

高填深挖路基施工技术在公路工程中的运用

王勇

新疆北新路桥集团股份有限公司

摘要：公路工程高填方深挖路基施工面临内部与外部两个方面的因素影响，外部是气象条件、工程施工、人为干扰等，内部则是路基施工的水文地质条件、路基边坡结构的稳定性等。高填方深挖路基施工的难度较大，且通常位于边坡陡峭位置，再加上开挖与填方工程量大，增加了变形与坍塌风险。因此，在公路工程中深入研究高填方深挖路基施工技术的实践运用，切实解决或规避高填方深挖路基施工风险，运用好土方开挖、石方开挖、锚杆钢筋网喷射混凝土支护，以及填筑施工中的回填、摊铺、碾压等施工技术，达到提升高填方深挖路基稳定性，增强路基强度与密实度的施工目的。

关键词：高填深挖路基；路基施工技术；公路工程
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.01.057

路基是公路工程的基础，其稳定性、强度、密实度决定着公路工程的质量与性能。而高填深挖路基施工技术是公路工程路基施工中经常运用到的一种技术，该技术与普通的路基施工技术相比，技术运用难度较高，开挖与填筑的工程量大，且施工后路基的累积沉降量大，对于施工技术的实践运用水平有着较高的要求。基于工程实例进行技术运用的分析与论述，以明确技术运用的标准要求，提升技术运用的规范化水平，保障高填深挖路基施工的质量与效率，奠定公路工程施工的基础。

一、公路工程实例

（一）工程概况

某公路工程为一条长28.6km的沥青混凝土结构的高速公路，其中的K16+200~K16+500路段填方高度大于15m，为典型斜坡地段高填路基，坡脚采用铲形（式）加固基础，并采用检查井、横向盲沟、基底处理与坡面处理等施工设计方案，以提高路基的稳定性。该路段的原边坡坡比为1:3，坡度8%，采用的是放缓边坡施工方案，放坡后最大设计边坡坡比为1:6。本文基于该公路工程进行高填深挖路基施工技术的运用分析，具体内容如下。

（二）深挖路基施工方案

按照“缓坡率、宽平台、固坡脚”的原则，进行本工程K16+200~K16+500路段深挖路基施工方案的设计，土质路基施工流程为：测量放样→场地清理→开挖截水沟→逐层开挖→装运土（石）方→路槽修整、碾压、成型。施工机械选择使用推土机、挖掘机，按照从上向下的顺序逐级开挖，常用的开挖方法有分层纵挖法、通道

纵挖法、分段纵挖法等。石方开挖需根据公路工程实际的岩石条件进行开挖方案的设计，在开挖之前采用爆破法、光面爆破法、预裂爆破法等破碎岩土，然后再清理石质路床。本公路工程深挖路基段岩体强风化且破碎，坡体稳定性较差，设置宽度为4m的挖方平台，先开挖深坑，确定深度，并做好排水系统的设计。

（三）高填方路基施工方案

在充分掌握该公路工程地质条件与水文条件的基础上，结合运用综合设计与动态设计方法，根据高填方路基施工的实际情况，针对K16+200~K16+500段路基的路堤、排水、防护等进行设计的优化与调整，以确保高填方路基施工的顺利稳步推进。高填路基填筑工程量大、高度高，累积沉降大，施工对于路基的强度、刚度、水热稳定性有着较高的要求。因此，该路段采用的是基底、坡面、纵横向排水等综合处理方案，以增强高填方路基整体的稳定性。一是坡脚设置纵横向排水管用降水、集水、排水；二是设置填方平台，自然坡面挖台阶；三是为了提升路基的水稳定性，基底设置横向盲沟、排水层，并使用加筋土工布提升高填方路基土体的抗剪强度，改善路基结构能力；四是如果高填方路基施工路段为软弱地基条件，当横坡坡度超过25%时填筑加筋路基，每填筑60cm厚度，铺设一层土工布；五是高填方路基填筑的高度大，施工后累积沉降量大，应在填方施工过程中进行强夯处理，每填筑4m，强夯一次。

（四）路基支护施工方案

高填方路基从坡脚至坡顶采用土工格室腐殖土植物防护措施，坡底设置排水沟与固定桩，坡面铺设20cm厚的植被土、加筋土工布，距离坡顶一定高度再设置一层固定桩，上部种植小灌木，利用植物根系稳固边坡上部的土体。挖方路基施工在面临稳定性差的边坡时，一边进行支护作业，一边开挖土方，如设置抗滑挡土墙。边坡陡峭、易滑塌的情况下，使用锚杆钢筋网喷射混凝土支护方案，锚杆材料为HA32螺纹钉、200mm×200mm×200mm钢垫板，灌注素混凝土或是砂浆。为消除边坡静水压力，边坡上布设仰斜式排水管，孔径Φ150mm，使用2层土工布包裹。喷射混凝土层内设置泄水孔，选择使用PVC管，长25cm，坡度2%~7%，在喷射混凝土时注意使用土工布进行封堵。

二、高填深挖路基施工技术

（一）施工前期准备

1. 测量放样

在正式开挖之前测量放出开挖路段的中桩、边桩，标注好开挖的深度，以及复测中线与高程。沿着路基的中线，间隔15m设置一个中桩，以中桩为参照放出边桩、位置桩。测量放样后计算出开挖土石方量，以及在开挖或填筑施工过程中，每开挖或填筑5m复测中桩一次，确保路基施工与公路工程设计的一致性。

2. 整理地表

彻底清除施工路段地表上的树木、草皮、表土、垃圾等，全部挖除树根，以及砍伐或移栽地表影响行车的树木、灌木，保持行车路线的通畅。水是引发路基病害的主要原因，在正式开挖之前，设置临时排水与永久排水系统，及时排除影响边坡稳定的地表水，避免地下水与地表水冲刷路基，影响到开挖施工的进度。在填筑施工之前，如果路基的承载力不够，可使用碾压、强夯等方法，将路基密实度提高至90%以上，为后续的填筑施工打好基础。

(二) 深挖路基施工

1. 施工要求

深挖路基的边坡高度在20m以上，小于20m的为一般边坡，深挖边坡的开挖高度大，开挖作业会直接影响边坡整体的稳定性，且高边坡本身整体受力较为复杂，开挖过程控制难度大。本工程开挖作业选择放缓边坡施工方案，横向分层、纵向分段、阶梯开挖，以及为了加快开挖进度，施工中两端同步开挖。①开挖之前规划设计土石方运输方案，协调运输、开挖之间的关系，建立施工现场的秩序，保证施工机械之间的密切配合，减少施工机械之间的干扰；②由于开挖的高度大，开挖边坡每10m设置一个宽4m的开挖平台，平台上设置排水设施，用来排除坡体渗水或是地下水；③开挖从上向下逐级推进，至边坡线前预留一定的宽度，如果开挖土石方可作为填料，还应注意分类开挖，运输到指定的位置；④开挖到路床位置时，在不能立即进行路床施工的情况下，应预留30cm厚的保护层；⑤路基开挖遇到地下水时，需将水排导致排水系统，不可堵塞处理，以及在路床含水量较高的情况下，可换填透水性好的填料，或者是在路床中专门设置渗沟；⑥石方爆破不可采用大爆破，需采用分层、多排爆破法，避免爆破造成过大的振动，影响高边坡的稳定性。

2. 土方开挖

深路基土方开挖面临的是土方施工条件时，直接使用推土机进行开挖，开挖的关键环节是切土与运土，也就是运用最短的时间切满土，并要减少推运过程中的土方损失。在开挖过程中还需做好检测，及时确定开挖的尺寸，避免超挖或少挖现象的发生。由于路基开挖的高度大，提前规划设计好分层分段开挖方案，每层设置一条临时便道，并设置排水系统，在便道上向两侧开挖。

深路基挖装作业还可配合使用正铲挖掘机，在开挖工作面高度小于1.5m时，采用侧向开挖和正向开挖法，与运输车辆协同配合完成开挖作业。

3. 石方开挖

公路工程中石方开挖常用以下三种开挖方式，一是钻爆开挖，钻孔后安装炸药以破裂岩体；二是直接使用机械破碎岩石，如配置松土器的重型推土机，适用于软岩石方工程，破碎深度1m以内；三是静态破碎法，使用主要成分为铝酸钙、硅酸盐水泥、减水剂等的化学爆破剂，缓慢的作用于孔壁，促使岩体裂开，但是破碎时间较长。本工程石方采用逐级开挖方案，根据开挖岩体的实际条件进行爆破方法的选用，比如，爆破的岩体距离边坡较近需使用预裂爆破法，爆破影响范围内有建筑物、居民区等，应选择使用静态破碎法。以台阶主体开挖为例，爆破选择使用深孔多排爆破法，测量放出中桩、边桩与中心线后，使用手风钻钻孔，检查孔距、排距、孔深、倾斜度、位置等合格后，装入炸药，采用非电复式起爆网络，爆破顺序为：缓冲控制爆破段→开挖区主爆破→光面爆破段，爆破后使用推土机推出一个作业平台。在确定所有炮孔爆炸完成后，清理爆炸面上的危石，开始从上至下分层进行出渣作业，纵向调运不超过100m时采用推土机，超过100m使用挖掘机与装载机，由自卸汽车运出施工现场。

4. 锚杆钢筋网喷射混凝土支护

本公路工程深路基使用的是从上至下逐级开挖施工方案，根据开挖路基的高度与长度进行分级开挖，在实际开挖中通常是以6m为一级，每级分两次开挖，第一次开挖高度为3.5m，长40m，然后再开挖第二级，如果为软弱地基条件，需分3次或者是4次开挖，长度在15m以内，开挖完成后立即对边坡进行支护处理，以保证边坡的稳定性与安全性。本工程深路基开挖支护选择使用的是锚杆钢筋网喷射混凝土支护，土方开挖后初喷2~3cm厚混凝土，然后安装锚杆、挂网、安装排水管与泄水孔，最后再喷射一层混凝土。锚杆由工厂制作，安装后采用孔底注浆法，一次注浆成型。钢筋网的外层网格是15×15cm，内层是10×10cm，钢筋网安装时搭接长度>20cm，焊接连接，内外层搭接位置需错开。安装完一层后，从上向下喷头垂直喷射混凝土，喷射距离控制在0.5~1.5m，喷射压力0.5MPa左右，形成带有一定强度的混凝土喷射层，稳固边坡岩土体。

(三) 高填路基施工

1. 填筑材料质量检测

高填路基采用的是分层施工方案，分层厚度在30cm左右，选择使用的是强或中风化石方填料，卸料后使用推土机整平，碾压后采用灌砂法检测压实度。在正式填筑之前，对填筑材料进行质量检测，确保填筑材料质量

满足高填深挖路基施工标准要求，具体如表1所示。在填筑材料进场后注意加强防潮、防变质管理，避免填料发生性质改变，影响到路基填筑后的压实度与强度。

表1 高填深挖路基施工标准要求

填挖类型	路床下深度	压实度	填筑最小强度	填料最大粒径
填方路基	0~30cm	96%	8%	10cm
	30~80cm	96%	5%	10cm
	80~150cm	94%	4%	15cm
	>150cm	93%	3%	15cm
零填及路堑路床	0~30cm	96%	8%	10cm
	30~80cm	96%	5%	10cm

2. 摊铺整平

分层填筑施工还需注意卸料密度的准确计算，根据分层厚度计算出卸料密度，完成一层卸料后使用推土机摊平。坡高在1~9m范围内，填料摊铺坡度比控制在1:1.5，大于9m时按照1:1.75进行控制。专门设置的填筑作业平台宽4m，坡度为3%。在填料运输至施工现场后，经检查确定填料质量符合要求后，根据计算出的卸料密度由远至近卸料，卸料完成后按照分层30cm的厚度进行初步整平，初平后使用压路机来回初步碾压，最后使用平地机进行精平，并且在精平作业过程中，做出坡度为2%的路拱，便于路基排水。摊铺整平作业中机械无法到达的位置，由人工进行夯实及平整。

3. 碾压施工

高填路基碾压选择使用的是振动压路机，吨位与型号需符合高填路基施工的标准要求，利用压路机的自重及碾压过程中产生的冲击力将路基的压实度提升至93%以上。压路机从外向内、纵向进退碾压。路基填筑高度超过4m时，冲击碾压次数要超过15次，达到冲压补强的目的，加快地基固结变形的速度，提高碾压作业的压实度与强度。在完成碾压作业后，采用灌砂法和核子密度仪进行检测，确定高填路基的各项参数是否符合公路工程施工的要求。此外，为了保证高填路基施工的质量，可以适当减少分层厚度，提升压路机振动冲击的效果，进而提高路基的压实度。

4. 位移监测

在高填方路基施工期间及施工后进行填筑路基的水平位移、横向位移监测，预测填方是否存在滑动，沉降发展趋势，以计算出路面施工的时间。观测桩选择使用R20钢筋混凝土方形桩，桩长1.5m，宽0.15m，在桩顶设置测头。桩体1.4m埋入地下，用土夯实，桩顶漏出0.1m，并围绕观测桩浇筑半径为0.5m的混凝土。观测桩设置的位置是同里程断面的路肩、平台、坡脚处。基准点需具有良好的通视条件，设置在监测断面与控制网

之间。施工阶段观测频率如下，填筑高度小于16m，每两天1次，大于等于16m，两天内每层1次。施工后，半年内为一周1次，半年后为半个月1次。测距误差控制在±0.1mm以内，水平位移控制标准为2~5mm/d，竖直位移是5mm~10mm/d。

(四) 排水系统施工

在高填深挖路基施工中针对水害采用了综合治理方案，在路基的基底设置了梯形或矩形横、纵向排水盲沟。盲沟与铲形加固基础排水系统相连，使用粒径为5~50mm的碎石为填料，及时排除高填深挖路基中的水。盲沟施工的重点是其位置的确定，主要是顺着路基的出水点布置，并且要尽量使用同一坡率，在遇到起伏较大的坡度时采取圆滑过渡。在盲沟遇到混凝土樁时应预留PVC管位置，拐点处为纵横向盲沟连接处，专门设置三通，将盲沟连接成一个排水系统。盲沟与高填方基底的排水层进行连接，并回填碎石，构建整个路基完整的排水系统。本公路工程路基设有两个排水层，在坡脚位置的铲形加固基础的底部，设有纵横向排水管，宽5m，高0.5m，使用土工布包裹。在路基轴线与加固基础范围内的台阶上，使用粒径为0.5~55mm的级配碎石，铺设厚为30cm的排水层。

结语：高填深挖路基施工的开挖及填筑高度大，工程量多，且施工难度较大，通常用于地势陡峭施工条件。在公路工程高填深挖路基施工技术实践运用中，采用加固与排水相结合的方案，以保证开挖及填筑施工的安全，同时从根本上解决路基水害问题，提升路基整体的稳定性及水稳定性。以及在施工过程中，加强高填深挖路基的水平位移与竖直位移监测，确保高填方路基分层填筑高度的准确性，预测路基沉降的发展趋势，以及确定深挖路基边坡变形的稳定性等，保障高填深挖路基施工的有序、顺利开展。

参考文献

[1] 莫轻文, 伍仕涛. 山区公路高填深挖路基施工技术[J]. 交通世界, 2022, (33): 37-40.
 [2] 梁国林. 高填深挖路基施工技术在公路工程中的应用[J]. 交通世界, 2022, (1): 123-124.
 [3] 高学清, 戴红兰. 高填深挖路基施工技术应用探析[J]. 交通世界, 2021, (26): 81-82+84.
 [4] 周义航. 公路工程项目中的高填深挖路基施工技术[J]. 中国设备工程, 2021, (16): 14-16.
 [5] 胡海强, 温亮珠, 张玺. 公路工程项目中的高填深挖路基施工技术[J]. 中国新技术新产品, 2020, (16): 85-86.
 [6] 李燕. 路基工程高填深挖路基施工技术[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(7): 74-75.