

《桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控规程》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《桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控规程》团体标准立项通知，正式批准该团体标准立项，由中交一公局第五工程有限公司牵头，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桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控规程，明确数字化勘测与数据采集、基于 BIM 与点云融合的数字化拼装、现场实体拼装数字化管控、焊接智能管控、多源数据融合与质量溯源及成果资料归档等全套技术要求，确保桥梁钢结构在施工现场拼装与焊接过程中经过科学、系统、可追溯的数字化管控，从施工源头控制拼装精度和焊缝质量，保障桥梁钢结构工程的结构安全与长期服役性能，为行业设计、施工、监理、检测等相关主体提供统一、规范的数字化拼装与焊接智能管控技术依据，解决当前行业内数字化拼装与焊接智能管控无统一标准、技术路径各异、数据不可追溯的突出问题。

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。

一是规范行业数字化拼装与焊接智能管控行为，保障桥梁钢结构工程质量。通过统一数字化拼装与焊接智能管控技术规程，解决当前各项目三维激光扫描精度不一、虚拟拼装评判准则各异、焊接预警阈值各行其是、数据归档格式不统一等问题。实体预拼装方式存在场地占用大、成本高、人为干扰因素多、过程数据不可追溯等短板，本标准的实施将有效改变这一现状，保障桥梁钢结构工程品质。

二是筑牢桥梁钢结构智能建造技术根基，推动行业数字化转型。随着公路桥梁钢结构向着大跨度、复杂节点、装配式方向快速发展，BIM 技术、三维激光扫描、机器视觉、焊接机器人、智能传感等技术逐步应用于钢结构拼装与焊接环节。统一的数字化拼装与焊接智能管控技术规程能够保障先进技术在施工环节得到规范应用，为桥梁钢结构建造从传统模式向数字化、智能化转型提供关键技术支撑。

三是整合行业技术资源，推动智能建造产业升级。制定统一的数字化拼装与焊接智能管控规程，能够整合行业内三维激光扫描、点云逆向建模、数字化虚拟拼装、焊接参数实时采集、多源数据融合分析等先进技术成果，统一行业技术评价标准，有效提升国内桥梁钢结构智能建造领域的整体技术水平。

3. 必要性

随着我国交通基础设施高质量发展战略的深入实施，公路桥梁钢结构向着大跨度、复杂节点、装配式方向快速发展，数字化虚拟拼装、焊接过程智能感知、多源数据管控逐步成为钢结构施工重要技术手段。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。

一是行业无统一数字化拼装与焊接智能管控标准，发展不均衡。现行 JTG/T 3651 主要针对工厂钢结构制造、传统实体预拼装、常规焊接工艺验收，对施工现场数字化虚拟拼装流程、点云扫描逆向建模、拼装误差智能分析、焊接参数实时采集、焊接过程智能预警、多源施工数据闭环管控缺少系统性规定。工程中各参建单位对数字化拼装边界条件、点云采集精度、虚拟匹配判定准则、焊接智能终端接入、异常阈值设置、数据归档格式各行其是，不同项目管控方案差异较大。

二是现有标准碎片化，缺少面向施工现场的数字化拼装-焊接一体化管控体系。国内现有钢桥标准多聚焦产品制造、成品探伤验收，缺少面向施工现场数字化拼装、焊接过程智能管控的专项规程。行业内多为项目级工法与企业内部指导文件，点云采集精度、虚拟拼装评判准则、焊接预警阈值、数据归档格式不统一，不同项目成果不可横向对比。

三是施工现场智能管控实施不规范，存在质量管控风险。当前部分项目数字化拼装仅简单做模型可视化展示，缺少实测点云与设计模型比对、误差溯源闭环处理；焊接智能管控只做参数存储，缺少工艺异常实时预警、过程可追溯机制。钢结构高空、临边、交叉作业环境复杂，拼装偏差、焊接工艺参数失控将直接带来钢结构节点疲劳、受力不满足设计要求等安全隐患。亟需统一从数字化勘测、虚拟拼装仿真、现场节段匹配，到焊接数据采集-分析-预警-处置-归档的完整管控流程。

综上，制定统一、科学、可操作的桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控规程，是规范数字化拼装与焊接智能管控行为、保障桥梁钢结构工程质量、推动桥梁建造数字化转型的迫切需求，也是填补行业数字化拼装与焊接智能管控细分标准空白、健全公路钢结构施工技术标准体系的重要举措。

三、起草单位和主要工作成员及其所作工作

1. 起草单位

本文件由中交一公局第五工程有限公司提出。
本文件由中国西部开发促进会归口。
本文件由中交一公局第五工程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
中交一公局第五工程有限公司等	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钢结构桥梁、BIM应用、三维激光扫描、钢结构焊接、物联网采集相关的国家标准、行业标准及团体标准，调研国内外桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控技术发展现状、行业内主流施工企业的数字化拼装工艺与焊接智能管控技术参数及工程实践情况。走访国内桥梁建设单位、钢结构施工单位、BIM技术服务机构、科研院校，收集行业痛点、技术需求与实践数据。重点调研了三维激光扫描测点布设与点云数据预处理技术、BIM与点云融合数字化拼装方法、拼装偏差分级与整改闭环流程、焊接智能采集终端部署与工艺参数采集方法、焊接工艺异常判别与预警技术、多源数据融合与质量溯源方法等关键环节，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，细化总体要求、数字化勘测与数据采集、基于BIM与点云融合的数字化拼装、现场实体拼装数字化管控、焊接智能管控、多源数据融合与质量溯源、成果与资料归档等核心章节内容。结合工程实际施工数据与先进智能建造技术成果，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、钢结构施工单位、BIM技术服务机构、监理单位、质量监督机构、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，形成标准征求意见稿。

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

通过搭建桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控综合测试平台，配置符合标准要求的三维激光扫描仪及配套软件、BIM建模与点云处理平台、焊接智能采集终端及配套传感器、智能管控平台及分析预警系统等，在标准规定的施工条件下，对桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控全流程的工艺参数和质量控制指标开展全参数测试和验证。

按照本标准规定的技术流程和质量控制要求进行桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控后，各项控制指标均达到预设要求，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桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控领域的成熟技术成果与先进实践经验，构建了完整的数字化拼装与焊接智能管控技术体系。标准明确的技术流程（涵盖数字化勘测与数据采集、BIM与点云融合数字化拼装、现场实体拼装数字化管控、焊接智能管控、多源数据融合与质量溯源、成果资料归档等6大环节）、标准化点云采集与处理参数、BIM与点云配准与偏差分析方法、拼装偏差分级与整改闭环流程、焊接参数实时采集与预警方法、多源数据融合与质量溯源方法，有效解决了行业内数字化拼装与焊接智能管控技术不统一、数据不可追溯、质量管控不到位的问题。标准核心技术指标贴合行业先进技术水平，技术先进性与可操作性达到行业领先水平，填补了桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控专项标准的空白。

从经济层面，本标准的实施将为行业带来显著的经济效益。对于施工单位，标准化的数字化拼装流程可大幅减少传统实体预拼装的场地占用和成本投入，缩短拼装周期；标准化的焊接智能管控可实时发现焊接工艺异常，减少焊缝缺陷返工成本。对于桥梁建设单位，统一的数字化拼装与焊接智能管控标准可有效提升钢结构拼装精度和焊缝质量，保障桥梁结构安全，减少运营期维修加固费用。对于行业整体，统一的数字化拼装与焊接智能管控技术标准可推动智能建造行业规范化发展，带动三维激光扫描设备制造、BIM技术服务业、焊接智能管控设备制造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，通过标准化数字化拼装流程，大幅减少实体预拼装投入，降低场地占用和人工成本；通过标准化焊接智能管控，实时发现焊接工艺异常，减少焊缝缺陷和返工损失；通过标准化多源数据融合与质量溯源，减少质量争议处理成本。同时，统一的数字化拼装与焊接智能管控技术标准将缩短施工与验收周期，加快工程交付进度。

间接经济效益方面，标准化的数字化拼装与焊接智能管控技术体系将规范智能建造市场竞争秩序，推动行业向数字化、智能化、高质量方向发展。同时将带动三维激光扫描设备研发制造、BIM技术服务、焊接智能管控设备制造、施工大数据平台开发等产业的规范化发展。长期来看，本标准将有效降低因钢结构拼装偏差和焊接质量缺陷导致的工程安全风险和维护成本，为桥梁工程长期安全运行提供经济保障。

4. 社会效益

本标准的实施具备显著的社会效益：

一是保障桥梁工程安全，维护公共安全。统一的数字化拼装与焊接智能管控技术规程为钢结构拼装精度和焊缝质量控制提供了明确的技术依据。通过数字化虚拟拼装提前发现和消除拼装偏差，通过焊接智能管控实时监控焊接工艺参数，有效防范因拼装偏差和焊接缺陷导致的结构安全隐患，保障公路桥梁工程安全运行，维护人民群众生命财产安全。

二是推动桥梁工程数字化智能化高质量发展。本标准填补了桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控专项标准的空白。为行业提供了统一的技术标杆，推动桥梁工程施工技术的数字化智能化升级，助力交通基础设施高质量发展和数字化转型。

三是促进智能建造与数字化技术的规范化推广与应用。本标准将三维激光扫描、BIM与点云融合、数字化虚拟拼装、焊接参数实时采集、多源数据融合分析等先进智能建造技术的操作要求和质量控制标准进行了系统化、标准化。有利于先进技术在行业内的规范化推广应用，提升全行业的桥梁工程智能建造水平。

四是服务交通强国建设战略。本标准通过规范桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控行为，保障重大桥梁工程的结构安全与长期服役耐久性，为交通强国建设和公路交通基础设施高质量发展提供技术支撑。

5. 生态效益

本标准通过规范桥梁钢结构数字化拼装与焊接智能管控的全过程，有效减少了传统实体预拼装对场地资源的占用，降低了材料浪费和能源消耗；通过焊接智能管控实时监控焊接工艺参数，减少了焊缝缺陷返工对材料和人力的额外消耗。数字化拼装与焊接智能管控技术的应用延长了桥梁钢结构的使用寿命，降低了全生命周期内的资源消耗与碳排放，对推动桥梁工程建设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，包括桥梁钢结构施工现场数字化拼装与焊接智能管控的总体要求、数字化勘测与数据采集、基于BIM与点云融合的数字化拼装、现场实体拼装数字化管控、焊接智能管控、多源数据融合与质量溯源及成果与资料归档的技术要求。同时明确本文件的适用范围为公路桥梁钢箱梁、钢桁梁、钢管拱等钢结构现场数字化拼装与焊接智能管控。

2. 规范性引用文件：列出本文件引用的现行有效标准。

3. 术语和定义：明确数字化虚拟拼装、三维点云、点云-BIM配准、拼装偏差、焊接智能采集终端、焊接工艺预警等6项核心术语的定义。

4. 总体要求：规定管控方案编制要求、人员与设备要求、环境条件要求、数据安全要求等总体性规定。

5. 数字化勘测与数据采集：规定测点布设要求、点云数据采集要求、点云数据预处理要求、构件实测信息提取要求。

6. BIM与点云融合的数字化拼装：规定设计BIM模型处理要求、虚拟装配约束设置要求、偏差计算分析要求、拼装偏差分级要求、偏差整改闭环流程要求。

7. 现场实体拼装数字化管控：规定基于数字拼装成果指导现场就位要求、线形监测要求、匹配精度复核要求。

8. 焊接智能管控：规定焊接采集终端部署要求、工艺参数实时采集要求、环境参数同步采集要求、数据传输与存储要求、工艺参数异常判别要求、超限预警要求、现场处置闭环管控要求。

9. 多源数据融合与质量溯源：规定数据融合层次、数据关联要求、数据融合方法、质量预警与追溯要求、质量问题溯源分析要求、融合数据应用要求、数据安全与共享要求。

10. 成果与资料归档：规定数字化拼装报告要求、焊接过程数据库要求、原始点云与BIM比对成果要求、归档要求。

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