

隧道工程安全监理的问题与对策

江晨 徐友琴

贵州陆通工程管理咨询有限责任公司

摘要：隧道工程，由于其独特的地下环境和施工难度，长期以来一直是工程领域中的高风险任务。这使得隧道工程的安全监理成为一项至关重要的工作，涉及工程人员的生命安全、设备保护以及整体工程进度。然而，面对复杂的地质条件和不可预测的施工风险，传统的安全监理方法已经难以满足现代隧道工程的需求。本文旨在分析当前隧道工程中的主要安全监理问题，并结合现代技术和管理方法，提出针对性的对策。这些对策不仅有助于提高隧道工程的安全性，还可以为相关领域的工程安全管理提供参考。

关键词：隧道工程；安全监理；问题；对策

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.22.114

引言

隧道工程，作为现代基础建设的重要组成部分，涉及众多的工程技术和管埋难题。这类工程在地下深处施工，其环境的特殊性使得安全问题尤为突出。地质条件的不确定性、突发的地下水冲击、以及施工过程中的技术挑战都可能给工人的生命安全带来威胁。此外，隧道工程的延误和施工质量问題将直接影响到整个项目的投资回报和社会效益。在这样的背景下，强化隧道工程的安全监理显得尤为重要。每位参与管理的人员都有义务确保工程的安全、高效和高质量进行，为此，深入探讨其中的问题并找到相应对策成了迫在眉睫的任务。

一、隧道工程管理重要性

（一）经济效益与资源优化

隧道工程多涉及大规模的投资，其预算管理、材料调配有和人力资源分配直接关联到项目的整体经济效益。高效的管理可以确保项目在预算内完成，避免资源浪费，而糟糕的管理可能导致项目超支、延误或降低施工质量。管理不仅仅关乎资金的调配，它更关系到材料、设备和人员的最优配置。随着全球经济一体化，资源的获取越发具有全球性，这也对隧道工程管理的国际化提出了更高要求。有效的供应链管理、国际采购策略和跨国团队协作都取决于高水平的工程管理。

（二）工程质量与安全保障

工程的质量和安全是评判隧道工程成功与否的关键标准。管理工作涉及施工标准的制定、工程质量的检测、施工风险的评估和控制等。隧道工程的特点是施工环境复杂、风险多变，一旦发生事故，可能造成巨大的经济损失和人员伤亡。因此，隧道工程管埋的一个核心任务是确保在整个施工过程中都达到最高的安全标

准^[1]。

（三）社会效益与公众信任

隧道工程往往是公共基础设施项目，其进度、质量和安全直接关系到公众利益。高效的工程管理不仅可以确保项目按期完成，还可以确保工程的质量和安会，从而获得公众的信任和支持。在今天的社会，信息传播速度极快，一次工程事故可能会导致公众对整个项目或甚至整个行业的信任度下降。相反，通过良好的管理实践，及时与公众沟通，传递项目的进展和成果，可以增强公众的信任和支持。

二、隧道工程中的常见安全监理问题

（一）地下水突涌

隧道工程，由于其深入地下的特性，时常需要在复杂的地质环境中进行施工。在这种环境下，地下水是一个不容忽视的因素。隧道的开挖和施工往往打破了地下的平衡，当工程进入到地下水带或遇到不连续的水源时，若未做好充分准备，便有可能面临地下水的突涌。地下水突涌是指在隧道施工过程中，由于各种原因导致的大量水突然涌入隧道的现象。这不仅可能引发隧道坍塌，还可能淹没机械设备，造成巨大的经济损失。更为严重的是，突涌可能会导致现场工人被困、受伤或甚至死亡，造成不可估量的社会影响。遭遇地下水突涌，隧道工程的进度会大受影响。突涌后的抢修、设备的更换以及重新进行施工等都需要大量的时间和资金。同时，由于涉及人员的安全和生命，隧道的设计和施工标准必须格外严格，以应对这种突发情况。导致地下水突涌的原因有很多，其中最常见的原因是地质勘查工作的疏忽。地质勘查是隧道施工前的关键步骤，其目的是了解地下的地质结构和水文条件，为施工提供准确的数据支持。如果在勘查阶段就能准确判断地下水的分布和流动情况，那么在施工阶段就可以提前做好准备，减少地下水突涌的风险。这要求施工方必须始终保持警惕，对施工现场进行实时监控，并随时准备采取应急措施。例如，安装水位监测仪器、设置应急排水系统、培训工人进行应急救援等都是预防和应对地下水突涌的有效方法。

（二）瓦斯及有害气体泄漏

隧道施工往往涉及深入地下，而地下环境复杂多变，充满了各种不可预测的风险。其中，瓦斯及有害气体的泄漏是隧道施工中一个极为重要的安全问题。当隧道施工穿越含有瓦斯或其他有害气体的地层时，如不加以妥善处理，可能会给工程带来灾难性的后果。瓦斯，

特指煤矿中所含的甲烷气体，其特点是易燃、易爆。当隧道穿越煤层或与煤层相邻时，瓦斯有可能进入隧道，形成瓦斯积累区。一旦这些瓦斯与空气混合达到一定的浓度，极易被隧道内的火源点燃，引发爆炸。而除了瓦斯，地下还可能存在如硫化氢、一氧化碳等有害气体。这些气体虽然不易燃爆，但长时间吸入会对工人的健康产生极大威胁，甚至可能造成生命危险。与地下水突涌类似，瓦斯及有害气体泄漏的原因多种多样，其中地质勘探的不足是主要原因。精确、细致的地质勘探可以提前发现瓦斯及有害气体的存在，使得施工方可以提前做好准备，采取有效措施避免或减少泄漏。但仅靠地质勘探并不足够。施工过程中，必须建立完善的气体检测和报警系统。通过在隧道内安装气体传感器，实时监测气体浓度，一旦达到预设的警戒值，立即发出警报，指导工人撤离现场，并启动通风、抽排系统，以降低气体浓度。通风也是预防瓦斯及有害气体泄漏的重要手段。持续、有效的通风可以确保隧道内的气体浓度始终保持在安全范围内。例如，使用盾构法施工时，盾构机的封闭性可以在一定程度上防止瓦斯和有害气体进入隧道^[2]。

（三）隧道坍塌

隧道坍塌是工程安全中的一个严重问题，对人员的生命安全、工程进度、经济成本和公众信心都可能产生深远的影响。隧道施工过程中，坍塌的发生常常是由于多种因素的相互作用，其中不当的支护和施工方法是主要原因。隧道开挖是一个对地下环境进行干扰的过程。在这个过程中，原本稳定的地层可能因为开挖而失去平衡。不当的支护方法就像是一个薄弱的防线，无法承受地层的压力，导致坍塌的发生。一个有效的支护系统应该考虑到地下的地质条件、隧道深度、开挖的方法等因素，确保在整个施工过程中地层都处于稳定状态。而施工方法也在坍塌中起到了关键作用。某些开挖方法可能导致地下水流动，增加地层的不稳定性；或是在开挖过程中，机械振动过大，导致地层发生移动。错误的施工顺序或忽视了某些关键步骤，也可能使地层失去支撑，导致坍塌。隧道坍塌不仅可能导致人员伤亡，而且会对施工进度产生严重的影响。坍塌后的抢修、再施工、设备的更换等都需要大量的时间和资金投入。而且，一次坍塌事件可能会对整个隧道项目的信誉产生严重打击，导致公众对隧道安全产生疑虑。为了预防隧道坍塌，工程团队需要进行全面的地质勘查，确保对地下的地质条件有充分的了解。基于这些数据，选择适当的支护和施工方法，确保隧道在整个施工过程中都处于稳定状态。此外，实时的监测系统也是必不可少的。通过对隧道内的位移、应力、地下水位等参数进行实时监测，可以及时发现潜在的坍塌迹象，并采取相应的应对措施。技术的发展为隧道施工带来了更多的可能性。现代的盾构技

术、微米级的监测设备、智能的数据分析系统等都为隧道施工的安全提供了有力的保障。然而，技术并不是万能的。真正的安全源于人的关注和责任感。只有当每一个参与施工的人都充分认识到安全的重要性，始终维护隧道的稳定，才能确保隧道施工的顺利进行。

三、对策与建议

（一）加强地质勘查

隧道工程的成功与否在很大程度上取决于工程团队对地下环境的了解。地质勘查，作为获取这些信息的关键步骤，对于隧道施工的安全和经济效益具有决定性的影响。隧道施工必须深入地下，穿越各种复杂的地质结构。这些地质结构包括但不限于不同类型的岩层、地下水、瓦斯、断层等。每一种地质结构都有其独特的性质和行为方式，这些性质和行为方式在很大程度上决定了隧道施工的方法、技术和风险。在没有充分的地质勘查的情况下进行隧道施工，就像是在未知的水域中盲目航行。施工团队可能会遭遇到意料之外的地质问题，这些问题可能导致施工难度加大、成本增加、甚至可能引发严重的安全事故。加强地质勘查，意味着需要使用先进的勘查技术、设备和方法，对预定的隧道路径进行全面、细致的调查。这不仅包括对地下岩层的物理和化学性质的测试，还需要对地下水、瓦斯、有害气体等潜在风险因素进行测量。通过这些数据，工程团队可以对地下的地质条件有一个清晰、完整的了解。基于这些勘查数据，工程团队可以进行风险评估，预测在施工过程中可能遭遇到的问题，并根据实际情况制定合适的施工方案。例如，如果勘查发现某一段路线存在大量的地下水，那么施工团队可能会选择使用盾构法，利用盾构机的封闭性来防止地下水进入隧道。而对于那些高风险区域，工程团队可以提前制定应急计划，确保在遭遇问题时可以迅速、有效地应对。这不仅可以保障施工人员的安全，还可以避免因为意外情况而导致的施工延误和经济损失。加强地质勘查还有一个经济上的好处。虽然在施工前投入更多的资源进行勘查会增加初期的成本，但在施工过程中，这些勘查数据可以为工程团队提供有价值的参考，帮助他们避免错误的施工方法和技术，从而减少不必要的成本和时间浪费^[3]。

（二）使用先进的监测设备

在隧道工程中，随着科技的日益发展，先进的监测设备已经成为确保施工安全与效率的利器。通过现代化技术的引入，我们可以对隧道的施工过程和其结构状态进行实时、精确的监测，从而及时地发现并处理任何潜在的异常情况。地下雷达，也称为地质雷达或GPR（Ground-Penetrating-Radar），是一种利用电磁波探测地下结构的非破坏性检测技术。通过向地下发射高频率的电磁波，再接收其反射回来的信号，地下雷达能够

为我们生成地下结构的图像。这种技术特别适用于检测隧道壁后的空洞、裂缝或其他隐蔽的结构异常，为隧道施工和维护提供有力的技术支持。红外线检测，又称为热红外成像，是一种通过探测物体发射的红外辐射来识别其温度分布的技术。在隧道施工中，红外线检测可以帮助我们发现隧道内部的温度异常，例如由于地下水渗透或瓦斯泄漏导致的局部温度上升。这种温度变化往往是一些隐蔽问题的前兆，如裂缝的形成或材料的退化。通过实时的红外线监测，工程团队可以在问题发生之前采取预防措施，避免更大的损失。除了上述两种设备，现代隧道监测还包括很多其他先进的技术，如光纤传感器、无线传感网、振动监测系统等。这些设备可以实时地提供隧道内的位移、应力、裂缝宽度、地下水位等关键参数的数据。通过对这些数据的实时分析，工程团队不仅可以及时发现异常，还可以预测未来的趋势，为隧道的长期稳定提供科学的依据。使用先进的监测设备的好处不仅仅是技术性的。对于隧道工程的投资方和管理者来说，这些设备提供的实时数据和分析结果是一个有力的决策工具。它们可以帮助管理者评估施工进度、监控工程质量、预算成本和管理风险。

（三）加强培训和教育

隧道工程的特殊性与复杂性要求工程人员不仅具备专业知识，更需要对安全风险有深入的认识。尽管现代的技术与设备为隧道施工提供了强大的支撑，人为因素仍是决定工程成功与否、安全与否的关键要素。因此，加强培训和教育对于隧道施工的每一个参与者都是至关重要的。隧道施工中的风险是多方面的，从地下水、岩层稳定性、到机械故障、有害气体泄漏等。工人必须了解这些风险的性质、可能带来的后果，以及如何预防和应对。例如，如果工人能够识别地下水渗透的早期迹象，那么他们可以及时报告，采取措施避免更大的损失。隧道施工的技术和方法也在不断地更新和进步。新的施工方法、新的材料和新的机械设备都需要工人进行学习和掌握。只有当工人了解并熟练掌握这些新技术，隧道施工才能保持高效和安全。此外，应急措施的培训也是至关重要的。在隧道施工中，一些突发情况是难以避免的。但如果工人能够迅速、冷静地做出反应，很多潜在的危险都可以得到有效的控制。例如，对于地下瓦斯泄漏，如果工人能够迅速地关闭机械、疏散人员，并启动通风系统，那么可能的伤害就可以最小化。加强培训和教育还有一个重要的好处，那就是建立工人的安全文化。当安全成为每一个工人的日常习惯，当他们在每一个工作环节都能自觉地考虑安全，那么整个隧道施工的安全水平都会得到显著的提高。为了实现这一目标，施工单位和管理部门都应当投入足够的资源。同时，鼓励工人之间的经验交流，使他们能够从彼此的经验中学

习，提高自己的安全意识和技能^[4]。

（四）制定严格的施工规范

隧道工程是一项复杂而高风险的建设活动。为了确保施工过程中的安全与效率，制定严格的施工规范不仅是必要的，更是隧道工程成功的关键。通过具体、明确的规范，工程团队可以为这一复杂任务提供清晰的指导，确保每一步操作都是有序、标准化的，从而达到预期的安全与质量目标。施工规范的制定需要基于充分的科学研究与实践经验。隧道施工涉及的问题包括地质条件、材料性能、机械操作等多个方面，对这些问题的深入研究和了解是制定有效规范的基础。同时，不同的地理、地质和气候条件也会对施工方法产生影响，因此制定规范时也需考虑到这些因素。规范中应明确施工的各个阶段，包括前期勘察、设计、施工和维护等，并为每个阶段提供具体的操作指南。例如，在隧道开挖阶段，规范应明确挖掘的方法、顺序、深度，以及支护、排水等相关操作。这不仅可以确保施工的安全，还能提高工程的效率。此外，施工规范还应包括安全与环境保护的相关内容。隧道施工中可能会产生的风险包括地下水突涌、瓦斯泄漏、隧道坍塌等，对这些风险的预防和应对都应在规范中有明确的指导。同时，隧道施工对周围环境的影响，如噪音、振动、排放等，也应在规范中进行控制，确保施工的环境友好性。为了确保规范的执行，还需建立一套完善的监督和考核机制。工程团队应定期对施工过程进行检查，确保所有操作都符合规范的要求。对于不符合规范的行为，应给予及时的纠正，并对相关责任人进行追责。这不仅可以确保施工的安全与质量，还能培养工人的规范意识，提高他们的自律性。

总结

隧道工程安全监理的问题不容忽视，只有充分认识到这些问题并采取有效的对策，才能确保工程的顺利进行和工人的生命安全。希望本文的分析和建议可以为隧道工程的安全监理提供有益的参考。

参考文献

- [1] 陈凤娇, 杨少华, 李颖, 等. 隧道工程施工安全监理问题分析与对策[J]. 建筑施工, 2020, 41(3): 174-177.
- [2] 高云, 张喜来, 张浩, 等. 隧道工程安全监理问题与对策研究[J]. 建筑科学与工程学报, 2019, 36(2): 142-148.
- [3] 毕文俊, 杨健, 刘明智, 等. 隧道工程安全监理的问题与对策[J]. 隧道建设, 2018, 38(5): 483-486.
- [4] 吴毅, 陈磊, 樊骏, 等. 隧道工程安全监理存在问题与对策研究[J]. 土木建筑与环境工程, 2017, 39(6): 23-28.