

高原高寒地区铁路工程风积沙地基处理

任彦吉

蜀道铁路投资集团绵遂内铁路有限责任公司 四川 绵阳 621000

摘要：高原高寒地区铁路建设中，风积沙地基的处理是至关重要的一环。风积沙的物理力学特性、渗透性和稳定性均需详细研究。因此，提出了包括强夯法、振冲法、挤密砂桩法和复合地基法在内的多种处理方法，以应对风积沙地基带来的挑战。同时，为确保施工质量和安全，建立完善的质量控制体系，并对施工过程实施严格的质量控制与监测检测。这些技术参考和理论依据将为高原高寒地区铁路工程中的风积沙地基处理提供有力支持。

关键词：高原高寒地区；铁路工程；地基处理

1 高原高寒地区铁路建设的重要性

高原高寒地区铁路建设的重要性不言而喻，它们不仅代表了工程技术的高度挑战，也承载着国家经济发展和区域联通的重任。这些地区的地理环境极为恶劣，极端气候条件、高原反应和稀薄的氧气等都是建设者需要面对的难题。首先，高原高寒地区铁路建设对于促进区域经济一体化具有重要意义。铁路作为陆上交通的骨干，能够连接边远地区与城市中心，加强沿线地区的经济合作和物资流通。这不仅可以加快地区间的信息传递，还能促进资源的优化配置，推动区域经济的均衡发展。其次，高原高寒地区铁路建设对于国家战略安全具有深远影响。这些地区往往地处边陲，是国防安全的重要屏障。铁路的建成将极大地提升国家在这些地区的战略机动能力，有利于加强边防防御，确保国家的领土安全和边境稳定。最后，高原高寒地区铁路建设也具有重要的社会文化意义。这些地区的自然景观独特而壮丽，吸引着大量的游客前来探险和旅游。铁路的建成将为游客提供更加便捷、舒适的交通方式，进一步推动当地旅游业的发展。同时，铁路建设也将促进当地文化的传播和交流，增强民族凝聚力和文化认同感。高原高寒地区铁路建设对于国家经济、战略安全以及社会文化发展都具有极其重要的意义^[1]。

2 风积沙地基的工程特性

2.1 风积沙地基的物理力学性质

风积沙作为高原高寒地区常见的一种特殊土壤，其物理力学性质对于铁路工程建设具有重要意义。风积沙主要由细小的砂粒组成，颗粒间缺乏有效的粘结，这使得风积沙具有较高的松散性和流动性。风积沙的含水率通常较低，导致其干密度和湿密度差异较大，这种性质在施工时需特别注意对水分的控制。风积沙的摩擦角和内聚力等力学参数相对较弱，这使得其抵抗外力的能力

有限。在铁路工程建设中，了解风积沙的物理力学性质对于地基处理方案的制定至关重要。例如，在路基填筑时，需根据风积沙的松散性和流动性特点，采取合适的压实方法和措施，以确保路基的稳定性和承载能力。

2.2 风积沙地基的渗透性与压缩性

风积沙地基的渗透性和压缩性是评价其工程性能的重要指标。由于风积沙颗粒间缺乏粘结，使得其孔隙率较大，渗透性较好。这种性质在一定程度上有利于地基的排水和固结，但也可能导致地基在浸水时产生较大的沉降。在铁路工程建设中，对于风积沙地基的渗透性需进行严格控制，避免因地下水位变化引起地基的不稳定。同时，风积沙的压缩性也需引起足够的重视。由于其颗粒间缺乏有效的支撑，风积沙在地基受荷时容易发生压缩变形。这种压缩变形不仅会影响地基的承载能力，还可能对上部结构物产生不利影响。因此，在铁路工程的地基处理中，需采取适当的措施来降低风积沙的压缩性，提高地基的稳定性和承载能力。

2.3 风积沙地基的稳定性分析

由于风积沙的物理力学性质较弱，且易受到自然环境因素的影响（如降雨、风化等），其稳定性往往较差。在铁路工程的建设过程中，需对风积沙地基进行详细的稳定性分析，以评估其承载能力和稳定性状况。稳定性分析的内容主要包括对地基的承载力、沉降、滑动等方面进行综合评价。在具体分析过程中，需结合地质勘查资料、现场试验数据以及工程经验等多种因素进行综合考虑^[2]。通过稳定性分析，可以明确风积沙地基的潜在风险和问题，为制定合理的地基处理方案和施工措施提供科学依据。同时，在施工过程中还需对地基的稳定性进行实时监测和评估，以确保铁路工程的安全和稳定。

3 高原高寒地区风积沙地基处理方法

3.1 强夯法处理风积沙地基



图1 强夯处理地基的施工步骤如图所示

在高原高寒地区，风积沙地基的处理经常依赖于强夯法。强夯法，其基本原理是通过重锤的自由下落产生的巨大冲击力来夯实土体，从而显著增强地基的密实度和承载能力。对于风积沙地基，这种方法的效果尤为显著。在实际操作中，首先对风积沙地基进行深入的调查和勘察，基于地质数据，确定以下具体施工参数：（1）夯锤选择：选用重锤时，依据风积沙的密实度要求，选择20吨的重锤。这个重量既能确保足够的冲击力，又能保证施工效率和安全性。（2）夯击能量：基于试验和计算，确定每击的夯击能量为1000kJ。这样的能量设置可以在保证地基均匀受力的同时，确保夯击效果。（3）夯击网格：预设5米×5米的夯击网格，以确保夯击效果的均匀分布。在夯击过程中，采用先进的监测设备，实时跟踪夯击效果和地基沉降情况。如果发现夯击效果不满足设计要求，会立即调整夯锤的重量、夯击能量或夯击网格等参数，以确保夯击效果符合预定目标。即便在气候寒冷、施工期短的不利条件下，强夯法仍然能够迅速有效地提高风积沙地基的密实度和承载能力，为铁路工程建设提供坚实的基础。

3.2 振冲法处理风积沙地基

在施工中，振冲法首先在地基中均匀分布地钻孔，随后插入振冲器。振冲器产生的强烈振动作用会促使孔壁周围的土颗粒受到显著的挤压和振动，同时，配合高压水流对孔壁的冲刷作用，土颗粒得以重新排列，紧密地结合在一起。通过连续的振冲和冲刷操作，原本松散的风积沙地基逐渐变得密实，形成一个均匀且承载能力显著提升的地基层。具体而言，经过振冲法处理的风积沙地基，其密实度平均可提高30%以上，而承载能力则能提升至少20%。振冲法的优势在于其高效性、显著的处理效果以及对周边环境的较小影响。在高原高寒地区，其

施工效率尤为关键，而振冲法恰恰能在短时间内完成大面积的地基处理。同时，其处理效果稳定可靠，能显著改善风积沙地基的物理力学性质，提高地基的稳定性和承载能力，为铁路工程建设提供了坚实的基础。

3.3 挤密砂桩法处理风积沙地基

在高原高寒地区进行铁路工程建设时，风积沙地基处理是一项至关重要的任务。由于风积沙具有松散、易流动和低内聚力等特性，传统的地基处理方法可能无法有效改善其工程性能。在这一背景下，挤密砂桩法因其独特的优势而被广泛应用于风积沙地基的处理中。挤密砂桩法的基本原理是通过在地基中设置砂桩，利用砂桩的挤密作用来增强周围土体的密实度和承载能力。在施工过程中，首先需要根据设计要求和工程实际情况，在地基中钻设一定直径和深度的孔。然后，将预先准备好的砂料通过振动或冲击等方式填入孔中，确保砂料与周围土体紧密结合。随着砂桩的填入，周围的风积沙土体会受到砂桩的挤压作用，土体颗粒重新排列，孔隙减小，从而实现地基的密实。这种密实过程不仅能有效提高地基的承载能力，还能降低地基的压缩性和渗透性，增强地基的整体稳定性；挤密砂桩法施工简便，适应性强，适用于各种地质条件下的风积沙地基处理^[3]。

在高原高寒地区应用挤密砂桩法处理风积沙地基时，应注意以下几点。首先，应选择优质、均匀的砂料作为填料，确保砂桩的密实度和稳定性。其次，严格控制砂桩的直径、深度和间距等关键参数，以满足设计要求。通过精确控制，砂桩的直径一般控制在0.5米至1米之间，深度则根据地基情况和工程需求确定。间距则根据地基的密实度和稳定性要求进行调整，一般控制在1米至2米之间。最后，施工完成后应进行全面的地基监测和检测，确保地基处理效果符合预期。监测内容应包括地基的密实度、沉降情况和承载能力等关键指标。

3.4 复合地基法处理风积沙地基

在复合地基法中，可以根据风积沙地基的具体情况选择多种处理方法进行组合，如强夯法结合振冲法、挤密砂桩法结合注浆法等。通过不同处理方法的相互作用和相互补充，可以最大程度地提高地基的密实度、承载能力和稳定性。复合地基法还能够充分利用各种处理方法的优点，避免单一处理方法的局限性，提高地基处理的整体效果。在高原高寒地区铁路工程建设中，采用复合地基法处理风积沙地基是一种有效可行的方法。它不仅能够满足工程对地基承载能力和稳定性的要求，还能够提高工程的施工效率和经济效益，为铁路工程的顺利进行提供有力保障。

4 风积沙地基处理质量控制

4.1 质量控制体系

在高原高寒地区进行风积沙地基处理时,构建完善的质量控制体系至关重要。首先明确控制目标,如提高地基密实度、降低渗透性、增强地基稳定性和承载能力,并设立相应的技术指标和标准以量化评估。其次,体系明确了控制方法和措施,涵盖材料、设备、工艺和人员四个方面。材料需符合设计要求和质量标准,设备应性能稳定且易于操作,并需定期维护。施工需严格遵循设计方案和规范,确保每个环节质量达标。加强施工人员培训和管理,提升专业水平。最后,体系建立了有效的监督机制,包括日常监督、定期检查和专项检查,确保施工现场安全、文明施工,并及时发现和整改问题,确保施工质量符合设计要求^[4]。这一体系为风积沙地基处理提供了全面、系统的质量控制保障。

4.2 施工过程质量控制

在进行风积沙地基处理时,尤其是在高原高寒地区,施工过程质量控制的重要性不言而喻。(1)材料使用监控;考虑到高原高寒地区环境的特殊性,对于每批次进场的砂料、水泥、添加剂等材料,必须进行严格的质量检查和复试。这一环节的重点在于确认材料的物理性能、化学成分等关键指标是否达到设计和规范的要求。任何不符合要求的材料都必须进行退货或替换,以确保所使用的材料不会对地基处理的质量产生不良影响。(2)设备状态监控;在施工前,必须对所有施工设备进行全面的检查,确保其处于最佳的工作状态。这包括但不限于设备的机械性能、电气系统、液压系统等方面。在施工期间,还应定期对设备进行维护和保养,确保设备在施工过程中始终保持稳定的运行状态。特别是对于关键设备,如夯机、振冲器等,更应加大监控和维护力度,避免因设备故障而影响施工质量和进度。(3)工艺执行监督是确保施工质量的关键环节;在施工过程中,必须严格按照施工方案和工艺要求进行操作,不得随意更改施工工艺和参数。对于关键工序和环节,如强夯法中的夯击遍数、振冲法中的振动频率等,应进行重点监控和记录;加强对施工人员的培训和监督,确保他们熟悉并掌握施工工艺要求,能够正确执行施工操作。

(4)现场管理加强也是确保施工质量和安全的重要措

施;在高原高寒地区施工,安全问题尤为重要。必须加强施工现场的安全管理,确保施工人员的生命安全;加强文明施工和环境保护管理,避免施工过程中对环境造成破坏。制定完善的应急预案,以应对可能发生的突发事件,确保施工安全可控。

4.3 监测与检测

在风积沙地基处理工程中,精准的监测与检测是保障施工质量和安全不可或缺的一环。(1)地基沉降监测:地基沉降直接影响地基的稳定性。因此,我们将实施定期的地基沉降观测,精确记录数据,以捕捉任何可能的异常沉降,并据此及时采取措施。(2)地基承载力检测:为确保地基的承载能力和稳定性达到设计要求,我们将采用静载荷试验、动力触探试验等先进方法,定期对地基承载力进行检测和评估。(3)关键参数监测:针对不同施工方法,将对关键参数实施专项监测。如强夯法施工中的夯击能量传递与分布,振冲法施工中的振冲器振动频率与时间等。这些数据的实时收集与分析,将帮助我们及时发现潜在问题并作出相应调整。在整个监测与检测过程中,将采用先进的仪器和设备,严格按照国家及行业标准操作,确保数据的准确性和可靠性。

结束语

高原高寒地区铁路工程风积沙地基处理是一项复杂而重要的任务。通过综合运用各种地基处理技术和方法,结合严格的质量控制体系和监测与检测手段,可以有效改善风积沙地基的工程性能,确保铁路工程的安全和稳定。未来,随着技术的不断发展和创新,相信我们能够更好地应对高原高寒地区铁路建设中的各种挑战,为国家的经济和社会发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]柴茂林.高原高寒地区混凝土冬季施工技术分析与研究[J].科技创新与应用,2020,10(7):154-155+157.
- [2]李明.王晓峰.高原高寒地区风积沙地基处理技术研究[J].铁道标准设计.2021.65(12):34-38.
- [3]王刚.赵华.高原高寒环境下风积沙地基施工质量控制研究[J].铁路工程技术与经济.2022.37(1):17-20.
- [4]张宇.高原高寒地区铁路工程风积沙地基处理技术创新[J].科技创新与应用.2023.13(1):102-104.