

隧道二衬病害检测及处置方法

朱仟锋 蔡杰伟

温州市交通工程试验检测有限公司 浙江 温州 325000

摘要：本文主要探讨隧道二衬病害检测及处置方法。详细阐述了隧道二衬常见的病害类型，包括裂缝、渗漏水、剥落、空洞等，分析其产生原因。介绍了多种检测方法，如外观检查、地质雷达检测、超声波检测、红外热成像检测和取芯检测等，各有优缺点。针对不同病害提出了相应的处置方法，如裂缝的表面封闭法、注浆法和结构加固法；渗漏水的引排法、注浆法和防水涂层法；剥落的清理修补法和结构加固法；空洞的注浆填充法和局部拆除重建法。

关键词：隧道二衬；病害检测；处置方法

引言：随着交通基础设施建设的不断推进，隧道工程日益增多。隧道二衬作为隧道结构的重要组成部分，其质量直接关系到隧道的安全运营。由于多种因素的影响，隧道二衬易出现各种病害，如裂缝、渗漏水、剥落和空洞等。这些病害不仅影响隧道美观，更严重威胁隧道的结构安全和使用寿命。所以准确检测隧道二衬病害并采取有效的处置方法至关重要。

1 隧道二衬病害的类型

1.1 裂缝

(1) 温度裂缝：隧道内部温度变化是导致这种裂缝的重要因素。白天隧道内温度可能因外界气温、施工设备运行等因素升高，夜间温度又会降低，混凝土的热胀冷缩特性使其在温度反复变化过程中不断受到拉伸和压缩。如果温度变化幅度较大、频率较高，混凝土内部产生的应力超过其自身抗拉强度，就会出现温度裂缝。

(2) 收缩裂缝：混凝土在硬化过程中，其中的水分会逐渐蒸发，同时水泥会发生水化反应，这些过程都会导致混凝土体积收缩。如果混凝土收缩受到模板、钢筋或先期凝固混凝土的约束，无法自由收缩，就会产生收缩裂缝。在隧道二衬施工中，混凝土的配合比、浇筑方式等因素都可能影响收缩裂缝的产生。比如，水灰比过大的混凝土，在硬化过程中水分蒸发后留下的孔隙较多，收缩量也会相应增大，容易产生收缩裂缝。(3) 不均匀沉降裂缝：隧道基础的不均匀沉降会使二衬结构受到不均匀的应力作用。隧道所处的地质条件复杂多变，可能存在软土地层、岩石破碎带等不良地质情况，这些地方的地基承载力不均匀，在隧道建成后，地基会发生不同程度的沉降。如果沉降差异较大，二衬结构就会受到扭曲、拉伸等应力，从而产生裂缝。

1.2 施工质量裂缝

(1) 混凝土配合比不合理：水泥、砂石、水等材料的比例不当，会影响混凝土的强度和性能。例如，水泥用量过少，混凝土强度不足，容易在承受外部荷载时产生裂缝；水灰比过大，混凝土的流动性增加，但强度会降低，且收缩性增大，也容易产生裂缝。(2) 浇筑不密实：在混凝土浇筑过程中，如果振捣不充分，混凝土内部就会存在孔隙、空洞等缺陷，这些缺陷会使混凝土的整体性和强度降低。在外部荷载作用下，混凝土容易在薄弱部位产生裂缝。另外，浇筑速度过快、浇筑顺序不合理等也可能导致混凝土浇筑不密实，进而产生裂缝。

(3) 养护不到位：混凝土在浇筑后需要进行适当的养护，以保证其强度的正常发展和体积的稳定。如果养护时间不足、养护方法不当，比如在高温干燥的环境下没有及时洒水保湿，混凝土表面的水分会迅速蒸发，导致混凝土内部水分流失过快，产生收缩裂缝^[1]。

1.3 渗漏水

(1) 边墙渗漏：边墙是隧道二衬与围岩接触的部位，也是渗漏水的常见部位。边墙渗漏的原因可能是防水板安装不规范，如防水板搭接宽度不足、焊缝不严密、固定不牢固等，导致地下水从防水板的连接处或破损处渗入二衬结构。还有边墙部位的混凝土振捣不密实、存在裂缝等缺陷，也会为地下水的渗透提供通道。

(2) 沉降缝渗漏：沉降缝是为了适应隧道在使用过程中因地基沉降、温度变化等因素产生的变形而设置的。如果沉降缝的止水带安装不规范、止水带老化损坏、填缝材料失效等，就会导致沉降缝处出现渗漏水。在隧道施工过程中，如果对沉降缝的处理不当，比如没有按照设计要求进行施工、施工质量不达标等，也会引起沉降缝渗漏。(3) 仰拱施工缝渗漏：仰拱是隧道底部的结构，其施工缝处容易出现渗漏水。这主要是因为仰拱施工缝

的处理难度较大,混凝土浇筑时容易出现不密实的情况。仰拱部位的地下水压力较大,如果施工缝的防水措施不到位,地下水就会通过施工缝渗入隧道内部。(4)拱顶渗漏:拱顶是隧道的顶部结构,由于其位置较高,施工难度较大,混凝土浇筑质量难以保证。如果拱顶混凝土存在空洞、不密实等缺陷,或者防水板在拱顶部位的铺设不平整、固定不牢,就会导致拱顶出现渗漏水。此外,隧道顶部的围岩压力较大,也会对二衬结构产生挤压作用,使拱顶的裂缝和缺陷扩大,从而加剧渗漏水的情况。

1.4 剥落

(1)混凝土强度不足:混凝土的强度是保证二衬结构稳定性和耐久性的重要指标。如果混凝土的配合比不合理、水泥质量不合格、搅拌不均匀等,都会导致混凝土强度不足。在隧道使用过程中,二衬结构需要承受围岩的压力、车辆的振动等荷载,如果混凝土强度不足,就无法承受这些荷载,从而产生剥落现象。(2)冻融循环:在寒冷地区,隧道二衬会受到冻融循环的影响。冬季气温较低时,混凝土中的水分会结冰膨胀,对混凝土结构产生破坏;春季气温回升时,冰融化成水,混凝土结构中的孔隙会被水填充。随着冻融循环的反复进行,混凝土结构的损伤不断积累,最终导致混凝土表面的剥落。(3)化学侵蚀:隧道周围的环境中可能存在一些有害物质,如硫酸盐、氯离子等,这些物质会与混凝土中的成分发生化学反应,生成膨胀性物质,使混凝土内部产生应力,导致混凝土结构破坏。例如,硫酸盐会与混凝土中的氢氧化钙反应生成硫酸钙,硫酸钙会与水结合形成石膏,石膏的体积膨胀会使混凝土产生裂缝和剥落。另外,碳化作用也会使混凝土的碱性降低,破坏钢筋的钝化膜,导致钢筋锈蚀,从而引起混凝土的剥落。

1.5 空洞

(1)混凝土浇筑不密实:在混凝土浇筑过程中,如果振捣时间不足、振捣器的功率不够或者振捣器的布置不合理,就会导致混凝土内部存在孔隙、空洞等缺陷。此外,混凝土的流动性差、浇筑速度过快等因素也会影响混凝土的浇筑质量,使混凝土中出现空洞。(2)模板变形:模板是混凝土浇筑的成型工具,如果模板的刚度不足、支撑不牢固或者在施工过程中受到外力的撞击,就会发生变形^[2]。模板变形后,混凝土在浇筑过程中无法充满模板的空间,就会形成空洞。(3)脱空:初期支护与二衬之间的脱空是隧道二衬空洞的常见原因之一。初期支护表面不平整、喷射混凝土的厚度不均匀等因素,会导致初期支护与二衬之间存在间隙。在二衬混凝土浇

筑过程中,如果没有及时发现并处理这些间隙,就会形成脱空现象。二衬混凝土会在凝固过程中产生收缩,也可能导致与初期支护之间产生脱空。

2 隧道二衬病害的检测方法

2.1 外观检查

外观检查是最基本的隧道二衬病害检测方法。通过肉眼观察隧道二衬表面的裂缝、渗漏水、剥落等病害,并记录其位置、大小、形状等信息。外观检查可以快速发现一些明显的病害,但对于一些隐蔽的病害可能无法检测到。

2.2 地质雷达检测

地质雷达检测是一种利用电磁波反射原理进行检测的方法。地质雷达发射高频电磁波,当电磁波遇到不同介质的界面时会产生反射波,通过接收反射波并分析其传播时间、振幅、频率等参数,可以推断出隧道二衬内部的结构情况。地质雷达检测具有快速、无损、分辨率高等优点,可以检测出隧道二衬内部的裂缝、空洞、脱空等病害。

2.3 超声波检测

超声波检测是一种利用超声波在混凝土中传播的特性进行检测的方法。超声波在混凝土中传播时,其传播速度、振幅、频率等参数会受到混凝土内部结构的影响。通过发射和接收超声波,并分析其参数变化,可以推断出混凝土的强度、缺陷等情况。超声波检测可以检测出隧道二衬内部的裂缝、空洞、不密实区域等病害,但检测结果的准确性受到混凝土内部钢筋等因素的影响。

2.4 红外热成像检测

红外热成像检测是一种利用物体表面温度分布进行检测的方法。当物体表面存在裂缝、渗漏水等病害时,其表面温度分布会发生变化。通过红外热成像仪可以检测出物体表面的温度分布情况,从而推断出病害的位置和范围。红外热成像检测具有快速、非接触、直观等优点,但检测结果的准确性受到环境温度、湿度等因素的影响。

2.5 取芯检测

取芯检测是一种通过钻取隧道二衬混凝土芯样进行检测的方法。取芯检测可以直接观察混凝土的内部结构和质量情况,如混凝土的强度、密实度、裂缝等。取芯检测结果准确可靠,但属于破坏性检测方法,会对隧道二衬结构造成一定的损伤。

3 隧道二衬病害的处置方法

3.1 裂缝的处置方法

(1)表面封闭法:对于宽度较小的裂缝,可以采用

表面封闭法进行处置。表面封闭法是在裂缝表面涂刷防水涂料或粘贴防水卷材,以阻止水分进入裂缝,防止裂缝进一步扩展。表面封闭法施工简单、成本低,但对于宽度较大的裂缝效果不佳。(2)注浆法:对于宽度较大的裂缝,可以采用注浆法进行处置。注浆法是通过向裂缝中注入水泥浆、环氧树脂等材料,填充裂缝,提高混凝土的整体性和强度^[3]。注浆法施工工艺复杂、成本较高,但对于裂缝的处置效果较好。(3)结构加固法:对于严重影响隧道结构安全的裂缝,可以采用结构加固法进行处置。结构加固法包括粘贴碳纤维布、增设钢筋混凝土套拱等方法。结构加固法施工难度大、成本高,但可以有效地提高隧道结构的承载能力和安全性。

3.2 渗漏水处置方法

(1)引排法:对于渗漏水较为严重的部位,可以采用引排法进行处置。引排法是在隧道二衬表面设置排水槽或排水管道,将渗漏水引排到隧道外部,以减轻渗漏水对二衬结构的侵蚀。引排法施工简单、成本低,但对于渗漏水的源头无法进行根治。(2)注浆法:对于渗漏水的源头,可以采用注浆法进行处置。注浆法是通过向渗漏水的源头注入水泥浆、聚氨酯等材料,堵塞渗漏水的通道,达到止水的目的。注浆法施工工艺复杂、成本较高,但对于渗漏水的处置效果较好。(3)防水涂层法:对于隧道二衬表面,可以采用防水涂层法进行处置。防水涂层法是在隧道二衬表面涂刷防水涂料,形成一层防水层,阻止水分进入二衬结构。防水涂层法施工简单、成本低,但对于防水涂层的质量要求较高,否则容易出现脱落等问题。

3.3 剥落的处置方法

(1)清理修补法:对于剥落面积较小的部位,可以采用清理修补法进行处置。清理修补法是将剥落部位的松动混凝土清理干净,然后用水泥砂浆或环氧树脂等材料进行修补,恢复二衬结构的表面平整度。清理修补法施工简单、成本低,但对于剥落面积较大的部位效果不佳。(2)结构加固法:对于剥落面积较大或严重影响

隧道结构安全的部位,可以采用结构加固法进行处置。结构加固法包括粘贴碳纤维布、增设钢筋混凝土套拱等方法。结构加固法施工难度大、成本高,但可以有效地提高隧道结构的承载能力和安全性。

3.4 空洞的处置方法

(1)注浆填充法:对于空洞部位,可以采用注浆填充法进行处置。注浆填充法是通过向空洞中注入水泥浆、水泥砂浆等材料,填充空洞,提高二衬结构的密实度和强度。注浆填充法施工工艺复杂、成本较高,但对于空洞的处置效果较好。(2)局部拆除重建法:对于严重影响隧道结构安全的空洞部位,可以采用局部拆除重建法进行处置^[4]。局部拆除重建法是将空洞部位的二衬混凝土拆除,重新浇筑混凝土,恢复二衬结构的完整性。局部拆除重建法施工难度大、成本高,但可以彻底解决空洞问题。

结束语:隧道二衬病害的检测与处置是确保隧道安全运营的关键环节。通过对病害类型的深入了解,采用合适的检测方法,可以准确地发现病害的位置和程度。针对不同的病害,选择恰当的处置方法,能够有效地修复隧道二衬,提高隧道的结构稳定性和耐久性。在实际工程中,应综合考虑各种因素,制定科学合理的检测与处置方案。同时,加强隧道的日常维护和管理,预防病害的发生,确保隧道的长期安全运行。随着技术的不断进步,相信未来会有更加先进的检测和处置方法出现,为隧道工程的发展提供更有力的保障。

参考文献

- [1]莫雁冰.高速铁路隧道二次衬砌裂缝成因及整治对策研究[J].现代工程科技,2024,3(2):41-44.
- [2]刘勇军.高速铁路隧道二次衬砌脱空原因和整治及预防措施分析[J].2021.
- [3]张军,王明慧,向道银,等.郑万高铁重庆段隧道二次衬砌施工质量管理实践[J].现代隧道技术,2020,57(2):49-54.
- [4]方少龙.高速铁路隧道衬砌实体质量缺陷分析与控制措施研究[J].城镇建设,2020(3):1-3+6.