

挖方路基施工

一、挖方路基施工特点

挖方路基施工是路基工程中的一个重点。在山岭重丘地区修建高速公路，挖方路基常常是控制工程进度的关键。公路建成通车后，挖方路基地段又是养路部门养护的重点。由于挖方路堑是由天然地层构成的，天然地层在生成和演变的长期过程中，一般具有复杂的地质结构。处于地壳表层的挖方路堑边坡施工中受到自然和人为因素包括水文、水文地质、地面水、气候、地貌、设计与施工方案等的影响，比路堤边坡更容易发生变形破坏。

路基出现的病害大多发生在路堑挖方地段上，诸如滑坡、崩塌、落石、路基翻浆等。路基大断面的开挖施工，破坏了原有的山体平衡，施工方案选择不合理，边坡太陡，废方堆弃太近，草坡栽种、护面铺砌及挡墙施工不及时，排水不良等都会引起路堑边坡失稳、滑坍，严重时甚至影响整个工程进度，这是挖方路基施工中经常出现的问题。施工人员应从设计审查、施工方案选择、现场地质水文调查多方面把关，切实搞好挖方路基施工。

二、挖方路基施工前准备工作

1. 征地拆迁工作

征地拆迁工作是路基施工准备阶段的主要工作，其范围可分为临时设施用地（包括生活区、生产区、临时道路用地）和路基施工设计边线占地两部分。施工单位进场前应提供给业主一份施工用地平地平面位置图，说明使用用途、需拆迁建筑物的结构类型、建筑面积以及其它构造物的规格、数量。

2. 测量放样

施工恢复定线测量及施工放样是施工准备阶段的主要技术工作，承包单位根据设计图纸、监理工程师书面提供的各导线点坐标及水准点标高进行复测，闭合后将复测资料交监理工程师审核。承包人应根据监理工程师批准的定线数据进行施工放线。按规范中规定，路基施工前，应根据设计图、施工工艺和有关规定恢复的路线中线桩、钉出路基用地界桩、路堑坡顶、边沟、取土坑、护坡道、弃土堆等的具体位置桩。道路中线桩直线部分每 20m 一个，每 100m 设一个永久性固定桩，曲线部分除 20m 设一整里程桩外，曲线的起点、终点、圆缓点、缓圆点都应设置固定桩。在中线桩施测后，进行横断面测量，然后根据路基横断面图及实测标高进行边桩放线。在挖方断面的坡顶点位置上，钉挖断面的边桩，边桩上应注明里程、挖深（m），左右边桩以拼音字头或英文字头表示。一般在距边桩一定距离的外方，设栓（护）桩，以备边桩丢失后及时恢复。同时导线点、水准点应设立特殊标志，进行保护以免施工中遭到破坏。

承包人经过准确放样后，应提供放样数据及图表，报监理工程师审批。经批准后方可进行清表开挖。测量精度应满足交通部颁有关公路工程验收标准或合同规定标准。

3. 施工前的复查和试验

路基施工前，施工人员应对路基工程范围的地质水文情况进行详细调查，通过取样试验确定其性质和范围，并了解附近既有建筑物对特殊土的处理方法。对有岩石的地段要掌握岩层风化、龟裂程度，岩层的层理、节理、片理状态，对于易崩塌地带的断层和地质变化区段的情况尤应给予特别的重视。

土工试验取样一般按设计文件提供的资料每一种土类取样不少于三组；也有按桩号取样进

行土工常规或试验的。

《公路路基施工技术规范》(JTJ033-95)规定,挖方、借土场用做填料的土应进行下列试验项目,其试验方法按《公路土工试验规程》(JTJ051-93)办理:

- (1)液限、塑限、塑性指数、天然稠度和液性指数;
- (2)颗粒大小分析试验;
- (3)含水量试验;
- (4)密度试验;
- (5)相对密度试验;
- (6)土的击实试验;
- (7)土的强度试验(CBR 值);
- (8)有机质含量试验(必要时);
- (9)易溶盐含量试验(必要时)。

4.开挖前路堑的排水设施

由于水是造成路堑各种病害的主要原因,所以不论采取何种开挖方法,均应保证开挖过程中及竣工后的有效排水。应做到:

- (1)在路堑开挖前做好截水沟,土方工程施工期间应修建临时排水沟。
- (2)临时排水设施与永久性排水设施相结合,流水不得排于农田、耕地,污染自然水源,也不得引起淤积和冲刷。
- (3)路堑施工时应注意经常维修排水沟道,保证流水畅通。渗水性土质或急流冲刷地段的排水沟应予以加固,防渗防冲。水文地质不良地段,必须严格搞好堑顶排水。
- (4)引走一切可能影响边坡稳定的地面水和地下水,在路堑的线路方向上保持一定的纵向坡度(单向或双向)以利排水。

三、土方路堑的开挖

1.土方路堑的开挖方式

土方路堑开挖根据路堑深度和纵向长度,开挖方式可以分为横挖法、纵挖法及混合式开挖法三种。

(1)横挖法

对路堑整个横断面的宽度和深度从一端或两端逐渐向前开挖的方式称为横挖法或一层横向全宽挖掘法,适用于开挖深度小且较短的路堑。

多层横向全宽挖掘法适用于开挖深而短的路堑,土方工程数量较大时,各层应纵向拉开,做到多层、多方向出土,可安排较多的劳动力和施工机械,以加快施工进度。每层挖掘深度根据工作方便和施工安全而安定,人力横挖法施工时,一般 1.5~2.0m;机械横挖法施工时,每层台阶深度可加大到 3m~4m。横挖法适用于机械化施工,以推土机堆土配合装载机和自卸车运土较为有利,边坡修整和施工排水沟由人力与平地机修刮完成。

(2)纵挖法

分层纵挖法:沿路堑全宽以深度不大的纵向分层挖掘前进的作业方式称为分层纵挖法,本法适用于较长的路堑开挖。施工中当路堑的长度较短(不超过 100m),开挖深度不大于 3m,地面较陡时,宜采用推土机作业,其适当运距为 20~70m,最远不宜大于 100m,当地面横坡较平缓时,表面宜横向铲土,下层的土宜纵向推运;当路堑横向宽度较大时,宜采用两台或多台推土机横向联合作业;当路堑前傍陡峻山坡时,宜采用斜铲堆土。

通道纵挖法:沿路堑纵向挖掘一通道,然后将通道向两侧拓宽,上层通道拓宽至路堑边坡后,再开挖下层通道,按此方向直至开挖到挖方路基顶面标高,这是一种快速施工的有效方

法，通道可作为机械通行、运输土方车辆的道路，便于土方挖掘和外运的流水作业。

分段纵挖法：沿路堑纵向选择一个或几个适宜处，将较薄一侧路堑横向挖穿，将路堑在纵方向上按桩号分成两段或数段，各段再纵向开挖。本办法适用于路堑过长，弃土运距过远的傍山路堑，或一侧的堑壁不厚的路堑开挖，同时还应满足其中间段有经批准的弃土场、土方调配计划有多余的挖方废弃的条件。

(3)混合式开挖法

即将横挖法与通道纵挖法混合使用，适用于路堑纵向长度和挖深都很大时，先将路堑纵向挖通后，然后沿横向坡面挖掘，以增加开挖坡面。每一个坡面应设一个机械施工班组进行作业。

2.挖方路基机械化施工

高速公路路基施工的特点是，合同工期要求短，质量要求高，标段内工程土方量相对较大，同时由于土方施工作业受季节影响，因此，必须很好地组织机械化施工。

(1)项目机械化施工组织机构（略）

(2)机械配套及选型

高速公路，质量要求高，工期紧，任务重，填筑土方运距远，要真正做到合理的机械配套，除考虑到工程数量、施工方案、工期、技术标准要求、当地的水文地质情况、本单位的实际情况外，还要考虑到设备的适应性、先进性、经济性和可靠性。

a.设备的适应性、可靠性

土方运距：当土方的运输距离小于 100m 时，选用推土机；100~500m 或 >500m 时应选自卸车运土。

施工条件的要求：机械设备要满足场地的作业条件。

机械组合尽可能并列化：这里指的是主要设备最好能配备 2 台以上，这样平时可以多开工作面，加快施工进度。一旦因机械故障停机时，2 台（或多机时）可以及时调整，不至造成全面停工，这在工程施工中是经常遇到的问题。

b.同一流程上各种机械的生产率应相互匹配

在土方工程施工中往往是多种机械联合作业，例如挖方施工作业程序，

填方段

推土开挖→装车→运输→弃土场，其中有一个环节不匹配就会造成待装车过多或自卸车不足的现象，因此要求在施工组织中要及时合理地调度和安排。

C.科学地进行机械保养与维修

由于土方施工灰尘大，对推土机、装载机、自卸车的空气滤芯双套配置，收工后将灰尘大的滤芯交机械修理班。将已经吹洗干净的滤芯取回，以求得在机械正常运转情况下的最大生产能力。

D.保证燃油料和机械配件的供应

燃油料的供应是机械施工的保证，工地柴、汽油的供应一般有两个渠道，交通方便的地方请加油站在工地设点，加油站负责日常加油定期结算；工地交通不便时，可经有关部门批准在工地设地下油罐及加油泵，由专人管理。油罐的储量要满足用油高峰期的需要，并与石油供应商建立好供应合同。在油库附近要严禁烟火，做好治安防火工作。对加油管理应有相应的办法和制度。

除此之外，为保证工地用油（有些大型设备收工后停在工地），必须配备有专用的加油车辆加油车辆，加油车辆每天提早到达工地，开工前为工地机械加好油。工程施工准备阶段，就进场的设备与配件的供应进行市场调查，询价选定供货商以保证机械修理换件能在最短时

间内解决，提高机械的使用率。

(3)土方机械施工机械配置

土方机械配置表（一）

机械名称 规格型号 数量（台） 用途 产地 备注

推土机 TY220 1 推土 国产 运距为 300m 时，日产量可达 1500m³/8h 平均运距 500~1000m 时，为 1000m³/8h，此时可增加运输车辆调整产量

TY120 1 推草皮 国产

推土机 红旗 100 1 拖羊角碾 天津

装载机 ZL150 2 装土 厦门

自卸汽车 日野 14t 4 运土 日本

平地机 GPS11A-1 1 日本

土方机械配置表（二）

机械名称 规格型号 数量（台） 用途 产地 备注

推土机 TY220 1 推土 国产 平均运距为 500m 时，日产量可达 1200m³/台

红旗 100 1 推草皮 天津

装载机 ZL50 1 装土 厦工

ZL140 1 装土 临沂

自卸车 黄河 8t 6 运土 济南

土方机械配置表（三）

机械名称 规格型号 数量（台） 用途 产地 备注

推土机 D85 1 推土 日本 平均运距为 500m 时，日产量可达 1600m³/台班

D7H 1 推土 日本

装载机 FL330 1 装土 美国

FL230 1 装土 美国

自卸车 三菱 15t 8 运土 日本

土方机械配置表（四）

机械名称 规格型号 数量（台） 用途 产地 备注

推土机 D8U 1 推土机集堆 美国卡特匹勒 D8U 单机生产率 1634m³/8h，征山 200 单机生产率 876 m³/8h，运土距离为 1000~2000m

征山 1 中国

装载机 CAT973 2 装土单机生产率 870m³/8h 美国卡特匹勒

CAT950 1 单机生产率 710m³/8h 美国卡特匹勒

CAT936 1 单机生产率 590m³/8h 美国卡特匹勒

运土机 卡玛斯 5511 5 载重 10t 运距 1.5km 以内 俄罗斯

红岩（10t） 2 中国

日野（12t） 9 运距 1.0km 内 日本

（4）注意事项：

a.作业面段落的划分：路基土石方机械施工都是流水作业，作业面设置是否合理直接影响工程进度、机械效率和质量要求。较为合理的做法是，每一个土方机械作业班应设置 2~3 个作业面，每个作业面长 150~200m，日完成土方量 1000m³~2000m³ 之间，汽车运输道路应保证装车，会车不受影响，做好排水工作。

- b. 每一配套组内必须配有一名机械保养工，以便随时进行检修，或配有专用维修车辆，工地通过对讲机联系，发现故障，及时维修。
- c. 严格执行机械操作、驾驶、保养、安全各项规章制度和交通部已颁布《公路筑养路机械操作规程》（人民交通出版社，1996）。

软基处理

竖向塑料排水板施工

A. 施工方法

- a. 恢复中线，放出作业路段边桩，清理平整原地基。做好排水系统，保证排水通道畅通以利于软土排水固结。
- b. 将质量合格的砂运至施工现场，按计算用量卸料，用人工配合推土机按设计厚度铺设砂垫层并压实。
- c. 绘制方格网图并现场放样，用方格网控制，标示插板位置，使板距误差控制在允许范围内。
- d. 选择插板机（有轮胎式，链条式，轨道式），机上应刻有明显的进尺标志。如选用轨道式插板机时，要事先铺设与路基中线垂直的轨道。
- e. 就位插板机，调好机架的平整度和套管的垂直度，使排水板的垂直度偏差控制在允许范围内。
- f. 将排水板插入套管，起动振动锤，将套管和排水板压入土中。
- g. 排水板进尺长度要定够，不允许使用搭接延续的排水板。排水板的入土深度不得小于设计深度。
- h. 输送滚轴反转，松开排水板，套管上提，排队水板留在土中满足设计深度，套管上提时，跟带排水板的长度不大于 50cm。
- i. 在地面以上 20cm 处切断排水板，移向下一孔位施工。
- j. 一个作业段插板完成后移走插板机，整平砂垫，埋位板头，尽快转入下一工序的施工。

B. 工艺流程框图

主要机械设备：插板机，推土机，发电机，自卸汽车。

塑料排水板施工

对表土进行清理整平，在达到规定压实度的基底上，铺设第一层砂砾垫层（即 1/2 厚度）为减小对原地面的扰动，计算好砂砾垫层的方量，集中铺设 1.0m 高，11m 宽的砂道，然后推平碾压，再进行塑料排水板施工，同时安排土工格栅的施工，施工中要注意保证土工格栅的搭接长度，土工格栅施工结束后，铺设第二层砂砾层，同样铺设一条砂道然后推平碾压。该方法的实施被证明可以减少对已打设的塑料排水板的损坏和不扰动地基。

第一层砂砾填筑完毕后，在其上面按照设计图纸指示绘制方格网，在塑料排水板位置标设小竹签，然后在定位处将塑料排水板打入，再在上面铺设土工格栅和砂砾层。

塑料排水板施工注意事项和解决方法：

①塑料排水板施工采用链条式插板机施工，在插板机上装设有人操作的机械平衡装置，保证设备的平衡度和垂直度，控制已完工塑料排水板的垂直度。

②塑料排水板的打设

在钻机上做标志以控制深度，在塑料板的跟带问题上，对插板的头部作一改进，用竹签封头。在经过我单位以往塑插板的施工中，未发现一例跟带，保证了塑料排水板的有效深度。

③打设后外露的排水板弯贴于铺筑好的下半层砂砾上，外露的长度视砂砾层的厚度而定，但保证塑料排水板的顶部伸入砂砾层不小于 20cm，使其与砂砾石贯通，保证排水畅通，并尽快铺筑第一层土工格栅及上层砂砾，整平碾压，减少塑料排水板的外露污染。保证排水性能。

④对打设过程中，插板跟出的泥土随时带随时捡，确保砂砾层的排水板的清洁。

粉体喷射搅拌桩施工

A. 施工方法

- 恢复中线，放出施工路段边线桩，清理平整原地基使之满足粉喷搅拌桩现场施工要求。
- 测量绘制方格网图，准确定出桩位，其偏差不应超过设计规定。
- 标定输灰泵的输灰量，灰粉到达喷灰口的时间，预搅下沉速度，喷灰搅拌提升速度，重复搅拌下沉速度，重搅拌提升速度等施工参数，并进行试桩，使其强度达到设计要求。
- 桩机，设备安装就位，调好平整度及导向架的垂直度，使粉体喷射搅拌桩的垂直度符合设计要求。
- 搅拌机预搅下沉，下沉过程中一般不冲水，如遇坚硬土层必须适量冲水时，要报经监理工程师批准，并考虑冲水对桩身强度的影响。
- 预搅下沉至设计深度后，起动输灰泵，将符合质量要求的固化材料（水泥或石灰），按设计用量、次数、速度，在规定深度，经喷灰口边续喷射，搅拌机械连续搅拌，并提升至距地面 0.5m 处。
- 重复搅拌下沉至桩底，再重复搅拌提升至距地面 0.5m，最后用水泥土回填桩头，并压实养护。
- 设专人记录泵送固化材料的时间，用量以及搅拌机每次下沉或提升所需的时间，如不符合预定的工艺规定，应采取措施，进行调整，确保成桩质量。
- 关闭搅拌机械，移向下一桩位。

B. 工艺流程框图（略）

主要机械设备：桩机及附属设备，发电机

粉喷桩施工方法

利用已有机耕路和村道，在电力没有架通的情况下，尽快安排柴油发电机作为 GPD-5 型粉喷桩机的动力施工，争取早开工、早结束，以利路基填筑，延长路基沉降期，减少工后沉降，使全段施工流畅进行。在施工粉喷桩前 7 天做好一切准备工作，并将制定的施工技术措施，一切材料的样品，试验报告和机械设备情况提交监理工程师审批同意后，再开始施工。

粉喷桩施工，在按照施工规范规定对表土进行清理平整，并达到规定压实度的基础上，根据设计图纸进行桩位放样，并用小竹桩在实地定位，然后安放粉喷桩机械就位，钻进至桩底标高，边喷水泥边搅拌，提升至离地面 50cm 处，重复搅拌下沉至桩底，重复搅拌提升至离地面 50cm 以下，关闭搅拌机械、移位进行下一桩施工。

粉喷桩施工采用 GPD-5 型带计算机控制的粉喷桩机施工，可以严格控制喷粉量，使之达到规范的要求。施工前先进行成桩试验，数量不少于 5 根，以掌握对该区段的成桩工艺及各项技术参数，其内容如下：

(1) 满足设计要求的喷粉量和施工工艺参数，即：钻进速度、提升速度、搅拌速度和均匀度、气体流量、空气压力等。

(2) 掌握各种土质下钻进下沉和钻杆提升的困难程度及喷粉情况，以确定合适的技术措施。

(3) 成桩 7 天后进行开挖检查，用目测法、轻便触探、取芯试检查桩体成型情况，搅拌均匀程度，检查深度 1.0m，28 天后进行无侧限抗压强度检验，取样深度在桩顶下 0.5m、1.5m 处截取。

在确定原定施工工艺和水泥土配合比可以满足设计要求时，试桩完毕，原则应重复试验，直至合格。

粉喷桩施工过程中应当注意如下事项：

- a 随时复核桩位和桩架垂直度，以确保桩位和成桩垂直度。
- b 严格控制喷粉时间和停喷粉的连续性。增强控制手段，使用计算机控制，确保喷粉量和均匀度，严禁在尚未喷粉的情况下提升钻杆作业，随时检查储粉罐内的储灰量，保证储灰量比一根桩的用量多 50kg 以上，以防喷粉中断。
- c 如遇停电、机械故障等原因，喷粉中断时，及时记录中断深度和时间，在 12 小时内采取补喷措施，否则采取补桩措施。

砂垫层施工

A. 施工方法

- a. 恢复中线，放出路段边线桩。清理平整路基，使之具有合格的平整度和路拱度。
- b. 用自卸汽车将质量合格的中粗砂运至路段选用适宜的机具按设计厚度分层整平、洒水、压实。
- c. 砂垫层施工过程中，严防尘土、泥土和杂物污染，对受到污染的部分必须返工或更换。
- d. 砂垫层的高程、厚度、干密度、平整度渗透系数也应符合要求必须符合设计要求。
- e. 砂垫层成活后，应及时洒水养护，限制人员、机动车通行，并尽快安排下一道工序的施工。

B. 工艺流程框图（略）

C. 主要机械设备：水车，自卸汽车，推土机，装载机，平地机，压路机。

砂垫层施工

对表土进行清理和平整，在达到规定压实度的基底上铺设第一层砂砾垫层，为减小对原地面的扰动，计算好砂砾垫层的方量，集中铺设 1.0m 高 6.6m 宽的砂道，然后推平碾压至设计规定的压实度后，施工土工格栅，施工时要注意保证土工格栅的搭接长度。土工格栅施工结

束后，铺设第二层砂砾层，同样铺设一条砂道，然后推平碾压。

砂垫层施工应注意：

- a. 砂砾垫层材料应符合规范要求。
- b. 铺设时应从路基中间向横向两侧摊铺，厚度应均匀一致，并满足设计要求。
- c. 铺设宽度应达至设计要求的位置。
- d. 应防止泥土、杂物等污染。

砂桩施工

A. 施工方法

- a. 恢复中线，放出路段的边线桩，清理平整作业现场。做好排水系统，保证路基内的水被挤出后能迅速的排出路基。
- b. 测绘布设桩位平面图，准确放出桩位并编号。
- c. 将装有振动器的多功能打桩架在孔位就位，将装有桩尖的钢管对准孔位定位。
- d. 起动振动器，使钢管下沉到要求深度后上拔 0.5—1.0m，清除桩尖真空吸力，并张开活瓣。
- e. 提起振动器和桩帽，从钢管上口交替入水、砂，同时徐徐提管敲击，使砂加速下落，并不断投料使之形成桩柱。
- f. 灌砂数量和提管速度要紧密配合，通过计算确定每分钟灌砂数量和提管高度，保证砂桩连续、密实。
- g. 移动桩机，平整砂桩顶地面，铺筑砂垫层。

B. 工艺流程框图（略）

主要机械设备：沉管机，发电机，自卸汽车，装载机。

砂桩施工方法

①施工机具：采用振动打桩机，下部装活瓣钢桩靴的桩管成桩。

②施工工艺：

整平原地面→机具定位→加料压密→拔管→机具移位。

③施工应注意的事项：

- a 原材料用砂采用中、粗砂，大于 0.5mm 的砂的含量占总重应在 50%以上，含泥量不应大于 3%，渗透系数不应小于 $5 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，并将其中植物、杂质除尽。
- b 因砂的含水量对桩体密实度有很大的影响，本合同段采用一次拔管法施工，应使用饱和砂。
- c 成桩后砂桩的相对密度大于 0.7，并根据砂的含水量控制填砂量，实际填砂量不应小于设计值，如果实际灌砂量未达到设计用量要求时，应在原桩位将桩管打入，补充灌砂后复打 1 次，或在旁边补桩 1 根。
- d 桩管就位应垂直，桩靴闭合，将桩管沉入规定深度的土层中，将料斗插入桩管斗口，向管内灌砂，边振动边拔出桩管。振动拔管 50cm，停拔继振 20 秒，如此重复进行至桩管拔出地面。
- e 砂桩大面积施工前进行成桩试验，取得施工工艺和技术参数，用以控制拔管速度和上覆压重。
- f 桩体在施工中应确保连续、密实。在软弱粘性土中成型困难时，可隔行施工，各行中也可间隔施工。

挤实碎石（砂）桩

A. 施工方法

- a. 恢复中线，放出路段边线桩，清理平整施工段地基表面。做好排水系统，保证排水通道的畅通。

- b. 测绘挤实碎石桩平面图，准确放出桩位并编号。
- c. 将沉管机就位，套管对准桩孔，提起芯管从外围或路基二侧向路中间顺序进行沉管。
- d. 按设计填料量填筑碎石，锤击下沉至设计深度。
- e. 提起芯管，填注碎石英钟，锤击套管芯管，将碎石挤出套管，提起套管芯管。
- f. 两次填筑碎石，锤击芯管，使碎石挤实，直至形成碎石桩柱。
- g. 挤实碎石桩的质量以填料量和密实电流控制。直径为 0.5m 的碎石桩的碎石置换量约 0.224m³，锤击挤密的密实电流控制在 40——50A。施工时应作好记录，使桩身密实度达到设计要求。
- h. 施工路段打桩结束后，平整桩顶及周围地面，除去浮土压实，再铺筑 25cm 碎石垫层压实。

B. 工艺流程框图（略）

C、主要机械设备：沉管机，发电机。

振实碎石（砂）桩

A. 施工方法

- a. 恢复中线，放出路段边线桩，清理平整施工作业面。做好排水系统，保证排水通道的畅通。
- b. 测绘布设桩位平面图，准确放出桩位并编号。
- c. 沉管机就位，将装有垂直振动器的套管，对准桩孔就位，振动下沉。
- d. 将碎石灌入套管中，振动套管上下运动，使填料下沉。
- e. 边提管，边填料，边振动，使之形成密实桩柱，同时复核填料数量，使其和设计用量的差值必须符合设计规定。
- f. 清理桩顶及周围地面，填土压实后，再铺筑砂石垫层并进行压实。

B. 工艺流程框图（略）

C. 主要机械设备：沉管机，发电机。

软土路堤沉降观测要求

A. 沉降观测点的精度要求：为保证沉降观测的精度，要求采用三等水准测量方法进行观测，并做到以下几点：

- a. 每次观测前，必须对水准仪进行校验。
- b. 为了消除观测中的某些系统误差，每期观测要做到四个固定，即：固定观测人员、固定仪器及水准尺、固定测点及转点、固定后视尺。
- c. 转点位置必须使用尺垫，禁止用砖石代替尺垫。
- d. 每次观测段长度原则上要求不小于路堤底宽的 2 倍，即 80m 左右。视距不等差应小于 3m，前后累计差应小于 6m。若沉降点离水准点很近，前期视距离不超过 15m，一次安置仪器的不等差略大时，可采用固定测站的方法，使观测具有相同的三角影响，这样可以抵消不等差较大引起的高程误差。
- e. 水准闭合环线或支线水准路线，其允许闭合差为 $\pm 12\sqrt{L}/2$ 或 $4n/2$ （L 为水准路线长度，以公里计；n 为测站数）。
- f. 外业手簿是长期保存和使用的基本资料，要认真记录及保存。
- g. 各期观测沉降资料要汇总并分析。

B. 施工期沉降观测

软基处理前，按设计要求加工地面沉降仪和连续沉降仪等观测仪器，要求刻度清晰，便于观测。利用打桩机或地质钻机将连续沉降仪打入地基持力层，地面沉降仪在砂垫层施工时直接埋在层内，随着路堤分层填高，沉降杆也一节节接长，并做好保护。沉降仪设置后，按设计要求定期观测，在整个施工期掌握路堤填筑，要求变形速率控制在 10—20mm/d 之间均可进

行施工。

C. 预压沉降期观测

路堤填筑完成至路面施工之日，中间的间隔时间为路堤的预压沉降期，为观测路堤的沉降，在不小于 1000m 的路堤顶部每 100m，在路中心的两侧路肩内缘各设一固定木桩，埋深 50cm，在接近桥台处，桩距可适当加密，按设计要求定时用水准仪观测水平标高，掌握沉降情况。一般开始时每周观测一次，中间半月观测一次，最后每月观测一次，规定连续两个月观测沉降速度小于 5mm/月，认为路堤稳定，可进行路面基层施工；连续两个月观测沉降速度小于 3mm/月，认为基层施工加载后是稳定的，方可进行面层施工。

为观测位移，另在以上间隔的两侧路堤坡脚外 5m 外设立砼标桩，埋深 2m。选择三个不同的固定点，每日定时用经纬仪分别观测各标桩的位移变化，通过以上观测记录的分析，确定沉降完成的日期。

路基土石方施工方案实例

路基土石方工程施工方案

一、施工准备

1、交接线路中桩，复核 GPS 点，进行路线贯通测量，内容包括导线、中线及高程的复测，水平点的复查与增设，横断面的测量与绘制等，然后送交监理工程师核查，核对无误后进行现场放样测量，放出路基中桩、边桩，并标注路基挖填高度，以及取土坑、借土场、弃土场等的具体位置，并提交监理工程师检查批准。

2、填料试验：取土场的填料取有代表性的土样进行试验，试验方法按《公路土工试验规程》（JTJ051-93）执行。试验项目如下：

- （1）液限；
- （2）塑限；
- （3）颗粒大小分析试验；
- （4）含水量试验；
- （5）土的承载比试验（CBR）值；
- （6）有机质含量试验；
- （7）易溶盐含量试验。

把调查和试验结果以书面形式报告监理工程师备案。如所调查和试验的结果与图纸资料不符时，提出解决方案报监理工程师审批。

3、调查施工范围内的地质、水文、障碍物、文物古迹的详细情况。

4、调查沿线电缆、光缆及管线位置、埋深，按设计要求进行改移或埋设明显标志。

5、修建临时排水设施，做到永临结合，以保证施工场地处于良好的排水状态。

6、场地清理：施工前将路基用地范围内的树木、灌木、垃圾、有机物残渣及原地面以下 10-20cm 内的草皮和表土清除。对妨碍视线、影响行车的树木、灌木丛等进行砍伐或移植及清理。将树根全部挖除，清除的垃圾由装载机配备汽车运至指定堆放区，场地清除完后全面进行填前碾压，使密实度达到设计要求。

7、拆除工程：根据现场的实际情况、施工、交通需要，制定确实可行的拆除方案，经监理工程师批准后，按设计和规范要求进行拆除工作，拆除一些钢筋砼结构物、砖石砌体结构物、拦水坝、急流槽等。

8、规化作业程序、机械作业路线，做好土石方调配方案。

二、铺筑试验段

开工前，在熟悉设计文件的基础上，进行现场核对和施工调查，按照有关规定进行试验后，把试验结果以书面形式报告监理工程师，待监理工程师审批后，按照监理工程师给定的各种土质参数如：松铺系数，压实厚度等，根据不同的地质条件，分别选择有代表性的路段，铺筑面积不小于 20m×20m 作为试验段，试验时记录：压实设备的类型、最佳组合方式；碾压遍数及碾压速度、工序；每层材料的含水量等。绘制填料厚度、含水量、压实方法、压实遍数与设计指标相关的规律曲线，确定施工最佳参数。在现场试验时直到该种填料达到规定的压实度，各种质量检查达到标准为止。将试验结果报监理工程师批准后，确定标准化施工工艺以指导施工。施工过程中如填料、压实机械发生变化时，重新做试验，取得准确参数。

三、施工方法

（一）施工原则

施工时，按照《公路路基施工技术规范》(JTJ033-95) 组织安排。

- 1、路基施工，集中力量连续快速施工，分段完成；
- 2、冬季施工时，不安排路基填筑施工，雨季尽量不进行路基填筑施工。
- 3、作好截防排水措施，填筑面横向设置 3%左右流水坡度，雨前碾压，路堤两侧做好排水沟及坡面防护；
- 4、对施工用水、生活用水严格管理，防止地表水渗入和冲刷边坡。

（二）路堤填筑

1、填土路基

施工中采取横断面全宽、纵向分层填筑方法施工。填料采用挖掘机配合自卸汽车运输，推土机、平地机进行摊铺，分层填筑，振动压路机碾压。按“四区段、八流程”作业法组织各项作业均衡进行，合理安排施工顺序、工序进度和关键工序的作业循环，做到挖、装、运、卸、压实等工序紧密衔接连续作业，尽量避免施工干扰，做到路基施工的正规化、标准化。

详见《路基填筑施工工艺框图》

（1）填方路基按路基平行线分层控制填土标高，分层进行平行摊铺，保证路基压实度。每层填料铺设的宽度每侧超出路堤设计宽度的 30cm，以保证修整路基边坡后的路堤边缘有足够的压实度。不同土质的填料分层填筑，且尽量减少层数，每种填料层总厚不得小于 50cm，路堤填筑至路床顶面最后一层的压实层厚度不小于 10cm。

（2）路基填土高度小 80cm（包括零填）时，对于原地清理与挖除之后的土质基底，将表面翻松深 30cm，然后整平压实，其压实度不小于 95%。路基填土高度（不包括路面厚度）大于 80cm 时，路堤基底整平处理并在填筑前进行碾压，其压实度不小于 90%。

（3）地面自然横坡或纵坡陡于 1: 5 时，将原地面挖成台阶，台阶宽度不小于 1m，用小型夯实机具加以夯实。台阶顶作 2%的内倾斜坡，且台阶保持无水。

（4）加宽旧路堤时，沿旧路堤边坡挖成内倾 2%、高 1m、宽 2m 的台阶。所用填料与旧路堤相同或选用透水性较好的材料。

（5）路基填筑分几个作业段施工时，两个相邻段交接处不在同一时间填筑，则先填段按 1: 1 坡度分层留台阶；如两段同时施工，则分层相互交叠衔接，其搭接长度不小于 2m。

（6）用透水性较小的土填筑路堤时，将含水量控制在最佳含水量 $\pm 2\%$ 范围内，当填筑路堤下层时，其顶部做成 4%的双向横坡，填筑上层时，不覆盖在由透水性较好的土质所填筑的下层边坡上。

（7）路基填土要求洒水至最佳含水量碾压，对路基填土的土质严格按设计要求取用，对土质不满足 CBR 值要求的进行换填，在指定的取土场取土进行路基填筑。

（8）填方高度小于 8 米时边坡率为 1: 1.5，大于 8 米时，每 8 米设 2 米宽的护坡道，边坡率为 1: 1.5。

(9) 雨季填筑路堤时, 保证随挖、随运、随填、随压, 每层填土表面筑成 2~3% 的横坡, 并在雨前和收工前将铺填的松土碾压密实。

(10) 零填顶面以下 0-30cm 范围内的压密度, 不小于 95%。如果不符合要求, 翻松再压实, 使压实度达到规定的要求。

(11) 旧路改造主要利用旧路路段, 填方段根据旧路基填土及病害和程度不同采用不同的工程措施, 密实度及 CBR 值达不到要求的段落, 将旧路基按要求部分挖除, 并换填 CBR 值满足要求的填料; 有层间水的挖方段落, 底基层以下换填 60cm 砂砾垫层并设盲沟; 土质不良地段, 将旧路基全部挖除, 然后填筑满足 CBR 值的填料。

2、填石路堤

(1) 修筑填石路堤, 将石块逐层水平填筑, 分层厚度不大于 50cm。石块最大粒径不得超过压实厚度的 2/3, 大面向下摆放平稳, 紧密靠拢, 所有缝隙填以小石块或石屑, 在填筑的同时, 边坡用硬质石料码砌, 厚度不小于 1m, 在路床顶面以下 50cm 的范围内铺填有适当级配的砂石料, 最大粒径不超过 10cm。超粒径石料应进行破碎使填料颗粒符合要求。

(2) 填石路堤使用振动压路机分层洒水压实, 压实时继续用小石块或石屑填缝, 直到压实层顶面稳定, 不再下沉(无轮迹)、石块紧密、表面平整为止。

(3) 施工中压实度由现场试验确定的压实遍数控制。

3、路堤填筑时的注意事项:

(1) 河沟路堤填土, 连同护道在内一并分层填筑, 可能受水浸淹部分的填料, 应选用水稳性好的土料。

(2) 路堤修筑范围内, 原地面的坑、洞、墓穴等, 用原地的土或砂性土回填, 并按规定进行压实。

(3) 路堤基底原状土的强度不符合要求时, 进行换填。

(4) 路基施工中为防止雨水冲刷边坡, 在路基两侧 20m 左右做临时泄水槽, 槽底铺塑料布, 路肩做挡土埝, 以利于雨水排出。

4、结构物处的回填施工

(1) 进行结构物处回填施工时, 配备专职质检人员, 增加自检频率, 确保工程质量。

(2) 结构物处的回填, 回填时圬工强度的具体要求及回填时间, 按《公路桥涵施工规范》(JTJ041-89) 有关规定执行。

(3) 回填材料选用透水性材料如砂砾、碎石、矿渣等, 或半刚性材料等, 填料的粒径不超过 5cm。台背采用砂砾掺灰填筑, 石灰剂量需根据试验数据确定, 其压实度不小于 JTJ051-93 重型压实标准确定的最大干容重的 95%。

(4) 涵背填土顺线路方向长度, 顶部距翼墙尾端不小于台高加 2m, 底部距基础内缘不小于 2m, 涵洞填土长度每侧不小于 2 倍孔径。

(5) 结构物处的填土分层填筑: 每层松铺厚度不超过 15cm。结构物处的压实度从填方基底或涵洞顶部至路床顶面均为 95%。

(6) 当工作面较大时用重型机械按规范操作碾压, 局部区域辅助小型夯实机具进行压实。结构物处回填土分层压实后随机抽检压实度, 压实度不低于《技术规范》中规定值 95%。

(7) 台背回填时, 派专人负责, 使用专门的机具挂牌划线施工, 每层填筑进行照相, 并附检测资料存档。

(三) 路堑开挖

1、土方开挖:

(1) 施工前按图恢复中线, 复测断面、测设出开挖边线, 并鉴定即有边坡是否稳定, 如不稳定, 采取必要的加固防护措施。

(2) 做好堑顶截排水, 并随时注意检查。临时排水设施与永久性排水设施相结合。

(3) 土方开挖以机械为主，分段进行。每段自上而下分层开挖，并及时用人工配合挖掘机整刷边坡，对不便机械施工的地段采用人力开挖。

(4) 开挖过程中，派专人仔细调查开挖坡面稳定情况，发现问题及时加固处理，同时做好地下设备的调查和勘察工作。

(5) 土方地段的路床顶面标高，考虑因压实而产生的下沉量，其值由实验确定。路床顶面以下 30cm 的压实度不小于 95%。

(6) 加强测量控制，边坡随开挖随成型，保持边坡平顺。

(7) 冬季施工时，开工未挖完的土质路堑、基坑时，将开挖面表层翻松 30-40cm，耙平作为保温层防冻；已开挖完的，表层预覆松土或草袋上覆松土，待继续施工时再清除。土方开挖完毕，立即施工上部结构，防止基底冻结；如有工艺间歇，按冬季防护办法处理。冻土的一次松碎量，应根据挖去能力和气候条件确定，连续挖掘清除，随挖随运，避免重新冻结。基坑回填作好土质保温，防止地基周边和基坑四周的土受冻。

(8) 雨季开挖土路堑时，分层进行开挖，每层底面设大于 1% 的纵坡，挖方边坡沿边坡预留 30cm 厚，待雨后再整修到设计边坡线，开挖路堑在距基顶面 30cm 时停止开挖，待雨季后再挖到设计标高。

(9) 土方开挖时，对地下管线、缆线、文物古迹和其他构造物做好妥善保护。

(10) 在居民区附近开挖土方时，采取有效措施保证居民及施工人员的安全，并为附近居民的生活提供有效的临时便道或便桥。

2、石方开挖

依据设计图纸，根据取土场距离既有线及居民区位置的远近，石方开挖采用两种方法。

(1) 取土场距离既有线和居民区较远时，石方爆破作业以小型及台阶法松动爆破为主，边坡地段预留 2-3 米采用光面爆破。石方路堑的路床顶面标高必须符合设计图纸要求，高出部分辅以人工凿平。超挖部分按监理工程师批准的填料，回填并碾压密实稳固。

①爆破施工

a、开凿作业面，清除地表杂物和覆盖土层。

b、布孔：根据设计要求放出开挖轮廓线和各炮孔孔位，并予以编号，插木牌逐孔写明孔深、孔径、倾斜角方向及大小。

c、钻孔：钻孔是爆破质量好环的重要一环，严格按爆破设计的位置、方向、角度进行钻孔，先慢后快。钻孔过程中，必须仔细操作，严防卡钻、欠钻、漏钻和错钻。装药前必须检查孔位、深度、倾角是否符合设计要求，孔内有无堵塞、孔壁是否有石块以及孔内有无积水。如发现孔位和深度不符合设计要求时，进行补孔或透孔。严禁少打眼，多装药。清除孔口周围的碎石、杂物，对于孔口岩石破碎不稳固段，进行维护，避免孔口形成喇叭状。钻孔结束后封盖孔口或设立标志。

d、装药：严格按设计的炸药品种、规格及数量进行装药。

e、炮孔堵塞：炮孔堵塞长度大于最小抵抗线，堵塞材料采用 2/3 砂和 1/3 粘土堵塞。

f、爆破网路敷设：网路敷设前检验起爆器材的质量、数量、段别并编号、分类，严格按设计敷设网路敷设，严格遵守《爆破安全规程》中有关起爆方法的规定，网路经检查确认完好，起爆点设在安全地带。

g、起爆：网路检测无误，防护工程检查无误，各方警戒正常情况下在规定时间内，指挥员即可命令起爆。起爆采用非电起爆。

h、安全检查爆破完成间隔规定时间后，安全检查无误，即可进行机械施工。

i、总结分析：爆破后对爆破效果进行全面检查，综合评定各项技术指标是否合理，进一步确认已暴露岩石结构，产状、地质构造、岩石物理力学性质，综合分析岩石单位耗药量，作好爆破记录，聘请有经验的爆破专家进行分析、总结，对下一循环爆破作业进行优化。

②保证安全、质量的技术措施

- a、用塑料导爆管非电起爆技术，起爆系统不受雷电干扰，安全可靠。
- b、采用微差爆破技术，改善破碎质量和控制爆破振动，在环境复杂的地段，为了确保附近的建筑设施不受振动的影响，采用孔内、孔外相合的微差起爆形式，做到孔与孔、排与排之间都有一定的时间间隔，最大限度地降低爆破振动，使爆区附近的建筑设施振动速度控制在国家爆破规定安全范围内。
- c、采用先进的爆破技术，对于石质坚硬，整体较好的岩石进行爆破时，应用宽距离爆破技术，通过增大孔距、减小排距，充分利用炸药能量，在单孔爆破面积和单位耗药量不变的情况下，可以改善破碎质量。
- d、为了确保边坡的稳定和平整度，除坚持采用光面爆破外，根据实际情况，适当增大边坡保持层。在石质较差地段，进行深孔爆破时，要减小梯段高度，实行微差爆破，尽量减少爆破药量和分段药量，以免扰动山体。
- e、从开始装药，即设置安全警戒，防止非作业人员进入现场。网路连接后，工作人员逐渐撤离，警戒员、防护人员在指定地点就位，实行区段临时封闭，防止人、车等进入施爆区。

(2) 当取土场距离既有线和居民区较近时，爆破断面临近既有线，安全施工要求高，难度大。为确保既有线行车安全，施工中采取浅孔松动爆破和双层排架防护。

①爆破施工方法

a、双层防护排架搭设

施工作业时在临近既有有线一侧，按要求选择适当位置钻孔埋设 $\phi 32$ 地锚，锚杆长度为 1.5 米，埋设深度为 1 米，间距为 2 米。排架立管套住地锚杆，纵向管距 1 米，前、后排管距 40 厘米，排架横管间距 2.0 米，内侧挂竹排，同时设剪刀撑、水平支撑杆。水平支撑杆设锚杆与边坡锚固，锚杆长 1.3 米，埋设深为 1 米，间、排距为 4 米 \times 4 米，拉筋为 $\phi 12$ 钢丝绳。开挖作业面的形成及爆破方法：将开挖断面分成若干个梯形三角台阶，纵向从两端向中间控爆，横向台阶的工作面一般与线路方向形成 60-70 度夹角，以使最小抵抗线方向背离既有线方向。根据边坡设计要求，光爆地段采取间隔装药、微差爆破等方法进行施工。

b、炮位覆盖措施

炮孔覆盖：购置废旧车胎编制柔性炮被覆盖于炮位上。这种覆盖材料有较高的强度、弹性和韧性，不易折断，并有一定的重量，不易被爆炸气浪抛起，而且这种材料可反复使用、易修补、经济实惠。要求胶皮炮被厚度不得小于 1 厘米，编织要严实，四面用钢丝扎紧加固。

土袋覆盖加压：在柔性炮被上方加压土袋，并对有可能出现危险滚石的地段加设钢丝绳网或布鲁克网防护，钢丝绳网或布鲁克网四周设锚杆拉紧。以防止滚石危及既有有线行车安全。土袋均采用工地废弃水泥编织袋装土，严禁装石子，以免飞石伤人。

炮孔阻塞：炮孔阻塞长度应大于或等于最小抵抗线，阻塞材料采用沙土堵塞。

c、布孔形式

孔眼布置采用浅眼、深孔、预裂及多排微差挤压爆破四种方法布置炮孔。

d、爆破方法

采用边坡纵向台阶与横向台阶形成约 70 度夹角的三角槽式爆破方法。其方法为先在开挖路堑横向从上至下形成若干个梯形台阶并与边坡光爆面形成一个约 70 度的三角形溜槽，竖直角应大于 60 度，台阶宽度高度均为 2 米，台阶布孔方式为双排布孔。靠既有有线一侧采用预留防护墙微差爆破的方法，防护墙高为 1.5 米左右，厚度为 2 米左右，微差分段为：前排 1 段，后排 3 段，单排炮孔使用同段；设计边坡一侧为了达到光爆效果前排为 5 段，后排为 7 段，此台阶为纵向台阶，在起爆时可与横向台阶同时起爆。在台阶形成过程中纵向台阶不应过长，纵向台阶的尾部一定要超过垂直既有有线方向横向台阶的头部防护。爆破后的爆碴顺三角溜槽清至底部，用小型运输车人工装卸弃除。设计边坡随工作面向前推进而形成，外边防

护墙也随工作面向前推进逐渐消失，防护排架也随工作面向前推进逐渐拆迁重搭。

e、爆破工作程序

每一轮爆破施工前，先由技术负责人编制施工设计，并在现场作好对各工序施工负责人的交底工作。各工序施工负责人在施工中严格按此设计操作，每一道工序完毕后应履行签字手续，做到责任到人。现场技术负责每一道工序的监控工作。

在钻孔与装药施工中，发现与设计不相符，工序负责人可与现场负责人及现场技术负责人讨论，确定最佳施工方案，并在爆破工作记录表的变更说明中注明。

装药工序施工前，由现场负责人对炮孔进行抽查，并认真填写“炮孔检查记录表”，如符合要求，方可进行装药，否则严禁装药。

当各工序都进行完毕后，由现场负责人、技术负责人、安全负责人及相关旁站人员作最后检查，确认可以施爆后，履行签字手续。

现场负责人向防护人员发出开始警戒指令，并鸣笛，对人员进行清场。由现场负责人向防护人员询问情况，确认安全后，由现场负责人向起爆员发出“起爆”指令（注意：起爆网路与起爆器此时方能进行连接），同时鸣笛并向防护人员发出起爆指令。

起爆后，由技术负责人与安全负责人到现场进行检查，确认安全后，由现场负责人向两端防护人员发出解除警戒命令。如出现险情，现场负责人应立即组织抢险工作，在相关旁站人员确认安全后，方可由现场负责人向防护人员发出解除警戒命令。同时，由现场负责人组织出碴施工。

现场负责人组织技术负责人、安全负责人、各工序负责人及相关旁站人员参加在现场讨论会，对此次爆破的效果进行分析，总结经验，并作爆破工作记录。

技术负责人进行现场勘察，进行下一轮爆破的施工准备工作。

f、控爆施工注意事项

严格控制爆碴的破碎程序：要求爆破后的岩石达到“碎而不抛”、“松动而不散”或“预裂无飞”的效果。

严格控制爆破松动范围：要求施工放样要准确无误，爆破后的断面尺寸与设计尺寸相符。光爆地段在爆破作业过程中光爆效果要满足设计要求，爆破后的边坡平顺而稳定，半孔率不小于 90%。

严格控制爆破四害：爆破地震波、空气冲击波、噪声和飞石。

控制滚石：该控爆段山体上部存在危石，在施爆前，必须对其进行加固或处理，确认安全后方可进行爆破施工。

控制飞石：爆破飞石是炸药爆炸后的多余能量对石头产生作用的结果。为控制爆破飞石，在施工中主要采用取优孔径、孔深、孔数、孔距、排距和炸药单耗，采用合适的装药方法和起爆方式，提高炮孔的阻塞质量，以达到每个炮孔所产生的爆破能量与炮孔周围介质所需能量相等，达到松动而无剩余能量造成飞石。

加大装药的分散合理性：将炸药理进行分散化和微量化处理，采取“密布孔，浅打眼，少装药”的方法将总装药量“化整为零”，合理地、微量地分布在多孔之中，以达到降低爆破地震波、空气冲击波、噪音和飞石的危害。

选择最优抵抗线方向：在最小抵抗线方向，爆破地震强度最小，反方向最大，侧向居中。然而，在最小抵抗线方向上，又是碎块飞散的主导方向。为了综合减震和控制飞石，应使被保护的构造物或边坡居于最小抵抗线两侧位置，分四个控爆作业面若干个台阶沿山体两端向中间推进。

②施工安全防护措施

a、防护排架在搭设过程中要设专职质检员亲临现场指导施工，并设专职安全员解决搭设过程中可能会出现的安全问题。当排架分段搭设完毕后要经技术负责人检查评定验收后方可投

入使用。

b、防护排架任何一个断面的高度保证高出爆破作业面至少 3 米。

c、堑坡顶部爆破边坡坡面形成后，按间距约 5 米设置揽风绳，揽风绳采用钢丝绳制作，并用 $\phi 32$ 钢筋锚固于边坡坡面上。

d、在爆破施工现场按规定选择适当位置设置爆破标志牌。

e、炮位覆盖柔性炮被，上另压一层土袋，并对有可能出现滚石的地段加设钢丝绳网或布鲁克网防护。

f、为防止出现意外事故，爆破作业现场准备抢险接触网杆、钢钎、大铁锤等必备材料并在起爆之前组织足够的抢险人员待命。

g、为防止爆破作业过程中意外险情影响车辆运行安全，在施工爆破作业现场设防护人员，防护员配备一面红色信号旗，信号旗要求用塑料胶带粘接，在出现特殊意外险情时拦停车辆。

3、弃方

(1) 运至指定的弃土场进行弃土，并按要求确定合理的堆放形式和坡脚加固处理方案，以及排水系统的布置方式。

(2) 做到弃土堆堆置整齐、美观、稳定、排水顺畅，对其周围的建筑物、排水及其它任何设施不产生干扰和损坏。

(3) 弃方时，采取行之有效的措施使运输和堆放对环境皆不造成污染。

4、边沟的开挖

(1) 边沟开挖的位置、断面尺寸和沟底纵坡必须符合设计图纸要求，按照从下游出口向上游的顺序进行开挖。

(2) 在超高路段，边沟沟底纵坡与曲线前后沟底衔接良好，保证曲线内侧没有积水 and 外溢。

(3) 路堑与路堤连接处，边沟要缓顺引向路堤两侧的自然沟，保证路基附近不产生积水。

5、填挖过渡段施工

全线填方与挖方交界处全部铺设 $50 \times 15.3\text{m}^2$ 的土工格栅，规格为 $25.4 \times 25.4\text{mm}$ ，经向及纬向抗拉强度 50KN/M^2 ，土工格栅铺在土基与砂垫层之间。

(1) 施工方法

①施工时先平整场地，清除基底，铺设砂垫层，含泥量小于 3%。确保地面平整及地下水顺利流出堤外。

②沿路堤底部横向满铺土工格栅。铺设时注意铺设方向和搭接宽度，满足规范要求。土工格栅每层应包裹填料，其长度不小于 1.0m。

③格栅铺完后，及时填筑填料，避免阳光长时间直接曝晒，一般不大于 48h。从沟部开始向中间填土，碾压机械、工程车辆不直接走行在格栅上。每层的垂直位置，严格按设计图纸铺设，误差不超过规范碾压层厚的 $1/2$ ，填土按 1m 每周的速度上升，当孔隙承压力达到临界值时，停止填土。

(2) 注意事项

①使格栅最大强度方向与最大受力方向一致。

②避免浪费。

③格栅的切割量与缝接量严格控制。

④沟内曲线处铺设布局要合理。

(四) 路基整修

1、按设计图纸要求检查路基的中线位置、宽度、纵坡、横坡、边坡及相应的标高。

2、土质路基用机械刮土补土，人工配合机械碾压的方法整修成型，深路堑边坡整修按设计要求的坡度自上而下进行刷坡，严禁在边坡上以土贴补。

3、在整修需加固的坡面时，预留出加固位置，对填土不足或边坡受雨水冲刷形成小冲沟的

地段，采取边坡挖台阶，分层填补，仔细夯实的方法处理。

4、填土路基两侧超填的宽度予以切除，边坡缺土时，要挖成台阶，分层填补夯实。

5、挂线进行边沟整修，路基整修完毕后，堆于路基范围的废弃土料弃置指定的弃土场。

。

路基土石方施工方案

1 土工格栅施工方法

为防止填挖方结合部出现裂缝，在填挖方结合部 50 米范围内铺设土工格栅。

1.1 铺设土工格栅时，要拉直平顺、紧贴下承层，重叠、缝合、锚固要符合要求。

1.2 土工格栅强度最大方向垂直于线路方向，搭接长度为横向不小于 50mm，纵向不小于 100mm，搭接处用细铁丝绑扎牢固。借重力或插钉使筋材固定于地面，不得因填土而移动。

1.3 填料高度不足 1m 时，机械不应在路幅内掉头。

2 填土路基的施工方法

2.1 填土路基试验段的施工方法

(1) 对选取的填料按要求完成各项指定试验，应按《公路土工试验规定》规定的方法对土类进行颗粒分析、液限、化学分析和击实试验。

(2) 选定土方路基试验段，对选定的试验段的地表清除腐植土后，进行填筑试验。

(3) 填方试验段施工方法

①测量放线，抄平基底，按试验摊铺厚度在现场摊铺，并控制摊铺厚度。

②用推土机粗平后，现场抄平调整摊铺厚度，用平地机整平，并按设计作出路拱。

③用重型振动压路机碾压，先轻后重，先慢后快，先两侧后中央，相邻两次压实，要求轮迹相互重叠 40~50cm，防止漏压或互不重叠，整个土层压实一遍后再重复碾压。路基边缘压实采用与路线成 45°角碾压，既保证路基密实度，又确保操作安全。

用重型击实的试验办法，采用核子密度仪测定第六遍以后的路基压实度，做好详细记录，分清压实度达到 90%、93%、95%的碾压遍数，确定填土路基施工的工艺参数。

2.2 路基土方填筑的施工方法

在试验路段完成并报请监理工程师同意后，本标段的路基填土施工即可根据试验段确定的施工工艺参数组织施工。

(1) 原地表处理：根据规范规定，清理后的地面及其基底压实度、地面横坡等均应符合规范要求，除特殊要求要保留的植被和保留物外，在公路用地范围内的所有树木，树根、灌木和垃圾均应予清除运走。原地面表土、草皮严格按图纸要求或监理要求的深度和范围清除。地表清理完毕后再进行基底压实，直至满足规范要求。原地面横坡陡于 1: 5 的填方路堤和路基拓宽的填方路段，要将原地面及旧路边坡挖成台阶。

(2) 填料应分层填筑，不得混填。路基的填筑厚度应不超过 30cm，每层填料的铺设宽度，每侧均应较设计路基宽填 30cm。

(3) 碾压检测：根据试验段提供的资料，利用重型振动压路机，按标准碾压方法及检测方法进行碾压、检测。

(4) 路基整修：路基填至设计标高后，用平地机修整出路拱，使路基表层平整度、坡度、宽度符合规定要求。

(5) 边坡修整：放出路基边线桩，按设计规范要求，刷去超填部分，修整折点，修整后达到转折处棱线明显，直线平直，曲线圆顺。

路基填筑施工工艺详见《路堤填筑施工工艺框图》。

2.3 半挖半填路堤施工

(1) 按基底处理方法做好基底处理,填挖交界处或自然坡陡于 1:5 时,应将原地面挖成台阶,台阶宽度应大于 1 米,并将顶部做成 2%~4%的内倾斜坡。

(2) 严禁从高处倒土石方,土石方松铺应从底层开始,根据路段地形情况分别采用水平分层填筑或纵向分层填筑,松铺厚度严格控制在 30cm 以内。

(3) 采用重型振动压路机进行压实,并随时进行路基密实度检测,发现问题立即找出原因并进行整改。

(4) 对因为填土宽度较小,不能使用重型压路机的地段,采用小型夯实设备,如液压振动夯进行夯实。

2.4 涵侧填筑

(1) 挖基土应根据具体情况由试验确定其是否可用作回填料,不能作为回填料的必须远弃。

(2) 涵侧填土必须分层对称均衡填筑,分层厚度以不大于 15 厘米为宜,并严格夯实。在压路机不能碾压到的边角处,必须采用液压振动夯等机具碾压。涵顶填土超过 1 米后,方许机械通过。

(3) 涵侧填筑材料采用设计规定的渗水材料,回填时严格控制压实度,要求自上而下压实度均不得小于 95%。

(4) 涵背回填应在涵身混凝土(砌体)强度达到 100%设计强度时,方可两侧对称进行。

3. 路基开挖施工方法

3.1 土质路基开挖

3.1.1 采用机械开挖,机械开挖不到的边角采用人工开挖。边坡坡面人工整修。

3.1.2 开挖前对整个挖方段测量放样,并埋设必要的护桩,以后每开挖 3 米左右重新测量一次,进行收坡,严防超挖和损伤边坡。

3.1.3 机械开挖时预留 20-30cm 的边坡保护层,该保护层由人工开挖以保证边坡的坡率和平整度。有边坡防护地段在防护工程施工前开挖该保护层。

3.1.4 路基开挖至设计标高 0.3m 时停止机械开挖,待边坡防护和堑底水沟施工完后与边坡土方、水沟土方一起施工,采用人工开挖,小型拖拉机运输。

3.2 石质路基开挖

3.2.1 浅孔松动爆破

由于地形、地貌、开挖深度、断面形式和周围环境不同,故采用浅孔松动爆破的开挖方法施工。

(1) 适用条件

对于石质软弱的软石,次坚石开挖深度在 3-10m,数量集中的路段,且对建筑物影响不大,拟在线路中心两侧采用分台阶的浅孔爆破。如图 2:(略)

(2) 布眼方法

采用垂直眼,以台阶形式向前推进,排列形式以多排矩形、长方形、梅花形排列。

(3) 钻爆参数

钻孔直径 $d=\Phi 38\sim 42\text{mm}$

最小抵抗线 $w=1.0\sim 1.2\text{m}$

孔距 $a=1.0\sim 1.2\text{m}$

排距 $b=w=1.0\sim 1.2\text{m}$

孔深 $H=2\sim 2.5\text{m}$

单位耗药量 $K=0.3\sim 0.4\text{kg/m}^3$ (根据岩石类型通过试验确定)

每孔装药量 $Q=K\cdot w\cdot a\cdot H$ (前排) 或 $Q=K\cdot a\cdot b\cdot H$ (后排)

(4) 装药结构

使用 $\Phi 32\text{mm}$ 的乳胶炸药（或 2#岩石硝铵炸药），采用连续装药或分层间隔装药，若采用分层装药，其上下层药量之比为 6:4，堵塞长度一般为 0.6~0.8m，中间间隔一般为 0.3~0.4m。如图 3 《连续装药结构示意图及分层装药结构示意图》。

(5) 起爆网路及联结

孔内采用非电毫秒延期雷管起爆系统起爆，电雷管或火雷管引爆，起爆网路采用 1~15 段非电毫秒延期雷管孔内微差爆破，以簇联方法（一把抓）串并联起爆网路。

(6) 警戒及安全措施

①按照爆破安全规程，安全距离为 200 米。

②对周围建筑物的保护，必须控制最大一次（最大一段）用药量，并对地震波安全距离进行检算。

$R_{\text{安全}} = Q^{1/a}$

式中：Q—最大一次用药量（最大一段用药量）kg

V—地震安全速度，cm/s

K、a—与地区有关的系数和衰减指数。

③个别飞石采用对爆破体用草袋或胶帘覆盖。

④加强对火工品的使用和管理。

3.2.2 边坡浅孔光面爆破

(1) 适用条件

当石方开挖接近边坡坡面 3~4m 时，应采用浅孔光面爆破。

(2) 炮孔布置

沿边坡设计开挖线，打一排 1:1 的斜眼（光爆眼），炮孔间距根据岩石的性质现场确定。一般为 $E=0.8\sim 1.0\text{m}$ （或间距 0.4~0.5 打一排眼，每隔一个装药，中间形成导向眼），再选定光爆层的厚度 w （最小抵抗线），其光爆孔的密集系数用 k 值表示：即 $k=E/w$ 。K 值的大小，与爆破的平整、效果有很大关系，一般 $K\leq 1$ ，通常 $k=0.8$ 左右为最佳。根据 w 的确定再按规定要求钻眼。

(3) 钻爆参数

光爆孔

钻孔直径 $d=\Phi 38\sim 42\text{mm}$ 。

孔距 $E=0.8\sim 1.0\text{m}$ （或 0.4~0.5m 中间留导向孔）

孔深 L 为 1:1 的斜眼，根据台阶高度而定，一般炮眼深度 2~2.5m 炮眼的长度为（2~2.5）

单位耗药量： $Q=K\cdot E\cdot L$

一般 $K=0.4\sim 0.5\text{kg/m}^2$

集中装药度：一般为 0.25~0.3kg/m

不偶合系数：一般应大于 2，但不能小于 1.5，故采用 $\Phi 38\sim 42\text{mm}$ 的钻孔应采用 $\Phi 25\text{mm}$ 的小药卷。

(4) 装药结构

装药结构一般以三部分组成：孔口堵塞段，正常装药段和孔底加强段，一般为连续装药结构或分层装药结构，堵塞长度为炮孔长度的 1/3~1/4。为克服底部阻力，也可在底部放置 1~2 卷 $\Phi 32\text{mm}$ 的标准药卷，以增强其作用，具体见图 4 《光爆孔装药结构示意图》。

(5) 起爆及联结

光爆孔应同时起爆，起爆顺序以主爆孔先爆，光爆层孔后爆，最后光爆孔同时同段起爆。如光爆孔使用导爆索起爆时效果更好。联结方法也是采用簇联（一把抓）。

(6) 光爆层孔

光爆层孔是光爆孔内侧的炮孔（也称内圈炮孔）也是用 1:1 的斜眼，按光爆层的厚度 w 布一排炮孔，它在光爆孔前爆，其它各种参数与一般爆破参数相同。

3.2.3 深孔松动爆破

(1) 适用条件

当石方数量比较集中，且开挖深度大于 10m 以上，对装载、运输能发挥高效率的地段，宜采用深孔松动爆破。

(2) 台阶要素、钻孔形式及布孔方法

根据开挖的深度来确定台阶的数量，也可一次到位，台阶要素见图 5《台阶要素示意图》。

① 台阶要素

H 为台阶高度， $W1$ 为前排钻孔的底层抵抗线， L 为钻孔深度， $L1$ 为装药长度， $L2$ 为堵塞长度， h 为超深， a 为台阶坡面角， b 为排距， B 为台阶上眉线至前排孔口的距离， W 为炮孔的最小抵抗线。

② 钻孔形式

深孔爆破一般采用垂直炮孔，在路基边坡处根据坡率采用倾斜孔。

③ 布孔方式

布孔方式采用多排孔布置，成方形、矩形、三角形（梅花形），最好以等边三角形布孔最为理想。

(3) 深孔爆破参数

① 孔径孔深

当采用液压潜孔钻机，孔径通常为 $\Phi 64$ 、 $\Phi 80$ 、 $\Phi 100\text{mm}$ 等，孔深由台阶高度和超深确定。

② 台阶高度和超深

根据铲运设备及潜孔钻机的选型，根据本标段实际情况，一般采用 $H=6\sim 8$ 米，也可以一次打到标高（10~15 米）。

为克服台阶底盘岩石的夹制作用，使爆后不留根，底面形成平整的底部，一般 h 为钻孔直径的 5~8 倍。

③ 底盘抵抗线

一般经验公式为

$$W1 \leq H \cdot \tan a + B$$

$$\text{或 } W1 = (0.7 \sim 0.9) H$$

④ 孔距和排距

$$a \leq W1$$

$$b = a \cdot \sin 60^\circ = 0.87a$$

⑤ 堵塞长度

为提高爆破效果和充分发挥炸药能量的利用率，合理确定堵塞长度是一重要因素。堵塞过长、过短，均对爆破效果不利，故一般堵塞长度为孔径的 20~40 倍。

⑥ 单位炸药耗用量

根据岩石的性能，炸药的种类，自由面条件，起爆方式和运输方式的要求，合理的单位炸药耗用量需通过试验，在实践中验证，一般深孔爆破参考数值：软石为 $k=0.3\sim 0.4\text{kg/m}^3$ 、次坚石为 $k=0.4\sim 0.5\text{kg/m}^3$ 。

⑦ 每孔装药量

$Q=k \cdot a \cdot W_1 \cdot h$ （第一排）

或 $Q=k \cdot a \cdot b \cdot h$ （第二排及以后）

（4）微差爆破

深孔松动爆破宜采用孔内和孔外微差爆破。

①孔内微差，爆孔内根据爆破顺序分别采用 1~15 段非电毫秒延期雷管装药。利用簇联方法（一把抓）进行，火雷管或电雷管引爆，各种孔内微差爆破的起爆方法见图 6《几种常用的起爆方法》。

②孔外微差，孔内全部采用导爆索装药结构，再根据设计爆破顺序，串联各排后按装 1~15 段非电毫秒延期雷管，采用簇联（一把抓）之法，再进行火雷管或电雷管引爆。

③装药结构、警戒、安全措施

对于装药结构、警戒、安全措施及对建筑物地震波的影响，与浅孔松动爆破相同。

④边坡光面爆破

对于边坡深孔光面爆破与浅孔光面爆破相同，在施工过程中，应进行边坡光面爆破设计，确保边坡的稳定性。

其施工工艺见路基石方爆破施工工艺框图。