

灌浆加固法在桥梁隧道工程施工中的应用

苏华

中铁二十三局集团第三工程有限公司

摘要：随着我国交通运输行业的不断发展，公路桥梁和隧道工程建设也得到了进一步完善，在进行桥梁隧道施工时，为了能够保证工程建设质量，就需要施工人员对其进行科学合理的加固处理，而灌浆加固法作为一种常见的加固方法，在桥梁隧道工程中有着广泛的应用，其能够对桥梁隧道工程中出现的软基或裂缝等缺陷进行有效的处理，进而有效地提升桥梁隧道工程建设的质量。本文结合工程实例对灌浆加固法在桥梁隧道工程施工中的应用进行分析研究。

关键词：灌浆加固法；桥梁隧道工程；施工应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.01.068

近年来，我国交通运输行业得到了迅速发展，公路和桥梁工程建设项目也随之增加，为了能够满足社会发展的需求，要确保公路桥梁和隧道工程质量符合设计及规范要求。然而随着我国交通运输行业的不断发展，在公路桥梁和隧道工程建设过程中，难免会出现一些质量缺陷，这些质量问题不仅会影响到公路桥梁和隧道工程的正常使用，还会严重威胁人们的生命财产安全。为了能够有效地提升桥梁和隧道工程建设质量，就需要施工人员对其进行科学合理的加固处理，其中灌浆加固法作为一种常见的加固方法，其在公路桥梁和隧道工程建设中有着广泛的应用，其能够有效地提升公路桥梁和隧道工程建设的质量。

一、灌浆加固技术的原理

灌浆加固技术是用机械钻孔打入基础的地下土层中，再将水泥浆液或其他类型的浆液注入。通过一系列的充填、渗透，使水泥浆在地下土层中呈圆筒状扩散渗透，浆液凝固后形成一个圆筒状的泥浆柱。在钻孔内灌注水泥浆，将泥浆不断的加压注入到孔周围地下土层中，通过水泥浆的挤压和渗透，使钻孔周围的土层被水泥浆挤压成为一个非常致密的柱状体，而水泥浆中的水则会被逐渐吸收，从而在柱状体和土层之间形成一个压力平衡层。在灌浆过程中，通过一系列的压力作用和渗透作用，会使浆液产生不同程度的变化和调整。在这种情况下，可以将这种变化称为压力平衡层或者渗透层。通过浆液的渗透，可以固结土层中的松动颗粒或者分解，使其变成细小颗粒并且被泥浆不断压实、挤密，从而在土层中形成一个具有一定强度和硬度的柱状体。浆液柱体会不断地向上延伸、上升并与地层接触。

通过一系列的压力灌浆渗透加固，改善地基土层结构及性状，提高地基承载力。

二、灌浆加固技术的分类、特点、适用性

（一）渗透灌浆加固法

渗透灌浆加固法主要是通过浆液的压力将浆液注入到隧道岩石裂隙、松散土壤、桥梁混凝土裂隙中，在凝固的过程中，浆液会将岩石、土壤或混凝土的裂隙填充，从而达到加固的目的。渗透灌浆加固法具有一定的适用范围，可应用于岩石和混凝土的裂隙、裂缝、空洞等问题。渗透灌浆加固法不仅可以解决岩层结构或土壤结构中存在的问题，还可以防止地质灾害发生，并且可以保证工程质量和提高施工效率。

该加固法使用较少，适用范围不大，但是加固效果好。

（二）填充灌浆加固法

填充灌浆加固法主要是通过对地基的内部进行填充，提高地基的密实度和承载力。该方法通常用于对建筑物内部存在裂缝和空洞等问题的加固，因为这些问题会导致建筑物整体安全性降低。在进行加固处理时，通常是在裂缝或空洞中进行填充，在混凝土中注入水泥浆或者是化学浆液，保证裂缝或空洞内部的结构更加密实稳定。

填充灌浆加固法的优点在于施工周期短、施工成本低、工程质量好等。但是由于填充灌浆加固法存在一些不足之处，在具体应用时可能会出现一些问题，比如灌浆过程中容易出现孔眼堵塞、灌浆不连续等问题，在出现这些问题时应该及时采取补救措施。

该加固法在建设施工领域适用范围广，使用频率高。

（三）电动化学灌浆加固法

电动化学灌浆加固法的原理是：通过注浆泵将水泥浆液或水泥浆通过灌浆管注入地层中，水泥浆液或水泥浆在地层中形成凝胶体，在混凝土中形成“化学胶结体”，起到加固混凝土结构的作用。

注浆泵是电动化学灌浆加固法的主要工具，该工具将浆液泵到裂缝处或不透土层上，然后通过孔内导管向孔内注入，注浆泵可由多个不同类型的泵组成。电动化学灌浆加固法在桥梁隧道工程施工中应用较多，如：通过控制注浆泵的流量、压力等参数，提高注浆质量；采用注浆管和孔口封闭器相结合的方法进行灌浆；采取全断面灌浆法，对桥梁隧道工程结构进行加固；对裂缝进行填充和封闭等。

该加固法多用于对桥梁桩基底地层的加固。

（四）压密灌浆加固法

压密灌浆加固法是当前较为先进的一种灌浆加固技术，具体而言，主要是通过压力将浆液注入地层之中，在浆液凝固之后，形成具有一定强度的加固结构。这种加固方式较为高效，具有较强的适用性，因此在当前隧

道工程施工过程中得到了较为广泛的应用。

该加固技术可以将一种或者多种浆液进行混合，并通过高压泵将浆液输送至地层之中。在浆液凝固之后，能够形成一种具有较强抗渗能力的加固结构。该方法可以有效提升混凝土结构的抗压能力以及抵抗变形能力，从而保证其质量。而且施工过程简单便捷，因此在实际施工过程中得到了较为广泛的应用。

该加固法多用于隧道工程项目。

三、S桥梁隧道工程项目概况

S桥梁隧道工程项目是某地区的一项重要工程项目，该地区交通不便，地势较为复杂，因此在该地区进行桥梁隧道工程建设时，施工难度较大。为了能够保证公路桥梁的质量，需要对公路桥梁隧道地基进行加固处理，提高公路桥梁的稳定性和可靠性。该项目主要包括以下内容：

（一）基本情况

S桥梁隧道工程项目位于某地区，该地区地形复杂，地势多变，在进行公路隧道工程建设时，需要对施工现场进行详细的勘察和分析，了解施工现场的地质情况。根据实际情况制定施工方案，保证工程建设质量。

（二）地质条件

在该地区进行桥梁隧道工程施工时，需要对工程所在的地质情况进行详细了解，对不同区域的地质情况进行分析，了解地质结构的稳定性，确定适宜的施工方法。

（三）工程结构

该桥梁隧道工程结构为双线，桥面净宽为7.5m，主线桥为现浇箱梁结构，副线桥为预制T梁结构。

（1）施工准备阶段：在该项目进行桥梁隧道工程施工前，需要对该项目的场地、运输道路、临时用电线路等进行相关的规划和设计。

（2）施工阶段：该项目在施工中主要采用了明挖法和暗挖法两种方法。在进行暗挖时，要做好对隧道周边环境的保护工作，确保周围环境的稳定性。

（3）工程施工时的注意事项：在该公路隧道工程施工过程中需要对混凝土裂缝进行严格控制，因为该项目所处地段是地下水比较丰富的地区，如果混凝土裂缝得不到控制，就会影响公路隧道的质量。

四、灌浆加固法在S桥梁隧道工程施工中的应用

（一）灌浆施工打孔

在S公路隧道工程施工中，首先要对隧道的各个结构进行检查，然后才能进行钻孔施工，是灌浆加固法的核心内容。在钻孔过程中，需要使用地质钻机、冲击钻等，来进行钻孔操作，在钻孔过程中，要严格按照设计要求进行打孔操作。

（1）根据设计要求确定孔深。在对S公路隧道工程施工进行钻孔前，首先要确定孔的深度，然后再确定孔的位置。孔的深度是根据设计要求进行确定的。一般情况下，设计要求钻孔直径为15cm，钻孔深度为4m，所以在实际施工中，要根据设计要求来确定钻孔深度，避免

出现孔的深度不够的情况。在钻孔过程中，要对钻孔的角度、方位进行检查，确保钻孔角度、方位符合设计要求。

（2）钻孔时，严格按照钻孔操作规程进行，要注意孔位是否符合设计要求。钻孔过程中需要严格按照设计要求进行操作，同时还要对钻孔深度、孔径等问题进行处理，确保整个施工过程顺利进行。

（3）在钻孔过程中，要注意观察孔内的情况，如果发现孔内出现堵塞的情况，需要及时查明原因，采取相应措施。并将孔内清理干净，确保钻孔位置具有良好的密封性。

（二）灌浆管道安装

（1）对灌浆管的材料进行选择，其需要符合相关规范要求，且在安装前需要对其进行检查，确保管道内无杂物，而且管道材料需要保证在使用前没有出现老化、腐蚀等情况，同时还需要保证其具有良好的密封性，以避免出现漏浆等现象。

（2）管道安装位置的确定，主要是根据钻孔直径来确定，同时也要考虑施工现场的实际情况。在对钻孔进行定位后，要根据设计图纸和施工要求来选择合适的位置，将灌浆管与孔壁之间的距离控制在2~4cm左右，如果不能满足相关标准要求时，需要在灌浆管上做出标记以确保后续施工工作的顺利进行。

（3）在进行管道安装时，尽量将灌浆管的中心对准孔道的中心位置，这样能够保证灌浆管具有良好的密封性。在对灌浆孔进行冲洗时，要使用清水来进行冲洗，并保证冲洗工作持续时间不能少于2分钟。

（4）对灌浆管进行安装时，需要对其进行固定，通常情况下是采用水泥砂浆来进行固定，且将灌浆管安装好之后，需要将其插进钻孔之中，然后使用压浆管进行连接。

（5）在管道安装完成后，需要对其进行水压试验，确认管道安装符合要求后才能继续施工。

（三）搅拌水泥浆液

根据工程实际情况，本次桥梁隧道工程施工中采用水泥土进行灌浆加固，而在水泥土搅拌中需要按照以下步骤进行：

第一步，根据施工设计方案确定水泥土的水灰比、水泥掺量以及搅拌时间等相关参数。进行水泥土搅拌，需要先将搅拌桶放入水中，并利用搅拌桶的搅拌器将水和土进行充分混合，保证水泥土搅拌的均匀，同时搅拌机的搅拌速度不能过快，避免搅拌过快影响水泥土的质量。

第二步，根据确定的水灰比和水泥掺量，同时将水泥土放置到搅拌桶内，在搅拌桶内加入适量的水。如果是用于搅拌水泥浆液，则需要设置两个搅拌机，一个用于搅拌水泥土，另一个用于搅拌水泥土和水泥浆液的混合物，其中搅拌机的转速不能过快，防止水泥土搅拌不均匀，影响水泥土的质量。

第三步，将需要进行搅拌的水泥土倒入搅拌器中，

再将搅拌器放入灌浆管中，加入适量的水。在进行水泥土搅拌时，还应注意以下两点：首先，搅拌的过程中不能过于频繁，防止水泥的水灰比发生变化；其次，搅拌时要保证浆液的浓度，如果浓度过高会影响水泥土的强度，使其不能达到预期效果。

第四步，开启搅拌机进行水泥水灰比和水泥掺量的控制，同时启动搅拌机对水泥土进行搅拌，同时观察搅拌桶内的水泥水变化情况，并根据实际情况调整水泥水的比例。

（四）地基灌浆

（1）在进行灌浆作业时，要按照相关的要求进行操作，首先要对灌浆设备等进行检查及试运转，确保灌浆设备能够正常使用。在灌浆施工过程中，要严格按照施工规范进行操作，加强过程管控，确保整个施工过程顺利完成。

（2）对于隧道工程施工的地基，需要先将浆液灌入，再将其注入，而且需要将钻孔的孔口封闭。首先，将导管放入钻孔，然后在导管当中注入水泥浆液，注入的速度和注入的量要根据具体情况来确定，一般情况下需要保持10分钟的时间，然后再进行注浆。注浆完成之后需要进行清洗，清洗结束之后就可以进行封孔工作。

（3）在进行灌浆施工前，需要先对钻孔进行检查，如果发现堵塞情况发生时，就需要及时处理。然后再用高压水来对堵塞的地方进行冲洗，冲洗完成之后就可以对其进行封孔处理。在施工的过程中，还需要根据工程实际情况来确定具体的注浆孔位置，然后对注浆孔进行编号，并将注浆孔进行封闭。在封闭时需要按照相关规范要求进行操作。

（4）当水泥浆液的浓度达到设计值时，就需要将钻孔中的水泥浆液压入，直至达到设计深度为止。但是需要注意的是，在灌浆过程中，需要对孔内注浆深度进行控制，如果钻孔中的水泥浆液没有达到设计值，需要加大水泥浆的用量，直到达到设计值为止。

（5）如果注浆孔距在1.5m之内，那么可以直接灌入5mm的水泥浆液，如果注浆孔距在1.5m~2.0m之间，那么就需要采用5mm~10mm的水泥浆液。

（五）浆液凝固

浆液凝固后，其强度和耐久性已满足设计要求，即可停止灌浆。为防止孔口压力过高而破坏浆液的稳定，可对孔内注浆段进行间歇灌浆，并适当提高浆液的浓度，减少其用量。间歇灌浆时间可根据工程地质和施工条件而定。间歇灌浆时应注意以下几个问题：

（1）孔内注浆段注浆完毕后，必须对灌浆压力、注浆量、灌浆时间等进行检查，符合要求后即可结束注浆。

（2）当浆液在压力作用下向孔底扩散，并在一定压力下压入裂隙和地层中时，则表示钻孔达到了灌浆要求。此时应采用适当的措施，如通过压力表测定浆液的压力值；若孔口不出浆，则表示所用的注浆量不足。

（3）当浆液在压力作用下向孔底扩散时，可采用

一定的措施使其不能溢出。当孔口出浆量减少到一定程度后，即表示达到了注浆要求。

（六）堵孔工作

当浆液凝固后，需及时进行堵孔工作，在进行堵孔时，需严格按照相关规范要求执行。首先，要对浆液进行充分搅拌，使其能够均匀的混合在一起，便于施工人员操作。其次，在堵孔工作中，要将孔内的所有杂质都清理干净。最后，当浆液凝固后，要对其进行适当的加压和养护，使其强度能够达到设计要求。

（七）灌浆加固施工注意事项

（1）合理的灌浆孔设计和切合现场实际的布孔

灌浆孔的布置方式有多种，结合作业现场实际情况，选择一种或多种合用，可简化灌浆流程。合理布置孔位后选择适合的孔径，即可保证灌浆效果，又能提高灌浆效率。

（2）灌浆压力的合理掌控：无论采用哪种灌浆加固方式，都应按照设计要求，结合地质及加固部位深度等，合理选择灌浆压力。只有灌浆压力符合要求，浆液才能渗透至设计范围，灌浆压力很大程度上决定了灌浆加固效果的好坏。

（3）注浆设备的选择：灌浆加固是一种高压作业方式，是靠压力设备将浆液压入待加固的地层中，阻力大，所以设备及管路的压力同样大，因此根据设计要求，合理选择注浆设备，是保证灌浆压力及施工效率，达到灌浆加固效果的根本保障。

（4）注浆材料：根据设计要求选择灌浆材料，做好原材料试验检测工作，过程中检测控制好水泥浆的配合比及浓度。

（5）注浆施工过程管控要点：

①要注意观察注浆过程中浆液扩散渗透半径，确保灌浆加固效果及质量。

②要注意观察灌注浆液的凝固时间。

五、结束语

总之，在桥梁隧道工程施工中，为了能够保证工程建设质量，根据需要对其进行科学合理的加固处理，其中灌浆加固法作为一种常见的加固方法，在桥梁隧道工程施工中有着广泛的应用，其能够有效地提升桥梁隧道工程建设的质量。在施工的过程中，施工人员需要严格按照施工要求进行施工，并做好质量管理工作，加强对混凝土结构的观察，发现裂缝等缺陷问题后及时采取合理措施进行处理，避免留下质量隐患，确保工程质量。

参考文献

[1]王朝晖.公路桥梁隧道工程施工中灌浆法加固技术的应用[J].甘肃科技纵横,2023,52(03):67-70.

[2]连立永.公路桥梁隧道工程施工中灌浆法加固技术的应用[J].运输经理世界,2022(36):71-73.

作者简介：苏华(1975-)，男，汉，四川攀枝花，本科，中级，研究方向：施工技术。