

《普通国省干线公路基础设施轻量化监测技术指南》

团体标准编制说明

标准编制组

二〇二六年六月

目 录

一、工作概况	1
二、主要技术内容	4
三、编制原则	4
四、主要实验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果	5
五、采用国际标准的程度及水平的简要说明	6
六、重大分歧意见的处理经过和依据	6
七、其他应予以说明的事项	6

一、工作概况

1、任务来源

我国公路基础设施网络体量庞大，其中中小跨径桥梁、普通边坡、普通隧道等小型基础设施数量庞大、分布广泛，是公路路网的重要组成部分。此类结构单体规模较小，但长期受自然环境、行车荷载等因素影响，普遍存在结构老化、性能损伤、灾害隐患等问题，整体安全风险防控压力突出，是公路安全管理工作中不可忽视的关键环节。

当前，传统公路结构监测技术高度依赖高精度有线传感器、成套的复杂数据采集系统以及大量土木配套工程，存在单点建设成本高、现场部署周期长、后期运维难度大等诸多短板。受高昂成本与复杂运维条件制约，该技术体系难以适配普通公路项目体量大、单体投资有限、运维资源不足的实际特点，无法实现规模化普及。这也导致大量普通公路桥隧、边坡基础设施长期缺乏常态化、精准化的安全状态监测和灾害预警手段，形成大面积安全管理盲区，行业整体的重大灾害风险识别、预判与防控能力存在明显短板。与此同时，国内现行公路监测技术标准体系针对性不足。现有标准大多聚焦大型、特大型及特殊重要性桥隧工程，设置的监测指标繁杂、系统集成标准严苛、技术性能门槛较高，虽能满足重大工程的高精度监测需求，但技术路径、成本模式与普通公路基础设施的建设运维条件严重不匹配。目前行业内缺乏适配普通公路、落地性强、经济高效的轻量化监测技术标准，已然成为制约公路基础设施安全监测规模化、普惠化、经济化部署的核心瓶颈。

近年来，微机电传感（MEMS）、光纤光栅、低功耗广域物联网、边缘计算等新一代信息技术快速迭代、日趋成熟，为公路基础设施轻量化监测提供了坚实的技术支撑。低成本、低功耗、易部署的轻量化监测解决方案逐步落地，并在多项试点工程中验证了良好的技术可行性与经济适用性。

轻量化监测技术并非对传统高精度监测技术的简单替代，而是对现有监测体系的分层互补与效能升级。该技术通过设备一体化集成、数据无线传输、光伏自主供电等创新方式，剥离冗余监测模块，聚焦结构倾覆、失效等核心安全风险管控需求，以低成本、低能耗、快部署的核心优势，精准补齐传统监测技术的覆盖

盲区。在应用体系上，两类技术形成梯度化搭配模式：重大核心工程依托传统高精度监测系统，实现细微变形、全域状态的精准把控；普通低预算场景采用轻量化监测模式，以最小资源投入锁定关键安全隐患。这种“重点精测、全域轻巡”的协同监测模式，在坚守风险识别安全底线的前提下，拓宽了公路结构安全监测的适用场景，实现了工程安全管控覆盖范围与性价比的双重提升。

目前行业尚未形成统一的轻量化监测技术标准，在传感设备性能、系统架构搭建、数据质量管控、应用效果评价等方面缺乏统一规范，导致市场产品技术路线杂乱、质量参差不齐。行业用户在技术选型、系统建设、成效评估过程中无权威依据可参考，严重制约了轻量化监测创新技术的规模化推广与产业化落地。

在此背景下，编制本指南具有极强的行业必要性与现实意义。本指南系统界定了国省干道公路基础设施轻量化监测的适用场景、核心技术指标、设备性能要求及工程验收准则，构建了一套清晰规范、安全可靠、可复制落地的轻量化监测技术体系。指南不仅适用于新建普通公路基础设施的防灾监测设计，也可支撑既有公路设施的安全提质与智能化改造。

本指南实施后，将彻底打破轻量化监测技术的高成本、高技术门槛限制，推动监测系统向标准化、模块化、快速化部署转型，全面拓宽公路基础设施安全监测网络覆盖范围，搭建起“全面感知、实时分析、智能预警”的现代化公路防灾减灾体系。同时，将有效带动新型传感设备、通信设备、智能数据分析软件等上下游产业发展，培育全新的行业产业链与服务模式，为我国公路行业高质量发展、交通公共安全治理能力现代化提供重要的技术支撑。目前，该轻量化监测技术已在无锡 G635、福建三明数转项目、陕西 G5、G70 公路韧性提升等多项工程中成功应用，技术成熟度与落地效果得到充分验证，为指南的编制与推广奠定了扎实的工程实践基础。

2、协作单位及主要起草人

本标准于 2025 年由中国技术市场协会交通运输专业委员会提出并归口，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司主编，并由西安中交土木科技有限公司共同参与编制。

3、工作过程

2025 年 10 月，由中国技术市场协会交通运输专业委员会提出，通过立项及

大纲评审，启动了《普通国省干线公路基础设施轻量化监测技术指南》团体标准的制定工作，成立了标准编制组，开始着手《普通国省干线公路不良气象监测预警技术指南》标准的起草工作，于 2026 年 6 月完成标准征求意见稿，计划于 2026 年 10 月完成标准送审稿并召开送审稿审查会，具体工作过程如下。

1、准备阶段（2025 年 10 月～2025 年 12 月）：

（1）组建《普通国省干线公路基础设施轻量化监测技术指南》编制组，提出主审人员建议；

（2）起草工作大纲、编制大纲。

对轻量化监测技术进行了充分研究，结合已有的研究基础和工程项目实施经验，对该技术提出了相应改进意见，并就该技术的国内外相关技术标准进行了充分的调研，在充分吸收现有防腐涂装技术的基础上对该项技术进行了详细补充和完善。

2、征求意见稿阶段（2025 年 12 月～2026 年 06 月）：

（1）完成规范相关内容编制，形成征求意见稿及条文说明；

（2）向有关单位和专家征求意见，并召开征求意见稿讨论会；

（3）形成意见汇总处理表和会议纪要，并上报协会。

在充分调研和分析总结的基础上，编制组在标准初稿的基础上确定标准的各项技术指标，经过讨论和改进，完成征求意见稿。

3、送审稿阶段（2026 年 07 月～2026 年 09 月）：

（1）对“征求意见稿”修改后，形成“送审稿”、意见处理表等；

（2）形成送审报告、标准及条文说明；

（3）召开审查会议。

（4）形成意见汇总处理表和会议纪要，并上报。

根据意见汇总和处理情况，对《普通国省干线公路基础设施轻量化监测技术指南》进行修订，完成标准送审稿，于 2026 年 1 月召开标准送审稿审查会。

4、报批稿阶段（2026 年 09 月～2026 年 10 月）：

（1）修改“送审稿”，形成“报批稿”；

（2）形成报批稿上报，待审批。

根据标准送审稿审查会各位专家意见，对《普通国省干线公路基础设施轻量

化监测技术指南 》修订，完成标准报批稿，提交归口单位，进行报批。

二、主要技术内容

标准框架设计紧扣“轻量化减灾防灾”，重点涵盖技术选型、系统构建、实施运维与性能验证等关键环节，以确保标准能切实指导公路基础设施开展低造价、易部署、智能化的防减灾监测系统建设。

本标准从总则，规范性引用文件，术语和定义，基本规定，系统组成，检测内容，布设要求，技术要求，安装与维护，检验规则对普通国省干线公路基础设施轻量化监测技术指南进行了规定。

主要技术内容包括：

a) 系统组成：规定了监测预警体系应由基础数据层、服务层、和业务功能层组成，明确了各层的功能定位和建设要求。

b) 监测设施布设：规定了桥梁、边坡和隧道洞口仰坡的监测指标、超限阈值和点位设置要求。

c) 技术要求：规定了国省干线公路基础设施监测预警的软硬件部分的技术指标，给出了预警等级划分的基本原则。

d) 安装与维护：给出了监测预警设施的安装、调试和运行维护要求。

e) 检验规则：规定了出厂检验、入网检验和定期检验的分类、检验项目与要求，以及检验与判定规则。

三、编制原则

1、认真贯彻国家有关法律法规和方针政策。标准中的所有规定，均不得与现行法律和法规相违背。

2、充分考虑使用要求，并兼顾全社会的综合效益。满足使用要求是制定标准的重要目的，在考虑使用要求的同时，也应兼顾全社会的利益。

3、合理利用国家资源，推广先进技术成果，在符合使用要求的情况下，有利于标准对象的简化、选优、通用和互换，做到技术上先进、经济上合理。

4、相关标准要协调配套。制定标准要考虑有利于标准体系的建立和不断完善，保证生产的正常进行和标准的有效实施。

5、积极采用国际标准和国外先进标准，有利于促进对外经济技术合作和发展对外贸易，有利于我国标准化与国际接轨。

6、建立不同场景下的适用性条件，明确无网络、无电源场景下的设备技术指标；在标准中设置设备最低性能门槛和安全兜底条款，防止“轻量化”滑向“低质化”。

四、主要实验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果

1、主要实验（验证）的分析

目前，该轻量化监测技术已在无锡 G635、福建三明数转项目、福建宁德数转项目、陕西 G5&G70 公路韧性提升等多项工程中成功应用，技术成熟度与落地效果得到充分验证，为指南的编制与推广奠定了扎实的工程实践基础。

表 1 部分工程应用案例

项目时间	项目名称	技术类别
2025	G5 陕西段韧性提升工程	桥梁、边坡
2025	青藏线涵洞运营期监测	桥涵
2025	G70 陕西段韧性提升工程	桥梁、边坡
2024	无锡市 G635 智慧交通建设项目	桥梁、隧道、边坡
2023	G104 宜兴段	边坡
2023	黄石长江公路大桥主动预警项目	桥梁、航道
2023	舟岱跨海大桥主动预警项目	桥梁、航道

2、技术经济论证

与传统的结构检测技术相比，轻量化技术方案通过采用国产化、低成本微型化传感元件、高度集成的低功耗数据采集传输模块以及无线组网方式，能够大幅降低硬件设备成本，并减少传统有线监测系统所依赖的大量线缆布设与土木工程配套需求，从而直接降低单点监测系统的初始建设成本约 20%-30%（设备成本、安装成本），同时缩短工程部署周期，减少对既有交通运行的干扰，施工工效明显提高，具有非常显著的经济效益、社会效益。

3、预期的经济效果

轻量化监测系统的应用将不再受限于高成本和高技术门槛，而是成为一种标准化、模块化、可快速复制的技术手段，从而极大扩展监测网络的覆盖范围，构建起全面感知、实时分析、智能预警的公路基础桥梁防减灾体系，为公路行业的高质量发展和公共安全治理能力现代化提供重要技术支撑。

五、采用国际标准的程度及水平的简要说明

标准在编写过程中查阅了国内外相关的技术标准，经过分析论证轻量化监测技术软硬件设备的性能指标，高于同领域的其他标准的技术要求，具有国际领先水平。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编写过程中无重大意见分歧。

七、其他应予以说明的事项

虽然在标准的起草过程中，标准编制工作小组人员进行了大量调研工作，尽可能使标准制订得科学合理，但是由于认知的局限性，难免有疏忽之处。为了标准的进一步完善，请各单位在执行本标准的过程中，注意积累资料，总结经验，如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料及时反馈给我们，以供修订时参考。