

# Review on Tunnel Engineering Non-destructive Testing

Junhao Gan

Architectural and Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

**Abstract:** NDT is called non-destructive testing and it does not affect the performance of the materials. The detecting objects is using ray, ultrasound, infrared, electromagnetic technology, the instrument of material and equipment in defect detection technology. In order to understand the current status of non-destructive detection of development and improve the quality of non-destructive testing, it contrast introduce five ways to analyze their strengths and weaknesses. The results showed that: traditional detection methods have been unable to meet the current needs of the project development. its accuracy, security can not better serve the project. Geological radar method is safe, convenient, fast outcome advantages. It plays an important role in the tunnel non-destructive testing. The future development of geological radar technology will be more precise, easy and convenient.

**Keywords:** Tunnel; NDT; Geological radar; Development status

## 隧道工程无损检测技术综述

甘俊壕

重庆交通大学建筑与土木工程, 中国重庆, 400074

**摘要:** 无损检测即无损探伤, 在不影响构建使用情况的前提下, 采用机械振动波、射线、超声波、红外线灯技术结合仪器对材料或者设备进行缺陷检测。为了解目前无损检测发展现状, 提高无损检测质量, 对比介绍五种无损检测方式, 分析其优缺点。结果表明: 传统的检测方法已经不能够满足目前工程的发展需要, 其精确度、安全性都不能更好的服务于工程。地质雷达法以其安全、便捷、快速得出结果的优势, 在隧道无损检测中占有重要地位, 未来的地质雷达技术发展将更加精确化, 便捷化。

**关键词:** 隧道; 无损检测; 地质雷达; 发展现状

### 1 引言

无损检测技术于上世纪 50 年代传入我国, 并在本世界初期得到广泛发展。隧道工程无损检测则是将无损检测技术应用于初期支护、二次衬砌、路基路面等。无损检测技术在隧道工程建设、管养中得到了巨大发展。

### 2 无损检测技术

隧道工程无损检测技术主要包括地质雷达、超声波、红外检测等。地质雷达能够准确、快速的检测出混凝土中的空洞, 但钢筋对其影响较明显; 超声波也能够很好检测到混凝土缺陷, 但在定量、定性方面也有不足; 红外线检测法虽然在检测地下水中有重要作用, 但其检测内容比较单一, 不能全面反映构件的缺陷。

#### 2.1 回弹法

无损检测技术最常见的是回弹法, 能够快速检测混凝土强度, 操作方便 [1]。然而回弹法只能测得混凝土表面的质量情况, 在检测精度上也不如其他的检测方法。

#### 2.2 地震波法

因介质的弹性和密度存在差异, 地震波在地下不同介质中传播规律不同 [2], 隧道地震波反射法检测系统依据经典弹性波理论 [3], 可以比较准确的确定出地下岩层状况。

隧道地震波反射通过高灵敏度的地震波接收器接收, 经处理后由仪器显示相关数据 [4]。隧道地震波法虽然预测距离长, 预报范围广, 但是必须用爆破诱发地震波, 安全性较低, 而机械能量来激发地震波则安全很多, 从而利用地震波在不均匀地质体中产生的反

射波方式进行超前地质预报[5~6]。

### 2.3 超声波检测

超声波在检测构件时遇到缺陷会发生杂乱无章的传播,使其能量不断损耗,进而接收的信号参数会不同,依据这些异常声学参数经处理和显示混凝土哪里有损失[7]。超声波还可以应用于混凝土桩实验,并且快速准确的检测到混凝土的缺陷[8]。

超声检测技术的应用依赖于检测构件的工艺和方法。超声检测还存在不利的因素,比如可靠性比较低,定量、定性分析不够精确等[9]。

### 2.4 射线技术

1980年Morgan[10]首次使用把射线技术运用到混凝土检测中,Oral Buyukozturk[11]和John[12]也进行过相同实验。高能射线照射混凝土,在照片上形成的黑度也将不同,以此来诊断构件的质量[13]。因设备分辨率的局限性,所以射线技术在检测裂纹宽度时达不到精度要求[14]。

### 2.5 涡流法

涡流法作用原理是利用线圈参数的变化,把被测导体所要测量的参数转换成电量的变化,从而直观的在仪器中显示出来。电涡流其穿透深度浅,速度慢,隧道中存在非导电材料都局限了涡流法的适用[15]。

### 2.6 地震雷达

地质雷达在隧道工程中应用很广泛,例如超前地质预报、二衬检测、锚杆质量检测、初期支护质量检测等[16-19]。地质雷达在平常环境检测时有很好的表现,并且在情况较恶劣的环境下也能够表现出很好的性能。它为客观评价隧道掘进安全性及施工质量提供了可靠的依据[20-21]。

### 2.7 光学技术

N. H. Maerz 和 T. W. Palangio[22]将红外照相应用到隧道渣土分析中,证明了其可行性。红外照也可以引入到现代隧道施工中掌子面情况的获取中,其较传统照相方法在恶劣环境下更优越,且克服了许多缺陷[23]。

红外线技术是根据围岩红外场强的变化来判断掌子面是否含有水体[24]。隧道围岩中隐含地下水时,地下水产生的红外场会影响隧道围岩红外场强的变

化。隧道围岩红外场强的变化可用红外线探测仪检测出,测试方法是用红外测温仪实时测量掌子面的岩石温度,获取岩石的温度信息,从温度的变化可以判断地下水的变化[25]。

此法亦使用在砖砌衬砌的隧道中,可检查出衬砌材料是否损坏掉落等,粗略地预测出热变质部位和有裂隙水的断层破碎带,还可以分析一些特殊的地质地段[26]。

### 2.8 多光谱分析

光纤光栅传感器具有灵敏度高、不受电磁干扰、耐锈蚀、质量轻、体积小等优点,而长周期光纤光栅更具有制作简便、损耗小、无后向反射等独特优点。长周期光纤光栅具有弯曲的高度敏感性,所以其可以用来弥补锈蚀监测方法上的不足[27]。

光谱分析法可用于监测钢筋锈蚀技术。这种方法能够很好的提高检测质量,这对于施工质量的提升有重要作用[28]。光谱匹配技术可以对岩石、矿物种类及分布进行识别调查[29],光谱分析法也可以用来判断路面材质,降低人工检测对道路的破坏,同时也提高了效率[30]。

## 3 讨论

无损检测成为当代隧道检测的主要手段,安全、经济、方便的特点使其迅速发展。隧道工程无损检测技术方法多样,地质雷达、超声波等高科技技术的使用进一步发展了隧道检测方式。使隧道检测走向自动化,精确化。如何利用检测的反馈信息指导施工,并实现自动化检测是现在发展的重要问题。

## 4 结论

传统检测技术已经不能满足目前的技术要求,传统检测费时费力,结果还不精确,现代无损检测技术的应用使其精确化、方便化。

地质雷达法无损检测具有经济,便捷的特点使其能更好的应用于工程,并指导工程施工工作。

无损检测的实时监控反馈施工,更好的指导施工,提高隧道衬砌施工的质量[31]。

## References (参考文献)

- [1] 王菲.回弹法在混凝土强度检测中的应用研究[J].福建建材, 2012, 10: 22-24.
- [2] 魏国华.隧道地质地震波法超前探测技术.[D].吉林: 吉林大学. 2010:1-3.

- [3] 周绪文.反射波地震勘探方法[M].北京:石油工业出版社,1981.
- [4] 温树林,吴世林. TSP203 在云南元磨高速公路 sui 道超前地质预报中的应用[J].地球物理学进展, 2003, 18 (3) :465-471.
- [5] 王长江. 机械能无损检测技术在隧道地质超前预报中的应用研究[J].公路交通科技, 2015, 7: 148-150.
- [6] 刘顺林. 隧道超前地质预报 TGP 地震波法与地质雷达法适用性分析[J].交通标准化, 2014, 42 (5) : 51-53.
- [7] 李志强, 周宗辉等.基于超声波技术的混凝土无损检测[J].水泥工程, 2010, 3: 72-75.
- [8] 朱建林, 向礼丹, 柳莎莎, 等. 超声波传感器在混凝土无损检测系统中的应用研究[J].传感技术学报,2008, 21(7):1290-1294.
- [9] 索会迎. 超声波无损检测技术应用研究.[D].南京: 南京邮电大学,2012:1-3.
- [10] MORGAN I L, ELLINGER H, KLINKSIEK R, et al. Examination of Concrete by computerized tomography [J]. ACI Journal Proceedings, 1980, 77 (1) : 23-27.
- [11] BUYUKOZTURK O.Imaging of concrete structures[J].NDT and E International, 1998, 31 (4) : 233-243.
- [12] LAWLER J S, KEANE D T, SHAH S P.Measuring three-dimensional damage in concrete under compression [J].ACI Materials Journal, 2001, 98 (6) : 465-475.
- [13] 安琳, 郑亚明.后张预应力混凝土结构灌浆空洞 x 射线无损检测的试验研究[J].公路交通科技,2008, 25 (1) : 92-97.
- [14] 郝景宏, 姜袁. 基于 X 射线 CT 的混凝土内部裂纹识别研究[J].混凝土,2010,10:44-47.
- [15] 岳丹, 邓昕等. 钻井井壁金属预埋件电涡流法探测[J].东北煤炭技术,1999, 2: 44-46.
- [16] 谢雄耀, 李永胜, 黄新才. 地质雷达检测在保护性建筑结构加固中的应用[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2000, 28(1): 19 - 23.
- [17] 刘传孝, 蒋金泉, 杨永杰. 地质雷达应用于探测拱桥空洞的效果验证[J]. 岩土力学, 2001, 22(1): 106 - 108.
- [18] 马洪蛟, 李宇, 蔡辉, 等. 地质雷达探测抛填厚度研究[J].南京林业大学学报(自然科学版), 2004, 28(2): 51 - 53.
- [19] 罗方. 地质雷达在隧道健康诊断中的应用[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2006, 26(3): 51 - 54.
- [20] 吴俊, 毛海和等.地质雷达在公路隧道短期地质超前预报中的应用[J].岩土力学,2003,10:154-157.
- [21] 康富中, 齐法琳等. 地质雷达在昆仑山隧道病害检测中的应用[J].岩石力学与工程学报,2010,29:3641-3644.
- [22] MAERZ N H, PALANGIO T W. Post-muckpile, pre-primary crusher, automated optical blast fragmentation sizing[J]. Fragmentation, 2004, 8(2): 119 - 136.
- [23] 周春霖, 朱合华等. 新奥法施工隧道掌子面红外照相及图像处理[J].岩石力学与工程学报,2008, 27 (1) : 3166-3171.
- [24] 黄忆龙.红外线探水法在隧道超前探水预报中的应用[J].煤炭技术,2007, 26 (4) : 126-127.
- [25] 汪海滨.山岭隧道地下水规律及防治方法研究[D].四川: 西南交通大学,2002: 64-68.
- [26] 郭树棠.利用电磁波和热红外线检查隧道衬砌[J].隧道译丛, 1994, 2: 41-47.
- [27] 王彦, 梁大开等. 基于光纤光栅光谱分析的混凝土结构钢筋锈蚀监测[J].光谱学与光谱分析,2008,28(11):2660-2664.
- [28] 陈岩. 浅谈光纤光栅光谱分析的混凝土结构钢筋锈蚀监测[J].中国新技术新产品, 2015 NO.1:7.
- [29] 刘秀英,臧卓,孙华等. 基于高光谱数据的杉木和马尾松识别研究[J].中南林业科技大学学报, 2011, 31(11): 30-33.
- [30] 余宇晨, 林辉, 孙华等. 主要道路路面材料高光谱特征分析[J].中南林业科技大学学, 2014, 34 (11) : 120-124.
- [31] Haack A. Schreyer J.,and Jackel G. State of the Art of a Tunnel Lining. STUVA Report[J].Cologen,Germany.STUVA,1996