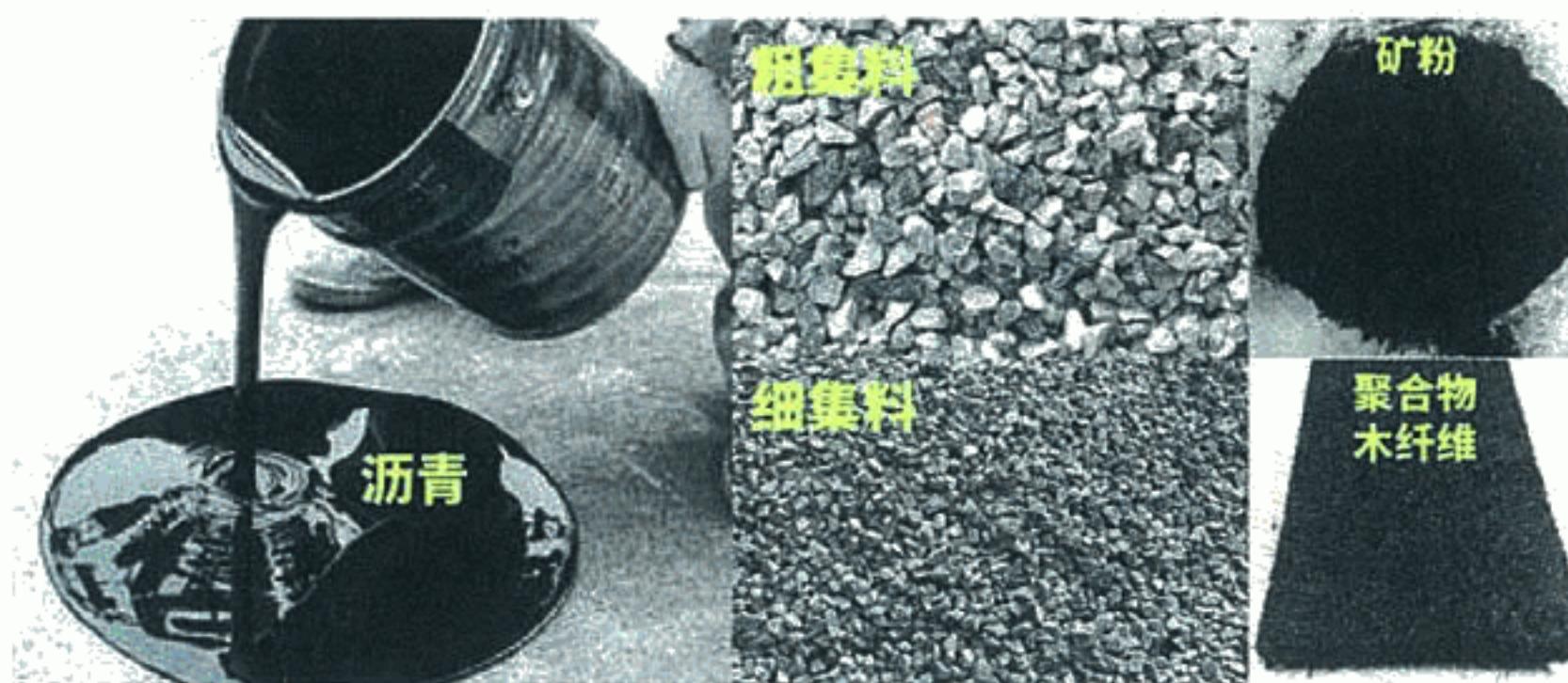


(2) 集料粒径规格以方孔筛为准。不同料源、品种、规格的集料不得混杂堆放。



## 2. 道路石油沥青

【补充·了解】沥青相关的名称

名称	内容
沥青	由不同分子量的碳氢化合物及其非金属衍生物组成的黑褐色复杂混合物，是高黏度有机液体的一种，多会以液体或半固体的石油形态存在，表面呈黑色，可溶于二硫化碳、四氯化碳。沥青是一种防水防潮和防腐的有机胶凝材料。沥青主要可以分为煤沥青、石油沥青和天然沥青三种，其中，煤沥青是煤焦油蒸馏加工去除液体馏分后的残余物。石油沥青是原油蒸馏后的残渣。天然沥青则是储藏在地下，有的形成矿层或在地壳表面堆积。
基质沥青	用于生产改性沥青，掺加沥青改性剂进行改性的基础沥青。
改性沥青	掺加橡胶、树脂、高分子聚合物、天然沥青、磨细的橡胶粉，或者其他材料等外掺剂（改性剂）制成的沥青结合料，从而使沥青或沥青混合料的性能得以改善。（SBS 改性沥青、橡胶沥青）。
乳化沥青	石油沥青与水在乳化剂、稳定剂等的作用下经乳化加工生成水包油或油包水（具体谁包谁要看乳化剂的种类）的液态沥青。乳化沥青是将通常高温使用的道路沥青，经过机械搅拌和化学稳定的方法（乳化），扩散到水中而液化成常温下粘度很低、流动性很好的一种道路建筑材料，可以常温使用。按乳化沥青的使用方法分为喷洒型（用 P 表示）及拌和型（用 B 表示）乳化沥青两大类。
改性乳化沥青	在制作乳化沥青的过程中同时加入聚合物胶乳，或将聚合物胶乳与乳化沥青成品混合，或对聚合物改性沥青进行乳化加工得到的乳化沥青产品。（性能得到优化）
液体沥青	用汽油、煤油、柴油等溶剂将石油沥青稀释而成的沥青产品。（又称稀释沥青、轻质沥青）。

(1) 道路石油沥青各个沥青等级的适用范围应符合下表的规定。【2018 案 II、2004 单 I】

沥青等级	适用范围
A 级沥青	各个等级的公路，适用于任何场合和层次
B 级沥青	(1) 高速公路、一级公路沥青下面层及以下层次，二级及二级公路以下公路的各个层次； (2) 用作改性沥青、乳化沥青、改性乳化沥青、稀释沥青的基质沥青
C 级沥青	三级及三级以下公路的各个层次

**【补充·了解】**

名词	内容
①针入度	在规定温度和时间内，附加一定质量的标准针垂直贯入沥青试样的深度，以 0.1mm 计。描述沥青稠度的指标。
②针入度指数	描述沥青的温度敏感性，针入度指数越大，沥青温度敏感性越小。
③沥青标号	沥青的标号也就是沥青的等级，目前国际上有多种分级方法，我国采用的是针入度分级，根据沥青的针入度试验检测得到的针入度，按照分级范围确定沥青的标号。例如 90 号沥青，其针入度范围大概在 80~100 之间。依据沥青的针入度共分为 160、130、110、90、70、50、30 等七个标号。

**(2) 沥青性能要求**

情况	性能要求
(1) 高速公路、一级公路，夏季温度高、高温持续时间长、重载交通、山区及丘陵区上坡路段、服务区、停车场等行车速度慢的路段，尤其是汽车荷载剪应力大的层次	宜采用稠度大、黏度大的沥青。
(2) 冬季寒冷的地区或交通量小的公路、旅游公路	宜选用稠度小、低温延度大的沥青。
(3) 温度日温差、年温差大的地区	选用针入度指数大的沥青。
(4) 当高温要求与低温要求发生矛盾时	应优先考虑满足高温性能的要求。【2010 多 I】

当缺乏所需标号的沥青时，可采用不同标号掺配的调合沥青，其掺配比例由试验决定。

### 3. 乳化石油沥青

(1) 乳化沥青适用于沥青表面处治、沥青贯入路面、冷拌沥青混合料路面，修补裂缝，喷洒透层、粘层与封层等。【2023 单 II、2021 案 II、2011 单 I】

分类	品种及代号	适用范围
阳离子乳化沥青	PC-1	表面处治、贯入式路面及下封层用
	PC-2	透层油及基层养护用
	PC-3	粘层油用
	BC-1	稀浆封层或冷拌沥青混合料用
阴离子乳化沥青	PA-1	表面处治、贯入式路面及下封层用
	PA-2	透层油及基层养护用
	PA-3	粘层油用
	BA-1	稀浆封层或冷拌沥青混合料用
非离子乳化沥青	PN-2	透层油用
	BN-1	与水泥稳定集料同时使用（基层路拌或再生）

备注：一建公路表格错误过于明显，以二建表格为准。

(2) 阳离子乳化沥青可适用于各种集料品种，阴离子乳化沥青适用于碱性石料。

(3) 制备乳化沥青用的基质沥青，对高速公路和一级公路，宜符合表中道路石油沥青 A、B

级沥青的要求，其他情况可采用 C 级沥青。

(4) 乳化沥青宜存放在立式罐并能适当搅拌。贮存期以不离析、不冻结、不破乳为度。

#### 4. 液体石油沥青【2019 单 I、2019 多 II】

(1) 液体石油沥青适用于透层、粘层及拌制冷拌沥青混合料。

(2) 液体石油沥青宜采用针入度较大的石油沥青，使用前按先加热沥青后加稀释剂的顺序掺配煤油或轻柴油，经适当的搅拌、稀释制成。掺配比例根据使用要求由试验确定。

(3) 基质沥青的加热温度严禁超过 140℃。

【2019 单 I】液体石油沥青施工说法正确的是（）。

- A. 液体石油沥青宜采用针入度较小的石油沥青
- B. 与沥青稀释剂混合加热，再搅拌、稀释制成
- C. 掺配比例根据使用要求由经验确定
- D. 基质沥青的加热温度严禁超过 140℃

【答案】D

#### 5. 改性沥青

(1) 改性沥青的剂量以改性剂占改性沥青总量的百分数计算。

(2) 改性沥青宜在固定式工厂或在现场设厂集中制作，也可在拌合厂现场边制造边使用，改性沥青的加工温度不宜超过 180℃。

(3) 现场制造的改性沥青宜随配随用，需作短时间保存，或运送到附近的工地时，使用前必须搅拌均匀，在不发生离析的状态下使用。

#### 6. 改性乳化沥青

(1) 改性乳化沥青宜按表选用。

品种		代号	适用范围
改性乳化沥青	喷洒型改性乳化沥青	PCR	粘层、封层、桥面防水粘结层用
	拌和用乳化沥青	BCR	改性稀浆封层和微表处用

#### 7. 粗集料

(1) 沥青面层使用的粗集料包括碎石、破碎砾石、筛选砾石、钢渣、矿渣等，但高速公路和一级公路不得使用筛选砾石和矿渣。【2005 多 I】

(2) 经过破碎且存放期超过 6 个月以上的钢渣可作为粗集料使用。

【补充·了解】筛选砾石：岩石风化而成的粒料，强度极不均匀，多为圆滑形状，不宜用于防滑面层。

#### 8. 细集料

沥青面层的细集料可采用天然砂、机制砂、石屑。【2009 单 I】

(2) 天然砂可采用河砂或海砂，通常宜采用粗、中砂。热拌密级配沥青混合料中天然砂的用量通常不宜超过集料总量的 20%，SMA 和 OGFC 混合料不宜使用天然砂。

#### 9. 填料【2004 多 I】

(1) 沥青混合料的矿粉必须采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉。

(2) 拌合机的粉尘可作为矿粉的一部分回收使用。但每盘用量不得超过填料总量的 25%。

(3) 粉煤灰作为填料使用时，用量不得超过填料总量的 50%。高速公路、一级公路的沥青面层不宜采用粉煤灰做填料。

## 10. 纤维稳定剂

(1) 在沥青混合料中掺加的纤维稳定剂宜选用木质素纤维、矿物纤维等。

(2) 矿物纤维宜采用玄武岩等矿石制造，易影响环境及造成人体伤害的石棉纤维不宜直接使用。【2016 单 I】

(3) 纤维稳定剂的掺加比例以沥青混合料总量的质量百分率计算。

## 2. 2. 4 沥青路面面层施工 ★★★

### 1. 准备工作

(1) 矿粉必须是石灰岩磨细而成且不得受潮。

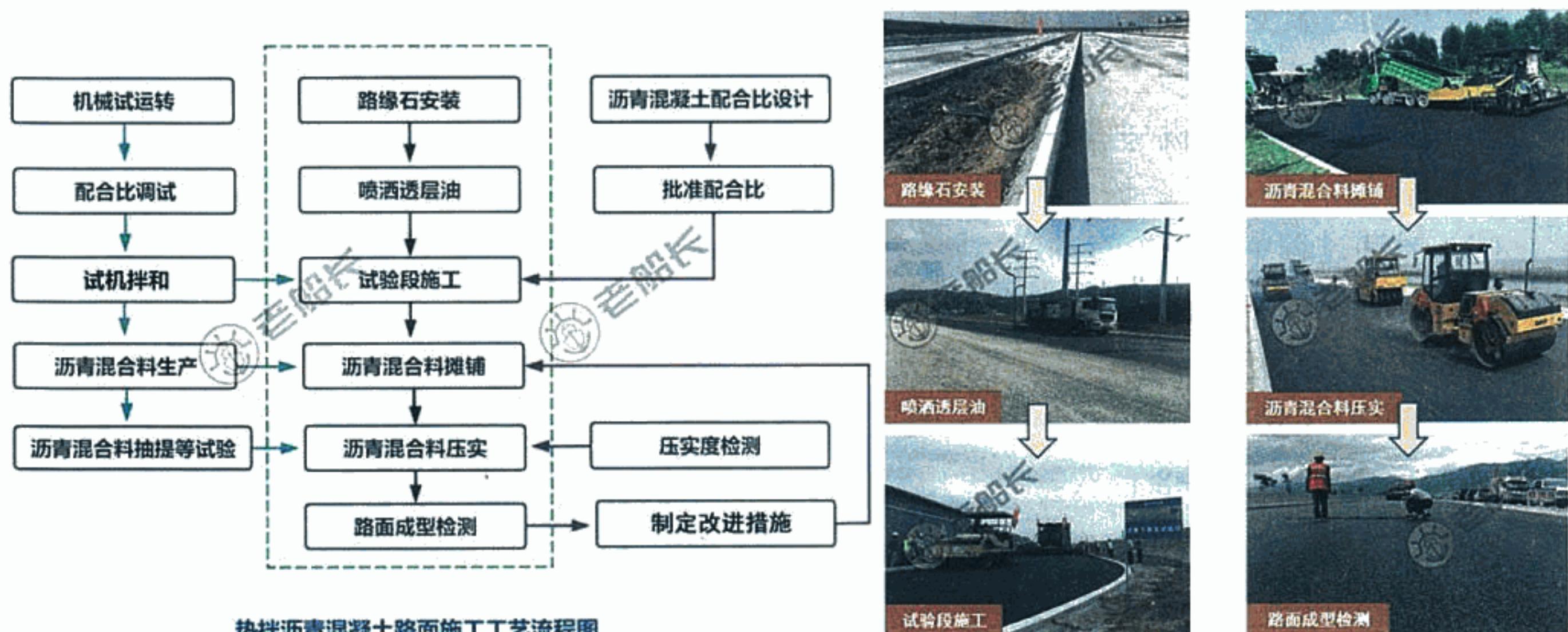
(2) 做好配合比设计报送监理工程师审批，对各种原材料进行符合性检验。

(3) 清扫下承层，底面层施工前两天在基层上洒透层油。在中底面上喷洒粘层油。

(4) 试验段开工前 28d 安装好试验仪器和设备，配备好的试验人员报请监理工程师审核。各层开工前 14d 在监理工程师批准的现场备齐全部机械设备进行试验段铺筑，以确定松铺系数、施工工艺、机械配备、人员组织、压实遍数，并检查压实度、沥青含量、矿料级配、沥青混合料马歇尔各项技术指标等。【2004 多 I】

**老船长经典秒杀口诀：怂人食鸡鸭**

### 2. 热拌沥青混凝土路面施工工艺 【2022 案 II、2020 单 I、2019 案 II】



名称	内容
(1) 马歇尔试验	确定沥青混合料最佳油石比的试验。
(2) 抽提试验	测定新拌沥青混合料或旧有路面中沥青含量的试验。

2. 沥青用量可以采用沥青含量或油石比两种方式来表达。

名称	内容
(1) 沥青含量	沥青占沥青混合料的百分数。
(2) 油石比	沥青占矿料质量的百分数。

### 3. 沥青混合料的拌和

(1) 设置间歇式具有密封性能及除尘设备，并有检测拌和温度装置的沥青混凝土拌合站。

(2) 沥青的加热温度控制在规范规定的范围之内，即 150~170℃。集料的加热温度控制在 160~180℃；混合料的出厂温度控制在 140~165℃。当混合料出厂温度过高时应废弃。混合料运至施工现场的温度控制在 120~150℃。【2014 单 II、2006 单 I】

(3) 出厂的混合料须均匀一致，无白花料、粗细料离析和结块现象，不符合要求时应废弃。

### 4. 混合料的运输

(1) 根据拌合站的产量、运距，合理安排运输车辆。

(2) 运输车的车厢内保持干净，涂防粘薄膜剂。运输车配备覆盖棚布以防雨和热量损失。  
(还有防污染)

(3) 运输车厢内已离析、硬化的混合料及低于规定铺筑温度或被雨淋的混合料应予废弃。

### 5. 混合料的摊铺

(1) 根据路面宽度选用 1~2 台具有自动调节摊铺厚度及找平装置、可加热的振动熨平板，并且运行良好的高密度沥青混凝土摊铺机进行摊铺。

(2) 底、中面层采用走线法施工，表面层采用平衡梁法施工。【2018 案 II】

(3) 摊铺过程中不准随意变换速度，尽量避免中途停顿。

(4) 根据气温变化调节沥青混凝土的摊铺温度。开铺前将摊铺机的熨平板进行加热至不低于 100℃。一般正常施工控制在不低于 110~130℃，不超过 165℃。【2018 案 II】

(5) 采用双机或三机梯进式施工时，相邻两机的间距控制在 10~20m。两幅应有 50~100mm 宽度的重叠。

(6) 摊铺过程中随时检查高程、摊铺厚度、摊铺质量，并及时通知操作手，出现离析、边角缺料等现象时人工及时补撒料，换补料。

(7) 摊铺机无法作业的地方，经监理工程师同意后采取人工摊铺施工。【2018 案 II】

### 6. 混合料的压实

(1) 压实设备由 2~3 台双轮双振压路机及 2~3 台重量不小于 16t 胶轮压路机组成。【2023 多 I、2017 多 II】

(2) 碾压三阶段【2022 单 I、2017 多 II、2012 单 I】

阶段	要求
初压	①采用双轮双振压路机静压 1~2 遍。 ②温度应不低于 110℃并紧跟摊铺机进行。

阶段	要求
复压	①采用胶轮压路机和双轮双振压路机振压等综合碾压4~6遍。 ②碾压温度多控制在80~100℃；
终压	①采用双轮双振压路机静压1~2遍。 ②碾压温度应不低于65℃。 ③边角部分压路机碾压不到的位置，使用小型振动压路机碾压。



#### 【补充·掌握】二建公路知识

密级配沥青混凝土优先采用胶轮压路机进行搓揉碾压，以增加密水性。

SMA面层切忌使用胶轮压路机或组合式压路机，以防止将结构部沥青“泵吸”到路表面，使路表失去纹理和粗糙度。

(3) 碾压顺纵向由低向高按规定要求的碾压速度均匀进行。碾压重叠宽度大于300mm。【2022单I】

(4) 采用雾状喷水法，以保证沥青混合料碾压过程中不粘轮。【2018案II、2012单I、2017多II】

(5) 不在新铺筑的路面上进行停机、加水、加油，以防止各种油料、杂质污染路面。压路机不准停留在已完成但温度尚未冷却至自然气温以下的路面上。【2017多II】

(6) 碾压进行中压路机不得中途停留、转向或制动，压路机每次由两端折回的位置呈阶梯形随摊铺机向前推进，使折回处不在同一横断面上，振动压路机在已成型的路面上行驶时应关闭振动。【2012单I】

## 7. 接缝处理

### (1) 纵缝处理【2018单I】

类型	要求
①热接缝	梯队作业采用热接缝，施工时将已铺混合料部分留下200~300mm宽暂不碾压，作为后摊铺部分的高程基准面，后摊铺部分完成立即骑缝碾压，以消除缝迹。
②冷接缝	半幅施工不能采用热接缝时，采用人工顺直刨缝或切缝。铺另半幅前必须将边缘清扫干净，并涂洒少量粘层沥青。摊铺时应重叠在已铺层上50~100mm，摊铺后将混合料人工清走。碾压时先在已压实路面行走，然后压实新铺部分，再伸过已压实路面100~150mm，充分将接缝压实紧密。

老船长经典秒杀口诀：切刷跨

### (2) 横接缝处理【2023案II、2021案I、2018单I】

清理端部并涂粘层沥青，摊铺时调整好预留高度，接缝处摊铺层施工结束后再用3m直尺检查

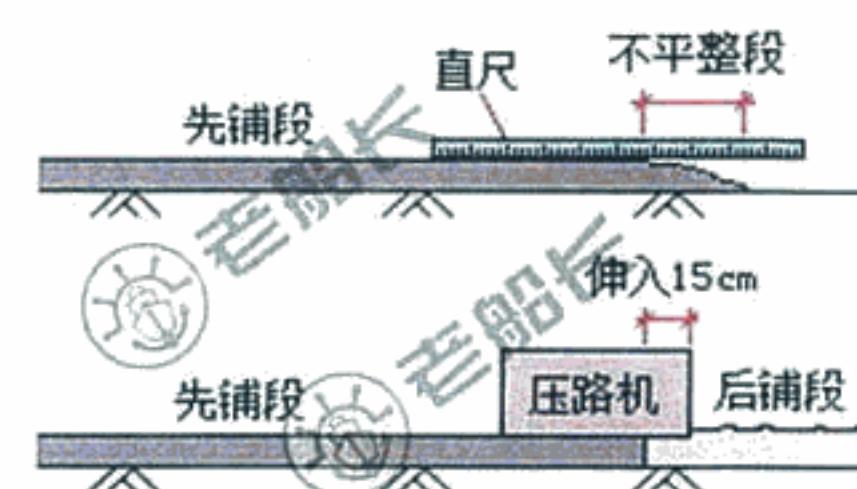
平整度。横向接缝的碾压先用双轮双振压路机进行**横压**，碾压时压路机位于已压实的混合料层上伸入新铺层的宽为150mm；然后每压一遍向新铺混合料方向移动150~200mm，直至全部在新铺层上为止，**再改为纵向碾压**。



横接缝（冷）

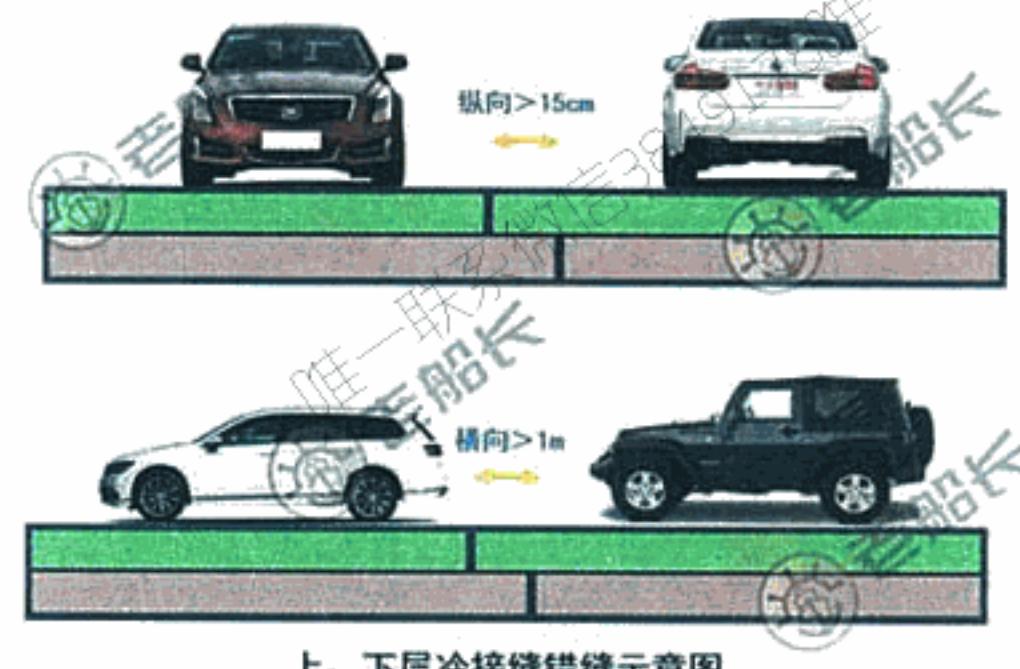


3m直尺

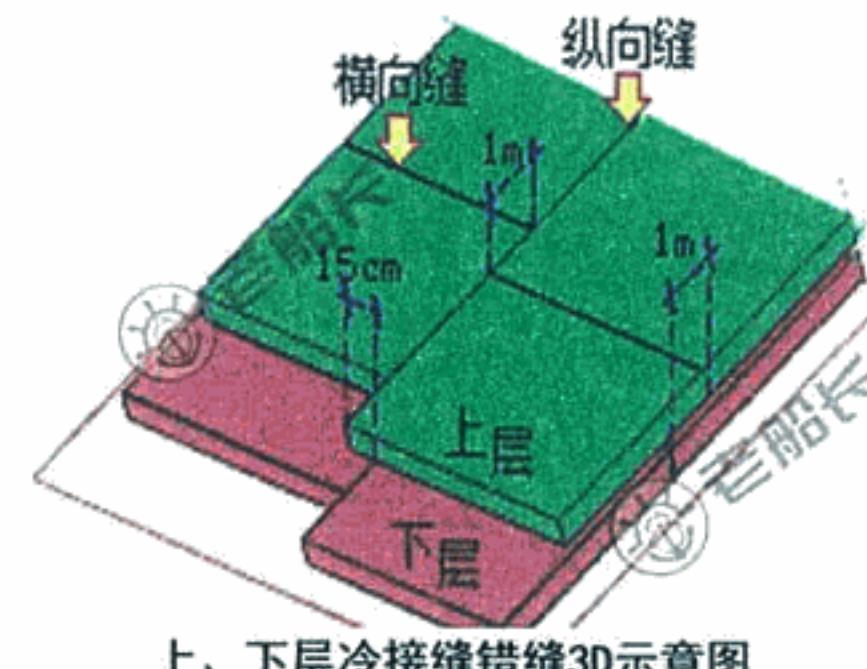


横向冷接缝处理示意

(3) 纵向冷接缝上、下层的缝错开150mm以上，横向接缝错开1m以上。**【2018单I】**

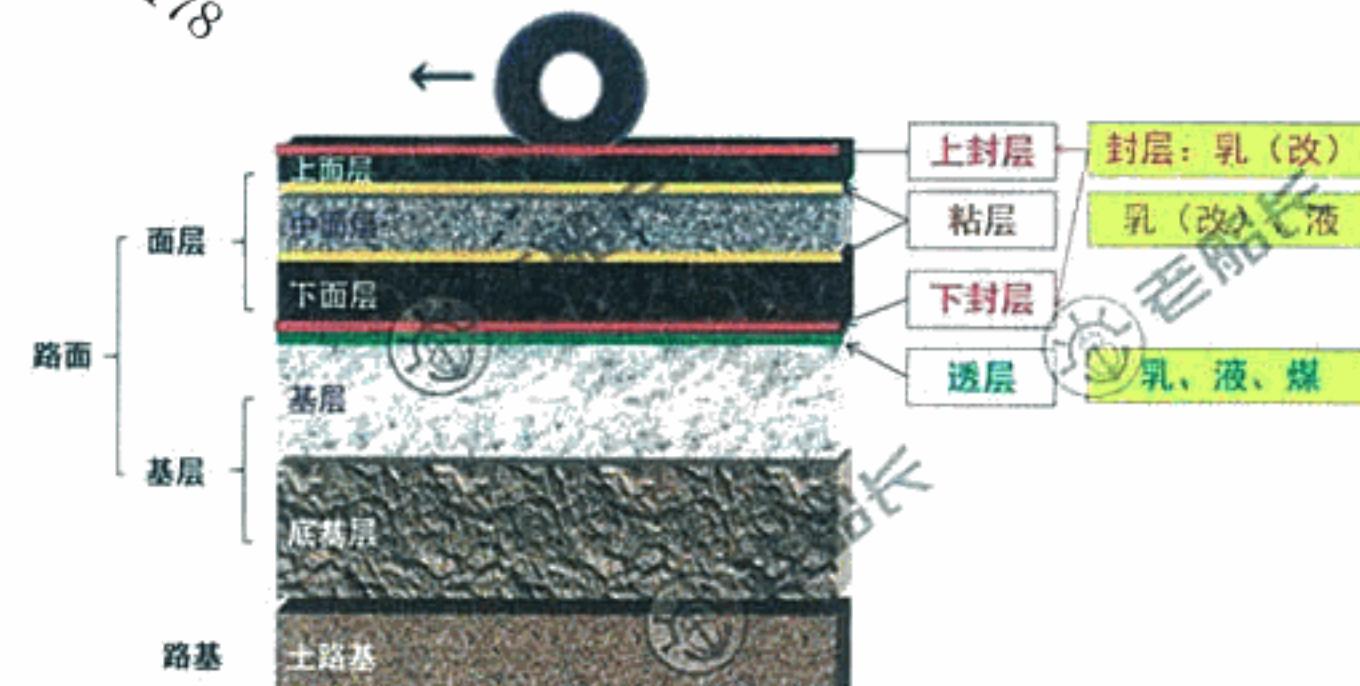
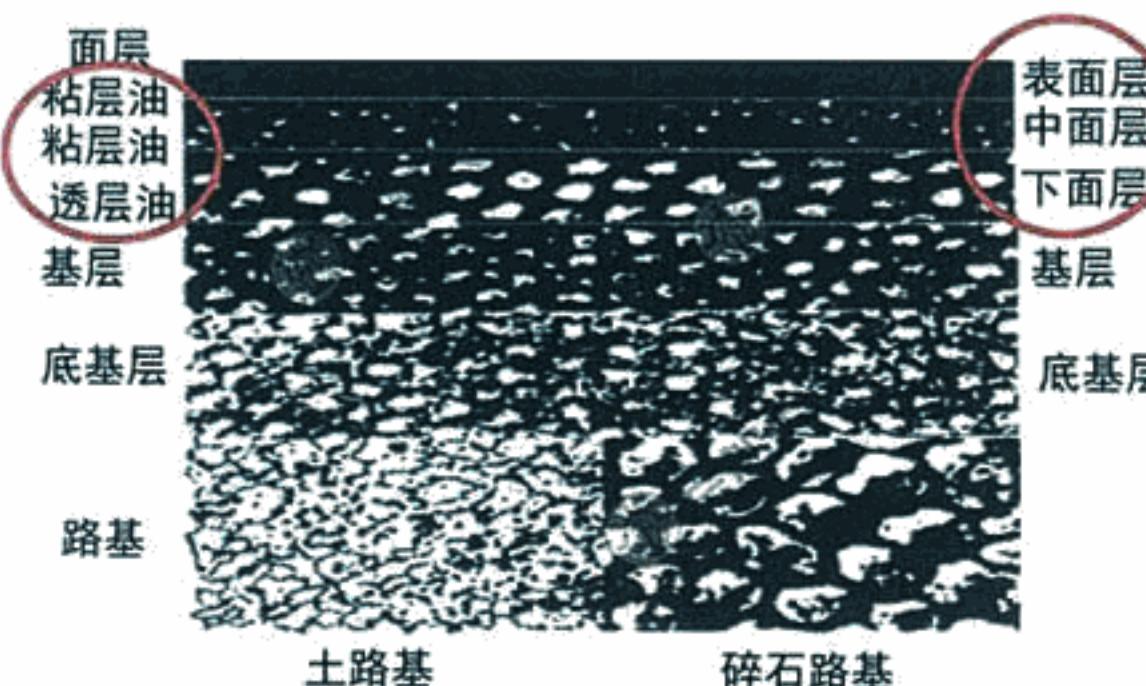


上、下层冷接缝错缝示意图



上、下层冷接缝错缝3D示意图

## 2.2.5 沥青路面透层、粘层、封层施工 ★★★



### 1. 透层施工技术

1) 作用与适用条件**【2021案II、2009单I、2007多II、2007单II、2006单I、2006多II、2004多I】**

项目	内容
材料	煤沥青、乳化沥青、液体沥青（老船长经典秒杀口诀：没乳液）
作用	使沥青面层与基层结合良好
适用条件	沥青路面各类基层都必须喷洒透层油，沥青层必须在透层油完全渗透入基层后方可铺筑。

### 2) 一般要求

(1) 喷洒后通过钻孔或挖掘确认透层油渗透入基层的深度宜不小于5（无机结合料稳定集料

基层)~10mm(无结合料基层)，并能与基层连接成为一体。

- (2) 基质沥青的针入度宜不小于100。
  - (3) 透层油的用量通过试洒确定。
  - (4) 半刚性基层的透层油宜在基层碾压成型后表面稍变干燥、尚未硬化的情况下喷洒。
  - (5) 在无结合料粒料基层上洒布透层油时，宜在铺筑沥青层前1~2d洒布。
  - (6) 透层油宜采用沥青洒布车一次喷洒均匀，否则改用手工沥青洒布机喷洒。【2022案II】
  - (7) 透层油必须洒布均匀，有花白遗漏应人工补洒，喷洒过量的立即撒布石屑或砂吸油，必要时作适当碾压。透层油洒布后不得在表面形成能被运料车和摊铺机粘起的油皮。【2018案I、2007单II】
  - (8) 透层油洒布后的养护时间需结合品种和气候条件经试验确定，确保液体沥青中的稀释剂全部挥发，乳化沥青渗透且水分蒸发，然后尽早铺筑沥青面层，防止工程车辆损坏透层。(破乳)
- 3) 注意事项【2022案II、2019单I、2015单II】
- (1) 透层油布洒后应不致流淌并渗入基层一定深度，不得在表面形成油膜。
  - (2) 气温低于10℃或大风、即将降雨时不得喷洒透层油。
  - (3) 应按设计喷油量一次均匀洒布，当有漏洒时，应人工补洒。
  - (4) 喷洒透层油后，严格禁止人和车辆通行。
  - (5) 摊铺沥青前应将局部尚有多余的未渗入基层的沥青清除。
  - (6) 透层油洒布后应待充分渗透，一般不少于24h后才能摊铺上层，但也不能在透层油喷洒后很久不做上层施工，应尽早施工。(慢裂)
  - (7) 对无机结合料稳定的半刚性基层喷洒透层油后，如果不能及时铺筑面层又需开放交通，应铺撒适量的石屑或粗砂，此时宜将透层油增加10%的用量。用6~8t钢筒式压路机控制车速稳压一遍。

## 2. 粘层施工技术

### 1) 作用与适用条件【2021案II、2013单II、2011单II】

项目	内容
材料	宜采用快裂或中裂乳化沥青、改性乳化沥青，也可以采用快、中凝液体石油沥青。
作用	使上下层沥青结构层或沥青结构层与结构物(或水泥混凝土路面)完全粘结成一个整体。
适用条件	(1) 双层式或三层式热拌热铺沥青混合料路面的沥青层之间。 (2) 水泥混凝土路面、沥青稳定碎石基层或旧沥青路面层上加铺沥青层。 (3) 路缘石、雨水进水口、检查井等构造物与新铺沥青混合料接触的侧面。

### 2) 一般要求

#### (1) 粘层沥青的用量、品种选择

粘层油品种和用量，应根据下卧层的类型通过试洒确定。

### 3) 注意事项

#### (1) 喷洒表面一定清扫干净且保持干燥。用水洗刷后需待表面干燥后喷洒。

(2) 气温低于10℃时不得喷洒粘层油，寒冷季节施工不得不喷洒时可以分成两次喷洒。路面潮湿时不得喷洒粘层油。

- (3) 粘层油宜采用沥青洒布车喷洒。
- (4) 喷洒不足的要补洒，喷洒过量处应予刮除。
- (5) 粘层油宜在当天洒布，待乳化沥青破乳、水分蒸发完成，或稀释沥青中的稀释剂基本挥发完成后，紧跟着铺筑沥青层，确保粘层不受污染。
- (6) 喷洒粘层油后，严禁运料车外的其他车辆和行人通过。

### 3. 封层的施工技术

#### 1) 作用与适用条件

(1) 封层的作用：



封层可分为上封层和下封层。就施工类型来分，可采用拌和法或层铺法的单层式表面处治，也可以采用乳化沥青稀浆封层。【2015案I、2015多II、2011单II】

**【补充·了解】乳化沥青稀浆封层：**用适当级配的石屑或砂、填料（水泥、石灰粉煤灰、石粉等）与乳化沥青外掺剂和水，按一定比例拌和而成的流动状态的沥青混合料，将其均匀地摊铺在路面上形成的沥青封层。

(2) 适用条件：

上封层可选择乳化沥青稀浆封层、微表处、改性沥青集料、薄层磨耗层或其他适宜的材料。

**【补充·了解】**

**微表处：**采用适当级配的石屑或砂、填料（水泥、石灰、粉煤灰、石粉等）与聚合物改性乳化沥青、外掺剂和水按一定比例拌和而成的流动状态的沥青混合料，将其均匀地摊铺在路面上形成的沥青封层。（改性乳化沥青稀浆封层）

**薄层磨耗层：**能够解决路面轻微裂缝、轻微松散，车辙（小于15mm），路面渗水，表面贫油、老化，抗滑性能降低等病害，既可用于旧路面表面功能的恢复，又可用于新建路面的抗滑层。其铺装厚度一般为15~25mm。

**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，且做到完全泌水。【2020案II、2019案I、2015单I】

多雨潮湿地区的高速公路、一级公路的沥青面层空隙率较大，有严重渗水可能，或铺筑基层不能及时铺筑沥青面层而需通行车辆时，宜在喷洒透层油后铺筑下封层。

#### 2) 一般要求

(1) 封层宜在干燥和较热的季节施工，并在最高温度低于15℃到来以前半个月及雨期前结束。（对比：施工气温不得低于10℃）

(2) 使用乳化沥青稀浆封层施工上、下封层。

①稀浆封层必须使用专用的摊铺机进行摊铺。

②稀浆封层可采用普通乳化沥青或改性乳化沥青。

(3)稀浆封层和微表处混合料中乳化沥青及改性乳化沥青的用量应通过配合比设计确定。

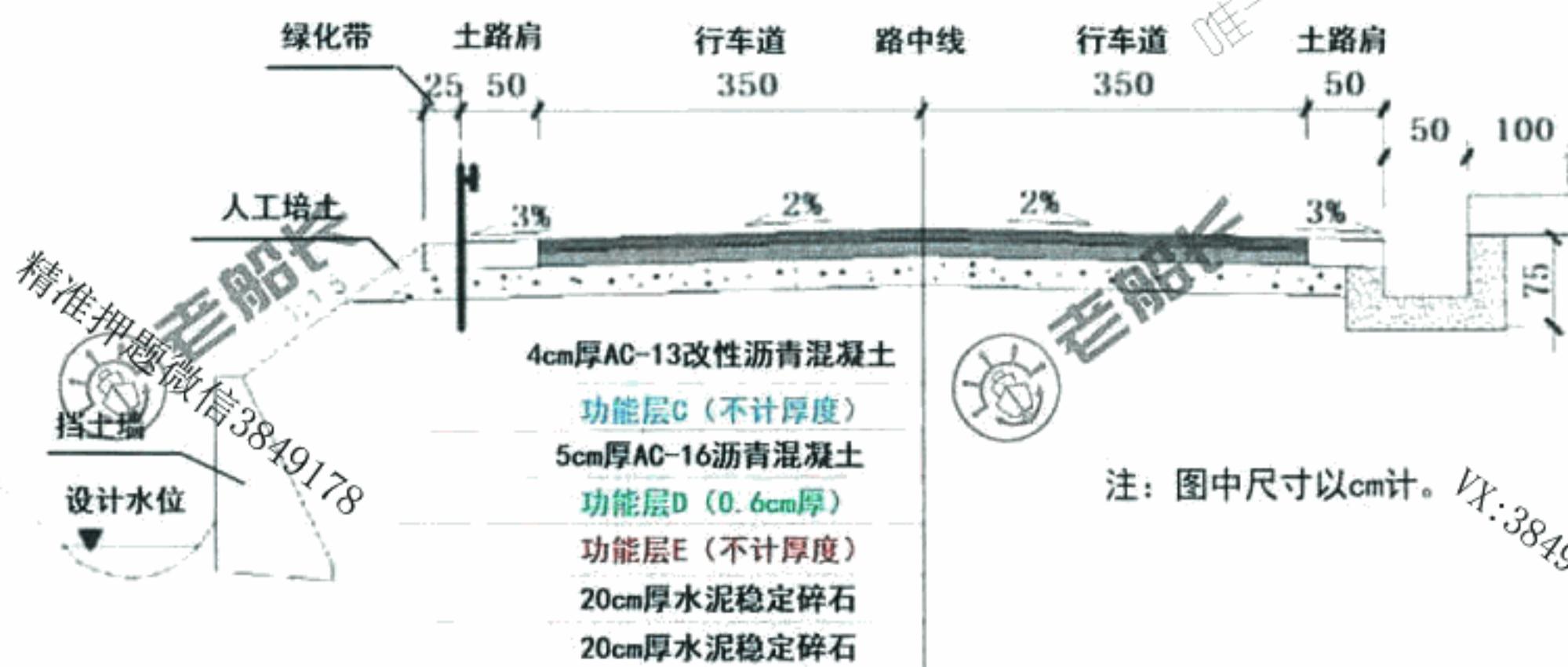
(4)稀浆封层混合料的加水量应根据施工摊铺和易性由稠度试验确定。

(5)稀浆封层两幅纵缝搭接的宽度不宜超过80mm，横向接缝宜做成对接缝。分两层摊铺时，第一层摊铺后至少应开放交通24h后方可进行第二层摊铺。

### 【总结】

功能层		类型	施工方法
透层	液体沥青、乳化沥青	煤沥青	喷洒(沥青洒布车)
粘层		改性乳化沥青	
封层	乳化沥青稀浆封层、改性乳化沥青稀浆封层、层铺法表面处治		层铺法(沥青洒布车) 稀浆封层法(沥青摊铺机)

【2021案II-节选】写出图中功能层C、D、E的名称。

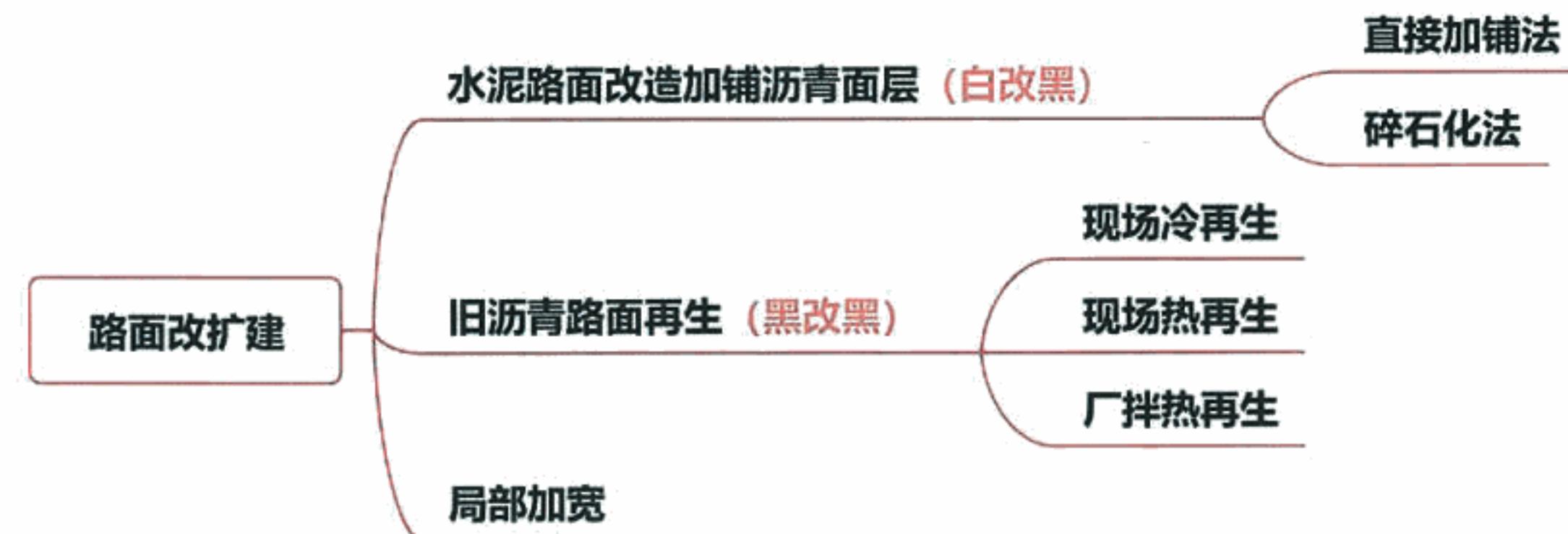


路基断面及路面结构示意图

【答案】C: 粘层；D: 下封层；E: 透层。

【解析】透层、粘层仅为喷洒沥青，非常薄，故不计厚度。封层含有集料，故需计厚度。

### 2.2.6 路面改（扩）建施工 ★★★



## 1. 水泥路面改造加铺沥青面层

### 1) 直接加铺法

采用探地雷达、弯沉仪对混凝土板的脱空和其结构层的均匀情况、路面承载能力进行检测评价。【2018 案 I】

病害类型	处理方式
(1) 边角破损	①先用切割机切除损坏部分 ②然后浇筑同强度等级混凝土
	①凿除 50mm 以上 ②然后用细石拌制的混凝土填平
(2) 错台或板块网状开裂	①首先考虑是路基质量问题。 ②必须将整板全部凿除，重新夯实路基及基层，对换板部位基层顶面进行清理维护，换板部分基层调平均由新浇筑的水泥混凝土面板一次进行。 【2019 案 II】
(3) 板块脱空、桥头沉陷、不均匀沉陷及弯沉较大的部位	应钻穿板块，然后用水泥浆高压灌注处理。
(4) 接缝	①先清除缝内原有的填充物和杂物 ②再用手持式注射枪进行沥青灌缝 ③然后用改性沥青油毡等材料贴缝 ④有必要时再加铺一层特殊沥青材料的过渡层，吸收或抵抗纵横缝向上扩展的能量，防止产生反射裂缝。【2011 单 I、2010 案 I】

### 2) 碎石化法

#### (1) 路面碎石化前的处理

路面碎石化清除缝内填充物和杂质，应清除水泥混凝土路面上的沥青修复材料，同时对全线的排水系统进行设置和修复，并将路两侧的路肩挖除至混凝土路面基层同一高度，以便水能从路面区域及时排出。【2014 案 I】

#### (2) 特殊路段的处理

在路面破碎前对该工程全线可能存在的严重病害的软弱路段进行修复处理。首先清除混凝土路面并开挖至稳定层，然后换填监理工程师认可的材料。【2014 案 I】

#### (3) 路面碎施工

选择有代表性的路段作为试验段，获取破碎参数。路面破碎时，先破碎路面侧边的车道，然后破碎中部的行车道。两幅破碎一般要保证 10cm 左右的搭接破碎宽度。机械施工过程中要灵活调整行进速度、落锤高度、频率等，尽量达到破碎均匀。

路面碎石化后应清除路面中所有松散的填缝料、胀缝料、切割移除暴露的加强钢筋等（简记：清除所有杂物）。表面凹处在 100mm×100mm 以内，压实前可以用密级配碎石回填；100mm×100mm 以上的，利用沥青混合料找平。【2014 案 I】

#### (4) 破碎后的压实

主要作用是将破碎路面表面的扁平颗粒进一步破碎，同时稳固下层块料，为新铺沥青面层提供一个平整的表面。破碎后的路面采用Z型压路机振动压实2~3遍，测标高进行级配碎石调平，检测平整度，光轮压路机振动压实3~4遍。**【2018案I】**

### 老船长经典秒杀口诀：破文凭

#### (5) 乳化沥青透层的洒布

使用慢裂乳化沥青做透层。乳化沥青透层表面再撒布适量石屑后进行光轮静压，石屑用量以不粘轮为标准。

### 2. 旧沥青路面再生

#### 1) 现场冷再生法

项目	内容	
工艺	现场冷再生法是用大功率路面铣刨拌合机将路面混合料在原路面上就地铣刨、翻挖、破碎，再加入稳定剂、水泥、水（或加入乳化沥青）和集料同时就地拌和，用路拌机原地拌和，最后碾压成型。现场冷再生工艺一般适用于病害严重的一级以下公路沥青路面的翻修、重建，冷再生后的路面一般需要加铺一定厚度的沥青罩面。	
优缺点	优点	①原路面材料就地实现再生利用，节省了材料转运费用； ②施工过程能耗低、污染小；适用范围广。
	缺点	①施工质量较难控制； ②一般需要加铺沥青面层，再生利用的经济性不太明显。
关键技术	现场冷再生中关键技术是添加的胶粘剂（如乳化沥青、泡沫沥青、水泥）与旧混合料的均匀拌和技术。 <b>【2020多I、2014单I】</b> （老船长经典秒杀口诀：冷脚泡入水）	

#### 2) 现场热再生法



项目	内容	
工艺	现场热再生是一种就地修复破损路面的过程，它通过加热软化路面，铲起路面废料，再和沥青胶粘剂混合，有时可能还需要添加一些新的集料，然后将再生料重新铺在原来的路面上。	
适用	这种工艺方法简单方便，多用于基层承载能力良好、面层因疲劳而龟裂的路段，特别适用于老化不太严重，但平整度较差的高等级公路沥青路面上面层病害的修复，可恢复沥青上面层物理力学性能，修复沥青路面的车辙。	
优缺点	施工速度快，而且原路面材料就地实现再生利用，节省了材料转运费用。	
	缺点	①再生深度通常在25~60mm，难以深入； ②对原路面材料的级配调整幅度有限，也难以去除不适合再生的旧料；

关键问题	③再生后路面的质量稳定性和耐久性有所减弱。
关键问题	现场热再生中旧沥青混合料的加热重熔技术，新加沥青、再生剂与旧混合料的均匀复拌技术是关键问题。

根据路面破损情况的不同和对修复后路面质量等级的不同要求，就地热再生技术应用的施工工艺主要有三种。（整形再生法、重铺再生法、复拌再生法）

### (1) 整形再生法

项目	内容				
工艺	由加热机对旧沥青路面加热至160~180℃后，由再生主机将路面翻松并将翻松材料收集到再生主机的搅拌锅中，同时在搅拌锅中加入适量的沥青再生剂，将拌和均匀的再生混合料重新摊铺到路面上，用压路机碾压成型。				
适用	<table border="1" style="float: right; width: 100px; margin-left: 10px;"> <tr><td>厚度</td><td>20~30mm 表面层的再生</td></tr> <tr><td>范围</td><td>适合维修路面出现微型裂纹、磨耗层损坏及破损面积较小的路面，修复后可消除原路面的轻度车辙、龟裂等病害，恢复路面的平整度，改善路面性能。【2015单I】</td></tr> </table>	厚度	20~30mm 表面层的再生	范围	适合维修路面出现微型裂纹、磨耗层损坏及破损面积较小的路面，修复后可消除原路面的轻度车辙、龟裂等病害，恢复路面的平整度，改善路面性能。【2015单I】
厚度	20~30mm 表面层的再生				
范围	适合维修路面出现微型裂纹、磨耗层损坏及破损面积较小的路面，修复后可消除原路面的轻度车辙、龟裂等病害，恢复路面的平整度，改善路面性能。【2015单I】				

### (2) 重铺再生法

项目	内容				
工艺	<p>用2台加热机分次对旧沥青路面进行加热。第一次加热的表面温度可达160~180℃，第二次加热的表面温度将达到180~250℃。通过2次加热，将旧路面沥青材料软化，再由再生机主机翻松，将翻松材料收集到再生主机的搅拌锅中，加入适量的沥青再生剂搅拌，将拌和均匀的再生混合料摊铺到路面上作为路面下面层，其上再铺设一层新的沥青混合料作为磨耗层，形成全新材料的路面，最后用压路机碾压成型。</p> <p>一般有两种工艺方法：</p> <p>方法一：加热→旧料再生（翻松、添加再生剂、搅拌等）→摊铺整形→压入碎石工艺。</p> <p>方法二：加热→旧料再生（翻松、添加再生剂、搅拌等）→摊铺整形→罩新面工艺。</p>				
加热方式	<p>①火焰加热、红外线加热、热气加热、微波加热。（老船长经典秒杀口诀：热火微红）【2018案I】</p> <p>②其中红外线加热和热气加热为常用的加热方法，微波加热是一项有发展前景的新技术。</p>				
适用	<table border="1" style="float: right; width: 100px; margin-left: 10px;"> <tr><td>厚度</td><td>40~60mm 面层的再生</td></tr> <tr><td>范围</td><td>适用于破损较严重路面（如出现大面积坑槽）的维修翻新和旧路升级改造施工，修复后形成与新建道路性能完全相同的全新路面。</td></tr> </table>	厚度	40~60mm 面层的再生	范围	适用于破损较严重路面（如出现大面积坑槽）的维修翻新和旧路升级改造施工，修复后形成与新建道路性能完全相同的全新路面。
厚度	40~60mm 面层的再生				
范围	适用于破损较严重路面（如出现大面积坑槽）的维修翻新和旧路升级改造施工，修复后形成与新建道路性能完全相同的全新路面。				

### (3) 复拌再生法

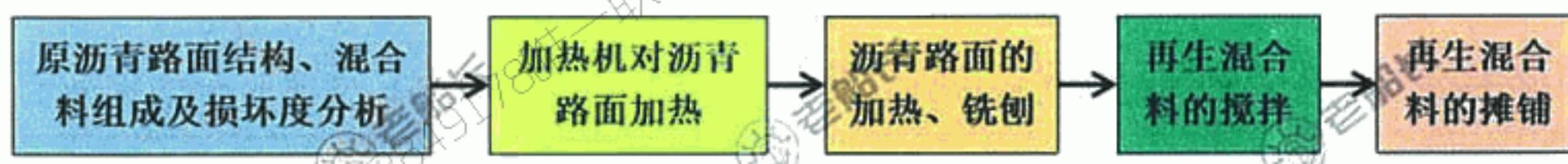
项目	内容				
工艺	用2台加热机分次对旧沥青路面进行加热，加热方式与重铺再生法基本相同。				
适用	<table border="1" style="float: right; width: 100px; margin-left: 10px;"> <tr><td>厚度</td><td>40~60mm 面层的再生</td></tr> <tr><td>范围</td><td>-</td></tr> </table>	厚度	40~60mm 面层的再生	范围	-
厚度	40~60mm 面层的再生				
范围	-				

### 三种方法简单对比：

种类	适用		特点
	厚度	范围	
(1) 整形再生法	20~30mm 表面层的再生	微型裂纹、磨耗层损坏及破损面积较小的路面	加热机(1台)+铣刨翻松+沥青再生剂+拌和+摊铺+碾压
(2) 重铺再生法	40~60mm 面层的再生	破损较严重路面(如出现大面积坑槽)	加热机(2台)+铣刨翻松+沥青再生剂+拌和+摊铺+再铺一层磨耗层+碾压
		-	加热机(2台)，加热方式与重铺再生法基本相同

综上所述，无论哪种现场热再生工艺方法，都必须事先对破损的路面进行取样检测分析；再选择相应施工工艺方法，制定具体的施工方案，并确定应添加材料的性质和比例。

现场热再生的基本工艺流程如图所示。



现场热再生的基本工艺流程图

### 3) 厂拌热再生法

项目	内容	
工艺	厂拌热再生法就是将旧沥青路面经过翻挖后运回拌合厂，再集中破碎，根据路面不同层次的质量要求，进行配比设计，确定旧沥青混合料的添加比例。再生剂、新沥青材料、新集料等在拌合机中按一定比例重新拌和成新的混合料，从而获得优良的再生沥青混凝土，铺筑成再生沥青路面。	
特点	旧沥青回收料一般≤50%，通常用10%~30%，新集料和新沥青掺入量较大。	
优缺点	优点	再生工艺易于控制，再生后的沥青混合料性能也比较理想，若采用适当的配合比设计和严格的质量控制措施，再生路面具有与普通沥青路面相同或相近的路用性能和耐久性。
	缺点	再生成本较高。
关键技术	必须解决旧沥青混合料中沥青的加热重熔问题与旧沥青混合料的精确计量问题。	

### 3. 局部加宽

(1) 局部加宽路面结构层与原路面纵向搭接应与路中线平行，横向搭接应采取台阶式搭接、土工合成材料加筋等措施，上、下结构层搭接错开距离为300mm，保证搭接处不出现纵向裂缝。

## 2.3 水泥混凝土路面施工

### 2.3.1 水泥混凝土路面施工准备 ★★

#### 1. 施工组织

(1) 施工组织设计应包括下列内容：

①施工机械设备种类与数量组合、进场计划、操作人员与设备调配方案。

- (2)路面的施工工艺流程、**质量检验计划**、关键工序质量控制要求。
- (3)配合比的试验、检验与控制程序，计划和质检人员安排。
- (4)工程**计划进度**网络图及直方图。
- (5)**原材料进场计划**，水资源、油料与电力获取方式、供应计划与备用方案。
- (6)**劳动力进场计划**。
- (7)拌合站、钢筋加工场、项目部与生活区建设方案。
- (8)施工便道及临时导改方案，原材料与混凝土运输道路的建设计划与施工交通管制。
- (9)**安全生产措施**等。

**【侧重记·应对补充题】：人材机进度质量安全。**

## 2. 拌合站

- (1) 拌合站的选址应防止噪声扰民和粉尘污染，距摊铺路段的最长运输距离不宜大于 20km

## 3. 基层检查修复

- (1) 面层施工前，应提供足够连续施工 7d 以上的合格基层。

- (2) 局部破损的基层应按下列规定进行修复：

基层问题类型	处理方式
①破碎、隆起、空鼓	应清除病害部位，并使用相同的基层料重新铺筑。
②非扩展性温缩、干缩裂缝	可先采用灌沥青密封防水后，再采用土工合成材料进行防裂处理。
③局部开裂、破碎	应局部全厚度挖除，并采用贫混凝土修复。

## 4. 试验路段铺筑

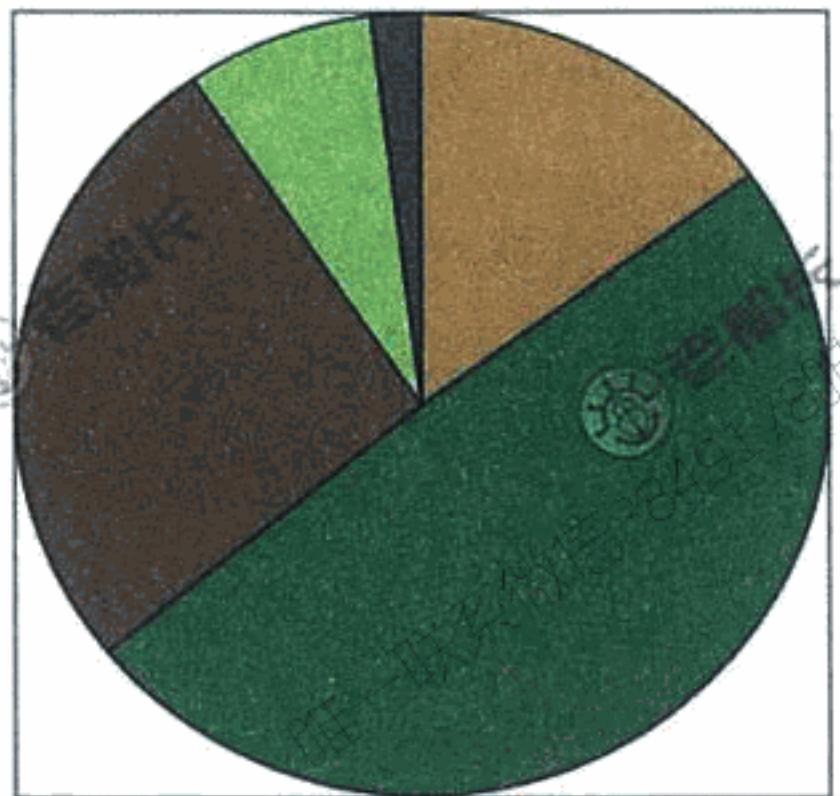
- (1) 二级及以上公路水泥混凝土面层施工前，应制定试验路段的**施工方案**和**质量检测计划**并应铺筑**试验路段**。试验路段长度不应短于 100m。

- (2) 试验路段铺筑应达到下述目的：

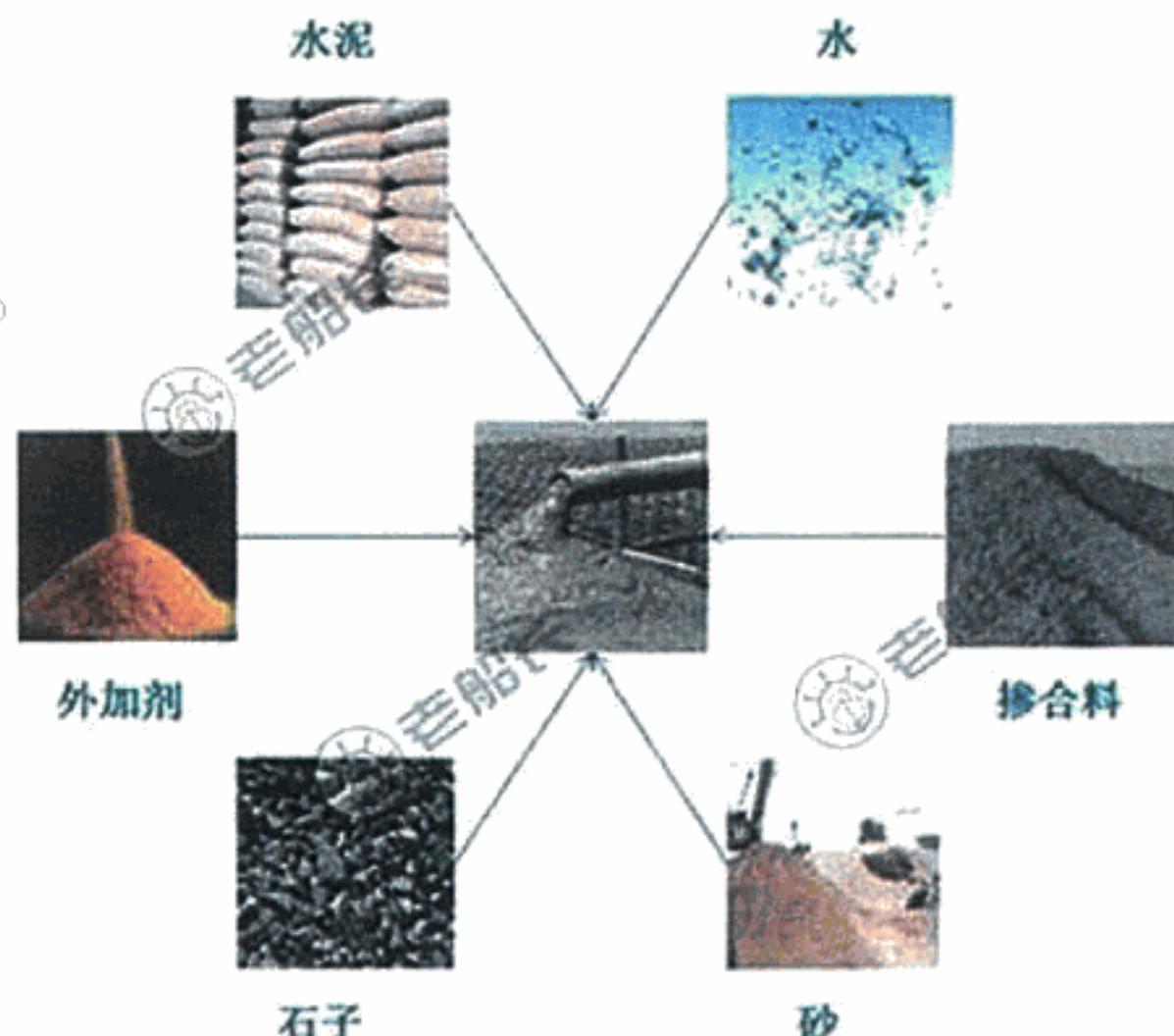
- ①确定拌合楼的相关参数、实际生产能力和配料精度。
- ②检验混凝土的**施工性能**、**技术参数**和**实测强度**。
- ③检验铺筑机械、工艺参数及与拌和能力匹配情况。
- ④检验施工组织方式、质量控制水平和人员配备。

## 2.3.2 水泥混凝土路面用料要求 ★★

### 水泥混凝土路面材料



● 水泥  
● 碎石  
● 砂  
● 水  
● 其它



#### 1. 水泥

(1) 水泥适用范围 【2021 单 II、2016 单 II、2010 单 I】

情况		水泥类型
荷载等级	极重、特重、重交通	旋窑生产的道路硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
	中、轻交通	矿渣硅酸盐水泥
施工时期	高温期	普通型水泥
	低温期	早强型水泥

#### 【补充·了解】

①**旋窑**水泥：使用转炉烧制，加热、搅拌均匀，生产过程连续，质量稳定可靠，目前大型水泥厂基本都采用这种工艺。

②**立窑**水泥：使用立窑烧制，加热、搅拌不均匀，生产过程连续性较差，但投资相对较小，目前基本淘汰。

(2) 选用水泥时应对拟采用厂家水泥进行混凝土配合比对比试验，根据所配制的混凝土**弯拉强度、耐久性和工作性**，选择适宜的水泥品种、强度等级。

(3) 采用滑模摊铺机铺筑时，宜选用**散装**水泥。【2021 单 II】

【2021 单 II】关于水泥混凝土路面的水泥选用原则，正确的是（）。

- A. 重交通荷载等级的公路面层应采用旋窑生产的道路硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
- B. 高温期施工应采用早强型水泥
- C. 低温期施工应采用普通型水泥
- D. 采用滑模摊铺机铺筑时，应采用袋装水泥

【答案】A

## 2. 摆合料

(1) 使用道路硅酸盐水泥或硅酸盐水泥时，可在混凝土中掺入适量粉煤灰；使用其他水泥时，不应掺入粉煤灰。

(2) 面层水泥混凝土可单独或复配掺用符合规定的粉状低钙粉煤灰、矿渣粉或硅灰等掺合料，不得掺用结块或潮湿的粉煤灰、矿渣粉或硅灰。不得掺用高钙粉煤灰或Ⅲ级及Ⅲ级以下低钙粉煤灰。

(3) 使用矿渣硅酸盐水泥时不得再掺加矿渣粉。高温期施工时不宜掺用硅灰。

(4) 各种掺合料在使用前，应进行混凝土配合比试配检验与掺量优化试验，确认面层水泥混凝土弯拉强度、工作性、抗磨性、抗冰冻性、抗盐冻性等指标满足设计要求。**【2023案I、2023案II】**

## 3. 粗集料与再生粗集料

(1) 粗集料应使用质地坚硬、耐久、干净的碎石、破碎卵石或卵石。极重、特重、重交通荷载等级公路面层混凝土用的粗集料质量不应低于Ⅱ级，中、轻交通荷载等级公路面层混凝土可使用Ⅲ级粗集料。

(2) 中、轻交通荷载等级公路面层水泥混凝土可使用再生粗集料。

①有抗冰冻、抗盐冻要求时，再生粗集料不应低于Ⅱ级；否则可使用Ⅲ级再生粗集料。再生粗集料不得用于裸露粗集料的水泥混凝土抗滑表层。**【2023案II】**

②不得使用出现碱活性反应的混凝土为原料破碎生产的再生粗集料。**【2023案II】**

(3) 不得使用不分级的统料。

## 4. 细集料

(1) 细集料应采用质地坚硬、耐久、洁净的天然砂或机制砂，不宜使用再生细集料。极重、特重、重交通荷载等级公路面层水泥混凝土用的天然砂质量不应低于Ⅱ级，中、轻交通荷载等级公路面层混凝土可使用Ⅲ级天然砂。

(2) 配筋混凝土路面及钢纤维混凝土路面中不得使用海砂。

## 5. 水

饮用水可直接作为混凝土搅拌和养护用水。非饮用水应进行水质检验。还应与蒸馏水进行水泥凝结时间与水泥胶砂强度的对比试验；对比试验的水泥初凝与终凝时间差均不应大于30min，水泥胶砂3d和28d强度不应低于蒸馏水配制的水泥胶砂3d和28d强度的90%。**【2023多II】**

## 6. 外加剂

(1) 滑模摊铺施工的水泥混凝土面层宜采用引气高效减水剂；高温施工混凝土拌合物的初凝时间短于3h时，宜采用缓凝引气高效减水剂；低温施工混凝土拌合物终凝时间长于10h时，宜采用早强引气高效减水剂。

(2) 有抗冰冻、抗盐冻要求时，各等级公路水泥混凝土面层及暴露结构物混凝土应掺入引气剂；无抗冻要求地区的二级及以上公路水泥混凝土面层宜掺入引气剂。

(3) 处在海水、海风、氯离子环境或冬季撒除冰盐的路面或桥面钢筋混凝土、钢纤维混凝土中可掺用或复配阻锈剂。

【补充·了解】减水剂是一种在维持混凝土坍落度基本不变的条件下，能减少拌合用水量的混凝土外加剂。大多属于阴离子表面活性剂，有木质素磺酸盐、萘磺酸盐甲醛聚合物等。加入混凝土拌合物后对水泥颗粒有分散作用，能改善其工作性，减少单位用水量，改善混凝土拌合物的流动性；或减少单位水泥用量，节约水泥。

## 7. 接缝材料【2015 单 II】

### (1) 填缝料适用范围

填缝料类型	适用范围
硅酮类、聚氨酯类	可用于各等级公路水泥混凝土面层
橡胶沥青、改性沥青类	可用于二级及二级以下公路，不宜用于高速公路和一级公路
道路石油沥青类	可用于三、四级公路，不宜用于二级公路，不得用于高速公路和一级公路

(2) 严寒及寒冷地区宜采用低模量型填缝料，其他地区宜采用高模量型填缝料。

【补充·了解】模量是描述固体材料抵抗形变能力的物理量，包括弹性变形和塑性变形。高模量的材料，“刚性”大，不易弯曲、不易拉伸；低模量反之。对密封胶来说，低模量就是柔性相对大些，而高模量密封胶固化后，会比较硬。

## 8. 养护材料

(1) 不得采用以水玻璃为主要成分的养护剂。

(2) ①高温期施工时，宜选用白色反光面膜的节水保湿养护膜；

②低温期施工时，宜选用黑色或蓝色吸热面膜的产品。

## 2.3.3 水泥混凝土路面施工 ★★★

### 1. 水泥混凝土路面的分类与特点【2005 案 I】

#### 1) 水泥混凝土路面的分类

水泥混凝土路面，包括普通混凝土（素混凝土）、钢筋混凝土、连续配筋混凝土、预应力混凝土、装配式混凝土、钢纤维混凝土和混凝土小块铺砌等面层板和基（垫）层所组成的路面。目前采用最广泛的是就地浇筑的普通混凝土路面，简称混凝土路面。

所谓普通混凝土路面，是指除接缝区和局部范围（边缘和角隅）外不配置钢筋的混凝土路面。  
**（不是没有钢筋）**

水泥混凝土路面适用于四级及以上公路、高速公路。（简记：都能用）

#### 2) 水泥混凝土路面的优点

相对于沥青混凝土路面而言，水泥混凝土路面使用寿命长、强度高、稳定性好、耐久性好、养护费用少、经济效益高；有利于夜间行车；有利带动当地建材业的发展。

#### 3) 水泥混凝土路面的缺点

相对于沥青混凝土路面而言，水泥混凝土路面对水泥和水的需要量大、有接缝、开放交通较迟、修复困难。

## 2. 施工方法

目前水泥混凝土面层铺筑的常用方法有小型机具铺筑、滑模摊铺机施工、三辊轴机组铺筑、

碾压混凝土四种方法。

### 老船长经典秒杀口诀：三年花销

铺筑方法	特点	适用范围	振捣	碾压
1) 小型机具铺筑	技术简单成熟、施工便捷、不需要大型设备、主要靠人工	三、四级公路	√	×
2) 滑模摊铺机施工	不架设边缘固定模板，广泛采用、工程质量最高、施工速度最快、装备最现代化（简记：最好） 【2022 单 I、2004 单 I】	高速，一、二级公路	√	×
3) 三辊轴机组铺筑	机械化程度适中，设备投入少	二、三、四级公路	√	×
4) 碾压混凝土	采用沥青路面的主要施工机械将单位用水量较少的干硬性混凝土摊铺、碾压成型【2012 单 I】	三、四级公路	×	√

### 3. 水泥混凝土路面施工技术

#### 1) 模板及其架设与拆除（小型机具施工）【2021 单 II】

(1) 施工模板应采用刚度足够的槽钢、轨模或钢制边侧模板，不应使用木材、塑料等易变形模板。（简记：应用钢制模板）

(2) 纵横曲线段应采用短模板，每块模板中点应安装在曲线切点上。

(3) 模板与混凝土拌合物接触表面应涂隔离剂。

(4) 模板拆除应在混凝土抗压强度 $\geq 8.0 \text{ MPa}$ 方可进行。【2021 单 I】

#### 【后续为滑模摊铺机施工】

【补充】滑模摊铺机施工水泥混凝土路面工艺流程：基层质量检查验收→测量放样→摊铺机就位→混凝土运输车卸料及布料→滑模摊铺机摊铺、振捣、整平→人工修整→初期养护→切缝→刻槽→灌缝→后期养护→质量检测→开放交通。【2023 案 I】

#### 2) 混凝土拌合物搅拌【2022 案 I、2014 多 I】

(1) 搅拌楼的配备，应优先选配间歇式搅拌楼，也可使用连续搅拌楼。

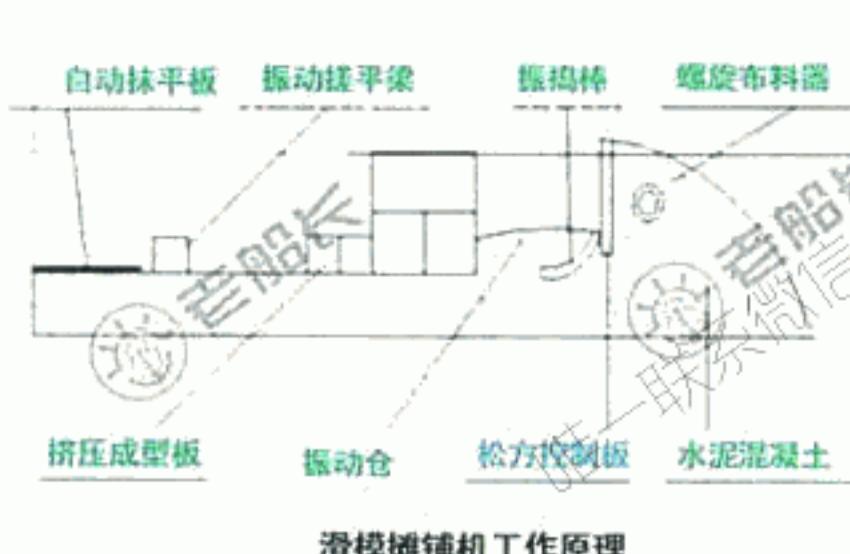
(2) 每台搅拌楼在投入生产前，必须进行标定和试拌。在标定有效期满或搅拌楼搬迁安装后，均应重新标定。施工中应每 15d 校验一次搅拌楼计量精确度。

(3) 应根据拌合物的黏聚性、均质性、强度稳定性试拌确定最佳拌和时间。

(4) 外添加剂应以稀释溶液加入，其稀释用水和原液中的水量，应从拌和加水量中扣除。

#### 3) 混凝土拌合物的运输

#### 4) 采用滑模摊铺机进行混凝土面层铺筑



### (1) 一般规定

①采用滑模摊铺机在基层上行走的铺筑方案时，基层侧边缘到滑模摊铺面层边缘的宽度不宜小于 **650mm**。

②传力杆和胀缝拉杆钢筋宜采用**前置支架法**施工，也可采用滑模摊铺机配备的**自动插入装置**（DBI）施工。【2016 案 I】

③上坡纵坡大于 5%、下坡纵坡大于 6%、平面半径小于 50m 或超高横坡超过 7%的路段，不宜采用滑模摊铺机进行摊铺。（纵横陡坡、急转弯）【2018 单 I】

**老船长经典秒杀口诀：上下纵横五六七，独饮半瓶武陵春**

④摊铺机应配备**自动抹平板**装置。

【2018 单 I】适用滑模摊铺机进行水泥混凝土路面施工的路段是（）。

- A. 纵坡大于 5% 的上坡路段
- B. 纵坡大于 6% 的下坡路段
- C. 平面半径为 50m~100m 的平曲线路段
- D. 超高横坡大于 7% 的路段

【答案】C

⑤滑模摊铺机械系统可按下列要求进行配备：

- A. 滑模铺筑无传力杆水泥混凝土路面时，布料可使用轻型**挖掘机**或**推土机**。
- B. 滑模铺筑连续配筋混凝土路面、钢筋混凝土路面、桥面和桥头搭板，路面中设传力杆钢筋支架、胀缝钢筋支架时，布料应采用**侧向上料的布料机或供料机**。【2016 单 I】
- C. 应采用**刻槽机**制作宏观抗滑构造。

【2016 单 I】采用滑模摊铺机施工法铺筑连续配筋混凝土路面时，布料最适合采用（）。

- A. 正向上料的挖掘机
- B. 侧向上料的推土机
- C. 正向上料的装载机
- D. 侧向上料的供料机

【答案】B

### (2) 水泥混凝土面层滑模摊铺机铺筑

①滑模摊铺机前布料，应采用机械完成，布料高度应均匀一致，**不得**采用翻斗车直接卸料的方式，布料尚应符合下列规定：

- A. 应保证滑模摊铺机前的料位高度位于螺旋布料器叶片最高点以下，最高料位高度**不得高于**松方控制板上缘。
- B. 当面层传力杆、胀缝与隔离缝钢筋采用**前置支架法**施工时，**不得**在支架顶面直接卸料。传力杆以下的混凝土宜在摊铺前采用**手持振捣棒**振实。

②滑模摊铺机起步时，应先开启**振捣棒**，在 2~3min 内调整振捣到适宜振捣频率，使进入挤压底板前缘拌合物**振捣密实**，无大气泡冒出破灭，方可开动滑模机平稳推进**摊铺**。当天摊铺施工结束，摊铺机脱离拌合物后，应立即关闭振捣棒组。【2022 案 I】

③滑模摊铺速度应根据**板厚、混凝土工作性、布料能力、振捣排气效果**等确定。【2019 多 I】

④滑模摊铺振捣频率应根据板厚、摊铺速度和混凝土工作性能确定，以保证拌合物不发生过振、欠振或漏振。

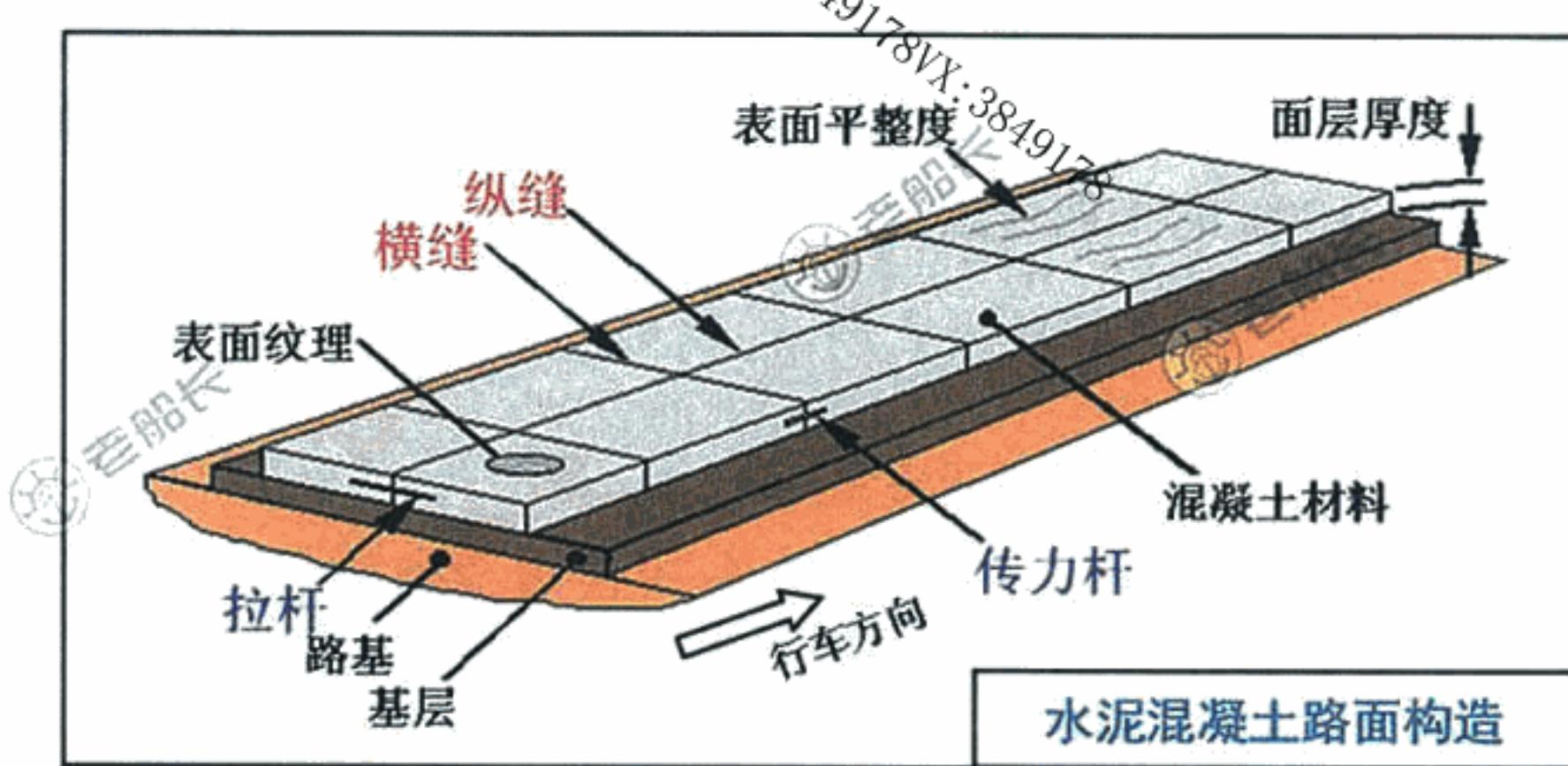
⑤可根据拌合物的稠度大小，采取调整摊铺的振捣频率或速度等措施，保证摊铺质量稳定。当拌合物稠度发生变化时，宜先采取调振捣频率的措施，后采取改变摊铺速度的措施。

⑥抗滑纹理做毕，应立即开始保湿养护。养护龄期不应少于5d，且混凝土强度满足要求后，方可连接摊铺相邻车道面板。**【2022案I】**

⑦摊铺中应经常检查振捣棒的工作情况和位置。

- A. 面层出现条带状麻面现象时，应停机检查振捣棒是否损坏。
- B. 摊铺面上出现发亮的砂浆条带时，应检查振捣棒位置是否异常。

#### 5) 纵缝设置



(1) 当一次铺筑宽度小于路面宽度时，应设置纵向施工缝，位置应避开轮迹，并重合或靠近车道线，构造可采用设拉杆平缝型。采用滑模施工时，纵向施工缝的拉杆可用摊铺机的侧向拉杆装置插入。采用固定模板施工方式时，应在振实过程中，从侧模预留孔中手工插入拉杆。**【2011案I】**

(2) 当一次铺筑宽度大于4.5m时，应设置纵向缩缝，构造可采用设拉杆假缝型。**【2023案I、2014案II】**

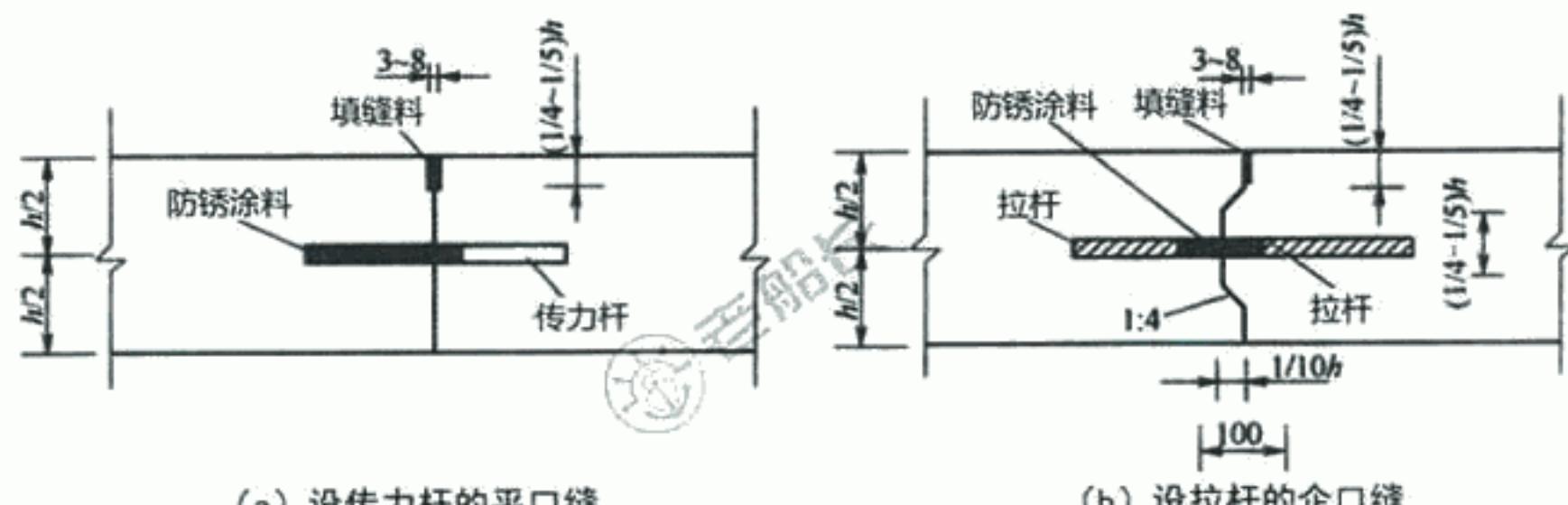
(3) 钢纤维混凝土路面切开的纵向缩缝可不设拉杆，纵向施工缝应设拉杆。

(4) 若发生拉杆松脱或漏插，应在横向相邻路面摊铺前，钻孔重新植入。当发现拉杆可能被拔出时，宜进行拉杆拔出力（握裹力）检验。**【2023单II】**

(5) 纵缝拉杆应采用热轧带肋钢筋，设在板厚中央，并应对拉杆中部100mm进行防锈处理。

#### 6) 横缝设置与施工**【2022多I】**

(1) 每日施工结束或临时中断时，应设置横向施工缝，其位置应尽可能选在胀缝或缩缝处。横向施工缝设在缩缝处应采用设传力杆平缝型。施工缝设在胀缝处其构造与胀缝相同。确有困难需设置在缩缝之间时，横向施工缝应采用设拉杆企口缝型。



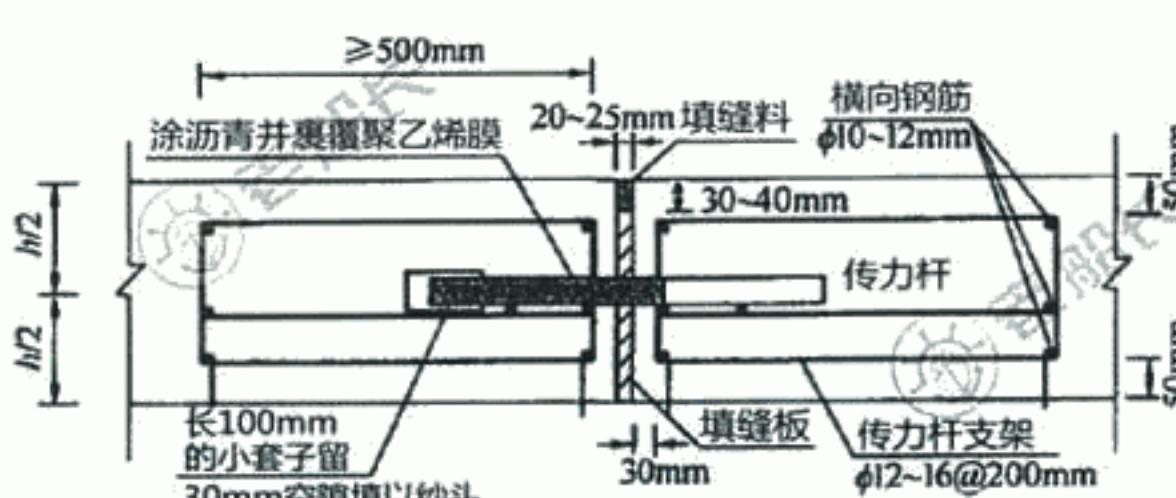
(2) 普通混凝土路面横向缩缝宜等间距布置。不宜采用斜缝。不得不调整板长时，最大板长不宜大于 6.0m；最小板长不宜小于板宽。

(3) 在特重和重交通公路、收费广场、邻近胀缝或路面自由端的 3 条缩缝应采用设传力杆假缝型。【2014 单 II】

(4) 传力杆应采用光圆钢筋。

(5) 横向缩缝的切缝方式有全部硬切缝、软硬结合切缝和全部软切缝三种，切缝方式的选用，应由施工期间该地区路面摊铺完毕到切缝时的昼夜温差确定。

(6) 邻近桥梁或其他固定构造物处或与其他道路相交处，应设置横向胀缝（简称胀缝）。高温施工，可不设胀缝；常温施工，集料温缩系数和年温差较小时，可不设胀缝；集料温缩系数或年温差较大，路面两端构造物间距不小于 500m 时，宜设一道中间胀缝；低温施工，路面两端构造物间距不小于 350m 时，宜设一道胀缝。【2023 单 II、2013 单 II】



胀缝构造示意图

(7) 普通混凝土路面的胀缝应包括补强钢筋支架、胀缝板、传力杆。传力杆一半以上长度的表面应涂防粘涂层，端部应戴活动套帽。

(8) 胀缝应采用前置钢筋支架法施工，也可采用预留一块面板，高温时再铺封。

### 接缝小结：

分类	设置要求	接缝形式		钢筋类型
纵缝	施工缝 一次铺筑宽度 < 路面宽度	拉杆平缝		拉杆带肋 传力杆光圆
	缩缝 一次铺筑宽度 > 4.5m	拉杆假缝		
横缝	施工缝 施工结束或中断施工	缩缝位置	传力杆平缝	拉杆带肋 传力杆光圆
		胀缝位置	胀缝	
		缩缝之间	拉杆企口缝	
缩缝	不宜 > 6m	不设传力杆假缝、设传力杆假缝		
胀缝	高温、温缩系数和年温差小可不设	补强钢筋支架、胀缝板、传力杆		

## 7) 抗滑构造施工【2010 多 II】

(1) 特重和重交通混凝土路面宜采用硬刻槽。凡使用圆盘、叶片式抹面机精平后的混凝土路面、钢纤维混凝土路面必须采用硬刻槽方式制作抗滑沟槽。

## 8) 混凝土路面养护

(1) 不宜使用围水养护方式。

(2) 养护时间根据混凝土弯拉强度增长情况而定，不宜小于设计弯拉强度的 80%。

(3) 在达到设计强度 40% 后，行人方可通行。面板达到设计弯拉强度后，方可开放交通。

**【梳理总结】** 弯拉强度：

① 行人通行：40%

② 养护时间到：80%

③ 开放交通：100%

## 9) 灌缝

(1) 填缝料养护期

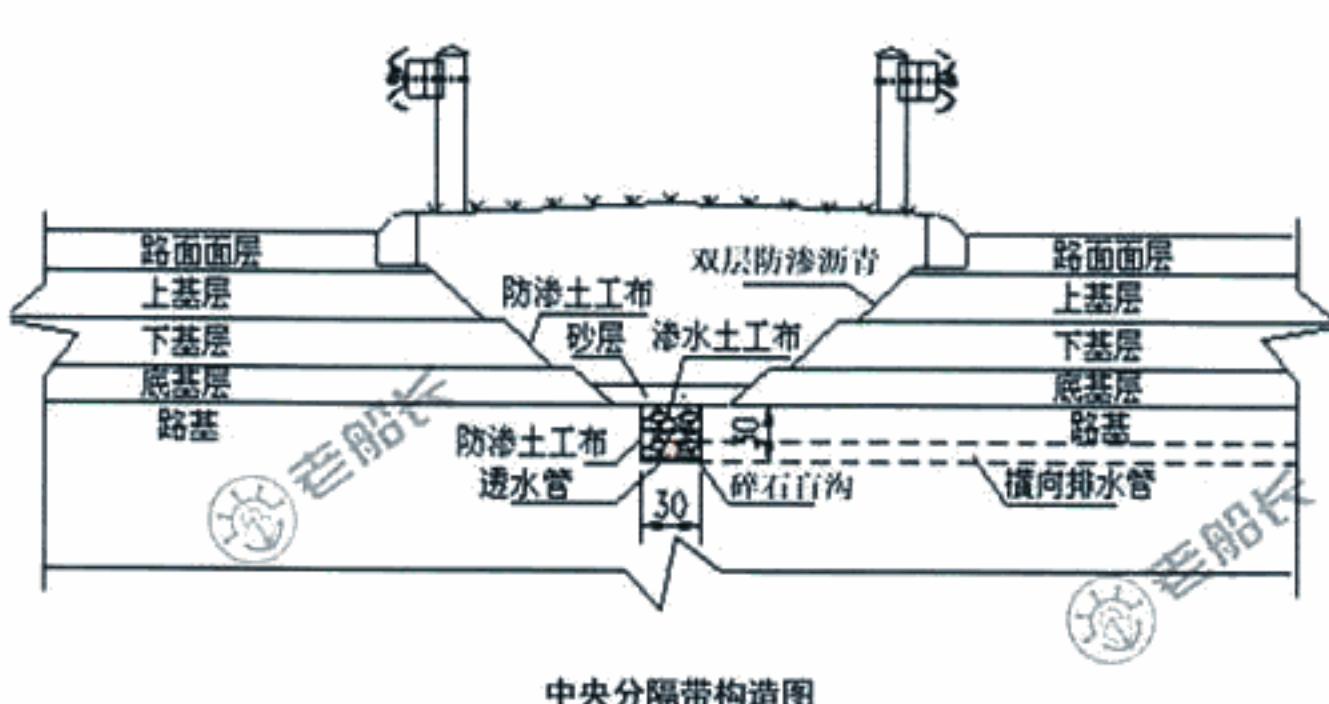
填缝料类型	养护期 (h)	
	低温天	高温天
常温施工式	24	12
加热施工式	12	6

## 2.4 中央分隔带及路肩施工

## 2.4.1 中央分隔带施工 ★

**【补充】** 中央分隔带施工流程：埋设横向塑料排水管（路基）→中央分隔带开挖（基层）→护栏立柱打桩→防水层施工→纵向碎石盲沟铺设→反滤层施工→回填种植土→安装路缘石。

## 1. 中央分隔带的开挖【2013 案 I】



路面基层施工完毕即可进行中央分隔带的开挖，先挖集水槽后挖纵向盲沟，多采用人工开挖。开挖的土料不得堆置在已铺好的基层上，以防止污染。

## 2. 防水层施工【2013 案 I】

沟槽开挖完毕并经验收合格后，即进行防水层施工，可喷涂双层防渗沥青。涂布范围应是中

尖分隔带范围内的路基及路面结构层。防水层也可铺设 PVC 防水板。

### 3. 纵向碎石盲沟的铺设

(1) 反滤层可用筛选过的中砂、粗砂、砾石等渗水性材料分层填筑，目前高等级公路多采用土工布作为反滤层。

### 4. 埋设横向塑料排水管

(1) 路基施工完毕即可进行埋设横向塑料排水管的施工。

### 5. 缘石安装

(1) 路缘石应在路面铺设前完成。

## 2.4.2 路肩施工 ★

### 1. 土路肩施工

#### 1) 施工流程

备料→推平→平整→静压→切边→再平整→碾压。【2017 单 I、2014 单 I】

老船长经典秒杀口诀：北腿平静切整鸭（南拳北腿）

路堑段的路肩是开挖出来的，当开挖到设计标高时，路肩部分宜停止开挖，路面部分继续开挖直至路床顶面。

### 2. 硬路肩施工

硬路肩有两种情况：

①硬路肩与车行道连接处标高一致，摊铺混合料时可与行车道一起铺筑。

②硬路肩的顶面标高低于相连的行车道，应先摊铺硬路肩部分。

## 2.5 路面工程质量通病及防治措施

### 2.5.1 无机结合料稳定类基层裂缝防治 ★

#### 【补充】水灰比与水胶比

水灰比：水与水泥的质量比。此时胶凝材料只有水泥，没有其他掺合料。水灰比过小（水泥多）会使水化热较大，混凝土易开裂，混凝土的和易性较差（流动性差、坍落度小），不利于现场施工操作。水灰比过大将降低混凝土的强度。

水胶比：水与所有胶凝材料的质量比。当加入了粉煤灰、矿粉等掺合料时，因为这些材料也会有胶凝作用，所以与水泥统称为胶凝材料。（胶凝材料重量=水泥重量+掺合料重量）

#### 1. 原因分析 【2007 多 I】

(1) 混合料中石灰、水泥、粉煤灰等比例偏大；集料级配中细料偏多，或石粉中性指数偏大。

(2) 碾压时含水量偏大。

(3) 成型温度较高，强度形成较快。



- (4) 碎石中含泥量偏高。
- (5) 路基沉降尚未稳定或路基发生不均匀沉降。
- (6) 养护不及时、缺水或养护时洒水量过大。
- (7) 拌和不均匀。

**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

## 2. 预防措施

1) 水泥稳定土基层裂缝 【2017 多 I、2013 多 II、2011 多 II、2010 单 I、2010 单 II、2009

**单 I】**

- (1) 改善施工用土的土质，采用塑性指数较低的土或适量掺加粉煤灰或掺砂。
- (2) 控制压实含水量，需要根据土的性质采用最佳含水量。
- (3) 在能保证水泥稳定土强度的前提下，尽可能采用低水泥用量。
- (4) 一次成型，尽可能采用慢凝水泥，加强对水泥稳定土的养护，避免水分挥发过大。养护结束后应及时铺筑下封层。
- (5) 合理设计水泥稳定土配合比，加强拌和，避免出现粗细料离析和拌和不均匀现象。

【2017 多 I】能有效防治水泥稳定土基层裂缝的措施有（）。

- A. 采用塑性指数较高的土
- B. 控制压实含水量，根据土的性质采用最佳含水量
- C. 在保证水泥稳定土强度的前提下，尽可能增加水泥用量
- D. 一次成型，尽可能采用快凝水泥
- E. 加强对水泥稳定土的养护，避免水分挥发过大

【答案】BE

## 2.5.2 水泥混凝土路面裂缝防治 ★

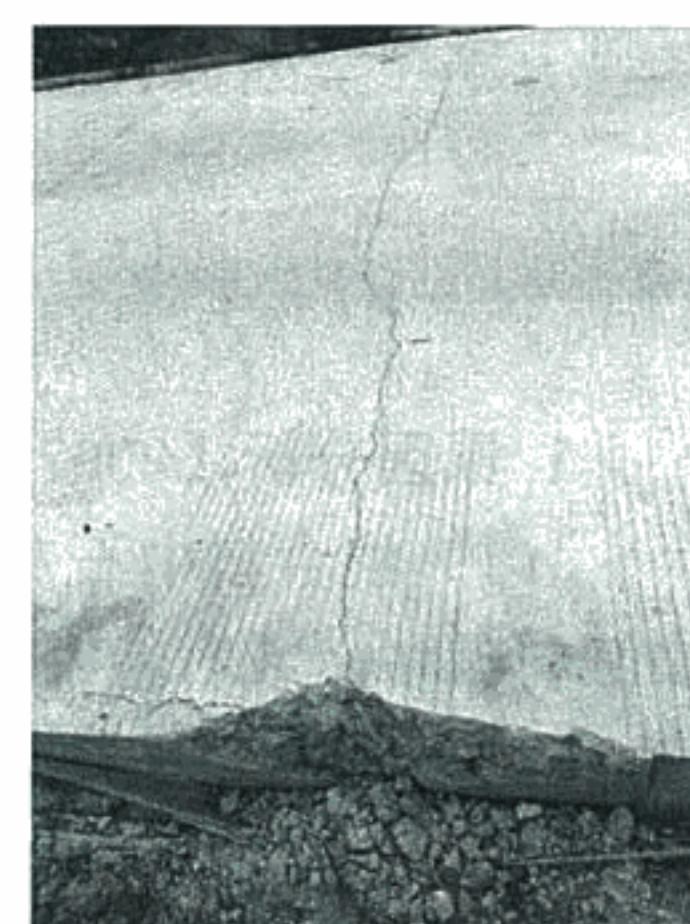
### 1. 原因分析

1) 横向裂缝 【2012 多 I、2010 多 II】

- (1) 混凝土路面切缝不及时，由于温缩和干缩发生断裂。混凝土连续浇筑长度越长，浇筑时气温越高，基层表面越粗糙越易断裂。
- (2) 切缝深度过浅，由于横断面没有明显削弱，应力没有释放，因而在邻近缩缝处产生新的收缩缝。

(3) 混凝土路面基础发生不均匀沉陷（如穿越河道、沟槽，拓宽路段处），导致板底脱空而断裂。

(4) 混凝土路面板厚度与强度不足，在行车荷载和温度作用下产生



强度裂缝。

(5) 水泥干缩性大；混凝土配合比不合理，水胶比大；材料计量不准确；养护不及时。

(6) 混凝土施工时，振捣不均匀。

2) 纵向裂缝

3) 龟裂【2021 案 II、2013 单 II】

(1) 混凝土浇筑后，表面没有及时覆盖，在炎热或大风天气，表面游离水分蒸发过快，体积急剧收缩，导致开裂。

(2) 混凝土拌制时水胶比过大；模板与垫层过于干燥，吸水大。

(3) 混凝土配合比不合理，水泥用量和砂率过大。

(4) 混凝土表面过度振捣或抹平，使水泥和细集料上浮至表面过多，导致缩裂。

## 2. 治理措施

1) 龟裂【2023 案 I】

(1) 如混凝土在初凝前出现龟裂，可采用镘刀反复压抹或重新振捣的方法来消除，再加强湿润覆盖养护。

(2) 如对结构强度影响不大，可不予处理。

(3) 必要时应用注浆进行表面涂层处理，封闭裂缝。

### 2.5.3 水泥混凝土路面断板防治 ★

1. 治理措施【2018 多 II、2014 单 II】

1) 裂缝的修补

裂缝的修补方法有直接灌浆法、压注灌浆法、扩缝灌注法、条带罩面法、全深度补块法。

2) 局部修补

3) 整块板更换

对于严重断裂、裂缝处有严重剥落、板被分割成 3 块以上、有错台或裂块并且已经开始活动的断板，应采用整块板更换的措施。（只需按前面技术部分记即可）【2023 单 I】

## 第3章 桥梁工程

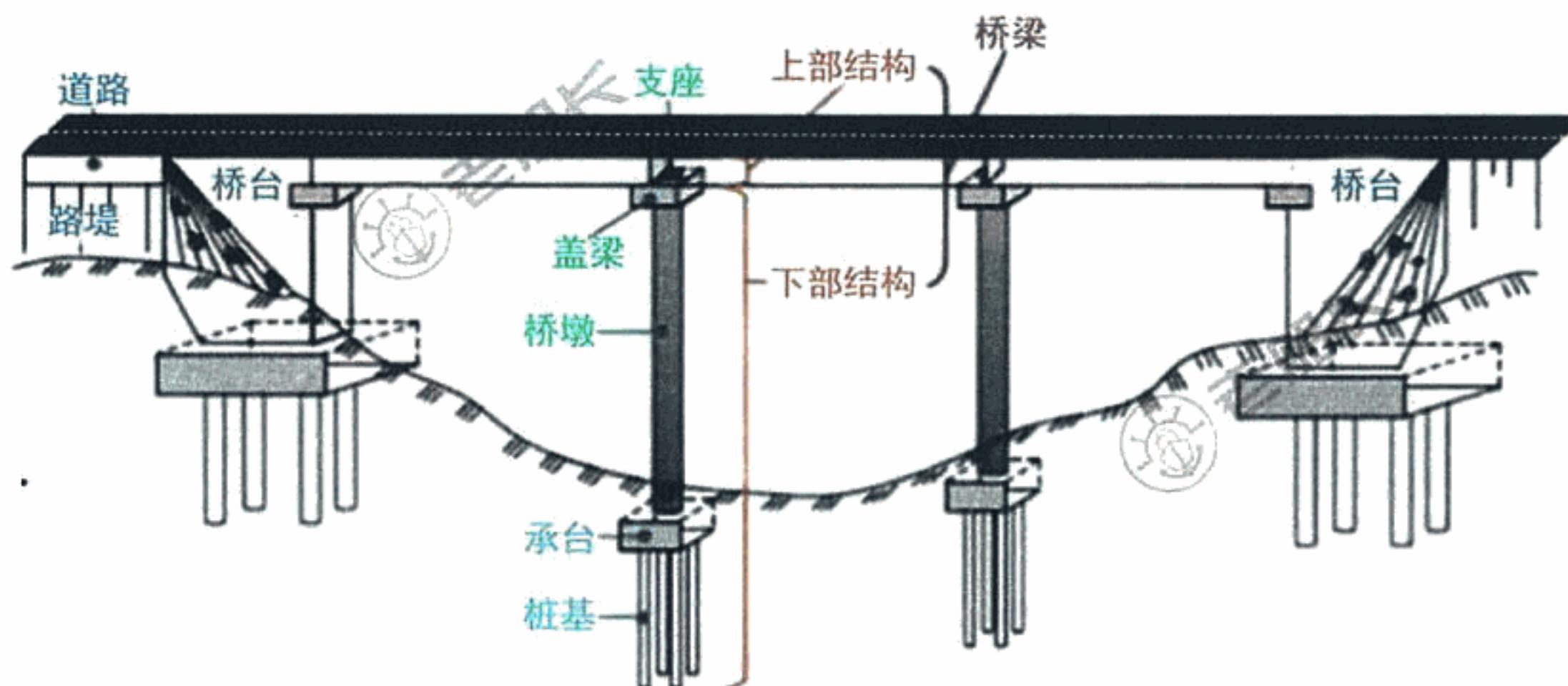
### 3.1 桥梁构造与施工准备

#### 3.1.1 桥梁构造 ★★

##### 1. 桥梁构造

桥梁一般由上部结构、下部结构、支座和附属设施四个基本部分组成。

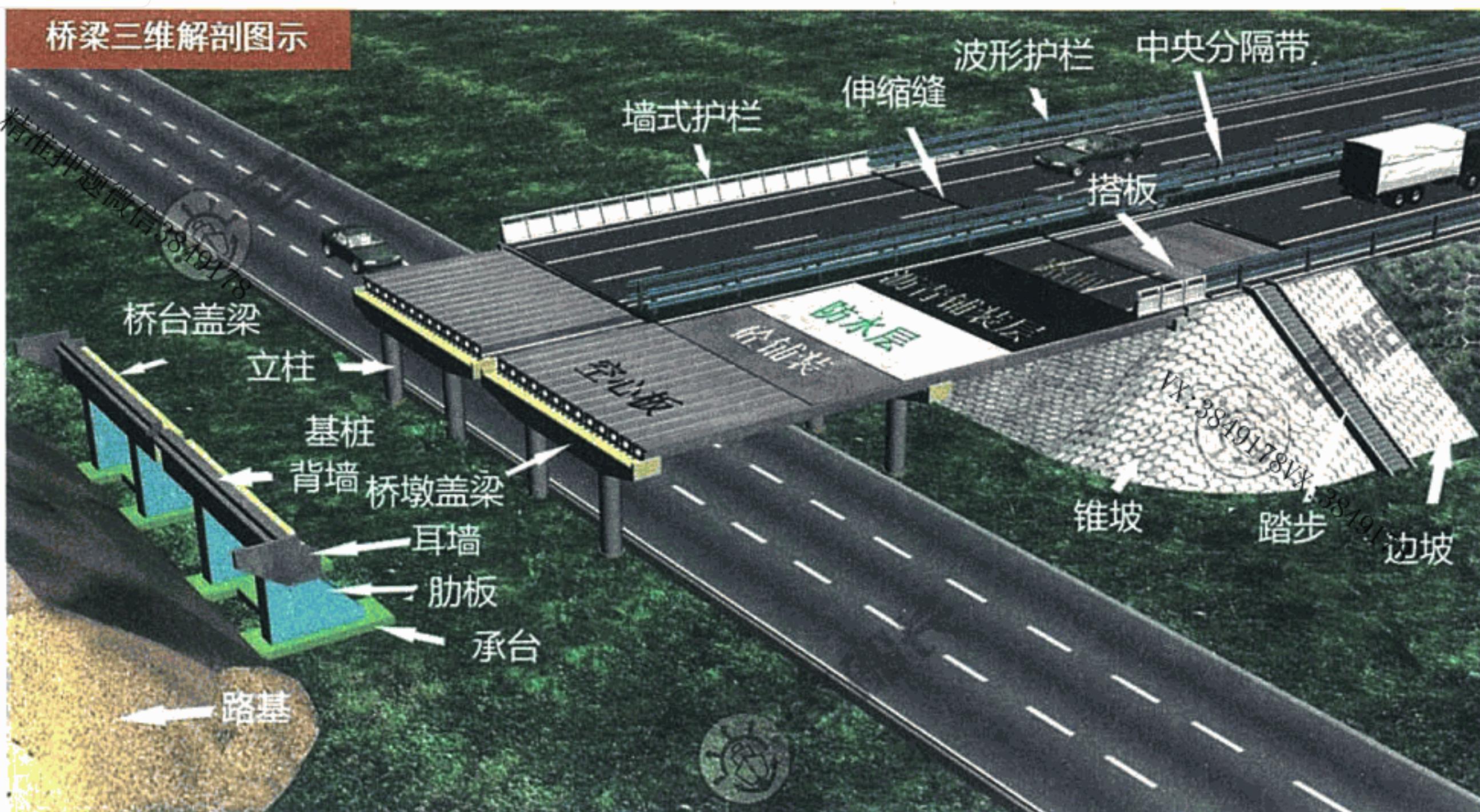
老船长经典秒杀口诀：支书上下桥



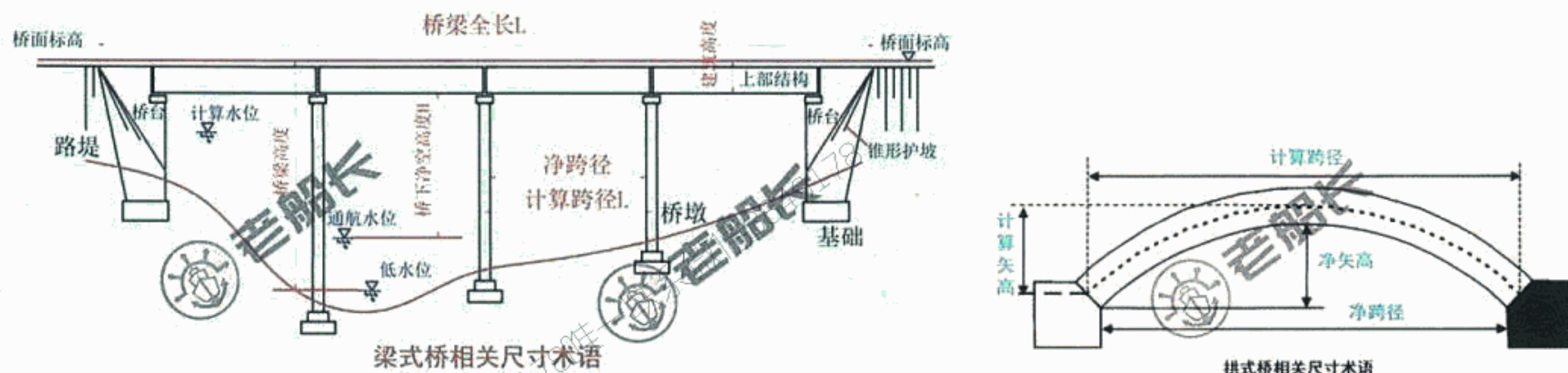
桥梁结构组成示意图

基本组成	内容
上部结构	又称为桥跨结构，是线路跨越障碍的主要承重结构。
下部结构	包括桥墩、桥台和基础。
支座	不仅要传递很大的荷载，并满足上部结构设计要求的变位。
附属设施	①包括桥面系、伸缩缝、桥头搭板和锥形护坡【2020案II】 ②桥面系包括桥面铺装、防水与排水系统、护栏、照明、标志标牌等。 老船长经典秒杀口诀：西风破板      老船长经典秒杀口诀：防撞护栏招标





## 2. 相关尺寸术语



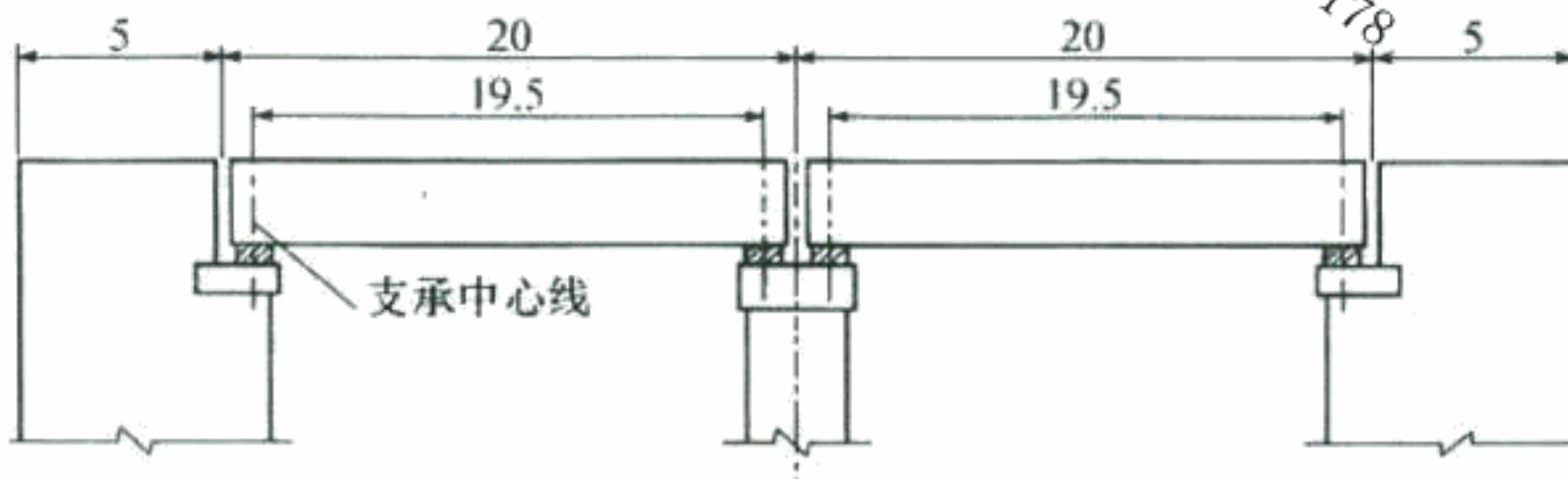
老船长总结：净跨径是边到边，计算跨径是中到中。

尺寸术语	内容
净跨径	梁式桥：设计洪水位上相邻两个桥墩（或桥台）之间的净距。 <b>【2009 单 II】</b> 拱式桥：每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。
总跨径	多孔桥梁中各孔净跨径的总和，也称桥梁孔径，它反映了桥下宣泄洪水的能力。
计算跨径	对于具有支座的桥梁，是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离。 <b>【2006 单 II】</b> 拱圈（或拱肋）各截面形心点的连线称为拱轴线，计算跨径为拱轴线两端点之间的水平距离。
标准跨径（补充）	梁式桥以两桥墩中线间距离或桥墩中线与台背前缘间距为准。
多孔跨径总长（补充）	多孔桥梁中各标准跨径的总和。
桥梁全长	简称桥长，是桥梁纵向两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离。 对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长。 <b>【2010 单 I、2006 单 I、2011 单 II】</b>
桥梁高度	简称桥高，是指桥面与低水位（或地面）之间的高差，或为桥面与桥下线路路面之间的距离。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。 <b>【2022 多 I、2021 单 I、</b>

尺寸术语	内容
	2015 单 II、2004 单 I】
桥下净空高度	设计洪水位或计算通航水位至桥跨结构最下缘之间的距离。
建筑高度	桥上行车路面标高至桥跨结构最下缘之间的距离。【2010 单 II、2009 单 I】
容许建筑高度	桥面标高与通航净空顶部标高之差。
净矢高	是从拱顶截面下缘至相邻两拱脚起拱线之连线的垂直距离。【2013 单 II】
计算矢高	是从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离。
矢跨比	拱桥中拱圈（或拱肋）的计算矢高与计算跨径之比，也称拱矢度。【2007 单 I】

为了区别于桥梁，凡是单孔跨径不到 5m 和多孔跨径的全长不到 8m 的泄水结构物，均称为涵洞。【2010 单 II】

【模拟案例】某预应力混凝土简支梁桥，总体立面布置如下图所示（尺寸单位：m），则该桥的全长、多孔跨径总长和计算跨径分别是（）。  
VX:3849178



【参考答案】桥的全长：50m；多孔跨径总长：40m；计算跨径：19.5m。

### 3. 桥梁的分类

1) 按桥梁的结构受力体系分类 【2022 多 II、2004 多 I】

按受力体系分类		主要承重结构	特点
基本体系	梁式桥	梁 (简支梁、悬臂梁、连续梁)	受弯为主，无水平反力
	拱式桥	拱圈或拱肋	受压为主，有水平推力
	悬索桥	缆索	受拉为主，有水平反力（拉力）
组合体系	刚构桥	梁与立柱	梁部主要受弯，柱脚具有水平反力
	斜拉桥	承压的塔、受拉的索、承弯的梁	弯矩减小，降低了建筑高度

#### (1) 梁式桥

梁式桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构，梁作为主要承重结构是以它的抗弯能力来承受荷载的。梁分为简支梁、悬臂梁、连续梁等。悬臂梁、连续梁都是利用墩柱或支座位置处的卸载弯矩去减少跨中弯矩，使梁跨的内力分配更合理，以同等抗弯能力的构件断面可建成更大跨径的桥梁。梁桥通常用抗弯、抗拉能力强的材料（钢、钢筋混凝土、钢 - 混凝土组合结构）来建造。

**【补充】**桥梁上部结构的表达方式：跨（孔）、联

**跨（孔）：**相邻墩台之间跨越空间称为一跨（孔）。

**联：**相邻两伸缩缝之间称为一联。

一联包括两跨及两跨以上，而特大桥一般又包括很多联，只有连续梁才存在几跨一联的说法。

例 1：“ $2 \times 20m + 3 \times 30m + 2 \times 20m$ ”：一共有 3 联，共 7 跨。

例 2：“ $4 \times (3 \times 20m)$ ”：一共有 4 联，每联都有 3 跨，每跨是 20m。

**【补充】**预制装配式梁板数量

例：“上部结构为  $2 \times 20m + 3 \times 30m + 2 \times 20m$  的桥梁，每跨有 10 片梁板”

预制场需要预制梁板总数 = 7 跨  $\times$  10 片/跨 = 70 片。

**【补充】**支座数量

例：“某连续梁桥，宽度方向为单箱，横断面显示箱梁每侧下设 2 个支座，桥跨布置为 4 联，每联 3 跨”：支座总数 = 4 联  $\times$  8 个/联 = 32 个。

## (2) 拱式桥

拱式桥的主要承重结构是 **拱圈** 或 **拱肋**。拱结构在竖直荷载作用下，拱端支撑处（桥墩和桥台）不仅有 **竖向反力**，还有 **水平推力**，这样拱的弯矩比相同跨径的梁的弯矩 **小** 得多，而使整个拱主要承受 **压力**。拱桥通常采用抗压能力强的材料（砖石、混凝土、钢筋混凝土或钢管）来修建。拱是有推力的结构，对地基要求较高，一般常建于地基良好的地区。【2004 单 I】

## (3) 悬索桥

悬索桥是用悬挂在塔架上的强大缆索作为 **主要承重结构**。悬索桥是具有 **水平反力**（拉力）的结构。悬索桥的承载系统包括 **缆索**、**塔柱** 和 **锚碇** 三部分，上部结构自重较轻，能够达到其他任何桥型无法达到的特大跨度，是大跨桥梁的主要形式。（简记：跨度可做到最大）

## (4) 刚构桥

在竖直荷载作用下，梁部主要受弯，柱脚具有水平反力，其受力状态介于梁桥与拱桥之间。

**【补充】** 刚构桥也称刚架桥，刚是指梁与墩柱刚性连接，非表示材料，为力学概念。

## (5) 斜拉桥

斜拉桥是由 **承压的塔**、**受拉的索** 与 **承弯的梁体** 组合起来的一种结构体系。【2010 单 I】

## 2) 桥梁的其他分类

(1) 按桥梁全长和跨径的不同，分为特大桥、大桥、中桥和小桥。

**【补充】**

桥涵分类	多孔跨径总长 L (m)	单孔跨径 L <sub>0</sub> (m)
特大桥	L > 1000	L <sub>0</sub> > 150
大桥	100 ≤ L ≤ 1000	40 ≤ L <sub>0</sub> ≤ 150
中桥	30 < L < 100	20 ≤ L <sub>0</sub> < 40
小桥	8 ≤ L ≤ 30	5 ≤ L <sub>0</sub> < 20

桥涵分类	多孔跨径总长 L (m)	单孔跨径 L <sub>0</sub> (m)
涵洞	—	L <sub>0</sub> <5

注：跨径指标准跨径（梁式桥以两桥墩中线间距离或桥墩中线与台背前缘间距为准）。

老船长经典秒杀口诀：1138, 15425

(2) 按上部结构的行车道位置，分为上承式桥、下承式桥和中承式桥。

### 3.1.2 桥梁计算荷载 ★

#### 1. 桥梁设计作用分类【2016 单 I、2009 单 I、2007 单 I、2004 单 I】

公路桥涵设计采用的作用分为永久作用、可变作用、偶然作用和地震作用四类。

作用分类	作用名称
永久作用	结构重力，预加力，土的重力，土侧压力，混凝土收缩徐变作用，水的浮力，基础变位作用
可变作用	汽车荷载，汽车冲击力，汽车离心力，汽车引起的土侧压力，汽车制动力，人群荷载，疲劳荷载，风荷载，流水压力，冰压力，波浪力，温度作用，支座摩阻力
偶然作用	撞击（车、船、漂流物）
地震作用	地震作用

【2016 多 I】下列桥梁设计计算荷载中，属于偶然作用的有（）。

- A. 船舶的撞击作用    B. 汽车制动力    C. 汽车撞击作用    D. 地震作用    E. 冰压力

【答案】AC

### 3.1.3 桥梁施工准备 ★★

(1) 熟悉设计文件，对桥梁结构尺寸和关键施工参数进行核对，设计单位应进行设计交底。

(2) 施工调查及现场核对完成后，结合设计要求、合同条件及现场情况等，编制实施性施工组织设计。

(3) 对技术复杂或危险性较大的分部分项工程，应制定安全可靠、技术可行、经济合理的专项施工方案。

(4) 对工程所需临时受力结构和大型临时设施，应进行专项设计与验算，明确质量和安全的验收标准，并应编制安装、使用、维护和拆除的专项方案。

#### 【补充·了解】

临时受力结构：承重支架、作业平台、模板、临时支挡、各种围堰、栈桥或便桥等。

大型临时设施：混凝土搅拌站、梁板构件的预制场、钢筋加工制作厂房、库房等。

(5) 建立健全质量保证体系和质量管理体系、安全生产管理体系、环保管理体系、施工组织机构、工地试验室。

(6) 水泥、砂、石、外加剂等施工原材料的选择应通过试验确定。

(7) 对拟采用新技术、新工艺、新材料和新设备的工程项目，应提前做好试验研究和论证等工作。

### 3.1.4 桥梁施工测量 ★

#### 1. 桥梁工程施工测量一般要求

(1) 施工前应由勘测设计单位对控制性桩点进行现场交桩，施工单位在复测原控制网的基础上，根据需要适当加密、优化，建立施工测量控制网。

#### 2. 桥梁工程施工的平面控制测量要求

(1) 在布设平面控制点时，四等及以上平面控制网中相邻点之间的距离不得小于 500m；一级平面控制网中相邻点之间的距离在平原、微丘区不得小于 200m，重丘、山岭区不得小于 100m；最大距离应不大于平均边长的 2 倍。特大桥及特殊结构桥梁的每一端应至少埋设 3 个平面控制点。

#### 3. 桥梁工程施工的高程控制测量要求

(1) 大桥和特大桥的每端应至少设置 2 个水准点，作为水准网的控制点。

#### 4. 宽阔水域和海上桥梁施工测量

(1) 宽阔水域和海上桥梁的基础工程施工测量宜采用卫星定位测量，并在水域和海上建立专门的测量平台。

(2) 宽阔水域和海上桥梁工程的卫星定位测量平面控制网宜分为首级网、首级加密网、一级加密网和二级加密网 4 个等级。

## 3.2 常用模板、支架和拱架设计与施工

### 3.2.1 常用模板、支架设计与施工 ★★★



【补充】：1. 支架：立杆、水平杆、扫地杆、剪刀撑。

【补充】：2. 模板：底模、侧模、内模、端模。

#### 1. 一般规定

(1) 模板与混凝土的接触面应涂刷隔离剂，不得采用废机油等油料。

(2) 在模板上设置吊环应采用 HPB300 钢筋，**严禁**采用冷加工钢筋制作。每个吊环应按**两**肢截面计算，吊环（允许）拉应力应不大于 65MPa。【2019 单 II】

(3) 支架**不得与应急安全通道相连接**。【2023 案 II】

**【补充】**HPB 为热轧光圆钢筋；HRB 为热轧带肋钢筋。HPB300 是指屈服强度 300MPa 的热轧光圆钢筋。

## 2. 模板、支架的设计与验算

**【精准押题】**1) 模板背面应设置**主肋**和**次肋**作为其支承系统。支架或支撑的着力点应设置在**主肋**上。

(2) 模板、支架的设计应考虑下列各项荷载，并按下表进行荷载组合：【2015 单 I、2012 多 I、2011 单 I、2004 多 I】

模板、支架和拱架设计计算的荷载组合

模板、支架结构类别	荷载组合	
	计算强度	验算刚度
梁、板和拱的 <b>底模板</b> 以及支承板、 <b>支架及拱等</b>	①+②+③+④+⑦+⑧	①+②+⑦+⑧
缘石、人行道、栏杆、柱、梁、板、拱等的 <b>侧模板</b>	④+⑤	⑤
基础、墩台等厚大建筑物的 <b>侧模板</b>	⑤+⑥	⑤

①模板、支架自重；(↓)

②新浇筑混凝土、钢筋、预应力筋或其他圬工结构物的重力；(↓)

③施工人员及施工设备、施工材料等荷载；(↓临时)

④振捣混凝土时产生的振动荷载；(↓→临时)

⑤新浇筑混凝土对模板侧面的压力；(→)

⑥混凝土入模时产生的水平方向冲击荷载；(→临时)

⑦水中支架须考虑水流压力、波浪力、流冰压力、船只及其他漂浮物的撞击力；(↓→)

⑧其他可能产生的荷载，如风荷载、雪荷载、冬季保温设施荷载、温度应力等。(↓)

**【模拟 1】**现浇钢筋混凝土预应力箱梁模板支架刚度验算时，在冬期施工的荷载组合包括( )。

- A. 模板、支架自重
- B. 现浇箱梁自重
- C. 施工人员、堆放施工材料荷载
- D. 风雪荷载
- E. 混凝土入模时产生的水平方向的冲击荷载

**【答案】**ABD

**【模拟 2】**计算桥梁墩台侧模强度时采用的荷载有( )。

- A. 新浇筑钢筋混凝土自重
- B. 振捣混凝土时的荷载
- C. 新浇筑混凝土对侧模的压力
- D. 施工设备荷载
- E. 混凝土入模时产生的水平方向的冲击荷载

**【答案】**CE

### (3) 普通模板荷载计算

当采用内部振捣器时，**新浇筑混凝土作用于模板的侧压力**，可按式(1)和式(2)计算，并

取其中的较小值。

$$F = 0.22\gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 V^{0.5} \quad (1)$$

$$F = \gamma_c H \quad (2)$$

式中  $F$ ——新浇筑混凝土对模板的侧压力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )；

$\gamma_c$ ——混凝土的重力密度 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )；

$V$ ——混凝土的浇筑速度 ( $\text{m}/\text{h}$ )；

$t_0$ ——新浇筑混凝土的初凝时间；

$\beta_1$ ——外加剂影响修正系数；不掺外加剂时取 1，掺具有缓凝作用的外加剂时取 1.2；

$\beta_2$ ——混凝土坍落度影响修正系数；当坍落度小于 30mm 时，取 0.85；坍落度为 50~90mm 时，取 1；坍落度为 110~150mm 时，取 1.15；

$H$ ——混凝土侧压力计算位置处至新浇筑混凝土顶面的总高度 (m)。

(4) 验算模板、支架的刚度时，其变形值不得超过下列允许值：【2023 单 I】<sup>18</sup>

部件及位置	变形值要求
①结构表面外露的模板	挠度为模板构件跨度的 $1/400$
②结构表面隐蔽的模板	挠度为模板构件跨度的 $1/250$
③支架受载后挠曲的杆件（盖梁、纵梁）	其弹性挠度为相应结构跨度的 $1/400$
④钢模板的面板	变形为 $1.5\text{mm}$

老船长经典秒杀口诀：外露银币，死而无憾。（富贵不归故乡，如衣锦夜行。——《史记·项羽本纪传》）<sup>18</sup>

(5) 模板、支架的抗倾覆稳定系数应不小于  $1.3$ 。

### 3. 模板、支架制作及安装

#### 1) 模板制作及安装

模板制作与安装工艺流程：选择模板及支撑材料→模板设计与绘图→构件基础平整及支撑系统施工→模板加工制作与安装→模板表面及接缝处理→模板安装质量检验→钢筋安装及质量检验→混凝土浇筑→混凝土养护→拆除模板。

(1) 模板安装规定：

①模板不宜与脚手架连接。

②模板在安装过程中，必须设置防倾覆的临时固定设施。

③梁、板的底模板宜设置预拱度。

#### 2) 支架制作及安装

(1) 支架的制作规定：

①支架宜采用钢构件。

②木支架：相邻立柱接头宜在不同水平面上。主要压力杆宜使用对接法；次要构件可采用搭接法。

(2) 支架安装规定：

①支架（拱架）安装完成后应全面检查：平面位置、顶部高程、节点连接、纵横向稳定性。

【2023 单 II、2015 案 I】

老船长经典秒杀口诀：萍姐顶粽

(3) 支架预压规定：

① 刚性地基：可不预压。

② 软土地基：宜预压。目的：消除地基不均匀沉降和支架的非弹性变形。

③ 支架预压荷载宜为支架所承受荷载的 1.05~1.10 倍，预压荷载的分布宜模拟结构荷载+施工荷载。

【补充】① 弹性变形：卸载后可恢复的变形值。

② 非弹性变形：卸载后不可恢复的变形值。

(4) 支架预拱度和卸落装置规定：【2018 案 II、2013 多 II、2012 案 II、2006 多 I】

① 预拱度值=结构预拱度+施工预拱度。

② 施工预拱度考虑因素：

A. 模板、支架承受施工荷载引起的弹性变形；

B. 受载后由于杆件接头的挤压和卸落装置压缩而产生的非弹性变形；

C. 支架地基在受载后的沉降变形。

【补充】预拱度：为抵消梁、拱、桁架等结构在设计荷载及施工荷载作用下产生的位移（挠度），在施工或制造时所预留的与位移方向相反的校正量。

③ 普通支架应设置木楔、木马、砂筒、千斤顶等卸落模板装置，并结合结构形式、承受荷载大小确定卸落量。

4. 模板、支架的拆除【2023 单 I、2023 案 II、2021 多 II、2020 多 I、2019 多 II、2019 单 I、2018 案 II、2016 案 II、2015 案 II、2011 单 I】

1) 拆除时间

拆除部位	拆除时间	
(1) 非承重侧模	混凝土抗压强度达到 2.5MPa	
(2) 芯模、内模	不发生塌陷或裂缝现象	
(3) 承重模板（底模）、支架	混凝土强度能承受其自重荷载及其他可能的叠加荷载	
(4) 预应力混凝土结构	①侧模	预应力张拉前
	②底模、支架	建立预应力后

2) 拆除顺序

(1) 模板、支架拆除顺序原则：后支先拆、先支后拆。墩台模板：宜在上部结构施工前拆除。

(2) 拆除梁、板等结构的承重模板时，横向应同时、纵向应对称均衡卸落。

简支梁、连续梁模板：宜从跨中向支座方向依次循环卸落；

悬臂梁模板：宜从悬臂端开始顺序卸落。

### 3.2.2 常用拱架设计与施工 ★

#### 1. 拱架的设计要求

(1) 拱架受载后：① 落地式拱架：弹性挠度应不大于相应结构跨度的 1/2000；  
② 拱式拱架：弹性挠度应不大于相应结构跨度的 1/1000。

(2) 拱架的抗倾覆稳定系数应不小于 1.5。

## 2. 拱架的拆卸【2020 多 I、2017 单 I】

(1) 现浇混凝土拱圈的拱架拆卸：拱圈混凝土强度≥设计强度的 85%。

(2) 满布式落地拱架卸落：从拱顶向拱脚；拱式拱架卸落：两支座处同时。

(3) 石拱桥的拱架卸落：

①浆砌石拱桥卸落：砂浆强度≥设计强度的 85%。

②跨径<10m 的小拱桥，宜在拱上建筑全部完成后卸架；

中等跨径的实腹式拱，宜在护拱砌完后卸架；

较大跨径的空腹式拱，宜在拱上小拱横墙砌好（未砌小拱圈）时卸架。

老船长经典秒杀口诀：恒大把张小泉的刀扔湖中

【2021 多 II】关于模板、支架和拱架拆除的说法，正确的有（）。  
*VX:3849178 VX:3849178*

A. 非承重侧模板一般应在混凝土抗压强度达到 2.5MPa 时拆除

B. 芯模和预留孔道内模，应在混凝土强度能保证其表面不发生塌陷和裂缝现象时才可拔除

C. 钢筋混凝土结构的承重模板、支架，应在混凝土强度能承受其自重荷载及其他可能的叠加荷载时，才可拆除

D. 对预应力混凝土结构，其侧模应在预应力钢束张拉后拆除，底模及支架应在结构建立预应力前拆除

E. 现浇混凝土拱圈的拱架，设计未规定时，应在拱圈混凝土强度达到设计强度的 85% 后，方可卸落拆除

【答案】ABCE  
*VX:3849178 VX:3849178*

### 3.3 钢筋、混凝土和钢结构施工

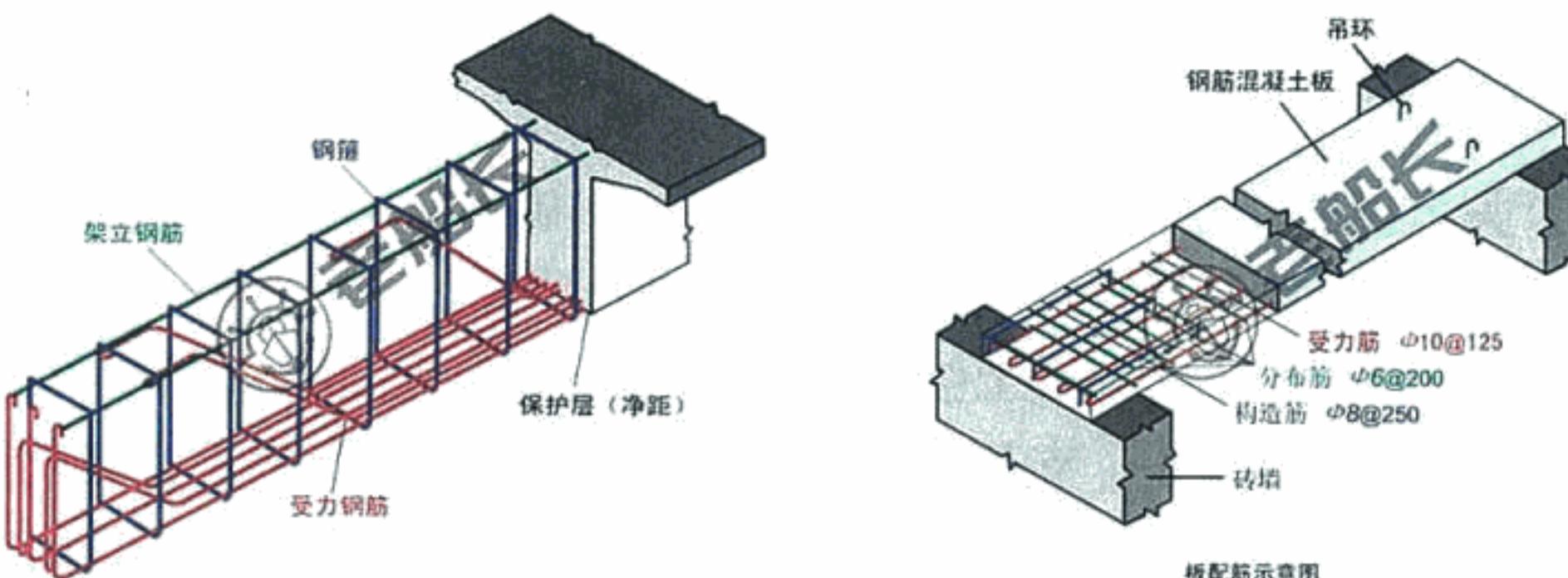
#### 3.3.1 钢筋工程施工 ★★

**【补充】受力钢筋：**用来承受拉力或压力的钢筋，用于梁、板、柱等各种钢筋混凝土构件。

**箍筋：**用来固定受力钢筋位置，并承受一部分剪力或扭力。

**架立钢筋：**一般用于钢筋混凝土梁中，用来固定箍筋的位置，并与梁内的受力钢筋、箍筋一起构成钢筋骨架。

**分布钢筋：**一般用于钢筋混凝土板或高梁结构中，用以固定受力钢筋位置，使荷载分布给受力钢筋，并防止混凝土收缩和温度变化出现的裂缝。



##### 1. 一般规定

钢筋应具有出厂质量证明书、试验报告单，进场时分批抽取试样进行力学性能检验。钢筋在工地存放时间≤6个月。

钢筋需要代换时，应得到设计认可。吊环必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作，且使用时的计算拉应力应≤65MPa。

##### 2. 普通钢筋

(1) 成盘(弯曲)的钢筋应调直才能使用。

(2) 箍筋弯钩的弯曲直径应>被箍受力主钢筋的直径。弯钩平直部分长度，一般结构≥箍筋直径的5倍，有抗震要求结构≥箍筋直径的10倍。

(3) 钢筋的连接宜采用焊接或机械连接。绑扎仅施工困难时方可采用，轴心受拉和小偏心受拉构件不应采用绑扎。

(4) 焊接宜采用闪光对焊，或采用电弧焊、电渣压力焊或气压焊，但电渣压力焊仅可用于竖向钢筋连接。

(5) 每批钢筋焊接前应进行试焊，试焊质量合格后方可正式施焊。【2015 单 I】

(6) 电弧焊宜采用双面焊，仅在双面无法施焊时方可采用单面。

采用搭接电弧焊时，两钢筋轴线应保持一致；

采用帮条电弧焊时，帮条应采用与主筋相同的钢筋。

电弧焊接头的焊缝长度，对双面焊≥5d，单面焊≥10d (d为钢筋直径)。

电弧焊接与钢筋弯曲处的距离≥10d，且不宜位于构件的最大弯矩处。（简记 10d）【2016 多 II】

(7) 钢筋的机械连接宜采用：镦粗直螺纹、滚轧直螺纹、套筒挤压。