

钢箱梁智能制造技术指南
(征求意见稿)
编制说明

标准起草组
2022 年 10 月

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“中国交通运输协会关于 2022 年度第一批团体标准项目立项的公告”（中交协秘字〔2022〕25 号）要求，由深中通道管理中心联合多家单位作为起草单位，负责本指南的编制工作。

主要起草人：宋神友、刘健、陈焕勇、姚志安、盛建军、孙悦楠、许晴爽、刘申、李军平、阮家顺、付佰勇、谷林、范军旗、戴润达、朱新华、张华、王恒、邢扬、李立明、薛宏强、车平、王建国、陈敏、向晋华、黄利航、雷佳园、吴江波、李彦国、杨亮、张续彬、曹磊、王博、梁善国、常彦虎、李强、裴雪峰、谷文、薛喆彦、权红烈、许子凡、郭瑞

二、制订标准的必要性和意义

随着我国综合国力的大幅度提升，钢桥梁制造推广应用先进技术的呼声越来越强烈，为提升桥梁制造品质，充分发挥钢结构桥梁性能优势，提高公路钢箱梁桥制造自动化、信息化水平，实施钢箱梁智能制造，实现“标准化、工厂化、智能化、信息化”建设理念，制定本指南。

本指南适用于钢箱梁制造的板材智能下料切割生产线、板单元智能焊接生产线、节段智能总拼生产线、钢箱梁智能涂装生产线、车间制造执行智能管控系统的实施。

目前对于钢桥梁智能制造实施没有相关标准规范评价，阻碍了智能制造技术的应用，为此，本指南的研究与制定对指导我国钢桥先进制造技术的应用至关重要。有必要开展相关标准研究，以加工制造为主线，以智能化设备为依托，围绕数字信息互联互通，通过工艺研究体现智能制造在钢箱梁制作中的重要作用，充分体现智能化，并提出各工序的质量控制要求、指标及注意事项，对相关工程项目提供指导。

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

本指南是钢箱梁开展智能制造的技术指南，提出了实施钢箱梁实施智能制造的基本要求，作为钢桥梁制造相关标准的合理补充。技术指南依托深中通道项目建造，根据深中通道项目提出的智能制造要求，借鉴了有关国内外相关标准，总结了“四线一系统”智能制造的实践经验，组织相关研究团队编制而成。

本指南编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

- GB/T 4956-2003 磁性基体上非磁性覆盖层厚度测量磁性法
- GB/T 5117-2012 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5210-2006 色漆和清漆拉开法附着力试验
- GB/T 5293-2018 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 8110-2020 熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝
- GB/T 9286-1998 色漆和清漆漆膜的划格试验
- GB/T 10045-2018 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
- GB/T 37413-2019 数字化车间 术语和定义
- GB/T 40647-2021 智能制造 系统架构
- GB/T 41255-2022 智能工厂 通用技术要求
- JT/T 722-2008 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JTG/T 3650-2020 公路桥涵施工技术规范
- JTG/T 3651-2022 公路钢结构桥梁制造和安装施工规范
- JB/T 3223-2017 焊接材料质量管理规程
- Q/CR 749-2020 铁路桥梁钢结构及构件保护涂装与涂料
- Q/CR 9211-2015 铁路钢桥制造规范

本指南关于智能化技术要求主要依据深中通道项目钢箱梁智能制造的实践经验，进行总结提炼，同时考虑对国内同类企业的普适性，参考了 GB/T 37413-2019、GB/T 40647-2021、GB/T 41255-2022 等标准中有关的术语、定义和针对智能制造的要求。有关钢箱梁制造过程中必不可少的通用规定主要参考了 JTG/T 3650-2020、JTG/T 3651-2022 和 JTG/T 3651-2022 等相关行业规范。在指南正文中涉及到其他其他国家标准

中的内容则不再赘述，直接指向相关标准。

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

本文件确立了钢箱梁智能制造的总体原则,并规定了钢箱梁板材智能下料、板单元智能焊接生产、节段智能总拼、钢箱梁智能涂装及车间制造执行智能管控的技术要求和实施方法。

本文件适用于公路、铁路桥梁钢结构钢箱梁制造。

2 规范性引用文件

对于钢箱梁智能制造的应用必不可少的相关文件。

3 术语和定义

下列属于适用于本文件

3.1 智能制造 Intelligent Manufacturing

通过综合和智能地利用信息空间、物理空间的过程和资源，贯穿于设计、生产、物流、销售、服务等活动的各个环节，具有自感知、自决策、自执行、自学习、自优化等功能，创造、交付产品和服务的新型制造。[GB/T 40647-2021，定义3.1]

3.2 设备管理 equipment management

以设备为对象，追求设备综合效率，应用理论、方法，通过技术、经济、组织措施，对设备的物理运动和价值运动进行全过程管理。[GB/T 41255-2022，定义3.3]

3.3 生产线 production line

专用于生产特定类型产品或产品系列的一系列设备。[GB/T 37413-2019，定义3.4，有修改]

3.4 物料清单 bill of materials

所有组装件、零件，和/或生产一种产品所用物料的清单，包括制造一种产品所需要的每种物料的数量。[GB/T 37413-2019，定义4.2.1]

3.5 板材智能下料 Intelligent plate blanking

通过数控切割机、智能套料软件、工业互联网等系统，实现板材下料套料、写号、划线、自动切割、报工、汇总等生产及管理过程的智能化。

3.6 板单元智能焊接 Intelligent welding of board unit

通过智能化焊接装备和焊接数据管理系统，实现板单元焊接时焊缝进行精确定位，

自动获取工件信息，自动生成焊接程序，自动焊接，自动监控焊接参数等功能。

3.7节段智能总拼 Segmental intelligent assembly

通过智能化设备和生产执行智能管控系统，实现钢箱梁节段总拼生产和管理过程的智能化。

3.8钢箱梁智能涂装 Intelligent coating of steel box girder

在喷砂车间、电弧喷涂车间和喷漆车间内，采用先进的机器人、自动化装备及协同控制集成系统，实现桥梁钢箱梁外表面的喷砂除锈、热喷涂及喷漆全过程自动化、连续化作业。

3.9智能管控系统 Intelligent control system

基于计算机技术及网络技术，以BIM模型为核心，具有钢结构工程项目管理、制造、服务等模块的信息化应用系统，实现生产过程的自动化、数字化、网络化、智能化的管理与控制。

4.缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGV：自动导引运输车（Automated Guided Vehicle）

AP：无线接入点（Access Point）

BIM：建筑信息模型（Building Information Modeling）

BOM：物料清单（Bill of Material）

DNS：域名系统（英文：Domain Name System）

ERP：企业资源计划（Enterprise Resource Planning）

MES：制造企业生产过程执行系统（Manufacturing Execution System）

PLM：产品生命周期管理（Product Life-cycle Management）

VOC：挥发性有机化合物（Volatile Organic Compounds）

WBS：工作分解结构（Work Breakdown Structure）

5 总则

5.1总体框架

规定了构建钢箱梁智能制造生产模式的基本框架，主要包括板材智能下料生产线、板单元智能焊接生产线、节段智能总拼生产线、钢箱梁智能涂装生产线以及车间制造执行智能管控系统。

5.1基本原则

规定了实施钢箱梁智能制造的基本原则，包括全面推行BIM技术、建立信息系统集成与工业互联网、智能化装备、视频监控和适应性试生产几个方面。

6 板材智能下料切割

6.1 系统要求

板材智能下料生产线由智能套料软件、数控切割设备、智能制造执行系统、网络等构成。生产线应配置数控等离子切割机和数控火焰切割机，宜配置数控激光切割机。

规定了切割设备产能以及应具备的功能，产能应满足钢箱梁生产基本需要，功能主要实现自动套料、打号、划线、自动切割、自动报工和数据汇总等。

6.2 技术要求

钢板进场后应进行标识、复验和预处理。钢板配料应考虑桥梁的平纵线形、工厂制造时环境温度、焊缝的收缩余量、加工余量及施工过程中压缩量等因素的影响。

钢箱梁主要零部件应优先采用精密切割或数控自动切割。数控切割下料编程时，要根据零件形状复杂程度，尺寸大小、精度要求等规定切入点、退出点、切割方向和切割顺序，并应加入补偿量，以消除切割热变形的影响。

6.3 质量要求

主要零件切割面质量和零件尺寸偏差应符合 Q/CR 9211-2015 或 JTG/T 3651-2022 的相关规定。

智能套料系统用于板件智能提料、智能排版、自动生成NC程序、自动报工等。

7 板单元智能焊接

7.1 系统要求

板单元智能焊接生产线按构件类型可分为顶板单元、底板单元和横隔板单元智能焊接生产线等。

单元智能焊接生产线主要由组装、焊接、矫正等工位组成。

规定了板单元智能焊接生产线主要设备、生产能力以及应具备的基本功能。

7.2 技术要求

规定了板单元焊接生产必不可少的关于焊接工艺评定试验，焊接材料、焊接材料的管理、焊接设备和焊接方法、焊接变形的控制等方面的要求。

板单元焊接所用焊接材料应符合 GB/T 5117-2012、GB/T 8110-2020）、GB/T 10045-2018、GB/T 5293-2018等标准的规定。

焊接材料的管理应符合JB/T 3223-2017的规定。

顶板U肋应采用U肋板单元组装机床组装，U肋内侧角焊缝应采用U肋内焊专用机床焊接，U肋外侧角焊缝应采用板单元船位埋弧焊专机或U肋板单元焊接机器人焊接，顶板单元应采用板单元自动机械矫正机床矫正焊接变形，顶板单元上的齿形板应采用隔板智能机器人焊接。

底板U肋应采用U肋板单元组装机床组装，采用门式多头焊接专机或U肋板单元焊接机器人焊接，宜通过液压反变形胎架控制焊接变形。

横隔板加劲肋应采用龙门式智能焊接机器人系统焊接，焊接时应采用两台焊接机器人对称焊接，焊缝端部自动包角焊。

7.3 质量要求

板单元焊缝外观质量和内部质量应符合Q/CR 9211-2015或JTG/T 3651-2022)的相关要求。

7.4 焊缝地图

规定了焊缝地图命名规则，焊缝地图模型要求和属性要求等。

8 节段智能总拼

8.1 系统要求

钢箱梁节段智能总拼生产线应配置自动化焊接设备、焊机群控和数据管理系统、无损支撑系统、数控线性调整支撑系统、车间制造执行系统及视频监测系统等软、硬件设施，规定了系统焊接设备和主要参数。

规定了焊接设备应具备的主要功能，主要包括以触摸屏为人机界面、工艺数据的存储功能、过载保护、通过工业互联网组网、储存每一条焊缝相关资料、工艺参数管控等。

8.2 技术要求

规定了钢箱梁节段总拼的一般规定，关于胎架、组拼方法和顺序、线性控制首制件鉴定等方面的内容。

规定了节段整体拼装关于外观尺寸和焊缝质量检验检验、“无马”或“少马”组装、主要焊缝的焊接方法、关键控制项点等内容。

规定了大节段制造关于胎架、定位精度、主要焊接方法、佩切温度等方面的内容。

8.3 质量要求

节段整体拼装和大节段制造精度允许偏差应符合JTG/T 3651-2022的规定。

焊接完成后应对焊缝进行外观检查，焊缝质量应符合Q/CR9211-2015或JTG/T 3650-2020的规定。

焊缝无损检验应在外观检查合格后进行，无损检测检测范围、检测方法、检测比例、检测标准及验收标准应符合满足或JTG/T 3650-2020或JTG/T 3651-2022的规定。

8.4 测量监控

规定了节段制造过程中非常重要的测量监控方面的内容。包括建立测量监控网、测量温度、测量仪器和主要检测项点等。

9 钢箱梁智能涂装

9.1 系统要求

钢箱梁智能涂装生产线由智能喷砂系统、智能金属热喷涂系统、智能喷漆系统及协同控制集成系统组成。规定了系统要素和主要功能。

9.2 技术要求

钢箱梁梁段外表面和钢桥面应采用智能化涂装生产线进行施工。

规定了钢箱梁智能涂装施工流程、智能喷砂系统主要工艺参数、智能金属热喷涂系统主要工艺参数和智能喷漆系统主要工艺参数等。

9.3 质量要求

智能化涂装各工序质量控制应按照设计文件、JT/T 722-2008或Q/CR 749-2020执行。涂层干膜厚度按照GB/T 4956-2003的规定用磁性测厚仪测量。

复核涂层附着力按照GB/T 5210-2006 或GB/T 9286-1998的规定进行拉开法或划格法试验。

9.4 智能涂装信息化控制

各智能车间均应配有用于现场生产控制、调度、监控的分控制室。

各工序的自动化设备可通过各自车间的控制单元监测各工序的现场生产作业状态。

总控室的监控系统平台应具备与BIM系统进行数据交互的功能。

10 车间制造执行智能管控系统

10.1 基本原则

规定了构建车间制造执行智能管控系统的基本原则，包括建立信息化管理系统、信息互联互通和共享、系统的安全性、智能化设备数据采集等。

10.2 系统要求

规定了构建车间制造执行智能管控系统必要的BIM技术应用、智能生产、智能物流、信息系统集成和智能装备要素等方面的内容

六、重大意见分歧的处理依据及结果

本指南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

本指南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

近年来，国内各科研单位及钢结构制造企业都相继开始钢桥梁智能制造方面的研究，但研究内容主要集中在部分施工环节，初步实现了机械化，但智能化水平较低，且应用局限性较大。在数字化、网络化、智能化的社会大背景下推行钢结构智能制造是桥梁建设领域实现智能制造的方向之一，也是钢桥梁制造业的发展趋势，已得到行业的广泛认可。深中通道工程作为国家“十三五”重大工程，世界级“桥-岛-隧-水下互通”集群工程，项目结合当前信息技术、互联网技术的发展，进行了跨海工程建设技术的产业升级，在项目中推行制造生产线中 BIM 技术、智能装备的实施应用，在项目全过程保证钢箱梁制造水平和质量，并制定《钢箱梁智能制造技术指南》，将会引领行业发展，为钢桥梁及钢结构工程智能制造提供方案参考，解决未来建筑用工难的现实状况。技术指南的编写和发布将会为公路桥涵建设有关的公路桥涵投资建设单位、勘察设计单位、施工监理等相关单位提供参考与技术支持，可用于各类钢桥梁工程建设。

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，明确钢箱梁智能制造四线一系统建设的基本要求，指导工程中智能制造过程的实施，有效推动贯标工作的开展及落实；

(2) 组织相关人员到制造和施工现场参观学习，直观展示钢箱梁智能制造系统建设及具体施工工艺；

(3) 定期组织科研、生产、应用、检验等各环节人员进行技术交流，不断对钢箱梁智能制造技术进行改进，保持制造技术领先、品质优良和智能高效。

十、其他应说明的事项

暂无。