

《公路桥梁水下桩基施工无损检测技术规范》团体标准编制说明

一、任务来源

2026 年 8 月，中国西部开发促进会发布《公路桥梁水下桩基施工无损检测技术规范》团体标准立项通知，正式批准该团体标准立项，由宁波骏辉建设有限公司牵头，开展团体标准的全流程编制工作。

二、项目背景

1. 目的

本标准编写目的是建立统一的公路桥梁水下桩基施工无损检测技术规范，明确施工预埋配套防护、水下检测仪器标定、不同水域现场作业工艺、多方法协同实施、水环境数据修正、缺陷分级判定等全套技术要求，确保水下桩基在施工阶段经过科学、系统、可重复的无损检测流程，从施工源头把控水下桩基工程质量，有效提升公路桥梁水下桩基的结构安全性与使用可靠性，为行业设计、施工、检测、验收等相关主体提供统一、规范的检测技术依据，解决当前行业内水下桩基无损检测无统一标准、操作不规范、结果不可比的核心问题。

2. 意义

本标准的制定与实施，具备显著的行业价值与产业意义：

一是规范行业水下检测行为，保障桥梁结构安全。通过统一水下桩基无损检测技术规范，解决当前各检测机构水下检测流程、判定指标不一导致的桩基质量参差不齐问题，保障桥梁结构安全，为新建项目交工验收提供统一技术依据。水下桩基作为公路桥梁核心承重隐蔽构件，常年受水流冲刷、泥沙淤积、水体腐蚀、潮汐扰动影响，断桩、夹泥、缩颈、桩身空洞、基底沉渣超标等缺陷隐蔽性极强，一旦遗留病害将诱发桥梁沉降、墩身倾斜甚至整体垮塌事故。

二是筑牢水下桩基安全根基，强化核心技术保障。水下桩基作为桥梁基础的主要形式，其构件性能是保证桥梁结构安全的重要前提。无损检测是水下桩基施工质量唯一非破损核验手段，统一的检测技术规范能够保障水下桩基施工质量的稳定可控，为桥梁结构的长久安全运营提供关键技术支撑。

三是整合行业技术资源，推动水下检测技术进步。制定统一的检测技术规范，能够整合行业内水下超声透射、多波束声呐、ROV 水下机器人、水下光纤成像、水上低应变组合检测等先进技术成果，统一行业技术评价与应用标准，有效提升国内水下桩基无损检测领域的整体技术水平，加速新型水下无损检测技术的规范化推广。

3. 必要性

随着我国交通基础设施建设的持续推进，跨江、跨湖、跨海公路桥梁建设规模不断扩大，水下桩基施工质量直接关系桥梁结构安全与公共安全。但当前行业内存在三大核心痛点，使得本标准的制定具备极强的现实必要性：

一是行业无统一水下检测标准，发展不均衡。现行《公路工程基桩检测技术规程》（JTG/T 3512—2020）主要针对陆上桩基检测，未考虑水下高水压、水流扰动、泥沙遮挡、声测管水下防护、水下换能器水密性等特殊约束条件。水下桩基检测的声测管预埋、水下耦合、水流干扰降噪、缺陷水下判读均无统一量化指标，各检测机构作业尺度差异巨大，质量纠纷频发。

二是现有标准割裂，无法适配水下复杂水环境工况。现行各类地方导则仅单一规范某一种检测手段，缺少水下声波透射、水下成像声呐、水下机器人检测、跨孔 CT、水上低应变组合检测一体化成套流程。虽然 T/CECS G: J56—2019《公路桥梁水下构件检测技术规程》已发布实施，但其侧重表观缺陷检测、基础冲

刷及淘空检测、河床断面测量等外观检测内容，主要面向在役桥梁水下构件的检测评定，未针对水下桩基施工阶段的桩身内部完整性无损检测形成成套技术规范。桥梁水下结构的病害具有一定的隐蔽性，相对上部结构而言，桥梁水下结构病害检查工作开展较少，制约检测实施与发展的关键原因在于针对水下结构物病害的检测与评价标准缺乏。

三是水下检测作业不规范，漏判误判带来重大工程隐患。调研显示跨江、跨海公路桥梁水下桩基检测普遍存在突出问题：水下换能器水密等级选型无标准、声波检测水流噪声未做降噪处理、泥沙覆盖导致声呐成像缺陷识别失效、超长深水桩检测参数无统一阈值。不同单位设备标定、测点布设、数据修正、缺陷分级规则不统一，大量夹泥、断桩、基底沉渣超标缺陷漏检，后期水下补强修复造价极高、施工难度极大，亟需标准化管控全流程检测工序。现行规范对桥梁水下结构检测的内容及方法尚为空白，无法对水下结构的安全性进行量化评定。

综上，制定统一、科学、可操作的公路桥梁水下桩基施工无损检测技术规范，是规范检测市场秩序、保障桥梁工程质量、推动技术推广应用的迫切需求，也是填补行业水下桩基施工无损检测细分标准空白、完善公路桥梁隐蔽工程质量管控标准框架的重要举措。

三、起草单位和主要工作成员及其所作工作

1. 起草单位

- 本文件由宁波骏辉建设有限公司提出。
- 本文件由中国西部开发促进会归口。
- 本文件由宁波骏辉建设有限公司等共同起草。

2. 主要工作成员及其所做工作

- 本文件主要工作及工作职责见表1。

表1 主要起草人及工作职责

起草单位	工作职责
宁波骏辉建设有限公司等	项目主编单位主编人员，负责标准制定的统筹规划与安排，标准内容和试验方案编制与确定，标准水平的把握及标准编制运行的组织协调。人员中包括了本项标准行业的专业技术人员、管理人员。

四、标准的编制原则

标准编制小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，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》的规定及相关要求编制。

五、标准编制过程

5.1 标准调研阶段

2026年7月，标准起草工作组系统梳理国内外公路桥梁桩基检测、水下结构检测、无损检测相关的国家标准、行业标准及团体标准，调研国内外水下桩基无损检测技术发展现状、行业内主流检测机构的水下检测工艺、技术参数与工程实践情况；走访国内桥梁建设单位、水下检测机构、第三方检测机构、科研院校，收集行业痛点、技术需求与实践数据；重点调研了水下超声透射检测的换能器水密等级与选型参数、水下声呐与ROV机器人检测的成像解译规则、水上低应变辅助检测的水体振动干扰消除方法、多手段联合检测的协同流程及水环境数据修正方法等关键环节，形成完整的行业调研分析报告，为标准编制奠定技术基础。

5.2 标准立项阶段

2026年8月，基于调研成果，起草工作组明确标准编制范围、核心技术内容、预期目标与应用场景，编制完成团体标准立项申请书及相关材料，报送中国西部开发促进会技术与标准化工作委员会。经团体标准管理机构审核、专家评审通过后，标准正式获批立项。

5.3 标准草案形成阶段

2026年9月，立项获批后，起草工作组正式组建，结合调研成果与行业实践经验，按照GB/T 1.1—2020要求搭建标准框架，细化总体检测要求、施工预埋配套防护、水下超声透射检测、水下声呐与ROV机器人检测、水上低应变辅助检测、多手段联合检测流程、水环境数据修正、水下桩基缺陷分级判定、检测数据归档与验收报告等核心章节内容；结合工程实际检测数据与先进检测技术成果，完善核心指标、操作方法与判定规则，完成标准草案初稿。初稿完成后，组织工作组内部开展多轮研讨修改，邀请行业技术专家、标准化专家对草案内容进行专项评审，根据评审意见优化完善，形成标准工作组讨论稿。

5.4 征求意见阶段

2026年10月，通过行业协会、线上平台、定向函件等方式，向公路桥梁建设单位、水下检测机构、设计单位、施工企业、科研院校等相关单位及专家广泛征求意见；对反馈意见进行全面梳理、汇总与分类，组织工作组对每条意见进行研讨分析，明确采纳、部分采纳或未采纳的结论及依据，根据有效意见对标准草案进行修改完善，形成标准送审稿。

5.5 标准送审阶段

2026年11月，将征求意见稿、编制说明、意见汇总处理表等完整材料报送中国西部开发促进会团体标准审查委员会，组织行业专家、标准化专家开展会议审查；根据专家审查意见，对标准内容进行最终修改与完善，形成标准报批稿。

5.6 标准报批阶段

2026年12月，完善送审稿及全套报批材料，按规定流程报送中国西部开发促进会团体标准管理机构，经审核确认符合发布要求后，办理标准报批手续，确定标准发布编号与实施日期，正式发布实施。

六、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

1. 试验验证分析、综述报告

通过搭建公路桥梁水下桩基施工无损检测综合测试平台，配置符合标准要求的水密型超声换能器（含不同水深等级）、多波束水下成像声呐、ROV水下机器人、水上低应变检测仪、声波信号采集与分析系统等设备，在标准规定的检测条件下，对水下桩基的声测管预埋防护、水下超声透射检测、水下声呐与ROV检测、水上低应变辅助检测及水环境数据修正等环节开展全参数检测测试和验证。

结果表明按照本标准规定的流程与方法进行水下桩基施工无损检测后，各项检测指标均达到预设要求，检测结果可复现，验证了标准技术内容的科学性与可操作性。

2. 技术经济论证

从技术层面，本标准整合了当前国内公路桥梁水下桩基施工无损检测领域的成熟技术成果与先进实践经验，构建了完整的检测技术体系。标准明确的检测参数体系（涵盖声测管预埋防护、水下超声透射检测参数、水下声呐与ROV检测参数、水上低应变检测参数、水环境修正参数等）、标准化操作流程（施工预埋配套防护—水下设备标定—现场水环境修正—多手段联合检测—数据降噪解译—缺陷分级判定—数字化成果归档）、多方法协同检测模式（超声透射法普查+声呐/ROV精准复核+低应变辅助验证）、水下桩基缺陷分级判定规则（按危害程度划分为Ⅰ级轻微、Ⅱ级一般、Ⅲ级严重、Ⅳ级危急四个等级），有效解决了行业内水下桩基检测技术不统一、水环境工况适应性差、缺陷判定结果不可比的痛点，降低了行业水下检测技术门槛，提升了检测工作的效率与结果可靠性。标准核心技术指标贴合行业先进技术水平，同时兼顾不同水深、不同水域工况的检测需求，技术先进性与可操作性达到行业领先水平，填补了公路桥梁水下桩基施工无损检测专项标准的空白。

从经济层面，本标准的实施将为行业带来显著的经济效益。对于检测机构，标准化的水下检测流程可大幅提升现场检测效率，降低设备配置与人员培训成本，缩短检测周期。对于公路桥梁建设单位，统一的检测标准可有效识别水下桩基施工缺陷，避免因桩基质量隐患导致的返工重建和工期延误损失，降低工程质量管控成本。对于行业整体，统一的检测评价标准可减少因检测方法不统一导致的重复检测和争议，降

低全生命周期成本；同时标准化的技术体系将推动水下检测行业规范化发展，带动水下超声设备制造、水下机器人技术、检测技术培训等产业链上下游降本增效。

3. 预期的经济效益

本标准实施后，将产生直接与间接双重经济效益。直接经济效益方面，通过标准化水下检测流程，提升检测机构的现场作业效率与数据质量，降低设备、人员、时间全流程成本；同时，统一的检测标准将缩短项目检测与验收周期，加快工程交付进度。

间接经济效益方面，标准化的检测评价体系将规范水下检测市场竞争秩序，避免行业低价低质竞争，推动水下检测行业向高质量方向发展；同时将带动水下检测设备制造、水下机器人研发、检测技术培训等相关产业的规范化发展。长期来看，本标准将有效降低因水下桩基缺陷导致的桥梁维修加固成本，延长桥梁使用寿命，为公路交通基础设施的长期安全运营提供经济保障。

4. 社会效益

本标准的实施具备显著的社会效益：

一是保障公路桥梁安全，维护公共安全。统一的检测技术规范为水下桩基施工质量判定提供了明确依据，有效防范因断桩、夹泥、缩颈、桩身空洞、基底沉渣超标等隐蔽病害导致的结构失效事故，保障桥梁结构安全和人民生命财产安全。

二是推动桥梁工程高质量发展。本标准填补了公路桥梁水下桩基施工无损检测专项标准的空白，为行业提供了统一的技术标杆，推动桥梁工程质量检测技术的规范化升级，助力交通基础设施向高质量、高安全方向发展。

三是促进水下无损检测技术的规范化推广与应用。本标准将水下超声透射、多波束声呐、ROV水下机器人等先进无损检测技术的操作要求和判定规则进行了系统化、标准化，有利于先进检测技术在行业内的规范化推广应用，提升全行业的水下检测技术水平。

四是服务交通强国建设战略。水下桩基检测是跨江跨海桥梁工程质量保障的关键环节，本标准水下桩基施工质量管控提供技术支撑，对服务交通强国建设战略、保障国家交通大动脉安全畅通具有重要意义。

5. 生态效益

本标准通过保障公路桥梁水下桩基的施工质量与结构安全，间接支持了桥梁工程的长期稳定运行，减少了因结构病害导致的反复维修加固对水域生态环境的扰动，延长了桥梁工程的使用寿命，降低了全生命周期内的资源消耗与碳排放，对推动交通基础设施的绿色可持续发展具有积极的生态效益。

七、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况。

无。

八、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

无。本文件自主制定。

九、标准主要内容

1. 范围：明确本文件规定的核心内容，包括公路桥梁水下桩基施工无损检测的总体检测要求、施工预埋配套防护、水下超声透射检测、水下声呐与ROV机器人检测、水上低应变辅助检测、多手段联合检测流程、水环境数据修正、水下桩基缺陷分级判定及检测数据归档与验收报告等；同时明确本文件的适用范围为公路跨江、跨湖、跨海桥梁水下钢筋混凝土灌注桩、钢管复合桩施工阶段桩身完整性、基底沉渣、桩身空洞缺陷的无损检测。

2. 规范性引用文件：列出本文件引用的JTG/T 3650—2020《公路桥涵施工技术规范》、JTG/T 3512—2020《公路工程基桩检测技术规程》、JTG F80/1《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》、JGJ 106《建筑基桩检测技术规范》、GB 50204《混凝土结构工程施工质量验收规范》、GB/T 12604.1《无损检测 术语 超声检测》、T/CECS G:J58-01—2025《公路既有桥梁基桩缺损状况无损检测技术规程》、NB/T 11761—2025《海上风电场水下钢结构无损检测技术规范》等8项现行有效标准。

3. 术语和定义：明确水下桩基、水下声波透射法、水密换能器、多波束水下声呐、ROV水下机器人、水流噪声修正、基底沉渣、桩身完整性类别等8项核心术语的定义，统一行业概念表述。

4. 总体检测要求：规定检测单位与人员资质要求、仪器设备配置与水密性能标定要求、水下检测专项方案编制要求等总体性规定。

5. 施工预埋配套防护：规定声测管选型与埋设数量要求、声测管接头防水与防护要求、防泥沙堵塞预埋施工管控要求，确保声测管在水下施工期间保持畅通和水密。

6. 水下超声透射检测：规定换能器水密等级的分级选型要求（IP68、IP69、深水专用三级）、耦合介质要求、测点间距要求、水流降噪措施、超长深水桩检测参数及缺陷判别规则。

7. 水下声呐与ROV机器人检测：规定多波束水下声呐扫测布设要求、声呐图像解译规则、ROV机器人搭载设备与检测轨迹要求、基底沉渣检测与厚度测量规则。

8. 水上低应变辅助检测：规定水上作业平台要求、水体振动干扰消除方法、深部缺陷复核工艺，作为水下超声透射检测的辅助验证手段。

9. 多手段联合检测流程：规定“普查+精准复核”组合方案、缺陷双重验证规则、异常桩复测统一要求，形成完整的多方法协同检测体系。

10. 水环境数据修正：规定潮汐水位修正、水流速度修正、水压对检测信号的影响修正、淤泥覆盖对声呐成像的衰减修正等要求。

11. 水下桩基缺陷分级判定：规定缺陷等级划分（分为Ⅰ级轻微、Ⅱ级一般、Ⅲ级严重、Ⅳ级危急四个等级），明确超声透射法缺陷分级判定表（按完整性类别、声速偏差、波幅衰减判定）和声呐与ROV检测缺陷分级判定表（按冲刷深度、空洞尺寸、基底沉渣厚度判定）。

12. 检测数据归档与验收报告：规定水下影像与波形数据归档要求、三维成像存储要求、验收报告编制要求。

十、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本文件的制定过程等符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

十一、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十二、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

十三、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

由于本文件首次制定，没有特殊要求。

十四、废止现有有关标准的建议

无。

团体标准工作组
2026年8月