

广州大学城中环三标（DS04）

软基处理方案

按照施工图设计（草图），广州大学城中环三标范围内地基处理方法分湿喷桩法及换填法两种（近期软基处理全幅展开施工）。

一. 湿喷桩施工

湿喷桩加固地基分布于 K4+909~K4+936, K4+771~K4+821, K6+045~K6+180, K6+280~K6+335, K6+675~K6+950 五个区域，工程量为 144823m。

由于湿喷桩施工速度慢，工期长，完工后还需要 28 天的龄期才能检测，是影响路基填方的关键，鉴于本工程工期的紧张性，必须采取合理的施工方案，同时加强施工设备。

（一）施工要求

（1）桩位布置：按等边三角形梅花型排列，布桩范围为路基范围及至路基坡角线外 1m。

（2）桩径 0.5m，桩长 6~10 米不等，间距 1.5 米，桩体水泥掺量 15%，约每立方米加固土体水泥用量 280kg，水泥粉体采用 425# 新鲜硅酸盐水泥，水泥浆液水灰比 0.4~0.5。

（3）场地处理：首先应挖除耕茎土及建筑垃圾等杂填土，湿喷桩停灰面为地面清表线下 30cm。湿喷桩施工结束后，应挖除桩顶浮土，回填 30cm 砂砾材料，碾压密实后作为路基垫层。施工期应做好场地排水工作。砂砾材料组成可按下表执行：

筛孔尺寸 (mm)	53	37.5	9.5	4.75	0.6	0.075
通过质量 比 (%)	100	80~100	40~100	25~85	8~45	0~15

(4) 单根桩开钻后应连续施工，严格控制起喷及停喷高程，不得间断，以保证湿喷桩长度。如遇停机或机械故障停喷，应及时记录中断高程，待恢复正常后立即进行复搅，复搅重叠长度不小于 1m，如中断时间超过 12 小时，则应采取补桩措施。储灰罐容量不应小于单桩用灰量加 50kg。

(5) 为保证桩底施工质量，当浆液到达出浆口后，应喷浆坐底 30S，S 使浆液完全到达桩底端。对桩身上端 1/3 桩长范围，应采取复搅措施，将此范围内的浆液分两次喷入，使搅拌效果更佳。当喷浆口到达桩顶标高时，宜停止提升，搅拌数秒，以保证桩头的均匀性密实。

(6) 水泥搅拌桩施工前应进行成桩试验，确定搅拌机械的灰浆泵输浆量、灰浆经输浆管到达搅拌头喷浆口的时间、预搅下沉速度、提升喷浆速度、搅拌转速等参数。宜用流量泵控制输浆速度，并应使搅拌提升速度与输浆速度同步。

(7) 制备好的水泥浆液不得离析，泵送必须连续。控制浆液的罐数、水泥和外掺剂的用量及泵送浆液的时间应有专人记录。

(8) 整桩喷浆搅拌结束后，为使软土与水泥搅拌均匀，应再次将搅拌头边旋转边沉入土中至设计深度，再将搅拌头边旋转边提升出地面。

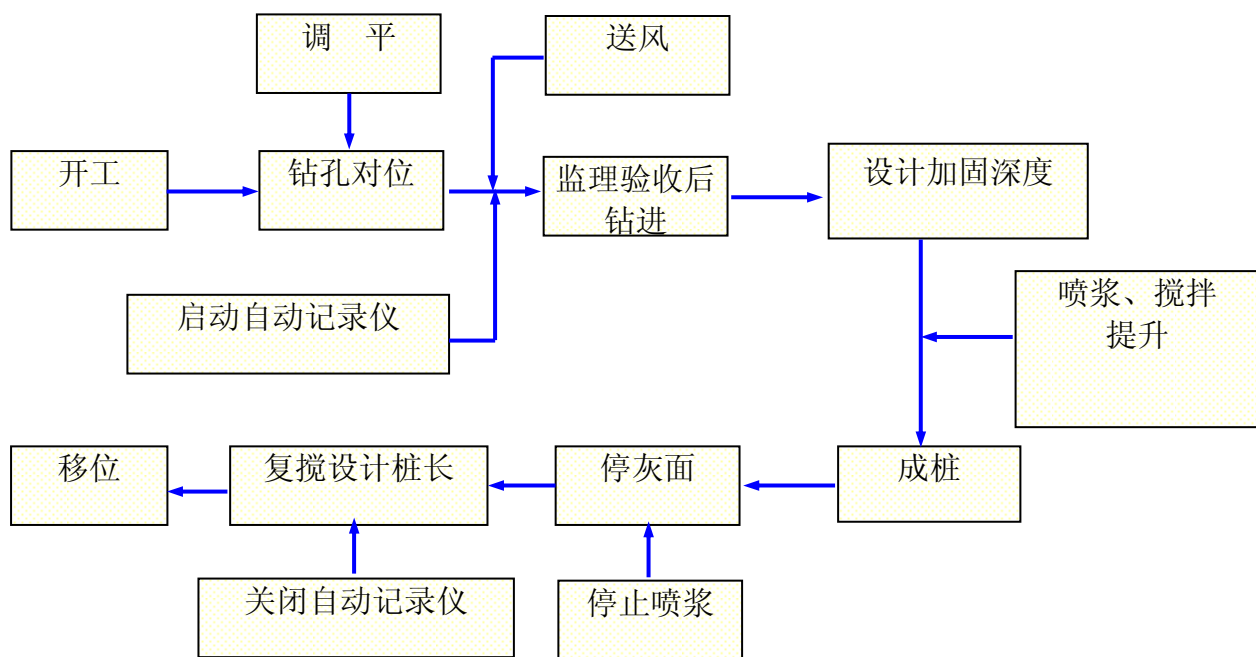
(9) 施工间隔期间，应及时清洗集料斗和全部管路中线中的残留浆液，直到基本干净，以防止浆液硬结堵管。

(10) 综合管沟、排污管沟处的施工：综合管沟位于中央分隔带 7m 范围内，排污管沟位于路基两侧的绿化带下。由于综合管沟属于大型连续结构，为保证其结构的稳定平衡，在综合管沟处湿喷桩应对称布置，以防止发生不均匀沉降；且桩顶标高应与综合管沟、排污沟底基础底面保持相平，以保证足够的有效桩长。

(11) 管段内立交桥桥头及高架桥桥头处进行湿喷桩施工应先进行平面位置的测量，避开结构物桩基位置，以免粉喷桩固结后，给桥梁桩基施工时带来不必要的麻烦。

(二) 施工工艺

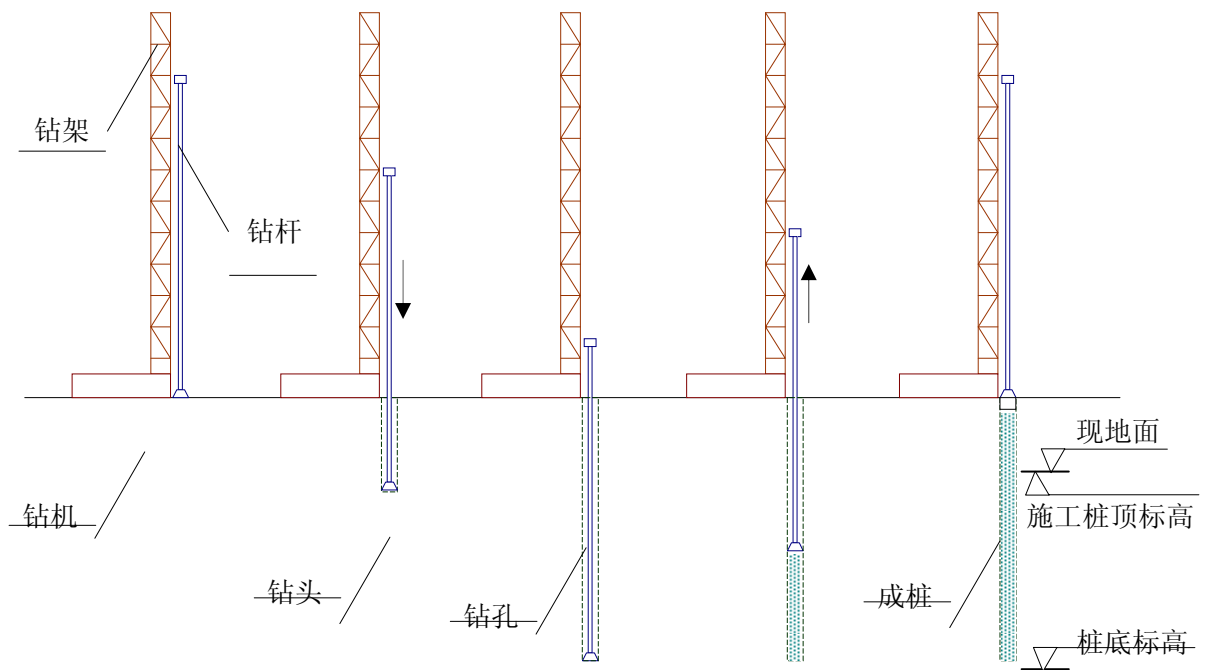
(1)、湿喷桩施工工艺流程如下图所示：



湿喷桩的施工程序图

施工程序图中关键工序需经监理工程师验收合格后方可进行
下道工序施工

(2)、施工程序示意如下图所示。



湿喷桩施工程序示意图

1) 操作方法:

A、对正桩位，调整钻机机身，保证钻杆的垂直度，启动钻机下钻，待搅拌钻头接近地面时，启动空压机送气，开始钻进。

B、钻到设计孔深时，关闭送气阀门，喷送固化剂浆液。

C、确认固化剂浆液已到桩底时，提升搅拌钻头，为便于控制成桩质量，一般不得使用III挡提升。

D、提升到设计桩顶标高时，停止喷浆。

E、打开送气阀，关闭送浆阀，但空压机不要停机，搅拌钻头提升到桩顶时停止提升，在原位转动 2min，以保证桩头均匀密实。

F、钻头再钻到设计桩底，进行二次搅拌。

G、将搅拌钻头提出地面，停止主电机、空压机，填写施工记录。

H、移动到下一个桩位。

2) 操作要点:

A、机身调平以钻杆是否垂直为依据，操作时以钻锤吊线进行控制。

B、钻头钻至设计深度时，要有一定的滞留时间，以保证固化剂浆液到达桩底。一般为 2~5min。

C、喷浆或喷气时，当气压达到 0.45MPa 时，管路可能堵塞，此时立即停止喷浆，将钻头提出地面，切断空压机电源，停止送气，查明堵塞原因，予以排除。

D、整个制桩过程一定要保证边喷浆、边提升连续作业。当空气湿度大、浆体流动性差、喷气压力大、单位桩长喷浆量大时，开通灰罐进气阀，以对料缺罐加压。如出现断浆，及时补喷，补喷重叠长度不小于 1.0m。

E、液体固化料入罐时必须过筛，以保证入罐固化剂粒径最大不超过 0.5cm，无纸屑石块等杂物。

F、喷浆开始时，将电子秤显示屏置零，使喷浆过程在电子计量显示下进行。喷浆时，记录人员随时观察电子秤的变化显示，以保证各段喷浆均匀。

（三）、湿喷桩施工机械设备

湿喷桩施工机械设备主要有：主机为深层搅拌机，有双搅拌轴中心管输浆方式和单搅拌轴叶片喷浆方式两种；配套机械主要有灰浆拌制机、集料斗、灰浆泵、控制柜及计量装置，若要增加施工机械控制、计量装置施工前必须经过计量标定后才能使用，并将标定证书复印件交监理，经监理批准后方可开工项目。

（四）、观测桩的埋设

沉降与稳定性观测如下表：

沉降与稳定性观测表

观测项目	仪器名称	观测目的
地表沉降量	地表型沉降计（沉降板）	用于沉降管理。根据测定数据调整填土速率；预测沉降趋势，确定预压卸载时间和结构物及路面施工时间；提供施工期间沉降土方量的计算依据
地表水平位移量及隆起量	地表水平位移桩（边桩）	用于稳定管理。监测地表水平位移及隆起情况，以确保路堤施工的安全和管理
地下土体分层水平位移量	地下水平位移计（测斜管）	用于稳定与研究。用作掌握分层位移量，推定土体破坏的位置。

观测桩位处一个观测断面为三组沉降板，三组浅层观测桩，二组位移观测边桩，路基设计高度大于 2 米的路段以此沿纵向每隔 200 米设置一个观测断面，软基处理路段每隔 50 米设置一个观测断面。路堤施工时必须控制垂直沉降小于 10mm/昼夜，水平位移小于 5 mm/昼夜，当路段沉降速率连续三个月 ≤ 8 mm/月或连续 10 天 ≤ 0.4 mm/日时，方可开挖路槽实施正式路面。

（五）、湿喷桩现场质量检测

检测湿喷桩质量所用的方法与检测其它桩一样，可采用多种手段进行。现场检测具有直观、工效高、代表性强、避免取样运送过程的扰动等优点。但每一种方法都有一定的局限性，因此进行湿喷桩检测时，我们拟采用多种方法综合评价，并辅以一定的室内试验。

针对湿喷桩的需要，施工完成后的全面检查方法有：

（1）、测量放线检查

全部桩完成后进行基槽开挖，基槽开挖后，桩顶露出 1m 的长度，按设计桩长截掉桩顶多余部分，再用经纬仪和水准仪进行测量。经过测量检查可以了解桩的偏位、桩顶标高、开挖标高等情况。

(2)、人工直接观察

基槽开挖后，组织人力对现场直接进行检查，可以了解桩的成形、桩径、缺桩、桩顶强度、桩顶质量、桩位偏离等情况。在这些检查项目中，除桩顶强度外，其科均用视力检查确定；桩顶强度除观察其搅拌均匀程度进行分析外，还可以采用简易检测法，即用一根长度 2m、直径 16mm 的平头钢筋，竖直立於桩顶，如用人力能压入 10cm（28d 龄期），表明施工质量有问题。

(3)、桩身取样强度检验

施工前应针对现场地基土质进行室内水泥配比实验。桩体强度取 90 天无侧限抗压强度不小于 1.5Mpa，成桩 7 天后无侧限抗压强度 $>0.55\text{Mpa}$ ，可用轻便触探检测桩身质量，抽检率 2%，成桩 28 天后，应截取桩体进行无侧限抗压强度试验，抽检率 0.2%。制桩后 7d 内可用轻便触探器对桩进行一般性检查。由于轻便触探器的检查结果只能定性而不能定量，因此，经轻便触探器检查后，如对某些桩体强度有怀疑时，则对这些桩身取样，进一步做更精确的检查，即用钻机对桩身取芯样，制成试块进行无侧限抗压强度试验，用以测定桩体强度。钻孔直径不小于 108mm，以便保证制成的试块尺寸不小于 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 50\text{mm}$ 。

(4)、静力触探

静力触探是将一定规格的圆锥形探头，按一定的速率压入土层中，量测土对探头的阻力，借以分析土的性质。在湿喷桩检测中，静力触探除用于对桩体进行 7d 内静探处，还可用于对桩周土进行静探。静力触探测试结果可判定被探体（土层或桩体）的密实性、均匀性、地基处理前后的承载力、不排水强度、压缩性质等，还可以用来计算出单桩承载力。

（5）桩体可进行复合地基荷载试验，地基加固后，复合地基承载力应大于 130kpa（桩距 1.5m）。

（6）根据大学城指挥部及广州市监督站具体文件具体要求安排。

（六）、质量控制

湿喷桩施工根据成桩试验研究的技术参数进行，操作人员随时记录压力、湿喷量、钻进速度、提升速度等有关参数的变化，并满足下列要求：

（1）、固化剂浆液应严格按预制的配比拌制。配备好的浆液不得离析，不得停置过长，超过 2 小时的浆液应降低标号使用；浆液倒入集料时应加过滤筛，以免浆内结块，损坏泵体。

（2）、泵送浆液前，管路应保持潮湿，以利输浆。现场拌制浆液，应有专人记录固化剂，外掺剂用量，并记录泵送浆开始及结束时间。

（3）、根据成桩试验确定的技术参数进行施工。操作人员应记录每米下沉时间、提升时间，记录泵送时间、停浆时间等有关

参数的变化

(4)、供浆必须连续，拌和必须均匀。一旦因故停浆，为防止断桩和缺浆，应使浆搅拌机下沉至停浆面以下 0.5 米，待恢复供浆后再喷浆提升。如因故停机超过 3 小时，为防止浆液硬结堵管，应先拆卸输浆管路，清洗后备用。

(5)、搅拌机提升至地面以下 1 米时宜用慢速；当喷浆口即将出地面时，应停止提升，搅拌数秒以保证桩头均匀密实。

(七)、质量要求

(1) 水泥搅拌桩的质量控制应贯穿在施工的全过程，施工中必须随时检查施工记录和计量记录。重点检查水泥用量、桩长、搅拌头提升速度、复搅次数和搅拌深度、停浆处理方法等

(2) 桩体强度应满足个龄期设计要求，成桩 7 天可用轻便动力触探检验桩身均匀性和强度，抽检率 2%。成桩 28 天后应截取桩体进行无侧限抗压强度试验，抽检率 0.2%，每工点不少于 2 根。

(3) 质量标准及允许偏差如下表，其它未尽事宜参照相关施工及验收规范。

序号	项目	单位	标准及允许偏差	检验频率	检验方法
1	桩位平面	mm	± 100	每根桩	经纬仪或钢尺
2	桩顶倾斜	%	1.5	每根桩	经纬仪或垂线测量
3	桩底高程	m	高于设计标高	每根桩	检查钻头沉入长度

4	桩顶高程	M	不低于设计标高	每根桩	检查钻头停喷高程
5	但桩水泥量	%	≤ 5	每根桩	计量仪或现场计量
6	桩体 90 天无侧限抗压强度	Mpa	不小于设计强度	0.2%	抽芯取样可用 7 天或 28 天强度推算 90 天

（八）、质量保证措施

(1)、开工前及时进行土样试验、加固料试验和水泥土比例试验，并可根据工期要求、现场土质情况添加外加剂（三乙醇胺早强剂含量约为水泥量的 0.05%），由此确定每米的喷浆量，做 8 根工艺性试验桩，以掌握该施工场所的各种制桩技术参数，如含浆量、钻进速度钻杆提升速度等，试验结果经监理工程师批准后作为工程桩的施工依据，并及时向施工人员进行技术交底。

(2)、施工中根据工程要求召开质量专题会议，不得使用不合格的施工机具及不合格或失效的水泥。

(3)、控制钻头下沉和提升速度，保证加固范围内每一深度都得到充分搅拌，严格按照要求进行复拌。

(4)、随时检查施工记录，对照施工工艺对每根桩进行质量评定，不合格的桩根据具体情况采取补救措施。

(5)、选取一定数量的桩体开挖，检查桩体外观质量、搭接质量和整体性。

（九）、人员、设备安排

一台湿喷桩设备组建一个施工班组，每班组由 8 人组成，具体分工见下表：

操作人员分工

序号	工种	人数	工 作 内 容
1	班长	1	负责指挥协调各工序操作联系，控制操作规程，排除施工中种种障碍
2	操作员	1	按设计施工工艺正确操纵钻头的钻进和提升，检查维修机械，负责使用联络信号
3	司泵	1	统计材料用量，记录泵送时间，清洗输送管道
4	上料工	3	将加固料送入罐内，保证施工连续
5	发电工	1	负责机器设备的安装和安全使用
6	记录员	1	负责记录数据，操纵电器控制仪表，使用联络信号，兼质量检查员工作

根据本标段的实际工作量，拟采用 12 台湿喷机，其中 K4+909～K4+936，K4+771～K4+821 处安排 2 台，其他地方安排 10 台。每机人员和设备配备齐全，并有富余，工作时安排两班倒，同时建立强硬的后勤材料供给措施，保障湿喷桩的不间断施工。

二. 换填法施工

本标段换填地段分布于 K5+992～K6+002，K6+180～K6+280，K6+335～K6+675 三个区域，主要工程量挖淤泥 102837m³，砾石砂

垫层 11306 m³，碎石间隔土 91531 m³，土工格栅 37687m²。

（一）施工方法：

（1）、排水：路基遇水塘地段，应在沿路基两侧筑堰，抽干排水，并挖除塘底淤泥至原状土；浅层软土置换区域应沿路基两侧挖纵向排水沟，同时在软基范围内挖设横向导流沟，尽量将积水排除干净，按照要求挖除全部淤泥软土。并运至指定的弃土场堆放，以防止对周边环境造成污染。

（2）、砂砾垫层：在处理好的原状土上铺设一层 30cm 厚的砂砾垫层碾压平实作为透水隔离层。。

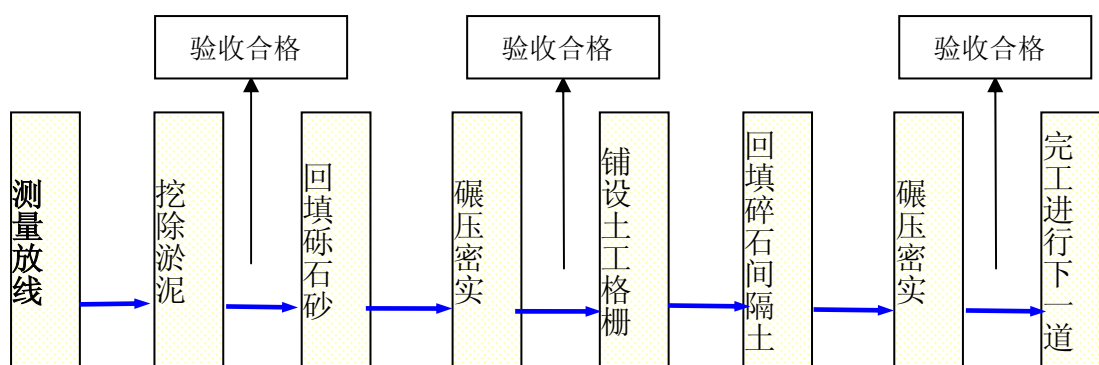
（3）土工格栅：砂砾垫层以上铺一层双向拉伸塑料土格栅，并沿开挖边坡铺至远清表表面，沿路基横断面方向反包 2m，纵向外翻 2m。土格栅在路基横向不宜设接头，两幅格栅搭接采用塑料带绑扎，绑扎间距 25cm，两幅搭接宽度大于 20cm，并在铺设的格栅上每隔 2m，用 U 形钉固定，并及时回填，回填时车辆不得直接在土格栅上行走，回填碾压应由两端向中间碾压。

（4）道渣间隔土回填：选用 20cm 符合填方要求的素土和 20cm 道渣料分层压实回填至地表。

（5）路基填土：路基压实采用重型击实标准。

（二）施工工艺

（1）换填土施工工艺流程见下“换填土施工流程图”：



换填土施工流程图

(2) 技术要求

a. 换填地基的深度、压实度和填料及技术条件要符合设计图纸要求，填筑压实顶面要平整，高度小于基床厚度的低路堤，要符合与基床相应部分的压实标准与要求。换填地基位置、高程要满足下表规定：

序号	项 目	允许偏差	检验数量		检验方法
			范 围	点数	
1	基坑坡脚线位置	—50mm	每 40m 线长	3	经纬仪测, 线尺量
2	基坑坑底高程	+100, 但限 15% 个检测点	每 40m 地基长	5	水准仪测
3	换填顶面高程	—30mm	每 20m 长	3	水准仪测

b. 砾石砂垫层的施工质量必须满足下表要求：

序号	项 目		允许偏差	检验数量		检验方法
				范 围	点 数	
1	砾石 砂垫 层	边线	± 50mm	每 40m 线长	3 处	丈量
		厚度	± 20mm	每 200m 垫层 长	4 处	丈量
2	反滤 层	颗粒 级配	符合设 计	每 100m 滤层 长	1 组 3 件	查试验报告 或筛分分析
		每层厚 度	± 20mm	每 200m 滤层 长	4 处	丈量

(三)、质量措施

(1)、挖除淤泥

1) 先将软土或淤泥挖除干净，并将底部平整。若软土底部起伏较大，可设置台阶或缓坡。软土底部的开挖宽度不得小于路堤宽度和放坡宽度。

2) 底位于沟谷，有一定坡度时，施工前应将水疏干，清除软土后，基底要做反坡台阶，当用压路机碾压时，平台不少于压路机宽度，当用人工或小型机具夯压时，平台不小于 1m，换填前，先夯实基底。

3) 地基基底处于平坦地带，如低洼田、塘等，施工前应采取围堰

抽水法防护措施，保证在软土淤泥能清除干净和基底无水状态下填土。决不允许回填中有软土参杂或有水碾压造成弹簧或缺陷地基。

（2）、砾石砂垫层施工

1) 在砾石砂垫层填筑或填筑完毕后必须将路堤两侧的干砌片石垛或护坡脚完成，并同时做好反滤层，以免砂子向两侧流失和保持路堤坡脚整齐完好，保证排水畅通。

2) 砾石砂垫层施工前应将基地清理、平整，并按设计要求做好基地碾压和土路拱。有边坡时应先将边坡做好，防止坍土混入砾石砂垫层中。

3) 砾石砂垫层应采用级配良好的中、粗砂，其含泥量不大于 3%，且不含有机值、垃圾等杂质。

4) 砾石砂垫层应采用分层压实法施工，并适当加水。分层厚度、压实遍数应通过试压确定，一般情况下砾石砂垫层的松铺厚可取 20—35cm。压实机具为 60KN—100KN 压路机。分层施工时，下层密度经检验合格后，方可填筑上层。

（3）、土工格栅施工

1) 土工格栅施工前，必须把土工格栅的资料报监理工程师，包括产品合格证，产品检验报告及样品，待监理工程师同意后，方可施工。

2) 铺设土工格栅前应整平砂垫层，铺设时要绷紧、拉挺，不得褶皱和破坏。

- 3) 土工格栅铺设好后应在 48 小时内及时回填或覆盖。
- 4) 相邻土工格栅间的搭接长度不小于 30 厘米。
- 5) 禁止施工车辆在土工格栅上行走。
- 6) 施工中随时检查土工格栅的质量，发现有折损、刺破、撕裂等瑕疵时，视程度或更换，或修补。
- 7) 土工格栅须在室内保管，不得露天暴晒产生老化而影响质量。

+

(四)、施工顺序:

- 1) 7 月 2 日~7 月 3 日清淤换填 K5+992~K6+002 施工段。
- 2) 8 月 4 日~8 月 9 日清淤换填 K6+180~K6+280 施工段。
- 3) 8 月 20 日~8 月 31 日清淤换填 K6+335~K6+675 施工段。