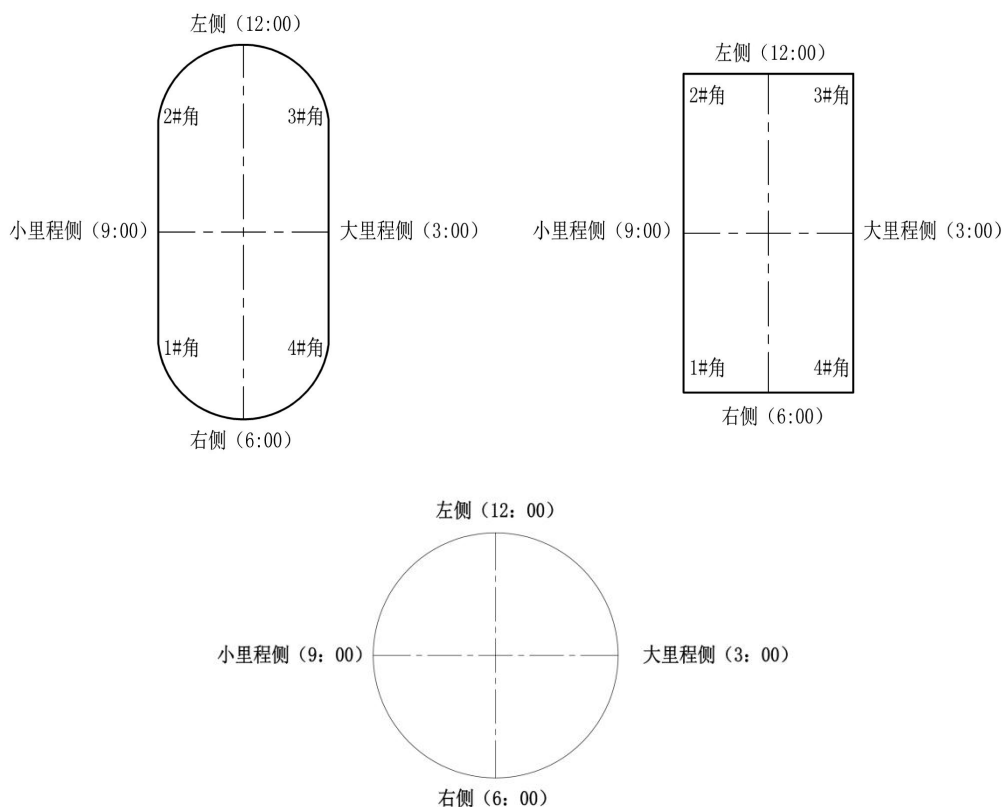


图 1.1 圆端形、矩形、圆形桥墩方位图

A.4 桩身编号

每个墩位下方的桩基编号从左至右、从第一排至第二排的按 1、2、3、……顺序进行编号。具体编号

方法见下图所示。

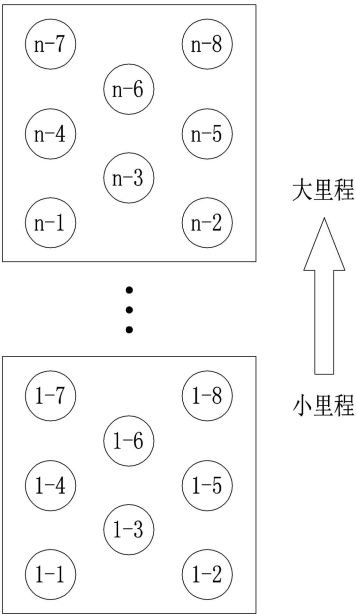


图 1.2 桩基础编号示意图

A. 5 桩身描述

水中桩身长度按检测时以河床至水面的距离进行计算；位置描述同墩身。

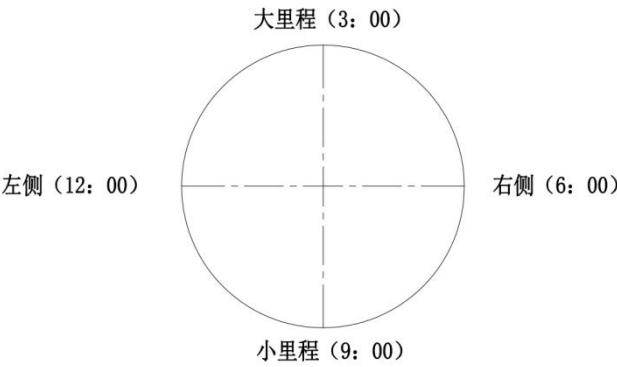


图 1.3 桩身方位描述示意图

附录 B

(资料性)

桥梁水下构件外观缺陷检测记录表

桥梁水下构件外观缺陷检测记录相关示例见表 B. 1。

表 B. 1 桥梁水下构件外观缺陷检测记录表

桥梁名称		线路名称		行别		检测时间	
桥梁全长		中心里程		水域名称		建成(加固、改建)时间	
桥墩编号	结构名称	构件编号	检测内容			照片编号	备注
			类型	位置	范围		
1	桥墩	1-1					
		...					
	承台	1-1					
		...					
	桩基础	1-1					
		...					
	...	...					
2	桥墩	2-1					
		...					
	沉井	2-1					
		...					
	...	...					
3	桥墩	3-1					
		...					
	扩大基础	3-1					
		...					
	...	...					
检测			记录			工程师	

附录 C

(资料性)

桥梁水下结构冲刷检测记录表

桥梁水下结构冲刷检测记录相关示例见表 C.1。

表 C.1 桥梁水下结构冲刷检测记录表

桥梁名称		水面标高				
桥墩编号	方向	水深（单位：m）				
		0m 处	1m 处	2m 处	3m 处	...
1#	3 点钟					
	6 点钟					
	9 点钟					
	12 点钟					
2#	3 点钟					
	6 点钟					
	9 点钟					
	12 点钟					
3#	3 点钟					
	6 点钟					
	9 点钟					
	12 点钟					
4#	3 点钟					
	6 点钟					
	9 点钟					
	12 点钟					
5#	3 点钟					
	6 点钟					
	9 点钟					
	12 点钟					
6#	3 点钟					
	6 点钟					
	9 点钟					
	12 点钟					
检测		记录			工程师	