

高寒地区水泥改良粉细砂施工技术

文 / 殷 缀 中铁二十四局集团南昌铁路工程有限公司

摘要: 随着我国高速铁路的快速发展,全国各地的高铁建设进入高峰期。大部分地区都有合适的填料对高铁路堤进行填筑,然而往往也有部分地区因缺少合格的填料,在这种情况下,应全面改良路堤本体填料。在内蒙古地区,由于附近主要都是风积沙,所以水泥改良粉细砂是一种比较经济实用的手段。同时,内蒙古地区的高寒性增大了水泥改良的难度,因此,本文对高寒地区水泥改良粉细砂施工技术进行深入研究具有重要意义。

关键词: 高速铁路;水泥改良粉细砂;高寒地区

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.046

一、工程概况

新建通辽至京沈高铁新民北站铁路站前工程TSLG-3标段起始里程DK99+167位于辽宁省彰武境内,终点里程DK160+000位于内蒙古科尔沁左翼后旗境内,线路全长60.833km,其中区间路基54.192km。水泥改良粉细砂共计473.58万方,在基床以下路堤中,使用4%的水泥改良粉细砂为243.66万方,而在基床底层中,采用6%的水泥改良粉细砂为229.92万方。整个线路应用填方的方法穿越风积沙丘,该区域地形起伏较小,交通便捷,地表基本以耕地和沙丘为主,左边临近G304国道,而右变则靠近大郑铁路。历年平均气温7.1℃,最低气温为-32.7℃。

二、水泥改良粉细砂填筑适用范围

此路段设计具体情况如下:路基的顶宽为13.4米,平均填高5.0m,在路基面中间位置往两边方向设置4%的排水坡。由于缺乏合格的填料,因此路基基床底层及基床以下路堤采用粉、细砂掺水泥化学改良填料填筑路基。

三、原土料及掺料的要求

原土料需要使用粉细砂,不允许应用黏性土和粉土实施改良,如果土源中存在黏性土或者是粉土,应及时剥离。在对路基土进行检查时,应符合相关规定要求的情况下,开展颗粒密度与标准击实试验,其中有机质含量不得超过2%,而硅酸盐含量要求低于0.25%。

在选择外掺料时,基本以普通硅酸盐水泥为主,其安定性、强度等级等方面均符合相关规定的标准。本工程使用强度等级为P.0 42.5水泥,要求初凝时间要求达到3h以上,而终凝时间至少在6h。

四、水泥改良粉细砂试验段施工

1、施工准备

(1) 完成现场“三通一平”。

(2) 组织施工所需的机械设备和施工人员进入施工现场并对施工设备进行安装调试。

(3) 组织施工现场所有人员开展安全与技术交底工作。

(4) 测量人员对路基中线、边线进行了放样。

(5) 对原土料取样,进行标准击实、土的定名、有机质含量、硫酸盐含量试验。选取符合要求土料。外掺料采用P.0 42.5缓凝水泥,开展胶砂强度、安定性等方面试验。

(6) 选定水泥改良粉细砂配合比,确定最大干密

度、最佳含水率及7d无侧限抗压强度。

2、工艺性试验参数确定

在填筑作业中,应明确出水泥改良细砂的详细参数,具体包括松铺数值、灰剂量以及含水率等。

在对水泥改良粉细砂进行试验时,需要选用200m路基作为试验对象,根据填筑施工进度与具体位置,填筑基床底部与基床以下路堤试验段,分别为6%和4%水泥改良粉细砂。

3、试验段工艺总结

在对试验段进行填筑时,需要使用各种作业数值开展施工,对水泥改良粉细砂的施工技术进行全面总结,为后期项目建设提供参考依据。根据验收规定的要求与标准实施压实与填筑试验,进而能够精准明确出实际含水量、铺填厚度、填筑技术与铺填厚度。在进行试验期间,需要详细记录以下内容,包括作业流程、设备型号以及碾压速度等。在试验段中,具体技术参数为:

(1) 松铺厚度与压实遍数

碾压方式	松铺厚度 (cm)	压实厚度 (cm)	压实系数	备注
静压1遍+弱振1遍+静压1遍	30	28.3	0.87	
静压1遍+强振1遍+弱振1遍+静压1遍	30	25.8	0.92	
静压1遍+强振1遍+弱振2遍+静压1遍	30	24.5	0.94	
静压1遍+弱振1遍+静压1遍	35	32.6	0.85	
静压1遍+强振1遍+弱振1遍+静压1遍	35	31.5	0.89	
静压1遍+强振2遍+弱振2遍+静压1遍	35	30.2	0.92	
静压1遍+弱振1遍+静压1遍	40	37.3	0.82	
静压1遍+强振1遍+弱振2遍+静压1遍	40	36.5	0.86	
静压1遍+强振2遍+弱振2遍+静压1遍	40	35.2	0.90	
静压1遍+强振3遍+弱振2遍+静压1遍	40	34.5	0.92	

通过试验,并结合上述信息表明,如果松铺的厚度

超过30cm，需要至少碾压四次，才能够达到预期的密实度，然而当压实厚度在24.5cm时，作业效率不高，并且还会降低收益；如果松铺的厚度保持在40cm，要求碾压七次，才能够使其密实度符合设计标准，然而需要花费大量时间，难以有效提升水泥土的抗压性能，并且可能还会发生失效的现象，无法有效控制工程建设质量；当松铺为35cm时，需要碾压至少6次，才能够保证密实度满足规定的设计标准，如果压实厚度超过30.2cm，不仅可增强改良土体的压实度，还能够改善机械设备的使用性能，并在水泥材料初凝之前完整作业，以提升填筑施工的效率与质量。填筑过程中，现场取样，将改良土制作成标准试件，试验室测定水泥土无侧限抗压强度满足设计要求。

(2) 最佳施工设备组合

序号	设备名称	规格型号	单位	数量	备注
1	振动压路机	22T	台	1	
2	振动压路机	18T	台	1	
3	装载机	ZL50B	台	1	
4	推土机	东方红 120	台	1	
5	挖掘机	CAT350L	台	2	
6	平地机		台	1	
7	自卸汽车	CQ3260	辆	8	
8	洒水车		辆	1	
9	测量及土工试验仪器		套	1	

方案一：使用2台18T型号的压路设备碾压；

方案二：采用1台18T压路机和1台22T压路机碾压；

方案三：采用2台22T压路机碾压；

经过以上三个方案的试验，仅使用18T压路设备开展碾压作业时，无法有效改善压实效率，要求多次碾压才可符合规定的检测标准；在使用22T类型压路设备进行碾压时，可增加压实效率，但是碾压结束之后路基面难以收光平整，并且还会降低表层的密实性，增加成本投入；在应用22T类型的压路设备开展碾压工作时，需与18T类型的压路机进行联合静压收光作业，不但可缩短施工周期，还可确保作业质量能够达到预期要求。

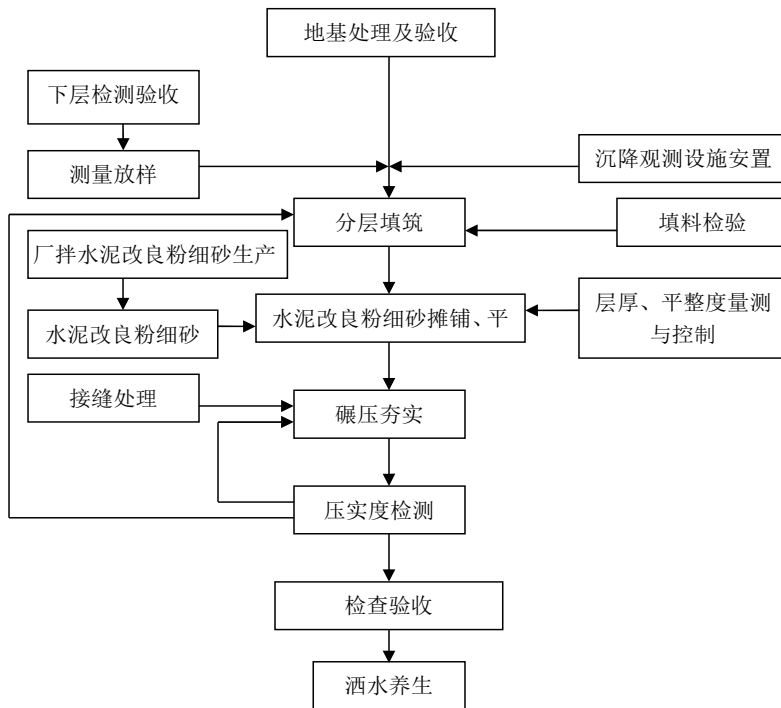
(3) 通过实验确定的工艺参数

在对基床底层进行施工时，其压实度需要达到92%，在16*10m尺寸的方格内倒入两车水泥改良粉细砂，对松铺厚度进行严格控制，具体厚度在35cm，而压实厚度要求保持在30cm，松铺数值为1.16。在进行碾压时，至少需要6次，详细流程为静压、弱振、强振、弱振以及静压。同时还要对三个断面中的6个点进行全面检测，保证压实度能够满足设计标准。最佳含水率为8.3%，最大干密度为1.84g/cm³。在7d中，无侧限抗压的强度要求保持在0.25Mpa，灰剂量为4.5%，此次试验区区域参数为0.26Mpa，基本符合设计标准。

五、水泥改良粉细砂填筑施工

1. 施工工艺

(1) 水泥改良粉细砂施工工艺流程图见下图。



(2) 地基处理

基底处理前设置永久型平面和高程控制基点，便于在施工范围内全面恢复中线、测定边界范围。

路堤基底处理后经沉降测量和地基系数检测，报监理工程师验收合格后开始进行水泥改良粉细砂施工。

(3) 施工准备

在进行路基填筑作业之前，需要移出路基内的边桩，并沿着路基纵向位置每间隔10m布置标高指示桩，对填料铺设厚度进行严格控制，在上土之前，应结合中线区域将路基细分成10m×6m规格的长方形状的格子，

同时还需使用白灰标记出所有格子的边线，方便自卸车倒入填料，并对摊铺厚度进行全面控制。

(4) 水泥改良粉细砂拌

在拌和站中，生产加工水泥改良粉细砂拌合料，保证灰剂量的匀称性，同时还需在出料位置对灰剂量进行详细检测，将灰剂量误差保持在-0.5%至1%范围内，如果未达到要求，需要合理调节。

在水泥改良粉细砂拌合料中，控制含水量的详细内容如下：①加入4%水泥改良粉细砂，如果温度在20℃至25℃之间时，需要将拌合料含水率设置在8%；当温度处在25℃至30℃左右时，含水率要求保持在9%；如果气温处于30℃至35℃范围内时，含水率需要保持在11%。②掺6%水泥改良粉细砂，气温达到20℃~25℃时，拌合料含水率控制在9%；如果温度在25℃至30℃左右，含水率需要保持在10%；当温度处于30℃至35℃之间，含水率要求在11%。

(5) 水泥改良粉细砂运输

采用自卸车运输。并保证8辆以上运输车辆，确保推土机能够不间断的连续摊铺。拌制好的拌合料应尽量快速运送到铺砌现场。拌合料在运输的过程中应覆盖，减少水分损失。

(6) 分层填筑

在填筑作业之前，需要对下承层实施洒水处理，使路基面保持湿润状态，当下承层的表层过于松散，需采用平地设备，移除松散土层，然后实施洒水工作。将水泥改良粉细砂从水泥改良粉细砂拌和站用大型自卸车运至现场后，卸到指定方格网，卸料由专人指挥，严禁施工机械在上一层填筑好水泥改良粉细砂路基上急转弯急刹车和转弯掉头。在各个方格网中，相关人员需要精准计算出用土量，在进行摊铺过程中，需要对路基两边拓展30cm。在实际作业期间，应对灰剂量、虚铺厚度等方面进行全面检测。

(7) 填料摊铺

在搭建施工面时，水泥改良粉细砂需要卸料20至30m左右，之后才可开展摊铺作业，避免填料表层中的水分快速流失。在摊铺填料过程中，需先使用推土机进行粗平之后，然后再采用平地机实施精平，使各个填层的厚度与平整性都符合规定要求，在进行摊平时，需采用铁锹挖洞的方法，实时检测松铺的厚度。根据相关规定各层在填筑过程中，应设置2%至4%左右的人字形状的横坡，当发生困难时，可在基床底层逐层产生。在临近两段中的上层与下层填筑接头位置，需要错开距离至少在3m以上，并对接头位置没有进行碾压密实处理的填料全面清理，确保接头质量符合规定标准。

(8) 机械碾压

在进行压实过程中，首先是两侧位置之后往中间区域，具体作业流程为静压、弱振、强振以及静压，然后纵向碾压。在使用水泥改良粉细砂时，应及时进行摊铺碾压工作，结合具体要求对各个施工面使用双驱18t与双驱22t规格的压路设备开展作业。在碾压时，要求速度低于4km/h。在首次碾压时，使用22t压路设备实施静压与振动，然后再采用18t压路设备实施收光处理。在

交接区域，需要相互重叠压实，在纵向位置中的搭接长度要求超过2m，而沿线路纵向每行之间的压实重叠要求在40cm以上，在上层和下层填筑接头位置的错开距离至少达到3.0m；在完成碾压工作之后，需全面检测各项指标。在路基边坡的1m区域内，对于难以碾压的位置，应采用小型振动打夯设备，或者是小型压路设备进行压实处理。

(9) 养护

当首层填筑符合要求之后，水泥改良粉细砂在初凝之前如果没有及时对上层进行铺筑，或者是表面裸露水泥改良粉细砂需要采取保湿养护处理。当初凝之前，在其上侧开展下层作业，无需开展养护工作。

在养护过程中，应使用土工布覆盖洒水的形式，养护时间至少在7d以上，其中前3d要求土工布保持湿润，而3d至7d之间需要保持潮湿状态。为保证水泥改良粉细砂的养护质量，应在沿线100至200m左右的区域合理布置抽水井，并在每公里安排3组洒水养护团队。在白天期间，需要间隔4h开展一次养护工作，如果周围温度相对较高，则应适当增加洒水次数。当水泥改良粉细砂达到设计基床顶层时一直养护到基床表层级配碎石填筑前。

在进行养护过程中，层面需要保持湿润状态，并禁止无关车辆通行。

(10) 裂纹处理

经过11月至次年4月的冰冻期，水泥改良粉细砂路基表面出现细微裂纹，查询资料发现掺4%水泥改良粉细砂填料灰剂量大于4%时，路基面裂纹产生比较多，灰剂量处于3.5%-4%之间的时候，路基面裂纹相对较少；掺6%水泥改良粉细砂填料灰剂量大于6%时，路基面裂纹产生比较多，灰剂量处于5.5%-6%之间的时候，路基面裂纹相对较少。针对水泥改良粉细砂路基面裂纹，联合业主、设计院及监理单位研究决定，设计院根据现场情况，给出以下两种补充设计方案：

①基床底层水泥改良粉细砂未完成填筑的地段：填筑最上层改良土时每隔15m左右设置一道变形缝，缝宽0.02m，缝内塞入沥青木板或沥青麻筋；

②基床底层水泥改良粉细砂已完成填筑的地段：对于宽度大于3mm的裂缝采用灌注水泥浆处理（水灰比暂定1:1）。

结论

通过本次水泥改良粉细砂施工，确定高寒地区该项目施工的基本参数及最佳设备组合，希望对今后其他施工单位在类似施工中起一定的参考作用。

参考文献

- [1]《高速铁路路基工程施工质量验收标准》（TB10751-2010）
- [2]《铁路路基工程施工质量验收标准》（TB10414-2003）
- [3]《高速铁路路基工程施工技术规程》（Q/CR 9602-2015）
- [4]《铁路路基设计规范》（TB10001-2005）
- [5]《铁路路基工程施工安全技术规程》（TB10302-2009）