

高速公路中特殊路基处理施工技术

王海

湖南建工交通建设有限公司

摘要：“道阻且长，行则将至”是人们对于高速公路的深刻理解。然而，在建设高速公路的过程中，除了光滑的路面外，路基的处理也起着至关重要的作用。在特殊的地形条件下，如何保证路基的安全、可靠和稳定，成为当今交通工程领域亟待解决的问题。本文将实际工程案例为基础重点阐述高速公路中特殊路基处理技术的应用，希望能对广大读者了解高速公路建设，提升路基处理技术水平有所帮助。

关键词：高速公路；特殊路基；处理施工技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.16.065

一、工程简介

茶陵至常宁高速公路是湖南省高速公路网的重要组成部分，本合同段桩号为K40+320~K56+898，位于郴州市安仁县（长5.41Km）和衡阳市耒阳市境内（长11.17m），两市分界桩号K45+730。本段路线采用双向四车道高速公路标准建设，设计速度120Km/h，路基宽度26.5米，桥涵设计汽车荷载等级采用公路—I级。线路起点位于安仁县华王乡大塘村，经安仁县华王乡华王村、合江村、肖湾村，耒阳市导子镇中山坪村、洞中村、导子居委会、双喜村、柳扶村，与第七合同段相接，线路长16.578Km。本段施工采用特殊路基处理施工技术以提高路基的稳定性和承载能力，延长路基使用寿命，同时提高路面的平整度和舒适性。

二、低填浅挖路基

（一）填料粒径和压实度要求

低填浅挖路基的填料最大粒径小于10cm，且要求填料粒径分布均匀。这是因为填料粒径过大或过小都会影响填土的密实度和稳定性。当填料粒径过大时，填料之间的空隙较大，难以实现密实压实，容易造成路基变形和沉降；而填料粒径过小时，则会增加填料间的摩擦力，难以压实，也容易造成路基沉降。因此，填料粒径的合理选择和质量控制是保证路基稳定性的重要措施。低填浅挖路基的压实度要求较高，不小于96%。压实度越高，路基的稳定性和承载能力就越好。为了保证压实度，施工人员需要在填料散铺之后，采用专门的压路机进行压实^[1]。在压实过程中，要注意控制压路机的行驶速度和振动频率，以确保填土的密实度和稳定性。

（二）横断面设计

低填浅挖路基的横断面设计相对较特殊。一般采用梯形横断面，即路基两侧较高，中央较低。这样设计的主要目的是增加路基的稳定性和排水性能。当路基两侧较高时，可以增加路基的抗滑性和承载能力；而中央较低时，则可以提高路基的排水性能，防止积水和路基沉降。在横断面设计中，还需要注意路基的坡度和横向坡

度。坡度过大会影响行车安全，而坡度过小则会影响排水性能和路基稳定性。因此，在设计中需要综合考虑路基的承载能力、排水性能和行车安全等因素，确定合理的坡度和横向坡度。

（三）地下水的处理

在低填浅挖路基的施工中，地下水处理也是一个重要的问题。如果地下水处理不当，会导致路基沉降和变形，影响路基的稳定性和承载能力。因此，在施工前需要进行地下水勘探和分析，确定地下水的水位和流向，以制定合理的地下水处理方案。地下水处理方法主要有两种：一种是降低地下水位，以减轻路基承载压力；另一种是采用防水层，以防止地下水渗透到路基内部。在具体实施中，需要根据地质条件和工程要求，选择合适的地下水处理方法，以确保路基的稳定性和承载能力^[2]。

三、半填半挖与填挖交界段路基施工

（一）半填半挖与填挖交界处的强化处理

在填方区为土质或含强度低的软石时和为整体性好的坚石、次坚石时所需采取的加固措施。对于土质或含强度低的软石，需要将结合区超挖至下路床底面，并铺设双层钢塑复合双向土工格栅进行强化处理，以增加其稳定性和承载能力，减少路基的不均匀沉降；对于坚石、次坚石，需用冲击压路机全面补压，并在填方区同步铺筑至上路床，在上路床顶面结合部铺设双层钢塑复合双向土工格栅，以提高其稳定性和承载能力。

同时，在填挖交界处，应按设计要求铺设土工格栅；选择土工格栅时，要进行抽样检测，必须满足设计要求；铺设时，应平整地贴在已压实的填土层表面，并用U型钢钉固定。在布设纵向接缝时，搭接长度要大于20cm；横向接缝宽度也要大于15cm，且使用U型钢钉固定。还要注意的，在铺设双层格栅时，上、下层格栅的接缝应该错位1m以上。

（二）填土交界处的处理

填土交界处的台阶宽度应根据原地面坡度而定。在地面横坡陡于1:5时，应对路堤基底开挖 $\geq 2\text{m}$ 宽台阶，并设 $> 4\%$ 内倾横坡；当地表覆盖土层厚度小于2.5m时，应在基岩开挖反向台阶；当地面横坡陡于1:2.5时，应根据填土高度和地形等因素设置护脚、护肩、路肩挡墙或路堤挡墙等支挡工程，并采用透水性好的材料填筑，以提高路堤稳定性。在实际施工中，应结合具体情况，采用适当的施工方案和技术手段，加强质量监管和控制，确保填土交界处的台阶施工质量符合要求，从而保障道路的安全和稳定性^[3]。

（三）半填半挖区填筑路堤的施工要点

在进行半填半挖区路堤的填筑时，需要考虑每一

级道台高度，并据此分配填料层的厚度和层数。在同一个台阶所覆盖的范围内，最高的填料层应该达到规范规定的铺设层最小厚度，并且需要保证其松土厚度高于台阶平面2cm左右。这样可以保证对土质堆和最顶部的填充层进行碾压，从而将它们压实并确保路堤的平整和稳固性。

此外，在土木工程的实践中，在填土交界处需要设置一层过渡层。当原始地面斜坡陡峭超出了1:0.75的标准，通常难以创建台阶。如果遇到这种情况，就可以在陡坡与填筑层相接处铺设宽度不小于60cm的碎石，形成一个平稳的过渡层。为达到最佳效果，该过渡层应与每个填筑层同步填筑，并且对填充的材料进行统一压实。通过这种方式，可以有效地减少填土交界处的变形和沉降问题，从而提高路堤的承载能力和稳定性。

半填半挖区填筑路堤的施工期间，需要注意地下水的处理。当填挖交界处存在露头地下水时，应用盲沟或渗沟将地下水导排至路基以外。如果没有设计要求，则应根据地下水流量大小采用带多孔排水管的渗沟或盲沟排出。这样可以有效地保障路堤的抗水能力和稳定性，确保道路的安全和质量。

（四）纵向填、挖交界处的处理

1. 清理原地面

在纵向填、挖交界地段进行施工前，首先要清理填方路段，同时还要根据填土高度和坡度来决定清理长度。清理的重要性在于减少填土与原土之间的不良接触，从而减少路堤变形和沉降的风险，确保道路的平稳性和稳定性。

2. 填方与挖方的拼接

在纵向填挖交界处开挖前，必须经监理工程师检验完毕后进行。纵向填、挖交界处填筑时，需要从低到高分层摊铺并碾压，注意填、挖交界位置，碾压要做到密实且无痕。纵向填、挖交界处常伴随着半填半挖横断面，在这种情况下，必须根据设计要求和规范要求，制定合理的施工方案。在半填半挖横断面处，需要特别注意填挖交界处的处理。填方和挖方的交界处必须做好过渡，确保填方和挖方之间的接缝处无缝隙，同时也要做好填方和挖方之间的排水处理，以防止积水和渗漏。在施工过程中，还需要注意对土质的检测和控制，确保填方和挖方的土质符合设计要求和规范要求^[4]。

四、软土路基施工

（一）清淤换填

1) 施工准备：清淤前，应由建设、施工、监理、设计等单位代表共同核实软基的范围及深度、清挖淤泥之前应测量清淤区的平面范围和淤泥区的纵断面高程；沿路线中心线以间距不大于10m设一个断面，每个断面视淤泥表面的起伏情况至少测5个点的高程，测点的坐标和高程数据应标示在清淤平面图上；应在红线边上每100m挖一个2m的试坑，以核实该地段“硬壳夹层”的厚度，也可用于检验该地段的地下水位情况。应备足换填材料，选择在无雨水天气连续进行工作，以免雨水浸泡软化基低。

2) 抽排地下水：在换填区有地下水时，施工时须在清淤区四周挖临时排水沟和路基范围之外挖临时集水井，其深度应在地下水位以下1m；将换填区基底的地下水通过临时排水沟导流至集水井并用抽水机抽排，以保证换填区的基低处于不积水状态；换填材料的厚度应超出地下水位30cm以上。

3) 挖出软土：采用挖掘机挖除软土至设计标高，过程中需结合现场与土质状况，确定放坡的比例。坡脚可适当采取堆载的方式来防止坡壁产生滑坡，再由人工清除剩余软土直至达到设计标高，土方挖完后将临时坡道边退边挖。

4) 分层回填片石：对基坑底清理干净，无积水，泥浆及浮土等，再次测量清淤区基坑底平面范围和纵断面高程，并采用轻型动力触探试验检测基坑底地基承载力，自检合格后报监理工程师，验收合格后分层回填片石，换填厚度应符合设计及规范要求，基坑大体需要整平。自卸汽车运输换填材料进场后采用后倾法卸料分层填筑，换填材料的厚度不宜大于50cm每层，材料粒径不宜超过层厚的2/3，石块之间的空隙需用碎石或小片石填实，对于需处理的淤泥采用自卸汽车运输至指定的弃土场。

5) 压实：使用振动压路机对填料进行碾压，在按照先两侧后中间的方式反复碾压，压实路线保持纵向平行。首先是静压，然后缓慢加速，从微弱振动向强烈振动过渡，行车速度从缓慢到快速，最高车速为每小时4公里。横向接头压轮交叠1/2-1/3，要均匀压实，避免漏压和死角。在清除淤泥盲区时，要尤其注重碾压的紧实度，可以使用挖机修台阶，压路机在纵向和横向方向上重复碾压。回填压实度是通过碾压次数来控制的，以沉降量为判断依据，采用振动压路机进行2-6次的碾压。当碾压结束后的标高变化不大且压实层顶部稳定，没有下陷的时候，就可以判断为密实。填料的检测通过后，由监理工程师进行检验，合格后填筑上一次。每一层的填筑都要经过测量和标定，绝对不能盲目进行。第一段完成2~3层填筑后，再进行二段回填，二段回填时，要注意与第一段的回填石料层间的衔接。为了保证紧密，可以在衔接处挖出台阶。

6) 平整：为符合表面平整度的要求，表面填筑碎石后同时采用推土机与刮平机进行粗平及精平，以此保证平整度要求，换填结束后报请业主、监理四方联测和验收签认，达到要求后进行路基正常填筑施工。

（二）双向螺旋搅拌桩施工工艺

1. 水泥搅拌桩施工工艺流程

1) 整平场地：

2) 测量、放线，布置桩位；

3) 搅拌机定位：缩进伸缩叶片，起重机悬吊搅拌机到指定桩位并对中；

4) 切土下沉：启动搅拌机，使搅拌机沿导向架向下切土，同时开启送浆泵向土体喷水泥浆，两组叶片同时正、反向旋转切割、搅拌土体，搅拌机持续下沉，直

到设计深度；

5) 提升搅拌：关闭送浆泵，搅拌机提升、两组叶片同时正反向旋转搅拌水泥土，至地表或设计桩顶标高；

6) 切土下沉：将伸缩叶片调节到上一根桩的直径，将搅拌机沿着导向架向下切土，同时打开送浆泵，将水泥浆喷在土体上，两套叶片同时从正向和反向旋转切割、搅拌土体，搅拌机不断下沉，直至到达断面的设计深度；

7) 提升搅拌：搅拌机提升、关闭送浆泵，两组叶片同时正反向旋转搅拌水泥土，直到地表或设计桩顶标高以上50cm；完成水泥土双向搅拌桩单桩施工。

2. 水泥搅拌桩施工注意事项

1) 水泥土搅拌桩施工前，应根据现场情况进行试桩，以取得各种施工参数，确保大面积施工质量。

2) 要确保设备的平稳，保证在施工的时候，不会出现倾斜和移动。机架和钻杆的垂直度偏差不能超过1.0%，要使用吊锤观察钻杆的垂直度，如果出现偏差太大的情况，就要立即进行调整。桩机桩位对中误差应控制在20毫米以内。

3) 制备好的水泥浆不得有离析现象，停置时间不得超过2小时，若停置时间过长，不得使用。

4) 在试桩过程中，要对喷浆量和搅拌提升速度进行严格的控制。为了保证施工质量，提高施工效率，应尽可能地采用连续施工。在输浆阶段，一定要确保有充足的输浆压力，实现持续给浆，如果因为某些原因而导致短暂的停浆，应该将搅拌头下沉到停浆点0.5米之下，等重新开始给浆后，再进行喷浆和搅拌。若停机超过40分钟，则应彻底清理出浆管道，避免水泥浆在管道内凝结而影响施工。

5) 对搅拌器的下落、起升速度要进行严格的控制，下落速度不能超过每分钟1米，当水泥搅拌桩的桩顶接近设计高度时，搅拌机从地下1米处喷射浆液，并缓慢上升，以确保桩身的成孔质量。砂浆达到出口时，应当在原地喷洒并搅拌30秒。

6) 在施工过程中，由于地下障碍等因素造成钻具不能钻入时，要向监理和设计部门报告，以便于进行补桩。

7) 搅拌机浆叶的直径要经常进行检验，如果浆叶由于磨损而变得比设计的浆叶要小，则要进行替换。

8) 施工允许偏差包括桩径、桩长、桩距、垂直度、单桩喷浆量和强度，如下表。

表1 搅拌桩允许偏差表

项次	项目	单位	允许偏差	检测方法和频数
1	桩距	cm	±15	抽查2%
2	桩长	m	不小于设计值	查施工记录
3	桩径	mm	不小于设计值	抽查2%
4	垂直度	%	<1	查施工记录
5	单桩喷浆量	kg	不小于设计值	查施工记录
6	桩体强度	MPa	不小于设计值	抽查0.5%~2%

(三) 碎石桩施工工艺

本次施工采用振冲挤密碎石桩。振冲碎石桩指的是以振动沉管方式挤土造孔，分层填加桩料并振实成桩。振动挤密碎石桩处理液化地基是基于振密和挤密作用和排水减压作用，促进排水固结，从而提高复合地基的承载力，同时桩身还具有一定的抗剪强度。在此基础上，桩与桩间土形成复合地基，促使地基负荷增加，预防了砂土的液化。

1. 施工工艺流程

地基清理回填夯实—施工放样—桩机就位—震动沉管至设计深度—填充碎石—震动拔管（反复上下沉管拔管）—桩机移位进行下一根桩的施打

2. 注意事项

1) 由于在软黏土中砂桩的施工对施工方法要求较严，因而要求采用单管振动重复压拔管法等对地基扰动较小的工艺，打桩过程遵循“由疏到密”的原则，具体做法是间隔施工，特别是在置换率高、桩距小的情况下更应如此。碎石桩宜穿透软弱土层。

2) 沉桩施工时应掌握现场土质情况，做好沉桩设备的检查和测试，压桩机械行驶的地基应该有足够的承载力，并保证平整。在振动沉管成桩过程中，要根据沉管及挤密条件，对充砂量、起升幅度及速度等进行控制。所选择的桩尖结构应该能确保顺畅出料，并能挤压桩孔中的砂石料。在使用活瓣桩靴时，宜选择尖锥形的砂石和粉土地基，并采用一次性混凝土桩尖。

3) 施工前应进行现场试桩试验，以检测压桩设备和工艺是否符合要求，得到正式压桩所需要的有关控制参数，以确定合理的压桩方案和施工技术。在施工之前，必须进行成桩技术及压实度的试验。如果桩身质量达不到设计要求，必须对施工参数进行调整，再次进行测试。

4) 向上拔管时，每次拔管高度控制在1m左右，拔管速度控制在1m/min左右，压管高度控制在0.5-0.6m左右，并保持震动均匀，直至达到设计桩顶。

结束语

综上所述，高速公路中特殊路基处理施工技术是确保路基稳定和安全的必要措施。在施工过程中，需要严格按照规范和要求进行，根据具体情况选择合理的施工方案和技术手段，从而提高道路的使用寿命和安全性。

参考文献

[1] 马永军, 平原地区高速公路特殊路基处理综合施工技术研究. 云南省, 中国水利水电第十四工程局有限公司, 2021-10-11.

[2] 王艳红. 高速公路中特殊路基的施工处理及防治尝试[J]. 四川建材, 2021, 47(10): 153-154+170.