

市政基础设施工程 质量标准化图集

中建五局第三建设有限公司市政分公司

目 录

第一部分 路基工程.....001

1 地基处理.....002

 1.1 场地清理.....003

 1.2 路基排水.....005

 1.3 特殊路基处理.....022

2 路基填筑.....002

 2.1 施工准备.....022

 2.2 基底处理.....023

 2.3 路基基床以下填筑.....024

 2.4 路堤整修.....030

 2.5 路床表面级配碎石施工.....031

3 路堑施工.....033

 3.1 土方路堑施工.....033

 3.2 石方路堑施工.....035

 3.3 路堑爆破施工.....038

 3.4 路堑整修.....040

4 过渡段施工.....041

 4.1 路堤与路堑过渡段施工.....041

 4.2 路堤与桥台过渡段施工.....042

 4.3 涵背路堤填筑.....043



第二部分 路面工程	047
1 基层.....	048
1.1 石灰稳定土类基层.....	048
1.2 级配碎石基层.....	050
1.3 水泥稳定碎石基层.....	054
2 沥青混凝土面层.....	069
2.1 摊铺碾压.....	069
2.2 施工缝控制.....	072
2.3 透层油施工.....	073
2.4 粘层施工.....	074
2.5 封层施工.....	075
第三部分 给水排水管道工程	076
1 土石方与地基处理.....	077
1.1 施工降排水.....	078
1.2 沟槽开挖.....	079
1.3 沟槽支护.....	080
1.4 地基处理.....	081
1.5 沟槽回填.....	081
2 开槽施工管道主体结构.....	086
2.1 管道基础.....	086

2.2	平基法混凝土管安装	087
2.3	HDPE排水管施工	090
2.4	PE管连接方法	092
2.5	四合一法	093
3	不开槽施工管道主体结构-顶管法	095
2.1	工作井、接收井	095
2.2	配套设备准备	096
2.3	导轨安装	097
2.4	千斤顶、顶铁	098
2.5	测量控制	099
2.6	顶杆始发与接收	100
2.7	排泥	101
2.8	通风	102
4	管道附属结构物	103
4.1	井室	103
4.2	雨水口	113
4.3	井盖	119
5	管道功能性试验	128
5.1	闭水试验	128

第四部分 管廊工程.....129

1 基坑降排水工程.....130

2 地基验槽工程.....132

3 基础工程.....133

 1.1 级配碎石换填.....133

 1.2 抗浮锚杆.....134

4 现浇钢筋混凝土结构.....135

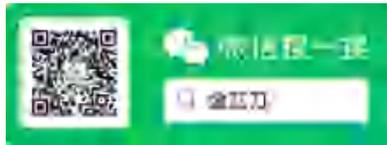
 1.1 钢筋工程.....135

 1.2 模板工程.....137

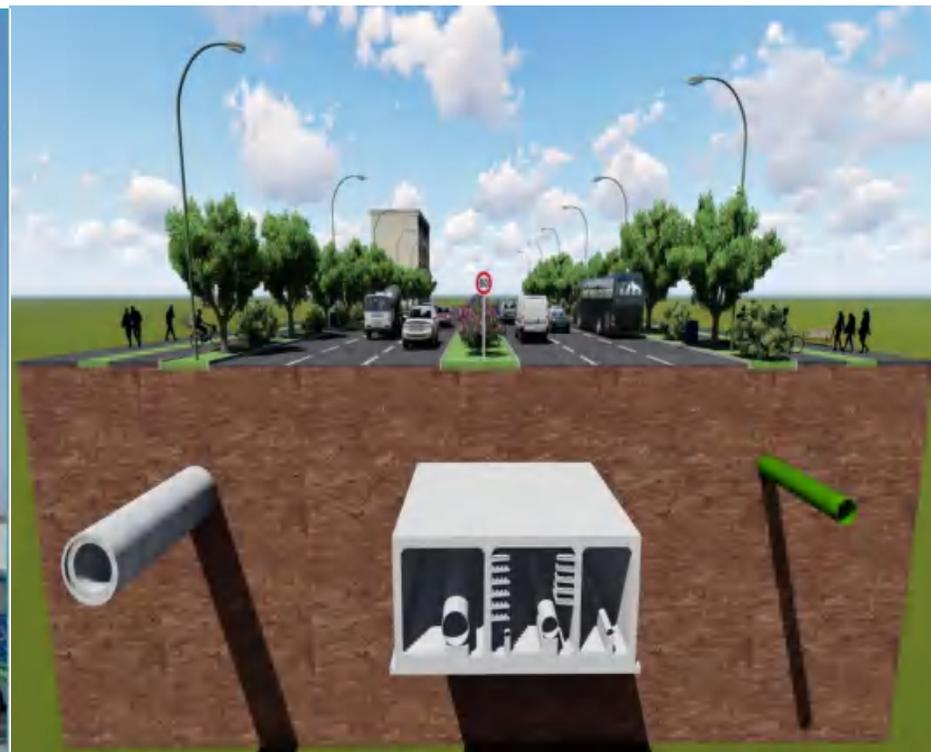
 1.4 混凝土工程.....141

5 防水工程.....144

6 土方回填工程.....151



第一部分 路基工程



1 地基处理

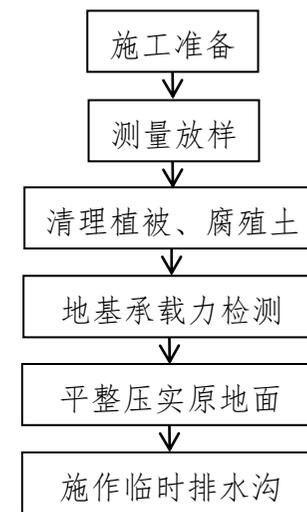
1.1 场地清理

工艺说明：

- 1、路堤填筑前应清除基底表层植被，挖除树根，做好临时排水设施与永久排水设施相结合。
- 2、路基基底清理后，应测高程报验认可，并检测压实度，达不到设计要求应先将土翻松打碎，再整平、压实。
- 3、原地面坡度陡于 1:5 时，应自下而上挖台阶。
- 4、经过水田、池塘、洼地时，应根据具体情况采用排水疏干、换填水稳性好的土、抛石挤淤等处理措施，确保路堤的基底具有足够的稳定性。

质量控制：

- 1、二级及二级以上公路路堤基底的压实度应不小于90%；三、四级公路应不小于85%。
- 2、路基基底原状土的强度不符合要求时，应进行换填。换填深度应不小于 30cm，并予以分层压实，压实度应符合规定。



路基表面处理工艺流程图



清理地面植被、软土



原地面静力触探检测



清表碾压后的路基基底首件

一、路基工程

标准化做法

1.2 路基排水

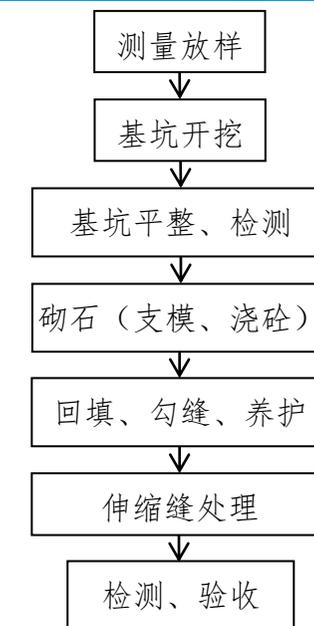
1.2.1 地表排水

工艺说明：

- 1、各类防渗加固设施要求坚实稳定，表面平整美观。
- 2、路堤横向排水沟沟底纵坡由中心向两侧为4%；横向排水沟与路堤边坡排水沟相接将水排出路基。路堤横向排水沟和路堤边坡上的排水沟均在路堤处于稳定后方可施工。
- 3、当开挖纵横向排水沟自然排水有困难的路段，应设集水坑，采取人工强制排水。
- 4、急流槽、平台截水沟随路基防护圬工同步砌筑，排水坡度、沟槽断面不得小于设计要求。

质量控制：

- 1、排水设施纵坡顺适、曲线圆滑；沟底平整、排水畅通、无刷坡和阻水现象。
- 2、干（浆）砌片石工程要求嵌缝均匀、饱满、密实，勾缝平顺无脱落、密实、美观，缝宽均衡协调；砌体咬扣紧密；抹面平整、压光、顺直，无裂缝、空鼓。水泥混凝土砌块强度符合设计要求，砌体平整，勾缝牢固。



排水沟施工工艺流程图



路肩拦水埂、坡面临时急流槽



路堤排水沟



阶梯型急流槽

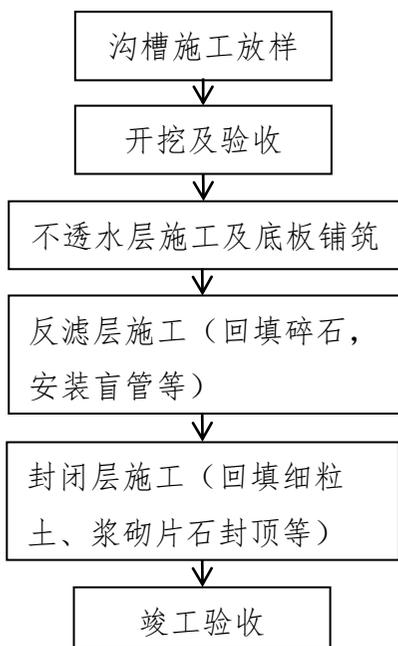
1.2.2 地下排水

工艺说明:

1、当地下水位较高、潜水层埋藏不深时，采用排水沟或暗沟截流地下水及降低地下水位，沟底宜埋入不透水层内。沟壁最下一排渗水孔的底部高出沟底不小于 0.2m。

2、排水沟或暗沟采用砼浇筑或浆砌片石砌筑时，在沟壁与含水地层接触面的高度处，设置一排或多排向沟中倾斜的渗水孔。

3、排除地下水的渗沟均必须设置排水层、反滤层和封闭层。渗沟沟内用作排水和渗水的填充料在使用前须经过筛选和清洗。

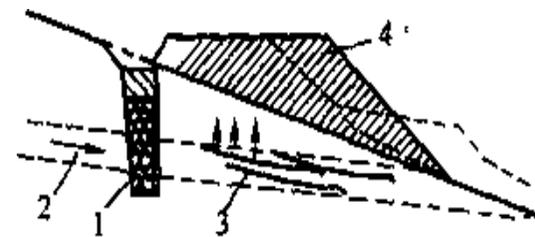


地下排水沟施工工艺流程图



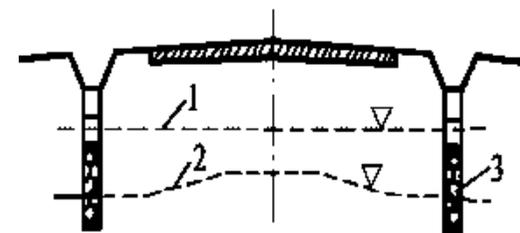
盲沟施工

- 1-暗沟
- 2-层间水
- 3-毛细水
- 4-可能滑坡线



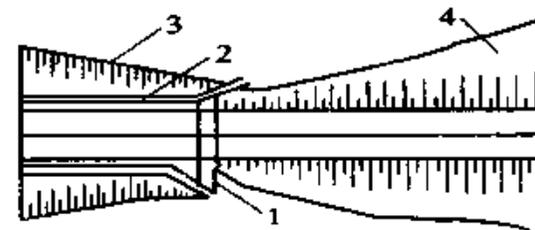
图示1：一侧边沟下设暗沟

- 1-原地下水位
- 2-降低后地下水位
- 3-暗沟

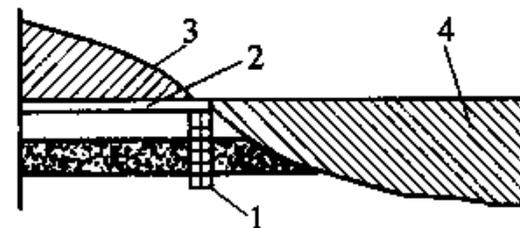


图示2：两侧边沟下设暗沟

- 1-暗沟
- 2-边沟
- 3-路堑
- 4-路堤



图示3：填挖交界处横向暗沟平面图



图示4：填挖交界处横向暗沟纵剖图

1.3 特殊路基处理

1.3.1 挖除换填

工艺说明：

- 1、换填施工以前应进行调查，对需换填的软土层范围及深度（包括地基中的孔洞、沟、井和墓穴）应仔细调查核实并处理。对填料进行选择 and 确认，对弃土场进行确认，自选弃土场应选择洼地，并根据地形条件设置挡土墙。
- 2、根据现场实际情况和工期要求划分施工段落，对施工作业先后顺序以及机械行走路线进行合理安排。
- 3、根据设计施工图纸测定换填的范围和深度。开挖深度在2.0m以内时，可用推土机、挖掘机清除至路基范围以外堆放或运至取土坑还田。开挖深度大于2.0m时，应由端部向中央分层挖除，同时修筑临时运输便道由汽车等运输工具将软土运至路基以外。
- 4、准备临时排水机械，疏干地表水，换填基坑内若有渗水应及时抽水排除。
- 5、换填地基面积大、软土底部起伏大于5%的应设置台阶，基坑开挖完成以后及时申请验收。
- 6、换填垫层铺筑前，应对软土表面进行修整，可采用人工配合机械。
- 7、开展施工前应选择不小于100m的换填地基段进行填筑、压实工艺性试验，确定合理的工艺参数和施工方法。



清淤换填工艺流程图



路基范围内的淤泥



淤泥清除



换填料分层碾压填筑

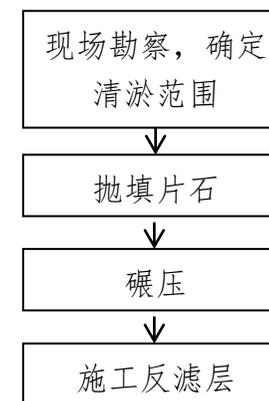


碎石垫层施工

1.3 特殊路基处理

1.3.2 抛石挤淤

- 1、根据设计图纸及现场实际勘察情况，确定路基清淤换填范围，一般淤泥深度大于2m时采用抛石挤淤施工。为保证路基基脚稳定性，一般抛石基础顶面比路基要宽 1m，然后将抛石挤淤区域洒线标识。
- 2、应选用不易风化的片、块石，片、块石短边尺寸一般不得小于 30cm。淤泥底层平坦时，填筑应沿路基中线向前成三角形方式投放片石，抛投顺序以路堤的中部开始，向两侧扩展；当淤泥底层横坡陡于1: 10 时，应自高侧向低侧填筑，便于淤泥挤出。片石抛出水面后，再用重型压路机（加振动力不小于40T）将片石压入软基中，并反复碾压直到路基稳定。片、块石应高出水面或淤泥层1m，抛石基础应比路基宽1m，以保证路基基脚稳定。
- 3、为便于积水排出，一般在抛石挤淤顶面上设置反滤层。垫层选用碎石、角砾、圆砾、砂砾等，应级配良好，不含植物残体、垃圾等物质。



抛石挤淤工艺流程图



挖除表面软土



换填片石



重型压路机碾压

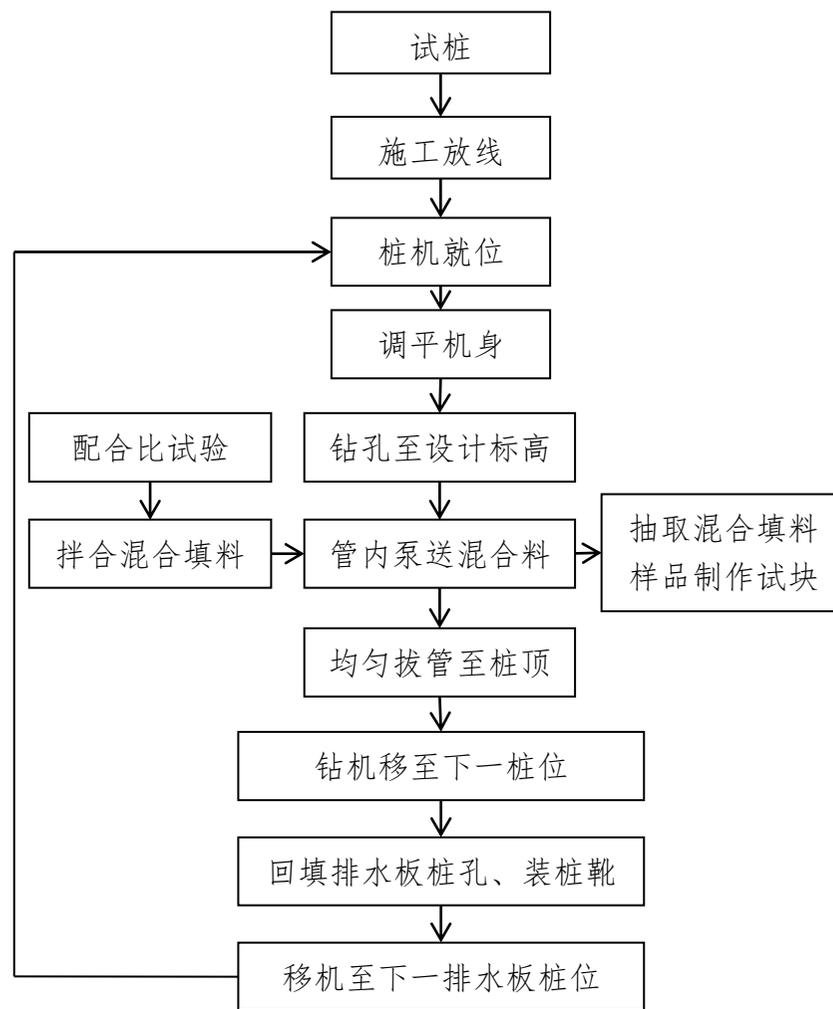


反滤层施工

1.3.3 CFG桩

工艺控制:

- 1、施工前先用推土机进行原地面清表，清除表层植被，挖除树根，做好临时排水设施。清完表后用压路机进行原地面碾压，确保碾压完后的原地面 $K_{30} \geq 60 \text{Mpa/m}$ ，以保证 CFG 桩机能正常工作。
- 2、用全站仪每隔 10m 放出CFG桩左右边桩、左中桩，然后用大钢尺放出其他CFG桩。为保证放出的CFG桩桩位不丢失，先用钢钎打点，然后在钢钎打出的点位灌白灰，插上标志。
- 3、测量放样完成后就可钻机就位，钻机就位采用液压支腿和滑道共同来完成。大约需1分钟。
- 4、CFG桩位允许偏差为纵横向各 5cm，所以钻机就位前要用钢尺进行桩位复核，以确保桩位正确。钻机就位后，要靠钻机纵横向垂球控制钻机的垂直度，垂直度偏差不大于1%。
- 5、根据原地面高程和设计桩底高程，在钻机上做明显的标志，开始钻进。钻进开始时，关闭钻头阀门，向下移动钻杆至钻头触及地面时，启动电机，将钻杆旋转下沉至设计标高，关闭电机。钻进时应先慢后快，这样能避免钻杆摇晃，也能及时检查并纠正钻杆偏位的差值。
- 6、混合料在混凝土拌合站集中拌合，混凝土罐车运至施工现场。混合料塌落度宜为 160 mm~200 mm，搅拌时间不得少于1min。
- 7、CFG桩成孔到设计标高后，停止钻进，开始泵送混合料，当钻杆芯管充满混合料后开始拔管，严禁先拔管后泵料。拔管速率应按试桩确定参数进行控制，提拔速度宜控制在2m/min~3m/min，成桩过程宜连续进行，避免供料出现问题导致停机待料。施工桩顶标高宜高于设计标高50cm。



CFG桩施工工艺流程图

过程演示



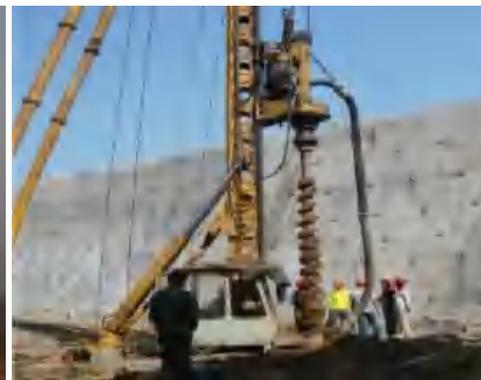
控制测量



CFG桩点位



CFG桩钻机就位



CFG桩试桩施工



对桩位、关闭钻头封口



钻机进尺标志



CFG桩灌注

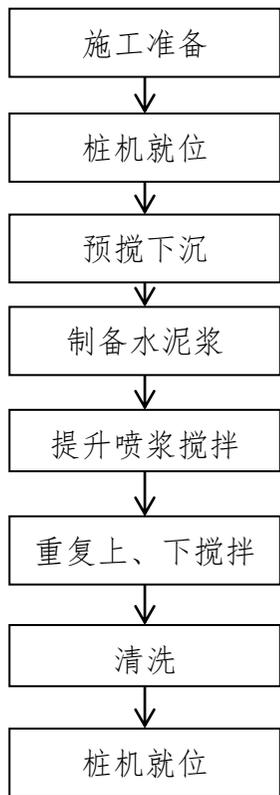


成型后的CFG桩

1.3.4 水泥搅拌桩

工艺控制:

- 1、施工前首先做不少于5根水泥搅拌桩试桩，收集施工技术参数：水泥浆配比，钻进速度，提升速度，泵浆压力。
- 2、钻机就位必须正确，其孔位偏差不得大于50mm，钻杆垂直度偏差不得大于1%。钻机开钻前，现场施工员必须进行检查，及时调整。
- 3、制备好的浆液不得离析，泵送必须连续，水泥浆应采用二次搅拌工艺，搅拌顺序为：向搅拌桶里注入固定量的水，边搅拌边掺入水泥，再加粉煤灰，最后加细砂，搅拌均匀后放入二次搅拌桶内进行二次搅拌待用。使用前，用比重计或比重仪测量水泥浆的比重，符合要求（一般水泥浆的正常比重为1.80）后方可投入使用。
- 4、搅拌机钻头下沉和提升速度、供浆与停浆时间、下钻深度、喷浆高程及停浆面、单桩喷浆量应符合施工工艺的要求，并应有专人记录。当多向多轴搅拌水泥砂浆桩到达桩端时，应原位喷浆搅拌30s，桩底水泥浆与土体充分搅拌均匀，再开始提升搅拌头，确保成桩质量。
- 5、成桩过程中，由于电压过低或其他原因造成停机使成桩工艺中断时，应将多向多轴搅拌水泥砂浆桩机下沉至停浆点以下1m，待恢复供浆时再喷浆搅拌提升。若停机超过三小时，为防止水泥浆在整个输浆管路中凝固，宜先拆卸输浆管路，并清洗干净。
- 6、施工中若发现喷浆量不足时，应按要求复搅，复喷的喷浆量不小于设计用量。
- 7、抽芯取样，按土质和设计要求确定取样深度和取样数，一般在处理目标的土层、桩底位置都必须取样，进行室内试验，目的是确定处理效果和桩长够否。抽芯的施工方法与一般地质勘察方法略有不同，即要干钻不能湿钻；钻孔位置一般不应在桩中心处。
- 8、有特殊要求的工程，应在桩身进行标准贯入试验，检测深度和点数按设计要求确定，且处理目标土层和桩底位置上下都应有测点。
- 9、按设计要求进行单桩、单桩复合地基和多桩复合地基静荷载试验。将试验结果计算值进行比较，综合评价桩体质量和复合地基效果。



水泥搅拌桩施工工艺流程图



水泥搅拌桩机



水泥搅拌桩开钻施



水泥搅拌桩成桩图



钻芯取样图



水泥搅拌桩芯

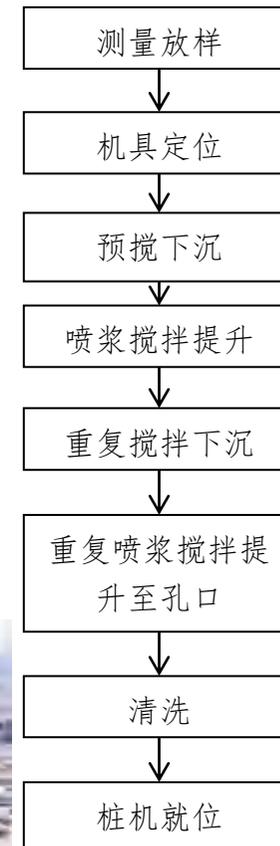


桩距检测

1.3.5 水泥砂浆立体搅拌桩

工艺控制：

- 1、施工前清除种植土，平整场地，并破除既有地面下的混凝土构造物。
- 2、对段内地表水、地下水及施工用水水质进行取样复测，若地表水、地下水复测结果与设计不相符时，应通知相关单位进行复测，不得使用有侵蚀性水作为施工用水。
- 3、施工前必须做好临时排水设施，确保既有线排水畅通。
- 4、水泥砂浆采用二次搅拌工艺，多向搅拌水泥砂浆顺序为：向搅拌桶注入规定量的水边搅拌边渗入水泥当水泥搅拌均匀后，逐量加入规定量的中、细砂并搅拌均匀放入二次搅拌桶内进行二次搅拌。
- 5、钻机就位必须正确，孔位偏差不得大于50mm，钻杆偏差不得大于1%。
- 6、施工过程中出现喷浆量不足时，应按要求复搅，复喷的喷浆量不小于设计用量。
- 7、成桩过程中遇有故障而停机，停机超过3小时，需拆卸管道清洗，第二批压灌接桩时，其重叠长度不得小于1m，接桩间隔时间不大于24小时。



水泥砂浆立体搅拌桩工艺流程图



单轴水泥搅拌桩机



三轴水泥搅拌桩机



施工完成的搅拌桩

1.3.6 振冲碎石桩

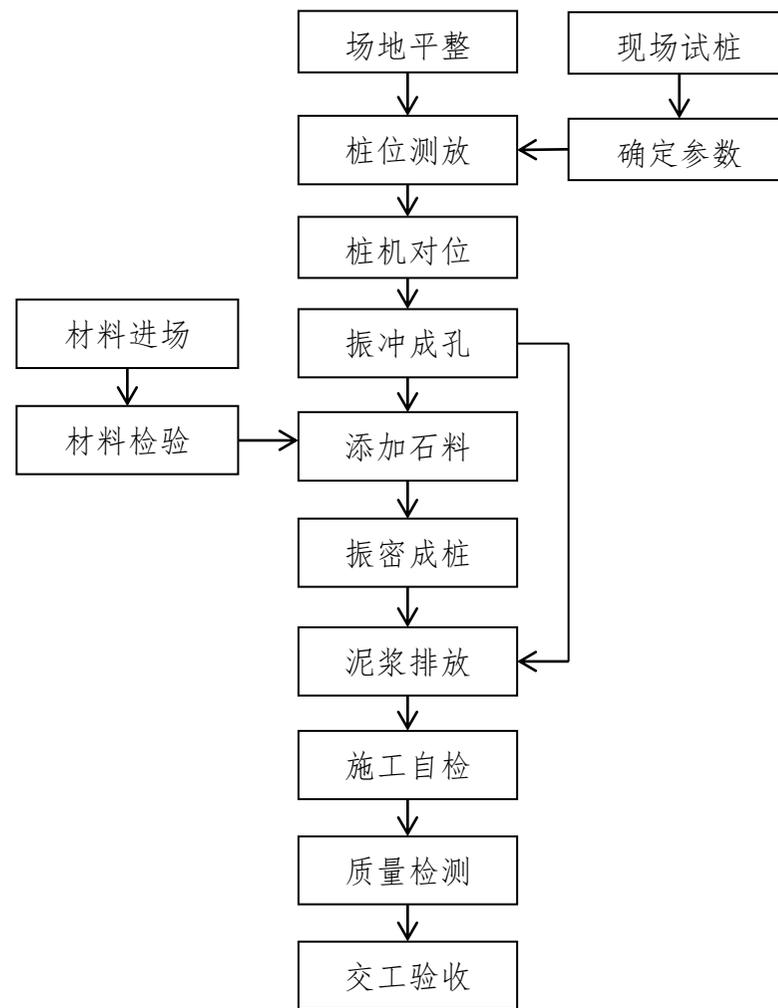
- 1、提前21d提供用于工程的碎石材料样品、施工设备、施工方法。
- 2、开工前，应在监理工程师批准的地点和根数设置试验桩。试桩时，应记录桩的贯入时间和深度、水压、压入碎石量、振动压密电流、振冲器留振时间等，以确定桩体在密实状态下的各项指标，作为设置碎石桩的控制指标。
- 3、试验桩设置完毕后，应对其进行标准贯入试验和荷载试验，以检验施工设备和方法是否符合要求。否则，应改装或更换设备，改变施工方法，直至符合要求并经监理工程师批准后方可用于施工。
- 4、碎石桩施工时，应按试桩结果严格控制水压和电流；分批加入碎石，切实注意振密挤实效果，防止发生“断桩”或“颈缩桩”。碎石桩设置完毕后，其顶部应按图纸的要求铺设砂砾垫层。
- 5、施工质量不符合要求时，应采取补救措施或更换碎石桩。
- 6、碎石桩的平面位置、长度、压入碎石量均应如实做好施工记录，未获批准，不得进行下一道工序施工。



碎石桩施工-1



碎石桩施工-2

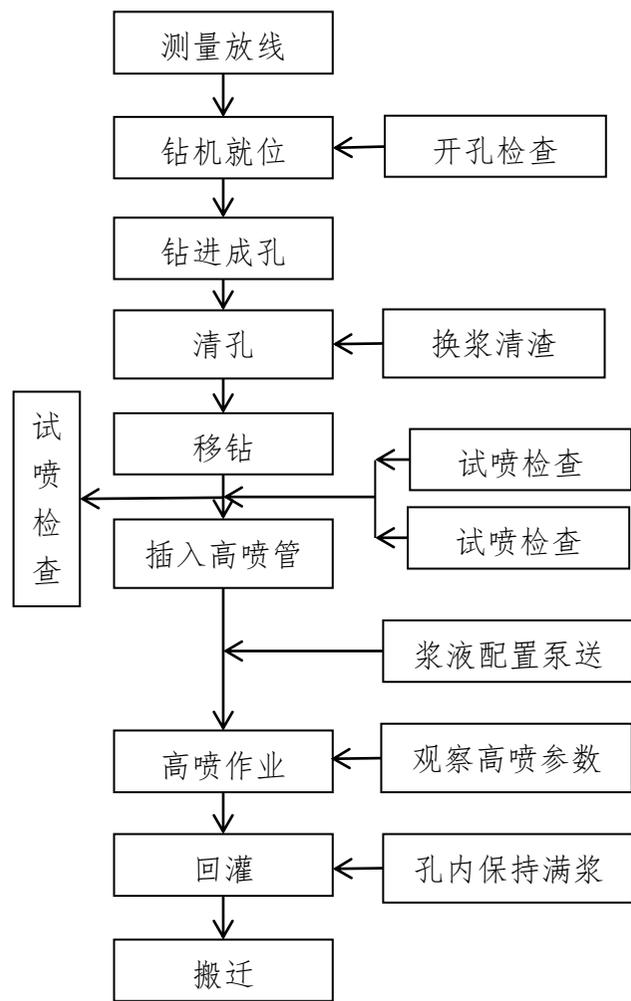


振冲碎石桩施工工艺流程图

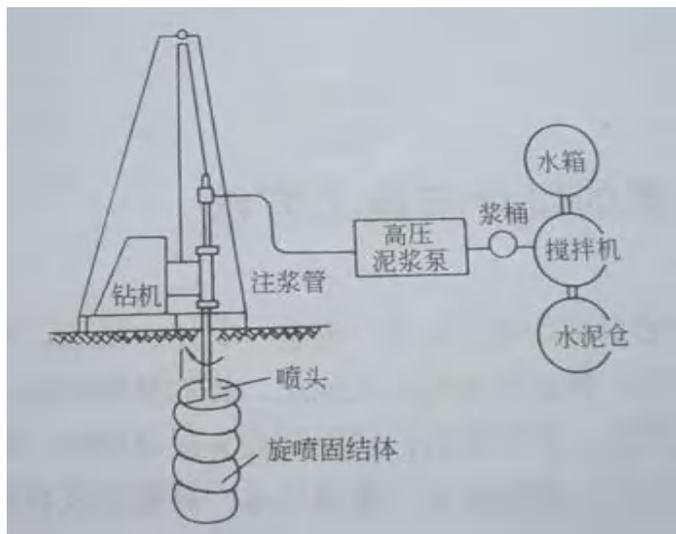
1.3.7 高压旋喷桩

工艺控制:

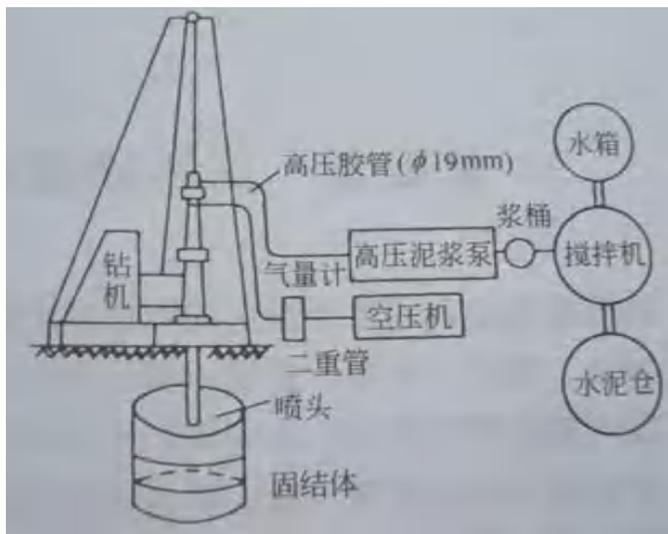
- 1、旋喷前须检查高压设备和管路系统，其压力和流量表必须满足设计要求。下管前必须检查注浆管路是否畅通，接头密封是否良好。
- 2、在插管过程中，为防止泥沙堵塞喷嘴，可边射水边插管，水压一般不超过1MPa。
- 3、当喷管插入预定深度，由下而上进行喷射作业，喷射注浆时要注意，待估算水泥浆的前峰已流入喷头后（一般2-4秒）方可开始提升注浆管。值班人员必须时刻注意检查浆液初凝时间，注浆流量等技术参数，控制转速、提速。拆卸钻杆继续喷射时，保持钻杆有0.3m 的搭接长度，不得使喷射固结体脱节。深层旋喷时，先喷浆后旋转和提升，以防注浆管扭断。
- 4、重复喷射：在不改变喷射技术参数的条件下，对同一孔位作重复喷射，既能增加土体破坏的有效长度，从而加大固结体的直径或长度和提高固结体强度，复喷时全部喷浆，复喷的次数愈多，固结体直径加长的效果愈好。
- 5、加强前台与后场供浆配合密切，后场停止供应时，应及时通知前台，防止断桩和缺浆。再次供浆时，喷头需插入到停浆点0.5m以下，待恢复供浆时再提升。如停止时间超过3小时，需将输浆管卸下进行清洗。
- 6、所用水泥浆，水灰比不得随意更改，要保证水泥质量，水泥要过筛，其细度在标准筛上的筛余量不大于15%，禁止使用受潮，过期的水泥。
- 7、喷射注浆孔与高压泵距离不能过长，防止高压软管过长，沿程压力损失增大，造成实际喷射压力降低。
- 8、当桩顶接近标高时，为保证桩头的施工质量，旋转提杆至设计标高以下1m喷浆提升时，采用慢速，控制在10cm/s以内。
- 9、喷射结束后，若发现浆面下降应立即在喷射孔内进行静压充填，直至浆液面不再下流为止。



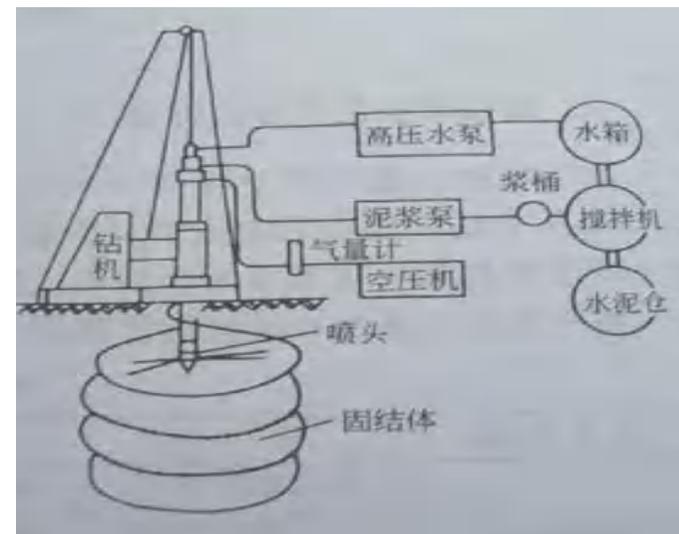
旋喷桩施工工艺流程图



单管旋喷桩示意图



双旋喷桩示意图



三管旋喷桩示意图



旋喷桩喷头



旋喷桩作业



旋喷桩作业

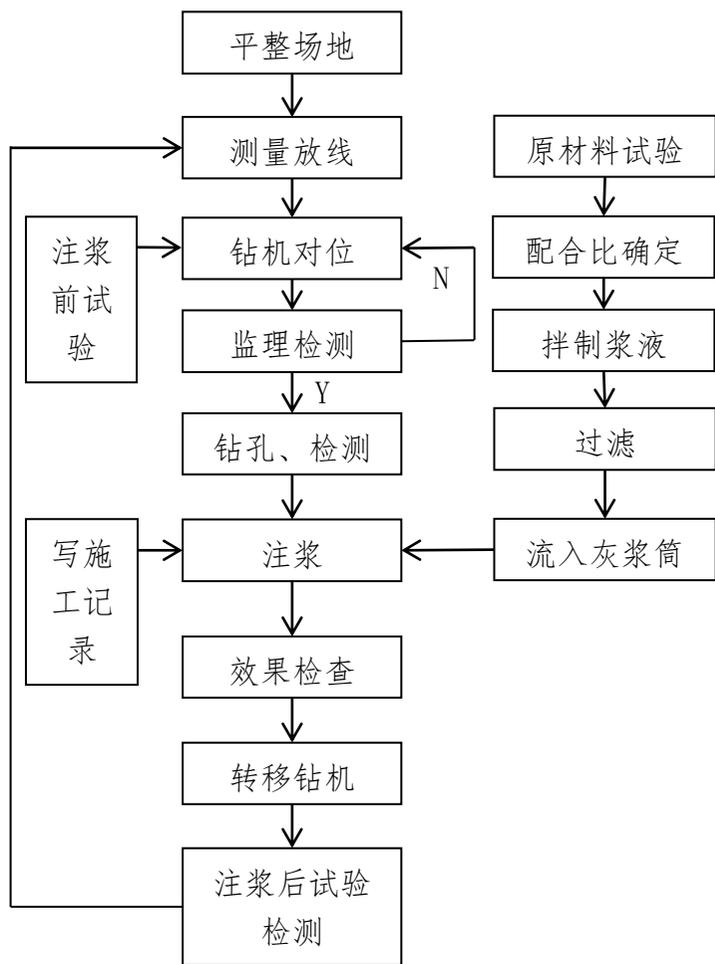
1.3.8 路基岩溶注浆施工

工艺控制:

- 1、钻进过程中遇岩层破碎造成卡钻，应停止钻进，进行扫孔后再行钻进。
- 2、水灰比应控制在0.8~1.0，并且以0.8为主，施工浆液的搅拌时间控制在30s左右。水泥砂浆液中，水:水泥:砂一般控制在(0.8~1.0):1.0:1.0之间。
- 3、注浆时当遇到钻孔串浆，采用间隔一孔或几孔注浆方式，并将被串浆孔同时注浆或封堵。
- 4、在注浆过程中遇到冒浆时，如冒浆点在3~5m以外，则根据注浆终止条件可结束注浆。如冒浆点在3m以内，采用开挖填堵水泥或水泥+水玻璃，降低注浆压力措施。
- 5、注浆压力的选定，施工中当岩溶一般发育时采用注浆压力0.3~0.5MPa，当岩溶极发育时采用注浆压力0.1~0.3MPa。注浆压力在岩土界面附近可逐渐加大，最大注浆压力不得超过0.8~1.0MPa。
- 6、注浆过程中，注浆量和注浆压力是两个关键参数。一般规律是：初始阶段压力较低，注入量较大；正常阶段压力和注入量呈小的波浪式起伏状态，但总的比较平稳；压密注满阶段注入量迅速递减而压力迅速升高；注浆过程中，根据设计注浆量和压力按上述规律进行控制。

质量控制:

- 1、各类设备应就近安装固定管线，不宜过长，以防压力和流量消耗。注浆用的浆液应经过搅拌机充分搅拌均匀后才能开始注浆，并应在注浆过程中不停地缓慢搅拌，搅拌时间应小于浆液初凝时间。
- 2、注浆顺序按跳孔间隔方式进行，并采用自路基坡脚向线路中心的顺序进行。
- 3、注浆过程应加强地面观测记录（水平位移、冒浆点的位置、地面沉陷等），并做好技术资料 and 基础数据记录、整理、分析工作。
- 4、孔注浆量依据具体地质情况有较大的差异，注浆量过大时，及时反馈给监理及设计单位，采取适当的工程措施进行处理。



路基岩溶注浆施工工艺流程图



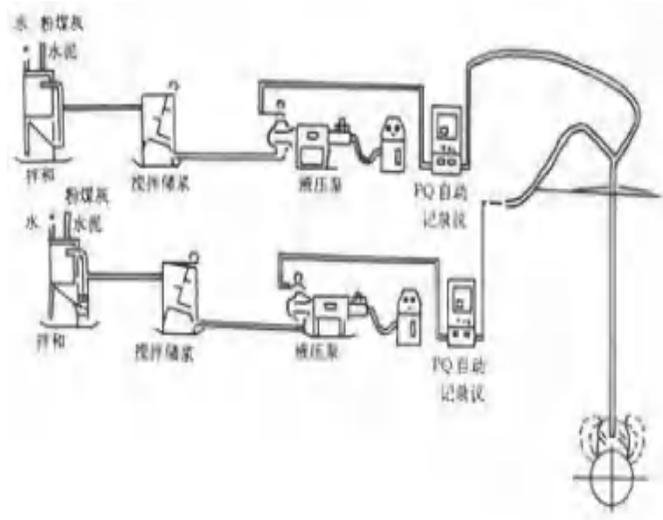
高压注浆泵



钻孔施工现场图



注浆施工现场图



双浆注浆示意图



加固注浆口

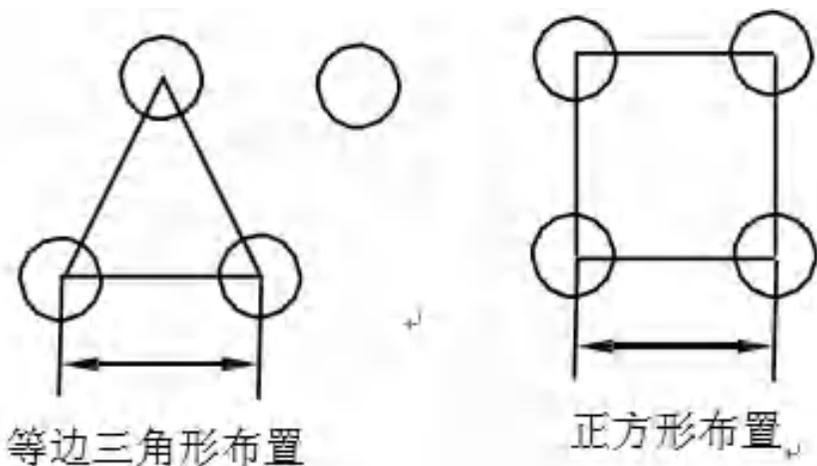


岩溶注浆取芯

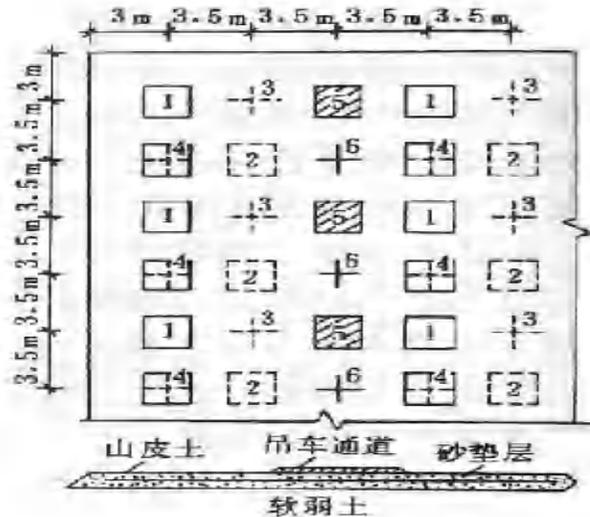
1.3.9 强夯作业

工艺说明：

- 1、强夯技术参数选定强夯前应通过试夯选定施工技术参数，试夯区平面尺寸不宜小于20m×20m。在试夯区夯击前，应选点进行原位测试，并取原状土样，测定有关土性数据，留待试夯后，仍在此处附近进行测试并取土样进行对比分析，如符合设计要求，即可按试夯时的有关技术参数，确定正式强夯的技术参数。否则，应对有关技术参数适当调整或补夯确定。
- 2、夯点布置夯击点位置可根据基底平面形状，采用等边三角形布置、等腰三角形或正方形布置。第一遍夯击点间距可取夯锤直径的2.5~3.5倍，第二遍夯击点位于第一遍夯击点之间。



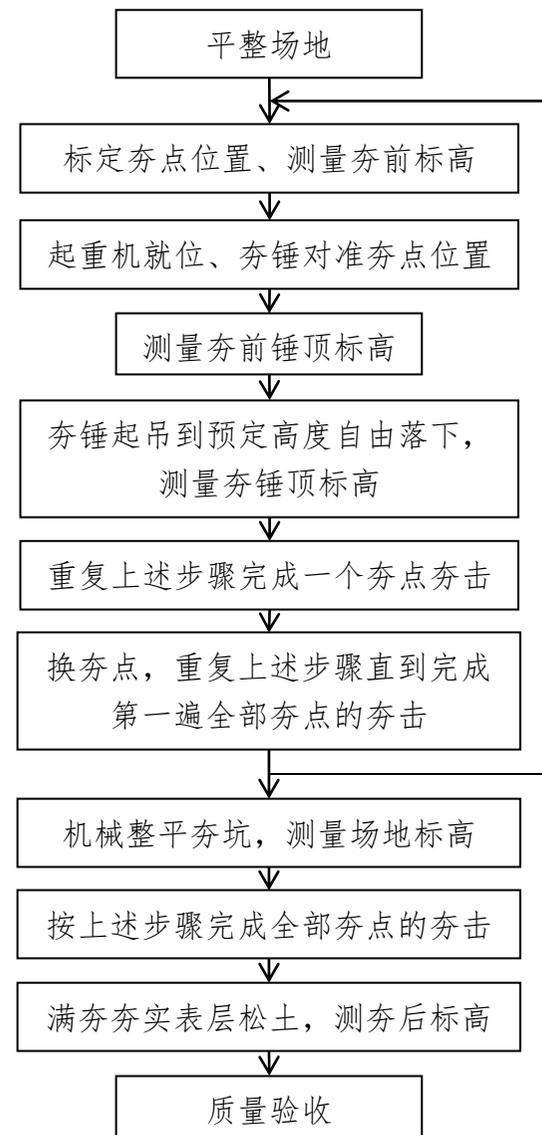
强夯夯点布置图



某路基方形夯点布置施工

(3) 一般路基强夯法的有效加固深度必须符合设计及规范要求。

(4) 强夯顺序 强夯应分段进行，顺序从边缘夯向中央，起重机直线行驶，从一边向另一边进行，每夯完一遍，用推土机整平场地，放线定位，即可接着进行下一遍夯击。强夯法的加固顺序是：先深后浅，即先加固深层土，其次加固中层土，最后加固表层土。最后一遍夯完后，再以低能量满夯一遍，有条件的宜采用小夯锤夯击为佳。



强夯施工工艺流程图



强夯设备



夯锤提升



强夯检测设备



强夯施工现场



夯锤

夯锤



强夯施工图片

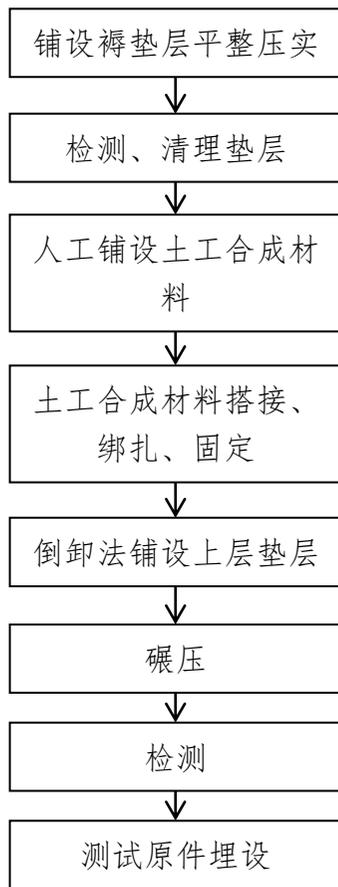
1.3.10 褥垫层夹铺土合成材料施工

工艺控制：

- 1、在已完成的CFG桩、柱锤冲扩桩、灰土（水泥石）挤密桩顶面，清除污染物及浮土，埋设完测试元件后，铺设较小厚度的垫层填料，采用轻型压路机压实表面。
- 2、褥垫层填筑前先进行工艺性试验，以确定各种工艺参数，确定机械的匹配性，特别是原材料的检验等。为方便机械操作及边坡的压实，填筑时两侧应各超宽20~30cm。
- 3、在第一层褥垫层检测合格后就开始进行褥垫层铺设。土工格栅采用双向拉伸高强聚酯长丝经编土工格栅。土工格栅用钢钉固定，每米8个。
- 4、工格栅铺设好后，严禁施工机械在土工格栅上行走。褥垫层铺设从外往内用推土机摊铺。采用画点布料控制松铺厚度，考虑铺设土工合成材料的要求，应选取合适的压实厚度。

质量控制：

- 1、原材料质量按规定频率和标准抽检，施工中加强防护，防治污染和破坏。
水泥石垫层所用水泥品种、规格及质量应符合设计要求。灰土所用石灰质量应符合设计要求。设计无要求时，石灰中活性CaO、MgO含量不应低于50%（按干重计），粒径应小于5mm，夹石量不大于5%。土工合成材料的品种、规格及质量应满足设计要求，进场时应进行现场验收。砂垫层应采用天然级配的中、粗、砾砂，不含草根、垃圾等杂质，其含泥量不得大于5%，用作排水固结地基的砂垫层其含泥量不得大于3%。碎石垫层应采用未风化的干净砾石或碎石，其最大粒径不得大于50mm，含泥量不得超过5%，且不含草根、垃圾等杂质。
- 2、土工合成材料的下承层表面应整平、压实，清除表面坚硬突出物。
- 3、铺设土工合成材料时，应将强度高的方向置于路堤主要受力方向，当设计有特殊要求时按设计铺设。
- 4、土工合成材料铺好后应按设计要求铺回折段，并及时用砂覆盖。
- 5、严禁碾压及运输设备等直接在土工合成材料上碾压或行走作业。
- 6、搭接和锚固宽度符合要求；原地面排水应形成4%的路拱。
- 8、褥垫层加铺土工合成材料属于隐蔽工程，质检人员旁站监控并做好隐蔽工程检查记录、报监理确认。



褥垫层夹铺土合成材料施工工艺流程图

过程演示



柱帽间原地面夯实



碎石或砂垫层施工



土工格栅铺设



土工格栅回折长度检查



土工材料搭接



褥垫层碾压及土工物铺设



碎石层摊铺



褥垫层碾压

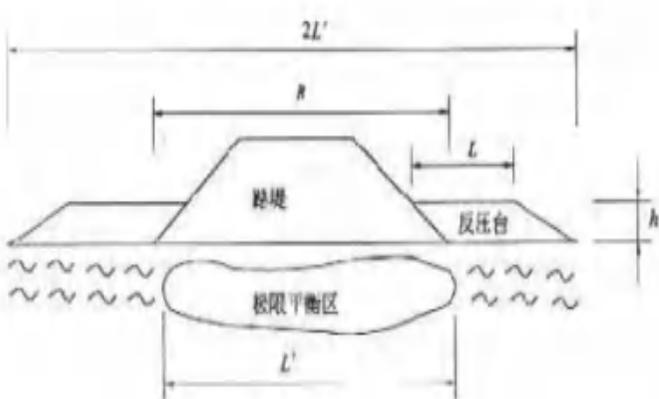
1.3.11 反压护道施工

工艺控制：

- 1、反压护道施工严格按照“三阶段、四区段、八流程”的施工工艺组织施工。
- 2、填料材质应符合设计要求（一般和路堤使用同一种填料）。
- 3、反压护道施工时是视其和主体路基一样进行施工，同地基处理、同填筑、同碾压，以此提高两者的整体性。
- 4、反压护道施工宜与路堤同时填筑；分开填筑时，必须在路堤达临界高度前将反压护道筑好。
- 5、反压护道压实度应达到《公路上工试验规程》（JTGE40-2007）重型击实试验法测定的最大干密度的90%，或满足设计提出的要求。
- 6、反压护道的高度一般为路堤高度的1/2~1/3，并且不得超过由下式确定的高度值；反压护道施工适用于路堤高度不大于1.5-2倍的极限高度，非耕作区和取土不太困难的地区。

反压护道顶面允许偏差、检验数量及检验方法

序号	检验项目	允许偏差	施工单位检验数量	检验方法
1	顶面高程	-50mm, +100mm	沿线路纵向每 100m 护道每侧抽样检验 3 点	水准仪测
2	顶面宽度	不小于设计值		尺量
3	边坡坡率	±5%设计坡度		坡度尺量



反压护道尺寸图



反压护道实例

$He = Hc / Fs$ ，式中 He —反压护道最大高度， Hc —路堤极限高度

反压护道示意图

2 路基填筑

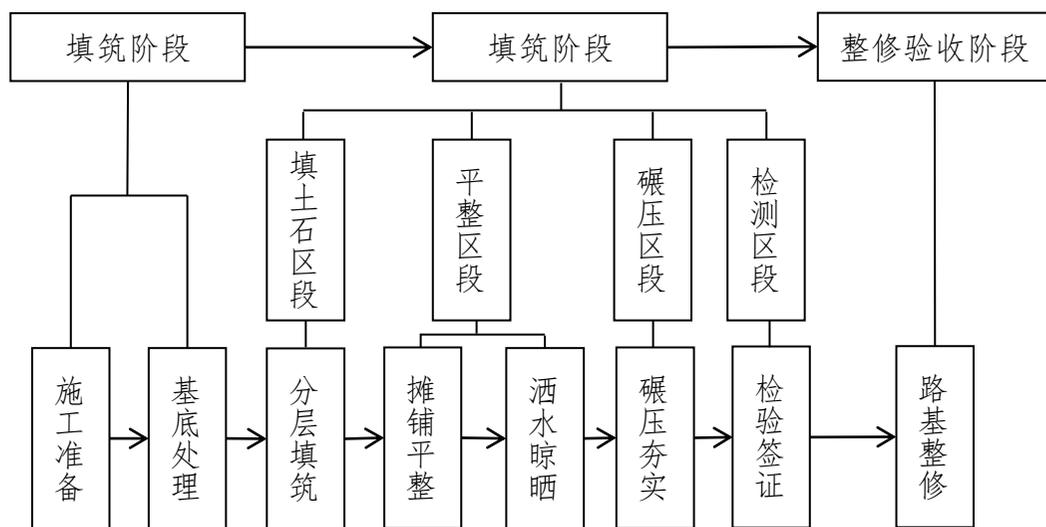
2.1 施工准备

- 1、开工前进行路线复测，包括中线控制桩、水准点的复测。在开工之前进行施工放样，现场放出路基中线和边线、坡脚、边沟等具体位置。路基地基处理并经检验合格后，即可进行基床下路堤填筑施工。
- 2、对有关填料和地基处理场区内的土质进行土工试验，测试填料含水量、液限、塑性指数、天然稠度、密度、相对密度、击实度、承载比等指标，据此确定施工工艺及检测标准。
- 3、为确保路基施工中路堤填筑质量符合设计要求，在进行大面积路堤填筑之前，要进行工艺性试验，通过试验总结经验，确定合理的填筑参数，在施工中严格按照试验段的成果进行填料施工。

(1) 确定填料的类别；(2) 确定经济合理的机械组合、松铺厚度、碾压遍数、含水率等工艺参数；(3) 确定填料施工工艺；(4) 大面积路基填筑严格按照“三阶段、四区段、八流程”的施工工艺组织施工。路基填筑严格采用方格网控制填料量，以控制摊铺厚度，在施工摊铺过程中要消除粗细集料离析和“窝”或“带”现象，保证填料的均匀性和压实质量。碾压过程中，严禁表面有“弹簧”、松散、起皮等现象产生。



填料取样试验



填筑压实工艺流程图

2.2 基底处理

- 1、路基用地范围内的树木、灌木丛等均应在施工前砍伐或移植清理，砍伐的树木应移置于路基用地之外，进行妥善处理。
- 2、路堤修筑范围内，原地面的坑、洞、墓穴等，应用原地土或砂性土回填，并按规定进行压实。
- 3、原地基为耕地或松土时，应先清除有机土、种植土、草皮等，清除深度应达到设计要求，一般不小于15cm，平整后按规定要求压实。
- 4、基底原状土的强度不符合要求时，应进行换填，换填深度应不小于30cm，并予以分层压实到规定要求。
- 5、基底应在填筑前进行压实。高速公路、一级公路、二级公路路堤基底的压实度应符合原设计要求，当路堤填土高度小于路床厚度(80cm)时，基底的压实度不宜小于路床的压实度标准。
- 6、当路堤基底横坡陡于1:5时，基底坡面应挖成台阶，台阶宽度不小于2m，并予以夯实。



路基清表-1



路基清表-2



挖台阶

2.3 路基基床以下填筑

2.3.1 填土路基

1、必须根据设计断面水平分层填筑和压实。分层最大松铺厚度应根据试验确定，且不应超过30cm；分层最小压实厚度不小于10cm。性质不同的填料应分段填筑，同一水平层路基的全宽应采用同一种填料。每种填料的填筑层压实后的连续厚度应不小于50cm。

2、路堤填筑时，应从最低处起分层填筑，逐层压实；当原地面纵坡大于12%或横坡陡于1:5时，应按设计要求挖台阶，或设置坡度向内并大于4%、宽度大于2m、高度在1m内的台阶。

3、填方分几个作业段施工时，接头部位如不能交替填筑，则先填路段应按1:1坡度分层填筑，每层碾压至边缘，逐层收坡，待后填段填筑到位时，再把交界面逐层挖成不小于3m的台阶，分层填筑碾压；如能交替填筑，则应分层相互交替搭接，搭接长度不小于3m。

4、填方路堤必须按路面平行面分层控制填土高程，为利于排水，填筑时路堤顶面应形成不小于2%横坡，设计纵横坡必须在下路堤范围内形成。

5、填筑、摊铺、碾压

(1) 每层填筑严格执行“划格上土、挂线施工”。

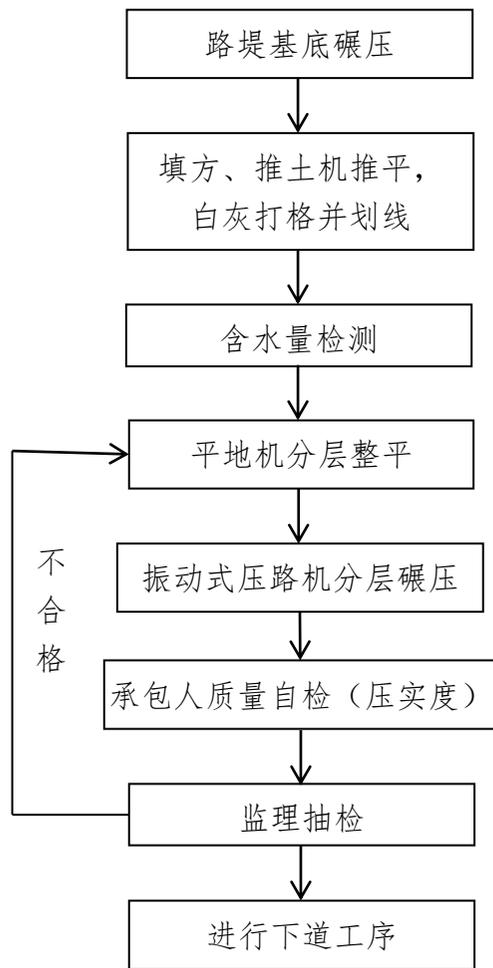
(2) 准备直径3cm、长150cm红白相间（25cm刻度）的花杆，在边线位置每隔20m插一根，依据花杆上的刻度连续挂好线绳，线绳应绷紧，作为机械平整时的依据，保证平整度和松铺厚度。

(3) 运输车按要求卸料后，先用推土机粗平，对含水量进行检查，不合格要洒水或翻拌晾晒，合格后用平地机精平；检查松铺厚度、平整度，符合要求后方可碾压。

(4) 先稳压，后振动碾压，压路机遵循从路边向路中、从低侧向高侧的原则；压路机的碾压速度不得超过4km/h，错轮宽度对振动压路机不得小于压实轮的1/3，对三轮压路机不得小于后轮的1/2。

6、路堤填土每侧应宽于填层设计宽度不小于30cm，超宽部分压实度必须满足填层压实度要求，不能满足时，在此基础上再适当增加填筑宽度，以保证超宽30cm内压实度合格，路基完成后削坡。

7、当路基填高超过1.5m时，路基顶面边缘应设置不低于30cm、开口间隔不大于30m的挡水埂，开口处设置临时泄水槽至坡脚排水沟；施工中应随时检查挡水埂和临时泄水槽完好情况，及时修补。



填土路基工艺流程图

过程演示



路堤填筑划格上土



运输车按要求卸料



路基填筑分层标识牌



花杆与跟测结合，控制标高



推土机粗平



压路机静压



平地机精平



终压收光



路肩超宽填筑及碾压



现场临时排水沟



预留横向台阶



预留纵向台阶



路基分幅标识



路基压实度检测



路基弯沉检测



路基养生



小型路拌机



平地机-旋耕机两用机



长臂平板振动夯机



小型压路机GX700型



平板振动器



蛙式打夯机

土方路基试验段成型效果

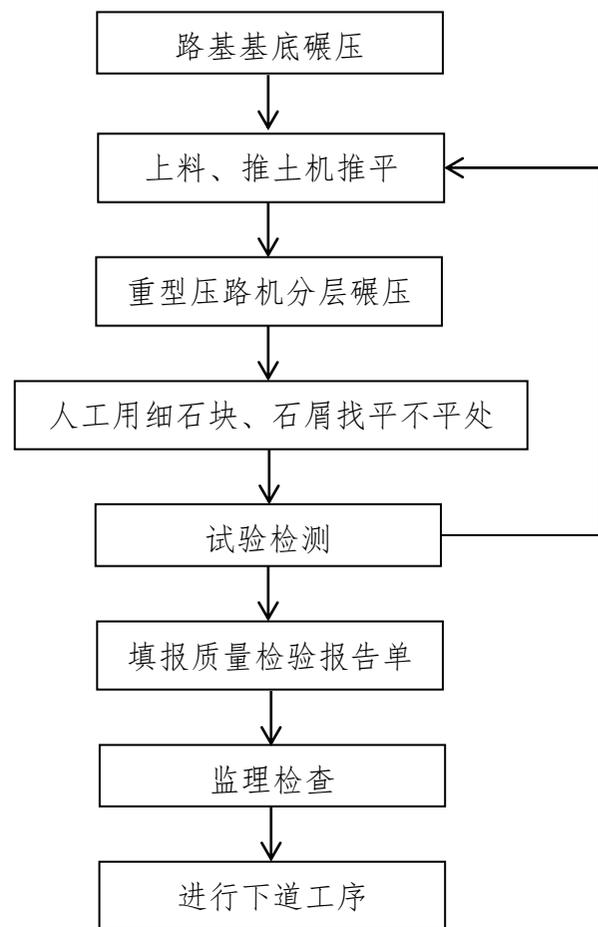
路基表面平整，边线直顺、曲线圆滑、控制好“五度”，即压实度、平整度、厚度、宽度、横坡度。



2.3.2 填石路堤

工艺说明：

- 1、填石路堤的石料强度、粒径应符合设计要求。
- 2、填筑的石料如岩性相差较大，特别是岩石强度相差较大时，应进行分层或分段填筑。
- 3、当填筑石料级配较差、粒径较大、石块间空隙较大时，必须于每层表面空隙间填入石渣、石屑或中粗砂，使空隙填满为止。
- 4、填筑、摊铺、碾压
 - (1) 填石路基施工应分层填筑、分层压实，填筑前要划灰格、插杆挂线；
 - (2) 根据石料粒径大小及组成采用相应摊铺方法，大粒径石料采用渐进式摊铺法铺料，运料汽车在新填的松料上先两侧后中央逐渐向前卸料，大型推土机随时摊铺整平；对细料含量较多的石料宜采取后退法铺料。运料汽车在已压实的层面上后退卸料，形成梅花型密集料堆，采用推土机摊铺整平。
 - (3) 人工铺填粒径25cm以上石料时，应先铺填大块石料，大面向下，小面向上，摆平放稳，再用小石块找平，石屑塞缝，最后压实。
 - (4) 填石路基在压实前，应摊铺平整，填料最大粒径要严格控制，超出规范要求的应予以剔除或解小，局部不平整处人工配合机械以细石屑找平。摊铺完成后的石料表面平整，无明显大石料露头，表面无明显孔洞、孔隙。
- 5、填石路堤填筑宽度，每侧要宽于填层设计宽度不小于 30cm，超宽部分压实质量必须满足填层压实质量要求，不能满足时，在此基础上再适当增加填筑宽度，以保证超宽 30cm 范围内压实质量合格，路基完成后削坡。
- 6、最后一层碎石料粒径应小于15cm，其中小于0.05mm的细粒含量不应小于30%，当上层为细粒土时，应设置土工布作为隔离层。



填石路基工艺流程图



路堤填筑划方格网



石方填料布料



冲击式压路机碾压至密



光轮压路机碾压收面



边坡顺直、棱角分明



路基孔隙率、沉降差“双控”检测

石方路基试验段成型效果

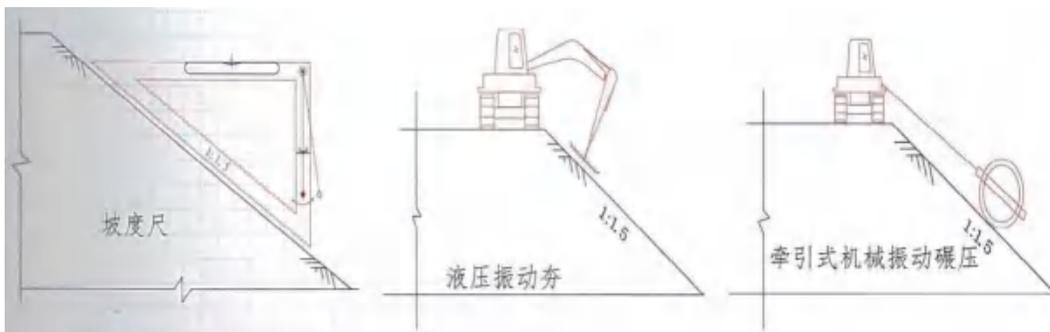
路基表面平整，边线直顺、曲线圆滑、控制好“五度”，即压实度、平整度、厚度、宽度、横坡度。



2.4 路堤整修

工艺控制:

- 1、填土路堤应用机械刮土或补土的方法整修成型，配合压路机碾压密实，当铲下的土不足以填补凹陷时，应采用与路基表面相同的土壤平夯实。
- 2、整修坡面需将超宽路基采用机械粗刷，人工刷坡到位。当坡面填土不足或边坡受雨水冲刷形成冲沟和坍塌缺口时，应自下而上将边坡挖成台阶，分层填补、夯实，再按设计坡面刷坡。
- 3、各种水沟的纵坡、断面尺寸应用仪器工具控制，按设计图纸要求对各种边沟的纵坡应仔细检查，应使沟底平整，排水通畅，采用人工进行整修，不得随意用土填补沟面缺损或坑洼。
- 4、排水沟及边沟断面、路堤边坡坡度等各表面应拍打密实、整齐、光滑。
- 5、修整的路基表层厚150mm以内，松散的或半埋的尺寸大于100mm的石块，应从路基表面层移走，并按规定填平压实。
- 6、在路面施工前，应检查临时排水、永久排水设施是否设置、有效。
- 7、路基修整完毕后，堆弃路基范围内的废土料应予清除。
- 8、外观质量要求：1) 路堤的顶面路拱、宽度、线形符合图纸要求，表面平整、密实、无局部坑洼，曲线圆滑，边线顺直；2) 路堤边坡坡度应符合图纸要求，坡面平顺稳定，不得亏坡。取土坑、护坡道整齐稳定；3) 边沟、排水沟沟底无阻水、积水现象，具备铺砌要求；临时排水设施与现有排水沟渠连通。



实例

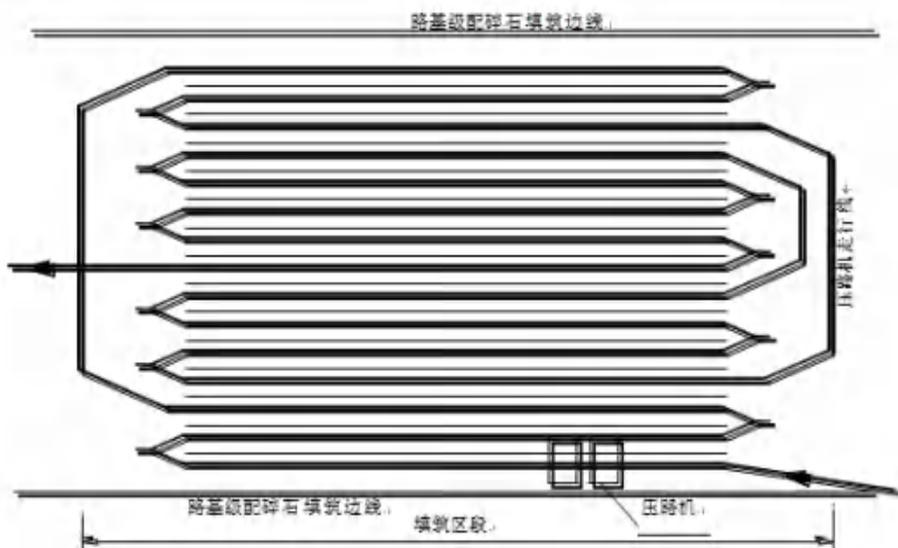


路堤整修-1

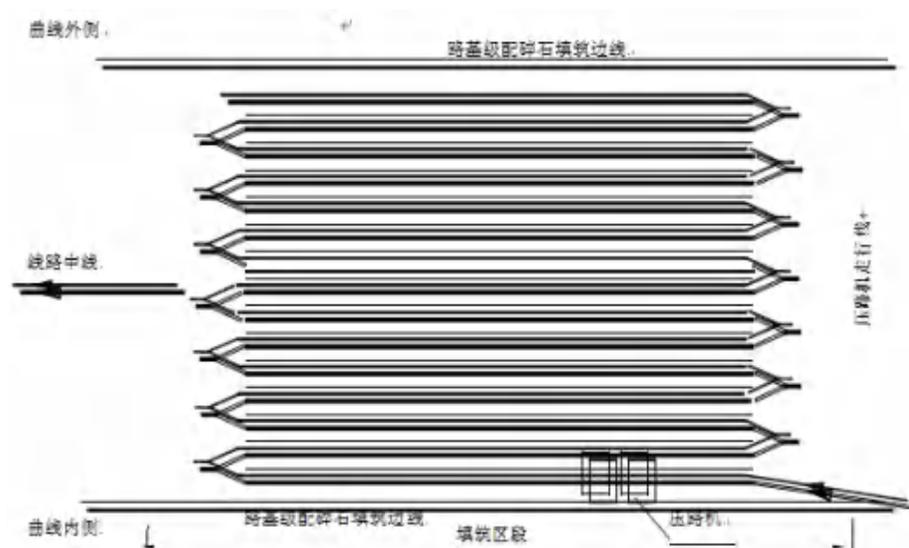
路堤整修-2

2.5 路床表面级配碎石施工

- 1、路基基床表层质量控制要点主要抓好三个方面：填料与原材料控制、 施工过程控制、 试验与检测控制。
- 2、严格控制填料及原材料质量，制定原材料的进货检验和进场前检查 验收制度，杜绝不合格的材料进场。级配碎石选料标准应满足材料的规格、 材质和级配的有关规定。路堤填料种类及原材料质量应符合设计要求。
- 3、严格按试验段总结的工艺流程组织施工，特别注意以下三道工序：
 - (1) 拌和：级配碎石混合料用级配碎石拌和设备在拌和厂集中拌和，混合料需拌和均匀，采用不同粒径的碎石和石屑，按预定配合比在拌和设备拌 制级配碎石混合料；
 - (2) 摊铺：摊铺时以日进度需要量和拌和设备的产量为度，合理计算卸料需要量。基床表层下层的级配碎石的摊铺可采用摊铺机或平地机进行， 顶层必须用摊铺机摊铺；
 - (3) 碾压：采用三轮压路机、重型光轮振动压路机进行碾压，按实验段 确定的碾压遍数和程序进行压实，使其达到规定压实度，且表面须平整， 各项指标符合设计要求。碾压遵循先轻后重、先慢后快的原则。各区段交 接处应相互重叠压实，纵向搭接压实长度不小于 2m，纵向行与行之间的轮 迹重叠不小于 40cm，上下两层填筑接头应错开不小于 3m。



直线地段路堤填筑碾压顺序示意图



曲线地段路堤填筑碾压顺序示意图



测量放线



级配碎石拌合



级配碎石摊



级配碎石碾压



碾压后复测

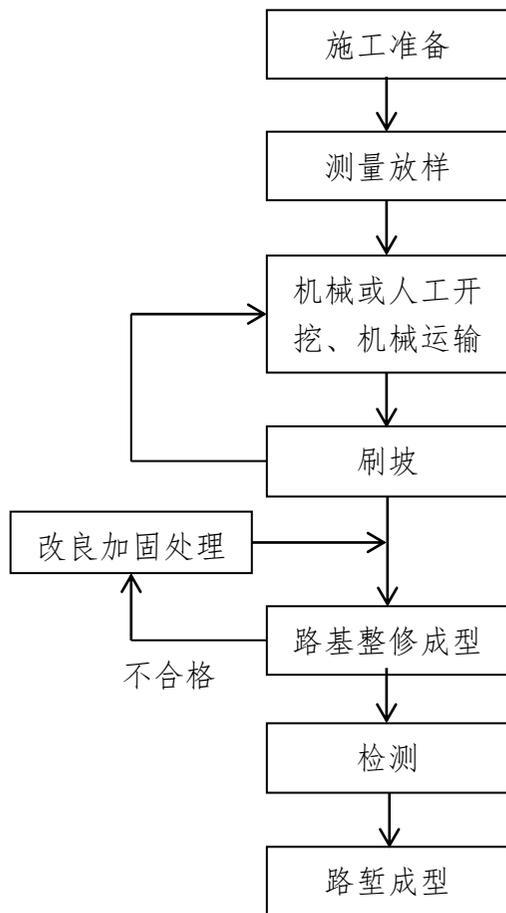


成型的路基基床

3 路堑施工

3.1 土方路堑施工

- 1、土方开挖应自上而下进行，不得乱挖超挖，严禁掏底开挖。
- 2、开挖过程中，应采取措施保证边坡稳定，开挖至边坡线前，应预留一定宽度，预留的宽度应保证刷坡过程中设计边坡线外的土层不受到扰动。经常检查边坡位置，防止边坡部位超挖和欠挖；边坡部位预留厚度不小于 20cm 土层，采用人工配合机械进行边坡修整，并紧跟开挖进行；施工中及时测量，开挖至边坡平台时，预留不小于 20cm 保护层，待人工施做平台及其上截水沟时开挖，表面做成向外侧的排水坡。
- 5、当开挖接近路堑换填底面设计标高时，及时测量开挖面标高，当路堑开挖至基床底层上部的设计标高时，核查地质是否与设计资料相符，如设计与现场不符等技术问题，及时与相关单位联系解决；如与设计资料相符，按设计和规范要求施工。
- 6、开挖至零填、路堑路床部分后，应尽快进行路床施工，如不能及时进行，宜在设计路床顶标高以上预留至少300mm厚的保护层。
- 7、路槽施工时应采取临时排水措施，确保施工作业面不积水，每挖一层均应设排水纵横坡，挖至设计标高 30~50cm 时，在两侧挖好排水沟，设计有永久性排水要求的要按设计要求做好排水管道预留。
- 8、挖方路基路床顶面终止标高，应考虑因压实而产生的下沉量，其值通过试验确定。
- 9、路堑开挖遇到地下水时，应采取排导措施，将水引入路基排水系统，不得随意堵塞泉眼。
- 10、按设计断面设置分级平台，平台一般为2m，以2%的坡度向路基侧倾斜，平台纵向坡度与线路纵坡平行。
- 11、防护紧跟开挖，随挖随护。刷坡修整随时检查堑坡坡度，避免二次刷坡造成不必要的浪费。坡面坑穴、凹槽中的杂物清理后，嵌补平整。
- 12、对坡面中出现的坑穴、凹槽杂物进行清理，嵌补平整。路堑较高时按设计做出平台位置，路堑平台做成一定坡度，确保不积水。



土方路堑工艺流程图



土质路堑开挖



土质路堑分层开挖



挖掘机刷边坡



交通提示牌



交通维护、管制



土质边坡临时防护及施工通道

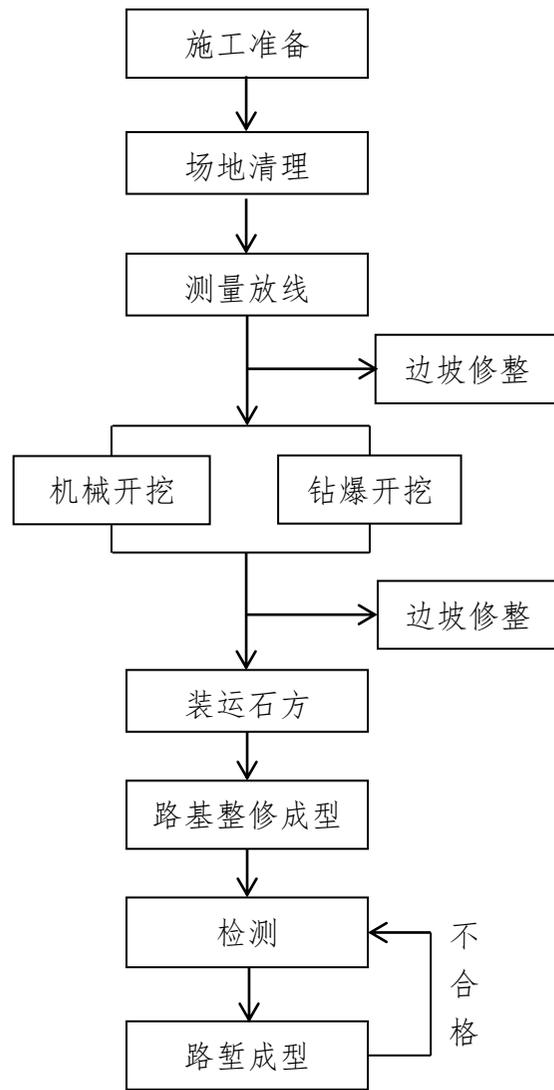
3.2 石方路堑施工

工艺说明：

- 1、直接应用机械开挖：施工带有松土器的重型推土机破碎岩石，一次破碎深度约0.6~1.0m，一般适用于施工场地开阔、大方量的软岩石方工程。
- 2、钻爆开挖法：是当前广泛采用的开挖施工方法，主要有薄层开挖、分层开挖、全断面一次开挖和特高梯段开挖等方式。
- 3、静态破碎法：将膨胀剂放入炮孔内，利用产生的膨胀力，缓慢作用于孔壁，经过数小时至24小时产生300~500MPa压力，使介质裂开，一般适用于在设备附近、高压线下以及开挖与浇筑过渡段等特定条件下开挖。
- 4、路堑边坡按设计坡率开挖，开挖过程中要经常放线检查宽度、坡度，及时纠正偏差，避免超欠挖，保持坡面平顺。
- 5、路堑开挖采用从上到下分层依次进行。如果岩层走向接近于线路方向、倾向与边坡相同且小于边坡时，逐层开挖，不得挖断岩层，并采取减弱施工振动的措施。
- 6、路堑开挖接近基面后准确修理成型；部分路堑开挖后稳定性差，易坍塌和风化，对此应根据具体情况进行开挖，一般应分段竖向开挖到位，及时施工挡护防护工程，或进行临时挡护防护，禁止拉长槽施工。
- 7、石方开挖严禁采用峒室爆破，近边坡部分宜采用光面爆破或预裂爆破。
- 8、石方路槽施工时应采取临时排水措施，确保施工作业面不积水，设计有永久性排水要求的要按设计要求做好排水管道预留。

质量控制：

主要检验内容包括：挖方边坡应从开挖面往下分段整修，每挖2~3m，宜对新开挖边坡刷坡，清除危石及松动石块；石质边坡不宜超挖；路床欠挖部分必须凿除；石质路床底面有地下水时，设置渗沟进行排导，渗沟宽度不宜少于100mm，横坡不宜少于0.6%；检查施工日志及有关影响记录资料等。



土方路堑工艺流程图



石方路堑机械开挖



钻爆开挖法



静态破碎法



安全防护栏



作业处安全防护



交通提示牌

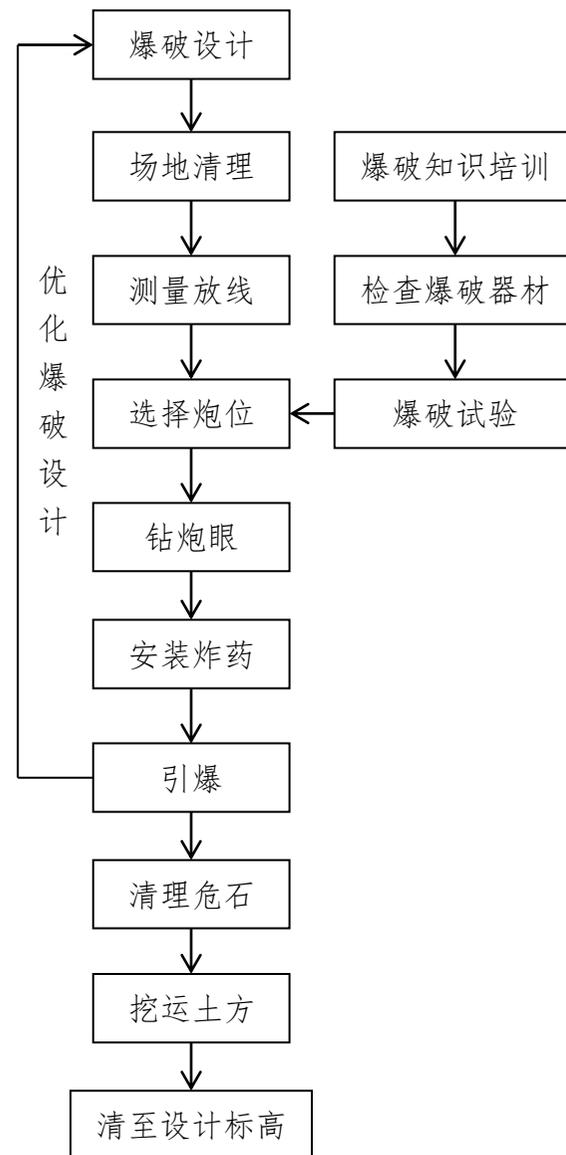
3.3 路堑爆破施工

工艺控制：

- 1、石方路堑施工采用钻爆法施工时，对深路堑采取深孔爆破和浅孔分台阶爆破相结合的方法，浅路堑采取浅孔爆破。对能用机械直接开挖的软石、土质路堑则采取机械开挖与人工配合开挖。石质路堑钻孔时根据设计要求进行孔位、方向、倾斜角和孔深的布置。对台阶面边沿的炮孔，需特别注意最小抵抗线不得小于钻爆设计规定的值，以防最小抵抗线方向出现飞石，而且所有炮眼深度不能小于抵抗线。选择炮眼位置时，避免穿过岩石的层理与裂缝，以免起爆时气体沿缝隙漏出。若岩层层理裂缝较多不能避开时，最好垂直穿过，并且炮眼底部须在缝隙以上20-30cm。每孔钻完后首先进行吹孔，将孔内的岩石粉末清理干净，然后将钻杆提至孔口之上。
- 2、装药前，重新测量各项数值进行装药量计算，对过浅或过深的炮孔，调整装药量。孔中有水时，排除干净，水排不净的要装防水炸药。往孔中装药时，定量定位，防止卡孔；回填堵塞的材料选取有一定湿度的粘土。（装药分单层、分层装药，预裂装药及洞室内集中装药。光眼装药后用木杆捣实，填塞粘土，洞室装药时，将预先加好的起爆体放在药包中心位置，周围填以硝酸安全炸药，用砂粘土填塞，填塞时要注意保护起爆线路）。
- 3、起爆采用电雷管起爆起爆时，应在装药前对起爆系统各联接点认真检查，确认各联接点连接牢固后，方可进行起爆。
- 4、对原地形的斜坡或平地，有计划地进行改造，使前次爆破为后次爆破创造两个或多个临空面。
- 5、对路堑边坡采取光面爆破时，确保边坡坡面平顺，山体稳定，不受破坏。开挖到路堑基床顶面时要严格控制爆破。
- 6、雨季路堑岩石路基，炮眼宜水平设置。

质量控制：

主要检验内容应包括：路基开挖至设计标高，复测检查断面尺寸；及时开挖边沟和截水沟，边沟施工做到尺寸准确，线型直顺，曲线圆滑，沟底平顺，排水畅通，浆砌护坡平整坚实，灰浆饱满；检查施工日志及有关影响记录资料等。



路堑爆破工艺流程图



光面爆破法



微差爆破法



定向爆破法



洞室爆破法



钻孔爆破法



预裂爆破法



爆破洒水降尘



爆破现场预警标牌



爆破施工现场警告标牌



爆破施工覆盖防护



石方路堑爆破形成坡面



爆破工程现场标牌

3.4 路堑整修

- 1、深路堑边坡整修应按设计要求的坡度，自上而下进行刷坡，不得在边坡上以土贴补。
- 2、在整修加固的坡面时，应预留加固位置。当边坡受雨水冲刷形成小冲沟时，应将原边坡挖成台阶，分层填补、夯实。如填补的厚度很小（100mm~200mm），而又是非边坡加固地段时，可用种草整修的方法以种植土填补。
- 3、各种水沟的纵坡、断面尺寸应用仪器工具控制，按设计图纸要求对各种边沟的纵坡应仔细检查，应使沟底平整，排水通畅，采用人工进行整修，不得随意用土填补沟面缺损或坑洼。
- 4、土质路基表面做到设计标高后应采用平地机或推土机刮平，铲下的土不足以填补凹陷时，应采用与路基表面相同的土填平夯实。石质路基表面应采用石屑嵌缝紧密、平整，不得有坑槽和松石。
- 5、石质路基边坡，应按设计坡比仔细整修，坡面的上的松石、危石必须及时清除。
- 6、平面几何尺寸及线位高差的质量要求同路堤整修。
- 7、外观质量要求：1) 路基的路床顶面路拱、标高、宽度、线形应符合图纸要求，表面平整、密实、无局部坑洼，曲线圆滑，边线顺直；2) 路堑边坡坡度不低于图纸要求，坡面平顺稳定，不得亏坡，石质边坡还要求无险石、悬石和浮石；3) 边沟、截水沟、排水沟沟底无阻水、积水现象，排水良好，具备铺砌要求，临时排水设施与现有排水沟渠连通。



路堑整修-1



路堑整修-2



路堑整修-3

4 过渡段施工

4.1 填挖交接（纵横）过渡地段施工

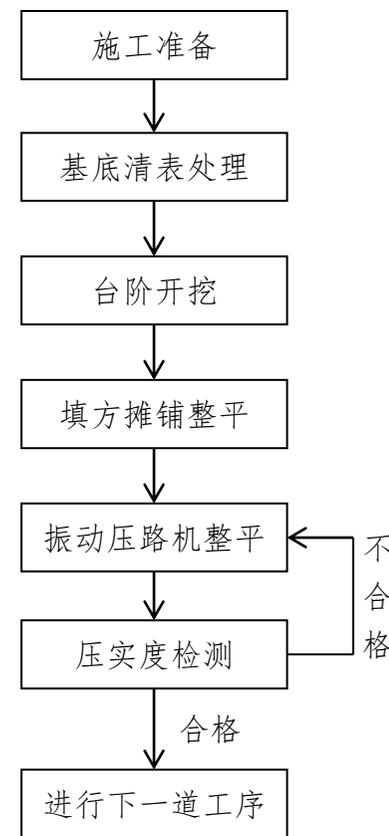
- 1、原地面横向坡度缓于1:50时，应先翻松表土再进行填土；原地面横向坡度陡于1:5时应做成台阶，每级台阶宽度不得小于1m，台阶顶面应向内倾斜，在沙土地段可不作台阶，但应翻松表层土。
- 2、填筑时，必须从低处往高处分层摊铺碾压，特别要注意填、挖交界处的拼接，碾压要做到密实无拼痕。
- 3、半填半挖路段的开挖，必须待下半填断面的原地面处理好并经检验合格后，方可开挖上挖方断面。对挖方中非适用材料必须废弃，严禁填在半填断面内。
- 4、若图纸对半填半挖路基采用土工合成材料加筋时，则土工材料的设置部位、层数和材料规格、质量要求应符合有关规定。



挖台阶处理-1



挖台阶处理-2

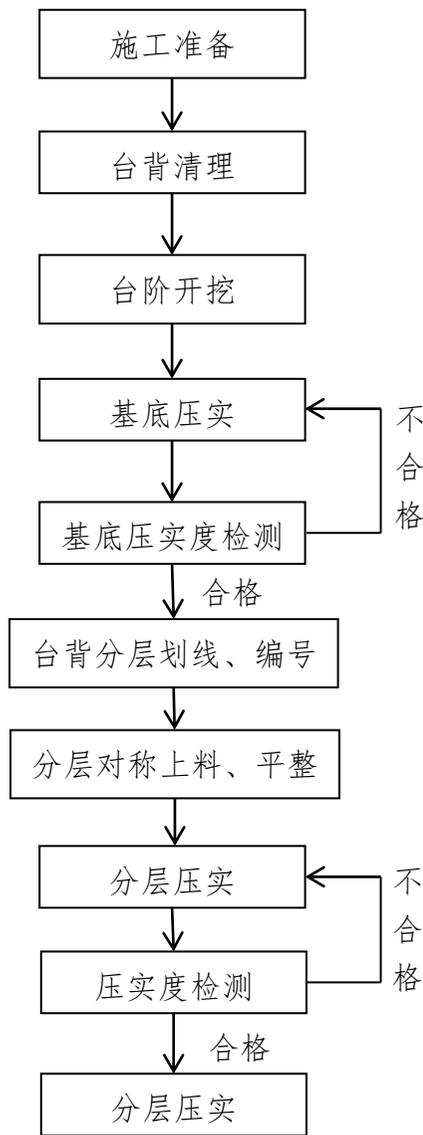


填挖交接过渡段施工工艺流程图

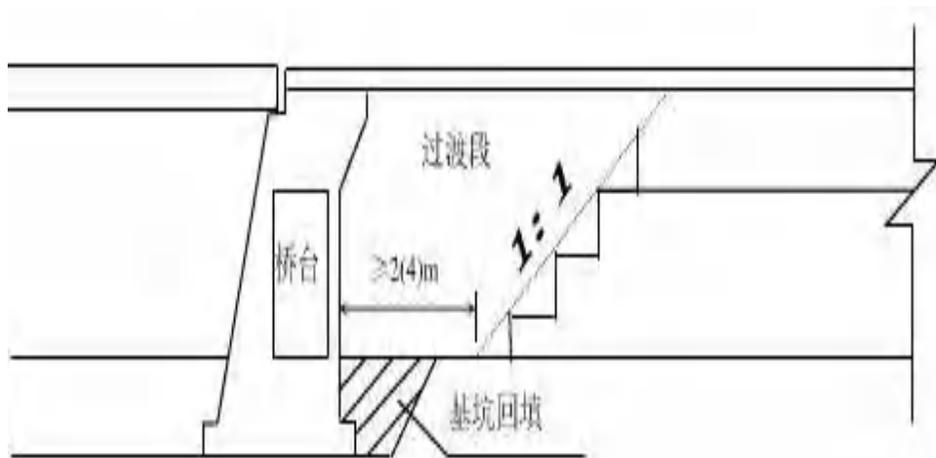
4.2 路堤与桥台过渡段施工

工艺说明：

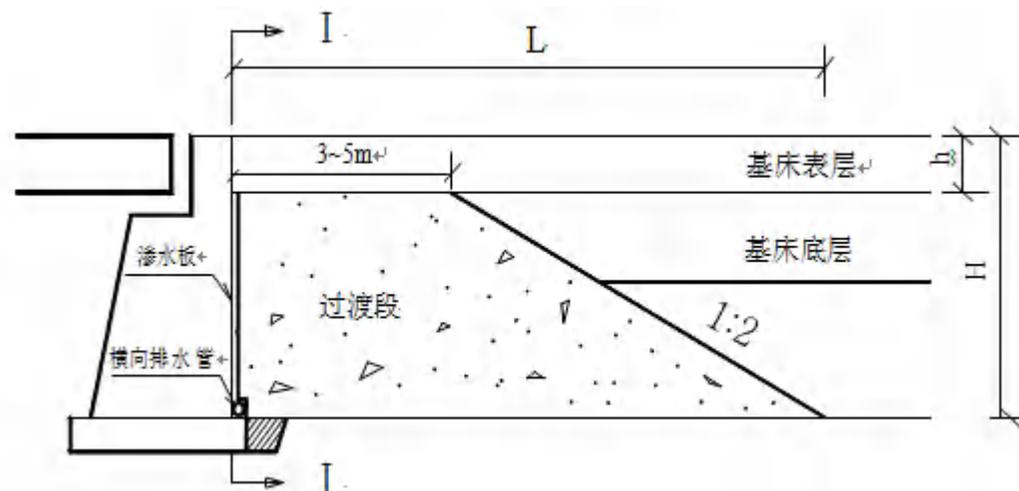
- 1、梁式桥台背填土顺路方向长度，一般应自台身起，顶面不小于桥台高度加2m，底面不小于2m；拱桥桥台背的填土长度不应小于台高H的3~4倍。
- 2、台背清理。台背回填前按设计和规范要求清理基底，基底处理后外观应符合下列要求：基底无草皮、树根、腐殖土等杂物，无积水，坑穴处理彻底；原地面基地平整、碾压密实，压实度不得小于90%。
- 3、台阶开挖。台背回填部分的路床宜与路堤路床同步填筑，若不能同步进行时，与台背回填交界处路基必须挖台阶，台阶宽度不得小于1m，每级台阶高0.6m，台阶顶做成2%-4%的内倾斜坡，在填筑前台阶必须压实。
- 4、划线编号。填筑前须在墙身背面从基础底面起按设计层厚（一般不大于20cm）从下往上逐条划线并编号。
- 5、土工格栅铺设。当桥台台背回填高度过大（一般大于5m）时，为减少不均匀沉降，需在基础顶面和台背顶部各增设一层双向土工格栅。
- 6、分层上料、平整、压实。
 - (1) 台背填土的顺序应符合设计要求。拱桥台背填土宜在主拱圈安装或砌筑以前完成；梁式桥的轻型桥台台背填土，宜在梁体安装完成后进行；柱、肋式桥台台背填土，宜在台帽施工前，柱、肋侧对称、平衡地进行，桥台背和锥坡的回填施工宜同步进行，一次填满并保证压实整修后能达到设计宽度。
 - (2) 每层松铺厚度不得大于设计和规范要求，一般不宜超过20cm。当采用小型夯具时，一级以上的公路松铺厚度不宜大于15cm。填筑时施工人员按墙身上标记线指挥上料，完成一层上料并平整后，实验人员检测填料含水率在设计值的正负2%之内方可进行碾压。碾压时，振动压路机离墙身距离不得小于1m，碾压不到位处，采用小型机械振动夯实。
- 7、压实度检测。碾压密实后实验人员检测压实度（一般采用灌砂法），从底到顶压实度不得小于96%。检测合格后才能进行下层施工。
- 8、排水。在施工中要避免雨水流入，对已有的积水应挖沟引出或用水泵排出。地下水可设盲沟引出。当不得不用非渗水土填筑时，应在其上设横向盲沟或用黏土不透水材料封顶。



填挖交接过渡段施工工艺流程图



路堤与桥台过渡段填筑示意图（后施工过渡段）



路堤与桥台过渡段填筑示意图（先施工过渡段）



背采用长臂平板振动夯机压实



小型机械振动夯实

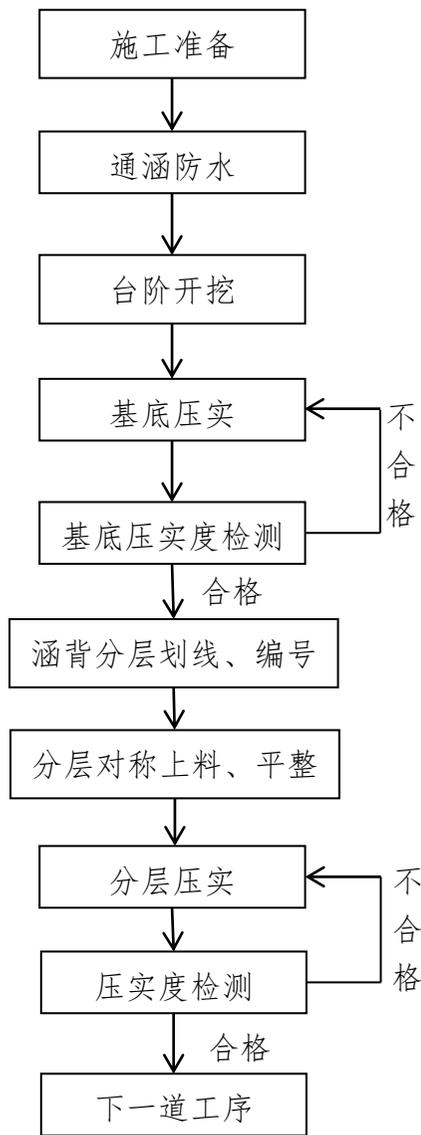


边部压实

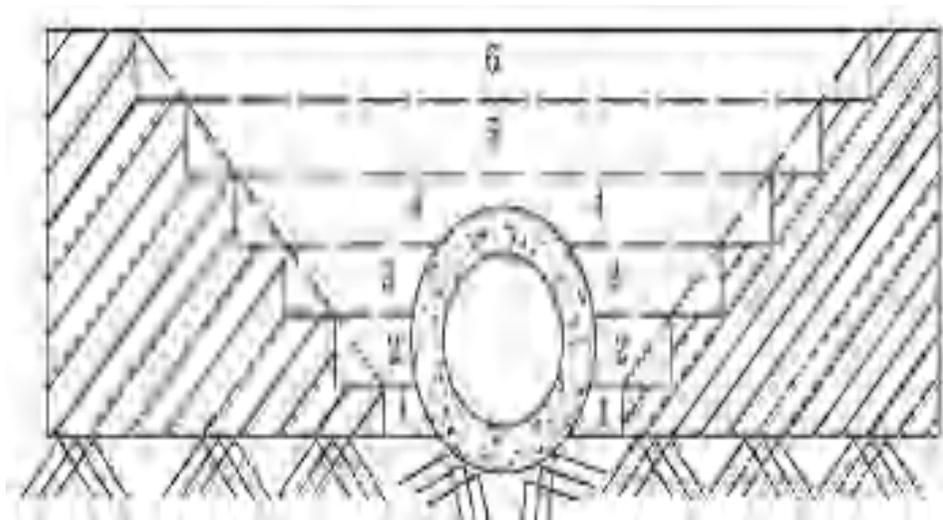
4.3 涵背路堤回填

工艺说明：

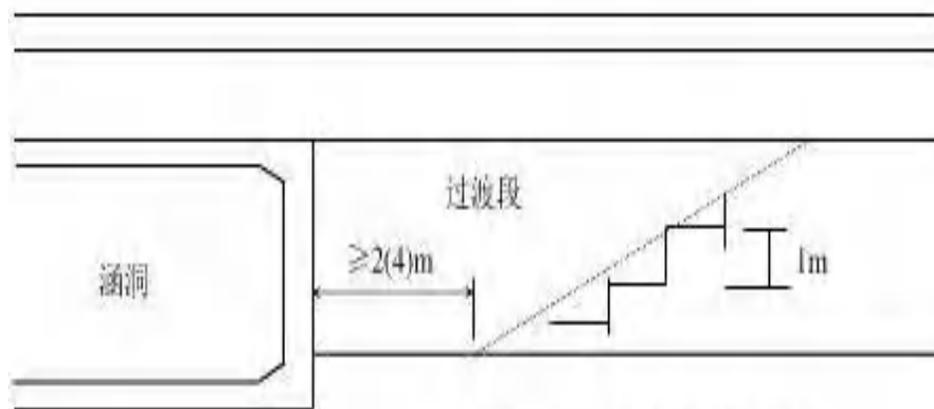
- 1、施工准备：回填前涵洞主体和翼墙必须施工完成，结构物强度达到设计强度75%以上。墙身模板对拉螺杆孔距墙面10cm深范围内用7.5号水泥砂浆封住。
- 2、通涵防水：通涵结构物完成以后临土面应做好防水处理，沉降缝应按设计要求填塞密实。
- 3、涵背清理：台背回填前应对结构物周边回填范围内杂物进行清理，按设计和规范要求清理基地，基地处理后外观应符合下列要求：基底无草皮、树根、腐殖土等杂物，无积水，坑穴处理彻底；原地面基地平整、碾压密实，压实度不得小于96%。
- 4、台阶开挖：台背回填应与路基填筑同步进行，若不能同步进行时，与台背回填交界处路基必须挖台阶，台阶宽度不得小于1m，每级台阶高不得大于1m，台阶顶做成2%-4%的内倾斜坡，填筑前台阶必须压实。
- 5、划线编号：填筑前应在通涵墙身临土面从基础底面起按设计层厚（一般不大于20cm，以15cm为宜）从下往上逐条划线并编号，以便施工时控制填筑厚度和质检人员掌握被验层次和各项技术指标。
- 6、上料、平整、碾压。
 - (1) 填料含水率应控制在设计值的 $\pm 2\%$ 之内。
 - (2) 通涵台背回填应在构造物两侧对称、平衡地填筑。完成一层上料平整后，层厚不得大于设计要求。
 - (3) 碾压时，重型压路机进行离墙身距离不得小于50cm，碾压不到位处，采用小型机械振动夯实。
 - (4) 涵洞缺口填土，应在两侧对称均匀分层回填压实。如使用机械回填，则涵台胸腔部分及检查井周围应先用小型压实机械压实后，方可用机械进行大面积回填。在涵洞两侧缺口填土未完成前，不得进行涵顶标高以上的填方施工。
 - (5) 涵洞顶部盖土50cm范围内采用细粒土或粘性土一次填筑，压路机静压，涵顶面填土压实厚度必须大于0.5m时才能允许机械通行，以保证重型机械不对涵洞造成破坏。
- 7、压实度检测：碾压密实后，实验人员检测压实度（一般采用灌砂法），回填部位从底到顶压实度不得小于96%。检测合格后方可进行下一层填筑。压实度检测时对靠近结构物部位重点检测。



涵背路堤填筑施工工艺流程图



路堤与桥台过渡段填筑示意图（后施工过渡段）



泄水孔、反滤层、隔水层同步施工

路堤与桥台过渡段填筑示意图（先施工过渡段）



通涵台背回填挖台阶、对称回填



小型机械振动夯实



通涵台背回填成型效果

- 6、结构物回填前应在台背用油漆画好每一层的松铺厚度标志线，分层回填压实。
- 7、涵洞缺口填土，应在两侧对称均匀分层回填压实。如使用机械回填，则涵台胸腔部分及检查井周围应先用小型压实机械压实后，方可用机械进行大面积回填。
- 8、填土过程中，应防止水的浸害，回填结束后，顶部应及时封闭。
- 9、在涵洞两侧缺口填土未完成前，不得进行涵顶标高以上的填方施工。
- 10、在桥台或涵洞部分大型压路机无法作业的地方，采用小型压路机，人工配合进行夯实。



厚度控制标志线-1



厚度控制标志线-2



边部压实



边部打夯

第二部分 路面工程



1 基层施工

1.1 石灰稳定土基层

工艺说明：

为了保证石灰土的强度能达到规定值，石灰土的拌和应尽量采用场拌法，但现在大部分施工均是采用路拌法施工，灰土施工过程中对石灰土质量的影响较大。

1、拌和：

路拌法施工石灰土很关键的一点是拌和层底部不能留有素土夹层，特别在两层灰土之间不能有素土夹层。素土夹层不单使上下层间没有粘结，明显减弱路面整体抵抗行车荷载的能力，素土夹层还会由于含水量增大而改变成软夹层，导致沥青面层的过早破坏。

2、摊铺：

石灰土一般采用平地机进行摊铺和整形。此时平地机操作手的经验和技术水平对平整度至关重要。如果操作手技术不熟练，平地机反复刮平和碾压，摊铺层形成光面后又覆盖刮平的薄层混合料，在压实过程中会产生“起皮”现象，引起表层松散，这是石灰土施工中影响质量的棘手问题。解决“起皮”问题，一般须挖除表层土，以至填土厚度在10cm以上，再重新摊铺、整平。

3、碾压：

整型后，当混合料处于最佳含水量 $\pm 1\%$ 时，可进行碾压，若表面水分不足，应适当洒水后再碾压，碾压时，按先轻后重的原则，直线段由两侧向中间压，曲线段由内侧向外侧压。横向碾压后轮应重叠 $1/2$ 轮宽，纵向后轮必须超过两段的接缝，碾压一直进行到表面无明显轮迹、压实度达到规范要求为止。

4、养生：

石灰土是一种水硬性材料，其强度形成需要一定湿度。在一定的湿度生时，能加速石灰土的钙化硬结，使其尽早成型。石灰至少要有7d以上的养生期，并保持一定湿度。但石灰土表层不应过湿或忽干忽湿，若表面缺水干燥，会引起表面松散而不能成型。若表面过湿，又会泡软灰土层，使其变形损坏，养生方法可视具体情况采用洒水、覆盖潮湿的砂或土以及用薄膜和沥青封闭，实践证明，覆盖潮砂或土养生效果较好且又经济，同时又能起到封闭交通的作用，刚压实成型的石灰土基层，在铺筑上一结构层之前，至少在保持潮湿状态下养生5~7d。



灰土过筛处理



灰土摊铺挂线整平



路床初压



刮平机找平



路床碾压成型



覆盖毛毡养护

1.2 级配碎石基层

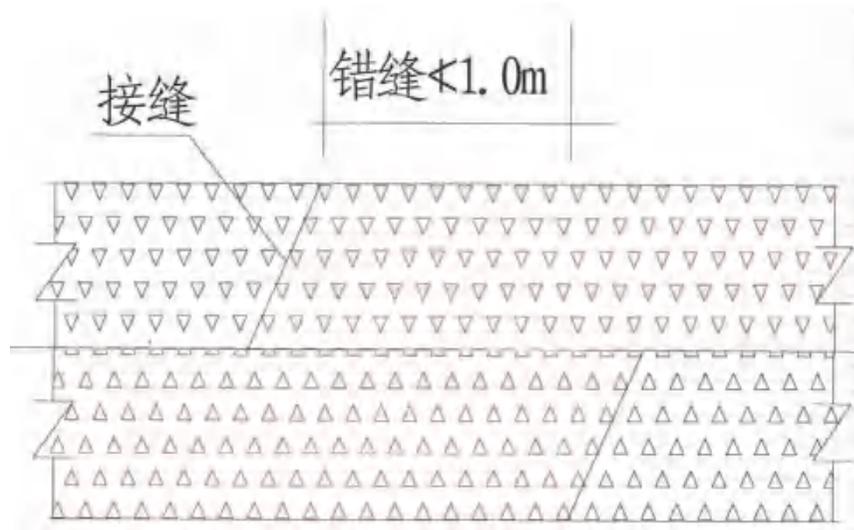
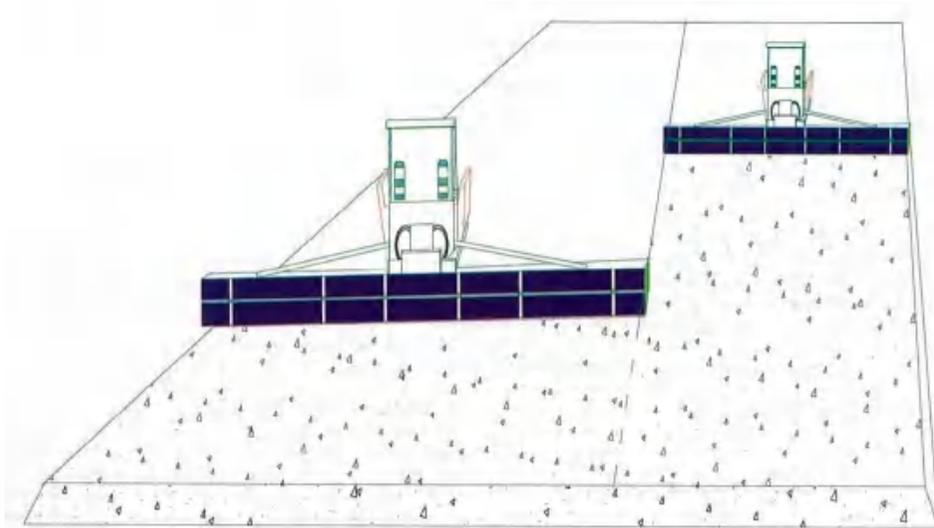
工艺说明:

- 1、级配碎石优先采用厂拌法生产。一般采用稳定土厂拌设备，装载机配合上料，电脑程控计量，厂拌计量设备要经计量单位核准，并有专人操作维修，日常应对计量仪器进行校核。
- 2、为防止拌和好的材料在装料至汽车时发生离析，尽量保持拌合机出料口位于自卸车车斗的中部，并且尽量减小出料口与车斗的高度。在高温及风大的天气情况下施工，当运输路程较远或道路运输状况不良时，应将混合料表面进行覆盖，减少水的蒸发（挥发），运输途中，尽量保持汽车平稳运输，不得突然大起大落、剧烈颠簸，以防止加速集料离析。搅拌的混合料要现拌现用，严禁存放。施工中拌合能力、运输能力、摊铺能力要相互匹配、相互衔接。
- 3、拌和中须根据配比要求，结合天气、运输等条件，认真掌握好含水量，含水量对级配碎石质量影响极大，水少难以压实，水多造成离析。
- 4、根据理论配合比，做工程试验段，通过实践对配比进行调整，以确定实用的最佳配比及工艺参数。
 - (1) 调整含水量。级配碎石填筑中可能有多次补水过程（搅拌、摊铺碾压、养护），应根据天气等现实条件及实际经验，反复试验确定。施工过程中的含水量是保证级配碎石路面质量极为重要的因素。
 - (2) 调整颗粒集料含量。在理论配比计算中常常大颗粒偏高，易于离析，造成路面观感差，空隙率高，粗细颗粒应根据实际情况做局部调整（一般是增加细颗粒，减少大颗粒含量）。调整后的配比，除做工程检测外，关键指标仍需通过试验进行判定。
- 5、级配碎石填筑前准备
 - (1) 做好前道工序的验收工作。基床表层填筑前应对基床底层的压实度、弯沉值进行核对。
 - (2) 路基标高、中线、纵横坡平整度等项指标组织工序间的验收。在路基基床底层表面恢复线路中线，测设中心桩和级配碎石填筑宽度边桩（设计宽度向外移20cm~30cm设置），在直线地段每隔20m设一组（3根），曲线地段每隔10m设一组。
 - (3) 认真做好级配碎石的试验段，条件可能力争多做对比试验，通过填筑压实试验与质量检测试验，确定填筑工艺参数，制定施工工艺，送监理审查同意后再大规模施工。

- 1、由专人负责指挥卸车。用地平机摊铺时应采用方格网控制填料量，方格网纵向桩距不得大于10m，并结合“挂线法”控制虚铺厚度。用摊铺机时，采用“挂线法”控制虚铺厚度，虚铺厚度应按填筑工艺性试验确定的参数严格执行，虚铺厚度每层的填筑压实厚度不得大于20cm，最小填筑压实厚度不得小于10cm。
- 2、推土机初平卸料后及时用推土机将混合料均匀摊铺，推土机摊铺时按桩位所示高程的虚铺厚度粗略摊平，目测局部有较大凹凸不平或局部未覆盖级配碎石的采用人工横向拉线，将不平的地方人工用铁锹找平，同时人工对级配碎石边线进行粗略顺直调整，力求表面平整、边线基本顺直。
- 3、用平地机将摊铺基本均匀平整的混合料进行精平，施工时，调整平地机刮刀的高程和倾斜角度，以便按规定的路拱坡度和虚铺厚度进行精确摊铺。用压路机在已精平的路段上快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整，及时采用人工局部平整。



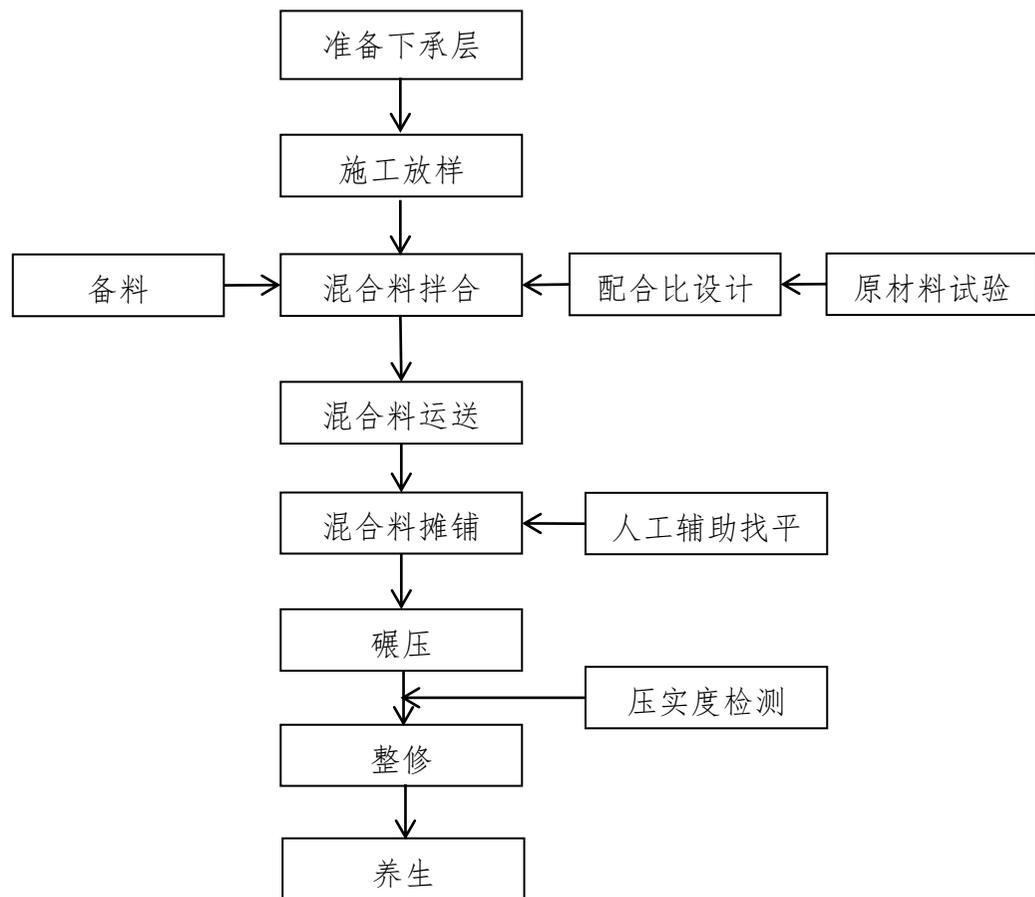
4、摊铺采用双机联铺，前后机位相距10m，熨平板重叠8~10cm。双机联铺时虽然没有施工缝，但是两机布料在交缝区的均匀性和一致性会比单机布料器范围内的均匀性、一致性稍差。两台摊铺机的布料宽度保持上下基层交缝区错开，保证基层整体性良好。联机摊铺的摊铺强度控制在400t/h左右，与拌和站的能力保持匹配。摊铺间隔时间不得超过30min，超过30min时应按接缝处理。摊铺速度控制在1.5~2.0m/min，施工过程中摊铺机不得随意变速、停机，保持摊铺的连续性和匀速性。防止过快造成混合料离析。摊铺时混合料的含水量宜高于最佳含水量1%，以补偿摊铺和碾压过程中的水分损失。在摊铺机后面设专人消除粗细集料离析现象，特别是粗集料窝或粗集料带应该铲除，并用新混合料填补或补充细混合料并拌和均匀。两作业段的横缝衔接处应搭接拌和碾压，第一段在末端只留0.5m进行初步碾压，第二段施工时，前段留下的未压实部分混合料必须铲除，再将已碾压密实且高程符合要求的末端挖成一横向（与路面垂直）向下的断面，然后再摊铺新的混合料，并同第二段一起碾压。机械摊铺平整后，要派足够的人力辅助整治，这是一个重要环节。对个别低凹或离析处人工找平，除去较大的颗粒，补平用料应选用小粒径碎石及石粉现场拌合为宜，不宜用大骨料。



示例

5、碾压工艺碾压设备一般选用振动压路机。一般应遵循先轻后重、先慢后快的原则，如先静压2遍使大面平整，人工修整找平，然后重振2~3遍，轻振1~2遍最后静压1~2遍收光，具体程序及遍数，应由填筑工艺性试验确定。整形后当表面尚处湿润状态时应立即进行碾压，以防止水分丢失。碾压顺序、搭接、错缝要求同基床以下路堤碾压要求相同。但在纵向搭接压实长度2m范围内，接缝处填料应翻开并与新铺填料混合均匀后再进行碾压。对靠电缆沟槽附近处的级配碎石，应采用冲击夯补压夯实。碾压中应控制好含水量，一般控制在5~7%较易达到碾压标准。碾压前检测含水量，当含水量大于最佳含水量1%以上时，应适当晾晒；当含水量小于最佳含水量应洒水（考虑碾压过程中的水份损失），采用人工洒水方式，可用喷雾器洒水雾，以求均匀并容易控制水量。洒水后静置3小时左右，等水分充分浸润集料后再进行碾压。

6、对碾压成型的级配碎石层，由于石粉的水化粘结作用，有一定的板结过程，一般1天的强度可达60%左右，3天可达70%左右，7天可达85%左右，因此养护期以7天为宜。养护期内禁止跑车扰动；保持含水量，按时喷雾洒水；防止大雨冲淋，细粒渗漏，如用草帘子、塑料布等进行覆盖养护。养护期后要作好成品保护工作，应严格限制车辆、控制车速，严禁在已完成的或正在碾压的路段上调头或急刹车。



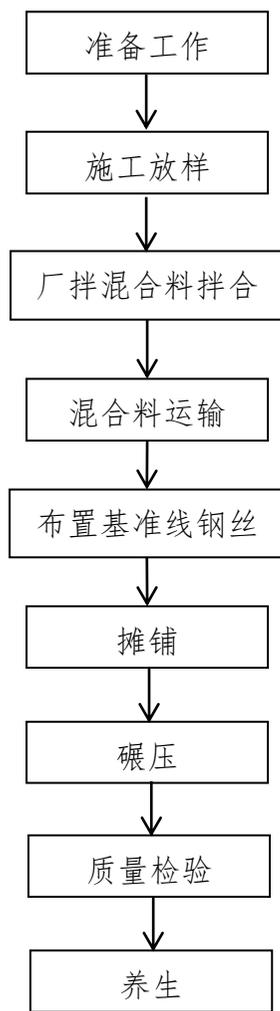
级配碎石底基层施工工艺流程图

1.3 水泥稳定碎石基层

1.3.1 施工准备

工艺说明:

- 1、摊铺前检查路基宽度、平整度、压实度、高程及弯沉等要满足规范要求。
- 2、摊铺前场地要清洁、湿润。
- 4、每10m一桩，按照施工宽度进行打桩、放样。宽度误差不超过2cm，标高差不超过2mm，放样完成后进行自检、复核确认无误后方可施工。
- 5、现场技术员要查看每一车料的出料时间，大于3h的要返场处理。
- 6、每一车料都要帆布覆盖，对于覆盖不符合要求、混合料离析达不到摊铺要求的要返场处理。
- 7、在摊铺水泥稳定碎石基层前一定要对底基层进行全面的检测，包括平面位置、高程、横坡度、宽度、厚度、弯沉及表面清洁情况，达不到要求者，采用合理的办法进行处理（尤其厚度不足处），特别是底基层的松散及起皮材料要彻底清除，决不能留下软弱夹层。开始摊铺基层前在底基层上洒一遍水，保持表面湿润。若下承层发现松散或开裂，须查明原因并彻底处治好。
- 8、摊铺过程中要保持摊铺机的速度恒定，应考虑拌和场的生产能力与摊铺速度相匹配，避免中途不必要的停机，摊铺速度在1.0~3.0m/s。另外，也要保证摊铺机的夯锤或夯板的震捣频率均匀一致，不得随意调整。
- 9、摊铺前对已挂好的钢丝进行检查，看是否有扰动破坏的情况，摊铺时有专人看护标高控制电脑；检查摊铺机摊铺是否偏移。
- 10、根据试验段得出的松铺系数计算出松铺厚度，摊铺机后面专人用钢板尺检测虚铺厚度、虚铺高度。（刚开始每10m为一个断面，稳定时15~20m一个断面，全宽二分之一宽、零米宽处共3点）。



水泥稳定碎石底基层施工工艺流程图



模板支护



洒水湿润



清理松散泥土、补压



水泥浆撒布



加设橡胶挡板、减少离析



布料均匀，均匀埋深2/3以上

1.3.2 水稳碎石基层碾压控制要点

初压

复压

终压

用12T双钢轮或三轮压路机静压1遍，振压1-2遍，速度控制在1.5~1.7km/h

用22T以上双钢轮或三轮压路机静压1遍，振压2-3遍，速度控制1.8~2.2km/h

用25T以上胶轮压路机碾压1-2遍，同时对基层表面整形收光，速度控制在1.5~1.7km/h





道路两侧和交叉口圆弧等大型压路机辗压不到位的位置，应采用小型压实机械压实。

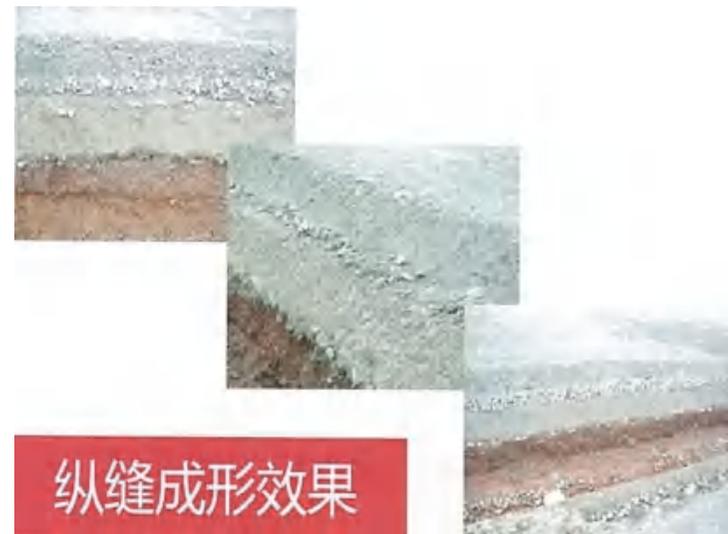


碾压要点：

- (1) 一次碾压长度应控制在50~80m左右，分界处应设置明显标志；
- (2) 压路机应保证1/2轮宽重叠；
- (3) 严禁压路机在基层上掉头和急刹车；
- (4) 全部辗压工作应在水泥初凝前完成，确有难度的应在试验确定的延迟时间内完成；
- (5) 辗压完成后应即可用灌砂法检测密实度。

1.3.3 水稳基层接缝控制要点

- 1、**纵缝**：水稳应避免设置纵向接缝（冷缝）。确有需要的，纵缝尽量设置在车道分界线下，且接缝必须采用方木或钢模板支撑，严禁直接斜坡拼接。
- 2、**横缝**：水稳应连续作业，因故中断超过2h应设置横缝；当天停止施工处也应设置横缝。施工缝拼缝时，应挖除已铺筑的水稳基层2~3m，结合面保持竖直并清理干净，后涂抹水泥浆（ $1.0\sim 1.5\text{kg}/\text{m}^2$ ），摊铺机从接缝处起步开始摊铺。



1.3.4 水稳基层验收控制要点



灌砂试验

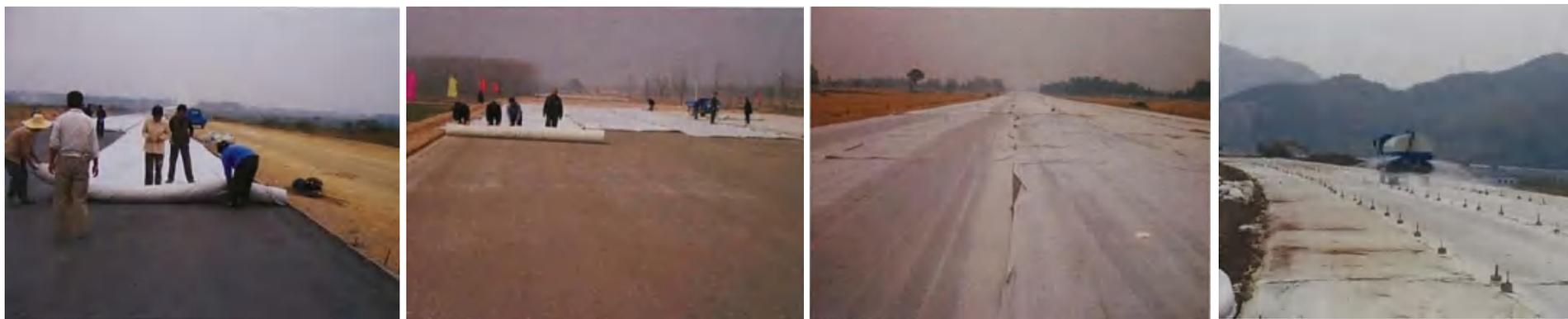


灌砂试验



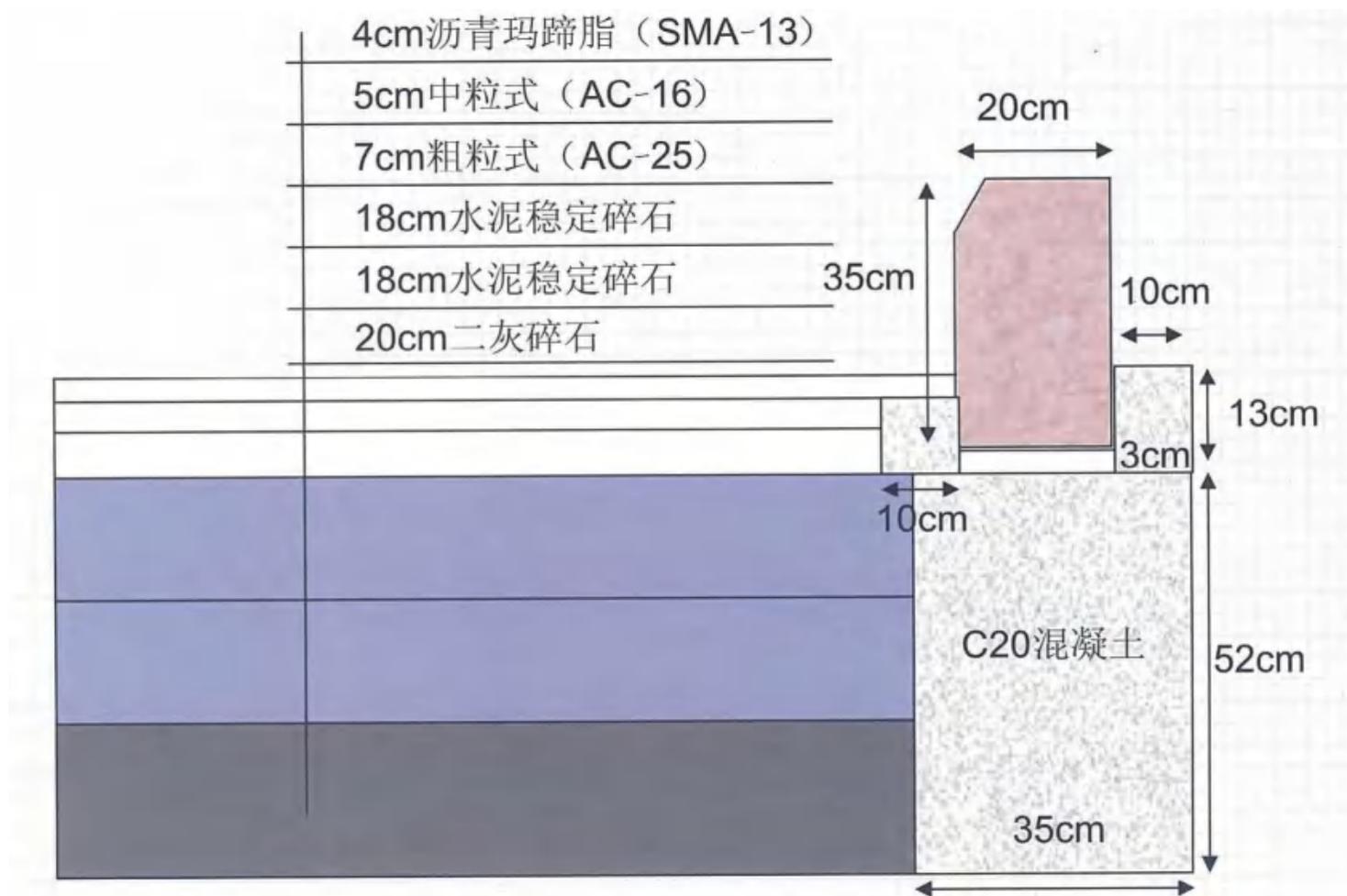
1.3.5 水稳基层养护及交通管制控制要点

- 1、碾压完成并质量验收后应及时养生。
- 2、采用土工布覆盖养生，经常补水，保持润湿。
- 3、常温下成活后应经7d养护。
- 4、洒水车的喷头要用喷雾式。
- 5、封闭交通，严禁重载车辆通行。



1.3.6 基层侧模工艺展示

示例：



基层侧模应用



面层侧模应用



1.3.7 基层摊铺工艺展示
工艺展示





厂拌生产



下承层验收



双机联铺





高程控制



初压复压



细节处理





终压成活



井位标识置换



施工缝处理





试验检测



养护措施



裂缝预防



2 沥青混凝土面层基层施工

2.1 摊铺及碾压施工

工艺说明:

1、严格控制沥青的加热温度、矿料加热温度、沥青混合料温度，沥青混合料的拌和时间要使混合料拌和均匀、所有矿料颗粒全部裹覆沥青结合料为止，使沥青混合料均匀一致，避免出现花白料、结团成块、粗细料分离的现象。对于老化、滴漏及粗细料离析的混合料，予以废弃。拌好的沥青混合料不立即铺筑时，可放入成品储料仓储存，储料仓储料时间以符合摊铺温度为准，储存时间不得超过24h，储存期间温降不得超过10℃，否则予以废弃。

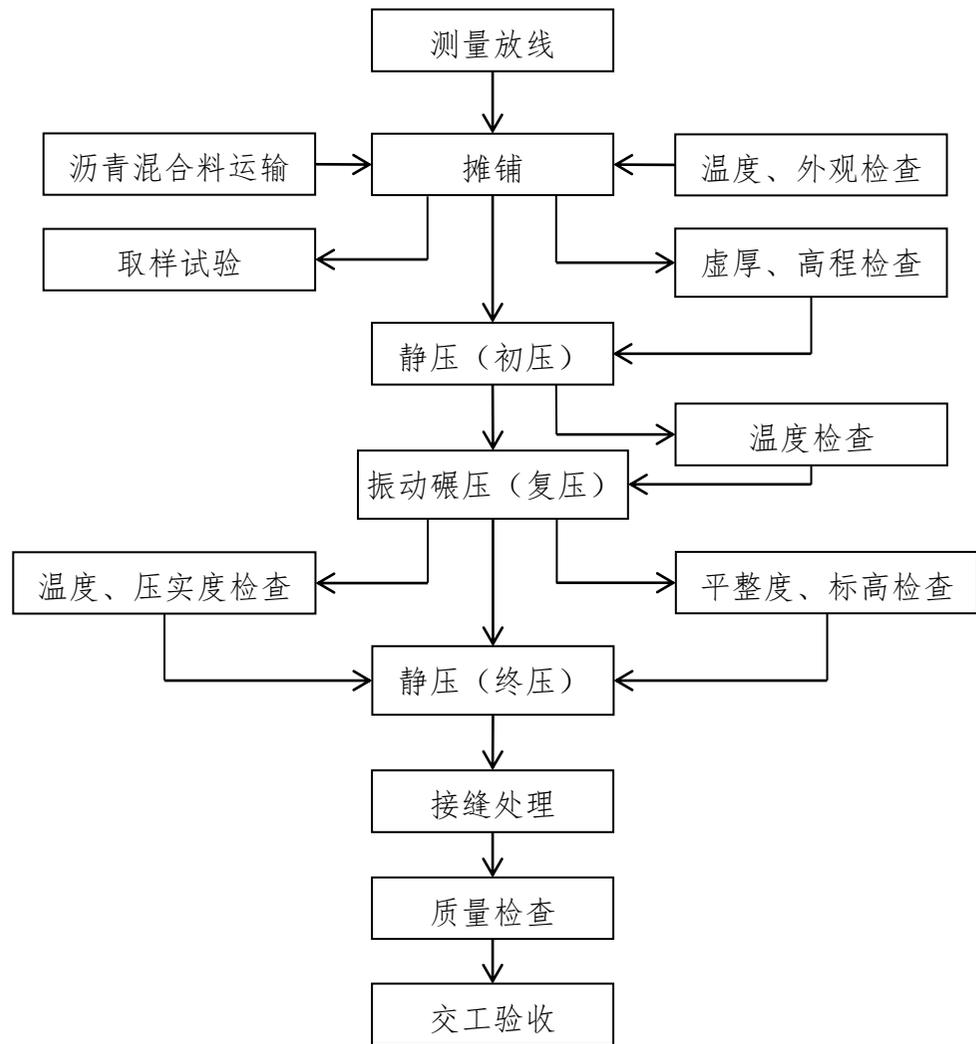
2、沥青混合料采用自卸汽车运输，运料前，车厢应清扫干净，为防止沥青混合料与车厢板粘结，车厢板和底板可涂一薄层油水混合液（柴油：水=1:3），应注意不得有余液积于车厢底部。

3、从拌和机向运料车上放料时，每卸一斗混合料汽车应挪动一下位置，减少粗细集料的离析现象。

4、运料车应用篷布覆盖，用以保温、防雨、防污染。

5、沥青混合料运输车的数量较拌和能力和摊铺速度有所富余，施工过程中，摊铺机前至少要有不少于5辆料车在等候卸料。

6、连续摊铺过程中，运料车应在摊铺机前10~30cm处停住，不得撞击摊铺机，卸料过程中，运料车要挂空挡，靠摊铺机推动前进。车厢慢慢升起，将混合料缓缓卸入摊铺机料斗中，要相互配合确保不溜车。



级配碎石底基层施工工艺流程图



出厂温度检测



到场温度检测



摊铺温度现场记录

- 7、摊铺机在开始受料前，在料斗内涂刷少量防止粘料用的油水混合液。
- 8、摊铺机自动找平方式，下、中面层采用两侧钢线引导高程的控制方式，上面层使用浮动基准梁。
- 9、沥青混合料必须缓慢、均匀、连续摊铺，摊铺速度根据拌和站产量，铺筑宽度、厚度等计算确定，起步控制在 $1\sim 2\text{m}/\text{min}$ ，正常摊铺速度 $3\sim 4\text{m}/\text{min}$ ，供料不及时的情况下，可适当放慢速度。摊铺过程中，摊铺机螺旋送料器要不停顿地运转，两侧要保持有不少于送料器高度 $2/3$ 的混合料，保证在摊铺机全宽度断面上不发生离析。摊铺中出现拥包，立即停机，倒回重新摊铺，与路缘石结合部用人工配合平整。
- 10、当气温低于 10°C 时，不宜摊铺热拌沥青混合料（非改性沥青），必须摊铺时，拟采取以下措施：
 - (1) 提高混合料拌和温度，使其符合低温摊铺温度要求；
 - (2) 运料车覆盖保温；
 - (3) 摊铺后紧接着碾压，缩短碾压长度。
- 11、机械不能到达的死角，拟采用人工摊铺整型。



摊铺机作业



摊铺机推动运料车前进



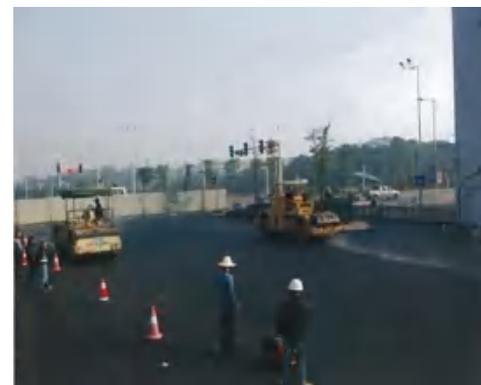
摊铺机成梯队作业



水准尺检测松铺系数



使用双钢轮振动压路机关闭振动后进行初压



使用双钢轮振动压路机进行复压、终压



使用轮胎机进行终压



路面边缘大型压路机难于碾压的部位使用小型机械进行补充碾压

2.2 施工缝控制

施工应尽量避免纵向接缝，横向接缝采用平接缝。平接缝应紧密粘结，充分压实，连接平顺，施工拟采用如下方法：

纵缝：

(1) 两台摊铺机梯队作业，施工纵缝为热接缝。当前一台摊铺机摊铺5~10m时，后一台摊铺机开始摊铺，两台摊铺机中间架设铝合金导梁，前台摊铺面留出10~20cm宽暂不碾压，作为后续部分的基准面。

(2) 压路机作跨缝碾压以消除缝迹，为提高接缝处的压实度，接缝处增加一遍碾压，施工后未发现明显纵缝。

横缝：每天摊铺结束处或施工中被迫停工时间较长处都应设置横接缝。用3米直尺在碾压好的端头处检查平整度，画上直线切割，将废料弃掉，并清理干净接缝处。

接缝处摊铺沥青混合料时，在接缝端面涂刷一道粘层油。将熨平板放到已压实好的路面上，在路面和熨平板之间垫一块厚度与松铺厚度相同的钢板。预热熨平板，使其温度同混合料的温度，第一车混合料的温度以摊铺温度上限为好。

为了保证横接缝处的平顺，摊铺后即和三米直尺检查平整度，去高补低，双钢轮压路机沿路横向碾压或斜向碾压，碾压时压路机的滚筒大部分在已铺好的路面上，仅有10-15厘米的宽度压到新摊铺的混合料上，再逐渐移动跨过横向接缝，然后改为纵向碾压，直至达到规定的密实度为止。碾压初期应对接缝处及其附近加强检查，力求消除各类常见的质量缺陷。



沥青面层采用整幅联机摊铺，减少混合料离析现象，消除纵向接缝，提高整体平整度

横向冷缝（平接缝）施工：端部层厚不足部分的预先分割

2.3 透层油施工

- 1、浇洒透层前，路面应清扫干净，尽量是基层表面骨料外漏，以利于乳化沥青与基层的粘结，对路缘石及人工构筑物应适当防护，以防污染。
- 2、透层沥青洒布后应不致流淌、渗透入基层一定深度，不得在表面形成油膜。
- 3、如遇大风或即将降雨时，不得浇洒透层沥青。
- 4、气温低于10℃时，不宜浇洒透层沥青。
- 5、应按设计的沥青用量一次浇洒均匀，当有遗漏时，应用人工补洒。
- 6、浇洒透层沥青后，严禁车辆，行人通过，对于乳化沥青要有足够的破乳时间。但如确需开放施工车辆通行且透层乳化沥青未干时，应撒布少量石屑或粗砂。
- 7、透层洒布后，约需6~12小时的渗透时间，应禁止车辆通行。



使用前检查保养、调试安装喷油嘴、进行喷油试喷检查，使机械处于完好的待用状态)



沥青撒布车撒布透层油



重点在透入，只有透入才能形成牢固稳定的基层表面

2.4 粘层施工

- 1、符合下列情况，应浇洒粘层沥青：
 - (1) 双层式或三层式热拌热铺沥青混合料路面在铺筑上层前，其下面的沥青层已被污染；
 - (2) 旧沥青路面层上加铺沥青层；
 - (3) 水泥混凝土路面上铺筑沥青面层；
 - (4) 与新铺沥青混合料接触的路缘石、雨水进水口、检查井等的侧面。
- 2、喷洒表面一定要清扫干净，表面要干燥。
- 3、气温低于10℃时或路面潮湿时，禁止喷洒。
- 4、喷洒粘层后，禁止行人车辆通过。
- 5、粘层油宜当天洒布，待乳化沥青破乳、水分蒸发完成，紧跟着铺筑沥青层，确保粘层不受污。

2.5 封层施工

- 1、上封层：根据情况可选择乳化沥青稀浆封层、微表处、改性沥青集料封层、薄层磨耗层或其他适宜的材料。
- 2、下封层：下封层宜采用层铺法表面处治或稀浆封层法施工。稀浆封层可采用乳化沥青或改性乳化沥青作结合料。下封层的厚度不宜小于6mm，且做到完全密水。
 - (1) 乳化沥青、改性乳化沥青下封层，集料撒布应在乳化沥青破乳前完成；
 - (2) 沥青下封层，石料如果粉尘含量大，可以先过一下拌和站除尘。道路石油沥青宜在温度155~165℃、改性沥青宜在温度165~175℃条件下，用智能型沥青洒布车均匀喷洒在经过处理且干燥的下卧层上。
- 3、集料撒布后立即用轻型轮胎压路机均匀碾压3遍，每次碾压重叠1/3轮宽，碾压应做到两侧到边，确保有效压实宽度。
- 4、气温低于10℃时或路面潮湿时，禁止喷洒。



(一)



(二)



(三)

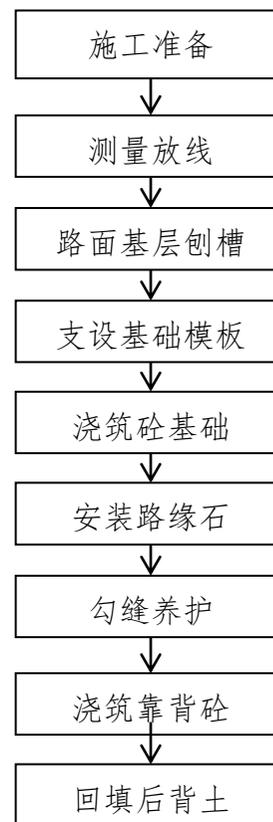


(四)

(一) - (三) 均匀的稀浆封层洒步

3 路缘石施工

- 1、路缘石宜由加工厂生产，并提供产品强度、规格尺寸等技术资料及产品合格证，严禁采用含杂质、色差、色斑、缺边少角、断裂、规格尺寸及强度等级不符的路缘石或不合格水泥进行施工。
- 2、宜采用花岗岩标准块。路口、隔离带端部等曲线段路缘石，宜按设计弧形加工预制，也可采用小标准块。
- 3、各路缘石分包必须配备专职测量人员，施工前校核放线尺寸、挂线高度。砌块的标高、轴线，必须引自基准控制点。安装路缘石的控制桩，直线段桩距宜为10~15m；曲线段桩距宜为5~10m；路口处桩距宜为1~5m。
- 4、嵌入路面结构的路缘石必须严格按照设计图纸施工。路缘石基础宜与相应的基层同步施工，或路缘石铺砌前对下部路面结构进行开槽。
- 5、严格控制灌缝、座浆质量：使用M10水泥砂浆灌缝密实、外露清洁，缝隙宜为7mm，灌缝后，常温期养护不应少于3d；使用M7.5水泥砂浆座浆，必须密实饱满，砌块高度符合设计。竖向灌缝和水平座浆砂浆饱满度不得低于90%。
- 6、严格控制拼装质量：路缘石应砌筑稳固、缝隙均匀、直线段顺直、曲线段圆顺、平缘石表面平顺不阻水。允许偏差项目应符合规范规定：直顺度 $\leq 10\text{mm}$ ，相邻块高差 $\leq 3\text{mm}$ ，缝宽 $\pm 3\text{mm}$ ，顶面高程 $\pm 10\text{mm}$ 。
- 7、路缘石安装完成经质量工程师验收合格后，方可浇筑背后混凝土支撑，支撑的结构尺寸和强度必须符合设计要求。项目部应采取必要的路缘石养生及成品保护措施，防止车辆冲撞及人为破坏、沥青面层施工污染。
- 8、混凝土支撑浇筑后，必须还土夯实。还土夯实宽度不宜小于50cm，高度不宜小于15cm，压实度不得小于90%。



石质路缘石施工工艺流程图

表 16.11.1 立缘石、平缘石安砌允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围 (m)	点数	
直顺度	≤ 10	100	1	用 20m 线和钢尺量 ^①
相邻块高差	≤ 3	20	1	用钢板尺和塞尺量 ^①
缝宽	± 3	20	1	用钢尺量 ^①
顶面高程	± 10	20	1	用水准仪测量

表 16.1.3-2 机具加工石质路缘石允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
外形尺寸	长	± 4
	宽	± 1
	厚 (高)	± 2
对角线长度差		± 4
外露平整度		2



测量放线，基层刨槽



支设基础模板，挂线找平



浇筑砼基础，收面压光



立挂线的控制桩标石



双线法控制轴线及高程



使用定型卡具控制缝隙均匀



勾缝前贴胶带



使用专门的勾缝器灌缝



表面施水，覆盖养生3天



支设定型钢模

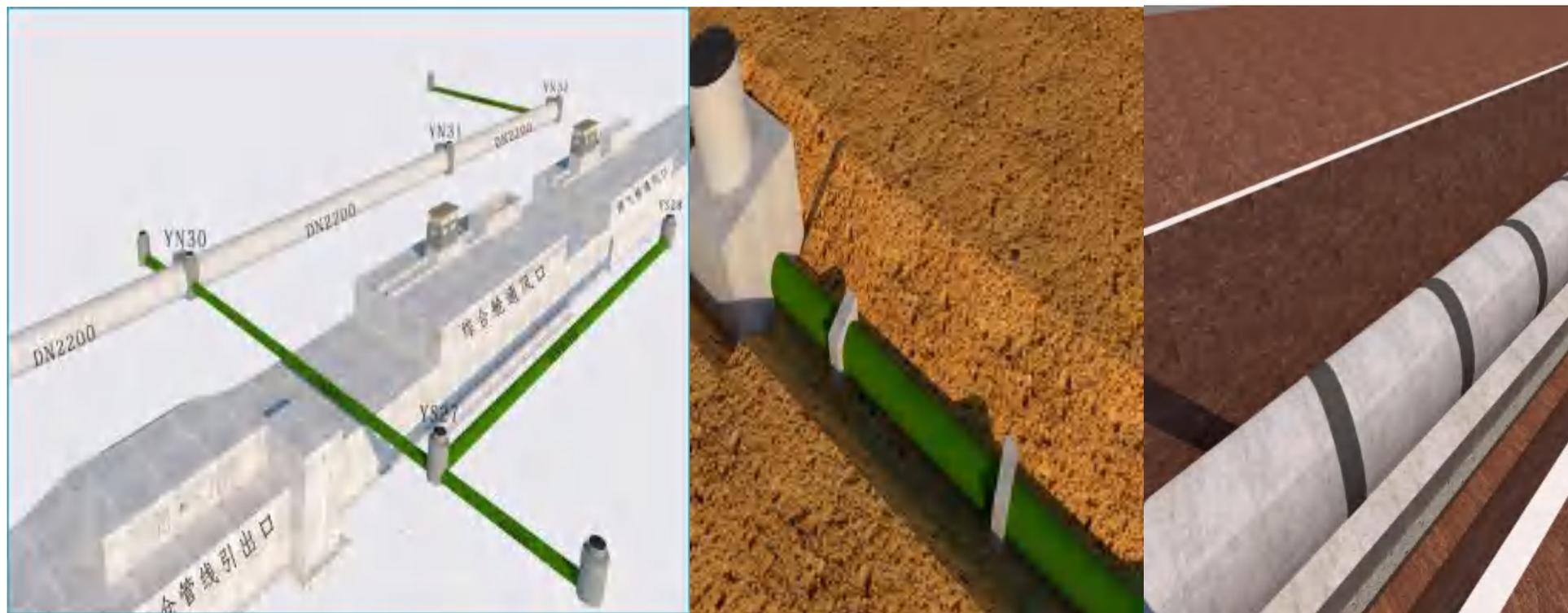


浇筑靠背支撑混凝土，插捣密实



砌筑稳固，线型顺畅

第三部分 给水排水管道工程

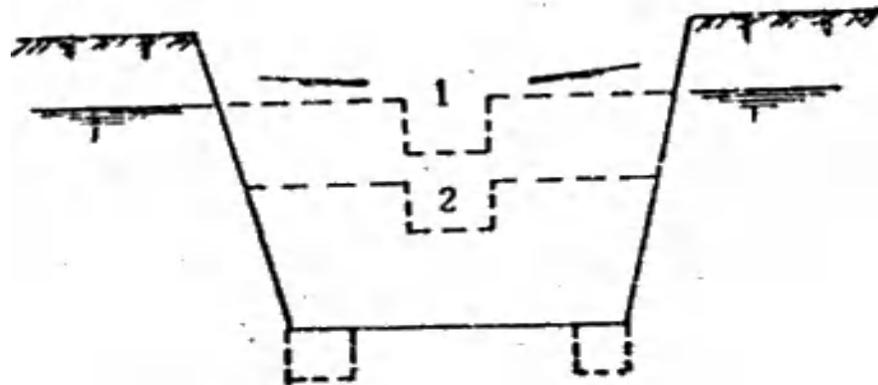


1 土石方与地基处理

1.1 施工降排水

1、明沟排水

明沟排水通常是当沟槽开挖到接近地下水位时，修建集水井并安装排水泵，然后继续开挖沟槽至地下水位后，先在沟槽中心线处开挖排水沟，使地下水不断渗入排水沟后，再开挖排水沟两侧土。如此一层一层地反复下挖，地下水便不断地由排水沟流至集水井，当挖深接近槽底设计标高时，将排水沟移置在槽底两侧或一侧，如右图所示。

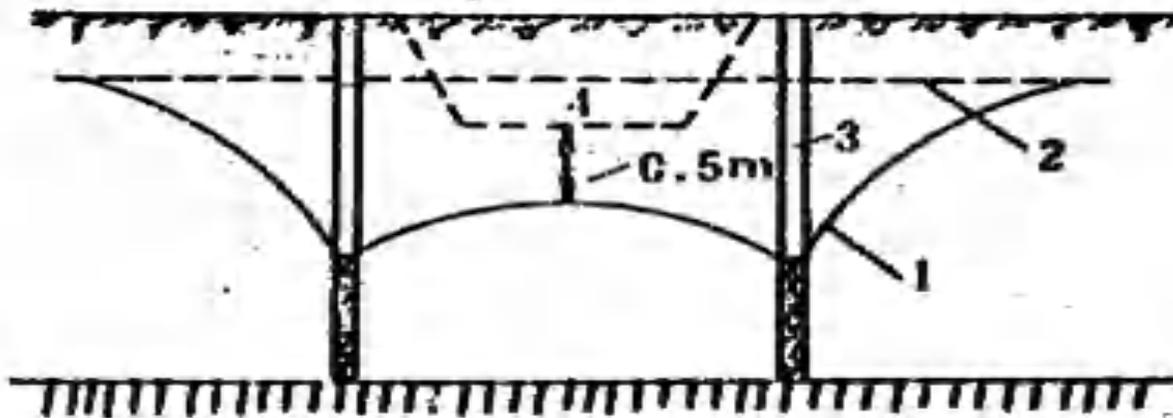


排水沟开挖示意图

2、轻型井点降水

人工降低地下水位是在含水层中布设井点进行抽水，地下水位下降后形成降落漏斗。如果槽底标高位于降落漏斗以上，就基本消除了地下水对施工的影响。地下水位是在沟槽开挖前人为预先降落的，并维持到沟槽土方回填，因此这种方法称为人工降低地下水位，如下图所示。

人工降低地下水位一般有轻型井点、喷射井点、电渗井点、管井井点、深井井点等方法。



人工降低地下水位示意图

- 1、抽水时水位
- 2、原地下水位
- 3、井点管
- 4、沟槽

3、止水帷幕

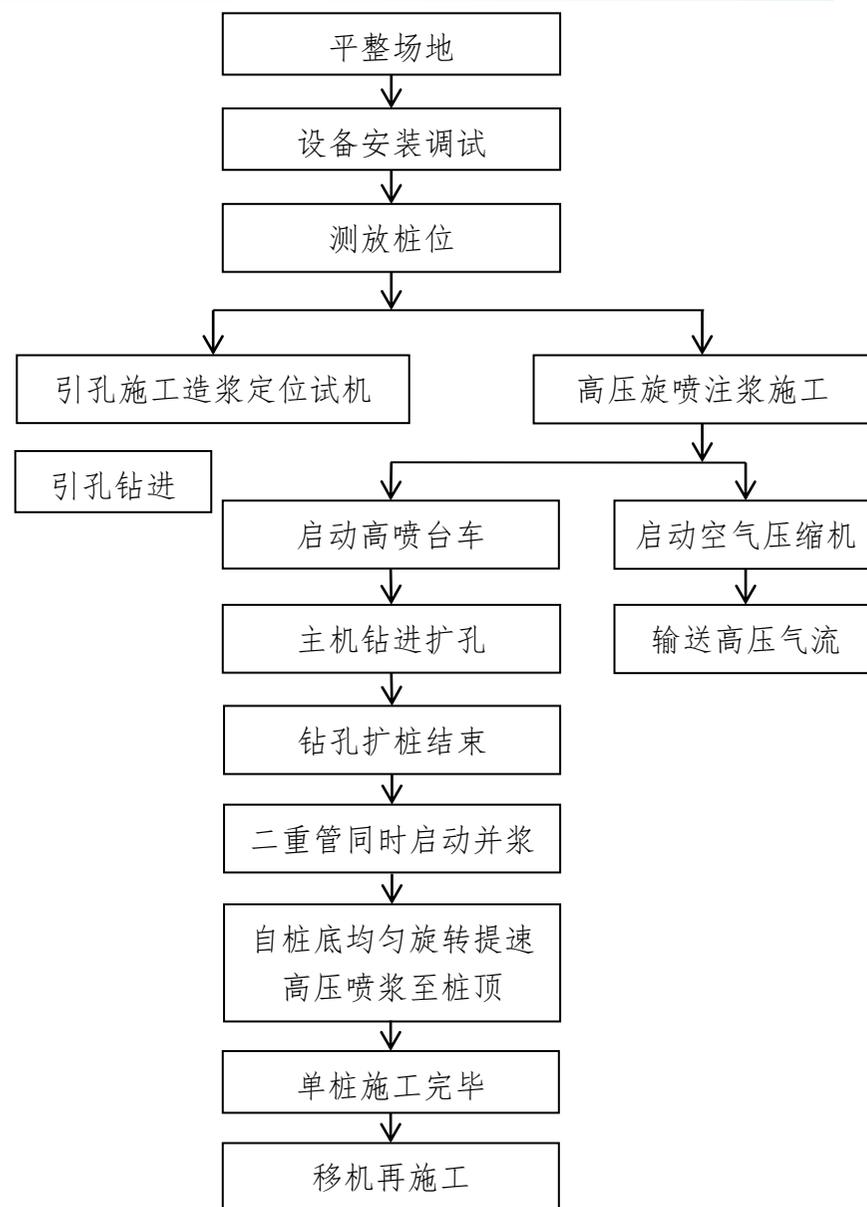
(1) 桩位测量放样:施工前,施工员按照施工图纸与业主提供的测量基准点用全站仪测定旋喷桩施工的控制点,埋石标记,经过复测验线合格后,用钢尺和测线实地布设桩位,并用竹签钉紧,一桩一签,保证桩位的准确性。

(2) 钻孔:钻孔采用地质钻机、三翼合金钻头、泥浆护壁、旋转钻进工艺,钻孔方法及注意事项如下:保证孔位偏差 $\leq \pm 5\text{cm}$,垂直度偏差 $\leq 1\%$ 。旋喷桩桩径为800mm,桩中心距为600mm,相邻桩搭接宽度为200mm。根据地质情况计算钻孔深度。开孔时,轻压慢转,钻进过程中随时用水平尺校正钻孔倾斜,发现偏斜及时进行纠偏。在钻进过程中,如果地层容易坍塌,出现跨孔现象,必须采取泥浆护壁,钻孔完成后,为防止孔壁坍塌,在钻孔中灌入浓泥浆。钻进时要进行详细的现场原始记录,标明各地层的临界高度,以及不同地层钻速变化和孔内的变异情况,特别要注意记录地下障碍物、洞穴、涌水、漏水及与工程地质勘察报告不符等情况。各单孔钻孔完毕后,机组操作人员先对钻具钻杆进行测量自检,然后报请现场施工员及监理进行复检,记录钻孔深度、地层情况及入岩情况,经验收合格后方可停钻终孔。钻孔完成后,采用现场废弃的水泥包装袋,灌装粘土后,封堵孔口,以免施工废浆和现场异物进入钻孔之中。

(3) 旋喷设备就位:先将钻杆移出台车位置,再换上喷管,调整喷杆位置,使其能自然垂直通过转盘中央与钻孔孔口对齐。

(4) 地面试喷:在向钻孔内下入喷头和喷杆之前,须地面试喷,以检查高压泵运行是否良好,各条管路是否密封通畅,喷杆、喷嘴有无泄漏。

(5) 下入喷具:地面调试好后,设法将喷嘴加以保护(先用透明胶包扎浆、气嘴,再用现场废弃的水泥包装袋包裹喷头),防止喷具在下入孔内过程中泥砂进入喷嘴。在必要的情况下,需要边射浆,边插管,浆压压力控制在1Mpa以下。喷头的位置一定要达到钻孔深度。否则,应拔出喷具重新扫孔。



高压旋喷桩施工工艺流程图

(6) 高压旋喷作业

① 喷具到位后，尽快调整好压力，使之迅速达到正常施工所需的压力。开始时，保持喷杆停留在孔底不断地旋转，当孔口冒出有水泥的浆液时，先静喷1~2min后，再按照施工技术参数开始提升喷具；

② 高压旋喷作业顺序采用隔孔分序方式，相邻孔喷射注浆的间隔时间不宜小于24h。旋喷过程中，按照先后顺序，先对一序孔进行施工，待一序孔施工完后，再进行二序孔的施工。中途停喷或卸掉一根喷杆后，继续旋喷时，喷头的位置必须超过喷头原来的位置以下0.3m，以便整个旋喷墙搭接均匀；

③ 旋喷作业时，应由下而上均匀喷射，停止喷射的位置宜高于帷幕设计顶面1m。操作人员和供浆系统由现场施工员统一指挥，各方人员密切配合，并做好现场原始记录；

④ 旋喷机台操作人员做到熟练掌握有关技术参数，在现场施工员和技术员的指导下，根据孔深和孔内情况的变化，及时调整有关技术参数，定时测量进浆和回浆比重；

⑤ 随时做好压力和流量的观测工作，按要求如实记录高压旋喷注浆的各项参数和出现的异常现象。

(7) 旋喷灌浆结束：高压旋喷灌浆墙顶进入上部不透水层1m即可终止喷浆，当喷头达到旋喷墙顶高程时，应反复上下提升喷杆，保证旋喷墙顶高程达到设计标高，旋喷墙顶至地面要至少保证30cm不予灌浆，以免高压水泥浆喷出地面飞溅伤人及漫流出来。

(8) 回填补穴：旋喷灌浆结束后，孔内浆液沉淀并凝固，浆液顶面不断下降，需不断地向孔内回填水泥浆液，以保障旋喷墙体的有效高度。

(9) 封孔：确认旋喷墙顶高程达到设计标高后，停止填补凹穴，采用水泥砂浆回填旋喷墙以上未灌浆的空洞。



钻机就位



现场检测
提杆速度
及搅拌水
泥浆水灰
比，控制
实桩质量

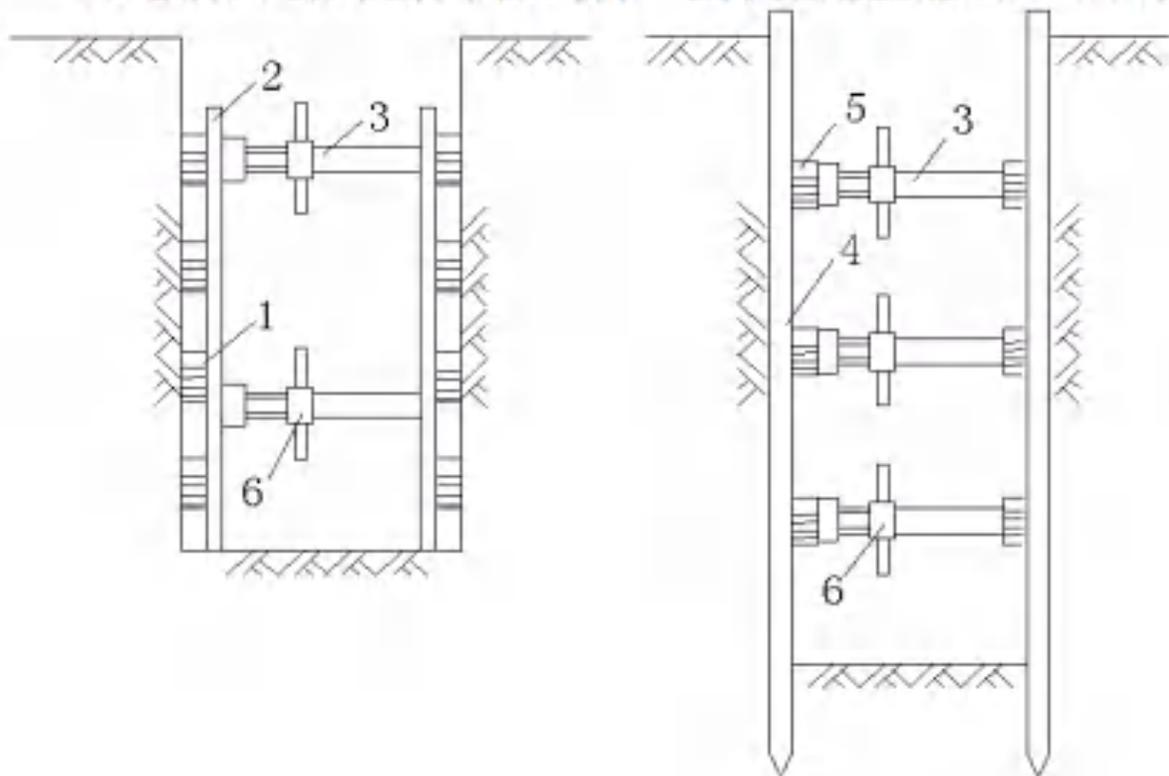


旋喷桩成型质量

1.2 沟槽开挖及支护

1、沟槽支护

- (1) 在市政管道工程施工中，常用的沟槽支撑有横撑、竖撑和板桩撑3种形式。
- (2) 横撑由撑板、立柱和撑杠组成。可分成疏撑和密撑2种。疏撑的撑板之间有间距；密撑的各撑板间则密接铺设。
- (3) 疏撑又叫断续式支撑，如图a)所示，适用于土质较好、地下水含量较小的粘性土且挖土深度小于3m的沟槽。
- (4) 密撑又叫连续式支撑，如图b)所示，适用于土质较差且挖深在3~5m的沟槽。



a) 断续式水平支撑

1-撑板；2-立柱；3-工具式撑杠

b) 断续式竖向支撑

3-工具式撑杠；4-立柱；5-横梁



连续式水泥挡土板支撑

(5) 板桩撑适用于沟槽挖深较大，地下水丰富、有流砂现象或砂性饱和土层以及采用一般支撑不能奏效的情况。目前常用的钢板桩有槽钢、工字钢或特制的钢板桩，其断面形式如图所示。钢板桩的桩板间一般采用啮口连接，以提高板桩撑的整体性和水密性。钢板桩适用于砂土、粘性土、碎石类土层，开挖深度可达10m以上。钢板桩可不设横梁和支撑，但如入土深度不足，仍需要辅以横梁和撑杠。

(6) 从一角开始逐块插打，每块钢板桩自起打到结束中途不停顿。打法简便、快速，但单块打入易向一边倾斜，累计误差不易纠正，壁面平直度也较难控制。仅在桩长<10m、工程要求不高时采用。又称单独打入法。

(7) 支设支撑的注意事项：支撑应随沟槽的开挖及时支设，雨季施工不得空槽过夜；槽壁要平整，撑板要均匀地紧贴于槽壁；撑板、立柱、撑杠必须相互贴紧、固定牢固；施工中尽量不倒撑或少倒撑；糟朽、劈裂的木料不得作为支撑材料。

(8) 支撑的拆除：沟槽内工作全部完成后，应将支撑拆除。拆除时必须注意安全，边回填土边拆除。拆除支撑前应检查槽壁及沟槽两侧地面有无裂缝，建筑物、构筑物有无沉降，支撑有无位移、松动等情况，应准确判断拆除支撑可能产生的后果。

(9) 拆除横撑时，先松动最下一层的撑杠，抽出最下一层撑板，然后回填土，回填完后再拆除上一层撑板，依次将撑板全部拆除，最后将立柱拔出。竖撑拆除时，先回填土至最下层撑杠底面，松动最下一层的撑杠，拆除最下一层的横梁，然后回填土。回填至上一层撑杠底面时，再拆出上一层的撑杠和横梁，依次将撑杠和横梁全部拆除后，最后用吊车或导链拔出撑板。板桩撑的拆除与竖撑基本相同。



钢板桩入土



U型板桩的相互连接



无锚板桩单独打入法U型板桩的相互连接

2、沟槽开挖

- 1、在路基填筑完成后，路面未施工前，及时进行雨水工程的施工，开挖沟槽时，应合理确定开挖顺序、路线及开挖深度，然后分段开挖，开挖边坡应符合有关规范规定，直槽开挖必须加支撑，管沟开挖前要将所有障碍物清理干净，放出开挖的边线。沟槽底预留20-30cm厚度暂不开挖，待基坑验收后，采用人工整平，严禁超挖。
- 2、挖土应自上而下、水平分段分层进行，每层30cm左右，边挖边检查宽度及坡度，不够时及时修整，至设计标高后再统一进行一次修坡清底，检查坑底宽及标高，要求坑底凹凸不超过1.5cm。弃土应及时外运，在沟槽边缘上侧临时堆土或堆放材料以及移动施工机械时，应与沟槽边缘保持1m以上距离，以保证边坡稳定。挖土期间沟槽边严禁进行大量堆载，地面堆载数量绝对不允许超过设计支护结构时采用的地面超载值。
- 3、管沟挖完后应进行验槽，作好记录。管沟挖好后不能马上回填，因此必须采取一定的防护措施并派专人看护，以保证安全。
- 4、挖土沟槽两侧应设路障等明显标志，夜间应设红灯，以防止行人或车辆造成事故，并设法保护与沟槽相交的电杆、标桩及其它管道、构筑物。
- 5、在软土地区开挖基槽或管沟时，施工时必须做好地面排水和降低地下水位工作，地下水位应降至基底以下0.5~1.0m后时，方可开挖。降水工作应持续到回填完毕。相邻管沟开挖时，应遵循先深后浅或同时进行的施工顺序，并应及时做好基础，尽量防止对基底土的扰动。
- 6、管沟的开挖过程中，应经常检查管沟壁的稳定情况并及时安装管道。作好原始记录及绘制断面图。如发现基底土质与设计不符时，需经有关人员研究处理，并做隐蔽工程记录。
- 7、采用机械挖槽时，应向机械司机详细交底，其内容包括挖槽断面、堆土位置、现有地下构筑物情况和施工要求等，由专人指挥，并配备一定的测量人员随时进行测量，防止超挖或欠挖，当沟槽较深时，应分层开挖，分层厚度由机械性能确定。



场地平整



放开挖线

确定好开挖深度、断面尺寸、
坡度、平面布置和槽底标高

人工清底



基坑验槽

1.3 地基处理（详第一章1.3节）

1.4 沟槽回填

1、管道铺设完毕后并经检验合格后应及时回填沟槽，回填前应符合下列规定：

- (1) 预制钢筋混凝土管道的现浇基础砼强度、水泥砂浆接口的水泥砂浆强度不应小于5MPa；
- (2) 检查井井室、雨水口及其他构筑物的现浇砼强度或砌体水泥砂浆强度达到设计要求；
- (3) 回填时采取防止管道发生位移或损伤的措施；
- (4) 化学建材管道或大于900mm的钢管、球墨铸铁管的柔性管道在回填沟槽前，应采取措施控制管道的竖向变形；
- (5) 雨期应采取防止管道漂浮；
- (6) 回填的压实遍数、压实度要求、压实工具、虚铺厚度和含水量，应经现场试验确定。

2、管道沟槽回填前将沟槽内砖、石、木块等杂物清除干净，且沟槽内不得有积水，不得带水回填。

3、井室、雨水口及其他附属构筑物周围回填与管道沟槽同时进行，不便同时进行时留台阶形接茬，回填压实时应沿井室中心对称进行，且不得漏夯；路面范围内的井室周围，应采用石灰土、砂、砂砾等材料回填，其回填宽度不宜小于400mm，严禁在槽壁取土回填。

4、(1) 覆土时应注意管子顶部密实度，覆土应两侧对称分层夯实，对于机械碾压不到部位采用蛙式打夯机结合人工进行夯实；

(2) 人工打夯前应将填土初步整平，打夯要按一定方向进行，一夯压半夯，夯夯相连，行行相连，分层夯打。用小型机具进行夯实时，一般填土厚度不大于25cm，打夯之前对填土平整，依次夯打，均匀分布，不留间隙；

(3) 在夯填过程中，应对每层回填土的质量进行检验，采用环刀法取样测定土的干密度和密实度，当符合设计要求后，再进行上层填筑；

(4) 管道施工完毕并达到一定强度后，及时分段进行闭水试验，合格后立即清底回填，防止暴露时间过长或遇水浸泡。为确保回填时的填土质量，通过预埋的盲沟抽水，以保证填土不被水浸；

(5) 采用土回填时，槽底至管顶以上500mm范围内，土中不得含有机物、冻土以及大于50mm的砖、石等硬块；在抹带接口处、防腐绝缘层或电缆周围，应采用细粒土回填；应采用轻型压实机具，管道两侧压实面的高差不应超过300mm；

(6) 采用重型压实机械压实或较重车辆在回填土上行驶时，管道顶部以上应在一定厚度的压实回填土，其最小厚度应按压实机械的规格和管道的设计承载力，通过计算确定。

每层回填土的虚铺厚度

压实机具	虚铺厚度 (mm)
木夯、铁夯	≤200
轻型压实设备	200~250
压路机	200~300
振动压路机	≤400

5、刚性管道的沟槽回填

- (1) 回填压实应逐层进行，且不得损伤管道；
- (2) 管道两侧和管顶以上500mm范围内胸腔夯实，采用轻型压实机具，管道两侧压实面的高差不应超过500mm；
- (3) 管道基础为土弧基础时，先填实管道支撑角范围内腋角部位；压实时，管道两侧对称进行，且不得使管道位移或损伤；
- (4) 同一沟槽中有双排或多排管道的基础底面位于同一高程时，管道之间的回填压实与管道与槽壁之间的回填压实对称进行；
- (5) 同一沟槽中有双排或多排管道的基础底面的高程不同时，先回填基础较低的沟槽；回填至较高基础底面高程后，再按前款规定回填；
- (6) 分段回填压实时，相邻段的接茬应呈台阶形，且不得漏夯；
- (7) 采用轻型压实设备时，做到夯夯相连；采用压路机，碾压的重叠宽度不得小于200mm；
- (8) 采用压路机、振动压路机等压实机械压实时，其行驶速度不得超过2km/h；
- (9) 接口工作坑回填时底部凹坑先回填压实至管底，然后与沟槽同步回填。

6、柔性管道的沟槽回填

- (1) 回填前检查管道有无损伤或变形，有损伤的管道应修复或更换；
- (2) 管内径大于800mm的柔性管道，回填施工时在管内设有竖向支撑；
- (3) 管基有效支撑角范围内采用中粗砂填充密实，与管壁紧密接触，不得用土或其他材料填充；
- (4) 管道半径以下回填时采取防止管道上浮、位移的措施；
- (5) 管道回填时间宜在一昼夜中气温最低时段，从管道两侧同时回填，同时夯实；
- (6) 沟槽回填从管底基础部位开始到管顶以上500mm范围内，必须采用人工回填；管顶500mm以上部位，可用机械从管道轴线两侧同时夯实；每层回填高度应不大于200mm。
- (7) 管道位于车行道下，铺设后即修筑路面或管道位于软土地层以及低洼、沼泽、地下水位高地段时，沟槽回填时先用中、粗砂将管底腋角部位填充密实后，再用中、粗砂回填到管顶以上500mm。



小型机具压实



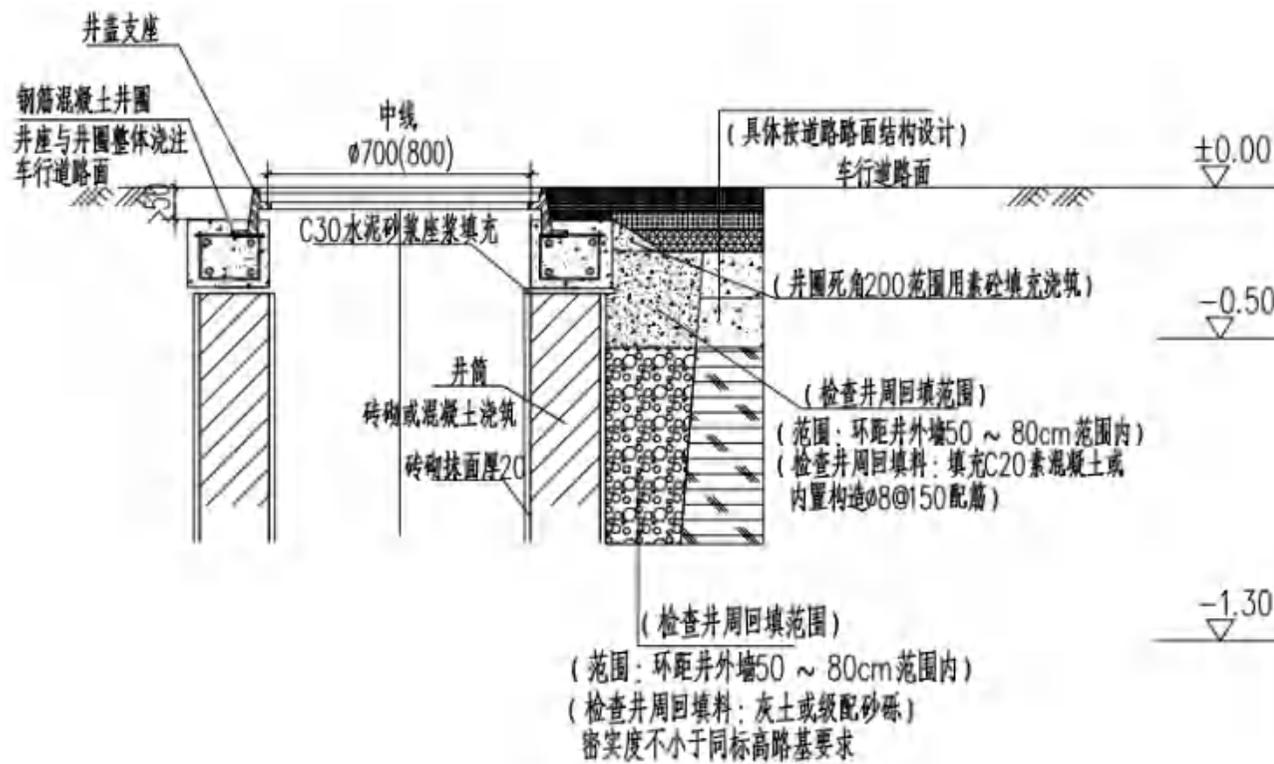
水夯



长臂平板夯压实

1.5 井周回填

- 1、井周回填作业时，派专人指挥，防止机械设备破坏检查井；
- 2、井周按设计要求随路基分层填筑进行反开挖回填，回填料选择砂砾石、优质黏土，最大粒径不超过5cm。
- 3、井周应采用人工分层回填夯实，每层填筑厚度不超过20cm；
- 4、检查井沟槽回填前应清理所有材料、垃圾，排除积水。
- 5、路基回填时，大型机械设备施工，井周回填不密实，对井周采用人工反开挖整平压实。



车道下检查井周回填大样图



现场反开挖，回填级配砂砾



井周碾压采用手扶式压路机

标尺层控回填亮点



压实度检测标准

回填土的压实遍数，按回土的要求压实度、采用的工具、回填土虚铺厚度和含水量经现场试验确定。

表 4.6.3-1 刚性管道沟槽回填土压实度

序号	项 目		最低压实度 (%)		检查数量		检查方法
			重型击实标准	轻型击实标准	范围	点数	
1	石灰土类垫层		93	95	100m		用环刀法检查或采用现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 中其他方法
2	沟槽在路基范围内	胸腔部分	87	90	两井之间或1000m ²	每层每一组(每组3点)	
		管侧	87	90			
		管顶以上500mm	87±2(轻型)				
		其余部分	≥90(轻型)或按设计要求				
		农田或绿地范围表层500mm范围内	不宜压实,预留沉降量,表面整平				

续表 4.6.3-1

序号	项 目		最低压实度 (%)		检查数量		检查方法	
			重型击实标准	轻型击实标准	范围	点数		
3	沟槽在路基范围内	由路槽底算起的深度范围 (mm)	胸腔部分	管侧	87	90	两井之间或1000m ²	每层每一组(每组3点)
				管顶以上250mm	87±2(轻型)			
			≤800	快速路及主干路	95	98		
				次干路	93	95		
				支路	90	92		
			800~1500	快速路及主干路	93	95		
				次干路	90	92		
				支路	87	90		
			>1500	快速路及主干路	87	90		
				次干路	87	90		
支路	87	90						

注：表中重型击实标准的压实度和轻型击实标准的压实度，分别以相应的标准击实试验法求得的最大干密度为100%。

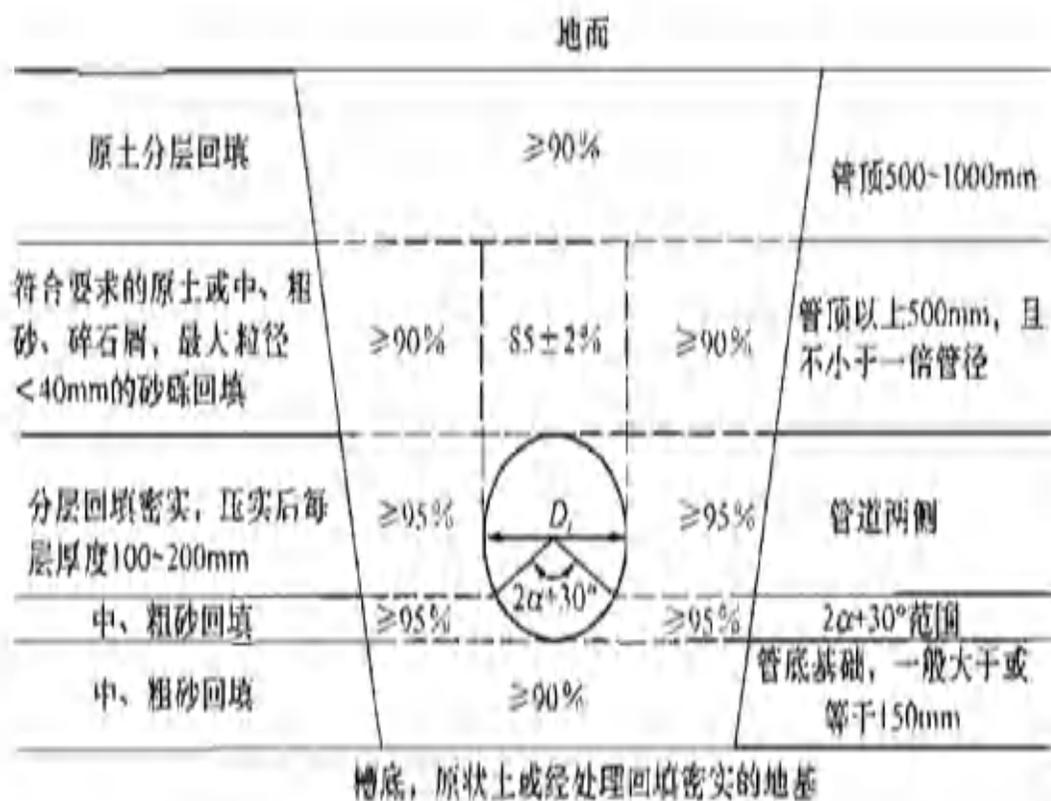


图 4.6.3 柔性管道沟槽回填部位与压实度示意图

表 4.6.3-2 柔性管道沟槽回填土压实度

槽内部位	压实度 (%)	回填材料	检查数量		检查方法
			范围	点数	
管道基础	管底基础 ≥ 90	中、粗砂	—	—	用环刀法检查或采用现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 中其他方法
	管道有效支撑角范围 ≥ 95		每 100m	—	
管道两侧	≥ 95	中、粗砂、碎石屑，最大粒径小于40mm的砂砾或符合要求的原土	两井之间或每 1000m ²	每层每侧一组 (每组 3点)	
管顶以上 500mm	管道两侧 ≥ 90				
	管道上部 85 ± 2				
管顶 500~1000mm	≥ 90	原土回填			

注：回填土的压实度，除设计要求用重型击实标准外，其他皆以轻型击实标准试验获得最大干密度为 100%。



地基承载力试验



砂垫层平整度控制



波纹管管片拼装



螺栓拧紧力矩全数检查



防腐涂料喷涂均匀



管道回填料用小型机具压实

2 开槽施工管道主体结构

2.1 管道基础

- 1、在沟槽开挖完成，经验收合格后，即可进行垫层施工，经验收后，浇筑平基混凝土，待混凝土强度达到要求后进行安管，然后进行护管混凝土浇筑。
- 2、根据管位的平面位置，恢复中线，测出边桩高程，由此控制其厚度，宽度及标高。
- 3、混凝土应随拌随用，不得使用超过初凝时间的拌和料，混凝土浇筑前应按一定的厚度，一定的次序，顺着一个方向浇筑前进，不得无层次的各处乱倒，混凝土在浇筑中，浇筑入仓的混凝土不得任意加水。
- 4、管座混凝土靠插入式振动棒来完成，操作时快插慢拔，直上直下，管道两侧同时振捣；振捣时人工要及时进行找补，确保混凝土厚薄一致。浇筑混凝土时，操作者不要踏在钢筋上，靠近模板的捣实工作，应格外注意，在浇筑工作的交接班时，应由交班工人负责将已浇筑进入仓的混凝土全部振捣完毕之后，方可离开岗位，不得留待接班人员来振捣。
- 5、养护应在表面混凝土初凝后方可开始，在炎热和干燥的天气中，应在浇筑后2-3小时内加盖和开始洒水以保持湿润。养护时间视气候温度而定，一般不少于14天，当气温低于5℃时，不得洒水养护，应做好保温措施以防混凝土受冻。

施工方法		开槽法施工					顶进法施工			
管口形式		平口管、企口管		企口管	承插口管	双插口管	钢承口管	企口管		
接口形式	钢丝网水泥砂浆抹带接口	现浇混凝土套环接口		橡胶圈	刚性填料	橡胶圈	橡胶圈	橡胶圈		
		整体混凝土	加止水带							
接口类型	柔性接口	-	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	
	刚性接口	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	
基础形式	混凝土基础	✓	✓	-	✓	-	-	-		
	砂石(土质)基础	-	-	✓	-	✓	✓	✓		

混凝土管接口及基础选用表



平基装模



浇筑平基混凝土



平基拆模效果



平基拆模效果-2

2.2 钢筋混凝土管平基法

1、雨水管道覆土1~6米，采用I级钢筋混凝土管；管道覆土6~7.5米，采用II级钢筋混凝土管；管道覆土为0.7~1米、7.5~9.0米，采用III级钢筋混凝土管；当管顶覆土大于9米或小于0.7米时，采用360°混凝土基础，满包混凝土加固。管道横穿箱涵底下段及覆土小于0.7m时，采用混凝土满包，厚度20cm。

2、浇筑混凝土平基：在验槽合格后应及时浇筑平基混凝土。平基混凝土的高程不得高于设计高程，低于设计高程不超过10mm，并对平基混凝土覆盖养生。

3、下管：平基砼强度达到5MPa以上时，方可下管。大直径管道采用吊车下管，小直径管道可采用人工下管。

4、安管：安管的对口间隙，直径大于等于700mm时为10mm左右，直径小于700mm时可不留间隙。

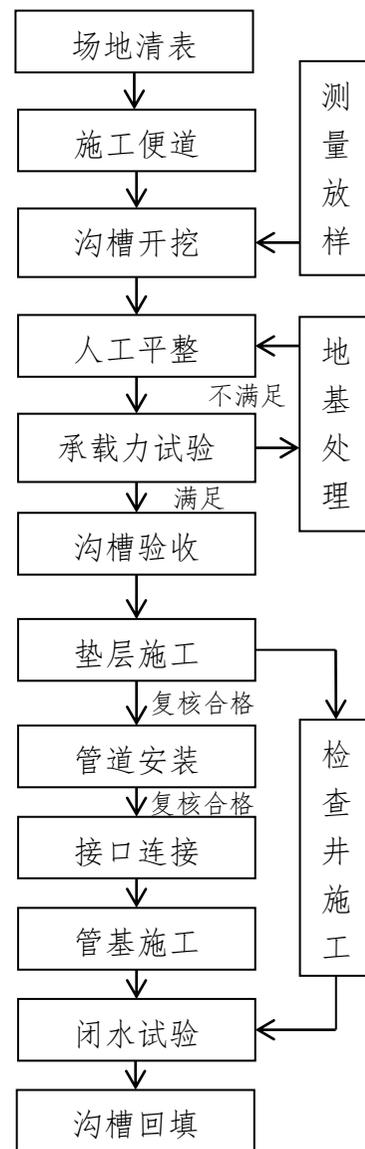
5、浇筑管座砼：平基应凿毛冲洗干净，平基与管子接触的三角部位，应用与管座混凝土同强度等级砼填捣密实，浇筑管座砼时，应两侧同时进行，以防管子偏移。管座类型及支承角参照设计图纸及06MS201。

6、接口抹带：

(1) 水泥砂浆抹带：抹带及接口均用1:2.5水泥砂浆，抹带前将管口及管外皮抹带处洗刷干净。直径小于等于1000mm，带宽120mm，带厚均为30mm；直径大于1000mm，应采用钢丝网水泥砂浆抹带。抹带分两层做，第一层砂浆厚度约为带厚的1/3，并压实使管壁粘接牢固，在表面划成线槽，以利于与第二层结合。待第一层初凝后抹第二层，用弧形抹子捋压成形，初凝前再用抹子赶光压实。抹带完成后，立即用平软材料覆盖，3~4h后洒水养护；

(2) 钢丝网水泥砂浆抹带：直径小于等于1000mm，带宽200mm，带厚25mm，钢丝网宽度180mm；直径大于1000mm，带宽250mm，带厚35mm，钢丝网宽度220mm，插入管座深为100~150mm。抹带亦采用1:2.5水泥砂浆，抹带前将管口抹带宽度范围内管外壁凿毛、刷净、润湿。抹带前先刷一道水泥浆，在带的两侧安装好弧形边模，抹第一层砂浆厚约15mm，紧接着将管座内的钢丝网兜起，紧贴底层砂浆，上部搭接处用20号镀锌钢丝绑牢，钢丝网头应塞入网内使网表面平整。第一层水泥砂浆初凝后再抹第二层水泥砂浆，初凝前赶光压实，并及时养护。抹带完成后，一般4~6h后可拆模；

(3) 橡胶圈接口：弹性密封橡胶圈的外观应光滑平整不得有气孔、裂缝、卷褶、破损、重皮等缺陷。钢筋砼管道安装时，承口内工作面、承口外工作面应清洗干净；套在插口上的圆形橡胶圈应平直、无扭曲。安装时，橡胶圈应均匀滚动到位，放松外力后回弹不得大于10mm，就位后应再承插口工作面上。



平基法施工工艺流程图

过程演示



在平基上弹放管道中线，复核平基面标高



吊车排管，套牢橡胶圈，对线校正，垫稳管身，复核流水位高程



调整管口纵向间隙，接口处管外壁凿毛、接浆，1:3水泥砂浆填缝抹实



抹第一层1:2.5水泥砂浆管带，宽度、厚度按图集施工



支设基础及管座模板，基础宽度应根据管径和管座包角角度按图集选择



护管砼振捣密实，收面压光



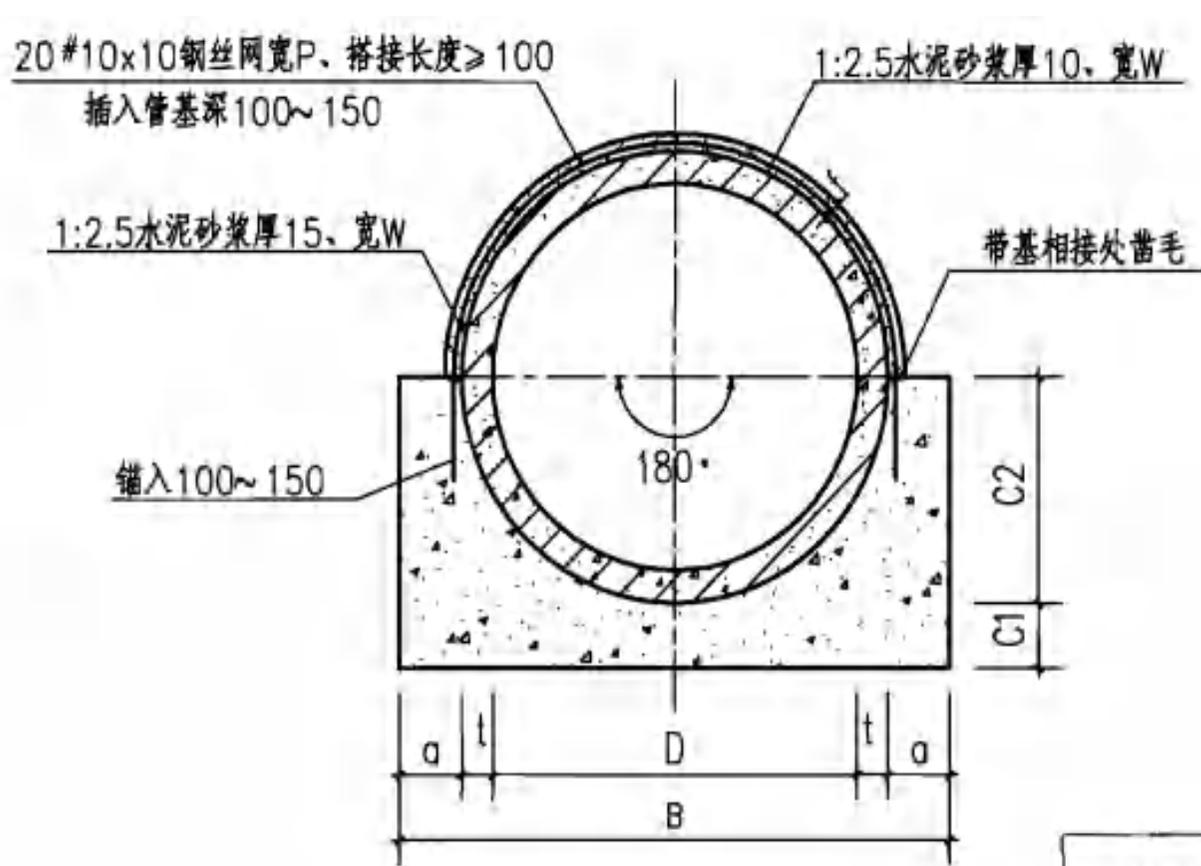
管座混凝土初凝前，抹第二层砂浆管带，及时赶光压实



抹带及管线成型质量

2.2.1 刚性接口

1、平口管、企口管钢丝网水泥砂浆抹带接口



180° 混凝土基础钢丝网水泥砂浆抹带接口断面图

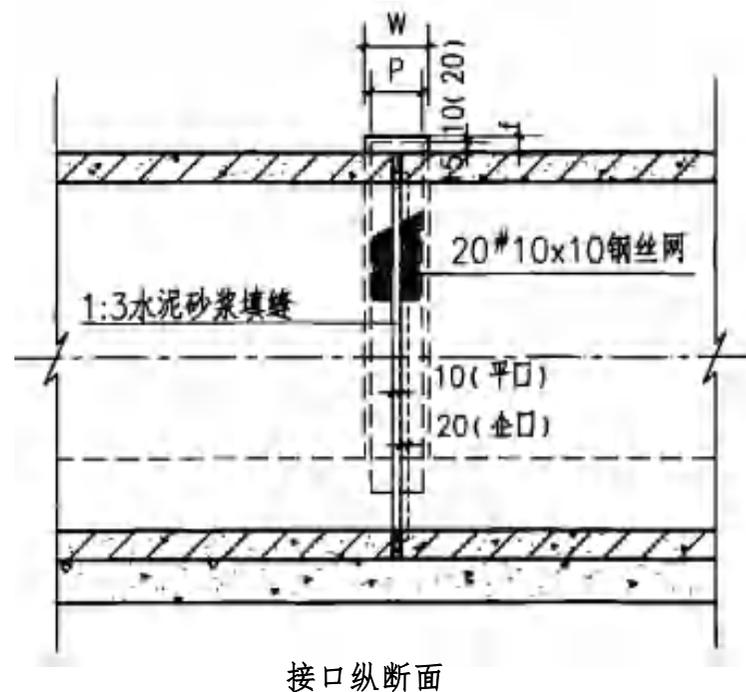
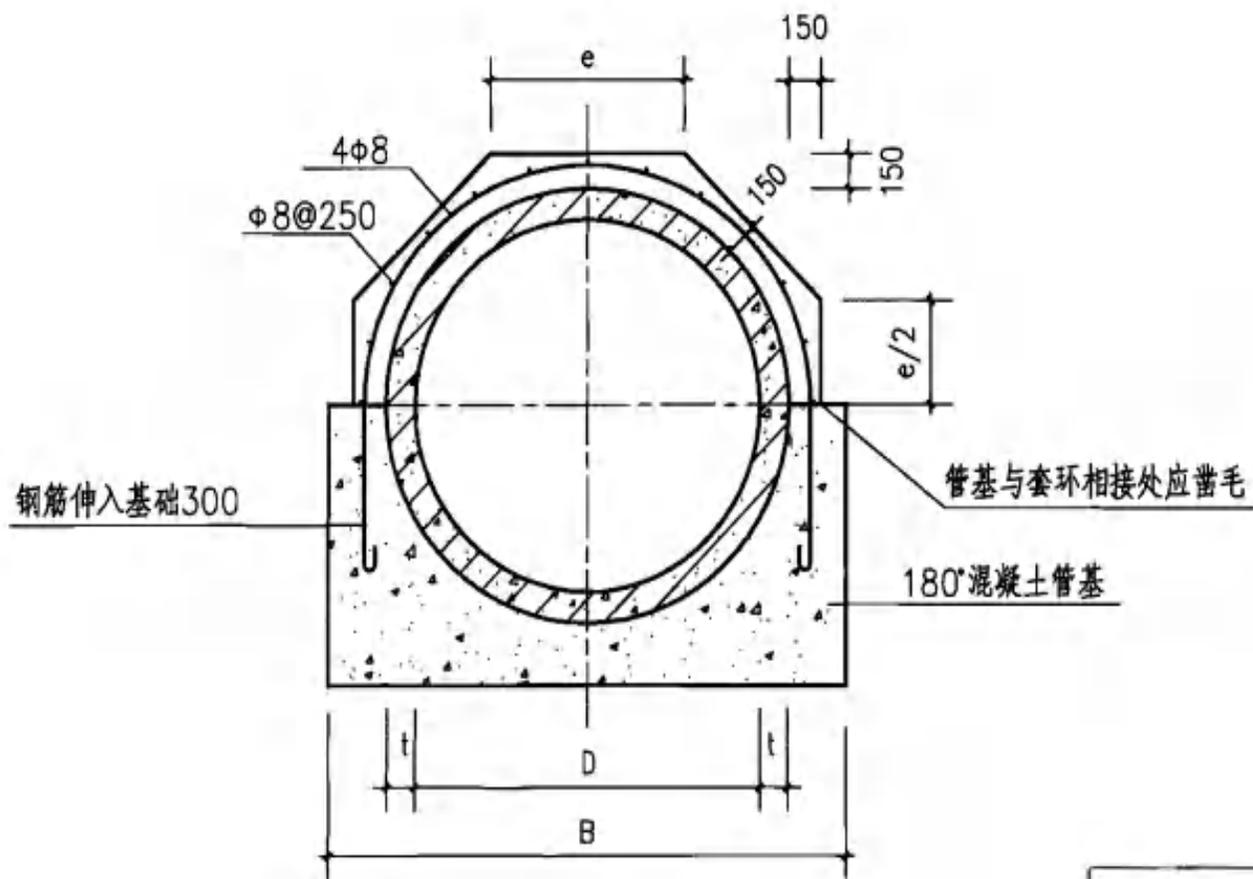


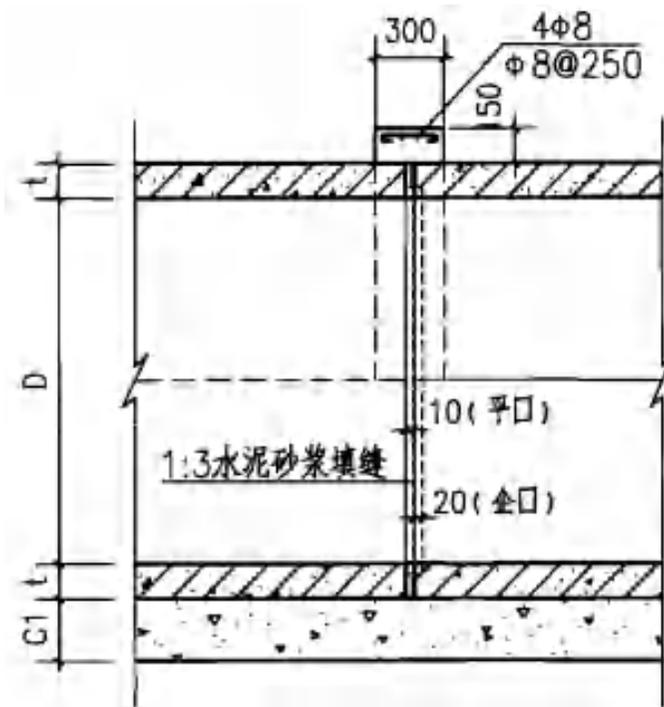
表 5.6.9-1 钢筋混凝土管管口间的纵向间隙

管材种类	接口类型	管内径 D, (mm)	纵向间隙 (mm)
钢筋混凝土管	平口、企口	500~600	1.0~5.0
		≥700	7.0~15
	承插式乙型口	600~3000	5.0~1.5

2、平口管、企口管现浇混凝土套环接口



180° 混凝土基础现浇混凝土套环接口断面图

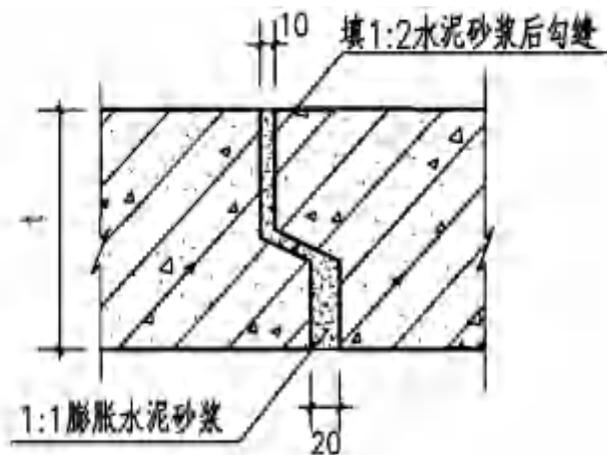


接口纵断面

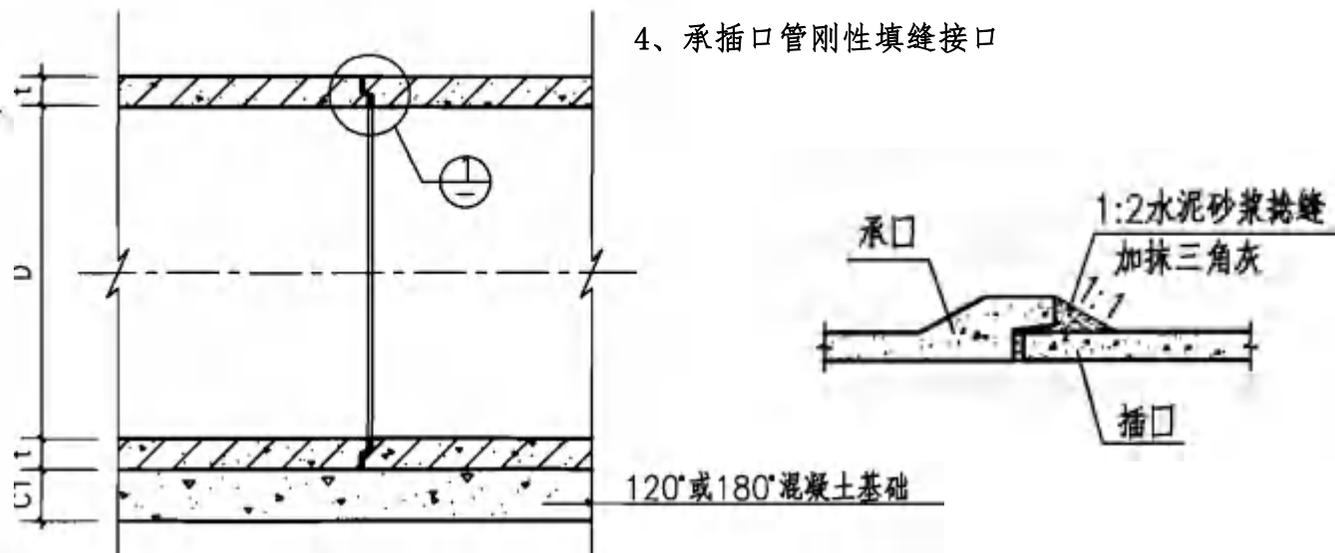
表 5.6.9-1 钢筋混凝土管管口间的纵向间隙

管材种类	接口类型	管内径 D, (mm)	纵向间隙 (mm)
钢筋混凝土管	平口、企口	500~600	1.0~5.0
		≥700	7.0~15
	承插式乙型口	600~3000	5.0~1.5

3、企口管膨胀水泥砂浆接口

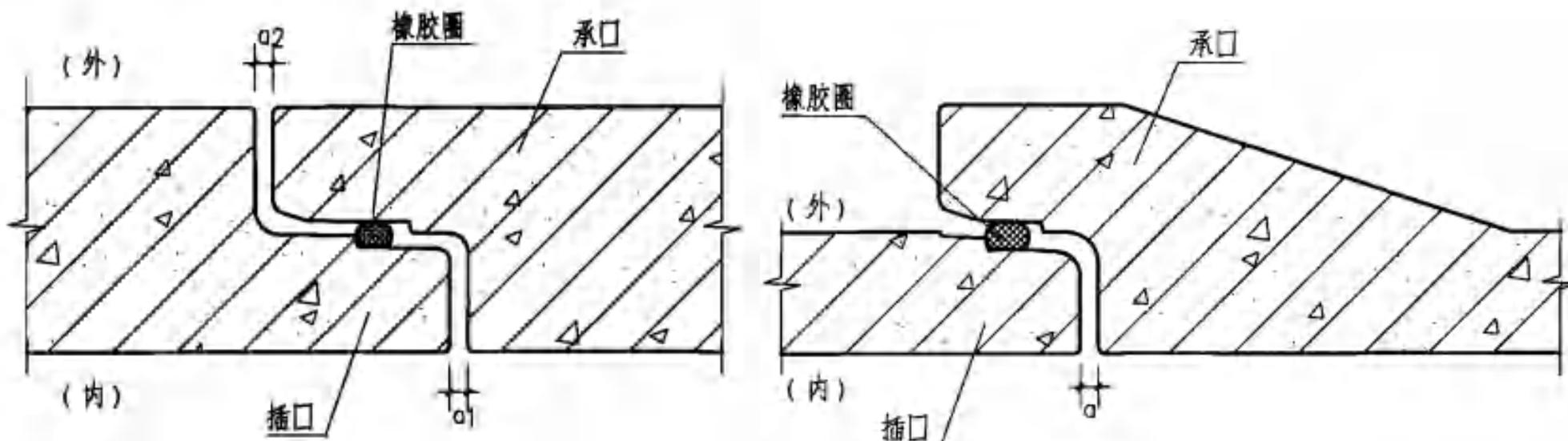


4、承插口管刚性填缝接口

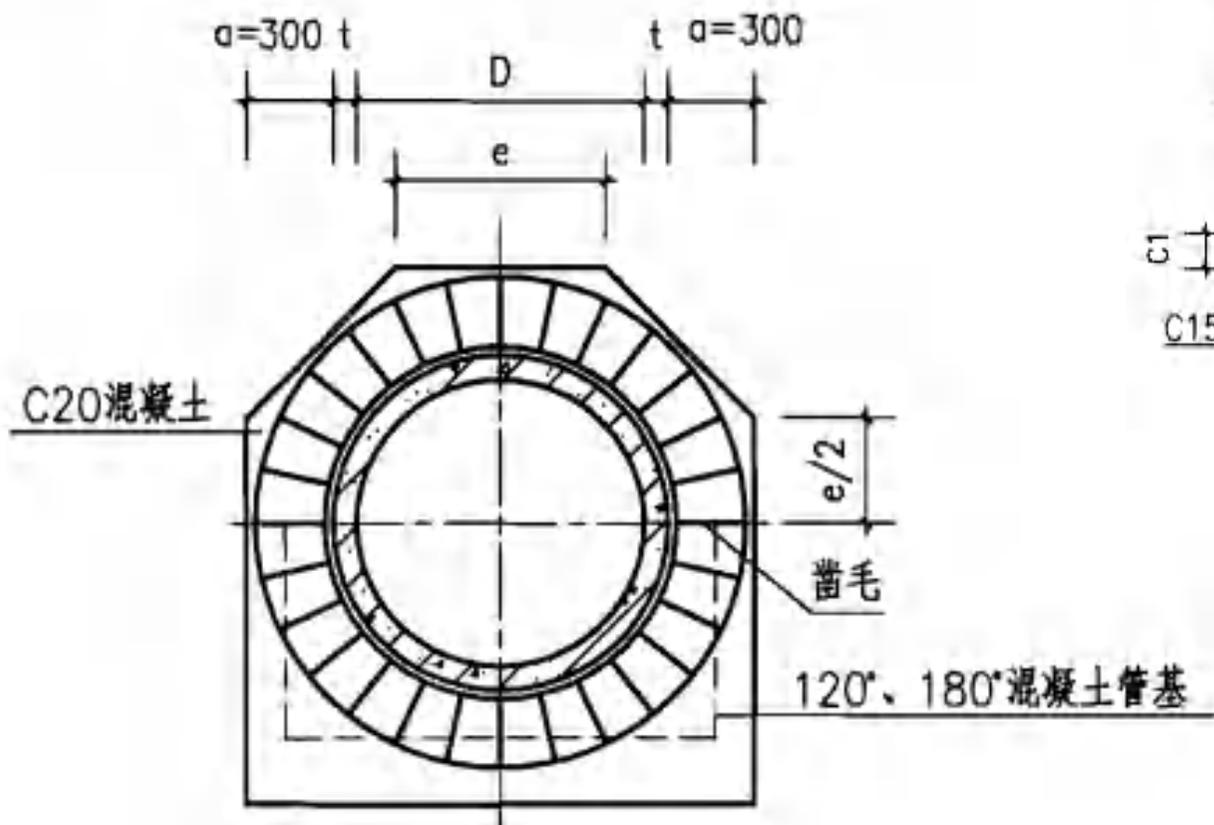


2.2.2 柔性接口

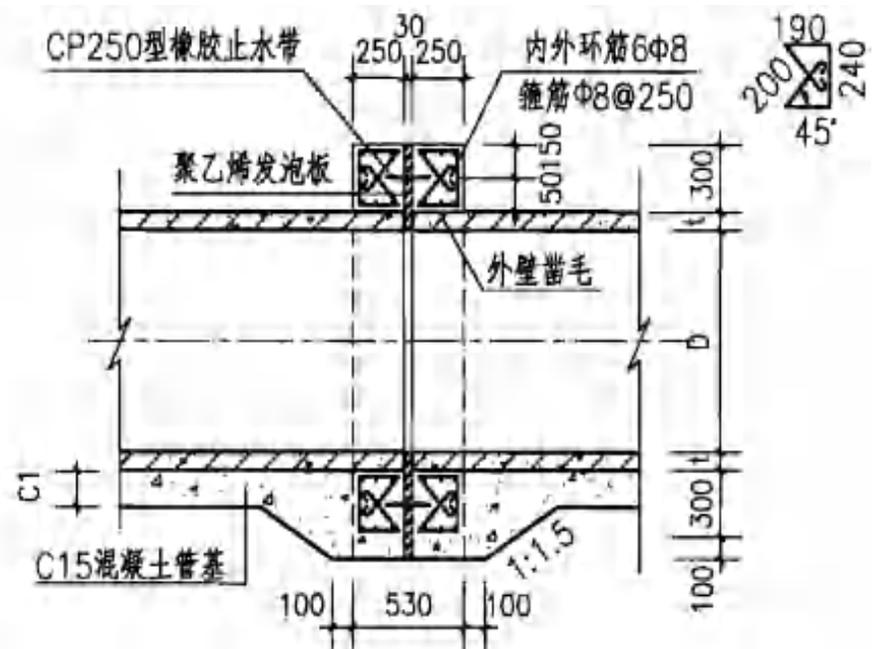
1、企口管、承插口管楔形橡胶圈接口



2、平口管、企口管现浇混凝土套环柔性接口（加止水带）



180° 混凝土基础现浇混凝土套环接口断面图



接口纵断面及现场实例图

效果



抹带覆膜养生



管内平顺无错台



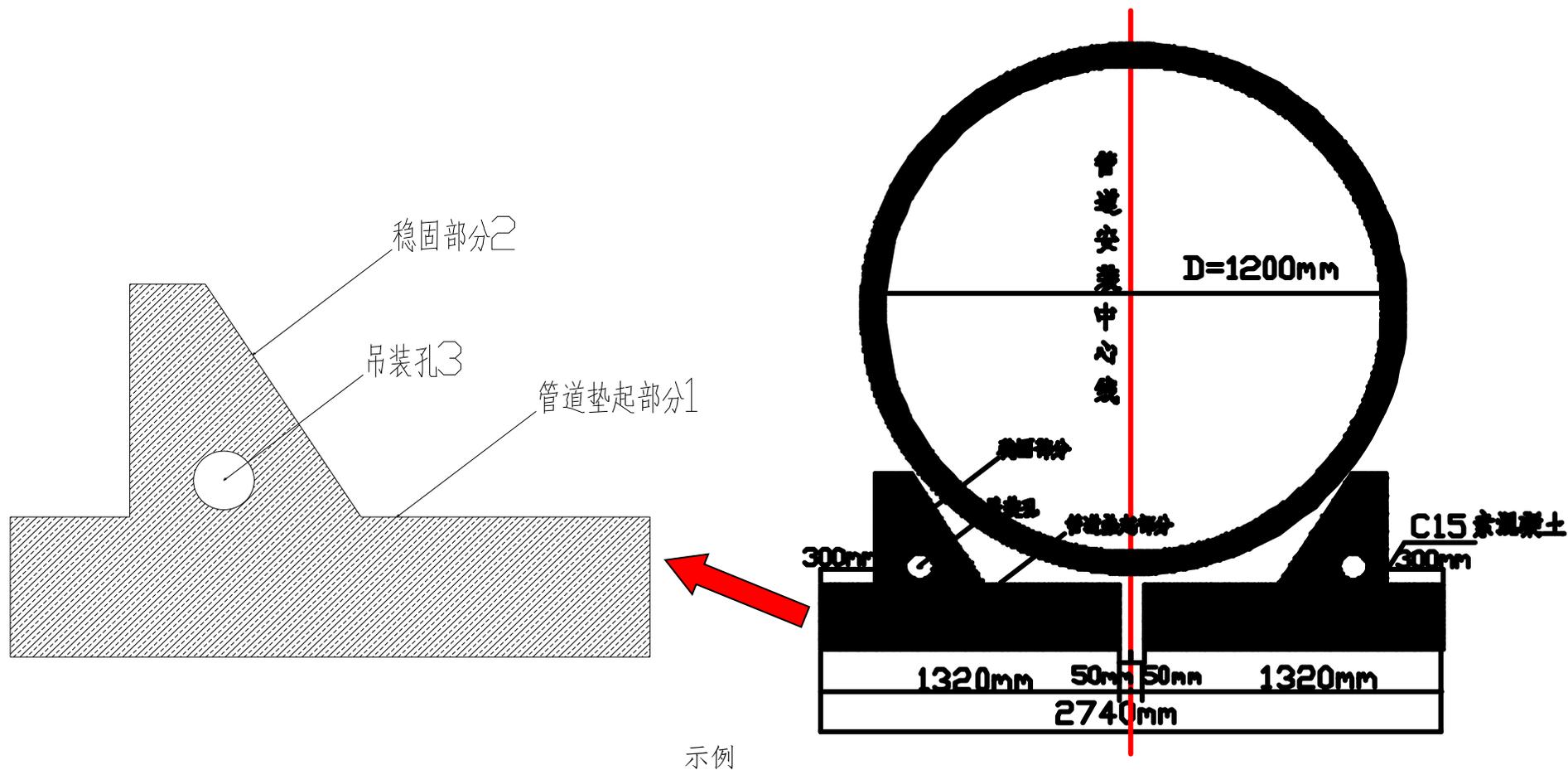
管道线形顺直



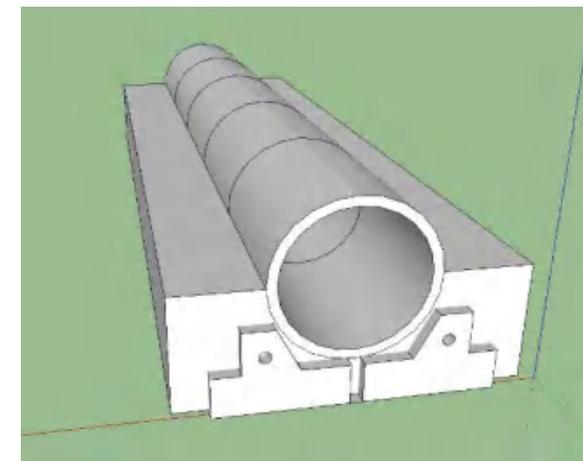
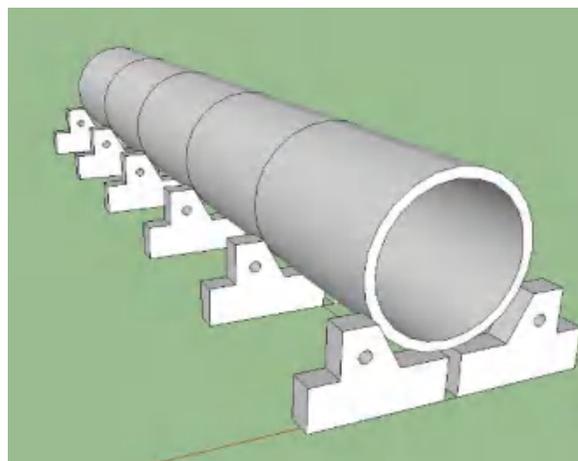
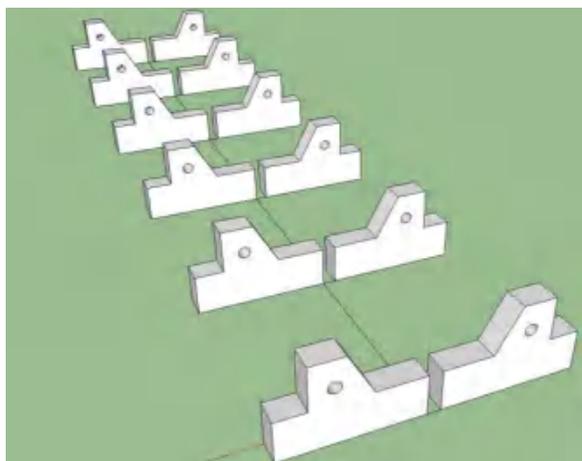
管内砂浆封堵

2.3 钢筋混凝土管四合一法

- 1、“四合一”施工法是将混凝土平基、稳管、管座、抹带4道工序合在一起施工的方法。这种方法施工速度快，管道安装后整体性好，但要求操作技术熟练，适用于管径为500mm以下的管道安装。
- 2、其施工程序为：验槽→支模→下管→排管→四合一施工→养护。
- 3、若采用135°或180°管座基础，模板宜分两次支设，上部模板待管道铺设合格后再支设。



过程演示



管枕铺底

管道安装

浇筑护管成型

2.4 PP-HM排水管

1、管道基础：

(1) PP-HM排水管道基础中的接口、连接等部位的凹槽，宜在铺设管道时随铺随挖，凹槽长度L按管径大小采用，宜为40~60cm，凹槽深度h宜为5~10cm，凹槽的宽度B宜为管径的1.1倍。接口施工完成后，凹槽应随即用中粗砂回填，回填应达到设计要求的密实度。

(2) 地基处理：在管底以下原状土地基或者回填夯实的地基上铺设一层厚度不小于200mm的中粗砂基础层。做法详《埋地聚乙烯排水管道工程技术规程》CECS 164:2004。当位于洪堤保护圈范围内管道基础应满足防洪抗渗要求：管道垫层基础采用优质粘土，压实度不低于0.95，防渗系数小于10⁻⁵cm/s。

2、管道铺设：

(1) 采用人工方式下管时，应使用带状非金属绳索平稳溜管入槽，不得将管材由槽顶滚入槽内；采用机械方式下管时，吊装绳应使用带状非金属绳索，吊装时不应少于两个吊点，不得串心吊装，下沟应平稳，不得与沟壁、槽底撞击。

(2) 管道安装时应将插口顺水流方向，承口逆水流方向；安装宜由下游往上游依次进行；管道两侧不得采用刚性垫块的稳管措施。

(3) 采用C30素混凝土基础。当管道埋深大于0.7米，小于9米时，采用180°素混凝土基础。当管道埋深大于9米，小于0.7米时，采用360°素混凝土基础。雨水连管：考虑到管道埋深较浅，为保证道路结构层密实度要求，采用C30素混凝土包封处理。管道横穿箱涵底下段及覆土小于0.7米时，采用混凝土满包，厚度为20cm。

3、管道连接：

(1) 小于1200mm宜采用密封圈承插连接；大于等于1200mm管材宜采用电热熔承插连接或电热熔承插连接与热熔挤出焊接组合连接。

(2) PP-HM排水管采用密封圈承插连接时，宜采用双胶圈连接。

(3) 橡胶圈接口连接

① 弹性密封橡胶圈的外观应光滑平整不得有气孔、裂缝、卷褶、破损、重皮等缺陷。

② 连接前，先检查橡胶圈与管材配套、完好，确认橡胶圈安放槽口的位置及插口应插入承口的深度，插口端部与承口底部间应留出的伸缩间隙，伸缩间隙的尺寸应由管材供应商提供，管材供应商无明确要求的宜为10mm。确认插入深度后应在插口外壁做出插入深度标记；

③ 连接时，应先将承口内壁及橡胶圈清理干净，并在承口内壁及插口橡胶圈上均匀涂抹润滑剂，然后将承插口断面的中心轴线对正；

④ 公称直径≤400mm的管道，可采用人工直接插入；公称直径大于400mm的管道，应采用机械安装，可采用2台专用

工具将管材拉动就位，接口合拢时，管材两侧专用工具应同步拉动。橡胶密封圈安装应正确就位，不得扭曲和脱落；

⑤ 接口合拢后，应用钢尺顺接口间隙沿圆周检查橡胶密封圈是否就位正确，确保连接的管道轴线保持平直。

(4) 电热熔承插连接

① 应将连接部位擦拭干净，在插口端划出插入深度标线。② 当管材不圆度影响安装时，采用整圆工具进行整圆。

③ 应将插口端插入承口内，至插入深度标线位置，并检查尺寸配合情况。④ 通电前，应校直两对应的连接件，使其在同一轴线上，并应采用专用的固定接口部位。⑤ 焊接参数应符合生产厂家提供的参数。⑥ 电熔连接冷却期间，不得移动连接件或在连接件上施加任何外力。

(5) 电热熔承插连接与热熔挤出焊接组合连接

① 电热熔承插连接完成后，应待连接件完全冷却后，方可进行热熔挤出焊接连接。

② 热熔挤出焊接连接时，应沿承口端面与插口接合处、插口端面与承口接合处分别进行焊接。

4、管道与检查井连接

(1) PP-HM排水管道与混凝土或砖砌检查井连接时，宜采用刚性连接。当PP-HM排水管道已敷设到位，在砌筑砖砌检查井井壁时，宜采用现浇混凝土包封插入井壁的管端。混凝土包封的厚度不宜小于100mm，强度等级不得低于C20。

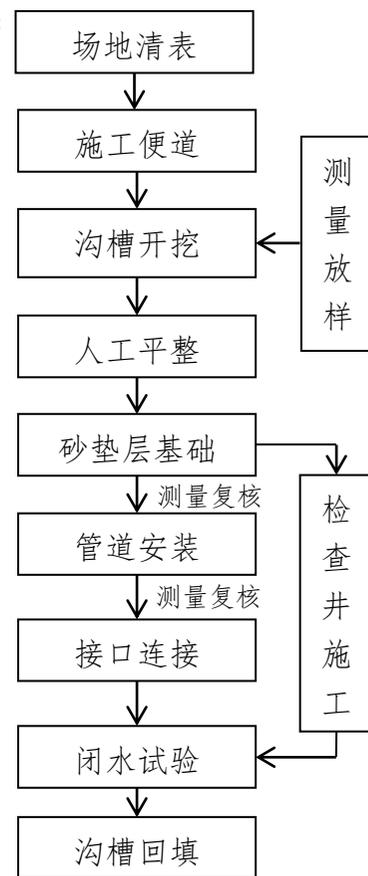
(3) 当PP-HM排水管道未敷设，在砌筑检查井时，应在井壁上按管道轴线标高和管径预留洞口。预留洞口内径不宜小于管材外径加100mm。(4) 连接时用水泥砂浆填实插入管端与洞口之间缝隙。水泥砂浆的强度等级不应低于M10，且砂浆内宜掺入微膨胀剂。砖砌井壁上的预留洞口应沿圆周砌筑砖拱圈。

(5) 在检查井井壁与插入管端的连接处，浇筑混凝土或填实水泥砂浆时管端圆截面不得出现扭曲变形。当管径较大时，施工时可在管端内部设置临时支撑。PP-HM排水管道在下游出口端不宜将承口部分插入与井壁连接。

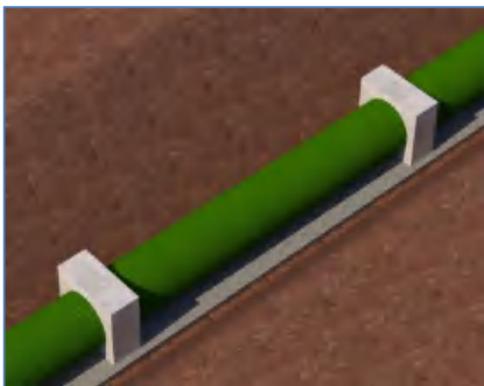
(6) PP-HM排水管道与检查井连接完毕后，必须在管端连接部位的内外井壁做防水层，并符合检查井整体抗渗漏的要求。

(7) 检查井与上下游管道连接段的管底超挖(挖空)部分，在PP-HM管道连接完成后必须立即用砂石回填，支承角按相关设计及规范要求。

5、管道回填：PP-HM排水管道管基设计中心角范围内应采取中粗砂填充密实并应与管壁紧密接触，不得用土或其他材料填充。在密闭性检验前，除接头部位可外露外，管道两侧和管顶以上的回填高度不宜小于0.5m；密闭性检验合格后，应及时回填其余部分。



过程演示



BIM可视化技术交底



测量放样



沟槽开挖



砂垫层



管道柔性接口安装后包封支模



C30素混凝土包封浇筑，防止接口渗漏



沟槽回填

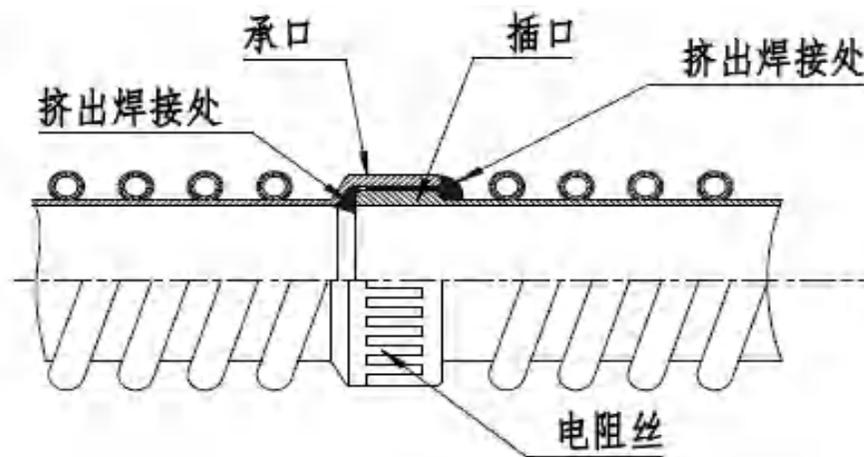


小型机具压实

2.4.1 柔性接口

聚丙烯缠绕管密封圈承插连接

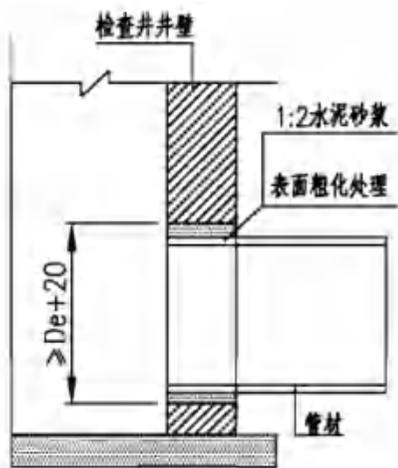
聚丙烯波纹管密封圈承插连接



聚丙烯缠绕管电热熔承插连接

电热熔承插连接与热熔挤出焊接组合连接

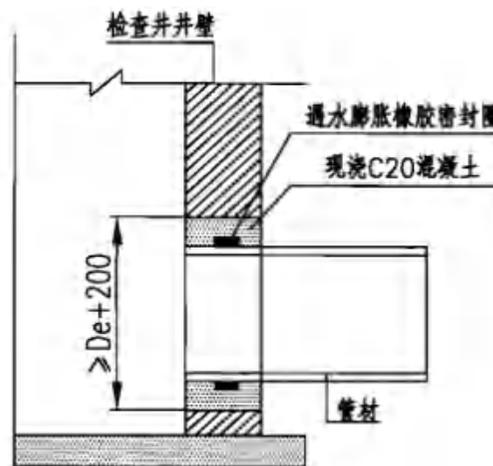
2.4.2 埋地塑料排水管道与混凝土检查井连接



管道与检查井的连接（一）

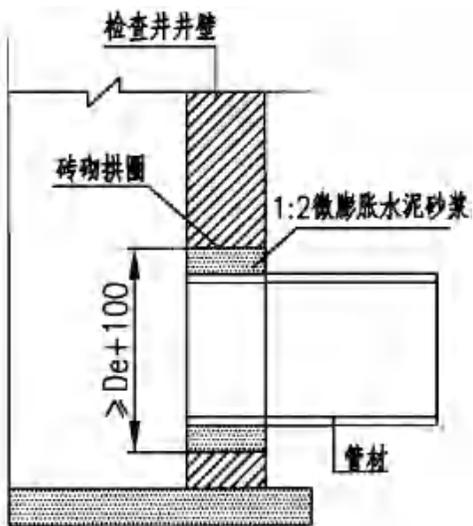
适用于管顶覆土 $H_s \leq 3.0\text{m}$ 的外壁平整的管材。与检查井连接处的管外壁粗化处理工艺如下：

先用毛刷或棉纱将管壁外表面清理干净，然后均匀地涂刷一层胶粘剂，紧接着在上面甩撒一层干燥的石英砂（或清洁粗砂），固化10-20min。



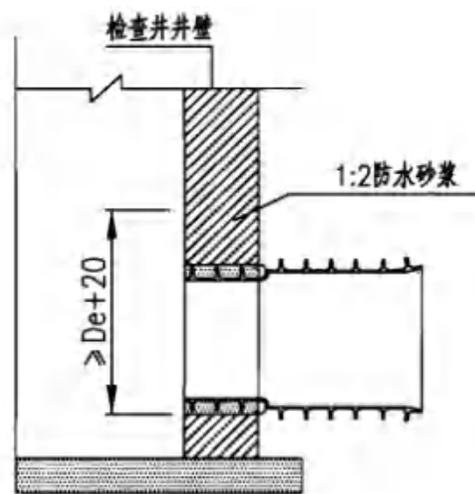
管道与检查井的连接（二）

适用于管顶覆土 $H_s > 3.0\text{m}$ 的外壁平整的管材。当管道敷设到位，砌筑检查井时，对上游管道接入检查井部分采用现浇C20混凝土包封。当管顶以下检查井井壁厚度 $\geq 480\text{mm}$ 时，也可采用内、外井壁用半砖墙砌筑，中间包封C20混凝土的做法。连接处设遇水膨胀橡胶密封圈能提高连接处的密封性能。



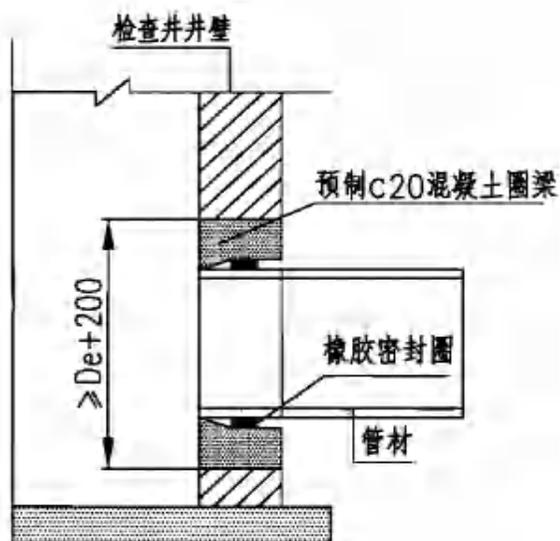
管道与检查井的连接（三）

适用于先砌筑检查井后敷设管道情况。砌井时应在井壁上按管道轴线标高和管径预留洞口并砌筑成砖拱圈。预留洞口内径不宜小于管材外径加100mm。管道敷设到位后，用1:2水泥砂浆填实管端与洞口之间的缝隙，砂浆内宜掺入微膨胀剂。



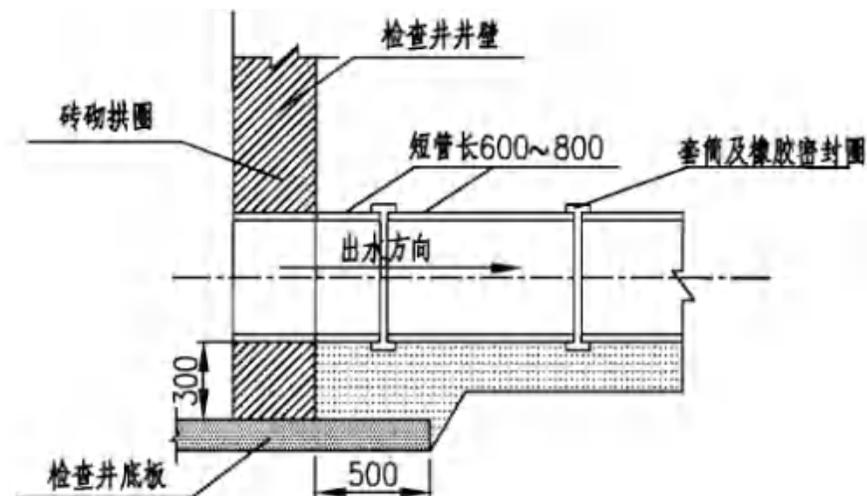
管道与检查井的连接（四）

适用于外壁异型的结构壁管材。检查井与管道连接处应采用1:2防水砂浆，砂浆要饱满，以提高防渗效果。



管道与检查井的连接（五）

管道与检查井采用橡胶密封圈柔性连接的做法。混凝土圈梁应在管道安装前预制好，圈梁的内径按相应管径的承插口管材的承口内径尺寸确定。混凝土圈梁的强度等级应不低于C20，最小壁厚应不小于100mm，长度不小于240mm，混凝土圈梁应密实，内壁要平滑、无鼓包。混凝土圈梁安装时应按管道轴线和标高水泥砂浆砌入井壁内，此时，可将橡胶圈预先套在管插口指定部位与管端一起插入混凝土圈梁内。



管道与检查井的连接（六）

适用于软土（淤泥、淤泥质土等软弱土层）地基或不均匀地层上的柔性连接的塑料管道与检查井的连接方式。连接处采用短管过渡段，过渡段由不少于2节短管柔性连接而成，每节短管长600~800mm，过渡段总长可取1500~2000mm。柔性连接可采用承插式、套筒式等橡胶密封圈接口。过渡段与检查井采用刚性连接。

2.5 HDPE排水管施工

1、管道基础：

(1) HDPE排水管道基础中的接口、连接等部位的凹槽，宜在铺设管道时随铺随挖。凹槽的长度、宽度和深度可按管道接头尺寸确定。在接头完成后应立即用中粗砂回填密实。

(2) 地基处理：管道应采用土弧基础。对一般土质应在管底以下原状土地基或经回填夯实的地基上铺设一层厚度为100mm的中粗砂基础层；当地基土质较差时可采用铺垫厚度不小于200mm的砂砾基础层，也可分二层铺设，下层用粒径为5~32mm的碎石，厚度100~150mm，上层铺中粗砂，厚度不小于50mm。做法详《埋地聚乙烯排水管管道工程技术规程》CECS 164:2004。

2、管道铺设：

(1) 采用承插式接口时宜人工布管且在沟槽内连续；槽深大于3m或管外径大于DN400mm的管道，宜用非金属绳索兜住管节下管，依次平衡地放在砂砾基础管位上。严禁用金绳索勾住两端管口或将管材自槽边翻滚抛入槽中。混合槽或支撑槽，可采用从槽的一端集中下管，在槽底将管材运送到位。承插口管安装，在一般情况下插口插入方面应与水流方向一致，由下游向上游依次安装。调整管材长短时可用手锯切割，断面应垂直平整，不应有损坏。

(2) 采用电熔、热熔接口时，宜在槽边上将管道分段连接后以弹性铺管法移入沟槽；移入沟槽时，管道表面不得有明显的划痕。

(3) 管道安装不得有裂缝、破损；管道铺设平顺、稳固，管底坡度不得出现反坡。

3、管道连接：

(1) 承插式密封圈连接、套筒连接、法兰连接等采用的密封件、套筒件、法兰、紧固件等配套管件，必须由管节生产厂家配套供应；热熔连接、电熔连接、焊接连接应采用专用电器设备、挤出焊接设备和工具进行施工。

(2) 管道连接时必须对连接部位、密封件、套筒等配件清理干净，机械连接用的钢制套筒、法兰、卡箍、螺栓等金属制品应根据现场土质并参照相关标准采取防腐措施。

(3) 承插式密封圈连接宜在环境温度较高时进行，插口端不宜插到承口底部，应留出不小于10mm的伸缩空隙。插入前应在插口端外壁做出插入深度标记；插入完毕后，插入深度和承插口周围空隙均匀，连接的管道轴线平直。

(4) 电熔连接、热熔连接、机械连接应在环境温度较低或接近最低时进行；电、热熔连接时对电热设备的温控、时控，挤出焊接时对焊接设备的操作等，必须严格按接头的技术指标和设备的操作程序进行；接头处应有沿管节圆周平滑对称的外翻边、内翻边应铲平。

(5) 橡胶圈接口连接操作:

- ① 连接前, 应先检查胶圈是否配套完好, 确认胶圈安放位置及插口应插入承口的深度;
- ② 接口作业时, 应先将承口(或插口)的内(或外)工作面用棉纱清理干净, 不得有泥土等杂物, 并在承口内工作面涂上润滑剂, 然后立即将插口端的中心对准承口的中心轴线就位;
- ③ 插口插入承口时, 小口径管可用人力, 可在管端部设置木挡板, 用撬棍将被安装的管材沿着对准的轴线徐徐插入承口内, 逐节依次安装。公称直径大于DN400mm的管道, 可用缆绳系住管材用手搬葫芦等提力工具安装。严禁采用施工机械强行推顶管子插入承口。

(6) 电热熔带连接操作:

- ① 检查管道和电热熔带是否有损伤;
- ② 对齐管道和清除杂物; a. 通过水平杆或砂袋将要连接的管道放置在离地面200mm~300mm处(地基上挖有操作凹槽的可将管道直接放置在地基上), 并水平对齐; b. 用布彻底将管道的外表面和电热熔带内壁上的杂物清理干净(包括水汽), 油类污物可用甲醇擦拭;
- ③ 用夹钳和扣带紧固焊接片。

4、管道与检查井的连接:

(1) 管道与砖砌检查井宜采用刚性连接。

(2) 采用中介层连接时, 在管件或管材与井壁相连部位的外表面预先用粗砂做成中介层, 然后用水泥砂浆灌入井壁与管道的孔隙, 将孔隙填满。中介层的做法: 先用毛刷或棉纱将管壁的外表面清理干净, 然后均匀地涂一层塑料粘接剂, 紧接着在上面撒一层干燥的粗砂, 固化10~20min, 即形成表面粗糙的中介层;

(3) 采用现浇混凝土圈梁加橡胶圈连接时, 圈梁的混凝土强度等级不应低于20MPa。圈梁的内径按相应管外径尺寸确定, 圈梁应与井壁同厚, 其中心位置必须与管道轴线对准。安装时 可将自膨胀橡胶密封圈先套在管端与管子一起插入井壁;

(4) 对于软土地基, 为防止不均匀沉降, 与检查井连接的管子宜采用0.5m~0.8m的短管, 后面宜再接一根或多 根不大于2m的短管。

5、管道回填:

(1) 安装完的管道中心线及高程调整合格后, 即将管底有效支撑角范围用中粗砂或砂砾土回填密实, 不得用土或其他材料回填。

(2) 管道系统设置的弯头、三通、变径处应采用混凝土支墩或金属卡箍拉杆等技术措施; 在消火栓及闸阀的底部应加垫混凝土支墩; 非锁紧型承插连接管道, 每根管节应有3点以上的固定措施。

电熔接口过程演示



热熔机具



加设PE管



固定PE管



准备切割工具



固定加热



卸下加热板



挤压对接



接口挤压环

3 不开槽施工管道主体结构-顶管法

3.1 工作井、接收井

- 1、工作井和接收井围护结构形式应根据水文地质条件、邻近建（构）筑物、地上与地下管线情况，结构受力及施工安全等要求合理选型。
- 2、当工作井埋置较浅、地下水位较低时，宜选用钢板桩或SMW工法。
- 3、在顶管埋置较深的区域，工作井宜采用沉井或地下连续墙。
- 4、当场地狭小且周边建（构）筑物需要保护时，宜选用钻孔灌注桩或地下连续墙。



- ◆ 工作井、接收井的穿墙孔应设置止水装置。止水装置可采用盘根止水和橡胶板止水，也可采用组合形式止水。
- ◆ 砂土、粉性土等土层宜采用盘根止水。
- ◆ 黏性土土层宜采用橡胶板止水。
- ◆ 在长距离顶管或承压水土层中宜采用多道或组合形式止水。
- ◆ 顶管结束后，管道与穿墙孔的间隙应及时进行封堵。



紧固橡胶止水，在外侧加设止水轧兰内衬5道盘根，形成二道组合式止水

3.2 配套设备

顶管施工前需安装主要施工设备应包括：顶进设备、洞口止水装置、测量设备、泥浆设备、施工电缆及其他辅助施工设备。

顶管后座安装应符合下列要求：

- (1) 顶管的后座可采用拼装式后座和整体式后座；
- (2) 顶管后座的反力墙应平整；
- (3) 后座应满足千斤顶最大顶力的要求；
- (4) 后座应与顶进轴线垂直，与反力墙之间宜设传力装置。

反力墙为沉井或地下连续墙结构时，可采用拼装式后座，

反力墙为SMW工法、旋喷桩、深层搅拌桩等结构形式时宜采用整体式后座。

后座应与结构墙密贴，后座的面积应满足结构墙抗冲切和土体承载力的要求，强度、刚度应满足最大顶力要求。

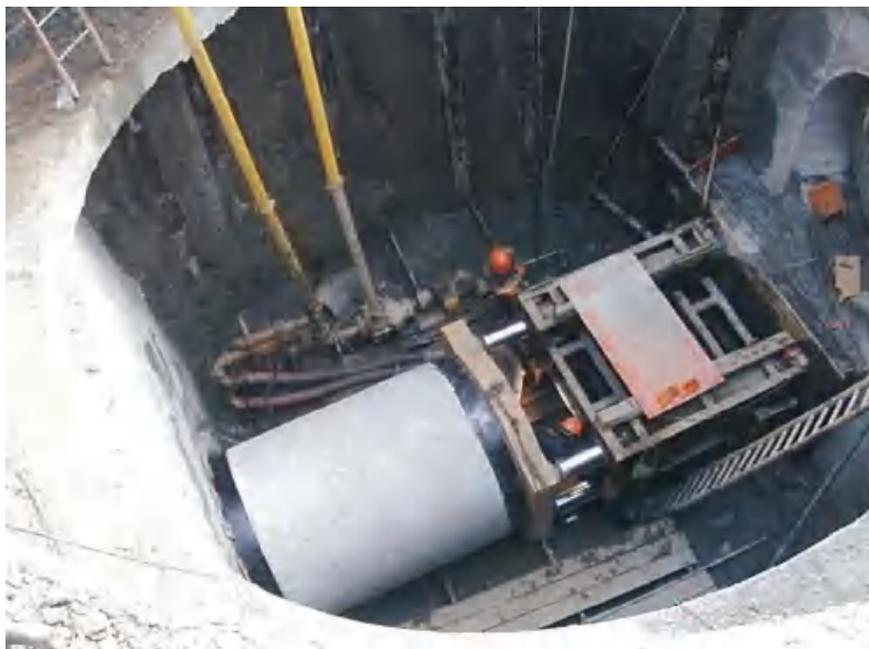


3.3 导轨安装

- (1) 导轨宜选用钢质材料制作，导轨具有足够的强度和刚度。
- (2) 导轨安装前，应先复核管道中心位置，导轨的高度应与穿墙管标高相对应。
- (3) 两导轨安装应顺直、平行、等高，并固定在工作井的底板上。
- (4) 导轨对管道的支承角宜为 60° 。
- (5) 导轨安装的允许偏差应符合下表的规定。

需要注意的是，在顶进过程中需要对轨道的变形情况进行测量复核。

项目	偏差
轴线位置	$\pm 3\text{mm}$
标高	$0\sim+3\text{mm}$
轨道内距	$\pm 2\text{mm}$



3.4 千斤顶、顶铁

千斤顶应符合以下要求

- (1) 千斤顶的规格和数量应根据工作井允许顶力、管段允许顶力确定。
- (2) 安装在支架上的千斤顶，应按管道轴线两侧对称布置，规格应相同，其合力的作用点应在管道中心的铅垂线上。
- (3) 对于千斤顶支架安装后的油缸中心位置必须与顶铁的受力肋板部位一致且与顶进轴线平行。安装后的油缸中心误差小于10mm。
- (4) 千斤顶油缸合力中心位置的布置可适当向下，满足导轨上管节自重作用在洞口止水位置向下力矩即可，所布置的油缸可在使用过程中自由组合来达到调节合力中心位置的作用。



顶铁应符合以下要求

- (1) 顶铁分U形或圆形两种，宜根据情况选择。
- (2) 顶铁应具有刚度大且稳定性好的结构性能。
- (3) 顶铁与管口之间的接触面应衬垫缓冲材料。
- (4) 顶铁还需要与管节的接口形式综合考虑。



3.5 测量控制

顶管测量应包括地面控制点复测和地面控制网的布设、联系测量、地下平面和高程测量及贯通、竣工测量。联系测量应包括地面导线测量、地面水准测量、定向测量和高程传递测量。

首级控制点的复测和地面控制网的测量主要技术要求

平均边长 (m)	导线总长度 (km)	每边测距中误差 (mm)	测距相对中误差	测角中误差 (")	全长相对闭合差	方位角闭合差 (")	相邻点的相对点位中误差 (mm)
350	3~5	±3	1/60000	±2.5"	1/35000	5	±8

注：n为导线的角度个数

井上和井下定向的平面测量点应采用固定观测墩的形式。固定观测墩比较稳定，易于观测，有利于提高导线的测量精度。

定向和导入高程测量应在顶管每掘进100m复核一次，在距进洞前50m时应增加复核不少于3次。每100m高程控制点直至控制掘进的导线点和高程点，在距贯通面50m时应从首级控制点开始至少测量3次，分析数据，决定是否加测从首级控制点检查井下的起始定向边和。

管道贯通后应按设计要求进行竣工测量，并提交竣工测量成果表、竣工图和竣工测量报告。



3.6 顶管始发与接收

顶管始发、接收的洞口土体加固应根据地质情况、顶管机型、管道直径、埋深和周围环境等情况确定。土体加固宜采用水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、冰冻法及降水等形式。由于沉井下沉时周围土体被扰动，顶管机出洞时，洞外土体泥水易流失，同时顶管机自重太重，须采取防磕头措施。

- (1) 调整后座主推千斤顶的合力中心，用后座千斤顶进行纠偏；
- (2) 土体承载力低于100kPa时，应将混凝土管节前3节~5节用拉杆相连；
- (3) 出洞口土体应进行加固，土体承载力低于60kPa时加固长度宜大于顶管机长度；
- (4) 加强洞口密封可靠性，防止或及时封堵顶管出洞口的水土流失；
- (5) 设置延伸导轨：

◆ 采用沉井施工的始发和接收井洞口的临时封门可采用外钢封门、内钢封门、砖砌封门、钢筋混凝土封门、型钢封门或以上几种的组合等形式；

◆ 顶管施工采用降水措施时应设置水位观测井，并应使水位降到管底以下；

◆ 始发、接收前应在洞门上打设探测孔，确认土体渗漏水情况：在洞门处打不少于5个（上、下、中、左、右）观测孔，样洞呈米字分布，观察土体变形、均质性等状况，以掌握加固土体的实际情况；

◆ 洞口凿除物应清除，顶管机始发时，导轨上的管子应与洞口的止水装置保持同轴度要求，避免洞口的止水装置损坏；

◆ 顶管机始发时应设置延伸导轨，其标高和轴线应与工作井内导轨一致；

◆ 顶管始发前，应在起始顶进段设置可靠的止退装置。



3.7 排泥

- (1) 网格式、泥水平衡顶管应采用泥水排放，并应用管道输送；
- (2) 土压平衡顶管宜采用泥水转换管道输送方式排放，也可采用排泥泵或运输小车排土。有一定水量的黏土、粉质黏土可采用泥泵输水，较长距离的顶管可采用接力泵的形式进行出土，有条件的还可采用电动混凝土泵取代泥泵；
- (3) 采用泥水排放出泥时，宜设置泥浆沉淀池。对砂土地层宜配置泥水分离设备对泥水进行分离。



3.8 通风

(1) 对小口径且顶进距离较长的管道，宜采用压缩空气送风。通风管应固定在工作井侧壁及顶管管道内壁侧边；

(2) 顶进距离较短的顶管可采用鼓风通风，但轴流风机体积大，噪声大，且在一定距离后达不到通风效果，采用压缩空气通风不仅降低了噪声，而且通风效果良好。超长距离顶管

第一组生命呼吸保障系统，系统采用压缩空气供应，配置专用20m³的螺杆式空压机，通过4寸钢管送至工具头部。

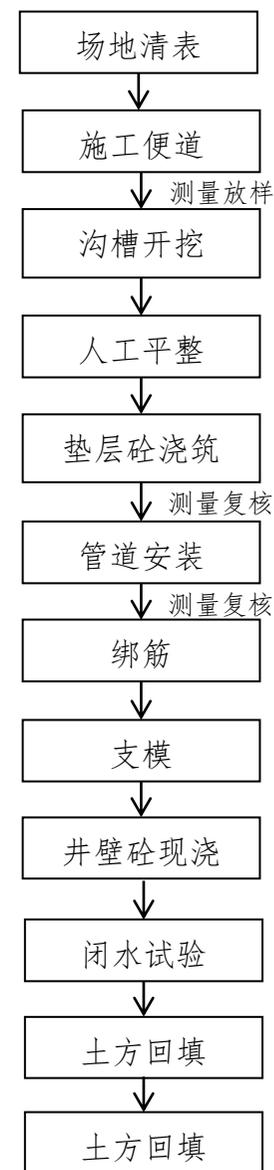
第二组采用轴流风机，通过风管送至工具头后部约1000m之处，进一步改善顶管内空气质量。



4 管道附属结构物

4.1 钢筋砼井室

- 1、检查井井盖设计标高如与道路路面设计标高不符时，以道路路面设计标高为准。
- 2、雨水管道采用雨水检查井，污水管道采用污水检查井。检查井全部采用钢筋砼结构。当雨水管道覆土大于4米、污水管道覆土大于6m时，检查井须较国标图集加强：井壁墙体厚度比国标图加厚10cm、盖板厚度比国标图加厚5cm；井壁、底板及盖板的钢筋比国标图加大二级。
- 3、检查井筒、井圈及基础按长沙市建委要求做加强，当井筒高度大于3m时，井筒加强见井筒加强图。
- 4、雨、污水管道 ≤ 800 时，检查井采用 $\Phi 1250$ 型；管道 $800 < d \leq 1000$ 时，检查井采用 $\Phi 1500$ 型；管道 $d \geq 1200$ 时，检查井采用矩形检查井。井室内外壁均抹20mm厚砂浆，检查井做法详06MS201-3及湘2015SZ101。
- 5、井室内爬梯采用塑钢爬梯，预埋塑钢踏步做法详《井盖及踏步06MS201-6》P16、P17；位于道路车道范围内的雨污水检查井盖采用重型球墨铸铁防盗防坠防震型井盖，其承载力不小于承载力强度等级要求为D400。敷设于绿化带内的排水检查井，井盖采用中型球压模复合材料井盖，内设防坠网，颜色与绿化带一致，其承载力应不低于C250。检查井盖应用“雨水”、“污水”来注明检查井性质。
- 6、预留井：道路两侧预留井井盖中心原则上距路边线1.5米，图中标有坐标的，以坐标为准，雨、污水预留管坡度均为0.3%~1%。预留井埋深大于4米时，井底加200mm厚C30混凝土层防冲刷。
- 7、沉泥井：道路污水主管、雨水主管隔一设置沉泥井，下沉高度0.6米，做法参06MS201-3及设计图纸。
- 8、跌水井：当主管道跌差为 $0.5\text{m} \leq h \leq 1\text{m}$ 时，采取防冲刷的措施，检查井底应加厚0.2米C30混凝土；排水管跌差 $1 < h \leq 2\text{m}$ 时，需采用跌水井。 $d \leq 600$ 采用竖槽式钢筋混凝土跌水井， $600 < d$ ，采用阶梯式钢筋混凝土跌水井；支管接入主管，跌水大于1米时，检查井底需加强。
- 9、现浇井室施工注意事项：①根据井壁边线样桩，正确划出模板内侧未知的墨线，再根据混凝土浇注高度立模，并支撑固定。②钢筋加工、绑扎、安装严格按规范要求，重点控制钢筋保护层厚度。③混凝土浇注不得离析，井室侧墙应对称浇注，高差不应大于30cm。严防单侧浇入量过大，推动钢筋骨架和内模产生弯曲变形和位移。④从高处倾倒混凝土时，其垂直高度不应超过2m，否则应采用流槽串管或导管，以防混凝土离析。⑤侧墙模板应在混凝土强度能保证其包面及棱角不因拆除而受损时，方可拆除；现浇井室内模应待混凝土达到设计强度标准的75%以后，保证预埋件和预留孔洞表面不发生坍塌和裂缝时方可拆除。



现浇井室工艺流程图

4.1.1 现浇井室



井室底板砼浇筑



侧墙钢筋、钢模安装



防水砼浇筑成型质量



流槽、脚窝设置



井室踏步准确预埋



井周分层回填压实

4.1.2 预制钢筋砼井室



预制基础吊装



检查井吊装

井室下部吊装就位



管道与检查井衔接

管道与检查井连接



井内流槽设置



橡胶圈密封



井室拼装、接口座浆



上浮板安装



井筒样板

4.2 砖砌井室

1、砖砌检查井施工的一般要求和规定

- (1) 砌筑砂浆配合比准确，灰浆饱满，灰缝平整，不得有通缝，抹面须压光，不得有空鼓、裂缝等现象。
- (2) 井内流槽应平顺圆滑、踏步安装牢固、位置准确。
- (3) 井室盖板尺寸及留孔位置应正确；井圈、井盖安装平稳、正确。
- (4) 施工中应采取相应的技术措施，避免管道主体结构与附属构筑物之间产生过大差异沉降，而致使结构开裂、变形、破坏。
- (5) 井室的混凝土基础应与管道基础同时浇注。
- (6) 混凝土管道，其管外壁与砌筑井壁洞圈之间为刚性连接时水泥砂浆应坐浆饱满、密实。
- (7) 排水管道接入检查井时，管口外缘与井内壁平齐；接入管径大于300mm时，对于砌筑结构井室应砌砖圈加固。
- (8) 井室施工达到设计高程后，应及时浇注或安装井圈，井圈应以水泥砂浆坐浆并安放平稳。
- (9) 给排水井盖选用的型号、材质应符合设计要求，设计未要求时，宜采用复合材料井盖，行业标志明显；道路上的井室必须使用重型井盖，装配稳固。

2、准备工作

- (1) 井位放线：根据设计图纸，测放检查井墙体内外边线及井室中心线。
- (2) 基础及管口凿毛：对应墙体的混凝土基础及管口外壁表面进行凿毛处理，以利于与墙体连接。
- (3) 砌筑用砖应提前一天浇水润透。
- (4) 砌筑砂浆：
 - ①根据试验室提供的水泥砂浆配合比，现场搅拌水泥砂浆。
 - ②现场搅拌的水泥砂浆，宜采用机械搅拌，搅拌时间不少于90s，稠度应控制在50~70mm。
 - ③砂浆应随拌随用，不得超过砂浆初凝时间，一般拌成后2.5h内用完（当最高气温超过30℃，应在1.5h内用完）。砂浆若有泌水现象时，应在砌筑前重新拌和。

3、井室砌筑

(1) 雨水、污水砖砌检查井按照井室形式分为矩形、圆形、扇形井等，应根据接入的管径、方向、转角、覆土深度、有无井室盖板等条件选择其井型。

(2) 混凝土基础强度达到1.2MPa以后，方可进行井室的砌筑。

(3) 砌筑前砌块应充分湿润；并对凿毛处理的部位刷素水泥浆，砌筑砂浆配合比符合设计要求，现场拌制应拌合均匀、随用随拌。

(4) 砌块应垂直砌筑，需收口砌筑时，应按设计要求的位置设置钢筋混凝土梁进行收口；圆井采用砌块逐层砌筑收口，四面收口时每层收进不应大于30mm，偏心收口时每层收进不应大于50mm。

(5) 砌块砌筑时，铺浆应饱满，灰浆与砌块四周粘结紧密、不得漏浆，上下砌块应错缝砌筑。

(6) 内外井壁应采用水泥砂浆勾缝，有抹面要求时，抹面应分层压实。

(7) 不同形式的井室，墙体尺寸控制及排砖方法均不同。

①井室为矩形时，在墙体的转角处立皮数杆，以控制墙体垂直度和高度。砌筑前先盘角，然后挂线砌墙。采用满丁满条砌法，砖墙转角处，每皮砖均需加砌七分头砖。

②井室为圆形时，以圆心为控制中心挂线，随砌随检查井室尺寸，采用丁砖砌法，两面排砖，外侧大灰缝用“二分枣”砌。砌完一层后，再灌一次砂浆，然后再铺浆砌筑上一层砖，上下两层砖间竖向缝应错开。

③井室为扇形，首先确定扇形的圆心，在圆心处挂线、立皮数杆，依据半径及角度，随砌随控制井身尺寸。井墙内侧砌丁砖，外侧砌顺砖。



摆砖



调整缝宽



做浆灌缝



效果

过程演示



管道与井斜衔接紧密



内模



砌体施工



设置拱券



圆井砌筑镶缝到位



模筑控制内粉厚度



内粉效果



外观效果

4、拱券及支管

(1) 检查井接入圆管时，管顶应砌砖圈加固，当管径 $\geq 1000\text{mm}$ 时，拱券高应为250mm；当管径 $\leq 1000\text{mm}$ 时，拱券高应为125mm。

(2) 预留支管应随砌随安，管口应深入井壁30mm，预留管的管径、方向、标高应符合设计要求，管与井壁衔接处应严密不得漏水，预留支管宜用低强度砂浆砌筑封口抹平。用截断的短管安装预留管时，其断管破茬不得朝向井内。

5、流槽

(1) 流槽宜与井壁同时进行砌筑。

(2) 雨水检查井流槽高度为到顶平接的支管线的管中部位。流槽表面采用20mm厚1:2防水砂浆抹面，压实抹光，与上下游管道平顺一致，以减少摩阻。

(3) 污水检查井流槽高度为干线管顶高，表面采用20mm厚1:2防水砂浆抹面，压实抹光，与上下游管线顺接一致。



拱券效果-1



拱券效果-2



拱券效果-3

6、踏步安装

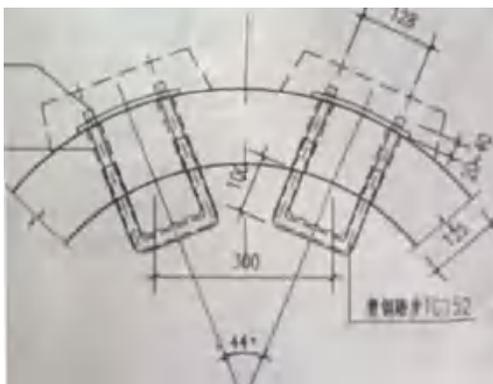
(1) 踏步为铸铁踏步，安装前一天应刷防锈漆两道。

(2) 踏步的竖向间距375mm，踏步外露长度100mm，踏步水平间距150mm。从井口向下第一个踏步距井口应控制在220~360mm。踏步安装时，要求上下垂直，尺寸一致。圆形井踏步安装时，必须向圆中心安装。

(3) 踏步应与砌筑时同时安装，踏步安装后在砌筑砂浆未达到规定抗压强度前不得踩踏。

(4) 有钢筋混凝土盖板的井室，盖板下第一个踏步距盖板底部120mm为控制踏步。

(5) 井室内在主干管上、下游方向，砖券上加踏步，用以放吊灯及安全带。



按图施工



预留踏步

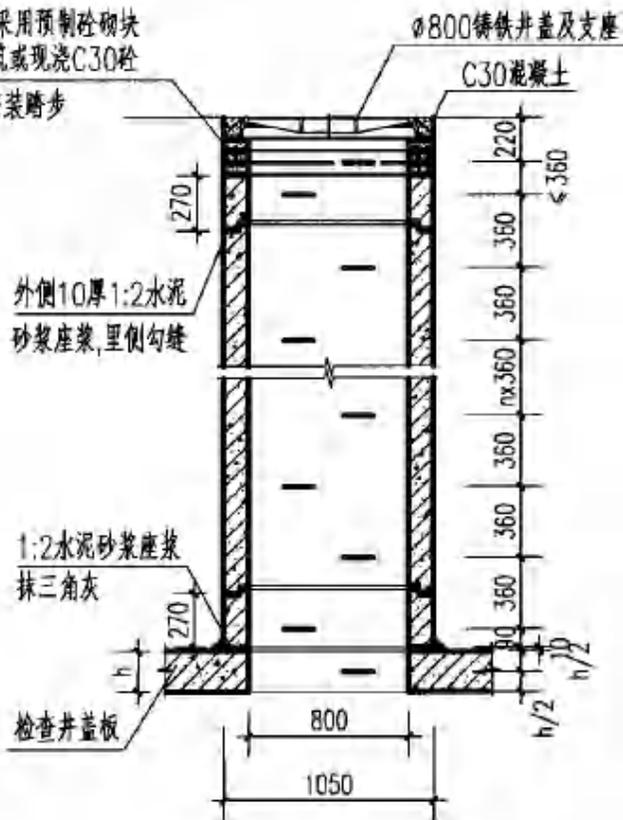


成型效果-1



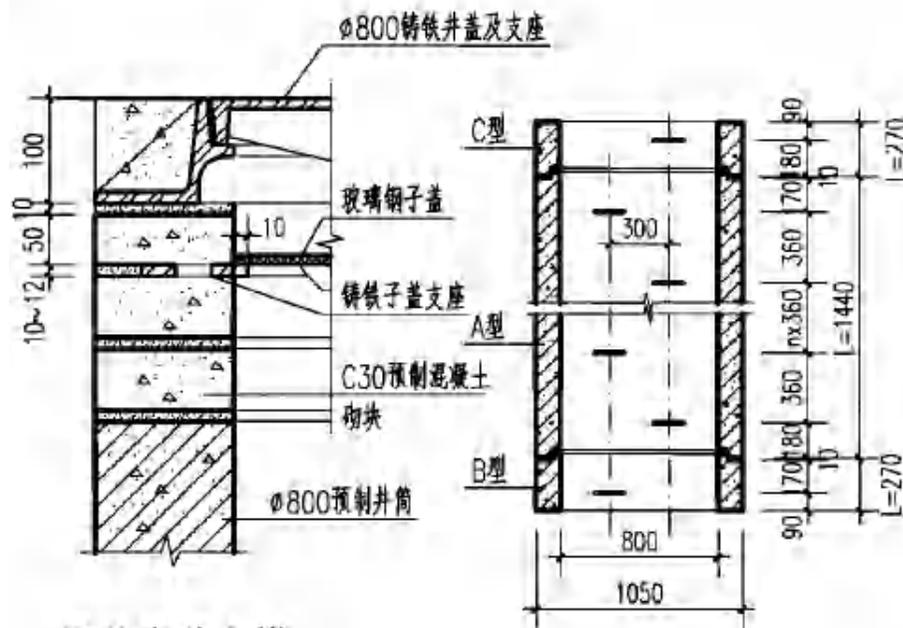
成型效果-2

遇路面结构部分可采用预制砼砌块
1:2水泥砂浆砌筑或现浇C30砼
并应根据其高度安装踏步



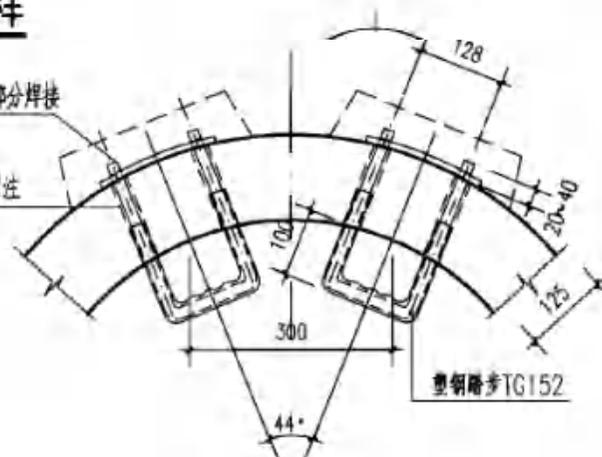
预制井筒安装大样

- 1、当盖板厚度 $h \geq 160\text{mm}$ 时，盖板中加一踏步。
- 2、盖板下120mm设一控制踏步，以此控制踏步向井筒及井室按360mm距离，水平净距150mm，交错设置踏步及脚窝，起点踏步控制在井盖下220mm。
- 3、在主干管上下游方向，管顶以上加踏步。
- 4、当 $D \geq 800$ 时流槽内设脚窝， $D < 800$ 时不设脚窝。



子盖安装大样

φ12钢筋与踏步露出部分焊接
外包1:2水泥砂浆
钻孔, 踏步安装后灌注
1:1.5水泥砂浆



塑钢踏步安装大样

7、抹面勾缝

(1) 抹面

①检查井内墙面抹面均用1:2防水砂浆抹面，抹面前应先用水湿润砖面，然后采用三遍法抹面，第一遍1:2防水砂浆打底，厚10mm，必须压入砖缝，与砖面粘贴牢固，第二遍抹厚5mm找平，第三遍抹厚5mm铺顺压光，抹面要一气呵成，表面不得漏砂粒。

②抹面完成后，井顶应覆盖养护。

③为了保证抹面三层砂浆整体性，分层时间宜在定浆后随即抹下一层；如间隔时间太长，应刷素浆一道，以保证接茬质量。

(2) 墙体勾缝

①勾缝前检查墙体灰缝深度，有无瞎缝。消除墙面杂物，洒水湿润。

②勾缝要求深浅一致，交接处平整，一般比墙面深3~4mm。

③勾完一段清扫一段，灰缝不得有舌头灰、毛刺。



三通井抹面样板



井筒抹面样板



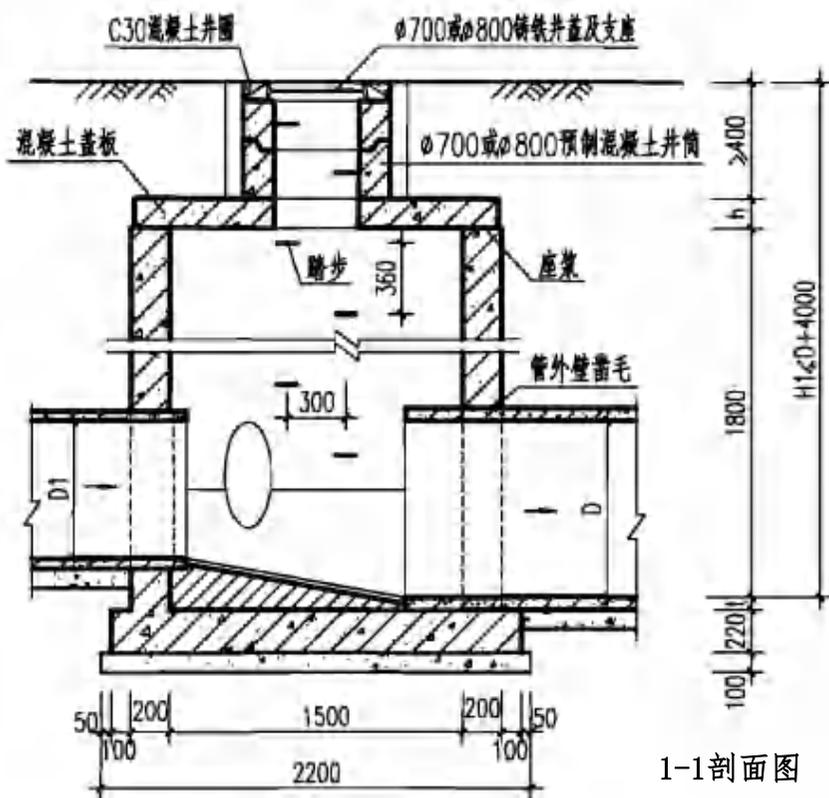
灰浆密实样板



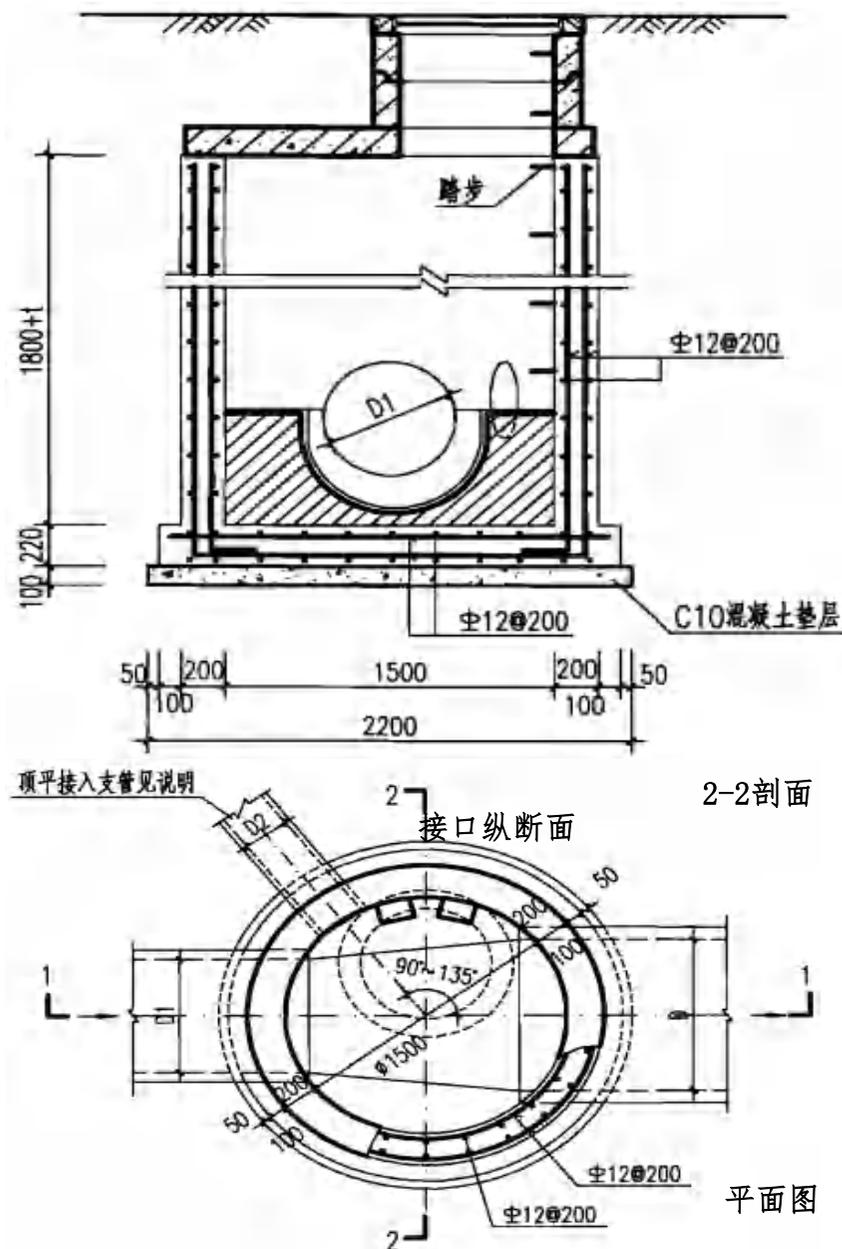
井筒外抹面样板

4.3 断面形式

1、圆形混凝土检查井



1-1剖面图

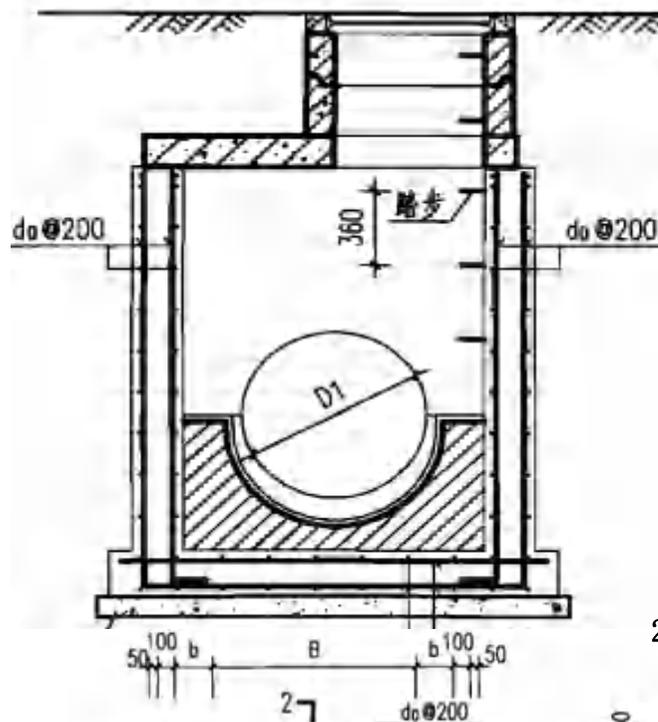
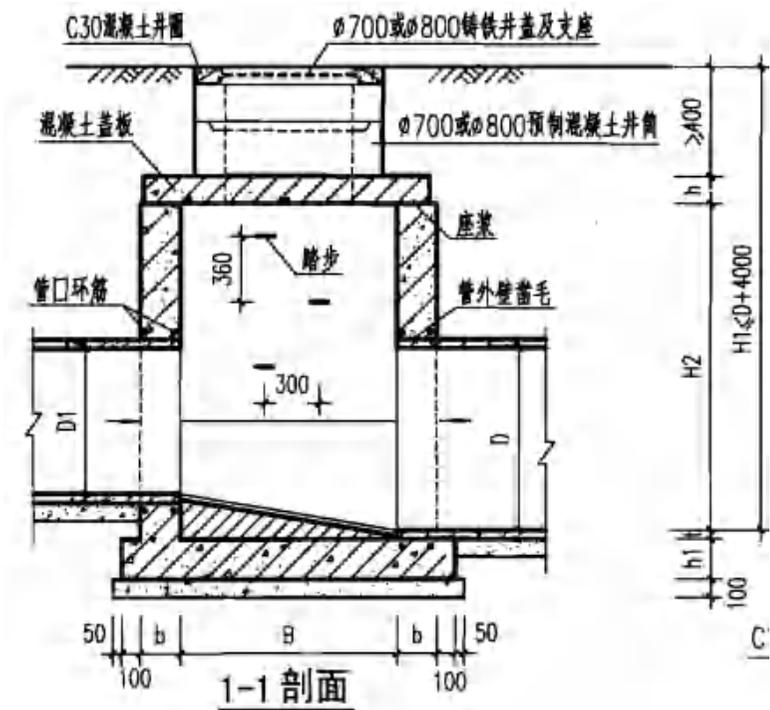


2-2剖面

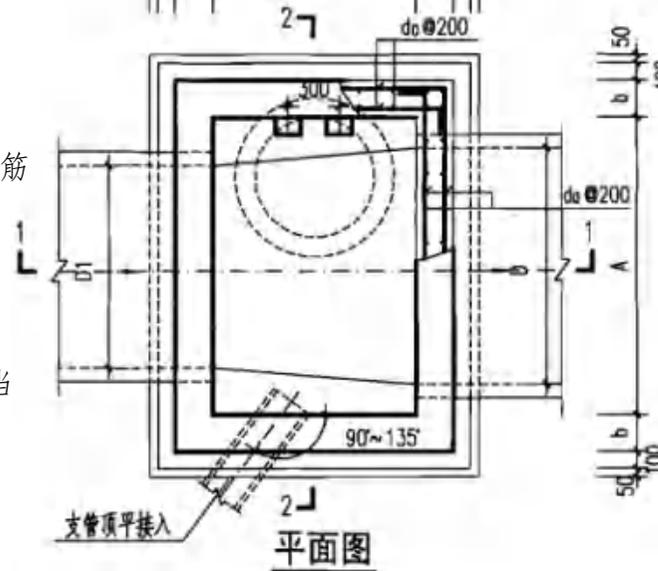
平面图

- 1、井墙及底板混凝土为C25、S4；钢筋A-HPB235级钢、B-HRB335级钢。
- 2、座浆、抹三角灰均用1:2防水水泥砂浆。
- 3、流槽用M7.5水泥砂浆砌MU10砖；1:2防水水泥砂浆抹面，厚20。
- 4、井室高度自井底至盖板底净高一般为1800，埋深不足时酌情减少。
- 5、接入支管超挖部分用级配砂石，混凝土或砖填实。

2、矩形混凝土检查井



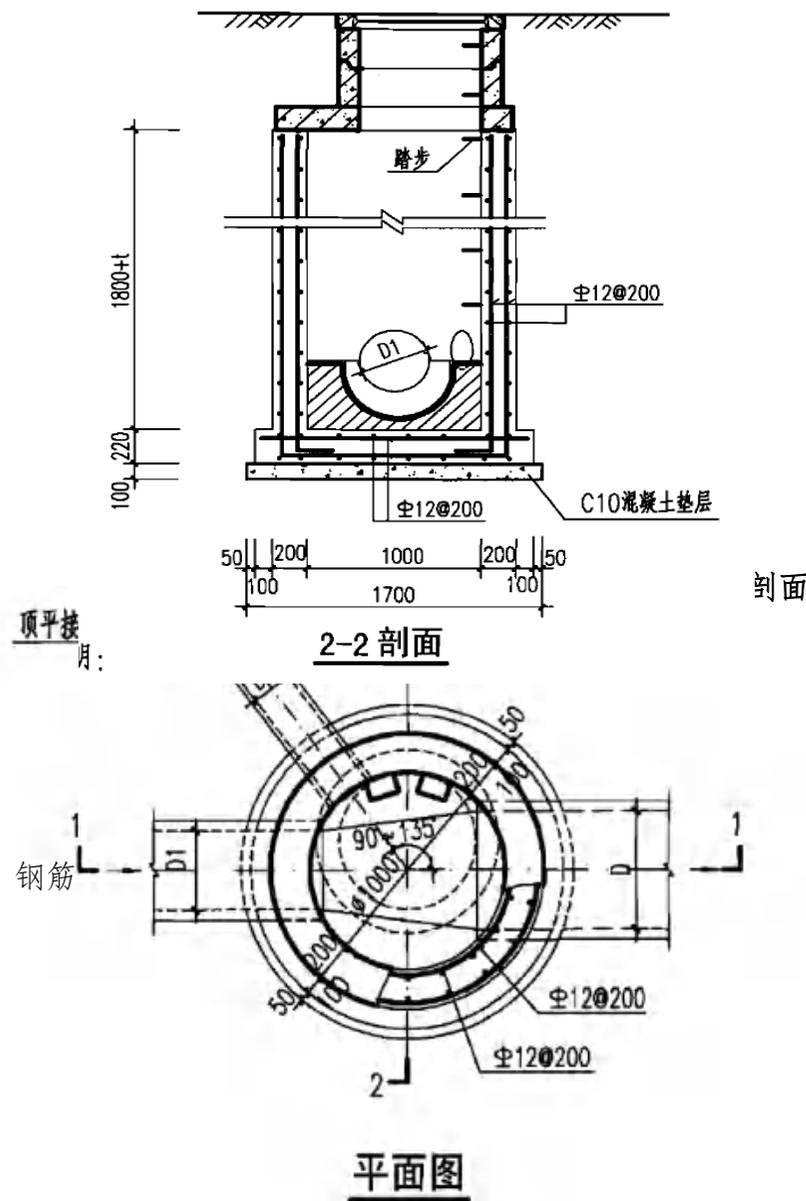
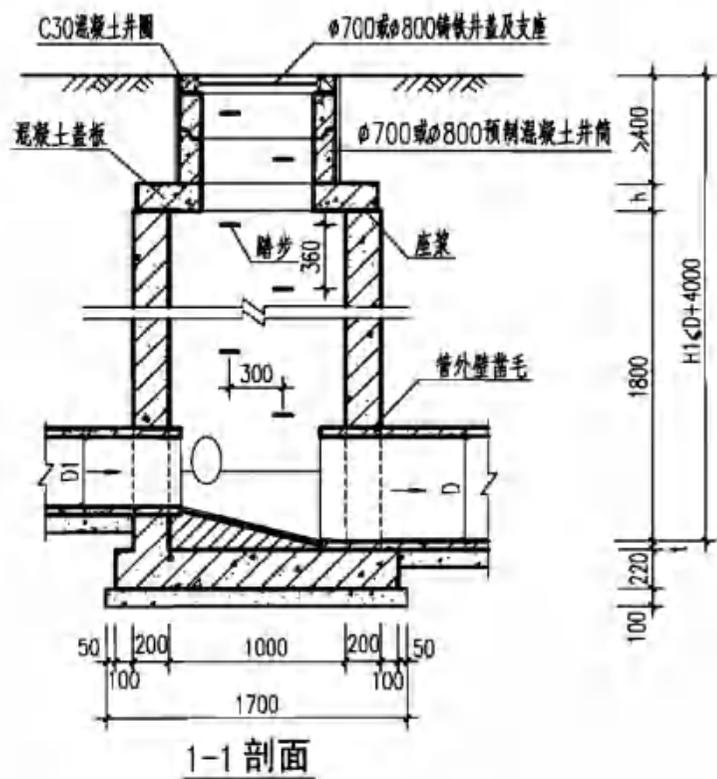
2-2剖面



2 平面图

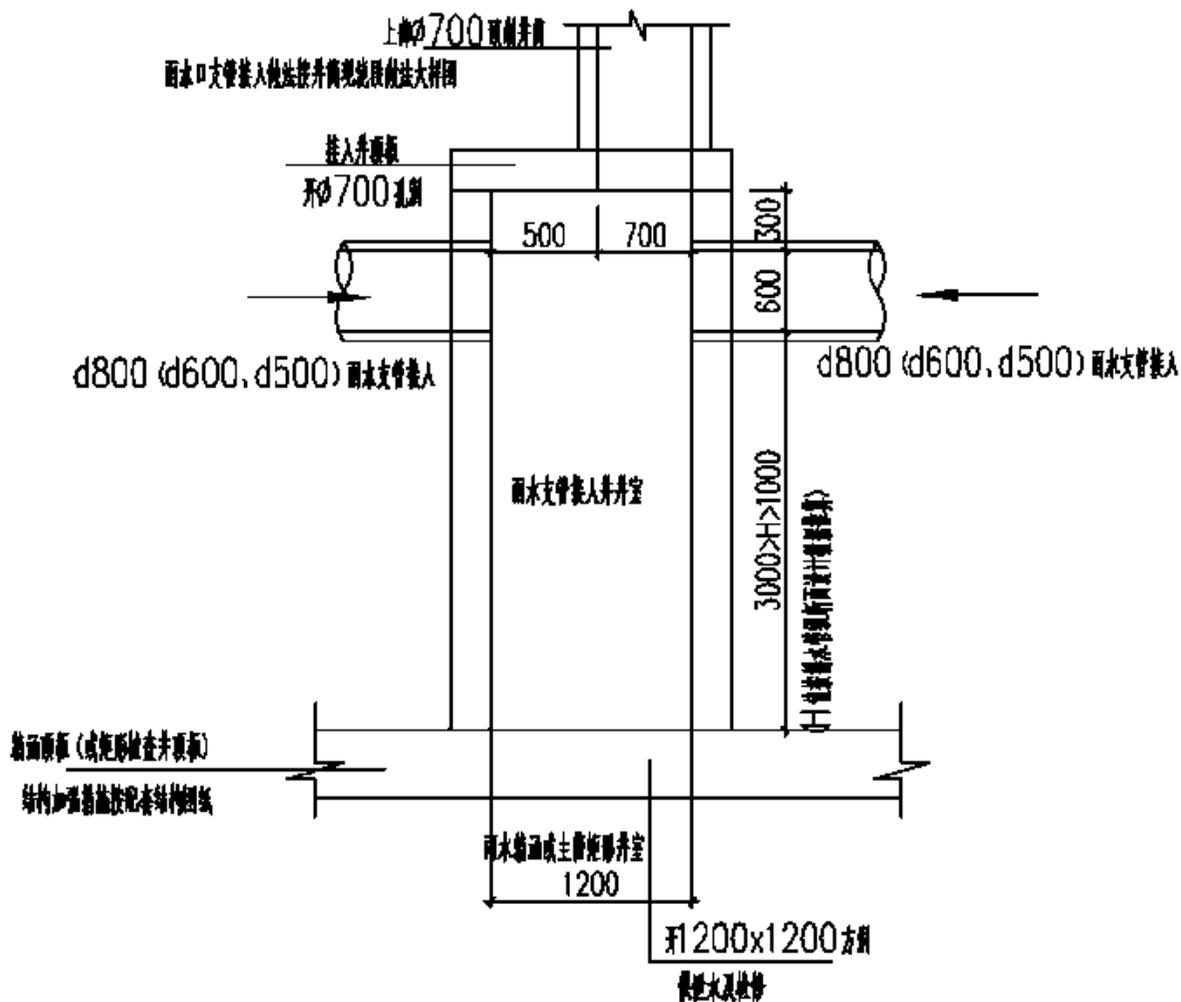
- 1、井墙及底板混凝土为C25、S4；钢筋A-HPB235级钢、B-HRB335级钢；钢筋锚固长度33d，搭接长度40d；基础下层筋保护层40，其他为35。
- 2、座浆、抹三角灰均用1:2防水水泥砂浆。
- 3、流槽用M7.5水泥砂浆砌MU10砖；1:2防水水泥砂浆抹面，厚20。
- 4、井室高度H2自井底至盖板底净高一般为1800，埋深不足时酌情减少。当 $D \geq 1350$ 时，井室高度 $H2 = D + t + 360$ 。
- 5、接入支管超挖部分用级配砂石，混凝土或砖填实。
- 6、流槽部分在安放踏步的同侧加设脚窝。

3、预留圆形钢筋混凝土检查井

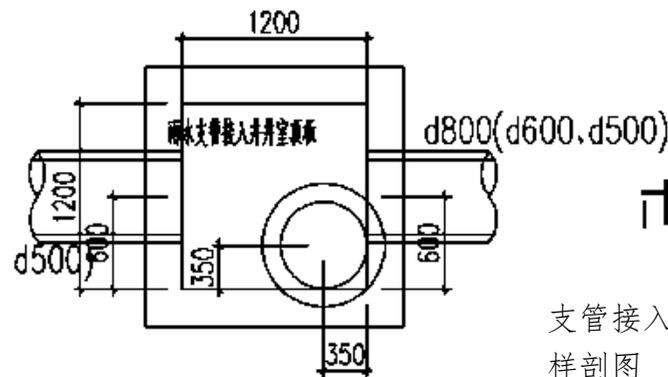


- 1、井墙及底板混凝土为C25、S4；钢筋A-HPB235级钢、B-HRB335级钢；钢筋锚固长度33d，搭接长度40d；基础下层筋保护层40，其他为35。
- 2、座浆、抹三角灰均用1:2防水水泥砂浆。
- 3、流槽用M7.5水泥砂浆砌MU10砖；1:2防水水泥砂浆抹面，厚20。
- 4、井室高度自井底至盖板底净高一般为1800，埋深不足时酌情减少。
- 5、接入支管超挖部分用级配砂石，混凝土或砖填实。

4、支管接入做法

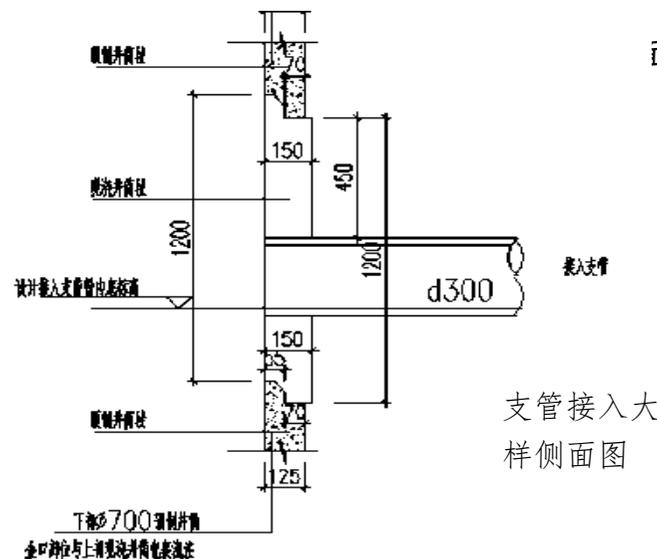


支管接入大样平面图



雨水支管接入主管井上部平面图

(适用于雨水支管 $d800$ 、 $d600$ 及 $d500$ 接入)



D700井筒现浇做法大样图

(适用于雨水口 $d300$ 及污水 $d300$ 支管接入)

4.4 雨水口

4.4.1 现浇雨水口



雨水斗模具准备



现浇砼底板



模具调试



连接管调试



砼浇筑



雨水口成型效果

4.4.2 砖砌雨水口

1、道路上一般在作完基层后进行，按设计图中的边线和所给定的高程、位置钉中心桩，放线挖槽，控制位置和高程，雨水口长边必须重合于道路边线。弯道上的雨水口中间部分切于曲线上。

2、挖槽时注意留足肥槽，以便于砌砖。如雨水口位置有误时，以支管位置为准。

3、槽底要仔细夯实，浇筑C15豆石混凝土基础，并抹出向雨水支管集水的泛水坡，槽底如为松软土应夯筑3:7石灰土基础。

4、砌井墙：

砌筑井墙应随砌随勾缝，每砌高300mm应将墙外肥槽回填，薄层夯实，提高压实度，防止沉陷。砌至雨水支管处应满卧砂浆，当砌砖已包满支管时，将管口周围用砂浆抹严抹平，管顶砌半圆砖券拱，管口应与井墙面齐平，支管与井墙斜交时，突出井墙的部分的管头应切掉，用砂浆抹平。

5、在安装混凝土或铸铁井圈时，应在雨水口井墙顶满铺砂浆，找平座稳，应配合路面纵、横坡度使雨水口算的顶面低于周围路面或地面10~30mm。

6、如在路面边缘的雨水口，当碾压面层时，应将雨水口用木板或铁板覆盖，防止将井圈压坏。

7、雨水支管敷设应直顺，不应错口、反坡、凹兜。检查井、雨水口内的外露管端面应完好，不应将断管端置入雨水口。雨水支管与雨水口四周回填应密实，处于道路基层内的雨水支管应做360°混凝土包封，且在包封混凝土达到设计强度75%前不得放行交通。

8、井算安装应配合沿石的施工，一般按 $12 \pm 2\text{mm}$ 控制，保证面层收水效果及美观的效果。

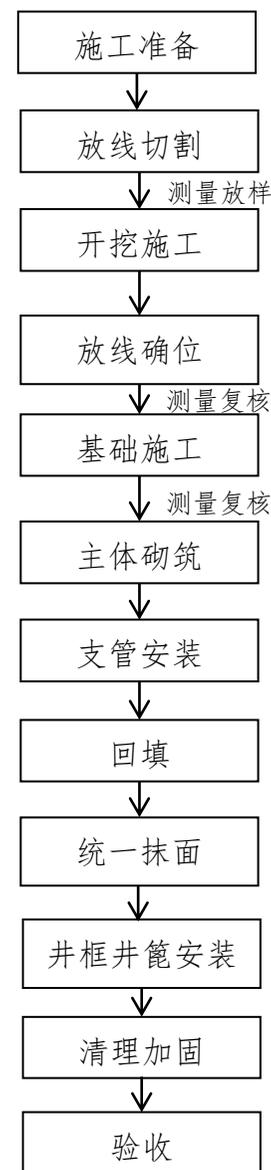
9、雨水口井框安装

(1) 有平沿石的做法：

依据平沿石和侧石，双控井框内沿定出标高，以已做好的平沿石的外沿拉线，控制雨水口的井框高程。

(2) 无平沿石的做法：

从侧石向中心量（3-5）米处，再按照最后一次油面的厚度，量取外露加油面厚度拉双线，按照此高程下标准要求雨水口高程进行控制。一般为-10，-15mm。



砖砌雨水口工艺流程图

过程演示



放线切割



基础施工



支管安装



设置拱券



雨水口砌筑镶缝到位



回填



内粉效果



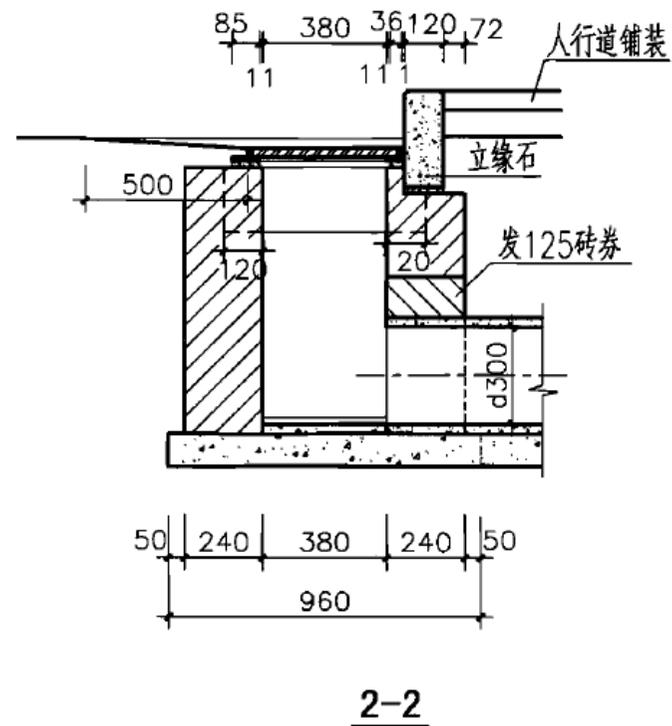
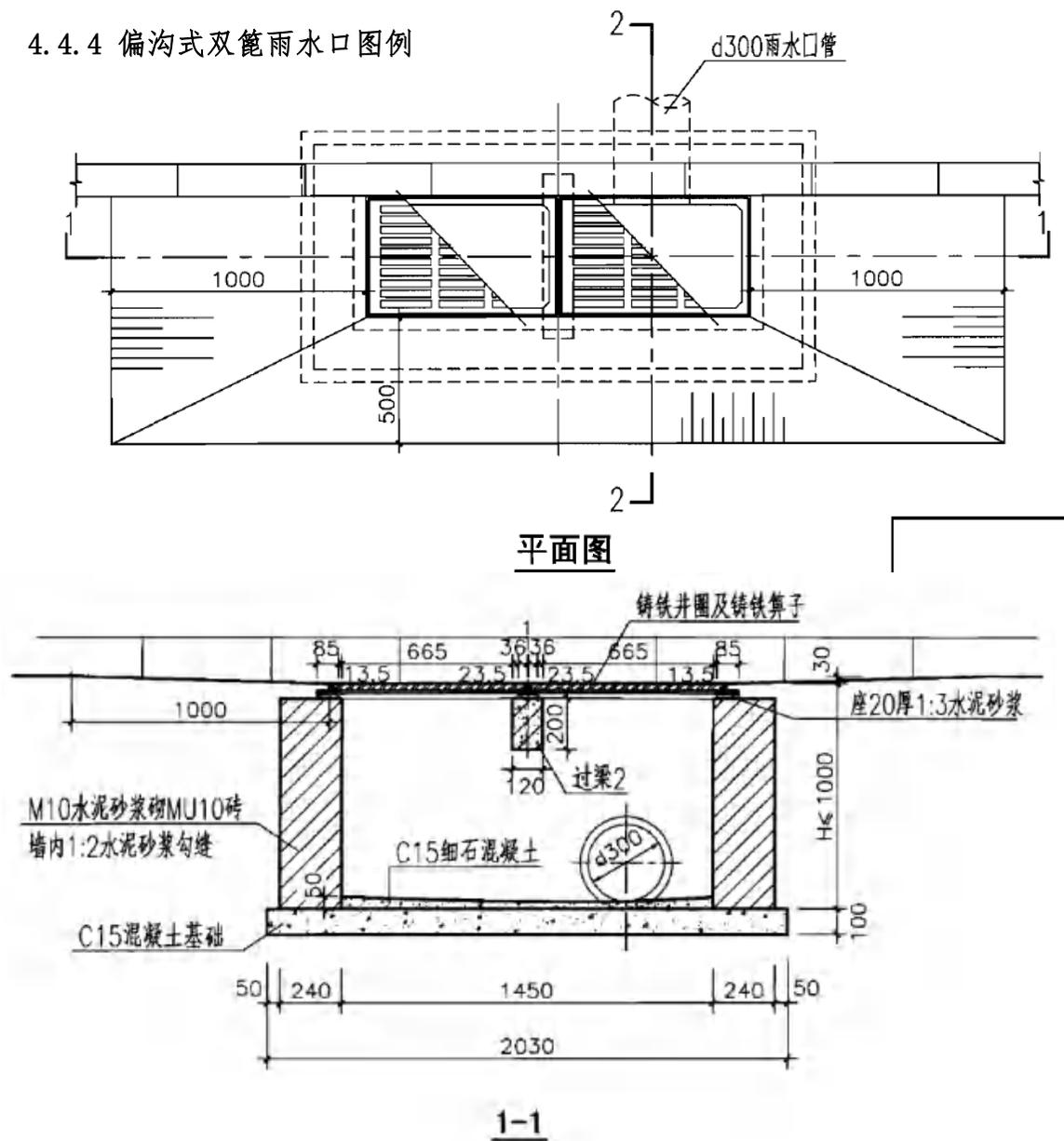
井框、井篦安装

4.4.3 预制雨水口

雨水口分体预制拼装工艺照片



4.4.4 偏沟式双篦雨水口图例

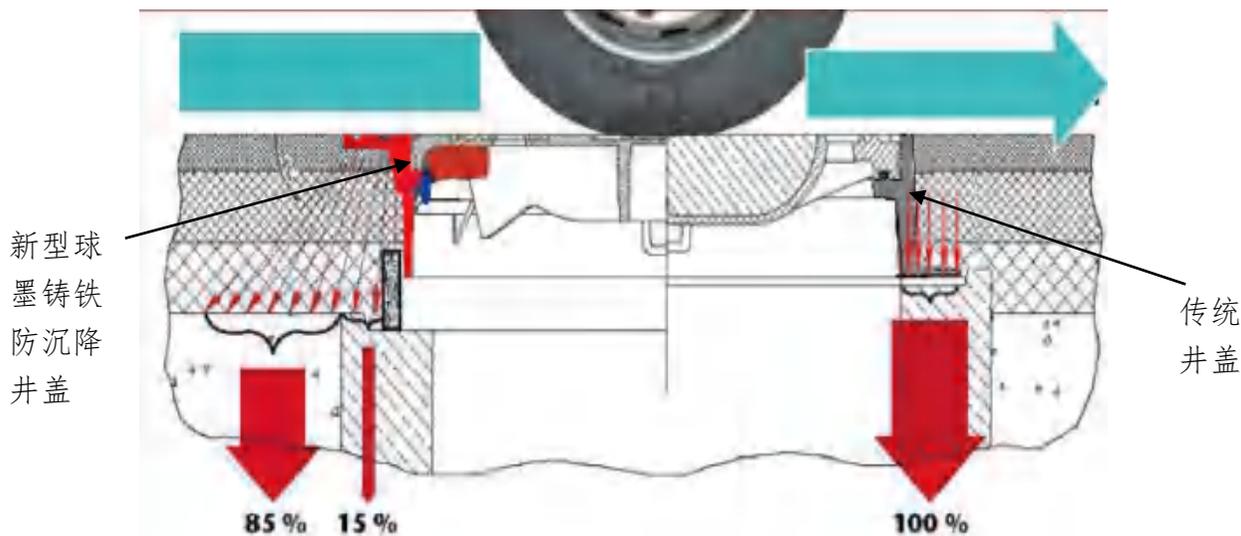


雨水口除特别标明外，采用偏沟式双篦雨水口，做法详见06MS201-8/10页。雨水口连接管采用DN300钢筋混凝土承插管，回填采用C15混凝土，至管顶20cm，坡度1%。雨水口起点埋深1米。

4.4.5 雨水口成型效果



4.5 井盖



自调式防沉降井盖与传统井盖受力对比分析

1、传统井盖分析：交通载荷、重载车量的日益增长，井框与窰井座连接不够稳固，结合部位的混凝土砂浆破损流失。而且传统窰井框直接作用在砖砌的窰井上，这样很容易破坏井口导致井盖下沉。

2、新型球墨铸铁防沉降井盖分析：

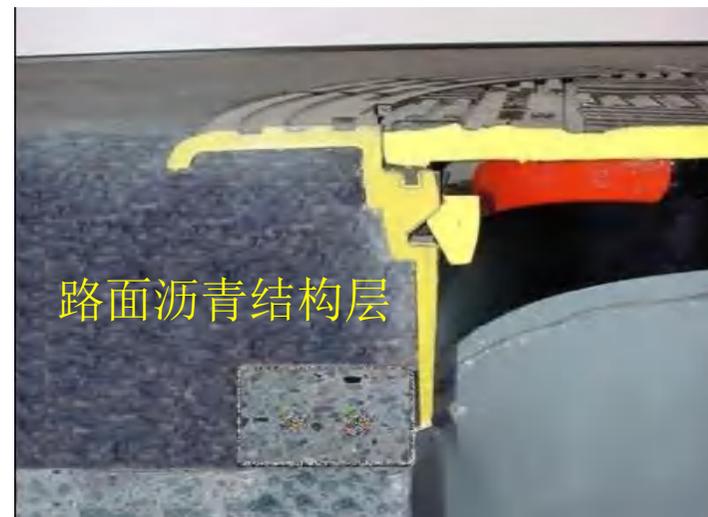
(1) 井盖与井体的连接方式改为承插式不直接作用窰井口。

(2) 来自上部的荷载压力通过支座法兰面被分散到道路的结构层，使井体所承受的负荷减少 80% 以上，降低井口破损或井盖下沉的可能性。

(3) 井框的法兰面对井盖周围路面起到很好的保护作用，延长了井盖的使用寿命。



自调式防沉降井盖成型效果



自调式防沉降井盖断面示意图

4.5.1 传统井盖刚性安装



切缝开挖



井口砌筑，加固混凝土



钢筋骨架安装



内模支撑



井框固定，“十字法”控制高程



混凝土浇筑



井内处理



井盖成型效果

4.5.2 新型防沉降井盖柔性安装

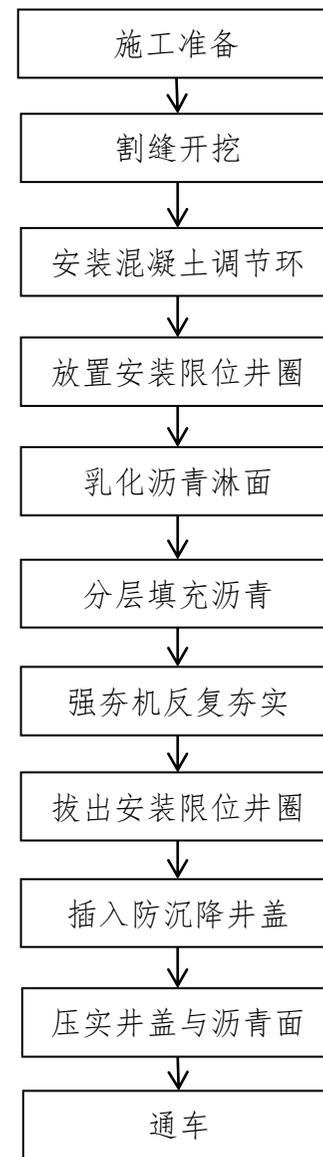
- 1、井口预留：在进行砌井作业时，保证水泥环平稳坐在井口水稳层上，使水泥环上表面距离路面最终标高的距离应在10cm-16cm范围(此次二环工程建议预留13cm，工程结束后，井盖井筒嵌入井内6cm)（若只上一遍7cm粗沥青砼，建议预留高度应不小于10cm）。
- 2、在已预留好的井口上盖上铁板。
- 3、摊铺粗沥青砼到正常标高，将井盖位置的沥青挖去,并把铁板取出。
- 4、将限位井圈以承插方式放入混凝土预制环中。
- 5、分层填充沥青砼，每层3cm厚为宜。每填充一层沥青砼即用强夯机反复夯实，必须确保沥青砼的紧实度，以免拔出安装限位井圈时沥青砼塌落。
- 6、工人抓住安装框把手向上提至高于粗沥青砼铺设高度1cm，操作员边填塞沥青料，边将安装框逐渐提起至粗沥青砼铺设位置高出1cm。将沥青填充至粗沥青砼路面高度约1cm，即与安装限位井圈相同的高度，垂直将安装限位井圈小心地取出。
- 7、插入井盖，将可调式防沉降井盖对应预制结构小心垂直放入，避免碰坏周围的沥青混合料填充层，为确保沥青砼结构层的密实度，可在支座法兰面底部均匀塞入适量沥青混合料。
- 8、最后过压路机，进行最后一遍碾压，使井盖与路面成为一整体。



镶嵌氯丁胶胶条



防盗铰链和销钉



新型防沉降井盖安装工艺流程图

过程演示



安装混凝土调节环



承插限位井圈



分层填充沥青砂



强夯机分层夯实



沥青填充至高出路面标高约2cm, 即与安装限位井圈相同的高度



拔出限位井圈



插入可调式防沉降井盖



压实沥青路面井盖压路机压实

4.5.3 防坠网

1、按设计要求安装防坠网，并确保挂钩安装到位



传统球墨铸铁防坠落井盖



新型球墨铸铁防坠落井盖

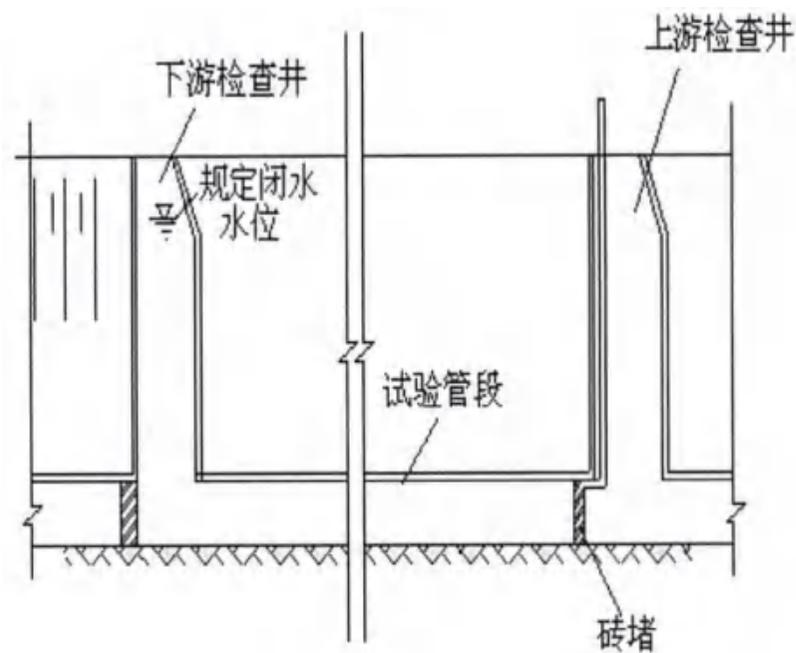
4 管道功能性试验

4.1 闭水试验

1、排水管道作闭水试验，应尽量从上游往下游分段进行，上游段试验完毕，可往下游段充水，倒段试验以节约用水。闭水试验的条件管线及沟槽检查管道及检查井的外观质量检验均已合格。管道未回填土且沟槽内无积水。全部预留孔洞应封堵不得漏水。

2、闭水堵管管道两端的管堵应封堵严密、牢固，下游管堵设置放水管和截门，管堵须经核算承压能力，管堵可用充气堵板或砖砌堵头。水源现场的水源应满足闭水需要，不得影响其他用水。放水选好排放水的位置，不得影响附近的环境。带井闭水试验管道及检查井达到了闭水条件，即可进行管道带井闭水试验注水浸泡管道两端管堵如用砖砌，必须养护3~4d达到一定强度后，再向闭水段的检查井内注水，闭水试验的水位，应为试验段上游管内顶以上2m，如井高不足2m，将水灌至接近上游井口高度，实测其距管内顶的高度并记录，注水过程同时检查管堵、管道、井身，无漏水和严重渗水，浸泡管和井1~2d后进行闭水试验。

3、闭水试验将水灌至规定的水位，开始记录，对渗水量的测定时间，不少于30min，根据井内水面下降值计算渗水量，渗水量不超过规定的渗水量即为合格。



闭水试验装置示意图

示例

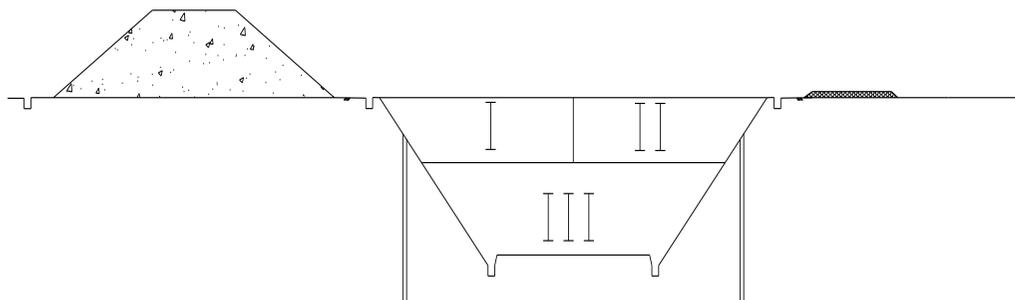
第四部分 管廊工程



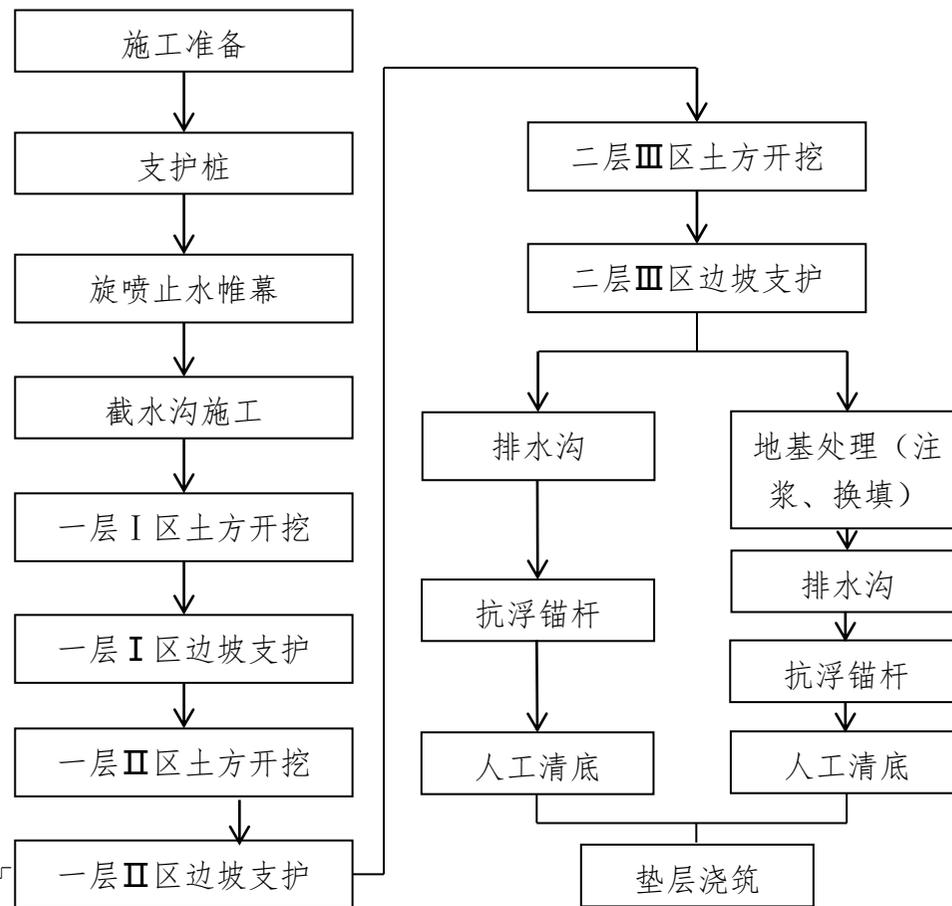
2 深基坑开挖支护

工艺说明：

- 1、土层开挖表层土为素填土与耕土，该部分土质工程性质差，属软弱土层，开挖后须运往弃土场；粉质黏土、粉土、粉细砂、圆砾，工程性质良好，可作持力层，开挖后可存至路基一侧，作回填使用。根据实际情况，上下台阶以土层性质为分界厚度，即上台阶为素填土与耕土，下台阶为粉质黏土等可作持力层的土层。
- 2、根据规范要求，不同土质采用相对应的坡率。
- 3、路堑边坡设计应遵循“缓坡率、宽平台、固坡脚”的原则，当边坡高度超过6m时，挖方路基宜采用台阶式断面，若地形允许，宜放缓边坡。
- 4、土方开挖采用台阶分部开挖法。上台阶采用左右分部错位开挖法，先进行I部分开挖，再进行II部分开挖，如此反复错位开挖。下台阶采用III部分全断面开挖方式，整体向前开挖推进。
- 5、整个支护系统顺序为逆作法，即：四周排水沟硬化路面施工→高压旋喷止水帷幕施工→第一层土方开挖→第一层边坡锚喷施工→第二层土方开挖（直至开挖至设计底标高）→.....→基坑底部周边建排水沟及集水井→施工完毕。



台阶分部开挖法示意图



土方开挖施工工艺流程图



坡顶开挖：拉线、撒灰线



坡面开挖：测量全程控制



坡面开挖：坡率复核



土钉拉拔、挂线检查，坡面喷砼二次成型



业主、监理、施工、设计、地勘五方现场进行地基钎探检测鉴定



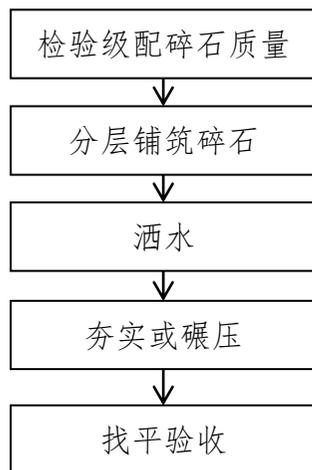
坡面整体成型质量

3 基础工程

3.1 级配碎石换填

工艺说明:

- 1、准备工作：基础处理前，基坑开挖完成，设计要求的支护施工完成，现场三通一平，做好施工测量与监测工作。
 - 2、边坡开挖完成前，防止地表水冲刷边坡，影响基坑，必须完成基坑截排水，截水沟、排水沟截面尺寸符合设计要求。
 - 3、级配碎石：对级配砂石进行技术鉴定，如是人工级配砂石，应将砂石拌合均匀，其质量均应达到设计要求或规范要求，人工级配砂石配合比：3:7。冻结的天然级配砂石不得使用。
 - 4、分层铺筑碎石：铺筑砂石的每层厚度，一般15~20cm，不宜超过30cm，分层厚度可用样桩控制。视不同条件，可选用夯实或压实的方法。大面积的砂石垫层，铺筑厚度可达35cm，宜采用6~10t的压路机碾压。为保证铺设厚度的精确性，铺设前应进行试铺且按要求进行夯实，由此确定铺设厚度的可行性。碎石地基地面宜铺设在同一标高上，如深度不同时，基土面应挖成踏步和斜坡形，搭槎处应注意压（夯）实。施工应按先深后浅的顺序进行。分段施工时，接槎处应做成斜坡，每层接槎处的水平距离应错开0.5~1.0m，并应充分压（夯）实。铺筑的砂石应级配均匀。如发现砂窝或石子成堆现象，应将该处砂子或石子挖出，分别填入级配好的砂石。
 - 5、平整压实：夯实或碾压的遍数，由现场试验确定。用蛙式打夯机时，应保持落距为400~500mm，要一夯压半夯，行行相接，全面夯实，一般不少于3遍。采用压路机往复碾压，一般碾压不少于4遍，其轮距搭接不小于50cm边缘和转角处应人工或蛙式打夯机补夯密实。
 - 6、找平和验收：施工时应分层找平，夯压密实，用灌砂法检测压实度。下层密实度合格后，方可进行上层施工。用贯入法测定质量时，用贯入仪、钢筋或钢叉等以贯入度进行检查，小于试验所确定的贯入度为合格。
- 最后一次压（夯）完成后，表面应拉线找平，并且要符合设计规定的标高。



级配碎石换填施工工艺流程图



级配碎石换填成型

3.2 抗浮锚杆

工艺说明:

- 1、测量放样：锚杆孔位允许偏差为 $\pm 150\text{mm}$ ；孔深大于锚杆设计长度 10cm ，直径大于杆体直径 15mm 。
- 2、钻机就位：安装潜孔钻机，将钻机底座垫塞平整，调整钻杆成垂直状态，钻头对中桩位，水平方向孔距误差不超过 10cm 。对中调平后，启动钻机进行钻孔。开始作业时采用低档钻进，确保开孔位置准确，不要因开孔时钻机晃动过大而偏位。当钻具钻进深度超过 1m 后再选用中速档或高速档钻进。
- 3、终孔：终孔后用高压风清除孔内余渣，质检员报监理工程师验孔，量测孔深、孔径、垂直度。孔径不小于设计孔径，锚孔深度不应小于设计深度，也不应大于设计深度的 500mm ，垂直度不大于 1% 。
- 4、锚杆验收：锚杆打入长度不小于设计的 95% 。水泥浆体强度达 10.0MPa 后方可上紧垫板螺母，锚杆垫板与喷射混凝土面密贴。

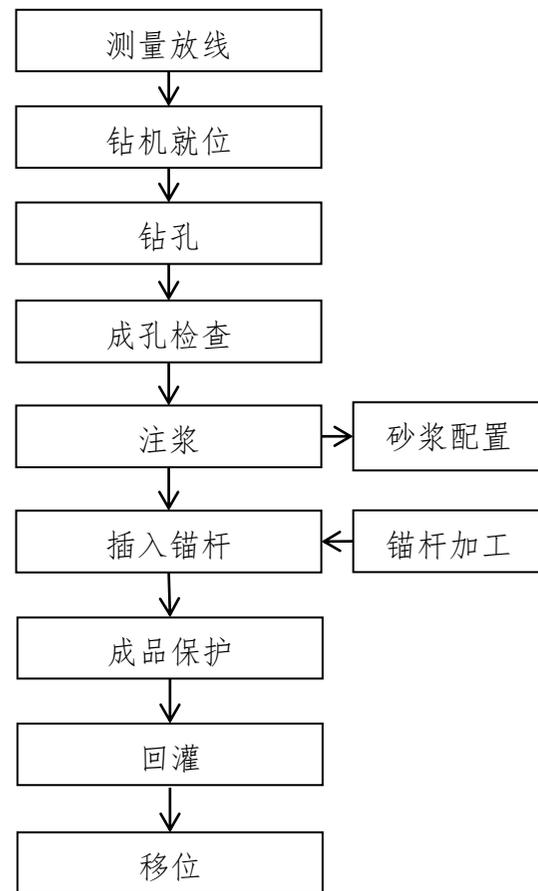


锚杆钻眼



抗浮锚杆

其余地基处理施工工艺详见前面第一章1.3节。



抗浮锚杆施工工艺流程图

4 现浇钢筋混凝土结构

4.1 钢筋工程

工艺说明：

1、按图纸和操作工艺标准向班组进行交底，对钢筋绑扎安装顺序予以明确规定：施工方案中，对于锚固、搭接、连接等各节点的引用应给予明确，统一方案、施工、验收依据一致。

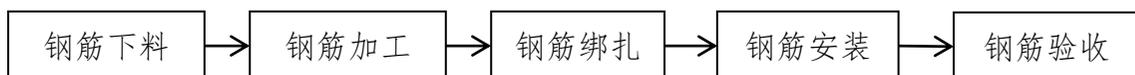
2、钢筋连接：

(1) 绑扎及焊接：钢筋应满绑扎，绑扎方向应错开，不可往同一方向绑扎。钢筋绑扎接头的搭接长度及接头位置应符合结构设计说明和规范规定。钢筋焊接应满足焊接长度，保证焊缝饱满无缺陷或焊包高度满足要求，必须敲除焊渣，焊接接头两端纵筋中轴线在一条直线。

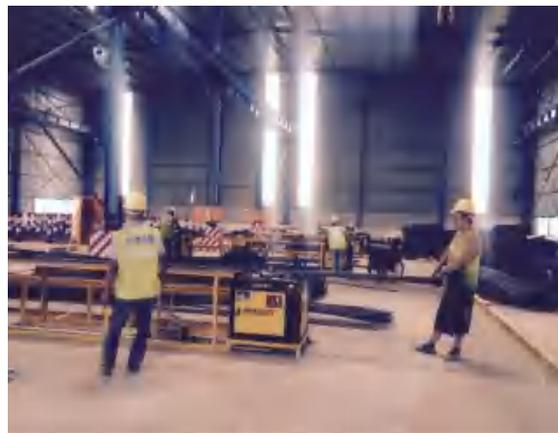
(2) 机械连接：直螺纹丝头切口端面与钢筋轴线垂直，不能有马蹄形或挠曲。采用钢筋切断机下料时，必须根据钢筋大小采用特制的带半圆弧的刀片或者采用砂轮切割机进行下料。在丝头加工时应每种规格的丝头螺纹进行外观质量、螺纹尺寸（采用环规）、螺纹长度、螺纹数自检，做好检验记录，按规格分类堆放整齐。安装完成的外露丝扣不得大于2P。连接钢筋时应采用扳手或管钳进行旋拧，应使钢筋丝头在套筒中央位置相互顶紧，安装后必须有外漏螺纹且不超过2P，钢筋接头拧紧后采用力矩扳手进行拧紧力矩值检查并做好检查表示和检查记录。

3、梯子筋加工时以剪力墙纵向筋为主架骨，水平筋为支筋，通过焊接方式将主筋与支筋连接。梯子筋的具体做法要依据施工方案，水平筋在竖向筋外侧时，梯子筋的主架骨间距为墙体厚度减去2个保护层厚度减去2个水平筋厚度，水平筋内置时为墙体厚度减两个保护层。

4、钢筋隐蔽前验收：钢筋的型号规格必须符合设计要求和有关标准的规定，并需经检验合格；钢筋的表面必须清洁；钢筋规格、形状、尺寸、数量、间距、锚固长度、接头位置，必须符合设计要求和施工规范的规定；钢筋焊接或机械连接接头的机械性能结果，必须符合钢筋焊接及机械连接验收的专门规定；钢筋保护层厚度措施到位。



钢筋工程施工工艺流程图



钢筋集中加工



钢筋安装过程复核



弹线后绑扎底板筋，垫块间距1m



按间距梅花形1m×1m摆放马镫筋



底板钢筋安装



加腋钢筋安装



结构外侧侧墙钢筋临时固定



在墙体中设置双型定位卡具，梅花型布置，保证保护层厚度



顶板底模上弹线控制钢筋间距

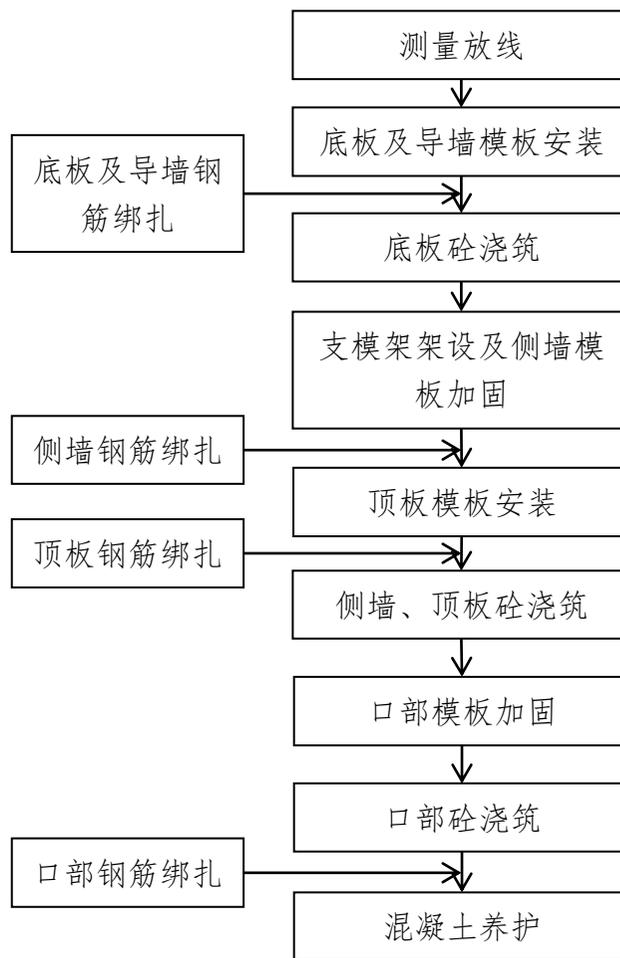


顶板钢筋成型观感

4.2 模板工程

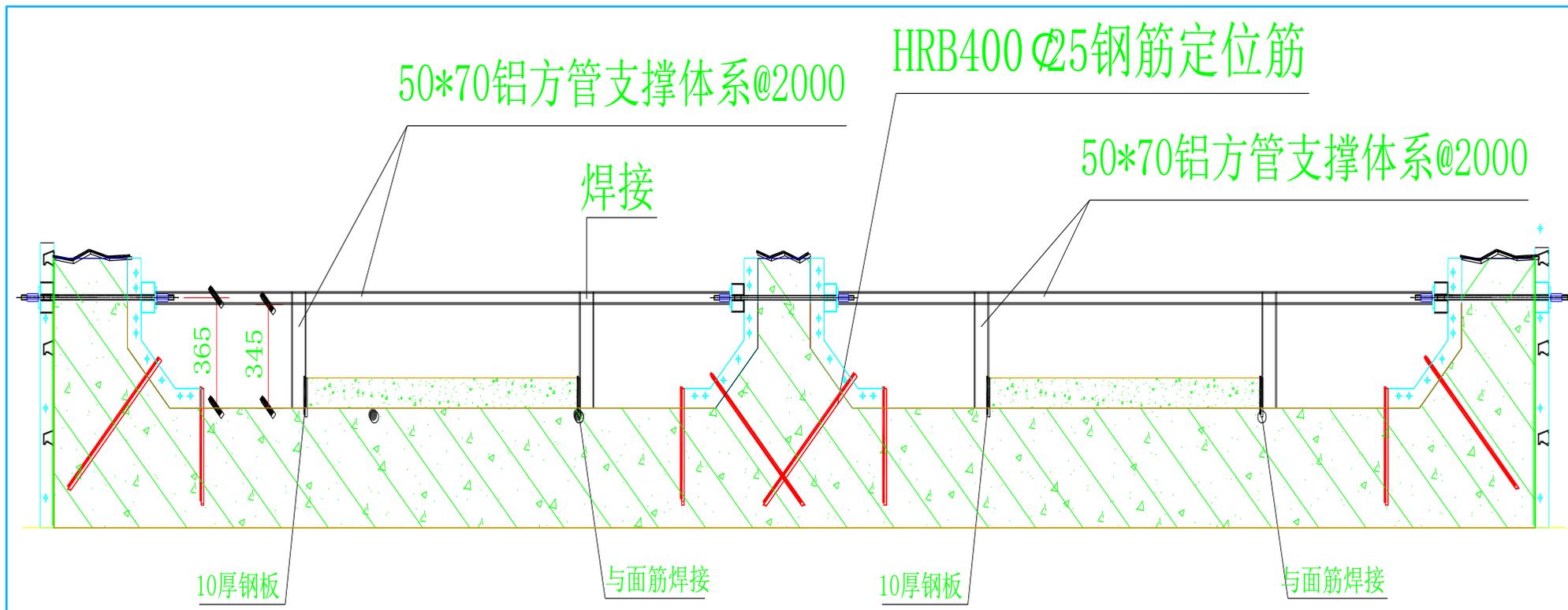
工艺说明:

- 1、施工准备：模板施工方案及配模计划齐全，并进行交底；模板按照放样尺寸制作；拼接相邻两模板表面高低差控制在2mm 以内，使用材料必须满足方案及规范要求，模板应涂刷脱模剂，编号分类堆放，二次周转使用前必须清理干净。
- 2、垫层模板：垫层混凝土模板要求安拆快速，顶标高控制要求高，采用10# 槽钢或方木，槽钢或方木在使用前进行调直整平。支模时，挂高程线，使槽钢或方木顶面即为要浇筑垫层顶面。
- 3、测量放线：按图纸要求弹出横竖向轴线、墙边线及控制线；墙边线采用墨线沿设计柱边位置弹出框线；边框线宜两端各延长不少于20cm, 备做吊线检查使用。
- 4、剔凿导墙水平施工缝：剔除砼浮浆，凿毛直至露出均匀的石子；凿毛深度不小于5mm, 应将剔凿点间距控制在20~30mm 以内，凿毛应覆盖柱边线内全部范围；剔除的浮浆残渣及时清理，并用水冲洗干净。应经过监理和业主检查验收。
- 5、侧墙模板安装：侧墙模板支搭牢固、稳定，模板的垂直度误差不大于6mm, 断面尺寸不超过规定的±4mm, 平整度误差不超过5mm。模板背楞和对拉螺杆应符合设计要求, 对拉螺杆间距不大于500mm。
- 7、满堂架搭设：架体搭设应符合规范及模板设计专项施工方案要求；梁下支柱支承在基土面上时，应对基土平整夯实，满足承载力要求，并在立杆底加设厚度<100mm 的硬木垫板或混凝土垫板等有效措施，确保混凝土在浇筑过程中不会发生支撑下沉。支架立杆的垂直度偏差不宜大于5/1000, 且不应大于100mm。在立杆底部的水平方向上应按纵下横上的次序设置扫地杆。
- 8、模板拆除：遵循“先支的后拆、后支的先拆，先拆非承重模、后拆承重模，先拆侧模、后拆底模和自上而下”的拆除顺序。墙模和侧模等非承重模板在砼强度达到能保证其表面及楞角不因拆除模板而受损坏时方可拆除。



模板工程施工工艺流程图

4.2.1 底板支模体系



常规支模条件下管廊底板整体铝合金支模体系

管廊底板处设计有 150×150 的倒角，传统式的木模板支撑体系，对主体结构施工节点处的模板加固处理存在困难，难以保证模板的整体稳定性，通过现场实施做试验，管廊底板倒角处统一采用整体式的铝合金定型模板体系，确保主体结构的整体工程质量。

4.2.2 模板工艺流程



涂刷脱模剂



保护层厚度检查



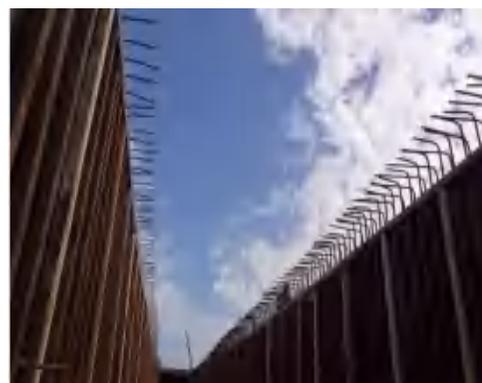
底模净空尺寸复核



设置侧墙保护层垫块



导墙施工缝凿毛



在导墙上弹线、固定木条，侧墙模板安装时往下覆盖20cm宽，以减少拼缝

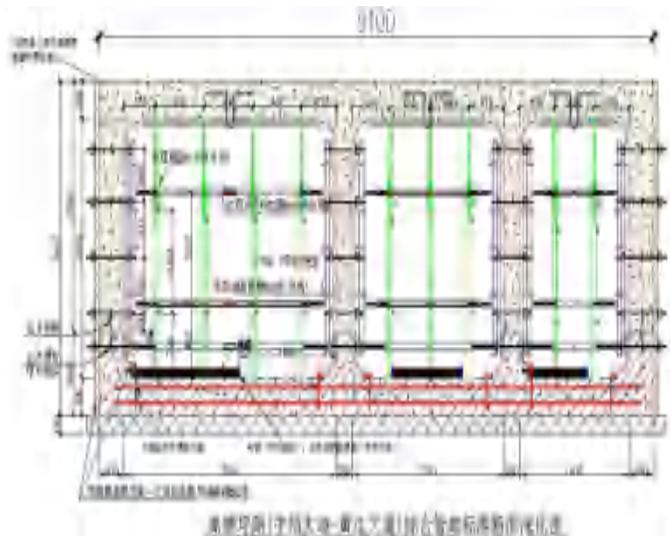


按照红线规定搭设支模架体系

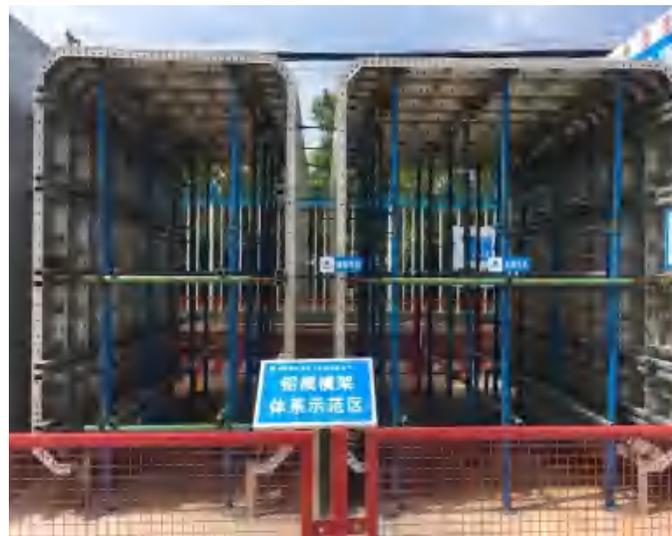


顶板模板安装观感

4.2.3 铝模应用



标准断面深化设计



铝模体系样板示范区



内部展示-1



内部展示-2



细节展示-1



细节展示-2

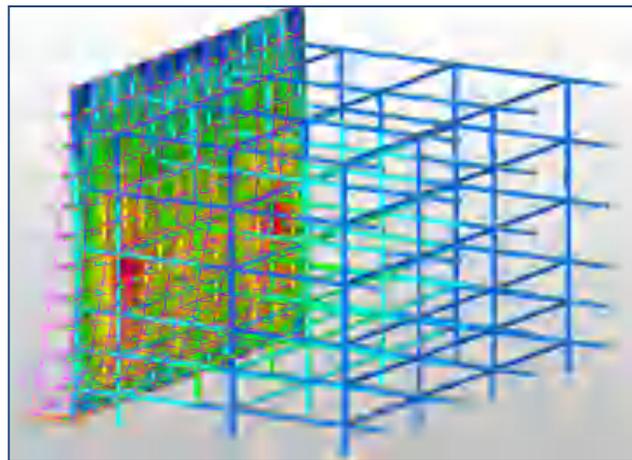
4.3 单边支模工程

4.3.1 单边支模体系

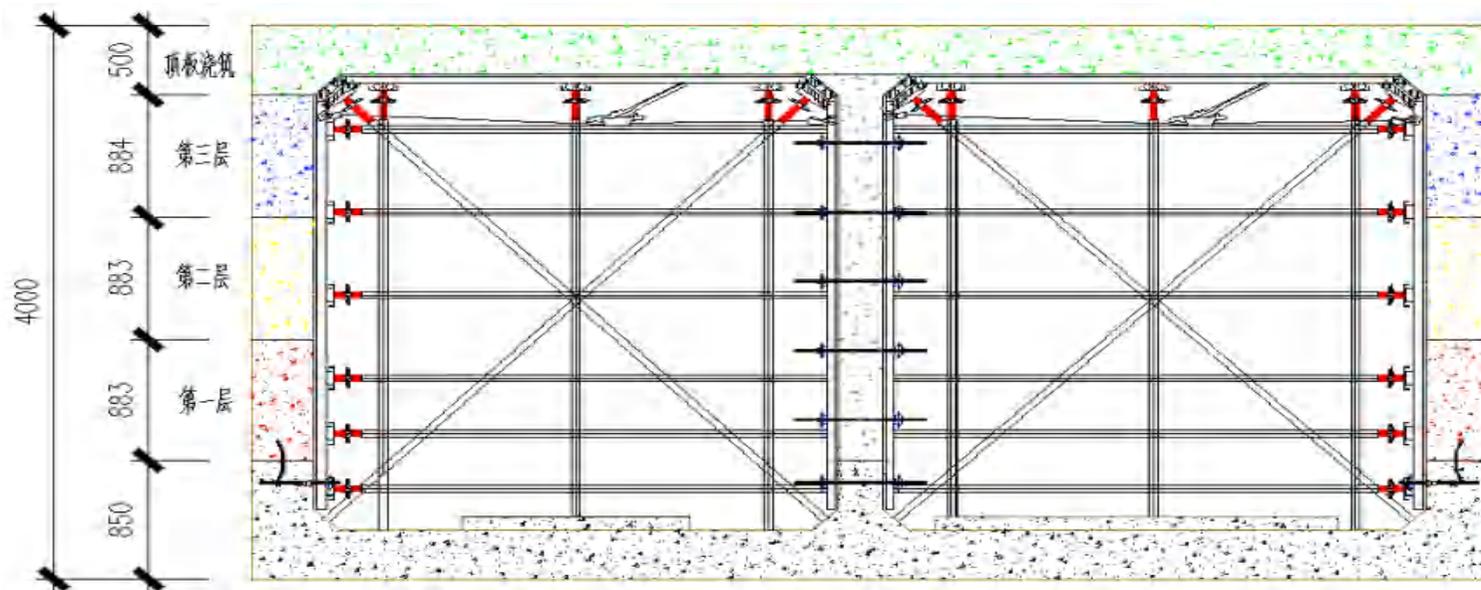
受力分析：

单边支模采用MIDAS计算（一次性浇筑成型），可以看出侧墙中下部的局部出现明显应力集中，底部受老墙螺栓固定，变形相对较小，模架体系受到较大侧向压力。根据计算结果，从混凝土浇筑顺序着手，通过反复验算和现场实施情况（PDCA），提出适用于湘府西路单边支模的减小侧壁混凝土压力的合理浇筑顺序，具体内容如下：

- 1、主体结构混凝土浇筑分三次施工；第一次先浇筑底板、第二次浇筑中墙、第三次浇筑外墙及顶板。
- 2、其中第三次混凝土浇筑时分层对称浇筑，最后由中间往两侧浇筑顶板，如右图所示。浇筑时注意振捣密实，且在初凝前接上第二次浇筑混凝土，避免产生施工缝。

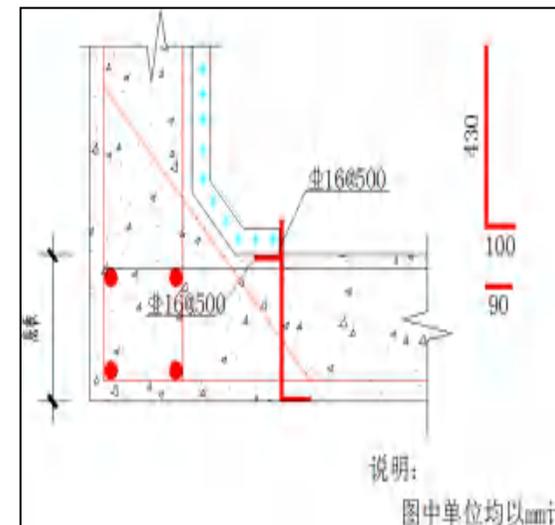
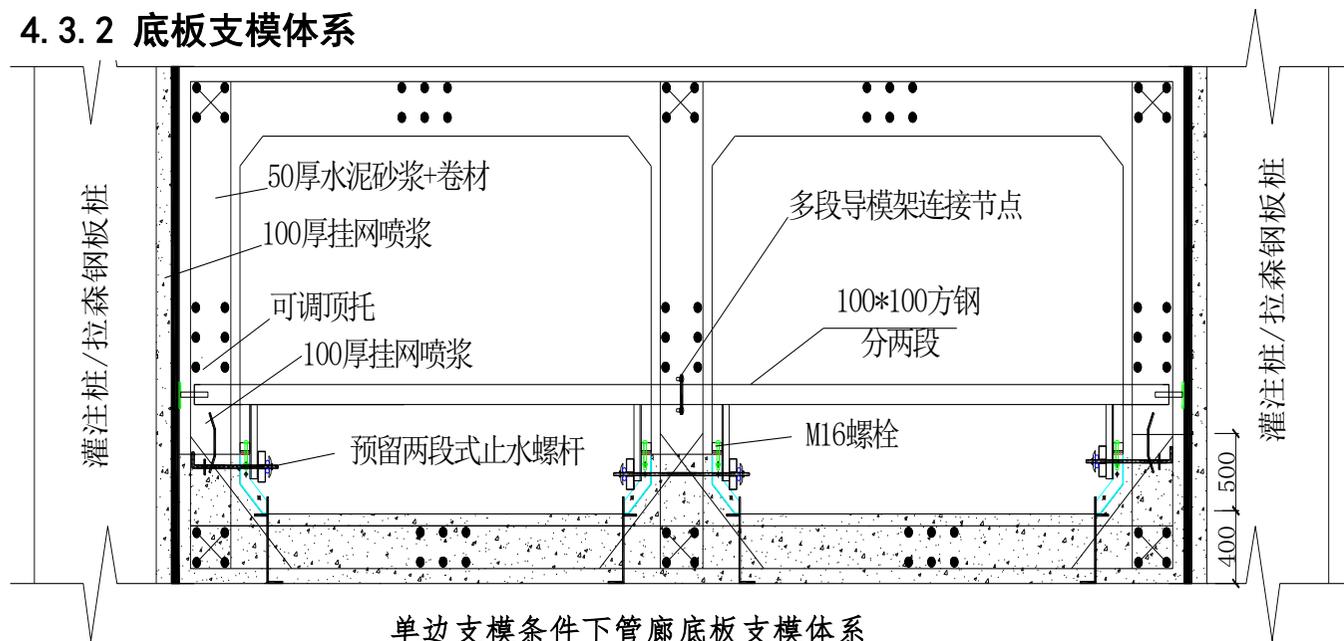


MIDAS计算受力分析模型

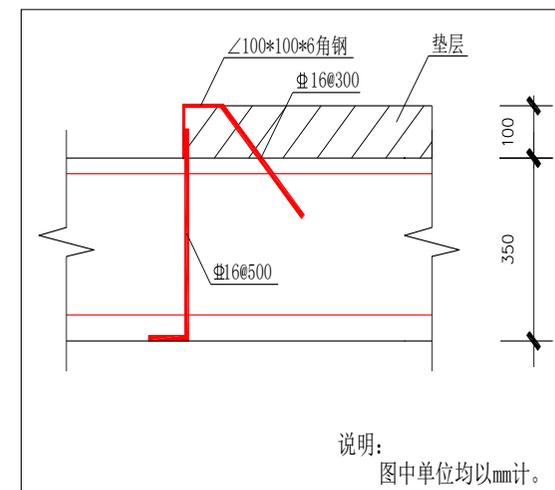
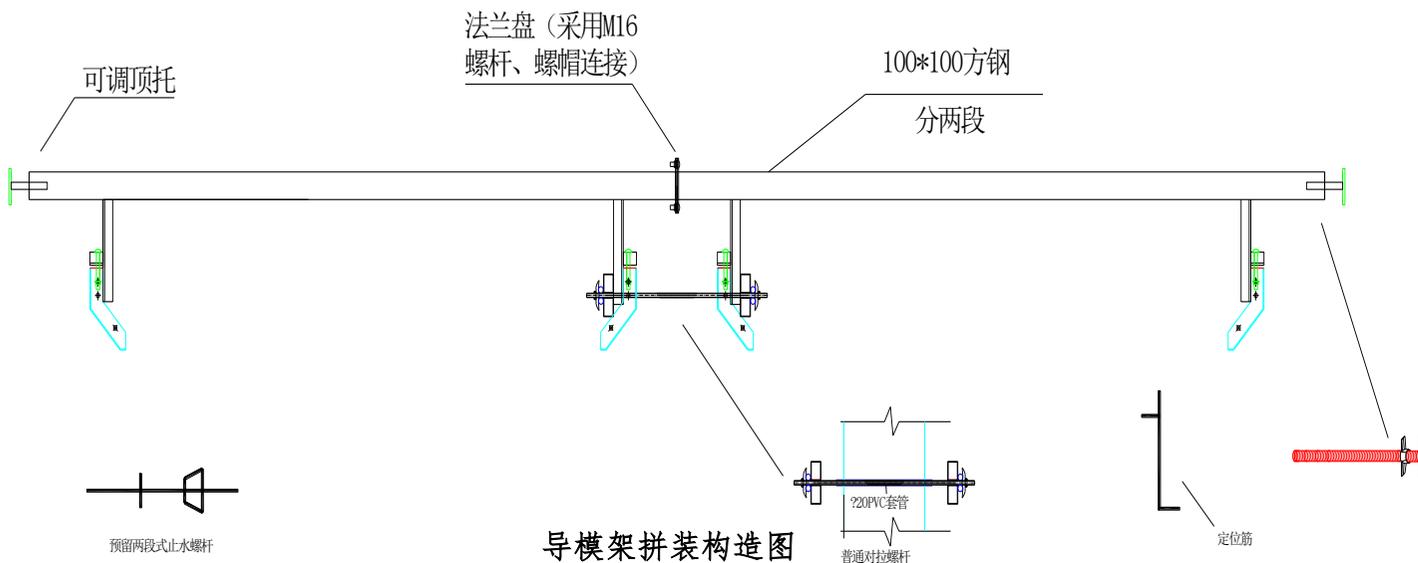


单边支模合理浇筑顺序示意图

4.3.2 底板支模体系



“L”型支撑筋



垫层角钢



导模架



“上顶”



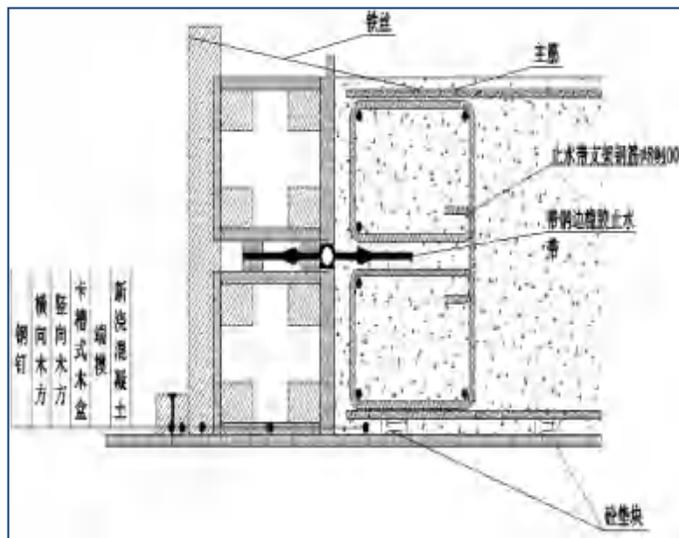
中墙连接



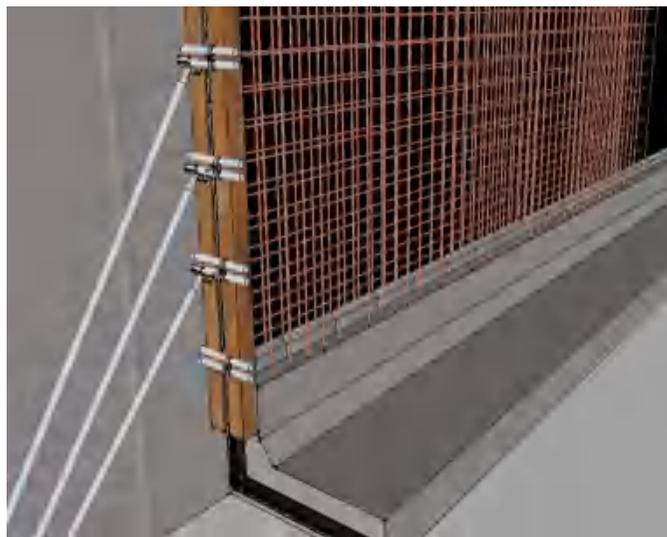
“下联”

反边导模架支撑系统采取「上顶、下联」的形式固定，以此达到既固定导墙模板控制侧墙垂直度以及净空，又不破坏管廊两侧防水层的目的。

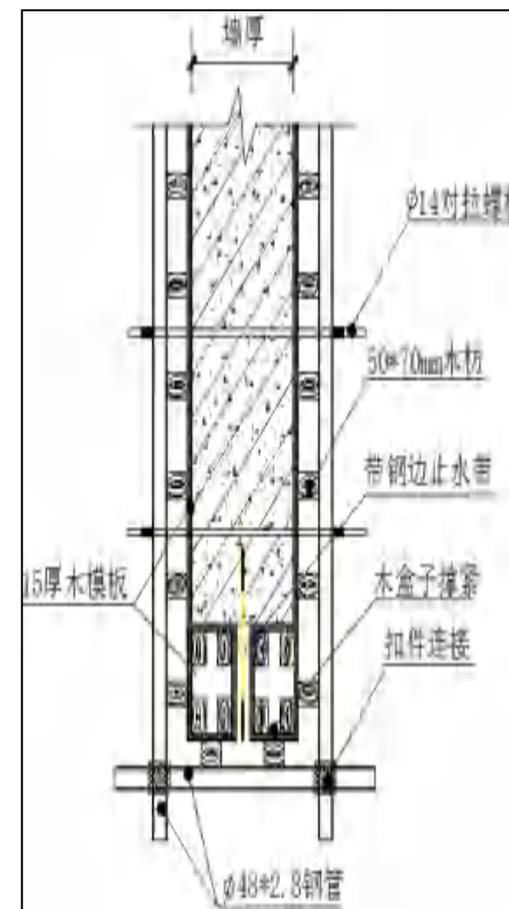
4.3.3 木质箱式端模



板-箱式端头堵模



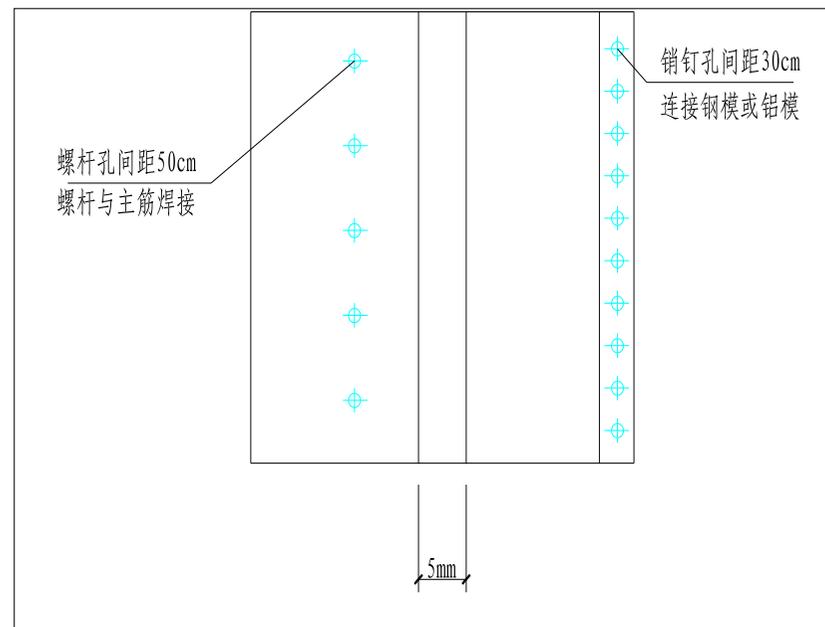
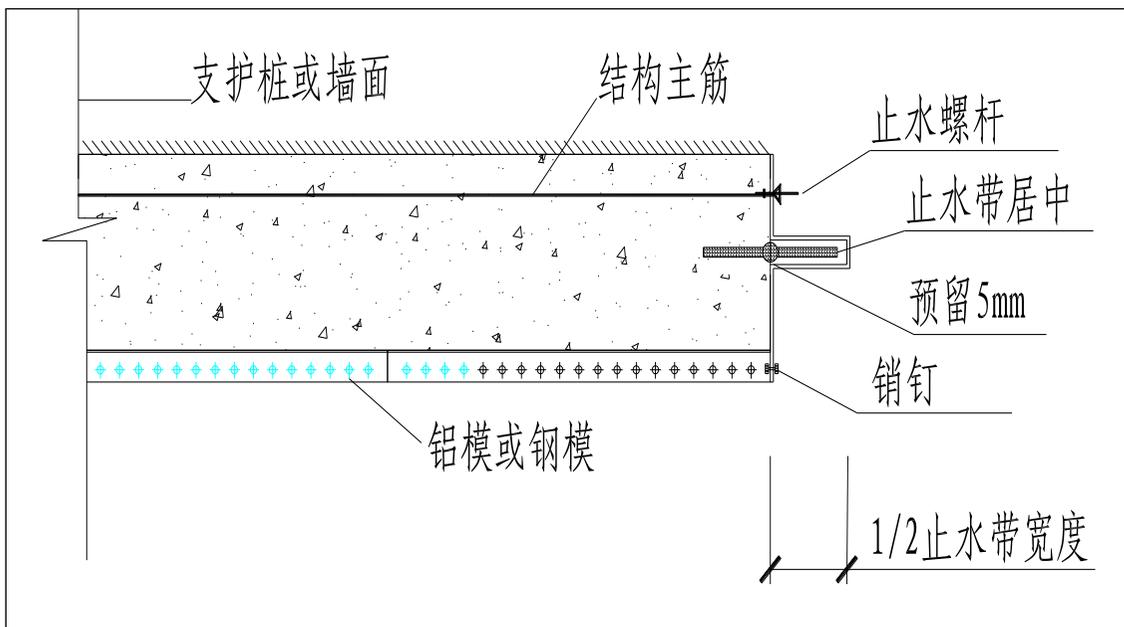
侧墙-箱式端头堵模



中墙-箱式端头堵模



4.3.4 铝质“π”型端模



“π”字型铝合金端模



标准段反边支模现场照片

1、现场实施：

安装前先对模板进行校正，以保证端模安装能定位准确；对侧墙、顶板、转角以及隔墙进行分类堆码，并按编号进行拼装，要求销钉、螺杆安装到位，拼缝紧密。

2、效果验证：

根据现场控制并实测实量：

- 1) 止水带横向安装，偏差满足不超过5cm的要求；
- 2) 止水带的纵向安装，偏离中心满足不超过3cm的要求；
- 3) 止水带与结构端头模板基本正交；

不足之处：相比木质箱式端模，“π”字形端模侧墙部位易受基坑侧壁平整度等因素影响，调整相对困难；

3、根据现场实践，建议单边支模端部采用木质端模相对合理。

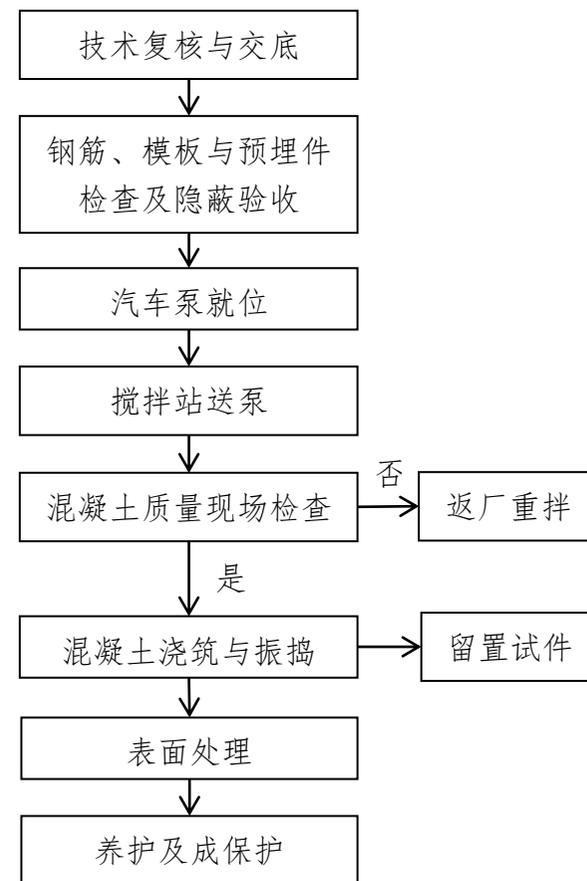


现场照片

4.3 混凝土工程

工艺说明：

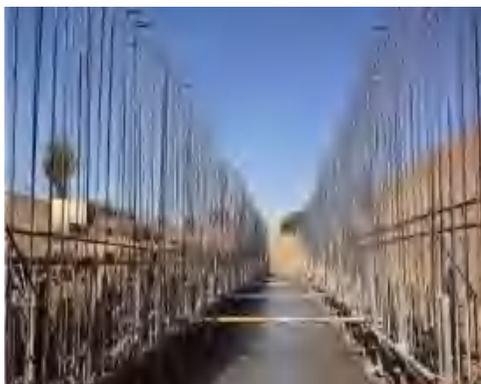
- 1、当混凝土入模时，输送管出口应向下，并尽量接近浇筑面，必要时可有借助溜槽、串筒或挡板，以免混凝土直接冲击模板和钢筋。
 - 2、在高温季节施工时，要在混凝土输送管上遮盖湿麻袋，并每隔一段时间洒水湿润，以避免管道中的混凝土一直吸收大量热量而失水，减少混凝土的温升。在寒冷冬季施工时，混凝土输送管道用保温材料包裹，以防止管内混凝土受冻，并保证混凝土的入模温度。
 - 3、泵送浇筑区域有高差时，宜先浇筑低区部分再浇筑高区部分。
 - 4、混凝土浇筑时分层浇筑并逐层赶浆。使用插入式振捣器应快插慢拔，插点要均匀排列，逐点移动，顺序进行，不得遗漏，做到均匀振实。移动间距不大于振捣作用半径的1.25倍（一般为300~400mm）。振捣上一层时应插入下层5~10cm，以使两层混凝土结合牢固。振捣时，振捣棒不得触及钢筋和模板。表面振动器（或称平板振动器）的移动间距，应保证振动器的平板覆盖已振实部分的边缘。
 - 5、混凝土要求边振捣边排出泌水，并在初凝前1h~2h用木抹子抹平，以消除早期有可能产生的收缩裂缝，夏季施工时覆盖塑料膜浇水保湿养护。冬期施工时覆盖草帘被保温养护。
 - 6、养护：混凝土养护严格按有关规范、规程的规定进行。在炎热天气下，在混凝土密实成型后进行30分钟的早期养护，不允许在无覆盖的情况下直接在混凝土表面上浇水养护；混凝土浇筑完后，应在12h内加以土工布或麻袋覆盖浇水。混凝土必须带模养护3天方可拆模，养护时间不小于14天。
- 养护用水的质量与拌制混凝土相同。每天浇水次数不少于7次，以能保持混凝土表面经常处于湿润状态为宜。拆模时混凝土表面温度与环境之差不得超过15℃，以防止混凝土表面产生裂缝。底板、顶板待混凝土终凝后分块砌筑120mm高的1/2砖墙，采用蓄水100mm深养护7d。



混凝土工程施工工艺流程图



垫层混凝土浇筑



底板、导墙混凝土浇筑成型



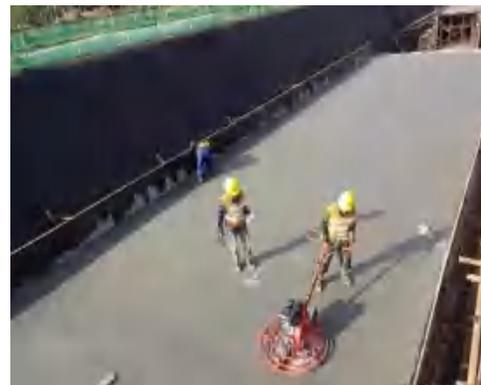
顶板混凝土浇筑



同条件混凝土试块制作



混凝土第一次收面、压光



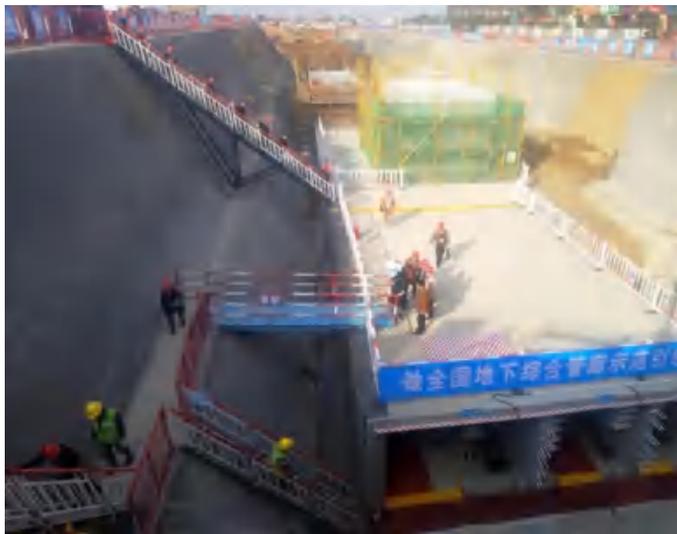
初凝后磨光



混凝土覆膜、洒水养护



顶板混凝土成型观感



5 防水工程

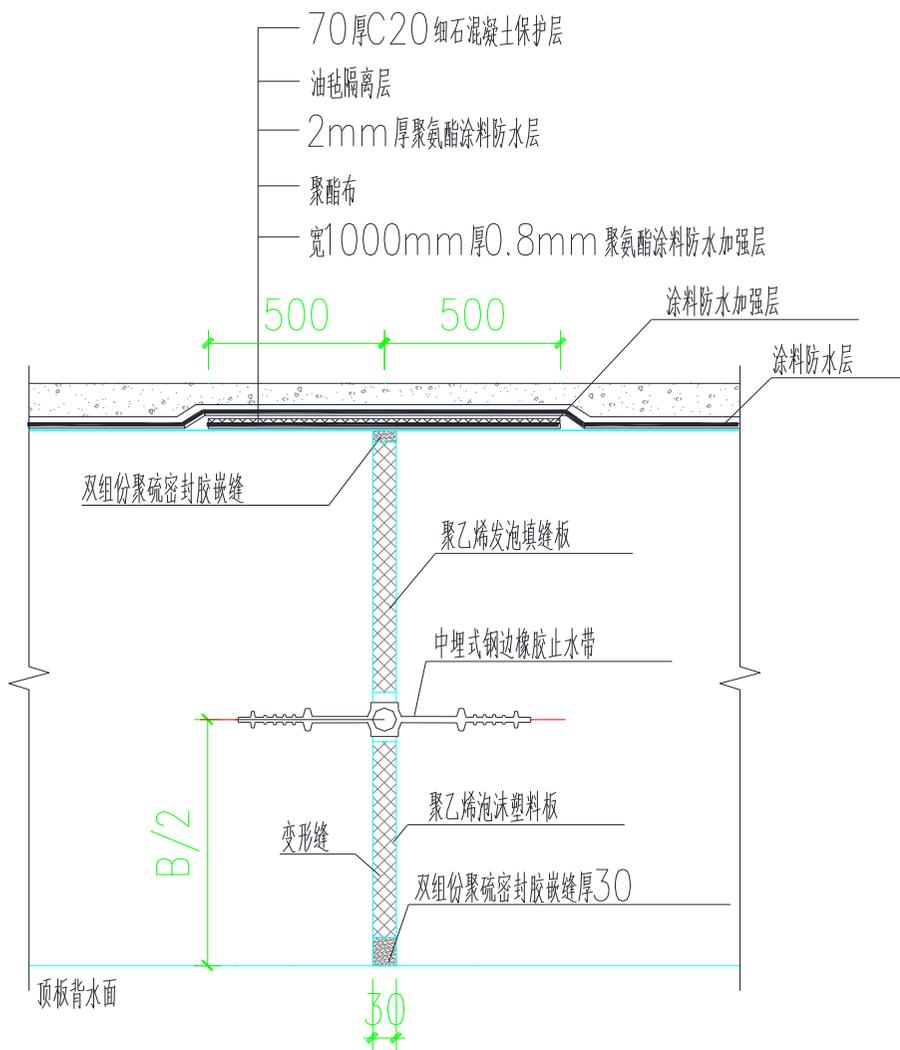
工艺流程：

- 1、砼自防水工艺流程：作业准备→混凝土搅拌→运输→混凝土浇筑→养护→质量验收。
- 2、螺杆洞封堵工艺：清理垫块→外表剔除塑料垫片→内侧防水砂浆封堵（预留20mm）→外出防水砂浆封堵抹平→基层底涂料处理→外侧涂刷聚氨酯防水涂料→封堵后高压喷水30分钟以上验收。
- 3、卷材施工工艺：涂刷基层处理剂→节点附加层等细部防水处理→试铺、定位、弹基准线→撕去卷材底部隔离纸→铺贴自粘卷材→辊压、排气→搭接缝密封材料封边→收头密封→清理、检查→验收。
- 4、防水涂料施工工艺：基层表面处理→涂聚氨酯底涂料→局部增强→涂刮聚氨酯涂料→表面保护。
- 5、带钢边橡胶止水带施工工艺：材料准备→悬挂橡胶止水带的架体搭设→橡胶止水带上部悬挂及进行底板部位安装与固定→底板混凝土浇筑→侧墙及顶板部位橡胶止水带安装与固定→侧墙及顶板混凝土浇筑→管廊另一侧橡胶止水带安装→灌缝（3cm）。

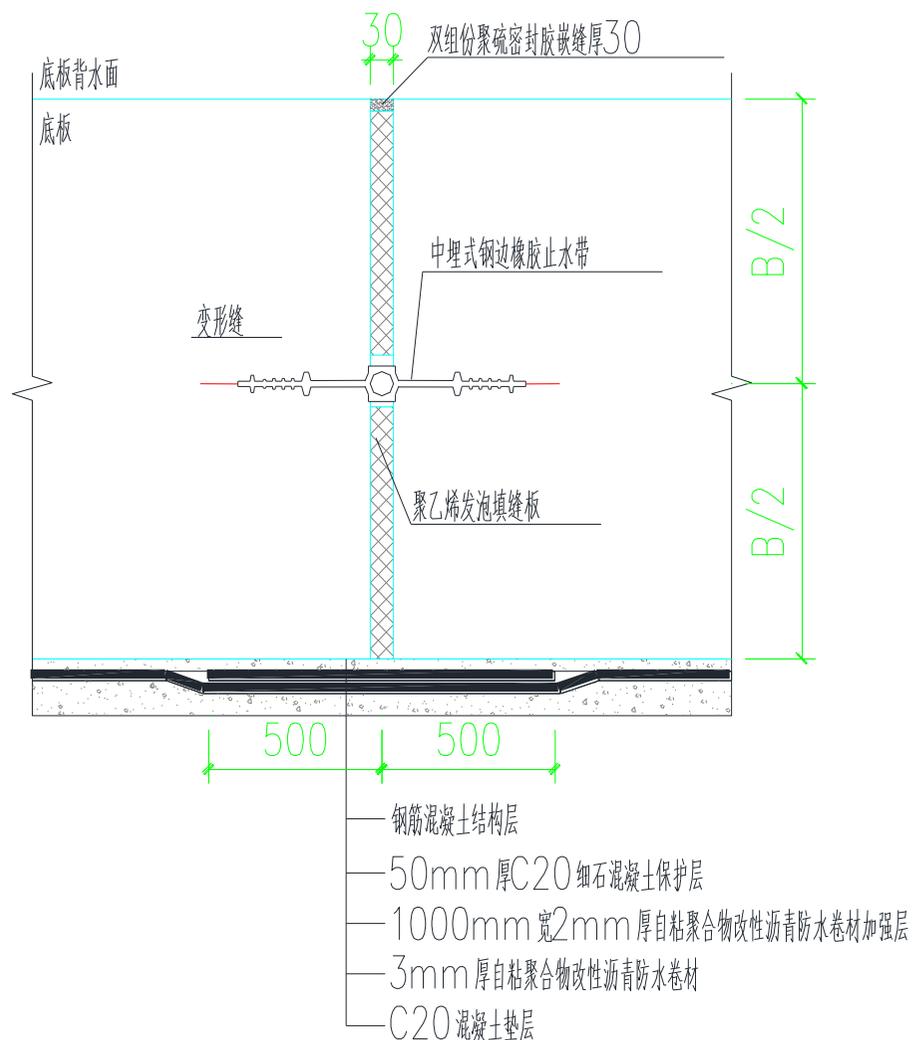
工艺说明：

- 1、卷材防水层的基层应牢固，基层表面应洁净平整，不得有空鼓、松动、起砂和脱皮现象。附加层：管廊底板的集水坑、阴阳角、变形缝等薄弱部位应倒角，铺贴与卷材相同的附加层，宽度不小于300mm，以满粘法施工，底板垫层混凝土平面上的卷材和变形缝等用条粘法施工。
- 2、卷材采用满粘法施工，防止卷材下滑或脱落。防水卷材短边和长边，其搭接宽度均不应小于100mm。采用两层卷材时上下两层和相邻两幅卷材的接缝应错开1/3幅宽，且两层卷材不得互相垂直铺贴。同一层相邻两幅卷材的横向接缝，应彼此错开1500mm以上，避免接缝部位集中。管廊的底板面和侧墙面的转角处，卷材的接缝应留在底板的平面上，距离立面应不小于600mm。封边处理：大面积的卷材铺贴完要对卷材的横竖接缝处进行封边处理，用喷灯接缝烘烤边缘，将流出的热沥青用铁抹子轻轻抹平，使其形成明显的沥青条。
- 3、涂刮聚氨酯涂料一般分三遍施工，涂刮时要求均匀一致，不可过厚或过薄，每遍涂刮厚度一般为0.8mm左右为宜。开始涂刮时，应根据施工面积大小、形状和用料，统一考虑施工退路和涂刮顺序。
- 4、钢边橡胶止水带施工过程中，止水带必须可靠固定，避免在浇注混凝土时发生位移，保证止水带在混凝土中的正确位置。在止水带定位和混凝土浇捣过程中，应注意定位方法和浇捣压力，以免止水带被刺破，影响止水带的止水效果。
- 5、内外侧封堵时：密闭塑料圈凿除后，用1：2水泥防水砂浆补螺杆洞两遍，养护一个星期。防水附加层时：应待聚合物水泥砂浆干燥后（约24小时），在墙体迎水面一侧，施工螺杆位置防水附加层，附加层范围100×100mm。混凝土浇筑等强度达到50%后开始松动螺杆的内外螺冒，强度达100%后割螺杆两端。割螺杆前应先用尖钻子把止水螺杆两端的密封塑料圈凿除。然后再开始割螺杆。

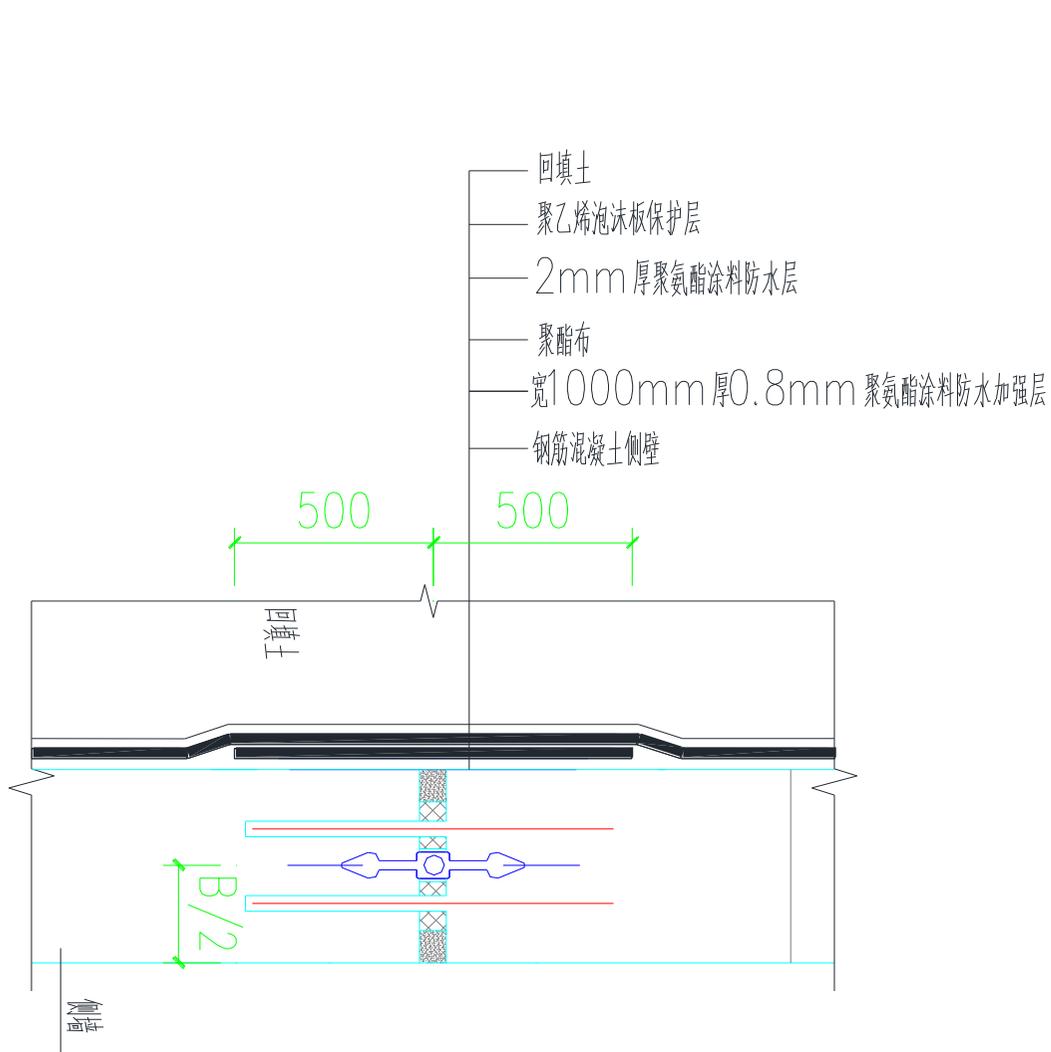
5.1 防水细部构造



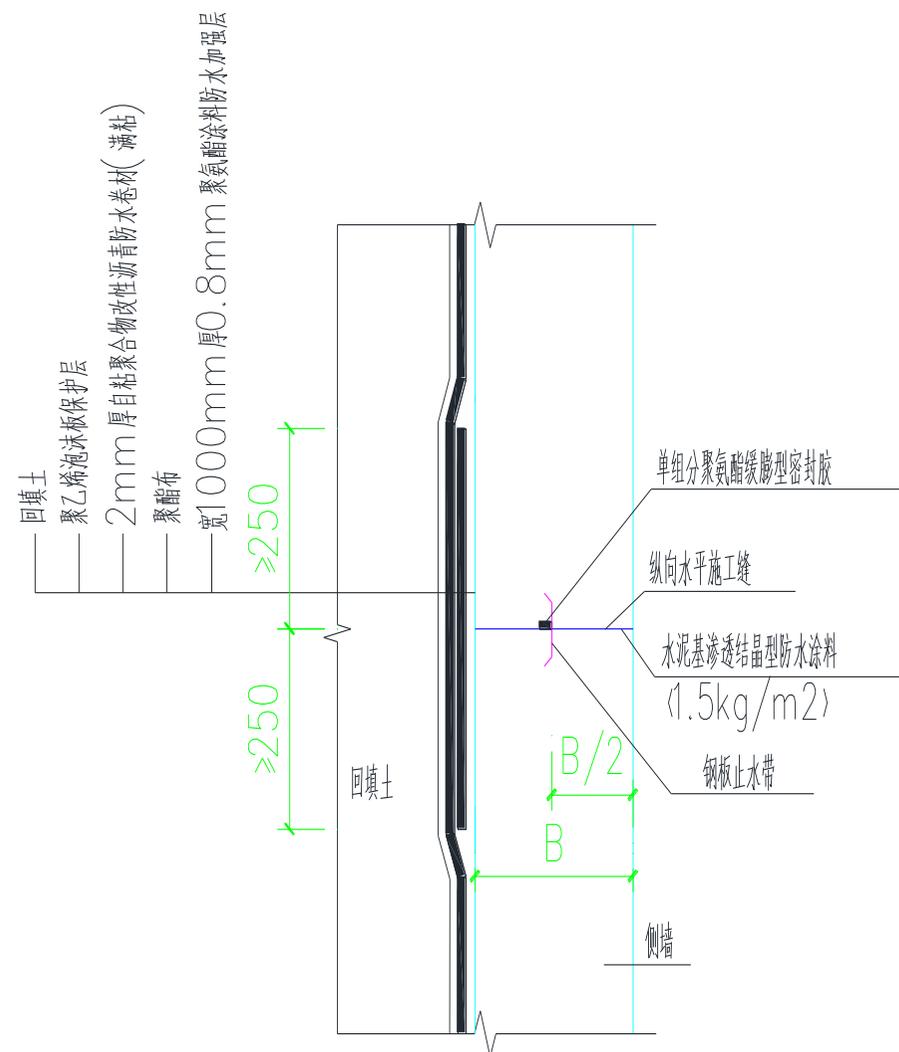
顶板变形缝防水构造示意图



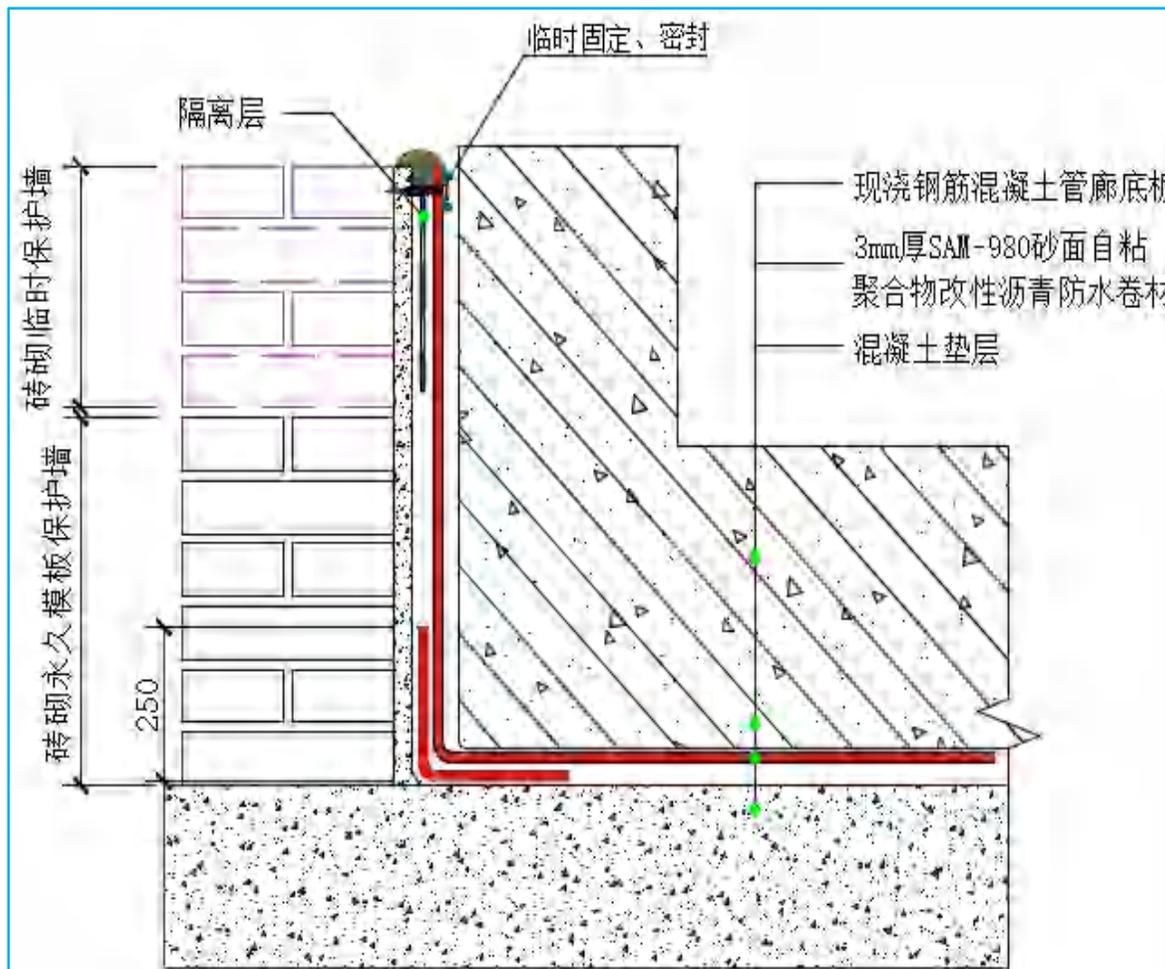
底板变形缝防水构造示意图



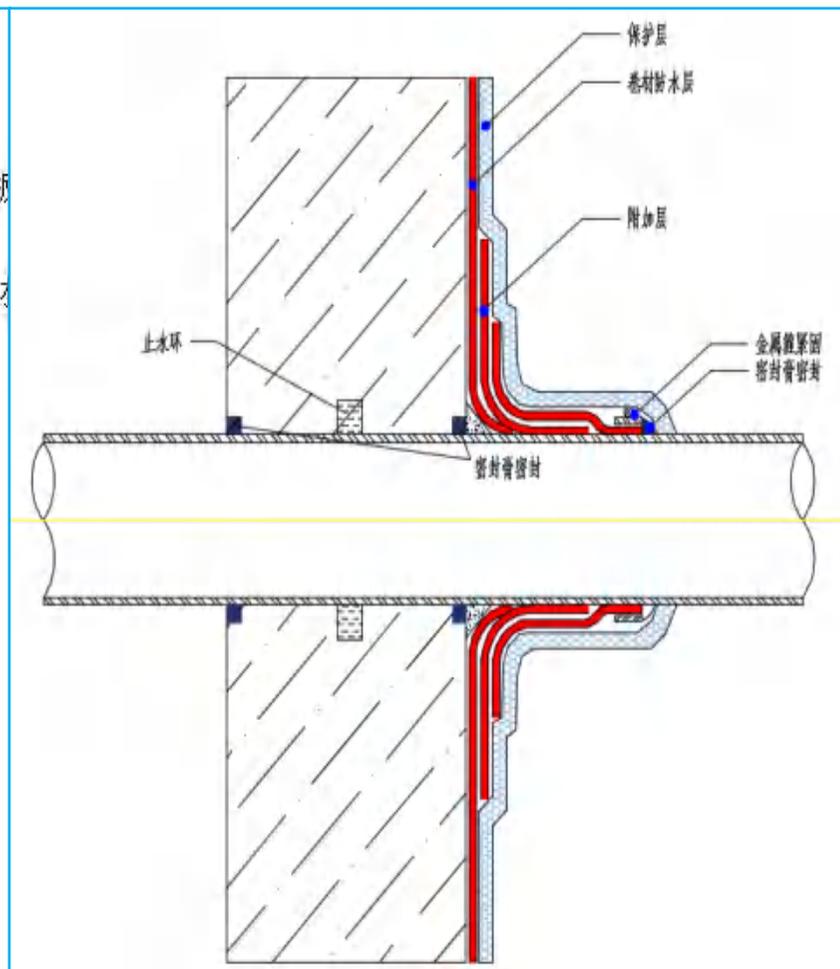
侧墙变形缝防水构造示意图



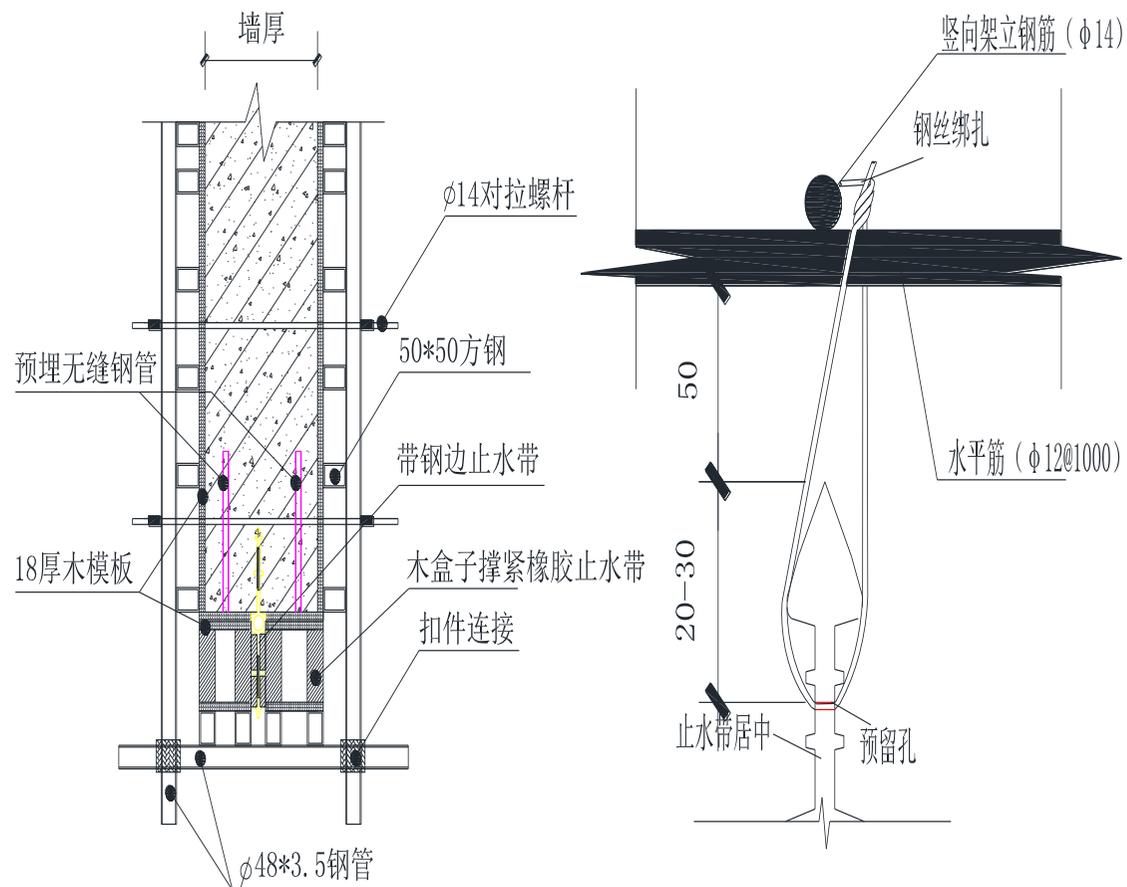
施工缝防水处理详图



底板及甩茬部位防水构造示意图



穿墙管防水构造示意图



顶板与侧墙交接处构造示意图

变形缝、传力杆箱式支模构造示意图

5.2 防水工艺流程



涂刷基层处理剂



底板防水卷材铺贴平整、搭接牢固



底板防水保护层压光收面



止水螺杆封堵施工样板



取出螺杆洞塑料卡，进行第一次封堵



螺杆洞二次封堵后界面处理



聚氨酯涂抹成型质量



阳角附加层、水平施工缝附加层施工



外侧墙竖向卷材粘贴牢固，无翘边、空鼓



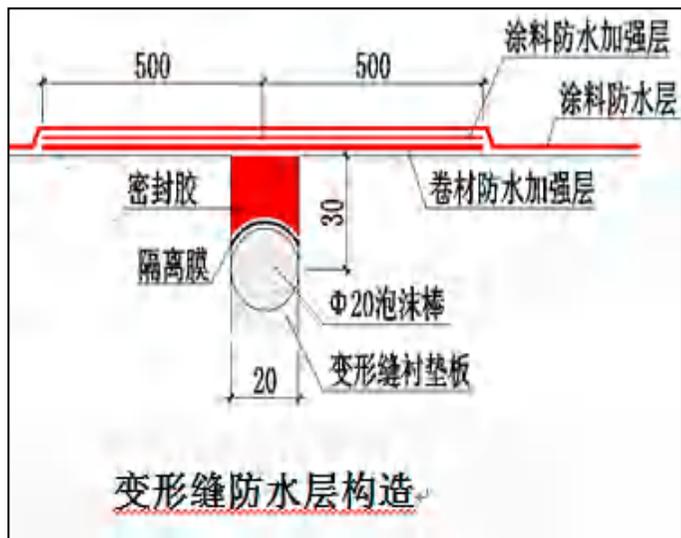
穿墙管SBS防水层构造



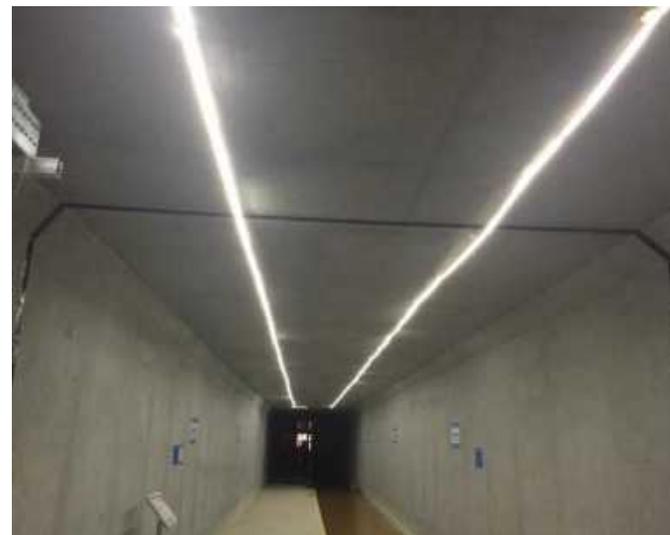
铺设阳角防水加强层



口部卷材收头直接用金属压条直接钉在墙体凹槽上，收头用密封材料封严



防水加强层及嵌缝构造



管廊内部施工缝界面防水处理



管廊外部施工缝防水附加层



施工缝成品保护措施，进行二次防水保护处理



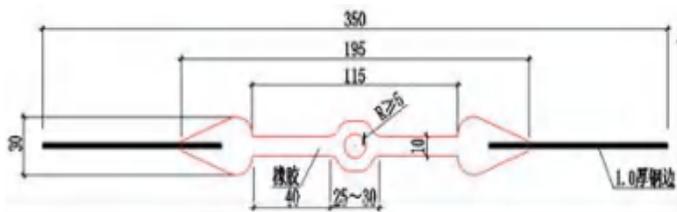
施工缝中埋式镀锌钢板止水带



施工缝止水工艺样板



变形缝细节展示



变形缝中孔型中埋式带钢边橡胶止水带



钢边橡胶止水带工厂定制



绳吊或搭架进行成品保护

5.3 单边支模工程防水



侧壁抹灰



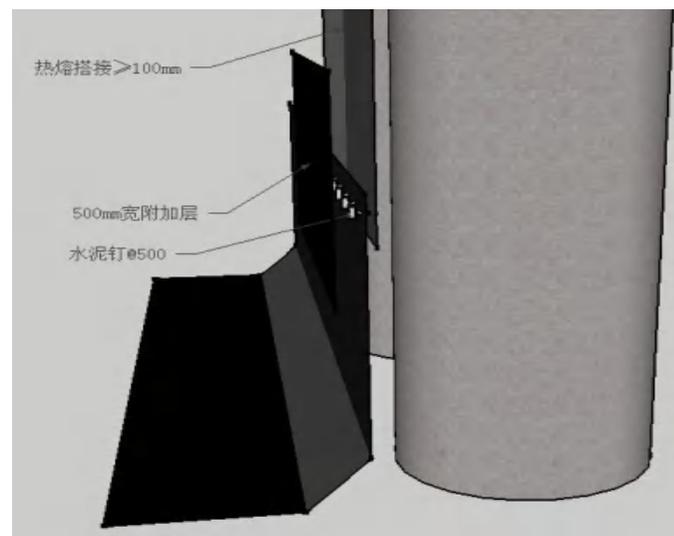
基层处理



卷材施工

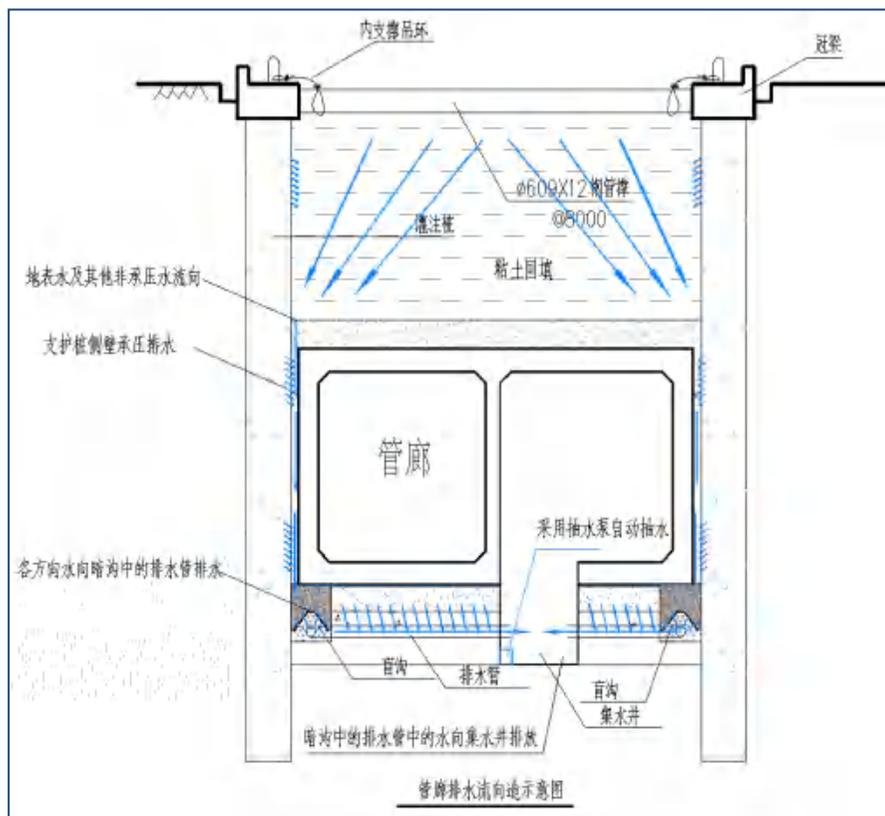
单边支模工程防水及结构净空对基坑侧壁平整度要求极高，主要通过以下来控制：

- 1、基坑开挖：按设计要求土方分层、分段开挖，每段开挖长度控制在30~40m范围，待喷锚施工完毕后再进行下一段开挖；
- 2、人工修坡：机械开挖时坡壁留出10cm的土由人工修平至设计坡度。在确保坡面和边界线符合设计要求的情况下，尽量保持边坡面的平整度。
- 3、经检查确认钢筋、连接等符合设计要求后方可进行混凝土喷射；
- 4、喷射混凝土时应分段、分片依次进行，喷射操作工应控制水的用量，保证混凝土表面平整、湿润光泽，无干斑、滑移流淌现象。

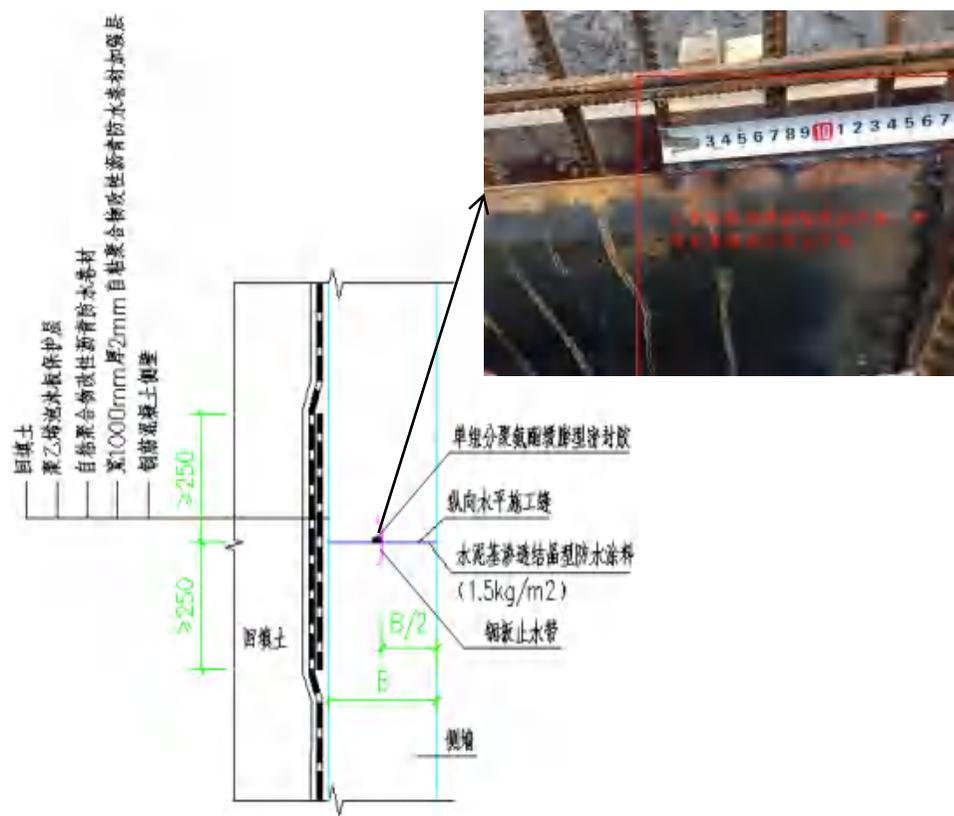


底板阴角防水层处理示意图

5.3.1 防水施工经验-“截”



防水卷材搭接示意图

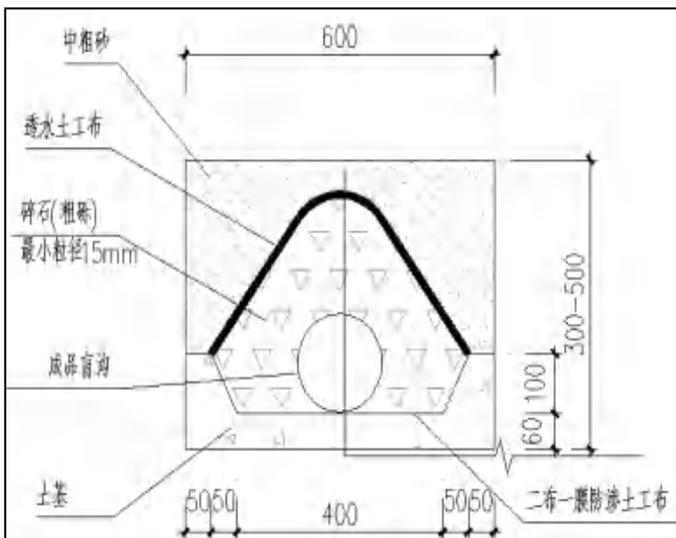


细部处理措施

1、外防外贴法，先立面，后平面；

2、大面积铺贴卷材在已凉干的基层处理剂的基面上，弹好基准线，以热熔法粘结；用汽油喷灯加热烘烤卷材底面和基层表面，使卷材底面的沥青融化，边烘烤边向前滚铺卷材，随后用压辊滚压，挤出卷材与基层之间的空气，使其与基层粘结牢固。注意喷灯火焰与基层、卷材之间的距离，其烘烤温度和时间以使沥青层呈融溶状态为度，不得过分加热避免烧穿卷材；

3、其他参照相关施工图、规范及图集。



盲沟施工图



成品盲管



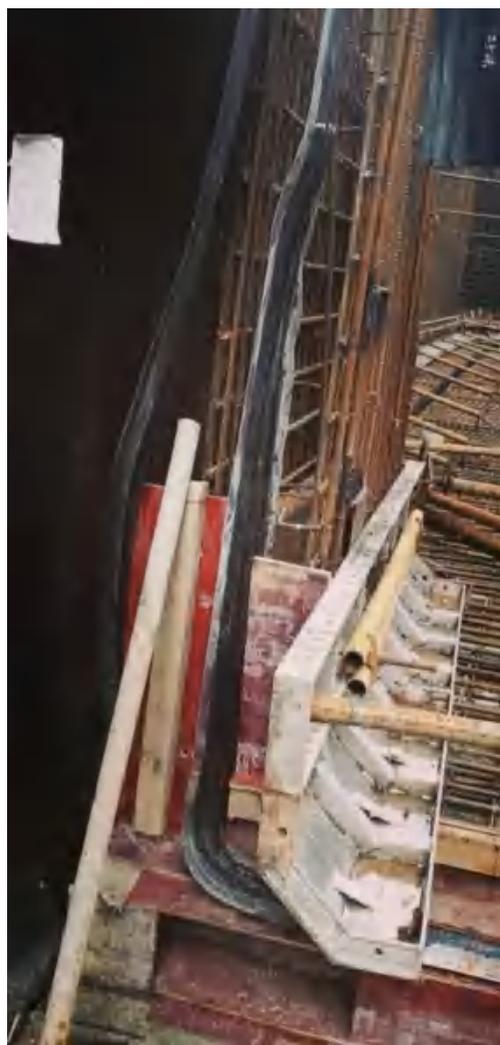
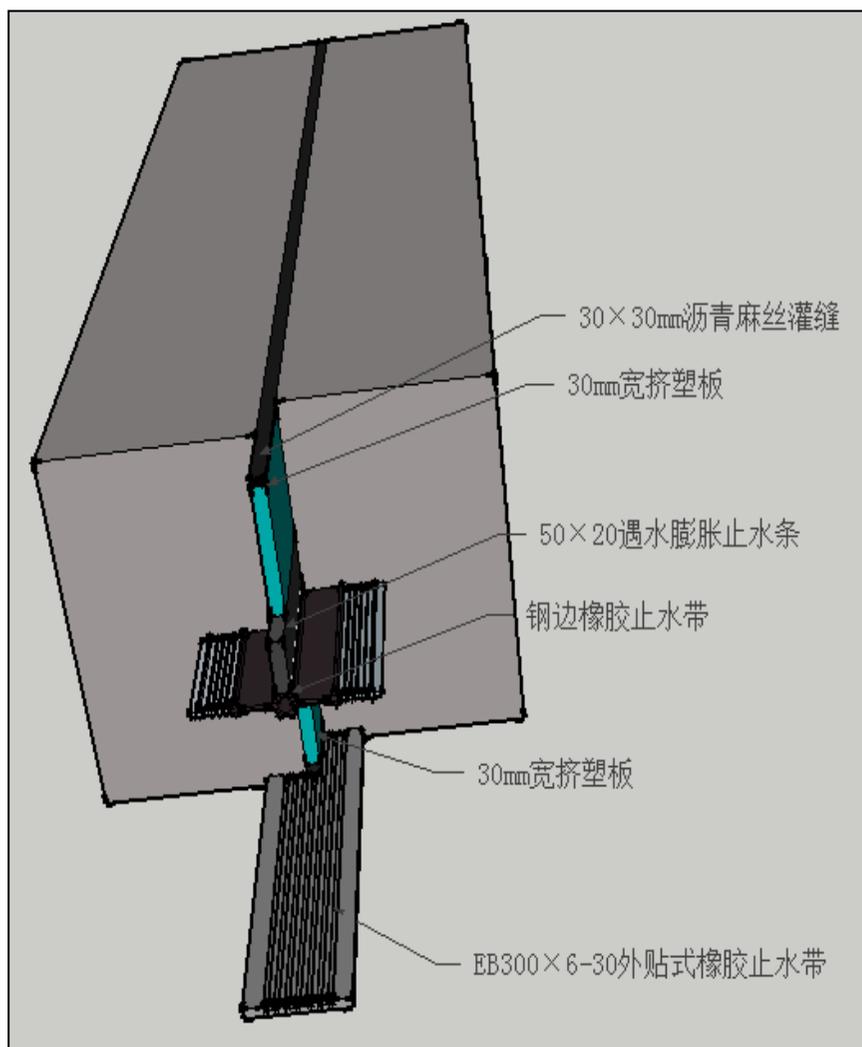
现场成品盲沟埋设-1



现场成品盲沟埋设-2

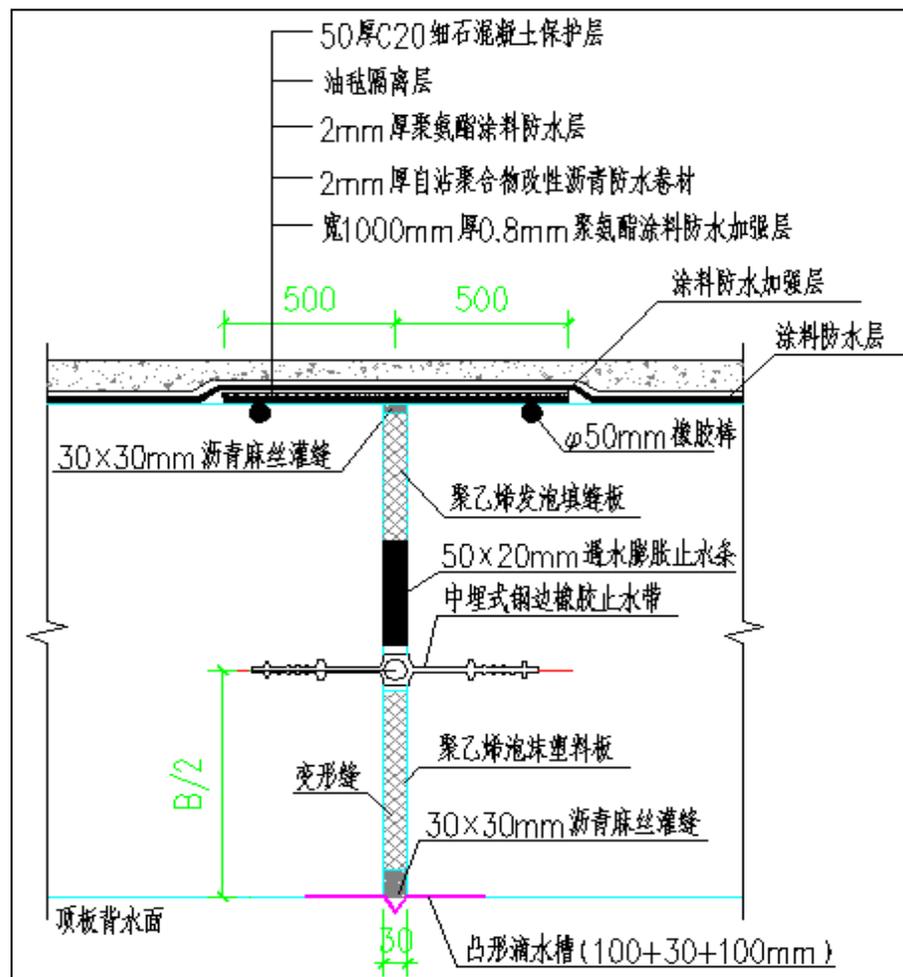
在迎水面防、截措施并举，完善防水体系，原设计管廊底板下的盲沟，此为排水的措施，将盲沟内水如何引入集水井排走。因此，本工程底板增加滤水板及盲管，最终引入集水井排走。

5.3.1 防水施工经验-“堵”

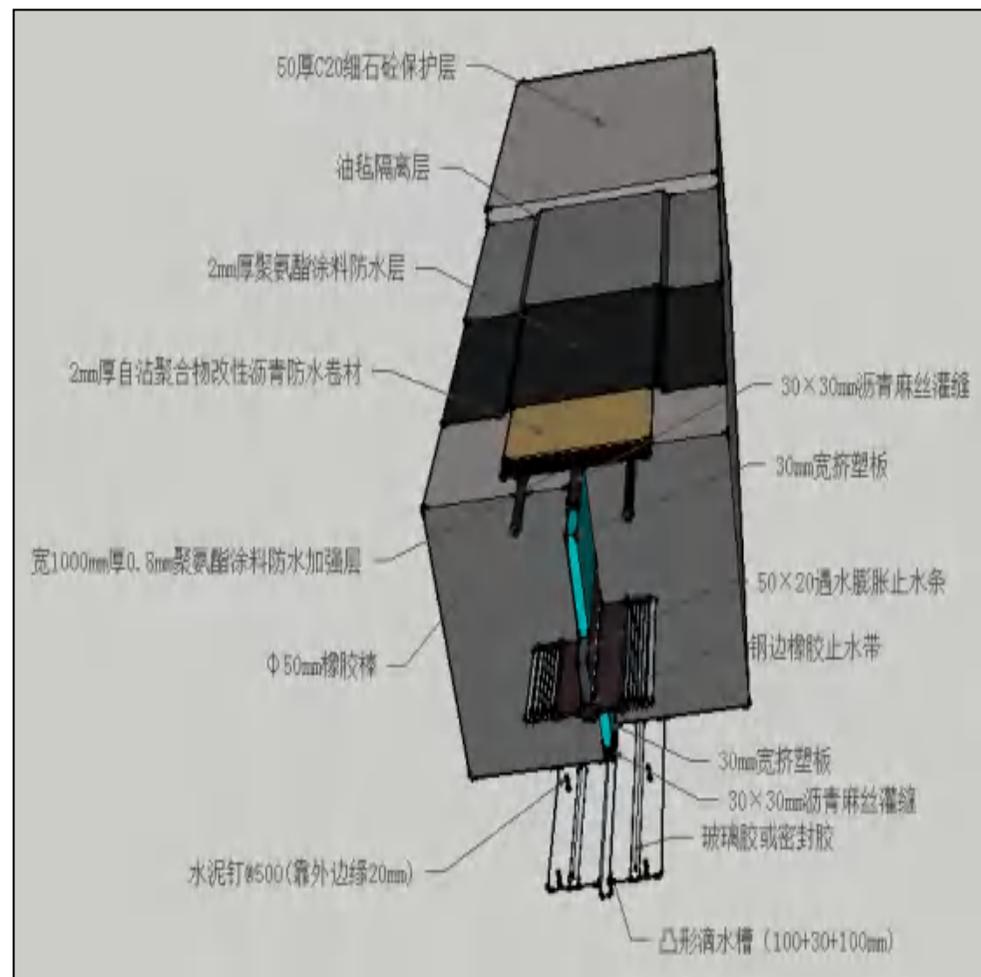


EB300×6-30外贴式橡胶止水带呈“U”形设置，两侧平结构侧壁结构顶，即管廊顶部无需设置。

5.3.1 防水施工经验-“排”



顶板变形缝防水构造图示意图



效果图

防排结合凸形滴水槽呈倒“U”形设置，即管廊底板无需设置。

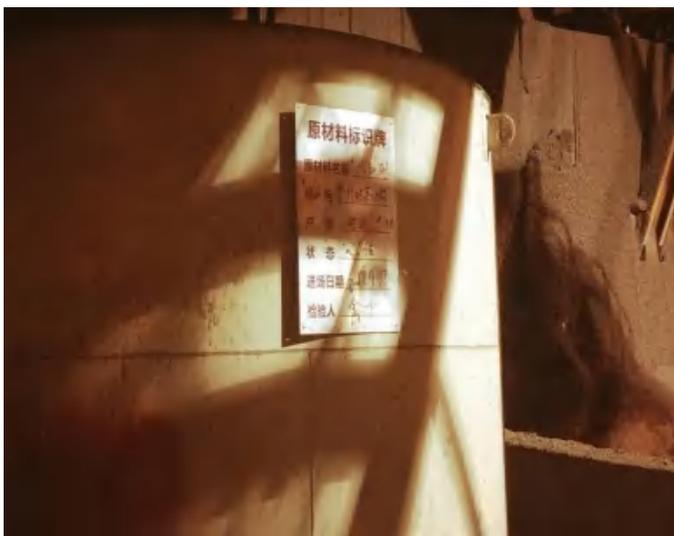
5.3.1 防水施工经验-“结构自防水”



试验员现场抽检商砼塌落度



采用碎石混凝土，增加抗裂纤维



混凝土原材料控制



搅拌站抽检配合比

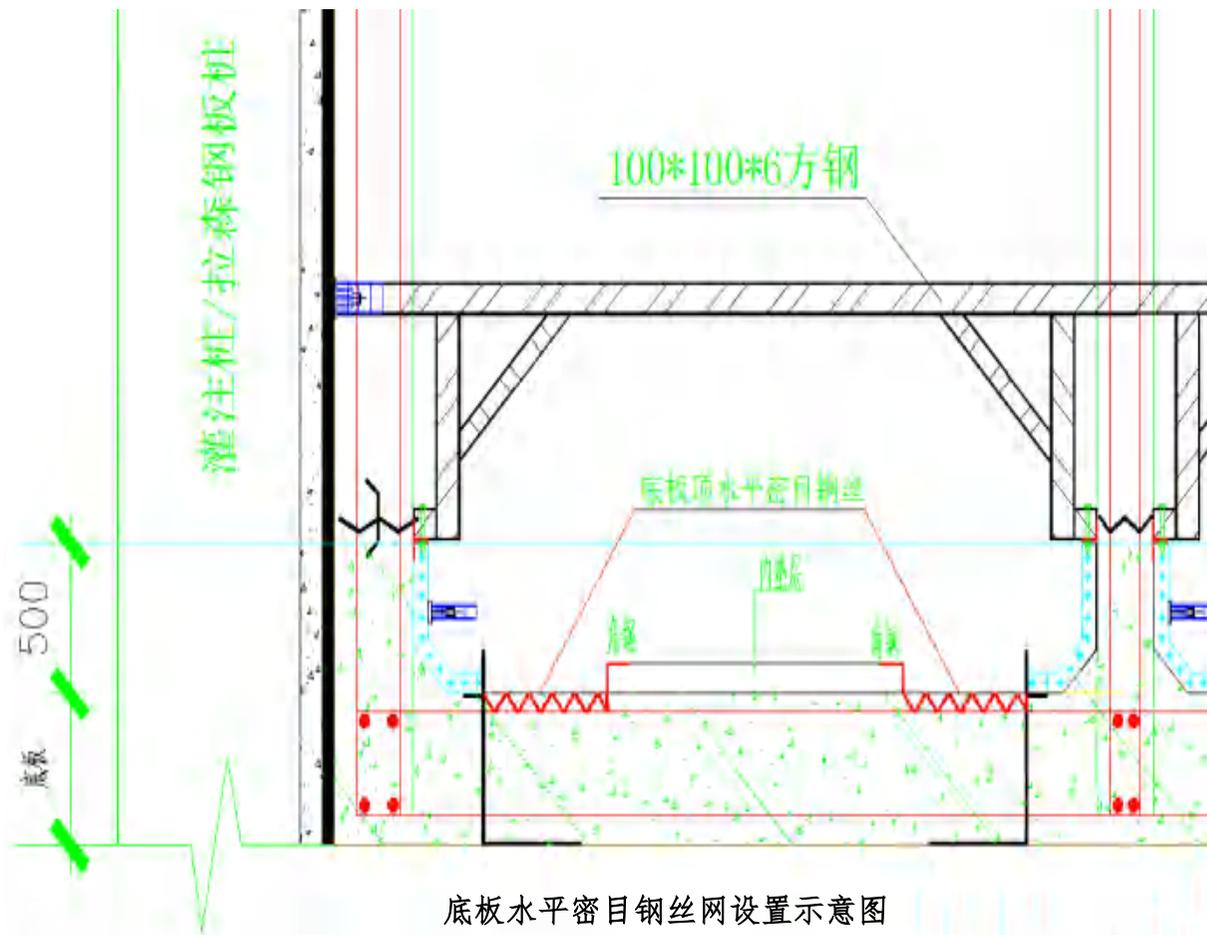
1、受限于防水材料以及单边支模防水材料的使用局限，管廊的真正最重要的防水措施，还是靠结构自防水。为提高结构自防水，将管廊主体混凝土标号提高一个抗渗等级，并在施工期间，通过粗骨料改为碎石，加强砼原材料的级配。并考虑提高水泥含量，减少外加剂（粉煤灰）的含量，增强混凝土自防水特性。

2、砼浇筑期间，不定期去搅拌站查混凝土配合比；在分层分段浇捣的情况下，通过实验员不定期对商砼进行塌落度的检测，对不同部位砼的浇捣采取不同的控制标准，

3、在底板导墙根部设置水平向钢筋网片，确保导墙施工能及时振捣。现场值班施工员旁站到位，督促劳务作业人员振捣到位，确保混凝土结构自防水效果。

4、延长带模养护时间（不少于5天带模养护或采用节水保湿养护膜），减少单边支模混凝土表面裂缝

5、河道部分及道路顶板保护层加钢筋网片，避免5cm厚保护层开裂。



管廊结构为避让沿线地铁、城铁、河床以及无法迁改管线等，造成总体线性高低起伏，部分管廊坡度高达620‰。为保证500mm高反边以及管廊主体混凝土振捣密实，在管廊底板排水沟内设置水平密目钢丝网，在斜坡平面、断面2/3厚度设置密目钢丝网，减少混凝土流动性，确保混凝土能够振捣到位。



平面设置密目钢丝网



底板竖向密目钢丝网



6 土方回填

工艺说明:

1、分层填筑：基坑回填时，先用中粗砂回填至基坑底以上2.0米，再用优质黏土回填至基坑顶以下1.5m，剩下1.5m采用路基设计回填料回填。回填料采用机械压实，压实度不小于0.97。填料来源主要为挖方土，在回填材料处理经监理工程师检查合格签证后，按断面全宽分层填筑，由最低处填起。管廊两边应对称分层回填，每层回填中粗砂厚度 $\leq 25\text{cm}$ ，从基坑底至管廊顶以上2米范围内回填无法用大型机械施工，采用人工配合小型平板夯实机夯实。中粗砂回填后，回填土及路基回填料应采用分层回填初碾压的方法，每层回填土厚度 $\leq 25\text{cm}$ ，用挖机整平并碾压3~4遍。

2、摊铺整平：用推土机直接将土推至填土区，然后摊平。机械无法平整的地方由人工平整。

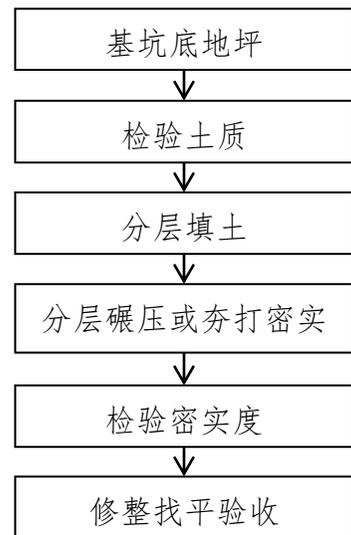
3、洒水和晒干：根据现场测定的填料含水量，与最佳含水量对照，超出 $\pm 2\%$ 时，需对填料进行洒水或晒干处理。对含水量偏低的填料采取洒水翻拌；对含水量偏高的采取翻松晾晒。再次测定含水量合格后，整平碾压。总之，填料含水量应控制在最佳含水量 $\pm 2\%$ 以内。

4、对达不到要求的黏土，二八灰土改良（掺入石灰20%），经夯实达到设计要求后回填。

5、土方碾压施工

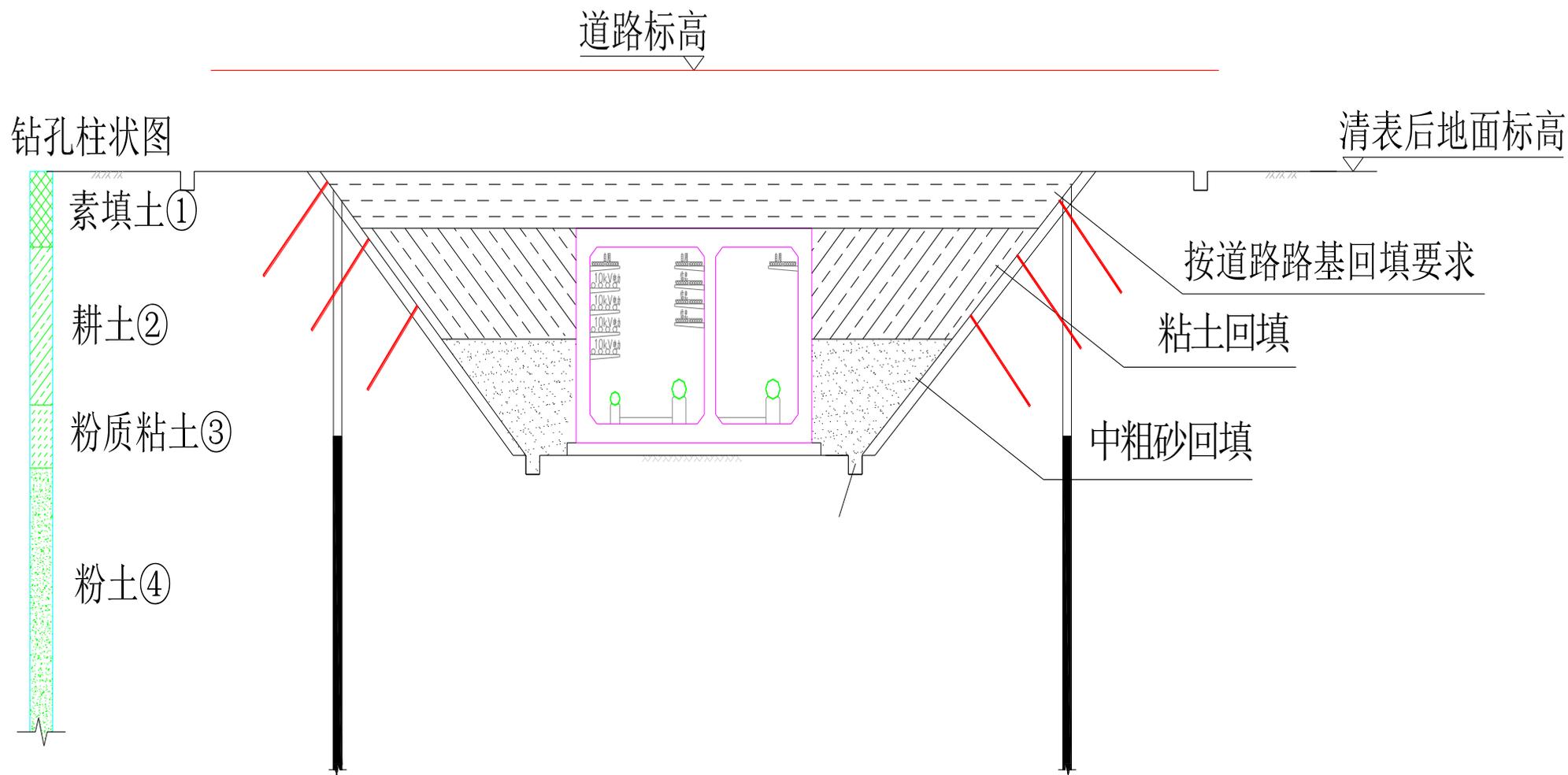
（1）回填土碾压时，振动压路机从低到高，从边到中，适当重叠碾压。为防止漏压，每层接缝处应作成斜坡形，碾迹重迭0.5~1.0m。上、下层错缝距离不小于1.0m，碾压时振动压路机不能碰撞高程控制桩，压路机碾压不到的地方采用蛙式打夯机或人工夯实。（2）碾压时先轻后重，速度适中。先用压路机预压一遍，以提高压实层上部的压实度，然后用推土机修平后再碾压，以防止高低不平影响碾压效果。

（3）为保证碾压的均匀性，碾压速度不能太快，先快后慢，行驶速度控制在2km/h以内。碾压遍数需根据压实度要求、分层厚度、回填土的土质含水量、碾压机械等情况来确定，一般为6~8遍。可在施工初期通过碾压试验段来确定，并作为以后碾压施工的依据。（4）为确保压实质量，必须经常检查填土含水量及压实度，始终保持在最佳含水量状态下碾压，采用环刀法或灌砂法检测，压实过程中的检测方法和频率按相关技术规范的规定执行。



土方回填施工工艺流程图





标准断面基坑回填示意图

压实机械夯实回填土



土方回填试验段交底培训



管廊两侧分层回填压实



台背死角进行人工夯实



方格网控制松铺回填厚度



平地机平整、压路机夯实



压实度及弯沉试验检测