

桥梁隧道工程施工中灌浆加固技术的应用

杨瑞卿

中铁十四局集团第四工程有限公司

摘要：本文针对临沧临翔至清水河高速公路LQTJ2-6合同段工程的施工存在的问题进行研究，根据以往的工作经验，确定针对性强的灌浆加固技术方案，严格按照施工要求和环节进行日常操作，并提出更科学的应对方案。从而可以全面提高注浆加固技术的效果，为桥隧工程的后续使用提供了重要基础。

关键词：桥梁隧道工程施工；灌浆加固技术；应用；分析；研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.24.051

一、工程概况

（一）主要工程概况

临沧临翔至清水河高速公路LQTJ2-6合同段起讫里程为K75+180~K84+000，线路长度为8.82km。主要结构物包括隧道4座（单线延米11208m）、桥梁7座（桩基339根、预制T梁507片）、路基土石方122.5万m³（其中挖方95.5万方，填方27万方）、匝道U型弯道2处、涵洞3处。

（二）重难点工程

1. 运输困难：项目地处云南省西南部，属重山岭地带，地形起伏大，项目位于耿马县勐撒镇与勐简乡之间，仅有两道地方低等级乡道能进入，项目所有物资设备的运输只能通过上述两条道路，其中勐撒到项目有20.2公里土质路面，经过雨季冲刷已不具备重在车辆行驶的条件，两条路均需进行加固、加宽、取直。2. 桥梁高墩较多，40m以上高墩21座，其中军楞河大桥及马鞍山1号大桥2座最高墩身高度均在95m以上，施工难度大、安全风险高；3. 隧道围岩较差，项目隧道工程量大，围岩条件差，软岩、溶洞、富水，设计均为IV、V级围岩，施工过程中易发生突泥突水、坍塌、大变形等地质危害，迎门寨1号隧道和小寨山隧道均存在断层，其中小寨山隧道断层为活动断层；上军楞隧道为高风险隧道。

路基高边坡，挖方段存在6级高边坡，且偏压明显，易出现边坡塌方，施工难度大，风险高。

梁板预制困难：因地处重山岭地区，没有合适的梁板预制场，标段内最长段路基长度为560米，架梁通道上有上军楞隧道（全长2500m）限制工期，故本标段预制梁场设在K78+000U型转弯段路基上，路基长度为259.5m，工序安排紧张。

（三）灌浆加固技术施工要求

在桥隧施工过程中，应做好各种准备工作，使灌浆加固技术发挥最大作用。灌浆材料具有良好的强度特性

和耐久性，既能满足建筑功能的需要，又具有较高的稳定性。在灌浆加固作业过程中，不同的施工项目对维护时间有不同的要求。因此，有必要根据项目的具体情况确定具体的维修时间。结合工程实际情况进行分析，根据相应的促进剂与塑料、膨胀剂与分散剂的比例，合理确定固化时间。灌浆压力主要由对地层的灌浆驱动，其扩散特性受到影响。在灌浆过程中，可以通过控制浆液和土壤之间的界面张力来提高承载力。浆液渗透性的不同导致了不均匀沉降和裂缝现象。因此，有必要考虑灌浆后是否发生二次渗流及其稳定性。在实践中，注入压力对注入的加固和防渗效果有明显影响，还取决于地层条件、注入材料、注入方法等因素。因此，在实际应用过程中，有必要根据具体情况合理确定灌浆工艺和技术参数，以确保其质量达到设计标准。

二、灌浆加固技术的常见分类

（一）渗透灌浆加固技术

渗透灌浆是一种常见的加固方法。在工程实践中，由于一些特殊的地基条件，一般采用渗透灌浆。例如，在岩壁、隧道裂缝、岩土裂缝等复杂施工中都可以采用这种方法。如果基础在不利条件下进行加固，可采用渗透灌浆法。在渗透灌浆法的具体操作中，渗透法是目前的主要方法。当混合泥浆穿过隧道的裂缝时，固化的泥浆会靠近岩土，从而获得更高的抗剪能力。

（二）填充灌浆加固技术

在隧道工程施工中，也将采用注浆法进行加固。在隧道工程中，由于地基沉降不均匀，容易产生裂缝、空洞等问题。灌浆加固技术可以用来填充岩层中的空隙和空隙，从而改善整个岩层。此外，在实际应用中，由于各种原因，如裂纹、空隙、破碎等问题，此类问题也会造成一定的损失。

（三）压实灌浆加固技术

在隧道工程中，除了上述灌浆技术外，压实灌浆也是一种常见的技术形式。在实践中，使用钻机在一个区域钻孔，然后将预先准备好的泥浆注入土层，以提高土层的整体密度。在这个过程中，需要特别注意：如果气泡制浆的量相对较小，泥浆会扩散到井壁外侧，这对建筑物的稳定性有不利影响。在灌浆中，如果灌浆量大，可以很好地提高结构的性能，并达到相应的加固效果。

三、桥隧施工中的常见问题

（一）裂纹问题

在桥隧工程施工中，比较常见的问题是混凝土结构病害。大多数情况下都是在浇筑过程中，由于温度控制不严，出现收缩裂缝。同时，当出现不均匀沉降时，也

会产生预应力裂缝。如果施工中骨料的质量控制不到位,导致骨料含量过多或碱骨料反应,也会导致裂缝的产生。工程质量受到很大影响,安全受到威胁。

(二) 弱锚固力

锚固力弱也是桥隧工程中常见的问题之一,直接影响工程的使用寿命、质量和安全。众所周知,在桥梁和隧道工程的施工中,会使用砂浆锚杆进行加固和保护,以提高抗拉强度。然而,由于多种因素的影响,在实际施工中的应用效果并不理想,导致锚固力较弱。原因如下:首先,在钻螺栓孔时,孔壁受到扰动后变得松动。在钻机的不断扰动下,孔壁土体变得松散,不能起到锚固的作用。第二,当砂浆注入钻孔时,未能做好密实的填充,导致泥浆暴露,导致锚杆没有完全固定。第三,砂浆与土壤的黏附性差,如孔隙壁扰动、土粒胶结不良、砂浆配合比不当等,都会造成锚固力弱的问题。

(三) 砌体松动和浆体损失

如果在建设项目中出现这样的问题,将导致桥梁缺乏稳定性,因为松散的石头会导致石灰表面脱离表面。如果发生浆液脱离,将严重影响整个桥隧工程的工程质量。砌体的主要作用是提高墙体的稳定性,所以如果砌体出现问题,将会对整个建筑工程产生很大的影响。因此,现阶段员工的首要目标应该是解决现有的安全问题,并采取有效措施加以解决。

四、注浆加固技术在桥隧施工中的应用

(一) 桥隧工程灌浆加固的原理

对于灌浆加固技术在桥隧工程中的应用,主要是利用气动、水力和电化学原理,将部分浆液有效固化成天然或人工孔隙和裂缝,从而进一步改善介质的物理力学性能。在正常情况下,灌浆方法的目的是实现堵孔,并确保流动的水被堵塞。同时,可以降低渗透率和渗透率,从而提高工程的抗渗能力。灌浆加固技术有利于降低孔隙压力,提高岩土体的力学强度和变形模量,对混凝土结构的稳定性和可靠性有积极影响。因此,灌浆加固技术在桥隧施工中的应用可以提高工程质量和安全性。

(二) 前期准备

为了使灌浆加固在桥隧工程施工中的效果得到全面提高,相关施工人员需要做好前期准备工作,这为后续工程的顺利实施提供了重要基础。首先,工作人员有必要对现场情况进行实际调查,做好数据记录,加强对数据准确性的分析研究,以便全面掌握。施工现场的地质条件可以及时发现施工方案和现场的偏差,并提出更科学的优化措施,从而全面提高灌浆加固技术的实施水平。

在此基础上,不断完善现行施工方案,确保施工质量。其次,应进行施工队伍和管理人员的选择。施工队伍中的人员不仅要有较强的专业技能,还需要明确工作职责,更细致地完成现场施工,为项目的顺利实施提供重要基础。最后,需要将相关材料和设备运到现场,并

逐一进行测试,以确保每一台设备和材料都能满足项目的施工要求和标准,设备应正常运行,材料应符合质量控制的要求,并为后续的质量管理打下坚实的基础。

(三) 施工工艺

1. 成孔钻孔工艺

钻孔设备钻孔时,必须事先设定操作角度和钻孔的具体位置,并做好相关记录。在钻井过程中,可以利用钻井设备的声音来评估是否存在问题,然后进行标准操作。如果钻孔过程中机器设备卡住或漏气,现场操作人员需要使用空气压缩机进行处理。可以将管钳工具插入钻孔设备卡住的位置,然后手动进行夯实操作。注意,在此过程中,钻井设备必须停止运行,以防止发生事故。并且有必要经常清洗钻孔装置的污渍,以防止污渍在孔壁上积聚太久。

2. 管道安装

钻井作业完成后,下一步是安装管道。在这个环节中,应该考虑周围的施工环境。如果施工环境恶劣,容易导致灌浆管外壁破裂,无法满足后续使用的正常要求。因此,在实际施工之前,我们应该做好对现场施工的仔细检查和审核,避免对后续施工造成一定影响。在实际施工中,可以在管道外部添加橡胶,起到良好的保护作用,这样即使周围环境非常恶劣,也不会出现破裂问题。在软橡胶外包中,一些灰尘不会轻易流入管道,起到双重保护作用。因此,相关人员需要更有序地设置不同的施工模式,以确保后续施工的顺利进行。灌浆管道铺设后,应将孔洞相互连接,并使用相同的材料进行填充和加固操作,以避免管道变形和位移的问题,并逐步提高当前施工的准确性。

3. 砂浆配置

砂浆材料的选择与配置直接关系到桥隧加固的施工质量。浆料生产作为整个施工环节,与后续施工质量密切相关,需要高度重视。一方面,在材料配置的初始阶段,我们应该注意对原材料质量的检查,在水泥的选择中,应该是其制造商、批号,强度等级等因素进行严格检查,在使用砂的过程中,除了要考虑砂本身的特性外,还需要配置砂浆的流动性、保水性、硬化强度等参数进行精确控制;确保砂浆材料性能突出,灌浆加固效果良好,确保其质量可靠。

另一方面,应注意砂浆搅拌方法的控制,要求砂浆配制时搅拌方向一致,搅拌速度均匀,避免砂浆离析沉淀的问题。在浆液配置过程中,应保证水泥和粉煤灰混合到一级搅拌槽中,并通过滤网注入二级搅拌槽进行搅拌,并确保每次搅拌时间超过10分钟,直到浆液在注入前混合均匀。灌浆开始时,应动态注意泵本身的用量,记录灌浆的各种情况,并灵活调整实际的浆液配比和方法。此外,还应注意砂浆坍落度、泌水率、水灰比等关键指标的控制。例如,混凝土砂浆的坍落度应保持在9~10mm,砂浆材料的含气量应低于1.7%。砂浆配置完成后,应在2小时内完成,以避免砂浆初凝而无法使

用。

4. 灌浆作业

灌浆作业在整体施工中起着重要作用。将混合好的水泥砂浆倒入灌浆管道中。在实施灌浆加固技术的过程中，有必要对现场施工设备进行全面检查，以确保设备的正常运行。在灌浆作业中，需要专业人员负责全面监督管理，确保作业非常规范，同时也要及时发现灌浆作业中存在的问题，采取更科学的优化措施，使灌浆质量得到充分保证。灌浆作业对顺序有明确的要求，在实际施工中需要先进行上部灌浆，再进行下部灌浆，及时科学检测其质量，使工程达到施工要求和标准，提高施工的整体水平。

5. 封堵灌浆口

根据我国相关施工规范和标准，桥隧工程在进行灌浆加固技术时，当灌浆压力达到设计最终压力数值时，应泵送灌浆约10分钟，当灌浆量小于20L/min时，即可结束工作。并立即实施灌浆封口施工。操作时，相关人员首先需要根据水泥浆骨接合面的情况对钻孔进行全面检查，及时发现空白区域，并采取有效补救措施。其次，检查灌浆量、压力等施工记录，判断实际灌浆效果。最后，选择5%的灌浆孔进行钻孔，并进行科学的水压试验。特别是对地质条件差、灌浆严重、耗灰量较大的孔进行检查。如果其吸水率在30分钟内低于规定值，则可以判断施工符合设计要求。如果该值大于规定值，则应进行补充压力的施工。

五、注浆加固技术要点

(一) 注浆加固设计优化技术方案

首先，根据桥隧的实际情况，确定注浆加固技术的施工标准。由于不同浆液的固化时间不同，为了优化灌浆加固工艺，有必要确定各种浆液相应的固化时间和灌浆标准，设定适当的施工工艺和灌浆作业结束时间，合理控制灌浆标准压力。确保每分钟灌浆量能够达到预设参数，并根据需要对持续时间进行约束；其次，在灌浆加固的技术操作中，灌浆的扩散半径和距离是影响施工质量的决定性因素。基于此，在实际施工过程中，技术人员应根据现场情况优化灌浆压力和渗漏参数。只要在施工过程中有相应的变化，就应该动态调整扩散半径。确保灌浆作业的有效性；第三，在桥隧灌浆作业中，灌浆压力对灌浆质量的影响较大。为了保证施工作业有序进行，有必要将压力值限制在标准区间内，避免压力控制不当，对灌浆效果产生负面影响。因此，在灌浆加固方案的设计中，有必要参考现场的实际情况，通过对各种因素的综合分析，制定灌浆加固施工的技术措施，同时根据渗漏系数和现场土壤状况等基本信息，合理控制灌浆压力。

(二) 处理紧急情况

(1) 灌浆中断处理。灌浆中断是桥隧灌浆加固施工中常见的问题。当出现这种现象时，应及时采取措施进行处理，否则会造成钻孔堵塞，影响施工工艺和施工

质量。具体来说，灌浆施工前应做好充分准备，以减少灌浆中断的概率；如果出现中断，应在30分钟内处理，然后恢复灌浆；如果中断处理不及时，中断时间过长会导致浆液没有被吸收，这种情况下，有必要对钻孔进行清理，以确保灌浆速率能够恢复并满足施工要求。

(2) 泥浆泄漏处理。在灌浆加固过程中，渗漏的情况也很常见。为了从根本上避免此类问题，有必要做好施工期间的动态检查和管理。如果出现渗漏情况，应首先调查分析渗漏原因，并根据掌握的情况采取适当的灌浆措施，确保灌浆的全面性。例如，在大多数桥隧工程中，我们可以从表面封堵和灌浆压力控制等方面加强对渗漏问题的针对性处理。

(3) 混凝土衬砌的裂缝变形处理。在灌浆过程中，应严格控制灌浆速度和压力。一旦灌浆速度超过标准要求，就容易出现混凝土衬砌裂缝变形的现象。发现此现象后，应立即停止灌浆作业，对变形部位进行全面检查，然后根据变形程度进行妥善处理。修复完成后，可以继续灌浆，并对出现问题的施工部位进行实时监督，避免问题再次发生。

六、结束语

随着我国交通运输业的不断发展，公路桥梁隧道的建设水平越来越高。各种新技术的出现在一定程度上促进了施工的有效性，本文对桥梁隧道工程施工问题进行分析与总结，得出了灌浆技术在不断的研究中趋于成熟，其作为一种辅助技术，可以修复和加固裂缝。施工技术人员应注意施工安全问题，提高操作技术，避免人为因素对隧道施工造成二次破坏。此外，灌浆方法应严格根据施工现场的实际情况进行，以充分发挥灌浆技术的作用和价值。当然，在当前的社会发展中，特别是环保理念的有效应用，有必要对灌浆方法进行全面的研

参考文献

- [1] 单世广. 公路桥梁隧道工程施工中灌浆法加固技术的运用研究[J]. 价值工程, 2020, 39(07): 190-192.
- [2] 熊良贵. 试论公路、桥梁、隧道施工中灌浆法加固技术的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(02): 36-37.
- [3] 李永红. 浅谈灌浆法加固技术在桥梁隧道工程施工中的应用[J]. 城市建筑, 2020, 17(03): 150-151.
- [4] 岳小勇. 公路桥梁隧道工程施工中灌浆法加固工艺的运用解析[J]. 城市建筑, 2020, 17(03): 152-153.
- [5] 钟鸣, 谢永康, 刘亭玉. 公路桥梁隧道工程施工中灌浆法加固技术的应用[J]. 大众标准化, 2022(09): 59-61.
- [6] 赵宏伟. 公路桥梁隧道施工中灌浆法的应用[J]. 运输经理世界, 2021(05): 101-102.