

水性道路交通反光标线施工技术指南
(征求意见稿)
编制说明

标准起草组

2025 年 6 月

目 录

一、任务来源、起草单位、主要起草人	1
1.1 任务来源	1
1.2 起草单位	1
1.3 主要起草人	1
二、制定标准的必要性和意义	3
三、主要工作过程	5
3.1 起草组工作概述	5
3.2 主要工作内容	6
3.3 历次审查会专家审查意见及结论	8
四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系	10
4.1 制定标准的原则	10
4.2 制定标准的依据	10
4.3 与现行法律、法规、标准的关系	10
五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	11
5.1 主要条款说明	11
5.2 主要技术指标、参数、实验验证的论述	12
六、重大意见分歧的处理依据和结果	18
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	18
八、贯彻标准的措施建议	19
九、其他应说明的事项	19

一、任务来源、起草单位、主要起草人

1.1 任务来源

公路是服务广大人民群众出行的重要基础设施，道路交通反光标线是渠化交通、诱导线形、保障交通安全的重要设施之一。目前，国内市场上主要的道路交通反光标线类型包括热熔型、溶剂型、双组分和水性，各种道路交通反光标线都有其优势，但也存在一定的不足。与其它三种相比，水性道路交通反光标线具有施工工艺简单、优异的重涂性、较低的维护成本以及施工环境友好等优点，已被越来越多的人了解，有广阔的发展前景。但是在水性道路交通反光标线产品质量、建设施工、验收检测和养护管理过程中，存在着原材料以次充好、施工质量把控不严、检测养护不到位等问题，从而导致其质量很难得到保障。

针对目前道路交通反光标线存在的质量问题，河海大学和金华市公路港航与运输管理中心牵头开展了《高逆反射道路标线技术应用研究》和《“双碳”背景下全天候耐久耐污型水性道路标线研发与应用》项目。在项目开展的基础上，为了给道路交通反光标线实施的全方面和全过程提供一个统一的技术指导与标准，进而提高道路交通反光标线的服务水平，使其处于稳定、达标的技术状态，特制定本标准。本标准的提出将水性道路交通反光标线材料指标要求、施工技术、检测技术等标准化、规范化，为后续该技术在公路工程中的推广应用提供参考和指导。

本标准由中国交通运输协会牵头组织编制，河海大学、金华市公路与运输管理中心、东阳市公路与运输管理中心、浦江县公路与运输事业发展中心参与编制工作，计划完成时间为 2025 年 12 月。

1.2 起草单位

本标准负责起草单位：河海大学、金华市公路港航与运输管理中心、东阳市公路与运输管理中心、武义县公路管理中心、五邑大学、北京路桥瑞通养护中心有限公司、磐安县公路与运输管理中心、浦江县公路与运输事业发展中心、浙江交通职业技术学院、南京工业大学。

1.3 主要起草人

本文件主要起草人：吴闻秀、司晶晶、于新、邹晓勇、丁功瀛、虞浩、傅顺康、马云飞、刘惊、章欣、陈龙庭、胡景鑫、应鹏翔、陈薇、王剑、涂昊、张标、

陈超、方自信、胡欣、史岩、张茂丽、唐亚琪、张畅、王旭东、余梦君，具体分工如下。

表 1 主要起草人及分工

姓名	单位	职务/职称	任务分工
吴闻秀	金华市公路与运输管理中心	高级工程师	本项目总负责
司晶晶	河海大学	副教授	组织标准撰写
于新	河海大学	长江学者特聘教授	组织标准撰写
邹晓勇	浙江交通职业技术学院	教授	编写总则
丁功瀛	五邑大学	讲师	编写标线材料
虞浩	河海大学	助理研究员	编写标线材料
傅顺康	磐安县公路与运输管理中心	工程师	编写基本概述
马云飞	磐安县公路与运输管理中心	工程师	编写基本概述
刘惊	东阳市公路与运输管理中心	高级工程师	编写编制依据
章欣	武义县公路管理中心	工程师	编写施工
陈龙庭	浦江县公路与运输事业发展中心	工程师	编写编制依据
胡景鑫	东阳市公路与运输管理中心	工程师	编写编制依据
应鹏翔	东阳市公路与运输管理中心	工程师	资料收集
陈薇	东阳市公路与运输管理中心	工程师	编写基本概述
王剑	金华市公路与运输管理中心	工程师	资料收集
涂昊	武义县公路管理中心	工程师	资料收集
张标	金华市公路与运输管理中心	工程师	编写基本概述

陈超	金华市公路与运输管理中心	工程师	编写基本概述
方自信	浦江县公路与运输事业发展中心	助理工程师	资料收集
胡欣	南京工业大学	副教授	编写标线材料
史岩	北京路桥瑞通养护中心有限公司	交通设施处经理	编写施工
张茂丽	北京路桥瑞通养护中心有限公司	交通设施处副经理	编写施工
唐亚琪	河海大学	研究生	编写质量控制
张畅	河海大学	研究生	编写标线材料
王旭东	河海大学	研究生	编写质量控制
余梦君	河海大学	研究生	编写质量控制

二、制定标准的必要性和意义

最早对水性道路交通反光标线的研究和使用的可以追溯到 20 世纪 70 年代末和 80 年代初。美国开始意识到有机溶剂型道路交通反光标线所产生的挥发性有机化合物（VOCs）对环境与健康存在潜在危害。这引发了对更环保、更健康的替代方案的探索，其中水性道路交通反光标线成为一种备受关注的选择，一些州和城市在 80 年代末和 90 年代初就开始在试点项目中使用水性道路交通反光标线。从 1988 年开始的 10 年间，美国的水性道路交通反光标线涂料使用从仅有 5 个州拓展至 47 个州，同时占据道路交通反光标线涂料市场体量的 80% 以上；1996 年欧洲水性道路交通反光标线涂料的使用率较低，仅占总体市场的 3%，但 2 年间同比增长了 9%，发展至今，德国、瑞典、法国等国对水性道路交通反光标线涂料的使用比例大幅提升，并实现了涂料行业的初步转型；在亚太地区，澳大利亚已实现了 90% 的道路使用水性道路交通反光标线涂料，同时韩国、日本、马来西亚等国也在逐步实现从传统道路交通反光标线涂料至更高效环保的水性道路交通反光标线涂料的转型。

我国“十四五”规划明确了实现碳达峰、碳中和的时间表和路线图，提出“落实 2030 年应对气候变化国家自主贡献目标，制定 2030 年前碳排放达峰行动方案，

努力争取 2060 年前实现碳中和”的要求。同时，中共中央、国务院发布的《国家综合立体交通网规划纲要》也明确指出，要加快推动交通领域的绿色低碳发展，力争早日实现交通领域二氧化碳排放的达峰。这些政策导向为道路交通反光标线涂料的创新和升级提供了政策支持，预示着未来道路交通反光标线涂料将更加注重环保性和可持续性。相较于其他涂料，水性道路交通反光标线涂料具有杰出的环保性，在未来道路交通反光标线行业中有着广阔的发展前景。

当前，我国逐步在道路、桥梁和公共设施等主要领域投入使用水性道路交通反光标线涂料，并已经在沪宁高速、上海等地区试点使用。使用结果证明其有效改善了道路的防水防滑性能，同时磨耗较小，获得了不错的反馈。但由于我国研制及应用水性道路交通反光标线涂料的时间较短，对环保性、安全性极佳和反光性能优良的水性道路交通反光标线涂料的探索应用也是在近年才逐步开展。国内虽然已有新型水性道路交通反光标线涂料试点工程，并投入了使用，但因应用时间尚短，故不能预测当前其使用的时效性，同时在使用过程中也发现了其使用寿命不合预期、干燥时间长以及对使用环境要求较高等问题。此外，国内尚缺乏关于水性道路交通反光标线的技术指标控制体系以及施工技术等相关的标准和规范，且水性道路交通反光标线因原材料质量控制不当或施工工艺不合理等原因导致质量参差不齐。上述问题也制约了水性道路交通反光标线的进一步推广应用，因此制定相应的标准和规范对于水性道路交通反光标线的质量控制和施工指导有着重大意义。

与水性道路交通反光标线相关的标准有《道路交通标志和标线第 3 部分：道路交通标线》（GB 5768.3）、《道路交通标线质量要求和检测方法》（GB/T 16311）、《路面标线涂料》（JT/T 280-2022）、《公路交通安全设施施工技术规范》（JTG/T 3671）。其中《道路交通标志和标线第 3 部分：道路交通标线》（GB 5768.3）主要规定了水性道路交通反光标线在特定道路交通标线如纵向标线、车道边缘线等的应用场景，强调了道路交通反光标线的抗滑性和厚度。《公路交通安全设施施工技术规范》（JTG/T 3671）规定了施工时的检验项目和抽样频率，检验项目包括涂膜外观、耐水性、耐磨性等，并说明新铺沥青路面需在施工完成 7 天后开始标线施划，水泥路面则需在养护膜老化后开始施工。《路面标线涂料》（JT/T 280-2022）对水性涂料的各项技术指标进行了详尽规定，如早期耐水性、耐磨性、

附着性、固体含量等，强调了水性涂料耐候性和耐水性上的要求。《道路交通标线质量要求和检测方法》（GB/T 16311）规定了水性道路交通反光标线的湿膜厚度和色度、光度的性能要求。

综上所述，首先，未有一部专用于指导水性道路交通反光标线的规范。其次，这些规范在详尽程度上也有很大的不足，虽然各标准对水性道路交通反光标线的基本施工条件有一定描述，但缺乏针对极端气候（如寒冷、潮湿等）情况下施工的详细指导。例如，如何调整施工流程以应对冬季低温或雨季高湿度，尚未有深入规定；同时欠缺涂料耐久性方面的详细指导，虽然部分标准提到耐磨性检测，但没有提供详细的长期维护和更新策略。最后，对于施工的指导意义也存在不足，现有标准中对如何确保水性道路交通反光标线涂层均匀性、如何选择施工设备等缺乏具体操作指导。尤其在涂料施划厚度、涂层平整度等方面，需要更为详细的操作说明。虽然提到检测项目和抽样频率，但没有进一步指导如何在日常维护中合理安排检测频率，也缺乏系统的养护周期规划。

因此，上述规范虽涉及水性道路交通反光标线相关内容，在建设初期较好地指导了水性道路交通反光标线的施工工作，但随着车流量的增大，在水性道路交通反光标线的实际规划建设与运行使用中，逐渐暴露出诸多质量问题。尽管现有规范提供了基础的要求，但还缺乏更深入的规定，对施工的指导也有限。

针对上述问题，有必要通过制定一套规范，指导相关人员进行施工、明确施工过程中质量控制与验收。因此在完成《高逆反射道路标线技术应用研究》和《“双碳”背景下全天候耐久耐污型水性道路标线研发与应用》的基础上，提出本标准《水性道路交通反光标线施工技术指南》。本标准的提出将水性道路交通反光标线用材料指标要求、施工技术、检测技术等标准化、规范化，为后续该技术在道路工程中的推广应用提供参考和指导。

三、主要工作过程

3.1 起草组工作概述

根据要求，中国交通运输协会交通工程设施分会于 2024 年 04 月开始着手成立标准编制工作起草小组，组织标准编制的相关工作。作为主要起草单位，中国交通运输协会交通工程设施分会积极收集有关本标准的各类信息，并组织相关的调研和试验验证工作，联络合作单位，最终明确了标准起草工作组的成员单位，

成立了标准起草工作组。随后，标准起草工作组开始了标准编制立项申请、计划大纲编写，明确任务分工及各阶段进度时间，工作组成员认真学习了 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》，结合标准制定工作程序的各个环节，进行了探讨和研究。标准起草工作组经过技术调研、咨询，收集、消化有关资料，并结合设计、材料、施工工艺和应用技术发展趋势，在充分总结国内外技术研究与应用基础上，于 2024 年 09 月编写完成了团体标准《水性道路交通反光标线施工技术指南》的立项申请材料。11 月，协会组织行业专家在北京召开立项审查会议，对标准立项报告进行审核，通过了标准项目的编制申请。

立项申请获批后，起草小组加快标准编制工作节奏，着手编制标准工作大纲和编制意见草稿的相关工作。编制工作大纲草案稿通过微信、邮件等方式提交给参编单位和协会专家分别审核，综合了多方意见，确定了标准起草编制的总体计划内容，形成了正式的标准工作大纲文件。

标准起草工作组按照立项审查会议内容，结合编制工作大纲进行认真分析、理解和总结，迅速开展标准的征求意见稿的编制以及试验项目的实施工作，于 2025 年 3 月底完成了国内外调研和试验验证工作，4 月中旬编写完成了团体标准《水性道路交通反光标线施工技术指南》的工作大纲征求意见稿。

3.2 主要工作内容

1.充分参考借鉴有益文献资料

起草组收集整理了水性道路交通反光标线相关文件和标准规范，重点梳理了已发布的与水性道路交通反光标线相关性较大的国家、地方、行业、团体标准的标准结构框架和主要标准条款，提取适用于水性道路交通反光标线施工技术的有益信息和内容，为本标准提供参考借鉴。对于标准条文的把控上，集众标准之所长，提出对水性道路交通反光标线的基本规定、标线用材料和设备、施工、质量控制等内容的建议。同时，起草组从目前出台的政策文件和现行有效的标准规范中预测未来水性道路交通反光标线模式的发展趋势，总结归纳在用有效的环保、耐久性提升措施，以及未来很可能具有推广潜力的先进技术和方法，尽可能发挥为本标准作为指南的方向指导性作用。

2.广泛深入开展实地调查研究

起草组借助各种信息渠道摸清我国现有水性道路交通反光标线应用现状。对于实地调研,起草组客观实际对浙江省和江苏省各等级路面标线规划应用状况进行深入了解,为本标准的制定夯实了根基。

3. 研究内容

(1)水性道路交通反光标线的全天候光度性能影响因素研究: 选择不同的水性树脂及助剂制备 3~5 种水性标线涂料乳液,分别从树脂、早强剂、抗老化剂、玻璃珠、涂膜厚度等方面研究水性道路标线全天候光度性能的影响因素。在此基础上,获得综合性能相对最优的白色和黄色水性道路标线涂料及水性道路标线。

(2)水性道路交通反光标线涂料的耐久性能及其提升技术研究: 通过人工加速老化试验,模拟涂料在光-水-温度等条件下的耦合作用,研究水性标线涂料的颜色耐久性。将老化的样品进行力学试验和光度性能分析,研究涂料的结构耐久性及全天候光度性能的耐久性。同时,通过早强剂、抗老化剂等助剂提升水性标线涂料的耐久性。

(3)水性道路交通反光标线耐污性能及其提升技术研究: 制备白色和黄色两种水性标线涂料漆膜,选用不同类型的路面污染源(泥土、柴油等)对漆膜进行污染处理,并在指定的环境下养生不同时间,研究不同类型的污染源在不同作用时间下对漆膜的污染程度,分析漆膜被污染的微观因素。进一步地,通过对树脂的交联密度调控和纳米材料改性,提升水性标线涂料的耐污性能。

(4)水性道路交通反光标线的施工工艺研究及工程应用: 通过对原材料质量控制、玻璃珠撒布方式、基面处理以及开放交通时间的研究,提出高性能水性耐污标线技术施工工艺及质量控制方法。将水性耐污反光标线技术应用于实体工程,分析实体工程的应用效果。跟踪观测实体工程,分析标线性能衰减规律,核算全寿命周期的经济成本。与热熔标线和双组份标线进行对比,评价水性标线技术的社会效益和经济效益。

(5)基于碳交易机制的水性道路标线减排量化分析研究: 通过减排量化分析理论和方法研究,建立基于碳交易的道路标线减排量化分析体系。计算水性道路标线的碳排放,并对比水性与热熔、双组份道路标线技术的碳排放特征,提出道路标线技术减排对策,切实有效地降低碳排放,争取国家及地方减排相关的政策与经济支持。

3.3 历次审查会专家审查意见及结论

(1) 标准立项审查

2024 年 11 月 22 日，中国交通运输协会标准化技术委员会在北京组织召开了中国交通运输协会 2024 年第 57 次团体标准立项会议((2024)第 57 期(立审))，审查组同意立项。根据专家组提出的建议，起草组对标准内容和研究工作进行了相应的补充和完善，主要包括：

加强了调研范围的广度和深度，进一步拓宽调研范围的维度。

(2) 标准大纲审查

2025 年 5 月 22 日，中国交通运输协会标准化技术委员会在北京组织召开了《水性道路交通反光标线施工技术指南》团体标准的大纲审查会议，审查组通过审查。根据专家组提出相关意见和建议，起草组对标准草案和编制说明进行了相应的补充修改完善，主要包括：

一是补充完善了标准草案“前言”部分内容，按要求明确了起草人分工安排。

二是按专家意见及 GB/T 1.1—2020 要求对标准草案进行修改，主要有：

“1 范围”明确规范适用除排水路面外的各等级公路和城市道路的水性道路交通反光标线涂料施工工程；

“2 规范性引用文件”按《交通运输部团体标准编制概要》规定引用文件；

“4 基本规定”明确规范适用于单组份丙烯酸水性道路交通反光标线；

“5 标线材料”改为“5 材料”；

第 5.2.3 条中表 1 关于涂料耐磨性改为依据 JT/T 280 进行。

三是调整了编制进度安排，充实了编制单位北京路桥瑞通养护中心有限公司、浙江交通职业技术学院及参编人员。

(3) 征求意见稿草案审查

标准工作大纲审查后，标准起草工作组按照工作大纲审查会议内容，结合编制工作大纲进行认真分析、理解和总结，迅速开展标准的征求意见稿的编制工作，于 2025 年 5 月底编写完成团体标准《水性道路交通反光标线施工技术指南》的征求意见稿初稿，2025 年 6 月完成团体标准《水性道路交通反光标线施工技术指南》的征求意见稿草案。

2025 年 6 月 18 日，中国交通运输协会标准化技术委员会在北京组织召开了

《水性道路交通反光标线施工技术指南》团体标准的征求意见稿草案审查会议，审查组同意通过审查。根据专家组提出相关意见和建议，起草组对标准草案和编制说明进行了相应的补充修改完善，主要包括：

一是调整章节结构及相关内容，补充“8 开放交通”章节，附录 A 放入正文，删除附录 C；

二是按专家意见对标准草案全文进行修改，主要有：

“封面”修改英文标题为“Technical guidelines for construction of water-based road traffic tetroreflective marking”。

“1 范围”中明确本标准适用于单组份丙烯酸水性道路交通反光标线；

“2 规范性引用文件”中删除了“GB 2893 安全色、GB 7258-2017 机动车运行安全技术条件、GB/T 9271-2008 色漆和清漆 标准试板、GB/T 9286-1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验、GB/T 9755-2014 建筑涂料中有害物质限量、GB 18582-2008 室内装饰装修材料 内墙涂料中有害物质限量、GB/T 21383 新划路面标线初始逆反射亮度系数及测试方法、GB/T 28001-2011 职业健康安全管理体系 要求、JT/T 390-1999 路面逆反射测量方法、JT/T 738-2010 路面标线质量检测技术要求和方法、JTG 公路养护技术标准、JTG/T 3671 公路交通安全设施施工技术规范、JTJ 074-94 公路交通安全设施施工技术规范、DB14/T 2914-2023 公路交通标线质量状况评定标准”；增加了“GB/T 5210 色漆和清漆拉开法附着力试验、GB 5768.4 道路交通标志和标线 第4部分：作业区、GB/T 24717-2009 道路预成型标线带”；

“3 术语和定义”删除玻璃珠、漆膜附着力、厚度，对“水性道路标线涂料”进行准确定义，补充预混玻璃珠、面撒玻璃珠；

“4 基本规定”删除对标线材料和施工过程中的详细规定并调整内容；

“5.2 标线涂料”中补充标线涂料分类为反光型涂料和普通型涂料，合并文字与表格技术要求中重复内容；

“5.3 玻璃珠”调整为“5.3 面撒玻璃珠”，删除其中关于预混玻璃珠内容；

“6 施工”中统一用语“刮涂”且重新梳理整个章节；

“6.1 一般规定”中调整安全作业用语，修改为“应按技术规范、安全生产要求制定施工组织方案，并应符合 GB 5768.4 和 JTG H30 的规定”；

“6.3 施工作业”重新绘制水性道路交通反光标线施工流程示意图。

(4) 征求意见稿修订

2025 年 7 月，结合征求意见稿草案评审意见，完成征求意见稿修订。

四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

4.1 制定标准的原则

本标准在制定过程中遵循的主要原则如下：

(1) 清晰明确

标准的内容应该清晰明确，避免使用模糊、歧义的语言。标准应使用简介明了的语言描述，让标准使用者都能够理解。

(2) 科学合理

标准的内容应该基于水性道路交通反光标线的工程实践，确保标准的科学性和合理性。标准应该根据实际情况进行制定，既要考虑工程实际，也要考虑市场需求。

(3) 统一规范

标准内容符合国家法律、法规的有关规定，与现行有效文件相协调。标准内部保持一致性，规范用语，避免使用可能产生歧义的表述方式。

(4) 实用可行

标准具有可操作性和可实施性，让施工方能够根据标准进行水性道路交通反光标线施划和质量控制，对水性道路交通反光标线施工起到指导作用。

4.2 制定标准的依据

在编制标准过程中，结合我国各类型标线施工实践情况，重点参考了有关路面标线涂料、玻璃珠、色漆和清漆、逆反射亮度系数等相关技术指导、标准规范、书籍文献等。

根据标准引用情况，以规范性引用文件形式列出。

4.3 与现行法律、法规、标准的关系

本标准符合现行法律法规、政策文件的要求，与现行法律、法规、标准相协调、相衔接、无冲突，对在本标准中所用到的标准采用全文或部分引用的方式。

目前尚无与本标准相关联的强制性国家标准。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

本标准主要内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、基本规定、材料、施工、质量控制、开放交通，主要条款说明如下。

5.1 主要条款说明

1 范围

本章给出了水性道路交通反光标线的基本规定、材料、施工和质量控制等建议。明确了适用范围，即适用于公路和城市道路的单组份丙烯酸水性道路交通反光标线施划工程。

2 规范性引用文件

本章列出了引用的国家标准、行业标准共计 12 个。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

表 2 规范性引用文件清单

章条	规范性引用文件	引用内容
5.2.2	GB/T 5210 色漆和清漆拉开法附着力试验	全部章节
6.1.4、7.1.1	GB 5768.3 道路交通标志和标线 第 3 部分：道路交通标线	全部章节
6.1.8	GB 5768.4 道路交通标志和标线 第 4 部分：作业区	全部章节
5.3、7.2、7.3、7.4	GB/T 16311 道路交通标线质量要求和检测方法	5.8、5.9、6
7.5	GB/T 24717-2009 道路预成型标线带	6
5.2.2、5.3	GB/T 24722 路面标线用玻璃珠	5
3.3、3.4、5.2.2	JT/T 280-2022 路面标线涂料	3.1.1、3.1.2、5.5
3.2	JT/T 688-2022 逆反射术语	3.8
5.2.2	JT/T 1326-2020 路面标线材料有害物质限量	4
6.2.2.1	JTG/T 3671 公路交通安全设施施工技术规范	4.1、4.3

7.2	JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程	11.3
6.1.8 6.2.3.1	JTG H30 公路养护安全作业规程	全部章节

3 术语和定义

本章列出了需要定义的术语，包括水性道路标线涂料、逆反射亮度系数、预混玻璃珠和面撒玻璃珠共 4 个。

4 基本规定

本章给出了水性道路交通反光标线材料和施工所应遵循的基本原则。

5 材料

本章给出了水性道路交通反光标线涂料和玻璃珠的要求。

6 施工

本章给出了水性道路交通反光标线的施工作业流程，包括施工准备、作业控制区设置、工作面清理、基准放样、材料准备、设备调试、标线施划各工序施工要求。

7 质量检验

本章给出了水性道路交通反光标线的外观、外形尺寸、色度性能、光度性能和抗滑性能的质量控制要求。

8. 开放交通

本章给出了水性道路交通反光标线施划过程中以及施划结束后标线修整、现场处理、废料处置等的相关规定。

5.2 主要技术指标、参数、实验验证的论述

起草组前期开展了《高逆反射道路标线技术应用研究》和《“双碳”背景下全天候耐久耐污型水性道路标线研发与应用》，并依托于实体工程实施应用。在此基础上，编制本标准。

1.水性道路交通反光标线的全天候光度性能影响因素研究

本研究通过选取多种水性树脂及助剂，配制 3~5 种水性道路交通反光标线涂料乳液，系统考察树脂类型、早强剂、抗老化剂、玻璃珠及涂膜厚度等因素对全天候反光性能的影响规律。基于实验结果，最终优选出综合性能最佳的白色和黄

色水性道路交通反光标线涂料配方，并制备出符合标准要求的水性道路交通反光标线产品。

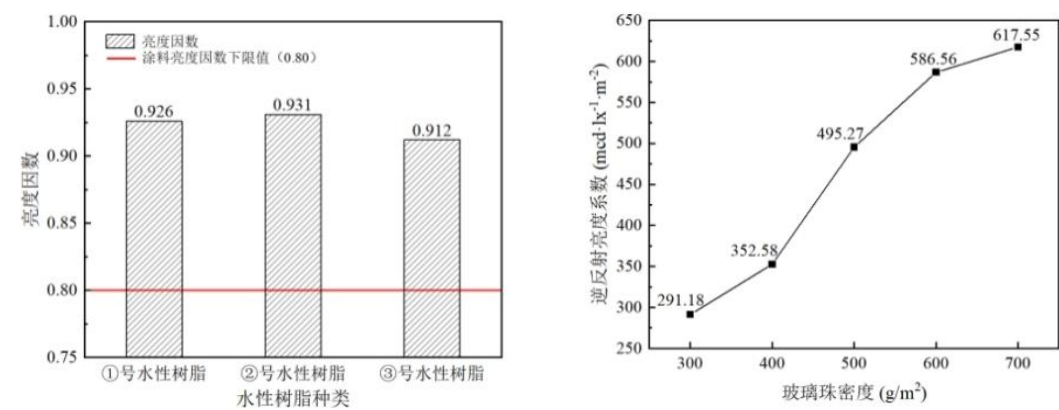
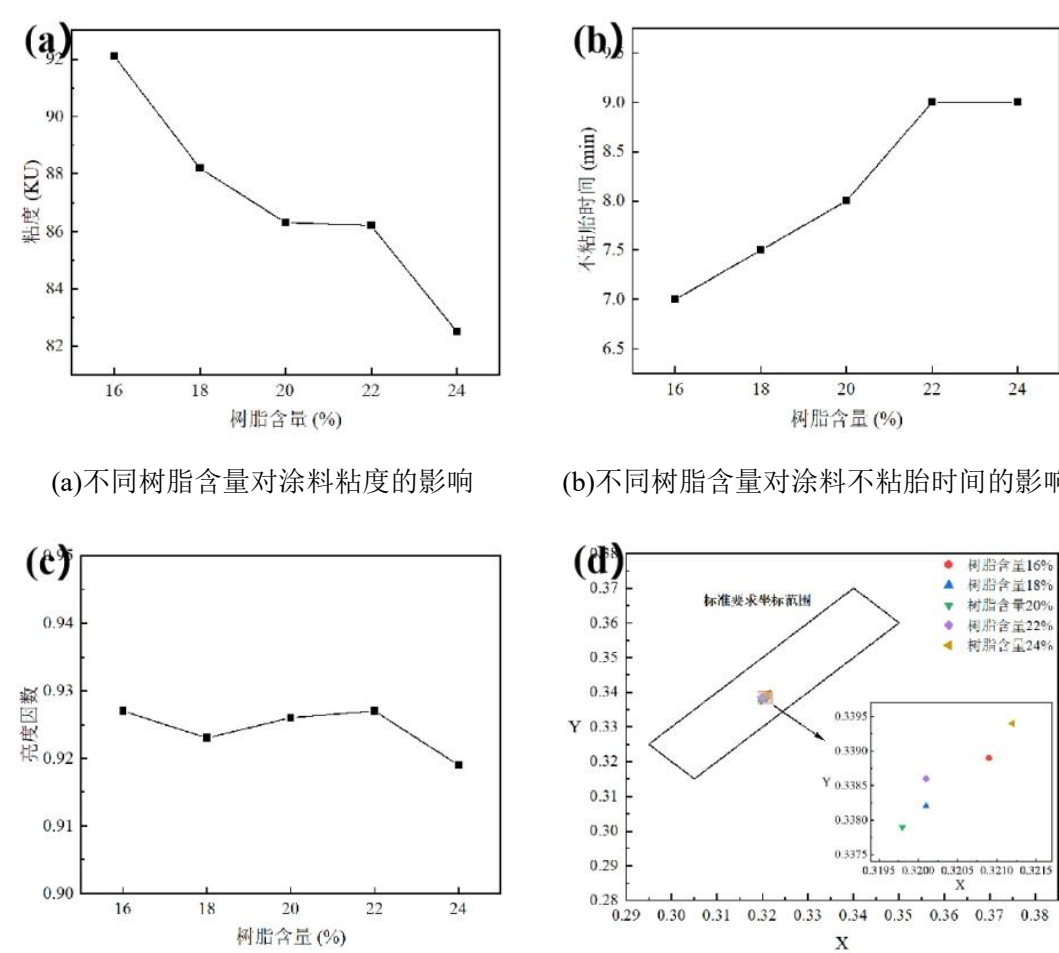


图 1 不同树脂制备涂料亮度因数测试结果 图 2 玻璃珠密度对标线逆反射亮度系数的影响

2.水性道路交通反光标线性能影响因素研究

(1) 对不同用量树脂制备涂料各个性能进行检测分析，研究认为树脂最佳用量为 20%左右，涂料综合性能最为优异，如图 3 所示。



(c)不同树脂含量对涂料亮度因数的影响 (d)不同树脂含量对应色品坐标范围

图 3 不同树脂含量对涂料性能的影响

(2) 研究认为钛白粉含量 8~12% 区间内，其含量的增多可以轻微地提升涂料的光度性能，但对于涂料的力学性能以及快干性能的影响甚微。综合成本考虑，建议钛白粉含量控制在 10% 左右，以平衡涂料性能与经济性，如图 4 所示。

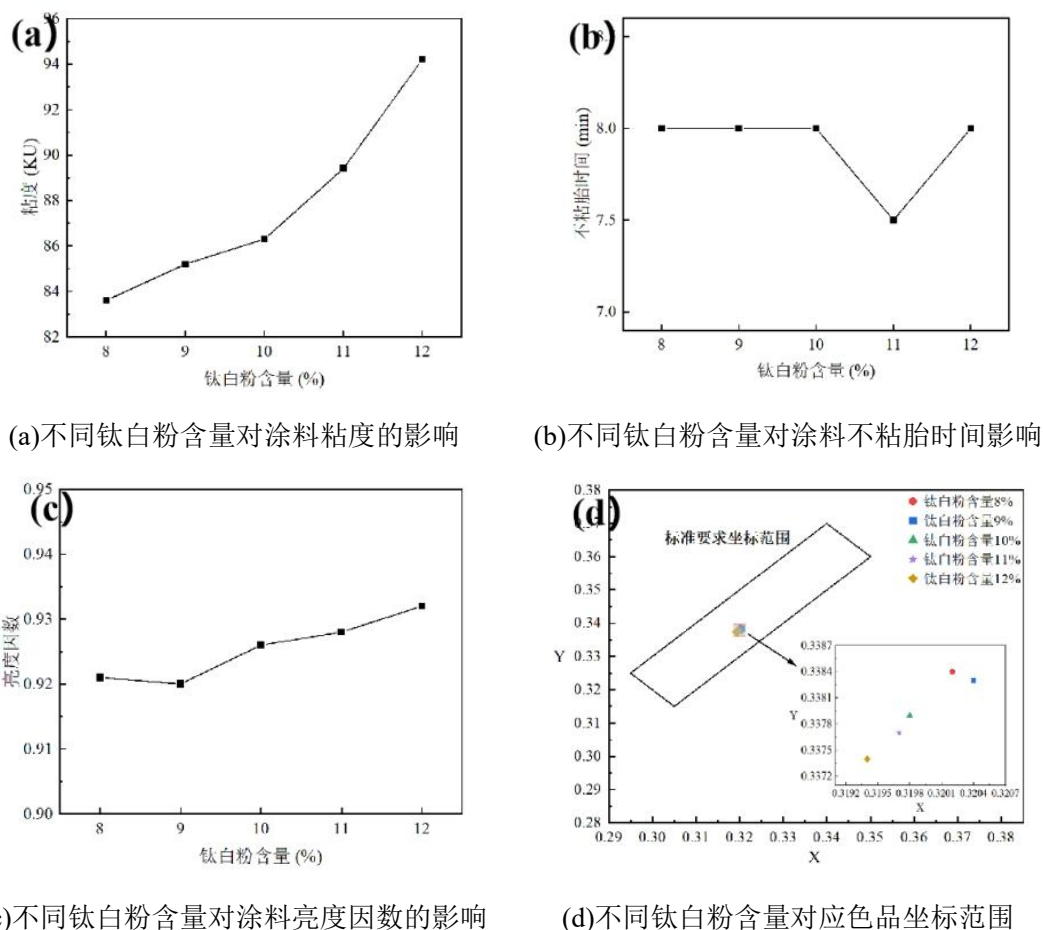


图 4 不同钛白粉含量对涂料性能的影响

(3) 测试对比撒布三种反光材料的水性标线，撒布高亮反光玻璃珠的光度性能最为优异，初始逆反射亮度系数可达到 $586.56 \text{ mcd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

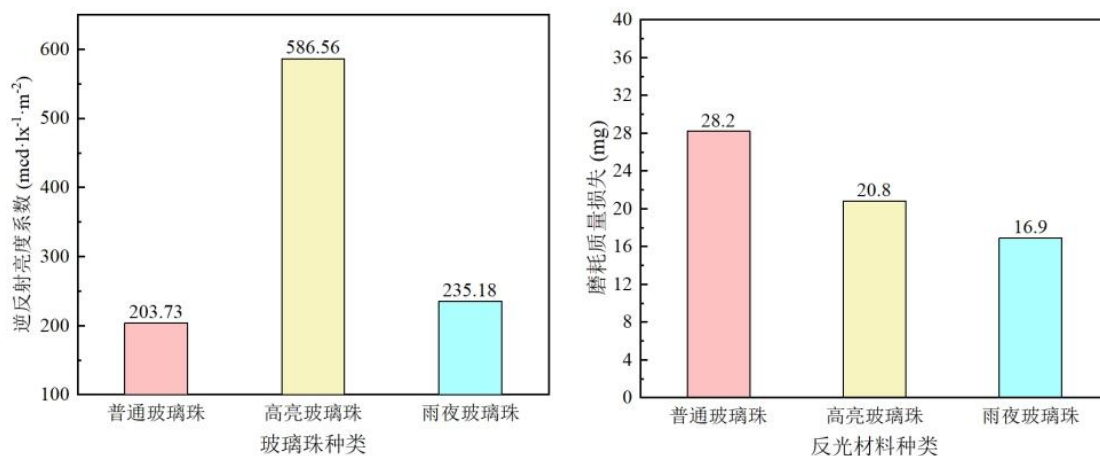


图 5 玻璃珠种类对逆反射亮度系数的影响

图 6 涂料对不同反光材料的裹附能力

(4) 研究认为玻璃珠最佳撒布密度为 $500\sim 600\text{g/m}^2$ ，此时道路标线可以在保持高初始逆反射亮度系数的同时获得更为优异的磨耗性能，如图 7、图 8 所示。

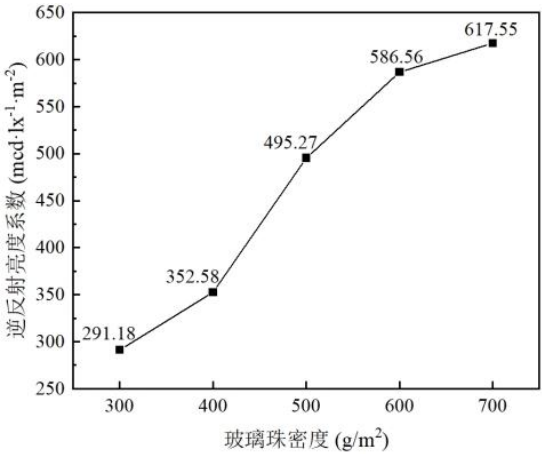


图 7 玻璃珠密度对逆反射亮度系数的影响

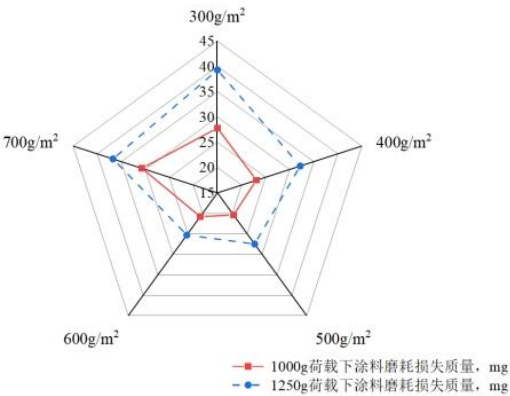


图 8 涂料对不同密度玻璃珠的裹附能力

3. 水性道路交通反光标线涂料的耐久性能及其提升技术研究

通过人工加速老化试验，模拟涂料在光-水-温度等条件下的耦合作用，研究水性道路交通反光标线涂料的颜色耐久性。将老化的样品进行力学试验和光度性能分析，研究涂料的结构耐久性及其全天候光度性能的耐久性。研究发现，随着老化周期的增加，水性道路交通反光标线的磨耗值呈现上升趋势，磨耗值的增加速度呈现逐渐变快的趋势。

(1) 在色度性能方面，老化周期对涂料的亮度因数有显著影响，而对色品坐标的影响则相对较小。随着老化周期的延长，涂料的亮度因数呈现加速衰减的趋势。在磨耗性能方面，涂料在前 20 个老化周期内磨耗性能的衰减相对较轻，但在 20 个周期之后，磨耗性能的衰减速度明显加快。

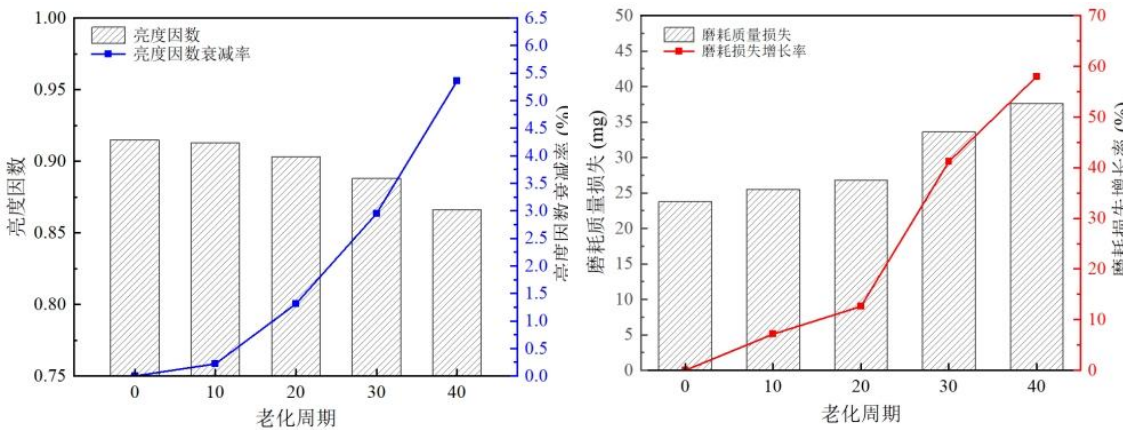


图 9 不同老化周期涂料亮度因数变化

图 10 老化周期对涂料磨耗性影响

(2) 因颜料主体成分的改变, 添加纳米二氧化硅的涂料初始亮度因数较其余两种涂料要低, 但其亮度因数耐久性较未添加纳米材料涂料得到了明显提升, 其亮度因数在 30 个老化周期内较初始亮度因数的衰减率始终保持在 1% 以下。纳米二氧化硅的加入显著提高了涂料的耐磨性能, 尽管如此, 它对涂料的磨耗耐久性贡献有限, 涂料后期会出现磨耗性能衰退加速现象。

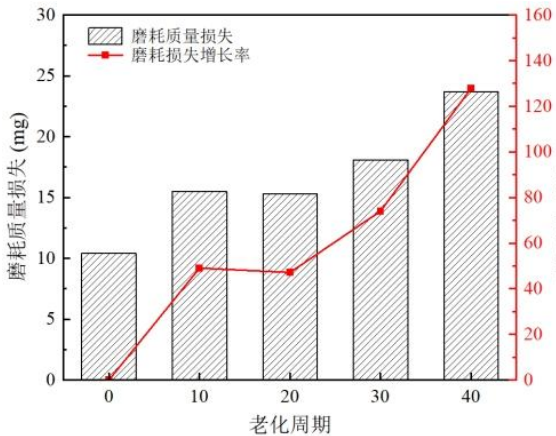


图 11 老化周期对添加纳米 SiO₂ 涂料

磨耗性能影响

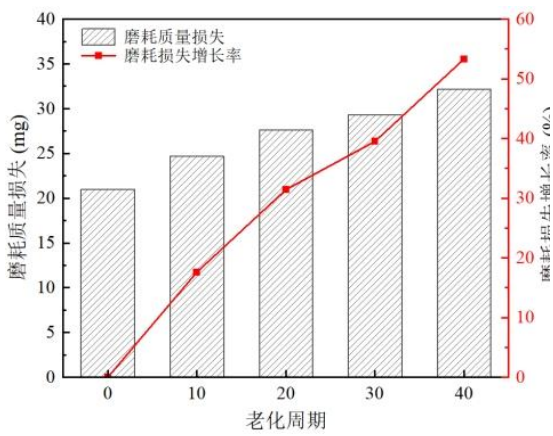


图 12 老化周期对添加纳米 TiO₂ 涂料

磨耗性能影响

4. 水性道路交通反光标线耐污性能及其提升技术研究

制备白色和黄色两种水性道路交通反光标线涂料漆膜, 选用不同类型的路面污染源 (泥土、柴油等) 对漆膜进行污染处理, 并在指定的环境下养生不同时间, 研究不同类型的污染源在不同作用时间下对漆膜的污染程度, 分析漆膜被污染的微观因素。进一步地, 通过对树脂的交联密度调控和纳米材料改性, 提升水性道路交通反光标线涂料的耐污性能。

未经疏水改性的纳米无机材料颗粒表面具有亲水性, 与水性标线涂料中的有机成分相容性差, 在涂料中难以均匀分散, 容易出现相分离现象, 不利于形成低表面能的超疏水表面, 限制了其耐污性能, 基于此对纳米二氧化钛和碳酸钙进行表面疏水改性, 旨在使其拥有光催化耐污性能的同时也具备超疏水性, 进而构造出超疏水耐污型水性标线涂料, 提高标线涂料的耐污自清洁能力。

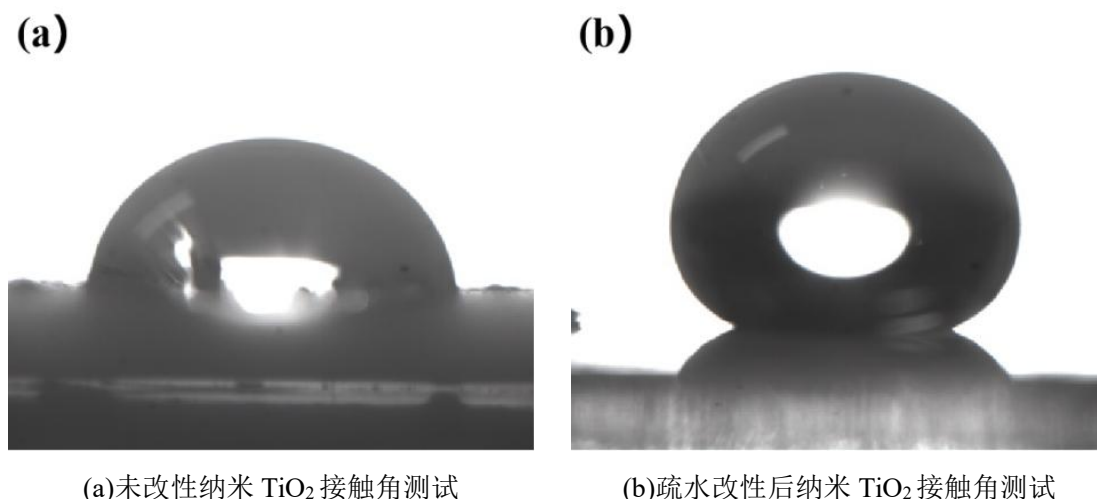


图 13 改性前后纳米 TiO₂ 接触角测试

5.水性道路交通反光标线的施工工艺研究及工程应用

通过对原材料质量控制、玻璃珠撒布方式、基面处理以及开放交通时间的研究，提出了高性能水性道路交通反光标线技术施工工艺及质量控制方法。将水性道路交通反光标线技术应用于实体工程，分析实体工程的应用效果。跟踪观测实体工程，分析水性道路交通反光标线性能衰减规律，核算全寿命周期的经济成本。与热熔型和双组份道路交通反光标线进行对比，评价水性道路交通反光标线技术的社会效益和经济效益。

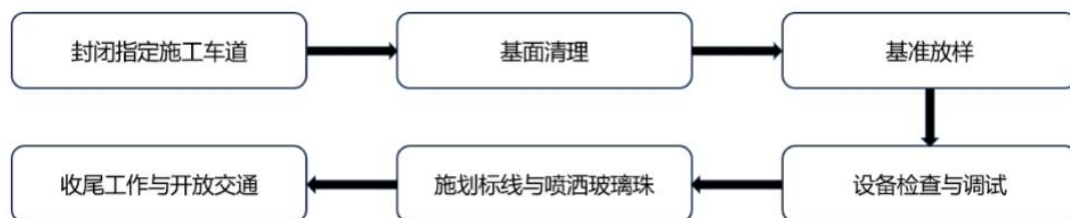


图 5 水性道路交通反光标线施工流程图

6.基于碳交易机制的水性道路交通反光标线减排量化分析研究

通过减排量化分析理论和方法研究，建立基于碳交易的道路交通反光标线减排量化分析体系。计算水性道路交通反光标线的碳排放，并对比水性与热熔型、双组份道路交通反光标线技术的碳排放特征，提出道路交通反光标线技术减排对策，切实有效地降低碳排放，争取国家及地方减排相关的政策与经济支持。

表 3 道路交通反光标线施工全流程碳排放汇总

道路交通反光标线	原材料	新建施工	旧线清除	新建合计	养护合计
来源	排放 (g)	排放 (g)	排放 (g)	排放 (g)	排放 (g)

水性道路交通反光	5773.98	4443.27		10217.5	10217.5
标线			无需清除		
双组分道路交通反光	11202.5	4443.27		15645.77	15645.77
标线					
III级热熔型道路交通	16017.91	19701.74	538.21	35719.65	39257.86
反光标线					

六、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准制定过程中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

本标准未涉及到相关国际标准。

本标准是在完成了《高逆反射道路标线技术应用研究》和《“双碳”背景下全天候耐久耐污型水性道路标线研发与应用》项目任务书所规定的研究任务后，深入追踪检测了高性能水性道路交通反光标线技术应用效果的基础下提出，具有实施可行性。

《高逆反射道路标线技术应用研究》课题深入贯彻实施“绿色交通”和“平安交通”理念，以提升高逆反射水性道路交通反光标线的使用性能为目标进行开展。课题通过对浙江省内道路交通反光标线现状进行调研，结合室内模拟老化试验，确定了高逆反射水性道路交通反光标线的性能衰减规律，并对提升其逆反射亮度系数和耐久性的技术进行了研究，明确了水性道路交通反光标线施工工艺及其质量控制关键指标，最后，结合实体工程分析了高逆反射水性道路交通反光标线的耐久性提升效果和社会经济效益。

《“双碳”背景下全天候耐久耐污型水性道路标线研发与应用》课题首先通过水性道路交通反光标线涂料原材料和反光材料的优选，研究其反光性能的长效性。其次，通过对水性道路交通反光标线涂料的物理化学改性提升其耐久性和耐污性，并缩短其开放交通时间。最后，研究水性道路交通反光标线的施工质量控制技术，并依托实体工程对优化后的水性道路交通反光标线的应用效果进行跟踪观测和评价。

本标准的总体技术水平属于国内领先水平。

八、贯彻标准的措施建议

建议本标准在批准发布 3 个月后实施。

本标准发布后，应向应用水性道路交通反光标线的技术管理、设计、施工等相关单位进行宣传、贯彻，向相关单位和个人推荐执行本标准。

九、其他应说明的事项

无。