



老船长世纪教育

UPDF

WWW.UPDF.CN

赠品

# 1 宝典图文一本通

精准押题微信3849178

四盼上岸

2024  
一级建造师  
公路工程管理与实务

VX:3849178 VX:3849178

主编：老船长金起

官网/微信公众号：老船长世纪教育

# 友情提醒

## 1. 信息关注

老船长团队会在公众号不定期更新考试信息（如报名通知等），建议学员关注微信公众号（二维码见封面）：**老船长世纪教育**，及时获得最新考试信息。

VX:3849178  
老船长世纪教育

## 2. 关于知识产权维护

护航通关系列教辅已获得中华人民共和国版权登记证书。

老船长世纪教育配有专业知识产权维护小组每日全网巡逻，巡检范围包括但不限于所有同类机构及讲师。大量图文及授课思路内容为自有版权，严禁抄袭、盗印，一经巡逻发现将全网通报，并直接起诉个人及通知到所在公司和高校，深入追究知识产权侵权责任。

## 3. 其他

本套教辅资料为非卖品，仅对老船长一建 SVIP 学员免费赠送，请妥善保管，遗失一概不补。本套教辅资料仅用作内部交流学习，严禁用作其他用途。本套教辅资料虽精心编纂，但难免有错漏不完美之处，请积极友善指正，谢谢。



老船长世纪教育团队

唯一联系微信38491780唯一联系微信3849178  
口碑培训：通关培训哪家强，中国北京老船长。

VIP 学习群内答疑解惑

# 目 录

第1篇 公路工程技术 .....	8
第1章 路基工程 .....	8
◆ 基础知识补充 .....	8
1.1 路基施工 .....	13
1.1.1 路基施工准备 ★★ .....	13
1.1.2 原地基处理要求 ★★ .....	15
1.1.3 挖方路基施工 ★★★ .....	15
1.1.4 填方路基施工 ★★★ .....	20
1.1.5 路基季节性施工 ★★ .....	30
1.1.6 路基改（扩）建施工 ★★ .....	33
1.1.7 特殊路基施工 ★★★ .....	34
1.1.8 路基施工测量 ★ .....	46
1.2 路基防护与支挡 .....	48
1.2.1 防护工程设置与施工 ★★ .....	48
1.2.2 支挡工程设置与施工 ★★★ .....	49
1.3 路基排水 .....	54
1.3.1 路基地下水排水设置与施工 ★ .....	54
1.3.2 路基地面水排水设置与施工 ★ .....	57
1.4 路基工程质量通病及防治措施 .....	59
1.4.1 路基压实质量问题防治 ★★ .....	59
1.4.2 路基边坡病害防治 ★ .....	60
1.4.3 高填方路基沉降防治 ★ .....	60
1.4.4 路基裂缝防治 ★★ .....	61
第2章 路面工程 .....	63
2.1 路面基层（底基层）施工 .....	64
2.1.1 路面基层（底基层）用料要求 ★★ .....	64
2.1.2 路面粒料基层（底基层）施工 ★★ .....	68
2.1.3 路面沥青稳定基层施工 ★★ .....	69
2.1.4 路面无机结合料稳定基层（底基层）施工 ★★★ .....	71
2.2 沥青路面施工 .....	77
2.2.1 沥青路面结构及类型 ★★★ .....	77
2.2.2 沥青路面施工准备 ★★ .....	81
2.2.3 沥青路面用料要求 ★★ .....	81
2.2.4 沥青路面面层施工 ★★★ .....	85

VX:3849178 VX:3849178  
唯一联系微信3849178唯一联系微信3849178  
精准押题微信3849178

2.2.5 沥青路面透层、粘层、封层施工 ★★★.....	88
2.2.6 路面改（扩）建施工 ★★★.....	91
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 ★★..... 2.3.2 水泥混凝土路面用料要求 ★★ .....	95 95 97
2.3.3 水泥混凝土路面施工 ★★★.....	99
2.4 中央分隔带及路肩施工 .....	104
2.4.1 中央分隔带施工 ★ .....	104
2.4.2 路肩施工 ★ .....	105
2.5 路面工程质量通病及防治措施 .....	105
2.5.1 无机结合料稳定类基层裂缝防治 ★ .....	105
2.5.2 水泥混凝土路面裂缝防治 ★ .....	106
2.5.3 水泥混凝土路面断板防治 ★ .....	107
第3章 桥梁工程 .....	108
3.1 桥梁构造与施工准备 .....	108
3.1.1 桥梁构造 ★★ .....	108
3.1.2 桥梁计算荷载 ★ .....	112
3.1.3 桥梁施工准备 ★★ .....	112
3.1.4 桥梁施工测量 ★ .....	113
3.2 常用模板、支架和拱架设计与施工 .....	113
3.2.1 常用模板、支架设计与施工 ★★★.....	113
3.2.2 常用拱架设计与施工 ★ .....	116
3.3 钢筋、混凝土和钢结构施工 .....	118
3.3.1 钢筋工程施工 ★★ .....	118
3.3.2 混凝土工程施工 ★★★ .....	120
3.3.3 预应力混凝土工程施工 ★★★ .....	124
3.3.4 钢结构与钢混组合结构工程施工 ★★★ .....	130
3.4 桥梁下部结构施工 .....	132
3.4.1 桩基础施工 ★★★ .....	132
3.4.2 沉井施工 ★★ .....	140
3.4.3 地下连续墙施工 ★ .....	141
3.4.4 基坑施工 ★★ .....	142
3.4.5 浅基础与承台施工 ★★ .....	143
3.4.6 桥墩与桥台施工 ★ .....	145
3.4.7 圬工结构施工 ★ .....	145
3.5 桥梁上部结构施工 .....	146
3.5.1 梁式桥施工 .....	146

3.5.2 拱桥施工 .....	159
3.5.3 斜拉桥施工 ★★★ .....	162
3.5.4 悬索桥施工 ★★★ .....	163
3.5.5 桥梁施工监控 ★ .....	166
3.6 桥面及附属工程 .....	166
3.6.1 支座与伸缩装置施工 ★★ .....	166
3.6.2 桥面铺装与防排水施工 ★★ .....	167
3.6.3 桥面防护设施与桥头搭板施工 ★★ .....	167
3.7 桥梁工程质量通病及防治措施 .....	167
3.7.1 钻孔灌注桩断桩防治 ★★ .....	167
3.7.2 钢筋混凝土梁桥预拱度偏差防治 ★ .....	168
3.7.3 箱梁两侧腹板混凝土厚度不均防治 ★ .....	169
3.7.4 钢筋混凝土结构构造裂缝防治 ★ .....	169
3.7.5 悬臂浇筑钢筋混凝土箱梁的施工（挠度）控制 ★ .....	170
3.7.6 桥面铺装病害防治 ★ .....	171
3.7.7 桥梁伸缩缝病害防治 ★ .....	171
3.7.8 桥头跳车防治 ★ .....	171
3.8 桥梁工程改（扩）建 .....	172
3.8.1 桥梁工程改（扩）建施工 ★ .....	172
第4章 隧道工程 .....	173
4.1 隧道围岩分级与隧道构造 .....	173
4.1.1 隧道围岩分级 ★★★ .....	173
4.1.2 隧道构造 ★★★ .....	174
4.2 隧道地质超前预报和监控量测技术 .....	178
4.2.1 隧道地质超前预报 ★★ .....	178
4.2.2 隧道施工监控量测技术 ★★★ .....	180
4.3 隧道施工 .....	182
4.3.1 隧道施工准备与施工测量 ★★ .....	182
4.3.2 隧道洞口、明洞施工 ★★★ .....	184
4.3.3 隧道开挖 ★★★ .....	186
4.3.4 隧道支护与衬砌 ★★★ .....	192
4.3.5 隧道防水与排水 ★★ .....	199
4.3.6 隧道通风防尘及水电作业 ★★ .....	200
4.3.7 隧道辅助坑道施工及辅助工程措施 ★★ .....	201
4.3.8 隧道盾构施工 ★ .....	202
4.3.9 隧道改（扩）建 ★★ .....	204
4.4 特殊地段施工 .....	204

4.4.1 涌水地段施工 ★★ .....	204
4.4.2 塌方地段施工 ★★ .....	205
4.4.3 岩溶地段施工 ★ .....	206
4.4.4 瓦斯地段施工 ★★ .....	206
4.4.5 流沙地段施工 ★ .....	208
4.4.6 岩爆地段施工 ★★ .....	208
4.4.7 膨胀岩土地段施工 ★ .....	209
4.4.8 软岩大变形地段施工 ★ .....	209
4.5 隧道工程质量通病及防治措施 .....	209
4.5.1 隧道水害、冻害防治 ★ .....	209
4.5.2 隧道衬砌病害防治 ★ .....	210
4.5.3 隧道震害防治 ★ .....	210
第 5 章 交通工程 .....	211
5.1 交通安全设施 .....	211
5.1.1 交通安全设施主要构成与功能 ★★ .....	211
5.1.2 交通安全设施施工技术要求 ★★ .....	212
5.2 交通机电工程 .....	212
5.2.1 交通机电工程主要构成与功能 ★ .....	212
5.2.2 交通机电工程主要设施施工技术要求 ★★ .....	213
第 2 篇 公路工程相关法规与标准 .....	215
第 6 章 相关法规 .....	215
6.1 公路建设法规体系和标准体系 .....	215
6.1.1 公路建设法规体系 ★ .....	215
6.1.2 公路建设标准体系 ★ .....	215
6.2 公路建设管理相关规定 .....	215
6.2.1 公路建设市场管理 ★★ .....	215
6.2.2 公路建设信用信息管理 ★★★ .....	217
6.2.3 公路工程设计变更管理 ★★★ .....	219
6.2.4 公路工程验收 ★★★ .....	220
第 7 章 相关标准 .....	222
7.1 公路工程施工安全生产相关规定 .....	222
7.1.1 公路工程施工安全生产条件 ★★ .....	222
7.1.2 公路工程施工单位安全生产责任 ★★ .....	222
7.1.3 公路工程项目施工安全风险评估 ★★★ .....	224
7.1.4 公路工程施工生产安全事故报告 ★★ .....	226
7.1.5 公路工程施工项目安全生产监督管理 ★★ .....	227
7.2 公路工程质量安全管理相关规定 .....	227

7.2.1 公路工程质量事故管理 ★★	227
7.2.2 公路工程质量监督管理相关规定 ★	228
第3篇 公路工程项目管理实务 .....	229
第8章 公路工程企业资质与施工组织 .....	229
8.1 公路工程企业资质 .....	229
8.1.1 设计企业资质 ★	229
8.1.2 施工企业资质 ★★	229
8.2 施工项目管理机构 .....	230
8.2.1 项目管理机构的组建 ★★	230
8.2.2 项目管理机构的工作内容 ★	230
8.3 施工组织设计 .....	230
8.3.1 公路工程项目施工组织设计编制 ★★	230
8.3.2 公路工程项目施工方案编制 ★★	232
第9章 工程招标投标与合同管理 .....	233
9.1 工程招标投标 .....	233
9.1.1 公路工程招标投标管理 ★★★	233
9.1.2 公路工程工程量清单编制 ★★	237
9.1.3 投标报价编制 ★★	239
9.2 工程合同管理 .....	239
9.2.1 公路工程合同体系结构 ★	239
9.2.2 公路工程施工合同履行与管理 ★	240
9.2.3 公路工程分包合同管理 ★★	240
9.2.4 公路工程施工阶段工程变更管理 ★★	241
9.2.5 公路工程施工索赔管理 ★★★	243
9.2.6 公路工程计量管理 ★★★★	245
第10章 施工进度管理 .....	249
10.1 施工进度计划 .....	249
10.1.1 公路工程施工进度计划类型 ★	249
10.1.2 公路工程施工进度计划编制 ★★★	250
10.2 施工进度控制 .....	254
10.2.1 公路工程进度控制方法和措施 ★★	254
10.2.2 公路工程进度拖延处理 ★★★	256
第11章 施工质量管理 .....	260
11.1 施工质量控制 .....	260
11.1.1 公路工程施工质量控制策划要求与内容 ★	260
11.1.2 公路工程质量控制方法及措施 ★★★	260
11.2 施工质量检验 .....	261

11.2.1 公路工程质量数据统计分析方法及应用 ★★★ .....	261
11.2.2 公路工程质量评定与检验 ★★ .....	264
第 12 章 施工成本管理 .....	265
12.1 施工预算 .....	265
12.1.1 公路工程标后预算组成 ★★ .....	265
12.1.2 公路工程标后预算编制 ★★ .....	266
12.2 施工成本管理内容与方法 .....	268
12.2.1 公路工程施工成本管理内容 ★ .....	268
第 13 章 施工安全管理 .....	269
13.1 公路工程施工安全管理 .....	269
13.1.1 公路工程施工项目安全管理制度 ★★ .....	269
13.1.2 公路工程施工项目安全管理措施 ★★★★ .....	269
13.2 安全管理双重预防机制 .....	272
13.2.1 公路工程施工项目安全风险分级管控 ★★ .....	272
13.2.2 公路工程施工项目事故隐患排查治理 ★★★★ .....	273
13.3 公路工程施工项目应急管理 .....	276
13.3.1 应急救援预案编制和管理 ★★ .....	276
13.3.2 应急管理 ★ .....	277
第 14 章 绿色建造及施工现场环境管理 .....	278
14.1 绿色施工 .....	278
14.1.1 公路工程信息化建设技术 ★ .....	278
14.1.2 公路工程节能减排 ★ .....	279
14.2 施工现场环境管理 .....	279
14.2.1 公路工程“两区三厂”建设 ★★★★ .....	279
14.2.2 便道、便桥及临时码头建设 ★★★ .....	284
第 15 章 施工技术与设备管理 .....	286
15.1 施工技术管理 .....	286
15.1.1 公路工程施工图纸会审 ★ .....	286
15.1.2 公路工程施工方案管理 ★ .....	286
15.1.3 公路工程施工技术交底 ★★ .....	286
15.1.4 公路工程施工技术档案管理 ★ .....	287
15.1.5 公路工程施工测量管理 ★★ .....	287
15.1.6 公路工程试验管理 ★★ .....	289
15.2 施工机械设备管理 .....	289
15.2.1 公路工程施工常用机械设备 ★★★ .....	289
15.2.2 公路工程施工机械设备管理要求 ★ .....	292
◆附加赠送内容-总结 .....	294

# 第1篇 公路工程技术

## 第1章 路基工程

### ◆ 基础知识补充



#### 1. 什么是公路?

公路是指连接城市、乡村等，主要供汽车行驶的道路。

#### 2. 公路的分类有哪些?

##### (1) 按技术等级划分

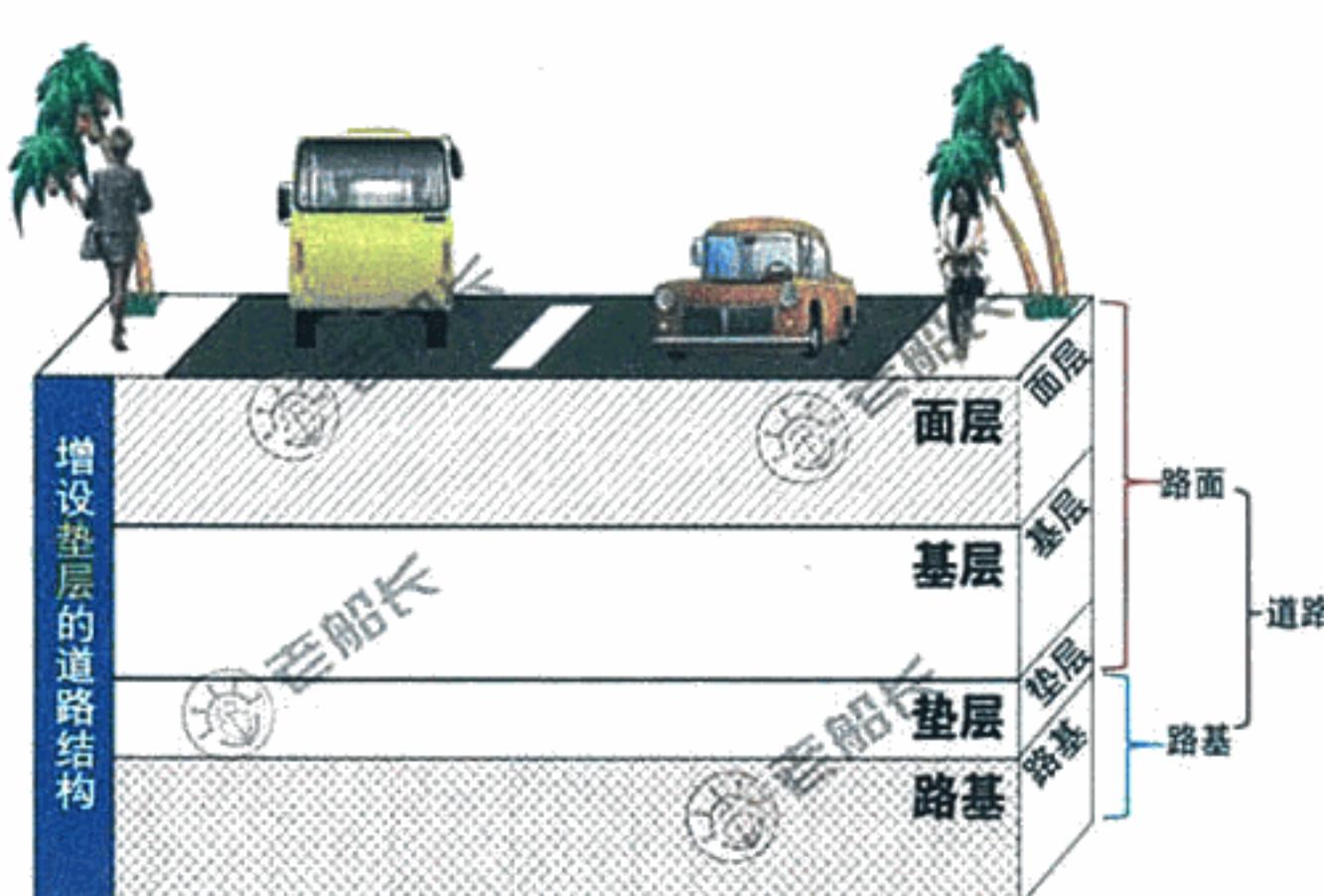
根据使用任务、功能和适应的交通量，分为 5 个等级：高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路。（高速公路、一级公路统称为高等级公路。）

##### (2) 按照交通荷载等级划分

按交通荷载等级，分为 5 个等级：轻交通、中等交通、重交通、特重交通、极重交通。

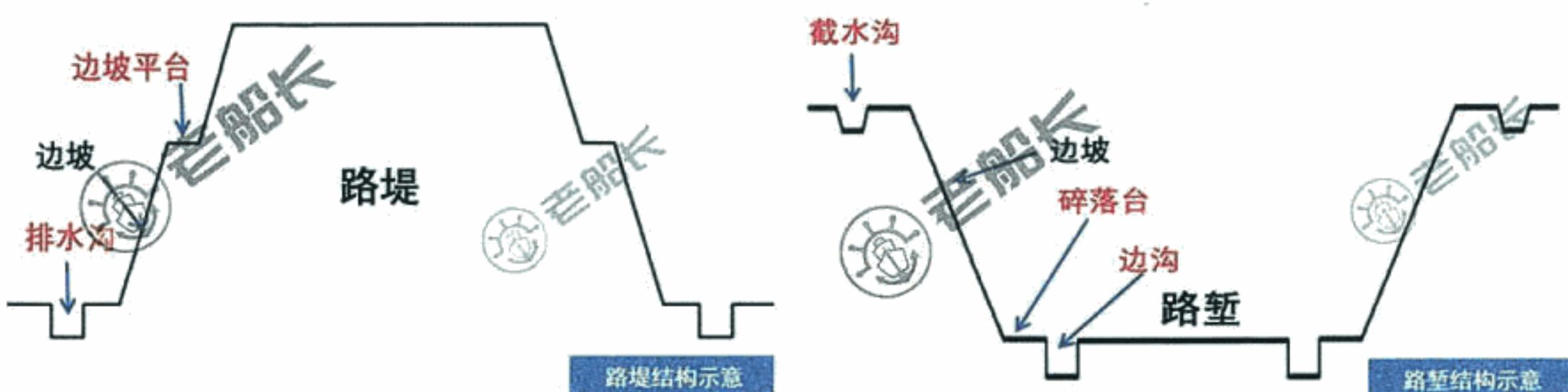
#### 3. 公路的组成

道路工程包括路基工程与路面工程。



#### 4. 路基工程识图

##### 识图 1：路堤、路堑、半填半挖路基



**老船长经典秒杀口诀：千变底牌**

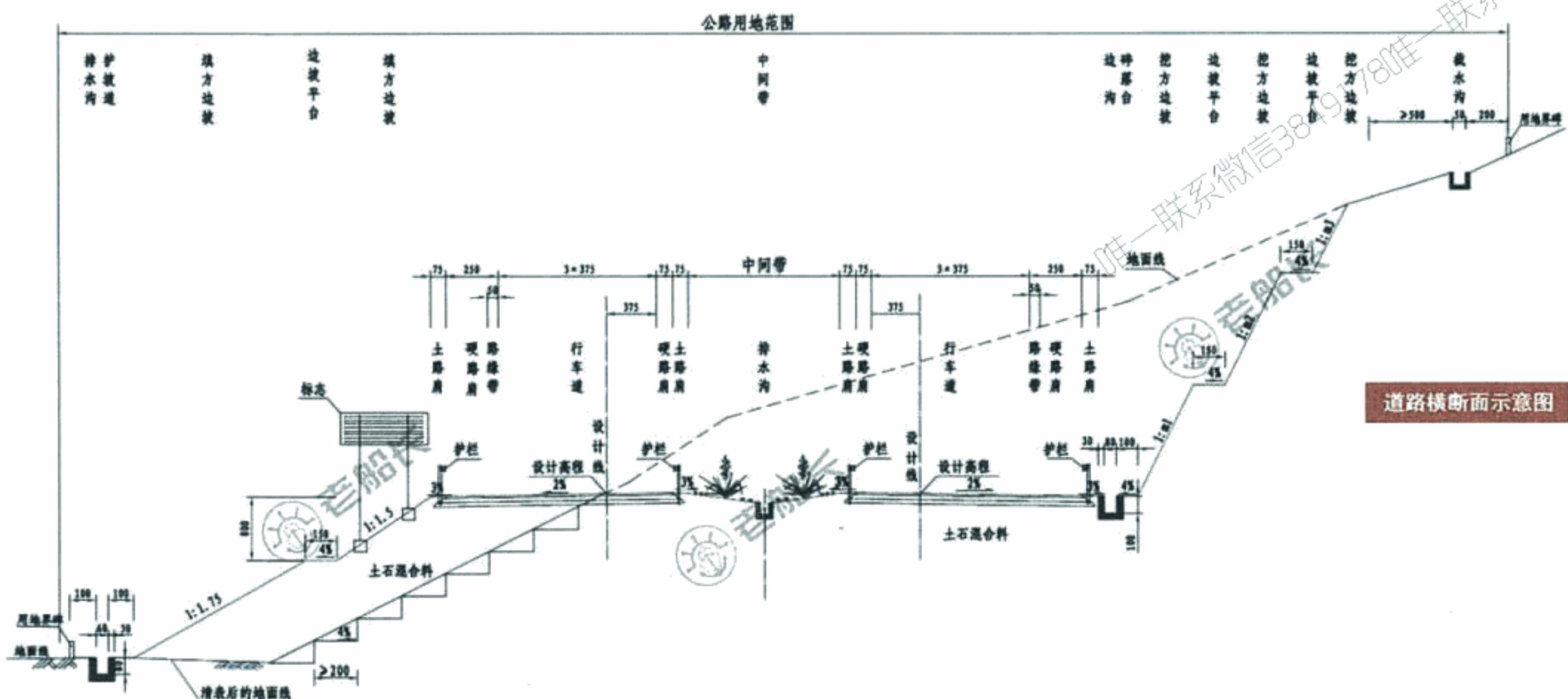
**识图 2：边沟、碎落台、截水沟、边坡平台、排水沟、边坡、行车道、硬路肩、土路肩、路肩、护栏、护坡道。【2023 案 II, 2022 案 II、2019 案 I、2018 案 I、2018 案 II、2007 案 II】**

**老船长经典秒杀口诀：前台地道（路堑碎落台，路堤护坡道）**

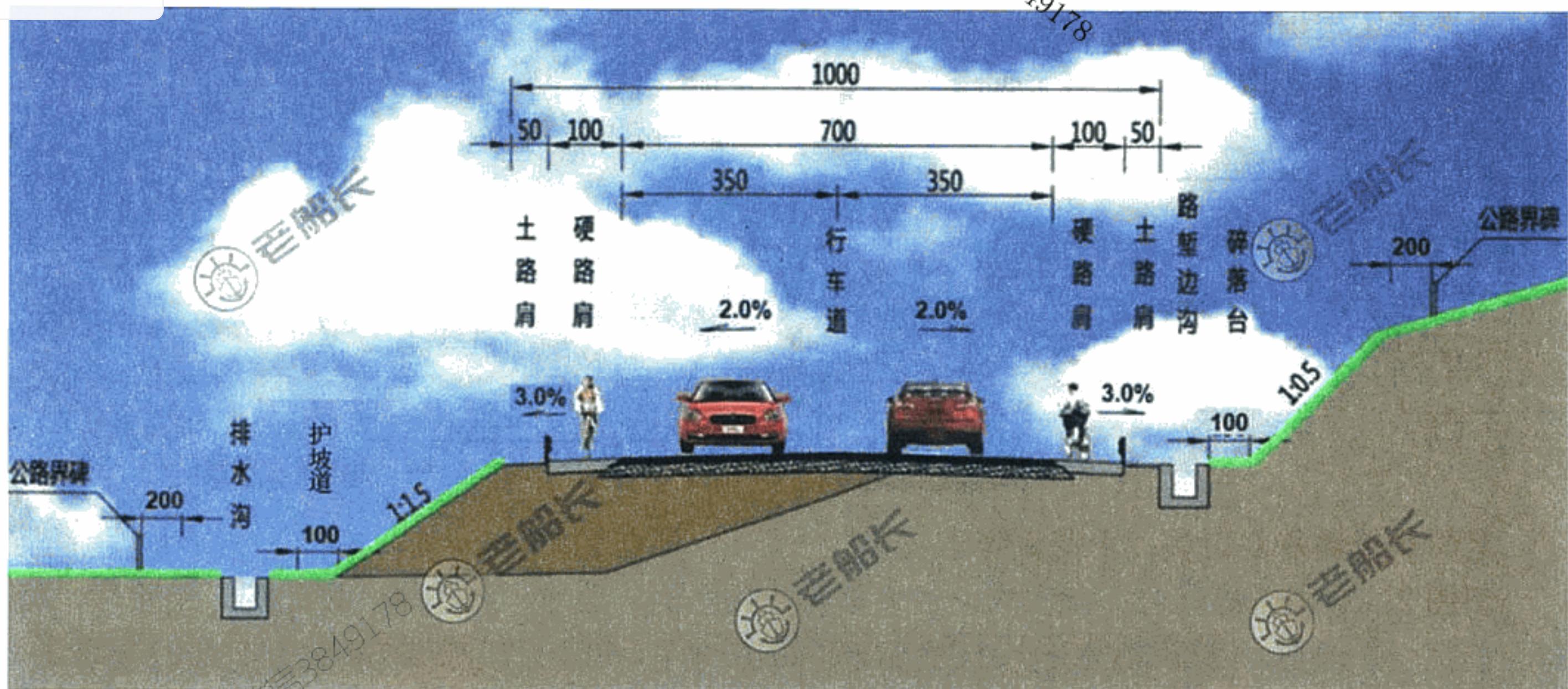
①边坡平台：当路基边坡较高、需分级设置时，为了边坡稳定，在分级边坡之间设置的平台称为边坡平台。

②碎落台：在路堑边坡坡底与边沟之间设置的为保护路堑边坡稳定、减少边坡和坡顶碎落物占用路基宽度、保证通行能力和行车安全的平台称为碎落台。

③护坡道：在路堤边坡坡底与排水沟之间设置的为保护路堤边坡稳定、防止水流直接冲刷、浸泡边坡的平台称为护坡道。



精准押题微信3849178



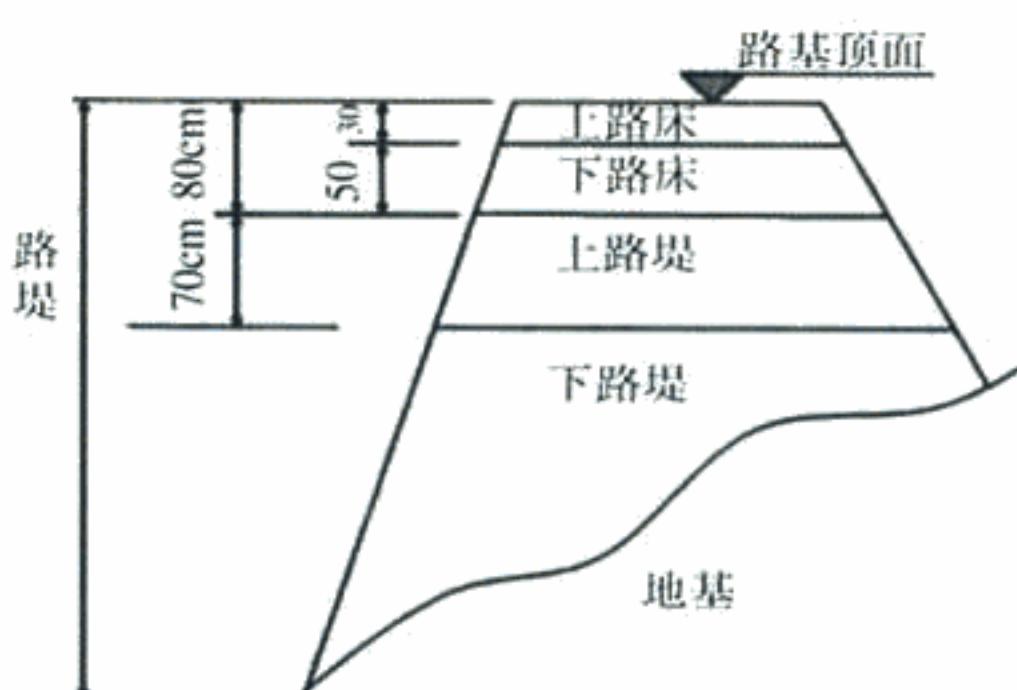
### 识图 3：路堤构造【2015 案 I】

**路床：**路面结构层底面以下 0.80m 或 1.20m 范围内的路基部分，分为上路床及下路床两层。

上路床厚度 0.3m，下路床厚度在轻、中及重交通公路为 0.5m，特重、极重交通公路为 0.9m。

**路堤：**高于原地面的填方路基。路堤在结构上分为上路堤、下路堤，上路堤是指路床以下0.7m厚度范围的填方部分；下路堤是指上路堤以下的填方部分。

【2015 案 I】问题：写出图 2 中 N、O、P、Q 各部位名称。



路床示意图（轻、中等及重交通）

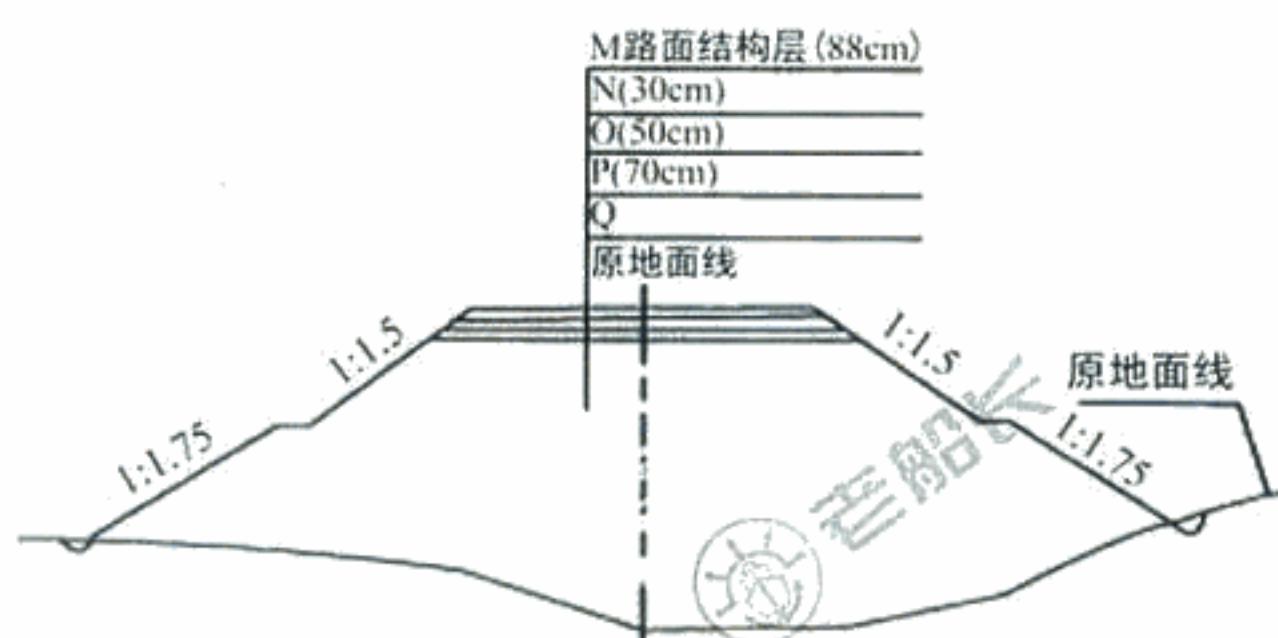
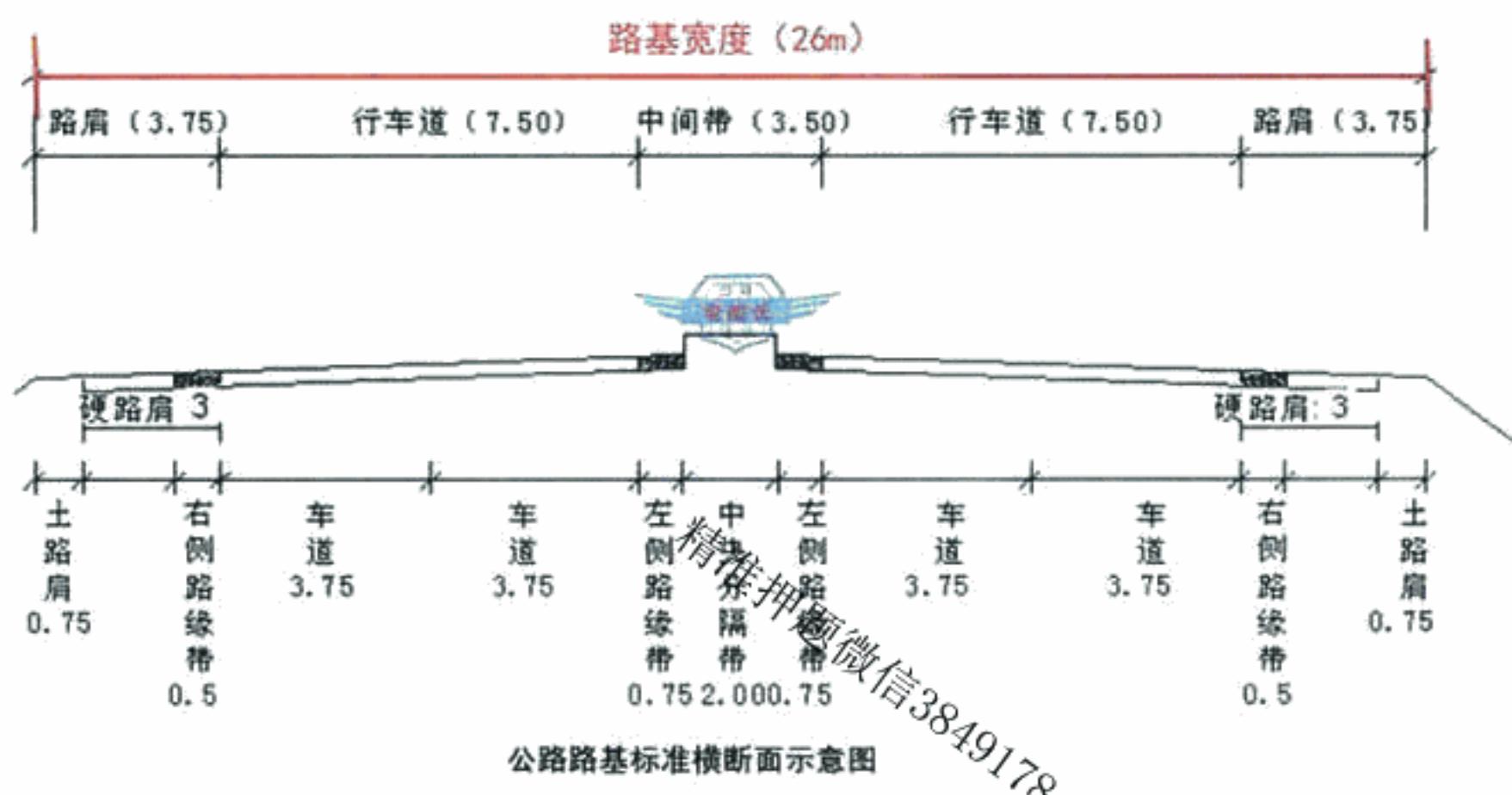


图2 路基填方横断面示意图

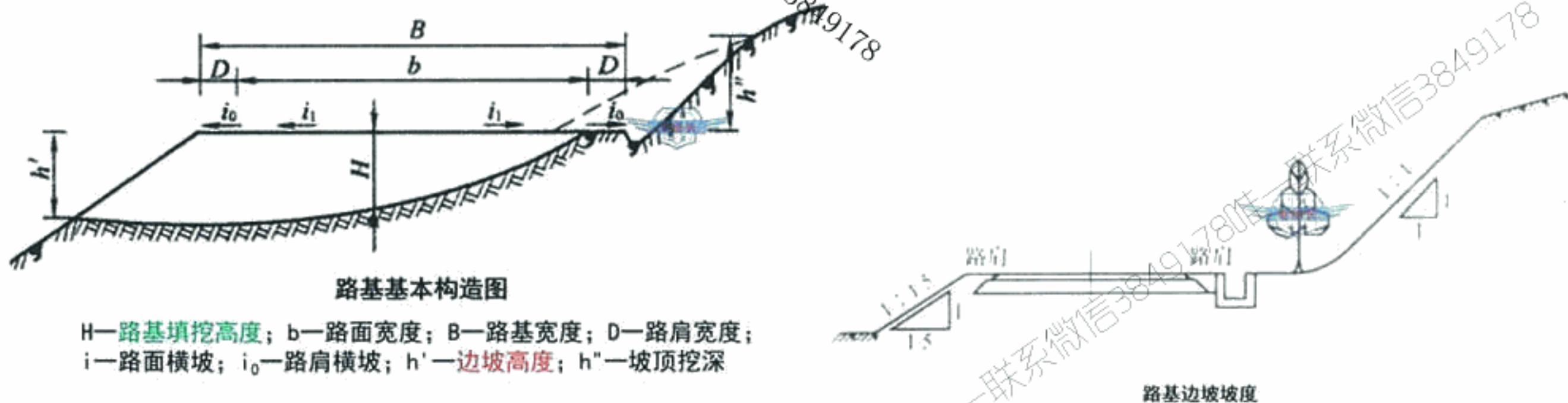
答案：N—上路床、0一下路床、P—上路堤、Q一下路堤

识图 4：路基宽度：两路肩外缘之间的距离。



老船长经典提醒：路基宽度指上部，位置不能错。

识图 5：路基高度、路基中心高度、边坡高度、边坡坡度



路基高度有**中心高度**和**边坡高度**之分。路基中心高度（又称路基填挖高度）是指路基中心线处的设计高程与原地面高程之差，边坡高度是指填方坡脚或挖方坡顶高程与路基边缘高程之差。

边坡坡度：用边坡高度  $H$  与边坡宽度  $b$  的比值来表示，并取  $H=1$ 。

更多识图知识点，敬请期待三阶识图专题直播课程。

## 5. 其它补充

**【补充 1】** 路堤按照材料划分：

填土路堤：石料含量在 30% 以下。

**土石路堤：**用石料含量占总质量 30%~70% 的土石混合材料填筑的路堤。

**填石路堤：**用粒径大于 40mm 且含量超过总质量 70% 的石料填筑的路堤。



**【补充 2】里程桩号：**是表示该路线中线位置某点，沿着路线曲线中线至路线起点（K0+000m）

处) 的水平距离, 也称为路线中桩桩号。(K 表示 km, +号之后表示 m。)

例如：K0+500～K43+020 表示什么意思？

公路中如何区分左右侧：桩号前进方向分左右侧。

### 【补充 3】许可程度用词

许可程度	用词	正面	反面
		必须	严禁
很严格	非这样做不可（不容商量）	必须	严禁
严格	正常情况下均应这样做（有一点商量余地）	应	不应（不得）
允许 稍有选择	在条件许可时首先这样做（建议）	宜	不宜
有选择	在一定条件下可以这样做	可	-

## 1.1 路基施工

### 1.1.1 路基施工准备 ★★

路基施工前应做好组织、物资、技术三大准备。技术准备工作的内容主要包括熟悉设计文件、

现场调查核对、设计交桩、复测与放样、试验及试验路段施工等。【2013 案 I、2006 单 II】

**老船长经典秒杀口诀：射核装样试试**



#### 1. 试验

项目	内容
(1) 工地试验室	路基施工前，应建立具备相应试验检测能力的工地试验室。
(2) 基底原状土取样试验	路基填前、碾压前，应对路基基底原状土进行取样试验。每公里应至少取 2 个点，并应根据土质变化增加取样点数。
(3) 取土（填料）试验	应及时对拟作为路堤填料的材料进行取样试验。土的试验项目应包括天然含水率、液限、塑限、颗粒分析、击实、CBR 等。【2018 多 I、2014 案 I】 <b>（老船长经典秒杀口诀：水爷喜欢吃素鸡）</b>

【2018 多 I】拟作为路堤填料的材料应取样试验，土的试验项目有（）。

- A. 液限      B. 塑限      C. CBR 值      D. 弯沉      E. 天然含水率

**【答案】ABCE**

#### 【补充了解（名词概念）】

名词	内容
含水率	$(m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}) / m_{\text{干}} \times 100\% = m_{\text{水}} / m_{\text{干}} \times 100\%$
塑限 $\omega_L$	土由可塑状态转为半固体状态时的界限含水量为塑性下限，称为塑性界限，简称塑限。
液限 $\omega_L$	土由可塑状态转为流体状态时的界限含水量为液性上限，称为液性界限，简称液限。
塑性指数 $I_p$	液限与塑限的差值 ( $I_p = \omega_L - \omega_p$ )

颗粒分析	测定土中各粒组占土粒总质量百分数的试验。
击实试验	击实试验是指用锤击实土样以了解土的压实特性的一种方法。 击实试验可以分为轻型击实试验和重型击实试验两种。轻型击实试验适用于粒径小于5mm的粘性土，而重型击实试验适用于粒径不大于20mm的土。
压实度	现场干密度和试验室最大干密度的比值。【2006单I】
最佳含水量	最大干密度对应的含水量。【2014单II、2012单II】
CBR 38491781X:3849178	中文名称加州承载比，表征路基土、粒料、稳定土强度的一种指标，以百分率表示。（数值越大强度越高）【2017单II】

## 2. 试验路段【2022案II、2019案II】

项目	内容
试验段长度	试验路段应选择地质条件、路基断面形式等具有代表性的地段，长度宜 $\geq 200m$ 。
应进行试验 路段施工的 情况	(1) 二级及二级以上公路路堤。（除三、四级土质路堤） (2) 填石路堤、土石路堤。 (3) 特殊路基。（软土、膨胀土、滑坡地段） (4) 拟采用新技术、新工艺、新材料、新设备的路基。  <b>(老船长经典秒杀口诀：二石特新)</b>

试验路段施工总结宜包括下列内容：【2023案II、2022案II、2021案I、2021案II、2021多II、2020多I、2017案II、2005单I】

- (1) 填料试验、检测报告等。
- (2) 压实工艺主要参数（填土路堤）：机械组合、压实机械规格、松铺厚度、碾压遍数、碾压速度、最佳含水率及碾压时含水率范围等。（【补充】填石路堤：机械组合、压实机械规格、松铺厚度、碾压遍数、碾压速度、沉降差等。）
- (3) 过程工艺控制方法及质量控制标准。
- (4) 施工组织方案及工艺的优化。
- (5) 原始记录、过程记录。
- (6) 安全保障措施。
- (7) 环保措施。

【补充】松铺厚度：未经压实的材料层厚度。松铺系数=松铺厚度/压实厚度。

**老船长经典秒杀口诀：合格送变速水（合格送变速酱）**

## 1.1.2 原地基处理要求 ★★

路基范围内的原地基应在路基施工前按下列要求进行处理: 【2021 案 II、2019 单 II、2018

单 I】

项目	内容
1. 压	地基表层碾压处理压实度控制标准为: ①二级及二级以上公路一般土质应≥90%。 ②三、四级公路应≥85%。（老船长经典秒杀口诀：985） ③低路堤应对地基表层土进行超挖、分层回填压实，其处理深度应≥路床厚度。
2. 填	原地面坑、洞、穴等，应在清除沉积物后，用合格填料分层回填、分层压实。
3. 排	泉眼或露头地下水，应按设计要求采取有效导排措施，将地下水引离后方可填筑路堤。

【2018 单 I】一般土质路基中，低路堤应对地基表层土（）、分层回填压实，其处理深度不应小于路床深度。

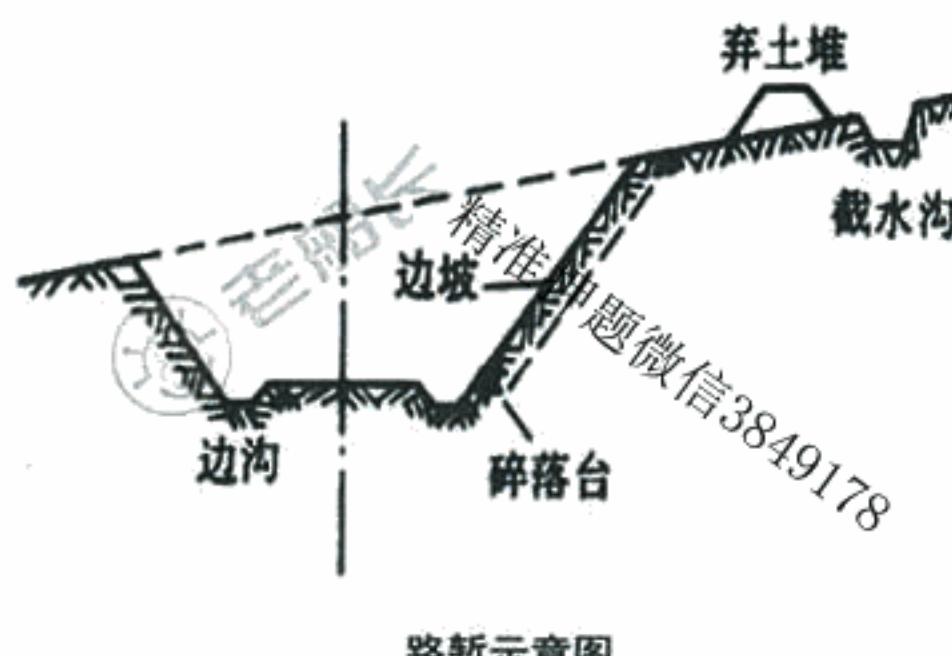
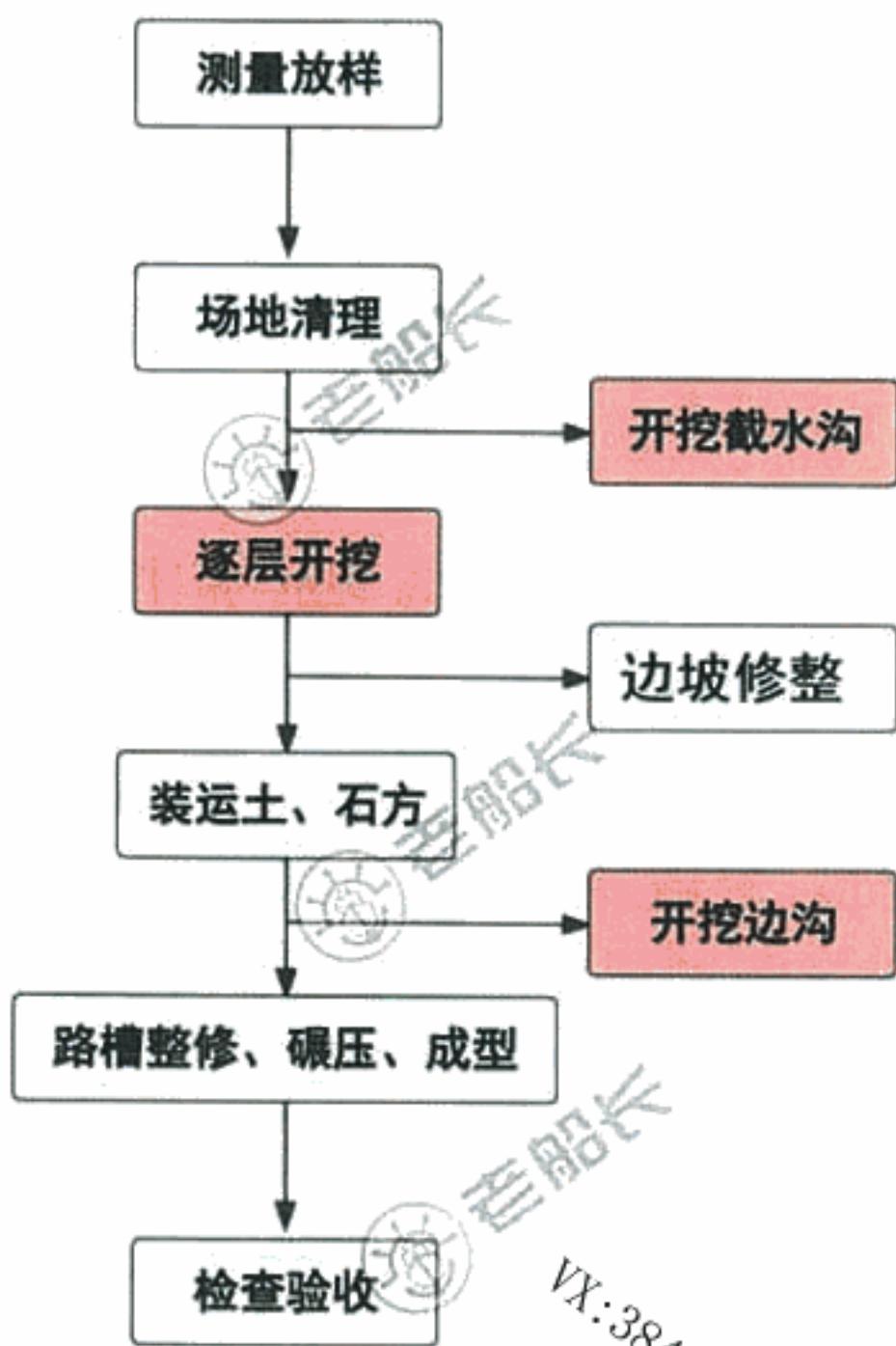
- A. 超挖      B. 振动压实      C. 掺粉煤灰拌和      D. 整平

【答案】A

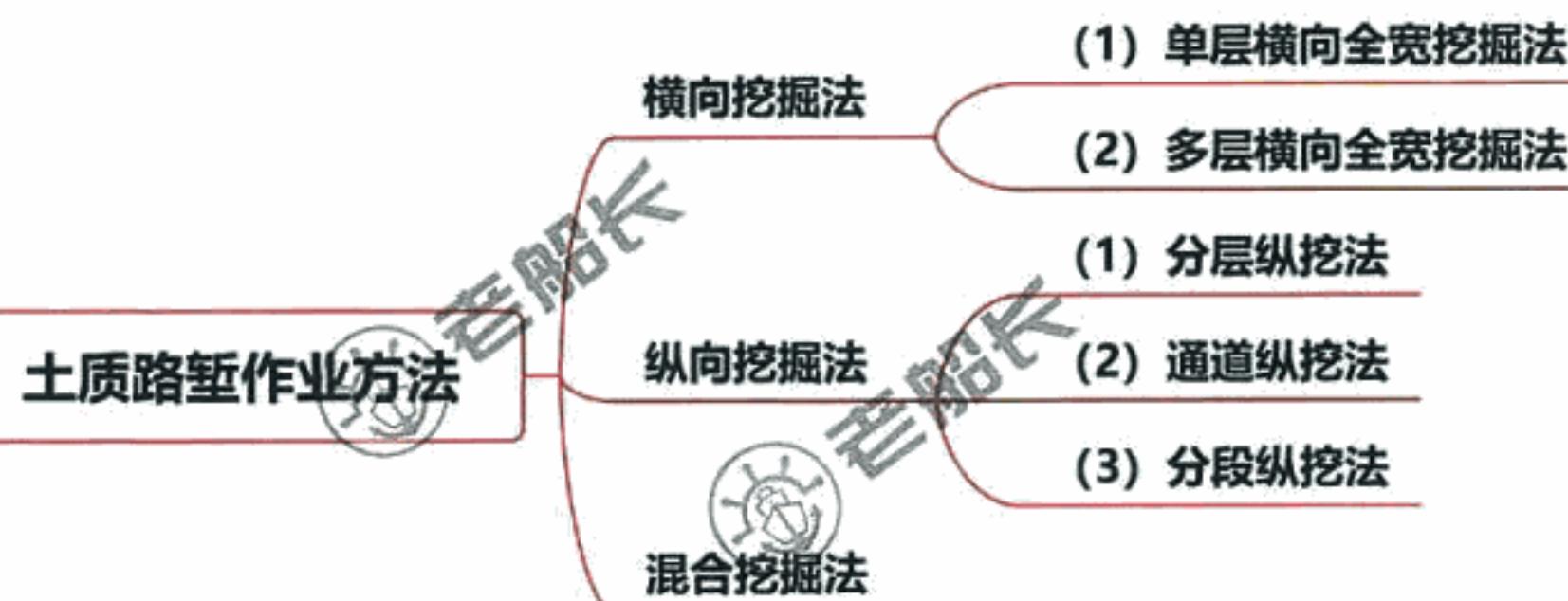
## 1.1.3 挖方路基施工 ★★★

### 1. 土质路堑施工技术

1) 土质路堑施工工艺流程 【2023 单 II】



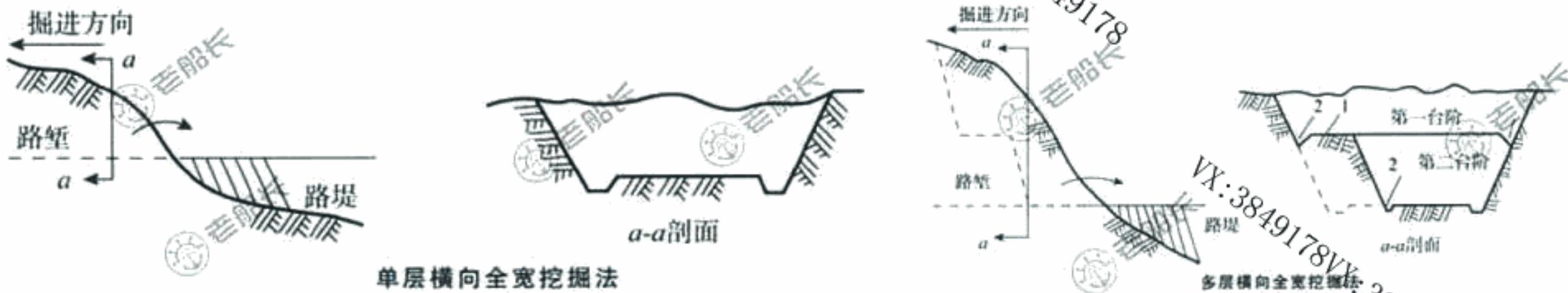
## 2) 作业方法



### (1) 横向挖掘法 【2017 单 I 、2014 案 I】

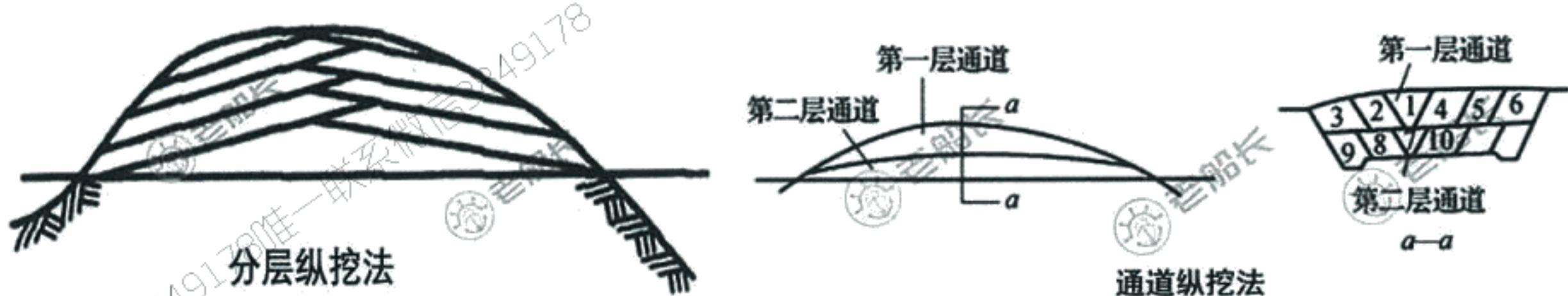
① **单层横向全宽挖掘法**: 从开挖路堑的一端或两端按断面全宽一次性挖到设计标高，逐渐向纵深挖掘，挖出的土方一般都是向两侧运送。该方法适用于挖掘浅且短的路堑。

② **多层横向全宽挖掘法**: 从开挖路堑的一端或两端按断面分层挖到设计标高。该方法适用于挖掘深且短的路堑。



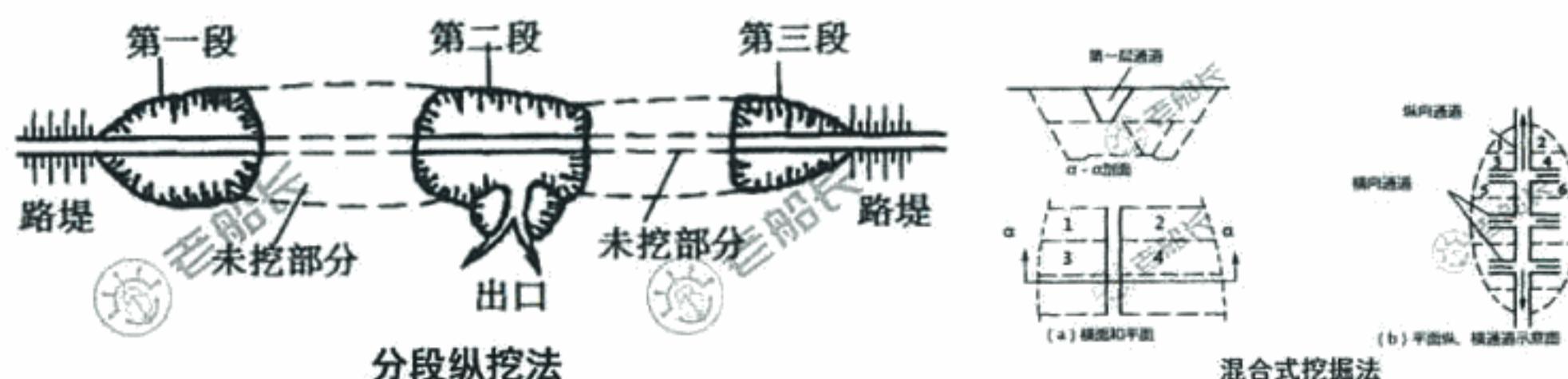
### (2) 纵向挖掘法

① **分层纵挖法**: 沿路堑全宽，以深度不大的纵向分层进行挖掘，适用于较长的路堑开挖。



② **通道纵挖法**: 先沿路堑纵向挖掘一通道，然后将通道向两侧拓宽以扩大工作面，并利用该通道作为运土路线及场内排水的出路。该层通道拓宽至路堑边坡后，再挖下层通道，如此向纵深开挖至路基标高。该法适用于较长、较深、两端地面纵坡较小的路堑开挖。【2021 单 I】

③ **分段纵挖法**: 沿路堑纵向选择一个或几个适宜处，将较薄一侧堑壁横向挖穿，使路堑分成两段或数段，各段再纵向开挖。该法适用于过长，弃土运距过远，一侧堑壁较薄的傍山路堑开挖



### (3) 混合式挖掘法【2010 单 I、2010 案 II】

多层横向全宽挖掘法和通道纵挖法混合使用。先沿路线纵向挖通道，然后沿横向坡面挖掘，以增加开挖面。该法适用于路线纵向长度和挖深都很大的路堑开挖。

土质路堑作业方法总结：

分类		适用
1. 横向挖掘法	①单层横向全宽挖掘法	浅且短
	②多层横向全宽挖掘法	深且短
2. 纵向挖掘法	①分层纵挖法	较长
	②通道纵挖法	较长、较深、两端地面纵坡较小
	③分段纵挖法	过长，弃土运距过远，一侧堑壁较薄
3. 混合式挖掘法	多层横向全宽挖掘法和通道纵挖法混合使用，纵向长度和挖深都很大	

老船长经典秒杀口诀：长为纵向短为横，浅单层深多层次

【补充】土方开挖常用机械：推土机、挖掘机、铲运机、装载机、自卸汽车、平地机。

3) 机械开挖作业方式

(1) 推土机开挖土质路堑作业

推土机开挖土方作业由切土、运土、卸土、倒退（或折返）、空回等过程组成一个循环。影响作业效率的主要因素是切土和运土两个环节。推土机开挖土质路堑作业方法与填筑路基相同的有下坡推土法、槽形推土法、并列推土法、接力推土法、波浪式推土法，另有斜铲推土法和侧铲推土法。

老船长经典秒杀口诀：曹博借虾兵推土

(2) 挖掘机开挖土质路堑作业

公路工程施工中以单斗挖掘机与运输车辆配合开挖土方路堑最为常见。

4) 土方开挖规定

(1) 开挖应自上而下逐级进行，严禁掏底开挖。（开挖一级防护一级）

(2) 开挖至边坡线前，应预留一定宽度，预留的宽度应保证刷坡过程中设计边坡线外的土层不受到扰动。【2017 案 II】

【2017 案 II】案例背景节选：施工单位采用挖掘机开挖路基挖方段土方，开挖时采用横挖法自上而下分台阶进行，直接挖至设计边坡线，并避免超欠挖。开挖时每层台阶高度控制在3~4m以内，并在台阶面设置2%纵横坡以避免雨季积水。

问题：指出路基开挖的错误做法，并说明理由。

【答案】“直接挖至设计边坡线”的做法错误。因为按相关规范规定，应预留一定宽度，预留的宽度应保证刷坡过程中设计边坡线外的土层不受到扰动。

(3) 拟作为路基填料的土方，应分类开挖、分类使用。

(4) 开挖至零填、路堑路床部分后，应及时进行路床施工；如不能及时进行，宜在设计路床顶标高以上预留至少300mm厚的保护层。【2021 单 I】

(5) 挖方路基施工遇到地下水时，应采取**排导措施**，将水引入路基排水系统，**不得随意堵塞泉眼**。路床土含水量高或为含水层时，应采取设置**渗沟、换填、改良土质**等处理措施。

### 5) 零填、挖方路段的路床施工规定

(1) 路床范围为过湿土时应进行**换填**处理：

公路等级	换填厚度 (m)
高速公路、一级公路	0.8~1.2 (过湿土总厚度<1.5m: 全部换填)
二级公路	0.5~0.8

(2) 高速公路、一级公路路床范围为崩解性岩石或强风化软岩时应进行**换填**处理，换填厚度宜为 0.3~0.5m。

## 2. 石质路堑施工技术

### 1) 开挖方式【2009 单 I】

开挖方式	适用条件	优点	缺点
(1) 爆破法	-	-	-
(2) 机械开挖	场地开阔、大方量的 <b>软岩</b> 石方工程	没有钻爆工序作业，不需要风、水、电辅助设施，简化了场地布置，提高了生产能力	不适用于破碎 <b>坚硬</b> 岩石
(3) 静态破碎法	设备附近、高压线下以及开挖与浇筑过渡段等特定条件	<b>安全</b> 可靠，没有爆破产生的危害	破碎 <b>效率低</b> ，开裂时间长

### (1) 爆破法

① 爆破方法分类（按照爆破的规模与方式）（单个炮）

分类	尺寸	优点	缺点
钻孔爆破	浅孔爆破（钢钎炮） 炮孔直径≤50mm、深度≤5m	-	-
	深孔爆破 炮孔直径>50mm、深度>5m	-	-
硐室爆破	采用 <b>集中或条形</b> 硐室装药包。 (因一次爆破药量大，爆下的土石方量也大，通常称为“ <b>大爆破</b> ”。)	短期内即可完成大量的开挖量，所投入的设备、工程量及动力等相对较少，且效率高，适应性强。	因一次爆破炸药量大，可导致地震破坏，对周围环境造成一定影响。

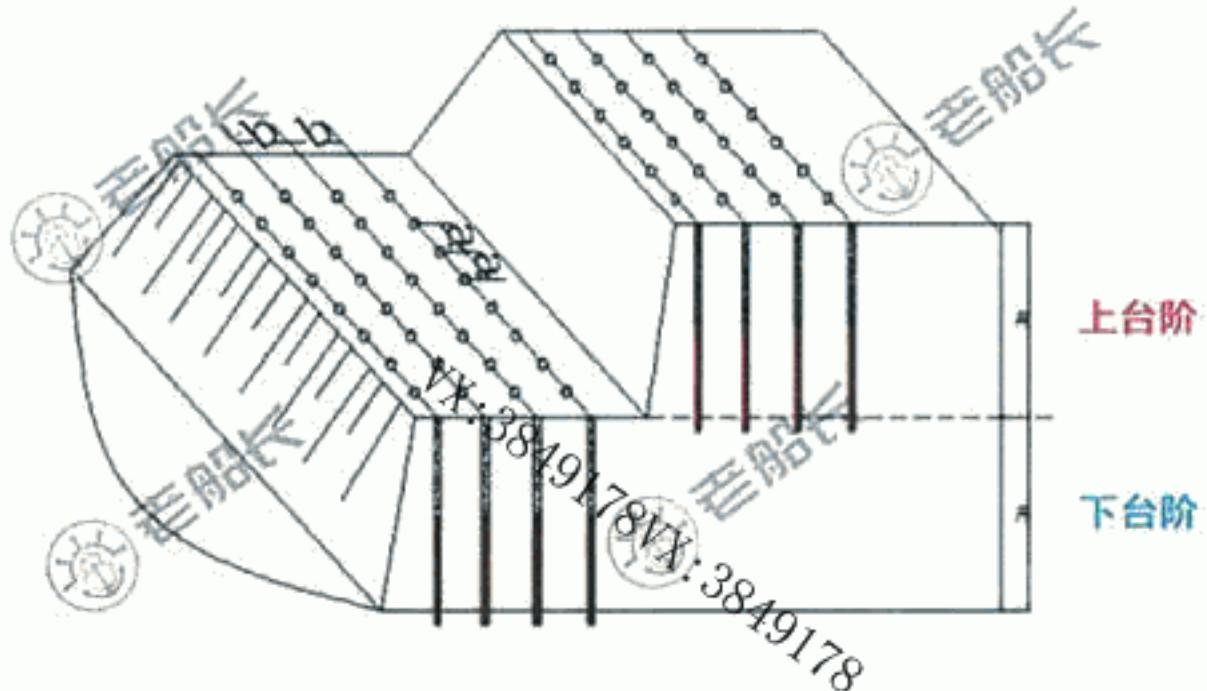
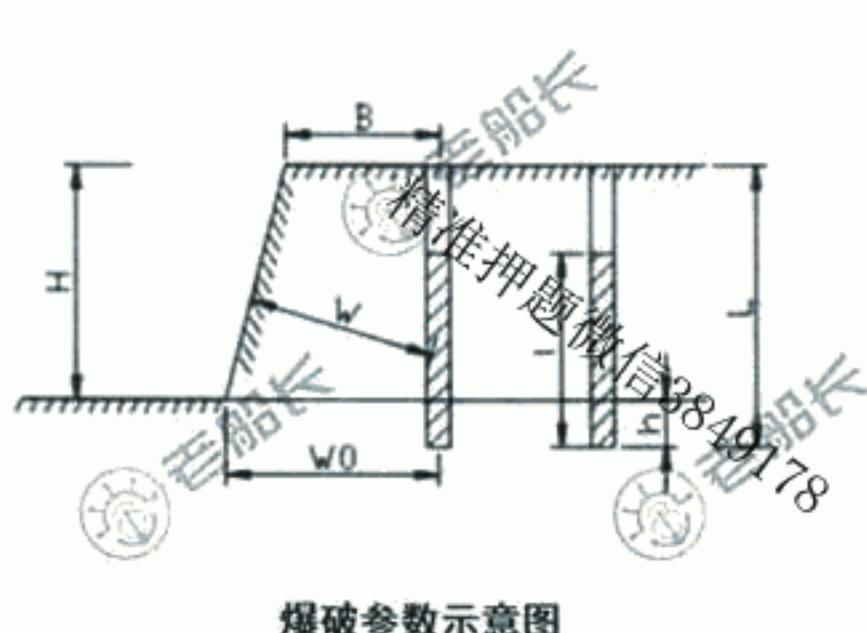
② 路基爆破施工技术分类（多个炮）



老船长经典秒杀口诀：爆破只用余光定位

爆破施工技术	内容
A. 光面爆破	在开挖限界的周边，适当排列一定间隔的炮孔，在有侧向临空面的情况下，用控制抵抗线和药量的方法进行爆破，使之形成一个光滑、平整的边坡。【2016 单 I、2015 案 II】
B. 预裂爆破	在开挖限界处按适当间隔排列炮孔，在没有侧向临空面和最小抵抗线的情况下，用控制药量的方法，预先炸出一条裂缝，使拟爆体与山体分开，作为隔震减震带，起保护开挖限界以外山体或建筑物和减弱地震对其破坏的作用。【2012 单 I、2006 单 I、2004 单 I、2008 单 II】
C. 微差爆破	两相邻药包或前后排药包以若干毫秒的时间间隔依次起爆，亦称毫秒爆破。【2020 单 II】
D. 定向爆破	利用爆能将大量土石方按照指定的方向，搬迁到一定的位置并堆积成路堤的一种爆破施工方法。【2008 单 II】

【补充】爆破参数：H-台阶高度；B-孔边距；W-最小抵抗线；W<sub>0</sub>-底盘抵抗线；l-装药长度；h-超深；L-炮孔深度；b-排距；a-孔距。



【2012 单 I】为保护开挖界限以外山体，使拟爆体与山体分开，可采用的爆破方法是（）。

- A. 预裂爆破      B. 光面爆破      C. 微差爆破      D. 洞室爆破

【答案】A

## 2) 石方开挖施工规定

- (1) 应逐级开挖，逐级按设计要求进行防护。（通用，同开挖一级防护一级）
- (2) 施工过程中，每挖深3~5m应进行边坡边线和坡率的复测。【2023 案 II】
- (3) 严禁采用硐室爆破，靠近边坡部位的硬质岩应采用光面爆破或预裂爆破。【2023 案 II】

(4) 爆破法开挖石方，应先查明空中缆线、地下管线的位置，开挖边界线外可能受爆破影响的建筑物结构类型、居民居住情况等，对不能满足安全距离的石方宜采用化学静态爆破或机械开挖。

## 3) 石质路床清理规定

项目	内容
(1) 超欠挖处理	①欠挖部分应予凿除。 ②超挖部分应采用强度高的砂砾、碎石进行找平处理，不得采用细粒土找平。

(2) 地下水处理	路床底面有地下水时，可设置渗沟进行排导，渗沟应采用硬质碎石回填。【2023 单 I】
(3) 边沟	路床的边沟应与路床同步施工。

## 4) 深挖路堑施工规定

- (1) 应根据地形特征设置边坡观测点，施工过程中应对深挖路堑的稳定性进行监测。  
 (2) 每挖深 3~5m 应复测一次边坡。

【补充】深路堑：边坡高度超过 20m 的土质路堑，或者边坡高度超过 30m 的石质路堑。

## 1.1.4 填方路基施工 ★★★

## 【补充·了解】土的分类

分类	内容
砂砾土	砾粒含量最多，在 33%~50% 之间，且砂粒含量多于粉粘粒的砾类土。
碎石土	由颗粒较大的碎石和颗粒较小的土粒组成。
砂砾	砂和砾石的混合物。
碎石	破碎的小块岩石。

## 1. 路基填料一般规定 【2018 单 II、2012 单 II、2010 单 II、2009 案 I】

使用要求	填料材料
(1) 宜（优选）	级配好的砾类土、砂类土等粗粒土
(2) 严禁	含草皮、生活垃圾、树根、腐殖质的土
(3) 不得直接用（处理后可用）	泥炭土、淤泥、冻土、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土
(4) ①不宜直接用于填筑二级及二级以上公路的路床。 ②不得直接用于填筑冰冻地区的路床及浸水部分的路堤。	粉质土

【2018 单 II】不得直接填筑于冰冻地区三、四级公路下路床的填料是（ ）。

- A. 湿粘土      B. 弱膨胀土      C. 红粘土      D. 粉质土

【答案】D

（5）路堤填料最小承载比和最大粒径应符合下表的规定。【2020 案 I、2015 案 I】

填料应用部位（路面底面下深度，m）	填料最小承载比 CBR (%)			填料最大粒径 (mm)
	高速、一级公路	二级公路	三、四级公路	
填方路基	上路床	0~0.30	8	6
	下路床	0.30~0.80	5	3
		0.30~1.20		
	上路堤	0.8~1.5	4	3

填料应用部位（路面底面下深度，m）				填料最小承载比 CBR (%)			填料最大粒径 (mm)
		高速、一级公路	二级公路	三、四级公路			
零填及挖方路基 (对比)	特重、极重交通	1.2~1.9					
	下路堤 轻、中及重交通	>1.5	3	2	2	150	
	特重、极重交通	>1.9					
零填及挖方路基 (对比)	上路床	0~0.30	8	6	5	100	
	下路床 轻、中及重交通	0.30~0.80	5	4	3	100	
	特重、极重交通	0.30~1.20					

### (6) 路床填料与压实厚度要求

#### ①高速公路、一级公路路床填料【2023 多 I】

使用要求	填料材料
①宜采用	砂砾、碎石等水稳定性好的粗粒料
②也可采用	级配好的碎石土、砾石土等
③粗粒料缺乏时，可采用	无机结合料改良细粒土

#### ②路床填筑压实厚度：【2020 案 I】

路床层位	压实厚度
①每层	宜≤300mm
②顶面最后一层	应≥100mm

## 2. 路堤施工技术

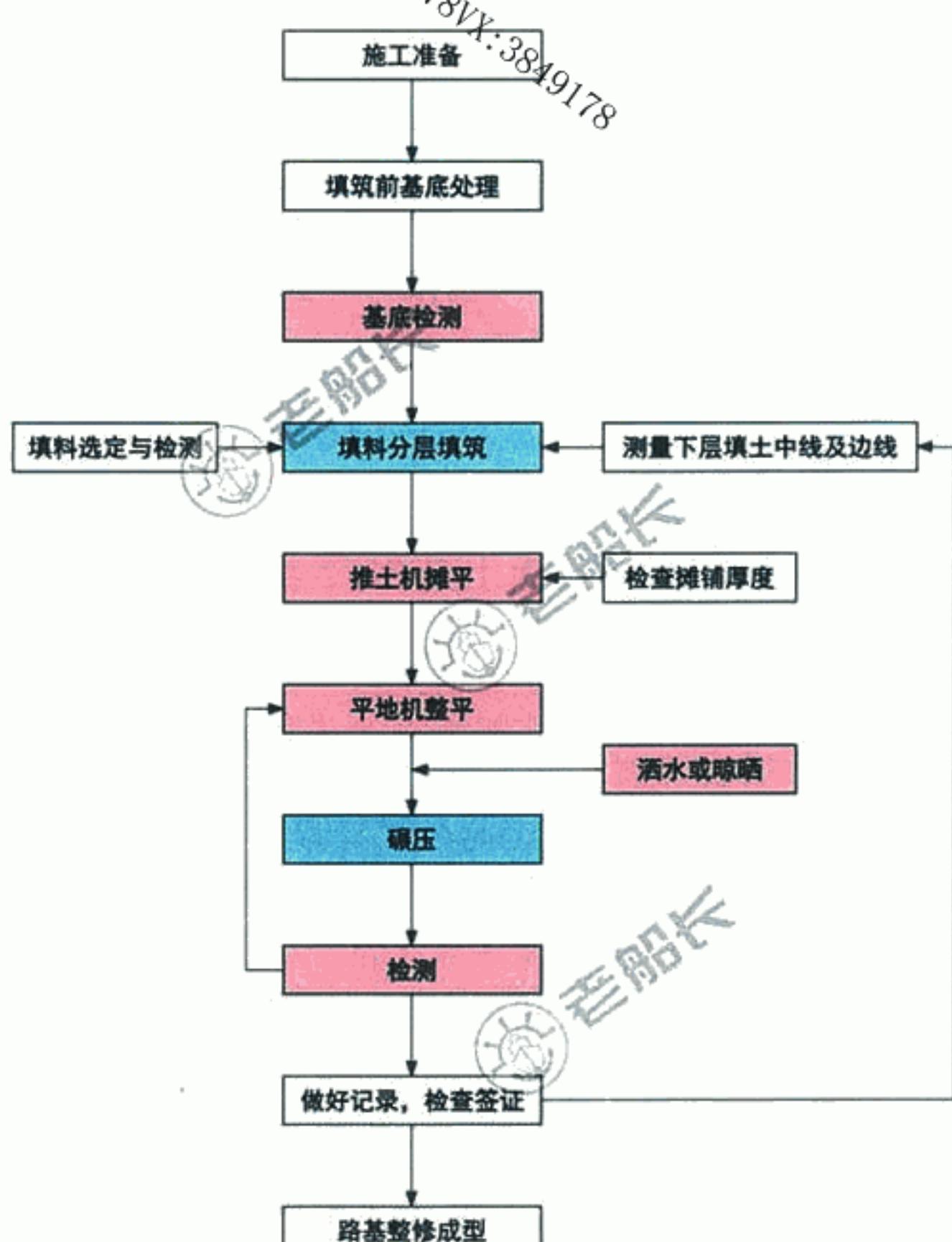
### 1) 填土路堤施工技术

#### (1) 填土路堤施工工序

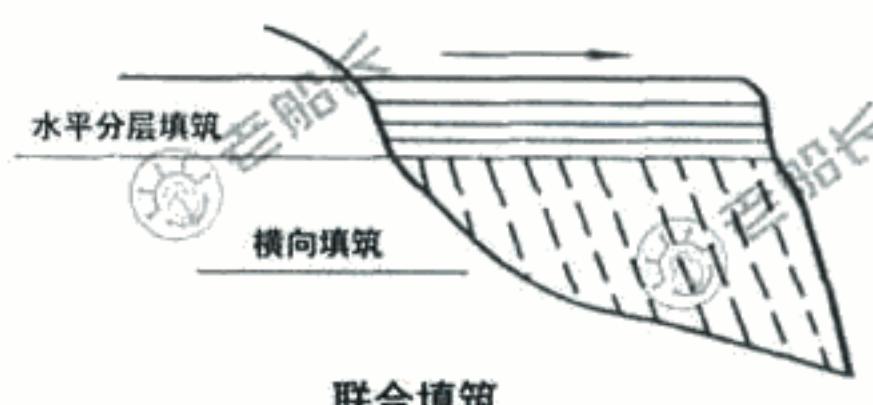
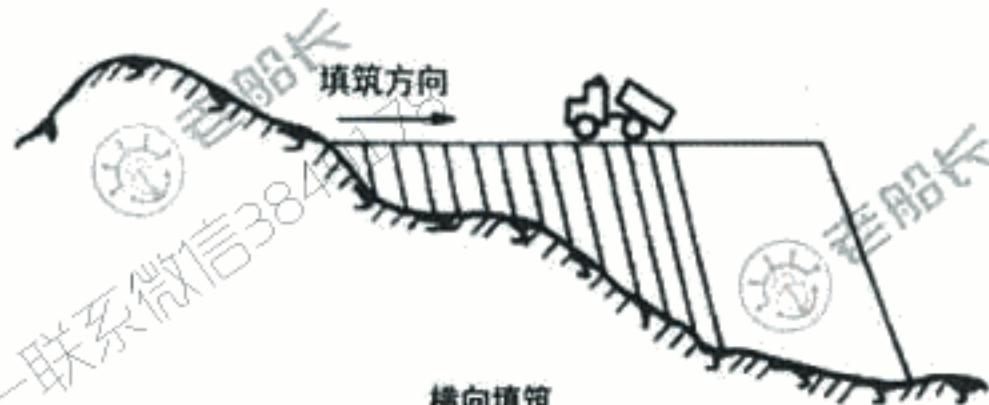
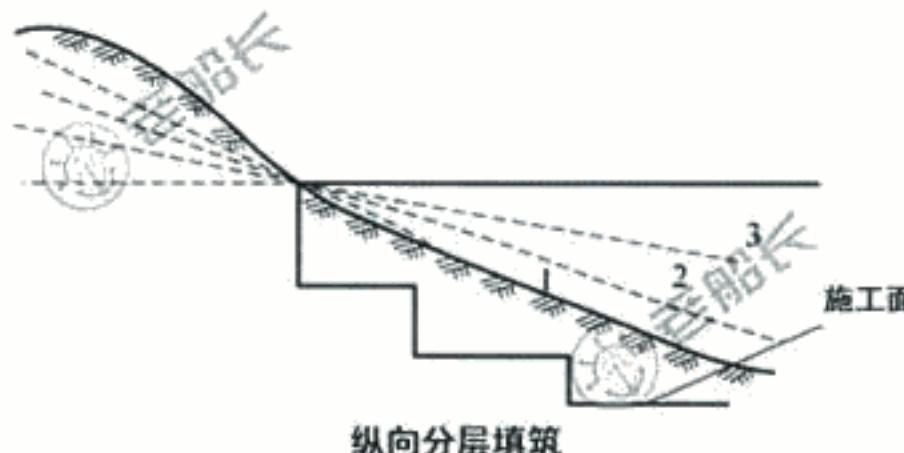
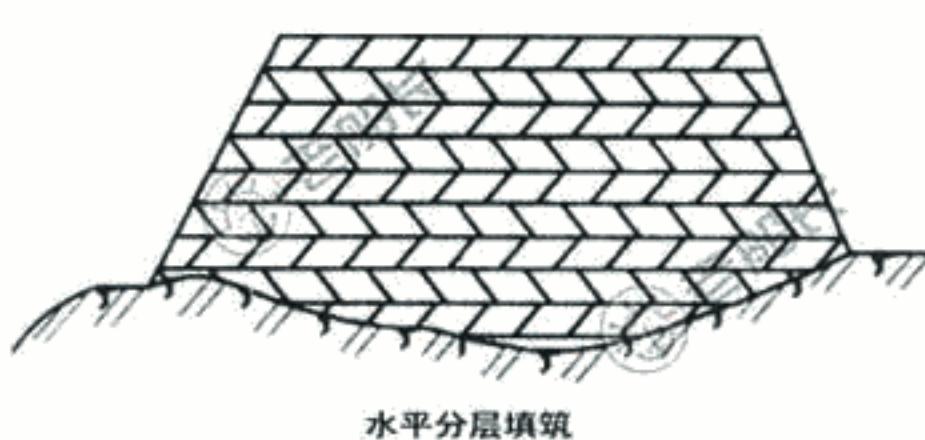
主要包括施工放样、清除表土、填前处理、分层填筑、整平、碾压、整修等。

#### (2) 填土路堤的填筑技术

##### ①填筑方法



填筑方法	原理
A. 水平分层填筑	填筑时按照横断面全宽分成水平层次，逐层向上填筑，是路基填筑的常用方式。
B. 纵向分层填筑	依路线纵坡方向分层，逐层向上填筑。常用于地面纵坡大于 12%、用推土机从路堑取料、填筑距离较短的路堤。缺点是不易碾压密实。
C. 横向填筑	从路基一端或两端按横断面全高逐步推进填筑。由于填土过厚，不易压实，仅用于无法自下而上填筑的深谷、陡坡、断岩、泥沼等机械无法进场的路堤。
D. 联合填筑	路堤下层用横向填筑而上层用水平分层填筑。适用于因地形限制或填筑堤身较高，不宜采用水平分层填筑或横向填筑法进行填筑的情况。



### ② 机械填筑路堤作业方式

- A. 推土机填筑路堤作业方式
- B. 挖掘机填筑路堤作业方式

利用挖掘机填筑路堤施工，一般有两种方式：

近距离：从路基一侧挖土，直接卸向另一侧填筑路堤。这种方式，用反铲挖掘机施工比较方便。

远距离：配合运土车辆，挖掘机挖土装车后，运至路堤施工现场卸土填筑，这是挖掘机填筑路堤施工的主要方式。

### ③ 土质路堤压实施工技术要点

项目	内容
A. 碾压速度	压实机械对土进行碾压时，一般以慢速效果最好。除羊足碾或凸块式碾外，压实速度以 2~4km/h 最为适宜。
B. 碾压方式	碾压一段终了时，宜采取纵向退行方式继续第二遍碾压，不宜采用掉头方式，以免因机械调头时搓挤土，使压实的土被翻松。
C. 行走路线	在整个全宽的填土上压实，宜纵向分行进行，直线段由两边向中间，曲线段宜由曲线的内侧向外侧（当曲线半径超过 200m 时，可以按直线段方式进行）。两行之间的接头一般应重叠 1/4~1/3 轮迹；对于三轮压路机则应重叠后轮的 1/2。（简记：由低向高）【2009 年】



## D. 纵向接头

纵向分段压好以后，<sup>精准押题进群3849178</sup>进行第二段压实时，其在纵向接头处的碾压范围，宜重叠1~2m，以确保接头处平顺过渡。

**【补充】土质路基压实总原则：“先轻后重、先静后振、先低后高、先慢后快，轮迹重叠。”**

E. 土质路堤压实度应符合下表规定。【2012 多 II、2009 单 II】

填筑部位（路面底面下深度）(m)			压实度(%)		
填方路基	上路床		≥96	≥95	≥94
	下路床	轻、中及重交通			
		特重、极重交通			
	上路堤	轻、中及重交通	≥94	≥94	≥93
		特重、极重交通			
	下路堤	轻、中及重交通	≥93	≥92	≥90
		特重、极重交通			
	上路床		≥96	≥95	≥94
	下路床	轻、中及重交通			

④ 土质路堤施工规定

项目	内容
A. 性质不同的填料	① 应水平分层、分段填筑，分层压实。 ② 同一层路基应采用同一种填料，不得混合填筑。 ③ 每种填料的填筑层压实后的连续厚度宜≥500mm。 ④ 路基上部宜采用水稳定性好或冻胀敏感性小的填料。 ⑤ 有地下水的路段或浸水路堤，应填筑水稳定性好的填料。【2009 案 I】
B. 透水性不同的填料	① 在透水性差的压实层上填筑透水性好的填料前，应在其表面设2%~4%的双向横坡，并采取相应防水措施。 ② 不得在透水性好的填料所填筑的路堤边坡上覆盖透水性差的填料。【2023 案 II、2010 多 II】
C. 填料的松铺厚度	每种填料的松铺厚度应通过试验确定。
D. 填筑宽度	每一填筑层压实后的宽度不得小于设计宽度。（超宽填筑不计量）【2022 单 II】
E. 接头处理	填方分几个作业段施工时： ① 能交替填筑：分层相互交替搭接，搭接长度应≥2m； ② 不能交替填筑：先填路段应按1:1~1:2坡度分层留台阶。
F. 质量控制	① 施工过程中，每一压实层均应进行压实度检测。 a. 检测频率：每1000m <sup>2</sup> 不少于2点。 b. 检测方法：灌砂法、环刀法。

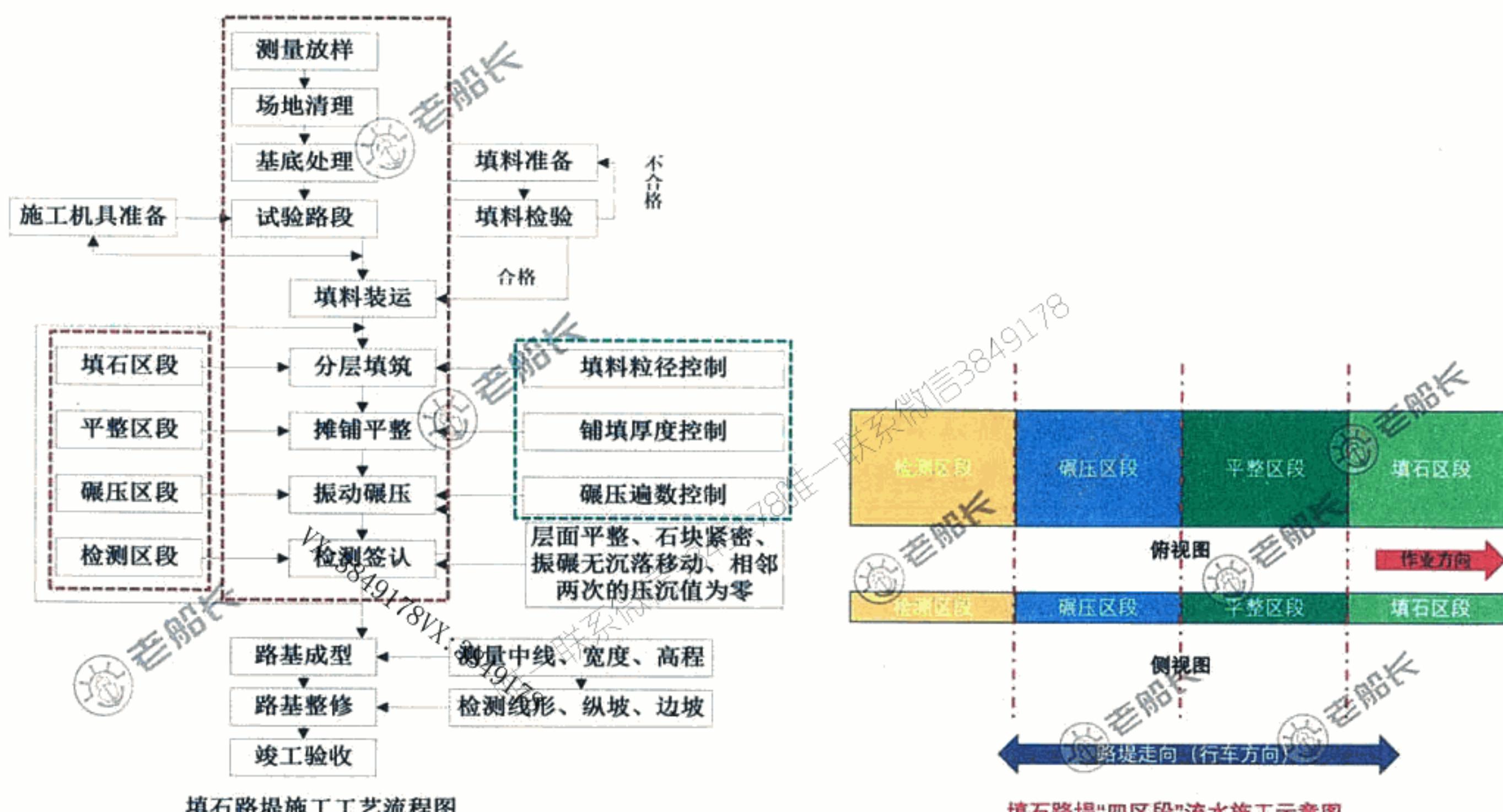
<b>G. 湿黏土路堤施工规定</b>	<p>②每填筑 2m (高) 宜检测路线中线和宽度。</p> <p>①湿黏土填料宜采用消石灰或磨细生石灰粉进行改良；          ②石灰粒径应不大于 20mm，质量宜符合三级及以上标准；          ③灰土拌和可采用路拌法，翻拌后填料的块状粒径超过 15mm 的含量宜小于 15%，填筑层厚度宜不超过 200mm；          ④改良后的湿黏土路堤质量应采用灰剂量与压实度两个指标控制；          ⑤应采用设计灰剂量的击实试验确定最大干密度。</p>
---------------------	--

### 【补充·了解】

检测方法	适用范围
灌砂法	现场挖坑，利用灌砂测定体积，计算密度。适用于路基土压实度检测，不宜用于填石路堤等有大孔洞或大孔隙材料的测定。在路面工程中也适用于基层、砂石路面、沥青表面处治及沥青贯入式路面的压实度检测。
环刀法	用于细粒土的密度测试。

### 2) 填石路堤施工技术

#### (1) 填石路堤施工工艺流程 【2021 案 I 、2021 案 II 、2015 单 II 、2009 单 I 】



填石路堤施工工艺流程图

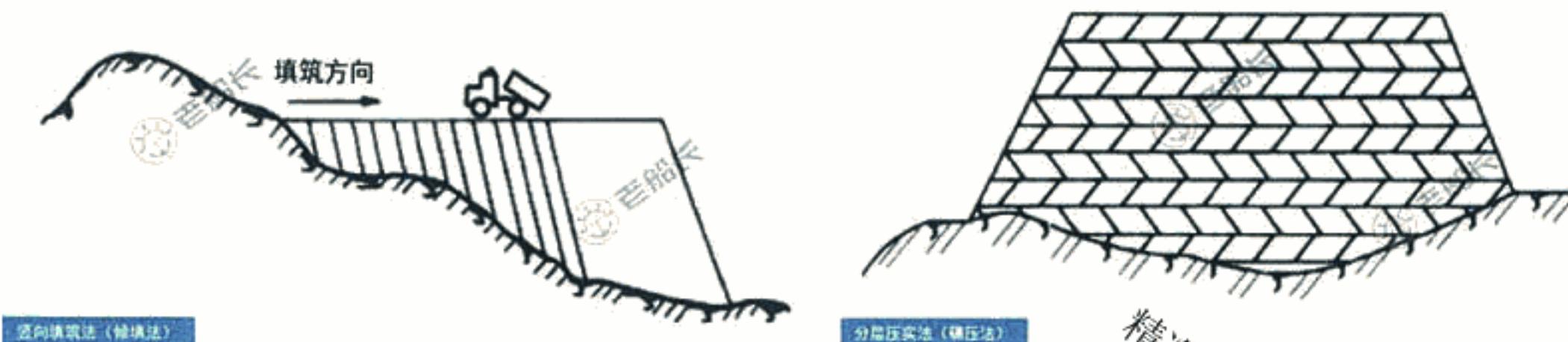
填石路堤“四区段”流水施工示意图



## (2) 填筑方法

### ① 竖向填筑法（倾填法）

以路基一端按横断面的部分或全部高度自上往下倾卸石料，逐步推进填筑。在陡峻山坡地段施工特别困难时，三级及三级以下砂石路面公路的下路堤可采用倾填方式填筑。其他级别路基不得采用此法。

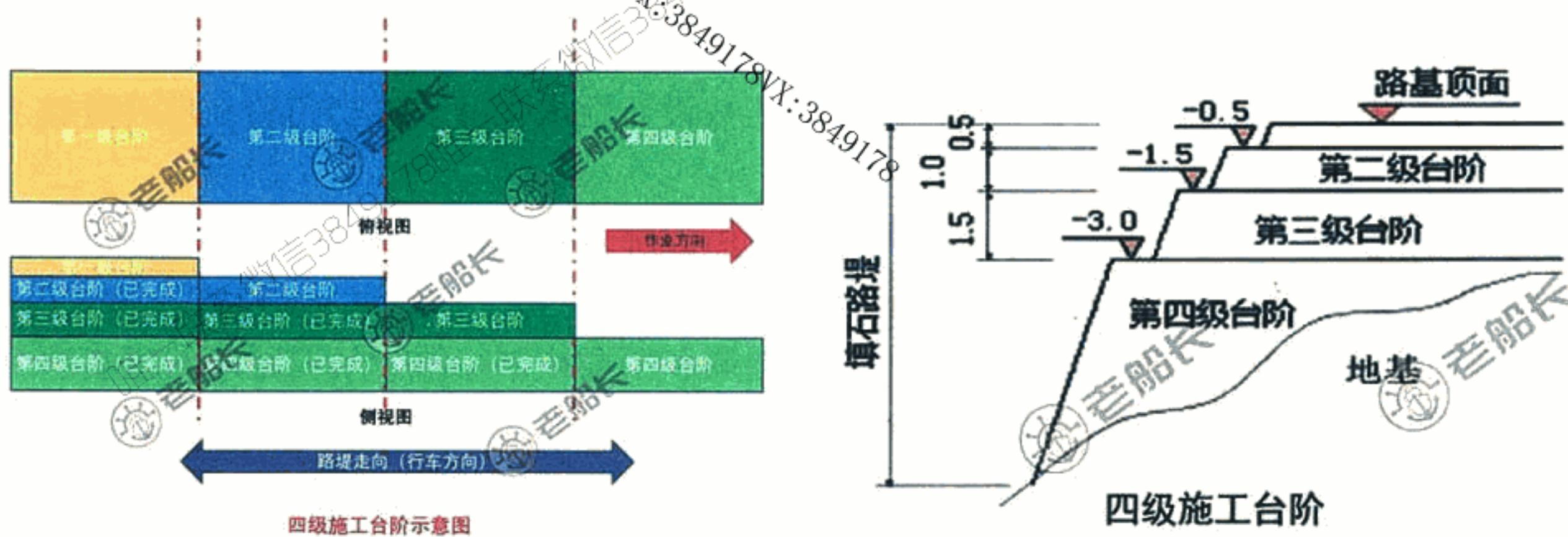


### ② 分层压实法（碾压法）

自下而上水平分层，逐层填筑，逐层压实，是普遍采用并能保证填石路堤质量的方法。高速公路、一级公路和铺设高级路面的其他等级公路的填石路堤采用此方法。

填石路堤将填方路段划分为四级施工台阶、四个作业区段，按施工工艺流程进行分层施工。

项目	内容
四级施工台阶	①路基面以下0.5m为第一级台阶； ②0.5~1.5m为第二级台阶； ③1.5~3.0m为第三级台阶； ④超过3.0m为第四级台阶。 <b>【2019案I】</b>
【补充】四个作业区段	填石区段、平整区段、碾压区段、检测区段。
【补充】八道工艺流程	施工准备、填料装运、分层填筑、摊铺平整、振动碾压、检测签认、路基成型、路基整修。（老船长经典秒杀口诀：填平压检成修）



### ③ 冲击压实法

项目	内容
优点	具有分层法连续性的优点，又具有强力夯实法压实厚度深的优点。
缺点	在周围有建筑物时，使用受到限制。

### ④ 强力夯实法

填石路堤强力夯实法施工要点：

#### A. 强力夯实法简要施工程序

填石分层强夯施工，要求分层填筑与强夯交叉进行，各分层厚度的松铺系数，第一层可取 1.2，以后各层根据第一层的实际情况适当调整。每一分层连续挤密式夯实，夯后形成夯坑，夯坑以同类型石质填料填补。【2017 单 II】

项目	内容
分层夯	强夯压实要求分层进行。分层厚度 5.0m 左右，高度 20m 以内的填石路堤分四层进行，其中底层稍厚，但不超过 5.5m，面层稍薄，一般为 4.0m。 层厚控制：由于分层层面与路面纵坡平行，按中桩号计算列出各分层在路堤相应位置的控制性层面标高，作为分层填筑的依据。
错位夯	a. 各层夯点采用错位布置，即上层夯点位于下层夯点间，以获得良好的击实效果。 b. 夯点间距：4.5m×4.5m。
安全夯	a. 强夯施工一定要远离涵墙、挡土墙外 6m 作业，以保证结构物安全； b. 测量仪器架设在距离夯点 30m 远处； c. 夯锤下落时，机下施工人员应距夯点 30m 外或站在夯机后方。

#### (3) 填石路堤施工要求

①填石路堤应分层填筑压实。在陡峻山坡地段施工特别困难时，三级及三级以下砂石路面公路的下路堤可采用倾填的方式填筑。【2021 单 II】

②岩性相差较大的填料应分层或分段填筑，软质石料与硬质石料不得混合使用。

③填石路堤顶面与细粒土填土层之间应填筑过渡层或铺设无纺土工布隔离层。

④压实机械宜选用自重不小于 18t 的振动压路机。【2021 案 I、2019 案 I、2014 单 II、2007 单 II】

⑤中硬、硬质石料填筑路堤时，应进行边坡码砌。边坡码砌与路基填筑应基本同步进行。【2021 案 II】

⑥采用易风化岩石或软质岩石石料填筑时，应按设计要求采取边坡封闭和底部设置排水垫层顶部设置防渗层等措施。

⑦填石路堤施工过程质量控制：压实质量可采用沉降差指标进行检测。施工过程中，每填高 3m 宜检测路基中线和宽度。【2021 案 II】

⑧不同强度的石料，应分别采用不同的填筑层厚和压实控制标准。填石路堤的压实质量标准采用孔隙率作为控制指标。孔隙率的检测应采用水袋法进行。【2021 案 I、2021 案 II、2016 单 II】

【补充·了解】孔隙率：孔隙体积与总体积的百分比。孔隙率越小表示密实程度越高。

⑨填石路堤成形后的外观质量标准应符合下列规定：砌块间承接面向内倾斜；路基边线与边坡不应出现单向累计长度超过 50m 的弯折。

#### (4) 填石路堤填料要求

①硬质岩石、中硬岩石可用于路堤和路床填筑；软质岩石可用于路堤填筑，不得用于路床填筑（简记：硬床软堤）；膨胀岩石、易溶性岩石和盐化岩石不得用于路基填筑。【2021案I、2019案I、2019多I】

部位	填料
路床	硬质岩石、中硬岩石
路堤	硬质岩石、中硬岩石、软质岩石
不得用于路基	膨胀岩石、易溶性岩石和盐化岩石

老船长经典秒杀口诀：硬床软堤，膨于晏不得使

【模拟例题】填石路基不得采用的填料是（ ）。

- A. 膨胀性岩石    B. 易溶性岩石    C. 硬质、中硬岩石    D. 软岩    E. 盐化岩石

【答案】ABE

②路堤填料粒径应不大于 500mm，并宜不超过层厚的 2/3。路床底面以下 400mm 范围内，填料最大粒径不得大于 150mm，其中小于 5mm 的细料含量应不小于 30%。

【2021案I、2021案II、2017案II、2007案I】

### 3) 土石路堤施工技术

#### (1) 填筑方法

土石路堤不得采用倾填方法，只能采用分层填筑、分层压实。宜用推土机铺填，松铺厚度控制在 400mm 以内，接近路堤设计标高时，需改用土方填筑。【2017案II、2014单II、2007案I、2007单II】

#### (2) 土石路堤施工要求

①压实机械宜选用自重不小于 18t 的振动压路机。

②土石混合料来自不同料场，其岩性或土石比例相差大时，宜分层或分段填筑。

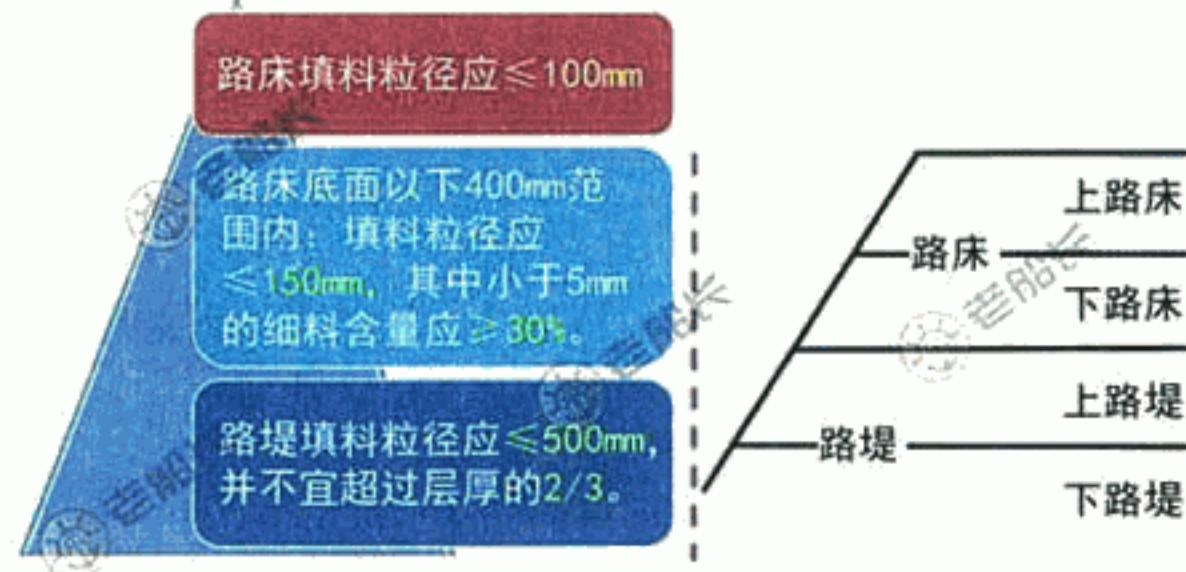
③填料由土石混合材料变化为其他填料时，土石混合材料最后一层的压实厚度应小于 300mm，该层填料最大粒径宜小于 150mm，压实后表面应无孔洞。

④中硬、硬质石料填筑土石路堤时，宜进行边坡码砌，码砌与路堤填筑宜同步进行，软质石料土石路堤的边坡按土质路堤边坡处理。【2014单II】

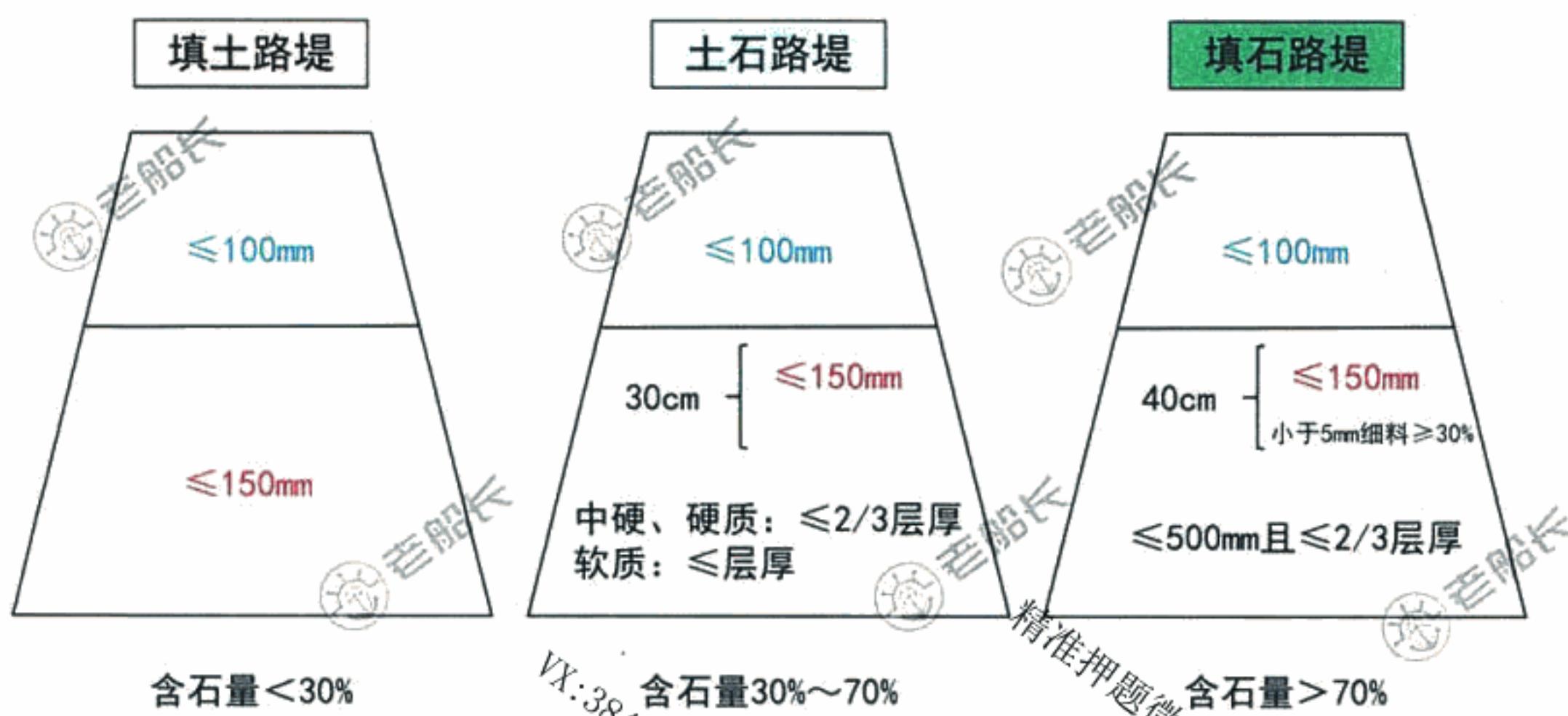
⑤土石路堤施工过程质量控制：压实质量可采用沉降差指标进行检测。施工过程中，每填筑 3m 高宜检测路线中线和宽度。【2023单II】

#### (3) 土石路堤填料要求

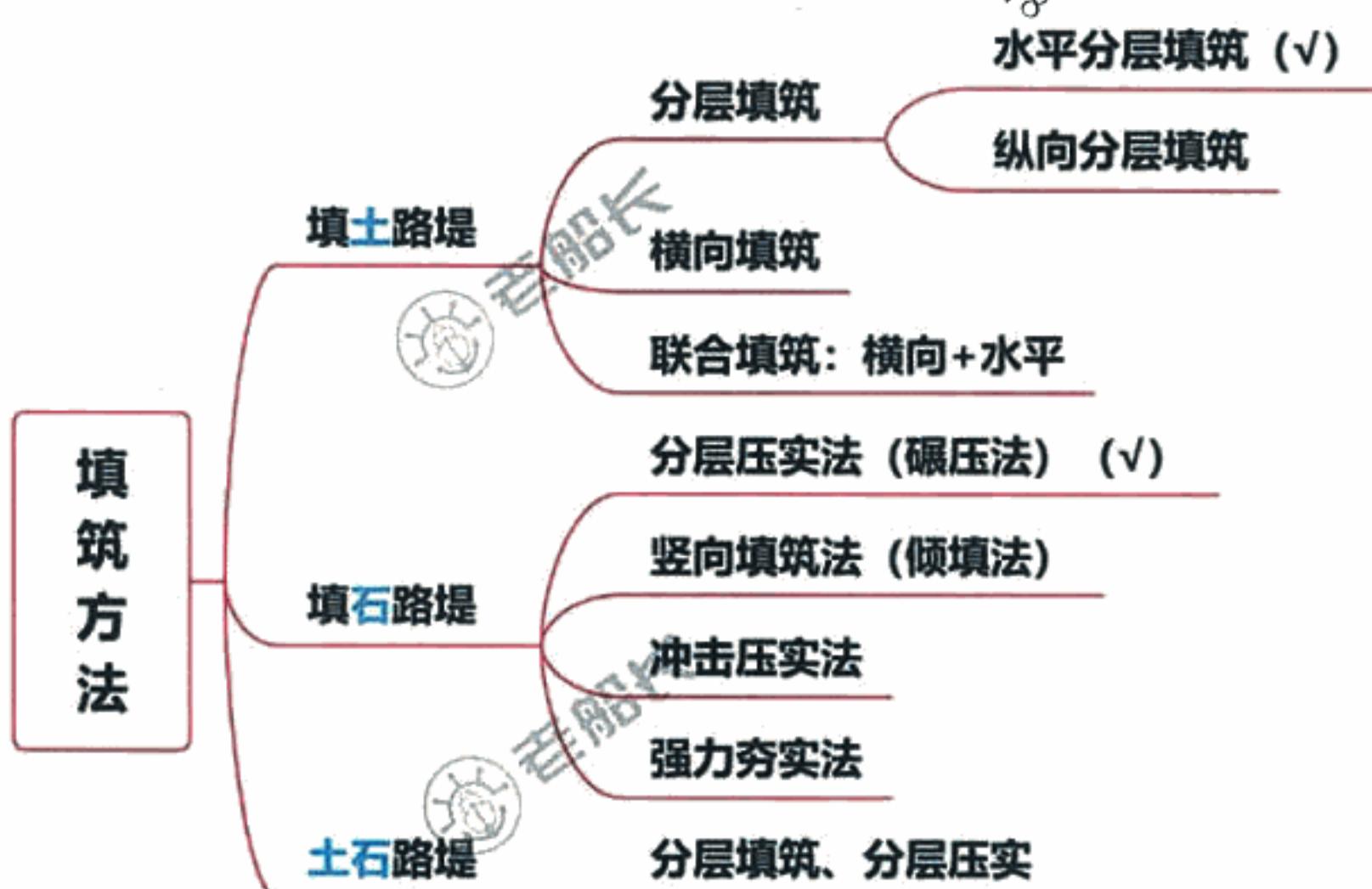
填料	要求	
膨胀岩石、易溶性岩石	不宜直接用于路基填筑	
崩解性岩石、盐化岩石	不得用于路基填筑	
中硬、硬质石料	最大粒径	≤压实层厚的 2/3
强风化石料、软质石料		≤压实层厚



【总结】填土、填石、土石路堤对比--填料粒径。



【总结】填土、填石、土石路堤对比--填筑方法。



#### 4) 高路堤施工技术

项目	内容
定义	路基填土边坡高度大于 20m 的路堤称为高路堤。【2020 案 I、2008 单 II】
填料要求	高路堤填料宜优先采用强度高、水稳定性好的材料，或采用轻质材料。
施工要求	(1) 高路堤段应优先安排施工，宜预留 1 个雨季或 6 个月以上的沉降期。 (2) 高路堤施工中应按设计要求预留高度与宽度，并进行动态监控。 (3) 高路堤宜每填筑 2m (厚) 冲击补压一次，或每填筑 4~6m (厚) 强夯补压一次。 (4) 高路堤填筑过程中应进行沉降和稳定性观测。 (5) 在不良地质路段的高路堤填筑，应控制填筑速率，并进行地表水平位移监测，必要时应进行地下土体分层水平位移监测。【2007 案 II、2006 单 II】



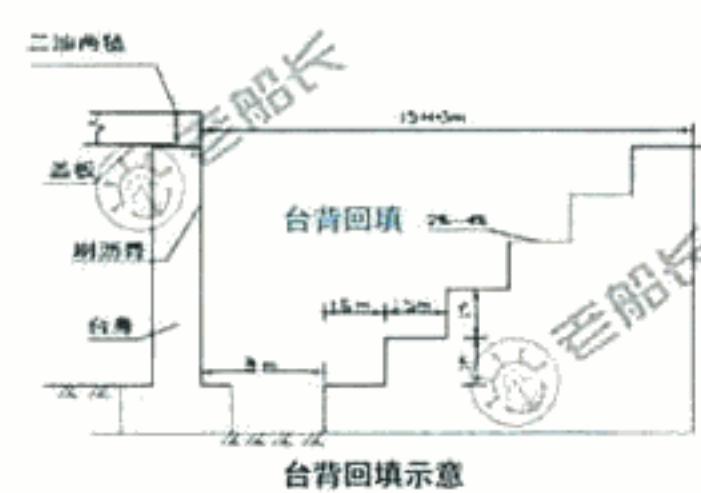
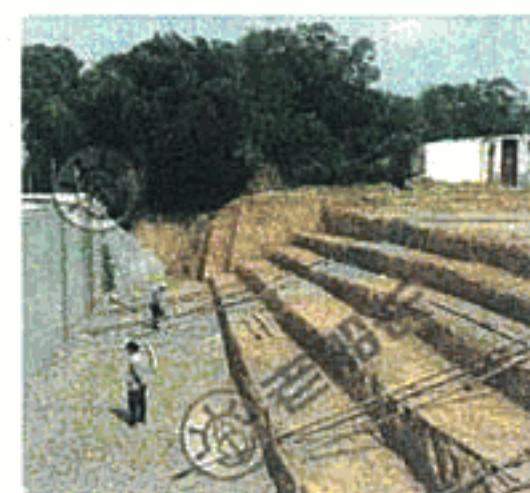
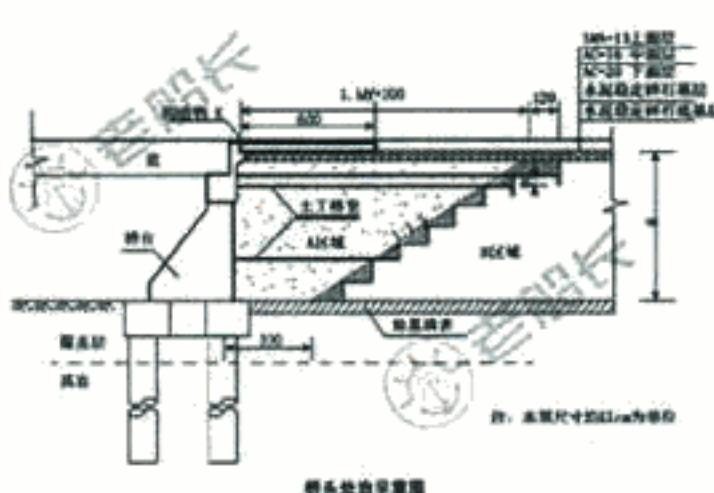
## 5) 粉煤灰路堤施工技术

项目	内容
适用	粉煤灰可用于各级公路路堤填筑，不得用于高速公路、一级公路的路床和二级公路的上路床。凡是电厂排放的硅铝型低铝粉煤灰都可作为路堤填料。
优点	由于是轻质材料，粉煤灰的使用可减轻土体结构自重，减少软土路堤沉降，提高土体抗剪强度。
组成	粉煤灰路堤一般由路堤主体部分、护坡和封顶层以及隔离层、排水系统等组成，其施工步骤与土质路堤施工方法相类似，仅增加了包边土和设置边坡盲沟等工序。 <b>【2017 多 I、2010 多 I】</b> （老船长经典秒杀口诀：水哥煮胡蜂，包够你吃）
施工要求	(1) 大风或气温低于 0℃ 时不宜施工。 (2) 有显著差别的灰源应分别堆放，分段填筑。 (3) 路堤高度超过 4m 时，可在路堤中部设置土质夹层。 (4) 包边土应与粉煤灰同步施工，宽度宜≥2m。 (5) 施工过程中，作业面应及时洒水润湿，并应合理设置行车便道。 (6) 粉煤灰路堤压实度标准应通过试验路段确定。粉煤灰路堤压实度可采用填上层检下层的方式进行检测。

## 6) 台背与墙背填筑施工技术（三背回填）

**【补充】**台背回填应顺路线方向，自台身起，其填土的长度在顶面应不小于桥台高度加 2m，在底面应不小于 2m。

项目	内容
施工要求	①二级及二级以上公路应按设计做好过渡段，过渡段路堤压实度应≥96%； ②二级以下公路的路堤与回填的连接部，应预留台阶。
	①台背和锥坡的回填宜同步进行。 <b>【2020 案 I】</b> ②涵洞两侧应对称分层回填压实。 ③回填部分的路床宜与路堤路床同步填筑。 <b>【2012 单 II】</b> ④台背与墙背回填，应在结构物强度达到设计强度的 75% 以上时进行。 <b>【2020 案 I】</b>
	①台背与墙背 1.0m 范围内回填宜采用小型夯实机具压实。 <b>【2010 单 II】</b> ②分层压实厚度宜≤150mm，填料粒径宜小于 100mm，涵洞两侧回填填料粒径宜小于 50mm，压实度应≥96%。 <b>【2020 案 I】</b>
填料要求	宜采用透水性材料、轻质材料、无机结合料稳定材料 <b>【2020 案 I、2017 案 II、2009 案 II】</b>
	不得用崩解性岩石、膨胀土
	部位狭窄时，可采用低强度等级混凝土、浆砌片石



### 1.1.5 路基季节性施工 ★★

### 1. 路基施工技术

1) 雨期施工地段的选择【2018单I、2012多II、2007多II、2006多I、2004单I】

可否施工	地段
(1) 可施工	①砂类土、碎砾石和岩石地段; ②路堑的弃方地段。
(2) 不宜施工	①低洼地段和高填深挖地段的土质路基，重黏土、膨胀土及盐渍土地段； ②平原地区排水困难及沿河路段。

【2018 单 I】山区公路中，雨期路基施工地段不宜选择（ ）。

- A. 砂类土地段      B. 路堑的弃方地段      C. 碎砾石地段      D. 重黏土地段

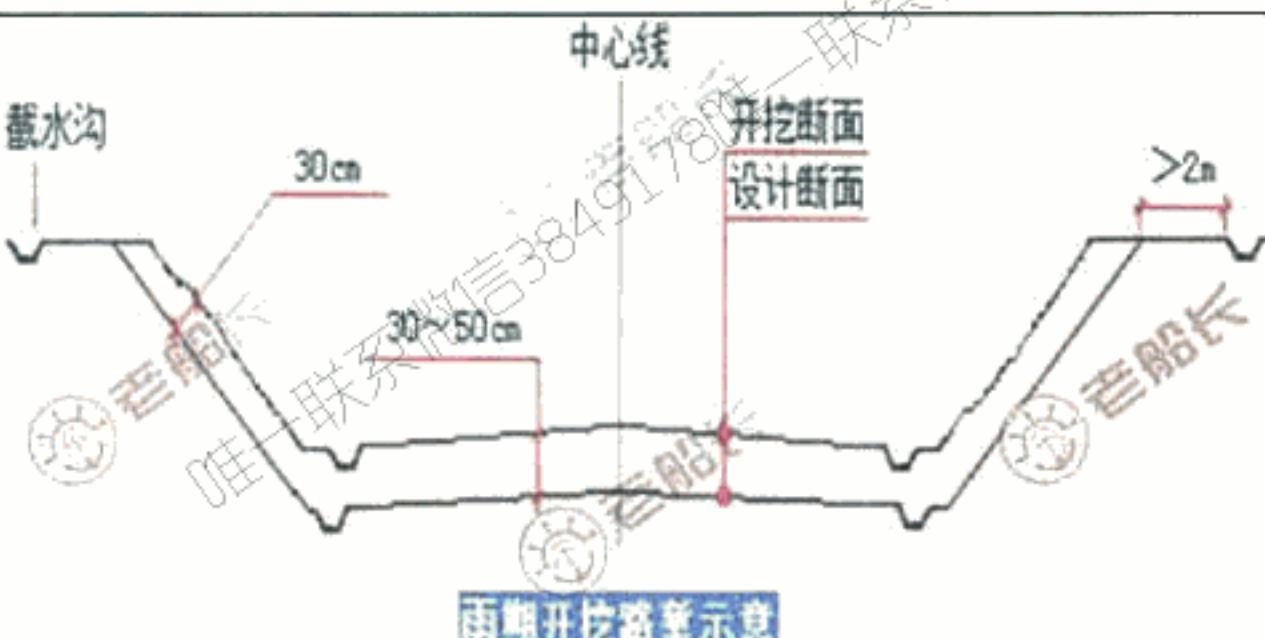
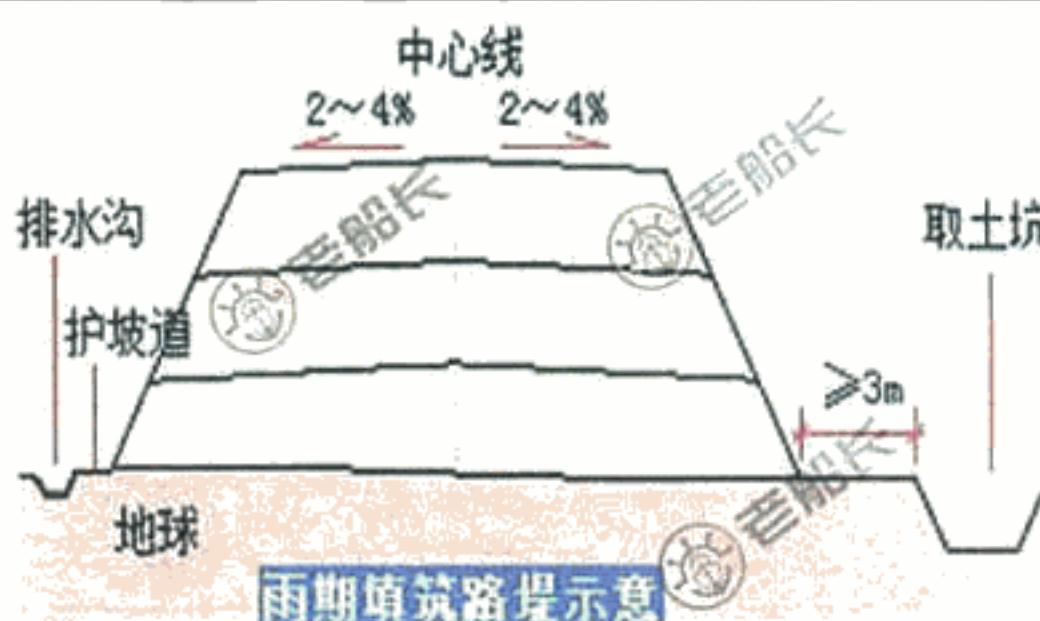
**【答案】D**

## 2) 雨期施工路基基底处理的规定

(1) 低洼地段，应在雨期前将原地面处理好，并将填筑作业面填筑到可能的最高积水位 0.5m 以上。

### 3) 雨期路堤施工的规定

项目	内容
(1) 填料要求	<p>①填料应选用透水性好的碎石土、卵石土、砂砾、石方碎渣和砂类土等。</p> <p>②利用挖方土作填料，含水率符合要求时，应随挖随填，及时压实。</p> <p>③含水率过大难以晾晒的土不得用作雨期施工填料。</p>
(2) 填筑要求	每一填筑层表面应做成2%~4%双向路拱横坡以利于排水。【2008单II、2006单II】



#### 4) 雨期挖方路基施工的规定【2012 单 I】

项目	内容
(1) 边坡保护	挖方边坡不宜一次挖到设计坡面，应预留一定厚度的覆盖层，待雨期过后再修整到设计坡面。
(2) 路床保护	当挖至路床顶面以上 300~500mm 时应停止开挖，并在两侧挖好临时排水沟，待雨期过后再施工。 <i>联系微信3849178</i>
(3) 炮眼设置	雨期开挖岩石路基，炮眼宜水平设置。

#### 2. 路基冬期施工技术

在季节性冻土地区，①昼夜平均温度在-3℃以下且连续 10d 以上，或者②昼夜平均温度虽在-3℃以上但冻土没有完全融化时，均应按冬期施工办理。【2017 案 I】

##### 1) 路基工程可冬期进行的项目【2011 多 II】

规律总结	内容
A. 利用冰冻机会	(1) 泥沼地带河湖冻结到一定深度后。如需换土时可趁冻结期挖去原地面的软土、淤泥层，换填合格的其他填料。 (2) 含水率高的流动土质、流沙地段的路堑可利用冻结期开挖。 (3) 河滩地段可利用冬期水位低，开挖基坑修建防护工程。
B. 不怕冻	(1) 岩石地段的路堑或半填半挖地段，可进行开挖作业。

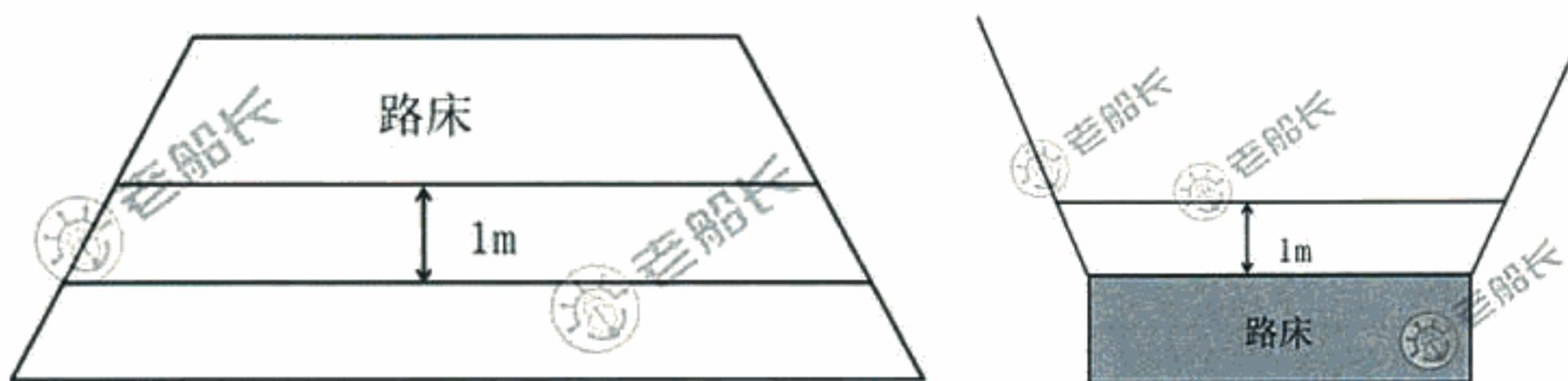
##### 2) 路基工程不宜冬期施工的项目【2019 单 I、2017 案 I、2017 多 II、2011 多 II、2006 单 II】

(1) 高速公路、一级公路的土质路堤和地质不良地区的公路路堤不宜进行冬期施工。土质路堤路床以下 1m 范围内，不得进行冬期施工。半填半挖地段、填挖交界处不得在冬期施工。

- (2) 铲除原地面的草皮、挖掘填方地段的台阶。
- (3) 整修路基边坡。
- (4) 在河滩低洼地带将被水淹的填土路堤。

##### 3) 冬期填方路堤施工的规定【2017 案 I、2017 多 II、2016 多 I】

项目	内容
(1) 填料要求	路堤填料应选用未冻结的砂类土、碎石、卵石土、石渣等透水性好的材料，不得用含水率大的黏质土。
(2) 填筑要求	①填筑路堤应按横断面全宽平填，每层松铺厚度应比正常施工减少 20%~30%，且松铺厚度不得超过 300mm。 ②当天填土应当天完成碾压。
(3) 路床保护	当填筑高程距路床底面 1m 时，碾压密实后应停止填筑，在顶面覆盖防冻保温层，待冬期过后整理复压，再分层填至设计高程。
(4) 补充压实	冬期过后应对填方路堤进行补充压实。



#### 4) 冬期施工开挖路堑表层冻土的方法

方法	适用条件
(1) 爆破冻土法	当冰冻深度达 1m 以上时可用此法炸开冻土层。
(2) 机械破冻法	1m 以下的冻土层。
(3) 人工破冻法	冰冻层较薄，破冻面积不大。

老船长经典秒杀口诀：人暴击冻土

#### 5) 冬期挖方路基施工的规定【2016 单 I】

项目	内容
(1) 边坡保护	挖方边坡不得一次挖到设计线，应预留一定厚度的覆盖层，待到正常施工季节后再修整到设计坡面。
(2) 路床保护	路基挖至路床顶面以上 1m 时，完成临时排水沟后应停止开挖，待冬期过后再施工。

#### 路堑开挖时路床顶预留厚度总结

开挖方式	一般开挖	雨期开挖	冬期开挖
路床顶预留厚度 (m)	0.3	0.3~0.5	1

#### 【2017 多 II】关于路基冬期施工的说法，正确的有（ ）。

- A. 半填半挖地段、填挖方交界处不得在冬期施工
- B. 冬期填筑路堤，应按横截面全宽平填，每层松铺厚度应比正常施工增加 20%~30%
- C. 当填筑至路床底面时，碾压密实后应停止填筑，在顶面覆盖防冻保温层
- D. 冬期过后必须对填方路堤进行补充压实
- E. 河滩地段可利用冬期水位低，开挖基坑修建防护工程

【答案】ADE

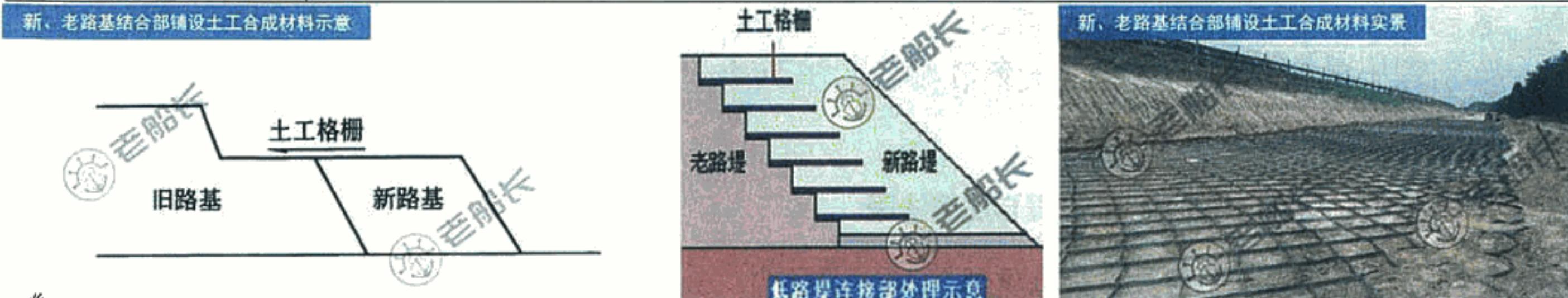
精准押题微信3849178

## 1.1.6 路基改（扩）建施工 ★★

### 1. 一般路堤拓宽施工要求

【补充】工后沉降：从施工完毕直到沉降稳定（例如，要求固结度达到95%）这段时间内的沉降量。

项目	内容
(1) 拓宽路堤填筑前处理	①应拆除原有排水沟、隔离栅等设施。 ②拓宽部分的基底清除原地表土应 $\geq 0.3m$ 。 ③老路堤坡面，清除的法向厚度应 $\geq 0.3m$ 。（简记：拆旧、清表 0.3m）
(2) 防护工程拆除	①上边坡的既有防护工程宜与路基开挖同步拆除。 ②下边坡的防护工程拆除时应采取措施保证既有路堤的稳定。【2023案I】
(3) 支挡工程	①既有路堤的护脚挡土墙及抗滑桩可不拆除。【2023案I】 ②路肩式挡土墙路基拼接时，上部支挡结构物应予拆除，宜拆除至路床底面以下。
(4) 包边土	既有路基有包边土时，宜去除包边土后再进行拼接。
(5) 台阶要求	①从老路堤坡脚向上开挖台阶时，应随挖随填。 ②台阶高度应 $\leq 1.0m$ ，宽度应 $\geq 1.0m$ 。（区分记忆规律：小胖墩，矮而宽）
(6) 拼接宽度小于0.75m时	可采取超宽填筑再削坡或翻挖既有路堤等措施。【2023案I】
(7) 结合部材料	宜在新、老路基结合部铺设土工合成材料。（土工布或土工格栅，防止反射裂缝）
(8) 路基监控	①拓宽路基应进行沉降观测。【2023案I】 ②高路堤与陡坡路堤路段尚应进行稳定性监测。



### 新旧路基结合部处治技术要点

#### 1) 新路基填筑

##### (1) 地基处治

###### ① 低路堤地基处治

在路基填筑时，如有必要，可铺设土工布或土工格栅，以加强路基的整体强度及板体作用，防止路基不均匀沉降而产生反射裂缝。【2014单II、2011案I】

###### ② 高路堤地基处治

高路堤拓宽部分地基必须进行特殊处理。如果高路堤拓宽部分为软土地基，就应采取加强处治措施。施工中为了确保路基稳定、减少路基工后沉降，对高路堤拓宽地基可采取粉喷桩、砂桩、塑料排水体、碎石桩等处理措施，并配合填筑轻型材料。在高路堤地基处治过程中，不宜单独采用只适合于浅层处治以及路基填土较低等情况的换填砂石或加固土处治。

高路堤拓宽时，一定要进行路基稳定性验算，采取有效措施，防止路基失稳。

## (2) 拓宽部分路基填筑

改善拓宽部分路基填料性质和提高新路基填土力学性能常用的措施有：

措施	原理
①轻质填料路堤	采用粉煤灰、石灰、泡沫轻质土等填料填筑的路堤，降低新路堤的自重，减小路堤的压缩变形，提高新路堤的强度和刚度，减小路基在行车荷载作用下的塑性累积变形。
②砂砾石填料	砂砾石可压缩性较小，能大大减小路堤的压缩变形并提高承载力。
③冲击补强	采用冲击压实方法可以有效地提高土体的压实度，降低工后沉降量。

## 2) 新旧路基衔接的技术措施【2022 多 I】

(1) 清除旧路肩边坡上草皮、树根及腐殖土等杂物。

(2) 将旧土路肩进行翻晒或掺灰重新碾压，以达到质量要求。

(3) 修建试验路，改进路基开挖台阶的方案，由从土路肩开始下挖台阶，改为从硬路肩开始下挖台阶，沿道路纵向铺设一定幅宽的土工材料，使土工材料一半位于老路基中，另一半位于加宽路基土中，以消除旧路基边坡压实度不足，加强新旧路基的结合程度，减少新老路堤沉降差。

## 1.1.7 特殊路基施工 ★★★

### 1. 软土地区路基施工

#### 1) 软土的工程特性

软土是指天然含水率高、天然孔隙比大、抗剪强度低、压缩性高的细粒土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。

老船长经典秒杀口诀：水孔强压

鉴别软土的两项基础指标：天然孔隙比、天然含水率。

#### 2) 软土地基处理施工技术



### (1) 垫层与浅层处理【2020 案 I、2019 案 I、2019 案 II】

类型	内容
垫层	按材料分为：碎石垫层、砂砾垫层、石屑垫层、矿渣垫层、粉煤灰垫层、灰土垫层。
浅层处理	方法： ①浅层置换（砂砾、碎石土） ②浅层改良（石灰、水泥） ③抛石挤淤（片石、块石，石料直径宜不小于 300mm） 处理深度不宜大于 3m。



#### ①砂砾、碎石垫层施工规定

项目	内容
A. 材料	①宜采用级配好的中、粗砂，砂砾或碎石。 ②含泥量应不大于 5%。 ③最大粒径宜小于 50mm。
B. 施工方法	①垫层应水平铺筑。 ②当地形有起伏时，应开挖台阶，台阶宽度宜为 0.5~1m。
C. 垫层宽度	应宽出路基坡脚 0.5~1m。

#### ②抛石挤淤施工规定

项目	内容	
A. 材料	应采用不易风化的片石、块石，石料直径宜不小于 300mm。	
B. 抛石顺序【2011 单 II】	横坡缓于 1: 10 时	应沿路线中线向前呈等腰三角形抛填、渐次向两侧对称抛填至全宽，将淤泥挤向两侧。
	横坡陡于 1: 10 时	应自高侧向低侧渐次抛填，并在低侧边部多抛投形成不小于 2m 宽的平台。
C. 当抛石高出水面后	应采用重型机具碾压密实。	

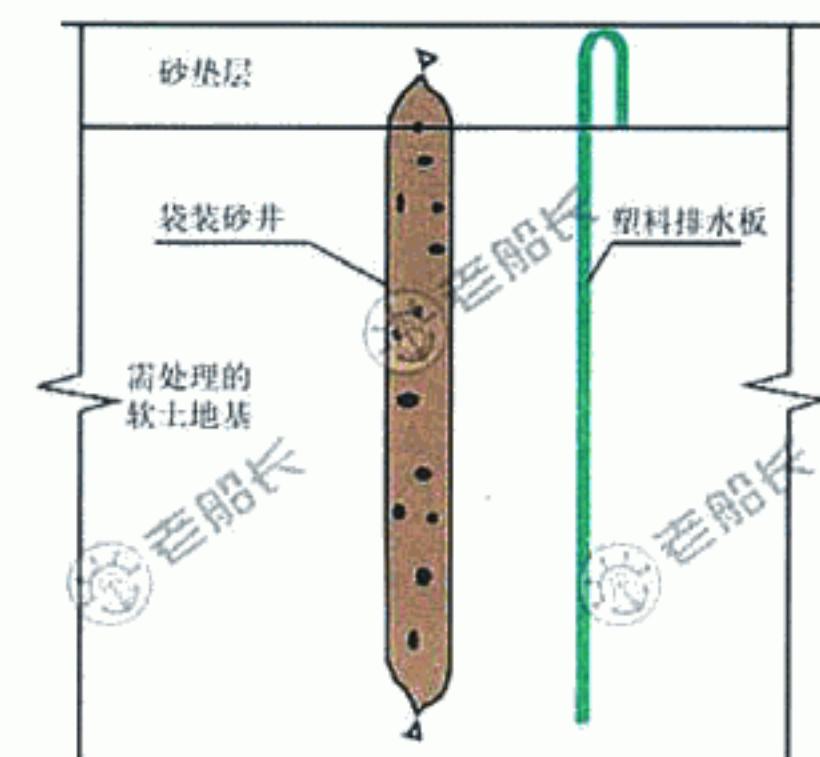
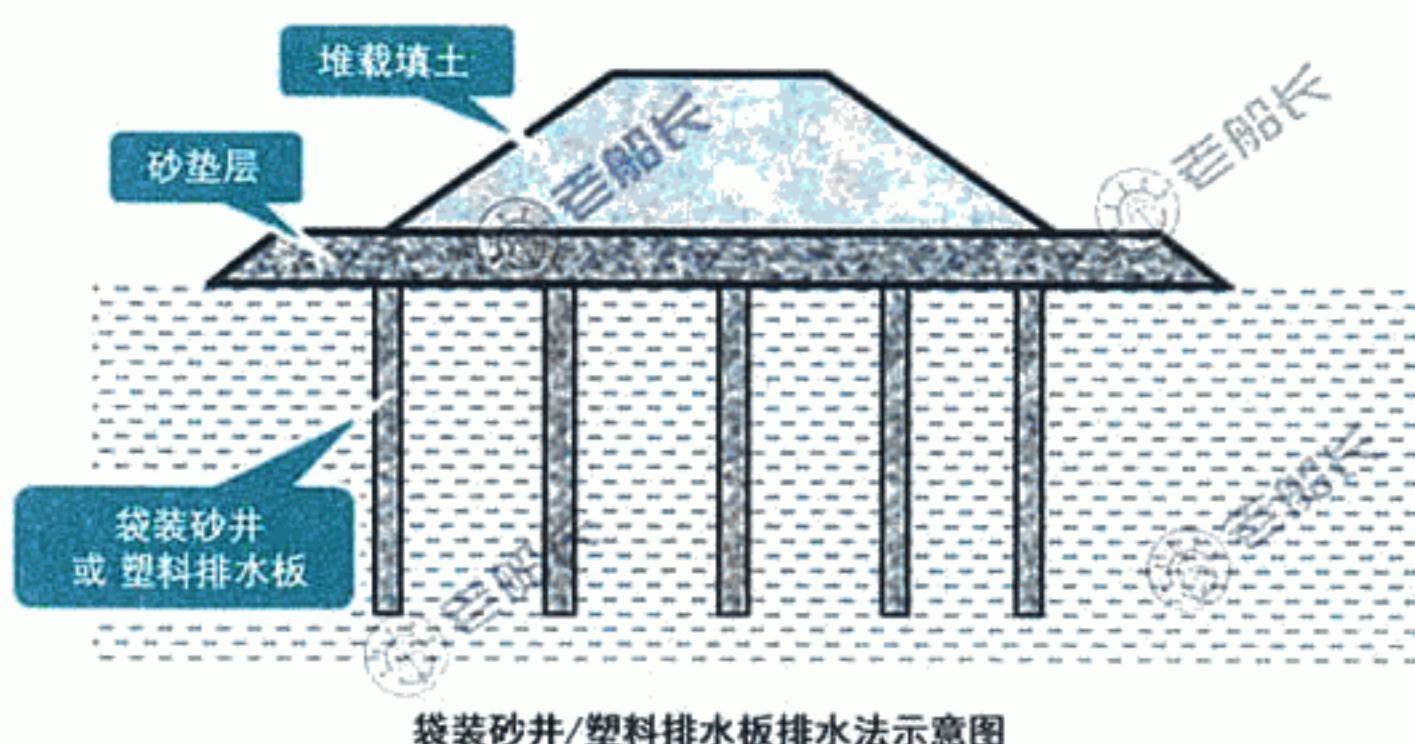
#### (2) 爆炸挤淤

项目	内容
适用	①处理海湾滩涂等淤泥和淤泥质土地基。 ②处理厚度：不宜大于 15m。
施工规定	①宜采用布药机进行布药。当淤泥顶面高、露出水面时间长，且装药深度小于 2.0m 时，可采用人工简易布药法。

- ②抛填进尺最小宜不小于3m，最大宜不大于10m。  
 ③爆炸挤淤后应采用钻孔或物探方法探测检查置换层厚度、残留混合层厚度。置换层底面和下卧地基层设计顶面之间的残留淤泥碎石混合层厚度应不大于1m。

### (3) 竖向排水体

竖向排水体适用于深度大于3m的软土地基处理。用于对淤泥质土和淤泥地基进行处理时，宜与加载预压或真空预压方案联合使用。【2020案I】  
 竖向排水体可采用袋装砂井和塑料排水板。竖向排水体可按正方形或等边三角形布置。【2022案I】<sup>3849178</sup>

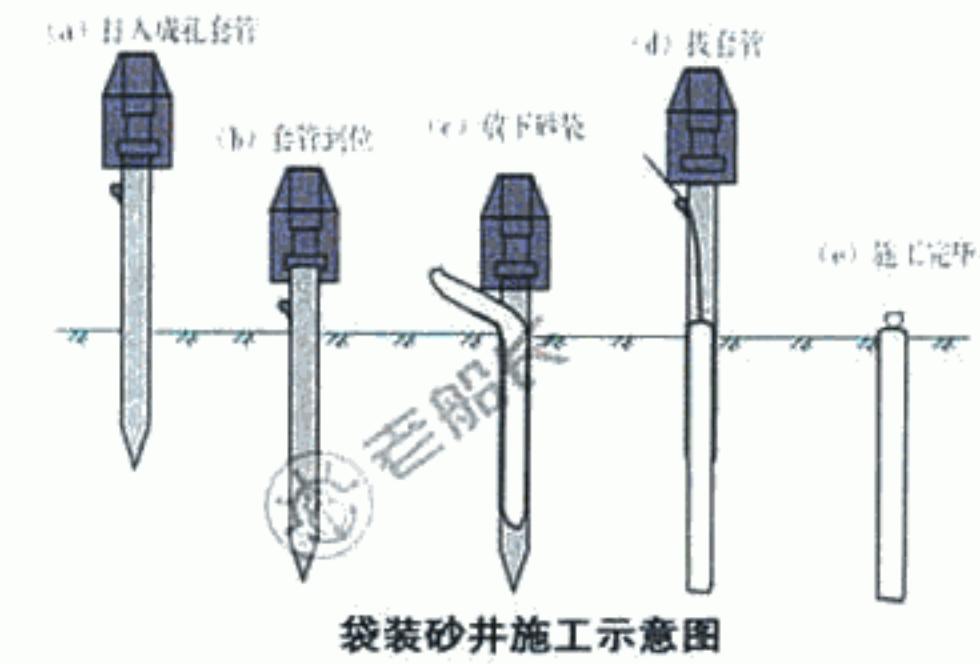
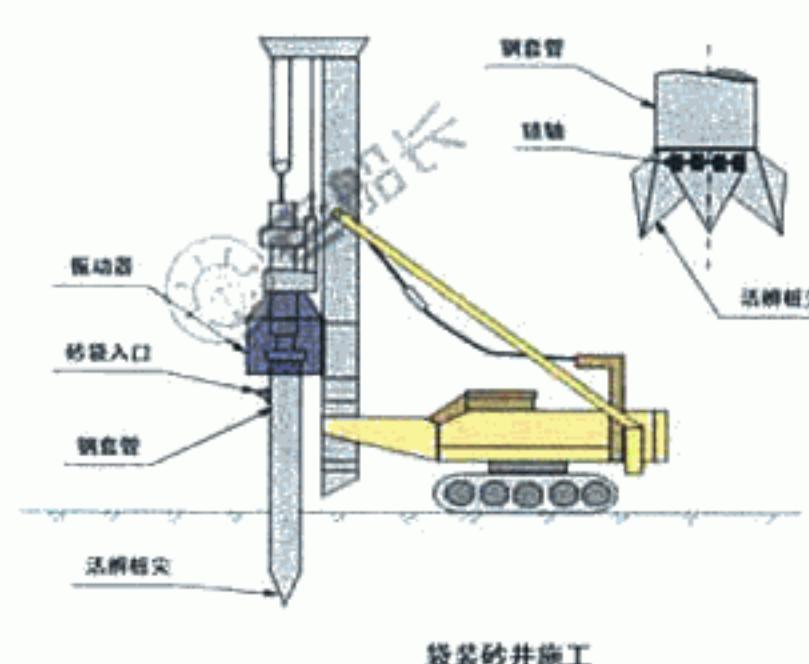


施工机械：【2013单I】

类型	施工机械
袋装砂井	沉管式打桩机
塑料排水板	沉管式打桩机、插板机

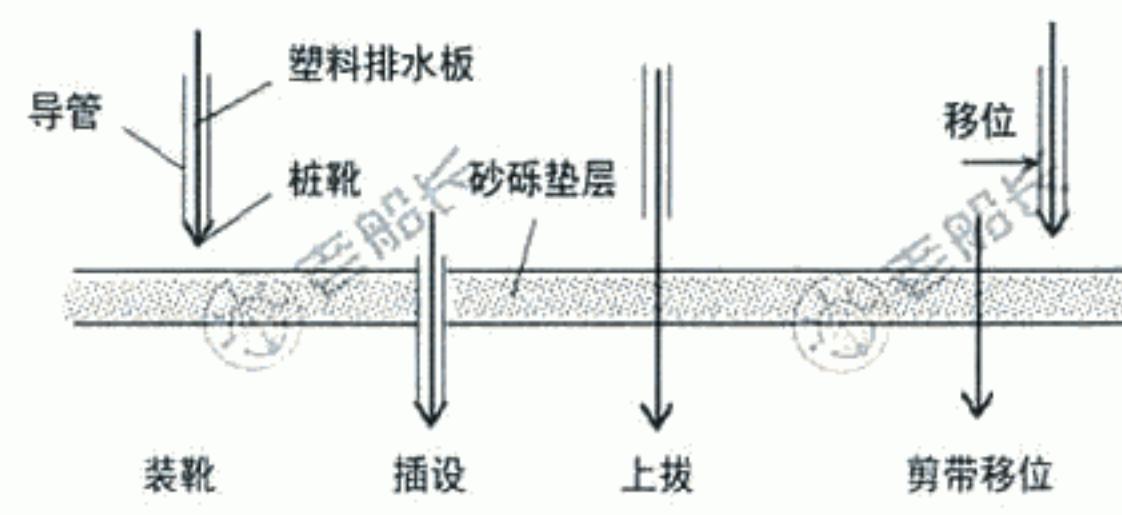
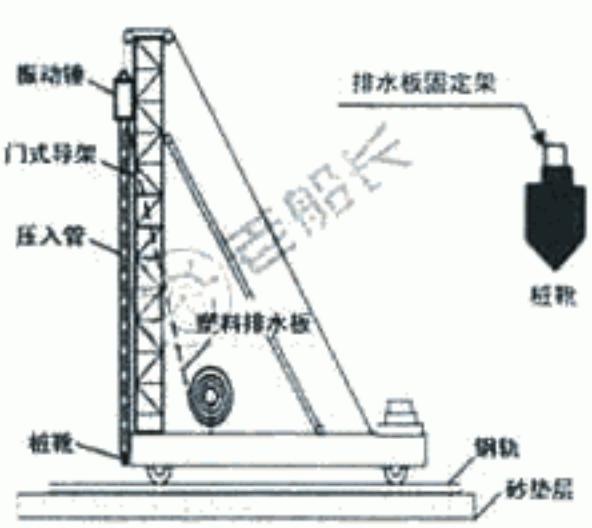
袋装砂井施工工艺程序：整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具定位→打入套管→沉入砂袋→拔出套管→机具移位→埋砂袋头→摊铺上层砂垫层。【2023案I、2018单II、2015单I】

老船长经典秒杀口诀：原下级打入，出居头上。（释义：原下级打入敌人内部，出来后职位居于你头上。）



塑料排水板施工工艺程序：整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具就位→塑料排水板穿靴→插入套管→拔出套管→割断塑料排水板→机具移位→摊铺上层砂垫层。【2014单I、2013案I】

老船长经典秒杀口诀：原下级穿套管，排吉普。（释义：你的原下级穿上套管，去排队买吉普车。）



### ①袋装砂井施工规定

A. 宜采用中、粗砂，粒径大于 $0.5\text{mm}$ 颗粒的含量宜大于50%，含泥量应小于3%，渗透系数应大于 $5 \times 10^{-2}\text{mm/s}$ 。砂袋的渗透系数应不小于砂的渗透系数。【2023案I】

B. 套管起拔时应垂直起吊，防止带出或损坏砂袋。发生砂袋带出或损坏时，应在原孔位边缘重打。【2014案II】

C. 砂袋在孔口外的长度应不小于300mm，并顺直伸入砂砾垫层。

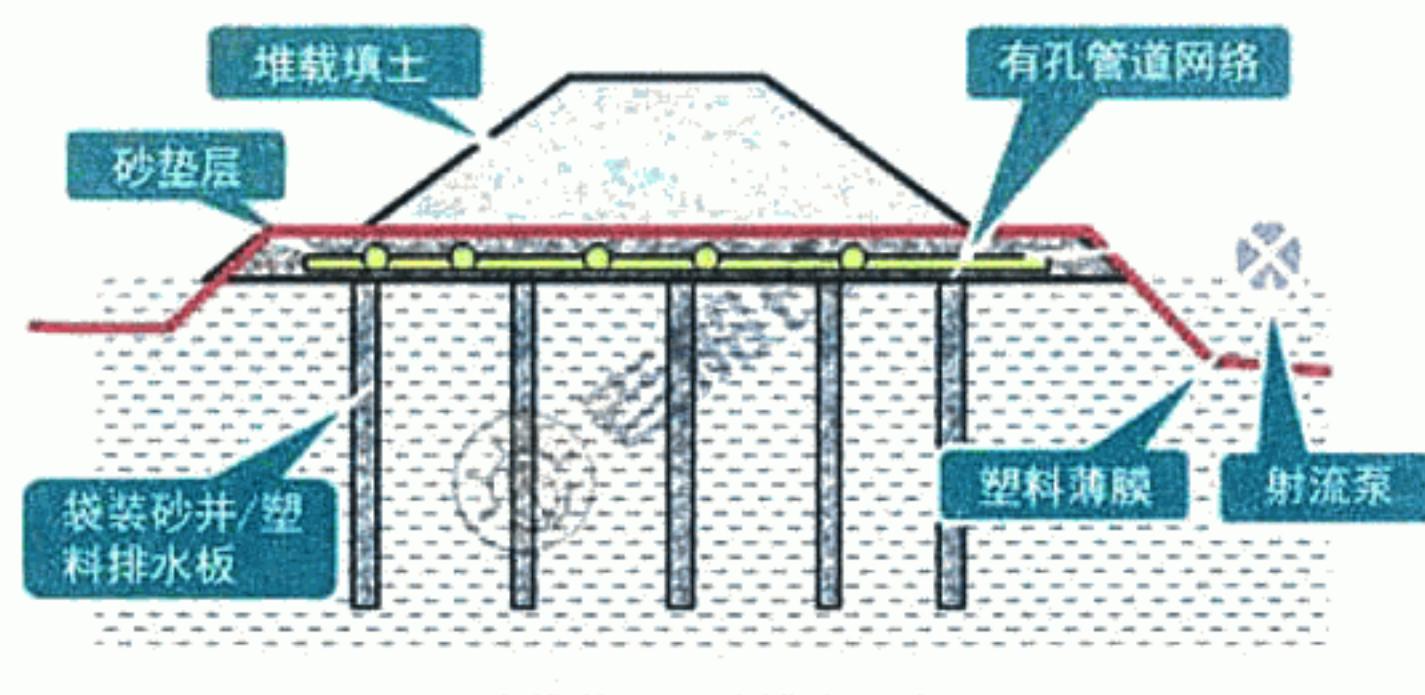
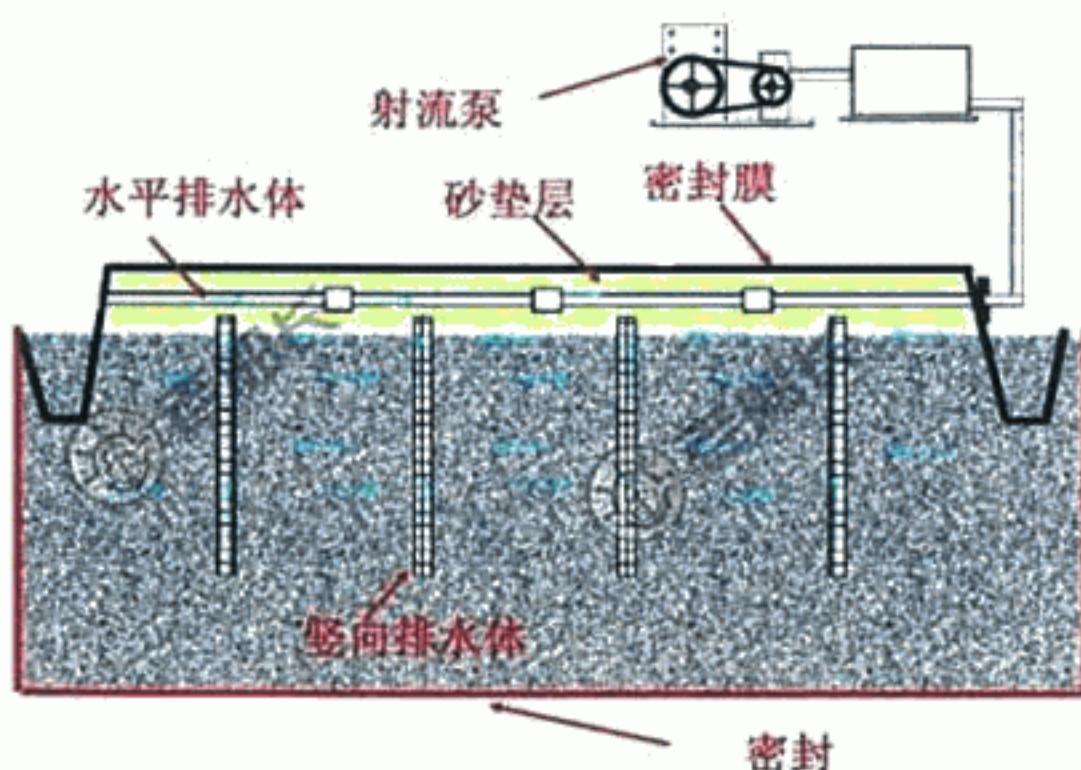
D. 袋装砂井施工质量检查项目：井距、井长、井径、灌砂率。【2023案I】

### ②塑料排水板施工规定

A. 塑料排水板不得搭接，预留长度应不小于500mm，并及时弯折埋设于砂垫层中。

B. 塑料排水板施工质量检查项目：板距、板长。

### (4) 真空预压、真空堆载联合预压



真空堆载预压法排水示意图

真空预压法适用于处理软土性质很差、土源紧缺、工期紧的软土地基。

真空预压的抽真空设备宜采用射流真空泵。真空泵空抽时必须达到95kPa以上的真空吸力。真空泵的数量应根据加固面积确定，每个加固场地至少应设两台真空泵。

### 真空预压、真空堆载联合预压施工规定：

项目	内容
①密封膜	A. 密封膜连接宜采用热合粘结缝平搭接，搭接宽度应不小于15mm。 B. 密封膜的周边应埋入密封沟内。
②滤管	A. 滤管应不透砂。 B. 滤管距泥面、砂垫层顶面的距离均应大于50mm。 C. 滤管周围应采用砂填实，不得架空、漏填。
③真空表测头	真空表测头应埋设于砂垫层中间，每块加固区应不少于2个真空度测点。

④真空预压施工顺序	真空预压施工应按排水系统施工、抽真空系统施工、密封系统施工、抽气的顺序进行。
⑤真空堆载联合预压	A. 顺序：采用真空堆载联合预压时，应先抽真空。当真空压力达到设计要求并稳定后，再进行堆载，并继续抽气。 B. 堆载时应在膜上铺设土工布等保护材料。

【补充】真空预压施工流程：

- ①铺设砂垫层、打设竖向排水体。
- ②砂垫层中布设真空管。
- ③开挖密封沟，铺设密封膜。
- ④安装抽真空装置，连接各系统进行抽真空试验，检查密封性。
- ⑤在加固范围内按设计要求设置变形观测点，开始抽真空。
- ⑥真空预压效果达到设计要求后停止抽真空。

⑥施工监测应符合下列规定：

项目	内容
A. 预压参数的监测	a. 预压过程中，应进行密封膜下真空度、孔隙水压力、表面沉降、深层沉降、水平位移等预压参数的监测。（老船长经典秒杀口诀：孔子深水摸表） b. 膜下真空度每隔4h测一次，表面沉降每2d测一次。
B. 终止抽真空	当连续五昼夜实测地面沉降小于0.5mm/d，地基固结度已达到设计要求的80%时，经验收，即可终止抽真空。
C. 停泵卸荷后24h	应测量地表回弹值。

### (5) 粒料桩

粒料桩可采用振冲置换法或振动沉管法成桩。

振冲置换法：适用于处理十字板抗剪强度不小于15kPa的软土地基；

振动沉管法：适用于处理十字板抗剪强度不小于20kPa的软土地基。

项目	内容
①材料	A. 砂桩：宜采用中、粗砂，粒径大于0.5mm颗粒含量宜占总质量的50%以上，含泥量应小于3%，渗透系数应大于 $5 \times 10^{-2}$ mm/s。 B. 碎石桩：宜采用级配好、不易风化的碎石或砾石，最大粒径宜不大于50mm，含泥量应小于5%。
②试桩	施工前应进行成桩工艺和成桩挤密试验。
③施工顺序	A. 宜从中间向外围或间隔跳打。 B. 邻近结构物时，应沿背离结构物的方向施工。
④施工质量检查项目	桩距、桩长、桩径、粒料灌入率、地基承载力。

振冲置换法施工可采用振冲器、吊机或施工专用平车、水泵。【2008单II】

振冲置换法施工工序：整平地面→振冲器就位对中→成孔→清孔→加料振密→关机停水→振冲器移位。

**老船长经典秒杀口诀：正对孔孔振几振**

振动沉管法施工宜采用**振动打桩机**和**钢套管**。

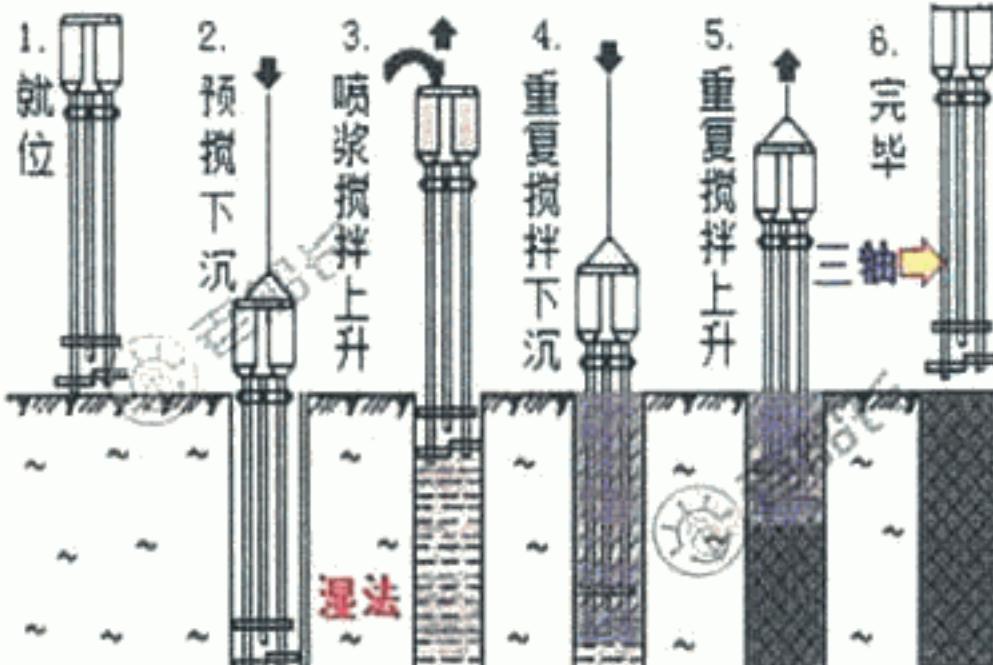
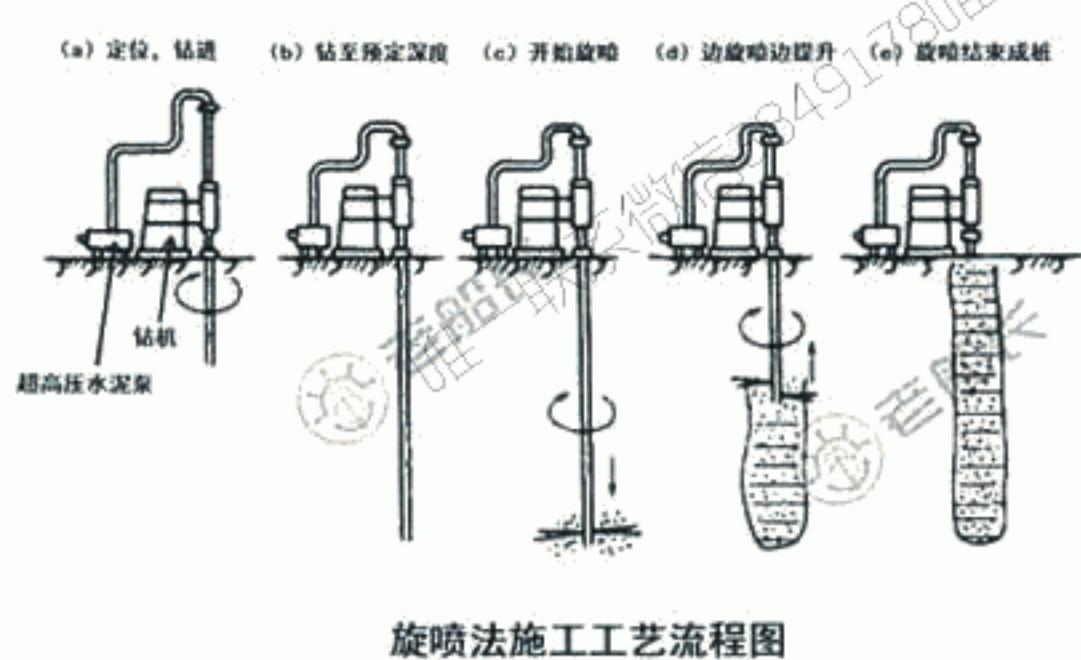
振动沉管法成桩可采用**一次拔管成桩法**、**逐步拔管成桩法**、**重复压管成桩法**三种工艺。【2020】

## 案 II】

**老船长经典秒杀口诀：臣管一蛀虫**

**重复压管成桩法**的施工工序为：①清理平整场地→②测量放样→③机具就位→④沉管至设计深度→⑤加料→⑥振动拔管→⑦振动下压管→⑧振动拔管→⑨机具移位。其中⑤～⑧**重复循环**至桩顶，直至桩管拔出地面。

### (6) 加固土桩



项目	内容
①适用条件	适用于处理十字板抗剪强度 <b>不小于 10kPa</b> 、有机质含量 <b>不大于 10%</b> 的软土地基。
②类型	加固土桩包括 <b>粉喷桩</b> 与 <b>浆喷桩</b> 。【2019 多 II】
③机械要求	粉喷桩与浆喷桩的施工机械必须安装喷粉（浆）量自动记录装置，并应对该装置 <b>定期标定</b> 。应定期检查钻头磨损情况，当直径磨损量 <b>大于 10mm</b> 时，必须更换钻头。
④试桩	施工前应进行 <b>成桩工艺</b> 和 <b>成桩强度</b> 试验。

加固土桩质量检查项目：**桩距**、**桩径**、**桩长**、**单桩每延米喷粉（浆）量**、**强度**、**地基承载力**。

【2019 多 II】处理软土地基的加固土桩有（）。

- A. 粉喷桩
- B. 水泥粉煤灰碎石桩
- C. 二灰碎石桩
- D. 钻孔灌注桩
- E. 浆喷桩

【答案】AE

### (7) 水泥粉煤灰碎石桩

**水泥粉煤灰碎石桩**（CFG 桩）适用于处理十字板抗剪强度**不小于 20kPa** 的软土地基。

CFG 桩宜采用**振动沉管灌注法**成桩，施工设备宜采用**振动沉管打桩机**。施工前应进行**成桩工艺**和**成桩强度**试验。【2020 案 II】