

ICS
CCS

T/GLYH

中关村中科公路养护产业技术创新联盟团体标准

T/GLYH XXX—202X

内河公路桥梁水下声呐检测技术规程

Technical Specification for Underwater Sonar Inspection
of Inland River Highway Bridges

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中关村中科公路养护产业技术创新联盟 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.....	1
4.1 一般规定.....	1
4.2 检测工作流程.....	2
5 检测项目.....	2
5.1 结构外观缺陷检测.....	2
5.2 基础冲刷及淘空检测.....	3
5.3 河床断面检测.....	3
6 检测方法.....	3
6.1 一般规定.....	3
6.2 前视多波束声呐.....	3
6.3 机械扫描声呐.....	3
6.4 多波束探深声呐.....	4
6.5 三维成像声呐.....	4
7 检测步骤.....	4
7.1 一般规定.....	4
7.2 资料收集.....	4
7.3 现场踏勘.....	5
7.4 检测方案编制.....	5
7.5 声呐和载具准备.....	5
7.6 结构外观缺陷检测.....	5
7.7 基础冲刷及淘空检测.....	6
7.8 河床断面检测.....	6
8 检测数据处理及结果应用.....	7
8.1 检测数据处理.....	7
8.2 检测结果应用.....	7
附录 A 内河公路桥梁水下声呐检测报告内容.....	9
附录 B 内河公路桥梁水下桩基声呐检测评定记录表.....	10

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。

本文件由中关村中科公路养护产业技术创新联盟提出。

本文件由中关村中科公路养护产业技术创新联盟归口。

本文件起草单位：江苏宁靖盐高速公路有限公司、江苏华汇工程科技有限公司、河海大学、江苏宁杭高速公路有限公司、江苏华通工程技术有限公司、福建省高速技术咨询有限公司、山东省高速养护集团有限公司、广西交投科技有限公司、重庆公路养护工程（集团）有限公司、江西交投海通公路养护有限公司、黑龙江省交投养护科技有限公司、云南省交通规划设计研究院股份有限公司。

本文件主要起草人：

内河公路桥梁水下声呐检测技术规程

1 范围

本文件规定了采用声呐开展内河公路桥梁水下检测的工作流程、检测项目、检测方法、检测步骤、检测数据处理及结果应用等内容。

本文件适用于各等级公路内河桥梁水下声呐检测，海洋公路桥梁及城市、铁路桥梁可参照使用。

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。

JTG 5120 公路桥涵养护规范

JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准

T/CECS G: J56 公路桥梁水下构件检测技术规程

T/CCTAS 67 桥梁水下结构声呐法检测技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.0.1 前视多波束声呐 multibeam forward looking sonar

按一定开角主动发射多道波束，且能够在一次发射中同时获取多个方位角回波数据，形成实时二维图像的声呐，由多波束声呐基阵（天线）、声呐主机、数据采集与处理软件、连接线缆等组成。

3.0.2 机械扫描声呐 mechanical scanning sonar

通过电机驱动换能器机械旋转，逐步获取各方位角回波数据，形成二维图像的声呐，由声呐探头、声呐主机、数据采集与处理软件等组成。

3.0.3 多波束探深声呐 multibeam echo sounder

通过向河床发射多个声波束，并测量每个波束的水底反射回波到达时间，结合声速信息折算出每个波束对应的坐标和河床深度的声呐，由多波束声学传感器、惯性姿态仪、卫星定位系统、数据采集与处理软件等组成。

3.0.4 三维成像声呐 three-dimensional imaging sonar

利用线阵或面阵声波扫测，获取目标物三维点云坐标信息的声呐，由换能器、云台、接线盒、控制软件、数据采集与处理软件等组成。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 符合JTG 5120规定的养护检查等级为I、II级的公路桥梁，应在初始检查中开展桥梁水下检测。

4.1.2 公路桥梁水下检测应3~5年一次。桥位处水流湍急、河床下切快、基础埋深浅、水质腐蚀性强等特殊情况下的桥梁，应提高检测频率。

4.1.3 公路桥梁水下检测内容应包括结构表观缺陷检测、基础冲刷及淘空检测、河床断面检测，必要

时可根据需要增加其他专项检测。

4.1.4 结构外观缺陷检测宜采用声呐检测开展排查，必要时可辅助人工潜水检查进行复核或补充检查。结构外观缺陷的声呐检测宜统一测点布置原则，按“一构件一档”原则记录检测成果，便于检测成果的可追溯和可对比，支撑桥梁水下结构的科学养护。

4.1.5 基础冲刷及淘空检测、河床断面检测宜采用声呐检测，形成二维声呐图像或三维声呐点云数据，记录基础冲刷及淘空、河床的技术状况及变化情况。

4.1.6 应用于桥梁水下检测的声呐设备选型、技术参数等，应满足待检测项目的技术要求，并按规定定期进行检定、校准。

4.1.7 公路桥梁水下声呐检测报告应结论明确、用词规范、文字简练，对于容易混淆的术语和概念，以文字解释或图例、图像、图表说明，检测报告内容宜参考附录A。

4.2 检测工作流程

公路桥梁水下声呐检测工作流程主要包括：检测准备、现场检测、数据处理、技术状况评定、检测报告编制，具体可按图1执行。

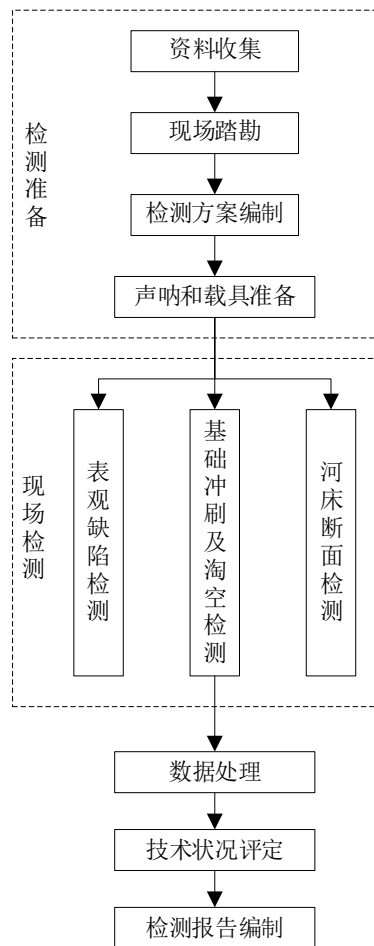


图1 公路桥梁水下声呐检测工作流程

5 检测项目

5.1 结构外观缺陷检测

5.1.1 结构外观缺陷检测对象为位于水面以下的桥梁结构，包括墩柱、桩基、承台、系梁等。

5.1.2 结构外观缺陷检测内容主要包括JTG/T H21规定的剥落露筋、冲蚀、滑移和倾斜、空洞孔洞等，各项检测内容的检测指标应采用规范规定的评定指标。

5.1.3 对于水中桩基础，应重点检查桩柱结合部、桩基与承台连接处、水位涨落或干湿交替处桩柱身。

5.2 基础冲刷及淘空检测

5.2.1 基础冲刷及淘空检测对象为桥梁水下基础结构周边的河床。桥梁水下基础结构包括位于水面以下的桩基、承台、浅基础等。

5.2.2 基础冲刷及淘空检测内容包括JTG/T H21规定的基础冲刷、淘空，各项检测内容的检测指标应采用规范规定的评定指标。

5.3 河床断面检测

5.3.1 河床断面检测对象为桥位附近一定范围内的河床，宜包括桥下及上、下游各50m范围内的水域。

5.3.2 河床断面检测内容包括JTG/T H21规定的河床堵塞、冲刷、河床变迁，各项检测内容的检测指标应采用规范规定的评定指标。

6 检测方法

6.1 一般规定

6.1.1 结构外观缺陷检测宜采用前视多波束声呐、机械扫描声呐。对于桥梁水下大尺寸结构，或存在三维成像需求的结构检测，可采用三维成像声呐。

6.1.2 基础冲刷及淘空检测、河床断面检测宜采用多波束探深声呐。

6.1.3 声呐检测可结合技术条件和待检桥位水文状况，采用测量船、无人船或水下机器人作为载具。

6.2 前视多波束声呐

6.2.1 前视多波束声呐扫测成果为二维声呐图像。

6.2.2 前视多波束声呐分为单频和双频两种，应根据待检测项目的技术要求，选择声呐的类型和工作频率。前视多波束声呐主要工作频率及对应的技术参数见表1。

表1 前视多波束声呐主要工作频率及对应的技术参数表

声呐工作频率	375kHz	750kHz	1.2MHz	2.1MHz
最大探测距离 (m)	200	100	30	10
最小探测距离 (m)	0.2	0.1	0.1	0.1
分辨率 (mm)	8	4	2.5	2.5
刷新率 (Hz)	40	40	40	40
垂直波束开角 (°)	20	20	20	12
水平波束开角 (°)	130	130	70	60
波束数量	256	512	512	512
角度分辨率 (°)	2	1	0.6	0.4
波束间隔 (°)	0.5	0.25	0.25	0.16

6.3 机械扫描声呐

6.3.1 机械扫描声呐扫测成果为二维声呐图像。

6.3.2 机械扫描声呐应满足在单个测点实现0°~360°连续扫描的技术要求。

6.3.3 机械扫描声呐的波束宽度指标分为垂直和水平两个方向，垂直波束宽度宜为 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ，水平波束宽度宜为 $0.8^{\circ}\sim 3.0^{\circ}$ ，声波脉冲宽度宜为 $5\mu\text{s}\sim 1000\mu\text{s}$ 。

6.3.4 应根据待检测项目的技术要求，选择机械扫描声呐的工作频率。机械扫描声呐主要工作频率及对应的技术参数见表2。

表2 机械扫描声呐主要工作频率及对应的技术参数表

声呐工作频率	330kHz	675kHz	1.0MHz
最大探测距离 (m)	300	100	50
分辨率 (cm)	10	5	3

6.4 多波束探深声呐

6.4.1 多波束探深声呐扫测成果为三维声呐图像。

6.4.2 多波束探深声呐工作频率宜为 $200\sim 400\text{kHz}$ ，波束个数不宜小于512，测深范围及精度应满足待检测项目的技术要求。

6.4.3 多波束探深声呐平行于航迹方向的波束宽度宜为 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ ，垂直于航迹方向的波束宽度宜为 $0.5^{\circ}\sim 3^{\circ}$ ；声呐发射器发出的扇形波束面应垂直于航迹方向，开角宜为 $60^{\circ}\sim 150^{\circ}$ ，平行于航迹方向的开角宜为 $0.5^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 。

6.5 三维成像声呐

6.5.1 三维成像声呐扫测成果为三维声呐图像。

6.5.2 三维成像声呐的工作模式分为静态和动态两种，应根据待检测项目的技术要求，选择声呐的工作模式和工作频率。三维成像声呐主要工作频率及对应的技术参数见表3。

表3 三维成像声呐主要工作频率及对应的技术参数表

声呐工作频率 (kHz)	240~2250
最大探测距离 (m)	10~150
最大工作深度 (m)	250~4000
分辨率 (cm)	1~3
刷新率 (Hz)	≤ 40
波束数量	128~256
波束间隔 ($^{\circ}$)	0.18~0.7

7 检测步骤

7.1 一般规定

7.1.1 检测准备工作包括桥梁基础资料收集、现场踏勘、检测方案编制、声呐和载具准备。

7.1.2 现场检测工作包括结构外观缺陷检测、基础冲刷及淘空检测、河床断面检测。

7.2 资料收集

7.2.1 资料收集的内容应根据桥梁水下声呐检测实施和技术状况评定的工作需要确定。

7.2.2 资料收集的内容宜包括：

- 1 桥梁基本信息，包括桥梁名称、桥位桩号、设计荷载标准、结构型式、跨越水域名称等。
- 2 勘察设计及竣工图文件，包括桥梁建设期的地质勘察及水文勘测资料、施工图设计文件、

竣工图文件等。

- 3 检测及维修加固历史资料，包括历次桥梁水下检测报告、维修加固设计及交竣工文件等。若待检桥梁前期已实施过水下声呐检测，应收集声呐检测影像成果。

7.3 现场踏勘

7.3.1 公路桥梁水下声呐检测前，宜开展现场踏勘。

7.3.2 现场踏勘的内容宜包括：

- 1 桥位处检测进场条件和交通路线。
- 2 桥位水域的水文条件，包括水位、流速、水深、水体能见度等，必要时可携带测深仪、流速仪等开展辅助测量。
- 3 桥位处的声呐检测条件，包括桥位周边障碍物情况、测点布置条件等；若桥梁水下结构周边水草过密或表面存在附着水生物，应在实施检测前完成清理工作。

7.4 检测方案编制

7.4.1 检测方案应根据检测项目合同要求，并开展待检桥梁资料收集和现场踏勘后编制。

7.4.2 公路桥梁水下声呐检测方案编制宜包括但不限于以下内容：

- 1 项目概况，包括待检桥梁基本信息、检测及维修加固历史、桥位水文和检测条件等。
- 2 检测目的和依据。
- 3 检测范围、内容和方法。
- 4 检测人员和仪器设备。
- 5 检测工作进度计划。
- 6 安全、环境保护与质量保证措施。

7.5 声呐和载具准备

7.5.1 现场检测实施前，应根据检测方案准备声呐设备和检测载具，并完成设备的检查和调试工作。

7.5.2 当选择测量船作为检测载具时，宜采用便携的组装式结构，并确保满足检测设备和人员的承载要求。

7.5.3 为提高桥梁水下声呐检测效率，可采用无人船或水下机器人作为载具。

7.5.4 对于桥位处水流湍急、航运交通量大等特殊检测项目，宜科学规划检测时机，并合理选择测量载具及必要的辅助设施，确保检测作业安全。

7.6 结构表观缺陷检测

7.6.1 结构表观缺陷检测时，应根据检测方案采用前视多波束声呐或机械扫描声呐，现场合理布置测点和测线，逐个完成全部待检水下结构的声呐检测。

7.6.2 为便于表观缺陷检测成果的可追溯和可对比，桥梁水下结构的编号规则和声呐检测测点布置原则宜长期保持统一。

7.6.3 声呐检测测点的布置应确保有效成像范围，能覆盖待检水下结构的完整表观。

7.6.4 结构表观缺陷检测声呐测点布置宜按以下原则实施：

- 1 圆柱形墩柱、桩基的测点和缺陷定位，宜采用时钟方位描述，并以路线前进方向大桩号侧为时钟12点，如图2所示。
- 2 对于单根圆柱形墩柱、桩基，在同一平面上沿外周布置的测点数量，应根据桩柱直径、声呐测点到桩柱表面距离、声呐波束开角等因素，通过现场检测试验确定。一般常规桥梁单

根桩柱沿外周均匀布置4个或6个测点，即可满足声呐成像范围覆盖要求。

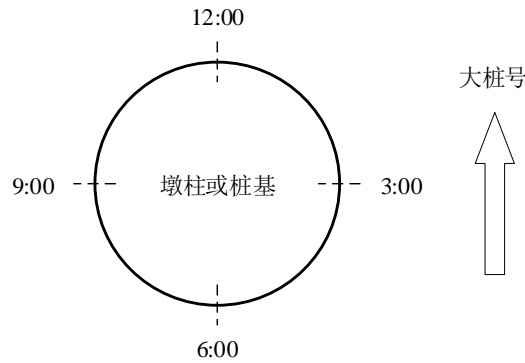


图2 圆柱形墩柱、桩基的测点和缺陷方向位置定位示意图

- 3 对于群桩基础，可通过灵活设置测点，降低结构遮挡对声呐检测成像的影响。
- 4 对于承台和系梁，应在构件各个外表面上均设置足够测点，以满足声呐成像范围覆盖要求。
- 5 声呐测点到待检水下结构表面的距离，应满足声呐设备探测距离范围要求，不宜过近或过远，以声呐成像效果最佳为原则控制，可通过现场检测试验确定，一般宜控制在2~5m左右。
- 6 当水深较大，在水深方向上单个声呐测点无法满足成像范围覆盖要求时，可增设竖向测点，并保证同一平面位置处相邻竖向测点扫测范围有不小于30%的重叠区域。

7.6.5 结构外观缺陷检测时，若现场发现存在缺陷或病害，可减小声呐测点到结构表面距离，抵近扫测缺陷或病害的形态特征。在缺陷或病害的范围、深度、内部情况难以通过声呐扫测确定时，应辅助人工潜水检查进行复核或补充检查。

7.6.6 结构外观缺陷检测时，应做好声呐检测数据的编号和存储。现场填写并核对桥梁水下结构外观缺陷检测记录文件，填写应准确无误、防止遗漏。

7.7 基础冲刷及淘空检测

7.7.1 基础冲刷及淘空检测时，应根据检测方案，现场合理布置多波束探深声呐测线，宜结合河床断面检测内容，扫测桥位处完整的河床高程数据；也可根据需要仅扫测基础结构周边的河床，扫测平面范围不宜小于基础结构以外5m水域。

7.7.2 为便于基础冲刷及淘空检测成果的可追溯和可对比，桥梁水下基础结构的编号规则和河床高程数据所采用的基准点或高程系统宜长期保持统一。

7.7.3 声呐检测测线的布置应确保有效成像范围，能覆盖基础冲刷及淘空检测水域。

7.7.4 在基础冲刷、浅基础淘空的范围和深度等无法通过声呐扫测确定时，应辅助人工潜水检查进行复核或补充检查。

7.7.5 基础冲刷及淘空检测时，应做好声呐检测数据的编号和存储。现场填写并核对基础冲刷及淘空检测记录文件，填写应准确无误、防止遗漏。

7.8 河床断面检测

7.8.1 河床断面检测时，应根据检测方案，现场合理布置多波束探深声呐测线，逐步完成全部待测水域的扫测。

7.8.2 为便于河床断面检测成果的可追溯和可对比，河床高程数据所采用的基准点或高程系统宜长期保持统一。

7.8.3 声呐检测测线的布置应确保有效成像范围，能覆盖全部待测水域。

7.8.4 河床断面检测时，应做好声呐检测数据的编号和存储。现场填写并核对河床断面检测记录文件，

填写应准确无误、防止遗漏。

8 检测数据处理及结果应用

8.1 检测数据处理

8.1.1 现场采集的声呐检测数据，应采用声呐设备配套的软件处理后，形成声呐检测图像成果，并按相应编号规则做好存储。声呐检测图像成果应清晰、易读。

8.1.2 采用机械扫描声呐开展结构表观缺陷检测时，宜拼接各测点扫测的二维声呐图像，以展示水下构件在特定方向上的完整表现。

8.1.3 结构表观缺陷检测图像成果应包含全部已测水下构件，每个构件的全部图像成果应能覆盖构件的完整表现。根据检测所采用的声呐设备条件，图像成果形式可以是二维声呐视频或图片。

8.1.4 基础冲刷及淘空检测图像成果应包含全部已测水下基础构件周边的河床，每个构件的图像成果应能覆盖基础冲刷及淘空检测水域。图像成果形式宜为水下基础构件及其周边河床的三维声呐图像。

8.1.5 河床断面检测图像成果应包含全部已测桥位附近一定范围内的河床，每个桥位的图像成果应能覆盖全部已测水域。图像成果形式宜为桥位附近河床的三维声呐图像。

8.1.6 声呐检测数据处理过程中，若发现存在漏检、检测质量不满足技术要求或数据丢失等情况，应及时开展补充检测。

8.2 检测结果应用

8.2.1 结构表观缺陷检测成果应用应满足以下技术要求：

- 1 在完成声呐检测数据处理后，应对声呐检测图像成果进行判读，按照JTG/T H21规定的评定指标及分级评定标准，识别桥梁水下结构的表观缺陷或病害，记录表观技术状况的定性和定量描述，绘制表观缺陷或病害分布图。
- 2 根据声呐检测图像判读结果，及辅助人工潜水检查的检测成果，按JTG/T H21评定桥梁水下结构的表观技术状况。
- 3 针对检测发现的表观缺陷或病害，应结合检测和养护历史，分析缺陷或病害的成因、发展趋势和结构危害。
- 4 为作好桥梁水下结构表观缺陷检测成果管理，便于检测成果的可追溯和可对比，宜按“一构件一档”记录历次检测和评定结果，作为检测报告的附件。内河公路桥梁水下桩基声呐检测评定记录表可参考附录B。

8.2.2 基础冲刷及淘空检测成果应用应满足以下技术要求：

- 1 根据水下基础结构周边河床的三维声呐图像和高程数据，按照JTG/T H21规定的评定指标及分级评定标准，识别基础冲刷及淘空病害，记录病害的定性和定量描述。
- 2 根据声呐检测图像判读结果，及辅助人工潜水检查的检测成果，按JTG/T H21评定桥梁水下基础冲刷及淘空的技术状况。
- 3 针对检测发现的基础冲刷及淘空病害，应结合检测和养护历史，分析病害的成因、发展趋势和结构危害。

8.2.3 河床断面检测成果应用应满足以下技术要求：

- 1 根据桥位处河床的三维声呐图像和高程数据，按照JTG/T H21规定的评定指标及分级评定标准，识别河床堵塞、冲刷、河床变迁等病害，记录病害的定性描述，并根据需要绘制河床断面图。

- 2 根据声呐检测图像判读结果，按JTG/T H21评定桥位河床的技术状况。
- 3 针对检测发现的河床堵塞、冲刷、河床变迁等病害，应结合检测和养护历史，分析病害的成因、发展趋势和结构危害。

附录 A 内河公路桥梁水下声呐检测报告内容

内河公路桥梁水下声呐检测报告宜包括但不限于以下内容：

- 1 项目概况，包括待检桥梁基本信息、检测及维修加固历史、桥位水文条件等。
- 2 检测目的和依据。
- 3 检测范围、内容和方法。
- 4 检测人员和仪器设备。
- 5 水下构件编号、记录规则。
- 6 检测实施情况。
- 7 检测结果，包括表观缺陷检测、基础冲刷及淘空检测、河床断面检测的详细检测和评定结果。
- 8 检测结论。
- 9 养护建议。
- 10 附件，内河公路桥梁水下桩基声呐检测评定记录表（附录B）。

附录 B 内河公路桥梁水下桩基声呐检测评定记录表

内河公路桥梁水下桩基声呐检测评定记录表					
桩基基本信息					
桥梁编码		桥梁名称		桥梁桩号	
上部结构型式		建成年月		桩基编号	
设计桩径 (m)		维修加固历史			
本次桩基表观状况检查总体情况					
本次检查日期			本次检查评定类别 (JTG/T H21)		
桩基总体表观状况及病害描述			桩基养护建议		
病害区声呐图像			病害分布图 (含病害定位示意图)		
本次桩基表观状况检查声呐图像 (完整表观)					
桩基表观部位	表观状况描述		声呐图像		