



水泥粉煤灰碎石桩施工规定：

项目	内容
①成桩试验	施工前应进行成桩试验，确定施工工艺、速度、投料数量、质量标准。 <small>(老船长经典秒杀口诀：一直投诉)</small>
②打桩顺序	群桩施工：宜采用隔桩跳打的打桩顺序，相邻桩打桩间隔时间应不小于7d。
③质量检查项目	桩距、桩径、桩长、强度、复合地基承载力。

(8) 刚性桩

刚性桩主要包括现浇混凝土大直径管桩与预制管桩。刚性桩适用于处理深厚软土地基上荷载较大、变形要求较严格的高路堤段、桥头或通道与路堤衔接段。刚性桩桩顶应设桩帽。【2023 单 I】

现浇混凝土大直径管桩宜采用振动沉管设备施工。

预应力混凝土薄壁管桩试桩数量不得少于 2 根，宜采用静力压桩机施工，也可采用锤击沉桩机施工。

(9) 强夯和强夯置换 【2019 单 I、2018 案 II】



强夯置换方式示意图

项目	强夯	强夯置换
适用条件	碎石土、低饱和度的粉土与黏性土、杂填土和软土	高饱和度的粉土与软塑、流塑的软黏土地基，处理深度不宜大于 7m
处理范围	每边超出坡脚的宽度不宜小于 3m	坡脚外增加一排置换桩
材料要求	应在地基中设置竖向排水体；垫层：砂、砂砾、石屑、碎石土等	桩顶应铺设一层厚度 $\geq 0.5m$ 的粒料垫层（与桩体材料相同） 强夯置换材料：片石、碎石、矿渣等，粒径宜不大于夯锤底面直径的 0.2 倍，含泥量宜不大于 10%，粒径大于 300mm 的颗粒含量宜不大于总质量的 30%
夯实	在强夯能级不变的条件下，宜采用重锤、低落距	
试夯	试夯区面积 $\geq 500m^2$ 应确定参数：最佳夯击能、间歇时间、夯间距、夯击次数、夯击遍数	
施工结束 30d 后	应通过标准贯入、静力触探等原位测试，测量地基的夯后承载能力是否满足设计	宜采用动力触探试验检查置换墩着底情况及承载力，检验数量不少于墩点数的 1%，且不少于 3 点

【补充·了解】

名词	释义
(1) 静力触探	是指利用压力装置（相对动力触探而言，没有或很少冲击荷载）将有触探头的触探杆压入试验土层，通过量测系统测土的贯入阻力，可确定土的某些基本物理力学特性，如土的变形模量、土的容许承载力等。
(2) 动力触探	是在静力触探试验的基础上发展而来。对于粗颗粒土或贯入阻力大的地基土，需要用动力才易于将探头贯入。

动力触探	分类	适用性
	轻型	粘性土
	中型	
	重Ⅰ型（即标准贯入试验）	粘性土、粉土、砂土、粉砂、细砂和中砂
	重Ⅱ型	粗砂、砾砂，以及圆砾、卵石等碎石土类

【总结】

9种软基处理方法适用范围汇总

处理方法		适用范围
1. 垫层与浅层处理	垫层	处理深度： $\leq 3m$
	浅层处理	
2. 爆炸挤淤		处理深度： $\leq 15m$ （海湾滩涂等淤泥和淤泥质土地基）
3. 竖向排水体	袋装砂井	处理深度： $>3m$
	塑料排水板	
4. 真空预压		软土性质很差、土源紧缺、工期紧
5. 粒料桩	振冲置换法	十字板抗剪强度： $\geq 15kPa$
	振动沉管法	十字板抗剪强度： $\geq 20kPa$
6. 加固土桩		十字板抗剪强度： $\geq 10kPa$ （有机质含量不大于 10%）
7. 水泥粉煤灰碎石桩		十字板抗剪强度： $\geq 20kPa$
8. 刚性桩		深厚软土地基上荷载较大、变形要求较严格的高路堤段、桥头或通道与路堤衔接段
9. 强夯和强夯置换	强夯	碎石土、低饱和度的粉土与黏性土、杂填土和软土
	强夯置换	处理深度： $\leq 7m$ （高饱和度的粉土与软塑、流塑的软黏土地基）

施工质量检查项目汇总

处理方法		检查项目
1. 竖向排水体	袋装砂井	井距、井长、井径、灌砂率
	塑料排水板	板距、板长
2. 粒料桩		桩距、桩长、桩径、粒料灌入率、地基承载力
3. 加固土桩		桩距、桩长、桩径、单桩每延米喷粉（浆）量、强度、地基承载力
4. 水泥粉煤灰碎石桩		桩距、桩长、桩径、强度、复合地基承载力

施工质量检查项目汇总

处理方法	检查项目
老船长规律总结：X 距、X 长、X 径	

3) 软土地区路堤施工技术要点

- (1) 软土地区路堤施工应**尽早**安排，施工计划中应考虑地基所需固结时间。
- (2) 填筑过程中，应严格**控制填筑速率**，并应进行动态观测。
- (3) 施工期间，路堤中心线地面沉降速率 24h 应不大于 10~15mm，坡脚水平位移速率 24h 应不大于 5mm。应结合沉降和位移观测结果综合分析地基稳定性。填筑速率应以**水平位移**控制为主，超过标准**应立即停止填筑**。**【2020 单 I、2020 案 II、2018 案 II】**

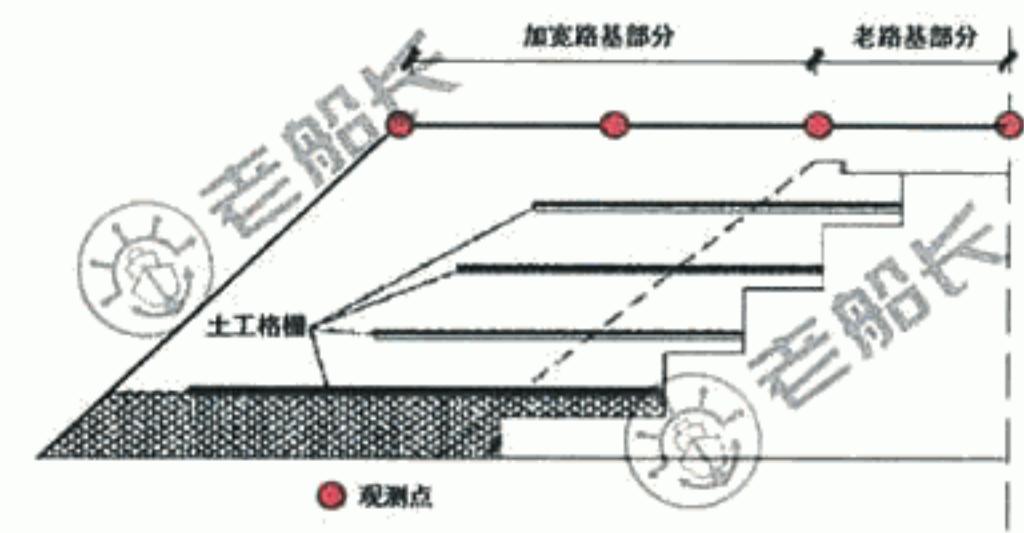
【补充】

沉降和稳定动态观测

观测项目	常用仪器	观测内容及目的
地表沉降量	沉降板	①根据测定数据调整填土速率； ②预测沉降趋势，确定预压卸载时间和结构物及路面施工时间； ③提供施工期间沉降土方量的计算依据
地表水平位移量及隆起量	地表水平位移桩	监测地表水平位移及隆起，确保路堤施工的安全和稳定
土体深层水平位移	测斜仪	监测土体深层水平位移，推定土体剪切破坏的位置

4) 旧路加宽软基处理要求

- (1) 软基路段路基加宽台阶应**开挖一层、填筑一层**，上层台阶应在下层填筑完成后开挖。
- (2) 旧路加宽路段应同步进行拼宽路基和老路基的**沉降观测**，观测点宜布置在**同一断面上**。观测点设置宜为**老路路中、老路路肩、拼宽部分中部、拼宽部分外侧**。老路路中、老路路肩沉降观测点设置可采用**在路表埋设观测点**的方法，拼宽部分宜采用**埋设沉降板**的方法。**【2021 案 II】**



2. 膨胀土地区路基施工

1) 膨胀土的工程特性及主要特征

含亲水性矿物并具有明显的**吸水膨胀与失水收缩**特性的高塑性黏土称为膨胀土。按工程性质分为**强膨胀土、中等膨胀土、弱膨胀土**三类。

2) 膨胀土地区路基施工技术要点

(1) 膨胀土作为路基填料时的要求

①膨胀土**掺拌石灰**改良后可用作路基填料，**掺灰处置后的膨胀土不宜用于高速公路、一级公路的路床和二级公路的上路床**。（可用作二级公路下路床）

②**高填方、陡坡路基不宜**采用膨胀土填筑。

③**强膨胀土不得**作为路基填料。**【2006 单 II】**

④路基**浸水部分不得**用膨胀土填筑。

⑤桥台背、挡土墙背、涵洞背等部位**严禁**采用膨胀土填筑。（简记：**三背严禁膨胀土**）

(2) 膨胀土的填筑

①**物理改良**的膨胀土路基填筑工艺应符合下列规定：

A. 位于斜坡路段的膨胀土路基应从最低处开始逐层填筑。当沟底有涵洞等结构物时，应在结构物两侧对称进行填筑。

B. 每层厚度不得大于~~300mm~~。

C. 采取包边处理时，应先填筑~~300mm~~非膨胀性包边土或石灰处置后的膨胀土，然后再填筑膨胀土，两者交替进行。包边土的宽度宜~~300mm~~小于2m，以一个压路机宽度为宜。

D. 路床采用粗粒料填筑时，应在膨胀土顶面设置3%~4%的横坡，并采取防水隔离措施。

②掺灰处理膨胀土时，若土的天然含水率偏高，宜采用生石灰粉处置，掺石灰宜分两次进行。

③路基完成后，应做封层，其厚度应不小于200mm。横坡应不小于2%。

④物理处置的膨胀土填筑时的压实度标准应根据试验路段与各地的工程经验确定，且压实度应满足不低于重型压实标准的90%。

【补充·了解】第一次掺石灰是为“砂化”降低塑性指数，便于粉碎；第二次掺石灰是为提高强度，控制膨胀量。两次掺灰拌和有利于拌和均匀。

(3) 膨胀土地区路堑开挖

①边坡不得一次挖到设计线，应预留厚度300~500mm，待路堑完成后，再分段削去边坡预留部分，并立即进行加固和封闭处理。

(4) 膨胀土路堑边坡防护

①采用非膨胀土覆盖置换或设置柔性防护结构进行防护时，边坡覆盖置换厚度应不小于2.5m，并满足机械压实施工的要求，压实度应不小于90%。覆盖置换层与下伏膨胀土层之间，应设置排水垫层和渗沟。

②采用植物防护时，不应采用阔叶树种。

③圬工防护时，墙背应设置缓冲层，厚度应不大于0.5m。支挡结构基础应大于气候影响深度，反滤层厚度应不小于0.5m。

(5) 膨胀土零填和挖方路段路床

公路等级	处理方式(换填)
①高速公路、一级公路	A. 路床0.8~1.2m范围的膨胀土应进行换填处理。 B. 对强膨胀土路堑，路床换填深度宜加深到1.2~1.5m。 C. 在1.5m范围内可见基岩时，应清除至基岩。
②二级公路、三级公路	A. 路床0.3m范围的膨胀土应进行换填处理。 B. 二级公路强膨胀土路堑的路床换填深度宜加深至0.5m。 C. 换填材料为透水性材料时，底部应设置防渗层。

3. 黄土地区路基施工

1) 黄土的工程特性

(1) 黄土的水理特性

①渗水性

②收缩和膨胀性

黄土遇水膨胀，干燥后又收缩，反复多次容易形成裂缝及剥落。

③崩解性

各类黄土的崩解性相差很大，新黄土浸入水中后，很快就全部崩解；老黄土则要经过一段时间才全部崩解；红色黄土浸水后基本不会崩解。

(2) 黄土的湿陷性

黄土在一定压力（土自重或自重压力和外压力）作用下，受水浸湿后土体结构迅速破坏而发生的显著下沉现象，称为湿陷。具有湿陷性的黄土称为湿陷性黄土。湿陷性黄土又分为自重湿陷性黄土和非自重湿陷性黄土。在上覆土的自重压力下受水浸湿，发生显著附加下沉的湿陷性黄土，称为自重湿陷性黄土；不发生显著附加下沉的湿陷性黄土，称为非自重湿陷性黄土。

2) 湿陷性黄土地基的处理措施

主要有：换填法、冲击碾压法、强夯法、挤密桩法、桩基础法。

老船长经典秒杀口诀：为防冲撞，事先换机枪。

(1) 强夯法处理湿陷性黄土地基时，同一强夯能级宜采用重锤、低落距的方式进行；宜分为主夯、副夯、满夯三遍实施，两遍夯击之间宜有一定的时间间歇；与结构物安全距离不满足要求时应开挖隔振沟。

3) 黄土陷穴处理方法【2015 多 I】

(1) 路堤坡脚线或路堑坡顶线之外，原地表高侧 80m 范围内、低侧 50m 范围内存在的黄土陷穴宜进行处理。

陷穴处理方法

处理方法	回填夯实	明挖回填夯实	开挖导洞或竖井回填夯实	注浆或爆破回填	灌砂
适用条件	明陷穴	陷穴埋藏深度≤3m	3m<陷穴埋藏深度≤6m	陷穴埋藏深度>6m	陷穴埋藏深度≤3m、直径≤2m，洞身较直

4) 黄土路堤填筑

(1) 黄土不得用于路基的浸水部位，老黄土不宜用作路床填料。

(2) 雨水导致的边坡冲沟应挖台阶夯实处理。

(3) 高路堤应采用冲击碾压或强夯方式进行补充压实。

5) 黄土路堑施工

(1) 接近路床高程时宜顺坡开挖。路床需要处理时，应在处理后进行成型层施工。

(2) 路基边沟宜在基底处理后、路床成型层施工前完成。

(顺序总结：基底处理→边沟→路床成型层)

6) 需进行沉降与位移监测的场合

黄土填筑的高路堤、陡斜坡地段的路堤、湿陷性黄土地基上的路堤、深路堑段的边坡及坡顶宜进行沉降及位移监测。

4. 滑坡地段路基施工

1) 各类滑坡的共同特征

(1) 滑带的形状在匀质土中多近似于圆弧形，在非匀质土中为折线形。

(2) 水多是滑坡发展的主要原因，地层岩性是产生滑坡的物质基础，滑坡多是沿着各种软弱结构面发生的。

2) 滑坡防治的工程措施

滑坡防治的工程措施主要有排水、力学平衡、改变滑带土三类。在滑坡整治措施实施前，严禁在滑坡体抗滑段减载、下滑段加载。滑坡整治措施包括减滑措施和抗滑措施。削坡减载为减滑措施，填筑反压为抗滑措施。滑坡整治不宜在雨期施工。【2019案I】

老船长经典秒杀口诀：花房该立牌（释义：否则大家看不到）

【2019案I】滑坡地段采用挖方卸载的防治措施，对该地段边坡用锚杆加钢筋网再加喷射混凝土进行防护。

背景资料中滑坡防治属于哪类滑坡防治措施，滑坡防治措施还有哪两类？

【答案】(1) 力学平衡 (2) 排水、改变滑带土

(1) 滑坡排水【2014多I】

- ①环形截水沟：环形截水沟设置处，应在滑坡可能发生的边界以外不少于5m的地方。
- ②树枝状排水沟：排除滑体坡面上的径流。
- ③平整夯实滑坡体表面的土层，防止地表水渗入滑体坡面造成高低不平，易于积水。滑坡体上的裂隙和裂缝应采取灌浆、开挖回填夯实等措施予以封闭。
- ④排除地下水：截水渗沟、支撑渗沟、边坡渗沟、暗沟、平孔等。【2021单II、2015多II】

老船长经典秒杀口诀：凭牌还书 老船长经典秒杀口诀：姐岸边评职称

【2021单II】排除滑坡地下水的方法是()。

- A. 设置环形截水沟 B. 设置平孔 C. 设置斜井 D. 设置渗井

【答案】B

(2) 力学平衡【2016单I、2013多I】

当挖方路基上边坡发生的滑坡不大时，可采用刷方（台阶）减重、打桩或修建挡土墙进行处理以达到路基边坡稳定。牵引式滑坡、具有膨胀性质的滑坡不宜用滑坡减重法。

【2016单I】具有膨胀性质的滑坡体，不宜采用的滑坡防治工程措施是()。

- A. 反压土方 B. 减重 C. 修建抗滑挡土墙 D. 设树枝状排水沟

【答案】B

填方路堤发生的滑坡，可采用反压土方或修建挡土墙等方法处理。

(3) 改变滑带土

一般有焙烧法、电渗排水法、爆破灌浆法等。

- ①焙烧法：利用导洞焙烧滑坡脚部的滑带，形成地下“挡墙”而稳定滑坡的一种措施。
- ②电渗排水：利用电场作用而把地下水排除，达到稳定滑坡的一种方法。
- ③爆破灌浆法：用炸药爆破破坏滑动面，随之把浆液灌入滑带中以置换滑带水并固结滑带土，

从而达到使滑坡稳定的一种治理方法。

老船长经典秒杀口诀：烧破肾

3) 滑坡地段路基的施工技术要点

(1) 截水、排水施工规定

①应在滑坡后缘的稳定地层上，修筑具有防渗功能的环形截水沟、排水沟。

②滑坡体上的裂隙和裂缝应采取灌浆、开挖回填夯实等措施予以封闭，滑坡体的洼地及松散坡面应平整夯实。

③有地下水时，应设置截水渗沟。

(2) 削坡减载施工应符合下列规定：

①应自上而下逐级开挖，严禁采用爆破法施工。【2022案I】

②开挖坡面不得超挖，开挖面上有裂缝时应予灌浆封闭或开挖夯实。【2022案I】

③支挡及排水工程在边坡上分级实施时，宜开挖一级、实施一级。

(3) 填筑反压施工应符合下列规定：

①反压措施应在滑坡体前缘抗滑段实施。

②反压填料宜予压实并不得堵塞地下水出口，地下排水设施应在填筑反压前完成。

(4) 抗滑支挡工程施工应符合下列规定：

①应在滑坡体处于相对稳定的状态下施工，滑坡体具有滑动迹象或已经发生滑动时，应采取反压填筑等措施。

②抗滑桩与挡土墙共同支挡时，应先施作抗滑桩。挡土墙后有支撑渗沟及其他排水工程时应先施工。

③抗滑桩、锚索施工应从两端向滑坡主轴方向逐步推进。

④各种支挡结构的基底应置于滑动面以下，并应嵌入稳定地层。

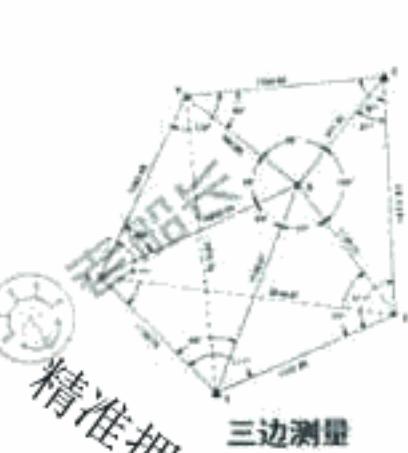
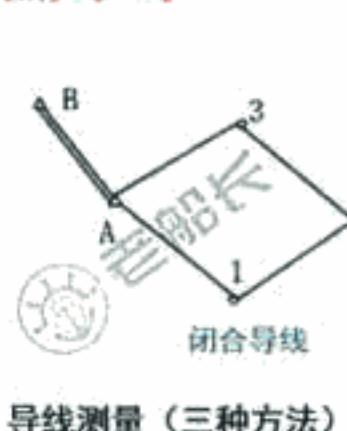
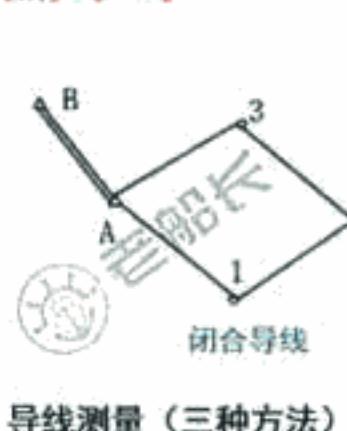
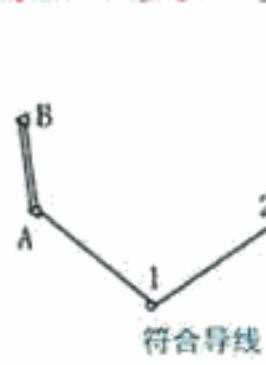
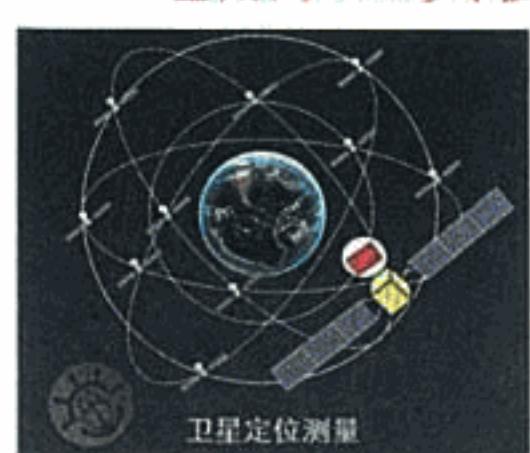
1.1.8 路基施工测量 ★

1. 路基施工测量工作要求

1) 平面控制测量

(1) 平面控制测量应采用卫星定位测量、导线测量、三角测量或三边测量方法进行。【2022多II】

老船长经典秒杀口诀：凭空变礁为岛



(2) 导线复测规定

①原有导线点不能满足施工需要时，应增设满足相应精度要求的附合导线点。

②同一建设项目内相邻施工段的导线应闭合。

(3)可能受施工影响的导线点，施工前应**加固或改移**，并应保持其精度。

(4)导线桩点应进行**不定期检查和定期复测**，复测周期应不超过**6个月**。

2) 高程控制测量

(1) 高程测量应采用**水准测量或三角高程测量**的方法。

(2) 水准点复测与加密规定 **【2022 多 I】**

①同一建设项目应采用**同一高程系统**，并应与相邻项目高程系统相衔接。

②沿路线每**500m**宜有一个水准点，高速公路、一级公路宜加密，每**200m**有一个水准点。在**结构物附近、高填深挖路段、工程量集中及地形复杂路段**，宜增设水准点。

③对可能受施工影响的水准点，施工前应**加固或改移**，并应保持其精度。

④水准点应进行**不定期检查和定期复测**，复测周期应不超过**6个月**。

汇总：测量等级要求 **【2022 单 II】**

公路等级	测量等级	
	平面控制测量	高程控制测量
高等级公路（高速、一级）	一级	四等
二级及以下公路（二、三、四级）	二级	五等

老船长经典秒杀口诀：依萍上高四

2. 公路工程施工测量方法

1) 测量放样方法

(1) **传统法放样**

①**切线支距法**：在**没有全站仪**的情况下，利用**经纬仪和钢尺**。

②**偏角法**：在**没有全站仪**的情况下，利用**经纬仪和钢尺**。**【2012 单 II】**

(2) **坐标法放样**

根据设计单位布设的**导线点**和设计单位提供的**逐桩坐标表**进行放样的一种方法。

利用**全站仪**进行放样。

全站仪的放样作业流程：①放样准备。A. 选择、录入**放样**数据文件。B. 选择、录入**坐标**数据文件；可进行测站坐标数据及后视坐标数据的调用。C. 置**测**站点。D. 置**后**视点、确定方位角。E. 输入所需的放样**坐标**，开始放样，也可调用由计算机输入的放样数据。②实施放样。由观测者按照全站仪提供的角度与距离进行放样。（**口诀：放左侧后座**）

(3) **GPS-RTK** 技术放样

道路中线施工放样之前，首先要计算出线路上里**程桩的坐标**，然后才能用 GPS-RTK 的放样功能解算放样点的平面位置。

GPS-RTK 技术用于中线放样，**无须沿途布设图根控制点**，从而减少施工控制网的布设密度，节约经费，节省时间，其**无须通视**等优点和**可以单人作业**，更显示出其优越性。

2) 中线放样

(1) 路基开工前，应采用**坐标法**进行全段中线放样并固定路线主要控制桩。**【2011 单 II、2009 单 II】**

3) 路基放样

- (1) 施工前应设置标识桩，将路基用地界、路堤坡脚、路堑坡顶、取土坑、护坡道、弃土堆等的具体位置标识清楚。【2021 多 II】
- (2) 深挖高填路段，每挖填一个边坡平台或者 3~5m，应复测中线和横断面。

【2021 多 II】路基施工前应设置标识桩的位置有（）。

- A. 路基用地界 B. 路堤坡脚 C. 弃土堆 D. 护坡道 E. 边沟

【答案】ABCD

1.2 路基防护与支挡

1.2.1 防护工程设置与施工 ★★

1. 路基防护工程类型【2019 单 I、2018 多 II、2017 单 I、2015 单 I、2011 单 I、2006 单 I】

2004 多 I】

类型		举例
1) 坡面防护	(1) 植物防护	种草、铺草皮、客土喷播、植生袋、三维植物网、植树等
	(2) 骨架植物防护	浆砌片石（或混凝土）骨架植草、水泥混凝土空心块护坡、锚杆混凝土框架植草
	(3) 工程防护	喷浆、喷射混凝土、干砌片石护坡、浆砌片（卵）石护坡、浆砌片石护面墙、锚杆钢丝网喷浆或喷射混凝土护坡、封面、捶面
2) 沿河路基防护	(1) 直接防护	植物防护、砌石防护、抛石防护或石笼防护、浸水挡土墙等
	(2) 间接防护	丁坝、顺坝、防洪堤、拦水坝；疏浚河床、改变河道 （老船长经典秒杀口诀：把床改低）

【2019 单 I】不属于间接防护的是（）。

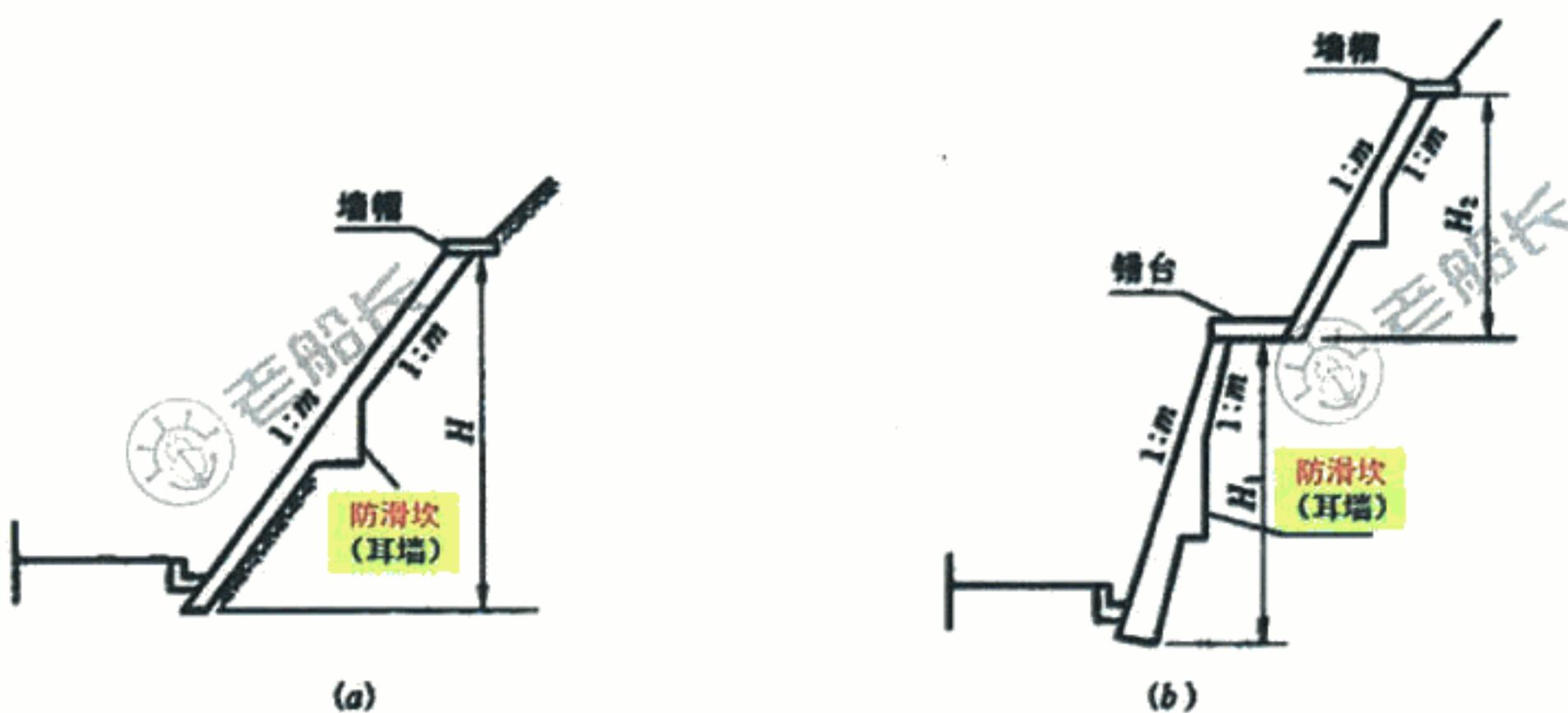
- A. 顺坝 B. 石笼 C. 丁坝 D. 改变河道

【答案】B

2. 常用防护工程施工技术要点

分类	要点
1) 水泥混凝土骨架防护	(1) 混凝土浇筑应从护脚开始，由下而上进行浇筑。 (2) 骨架宜完全嵌入坡面内，保证骨架紧贴坡面，防止产生变形或破坏。 (3) 混凝土浇筑完成后应及时养护。养护时间宜不少于 14d。
2) 坡面喷射混凝土防护	(1) 作业前应进行试喷，选择合适的水胶比和喷射压力。 (2) 混凝土喷射厚度应符合设计规定，且临时支护厚度宜不小于 60mm，永久支护厚度宜不小于 80mm。永久支护面钢筋的喷射混凝土保护层厚度应不小于 50mm。 (3) 混凝土喷射每层应自下而上进行。当混凝土厚度大于 100mm 时，宜分两次喷射。
3) 浆砌片石	(1) 宜在路堤沉降稳定后施工。

护坡	<p>(2) 所有石块均应坐于新拌砂浆之上。【2022 案 I】</p> <p>(3) 每 10~15m 应设置一道伸缩缝，缝宽宜为 20~30mm。基底地质有变化处，应设沉降缝。伸缩缝与沉降缝可合并设置。</p> <p>(4) 砂浆初凝后，应立即进行养护。砂浆终凝前，砌体应覆盖。【2022 案 I】</p>
4) 浆砌片石 护面墙	<p>(1) 护面墙背面应与路基坡面密贴，边坡局部凹陷处应挖成台阶后用与墙身相同的圬工砌补，不得回填土石或干砌片石。【2018 案 I】</p> <p>(2) 按设计要求做好伸缩缝。当护面墙基础修筑在不同岩层上时，应在变化处设置沉降缝。</p> <p>(3) 泄水孔和反滤层的设置应满足设计要求。</p> <p>(4) 护面墙防滑坎应与墙身同步施工。（防滑坎要会识图）【2022 案 I】</p>



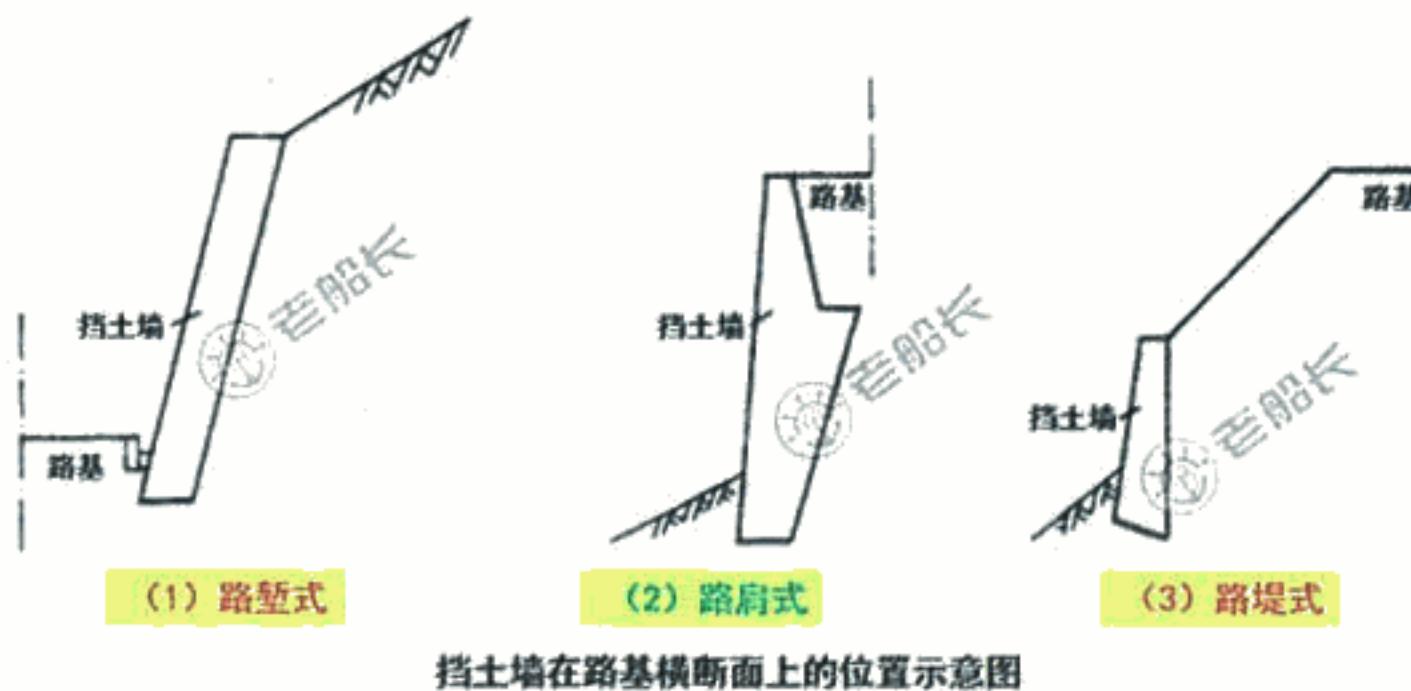
浆砌片石护墙
 (a)单级护墙断面图; (b)多级护墙断面图

1.2.2 支挡工程设置与施工 ★★★

1. 支挡工程设置

1) 挡土墙

根据在路基横断面上的位置，挡土墙可分为路肩墙、路堤墙及路堑墙。当墙顶置于路肩时，称为路肩式挡土墙；若挡土墙支撑路堤边坡，墙顶以上尚有一定的填土高度，则称为路堤式挡土墙，又称坡脚式挡土墙；如果挡土墙用于稳定路堑边坡，称为路堑式挡土墙；设置在山坡上用于防止山坡覆盖层下滑的挡土墙，称为山坡挡土墙。



挡土墙在路基横断面上的位置示意图

2) 边坡锚固

3) 土钉支护

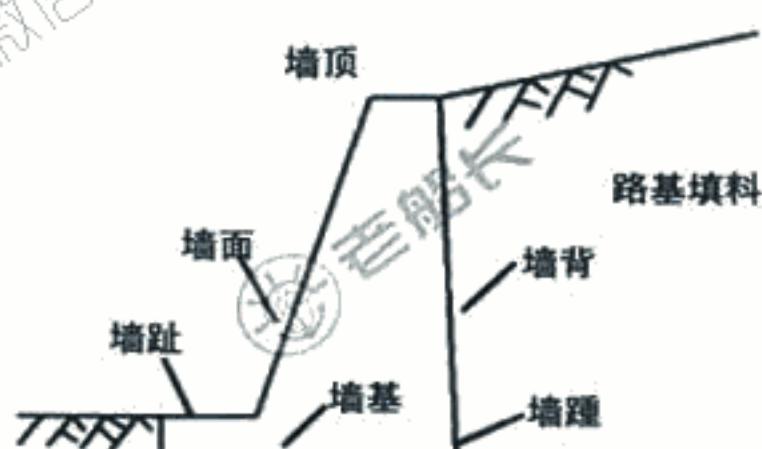
4) 抗滑桩

2. 支挡工程施工

1) 重力式挡土墙工程施工技术

(1) 形式及特点【³⁸⁴⁹¹⁷⁸2021 案 II、2019 案 I、2011 单 II】

形式及特点	内容
特点	重力式挡土墙依靠圬工墙体的自重抵抗墙后土体的侧向推力（土压力），以维持土体的稳定，是我国目前最常用的一种挡土墙形式，多用浆砌片（块）石砌筑。缺乏石料地区，有时可用混凝土预制块作为砌体，也可直接用混凝土浇筑，一般不配钢筋或只在局部范围配置少量钢筋。
优缺	优点：形式简单、施工方便，可就地取材、适应性强，因而应用广泛。 缺点：墙身截面大，圬工数量也大，在软弱地基上修建往往受到承载力的限制，墙高不宜过高。
形式	重力式挡土墙墙背形式可分为仰斜、俯斜、垂直、凸折和衡重式五种。 (老船长经典秒杀口诀：养父种图纸)

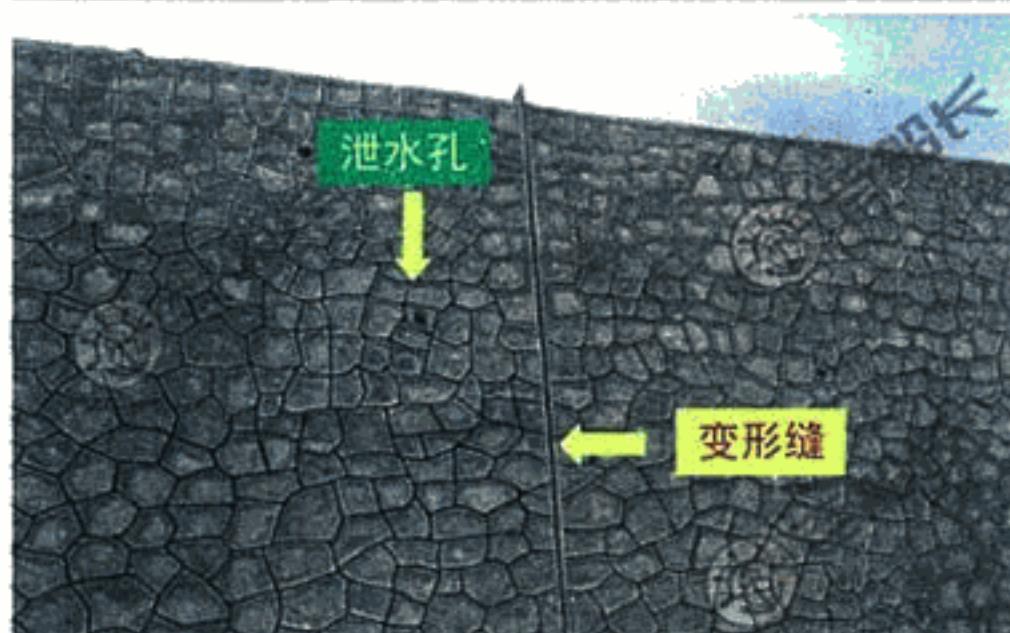


重力式挡土墙基本构造示意图



重力式挡土墙墙背形式

【补充】重力式挡土墙基本组成：基础、墙身、泄水孔、变形缝（沉降缝、伸缩缝）。



类型	土压力	特点
①仰斜	较小	用于路堑墙时，墙背与开挖面边坡较贴合，因而开挖量和回填量均较小，但墙后填土不易压实，不便施工
②垂直	中	——
③俯斜	较大	借助陡直的墙面，俯斜墙背可做成台阶形，以增加墙背与填土间的摩擦力
④凸折	——	上部俯斜、下部仰斜，以减小上部截面尺寸
⑤衡重	——	上下墙间设有衡重台，利用衡重台上填土的重量使全墙重心后移，增加了墙身的稳定。因采用陡直的墙面，且下墙采用仰斜墙背，因而可以减小墙身高度，减少开挖工作量

(2) 施工要求

施工工序：基坑开挖→基底检验→基础施工→基坑回填→墙身施工→墙背回填。

工序	要求
基坑开挖	A. 基坑开挖宜分段跳槽进行，分段位置宜结合伸缩缝、沉降缝等设置确定。 B. 设计挡土墙基底为倾斜面时，应严格控制基底高程，不得超挖。【2021 案 II、2021 单 II】
基础施工	A. 浆砌片石底面应卧浆铺砌，立缝要填浆补实，不得有空隙和立缝贯通现象。 B. 基底及墙趾台阶转折处不得砌成垂直通缝。 C. 基础应在基础砂浆强度达到设计强度的 75% 后及时分层回填夯实。回填应在表面留 3% 的向外斜坡。【2021 单 II】
墙身施工	A. 砌石墙身应分层错缝砌筑，咬缝应不小于砌块长度的 1/4，且不得出现贯通竖缝。 B. 片石、砌块应大面朝下砌筑，砌块不应直接接触，间距宜不小于 20mm。 C. 混凝土墙身应水平分层浇筑，分层振捣。分层厚度应不超过 300mm。 D. 伸缩缝与沉降缝内两侧壁应竖直、平齐，无搭叠。
墙背回填	A. 挡土墙混凝土或砂浆强度达到设计强度的 75% 时，应及时进行墙背回填。距墙背 0.5~1.0m 内，不得使用重型振动压路机碾压。【2021 单 II】 B. 墙背填料：①宜采用砂性土、卵石土、砾石土或块石土等透水性好、抗剪强度高的材料。②采用黏质土作为填料时，应在墙背设置厚度不小于 300mm 的砂砾或其他透水性材料排水层。排水层顶部应采用黏质土层封闭，土层厚度宜不小于 500mm。

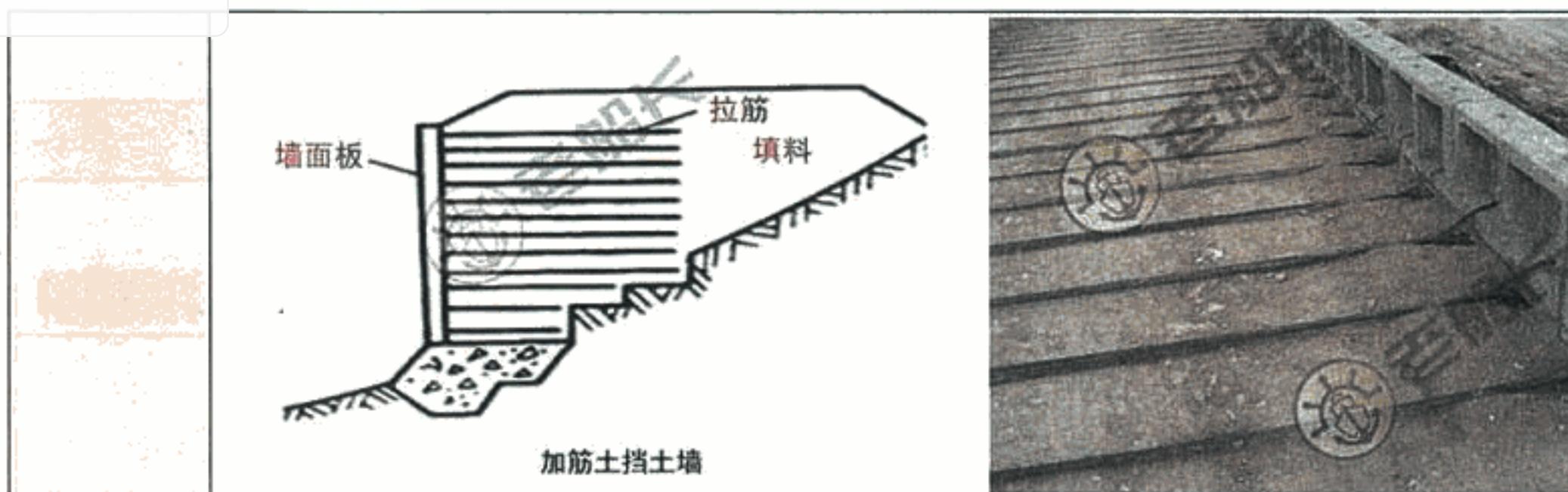
【2021 单 II】关于重力式挡土墙施工要求的说法，正确的是（）。

- A. 距墙背 2m 内不得使用重型振动压路机碾压
- B. 基坑开挖宜分段跳槽进行，分段位置宜结合伸缩缝、沉降缝等设置确定
- C. 基础应在基础砂浆强度达到设计强度的 70% 后及时回填夯实
- D. 设计挡土墙基底为倾斜面，超挖深度不得超过基础深度的 1/5

【答案】B

2) 加筋土挡土墙工程施工技术

项目	内容
特点	加筋土挡土墙是在土中加入拉筋，利用拉筋与土之间的摩擦作用，改善土体的变形条件和提高土体的工程特性，从而达到稳定土体的目的。
组成 (识图)	加筋土挡土墙由填料、在填料中布置的拉筋以及墙面板三部分组成。 (老船长经典秒杀口诀：夹紧尾巴舔拉面)



适用	一般应用于地形较为平坦且宽敞的填方路段上，在挖方路段或地形陡峭的山坡，由于不利于布置拉筋，一般不宜使用。【2017 单 II、2014 单 I、2012 单 I】
特点	加筋土是柔性结构物，能够适应地基轻微的变形。拉筋表面应有足够的粗糙度。
工序	一般包括的工序有：基槽（坑）开挖、地基处理、排水设施、基础浇（砌）筑、构件预制与安装、筋带铺设、填料填筑与压实、墙顶封闭等。其中现场墙面板拼装、筋带铺设、填料填筑与压实等工序是交叉进行的。【2016 案 I】（老船长经典秒杀口诀：基地睡挤，狗劲舔墙）

【2017 单 II】岩石挖方路段不宜选用的挡土墙是（）。

- A. 重力式挡土墙 B. 加筋土挡土墙 C. 锚杆挡土墙 D. 锚定板式挡土墙

【答案】B

加筋土挡土墙墙身施工要求：

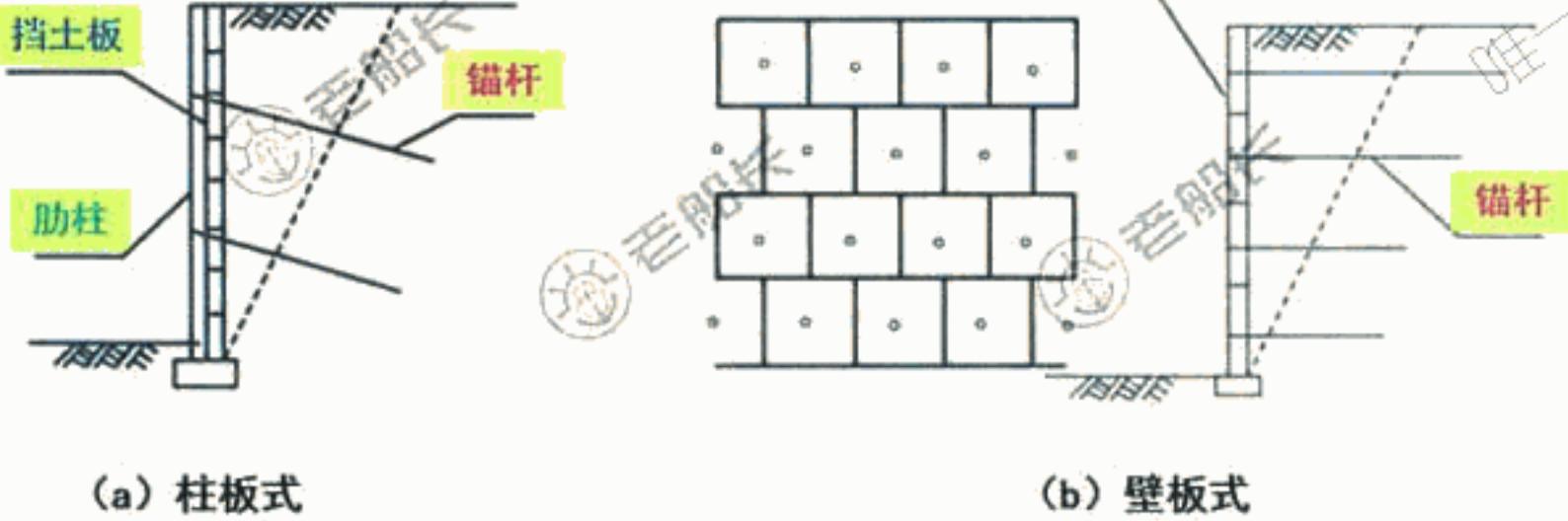
项目	内容
填料	墙背拉筋锚固段填料宜采用具有一定级配、透水性好的砂类土或碎砾石土，土中的粗颗粒不应含有在压实过程中可能破坏拉筋的带尖锐棱角的颗粒。
拉筋	①拉筋应按设计位置水平铺设在已经整平、压实的土层上，单根拉筋应垂直于面板，多根拉筋应按设计扇形铺设。 ②拉筋贯通整个路基时，宜采用单根拉筋拉住两侧面板。
墙面板	墙面板安设应根据高度和填料情况设置适当的仰斜。安设好的面板不得外倾。
填料摊铺、碾压	①填料摊铺、碾压应从拉筋中部开始平行于墙面进行，不得平行于拉筋方向碾压。应先向拉筋尾部逐步摊铺、压实，然后再向墙面方向进行。 ②不得使用羊足碾碾压。靠近墙面板 1m 范围内，应使用小型机具夯实或人工夯实，不得使用重型压实机械压实。【2022 单 II、2016 案 I、2016 单 II】

【2016 单 II】关于加筋土挡土墙施工要求的说法，错误的是（）。

- A. 安装直立式墙面板应按不同填料和拉筋预设仰斜坡 B. 拉筋应呈水平铺设
C. 严禁平行于拉筋方向碾压 D. 墙后填土宜采用羊足碾碾压

【答案】D

3) 锚杆挡土墙工程施工技术

项目	内容
特点	锚杆挡土墙是利用锚杆技术形成的一种挡土结构物。锚杆一端与工程结构物连接，另一端通过钻孔、插入锚杆、灌浆、养护等工序锚固在稳定的地层中，以承受土对结构物所施加的推力，从而利用锚杆与地层间的锚固力来维持结构物的稳定。
优缺点	优点：结构重量轻，节约大量的圬工和节省工程投资；利于挡土墙的机械化、装配化施工，提高劳动生产率；少量开挖基坑，克服不良地基开挖的困难，并利于施工安全。 缺点：施工工艺要求较高，要有钻孔、灌浆等配套的专用机械设备，且要耗用一定的钢材。
类型	按墙面的结构形式可分为柱板式锚杆挡土墙和壁板式锚杆挡土墙。
组成（识图）	①柱板式锚杆挡土墙：挡土板、肋柱、锚杆。【2020 多 II】（老船长经典秒杀口诀：猪挡泪猫） ②壁板式锚杆挡土墙：墙面板（壁面板）、锚杆。【2013 单 I】  <p>The diagram illustrates two types of anchored soil retaining walls. (a) Column Panel Type: Shows a vertical wall panel supported by vertical ribs (rib columns) and anchored to the ground by horizontal anchor rods. (b) Wall Panel Type: Shows a vertical wall panel supported by a central vertical rib and anchored to the ground by horizontal anchor rods.</p>
土压力传递顺序	①柱板式：墙后土压力→挡土板→肋柱→锚杆（锚固力） ②壁板式：墙后土压力→墙面板→锚杆（锚固力）
适用	适用于缺乏石料的地区和挖基困难的地段，一般用于岩质路堑路段，但其他具有锚固条件的路堑墙也可使用，还可应用于陡坡路堤。壁板式锚杆挡土墙多用于岩石边坡防护。
工序	基坑开挖、基础浇（砌）筑、锚杆制作、钻孔、锚杆安放与注浆锚固、肋柱和挡土板预制、肋柱安装、挡土板安装、墙后填料填筑与压实等。（柱板式锚杆挡土墙）
要点	①钻孔时宜保持孔壁粗糙。 ②挡土板和锚杆的施工应逐层由下向上同步进行。 ③挡土板后的防排水设施及反滤层应与挡土板安装同步进行。

4) 抗滑桩（结合人工挖孔桩考察）

项目	内容
优点（有印象）	①抗滑能力大，圬工数量小，在滑坡推力大、滑动面深的情况下，较其他抗滑工程经济、有效。 ②桩位灵活，可以设在滑坡体中最有利于抗滑的部位，可单独使用，也能与其他构造物联合使用。 ③挖孔抗滑桩可以根据弯矩沿桩长的变化，合理布设钢筋，较打入的管桩等更为经济。 ④施工方便，设备简单，具有工程进度快、施工质量好、较安全等优点。施工时可间隔开挖，不致引起滑坡条件的恶化，故对整治已通车线路上的滑坡和处在缓慢滑动阶段的滑坡特别有利。 ⑤开挖桩孔能校核地质情况，检验和修改原有的设计，使其更符合实际。
适用条件	抗滑桩是利用锚固段桩周土体的侧向抗力来加固稳定土体，因此不适用于软塑体滑坡。
施工准备	(1) 抗滑桩施工前，应采取卸载、反压、排水等措施使滑坡体保持基本稳定，严禁在滑坡急剧变形阶段进行抗滑桩施工。

	(2) 应整平孔口地面，并设置地表截、排水及防渗设施。雨期施工时， ³⁸ ₃₈₄₉₁₇₈ 在孔口搭设雨篷，做好锁口，孔口地面上应加筑适当高度的围埂。
开挖及支护	<p>(1) 相邻桩不得同时开挖。开挖桩群应从两端沿滑坡主轴间隔开挖，桩身强度达到设计强度的75%后方可开挖邻桩。</p> <p>(2) 开挖应分节进行。分节不宜过长，每节宜为0.5~1.0m。不得在土石层变化处和滑动面处分节。</p> <p>(3) 应开挖一节、支护一节。围岩松软、破碎、有水时，护壁宜设泄水孔。</p> <p>(4) 开挖应在上一节护壁混凝土终凝后进行，护壁混凝土模板支撑应在混凝土强度达到能保持护壁结构不变形后方可拆除。</p> <p>(5) 在围岩松软、破碎和有滑动面的节段，应在护壁内顺滑动方向设置临时横撑加强支护，并观察其受力情况，及时进行加固。</p> <p>(6) 挖除的渣土弃渣不得堆放在滑坡范围内。</p>
桩身混凝土施工	(1) 钢筋笼搭接接头不得设在土石分界和滑动面处。 【2023 单 II】 (2) 灌注应连续进行，不得中断。
板式抗滑挡土墙施工	(1) 挡土板应在桩身混凝土达到设计强度后安装。挡土板安装时， ³⁸ _{3849178VX:} 应边安装边回填，并做好挡土板后排水设施。 【2021 案 I】
施工中监测	(1) 施工过程中应对地下水位、滑坡体位移和变形进行监测。 【2020 多 I】

1.3 路基排水

1.3.1 路基地下水排水设置与施工 ★

当地下水埋藏浅或无固定含水层时，可采用排水垫层、隔离层、暗沟、渗沟等。当地下水埋藏较深或存在固定含水层时，可采用仰斜式排水孔、渗井、排水隧洞等。**【2021 单 I、2008 单 II】**

【2021 单 I】可用于排除地下水的排水设施是（）。

- A. 仰斜式排水孔 B. 拦水带 C. 跌水 D. 急流槽

【答案】A

1. 排水垫层

1) 设置

当黏质土地段地下水位埋深小于0.5m或粉质土地段地下水位埋深小于1.0m时，细粒土填筑的低路堤底部宜设置排水垫层和隔离层。

2) 施工要求

(1) 排水垫层厚度宜不小于300mm，垫层材料宜采用天然砂砾或中粗砂，含泥量应不大于5%。

2. 隔离层

1) 设置

隔离层土工合成材料的作用是防止水分渗透进入隔离层的另一侧，工程应用较多，如中央分隔带防渗、路肩底部防渗、排水结构物防渗、坡面防渗、路基防渗等，采用形式有土工膜、复合土工膜、一布一膜或两布一膜。

2) 施工要求

(1) 施工车辆不得直接在土工合成材料上作业。土工合成材料上铺筑石料时，应在保护层完成后进行，不得将石料直接抛落于土工合成材料上。

(2) 土工织物连接可采用缝合法或搭接法。缝合宽度应不小于100mm，结合处抗拉强度应达到土工织物极限抗拉强度的60%以上；搭接宽度应不小于300mm。

(3) 土工膜连接宜采用热熔焊接法，局部修补也可采用胶粘法，连接宽度应不小于100mm。正式拼接前应进行试拼接，采用的胶料应遇水后不溶解。

(4) 土工合成材料铺设时应拉紧，两端埋入土体部分应呈波纹状。

(5) 在坡面上铺设土工合成材料时，应自上而下铺设并就地连接。土工合成材料应紧贴坡面保护层，不宜拉得过紧。

3. 暗沟、暗管

1) 设置

路基基底范围有泉水外涌时，宜设置暗沟（管）将水引排至路堤坡脚外或路堑边沟内。（引水作用）【2010单I】

2) 施工要求【2006多II】

(1) 暗沟顶面应设置混凝土盖板或石料盖板，板顶上填土厚度应不小于500mm。

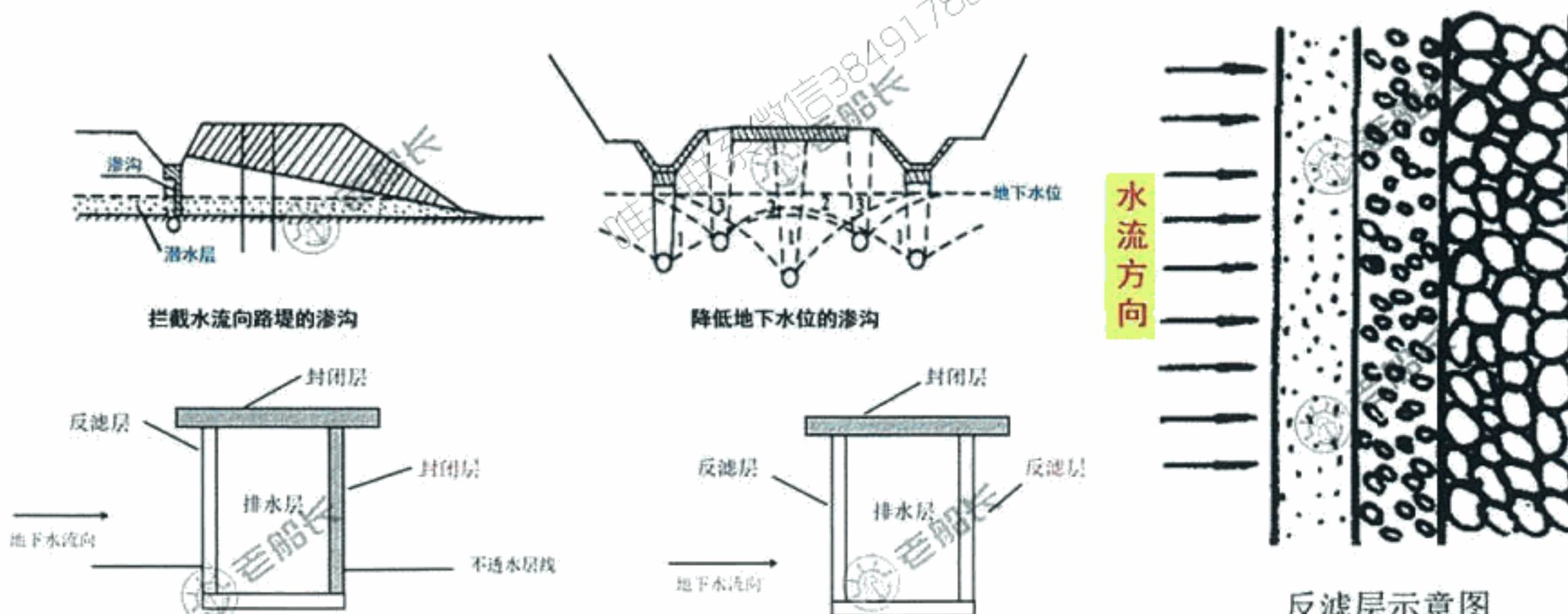
【2010单I】某路堤的基底有1处直径8cm的泉眼，针对该水源应设置的排水设施是（）。

- A. 暗沟 B. 截水沟 C. 拦水带 D. 渗井

【答案】A

4. 渗沟

1) 设置



【补充·了解】地下水分类

分类	定义
①上层滞水	分布在包气带中局部隔水层（或弱透水层）之上的地下水
②潜水	埋藏在地面以下第一个稳定隔水层之上的水
③承压水	埋藏在两个稳定隔水层（或弱透水层）之间的水，具有一定的水压力

渗沟有填石渗沟、管式渗沟、洞式渗沟、边坡渗沟、支撑渗沟等。【2009 单 I、2006 多 II、2004 多 I】

老船长经典秒杀口诀：神管冬天之变

分类	适用条件
①填石渗沟	【补充·了解】也称为盲沟，适用于地下水流量不大、渗沟不长的地段，填石渗沟较易淤塞。
②管式渗沟	适用于地下水引水较长、流量较大的地区。
③洞式渗沟	适用于地下水流量较大的地段，洞壁宜采用浆砌片石砌筑，洞顶应用盖板覆盖。
④边坡渗沟	①用于疏干潮湿边坡和引排边坡上局部出露的上层滞水或泉水，并起支撑边坡作用。 ②边坡渗沟适用于坡度不陡于 1:1 的土质路堑边坡，也常用于加固潮湿的容易发生表土坍塌的土质路堤边坡。【2023 单 I】
⑤支撑渗沟	是指路堑边坡有滑动可能，在坡脚砌筑一个渗沟，此渗沟起排水和支撑坡体的作用。 支撑渗沟的基底埋入滑动面以下宜不小于 500mm。出水口宜设置端墙。【2019 单 II】

2) 施工要求

- (1) 渗沟应设置排水层、反滤层和封闭层。【2008 单 II】
- (2) 渗沟宜从下游向上游分段开挖。
- (3) 渗水材料的顶面不得低于原地下水位。
- (4) 渗沟基底应埋入不透水层内不小于 0.5m，沟壁的一侧应设反滤层汇集水流，另一侧用黏土夯实或用浆砌片石拦截水流。渗沟沟底不能埋入不透水层时，两侧沟壁均应设置反滤层。

【2023 单 II】

5. 渗井

1) 设置

渗井的作用是将地面水或浅层地下水通过竖井渗入地下排除。【2013 单 II、2006 单 I】

2) 施工要求

- (1) 井壁与填充料之间应设反滤层，填充料与反滤层应分层同步施工。【2021 单 II】

【2021 单 II】渗井的井壁与填充料之间应设置（）。

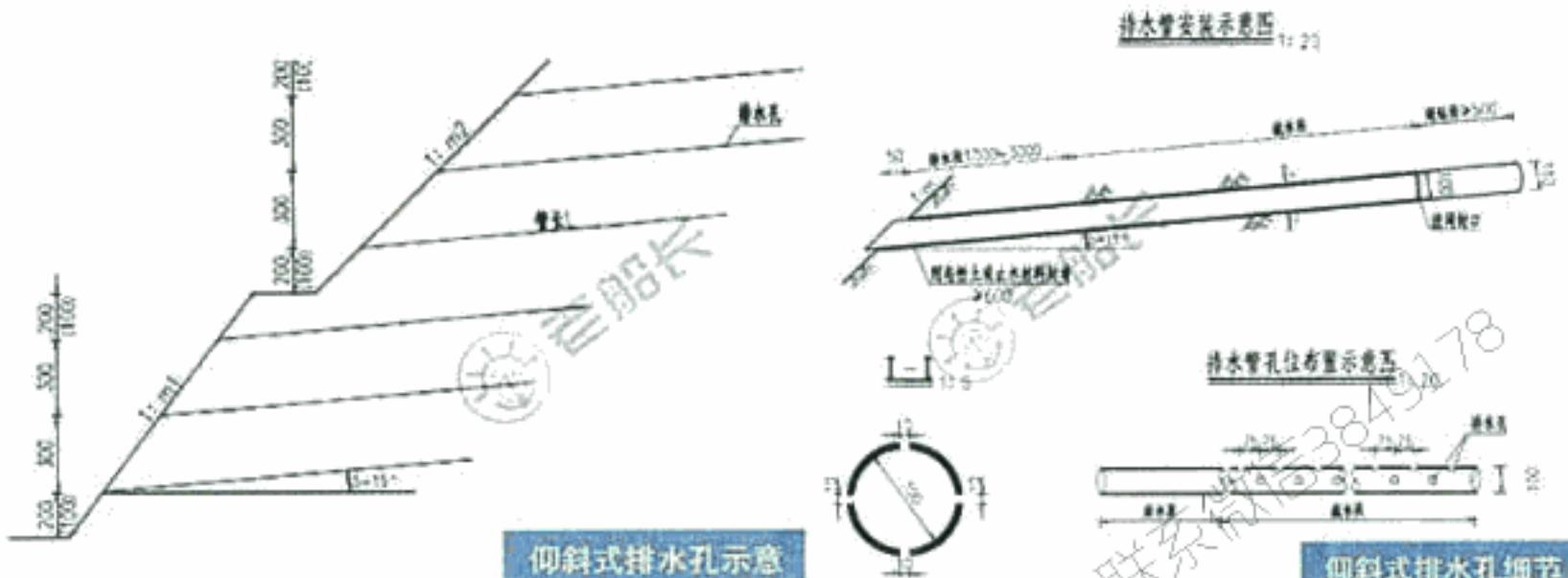
- A. 防渗层 B. 封闭层 C. 反滤层 D. 隔离层

【答案】C

6. 仰斜式排水孔

1) 设置

当坡面有集中地下水时，可设置仰斜式排水孔并将排出的水引入路堑边沟排除。



2) 施工要求

(1) 钻孔成孔直径宜为 75~150mm, 仰角宜不小于 6° , 孔深应伸至富水部位或潜在滑动面。

(2) 排水管直径宜为 50~100mm, 渗水孔宜梅花形排列, 渗水段及渗水管端头宜裹 1~2 层透水无纺土工布。

(3) 排水管安装就位后, 应采用不透水材料堵塞钻孔与渗水管出水口段之间的间隙, 长度宜不小于 600mm。

7. 排水隧洞

1) 设置

排水隧洞适用于截断和引排深层地下水, 与渗井或渗管群联合使用, 以排除具有**多层**含水层的复杂地层中的地下水。

1.3.2 路基地面水排水设置与施工 ★

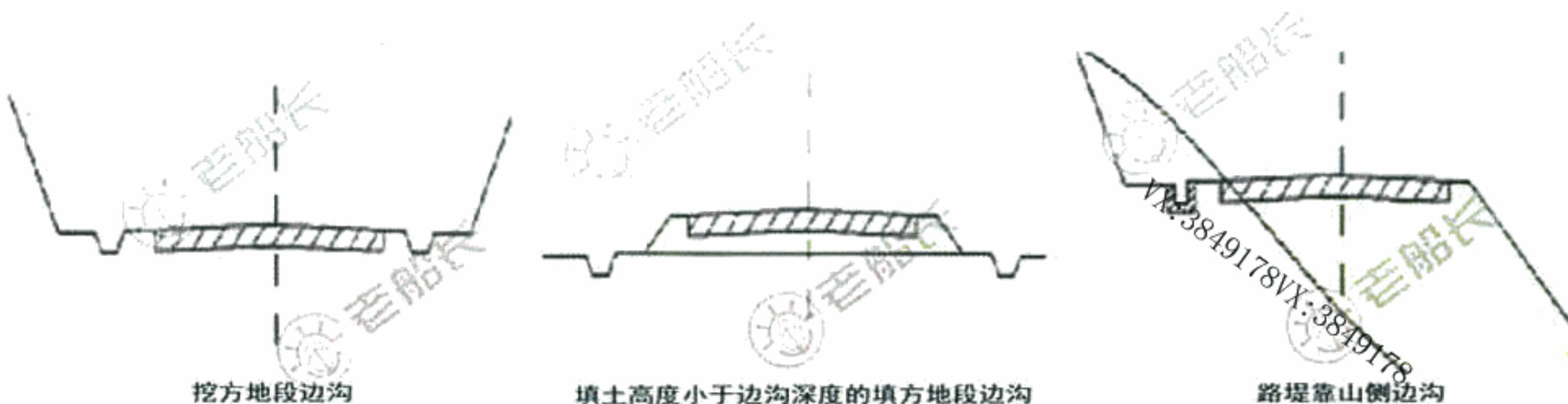
地面排水设施一般包括: 边沟、截水沟、排水沟、急流槽、跌水、蒸发池。

老船长经典秒杀口诀: 刘爹街边蒸排骨

1. 边沟

1) 设置

挖方地段和**填土高度小于边沟深度的填方**地段均应设置**边沟**。路堤靠山一侧的坡脚应设置**不渗水的边沟**。

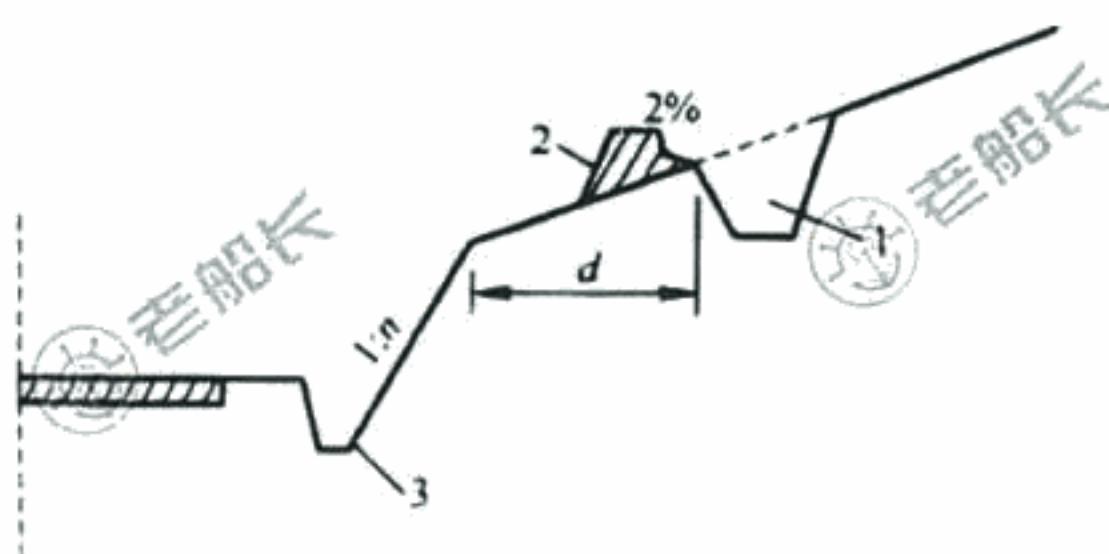


2. 截水沟

1) 设置

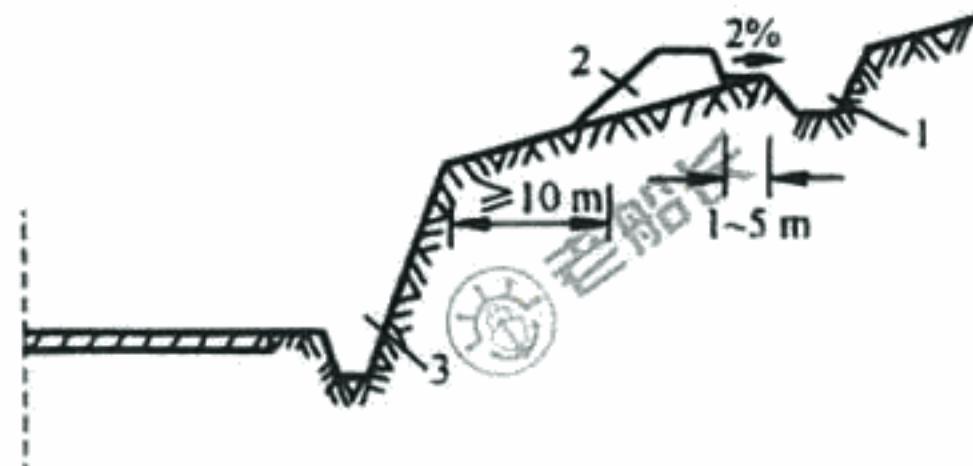
在**无弃土堆**的情况下, 截水沟的边缘离开**挖方**路基坡顶的距离视土质而定, 以不影响边坡稳定为原则。如是一般土质至少应离开 5m, 对**黄土**地区不应小于 10m 并应进行防渗加固。截水沟挖出的土, 可在路堑与截水沟之间修成土台并夯实, 台顶应筑成 2% 倾向截水沟的横坡。

路基上方有弃土堆时，截水沟应离开弃土堆脚 $1\sim 5m$ ，弃土堆坡脚离开路基挖方坡顶不应小于 $10m$ ，弃土堆顶部应设 2% 倾向截水沟的横坡。



图A 挖方路段截水沟示意图

1—截水沟；2—土台；3—边沟



图B 挖方路段弃土堆与截水沟关系图

1—截水沟；2—弃土堆；3—边沟

山坡上路堤的截水沟离开路堤坡脚至少 $2.0m$ ，并用挖截水沟的土壤在路堤与截水沟之间，修筑向沟倾斜坡度为 2% 的护坡道或土台，使路堤内侧地面水流入截水沟排出。

2) 施工要求

截水沟长度超过 $500m$ 时应选择适当的地点设出水口，将水引至山坡侧的自然沟中或桥涵进水口。截水沟的出水口必须与其他排水设施平顺衔接。

截水沟应先行施工。**【2020 单 I、2009 单 II】**

【2020 单 I】路堑施工时，其路基地面排水设施包括边沟、截水沟、排水沟、急流槽、跌水等，一般应先施工的排水设施是（）。

- A. 截水沟 B. 边沟 C. 排水沟 D. 跌水与急流槽

【答案】A

【2009 单 II】一般情况下，同一路段应先施工的路基地面排水设施是（）。

- A. 边沟 B. 急流槽 C. 截水沟 D. 拦水带

【答案】C

3. 排水沟

4. 急流槽

5. 跌水

6. 蒸发池

2) 施工要求

(1) 蒸发池应远离村镇等人口密集区，四周应采用隔离栅进行围护，高度应不低于 $1.8m$ ，并设置警示牌。**【2020 单 I】**

1.4 路基工程质量通病及防治措施

1.4.1 路基压实质量问题防治 ★★

1. 路基行车带压实度不足的原因及防治

1) 原因分析【2017 多 I、2006 单 II】

- (1) 压实遍数不合理。
- (2) 压路机质量偏小。
- (3) 填土松铺厚度过大。
- (4) 碾压不均匀，局部有漏压现象。
- (5) 含水率大于最佳含水率，造成“弹簧”现象。
- (6) 没有对上一层表面浮土或松软层进行处治。
- (7) 土场土质种类多，出现异类土壤混填，尤其是透水性差的土包裹透水性好的土，形成了水囊，造成“弹簧”现象。
- (8) 填土颗粒过大，颗粒之间空隙过大，或采用不符合要求的填料。

【2017 多 I】导致路基行车带压实不足，甚至局部出现“弹簧”现象的主要原因有（）。

- A. 压路机质量偏小
- B. 填料含水量过大
- C. 透水性差的土壤包裹透水性好的土壤
- D. 填土松铺厚度过大
- E. 压路机碾压速度过慢

【答案】ABCD

2) 防治措施【2012 多 II、2010 案 II】

- (1) 清除碾压层下软弱层，换填良性土壤后重新碾压。
- (2) 对产生“弹簧”现象的部位，可将其过湿土翻晒，拌和均匀后重新碾压，或挖除换填含水率适宜的良性土壤后重新碾压。
- (3) 对产生“弹簧”现象且急于赶工的路段，可掺生石灰粉翻拌，待其含水率适宜后重新碾压。



2. 路基边缘压实度不足的原因及防治

1) 原因分析

- (1) 路基填筑宽度不足，未按超宽填筑要求施工。

- (2) 压实机具碾压不到边。
- (3) 路基边缘漏压或压实遍数不够。
- (4) 采用三轮压路机碾压时，边缘带碾压频率低于行车带。

2) 防治措施【2015 多 II、2011 单 II、2007 多 II】

- (1) 路基施工应按设计的要求进行超宽填筑。
- (2) 控制碾压工艺，保证机具碾压到边。
- (3) 认真控制碾压顺序，确保轨迹重叠宽度和段落搭接超压长度。
- (4) 提高路基边缘带压实遍数，确保边缘带碾压频率高于或不低于行车带。

老船长点拨提示：

问题原因——错误做法

预防措施——正确做法

治理措施——补救办法

1.4.2 路基边坡病害防治 ★

1. 边坡滑坡病害及防治措施

1) 原因分析【2014 多 II、2007 多 II】

- (1) 设计对地震、洪水和水位变化影响考虑不充分。
- (2) 路基基底存在软土且厚度不均。
- (3) 换填土时清淤不彻底。
- (4) 填土速率过快；施工沉降观测、侧向位移观测不及时。
- (5) 路基填筑层有效宽度不够，边坡二期贴补。
- (6) 路基顶面排水不畅。
- (7) 用透水性较差的填料填筑路堤。
- (8) 边坡植被不良。
- (9) 未处理好填挖交界面。
- (10) 路基处于陡峭的新坡面上。

2. 边坡塌落病害的原因分析

1) 土质路堑边坡塌落原因

- (1) 边坡土质属于很容易变松的砂类土、砾类土以及受到雨水浸入后易于失稳的土，而设计或施工采用了较小的边坡坡度。
- (2) 上缓下陡的凸坡和凹凸不平的陡坡。

1.4.3 高填方路基沉降防治 ★

1. 原因分析

- (1) 施工组织安排不当，先施工低路堤，后施工高填方路基。往往高填方路堤施工完成后

就立即铺筑路面，路基没有足够的时间固结，而使路面使用不久就破坏。

1.4.4 路基裂缝防治 ★★

路基纵向裂缝

1) 原因分析【2020 案 I、2010 案 I】

- (1) 清表不彻底，路基基底存在软弱层或坐落于古河道处。
- (2) 沟、塘清淤不彻底，回填不均匀或压实度不足。
- (3) 路基压实不均。
- (4) 旧路利用路段，新旧路基结合部未挖台阶或台阶宽度不足。
- (5) 半填半挖路段未按规范要求设置台阶并压实。
- (6) 使用渗水性、水稳定性差异较大的土石混合料时，错误地采用了纵向分幅填筑。
- (7) 高速公路因边坡过陡、行车渠化、交通频繁振动而产生滑坡，最终导致出现纵向裂缝。

2) 防治措施

- (1) 应认真调查现场并彻底清表，及时发现路基基底暗沟、暗塘，消除软弱层。
- (2) 彻底清除沟、塘淤泥，并选用水稳定性好的材料严格分层回填，严格控制压实度满足设计要求。
- (3) 提高填筑层压实均匀度。
- (4) **半填半挖路段，地面横坡大于 1:5 及旧路利用路段**，应严格按规范要求将原地面挖成宽度**不小于 1.0m**的台阶并压实。
- (5) 渗水性、水稳定性差异较大的土石混合料应分层或分段填筑，不宜纵向分幅填筑。
- (6) 若遇有软弱层或古河道，填土路基完工后应进行超载预压，预防不均匀沉降。
- (7) 严格控制路基边坡，符合设计要求，杜绝亏坡现象。

2. 路基横向裂缝

路基出现横向裂缝，将会反射至路面基层、面层。如不能有效预防，将会加重地表水对路面结构的损害，影响结构的整体性和耐久性。

1) 原因分析【2021 多 I】

- (1) 路基填料直接使用了液限大于 50、塑性指数大于 26 的土。
- (2) 同一填筑层路基填料混杂，塑性指数相差悬殊。
- (3) 填筑**顺序不当**，路基顶填筑层作业段衔接施工工艺不符合规范要求，路基顶下层平整度填筑层厚度相差悬殊，且最小压实厚度小于 80mm。

2) 防治措施【2022 单 I】

- (1) 路基填料禁止直接使用液限大于 50、塑性指数大于 26 的土。
- (2) 不同种类的土应分层填筑，同一填筑层**不得混用**。
- (3) 路基顶填筑层分段作业施工，两段交接处应按要求处理。
- (4) 严格控制路基每一填筑层的含水率、标高、平整度，确保路基顶填筑层压实厚度**不小于 80mm**。

3. 路基网裂

开挖路床或填筑路堤后出现网状裂缝，会降低路基强度。

1) 原因分析

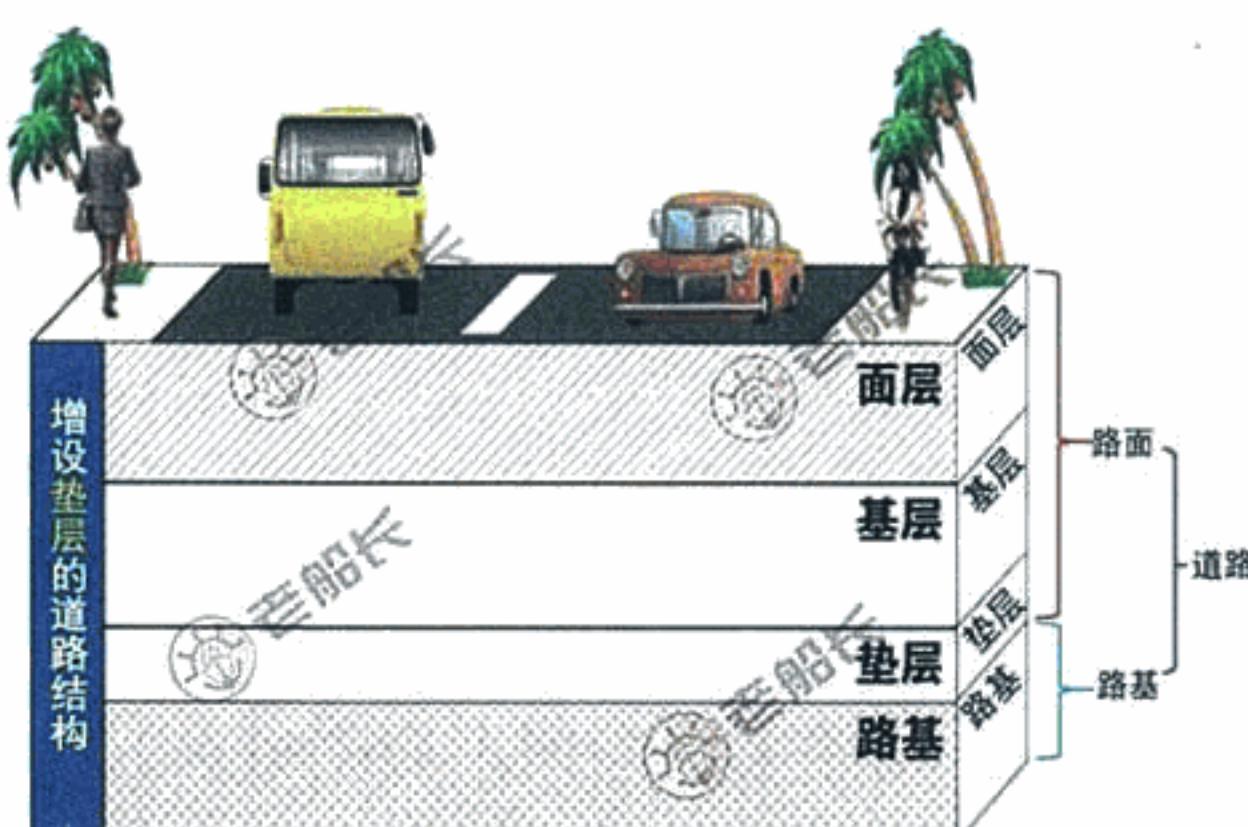
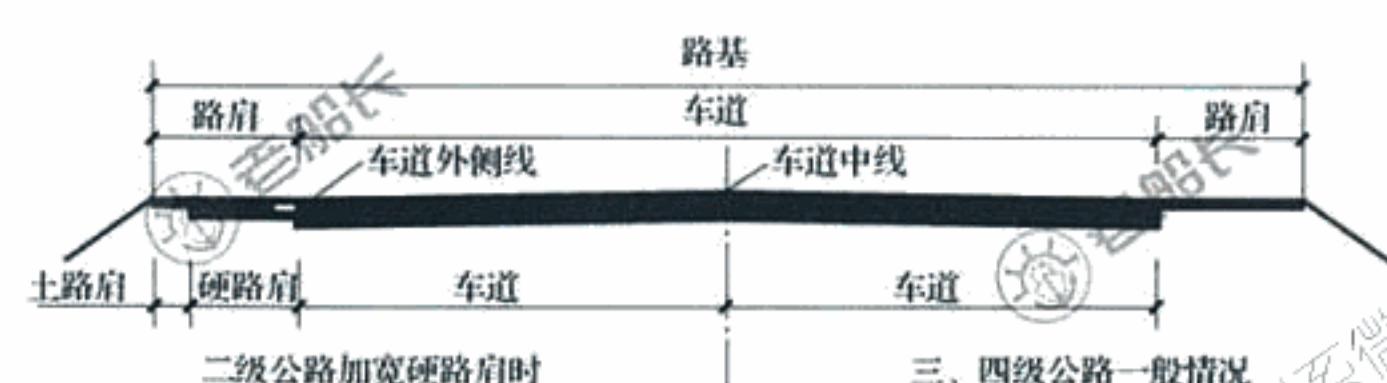
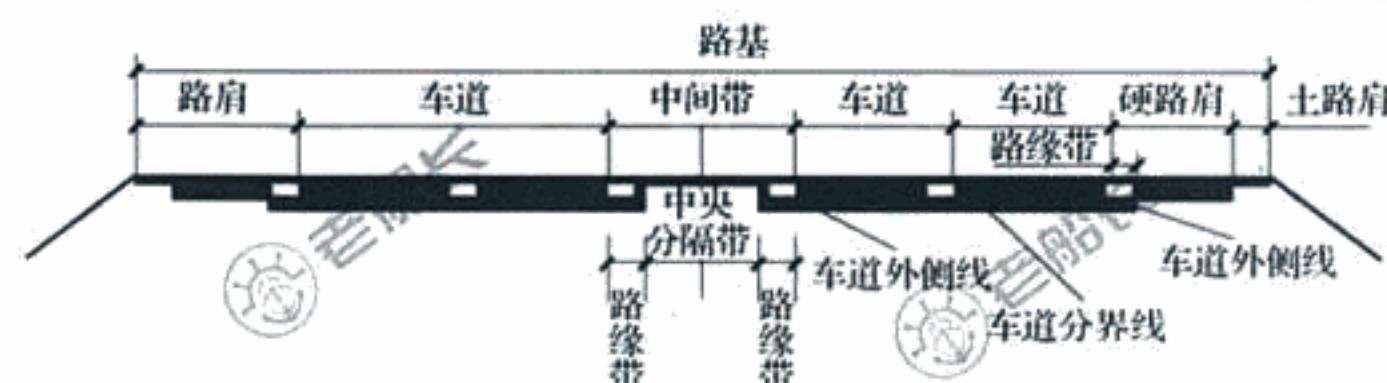
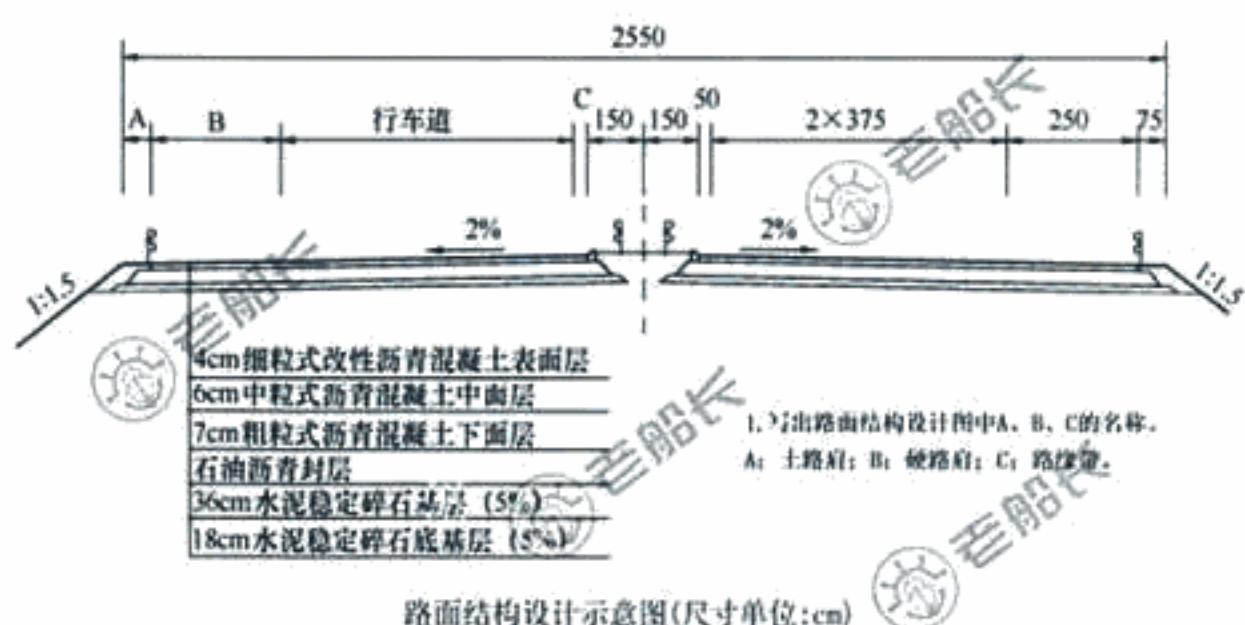
- (1) 土的塑性指数偏高或为膨胀土。
- (2) 路基碾压时土含水率偏大，且成型后未能及时覆土。
- (3) 路基压实后养护不到位，表面失水过多。
- (4) 路基下层土过湿。

精准押题微信3849178

VX:38491780 联系微信3849178

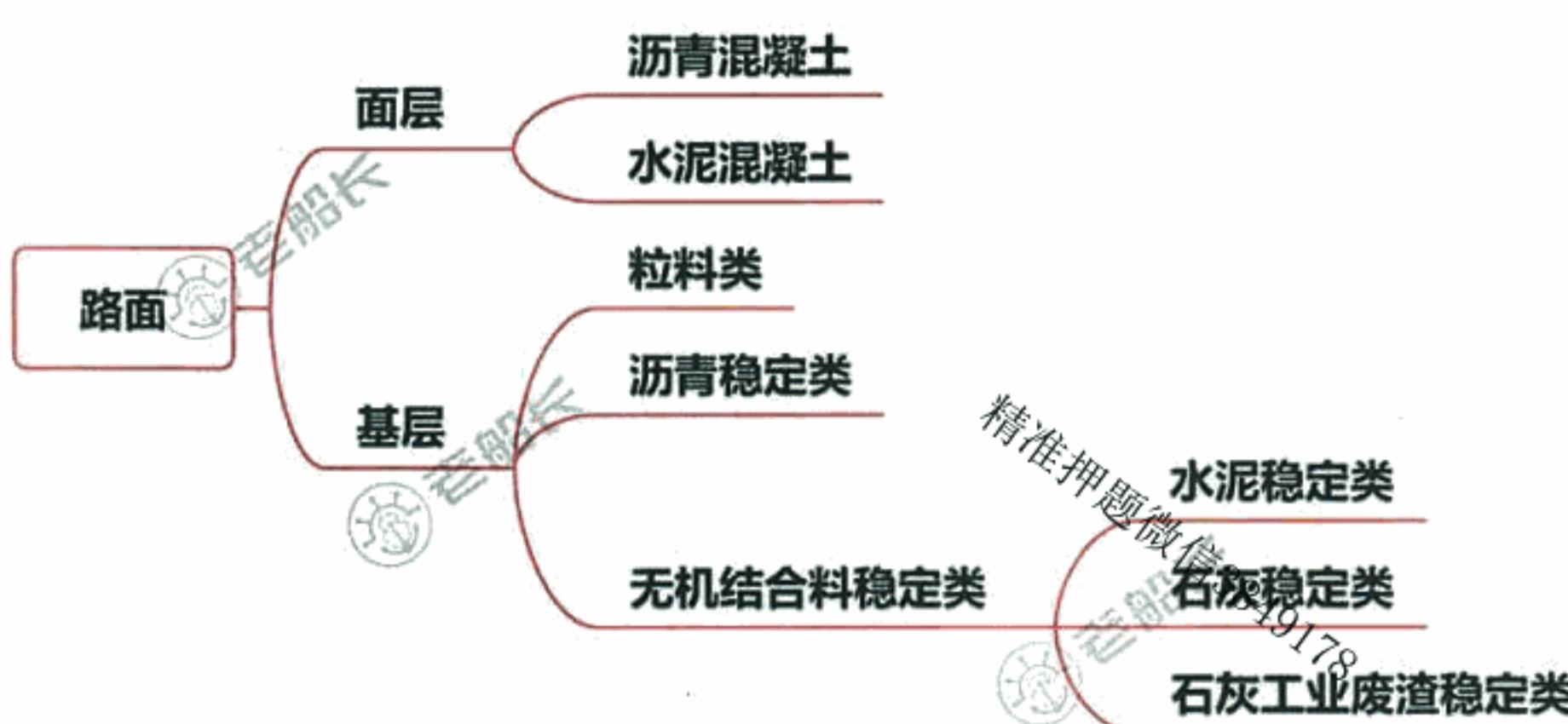
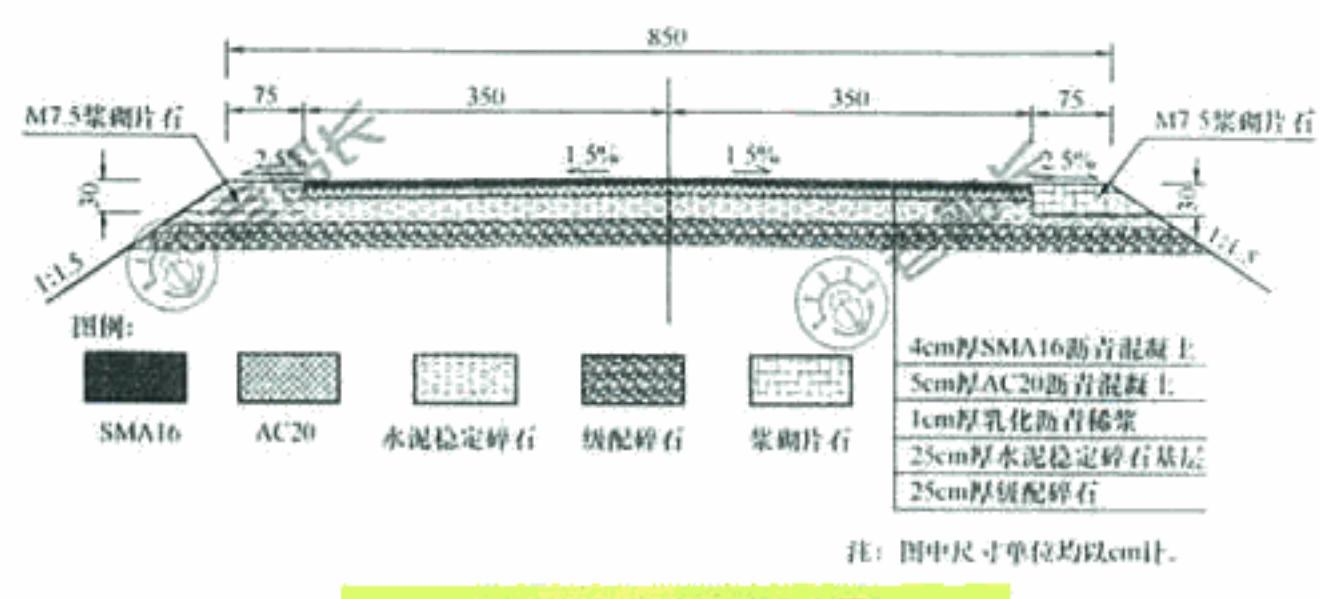
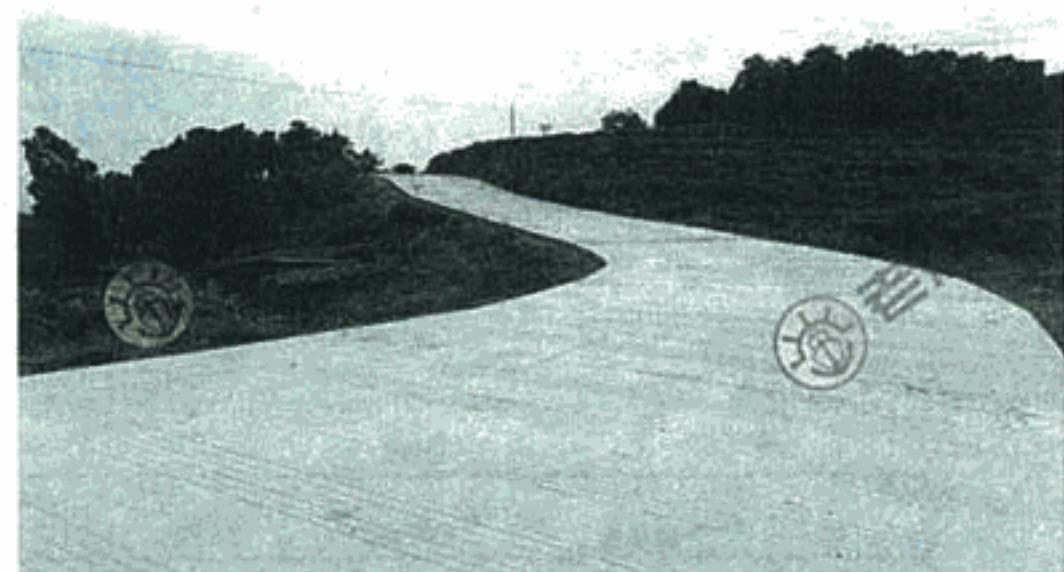
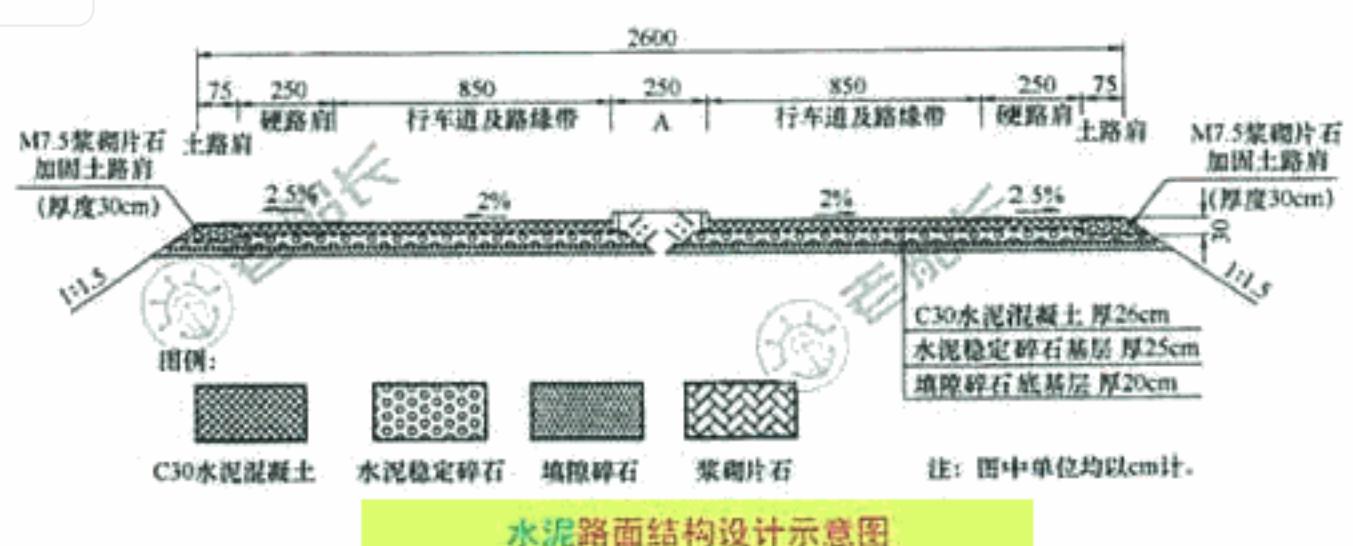
第2章 路面工程

【补充】识图：中央分隔带、路缘带、中间带



VX:3849178 VX:3849178

精准押题微信3849178



2.1 路面基层（底基层）施工

2.1.1 路面基层（底基层）用料要求 ★★

1. 粒料基层原材料的技术要求

(1) 填隙碎石

填隙碎石用作基层时，集料的公称最大粒径应≤53mm；用作底基层时，应≤63mm。

集料可用具有一定强度的各种岩石或漂石轧制，宜采用石灰岩。填隙料宜采用石屑，石屑缺乏地区，可添加细砾砂或粗砂等细集料。

【补充·了解】

最大粒径：指集料 100%都要求通过的最小的标准筛孔尺寸，以 mm 计。

公称最大粒径：指集料能全部通过或有少量不通过（一般筛余不超过 10%）的最小标准筛孔尺寸。通常比集料最大粒径小一个粒级，以 mm 计。

2. 沥青稳定基层原材料的技术要求

参见后面沥青面层施工。

3. 无机结合料稳定基层原材料的技术要求

1) 水泥及外加剂

指标	要求
(1) 强度等级	42.5 的普通硅酸盐水泥
(2) 凝结时间	初凝时间：大于 3h 终凝时间：大于 6h 且小于 10h

【补充·了解】

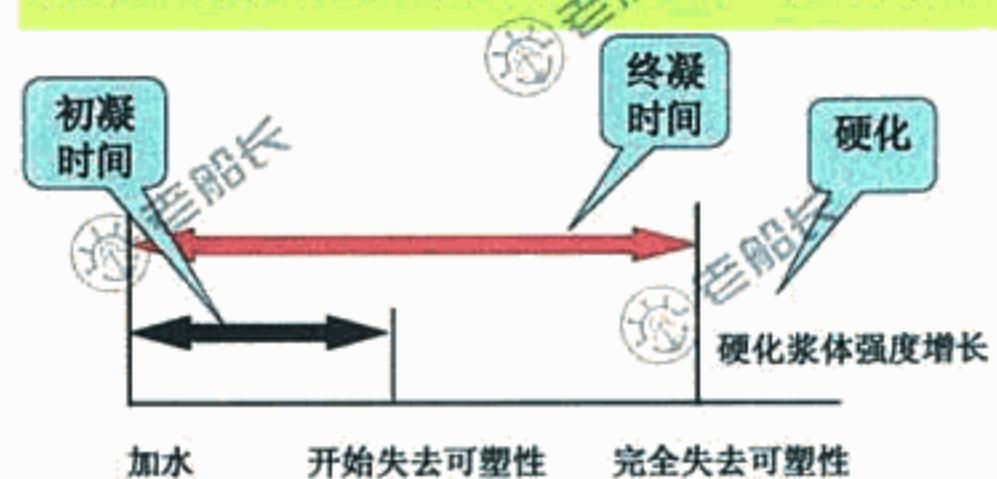
初凝时间是指从水泥加水到开始失去塑性的时间。

终凝时间是指从加水到完全失去塑性的时间并开始产生强度所需的时间。

水泥稳定类：初凝之前完成碾压（2h）。

【补充·了解】通用硅酸盐水泥的代号和强度等级

凝结与硬化是同一过程中的不同阶段：
凝结标志着水泥浆失去流动性而具有一定塑性强度；
硬化表示水泥浆体固化后所建立的结构，具有一定的机械强度。



水泥名称	简称	代号	强度等级 (R 表示早强型)
硅酸盐水泥	硅酸盐水泥	P · I、P · II	42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R
普通硅酸盐水泥	普通水泥	P · O	42.5、42.5R、52.5、52.5R
矿渣硅酸盐水泥	矿渣水泥	P · S · A、P · S · B	32.5、32.5R
火山灰质硅酸盐水泥	火山灰水泥	P · P	42.5、42.5R
粉煤灰硅酸盐水泥	粉煤灰水泥	P · F	52.5、52.5R
复合硅酸盐水泥	复合水泥	P · C	

【总结】水泥适用范围

项目		水泥品种
路面	无机结合料稳定基层	42.5 普通硅酸盐水泥
	水泥混凝土路面	极重、特重、重交通：普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、道路硅酸盐水泥 中、轻交通：矿渣硅酸盐水泥
桥梁	泵送混凝土	普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥
	高性能混凝土	≥42.5 普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥
	高强度混凝土	≥52.5 普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥
	大体积混凝土	矿渣水泥、粉煤灰水泥、普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥
	钻孔灌注桩	普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥

2) 石灰

(1) 生石灰技术要求的三个指标：有效氧化钙加氧化镁含量、氧化镁含量、未消化残渣含量。

【2023 多 II】

消石灰技术要求的四个指标：有效氧化钙加氧化镁含量、氧化镁含量、含水率、细度。

【补充·了解】

生石灰：又称烧石灰，主要成分为氧化钙 (CaO)

消石灰：主要成分是氢氧化钙 (Ca(OH)_2)。俗称熟石灰。

(2) 高速公路和一级公路用石灰应不低于Ⅱ级技术要求，二级公路用石灰应不低于Ⅲ级技术要求。

(3) 高速公路和一级公路的基层，宜采用磨细消石灰。

(4) 二级以下公路使用等外石灰时，有效氧化钙含量应在 20% 以上，且混合料强度应满足要求。**【2023 单 I】**

3) 粉煤灰等工业废渣

(1) 干排或湿排的硅铝粉煤灰和高钙粉煤灰等均可用作基层或底基层的结合料。

【补充·了解】粉煤灰：由燃料（主要是煤）燃烧过程中排出的微小灰粒，如燃煤电厂从烟道气体中收集的细灰。粉煤灰有两种，低钙和高钙的粉煤灰。低钙粉煤灰色泽是偏灰的，高钙粉煤灰是偏黄的，高钙类别的游离氧化钙的含量更高，体积的安定性较差。

(2) 煤矸石、煤渣、高炉矿渣、钢渣及其他冶金矿渣等工业废渣可用于修筑基层或底基层，使用前应崩解稳定，且宜通过不同龄期条件下的强度和模量试验以及温度收缩和干湿收缩试验等评价混合料性能。**【2020 案 II、2016 单 I】**

老船长经典秒杀口诀：文强吃干馍

【补充】模量指材料在外力作用下抵抗弹性变形的能力，数值越大越不容易变形。

(3) 水泥稳定煤矸石不宜用于高速公路和一级公路。

【2016 多 I】煤矸石、高炉矿渣、钢渣用于修筑基层或底基层之前应崩解稳定，为评价混合料性能，宜采用的试验有（）。

- A. 强度试验 B. 模量试验 C. 级配试验 D. 温度收缩试验 E. 干湿收缩试验

【答案】ABDE

【2020 案 II】事件：施工单位对水泥稳定煤矸石混合料进行了不同龄期条件下的强度和模量试验以及温度收缩和干湿收缩试验等，评价其性能。

事件中，施工单位在煤矸石使用前，还应做什么处理？

【答案】崩解稳定

4) 水

(1) 饮用水可直接作为基层、底基层材料拌和与养护用水。

(2) 拌和使用的非饮用水应进行水质检验。

(3) 养护用水可不检验不溶物含量。

5) 粗集料

(1) 粗集料宜采用各种硬质岩石或砾石加工成的碎石，也可直接采用天然砾石。

(2) 高速公路和一级公路极重、特重交通荷载等级基层的 4.75mm 以上粗集料应采用单一粒径的规格料。

(3) 高速公路基层用碎石，应采用反击破碎的加工工艺。

6) 细集料

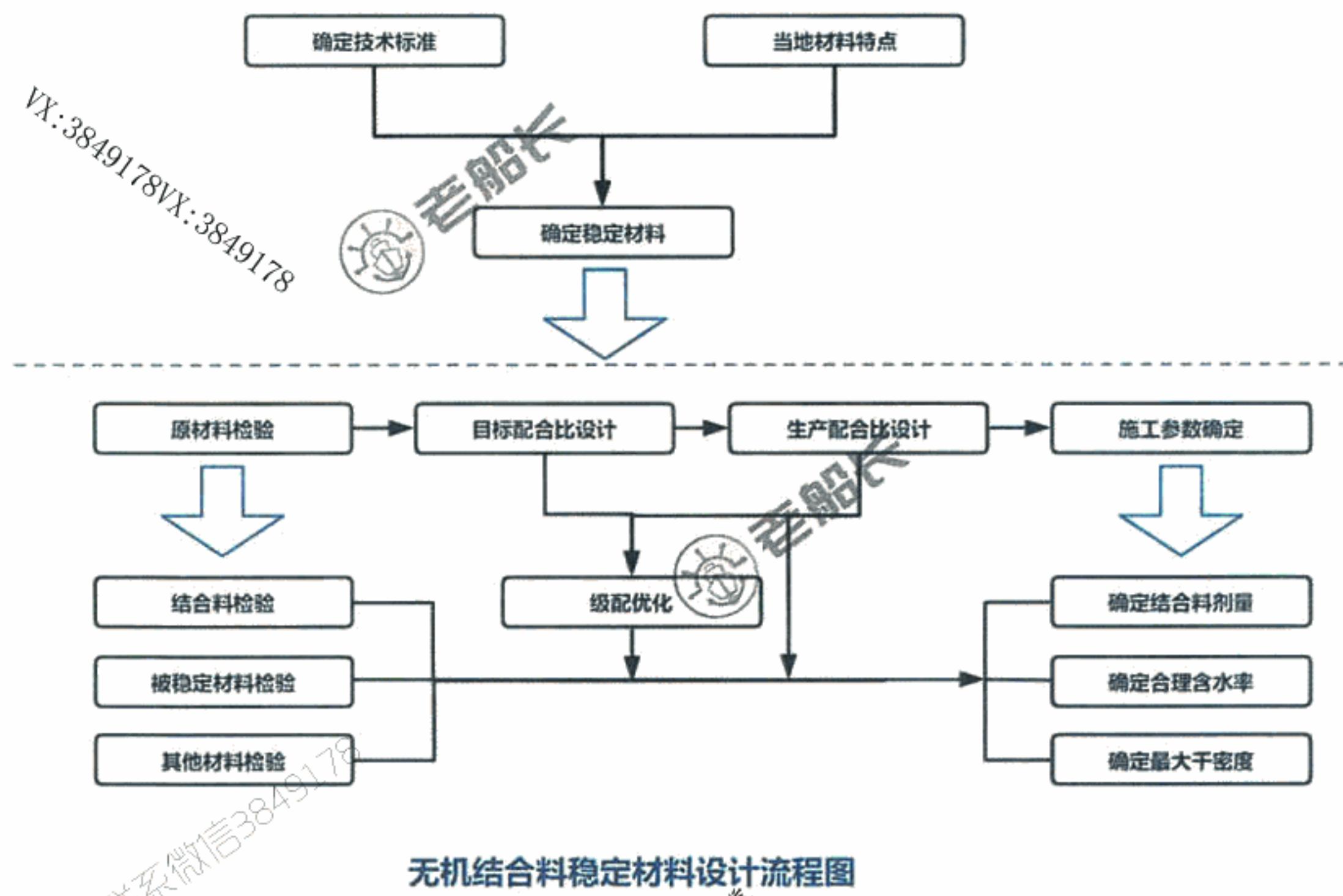
(1) 高速公路和一级公路，细集料中小于 0.075mm 的颗粒含量应不大于 15%；二级及二级以下公路，细集料中小于 0.075mm 的颗粒含量应不大于 20%。

7) 材料分档与掺配

(1) 用于二级及二级以上公路基层和底基层的级配碎石或砾石，应由≥4 种规格的材料掺配而成。

(2) 级配碎石或砾石细集料的塑性指数应不大于 12。不满足要求时，可加石灰、无塑性的砂或石屑掺配处理。

8) 混合料组成设计 【2021 案 II、2021 单 II、2017 案 I、2017 多 II、2017 单 II】



(1) 无机结合料稳定材料组成设计应包括原材料检验、混合料的目标配合比设计、混合料的生产配合比设计、施工参数确定四部分。

老船长经典秒杀口诀：屋脊圆木产参

四部分	技术内容
(1) 原材料检验	①结合料检验。 ②被稳定材料检验。 ③其他材料检验。
(2) 目标配合比设计	①选择级配范围。 ②确定结合料类型及掺配比例。 ③验证混合料相关的设计及施工技术指标。
(3) 生产配合比设计	①确定料仓供料比例。

【2021 多 I】	②确定水泥稳定材料的容许延迟时间。 ③确定结合料剂量的标定曲线。 ④确定混合料的最佳含水率、最大干密度。
(4) 施工参数确定	①确定施工中结合料的剂量。 ②确定施工合理含水率及最大干密度。 ③验证混合料强度技术指标。

【补充】容许延迟时间是指在满足强度标准的前提下，水泥稳定材料拌和后至碾压成型前所容许的最大时间间隔。

【考虑强度】：施工时间≤容许延迟时间

【考虑工作性】：施工时间≤初凝时间

(2) 确定无机结合料稳定材料最大干密度指标时宜采用重型击实方法，也可采用振动压实方法。 【2021 案 II】

(3) 用于基层的无机结合料稳定材料，强度满足要求时，尚宜检验抗冲刷和抗裂性能。

(4) 在施工过程中，材料品质或规格发生变化、结合料品种发生变化时，应重新进行材料组成设计。

【2021 单 II】无机结合料稳定基层的混合料组成设计主要包括以下步骤：①确定稳定材料；②确定技术标准；③生产配合比设计；④确定施工参数；⑤目标配合比设计；⑥原材料检验。正确的排序是（ ）。

- A. ①→②→⑥→⑤→③→④ B. ②→①→⑤→⑥→④→③
C. ②→①→⑥→⑤→③→④ D. ①→②→⑥→③→⑤→④

【答案】C

2.1.2 路面粒料基层（底基层）施工 ★★

1. 粒料分类及适用范围 【2022 多 I、2010 单 I、2011 单 II、2009 单 I、2007 单 I、2004 单 I】

分类	适用范围
(1) 嵌锁型	填隙碎石 各等级公路的底基层、二级以下公路的基层
	泥结碎石 -
	泥灰结碎石 -
(2) 级配型	①各级公路的基层和底基层 ②较薄沥青面层与半刚性基层之间的中间层
	级配砾石 -
	级配碎砾石 -

符合级配的天然砂砾

轻交通的二级及以下公路的基层、各级公路的底基层

老船长经典秒杀口诀：潜所舔泥灰（潜入派出所舔泥灰）

【2010 单 I】不属于嵌锁型粒料基层的是（）。

- A. 填隙碎石基层 B. 泥结碎石基层 C. 级配碎石基层 D. 泥灰结碎石基层

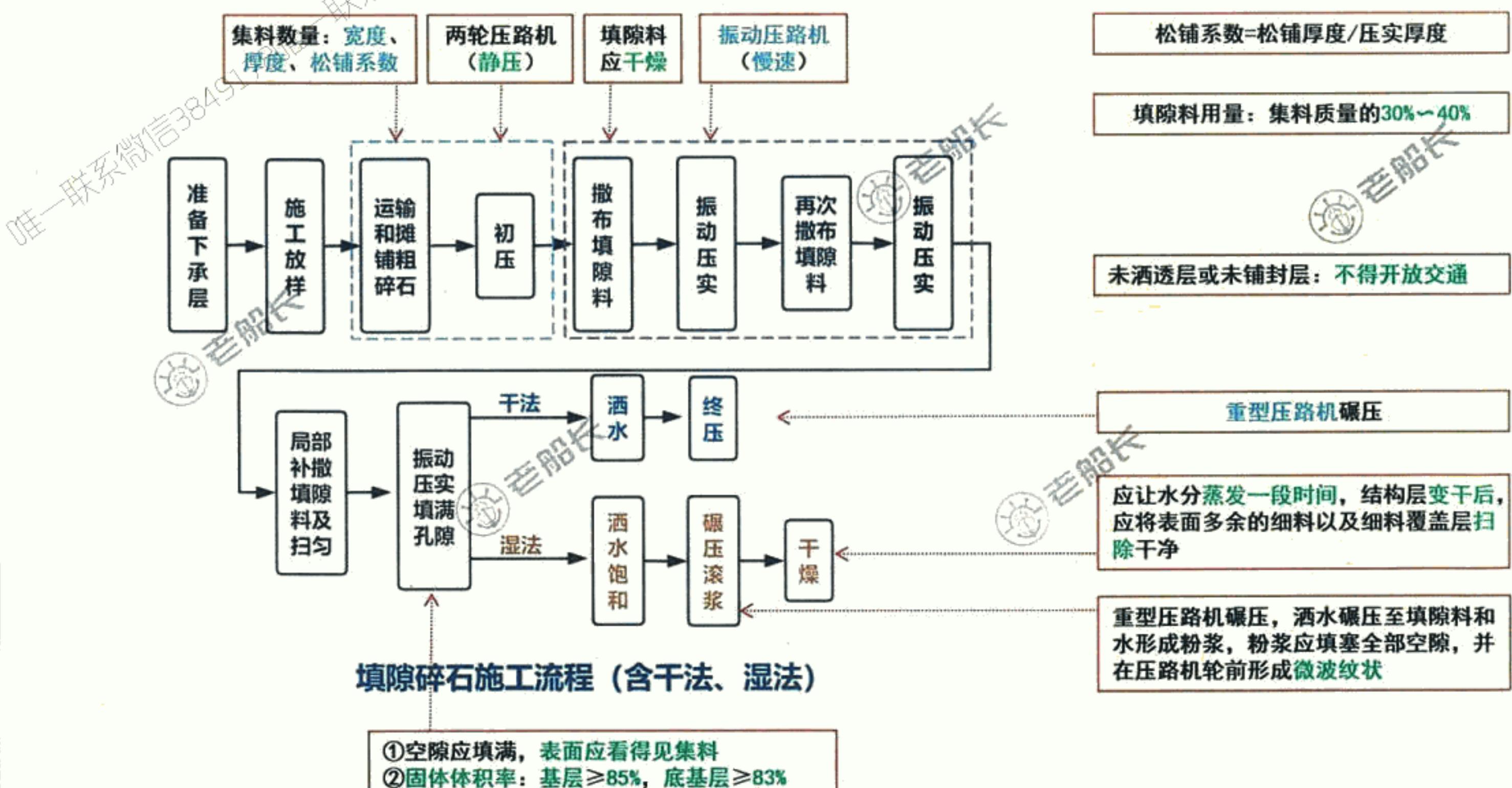
【答案】C

2. 施工一般要求【2021 多 II、2020 案 II、2019 单 II、2017 单 II、2016 多 II】

1) 填隙碎石可采用干法或湿法施工。干旱缺水地区宜采用干法施工。单层填隙碎石的压实厚度宜为公称最大粒径的 1.5~2.0 倍。

填隙碎石的单层压实厚度求解：

项目	内容	
(1) 【已知】	用作基层时	公称最大粒径≤53mm
	用作底基层时	公称最大粒径≤63mm
(2) 【又知】	单层压实厚度	=公称最大粒径×(1.5~2.0)
	用作基层时	单层压实厚度≤10.6cm
(3) 【结论】	用作底基层时	单层压实厚度≤12.6cm



2.1.3 路面沥青稳定基层施工 ★★

1. 沥青稳定类基层分类及适用范围

口碑培训：通关培训哪家强，中国北京老船长。

VX:3849178 VX:3849178
精准押题微信3849178 VIP 学习群内答疑解惑

沥青稳定基层（底基层）又称柔性基层（底基层）。【2017 单 I】

分类	适用范围	
(1) 热拌沥青碎石	中等交通及其以上的公路基层、底基层	用于改建工程的调平层
(2) 贯入式沥青碎石	中、重交通的公路基层或底基层	
(3) 乳化沥青碎石混合料	-	-

2. 施工一般要求【2022 单 I、2010 案 I、2019 单 I】

项目	内容
(1) 热拌沥青碎石的配合比设计 3 阶段	①目标配合比设计阶段 ②生产配合比设计阶段 ③生产配合比验证阶段 （老船长经典秒杀口诀：梨木生烟）
(2) 配合比设计方法	马歇尔试验设计方法

【补充】马歇尔试验（全称沥青混合料马歇尔稳定度及浸水马歇尔试验）是确定沥青混合料最佳油石比的试验（也即确定沥青用量）。

【2017 单 I】下列路面结构层中，属于柔性基层的是（）。

- A. 水泥稳定碎石基层
- B. 贯入式沥青碎石基层
- C. 二灰碎石基层
- D. 石灰稳定土基层

【答案】B

【2019 单 I】热拌沥青碎石配合比设计采用（）设计。

- A. 正交试验
- B. 针入度试验
- C. 马歇尔试验
- D. 洛杉矶磨耗试验

【答案】C

3. 路面沥青稳定基层施工

1) 热拌沥青碎石基层施工

（1）热拌沥青混合料的运输

①从拌合机向运料车上放料时，应每卸一斗混合料挪动一下汽车位置，以减少粗细集料的离析现象。

②运料车应用篷布覆盖，用以保温、防雨、防污染。【2021 多 I】

2) 贯入式沥青碎石路面施工的步骤【2015 单 I】

【简化补充】贯入式沥青碎石基层施工步骤包括：①撒布主层集料；②压路机碾压；③浇洒沥青；④撒布嵌缝料；⑤撒布封层料。正确的施工顺序是：①→②→③→④→②→③→④→②→③→⑤→②。（先石后油、压前铺石、油三石四）

3) 乳化沥青碎石基层施工方法【2012 多 I】

（1）采用阳离子乳化沥青时，乳液拌和前需用水湿润集料。

(2) 混合料的拌和、运输和摊铺应在乳液破乳前结束。拌和与摊铺过程中已破乳的混合料，应予废弃。

(3) 阳离子乳化沥青碎石混合料可在下层潮湿的情况下施工，施工过程中遇雨应停止铺筑，以防雨水将乳液冲走。

2.1.4 路面无机结合料稳定基层（底基层）施工 ★★★

本节考试参考用书逻辑混乱，故重新按正常逻辑梳理，更清爽易理解。

1. 无机结合料稳定类（也称半刚性类型）基层分类及适用范围【2021 案 II、2014 单 I、2011 单 I、2008 多 II】

分类	适用范围			底基层	
	基层				
	高速、一级	二级	三、四级		
水泥稳定土（集料类）	√	√			
水泥稳定细粒土	×	×			
石灰稳定土（集料类）	×	×			
石灰土	×	×		✓	
石灰工业废渣稳定土（集料类）	✓	✓			
二灰/二灰土/二灰砂	×	×			

①总结：水泥稳定土（集料）、石灰工业废渣稳定土（集料）都能用，其他只能用于底基层和三、四级基层。
 ②工业废渣：粉煤灰、煤渣、高炉矿渣、钢渣（已经崩解达到稳定）及其他冶金矿渣、煤矸石等。

(1) 高速公路、一级公路的基层或上基层宜选用骨架密实型混合料。

2. 混合料生产、摊铺及碾压

1. 一般规定【2020 单 I、2018 单 II、2016 案 II】

(1) 根据公路等级的不同，宜按表选择基层、底基层材料施工工艺措施。

施工工艺选择表

材料类型	公路等级	结构层位	拌和工艺		摊铺工艺	
			推荐	可选择	推荐	可选择
无机结合料稳定中、粗粒材料	二级及二级以上	基层		—		—
无机结合料稳定细粒材料		底基层		—	摊铺机摊铺 平地机整平	推土机摊铺 平地机整平
水泥稳定材料		基层和底基层		—		
其他各种无机结合料稳定材料	二级以下	基层		人工路拌		推土机摊铺 平地机整平

级配碎石	二级及二级以上	基层和底基层		—	人工路拌	—
	二级以下					

【补充】总结：优先推荐选用集中厂拌和摊铺机摊铺。

【管理考点关联】厂拌法与路拌法机械配置对比（厂拌法机械配置要能默写）

机械类型	集中拌和 (厂拌法)	现场拌和 (路拌法)
(1) 拌合设备	成套的稳定土拌合设备	稳定土拌合机
(2) 装运机械		装载机、运输车辆
(3) 推铺平整机械	摊铺机	石屑或场料撒布车、推土机、平地机
(4) 压实设备		压路机
(5) 清除设备和养护设备		清除车、洒水车

(2) 稳定材料层宽 11~12m 时，每一流水作业段长度以 500m 为宜；稳定材料层宽大于 12m 时，作业段宜相应缩短。

合理确定每日施工作业段长度，宜综合考虑下列因素：(即：人机料法环) 【2018 多 I】

- ①施工机械和运输车辆的生产效率和数量；
- ②施工人员数量及操作熟练程度；
- ③施工季节和气候条件；
- ④水泥的初凝时间和延迟时间；
- ⑤减少施工接缝的数量。

(3) 碾压完成时间

类型	碾压完成时间
水泥稳定材料或水泥粉煤灰稳定材料 (简记：含水泥)	①宜在 2h 之内完成碾压成型，②应取混合料的初凝时间与容许延迟时间较短的时间作为施工控制时间
石灰稳定材料或石灰粉煤灰稳定材料层 (简记：含石灰)	宜在当天碾压完成，最长不应超过 4d。

容许延迟时间：是指在满足强度标准的前提下，水泥稳定材料拌和后至碾压成型之前所容许的最大时间间隔。

(4) 针对当地气候变化制订相应的处置预案，并应符合下列规定：

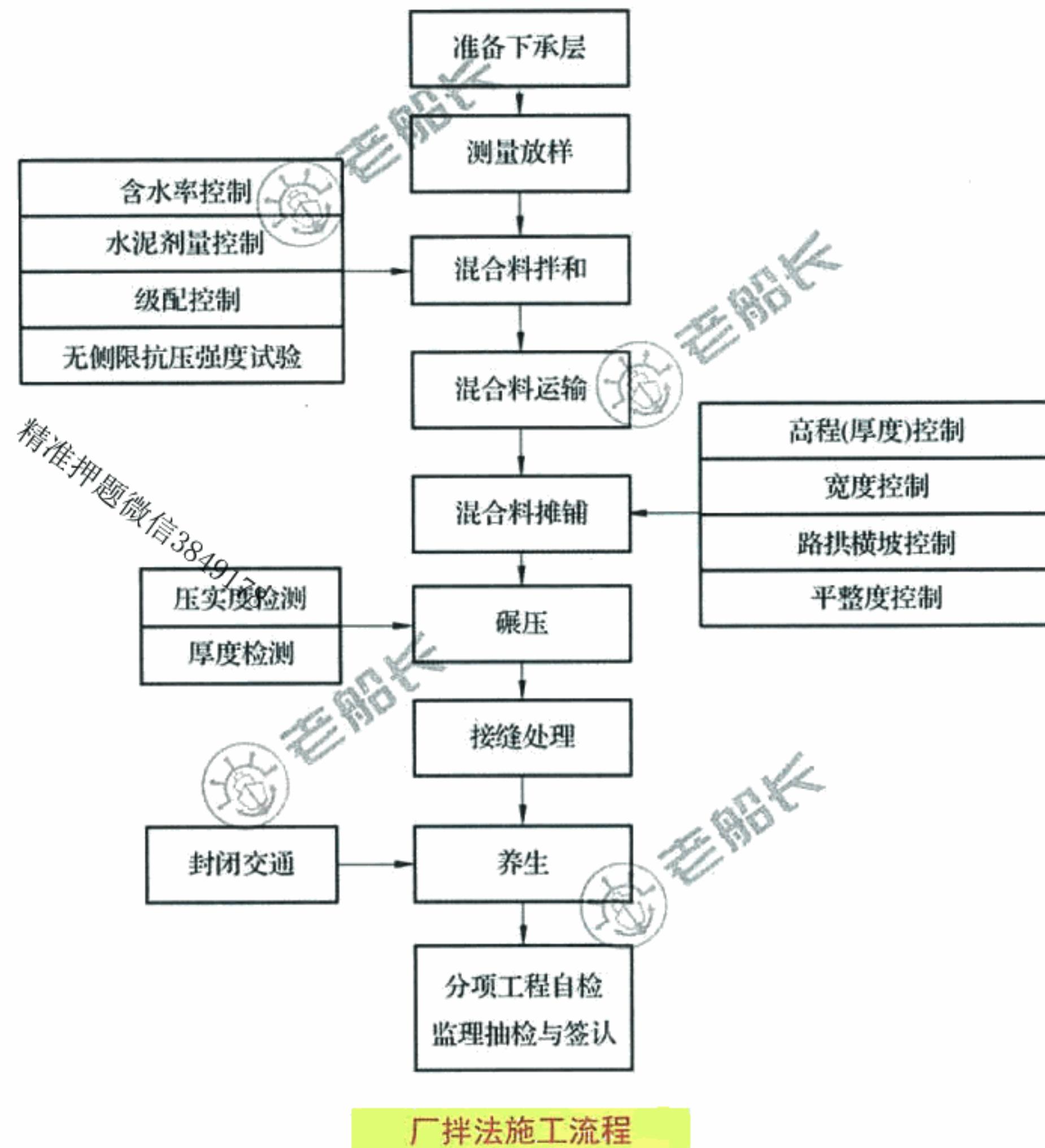
①宜在气温较高的季节组织施工。无机结合料稳定材料施工期的日最低气温应在 5℃ 以上，在有冰冻的地区，应在第一次重冰冻到来的 15~30d 前完成施工。

②宜避免在雨期施工，且不应在雨天施工。

(5) 应将室内重型击实试验法确定的干密度作为压实度评价的标准密度。

(6) 对级配碎石材料，基层压实度应不小于 99%，底基层压实度应不小于 97%。

3. 厂拌法施工



1) 混合料集中厂拌与运输

- (1) 工程所需的原材料**严禁混杂**，应分档隔仓堆放，并有明显的标志。
- (2) **细集料、水泥、石灰、粉煤灰**等原材料应有覆盖。对**高速公路和一级公路**，上述材料**严禁露天**堆放，应放置于专门搭建的防雨棚内或库房内。
- (3) 对高速公路和一级公路，应采用**专用稳定材料拌合设备**拌制混合料。
- (4) 无机结合料稳定中、粗粒材料的**拌和设备**应满足下列要求：
 - ①对**高速公路和一级公路**，混合料拌和设备的产量宜 $>500t/h$ 。（大型： $400\sim600t/h$ ）
 - ②拌和设备的料仓数目应与规定的备料档数相匹配，宜较规定的备料档数增加1个。
 - ③各个料仓之间的挡板高度应 $\geq 1m$ 。
 - ④高速公路的基层施工时，每个料斗与料仓下面应安装称量精度达到 $\pm 0.5\%$ 的电子秤。
- (5) 对高速公路，水泥料仓应配备计重装置，**不宜**通过**电机转速**计量水泥的添加量。
- (6) 气温高于 30°C 时，水泥进入拌缸温度宜不高于 50°C ；高于 50°C 时应采取降温措施。气温低于 15°C 时，水泥进入拌缸温度应不低于 10°C 。
- (7) 加水量的计量应采用**流量计**的方式。
- (8) 高速公路基层的混合料宜采用**两次拌和**的生产工艺，也可采用**间歇式拌和**生产工艺，拌和时间应**不少于 15s**。

【补充·能区分】拌合设备分类

分类方式	分类	原理	对比	最优
生产方式	连续式	通过控制系统按照设定的配合比进行配料、拌和和出料的，可保证材料的生产连续进行，边拌料边出料	相对于连续拌和，间歇式拌和更加稳定，无材料突然投入或卸落，占地小、功耗低、结构简单、维修成本低、使用方便	✓
	间歇式	将原材料配合好之后再进行搅拌，出料之后再进行下一批材料的生产		
搅拌方式	自落式	将物料提升到一定高度让它自由下落，达到拌和的目的	相对于自落式拌和，强制式拌和的效率高、速度快、拌和的更加均匀	✓
	强制式	搅拌机的搅拌叶强制将物料拌和均匀		

(9) 拌和过程中应实时监测各个料仓的生产计量，对高速公路和一级公路，应每 10min 打印各档料仓的使用量。某档材料的实际掺加量与设计要求值相差超过 10% 时，应立即停机检查原因，正常后方可继续生产。

(10) 天气炎热或运距较远时，无机结合料稳定材料拌和时宜适当提高含水率。

(11) 对高速公路和一级公路，应从拌合厂取料，每隔 2h 测定一次含水率，每隔 4h 测定一次结合料的剂量，并做好记录。

(12) 混合料运输车装好料后，应用篷布将箱体覆盖严密，直到摊铺机前准备卸料时方可打开。

(13) 对高速公路和一级公路，水泥稳定材料从装车到运输至现场，时间宜不超过 1h，超过 2h 时应作为废料处置。

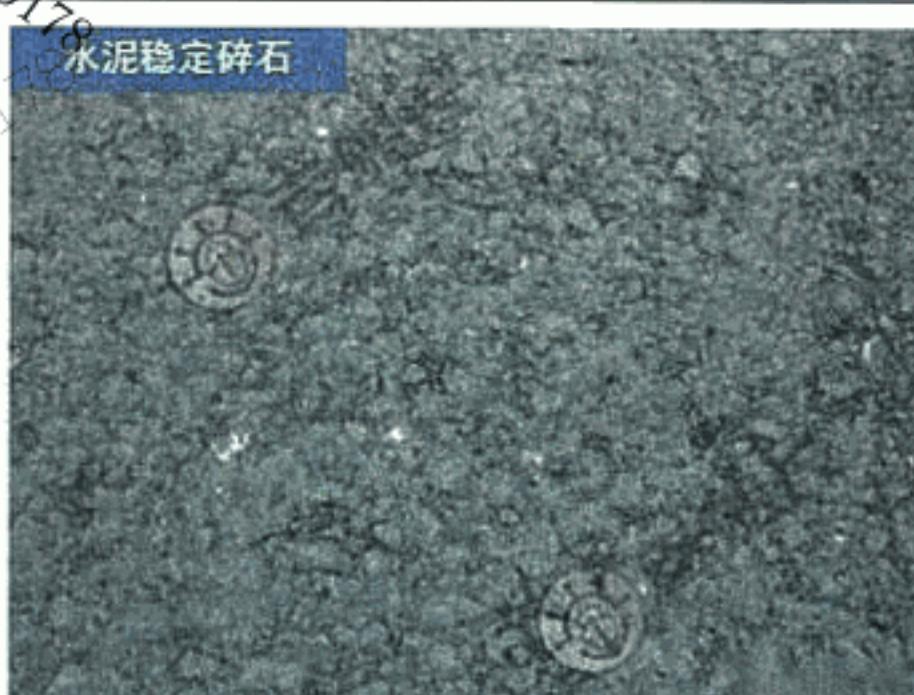
2) 摊铺机摊铺与碾压

(1) 碾压成型后每层的摊铺厚度宜 $\geq 160\text{mm}$ ，最大厚度宜 $\leq 200\text{mm}$ 。（分层厚度）

(2) 采用两层连续摊铺时，下层质量出现问题时，上层应同时处理。

(3) 下承层处理（分层摊铺） **【2017 案 II】**

下承层材料	处理措施
稳定细粒材料	将下承层顶面拉毛或采用凸块压路机碾压
稳定中、粗粒材料	将下承层清理干净，并洒铺水泥净浆



(4) 应采用摊铺功率不低于 120kW 的沥青混凝土摊铺机或稳定材料摊铺机摊铺混合料。

(5) 采用两台摊铺机并排摊铺时，两台摊铺机的型号及磨损程度宜相同。施工期间，两台摊铺机应保持同步，避免因速度差异导致混合料分布不均。

铺机的前后间距宜 $\leq 10m$ ，且两个施工段面纵向应有300~400mm的重叠。

(6) 对无法使用机械摊铺的超宽路段，应采用人工同步摊铺、修整，并同时碾压成型。

(7) 摊铺机前宜增设橡胶挡板，橡胶挡板底部距下承层距离宜 $\leq 100mm$ 。

(8) 对高速公路和一级公路，在摊铺过程中宜设立纵向模板。

(9) 水泥稳定材料结构层施工时，应在混合料处于或略大于最佳含水率的状态下碾压。气候炎热干燥时，碾压时的含水率可比最佳含水率增加0.5~1.5个百分点。

(10) 石灰稳定材料和石灰粉煤灰稳定材料碾压时应处于最佳含水率或略大于最佳含水率状态，含水率宜增加1个百分点。

(11) 应根据施工情况配备足够的碾压设备，并应符合下列规定：

车道数量	碾压设备数量
①双向四车道	高速公路或一级公路的半幅摊铺时，应配备不少于4台重型压路机
②双向六车道	半幅摊铺时，应配备不少于5台重型压路机

(12) 碾压【2016单II】

碾压阶段	碾压要求	
	方式1	方式2
初压	双钢轮压路机稳压2~3遍	25t以上的重胶轮压路机稳压1~2遍
复压	激振力大于35t的重型振动压路机、 18~21t三轮压路机 或25t以上的轮胎压路机	重型振动压路机
终压	双钢轮压路机	

3) 接缝处理

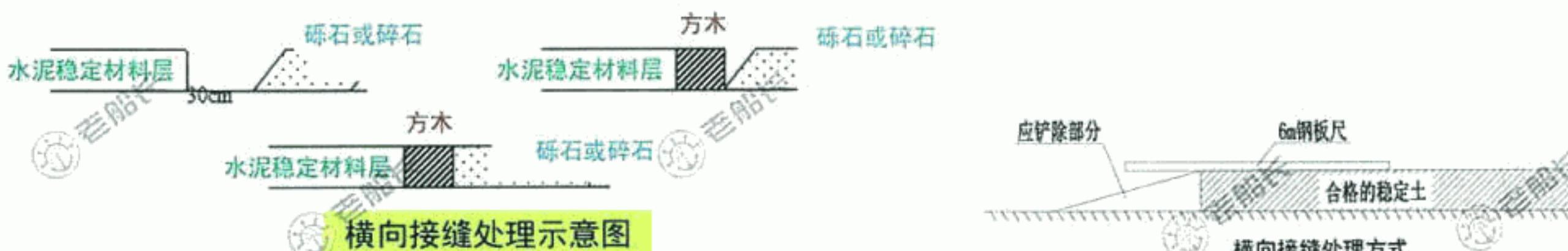
(1) 混合料摊铺时，应保持连续。水泥稳定材料因故中断时间大于2h时，应设置横向接缝，并应符合下列规定：

①人工将末端含水率合适的混合料整齐，紧靠混合料末端放两根方木，方木的高度应与混合料的压实厚度相同，整平紧靠方木的混合料。

②方木的另一侧用砾石或碎石回填约3m长，其高度应高出方木20~30mm，并碾压密实。

③重新开始摊铺混合料之前，应将砾石或碎石和方木除去，并将下承层顶面清扫干净。

④摊铺机应返回到已压实层的末端，重新开始摊铺混合料。



(5) 摊铺中断大于2h且未按上述方法处理横向接缝时，应将摊铺机附近及其下面未经压实的混合料铲除，并将已碾压密实且高程和平整度符合要求的末端挖成与路中心线垂直并垂直向下的断面，再摊铺新的混合料。

(2) 摊铺时宜避免纵向接缝，分两幅摊铺时，纵向接缝处应加强碾压。存在纵向接缝时，纵

缝应垂直相接，严禁斜接，并应符合下列规定：【2012 单 II、2011 多 II】

①在前一幅摊铺时，宜在靠中央的一侧用方木或钢模板做支撑，方木或钢模板的高度应与稳定材料层的压实厚度相同。

②应在摊铺另一幅之前拆除支撑。

4) 养护

(1) 无机结合料稳定材料的养护期宜 $\geq 7d$ 。【2011 多 II】

(2) 养护可采取洒水养护、薄膜覆盖养护、土工布覆盖养护、铺设湿砂养护、草帘覆盖养护、洒铺乳化沥青养护等方式，宜结合工程实际情况选择具体的方式。

(3) 养护期间应封闭交通，除洒水车和小型通勤车辆外，严禁其他车辆通行。

5) 交通管制

(1) 正式施工前宜建好施工便道。对高速公路和一级公路，无施工便道，不应施工。

(2) 无机结合料稳定材料养护期间，小型车辆和洒水车的行驶速度应小于 40km/h。

(3) 无机结合料稳定材料养护 7d 后，施工需要通行重型货车时，应有专人指挥，按规定的车道行驶，且车速应不大于 30km/h。

(4) 级配碎石、级配砾石基层未做透层沥青或铺设封层前，严禁开放交通。

6) 无机结合料稳定材料层之间的处理

(1) 可采用上下结构层连续摊铺施工的方式，每层施工应配备独立的摊铺和碾压设备，不得采用一套设备在上下结构层来回施工。

7) 无机结合料稳定材料基层与沥青面层之间的处理【2019 案 I】

(1) 将基层表面的浮浆清理干净，并应符合下列规定：

①清理出小坑槽时，不得用原有基层材料找补。

②清理出较大范围松散时，应重新评定基层质量，必要时宜返工处理。

(2) 在基层表面干燥的状态下，可洒铺透层油。

(3) 透层油施工后严禁一切车辆通行，直至上层施工。

(4) 对极重、特重交通荷载等级或较薄的沥青面层，基层顶面应采用热洒沥青的方式加强层间结合。

8) 基层收缩裂缝的处理

基层在养护过程中出现裂缝，经弯沉检测，结构层的承载能力满足设计要求时，可继续铺筑上面的沥青面层，也可采取下列措施处理裂缝：【2021 案 I、2017 案 II】

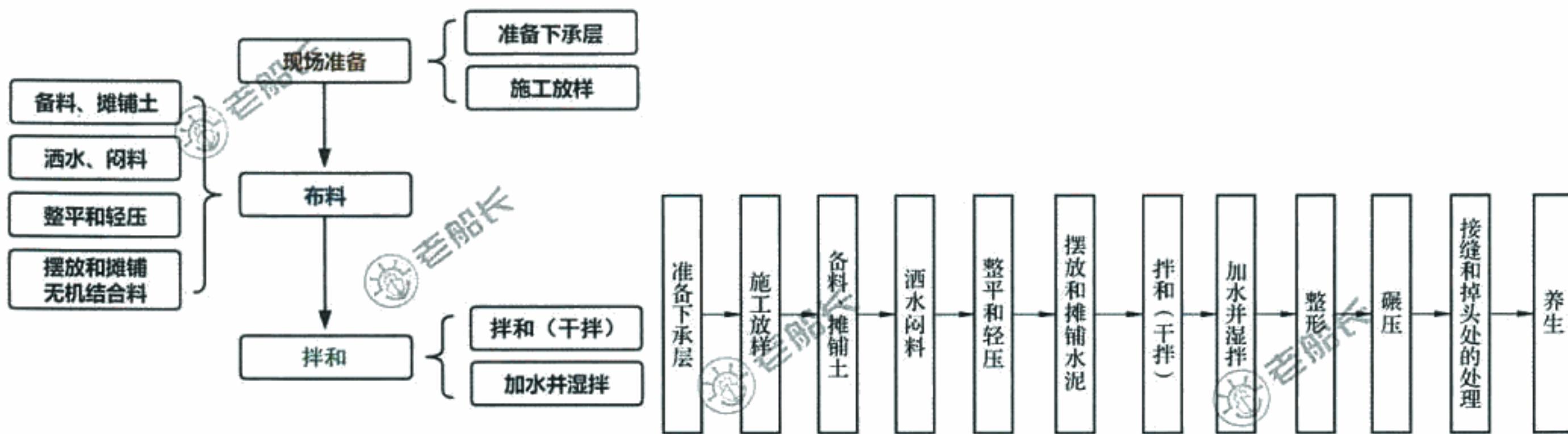
(1) 在裂缝位置灌缝。

(2) 在裂缝位置铺设玻璃纤维格栅。

(3) 洒铺热改性沥青。

老船长经典秒杀口诀：急售观音菩萨

4. 路拌法施工【2014 多 I】



【补充·会算】水泥剂量：内掺和外掺的含义。

(1) 水泥的剂量 4.5% (外掺)，水泥：混合料=4.5/(4.5+100)。

(2) 水泥的剂量 4.5% (内掺)，水泥：混合料=4.5/100。

即：

外掺：其他料总和看做 100%，水泥不包含在里面，另算 4.5%。总重百分数可看作是 104.5%，
水泥重=总重 × (4.5%/104.5%)。

内掺：水泥和其他料加起来为 100%，水泥占 4.5%，水泥重=总重 × (4.5%/100%)。

(1) 已整平材料含水率过小时，应在土层上洒水闷料，且应符合下列规定：

①采用高效率的路拌机械时，闷料时宜一次将水洒够。

②采用普通路拌机械时，闷料时所洒水量宜较最佳含水率低 2~3 个百分点。

③细粒材料应经一夜闷料，中粒和粗粒材料可视其中细粒材料的含量，缩短闷料时间。

④综合稳定材料，应先将石灰和土拌和后一起闷料。

⑤水泥稳定材料，应在摊铺水泥前闷料。

(2) 对石灰粉煤灰稳定中、粗粒材料，应先将石灰和粉煤灰拌和均匀，然后均匀地摊铺在材料层上，再一起拌和。

2.2 沥青路面施工

2.2.1 沥青路面结构及类型 ★★★

1. 沥青路面结构组成【2020 多 I、2016 单 II、2012 单 I、2009 单 II、2005 案 I】



老船长经典秒杀口诀：点东哥排污

【2020 多 I】路面垫层结构的作用包括（）。

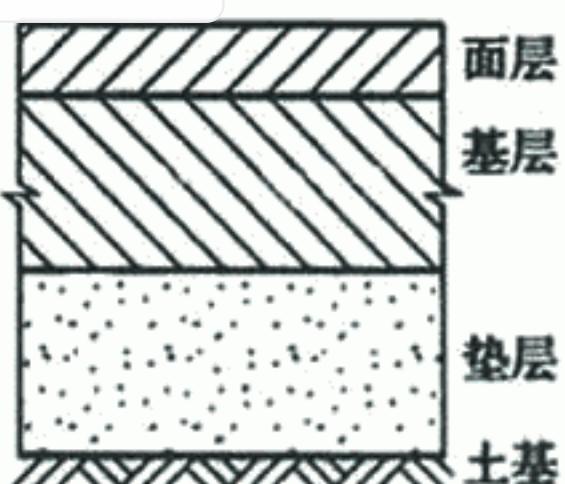
- A. 粘结 B. 排水 C. 隔水 D. 防污 E. 防冻

【答案】BCDE

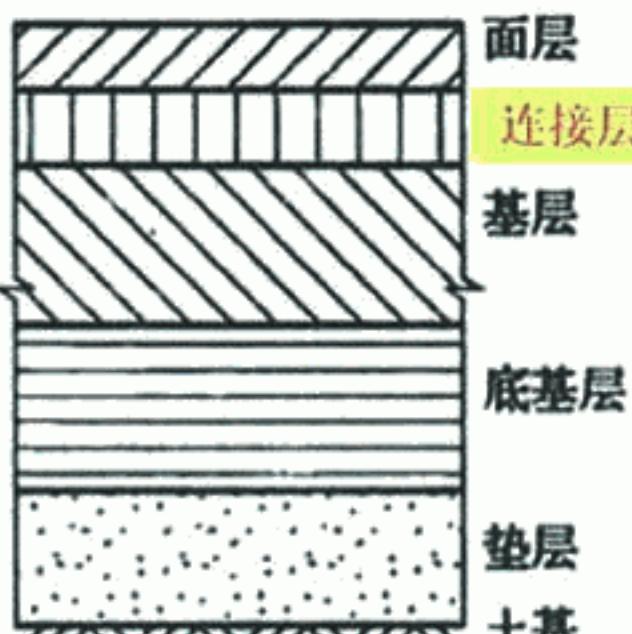
2. 沥青路面分类

1) 按技术品质和使用情况分类 【2023 多 II、2022 单 I、2013 多 I、2012 多 I、2012 单 II、
2011 单 I、2006 多 II】

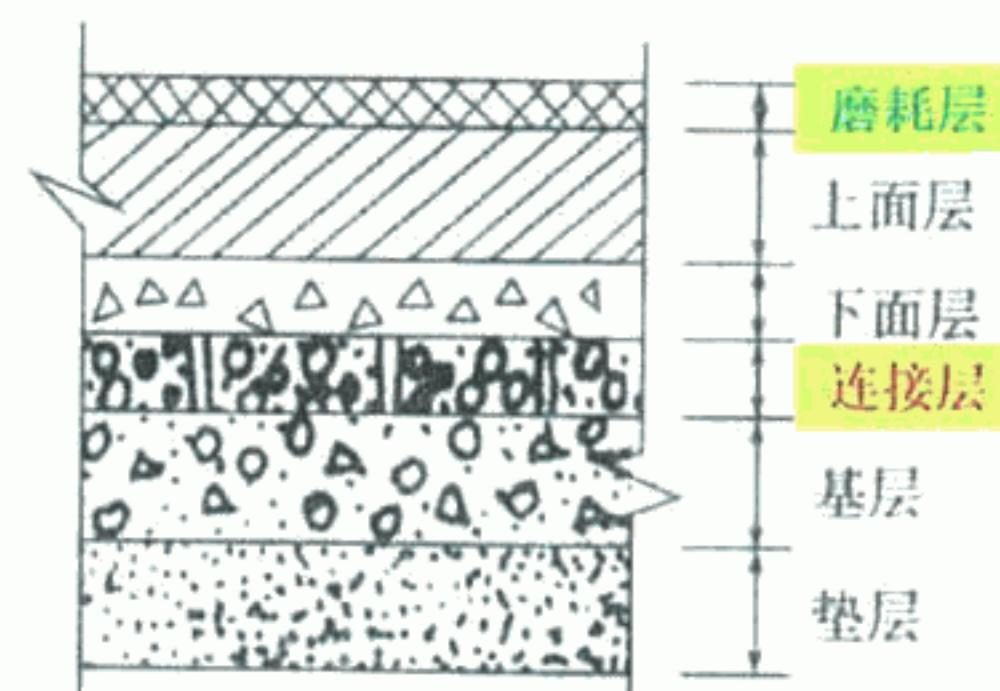
分类 VX 9178 K 9178	组成	优缺点		适用
		优点	缺点	
沥青混凝土路面	集料、矿粉和沥青 (热拌)	有很高的强度，可承受繁重交通。	允许拉应变值较小，会产生规则横向裂缝，因而要求强度较高的基层。	各级公路面层
沥青碎石路面	石料级配和沥青 规格要求较宽 不用矿粉 (热拌)	高温稳定性好 ，不易产生波浪， 冬季不易冻裂 ；路面粗糙，利于行车。	孔隙较大，易渗水和老化。	宜用于 三、四级 公路。中粒式、粗粒式沥青碎石宜用作沥青混凝土面层下层、 连接层 或整平层。
沥青贯入式	把沥青浇洒在铺好的主层集料上，再分层撒布嵌缝石屑和浇洒沥青，分层压实，形成一个较致密的沥青结构层 (常温)	温度稳定性好 ，热天不宜出现推移、壅包，冷天不宜出现裂缝	空隙较多，最上层应撒布封层料或加铺拌合层。	适用于 三、四级 公路，也可作为沥青混凝土面层的 连接层 。
沥青表面处治	用沥青和集料按 层铺法 或 拌和法 铺筑而成的厚度不超过 3cm 的沥青面层 (常温)	路面薄、造价低、施工简便、行车好。	使用寿命不及贯入式，设计时不考虑承重。	保护基层，维护旧面，一般用于 三、四级 公路，也可用作沥青路面的 磨耗层、防滑层 。



(a) 低、中级路面



(b) 高级路面



典型路面结构图

道路的结构组成

【2011 单 I】路面施工中需要使用矿粉的是（）。

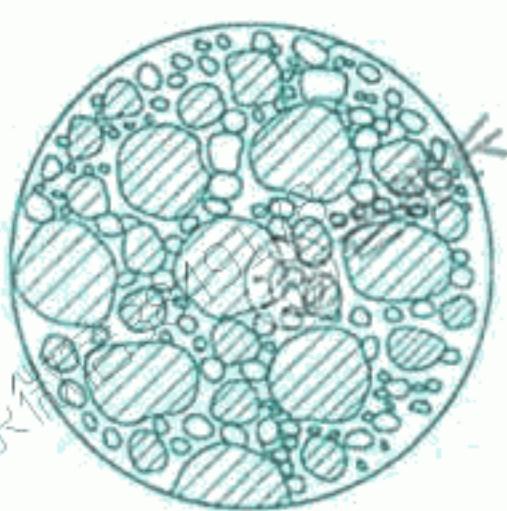
- A. 沥青表面处治路面
 C. 沥青混凝土路面
- B. 沥青碎石路面
 D. 沥青贯入式路面

【答案】C

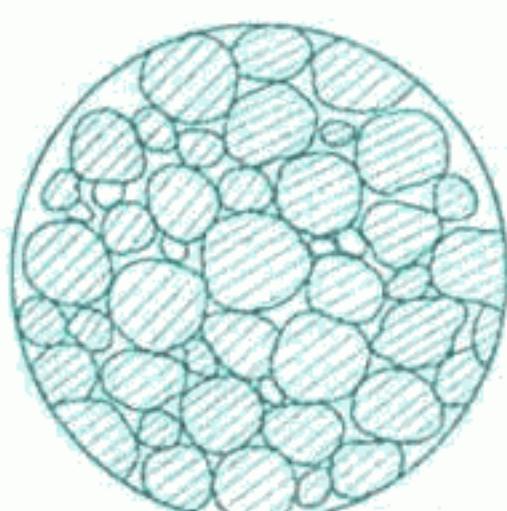
2) 按组成结构分类【2023 单 II、2022 单 II、2020 案 I、2018 案 II、2015 案 I、2010 单 I、2009 单 II】

分类	代表
密实-悬浮	AC-I 型沥青混凝土
骨架-空隙	沥青碎石混合料 (AM) 排水沥青混合料 (OGFC)
密实-骨架	沥青玛王帝脂碎石混合料 (SMA)

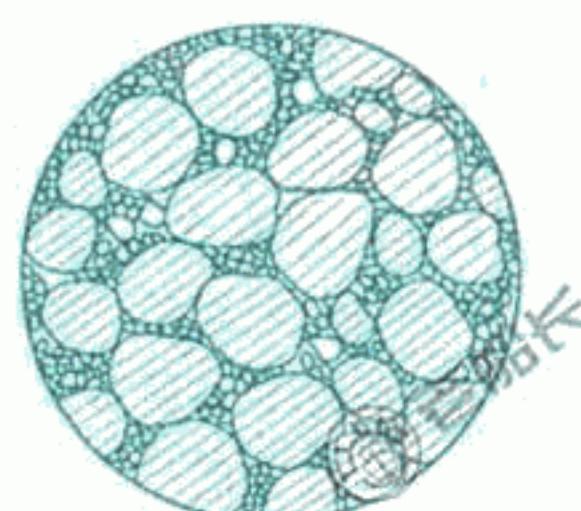
老船长经典秒杀口诀：师父爱吃加喜爱买讴歌，试驾扫码



(1) 密实-悬浮



(2) 骨架-空隙



(3) 密实-骨架

【老船长总结】**骨架**和**悬浮**是对立的，石子相互接触的叫骨架，没相互接触的叫悬浮。骨架摩擦力大，悬浮摩擦力小。**密实**和**空隙**是对立的，被沥青填满的叫密实，没填满的叫空隙。密实粘结力大，空隙粘结力小。

【2010 单 I】沥青碎石玛王帝脂混合料属于（）结构。

- A. 密实-悬浮
 B. 密实-骨架
 C. 骨架-空隙
 D. 骨架-悬浮

【答案】B

3) 按矿料级配分类【2020 案 I、2020 单 I、2017 单 I、2016 案 II、2012 单 II、2007 单 II】

分类	剩余空隙率	代表
密级配	<10%	沥青混凝土、沥青稳定碎石
半开级配	>10%	改性沥青稳定碎石
开级配	>15%	排水式沥青磨耗层混合料 排水式沥青稳定碎石基层
间断级配	缺粒径档次	沥青玛王帝脂碎石混合料 (SMA)

另：剩余空隙率为 3%~6%（行人道路 2%~6%）的是 I 型密实式改性沥青混凝土混合料；剩余空隙率为 4%~10% 的是 II 型半密实式改性沥青混凝土混合料。

【补充·了解】粒径粗细不同的集料按照一定比例进行组合搭配，根据搭配组成的结果，可得到 3 种不同级配形式：

分类	组成情况
(1) 连续级配	集料粒径由大到小连续分布，每一级都占有适当的比例。
(2) 开级配	集料粒径分布范围较窄，从最大粒径到最小粒径仅在数个粒级上（大多集中于偏粗的粒径）以连续的形式出现。
(3) 间断级配	在集料粒径分布的整个区间里，从中间剔除一个或连续几个粒级，形成一种不连续的级配。

4) 按矿料粒径分类【2023 单 I、2005 案 I】

按矿料粒径分为：砂粒式沥青混合料、细粒式沥青混合料、中粒式沥青混合料、粗粒式沥青混合料、特粗式沥青混合料。

老船长经典秒杀口诀：特粗中细砂

类型	砂	细	中	粗	特
矿料最大粒径 (mm)	≤4.75	9.5 或 13.2	16 或 19	26.5 或 31.5	≥37.5

5) 按施工温度分类

分类	特点
(1) 热拌热铺沥青混合料	沥青与矿料经加热后拌和，并在一定的温度下完成摊铺和碾压施工过程的混合料。
(2) 常温沥青混合料	采用乳化沥青或稀释沥青在常温下（或者加热温度很低）与矿料拌和，并在常温下完成摊铺和碾压过程的混合料。

【举例·常考】各个英文字母和数字的含义，以 SMA16 为例：

项目	内容
SMA 中文名称	沥青玛王帝脂碎石混合料
16 含义	集料的公称最大粒径为 16mm



分类方法	按组成结构分类	密实-骨架
	按矿料级配分类	间断级配
	按矿料粒径分类	中粒式沥青混合料
	按施工温度分类	热拌热铺沥青混合料

2.2.2 沥青路面施工准备 ★★

1. 原材料与设备检查

(1) 施工前必须检查各种材料的来源和质量。

对经招标程序购进的沥青、集料等重要材料，供货单位必须提交最新检测的正式试验报告。从国外进口的材料应提供该批材料的船运单。

对首次使用的集料，应检查生产单位的生产条件、加工机械、覆盖层的清理情况。

所有材料都应按规定取样检测，经质量认可后方可订货。

(2) 各种材料都必须在施工以前以“批”为单位进行检查。

对各种矿料是以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料为一“批”；

对沥青是指从同一来源、同一次购入且储入同一沥青罐的同一规格的沥青为一“批”。
精准押题微信3849178对沥青是指从同一来源、同一次购入且储入同一沥青罐的同一规格的沥青为一“批”。
3849178VX:3849178

2. 试验路段铺筑

(1) 高速公路和一级公路的沥青路面在施工前应铺筑试验段。

其他等级公路在缺乏施工经验或初次使用重大设备时，也应铺筑试验段。

当同一施工单位在材料、机械设备及施工方法与其他工程完全相同时，也可利用其他工程的结果，不再铺筑新的试验路段。

(2) 试验段的长度应根据试验目的确定，通常为100~200m，宜选在正线上铺筑。

(3) 热拌热铺沥青混合料路面试验段铺筑分试拌及试铺两个阶段，应包括下列试验内容：

①检验各种施工机械的类型、数量及组合方式是否匹配。

②通过试拌确定拌合机的操作工艺，考察计算机打印装置的可信度。

③通过试铺确定透层油的喷洒方式和效果、摊铺、压实工艺，确定松铺系数等。

④验证沥青混合料生产配合比设计，提出生产用的标准配合比和最佳沥青用量。

⑤建立钻孔法与核子密度仪无破损检测路面密度的对比关系。确定压实度的标准检测方法。

核子仪等无破损检测在碾压成型后热态测定，取13个测点的平均值为1组数据，一个试验段不得少于3组。钻孔法在第2天或第3天以后测定，钻孔数不少于12个。

⑥检测试验段的渗水系数。

2.2.3 沥青路面用料要求 ★★

1. 一般规定

(1) 沥青路面使用的各种材料运至现场后必须取样进行质量检验，经评定合格后方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。