

# 桥梁预应力管道注浆密实度检测技术研究

吴岳

江苏现代工程检测有限公司, 江苏 南京 210049

**[摘要]**随着国家交通建设的快速发展,桥梁作为交通链接的重要枢纽,其工程数量越来越多,质量要求也越发严格。在桥梁预应力混凝土结构施工过程中,管道注浆的密实度是桥梁安全性与稳定性的基础保障。是为了保护桥梁预应力构件内的钢绞线或螺纹钢,不受外部因素下的水、空气的侵蚀。管道压浆料有着流动性、充盈度好等优势,虽然在实际的施工应用中优点很多,但是桥梁预应力管道注浆密实度是否符合密实度标准,仍旧需要专业检测技术进行注浆密实度的检测。通过分析检测技术要点和检测存在的问题及改善措施,确保压浆密实度检测的准确可靠。

**[关键词]**桥梁;预应力管道;注浆密实度检测技术

DOI: 10.33142/sca.v6i2.8602

中图分类号: U445

文献标识码: A

## Research on Grouting Density Detection Technology of Bridge Prestressed Pipeline

WU Yue

Jiangsu Modern Engineering Testing Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210049, China

**Abstract:** With the rapid development of national traffic construction, bridges, as an important hub of traffic links, have more and more projects and stricter quality requirements. During the construction of bridge prestressed concrete structure, the density of pipeline grouting is the basic guarantee for the safety and stability of the bridge. It is to protect the steel strand or rebar in the prestressed construction of the bridge from the erosion of water and air under external factors. Pipeline duct grouting material has many advantages, such as good fluidity and fullness. Although it has many advantages in practical construction application, whether the grouting density of bridge prestressed pipeline meets the density standard still needs professional detection technology to detect the grouting density. By analyzing the key points of detection technology, existing problems and improvement measures, the accuracy and reliability of grouting compactness detection are ensured.

**Keywords:** bridge; prestressed pipeline; grouting compactness detection technology

### 1 桥梁预应力管道注浆作用及密实度的重要性

#### 1.1 桥梁预应力管道注浆概述

桥梁预应力管道注浆,通俗来说就是为了保护预应力构件内的钢绞线或者螺纹钢,免受水和空气的侵蚀损坏。首先,灌浆材料与钢筋混凝土结构和预应力钢绞线形成一个黏结的整体,更好地发挥预应力梁板的整体承载性。其次,注浆材料能严密包裹住预应力的钢绞线,防止空气氧化腐蚀,能达到保护预应力构件的作用,又因为预应力构件的结构稳定是桥梁使用性能及安全性和耐久性的基础,因此预应力管道的作用可以说是桥梁质量的重要保障。而管道注浆一般使用的是由多种优质水泥材料和良好性能的外加剂,经过专业人员的严格配比,配制而成的浆料。注浆料不仅流动性好、充盈度强,并且其凝结时间较易控制,除此之外还具有较为适用管道注浆应用的无收缩、微膨胀、强度较高、没有不利于钢筋的有害物质等诸多优点。随着现代化压浆技术的进步,现状注浆时较多使用的是智能注浆技术,它可以通过计算机程序监视操作整个压降过程,不仅可以浆液循环空气排空,还可以自动测控压力、流量、水胶比等,智能计算注浆充盈程度及稳压时间等,且计算机能自动记录压浆数据,非常便于技术人员的质量追溯工作。

#### 1.2 桥梁预应力管道注浆密实度的重要性

在预应力桥梁施工过程中,对预应力桥梁的预应力管道的注浆质量检测,是检查桥梁施工质量是否达标的重要控制环节。灌浆质量是保证钢绞线质量,使其能充分发挥作用的重要基础。管道注浆的密实程度如果没有达到桥梁工程的施工标准,出现孔道压浆不饱满、有空洞存在的情况,预应力筋将无法完全被水泥浆保护,在桥梁的长期使用过程中,由于没有完全被浆液包裹,过度接触空气,长此以往,在空气水分的长期作用下,钢绞线就会因空气氧化而逐渐被腐蚀,会逐渐减小其发挥承载性能的横截面积。这样一来,不仅造成钢绞线结构的断面减小,还会引起预应力筋锈蚀,甚至出现钢绞线断裂出现桥梁垮塌的严重事故。<sup>[1]</sup>注浆密实度的质量不足除了影响桥梁结构的耐久性和安全性,导致桥梁出现早期损坏或达不到设计寿命等各类问题,还会在使用过程中存在诸多安全隐患,甚至造成安全事故发生。由此可见,桥梁预应力管道注浆密实度的检测,是预应力桥梁的重中之重。

### 2 桥梁预应力管道内注浆缺陷常见的问题

#### 2.1 人为因素导致的空洞

桥梁预应力管道的注浆缺陷有着不同的形成因素,一

方面可能因为实际施工过程中,人为导致的注浆缺陷,比如施工操作人员没有规范注浆操作,在对管道混凝土注浆进行振捣时,可能因为操作过于用力造成了波纹管的破坏,使得水泥浆液进入管道,进而出现管道堵塞的现象。或者注浆过程中对注浆压力控制不标准,预应力管道被振捣棒捣瘪,出现管道不通或者注浆浆液无法很好地流动等情况,致使管道内的空气不能及时排出,在管道内部形成空洞。

## 2.2 管道注浆材料配比等导致的脱空

如果在进行管道注浆时,首先,如果注浆浆料的配比没有进行科学合理的配比设置,灌浆材料的水灰比及浆液配置与实际施工需求有所误差,泌水性和流动性与现场桥梁管道注浆要求不符,或者在混凝土注浆施工前没有对浆液进行配比抽样检测,进一步导致水灰比不符合管道注浆要求,灌浆材料就可能无法发挥其微膨胀的效果,甚至可能出现浆料收缩,其次压浆过程中压力不到位导致注浆压力不足,或者操作人员注浆后拔管时间过早,都会引起管道的脱空。

## 2.3 灌浆材料不凝固或管道内含水

桥梁预应力管道注浆的密实度,与注浆材料有着密不可分的关系,灌浆材料的水灰比配置是决定注浆成功的关键环节。如果灌浆材料水灰比配比问题严重,不仅会造成施工后,管道内部存在脱空,甚至还会出现浆液在已经到了初凝期时还是不凝固的浆体现象,导致管道注浆施工质量无法保证的同时还会出现返工等影响施工进度的问题。在混凝土振捣过程中出现堵塞时,一般施工人员会进行清水通管的操作,由于水的特性和浆液不同,就会出现管道内灌浆没有压满或者没有完全压进等情况,导致管道内仍然有水,影响注浆质量。<sup>[1]</sup>

# 3 预应力管道注浆密实度检测技术

## 3.1 冲击回波法检测技术

预应力管道注浆密实度检测技术中,冲击回波法是对预应力管道缺陷定性检测效果较好的一种检测技术,冲击回波法主要是通过通过在预应力孔道处的混凝土表面,采用专业的技术检测设备,以一个瞬时的机械冲击在注浆部位产生低频的应力波,然后应力波会借助其自身特性传播到结构内部,最后会被预应力构件底面或缺陷表面反射回来,同时在注浆管道构件表面、注浆管道内部缺陷的表面以及注浆管道构件底部,这个范围之间来回反射,根据其冲击特性产生瞬时共振,再由专业检测人员根据其共振频率,在振幅谱的画面中辨别出来,由检测人员根据其反射回来的应力波,以专业的技术方法进行时域分析与频域分析,以此来确定预应力孔道灌浆不密实的具体区域,达到检测的目的。

## 3.2 地质雷达检测技术

地质雷达法在预应力管道密实度检测中,更加具有高分辨率、图像直观、检测操作相对简单等诸多优点,地质雷达检测技术的工作原理,是向梁体介质发射一定强度的

内定向高频电磁脉冲,由天线来接收介质内部界面的反射波,其路径、电磁场强度,通过反射波走时、强度确定结构内部界面形态与性质,根据其检测原理,如果预应力管道注浆密实度存在密实度不足、空洞、脱空、含水等缺陷时,材料的介电常数就会发生改变,雷达波也会在相应的位置发生发射、振幅、相位的具体变化,经过专业检测人员技术分析,将雷达天线沿着预应力孔道走向进行图像采集、处理、分析,便可得到反映预应力孔道的混凝土缺陷分布情况。<sup>[2]</sup>但是需要注意的是,灌浆管道有金属波纹管和塑料波纹管两种不同的材质,在应用地质雷达检测技术时,更加适合塑料波纹管注浆密实度的检测。因为波纹管密实段反射为单峰值,所以幅值比较弱,如果波纹管内部注浆密度有脱空情况时,雷达波的反射就会迅速增强,直接会表现出双峰值,比较便于检测人员的管道注浆密实度缺陷识别。虽然雷达检测技术有着诸多优点,但是高频电磁波衰减大,实际使用时探测距离有着一定长度限制,且金属波纹管对电磁波有强烈的屏蔽作用,所以在进行实际的检测工作时,一定要根据施工所用的管道材质,来选择不同的科学合理的检测技术,一般情况下,金属波纹管预应力管道压浆密实度的检测比较适合用冲击回波法进行密实度的检测。

## 3.3 超声波检测技术

超声波法检测技术,是在预应力管道注浆密实度检测时,利用超声波在混凝土中传播的声时、声速、波幅和频率等,由专业的检测人员根据具体的声学参数的相对变化,来分析判断预应力压浆密实度质量的一种无损检测方法。

## 3.4 射线辐射检测技术

预应力管道注浆密实度检测技术中,射线辐射法是相对其他检测方法来说,更加鲜明直观、可视性强、检测精度相对更高的检测技术。射线辐射法的检测技术,主要是基于不一样的物质对射线的吸收率不同的原理,对注浆密实度进行检测的,因为如果注浆充填密实的部分,对射线的吸收率较高,其透射射线的感光度较低,那么存在密度缺陷的空洞的区域就会正好相反,空洞脱空等缺陷区域对射线的吸收率比密实度好的区域低,那么缺陷区域的透射射线的感光度就会比较高,基于此,检测人员就可以根据专业技术,采用感光胶片来检测透射射线的强度,然后通过对感光胶片感光的浓淡程度,进行仔细分析,就可以检测出预应力孔道灌浆的密实程度。这种检测技术在目前的注浆密实度检测中,优势较为明显,准确度也更高。

# 4 对注浆密实度的定性、定位检测

## 4.1 定性检测

在进行注浆密实度检测时,除了具体的检测技术方法,还分为定性检测和定位检测两种。定性检测指的是在预制梁还没有进行封锚的时候,由专业人员利用激振锤或锥对端头露出的钢绞线或锚具激振,通过对弹性波在管道内的传播情况特征等,对管道的注浆质量有一个初步的了解。

定性检测可以在激振时获得波速、能量、波形特征这三个数据的具体信息，然后既可以得出管道的具体压浆指数。<sup>[2]</sup>定性检测技术由于其弹性波的传播途径特征，会自动选择最快路径，因此不适用于较长的梁板监测，常用于 40 米以下的梁板管道密实度检测。

#### 4.2 定位检测

定位检测主要是通过对腹板上波纹管所在位置进行激振，如果管道注浆密实，弹性波会直接穿过预应力的管道。而如果管道内存在注浆密实度不足时，弹性波则会在密实度不足位置前就发生提前反射，弹性波传播时间就会变短，如果不仅在波纹管管壁处提前发射或是大面积绕射，就说明管道内存在较大范围的密实度不足或灌浆缺陷。

### 5 桥梁预应力管道注浆密实度检测现状分析

#### 5.1 管道注浆位置的定位问题

虽然对于管道注浆检测有很多的检测技术实施，但都在实际应用中取得了良好的检测效果，避免了很多注浆密实度不足的隐患问题，但是为了能让检测结果的精确度可以更进一步地提升，保证检测结果的准确，首先就是需要注意管道位置的定位问题。因为管道位置的确定关系着检测对象的准确性，所以必须在检测前就结合设计及施工资料等详细梁体信息，对管道的具体位置进行准确的定位，并标示于梁体位置，否则，管道位置的偏差必然会影响到管道注浆密实度检测的准确性。

#### 5.2 检测位置的局限性

在桥梁预应力管道注浆密实度检测时，所用的一些方法大部分是针对于外侧混凝土然后再到预应力管道和外侧混凝土的这种结构体的测试，因此，监测数据分析就很容易受到管道外侧混凝土的影响，如果外侧混凝土本身就存在密实程度不足的问题，继而也会对管道密实度的检测产生一定程度的影响。<sup>[3]</sup>所以，为了确保对管道密实度的检测准确度，必须更加完善检测方法，加强对表层混凝土的检测，在表层混凝土检测准确的基础上，确保管道注浆密实度的准确。

#### 5.3 检测方法有些落后

现代技术在各类建筑工程上的质量及结构检测时，都开始逐步发挥先进技术的有效作用，但是在桥梁预应力管道注浆密实度检测时，使用的依然是较为传统的检测技术，因此，对于整体工程质量的检测有些落后，可能难以满足越来越大规模、大数量的桥梁预应力管道注浆的检测，无法及时地给管道注浆工作提供监测、检测、指导的作用。

#### 5.4 缺乏完善的技术规范

国家虽然对于公路桥涵有着一些明确的质量要求，但是对于管道的设置要求、设置部门，以及管道的检查标准缺乏严格的技术规范。在工程质量检验评定的标准里，虽然有关于管道设置及检查方法的规定和说明，但是在实际的管道检查中却缺乏全面客观的要求标准，没有完善的技

术规范，就导致注浆问题没有全面有效的解决方法，导致注浆质量受到很大影响。

### 6 桥梁预应力管道注浆密实度的改善措施

#### 6.1 预先埋设检测孔

检测对象位置的准确是检测结果准确的首要前提条件，因此，检测孔的设置就显得尤为重要。首先，可以在管道注浆施工完成后，通过专业人员的位置判定和设计，加上合理的埋设方法，提前埋设检测孔，这样一来就很好地保证了检测位置及检测结果的准确度。其次，检测孔的预埋工作，不仅为检测工作的准确性提供基础保障，还可以为后续的补浆工作发挥一定作用。除此之外，也能够合理有效的解决施工过程中可能出现的泌水或空洞等问题。检测孔的直观性和高效性优势，使得检测人员可以通过对抽取空气数量及压入浆料的数量的分析计算，明确空洞的实际大小。而检测孔的埋设时使用镀锌管，不仅可以保证管道结构的稳定性，也可以达到预应力的强度需求。

#### 6.2 完善管道注浆技术规范

为了更好地对检测工作的结果提供重要保障，必须建立一套先进的技术规范制，来综合全面地对管道注浆密实度检测过程中，所出现的各类问题进行针对性地解决。因此，首先有关部门在落实桥梁预应力管道注浆施工过程，和密实度检测技术规范的同时，优化改进检测技术，对注浆施工过程给予高度的重视和监测。<sup>[3]</sup>其次，科学合理地根据实际施工情况，及桥梁工程预应力管道的需求，优化改进预应力管道注浆施工的工艺方法，降低施工中可能出现的空洞、浮浆等现象的概率，在对注浆密实度检测结果分析后，根据注浆缺陷等级制定合理有效的解决措施，为桥梁建设整体质量保障奠定坚实的基础。

### 7 结语

桥梁预应力管道注浆密实度监测作为预应力桥梁工程的质量控制难点，一直是桥梁预应力管道质量控制的关键。虽然随着检测技术的完善和进步，检测结果的准确性有了很大程度的提升。但是桥梁工程仍要提高对预应力管道注浆密实度检测的高度重视，将桥梁预应力管道注浆密度不足的问题概率降到最低，才能更高的保障公路桥梁整体质量，延长公路桥梁的使用年限。

#### [参考文献]

- [1]黄洲,冷志明.张家松.等.桥梁预应力孔道注浆饱满度检测方法[J].中国科技信息,2020(9):89-90.
- [2]李世芳,邓治国.大跨径桥梁注浆密实度检测研究[J].山西建筑,2018(6):173-174.
- [3]谭伟源.桥梁预应力孔道注浆密实性检测方法研究[J].广东土木与建筑,2014(3):3-4.

作者简介：吴岳（1986.10-），男，江南大学，信息管理与信息系统专业，现任江苏现代工程检测有限公司，桥隧检测部副经理，工程师职称。