

桥隧工程中关键材料的质量检测技术与应用研究

郝壮壮

中交二公局工程检测技术有限公司 陕西 西安 710100

摘要：文章聚焦桥隧工程关键材料质量检测技术与应用。阐述了钢材、防水材料等在桥隧工程中的应用与特性，介绍钢材、混凝土、防水材料的质量检测技术，分析了这些技术在桥梁结构、隧道衬砌、防水系统中的应用，探讨了综合检测技术的效果，并对未来智能化、高精度、多学科交叉融合等检测技术发展趋势进行了展望，旨在为桥隧工程质量保障提供参考。

关键词：桥隧工程；关键材料；质量检测；技术应用

引言：桥隧工程作为交通基础设施的重要组成部分，其质量直接关系到交通安全与使用寿命。材料的质量是影响桥隧工程质量的控制因素。钢材、混凝土、防水材料等在桥隧工程中应用广泛，其质量优劣对工程结构安全、耐久性等有重要影响。因此深入研究桥隧工程关键材料的质量检测技术，并探讨其在实际工程中的应用，对于确保桥隧工程质量、保障交通安全具有重要意义。

1 桥隧工程关键材料概述

1.1 钢材在桥隧工程中的应用与特性

钢材在桥隧工程中应用广泛且特性多样。桥梁工程里，钢材常用于主梁、桥塔、拉索等关键受力构件。大型悬索桥主缆和吊索多用高强度钢丝，能承受巨大拉力，保障桥梁稳定；钢箱梁自重轻、跨越能力强，抗弯抗扭性能佳，可抵御风、车辆荷载；钢筋混凝土结构结合了混凝土与钢材优势，增强了桥梁承载力和耐久性。隧道工程中，钢材用于制作支护结构，如钢拱架，在软弱围岩隧道施工时，能及时提供支护力，防止围岩变形坍塌，保障施工安全。钢材的特性决定了其在桥隧工程中的适用性，它具有高强度和高韧性，可承受大荷载；还具备良好的可焊性和可加工性，便于加工成各种形状尺寸的构件，满足不同工程设计要求^[1]。

1.2 混凝土在桥隧工程中的应用与特性

混凝土是桥隧工程中用量最大、应用最广的结构材料，其性能直接影响工程的承载能力与耐久性。在桥梁工程中，混凝土主要用于主梁、桥墩、桥台等结构，通过与钢筋结合形成钢筋混凝土结构，能够承受弯矩、剪力和轴向力。在隧道工程中，混凝土用于隧道衬砌，包括初期支护和二次衬砌，起到支撑围岩、防止坍塌和渗漏的作用。混凝土的特性包括：（1）可塑性：混凝土在浇筑初期具有良好的可塑性，能够适应复杂形状的构件

浇筑。（2）耐久性：通过合理设计配合比和添加外加剂，混凝土可具备抗冻融、抗腐蚀、抗渗等性能，适应恶劣环境。（3）经济性：混凝土原材料来源广泛，成本较低，适合大规模工程应用。（4）脆性：普通混凝土抗拉强度较低，易开裂，需通过钢筋增强或添加纤维改善韧性。

1.3 防水材料的重要性

防水材料在桥梁与隧道工程中至关重要。桥梁工程里，它用于桥面防水层，和混凝土构成防水屏障，保障桥梁整体耐久性。若桥面防水失效，水分侵入会引发钢筋锈蚀、混凝土碳化，威胁桥梁寿命与安全。隧道工程中，其作用更为关键，隧道周边地下水丰富，防水材料可阻止地下水渗入，保证隧道干燥安全，避免积水，防止电气设备受潮损坏，保障行车安全，还能减少地下水对隧道衬砌的侵蚀，延长隧道使用寿命。

2 桥隧工程中关键材料的质量检测技术

2.1 钢材质量检测技术

钢材质量检测技术主要包括力学性能检测，力学性能检测是评估钢材质量的重要手段，常用的检测项目有拉伸试验、弯曲试验和冲击试验。拉伸试验可测定钢材的屈服强度、抗拉强度和伸长率等指标，这些指标反映了钢材的强度和塑性性能。弯曲试验用于检验钢材在弯曲条件下的塑性变形能力和抗裂性能，确保钢材在实际使用中不会因弯曲而发生脆性断裂。冲击试验则可测定钢材的冲击韧性，评估其在低温或冲击荷载作用下的抗脆断能力。化学成分分析通过化学方法测定钢材中各种元素的含量，如碳、硅、锰、硫、磷等。不同元素的含量对钢材的性能有重要影响，例如，碳含量过高会降低钢材的焊接性能和韧性，硫、磷等有害元素含量过高则会导致钢材热脆性和冷脆性增加。

2.2 混凝土质量检测技术

混凝土质量检测技术涵盖多个方面，包括原材料检测、配合比设计和混凝土性能检测。原材料检测主要针对水泥、砂、石、外加剂等。水泥的检测项目有强度、安定性、凝结时间等，确保水泥质量符合标准要求。砂、石的检测包括颗粒级配、含泥量、泥块含量等，良好的颗粒级配可提高混凝土的密实度和强度，而过多的含泥量会影响混凝土的性能。外加剂的检测则关注其减水率、泌水率比等指标，合理使用外加剂可改善混凝土的工作性能和力学性能^[2]。配合比设计是根据工程要求和原材料性能，确定混凝土中各种原材料的比例。通过试验确定最佳配合比，以保证混凝土具有所需的强度、耐久性和工作性能。混凝土性能检测包括坍落度试验、抗压强度试验、抗渗试验等。坍落度试验用于测定混凝土的流动性，确保混凝土在施工过程中易于浇筑和振捣。抗压强度试验是评估混凝土力学性能的主要指标，通过标准试件在规定龄期的抗压强度来判断混凝土的质量。抗渗试验则用于检验混凝土的抗渗性能，保证混凝土在有水环境下的耐久性。

2.3 防水材料检测技术

防水材料检测技术主要针对防水卷材、防水涂料等。对于防水卷材，检测项目包括拉伸性能、不透水性、低温柔性等。拉伸性能反映了卷材的强度和延伸性，良好的拉伸性能可保证卷材在基层变形时不会轻易破裂。不透水性是衡量卷材防水性能的关键指标，通过在一定压力和时间下检测卷材是否渗水来判断其防水效果。低温柔性检测则评估卷材在低温环境下的柔韧性，确保在寒冷地区卷材不会因低温而变脆开裂。防水涂料的检测项目有固体含量、耐热度、柔韧性、不透水性等。固体含量表示涂料中有效成分的含量，影响涂料的成膜质量和防水性能。耐热度检测涂料在高温条件下的稳定性，防止涂料在高温环境下软化流淌。柔韧性检测涂料在弯曲条件下的抗裂性能，保证涂料在基层变形时能够保持完整性。不透水性检测与防水卷材类似，用于评估涂料的防水效果。

3 质量检测技术在桥隧工程中的应用

3.1 钢材质量检测在桥梁结构中的应用

在桥梁结构施工过程中，钢材质量检测贯穿始终。在钢材进场时，需对钢材的规格、型号、质量证明文件等进行检查，并按照规定进行抽样检测，确保钢材的力学性能和化学成分符合设计要求。在钢材加工过程中，如焊接工序，需要对焊缝进行质量检测。常用的检测方法有超声波探伤、射线探伤等。超声波探伤可检测焊缝内部的缺陷，如气孔、夹渣、未焊透等；射线探伤则能

更直观地显示焊缝内部的缺陷情况。通过对焊缝质量的检测，及时发现并处理焊接缺陷，确保桥梁结构的连接质量。在桥梁运营阶段，定期对钢材进行检测，评估钢材的性能变化。例如，通过检测钢材的锈蚀情况、剩余强度等，判断桥梁结构的安全性。对于出现锈蚀的钢材，及时采取防腐措施，防止锈蚀进一步发展，保障桥梁的使用寿命。

3.2 混凝土质量检测在隧道衬砌中的应用分析

在隧道衬砌施工过程中，混凝土质量检测至关重要。首先，在混凝土浇筑前，要对原材料进行严格检测，确保水泥、砂、石等质量合格，配合比符合设计要求。在混凝土浇筑过程中，进行坍落度检测，保证混凝土的流动性满足施工要求，便于振捣密实。混凝土浇筑完成后，按照规定进行养护，并在不同龄期进行抗压强度检测。通过在衬砌结构上钻取芯样或采用回弹法、超声回弹综合法等无损检测方法，测定混凝土的抗压强度。如果检测发现混凝土强度不满足设计要求，需及时采取补救措施，如注浆加固等，确保隧道衬砌的结构安全^[3]。

3.3 防水材料检测在桥隧防水系统中的应用

在桥隧防水系统施工中，防水材料检测是保证防水性能的关键。在防水材料进场时，对防水卷材或防水涂料的外观、规格、型号等进行检查，并按照规定标准要求进行抽样检测。在防水层施工过程中，对防水材料的铺设或涂刷质量进行检测。对于防水卷材，检查其搭接宽度、粘结牢固程度等；对于防水涂料，检查其涂刷厚度、均匀性等。通过现场检测，及时发现防水层施工中的质量问题，如卷材搭接不严密、涂料涂刷过薄等，并进行整改。在桥隧工程竣工后，对防水系统进行整体检测。可采用蓄水试验等方法，检测防水层是否存在渗漏现象。如果发现渗漏，及时查找渗漏点并进行修复，保证桥隧工程的防水性能。

3.4 综合检测技术在实际桥隧工程中的应用与效果评估

综合检测技术是将多种检测方法相结合，对桥隧工程的关键材料和结构进行全面检测。在实际桥隧工程中，综合检测技术能够更准确地评估工程质量和安全性。例如，在桥梁检测中，结合外观检查、无损检测（如超声波检测、磁粉检测等）和荷载试验等多种方法。外观检查可发现桥梁表面的裂缝、剥落等病害；无损检测可检测桥梁内部的结构缺陷；荷载试验则通过实际加载，测定桥梁的变形和应力情况，评估桥梁的承载能力。在隧道工程中，综合检测技术包括地质雷达检测、红外热像仪检测等。地质雷达可检测隧道衬砌背后

的空洞、不密实等情况；红外热像仪可检测隧道衬砌的温度分布，判断是否存在渗漏水等问题。通过综合检测技术的应用，能够及时发现桥隧工程中存在的潜在问题，为工程的维护和加固提供科学依据。效果评估方面，综合检测技术提高了检测的准确性和可靠性。与单一检测方法相比，综合检测能够从多个角度对工程进行评估，减少漏检和误判的可能性。同时，综合检测技术为桥隧工程的安全运营提供有力保障，通过定期的综合检测，及时发现并处理工程中的安全隐患，延长桥隧工程的使用寿命，降低了维护成本。

4 桥隧工程关键材料质量检测的未来发展趋势

4.1 智能化与自动化检测技术的发展

随着科技的进步，智能化与自动化检测技术将在桥隧工程关键材料质量检测中得到广泛应用。智能化检测设备能够自动采集、分析和处理检测数据，提高检测效率和准确性。例如，智能化的混凝土强度检测仪器，可通过内置的算法快速准确地分析混凝土试件的强度数据，并生成检测报告。自动化检测技术可实现检测过程的自动化操作，减少人工干预。例如，自动化的钢材拉伸试验机，能够自动完成试样的装夹、加载和数据记录等过程，提高检测的一致性和可靠性。无人机、机器人等自动化设备也可用于桥隧工程的外观检测和结构检测，能够在危险或难以到达的部位进行检测，提高检测的安全性和效率。

4.2 高精度与高效率检测设备的研发

未来，高精度与高效率的检测设备将成为桥隧工程关键材料质量检测的发展方向。高精度检测设备能够检测出更微小的缺陷和性能变化，为工程质量评估提供更准确的数据。例如，高精度的金相显微镜可更清晰地观察钢材的组织结构，准确判断钢材的质量。高效率检测设备则能够在短时间内完成大量的检测任务，满足工程建设的进度要求。例如，快速的无损检测设备可在不影响工程正常施工的情况下，对桥隧结构进行快速检测。研发高精度与高效率的检测设备，将有助于提高桥隧工

程关键材料质量检测的水平，保障工程质量。

4.3 多学科交叉融合在检测技术中的应用

多学科交叉融合将为桥隧工程关键材料质量检测技术带来新的突破。例如，将材料科学、计算机科学、传感器技术等多学科知识相结合，开发出更先进的检测技术和设备。材料科学的研究成果可为检测技术提供理论基础，指导检测方法和指标的确定；计算机科学可实现检测数据的快速处理和分析，提高检测的智能化水平；传感器技术则可实时监测桥隧工程关键材料的性能变化，为工程的安全运营提供预警^[4]。另外，多学科交叉融合还可促进检测技术的创新发展。例如，利用人工智能和机器学习算法，对大量的检测数据进行分析 and 挖掘，建立桥隧工程关键材料质量评估模型，实现工程质量的智能评估和预测。通过多学科交叉融合，桥隧工程关键材料质量检测技术将不断发展和完善，为桥隧工程的安全建设提供更有力的支持。

结束语

桥隧工程关键材料质量检测技术对于保障工程质量至关重要。通过钢材、混凝土、防水材料等质量检测技术的应用，以及综合检测技术的运用，能有效评估工程质量和安全性。未来，智能化与自动化检测技术、高精度与高效率检测设备、多学科交叉融合的检测技术将成为发展趋势。应不断探索和创新检测技术，提高检测水平，为桥隧工程的安全建设与运营提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]杨俊翔.道路桥隧工程施工的技术问题与对策研究[J].运输经理世界,2022,(20):83-85.
- [2]梁琳琳.道路桥隧工程施工中难点及改进措施分析[J].工程技术研究,2020,5(06):203-204.
- [3]杜冬冬.道路桥梁施工中的养护管理与质量控制[J].四川建材,2023,49(08):190-192.
- [4]王昌金.浅谈桥隧工程施工质量控制难点及技术对策[J].居业,2024(2):228-230.