

ICS XXXXXXX

备案号: XXXX—XXXX

北京市城市道路挖掘回填技术规程

Specification for rehabilitation of excavated roads in Beijing

2011-09-05 发布

2011-09-06 实施

北京市交通委员会路政局发布

北京市交通委员会路政局关于发布 《北京市城市道路挖掘回填技术规程》的通知

兹批准并发布《城市道路挖掘回填技术规程》，自 2011 年 9 月 1 日起施行。
本规程由北京市市政工程研究院负责解释。执行中有何问题和意见，请函告该院，以便修订时参考。

北京市交通委员会路政局
2011 年 8 月 30 日

前 言

根据北京市交通委员会路政局的有关要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关本市和外省市先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程的主要内容是：1.总则；2.术语、符号；3.挖掘修复设计；4.挖掘修复施工；5.人行道、无障碍坡道和路缘石、平石修复施工；6.特殊结构回填；7.附录A～附录F。

本规程由北京市交通委员会路政局和主编单位负责具体内容的解释。

主编单位：北京市市政工程研究院

（邮政编码：100037，地址：北京市西城区百万庄大街3号）

主要起草人：刘长革 王贯明 侯小明 王光明

曲峰 刘宇 刘鹏 薛忠军 郑伟

目 次

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	1
2.1 术语.....	1
2.2 符号.....	2
3 挖掘修复设计.....	2
3.1 设计原则.....	2
3.2 技术指标.....	2
3.3 结构组合.....	5
3.4 开槽宽度.....	6
3.5 回填分区.....	7
3.6 回填材料.....	8
4 挖掘修复施工.....	9
4.1 一般规定.....	9
4.2 道路开挖.....	10
4.3 路基回填.....	11
4.4 基层修复.....	12
4.5 面层修复.....	14
5 人行道、无障碍坡道和路缘石、平石修复施工.....	16
5.1 人行道.....	16
5.2 无障碍坡道.....	16
5.3 路缘石、平石.....	16
6 特殊结构回填.....	17
6.1 检查井回填修复.....	17
6.2 施工竖井回填修复.....	17
6.3 降水井回填修复.....	18
6.4 地质钻孔回填修复.....	18
附录 A（规范性附录） 挖掘修复材料设计参数.....	19
附录 B（规范性附录） 检查井回填修复示意图.....	20
附录 C（规范性附录） 降水井施工回填修复处理结构示意图.....	21
附录 D（规范性附录） 管道基础和管道包封示意图.....	22
附录 E（规范性附录） 压实设备.....	24
附录 F（规范性附录） 本规程用词说明.....	25
条文说明.....	26

北京市城市道路挖掘回填技术规程

1 总则

1.1.1 目的

为适应北京市城市道路挖掘修复的需要，规范设计、施工和管理，保证挖掘修复工程的质量，满足城市道路的承载能力、安全性和舒适性的要求，特制定本规程。

1.1.2 适用范围

本规程适用于北京市城市道路挖掘修复工程的设计、施工和验收。

1.1.3 基本要求

1 掘路工程挖掘前应调查地下管线等构筑物相关资料，探明其埋设详细情况，并做好相应的保护措施。

2 挖掘修复工程应结合道路交通环境、工期和周边市政设施的保护等因素，进行设计、施工，使道路修复工程达到优质、安全、高效。

3 挖掘修复工程除执行本规程外还应执行相关安全作业管理规程，并符合文明施工要求。

1.1.4 编制依据

城市道路挖掘修复除按本规程的规定执行外，还应遵守国家、行业和地方现行有关技术标准、规范和规程的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 路基工作区深度 Depth of Subgrade Work

在路基的某一深度 Z_a 处，当车轮荷载所引起的垂直应力 σ_z 与路基土自重引起的垂直应力 σ_b 相比，比值范围在 $1/10 \sim 1/5$ 时，该路基深度 Z_a 范围称为路基工作区， Z_a 称为路基工作区深度。

2.1.2 挖掘 Excavated Roads

对现况道路进行开挖的活动。

2.1.3 挖掘修复 Rehabilitation of Excavated Roads

道路挖掘后，对挖掘后的道路进行回填修复，包括路基回填和路面结构层修复。

2.1.4 特殊回填 Special backfill

由压实度和保护管线需要而采取不同于一般回填的材料和工艺。

2.1.5 特殊回填区 Special backfill zone

管线周边采用特殊回填处理的区域。

2.2 符号

l_r ——开挖区域修复后的路面实测代表弯沉值

l_0 ——开挖前（非开挖区域）的路面实测代表弯沉值

L ——道路路幅宽度

B ——道路挖掘宽度

H ——沟槽的开挖深度

D ——管道一侧放坡宽度

Z_a ——路基工作区深度

Z ——路基深度

3 挖掘修复设计

3.1 设计原则

3.1.1 城市道路沥青路面结构修复标准按道路等级划分为三种类型，城市快速路、主干路；次干路；支路。

3.1.2 管线安全保护原则

城市道路挖掘施工时应详细对现况地下管线调查，对受施工影响的地下管线应采取必要加固处理等保护措施。

3.1.3 道路承载能力原则

城市道路挖掘修复后的道路承载能力不应低于原道路。必要时可提高修复后的承载能力。

3.1.4 交通影响最小原则

城市道路挖掘修复时应优化设计方案，使影响现况交通最小化。

3.1.5 施工工期最优原则

城市道路挖掘修复时应在合理工期内优质完成修复，在条件允许时应快速施工。

3.1.6 作业安全原则

城市道路挖掘修复时应注意施工本身的安全及社会车辆、行人的安全。

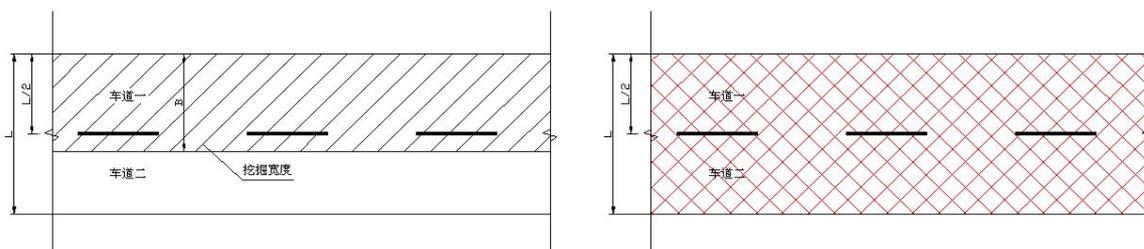
3.2 技术指标

3.2.1 一般要求

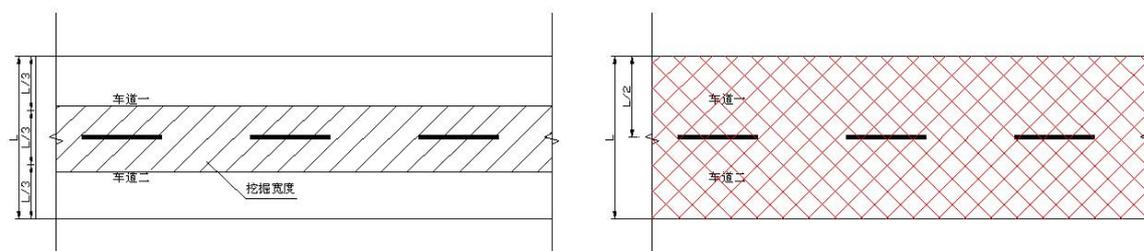
- 1 挖掘修复应进行专项设计，应按设计图施工。
- 2 挖掘修复设计范围应包括挖掘、开槽、回填、路面修复全过程。
- 3 挖掘修复工程修复范围根据实际情况按表 1 进行修复，路口区域内修复范围可参照模式 7 进行。

表1 挖掘修复模式表

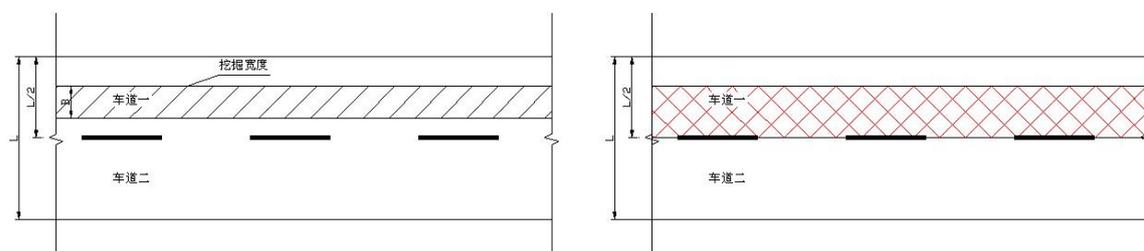
挖掘方向	模式	条件	修复范围说明
平行方向	1	$B > 1/2L$ 时	整幅修复
	2	位于路幅中央 $B > 1/3L$ 时	整幅修复
	3	位于车道内 $B \leq 1/4L$ 时	范围扩大至路中心线或道路边线
	4	位于车道内 $B > 1/4L$ 时	按车道宽度进行修复
垂直方向	5	垂直路中心线	按现状进行修复
斜线方向	6	车道内斜向	按矩形取直修复
	7	与路中心线斜交时	按矩形取直修复



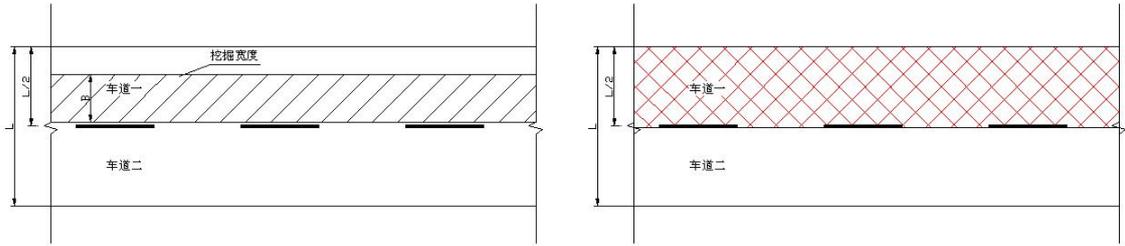
修复模式 1



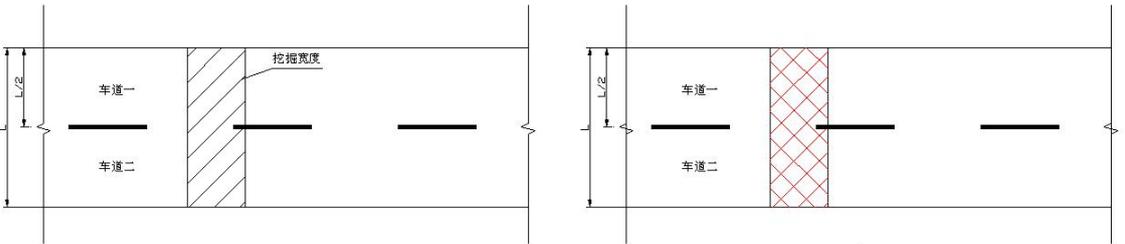
修复模式 2



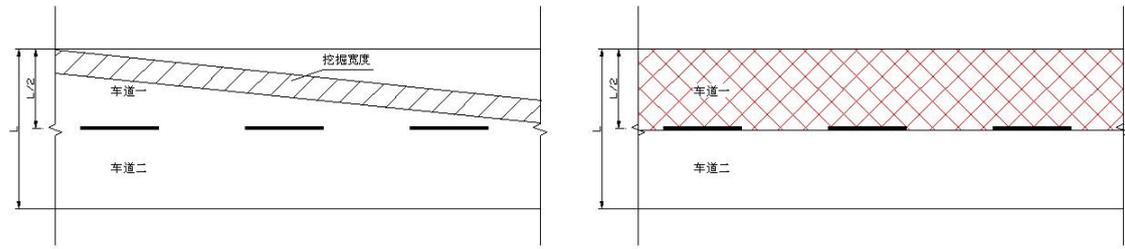
修复模式 3



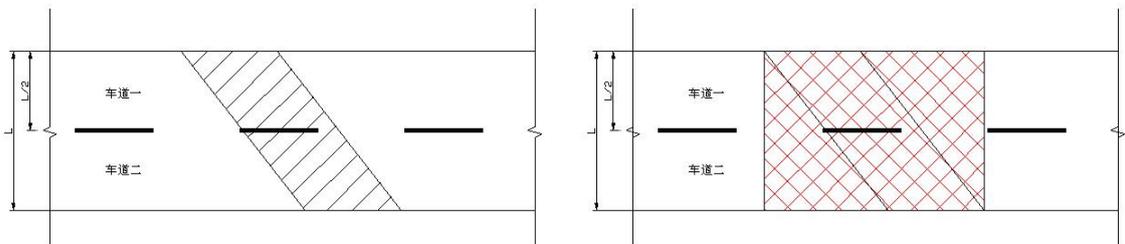
修复模式 4



修复模式 5



修复模式 6



修复模式 7

图1 面层修复模式示意图

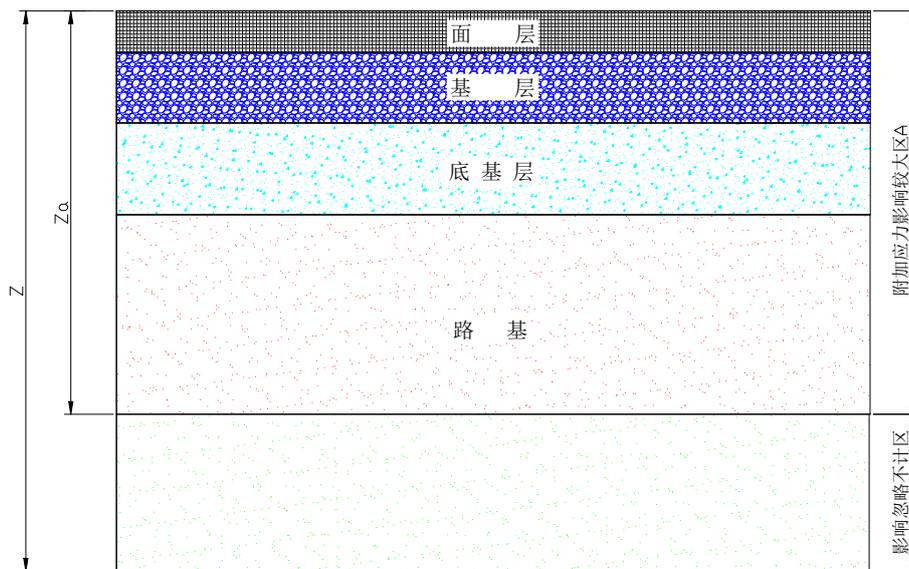
注：图中网格部分为应修复范围。

4 路基工作区深度

北京市城市道路路基工作区深度按道路等级不同，分为三个控制指标，具体详见表 2。

表 2 路基工作区深度表

路基工作区深度 (m)	快速路、主干路	次干路	支路
Z_a	1.8	1.5	1.5



注： Z_0 表示路基工作区深度， Z 表示路基深度。

图2 路基工作深度示意图

3.2.2 技术要求

- 1 路基回填应选择合格的材料，其回弹模量应比原有路基模量提高 5~10%，且不得小于 40MPa。
- 2 修复区域路基路面的整体性能应不低于开挖前的使用性能和服务水平。
- 3 应充分考虑修复区域与邻近未开挖区域之间的衔接，使两者形成有效的工作整体。
- 4 对不同等级、不同路面类型的道路应考虑相应的修复路面结构组合和材料组成，按照相关路面设计规范执行。

3.2.3 弯沉控制指标

- 1 挖掘修复设计标准应按原道路等级进行设计，必要时可提高设计标准。
- 2 对于沥青混凝土路面，道路挖掘修复的设计指标为修复区域的路面弯沉，设计标准按式（1）执行：

$$\frac{l_r}{l_0} \leq 1.0 \dots\dots\dots (1)$$

式中： l_r ——修复后的路面实测代表弯沉值；

l_0 ——与开挖区最近轮迹带的路面实测代表弯沉值。

3.3 结构组合

3.3.1 沥青路面

- 1 面层、基层的结构类型与厚度应与现状交通量相适应。交通量大、轴载重时，应采用高等级面层与强度较高的结合料稳定类基层。

2 层间结合须紧密稳定，以保证结构的整体性和应力传布的连续性。面层与基层之间宜根据基层类型和施工情况适当洒布透层沥青、粘层沥青或采用沥青封层。

3 各结构层的材料回弹模量应自上而下递减，基层材料与面层材料的回弹模量比应大于或等于 0.3；土基与基层（或底基层）的回弹模量比宜为 0.08~0.4。

4 修复路面结构应不低于原路面结构，局部加固处理，结构层次不宜过多。

5 沟槽分段回填时，交接处应做成阶梯形，阶梯长度应大于层厚的两倍。

6 凡具备机械摊铺条件的必须进行机械摊铺。

3.4 开槽宽度

3.4.1 沟槽底部的开挖宽度，应符合设计要求；设计无要求时，沟槽底部的开挖宽度应不小于 800mm 且沟槽的顶部开挖宽度应不小于 1000mm；若沟槽底部的开挖宽度小于 800mm 时须采用特殊材料回填以满足道路功能的要求。

3.4.2 在下列天然湿度状态下的土层中开挖沟槽，且地下水位低于槽底时可开直槽，不设支撑，但槽深不得超过以下数值：

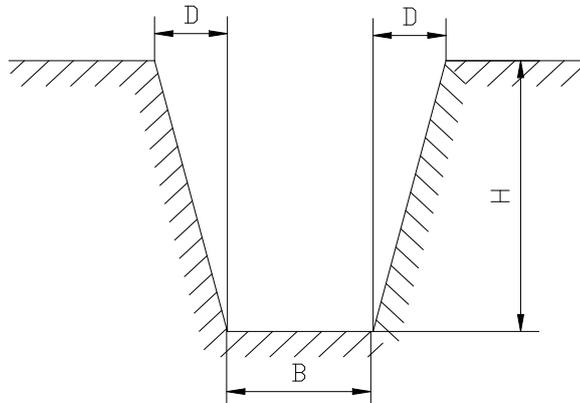
砂土和砂砾土	1.0m
亚砂土和亚粘土	1.25m
粘土	1.5m

施工现场条件允许，土层坚实及地下水位低于沟槽底，且挖深不超过3m时，可采用放坡法施工。放坡开槽的坡与深度关系按表3的要求执行。

表3 放坡开槽的坡度与深度关系

土壤类别	H: D	
	H<2m	2m<H<3m
粘土	1: 0.10	1: 0.15
砂粘土	1: 0.15	1: 0.25
砂质土	1: 0.25	1: 0.50
瓦砾、卵石	1: 0.50	1: 0.75
炉渣、回填土	1: 0.75	1: 1.00

注：H为开槽深度，D为放坡（一侧的）宽度。



注：H为开槽深度，D为放坡（一侧的）宽度，B为开槽的底部宽度。

图3 放坡开槽示意图

3.4.3 原则上道路开挖深度 $H>2m$ 时或穿交通繁忙路口，应采用非开挖技术施工。

3.5 回填分区

3.5.1 路基回填分区

根据路基在道路中所起作用对压实度的要求，底基层底面以下按其深度可分为 A1~A3 三类详见表 4。

表 4 回填分区表

深度 (mm)	分区名称
0~800	A1
800~1500	A2
>1500	A3

注：距离零点为底基层底面。

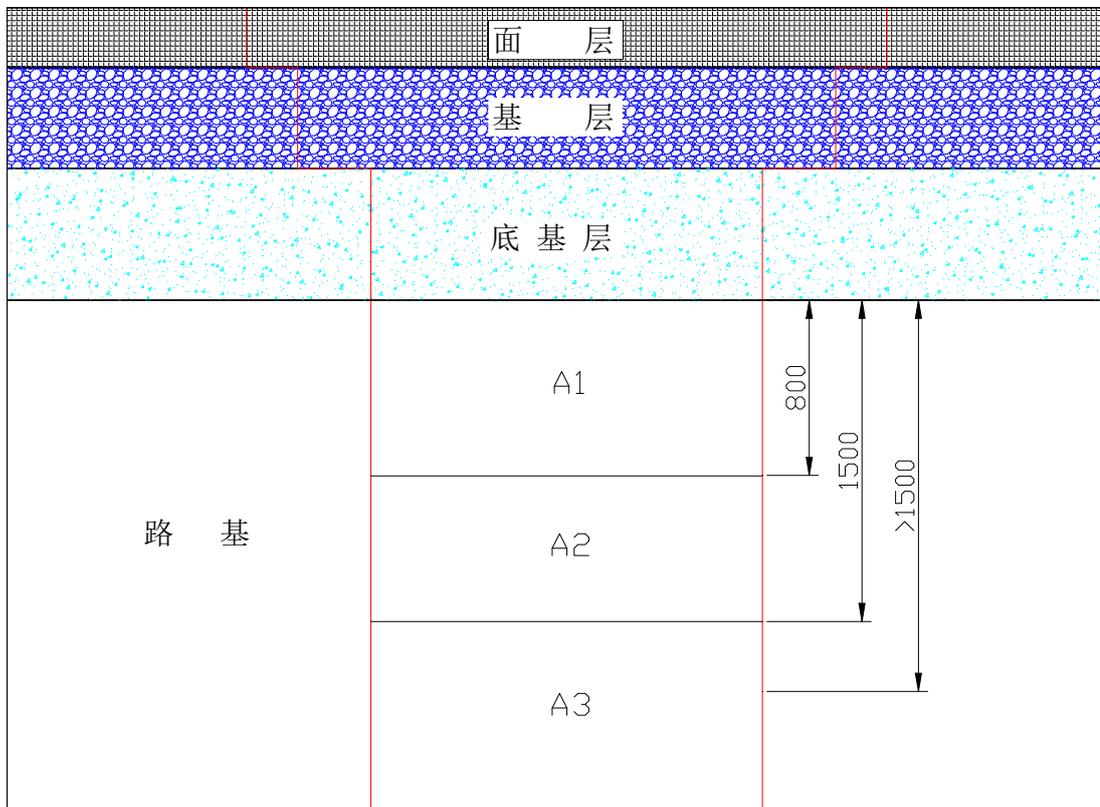


图4 路基回填分区示意图

路基回填分区中A1、A2区压实度控制指标为重型击实压实度应大于95%；A3区压实度应大于90%。

3.5.2 路基回填材料

在设施顶部500mm以上至路床以下沟槽回填区应采用水泥稳定土、级配砂砾，二灰稳定集料，水泥稳定集料和级配碎石材料回填。

快速路、主干路；次干路；支路顺路方向路基回填材料的选择见表5。

表 5 路基回填材料选择表

回填分区	水泥稳定土	级配砂砾	二灰稳定集料	水泥稳定集料	级配碎石	混凝土
A1	-	-	○	●	○	○
A2	-	○	●	○	○	○
A3	●	○	○	○	○	○

注：1. ●表示优先推荐采用，○表示推荐选用，-代表不推荐使用。

2. 在应急抢险等特殊条件下可以使用混凝土。

快速路、主干路；次干路；支路横路方向路基回填材料的选择见表6。

表 6 路基回填材料选择表

回填分区	二灰稳定集料	水泥稳定集料	级配碎石	混凝土
A1	○	●	○	○
A2	●	○	○	○
A3	●	○	○	○

注：1. ●表示优先推荐采用，○表示推荐选用，-代表不推荐使用。

2. 在应急抢险等特殊条件下可以使用混凝土。

人行道范围内的回填除上述材料外可采用水泥稳定土材料进行回填。

3.6 回填材料

城市道路的路基回填材料包括水泥稳定土、级配砂砾、二灰稳定集料、水泥稳定集料、级配碎石、混凝土等，其质量应符合下述技术要求，施工工艺应符合相关规范。

3.6.1 水泥稳定土

在经过粉碎的或原来松散的土中，掺入足量的水泥和水，经拌和得到的混合料在压实和养生后，当其抗压强度符合规定的要求时，称为水泥稳定土。水泥含量为3~6%，水泥宜选用低标号、技术指标满足要求的普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、矿渣水泥或火山灰水泥，初凝时间大于3h、终凝时间不小于6h，不得使用快硬水泥、早强水泥以及受潮变质水泥。其配比要求和技术指标应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008中7.5的要求。

3.6.2 级配砂砾

天然砂砾应质地坚硬，含泥量不得大于砂质量（粒径小于5mm）的10%，砾石颗粒中细长及扁平颗粒的含量不得超过20%。级配砂砾的颗粒范围和技术指标应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008中表7.6.2的规定。集料压碎值应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008中表7.7.1-2的规定。压实系数应通过试验段确定。每层摊铺虚厚不宜超过30cm。砂砾应摊铺均匀一致，发生粗、细骨料集中或离析现象时，应及时翻拌均匀。摊铺长至少一个碾压段30~50m。碾压前应洒水，洒水量应使全部砂砾湿润，且不导致其层下翻浆。碾压过程中应保持砂砾湿润。

3.6.3 二灰稳定集料

二灰稳定集料是石灰粉煤灰稳定类材料。石灰、粉煤灰应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 中 7.3.1 的规定。砂砾应经破碎、筛分，级配宜符合表 7.3.1 的规定，破碎砂砾中最大粒径不应大于 37.5mm。其配合比应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 中 7.2.2 的有关规定。混合料应在潮湿状态下养护。养护期视季节而定，常温下不宜少于 7d。采用洒水养护时，应及时洒水，保持混合料湿润。养护期间宜封闭交通。需通行的机动车辆应限速，严禁履带车辆通行。

3.6.4 水泥稳定集料

水泥稳定集料的水泥应选用初凝时间大于 3h、终凝时间不小于 6h 的 42.5 级普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐、火山灰硅酸盐水泥。水泥应有出厂合格证与生产日期，复验合格后方可使用。水泥贮存期超过 3 个月或受潮，应进行性能试验，合格后方可使用。水泥剂量一般为 3%~5%，当达不到强度要求时应调整级配，水泥的最大剂量不应超过 6%。级配碎石、砂砾、未筛分碎石、砾石和煤矸石、粒状矿渣等材料均可做集料原材，其级配应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 中表 7.5.2 的要求。水泥稳定集料宜在水泥初凝前碾压成活，宜采用洒水养护，保持湿润。养护期间应封闭交通。常温下成活后应经 7d 养护。

3.6.5 级配碎石

级配碎石材料应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 中 7.7.1 的要求。宜采用机械摊铺符合级配要求的厂拌级配碎石。压实系数应通过试验段确定，人工摊铺宜为 1.40~1.50；机械摊铺宜为 1.25~1.35。摊铺碎石每层按虚厚一次铺齐，颗粒分布应均匀，厚度一致，不得多次找补。已摊平的碎石，碾压前应断绝交通，保持摊铺层清洁。碾压前和碾压中应适量洒水。碾压中对有过碾现象的部位，应进行换填处理。

3.6.6 混凝土

水泥采用 42.5 级的普通硅酸盐水泥、32.5 级矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥。水泥的初凝时间不得早于 45min，终凝时间不得晚于 12h。

混凝土的配合比设计应根据 28d 龄期的抗弯拉强度试验确定水泥剂量，宜为 8%~12%。其强度应符合《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2006 中表 6.3.2 中的要求。混凝土基层集料的最大粒径不应大于 31.5mm。

掺入粉煤灰的混凝土，28d 龄期的抗弯拉强度要求与《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2006 中表 6.3.2 相同。14d 的抗压强度值应达到表 6.3.2 中 28d 抗压强度的 85%。粉煤灰的掺入量宜为水泥质量的 20%~40%。

4 挖掘修复施工

4.1 一般规定

4.1.1 为减小不均匀沉降的影响，在道路范围、人行步道范围施工的地下管线应考虑施作基础。

4.1.2 基础材料可采用低标号混凝土，中、粗砂或级配碎石（见附录 D.1），具体尺寸，级配等技术指标可参考国家建筑标准设计图集《混凝土排水管道基础及接口》04S516，可也采用其它砌筑式基础。

4.1.3 为保护管线安全，管线周围部分区域需要进行特殊回填，管线周边特殊回填区分为 I、II 两区（见图 5）。I 区为管线两侧区域，II 区为管顶以上 500mm 范围。管线周边特殊回填区应采用对管道保护有益的级配砂或中、粗砂材料进行回填，回填时应分层进行，分层厚度不应大于 200mm。I、II 区压实度应满足 $\geq 90\%$ 。

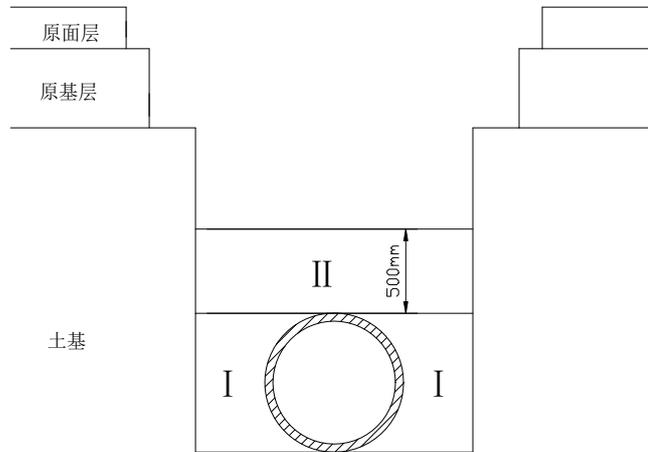


图 5 管线周边特殊回填分区示意图

4.1.4 各种地下管线的埋设深度及其结构强度应满足道路施工荷载与路面行车荷载的要求。否则应采取加固措施。当 II 区侵入路基工作区时，管线须进行混凝土包封或进入套管或管沟结构等特殊结构处理，以满足路基工作区需要。

4.1.5 包封材料主要为低标号豆石混凝土，混凝土强度等级不小于 C10。包封厚度不得小于 150mm（见附录 D.2 所示）。

4.1.6 为方便管线维修和保证管线安全的需要，横向过街有压管线宜采取套管或管廊措施。套管内径或管廊的净宽，不小于管道结构的外缘宽度加 300mm。在不采用开槽施工时可采用非开挖技术。

4.1.7 当顺道路有压管线管径大于 400mm 时，需采用套管或管廊措施进行敷设。套管内径或管廊的净宽，不小于管道结构的外缘宽度加 200mm。

4.1.8 道路范围内敷设的塑料类地下管线须进行包封处理，可按 4.1.5 方式进行处理；钢管可进行局部包封处理；混凝土管可不包封。

4.2 道路开挖

4.2.1 一般规定

- 1 冬季（气温低于 5℃）时不宜进行挖掘施工。
- 2 挖掘施工必须注意保护开挖地段的各种地下管线和相关设施。
- 3 挖掘施工应减小对交通的影响，减少扰民。施工作业机械和材料不得随意停放或堆放。
- 4 挖掘施工应注意对城市环境的保护，将挖出的弃土和路面旧料及时运至指定场地。
- 5 除应急挖掘修复外，其他管线工程的挖掘不得在雨天进行。

4.2.2 路面开挖

- 1 路面结构的开挖尺寸应按设计要求确定，并应满足相应压路机械工作的宽度要求。

- 2 路面开挖前必须用切割机进行路面分离,以免扰动或破坏沟槽周边区域的路面结构。
- 3 路面需要设置台阶结构时,应按修复设计的台阶尺寸且符合《城镇道路养护技术规范》CJJ 36-2006 中 10.3 和 10.4 中的有关规定挖掘邻近的路面结构。

4.2.3 路基开槽

1 沟槽开挖应在设计范围内进行施工,挖土应自上而下分层开挖,严禁向沟槽两侧掏空挖土;开挖深度应由管道设计标高控制,严禁超挖。

2 机械开挖作业时,必须避开管线等构筑物,在距离管线 1m 范围内应采用人工开挖;在距直埋缆线 2m 范围内必须采用人工开挖。

3 严禁挖掘机等机械在电力架空线路下作业。需在其一侧作业时,垂直及水平安全距离应符合《城市道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008 中 6.3.10 的规定。

4 开挖过程中若地质状况与设计不符或存在其他障碍物,应及时与设计单位进行洽商。

5 沟槽开挖应根据不同管线种类依据相应规范进行,主要城区街道沟槽两侧路面严禁堆土,挖槽渣土一概外运。挖出的弃土未经任何处理严禁直接用于沟槽回填。

6 深层开挖的沟槽或邻近路段重型车辆较多的沟槽应采取护壁支撑等加固措施确保沟槽稳定。

7 槽底高程的允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ 。槽底土压实度不小于 90%。

4.2.4 雨季施工措施

1 雨天禁止施工。

2 雨期施工应充分利用地形与既有排水设施,做好防雨和排水工作。

3 施工中应采取集中工力、设备、分段流水、快速施工,不宜全线开挖,须当天开挖当天回填。

4 雨中、雨后应及时检查工程主体及现场环境,发现雨患、水毁必须及时采取处理措施。

4.2.5 沟槽开挖与地基处理应符合下列规定:

1 原状地基土不得扰动、受水浸泡或受冻;

检查方法:观察,检查施工记录。

2 地基承载力应满足设计要求;

检查方法:观察,检查地基承载力试验报告。

3 进行地基处理时,压实度、厚度满足设计要求;

检查方法:按设计或规定要求进行检查,检查记录、试验报告。

4 沟槽开挖的允许偏差应符合有关规定。

4.3 路基回填

4.3.1 一般规定

1 路基土的最佳含水量及最大干密度应由标准击实试验确定。

2 禁止使用淤泥、沼泽土、泥炭土、冻土、有机土以及含生活垃圾的土或其中最大颗粒超过 100mm 的土做回填材料。

3 管线沟槽回填料必须分层填筑、整平、压实。

4 回填时,槽底至管道顶部以上 500mm 的范围内,应从两侧对称进行回填和碾压夯实。回填材料不得直接倒在管道上,且同时回填土的高度差不得大于一层。

5 道路边缘、雨水口周围以及沟槽宽度过窄（宽度小于 0.8m）等不便使用压路机碾压的部位，应采用振动平板夯（见附录 E）。

6 在满足压实度要求的前提下，路基顶标高应与未开挖区域的路基顶面齐平。

4.3.2 回填施工技术要求

1 级配砂砾

集料质量及级配应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1-2008中第7.6.1条的有关规定。

检查数量：按砂石材料的进场批次，每批抽检1次。

检验方法：查检验报告。

回填的压实度（重型击实标准）在 A1、A2 区应大于 95%；A3 区压实度应大于 90%。

检查数量：每压实层，每 20m² 抽检 1 组（1 点）。

检验方法：查检验报告（灌砂法或灌水法）。

2 二灰稳定集料

混合料应由搅拌厂集中拌制。经过碾压成型后，养生时间不得少于 7d。冬季不宜使用此类材料；雨季应合理控制施工段落，应当天摊铺，当天碾压成型。

二灰稳定集料的压实度（重型击实标准）在 A1、A2 区应大于 95%；A3 区压实度应大于 90%。

检查数量：每压实层，每 20m² 抽检 1 组（1 点）。

检验方法：环刀法、灌砂法或灌水法。

3 水泥稳定集料

水泥稳定集料宜在水泥初凝前碾压成活。水泥稳定集料的压实度（重型击实标准）在 A1、A2 区应大于 95%；A3 区压实度应大于 90%。

检查数量：每压实层，每 20m² 抽检 1 组（1 点）。

检验方法：灌砂法或灌水法。

4 级配碎石

宜采用机械摊铺符合级配要求的厂拌级配碎石。压实系数应通过试验段确定，人工摊铺宜为 1.40~1.50；机械摊铺宜为 1.25~1.35。摊铺碎石每层应按虚厚一次铺齐，颗粒分布应均匀，厚度一致，不得多次找补。碾压前和碾压中应适量洒水。碾压中对有过碾现象的部位，应进行换填处理。

级配碎石压实度（重型击实标准）在 A1、A2 区应大于 95%；A3 区压实度应大于 90%。

检查数量：每 20m² 抽检 1 点。

检验方法：灌砂法或灌水法。

4.3.3 沟槽回填质量应符合下列规定：

1 回填材料压实度应满足本规程要求。

2 沟槽回填表面应平整、坚实、无粗细骨料集中现象，无明显轮迹、推移、裂缝，接茬平顺，无贴皮、散料、浮料。

4.4 路面基层修复

4.4.1 一般规定

1 挖掘的基层修复时应在开挖断面两侧各加宽 300~500mm 进行修复。

2 基层应具有足够的强度、刚度和良好的稳定性。

- 3 基层表面应平整、密实，拱度应与面层一致，高程应符合要求。
- 4 修复基层的各类材料应具有出厂合格证明，且应经现场试验合格后才能使用。
- 5 使用石灰、粉煤灰类材料稳定混合料碾压成型的基层，养生时间不得少于 7d。冬季不宜使用此类材料。雨季应合理控制施工段落，应当天摊铺当天碾压成型。
- 6 可增加水泥稳定材料或在二灰碎石中添加 2~3% 的水泥以提高其早期强度、尽快铺筑沥青面层。

4.4.2 基层分类与适用范围

北京市挖掘道路基层修复应按表 7 结构进行修复。

基层一般适用于沟槽尺寸能满足压路机碾压宽度的要求，并可关闭部分道路进行必要养护的挖掘工程。用于挖掘修复的半刚性基层材料主要是水泥稳定粒料等。

表 7 北京市挖掘道路基层修复标准表

快速路、主干路		次干路		支路	
结构层		结构层		结构层	
基层		基层		基层	
底基层		底基层		底基层	

注：CGA——水泥稳定级配集料（水泥稳定级配碎石、水泥稳定砂砾），LFGA——二灰稳定集料，CS——水泥稳定土，LFS——二灰土，CCS——水泥稳定碎石（或砾石），LFCS——二灰稳定碎石（或砾石）。

4.4.3 材料技术要求

水泥稳定粒料所用水泥宜选用低标号或一般标号（如 32.5 级、42.5 级）的普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥，不宜选用快硬水泥、早强水泥以及已受潮变质的水泥，要求初凝时间在 3h 以上，终凝时间在 6h 以上。粒料的材料技术要求应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1-2008）的相关规定。

4.4.4 施工技术要求

1 级配碎石

级配碎石宜集中厂拌。拌和过程中的加水量宜略高于最佳含水量，并根据天气情况调节，气温低、天气潮湿宜低 0.5%~1.0%，气温高、天气干燥宜高 1.0%~2.0%。摊铺前应对下层沟槽及土基回填料顶面洒水预湿，在接近最佳含水量的情况下迅速铺摊，每层摊铺厚度应根据压实机械确定，通常为 150~200mm。

应采用小型振动夯板振密，在边角机械压实困难的地方，应采用夯锤（见附录 E）人工夯实。

2 无机结合料稳定类基层

无机结合料稳定类混合料宜集中厂拌，要求拌和均匀。摊铺时应设专人消除粗细集料离析现象，特别是局部粗集料窝应铲除并用新拌混合料填补。应采用合适的手扶式振动压路机进行碾压，每层的压实厚度不应超过 150mm。

4.4.5 基层质量检验应符合下列规定：

- 1 原材料质量应符合《城镇道路施工验收规范》CJJ-2008 中的有关规定。
- 2 基层、底基层的压实度（重型击实标准）应符合下列要求：
 - (1) 城市快速路、主干路基层大于等于 97%、底基层大于等于 95%。

(2) 其他等级道路基层大于等于 95%、底基层大于等于 93%。

检查数量：每 20m²，每压实层抽检 1 组（1 点）。

检验方法：查检验报告（灌砂法或灌水法）。

3 基层、底基层试件作 7d 饱水抗压强度，应符合设计要求。

检查数量：每 20m² 1 组（6 块）。

检验方法：现场取样试验。

4 弯沉值，不应大于设计规定。

检查数量：设计规定时每车道、每 20m，测 1 点。

检验方法：弯沉仪检测。

5 表面应平整、坚实、无骨料离析现象，无明显轮迹、推移、裂缝，接茬平顺，无贴皮、散料。

6 基层、底基层允许偏差应符合有关规定。

4.5 面层修复

4.5.1 一般规定

1 面层修复宽度应大于基层宽度，每侧宜大于 200mm。

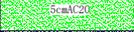
2 新、旧沥青路面面层的衔接应当紧密平顺，粘结牢固。

3 沥青路面施工必须有施工组织设计，并保证合理的施工日期。不得在最高气温低于 10℃（快速道和主干道）或 5℃（其他等级道路），以及雨天、路面潮湿的情况下施工。

4 沥青路面宜连续施工，避免与可能污染沥青层的其它工序交叉干扰，以杜绝施工和运输污染。

4.5.2 北京市挖掘道路面层应按表 8 结构进行修复。

表 8 北京市挖掘道路面层修复标准表

结构层	道路等级		
	快速路、主干路	次干路	支路
上面层			
中面层			
下面层			

注：AC——沥青混凝土。

4.5.3 材料技术要求

沥青路面所用材料的质量应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1-2008）中 8.1.7 的规定。

4.5.4 施工技术要求

铺筑前应全面检查下卧层是否符合质量要求，如不符合，应整改至合格。

摊铺应缓慢、均匀、连续不间断地进行。如混合料出现明显的离析、波浪、裂缝、拖痕，应分析原因，予以消除。

沥青混凝土的压实层最大厚度不宜大于 100mm，但当采用大功率压路机且经试验证明能达到压实度时允许增大到 150mm。

沥青路面施工应选择合理的压路机组合方式及初压、复压、终压（包括成型）的碾压步骤，以达到最佳碾压效果。

压路机应以缓慢而均匀的速度碾压。

沥青混凝土路面应待摊铺层完全自然冷却，混合料表面温度低于 50℃后，方可开放交通。需要提早开放交通时，可洒水冷却降低混合料温度。

4.5.5 接缝

1 沥青路面的施工必须接缝紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析。上、下层的纵缝应错开 150mm（热接缝）或 300~400mm（冷接缝）以上。接缝施工应用 3m 直尺检查，确保平整度符合要求。

2 纵向接缝部位的施工应符合下列要求：

(1) 摊铺时采用梯队作业的纵缝应采用热接缝，将原有路面留下 100~200mm 宽暂不碾压，作为后续部分的基准面，然后作跨缝碾压以消除缝迹。

(2) 当半幅施工或因特殊原因而产生纵向冷接缝时，宜加设挡板或加设切刀切齐，也可在混合料尚未完全冷却前用镐刨除边缘留下毛茬的方式，但不宜在冷却后采用切割机做纵向切缝。加铺另半幅前应涂洒少量沥青，重叠在已铺层上 50~100mm，再铲走铺在前半幅上面的混合料，碾压时由边向中碾压留下 100~150mm，再跨缝挤紧压实。或者先在原有路面上行走碾压新铺层 150mm 左右，然后压实新铺部分。

3 城市快速路和主干路的表面层横向接缝应采用垂直的平接缝，沥青层较厚时也可作阶梯形接缝（见图 6）。

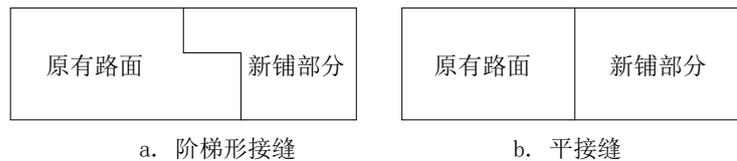


图 6 横向接缝的型式示意图

4 阶梯形接缝的台阶经铣刨而成，并洒粘层沥青，搭接长度不宜小于 3m。

5 平接缝宜趁尚未冷透时用凿岩机或人工垂直铣刨除端部层厚不足的部分，使工作缝成直角连接。当采用切割机制作平接缝时，宜在铺设当天混合料冷却但尚未结硬时进行。刨除或切割不得损伤下层路面。切割时留下的泥水必须冲洗干净，待干燥后涂刷粘层油。铺筑新混合料接头应使接茬软化，压路机先进行横向碾压，再纵向碾压成为一体，充分压实，连接平顺。

4.5.6 质量控制与检验

1 沥青混合料面层压实度（重型击实标准），对城市快速路、主干路不得小于 96%；对次干路及以下道路不得小于 95%。

检查数量：每 20m²测 1 点。

检验方法：查试验记录（马歇尔击实试件密度，实验室标准密度）。

2 面层厚度应符合设计规定，允许偏差为 +10~-5mm。

检查数量：每 20m²测 1 点。

检验方法：钻孔或刨挖，用钢尺量。

3 弯沉值，不得大于设计规定。

检查数量：每车道每 20m，测 1 点。

检验方法：弯沉仪检测。

4 表面应当平整、坚实，不得有泛油、松散、脱落、掉渣、裂缝、推挤、烂边、明显离析等现象。

- 5 施工接缝应紧密、平顺，烫缝不枯焦。
- 6 面层与路缘石、平石及其他构筑物应衔接平顺，不得有积水等现象。

7 接缝应紧密平整、顺直、无跳车，检验频度：随时，试验方法：目测。逐条缝检测评定应参照《公路路基路面现场测试规程》JTJ E60-2008 中 T 0731 的试验方法，城市快速路、主干路的路面平整度不超过 3mm，其他等级道路的路面平整度不超过 5mm。

5 人行道、无障碍坡道和路缘石、平石修复施工

5.1 人行道

5.1.1 人行道挖掘修复的施工操作流程：

- 1 土基夯实，平整及铺筑垫层或二灰、素混凝土基层。
- 2 放样，铺筑人行道板或拌制、浇捣水泥混凝土。
- 3 扫缝、拍夯、补缺、填缝或粉面滚眼、养生。
- 4 土方旧料外运，平整场地。

5.1.2 铺筑预制人行道板一般采用“放线定位法”。铺筑时板底应当紧贴垫层，不得有“虚空”现象。靠近路缘石处的人行道板应当高出路缘石顶面 5mm，以利排水。

5.1.3 铺筑预制彩色人行道板时，应当恢复原有图案，板底应当完全坐实，上下层结成整体。

5.1.4 现浇水泥混凝土人行道板，应当与原有人行道板顺接。水泥混凝土面层收水抹面后，应当及时分块滚花压线。成型应当遮盖湿法养生。

5.2 无障碍坡道

5.2.1 无障碍坡道修复的施工操作流程：

- 1 翻挖沟槽部分土方及斜坡部分面层。
- 2 放样、土基夯实。
- 3 铺筑基层。
- 4 混凝土拌制或浇捣，粉面滚眼，湿法养生。
- 5 土方、旧料外运，清理场地。

5.2.2 质量控制要求

- 1 坡道与车行道、人行道、街坊道路的衔接应当平顺，不得有积水现象。
- 2 坡道尺寸和结构强度、厚度都应符合设计要求。

5.3 路缘石、平石

5.3.1 路缘石、平石修复的施工操作流程：

- 1 整理路缘石、平石土基、夯实、放样。
- 2 铺筑碎石垫层。
- 3 拌制、浇捣混凝土基础。
- 4 排砌路缘石、平石。
- 5 灌缝、扫缝、填后清理场地。

5.3.2 质量控制要求

- 1 修复路缘石、平石时，应当与原有路缘石、平石衔接顺畅，调整好雨水口处标高。
- 2 路缘石、平石排砌稳固，线直弯顺，侧石顶面平齐，平石排水顺畅。
- 3 路缘石、平石灌缝饱满，填缝密实，勾抹光洁。
- 4 路缘石、平石挖掘修复施工的质量检验标准及允许偏差应符合相关规定。

6 特殊结构回填

特殊结构主要包括检查井、施工竖井、降水井和地质钻孔。

6.1 检查井回填修复

6.1.1 道路需要修复和重建的检查井宜采用现浇混凝土和预制装配式井体（严禁使用粘土烧结砖砌筑），采用砌筑式内壁抹面应分层压实，外壁应采用水泥砂浆搓缝挤压密实。

6.1.2 检查井与土壁之间的缝隙不宜大于 150mm，回填材料可优选低标号现浇 C15 混凝土，现浇至与基层顶面相平。当采用级配砂砾回填时应注意级配和密实度。

6.1.3 检查井与路面交接处应按附录图 B.1 进行施工。

6.1.4 井框（盖）的施工流程

- 1 井周应夯实整平、干净；
- 2 加工好的钢筋笼应放置正确，其底部应设置30mm高的支架；
- 3 支架模板，模板应具有足够的强度，且表面光滑外形平直，模板内禁止有杂物；
- 4 接缝应严密，以防止漏浆，支好后的模板应稳固，有足够的强度和刚度；
- 5 混凝土经检查合格后进行浇筑，并同时插入捣，浇筑至距面层为40~50mm浇筑完毕，然后进行养护；
- 6 混凝土达到设计强度后，进行铺油，井周用细石沥青混凝土进行回填，并用冲击夯具进行夯实，标高控制比粗粒式沥青混凝土高5~10mm。

6.2 施工竖井回填修复

6.2.1 施工竖井回填材料主要包括混凝土、级配碎石等。材料要求应符合 3.6 节规定。

6.2.2 施工中注意分层施工，级配碎石分层厚度不宜超过 300mm。碎石摊铺均匀一致，产生粗细集料离析现象时，应及时翻拌均匀。

6.2.3 现浇混凝土单层厚度不宜超过 500mm。待初凝时，及时覆盖塑料布，保持水分并防裂。

6.2.4 回填到底基层底面时宜设置防不均匀沉降的现浇混凝土板，混凝土强度等级不低于 C30，厚度不小于 150mm，配筋率不低于 0.2%；纵向受力钢筋应与井壁锚接，锚固长度应满足《混凝土结构设计规范》GB50010-2002 规定。

6.2.5 基层和面层施工参照第 4 章相关规定进行。

6.3 降水井回填修复

6.3.1 降水井、降水用方沟回填材料主要包括水泥稳定集料、混凝土等。材料要求应符合3节规定。

6.3.2 降水井用检查井要求详见6.1节。

6.3.3 施工完毕后降水井应及时回填，回填材料主要为低标号混凝土、级配砂砾。

6.3.4 基层和面层施工参照第4章相关规定进行。

6.3.5 排水方沟尺寸图详见附录C。

6.4 地质钻孔回填修复

6.4.1 地质钻孔施工完毕应及时回填。

6.4.2 地质钻孔回填材料应选用低标号混凝土或流动性好的砂浆，混凝土强度等级为C10，砂浆强度等级为M15。应具有良好的流动性。严禁将钻孔取出料进行二次回填。

附 录 A
(规范性附录)
挖掘修复材料设计参数

表 A.1 沥青混合料设计参数

材料名称	沥青针入度	抗压模量 E_i (MPa)		劈裂强度 15°C (MPa)	备注
		20°C	50°C		
粗粒式密级配沥青混凝土	≤90	800~1200	1200~1600	0.6~1.0	

注：符合B级道路沥青技术要求时，可用较高值；沥青针入度大于100时或符合C级道路沥青技术要求时，采用低值。

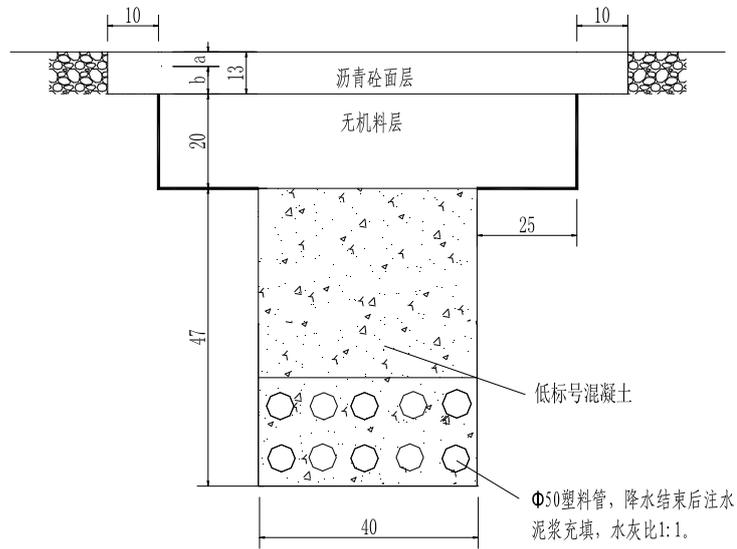
表 A.2 基层材料设计参数

材料名称	配合比或规格要求	抗压模量 E (MPa)	劈裂强度 σ (MPa)	备注
二灰砂砾	7: 13: 80	1300~1700	0.6~0.8	
二灰碎石	8: 17: 75	1300~1700	0.5~0.8	
水泥砂砾	5%~6%	1300~1700	0.4~0.6	
水泥碎石	5%~6%	1300~1700	0.4~0.6	
级配碎石	符合级配要求	300~350		

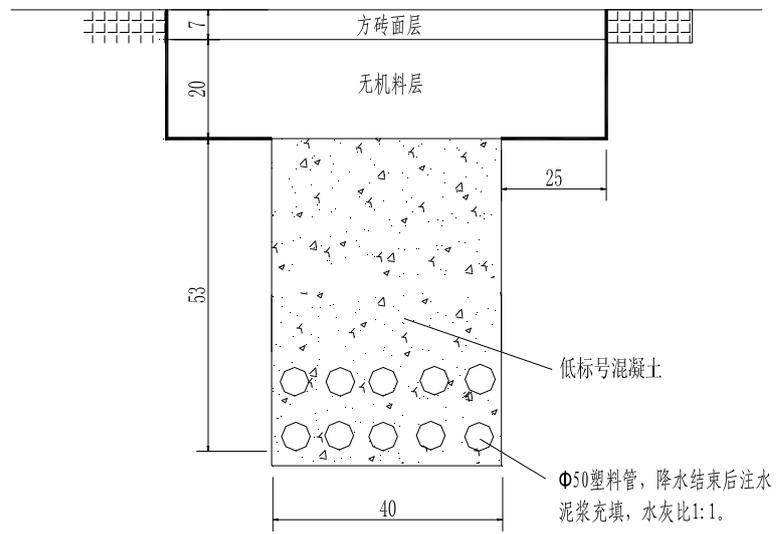
表 A.3 水泥稳定类集料的级配范围

编号	通过下列方孔筛尺寸(mm)的质量百分率(%)								类型
	37.5	31.5	19.0	9.50	4.75	2.36	0.6	0.075	
1		100	68~86	38~58	22~32	16~28	8~15	0	骨架密实型
2		100	90~100	60~80	29~49	15~32	6~20	0~5	悬浮密实型(基层)
3	100	93~100	75~90	50~70	29~50	15~35	6~20	0~5	悬浮密实型(底基层)

附录 C
(规范性附录)
降水井施工回填修复处理结构示意图



图C.1 沥青路面的降排水管沟修复处理结构示意图



图C.2 人行步道的降排水管沟修复处理结构示意图

附录 D
(规范性附录)
管道基础和管道包封示意图

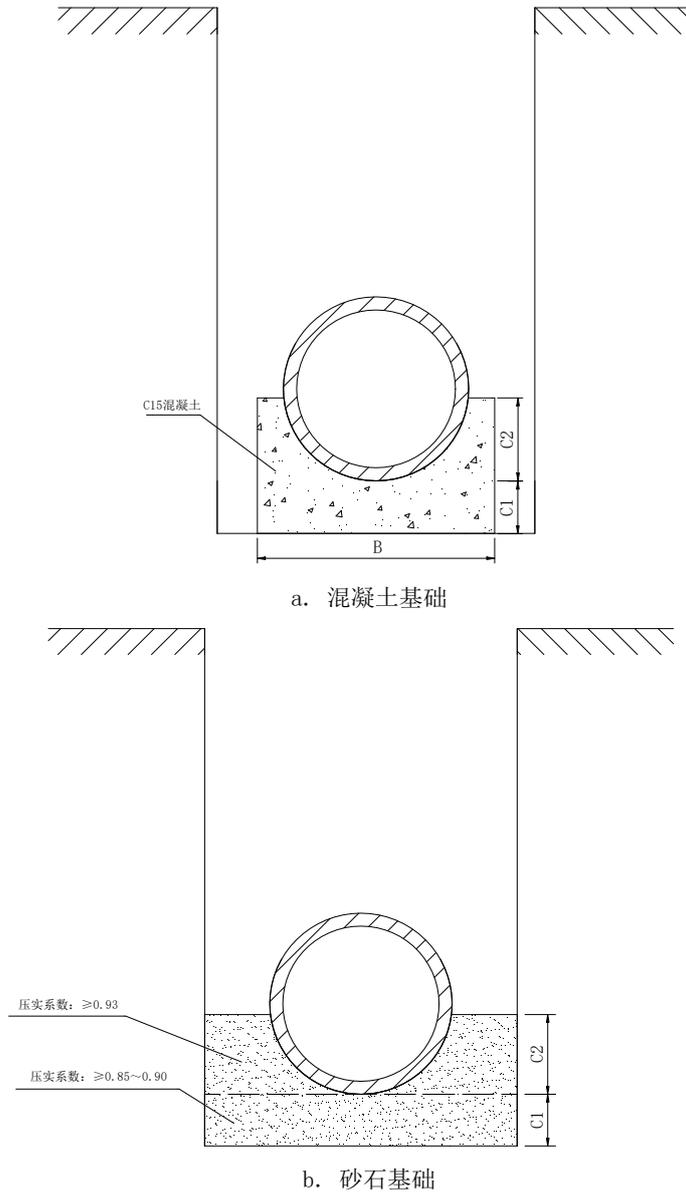
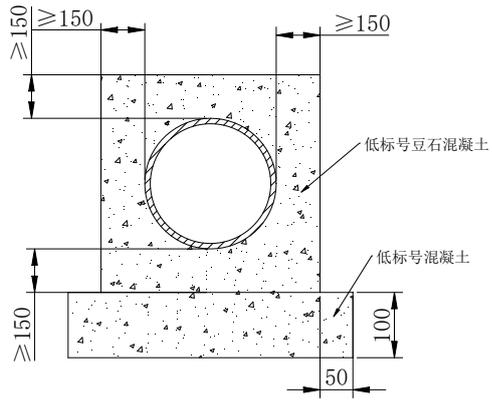
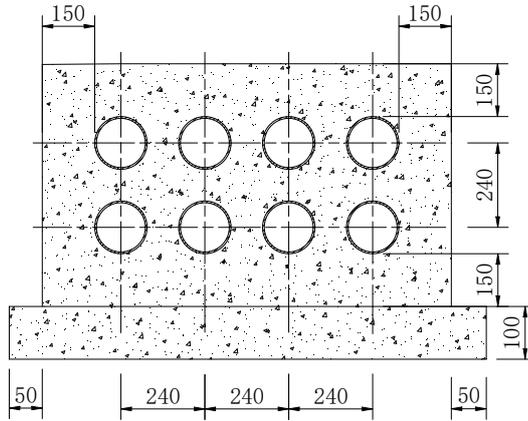


图 D.1 管道基础示意图 (尺寸单位: mm)

注: 图中C1、C2及B依管道大小而定, 具体可参照国家建筑标准设计图集《混凝土管道基础及接口》04S516。



a. 单管线的包封示意图



b. 多管线的包封示意图

图 D. 2 管道包封示意图 (尺寸单位: mm)

附 录 E
(规范性附录)
压实设备

表E.1 各种压实设备

机械名称	主要参数	性能	适用范围
手扶式振动压路机	结构质量(500~750) kg	振频: 43~59Hz; 激振力: 11.77~19.62kN	沟槽的面层、基层
振动平板夯	结构质量(70~560) kg	振频: 1100~5000次 /min; 激振力: 9.81~ 50kN	特别是对非粘性的砂质 粘土、砾石、碎石的效果 最佳
夯锤(板)	结构质量(85~120) kg	夯锤(板)面积:0.042~ 0.09m ² ; 夯击次数: 60~ 700次/min; 跳起高度: 300~500mm	对各类型的土壤均有较 好的夯实效果, 尤其对 砂质粘土和灰土效果最 佳

附 录 F
(规范性附录)
本规程用词说明

F.1.1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的用词
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词
正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

F.1.2 条文中指明必须按其他有关标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定（或要求）”。

北京市城市道路挖掘回填技术规程

条文说明

目次

1	总则.....	28
3	挖掘修复设计.....	28
3.1	设计原则.....	28
3.2	技术指标.....	29
3.3	结构组合.....	34
3.4	开槽宽度.....	35
3.5	回填分区.....	35
3.6	回填材料.....	35
4	挖掘修复施工.....	36
4.1	一般规定.....	36
4.2	道路开挖.....	36
4.3	路基回填.....	37
4.4	基层修复.....	37
4.5	面层修复.....	37
6	特殊结构回填.....	38
6.1	检查井回填修复.....	38
6.2	施工竖井回填修复.....	39
6.3	降水井回填修复.....	39
6.4	地质钻孔回填修复.....	39

1 总则

1.1.1 目的

随着北京市地下管线工程的日益增多,挖掘工程量不断增加,挖掘修复对城市道路交通的影响与市民对城市道路服务水平的要求之间的矛盾日益突出。因此,必须提高挖掘修复的技术水平,以尽可能地减小挖掘修复施工对城市交通及市民生活的影响。为此,有必要根据挖掘修复技术的新发展和新成果,在总结以往成功经验的基础上,制订《北京市城市道路挖掘回填技术规程》。

1.1.2 适用范围

本规程适用于北京市各类城市道路的挖掘修复工程,城市道路是指北京市规划范围内的市区道路以及环线道路。对于沥青混凝土路面,当纵向挖掘宽度达到或超过原路 1/2 时,面层宜为全幅修复;对于水泥混凝土路面,当纵向挖掘宽度达到或超过 1/3 板宽时,宜为整板修复。

1.1.3 基本要求

1 开挖前必须对地下管线及其他附属设施、周围构筑物进行调查,必要时进行地下勘查,以确保城市道路各类附属设施的安全。对于突发爆管修复,还应明确爆管的破坏范围及破损程度。

2 就挖掘修复施工而言,还应考虑该道路的路网功能、交通流量和流向情况,使施工作业尽量占用最少的道路空间,最大程度地降低对交通和环境的影响。

3 要求遵守《中华人民共和国安全生产法》及环境保护、城市管理等相关办法、规定,努力提高施工质量,积极发挥工程效益和社会效益。

凡遇特殊要求的工程,未为本规程所包括者,应按专门规定办理。使用新技术时,如与本规程不符,应另订标准。

1.1.4 编制依据

本规程在编制过程中依据了《城市道路管理条例》和《北京市城市道路管理办法》,为了强化质量管理同时引用了以下规范:

- 《城市道路设计规范》(CJJ37-99)
- 《城市道路和建筑物无障碍设计规范》(JGJ50-2001)
- 《城市地下管线探测技术规程》(CJJ61-2003)
- 《城镇道路养护技术规范》(CJJ36-2006)
- 《公路沥青路面设计规范》(JTG D50-2006)
- 《城镇道路工程施工与质量验收规范》(CJJ1-2008)

3 挖掘修复设计

3.1 设计原则

3.1.2 根据管道工程施工的特点,强调施工准备中对现场沿线及周围环境进行调查,以便了解并掌握地下管线等建(构)筑物真实资料。为了不影响既有管线的安全使用,必要时可对既有管线采取加固措施。

3.1.3 沟槽修复后形成条形体，与邻近区域存在竖向边界条件，而水平方向的联系非常薄弱，行车荷载作用于修复区域时，修复区域在水平方向不再是无限延伸，而是有一定宽度的条形体。因此，沟槽回填后的路基强度应高于开挖前的路基强度。

3.1.4 挖掘修复的设计与施工，应结合各区当地的地质条件、材料供应、工期要求和环境保护等因素，按照因地制宜和就地取材的原则进行修复设计，使得设计结果和施工方案达到技术上先进、经济上合理。合理安排施工，防止引发交通及施工安全事故。

3.1.5 为减少挖掘修复对城市各方面的影响，应尽量缩短工期。对重要路段或交通繁忙路段应考虑施工方便、养护时间短的快速修复设计。

3.2 技术指标

3.2.1 一般要求

3 道路修复时应注重道路美观和行车的舒适性，修复时修复面积应与道路轴心方向顺直。道路口应优选非开挖技术，当开槽时应合理规划采用横平竖直原则。

4 路基工作区深度

路基承受行车荷载作用，主要是在应力作用区，北京城市道路路基工作深度自路面算起，快速路、主干路为 1.8m，次干路为 1.5m，支路为 1.5m。

为了满足道路正常的使用功能，附加应力影响较大区的路基压实度要求为 $\geq 95\%$ 。坚固的路基，不仅是路面强度与稳定性的重要保证，而且能为延长路面使用寿命创造有利条件。

按照我国现行路面设计规范的规定，采用标准轴载 BZZ-100。由于北京市公共汽车超载非常严重，轴载远大于 BZZ-100。为综合考虑超载对路基承载力的影响，故荷载计算时将其考虑在内，计算结果如表 1。

表 1 北京市几种常用公共汽车计算荷载

编号	汽车类型	标准荷载 (kN)
①	京华 BK6111CNG	100
②	京华 BK6141CNGA	105
③	黄海 DD6181S02	110

1 当量圆直径 D 与车轮等效均布荷载 p'

(1) 京华 BK6111CNG

$$p_1 = \frac{P_1}{4} = \frac{100}{4} = 25.0 \text{ (kN)}$$

$$D_1 = 2\delta_1 = 2\sqrt{\frac{p_1}{\pi p}} = 2\sqrt{\frac{25.0}{3.14 \times 0.7 \times 10^3}} = 0.213 \text{ (m)}$$

$$p_1' = \frac{p_1}{\pi \delta_1^2} = \frac{25.0}{3.14 \times 0.1065^2} = 702.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

当轮压为 0.9 MPa 时， $D_1 = 0.188 \text{ (m)}$

$$p_1' = 901.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

当轮压为1.1 MPa时, $D_1=0.170$ (m)

$$p_1' = 1102.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(2) 京华 BK6141 CNGA

$$p_2 = \frac{P_2}{4} = \frac{105}{4} = 26.25 \text{ (kN)}$$

$$D_2 = 2\delta_2 = 2\sqrt{\frac{p_2}{\pi p}} = 2\sqrt{\frac{26.25}{3.14 \times 0.7 \times 10^3}} = 0.219 \text{ (m)}$$

$$p_2' = \frac{p_2}{\pi\delta_2^2} = \frac{26.25}{3.14 \times 0.1095^2} = 697.2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

当轮压为0.9 MPa时, $D_2=0.193$ (m)

$$p_2' = 897.7 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

当轮压为1.1 MPa时, $D_2=0.174$ (m)

$$p_2' = 1104.5 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(3) 黄海 DD6181S02

$$p_3 = \frac{P_3}{4} = \frac{110}{4} = 27.5 \text{ (kN)}$$

$$D_3 = 2\delta_3 = 2\sqrt{\frac{p_3}{\pi p}} = 2\sqrt{\frac{27.5}{3.14 \times 0.7 \times 10^3}} = 0.224 \text{ (m)}$$

$$p_3' = \frac{p_3}{\pi\delta_3^2} = \frac{27.5}{3.14 \times 0.112^2} = 698.2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

当轮压为0.9 MPa时, $D_3=0.197$ (m)

$$p_3' = 902.7 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

当轮压为1.1 MPa时, $D_3=0.178$ (m)

$$p_3' = 1105.7 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

2 荷载应力 σ_z 、自重应力 σ_B 及总应力 $\sigma_z + \sigma_B$

$$\sigma_z = \frac{P}{1 + 2.5\left(\frac{Z}{D}\right)^2}$$

式中： σ_z ——车轮荷载引起路基内部竖向压应力， kN/m^2 ； p ——车轮荷载等效均布荷载， kN/m^2 ； D ——轮迹当量圆直径， m ； Z ——圆形均布荷载中心下应力作用深度， m 。

针对目前北京市快速路和主干道、次干道、支路常用的典型路面结构型式进行计算。路面结构型式如图 1，路面各结构层材料参数如表 2。

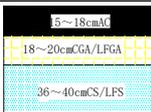
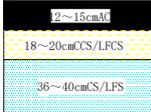
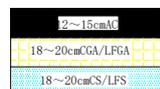
道路等级	结构层	交通荷载等级			
		1	2	3	4
快速路、 主干道	沥青面层	---		---	---
	基层				
	底基层				
次干路	沥青面层	---		---	---
	基层				
	底基层				
支路	沥青面层	---	---		---
	基层				
	底基层				

图 1 北京市道路典型结构型式

表 2 各结构层材料参数

结构层位	回弹模量 E (MPa)	容重 γ (kN/m^3)	结构层厚度 h (m)		
			快速路、主干道	次干路	支路
面层	1200	25	0.15	0.12	0.12
基层	1500	23	0.18	0.18	0.18
底基层	250	20	0.36	0.36	0.18
土基	40	18	-	-	-

注：该表中回弹模量 E 的取值参考《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2006 中附录 E。

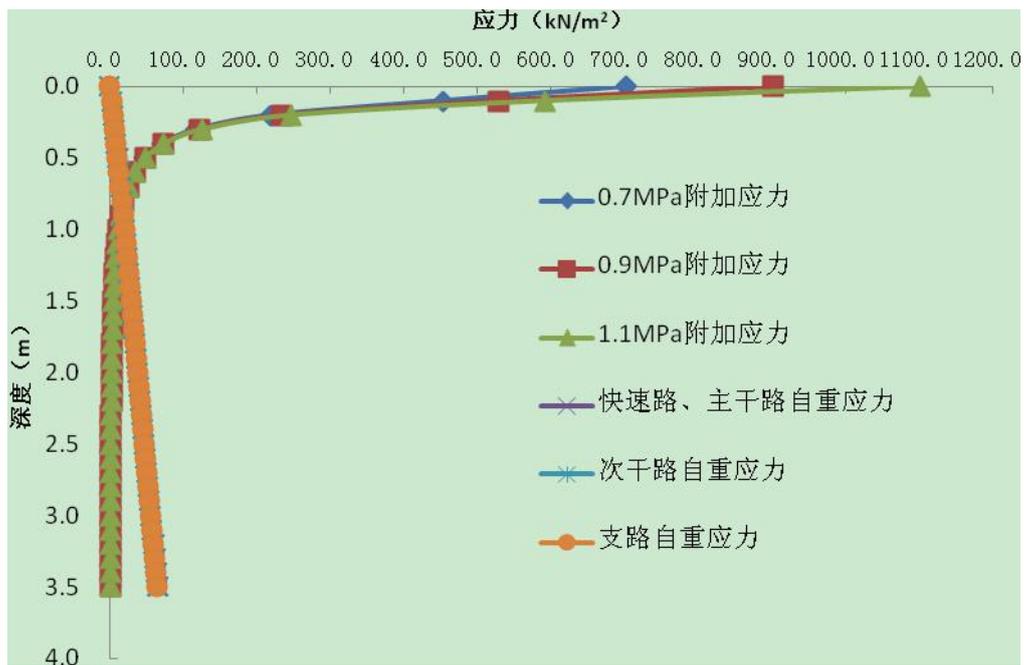


图2 不同轴载（京华 BK6111CNG）条件下不同深度处附加应力曲线（当量圆圆心位置）

表3 不同轴载（京华 BK6111CNG）条件下的工作区深度(单位：m)

轮压 (MPa)	快速路、主干路		次干路		支路	
	n=1/5	n=1/10	n=1/5	n=1/10	n=1/5	n=1/10
0.7	1.458	1.857	1.470	1.864	1.483	1.877
0.9	1.461	1.858	1.473	1.865	1.486	1.879
1.1	1.463	1.859	1.475	1.866	1.489	1.881

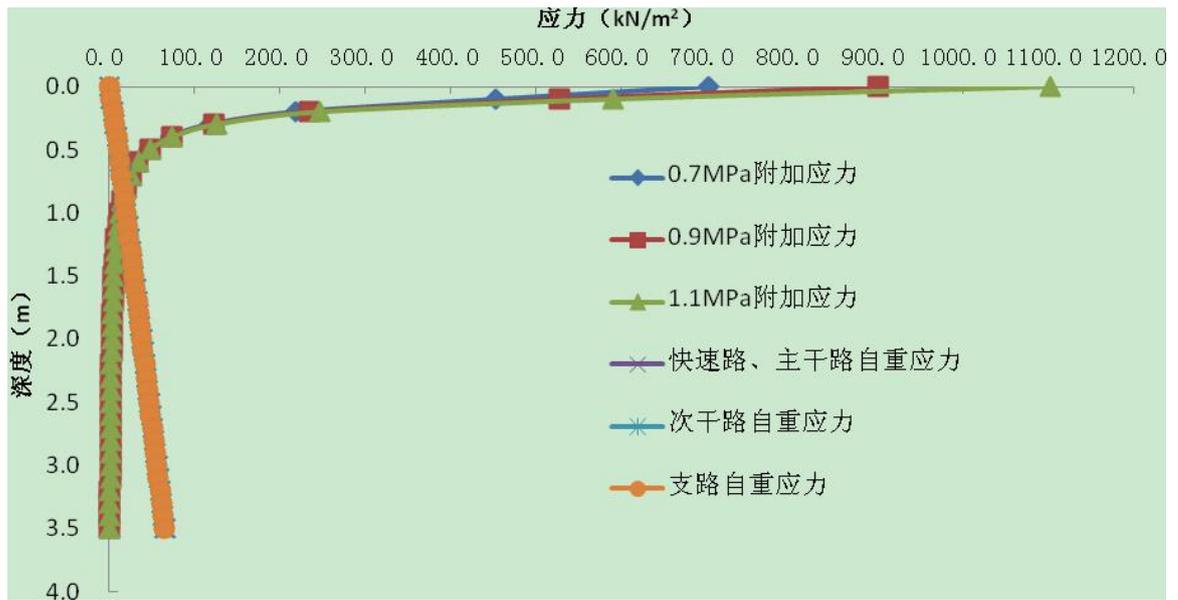


图 3 不同轴载（京华 BK6141CNGA）条件下不同深度处附加应力曲线（当量圆圆心位置）

表 4 不同轴载（京华 BK6141CNGA）条件下的工作区深度(单位：m)

轮压 (MPa)	快速路、主干路		次干路		支路	
	n=1/5	n=1/10	n=1/5	n=1/10	n=1/5	n=1/10
0.7	1.495	1.900	1.504	1.905	1.517	1.915
0.9	1.497	1.901	1.507	1.907	1.519	1.916
1.1	1.499	1.902	1.508	1.907	1.521	1.917

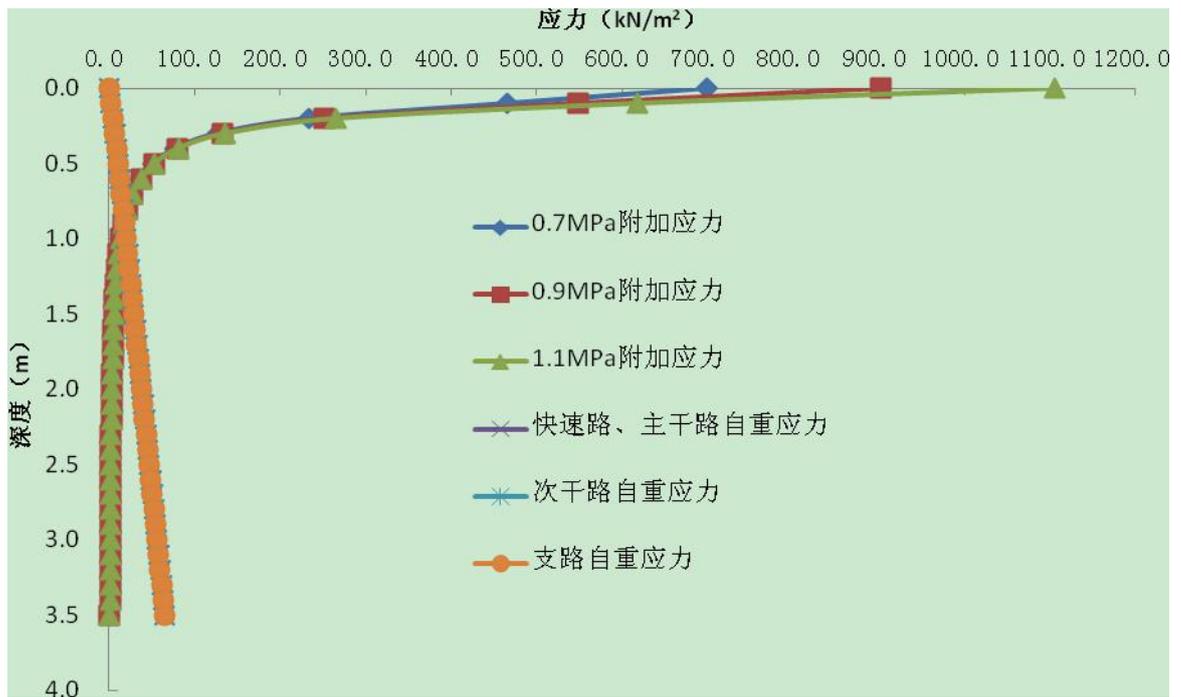


图4 不同轴载（黄海 DD6181S02）条件下不同深度处附加应力曲线（当量圆圆心位置）

表5 不同轴载（黄海 DD6181S02）条件下的工作区深度(单位：m)

轮压 (MPa)	快速路、主干路		次干路		支路	
	n=1/5	n=1/10	n=1/5	n=1/10	n=1/5	n=1/10
0.7	1.531	1.933	1.543	1.936	1.557	1.942
0.9	1.534	1.934	1.547	1.937	1.560	1.943
1.1	1.535	1.934	1.548	1.937	1.562	1.943

3.2.3 弯沉控制指标

挖掘修复后的路面结构附加应力是由修复区域道路过大的变形而导致开挖与非开挖区域变形不协调引起的，而表征这种变形的指标是修复区域的弯沉值（或者与非开挖区域的弯沉比）。因而控制了修复区域的路表弯沉即控制了路面结构的附加应力，故可以选择“修复区域的路表弯沉”作为道路挖掘修复的设计指标。

由挖掘修复的损坏模式和机理可知，以结合部面层顶面弯拉开裂或修复区域基层层底弯拉开裂为控制状态时，均与修复区域的变形有密切关系，而对修复区域变形的控制以修复后的路表弯沉表征。因而，设计标准为修复后的路表弯沉值略小于开挖前的路表弯沉值，但也不宜小得过多，以免造成过大的差异沉降。

3.3 结构组合

3.3.1 沥青路面结构层可由面层、基层、底基层、垫层等多层结构组成。

1 面层可为单层、双层或三层。双层结构分为表面层、下面层。三层结构分为表面层、中面层、下面层。表面层应具有平整密实、抗滑耐磨、抗裂耐久性能；中、下面层应具有高温抗车辙、抗剪切、密实、基本不透水的性能；下面层应具有耐疲劳开裂的性能。

2 基层是主要承重层，应具有稳定、耐久、较高的承载能力，可为单层或双层。无论是沥青混合料、粒料类柔性基层，还是半刚性基层、刚性基层，均要求具有相对较高的物理力学性能指标。

3 底基层是设置在基层之下，并与面层、基层一起承受车轮荷载反复作用的次承重层。

4 垫层是设置在底基层与土基之间的结构层，具有排水、隔水、防冻等作用。

5 面层类型应与道路类型、使用要求、交通等级相适应。

6 各沥青层的厚度应与混合料的公称最大粒径相匹配。

7 这种与交通荷载相匹配的、路面结构强度和回弹模量自上向下逐层由高变低、各层结合紧密的结构能具备车辆荷载在路面结构中应力分布的特性，因而才能满足行车要求。

3.4 开槽宽度

3.4.1 对于道路挖掘埋设管线的沟槽底部的宽度要求，是为保证道路挖掘修复的质量，其道路开槽底部的最小宽度为 800mm，是根据现有的最小夯实机具的工作宽度而定的；若开槽小于 800mm 则必须采用特殊材料回填以满足道路功能的要求。特殊材料如混凝土，密实式沥青稳定碎石混合料（ATB）等。

3.4.2 当地下水位低于沟槽底部时，沟槽可采用直槽进行，沟槽最深深度值是采用《城镇燃气输配工程施工及验收规范》（CJJ33-2005）中 2.3.5；当沟槽挖深超过 3m 时，则采用放坡法施工，其放坡开槽的坡度与深度关系是采用《通信管道工程及验收规范》（GB 50374-2006）中 4.1.4。

3.4.3 当道路开槽深度 $H > 2000\text{mm}$ 时，应采用非开挖技术施工，如微型隧道法、导向钻进法、水平螺旋钻进法、顶管法、夯管法等，道路范围内原则上不允许开槽。

3.5 回填分区

3.5.1 路基回填分区

对于道路挖掘埋设管线的顶部应在基层以下不小于 0.3m 处设置，是道路结构设计标准和城市规划的规定。不能满足此项要求，应采取相应的加固措施。

3.5.2 路基回填材料

沟槽回填材料主要选用级配砂砾，水泥稳定集料，二灰稳定集料和级配碎石。

3.6 回填材料

常用的路基回填材料包括水泥稳定土、级配砂砾、二灰稳定集料、水泥稳定集料、级配碎石和混凝土。将这几种材料大致可分为半刚性材料：水泥稳定土，二灰稳定集料，水泥稳定集料；柔性材料：级配砂、级配碎石；刚性材料：混凝土。

半刚性类材料具有强度高、整体性（或称板体性）好、承载能力强等优点是路面结构的主要承重层。但是这种材料会产生干缩裂缝和温度裂缝，这些裂缝向上扩展会使沥青面层产生反射裂缝。面层开裂，表面水会沿裂缝下渗，在行车荷载反复作用下会使下卧层（基层、底基层乃至路基）顶面的细料受到冲刷而产生唧浆病害，并进而导致基层或底基层的开裂和碎裂以及沥青面层的开裂破坏。为克服无机结合料稳定类材料的缺点，可以采取多种措施：如限制无机结合料的用量；限制小于 0.075mm 料的用量，控制面层施工前基层的湿度和温度收缩等；也可以采取结构措施，如增加沥青面层的厚度，联结层的下层采用开级配沥青碎石等。

柔性粒料类材料，其基层往往选用质量较差的级配碎（砾）石或填隙碎石，也可选用水泥、石灰-粉煤灰或石灰稳定碎（砾）石或土。这类基层的刚度不太高，沥青面层底面会出现较大的拉应变（应力）并在重复荷载作用下产生疲劳开裂。此外路面结构还会产生较大的永久变形。

刚性类材料具有强度高、整体性好、承载能力强的优点。由于存在接缝，它与半刚性材料一样仍然会使沥青面层产生反射裂缝。

4 挖掘修复施工

4.1 一般规定

4.1.1、4.1.2 管道地基应符合设计要求，管道天然地基的强度不能满足设计要求时应按设计要求加固。

4.1.3 回填材料运入槽内时不得损伤管道及其接口，根据每层虚铺厚度的用量将回填材料运至槽内，且不得在影响压实的范围内堆料。管道两侧和管顶以上 500mm 范围内的回填材料，应有沟槽两侧对称运入槽内，不得直接回填在管道上；回填其他部位时，应均匀运入槽内，不得集中推入。回填作业每层料的压实遍数，按压实度要求、压实工具、虚铺厚度和含水量，应经现场试验确定。

4.1.4 管道基础及管道的包封均需要按设计图纸的规格要求支架模板。浇筑的混凝土的强度为 C10~C20，浇筑混凝土后应振捣密实，初凝后应及时养护。

4.2 道路开挖

4.2.2 路面开挖

1 水泥混凝土路面层如属大型挖掘修复工程则应当按整块板修复，以保证修复质量。对于路面结构的开挖尺寸和范围，还应考虑压实机械的宽度限制。如果条文所定宽度不适宜压实机械作业时，可适当增加路面开挖宽度。

2 确定水泥、沥青混凝土路面面层施工板块，把原沥青混凝土路面用切割机切割整齐，方可破碎挖掘道路结构层。对旧路切割处，在铺筑新道路面层前，应凿毛清洗，确保道路整体性。

3 当设置台阶时，基层一般在路基开挖断面两侧各加宽 300mm~500mm，面层则宜在基层开挖断面的两侧再各加宽至少 200mm。

4.2.3 道路开槽

1 挖掘的槽底最小宽度宜为所埋设施的外侧宽度加两侧夯实机具的工作宽度。

2 旧城区地下管线比较复杂，埋设管道下穿或上跨旧管道时，挖土过程中应做好相应的防护措施，避免对旧管道的损伤，尤其是重要的管道（煤气、燃气管道等）。当需要对旧管道做一定处理时，应与相关部门协商，不得私自破损或移动。

3 开挖沟槽路基的过程中应做好排水工作，把可能流入沟槽的路表水引入相应雨水管道口排放。在爆水管应急抢修工程中，沟槽中水量不大则可用相应的快速修复材料直接回填沟槽，水量大时则应截断水源，用水泵抽水后，先清除表层湿土再用快速修复材料回填沟槽。

4.2.4 雨季施工措施

雨季在槽两侧设挡水围堰，回填用土可用塑料布遮盖，需备必要的水泵，对沟槽内积水

抽净排干后再回填。

4.3 路基回填

将这几种回填材料大致可分为半刚性基层、底基层材料：水泥石灰土、二灰稳定集料、水泥稳定集料；柔性基层、底基层材料：级配砂、级配碎石和 ATB；刚性基层材料：混凝土。

4.3.2 半刚性基层、底基层材料

1 研究和工程实践表明，集料在混合料中的分布状态与材料性能有密切关系。悬浮密实型混合料中细料的压实体积应大于粗集料形成的孔隙体积，即粗集料在压实混合料中处于“悬浮状态”；骨架密实型混合料中细料的压实体积应“临界”于粗集料形成的孔隙体积，粗集料在压实混合料中有一定“骨架作用”。

2 当采用二灰稳定类材料做下基层或底基层时，暂不要求做抗冻性能检验；水泥稳定类基层抗冻性能优于二灰稳定类，一般可不做抗冻性能检验。

4.3.3 柔性基层、底基层材料

1 密级配沥青碎石（ATB, Asphalt-treated base），设计孔隙率为 3%~6%。有关试验路的取芯结果表明，采用标准马歇尔击实法，压实度较易于达到规定值的 98%，并超过 100%，波动范围为 105%~114%，而且击实法易打碎石料，改变了原有级配。采用振动压实时，压实度为 97%~101%，更符合实际。推荐采用振动成型、旋转压实仪成型，只有在无试验设备时，可暂用击实法成型。

2 级配碎石是一种古典的路面结构层，常用几种粒径不同的碎石和石屑掺配拌制而成，适用于各级道路的基层和底基层。级配碎石可分为骨架密实型与连续级配型两类。

有关试验研究表明：不同成型方法得到不同的 CBR 值和回弹模量。用振动法成型时，符合紧排骨架-密实原则的级配碎石，当达到振动压实标准 98% 压实度时，其回弹模量可在 500~550MPa 范围内变化。可见，对交通量较大的道路可宜用骨架密实型级配。条文中级配碎石的 CBR 值是采用重型击实法标准的要求，若用振动法成型，CBR 值均有所提高。在质量检验时，应加强级配管理、压实度检验，并进行现场承载板或简易落锤弯沉仪检验。

4.4 基层修复

4.4.3 材料技术要求

级配碎石即将粗细碎石及石屑按一定的比例混合，使其颗粒组成符合最大密实级配要求。其强度和稳定性主要取决于内摩阻力的大小，集料的粒径、类型、密度及塑性指数也起到至关重要的作用。根据国内对级配碎石的研究成果，推荐采用紧排骨架-密实型级配。

4.4.4 施工技术要求

级配碎石在运输、摊铺、碾压过程中含水量会有损失，为了使现场级配碎石能够在接近最佳含水量时碾压，级配碎石的加水量在拌和过程中宜略高于最佳含水量。级配碎石采用小型车辆运输，卸料时发生离析少，同时接料、人工摊铺时间短，能及时摊铺整型。

4.5 面层修复

4.5.1 一般规定

铺筑沥青混合料的气温低于 5℃ 时，应视为低温施工（冬期），冬期施工应提高沥青混合料的拌合温度，石油沥青为 160~170℃。运输车应有保温层苫盖严密，到达施工现场的温

度不宜低于140~160℃。施工作业时应做到卸料快、摊铺快，及时找细、及时碾压。碾压成型温度不宜低于40℃（普通石油沥青）。

4.5.4 施工技术要求

摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺，不得随意变换速度或中途停顿，以提高平整度，减少混合料的离析是摊铺的核心。

平整度是沥青路面的最重要的指标之一。每铺筑一层能使平整度减小标准差0.2~0.3mm，但分层多了将影响沥青层的整体性，很可能得不偿失。因此提高平整度不能寄希望于增加分层，能2层铺筑的最好不要分3层。

热拌沥青混合料压实层的最大厚度，与压路机的类型及吨位有密切的关系，随着压路机吨位不断加重，允许的压实层厚度也放宽了。在高温下紧跟压路机碾压是提高碾压效果的重要手段。错过了时机将使压实很难进行。复压是整个压实过程中的关键，采用什么样的压路机十分重要。不同的压路机具有不同的特点，它与压实层厚度关系很大，薄压实层适宜采用静态的刚性碾，不宜用振动压路机。轮胎压路机可以适宜于不同厚度的压实层，使用最“皮实”。对沥青粘度较大、或者较厚的压实层，静态的刚性碾可能难以达到要求的压实度。

4.5.5 接缝

由于沥青路面的纵向接缝不好造成纵向开裂的情况屡见不鲜，严重影响了路面寿命。对次干路及支路不能中断交通情况而言，半幅施工的冷接缝就无法避免。对快速路和主干路有中央分隔带的路面来说，冷接缝通常是不允许的。目前沥青路面的横向接缝仍是一个薄弱环节，接缝跳车或开裂是一种常见病。对横向接缝常采用平接缝还是斜接缝，不能一概而论。平接缝固然容易做好平整度，但连续性较差，易在此开裂；反之斜接缝则不易搭接得好，容易形成接头跳车。我国习惯于采用切缝，目的是整齐美观。实践证明，切缝两侧不容易粘结成为一个整体。

6 特殊结构回填

6.1 检查井回填修复

6.1.1 井体砌筑

- 1 采用非粘土烧结砖砌井时，应将砖或原砌体浇水湿润。
- 2 每层砖砌体的砌筑水泥砂浆必须填充饱满，水泥砂浆强度不得低于 M7.5。
- 3 井壁的砌筑一般一次性砌到二灰碎石基层的底部标高为宜，井壁的二次接高要根据施工组织设计中编制的程序进行。
- 4 检查井内的流槽应与井壁同时进行砌筑。
- 5 检查井接入圆管的管口与井壁间空隙应封堵严密，当接入管径大于 300mm 时，应砌砖圈加固。
- 6 井内外壁粉刷必须严格按照设计要求进行，内外壁粉刷必须在回填土之前进行，且在排干井筒内积水后一次粉刷到底。

6.1.2 检查井周的回填土

- 1 现浇混凝土或砌体水泥砂浆的强度应达到设计规定的强度后方允许回填。严禁与砌井体同步回填。
- 2 井周400mm宽范围内的回填材料，均应采用6%石灰土。对于雨水口砌体外的回填，因

其回填空间实际上无法达到400mm宽(一般只有50~150mm宽)致使施工机械无法入内操作的,要采用合理级配砂石料回填充实。

6.1.3 检查井施工的质量控制

1 检查井施工质量应作为道路施工重点质量监控对象,检查井的混凝土底板浇筑及井周回填土,应作为监理旁站监督的一项重要内容。

2 井周每一层回填土压实成型后,要经监理工程师验收签证方可进行上一层回填土。

6.2 施工竖井回填修复

竖井每次护壁施工完成后及时进行井深二次衬砌,竖井井深段衬砌由上向下分节施工,节间长度为2m,模板的加固采用在已浇筑好的护壁上预埋钢筋或钢板,焊接支撑梁作为模板的底支撑的方式进行,施工衬砌采用定型钢模板拼装,采用设计的钢管搭设模板支撑架,钢管支撑架的间距为500~700mm,浇筑分节长度为2m,衬砌混凝土由洞外自动计量拌和站生产,罐车运至井口,利用串筒投料孔下料,插入式振动器振捣密实,混凝土强度达到2.5MPa后方可拆除模板。拆模完后及时进行浇水养护,养护时间不少于14d。

开挖、衬砌施工完后,直接立模浇筑井口围墙,井口围墙内模利用衬砌模板立模,外侧采用木模板拼装成型,利用混凝土拌和站集中拌合混凝土,混凝土罐车运至工地进行浇筑,插入捣固器振捣密实,井口模板采用现场预制吊装,待井口围墙及盖板混凝土强度达到设计强度的100%后利用机械对井口进行回填,回填应分层摊铺碾压密实。

6.3 降水井回填修复

施工降水为结构工程施工的辅助工程,属临时工程范畴,因此降水工程结束(竣工)后,应予以拆除或采取适当处理措施。降水井和其它地下临时工程应按有关规定进行处理,所有降水井进行回填,其目的是使原有井身空间与地层连成一体,保证井室与路面、井身与周围地层的整体性和稳定性。

由于地铁施工工期一般为1~2年,时间较长。因此降水井用检查井应按正常道路修复检查井要求一致。

1 每眼井回填前需测量井深,了解井筒是否完整,井内有无卡堵或落物,如有卡堵需通井,如有落物,必要时要打捞。

2 回填石屑时要人工均匀填入,防止蓬堵现象发生,如发生蓬堵,要人工振捣或用水冲落。

3 为保证井孔回填密实,回填石屑3天后方可回填混凝土,回填混凝土时,要人工振捣密实,混凝土需打到与路面基本平齐。每眼井回填完后需围挡养护7d。

4 凡是在沥青路面上的降水井,在凿井前已支付挖掘费,回填后及时通知市政补铺沥青面层。

5 降水井回填后,要求降水井周围无沉陷,回填面与原路面平齐。

6.4 地质钻孔回填修复

钻孔完工后,可根据不同要求选用合适的材料回填。回填材料主要为低标号混凝土和流动性好的砂浆。

探井、探槽回填可用原土回填,每300mm分层夯实,夯实土干密度不小于 15kN/m^3 。有特殊要求时可用低标号混凝土回填。