

陕西省地方标准

沥青面层施工质量动态智能管控技术规程

Code for Construction Quality Intelligent Control of Asphalt Pavement

（征求意见稿）

编制说明

2024-10

1、工作简况

1.1 任务来源

沥青面层施工质量数字化具有优化施工流程和工艺、减少施工冗余环节、低碳绿色、提升工程质量等优势，近年来随着国家公路网的建设、管理与规划，新建公路等对沥青路面使用性能与服役水平要求愈加严格，利用信息化手段给传统公路建设赋能，采用数字化管控对沥青面层施工质量进行实时监控，可有效提升路面施工质量。

随着经济发展和交通强国战略实施，推动交通发展由追求速度规模向更加注重质量效益转变，根据交通运输部印发的《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》，以数字化、网络化、智能化为主线，推动交通基础设施数字化转型、智能升级成为推动公路建设施工智能化和信息技术创新的主要任务。通过开展施工数字化管控，及时发现并纠正施工偏差，以确保公路施工安全、质量稳定、以及路用性能符合设计要求。现行沥青路面建设技术标准中均将施工工艺和施工质量控制提升到越来越重要的地位，并从沥青混合料拌和、运输、摊铺、碾压等方面不断深化相应的施工监测与控制要求，但尚未有沥青路面施工质量数字化控制的技术标准。以往对沥青面层的施工监测与控制也因实施单位能力、经费等因素有较大差异，缺乏统一的标准以供参考和指导。目前，我国在沥青面层施工质量管理方面理论研究已经相对完善，能够支撑在沥青面层施工全过程的数字化管控要求，新一代信息技术的发展也使得本技术规程的相关要求易于实现。

此外，项目组所在单位优势互补，集公路设计、科研、检测、施工控制、施工技术、项目管理等全过程、全链条的大型国有企业于一体，是陕西省内公路设计、施工、监控和科研的主力军。近5年内，项目组承担了多个公路工程智慧工地顶层设计，开展了多个沥青路面智能建设项目和多项沥青面层数字化管控相关科研项目，具备了项目实施的人力、物力及管理方面的必要条件。

项目制订沥青面层施工质量数字化管控规程的主要目的在于：深化和细化沥青面层施工相关的技术要求，填补施工过程数字化管控标准的空白，提升沥青面层施工监测与控制实施效率和安全性；融入大数据、云计算、北斗、物联网、BIM等信息化技术，提升沥青面层施工监测与控制的精度，使管控目标和指标易于实现，管控手段方便可靠，为沥青面层施工安全稳定提供技术支持。

(1) 沥青面层施工质量数字化管控技术发展趋势

传统沥青路面施工质量监测只能通过施工完成后进行取样检测，无法做到施工质量

的实时监测。随着沥青路面施工工艺的进步，计算机技术与公路建设的深度融合，现场人员可通过图像识别、视频监控、传感器反馈等多种方式实时监测路面施工状态，随时随地了解现场的情况，根据不同情况对现场进行实时地监测与诊断并及时调整施工方案。

数字化管控技术能够逐步深入到沥青路面面层建设的原因在于：①施工质量管理方法由“结果验证”转换为“全过程控制”，能够使得面层施工过程中各个环节的质量得到有效控制，从沥青混合料拌和运输到摊铺与碾压，使得施工指标控制更加精细化和体系化。②施工质量控制是在材料加工和整个施工过程中均进行有效的监控，及时发现施工工艺流程中的偏差，防止影响后续工艺环节。③实现智能化传感器和高性能物联网终端对现场施工设备进行高质量的自动化数据采集，进行实时数据分析处理，建立动态、快速反应的分级管理机制。

(2) 陕西省沥青面层施工质量数字化智能管控需求

陕西省预计在“十四五”期间实现全省公路总里程突破 19 万公里，围绕提升路网连通性和开放性，实现高速公路“效能提升，通道畅通，中心强化，加密连通”等工程，预计高速公路通车总里程突破 7000 公里，国省干线建设规模超过 3500 公里，其中放射线及环线 8 条，纵向线 22 条，横向线 18 条，联络线 35 条，基本构建起省际间高效互联、区域间快速通达、城际间立体互通、城市内外顺畅转换、城乡间便捷连通的交通运输发展新格局，交通运输服务经济社会发展的作用更加突出。同时在要求公路基础设施完善的基础上，明确高速公路、普通国道、普通省道技术状况优等路率分别达到 95%、85%、72%以上，因此对公路面层性能提出了更高的要求，可通过数字化、网络化、智能化充分提高面层施工纠偏能力和施工效率。在大力推动公路扩建改造以期提高运输效能的规划下，更是要求路面平整度合理，病害预防及时，也对面层施工工艺和效率提出了要求，因此在沥青路面面层施工过程亟待通过智能化，信息化手段转型升级。

(3) 施工质量数字化控制的必要性

沥青面层施工质量数字化智能管控项目是由建设方或者在建设方监督下由施工方委托给技术团队。技术团队具有咨询的性质，施工监测与控制项目适用于沥青混凝土路面以及改性沥青混凝土路面面层的施工工艺流程全过程，以及施工过程中其他需要监控的指标。

沥青面层施工过程繁多复杂，需要监测和控制工作的紧密配合。首先，由于混合料拌和阶段生产配合比已确定，在后续的施工工艺中难以调整，因此从沥青混合料生产数据开始实时掌握拌和楼中混合料的拌和情况，系统将所有信息实时采集并反馈给控制中

心，并提供相应控制机制以便应对随时可能发生的生产状况。其次，由于控制手段的缺乏，沥青混合料运输车辆基本处于无序监管的状态，所有混合料运输车辆的实时位置、实时载运量均不可控。通过沥青混合料质量前后场匹配与控制技术研究，能够实现沥青路面监管人员对全部沥青混合料运输车辆的当前位置、到达施工现场时间、载运量等影响沥青混合料性能的技术指标进行实时监控，并主动干预，保证沥青路面施工过程中混合料供应的连续稳定。最后，传统的沥青路面摊铺压实过程中，由于摊铺温度、摊铺速度、碾压轨迹、碾压遍数、压实温度等具体压实指标参数难以控制，压实过程中，压路机手的个人业务素养决定了沥青路面的压实质量。借助加速度传感器、温度传感器、GPS定位系统等新型传感器采集和存储装置，可以将整个路面压实过程完整记录并实时反馈，为沥青路面压实监管实现质的飞跃提供了有效的手段。

根据陕西省市场监督管理局、陕西省交通运输厅下发的《关于下达 2023 年度陕西省地方标准制修订项目计划的通知》（陕市监函[2023]410 号）要求，长安大学、陕西路桥集团有限公司、西安市公路工程管理处、陕西高速公路工程试验检测有限公司、中交一公局西北工程有限公司共同主持承担陕西省地方标准《沥青面层施工质量动态智能管控技术规程》的起草工作。

1.2 主要工作过程

2023 年 3 月由长安大学、陕西路桥集团有限公司、西安市公路工程管理处、陕西高速公路工程试验检测有限公司、中交一公局西北工程有限公司向陕西省市场监督管理局提出申请的《沥青面层施工质量动态智能管控技术规程》获得陕西省市场监督管理局批准立项。

编制团队在充分比对国内外现有沥青路面施工数字化智能管控技术规范的基础上，开始起草地方标准。依据《面向工业 4.0 的高速公路智慧工地关键技术研发与应用示范》、《基于 BIM 信息化技术的沥青路面施工管理平台研究》等项目完成进度，进行该地方标准编写，于 2023 年 10 月完成初稿。之后编制团队结合试验和理论分析对标准内容反复推敲及修改，获得了各方知名专家提供的宝贵意见。于 2024 年 8 月形成了标准征求意见稿。2024 年 9 月开始通过网络、信函等方式向同行业、省内外有关方面专家征求意见。

1.3 标准参编单位、人员及分工

表 1-1 参编单位及人员、任务分工

类别	名称	任务分工
主导单位	长安大学	总体负责
参与单位	西安长大公路工程检测中心有限公司	数字化技术研发
	中铁第一勘察设计院集团有限公司	施工质量数字化管控系统开发
	西安市公路工程管理处	数字化管控应用技术研究
	陕西路桥集团有限公司	数字化管控施工示范
	西安长安大学工程设计研究院有限公司	数字化管控试验研究
	陕西高速公路工程试验检测有限公司	数字化管控试验研究
	中交二公局第七工程有限公司	数字化管控现场施工

序号	姓名	工作单位	专业技术职务（职称）	专业方向	具体承担内容
1	司伟	长安大学	副教授	道路与铁道工程	技术负责人
2	马朝鲜	陕西路桥集团有限公司	正高级工程师	路面工程	应用技术研究
3	周雄	陕西路桥集团有限公司	高级工程师	道路与铁道工程	应用技术研究
4	朱其涛	陕西路桥集团有限公司	工程师	道路与铁道工程	应用技术研究
5	程高	长安大学	高级工程师	桥梁工程	应用技术研究
6	石岩	长安大学	博士研究生	道路与铁道工程	技术动态调研
7	刘瑞	长安大学	硕士研究生	道路与铁道工程	应用技术研究
8	窦珩源	长安大学	硕士研究生	道路与铁道工程	试验研究
9	路鑫	陕西高速公路工程试验检测有限公司	高级工程师	道路与铁道工程	试验研究
10	徐达	陕西高速公路工程试验检测有限公司	高级工程师	道路与铁道工程	试验研究
11	刘亚红	陕西高速公路工程试验检测有限公司	高级工程师	道路与铁道工程	试验研究
12	陈才	中交一公局西北工程有限公司	高级工程师	土木工程	试验研究

2 标准编制原则和主要内容

2.1 标准编制原则

从现有标准体系来看，沥青面层施工质量数字化管控规程属于公路沥青路面施工技术规范等标准的深化。现行公路、铁路和城市道路建设中均将施工质量智能管控提升到越来越重要的地位，从施工工艺流程，管控指标技术要求等方面不断深化相应的智能管控总体要求、实施细则，尚未有沥青面层施工数字化智能监控和控制的实施细则。项目瞄准沥青路面面层施工方法，拟制订相应的施工质量智能管控的技术标准。主要体现在：

（1）文件内容将涉及沥青面层施工数字化管控系统的建立，从数据处理的角度对面层施工过程进行表征；

（2）为确保数据准确性和全面性对数字化管控系统数据采集与处理技术的包括硬件设备、软件平台和通信网络等方面进行规定；

（3）明确面层施工过程数据采集、传输、分析和预警全过程，根据预警信息时在数据库、知识库和模型库中比对找到相应处理措施，推送预警处置意见。

2.2 主要技术内容

本地方标准包含以下主要内容：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 数字化管控系统；5 沥青面层施工过程数据采集；6 沥青面层施工过程数据传输；7 沥青面层施工过程数据分析；8 沥青面层施工过程数据管控预警。

2.3 与原标准主要差异情况

本文件为首次发布。

3 主要技术要求的说明

3.1 验证准确度、可靠性、稳定性的分析和说明

通过梳理公路工程有关施工监测与控制技术条款或要求如表 3-1 所示，可以发现：

（1）沥青路面施工管控标准先是在通用沥青路面施工技术规范下进行的具体的施工过程管理后逐步完善的，之后随着“智慧工地”体系的不断完善以及物联网，大数据等技术的发展，推动了公路工程信息化管理手段的发展。现行规范标准已经明确沥青路面施工工艺流程中各个步骤的质量智能管控要求，但仍缺少对于沥青路面面层施工质量数

字化的动态管控。

(2) 公路工程施工信息化智能管控相关标准明确规定了公路路基路面，路面基层在混合料拌和，运输，摊铺及碾压等过程的施工控制方法及目标等总体要求，但未涉及沥青面层的相关要求。

(3) 公路工程智能化施工管控技术规范规定了沥青路面施工过程中的管控关键指标，数据采集方式，采集设备等技术要求，并对不符合要求的数据设置了数据预警及解决方法，但缺乏沥青面层施工动态数字化智慧监测与控制技术的可实施性等内容。

项目拟制订的地方标准将填补沥青面层施工质量数字化智能管控相关要求、实施细则，指导并规范施工监测与控制方案制定和工作开展。

表 3-1 沥青面层施工质量动态管控相关标准的对比分析

序号	标准名称	标准类别及实施时间	有关施工监测与控制内容或条款	评析
1	JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范	行业标准，2005.1	规定了沥青混合料生产过程，沥青路面施工过程及交竣工相关检测验收的标准，包括验收指标的实测项目、允许偏差值及检测方法。	指导施工过程公路及其附属关键参数的质量控制目标，也是沥青路面施工监测与控制需要达到的基本目标。
2	JTG 5142-2019 公路沥青路面养护技术规范	行业标准，2019.9	规定沥青路面养护内容和质量标准，从破损类型入手给出了各类病害的养护类型，最终规定了路面使用品质的评价指标与评价方法。	仅从养护角度给出了路面养护翻修施工工艺流程，提供了路面数据采集与管理的方法和路面性能的评价指标和方法。
3	JTG G10-2016 公路工程施工监理规范	行业标准，2016.10	给出了道路工程从施工阶段到验收阶段的监理要求，明确监理工作主体和职责，调整了总监办，驻地办的主要职责。	增补了安全，环保监理方面的内容，进一步理顺了监理工作流程和时序。但仅用于明确各个施工流程中的责任，未涉及施工质量监控的指标。
4	DB11/T 1946-2021 智慧工地评价标准	北京市地方标准，2022.4	根据工程建设的施工流程给出了人员，物料，设备，能耗，质量等 9 类管理指标与评价手段，利用基础项评分满足工程建设基本要求，评分项关注实时应用效益，加分项关注拓展与创新应用。	对工程建设管理指标进一步细化，明确利用数据采集的管理手段与方法，但着重强调各项指标评分，对于具体工程管控还需进一步细化。
5	DB32/T 3972-2021 普通国	江苏省地方标	给出了公路工程智慧工地	缺乏从公路施工工艺流程出发

	省干线公路智慧工地建设技术要求	准, 2021.3	的架构与功能体系,从硬件设施,软件功能,数据库与数据接口及系统集成方面明确了公路工程管理需求。	对施工质量的管理需求,仅对公路工程所涉及物料,设备等各项进行全局管理。
6	DB23/T 3300-2022 公路工程沥青路面施工质量信息化管理技术规范	黑龙江地方标准, 2022.8	从公路工程施工工艺流程出发明确数据采集指标,并明确数据传输,查询,分析的实现方法,给出了质量预警的流程与处理方法。	具有明确的数据采集设备,同样给出了影响施工质量的关键指标,从数据管理角度出发进行质量预警。
7	DB13/T 5577-2022 公路路基路面智能化施工质量管控技术规程	河北省地方标准, 2022.7	规定了公路路基路面材料参数的采集过程与手段,给出了质量管控的设备,从施工工艺出发对施工质量进行控制与评价。	缺少沥青路面面层施工质量管控的实施细则。

3.2 验证结果综述

本文件规定了保证沥青面层施工质量实施施工过程数字化动态管控的指标和方法等,适用于公路新建工程、改扩建工程以及养护工程的施工质量管控。

本文件通过建立沥青面层施工质量数字化管控系统明确了沥青面层施工过程中施工参数采集、传输、分析和预警的过程和指标的控制。

本文件给出了施工全过程数据采集、传输和分析的设备及采集技术指标要求,设置全过程预警阈值和对预警对象进行动态反馈的程序。

本文件分别给出沥青混合料拌和、运输、摊铺和碾压过程的预警阈值和预警对象,见表 3-2;说明了沥青混合料施工各阶段采集指标的要求,见表 3-3。

表 3-2 (1) 沥青混合料拌和预警阈值及报送对象

预警级别	初级预警	中级预警	高级预警
矿粉用量偏差 (%)	(-1.5,-1]或[1,1.5)	[-2,-1.5]或[1.5,2]	<-2 或>2
油石比 (%)	(-0.15,-0.1]或[0.2,0.25)	[-0.2,-0.15]或[0.25,0.3]	<-0.2 或>0.3
骨料用量偏差 (%)	(-5,-2]或[2,5)	[-6,-5]或[5,6]	<-6 或>6
报送对象	施工及监理驻场现场单位	技术服务单位	指挥部/中心试验室

表 3-2（2） 沥青混合料运输、摊铺与碾压过程预警阈值及报送对象

控制指标		沥青类型						预警对象
		单位	50 号道路 石油沥青	70 号道路 石油沥青	90 号道路 石油沥青	橡胶改性 沥青	SBS 改性 沥青	
运输时间		min	90					施工及监 理驻场人 员
出料温度		℃	150-170	145-165	140-160	170-185	170-185	
拌制时间		s	依照实际情况而定					
摊铺温度不低于		℃	140	135	130	160	160	
摊铺速度		km/h	2-6			1-3		
碾压温度	初压温度 不低于	℃	135	130	125	150	150	
	终压温度 不低于		80	70	65	90	90	
碾压速度	初压速度	km/h	钢轮压路机静压：1.5-2					
	复压速度		钢轮压路机振动：3-4					
	终压速度		钢轮压路机静压：2-3					
碾压遍数	初压遍数	遍	≥目标压实遍数					
	复压遍数							
	终压变数							

表 3-3 沥青面层施工关键指标、采集方式、采集频率

施工阶段	关键指标	采集方法	采集频率
拌和	拌和时间	在拌和控制操作平台安装 内置系统/外置系统进行拌 和楼系统数据采集，实时上 传至信息管理平台	逐盘采集
	各热料仓材料用量		
	矿粉用量		
	外掺剂用量		
	油石比		
	沥青加热温度		
	集料加热温度		
	混合料出料温度	出料口安装红外温度检测 设备，获取混合料实时温 度，上传至信息管理平台	逐批次采集，最低采集频率 0.1Hz
运输	开始装料、卸料时间	利用在混合料拌和楼出料 口安装射频识别设备和在 运输车安装电子标签，识别 运输车开始和结束装卸料 时间	逐车采集
	结束装料、卸料时间		
	开始摊铺、结束摊铺时间、	利用在摊铺机安装射频识	

	桩号	别设备和在运输车安装电子标签,通过网络模块实时上传于信息管理平台	
	运输距离	利用运输车上定位设备位置信息,采集运输里程	逐车采集,最低采集频率 1Hz
	运输温度	运输过程中采取温度传感器获取运输温度	逐车采集,最低采集频率 0.2Hz
摊铺	摊铺速度	定位设备测速物联网设备采集	规定时间间隔采集,最低采集频率 0.2Hz
	摊铺温度	红外温度传感器	
	摊铺位置	定位设备	
	摊铺厚度	探地雷达	
碾压	碾压速度	定位设备	最低采集频率 0.3Hz
	碾压温度	温度传感器	
	碾压位置	定位设备	
	碾压遍数	定位设备	最低采集频率 5 次/m ²

4 知识产权说明

本文件的最终知识产权归长安大学和各参与方所有。

5 采标情况

本文件为首次起草的陕西省地方标准,未采用国际标准和国外先进技术。

6 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

7 标准性质的建议说明

本文件对沥青路面面层施工质量数字化管控提出了明确规定,并对施工监测和控制提出主要技术指标。可为陕西省境内新建、改扩建公路及养护公路中、城市道路、轨道交通中沥青路面面层施工监测与控制提供有力的技术指导,建议本文件审批发布为推荐性行业标准。

8 其他应予以说明的事项

主要参考资料:

DB23/T 3300-2022 公路工程沥青路面施工质量信息化管理技术规范

JTG 5142-2019 公路沥青路面养护技术规范

JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范

JTG D50-2017 公路沥青路面设计规范

JTG F80/1-2017 公路工程质量检验评定标准 第一册

DB13/T 5577-2022 公路路基路面智能化施工质量管控技术规程