

中国交通运输协会团体标准

公路纤维增强复合材料波纹管涵技术规程

(征求意见稿)

编制说明

标准起草组

二零二四年三月

一、任务来源、起草单位、主要起草人

1. 任务来源

依照《中国交通运输协会团体标准管理办法》的规定，2023年7月，由河北恒瑞复合材料有限公司牵头，向中国交通运输协会标准化技术委员会提交了立项申报，建议对《装配式纤维增强复合材料公路波纹管应用技术规程》进行立项。2023年8月，经中国交通运输协会标准化技术委员会组织专家评审，通过了本校准的立项申请【中交协秘字〔2023〕58号】。

本标准由中国交通运输协会交通工程设施分会提出，由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

2. 起草单位

本标准起草单位：内蒙古大学、内蒙古交通设计研究院有限责任公司、武汉理工大学、甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司、青海省交通规划设计院有限公司、宁夏公路勘察设计院有限责任公司、甘肃交设智远实业有限公司、内蒙古中交设计院有限公司、内蒙古交通集团蒙通养护有限责任公司、河北恒瑞复合材料有限公司、内蒙古九木建设工程有限公司、内蒙古新开元建设有限公司、山东坤宇交通科技有限公司、枣强福源玻璃钢有限公司、枣强润腾玻璃钢有限公司、枣强县友拓科技研发有限公司。

3. 主要起草人

本标准主要起草人：李国栋、常建辉、张宝龙、高延奎、陈建中、武维宏、白龙、韩生虎、雒启君、侯永刚、段晓伟、车俊、温义全、刘龙生、郑晓东、张磊、贾舒阳、姜文杰、李志民、郝林、高瑞亭、郭丽芳、吕新刚、刘忠旭、霍凤叶、张建庭、罗庆君、邸鹏、乌兰托亚、蔚江江、付荣、刘向阳、付建刚、黄志明、高志岩、李春运。

二、制订标准的必要性和意义

1. 必要性

随着国家在交通基础设施、重要建筑原材料等方面投入力度加大，公路事业得到健康飞速发展。公路工程在公路事业中起着极其重要的作用，而涵洞在公路工程中占有较大比例，是公路工程的重要组成部分，这主要表现在工程数量和工程造价两个方面。据有关资料统计，涵洞工程数量约占桥涵总数的60%~70%，

平原地区平均每公里 1~3 座，山岭重丘区平均每公里 4~6 座；涵洞工程造价约占到桥涵总额的 40%左右。涵洞的材质选择和施工工艺对于涵洞建设又起着决定性的作用，加大对涵洞材质和施工工艺的研究和改进必将促进公路建设事业的发展。

近代以来公路涵洞工程的形式大多为钢筋混凝土涵洞，其存在生产周期长、运输成本高、施工周期长、综合造价很高等缺点。钢筋混凝土制品刚性过高，对地基承载力及工作环境要求较高，应对地基不均匀沉降效果很差；预制管涵连接部位极易容易漏水进而导致地基损坏和不均匀沉降，导致在使用过程中损坏频繁，还容易出现跳车等病害。随着国家对生态环境保护的要求越来越严格，对绿色交通越来越重视，此类高能耗、高排放粗放式生产和建筑施工会受到越来越多的限制，迫切需要做出一定的改变来应对环保和发展的矛盾。

随着技术的发展，波纹钢管涵在涵洞方面开始逐步应用，其具有运输方便、施工便捷、工期短、对地基扰动小、对基础要求较低、适应变形性能好等诸多优点；同时，有利于缓解国家供给侧结构性改革后带来的钢铁产能过剩的现状，且能够回收再利用；减少水泥、砂石等材料的用量，对环境破坏小，有益于保护环境。但是十多年的应用也暴露了波纹钢管涵的许多不足，主要有以下几项：在运输和安装过程中易变形，安装施工困难，现场安装施工很容易产生质量问题；其抗各类土壤腐蚀性能差，波纹钢板压制成型后必须再进行内外表层防腐处理，后续防腐过程中因人为因素和受限于设备与工艺水平，再加上产品组装和运输时难免磕碰损坏防腐层，造成钢波纹管涵在土壤中耐腐蚀效果显著降低，使用寿命远远达不到设计要求；目前在用的波纹钢管涵密封性差，普遍存在漏水现象，且容易导致地基不均匀沉降。波纹钢涵管目前只能勉强用在无压力涵洞，而半压力和全压力过水涵洞不能采用；波纹钢涵管轴向连接属于刚性连接，没有伸缩空间所以无力应对热胀冷缩造成的破坏。

近年来，公路纤维增强复合材料波纹管涵作为一种解决方案应运而生，其综合性能比波纹钢管涵强很多，在力学性能方面完全满足交通涵洞的使用要求，防腐性、密封性良好，使用寿命更长、施工更便捷，能够用作交通涵洞投入使用，有其突出的优势和价值，是安全可行、经济实用的。河北恒瑞复合材料有限公司于 2022 年牵头编制了相关产品标准《纤维增强塑料拼装式波纹管（板）》（T / CIA

001—2022)。但是，至今尚未形成针对纤维增强复合材料波纹管涵在公路工程上的应用技术规范，尚无针对实际情况的精确的设计和使用方法可依，相关人员缺乏技术指导，容易造成工程质量问题。因此，开展公路纤维增强复合材料波纹管涵的研究，规范纤维增强复合材料波纹管涵的材料、设计、施工、质量控制等，给今后纤维增强复合材料波纹管涵提供技术保障，形成公路纤维增强复合材料波纹管涵技术规程十分必要。

2. 意义

2022年，交通运输部发布了《绿色交通标准体系（2022年）》，提出到2025年，基本建立覆盖全面、结构合理、衔接配套、先进适用的绿色交通标准体系。综合交通运输和公路、水路领域节能降碳、污染防治、生态环境保护修复、资源节约集约利用标准供给质量持续提升。绿色交通标准适应加快建设交通强国，推动加快形成绿色低碳运输方式，支撑引领碳达峰碳中和、深入打好污染防治攻坚战等交通运输行业重点任务实施的作用更加突出。

目前，公路纤维增强复合材料波纹管涵在河北、内蒙古、黑龙江等地多条道路上进行了实践应用，在其材料、设计、施工、质量控制等方面积累了宝贵经验，为该标准的编制奠定了良好的工作基础。通过制定此标准，有助于确保公路涵洞工程的安全性、适用性和耐久性，起到快速化、便捷化施工效果，解决公路涵洞工程长期存在的突出问题，也有助于充分发挥和利用复合材料的优势，集约资源避免污染，支持可持续发展，保护生态环境。

制定《公路纤维增强复合材料波纹管涵技术规程》，不仅可以规范交通行业纤维增强复合材料波纹管涵的材料、设计、施工及质量检验，而且是对《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）、《公路涵洞设计规范》（JTG/T 3365-02-2020）等相关规范的必要补充，对于提升公路涵洞工程质量和促进交通行业创新发展具有重要的意义。

三、主要工作过程

根据要求，中国交通运输协会于2023年6月开始着手成立标准编制工作起草组，组织标准编制的相关工作。作为主要起草单位，河北恒瑞复合材料有限公司和内蒙古大学收集有关本标准的各类信息，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、工作大纲编写，明确了任务分工及各阶段进度时间。

立项阶段：标准起草工作组经过技术调研、咨询，收集、消化有关资料，并结合公路纤维增强复合材料波纹管涵设计、施工和质量控制等方面的发展趋势，在充分总结国内外技术研究与应用基础上，于 2023 年 7 月编写完成了团体标准《装配式纤维增强复合材料公路波纹管应用技术规程》的立项申请材料。8 月 1 日，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，通过了标准的编制申请。

大纲阶段：立项申请获批后，起草组开始编制标准大纲和草稿。通过起草单位和人员的沟通协作，综合多方意见，确定了标准编制的总体计划内容，形成了正式的编制大纲和工作大纲。标准起草工作组按照立项审查会议内容，结合大纲进行认真分析、理解和总结，迅速开展标准草稿的编制以及调研项目的组织工作，于 2023 年 10 月提交了《装配式纤维增强复合材料公路波纹管应用技术规程》的编制大纲、草稿和工作大纲，10 月 17 日在北京召开标准大纲审查会，通过了大纲审查。会后标准起草工作组按照大纲审查会议内容，对专家提出的意见、建议进行了认真分析和总结，并召开了起草组工作会议，开始编制标准的征求意见稿草案，同时完善调研、试验工作。

征求意见稿阶段：2024 年 1 月，形成征求意见稿草案，同时形成调研报告、编制说明，召开标准征求意见稿审查会，会后根据专家意见，标准名称改为《公路纤维增强复合材料波纹管涵技术规程》，起草组讨论、修改、完善，于 2024 年 3 月形成本标准的征求意见稿，广泛征求意见。

送审稿阶段（2024 年 3 月~2024 年 4 月）：根据所反馈的意见，起草组进行修改完善，形成送审稿和征求意见汇总表，召开送审稿审查会，对送审稿进行审查。

报批稿阶段（2024 年 5 月~2024 年 6 月）：根据送审稿审查会专家意见，补充、修改和完善形成报批稿。将报批稿及相关资料呈报协会批准，召开报批稿审查会，根据审查会专家意见，修改、完善报批稿。

四、制定标准的原则和依据，与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

1. 编写原则和依据

本标准的编写工作流程、程序，严格按照《中国交通运输协会团体标准管理

办法》《中国交通运输协会团体标准制修订管理导则》执行。本标准的编写内容与格式符合 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》的要求。本标准的编制主要遵循了科学性、适用性、协调性原则，就公路纤维增强复合材料波纹管涵的材料、设计、施工、质量控制进行规定。

2. 与有关现行法律、法规和强制性国家标准的关系

经调研，本标准制定的原则遵循国家有关标准政策，与相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1. 标准主要章节设置

前言

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语

4 基本规定

5 材料

5.1 主体结构

5.2 连接件

5.3 密封垫

5.4 性能指标

6 设计

6.1 一般规定

6.2 地基与基础设计

6.3 洞身设计

6.4 回填设计

6.5 洞口设计

7 施工

7.1 一般规定

7.2 施工准备

7.3 地基与基础

7.4 拼装与固定

7.5 回填

7.6 洞口

8 质量控制

8.1 一般规定

8.2 进场材料检查

8.3 施工控制

8.4 变形检查

附录 A（资料性） 纤维增强复合材料波纹管连接

附录 B（资料性） 阻燃要求

附录 C（规范性） 设计流程图

2. 主要条款的说明

适用范围：本标准适用于公路无压力式、半压力式、全压力式或虹吸式纤维增强复合材料波纹管涵洞工程，市政工程、抢险保通工程可参照使用。

规范性引用文件：本标准中引用和参考最新版的先进标准和行业规范，以充分保证本标准条款的可依性和可行性。

术语：对公路纤维增强复合材料波纹管涵专用术语进行定义和解释。

基本规定：规定了纤维增强复合材料波纹管的结构组成，对管涵设计、施工方面做了总体要求。

材料：对公路纤维增强复合材料波纹管涵主体结构、连接件和密封垫的材料及性能做了规定。

设计：规定了公路纤维增强复合材料波纹管涵地基与基础、洞身、洞口、回填等方面的设计原则、方法和要求。

施工：规定了公路纤维增强复合材料波纹管涵的施工步骤、施工准备工作、施工方法和要求。

质量控制：规定了公路纤维增强复合材料波纹管涵的进场材料检查、施工控制、变形检查，给出了相应检验标准。

附录：规定本规程涉及到的示意图、流程图等资料。

3. 主要技术指标、参数、实验验证的论述

连接件（螺栓）：纤维增强复合材料波纹管片与片之间的连接是法兰连接，螺栓主要受到拉力，而波纹管片与片的连接方式是搭接，螺栓主要受到剪切力。在公路纤维增强复合材料波纹管涵的施工、运营过程中，螺栓受力相比波纹钢管的螺栓受力要小。并且纤维增强复合材料的刚度普遍比钢材的刚度要小，在实际应用过程中与螺栓连接的部位复合材料容易破坏，为防止法兰上螺栓周围复合材料局部破坏，要求使用特制加大平垫圈，并且把垫圈切平的一面紧贴波纹管，标准中给出了垫圈示意图，规定了垫圈尺寸。

耐腐蚀性能：JTG/T 3365-02-2020 中对波纹钢管有热镀锌质量要求，而复合材料材质本身具有良好的耐腐蚀性能，无需另做防腐处理，所以在本标准中未做防腐要求。

回填：本标准中，对公路纤维增强复合材料波纹管涵的结构性回填范围、材料等作了明确规定，纤维增强复合材料波纹管涵工程质量的关键就在于回填。如果能严格按照设计要求去施工，控制工程质量，装配式纤维增强复合材料波纹管涵将是一种较好的结构型式。

地基处理：因为涵管基底沉降和两侧路基沉降一致，所以在公路工程中不必单独对纤维增强复合材料波纹管涵基底进行特殊处理，在软土区等地质条件不太好的路段，基本原则是路基怎样处理，管涵基底也怎样处理。《公路涵洞设计规范》(JTG/T 3365-02-2020)中规定，波纹钢管涵适用于冻土、软弱地基等不良地质的暗涵以及有特殊要求的暗涵，对地基要求较低，变形适应性强，结构受力合理，而公路纤维增强复合材料波纹管涵是一种特殊的受力合理的结构，既有刚性又具有柔性，其适用条件与波纹钢管涵基本一致。

结构设计计算：公路纤维增强复合材料波纹管涵设计时，应先根据孔径等设计要求，确定管涵的结构尺寸、涵顶覆土厚度、土的重度、环刚度等级等相关参数，其中，标准起草组根据试验研究和有限元分析结合的方法，确定了最小环刚度等级与涵顶覆土厚度之间的关系。参照 CECS 190:2005 的设计规定来对管涵结构进行计算，主要分为强度验算和变形验算，标准附录中给出了一般设计验算流程。本文中，以管径 2 米、覆土厚度为 4 米的管涵为例，给出管涵竖向变形计算方法与步骤，作为参照。计算案例如下：

公路纤维增强复合材料波纹管涵竖向变形计算

1、设计计算指标

直径

$$DN = 2000 \text{ mm}$$

环刚度

$$SN = 7500 \text{ N/m}^2$$

壁厚

$$t = 6.00 \text{ mm}$$

计算直径

$$D_0 = DN + t = 2006.00 \text{ mm}$$

外径

$$D_1 = DN + 2t = 2012.00 \text{ mm}$$

2、竖向土压力

竖向土压力标准值按下式计算：

$$F_{sv, k} = \gamma_s H_s D_1 \times 10^{-3}$$

已知覆土深度：

$$H_s = 4 \text{ m}$$

回填土容重：

$$\gamma_s = 18 \text{ kN/m}^3$$

则竖向土压力作用标准值为：

$$q_{sv, k} = \gamma_s H_s = 72.0 \text{ kN/m}^2$$

土的内摩擦角

$$\varphi = 20^\circ$$

则管顶竖向土压力标准值为：

$$F_{sv, k} = (1 - \sin \varphi) \gamma_s H_s = 47.37 \text{ kN/m}^2$$

3、土的综合变形模量

基槽两侧原状土的变形模量：

$$E_n = 3.00 \text{ MPa}$$

回填土的变形模量：

$$E_e = 3.00 \text{ MPa}$$

施工开挖边坡坡度为(高：宽)

$$i = 1:1$$

沟槽边工作宽度：

$$b = 700$$

外径：

$$D_1 = 2012.00 \text{ mm}$$

中心槽宽：

$$B_r = D_1 + 2b + D_1/i = 5424 \text{ mm}$$

则：

$$B_r/D_1 = 2.7$$

系数：

$$\alpha_1 = 0.615$$

$$\alpha_2 = 0.385$$

则综合修正系数：

$$\xi = 1/(\alpha_1 + \alpha_2(E_e/E_n)) = 1$$

因此，管侧土的综合变形模量为：

$$E_d = \xi E_e = 3.00 \text{ MPa}$$

4、变形验算

竖向土压力作用标准值

$$q_{sv,k} = 47.4 \text{ kN/m}^2$$

变形滞后效应系数

$$D_L = 1.5$$

地面作用传递至涵管顶压力的准永久值系数

$$\psi_q = 0.5$$

地面作用传至涵管顶的压力标准值

$$q_k = 10.00 \text{ kN/m}^2$$

涵管侧边土的综合变形模量

$$E_d = 3.00 \text{ MPa}$$

刚度等级

$$SN = 7500 \text{ N/m}^2$$

土弧基础中心角

$$\theta = 120^\circ$$

竖向压力作用下罐的竖向变形系数

$$K_d = 0.089$$

涵管最大竖向变形

$$W_{d,\max}/D_1 = D_L(q_{sv,k} + \psi_q q_k) K_d / (8 \times 10^{-6} SN + 0.061 E_d) \times 10^{-3} = 2.88\%$$

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准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情况，与国际、国内同类标准水平的对比情况

本标准没有涉及到相关国际标准。

八、作为推荐性标准的建议

建议团体标准《公路纤维增强复合材料波纹管涵技术规程》作为推荐性标准颁布实施。

九、贯彻标准的措施建议

建议本标准尽快批准发布、实施。本标准发布后，应向公路纤维增强复合材料波纹管涵相关的产品生产、设计、施工、检测等单位进行宣传、贯彻，向相关单位和个人推荐执行本标准。

十、其他应说明的事项

无

标准起草工作组

2024年3月