

# 山区农村公路波形护栏立柱施工质量问题及其对策

姜 川

湖北交通职业技术学院公路与轨道学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年8月11日; 录用日期: 2023年9月2日; 发布日期: 2023年9月13日

## 摘 要

为研究山区农村公路波形护栏立柱插入深度问题,通过查阅施工资料、现场踏勘等手段,采用弹性波法,结合现场拔桩法,对公路波形护栏施工中立柱插入深度问题展开研究,主要结论:(1)总结归纳了2017年农村多条农村道路波形护栏的数据检测,质量缺陷最大主要表现为波形护栏立柱埋置深度,合格率仅为25%,其次是波形梁板基底金属厚度、波形护栏立柱壁厚和波形梁横梁中心高度,其合格率在40%左右,并对这些质量问题产生的原因展开了分析;(2)提出了从施工方案、材料检测方法以及过程检测管理等方面的应对措施,并对2020年农村公路波形护栏检测,其中波形护栏立柱埋置深度合格率提升为82%,其他方面基本达到合格标准,验证了所采取措施的有效性。

## 关键词

山区农村公路, 波形护栏立柱插入深度, 质量缺陷, 对策

# Quality Problems and Countermeasures of Wavy Guardrail Column Construction on Rural Road in Mountainous Area

Chuan Jiang

School of Highway and Track, Hubei Communications Technical College, Wuhan Hubei

Received: Aug. 11<sup>th</sup>, 2023; accepted: Sep. 2<sup>nd</sup>, 2023; published: Sep. 13<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In order to study the depth of column insertion of corrugated guardrail on rural highway in

mountainous areas, by consulting construction data, site survey and other means, elastic wave method combined with site pulling pile method was used to study the depth of column insertion in the construction of corrugated guardrail on highway. The main conclusions are as follows: (1) The data detection of a number of rural road waveform guardrail in 2017 is summarized, the biggest quality defect is mainly manifested as the depth of the waveform guardrail column embedding, and the pass rate is only 25%, followed by the thickness of the waveform beam plate base metal, the wall thickness of the waveform guardrail column and the center height of the waveform beam, with a qualification rate of about 40%. The causes of these quality problems are analyzed. (2) This study puts forward countermeasures from the aspects of construction scheme, material testing method and process testing management. Through the detection of corrugated guardrail on rural highway in 2020, it is concluded that the qualification rate of the embedded depth of the corrugated guardrail column has increased to 82%. And other aspects basically met the qualified standard, verifying the effectiveness of the adopted measures.

## Keywords

Rural Road in Mountainous Area, Corrugated Guardrail Column Insertion Depth, Quality Defect, Countermeasure

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随我国国民经济的发展、道路等基础设施不断改善,截止到2021年底,全国公路通车里程527.83万公里,四级及以上公路只占总里程的95.9%(506.19万公里)[1],意味着大部分公路仍为低等级公路。为加强低等级公路建设和管理水平,政府出台了一些政策,如《农村公路建设管理办法》[2]、《农村公路建设质量管理办法》[3]和《国务院办公厅关于深化农村公路管理养护体制改革的意见》(国办发〔2019〕45号)[4]等,这些政策为解决“四好农村路”工作中的不足问题打下基础。此外,为了解决农村公路的安全问题,《国务院办公厅关于实施公路安全生命防护工程的意见》国办发〔2014〕55号(简称455工程)提出了到2020年底前基本完成乡道及以上行政等级公路安全隐患治理的目标,以实现农村公路交通安全基础设施明显改善、安全防护水平明显提高和公路交通安全综合治理能力全面提升的目标[5]。

目前山区农村公路波形护栏立柱施工质量问题主要集中在材质、施工安装、混凝土浇筑和防腐处理等问题上,在选材和施工等阶段出现的问题都会直接影响波形护栏立柱的质量和使用寿命。为解决上述问题,研究人员对波形护栏的材料和结构进行优化,制定更严格的施工规范,同时建立有效的监测和评估机制来及时发现并解决施工工程中的质量问题。本文结合对湖北某山区县13个乡镇一百多条农村道路的检测数据,对农村公路波形护栏立柱施工质量进行调查,以弹性波法为主,结合拔桩法,分析了产生的施工质量原因,尝试提出相应的解决方案和措施,在当前实际条件下,将质量控制工作前移,对同类型工程的施工提供指导。

## 2. 农村公路波形钢护栏类型

当前波形钢护栏从截面型式来分主要有圆形、矩形,对于农村公路以圆形应用更广;圆形立柱从外径尺寸来说主要125 mm、114 mm两种;从立柱金属材料截面壁厚来说主要有4.0 mm、3.0 mm、2.5 mm三种,

其中后者是近年专为农村公路而特有的一种材料类型，尚未纳入国家规范。

### 3. 波形护栏工程质量检测内容、频率

依据公路工程质量检验监督体系，公路工程质量检测分为施工自检、监理抽检及其质量监督机构竣(交)工(或社会第三方)的三级质量检测，前二者分别由施工单位、监理单位依据相关规范、标准进行，第三级检测即交(竣)工检测是由质量监督部门或社会第三方检测机构独立进行的，本文的内容涉及的检测内容和频率仅限指第三方检测。

依据相关行业规范和标准[5][6][7][8]，农村公路生命防护工程中的波形护钢栏检测内容、方法如表1。

**Table 1.** Detection content and method of corrugated protective steel bar

**表 1.** 波形护钢栏检测内容和方法

内容	抽查项目	检测频率
波形护栏立柱	立柱金属壁厚	护栏每 km(单幅)测 1 处，每处测 5 根柱，每柱测 1 点
	立柱埋置深度	护栏每 km(单幅)测 1 处，拔桩法每处 1 个测点，弹性波 5 点
	波形梁横梁中心高度	护栏每 km(单幅)测 1 处，每处 5 个测点

### 4. 波形护栏立柱插入深度质量检测方法及其不足

波形钢护栏立柱插入深度系指立柱底端到土路肩覆土表面之间的距离，分为插入式和埋入式，前者适用于一般土体，后者仅用于受地形限制或无法实施打入时的情况下。

规范规定波形钢护栏立柱插入深度必须大于设计值，对一般插入式三波护栏，立柱插入深度设计值为 1400 mm，二波护栏立柱插入深度设计值为 1250 mm。对于一定的地质地形条件，立柱插入式深度关乎抗撞击能力，即决定了在事故发生时波形护栏能提供的防护能力大小，现实中常见由于插入深度不足而未有效提供防护的安全事故。

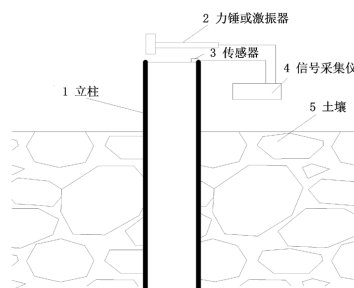
目前施工后的波形护栏立柱插入深度测试方法主要有 2 种，即拔桩法和弹性波法。

#### ① 拔桩法

该法是在施工后拆除立柱和波形板的连接螺栓和拼接螺栓，采用护栏打桩机拔出立柱，测量实际插入深度，该法的优点是准确可靠、可见、可信，证明力强，缺点是工程量大、耗时、费力，特别是在山区地形、恶劣天气状态下，不具有大量实施的可行性，常用来少量抽检或验证其他方法的可靠性。

#### ② 弹性波法

该法是依据弹性波在一维杆件的传播理论[9][10]，即利用弹性波的反射特性，通过激振器在柱头截面发出一个脉冲信号，脉冲信号在立柱的下端面发生反射，通过分析反射波的相位和波形特征及到达的时间，求出弹性波的传播距离进而计算立柱的长度及地下埋深，现场测试示意如图 1。



**Figure 1.** Column insertion depth elastic wave test diagram

**图 1.** 立柱插入深度弹性波法测试示意图

依据连续介质一维弹性杆波动理论，激振器在柱头截面产生的脉冲信号形成入射下行波为：

$$u_l = f(x - c_1 t) \quad (1)$$

式中： $u_l$  为入射下行波； $x$  为距离(m)； $c_1$  为波速(m/s)； $t$  为时间(s)。

在柱底由于立柱和柱底介质波阻抗不同，形成反射波：

$$u_r = g(x + c_1 t) \quad (2)$$

式中： $u_r$  为发射波。

通过波动理论推导，得出入射波和反射波的关系为：

$$F_R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} F_I = -\alpha F_I \quad (3)$$

式中： $F_R$ 、 $F_I$  分别为反射波、入射波； $Z_1$ 、 $Z_2$  分别为立柱、立柱底部介质的波阻抗， $Z = \rho cv$ 。

从一维弹性杆波动理论来看，该法测试立柱深度应该是可行的，但由于以下因素的存在，造成市场现有仪器在实际工程测试中从精度上说并不是那么令人满意，其主要表现在：

(1) 由于立柱深度的推算是依据柱底地层介质和立柱材料(钢材)之间的波阻抗差异形成反射波，根据反射波传播时间和弹性波在立柱的传播速度，推算立柱柱底位置，从而计算立柱插入深度；

(2) 由于弹性波法是基于连续介质一维弹性杆波动理论，其理论基础是立柱四周无侧阻力，这和现实实际明显不符，会造成测量误差；

(3) 立柱插入段四周介质的复杂性和多样性对弹性波在立柱插入段的传播速度造成影响，使得弹性波在立柱的传播速度随着四周介质的变化而难以准确确定，而采用某一固定值势必会造成测量误差。

(4) 由于立柱顶部连接螺栓、拼接螺栓、托架或防阻块的存在使得基于连续介质的一维弹性杆边界条件与理论假设不同。

以上原因和限制条件造成弹性波法的测试精度存在一定问题，目前市场现有仪器均采用这种原理，因此所得到的结果误差往往很大，甚至常常无法准确判断反射波位置，使得测试结果往往大受影响。考虑到拔桩法系破坏性试验，费工费钱且效率低下，不能在工程中大量使用；弹性波法由于在理论模型中无法突破复杂的实际限制条件，使得检测结果存在较大的主观性，从而影响检测精度，所以以弹性波法为主，结合拔桩法，提出在当前实际条件下，将质量控制工作前移。

## 5. 山区农村公路波形护栏立柱施工常见质量缺陷及其对策

### 5.1. 公路波形护栏立柱施工质量统计分析

以 2017 年湖北某县级市 13 个乡镇的一百余条农村公路波形护栏工程为工程依托，采用以弹性波法为主，结合拔桩法，对波形护栏梁板基底、立柱厚度以及立柱埋深及横梁中心高度进行了检查，其检查项目的质量进行了详细统计，其数据如表 2 所示。

**Table 2.** A county rural road waveform guardbar detection results

**表 2.** 某县农村公路波形护栏检测结果

内容	抽查项目	合格率(%)
波形护栏	波形梁板基底金属厚度	40
	波形护栏立柱壁厚	42
	波形护栏立柱埋置深度	25
	波形梁横梁中心高度	41

由上表 2 可知,农村公路波形护栏常见质量缺陷最大主要表现为波形护栏立柱埋置深度,合格率仅为 25%,其次是波形梁板基底金属厚度、波形护栏立柱壁厚和波形梁横梁中心高度,其合格率在 40%左右,存在的质量问题可以归纳为以下几点:

(1) 立柱插入深度不足

造成这一现象的原因有两个,一是立柱总长度本身不足,这是根本原因,二是在立柱总长度满足情况下覆土厚度不足;

(2) 横梁中心高度不满足设计或规范要求

其原因只有归结为施工因素,在山区地形条件下,由于道路坡度、转弯变化大,往往要同时兼顾护栏线形和高度是很难的,完全适应路面起伏来控制横梁高度是造成护栏线形不顺畅的主要原因,也是施工过程中最为困难的环节。

(3) 已实施的护栏被拆除

造成该问题的主要原因是农村道路转弯半径小,有些护栏限制了大型车辆的运行,周边村民劳动生活图方便等等。

## 5.2. 农村公路波形护栏质量缺陷原因分析

通过对 2017 年某县级市农村公路波形护栏工程质量检测资料的统计,发现了一些共性的问题,并对其产生的原因展开分析,主要是以下三个方面:

(1) 虽然国务院早于 2014 年提出了《国务院办公厅关于实施公路安全生命防护工程的意见》(简称 455 工程),但省市地方并未予以立即实施,直到 2018 年各地才出台相应配套政策,从财力上提出了具体计划,原来习惯称呼的安防工程从此换到了生命防护工程的高度,所以说 2018 年之前的农村公路波形护栏工程从地方职能部门均未给予足够的重视;

(2) 农村公路波形护栏工程规模小、分散、地形险峻、施工效率低,难以产生大效益,因此难以引起正规施工单位兴趣,往往是实力不大或者个体企业承接,受利益驱动,往往为了片面追求利润,采用自行采购低劣产品、偷工减料、质量低劣等情况,表现在施工质量缺陷上就是:① 波形护栏金属厚度不足;② 立柱本身长度不足造成的插入深度不够。

(3) 检查、验收、交工程序不规范或可能未经过这些程序。

## 6. 农村公路波形护栏立柱问题对策及实施效果

针对目前波形护栏立柱检测中的瓶颈和施工中存在的问题,在对大量实际工程资料的分析基础上,提出了以下具体对策:

(1) 针对农村公路波形护栏工程地域分散、规模小的特点,可将某区域内所有该类小项目整体打包,选择相对实力强大的施工队伍实施总包制,避免零星分散多家施工。

(2) 重视工前材料控制,在项目多、任务重的地区或县市,采用一个企业统一集中采购原材料(护栏板、立柱、轮廓标等),严格控制材料进场检测验收,有必要聘请有资质检测单位参与原材料进场验收,既可以首先保证原材料的质量,如板厚、柱长、涂层厚度等;对专业性较强的质量指标,必要时聘请有资质检测部门参与过程质量控制,如原材料的严格见证取样送检(而不是材料供应商自行送检),为了防克服立柱插入深度现行测试方法的精度不足,施工前重点控制立柱总长度。

(3) 强化施工过程管理,充分发挥社会监理作用,加强政府质量监督部门对施工过程的宏观监管力度,对专业性较强的质量指标,必要时聘请有资质检测部门参与过程质量控制。

(4) 严格工后质量检测检验程序,强化施工过程自检,对出现的问题及时整改,严格第三方检测,加

强严谨的交竣工验收。

通过以上措施,对2020年同一地区同类工程进行了效果检验,证明了其有效性。

**Table 3.** Statistics of the detection results of rural road waveform guardfence project in 2020

**表 3.** 2020 年农村公路波形护栏工程检测结果统计

内容	抽查项目	合格率(%)
波形护栏	波形梁板基底金属厚度	100
	波形护栏立柱壁厚	100
	波形护栏立柱埋置深度	82
	波形梁横梁中心高度	96.3

由上表 3 可知,2020 年农村公路波形护栏的质量检测结果有了较大的提升,最大的质量缺陷仍主要表现为波形护栏立柱埋置深度,但合格率提升为 82%,其他如波形梁板基底金属厚度、波形护栏立柱壁厚和波形梁横梁中心高度等方面基本达到合格标准。

## 7. 结语

针对农村公路的特点,通过总结农村公路波形护栏立柱插入深度检测方法、常见工程质量问题,分析了当前各种方法的实用性和局限性,结合参与实际的大量实测资料统计,主要的研究内容有:

(1) 总结分析了 2017 年某县级市 13 个乡镇的一百余条农村公路波形护栏工程,质量缺陷最大主要表现为波形护栏立柱埋置深度,合格率仅为 25%,其次是波形梁板基底金属厚度、波形护栏立柱壁厚和波形梁横梁中心高度,其合格率在 40%左右;针对存在的质量缺陷原因展开了分析。

(2) 针对波形护栏立柱检测中的瓶颈和施工中存在的问题,从施工方案、材料检测方法以及过程检测管理等方面提出了一些应对措施,2020 年农村公路波形护栏的质量有了大幅度提升,其中波形护栏立柱埋置深度合格率提升为 82%,其他基本达到合格标准,对比实施效果,证实了改革对策的有效性。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国交通运输部. 2021 年交通运输行业发展统计公报[R]. 北京: 中华人民共和国交通运输部, 2022.
- [2] 中华人民共和国交通部. 农村公路建设管理办法[J]. 交通标准化, 2006(4): 8-11.
- [3] 交通运输部安全与质量监督管理局. 交通运输部修订《农村公路建设管理办法》政策解读[J]. 城市道桥与防洪, 2019(2): 229-230.
- [4] 中华人民共和国交通运输部. 关于深化农村公路管理养护体制改革的意见(2019) [Z]. 北京: 中华人民共和国交通运输部, 2019.
- [5] 中华人民共和国交通运输部. 公路水运工程质量管理规定(2017) [Z]. 北京: 中华人民共和国交通运输部, 2017.
- [6] 中华人民共和国交通运输部. 公路养护工程质量检验评定标准: JTG 5220-2020[S]. 北京: 人民交通出版社, 2020.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会. 波形梁钢护栏第 1 部分: 两波形梁钢护栏: GB/T 31439.1-2015 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [8] 中华人民共和国交通运输部. 公路交通安全设施设计规范: JTG D81-2017 [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
- [9] 张潇, 贾志绚. 护栏状态因素对立柱埋深弹性波检测法的影响分析[J]. 公路工程, 2011, 36(5): 33-36.
- [10] 宋波. 反射波法护栏立柱检测的特性分析[D]: [硕士学位论文]. 太原: 太原科技大学, 2009.