# 大立 2019 二级建造师学霸笔记

## 《公路工程管理与实务》

## 2B310000 公路工程施工技术

## 2B311000 路基工程

## 2B311010 路基施工技术

## 2B311011 路基施工准备

路基施工前应做好组织、物资和技术三大准备。**技术准备**是工程顺利实施的基础和保证。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。

二、试验

2.路基施工前，应对路基基底土进行相关试验。每公里至少取 2 个点；土质变化大时，视具体情况增加取样点数。

3.土的试验项目包括**天然含水率、液限、塑限、标准击实试验、CBR 试验**等，必要时应做颗粒分析、相对密度、有机质含量、易溶盐含量、冻胀和膨胀量等试验。

三、试验路段

试验路段应选择在地质条件、断面形式等工程特点具有**代表性**的地段，路段长度不宜小于 100m。下列情况下，应进行试验路段施工：

1.二级及二级以上公路路堤。

2.填石路堤、土石路堤。

3.特殊地段路堤。

4.特殊填料路堤。

5.拟采用新技术、新工艺、新材料的路基。

**学霸笔记：**

一般为选择题考点：

1.土的试验项目包括天然含水率、液限、塑限、标准击实试验、CBR 试验等。

2.下列情况下，应进行试验路段施工：（高、特、新）

（1）二级及二级以上公路路堤。

（2）填石路堤、土石路堤。

（3）特殊地段路堤。

（4）特殊填料路堤。

（5）拟采用新技术、新工艺、新材料的路基。

## 2B311012 原地基处理要求

一、土质路堤地基表层处理要求

1.稳定斜坡上地基表层的处理，应符合下列要求：

（1）地面横坡**缓于 1：5** 时，**清**除地**表**草皮、腐殖土后，可**直**接在天然地面上**填**筑路堤。

（2）地面横坡为 **1：5～1：2.5** 时，原地面应**挖台阶**，台阶宽度不应小于 **2m**。

2.地面横坡**陡于 1:2.5** 地段的陡坡路堤，必须**验算**路堤整体沿基底及基底下软弱层**滑动稳定性**。

4.在一般土质地段，高速公路、一级公路和二级公路路堤基底的压实度（重型）不应小于 **90%**；三、四级公路不应小于 85%。路基填土高度小于路面和路床总厚度时，基底应按设计要求处理。如对地基表层土进行**超挖、分层回填压实**，其处理深度不应小于重型汽车荷载作用的工作区深度。

二、填石路堤基底处理要求

2.在非岩石地基上，填筑填石路堤前，应按设计要求设**过渡层**。

三、土石路堤基底处理要求

在陡、斜坡地段，土石路堤靠山一侧应按设计要求，做好**排水**和**防渗**处理。

**学霸笔记：**

选择题和案例题的考点

1.稳定斜坡上地基表层的处理，应符合下列要求：

（1）缓于 1:5 时，清表直填。

（2）1:5～1:2.5 或纵坡大于 12%时，挖台阶。

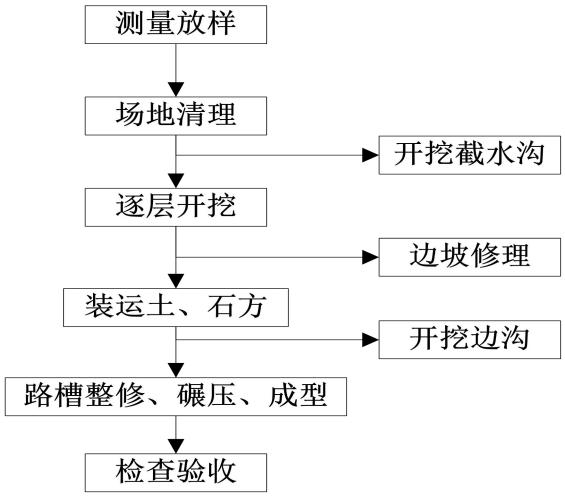
（3）陡于 1:2.5 时，验算抗滑稳定系数。

2.路基填土高度小于路面和路床总厚度时，对地基表层土进行超挖、分层回填压实，其处理深度不应小于重型汽车荷载作用的工作区深度。

3.在非岩石地基上，填筑填石路堤前，应按设计要求设过渡层。

## 2B311013 挖方路基施工

一、路堑施工工艺流程



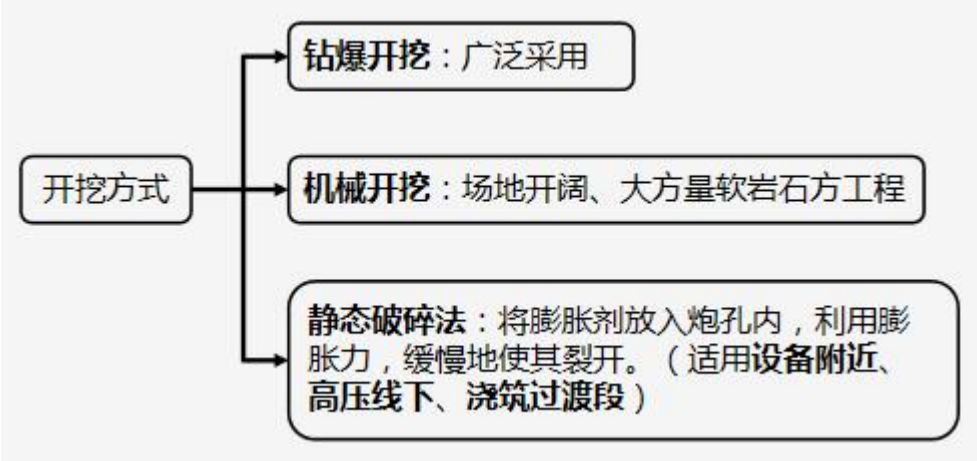
二、土质路堑施工技术

1. 开挖方法

- 路堑开挖方法
  - 横向挖掘法
    - 单层：挖掘浅、短
    - 多层：挖掘深、短
  - 纵向挖掘法
    - 分层纵挖法
    - 通道纵挖法
    - 分段纵挖法
  - 混合式挖掘：多层+通道

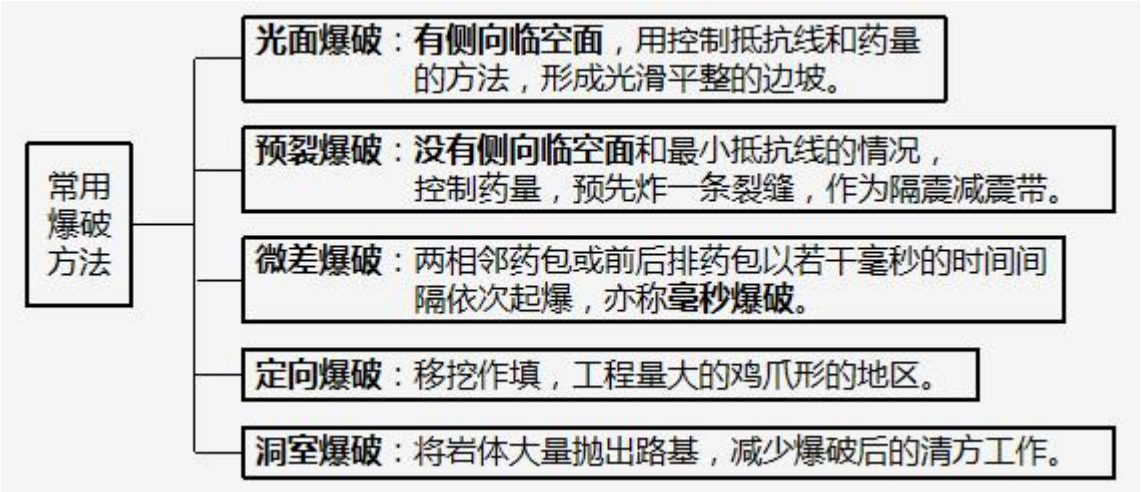
三、石质路堑施工技术

（二）开挖方式




（三）石质路堑爆破施工方法

1. 常用爆破方法



2.综合爆破施工技术

| 爆破方法 | | 特点 | 优点 |
|---|---|---|---|
| 小炮 | **钢钎炮：**<br>孔径＜70mm、深<5m | 眼浅、药少、量小，人工清理，功效低 | 灵活、**辅助炮型** |
| | **深孔炮：**<br>孔径＞75mm、深>5m、延长药包 | 大型潜孔钻机钻孔 | 功效高，进度快，安全 |
| 洞室 | **药壶炮：**<br>深 2.5～3m | 露天爆破；岩石在XI以下，不含水分 | 省工、省药 |
| | **猫洞炮：**<br>洞径为 0.2～0.5m | 利用岩体崩塌作用，用浅炮眼爆破高岩体，有最佳使用条件 | 在有裂缝的软石、坚石中，药壶不易形成时采用 |

## 2B311014 填方路基施工

一、路基填料的选择

用于公路路基的填料要求挖取方便，压实容易，强度高，水稳定性好。其中强度要求按 CBR 值确定，应通过**取土试验**确定填料**最小强度**和**最大粒径**。

1.土石材料

巨粒土、级配良好的砾石混合料是较好的路基填料。

粗粒土中的粗、细**砂质粉土**，细粒土中的轻、重**粉质黏土**都具有较高的强度和足够的水稳定性，属于较好的路基填料。

**砂土**可用作路基填料，但由于没有塑性，受水流冲刷和风蚀时易损坏，在使用时可掺入黏性大的土；轻、重**黏土**不是理想的路基填料。

路基填料应符合下列规定：

（1）含**草皮、生活垃圾、树根、腐殖质的土**严禁作为填料。

（2）泥炭、淤泥、冻土、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土，不得直接用于填筑路基；确需使用时，必须采取技术措施进行处理，经检验满足设计要求后方可使用。

（4）**粉质土**不宜直接填筑于路床，不得直接填筑于冰冻地区的路床及浸水部分的路堤。

（5）路床填料最大粒径应小于 **100mm**，路基填料最大粒径应小于 **150mm**。

（6）用**湿黏土、红黏土**和**中、弱膨胀土**作为填料直接填筑时，应符合：

③不得作为二级及二级以上公路路床、零填及挖方路基 0～0.8m 范围内的填料；不得作为三、四级公路上路床、零填及挖方路基 0～0.3m 范围内的填料。

（7）填石路堤填料应符合：

①路堤填料粒径应不大于 **500mm**，并不宜超过层厚的 **2/3**，不均匀系数宜为 **15～20**。路床底面以下 400mm 范围内，填料粒径应小于 **150mm**。

②路床填料粒径应小于 **100mm**。

（8）土石路堤填料应符合：

天然土石混合填料中，**中硬、硬质石料**的最大粒径不得大于压实层厚的 2/3；石料为**强风化石料**或**软质石料**时，其 CBR 值应符合规范的规定，石料最大粒径不得大于**压实层厚**。

2. 工业废渣

满足要求（**最小强度 CBR、最大粒径、有害物质含量**等）或经过处理之后满足要求的煤渣、高炉矿渣、钢渣、电石喳等工业废渣可以用作路基填料，但在使用过程中应注意避免造成环境污染。

**学霸笔记：**

注意区分：较好的填料、处理后可用的填料和严禁用的填料，掌握的时候重点记忆好的填料和严禁的填料，剩下的就是处理后可用的材料。

1. 土石材料

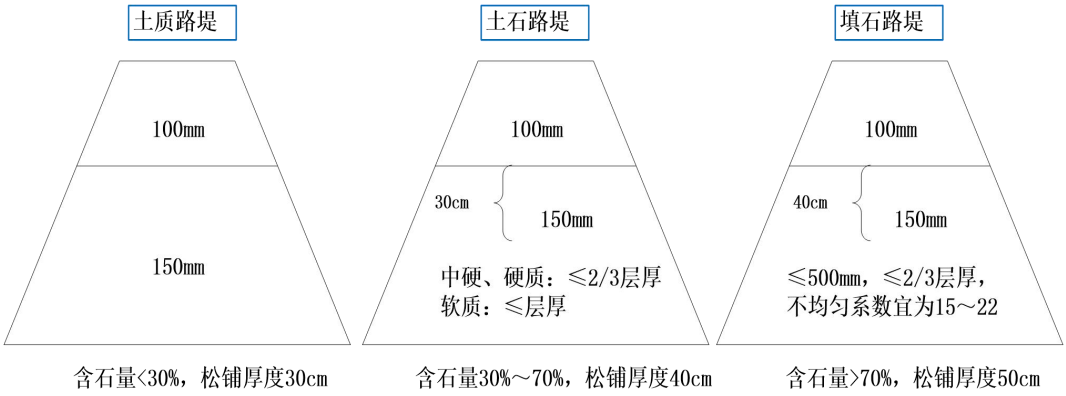
☆较好的填料：巨粒土、级配良好的砾石、石质土、砂质粉土、粉质黏土。

☆处理后可用的填料：砂土、泥灰、淤泥、冻土、有机质土等处理后，满足要求在用。

☆严禁用的填料：草皮、生活垃圾、树根、腐殖质的土。

☆湿粘土、红粘土和中、弱膨胀土作为填料：三、四级下路床可用

2. 路堤填料粒径的大小在不同结构层要求不一样，需要掌握，通过图形辅助记忆。




二、土方路堤施工技术

（一）填筑要求

1. 性质不同的填料，应**水平分层、分段填筑、分层压实**。**同一水平层**路基的全宽**应采用同一种填料，不得混合填筑**。每种填料的填筑层压实后的连续厚度不宜小于 **500mm**。填筑路床顶最后一层时，压实后的厚度应不小于 100mm。

2. 对潮湿或冻融敏感性小的填料应填筑在路基上层。强度较小的填料应填筑在下层。（**好在上、差在下**）

3. 在透水性不好的压实层上填筑透水性较好的填料前，应在其表面设 2%～4%的**双向横坡**，并采取相应防水措施。**不得**在由透水性较好的填料所填筑的路堤**边坡上覆盖透水性不好的填料**。

4. 每种填料的松铺厚度应通过**试验**确定。

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

7. 填方分几个作业段施工时，接头部位如不能交替填筑，则先填路段，应按 1：1 坡度**分层留台阶**；如能

交替填筑，则应分层相互交替搭接，搭接长度不小于 2m。

**学霸笔记：**

注意知识点的延伸，一般容易考查综合判断题。

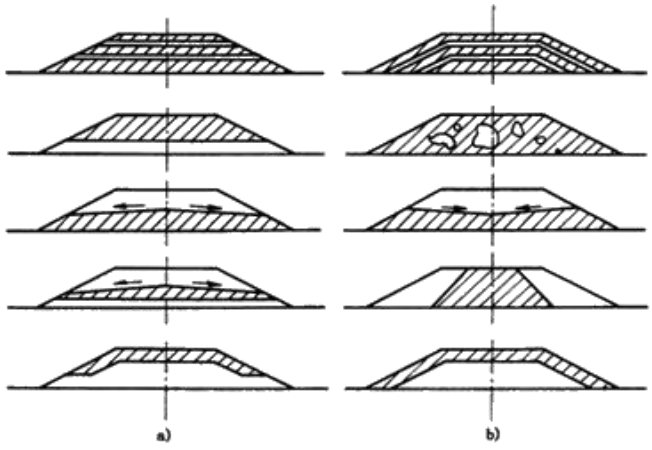
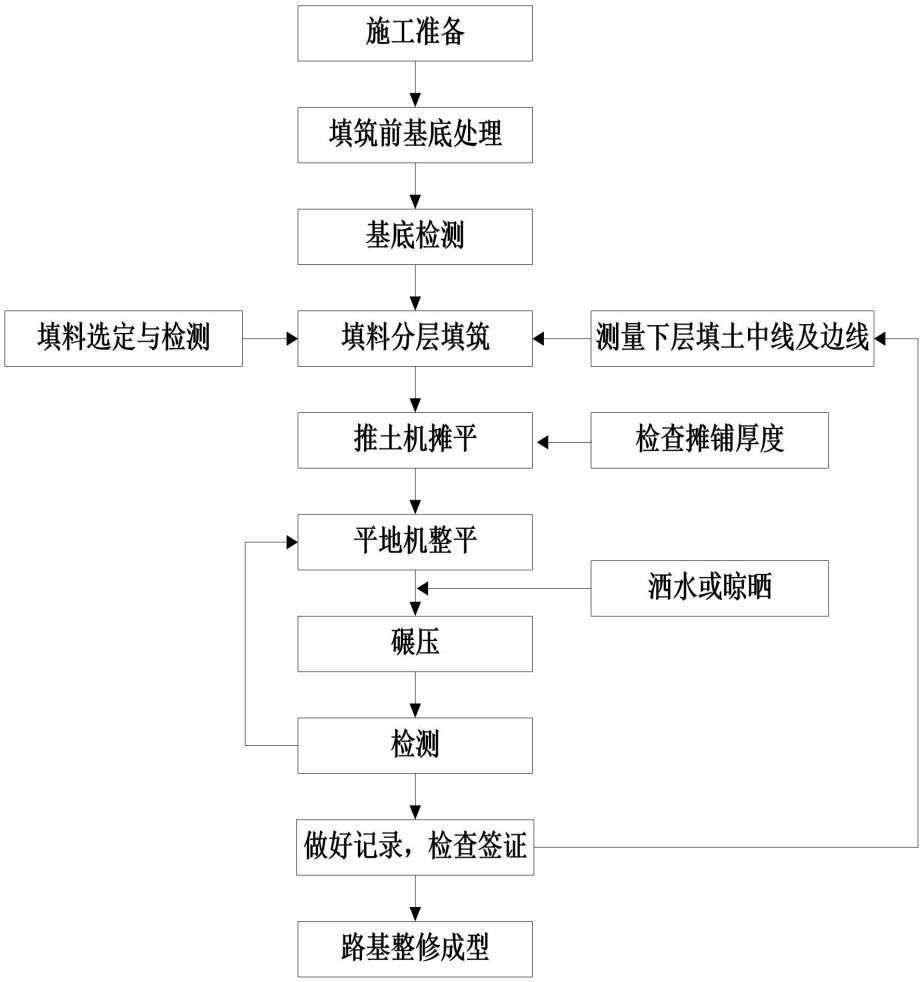



图 8-1 土路堤填筑方案示意图
a)正确的;b)不正确的

（二）土方路堤填筑施工工艺流程




土方路堤填筑施工工艺流程图

（三）填筑方法

1.分层填筑法

可分为**水平分层填筑法**与**纵向分层填筑法**

**水平分层填筑法**：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法**。

**纵向分层填筑法**：依路线纵坡方向分层，逐层向坡向填筑。宜用于用推土机从路堑取土填筑距离较短的路堤。（常用于地面**纵坡大于 12%**的路堤）

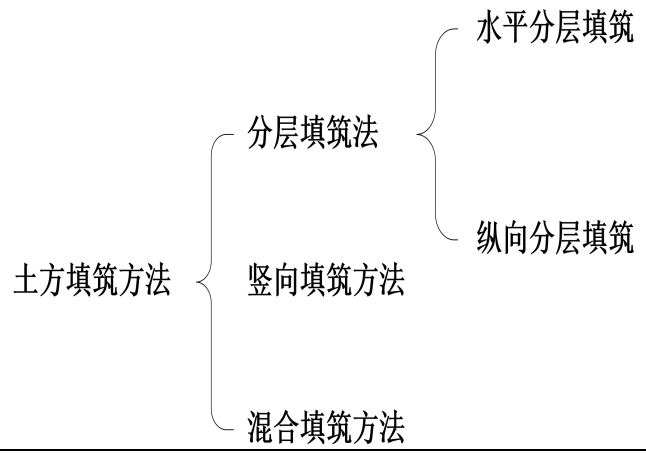
2.竖向填筑法

从路基一端或两端按横断面全部高度，逐步推进填筑。**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。

3.混合填筑法

路堤**下层用竖向填筑**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法或竖向填筑法自始至终进行填筑的情况。

学霸笔记：




三、填石路基施工技术

（一）填筑要求

1.**路堤**施工前，应先修筑试验路段，确定满足**孔隙率**标准的**松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差**等参数。

2.**路床**施工前，应先修筑试验路段，确定能达到**最大压实干密度**的**松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差**等参数。

3.二级及二级以上公路的填石路堤应分层填筑压实。二级以下砂石路面公路在陡峻山坡地段施工特别困难时，可采用倾填的方式将石料填筑于路堤下部，但在**路床底面以下**不小于 1.0m 范围内仍应分层填筑压实。

4.**严禁**将软质石料与硬质石料**混合使用**。

5.边坡码砌与路基填筑宜基本**同步进行**。

6.压实机械宜选用自重不小于 18t 的**振动压路机**。

7.在填石路堤顶面与细粒土填土层之间应按设计要求设**过渡层**。

8.填石路堤的压实质量标准宜采用**孔隙率**作为控制指标，孔隙率的检测应采用**水袋法**进行。

（二）填筑方法

1.竖向填筑法（倾填法）

该方法施工时路基压实、稳定问题较多。

2.分层压实法（碾压法）

是**普遍采用**并能保证填石路堤质量的方法。

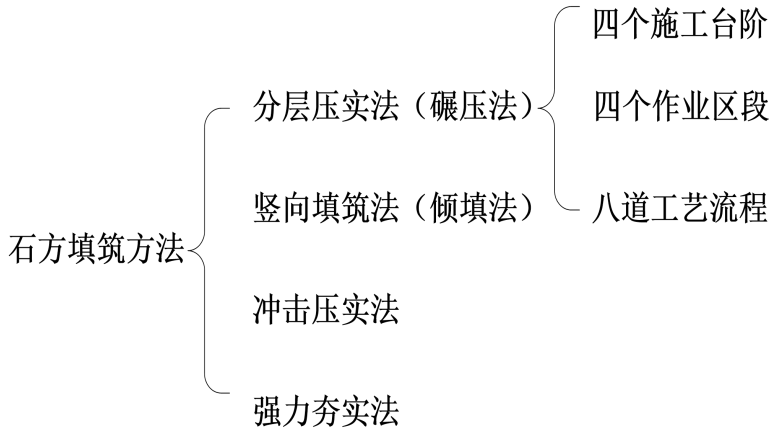
3.冲击压实法

利用冲击压实机的**冲击碾**周期性、大振幅、低频率地对路基填料进行冲击，压实填方，称为冲击压实法。

4.强力夯实法

强力夯实法用起重机吊起**夯锤**从高处自由落下，利用强大的动力冲击，迫使岩土颗粒位移，提高填筑层的密实度和地基强度。每一分层连续挤密式夯击，夯后形成夯坑，夯坑以**同类型石质填料**填补。

**学霸笔记：**




1.四个施工台阶：在路基面以下0.5m为第1级台阶，0.5～1.5m为第2级台阶，1.5～3m为第3级台阶，3m以下为第4级台阶。

2.四个作业区段：填石区段、平整区段、碾压区段、检验区段。

3.八道工艺流程：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。（填、平、压、检、成、修）

四、土石路堤施工技术

1.填筑要求

（1）压实机械宜选用自重不小于18t的振动压路机。

（2）施工前，应根据土石混合材料的类别分别进行试验路段施工，确定能达到**最大压实干密度**的**松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差**等参数。

（3）土石路堤**不得倾填**。

（5）压实后透水性差异大的土石混合材料，应分层或分段填筑，**不宜纵向分幅填筑**。

（7）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，该层表面应无孔洞。

2. 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**。

**学霸笔记：**

- 填
  - 土方路堤
    - 分层填筑
      - 水平分层填筑：√
      - 纵向分层填筑
    - 竖向填筑
    - 混合填筑：竖向+水平
  - 填石路基
    - 分层压实法（碾压法）：√
    - 竖向填筑法（倾填法）
    - 冲击压实法
    - 强力夯实法
  - 土石路堤　分层填筑、分层压实：√

## 2B311015 路基季节性施工

一、路基雨期施工

1. 雨期施工地段的选择

（1）雨期路基施工地段一般应选择**丘陵**和**山岭地区**的**砂类土、碎砾石**和**岩石地段**以及**路堑的弃方地段**。

（2）**重粘土、膨胀土**及**盐渍土**地段不宜在雨期施工；**平原地区**排水困难，不宜安排雨期施工。

2. 雨期填筑路堤

（1）填料应选用**透水性好**的碎（卵）石土、砂砾、石方碎渣和砂类土等。利用挖方土作填料，含水量符合要求时，应随挖随填及时压实。

（3）路堤应**分层填筑**，路堤填筑的每一层表面应设 2%～4%的**排水横坡**。当天填筑的土层应当天或雨前完成压实。

3. 雨期开挖路堑

（1）雨期路堑施工宜**分层开挖**，每挖一层均应设置**纵横排水坡**，使水排放畅通。

（2）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。

（3）雨期开挖路堑，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。

（4）雨期开挖岩石路基，炮眼宜**水平**设置。

二、路基冬期施工

在反复冻融地区，昼夜平均温度在-3℃以下，连续 10d 以上时，进行路基施工称为路基冬期施工。当昼夜平均温度虽然上升到-3℃以上，但冻土未完全融化时，亦应按冬期施工。

1.路基工程不宜冬期施工的项目

（1）高速公路、一级公路的土质路堤和地质不良地区的二级及二级以下公路路堤不宜进行冬期施工。

（2）河滩低洼地带、可被水淹没的填土路堤不宜冬期施工。

（3）土质路堤**路床以下 1m** 范围内，不得进行冬期施工。

（4）**半填半挖**地段、**挖填方交界处**不得在冬期施工。

2.冬期填筑路堤

（1）冬期施工的路堤填料，应选用未冻结的砂类土、碎石、卵石土、石碴等**透水性良好**的材料。

（2）冬期填筑路堤，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**。当天填土应当天完成碾压。

（4）当填筑标高距**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，再分层填至设计标高。

（5）冬期过后必须对填方路堤进行**补充压实**，压实度应达到规范相关要求。

3.冬期挖方路基

（1）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。

（3）河滩地段可利用冬期水位低的特点，开挖基坑修建防护工程，但应采取措施保证工程质量。

（4）冬期施工开挖路堑表层冻土的方法

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**的冻土层可选用专用破冻机械如冻土犁、冻土锯和冻土铲等，予以破碎清除。

③人工破冻法：当冰冻层**较薄**，破冻面积不大，可用日光暴晒法、火烧法、热水开冻法、水针开冻法、蒸汽放热解冻法和电热法等方法胀开或融化冰冻层，并辅以人工撬挖。

**学霸笔记：**

| 季节 | 施工地段选择 | 填 | 挖 |
|---|---|---|---|
| 雨期 | ①宜：丘陵、山岭、透水性好、路堑的弃方地段<br>②不宜：重黏土、膨胀土、盐渍土、平原地区 | ①选透水性好的填料<br>②分层填筑、设置排水横坡<br>③当天土应当天或雨前完成压实 | ①分层开挖，设置排水纵横坡<br>②边坡预留厚度<br>③挖至距路床顶300～500mm停止<br>④炮眼宜水平设置 |
| 冬期 | ①不宜：土质路堤路床以下1m范围内、半填半挖、填挖交界、河滩低洼地带、可被水淹没的填土路堤 | ①选透水性好的填料<br>②分层填筑，松厚减少20%～30%（30cm）<br>③当天土当天完成碾压<br>④填至距路床底面1m停止 | ①分层开挖<br>②边坡预留厚度<br>③挖至距路床顶面1m时停止 |

# 2B311016 路基排水设施施工

一、路基排水分类

根据水源的不同，影响路基路面的水流分为地面水和地下水两大类，所以路基排水工程分为**地面排水**及**地下排水**两大类。

1.地面排水可采用**边沟**、**截水沟**、**排水沟**、**跌水**、**急流槽**、**拦水带**、**蒸发池**等设施。其作用是将可能停滞在路基范围内的地面水迅速排除，防止路基范围内的地面水流入路基内。

2.地下排水设施有**排水沟**、**暗沟**（管）、**渗沟**、**渗井**、**检查井**等。其作用是将路基范围内的地下水位降低或拦截地下水并将其排除路基范围以外。

二、路基地面排水设施的施工要点

1.边沟

（1）边沟设置于**挖方地段**和**填土高度小于边沟深度的填方地段**。

（3）土质地段的边沟纵坡大于 **3%** 时应采取加固措施。

（4）路堤靠山一侧的坡脚应设置不渗水的边沟。

2.截水沟

（1）截水沟应根据地形条件及汇水面积等进行设置。挖方路基的堑顶截水沟应设置在坡口 **5m** 以外，并宜结合地形进行布设。填方路基上侧的路堤截水沟距填方坡脚的距离，应不小于 **2m**。在多雨地区，视实际情况可设一道或多道截水沟。

（2）**截水沟应先施工**，与其他排水设施应衔接平顺。

3.排水沟

（1）将边沟、截水沟、取（弃）土场和路基附近低洼处汇集的水引向路基以外时，应设置排水沟。

（2）排水沟线形要平顺，转弯处宜为**弧线形**，其半径不宜小于 10m，排水沟长度根据实际需要而定，通常不宜超过 **500m**。

4.跌水与急流槽

（1）水流通过**坡度大于 10%** 、**水头高差大于 1.0m** 的陡坡地段或**特殊陡坎地段**时，宜设置跌水或急流槽。跌水和急流槽应采取加固措施。

5.蒸发池

（1）气候干旱且排水困难的地段，可利用沿线的取土坑或专门设置蒸发池汇集地表水。

（2）湿陷性黄土地区，蒸发池与路基排水沟外沿的距离应大于**湿陷半径**。

三、路基地下水排水设施的施工要点

1.暗沟（管）

（1）暗沟（管）用于**排除泉水**或**地下集中水流**。

（2）沟底必须埋入不透水层内，沟壁最低一排渗水孔应高出沟底至少 200mm。

（5）暗沟采用混凝土或浆砌片石砌筑时，在沟壁与含水层接触面以上高度，应设置一排或多排向沟中倾斜的渗水孔，沟壁外侧应填筑**粗粒透水性材料**或**土工合成材料**形成反滤层。沿沟槽底每隔 10～15m 或在软

硬岩层分界处应设置沉降缝和伸缩缝。

（6）暗沟顶面必须设置混凝土盖板或石料盖板，板顶上填土厚度应大于 500mm。

2. 渗沟

（1）渗沟及渗井用于降低地下水位或拦截地下水。当**地下水埋藏浅**或**无固定含水层**时，宜采用渗沟。

（2）各类渗沟均应设置**排水层**、**反滤层**和**封闭层**。

（3）填石渗沟只宜用于**渗流不长**的地段。

（4）管式渗沟适用于地下水**引水较长**、**流量较大**的地区。

（5）洞式渗沟适用于**地下水流量较大**的地段。洞式渗沟填料顶面宜高于地下水位。洞式渗沟顶部必须设置**封闭层**，厚度应大于 500mm。

（8）在渗沟的迎水面设置粒料反滤层时，粒料反滤层应用颗粒大小均匀的碎石、砾石，分层填筑。土工布反滤层采用**缝合法**施工时，土工布的搭接宽度应大于 100mm。

（11）渗沟宜**从下游向上游**开挖，开挖作业面应根据土质选用合理的支撑形式，并应随挖随支撑、及时回填，不可暴露太久。支撑渗沟应分段间隔开挖。

3. 渗井

（1）渗沟渗井用于降低地下水位或拦截地下水。当地下水**埋藏较深**或有**固定含水层**时，宜采用渗井。

（2）填充料含泥量应小于 5%，按单一粒径分层填筑，不得将粗细材料混杂填塞。下层透水层范围内宜填碎石或卵石，上层不透水范围内宜填砂或砾石。井壁与填充料之间应设反滤层。

4. 检查井、疏通井

（1）深而长的暗沟（管）、渗沟及渗水隧洞，在直线段**每隔一定距离**及**平面转弯**、**纵坡变坡点**等处，宜设置检查井、疏通井。

**学霸笔记：**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **地面排水** | 边沟 | 设于挖方和填土高度小于边沟深度的填方地段。 | |
| | 截水沟 | 设于路基上方，拦截山坡水。加固，防渗防冲刷； | |
| | 排水沟 | 用于引水。线形平顺，不宜＞500m | |
| | 跌水、急流槽 | 用于坡度大于 10%、水头高差大于 1m 的陡坡地段 | |
| | 拦水带 | 防边坡冲毁，按设计布置，此段路肩宜加固 | |
| | 蒸发池 | 用于气候干旱且排水困难的地段 | |
| **地下排水** | 排水沟 | 用于引水。线形平顺，不宜＞500m | |
| | 暗沟 | 排泉水或集中水流 | 设渗水孔反滤层 |
| | 渗沟 | 降水位，拦截。地下水浅、无固定含水层。<br>填石、管式、洞式，应设置排水层、反滤层和封闭层 | |
| | 渗井 | 地下水深，有固定含水层。 | |
| | 检查井 | 直线段每隔一段距离、平面转弯、纵坡变坡点 | |

## 2B311017 路基改建施工

**学霸笔记：**

考试一般为选择题，会判别说法正误。

1.路基加宽

（1）老路堤与新路堤交界的坡面挖除清理的法向厚度不宜小于 0.3m ，然后从老路堤坡脚向上按设计要求挖设台阶；严禁将边坡清挖物作为新路堤填料。

（2）拓宽部分的路堤采用非透水性填料时，应在地基表面按设计铺设垫层，垫层材料一般为砂砾或碎石，含泥量不大于 5%。

（3）拓宽路堤的填料宜选用与老路堤相同的填料，或者选用水稳性较好的砂砾、碎石等填料。

2.新旧路基连接部处治技术要点

（1）严格按照施工规范中对新老路基衔接的要求开挖台阶。

（2）在路槽纵向开挖台阶上铺设跨施工缝的土工格栅，以加强新老路基的横向联系，减少裂缝反射。

4.地基处治与路基填料

（1）低路堤地基处治

对于低路堤，当地基土不是十分软弱时，新拓宽段地基部分可以按一般路基进行填筑，必要时可进行换填和加固。

（2）高路堤地基处治

对高路堤拓宽可采取粉喷桩、砂桩、塑料排水体、碎石桩等处理措施，并配合填筑轻型材料。在高路堤的处治过程中，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。

（3）新路基填料

采用粉煤灰、石灰等轻质填料填筑的路堤，不仅可以降低新路堤的自重，减小路堤的压缩变形，而且还可以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。

砂砾石可压缩性较小，采用砂砾石填料可大大减小路堤的压缩变形，提高承载力。

## 2B311018 特殊路基施工技术

一、软土地区路基施工

**学霸笔记：**

软土地基路基施工是考试的高频考点。要求首先掌握软土地基的处理方法和适用范围。其次要掌握其中几种比较重要的处理方法。如：竖向排水体、加固土桩、粒料桩、路基地基隔离墙、强夯和强夯置换。

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，包含淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土。

软土可按表 2B311018 进行鉴别。当表中部分指标无法获取时，可以天然孔隙比和天然含水率两项指标为基础，采用综合分析的方法进行鉴别。

2.软土地基处理方法和适用范围。

| 类型 | | | 适用条件 |
|---|---|---|---|
| 垫层和浅层 | 垫层 | 石、渣、灰 | 适用于表层软土厚度小于3m的浅层软弱地基处理 |
| | 浅层 | 换、抛、稳 | |
| 竖向排水体 | 袋装砂井 | | 适用于深度大于3m的软土地基处理。 |
| | 塑料排水板 | | |
| 真空预压 | | | 适用于软土性质很差、土源紧缺、工期紧的软土地基处理。 |
| 加固土桩 | 粉喷桩、浆喷桩 | | 适用于处理十字板抗剪强度不小于10KPa、有机质含量不大于10%的软土地基。 |
| 粒料桩 | 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。 |
| 水泥粉煤灰碎石桩 | | | 适用于处理十字板抗剪强度不小于20KPa的软土地基。 |
| 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。 |
| 爆炸挤淤 | | | 适用于处理海湾滩涂等淤泥和淤泥质土地基。处理厚度不宜大于15m。 |
| 路堤地基隔离墙 | | | 适用于相邻两路堤之间，或已建成路堤与拓宽路堤之间出现相互干扰。 |
| 强夯 | | | 适用于处理碎石土、低饱和度粉土与黏性土、杂填土和软土等地基。 |
| 强夯置换 | | | 适用于处理高饱和度粉土与软塑、流塑的软黏土地基。 |

3.抛石挤淤施工规定

（1）当下卧地层平坦时，应沿道路中线向前呈三角形抛填，再渐次向两旁展开，将淤泥挤向两侧。

（2）当下卧地层具有明显横向坡度时，应从下卧层高的一侧向低的一侧扩展，并在低侧边部多抛投不少于 2m 宽，形成平台顶面。

（3）在抛石高出水面后，应采用重型机具碾压紧密，然后在其上设反滤层，在填土压实。

4.竖向排水体

1）袋装砂井施工规定

（1）套管起拔时应垂直起吊，防止带出或损坏砂袋；当发生砂袋带出或损坏时，应在原孔的边缘重新打入。

（2）砂袋顶部埋入砂垫层的长度不应小于 0.3m ，应竖直埋入，不得横置。

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。

2）塑料排水板施工规定

（1）塑料排水板与桩靴的连接，宜采用穿过桩靴上的固定架之后将板体对折不小于 0.1m ，连同桩靴一起塞入套管的方式。

（2）塑料排水板需接长时，应采用滤套内芯板平搭接的方法。芯板应对扣，凹凸对弃，搭接长度不宜小于 0.2m；

（3）塑料排水板顶端埋入砂垫层的长度不应小于 0.5m。

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。

5.真空预压

真空预压施工应按排水系统施工、抽真空系统施工、密封系统施工及抽气的步骤进行。当满足下列条件之一时，可停止抽气：

（1）连续 5 昼夜实测沉降速率小于或等于 0.5mm/d。

（2）满足工程对沉降、承载力的要求。

（3）地基固结度达到设计要求的 80%以上。

采用真空-堆载联合预压时，应先按真空预压的要求抽真空，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。堆载时应在膜上铺设土工布等保护材料。

6.粒料桩

振冲置换法施工可采用振冲器、吊机或施工专用平车和水泵。振动沉管法施工宜采用振动打桩机和钢套管。

1）粒料桩采用振冲置换法施工规定

（1）强度较低的土层宜采用较低水压；在成孔过程中宜采用较大的水压和水量，当接近加固深度时应降低水压，避免扰动破坏桩底以下的土层；在振密过程中宜采用较小的水压和水量。

（2）往孔内倒入一次料后，应将振冲器沉入孔内对填料进行振密，通过**密实电流**控制桩体密实度。每次填料振密时都应记录填料的数量、留振时间和最终电流值，并均应达到设计规定。

按整平原地面→振冲器就位对中→成孔→清孔→加料振密→关机停水→振冲器移位的施工工艺程序进行加工。

2）粒料桩采用振动沉管法施工规定

振动沉管法成桩可采用一次拔管成桩法、逐步拔管成桩法和重复压管成桩法三种工艺。

7.加固土桩

施工前应进行成桩工艺和成桩强度试验。

1）材料要求

加固土桩的固化剂宜采用水泥或石灰，也可采用多种固化材料的混合物。

2）粉喷桩施工规定

（1）施工钻进过程中应保持连续喷射压缩空气，保证喷灰口不被堵塞，钻杆内不进水。

（2）提升钻杆、喷粉搅拌时，应使钻头反向边旋转、边喷粉、边提升。

（3）当发现喷粉量不足时，应整桩复打，复打的喷粉量应不小于设计用量。当遇停电、机械故障等原因致使喷粉中断时，必须复打，复打重叠桩段长度应大于 1m。

（4）出现沉桩时，孔洞深度在 1.5m 以内的，可用 8%的水泥土回填夯实；孔洞深度超过 1.5 的，可先将孔洞用素土回填然后在原位补桩，补桩长度应超过孔洞深度 0.5m。

3）浆喷桩施工规定

（1）超过 2h 的浆液应废弃。

（2）提升钻杆、喷浆搅拌时，应使钻头反向边旋转、边喷浆、边提升。

（3）当发现喷浆量不足时，应整桩复打。当施工中因故停浆时，应使搅拌头下沉至停浆面以下 0.5m ，待恢复供浆后再喷浆提升。

7.路堤地基隔离墙

隔离墙按其作用与功能可分为防渗型隔离墙和支挡型隔离墙。相邻路堤，当待建的路堤采用降水预压、真空预压、强化固结等地基处理方法，或采用深井降水等工程措施时，宜设置防渗型隔离墙；其他情况下隔离新老路基相互干扰宜设置支挡型隔离墙。

水泥搅拌桩防渗型或支挡型隔离墙宜采用浆喷桩。前后桩的搭接应采用切割搭接法施工，应在前桩水泥土尚未固化时进行后续搭接桩施工。

高压喷射水泥土防渗隔离墙宜采用单管摆喷喷射注浆法施工。

8.强夯和强夯置换

强夯法适用于处理碎石土、低饱和度的粉土与黏性土、杂填土和软土等地基。

强夯置换法适用于处理高饱和度的粉土与软塑、流塑的软粘土地基，处理深度不宜大于 7m。

强夯处理范围应超过路堤坡脚，每边超出坡脚的宽度不宜小于 3m。

强夯置换处理范围应为坡脚外增加一排置换桩。

采用强夯法处理软土地基时，应在地基中设置竖向排水体。强夯置换桩顶应铺设一层厚度不小于 0.5m 的粒料垫层，垫层材料可与桩体材料相同，粒径不宜大于 100mm。

强夯置换的桩体材料宜采用级配良好的块石、碎石、矿渣等坚硬粗颗粒材料，粒径大于 300mm 的颗粒含量不宜超过 30%。

强夯和强夯置换施工前应在代表性路段选取试夯区进行试夯。每个试夯区场地面积不应小于 500 ㎡。试夯应确定单击夯击能、夯击次数、夯击遍数、间歇时间等参数。

1）强夯施工规定

强夯宜分为主夯、副夯、满夯三遍实施。

2）强夯置换施工规定

强夯置换应按照由内向外、隔行跳打的方式施工。

9.软土地区路堤施工技术要点

（1）软土地基路堤施工宜在旱季或冬季进行。

（2）施工期间应进行动态观测。动态观测项目应根据工程的重要性和地基的特殊性，以及观测对施工的影响程度等确定。二级及二级以上公路施工过程中必须进行沉降和水平位移观测。

（3）施工期间宜按路堤中心线地面沉降速率每昼夜不大于 10～15mm 、坡脚水平位移速率每昼夜不大于 5mm 控制路堤稳定性。

（4）路面铺筑必须待沉降稳定后进行。沉降稳定的标准应采用双标准控制，即推算的工后沉降应小于设计容许值，同时连续 2 个月观测每月沉降不超过 5mm。

二、滑坡地段路基施工

（一）各类滑坡的共同特征

1.滑带土体软弱，易吸水不易排水，呈软塑状，力学指标低；

2.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**。

3.**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。

4.自然因素和人为因素引起的斜坡应力状态的改变（爆破、机械振动等）均有可能诱发滑坡。

（二）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**和**改变滑带土**。

1.滑坡排水

（1）环形截水沟；（2）树枝状排水沟；（3）平整夯实滑坡体表面土层；（4）排除地下水。

排除地下水的方法较多，有**支撑渗沟**、**边坡渗沟**、**暗沟**、**平孔**等。

2.力学平衡

在滑坡体未处治之前，禁止在滑坡体上增加荷载（如停放机械、堆放材料、弃土等）。

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。经过地质调查、勘探和综合分析，确定滑坡性质为推动式，或为由错落转化成的滑坡后，可采用**刷方（台阶）减重**的方法。**牵引式滑坡**、具有**膨胀性质的滑坡**不宜用滑坡减重法。

3.改变滑带土

用物理化学方法改善滑坡带土石性质。一般有**焙烧法**、**电渗排水法**和**爆破灌浆法**等。

（三）滑坡地段路基的施工技术要点

2.滑坡整治宜在**旱季**施工。

8.采用削坡减载方案整治滑坡时，减载应**自上而下**进行，严禁超挖或乱挖，严禁爆破减载。

10.抗滑支挡工程施工

（3）当墙后有支撑渗沟及排水工程时，应**先期施工**。

（4）抗滑支挡结构物的尺寸和位置应符合设计要求，严禁擅自减小结构尺寸、减短抗滑桩桩长、减短锚索长度等。

（7）开挖基坑时，应**分段跳槽施工**，并应加强支撑，随挖随砌，及时回填。

**学霸笔记：**

滑坡防治措施
- 排水
  - 排地面水：截水沟、排水沟、平整夯实
  - 排地下水：渗沟、暗沟、平孔
- 力学平衡：刷坡减重、反压坡脚（牵引式、膨胀性质滑坡不宜刷坡减重）
- 改变滑带土：焙烧法、爆破灌浆、电渗排水法

# 2B311020 路基防护与支挡

## 2B311021 防护与支挡工程类型

路基防护与加固工程设施，按其作用不同，可分为**边坡坡面防护**、**沿河路基防护**、**支挡构筑物**。

一、边坡坡面防护

1.**植物防护**：植草与喷播植草、铺草皮、种植灌木、喷混植生。

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**：喷护、挂网喷护、干砌片石护坡、浆砌片石护坡、护面墙。

二、沿河路基防护

沿河路基防护用于防护水流对路基的冲刷与淘刷。可分为植物防护、砌石护坡、混凝土护坡、土工织物软体沉排、土工膜袋、石笼防护、浸水挡土墙、护坦防护、抛石防护、排桩防护、丁坝、顺坝等。

三、支挡构筑物

用以防止路基变形或支挡路基本体或山体的位移，以保证其稳定性，常用的类型有**挡土墙**、**边坡锚固**、**土钉支护**、**抗滑桩**等。

**学霸笔记：**

一般为选择题考点，注意区分骨架植物防护和工程防护。

【例题】下列属于骨架植物防护的是（　　）。

A.水泥混凝土空心块护坡　　B.护面墙

C.挂网喷护　　D.浆砌片石护坡

【答案】A

## 2B311022 防护与支挡工程的施工

二、支挡构筑物施工技术

（一）重力式挡土墙工程施工技术

1.特点及适用条件

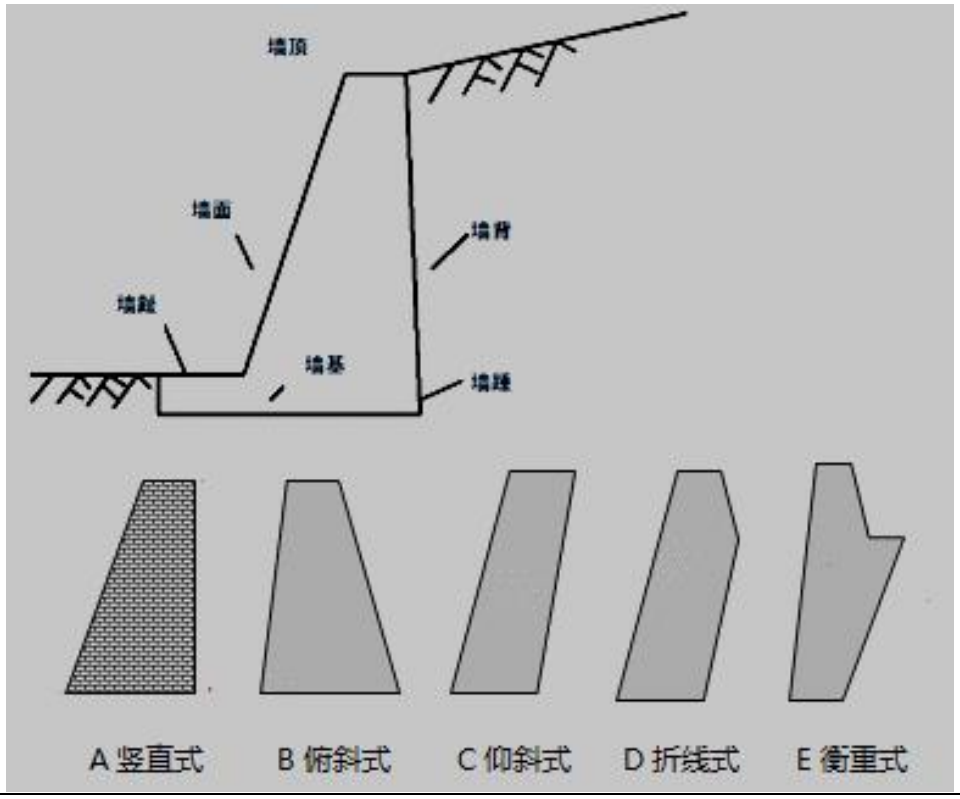
重力式挡土墙**依靠**圬工墙体的**自重抵抗**墙后土体的**侧向推力**（土压力），以维持土体的稳定，是我国目前最常用的一种挡土墙形式。这种挡土墙形式简单、施工方便、就地取材、适应性强，因而应用广泛。缺点是墙身截面大，圬工数量也大，在软弱地基上修建往往受到承载力的限制，墙高不宜过高。重力式挡土墙墙背形式可分为**仰斜**、**俯斜**、**垂直**、**凸形折线**（凸折式）和**衡重式**五种。

（1）**仰斜**墙背所受的**土压力较小**，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。适用于路堑墙及墙趾处地面平坦的路肩墙或路堤墙。

（5）**衡重式**墙背在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。适用于山区地形陡峻处的路肩墙和路堤墙，也可用于路堑墙。由于衡重台以上有较大的容纳空间，上墙墙背加缓冲墙后，可

作为**拦截崩坠石**之用。

学霸笔记：




2. 施工要求

2）墙身施工应符合下列规定：

（1）墙身**分层错缝砌筑**。

（2）**伸缩缝**与**沉降缝**内两侧壁应竖直、平齐，无搭叠。

（3）**泄水孔**应在砌筑墙身过程中设置，确保排水通畅，并应保证墙背反滤、防渗设施的施工质量。

（4）当墙身的强度达到设计强度的 75%时，方可进行回填等工作。在距墙背 0.5～1m 以内，不宜用重型压路机碾压。

学霸笔记：

| 重力式挡土墙 | |
|---|---|
| 特点 | 依靠圬工墙体的自重抵抗墙后土体的侧向推力（土压力） |
| 适用条件 | 应用广泛，但圬工数量大，对地基要求比较高 |
| 施工要求 | ①墙身分层错缝砌筑。<br>②伸缩缝与沉降缝内两侧应竖直、平齐，无搭叠。<br>③泄水孔应在砌筑墙身过程中设置，并保证墙背反滤、防渗设施的施工质量。<br>④当墙身的强度达到设计强度的75%时，方可进行回填工作。 |

（二）加筋土挡土墙工程施工技术

1.特点及适用条件

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。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。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。

2.施工要求

加筋土挡土墙施工简便、快速，并且节省劳力和缩短工期，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。其施工要求如下:

（1）安装直立式墙面板应按不同填料和拉筋预设**仰斜坡**，仰斜坡一般为 1:0.05～1:0.02 ，墙面不得前倾。

（2）拉筋应有粗糙面，并接设计布置呈水平铺设，当局部与填土不密贴时应铺砂垫平。

（4）填料摊铺、碾压应**从拉筋中部开始平行于墙面碾压，先向拉筋尾部逐步进行，然后再向墙面方向进行，严禁**平行于拉筋方向碾压。

（5）填土分层厚度及碾压遍数，应根据拉筋间距、碾压机具和密实度要求，通过试验确定，**严禁使用羊足碾碾压**。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。

学霸笔记：

| 加筋土挡土墙 | |
|---|---|
| 特点 | 利用拉筋与土之间的摩擦作用，达到稳定土体的目的。 |
| 适用条件 | 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。 |
| 施工要求 | 施工工序：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。其施工要求如下：<br>（1）安装直立式墙面板应按不同填料和拉筋预设仰斜坡，墙面不得前倾。<br>（4）填料摊铺、碾压应从拉筋中部开始平行于墙面碾压，先向拉筋尾部逐步进行，然后再向墙面方向进行，严禁平行于拉筋方向碾压。<br>（5）严禁使用羊足碾碾压。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。 |

（三）锚杆挡土墙工程施工技术

1.特点及适用条件

锚杆挡土墙的优点是结构重量轻，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。

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**。

（1）**柱板式锚杆挡土墙**是由挡土板、肋柱和锚杆组成，墙后的侧向土压力作用于挡土板上，并通过挡土板传给肋柱，再由肋柱传给锚杆，由锚杆与周围地层之间的锚固力，即锚杆抗拔力使之平衡，以维持墙身及墙后土体的稳定。

（2）**壁板式锚杆挡土墙**是由墙面板（壁面板）和锚杆组成，土压力通过墙面板传给锚杆，后者则依靠锚杆与周围地层之间的锚固力（即抗拔力）抵抗土压力，以维持挡土墙的平衡与稳定。

**锚杆挡土墙**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。

2.施工要求

锚杆挡土墙施工工序主要有基坑开挖、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。其施工要求如下：

2）按照设计要求，在施工前应作**锚杆抗拔力**验证试验。

4）安装普通砂浆锚杆应符合下列规定：

（5）宜先插入锚杆然后灌浆，灌浆应采用**孔底注浆法**，灌浆管应插至孔底 50～100mm，并随水泥砂浆的注入逐渐拔出，灌浆压强宜不小于 0.2MPa。

（6）砂浆锚杆安装后，不得敲击、摇动。普通砂浆锚杆在 3d 内，早强砂浆锚杆在 12h 内，不得在杆体上悬挂重物。必须待砂浆达到设计强度的 **75%**后方可安装肋柱、墙板。

**学霸笔记：**

| 锚杆挡土墙 | |
|---|---|
| 特点 | 利用锚杆与地层间的锚固力来维持结构物的稳定。 |
| 适用条件 | 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。 |
| 施工要求 | 施工工序：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。其施工要求如下：<br>2）在施工前应作锚杆抗拔力验证试验。<br>4）安装普通砂浆锚杆应符合下列规定：<br>（1）锚杆应安装在孔位中心。<br>（3）有水地段安装锚杆，应将孔内的水排出或采用早强速凝药包式锚杆。<br>（5）宜先出入锚杆然后灌浆，灌浆应采用孔底注浆法。<br>（6）砂浆锚杆安装后，不得敲击、摇动。必须待砂浆达到设计强度75%后方可安装肋柱、墙板。 |

## 2B311030 路基试验检测技术

## 2B311031 最佳含水量测定

**学霸笔记：**

1. 最佳含水量是指击实曲线上最大干密度所对应的含水率。

2. 试验方法有击实试验法、振动台法和表面振动压实仪法。

3. 击实试验法的试验步骤如下：

（1）用干法或湿法制备一组不同含水量（相差约 2%）的试样（不少于 5 个）。

（2）取制备好的土样按所选击实方法分 3 次或 5 次倒入击实筒，每层按规定的击实次数进行击实。测定击实试样的含水量和测算击实后土样的湿密度。

（3）计算各试样干密度，以干密度为纵坐标，含水量为横坐标绘制曲线，曲线上峰值点的纵、横坐标分别为最大干密度和最佳含水量。

## 2B311032 压实度检测

**学霸笔记：**

压实度是现场干密度和室内最大干密度的比值，以百分率表示。现场密度的测定方法如下：

①灌砂法：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。

②环刀法：用于细粒土的密度测试。

③核子密度湿度仪法：利用放射性元素检测土、碎石、土石混合物、沥青混合材料和非硬化水泥混凝土等材料。

④无核密度仪法：采用电磁法来测量路基密实度。

## 2B311033 弯沉检测

**学霸笔记：**

1. 弯沉是指在规定的标准轴载作用下，路基或路面表面轮隙位置产生的总垂直变形（总弯沉），或垂直回弹变形（回弹弯沉），以 0.01mm 为单位。回弹弯沉越大，承载能力越小，反之则越大。

2. 常用的几种弯沉值测试方法的特点

（1）贝克曼梁法：静态测试，试验方法成熟，目前为规范规定的标准方法。可用于测定各类路基路面的回弹完成以评定其整体承载能力。

（2）自动弯沉仪法：静态试验范畴，但测定的是总弯沉，因此使用时应采用贝克曼梁法进行标定换算。用于路基路面施工质量控制、验收和路面养护管理。

（3）落锤弯沉仪法：动态无损检测，使用时应采用贝克曼梁法进行标定换算。应用范围主要是在路面养护管理方面。

## 2B311040 公路工程施工测量技术

## 2B311041 公路工程施工测量工作要求

**学霸笔记：**

1. 平面控制测量应采用 GPS 测量、导线测量、三角测量或三边测量方法进行。路线平面宜采用导线测量方法进行。

2. 公路高程测量应采用水准测量。

## 2B311042 公路工程施工测量方法

**学霸笔记：**

1. 中线测量

（1）切线支距：适用于低等级公路。

（2）偏角法：适用于低等级公路。

（3）坐标法：高速公路、一级公路中线放样宜采用坐标法。（全站仪）

（4）GPS-RTK 技术放样：不受地形限制，高精度、快速测设道路中线上各里程桩位置。

在进行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。

2. 横断面边桩放样

（1）图解法：一般用于低等级的公路。

（2）计算法：精度比图解法高，主要用于公路平坦地形或地面横坡较均匀。

（3）渐近法：适用于各级公路。

（4）坐标法：适用于高等级公路。

3. 桥梁施工测量

（1）三角网基线的设置

三角网的基线不应少于 2 条，基线一端应与桥轴线连接，并尽量接近于垂直。基线一般采用直线形。

## 2B311050 路基工程质量通病及防治措施

## 2B311051 路基压实质量问题的防治

一、路基行车带压实度不足的原因及防治

1. 原因分析

（1）压实遍数不够；

（2）压实机械与填土土质、填土厚度不匹配。

（3）碾压不均匀，局部有漏压现象。

（4）含水量偏离最佳含水量，超过有效压实规定值。

（5）没有对紧前层表面浮土或松软层进行处治。

（6）土场土质种类多，出现不同类别土混填。

（7）填土颗粒过大（>10cm），颗粒之间空隙过大，或者填料不符合要求，如粉质土、有机土及高塑性指数的粘土等。

3.治理措施

（1）因含水量不适宜未压实时，洒水或翻晒至最佳含水量时再重新进行碾压；

（2）因填土土质不适宜未压实时，清除不适宜填料土，换填良性土后重新碾压；

（3）对产生“弹簧土”的部位，可将其过湿土翻晒，或掺生石灰粉翻拌，待其含水量适宜后重新碾压；或挖除换填含水量适宜的良性土壤后重新碾压。

**学霸笔记：**

选择题考点：一般会考哪些属于产生质量通病的原因，哪些属于防治措施，这类题型很简单，只要是跟施工要求不一样的（也就是错误的做法）就是导致质量通病的原因，反之与施工要求一样的（正确的做法）就是预防治理的措施。

案例题考点：一般会在背景资料给出几条导致质量通病的原因或者几条预防质量通病的措施，问还有那些原因或预防措施，这类题型，从施工的工艺流程出发。

例如路基行车带压实度不足的原因，从流程考虑，地基处理的到不到位，原材料的选择上有没有问题，填筑的方法正不正确，压实的工艺符不符合要求等。

# 2B312000 路面工程

## 2B312010 路面基层（底基层）施工技术

### 2B312011 粒料基层（底基层）施工

一、粒料基层（底基层）包括内容及适用范围

粒料基层（底基层）包括**嵌锁型**和**级配型**两种，嵌锁型包括**泥结碎石、泥灰结碎石、填隙碎石**等，其中填隙碎石可用于各等级公路的底基层和**二级以下公路的基层**。级配型包括级配碎石、级配砾石、符合级配的天然砂砾、部分砾石经轧制掺配而成的级配砾、碎石等，其中级配碎石可用于**各级公路的基层**和底基层；级配砾石、级配碎砾石以及符合级配、塑性指数等技术要求的天然砂砾，可适用于轻交通的二级和二级以下公路的基层以及各级公路的底基层。

**学霸笔记：**

| 粒料基层 | 内容 | 适用范围 |
|---|---|---|
| 嵌锁型 | 泥结碎石、泥灰结碎石、填隙碎石 | 二级以下公路基层和各级公路底基层 |
| 级配型 | 级配碎石 | 各级公路基层、底基层 |
| | 级配砾石、符合级配的天然的天然砂砾 | 二级及二级以下公路基层，各级公路底基层 |

三、填隙碎石施工

填隙碎石用作**基层**时，骨料的公称最大粒径应不大于 53mm；用作**底基层**时，应不大于 63mm。填隙料宜采用石屑，缺乏石屑地区，可添加细砾砂或粗砂等细集料。

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。填隙碎石施工时，应符合下列规定：

（1）填隙料应**干燥**。

（2）宜采用**振动压路机**碾压，碾压后，表面集料间的空隙应填满，但表面应看得见集料。填隙碎石层上为薄沥青面层时，宜使骨料的棱角外露 3～5mm。

（3）碾压后基层的固体体积率宜不小于 85%，底基层的固体体积率宜不小于 83%。

（4）填隙碎石基层未洒透层沥青或未铺封层时，不得开放交通。

3.应根据各路段基层或底基层的**宽度**、**厚度**及**松铺系数**，计算各段需要的集料数量，并应根据运料车辆的车厢体积，计算每车料的堆放距离。填隙料的用量宜为集料质量的 30%～40% 。

6.用平地机或其他合适的机具将集料均匀地摊铺在预定的范围内，表面应平整，并有规定的路拱。应同时摊铺路肩用料。

8.填隙碎石的干法施工应符合下列规定：

（1）初压宜用两轮压路机碾压 3～4 遍，使集料稳定就位，初压结束时，表面应平整，并具有规定的路拱和纵坡。（**静压**）

（2）填隙料应采用石屑撒布机或类似的设备均匀地撒铺在已压稳的骨料层上，松铺厚度宜为 25～30mm；必要时，可用人工或机械扫匀。

（3）应采用**振动压路机**慢速碾压，将全部填隙料振入集料间的空隙中。无振动压路机时，可采用重型振动板。路面两侧宜多压 2～3 遍。

（4）再次撒布填隙料，松铺厚度宜为 20～25mm，应用人工或机械扫匀。

（5）同第（3）款，再次振动碾压；局部多余的填隙料应扫除。

（6）碾压后，应对局部填隙料不足之处进行人工找补，并用振动压路机继续碾压，直到全部空隙被填满，应将局部多余的填隙料扫除。

（7）填隙碎石表面空隙全部填满后，宜再用重型压路机碾压 1～2 遍。在碾压过程中，不应有任何蠕动现象。在碾压之前，宜在表面**洒少量水**，洒水量宜不少于 3kg/m$^2$。

（8）需分层铺筑时，应将已压成的填隙碎石层表面集料外露 5～10mm，然后在其上摊铺第二层集料，并按第（1）款～第（7）款要求施工。

9.填隙碎石湿法施工应按下列要求操作：

（1）开始工序应与第 8 条第（1）～（7）款要求相同。

（2）集料层表面空隙全部填满后，宜立即用**洒水**车洒水，直到**饱和**。

（3）宜用重型压路机跟在洒水车后碾压。应将湿填隙料及时扫入出现的空隙中，必要时，宜再添加新的填隙料。

（4）应洒水**碾压**至填隙料和水形成**粉浆**，粉浆应填塞全部空隙，并在压路机轮前形成微波纹状。

（5）碾压完成的路段应让水分蒸发一段时间，结构层变干后，应将表面多余的细料以及细料覆盖层扫除

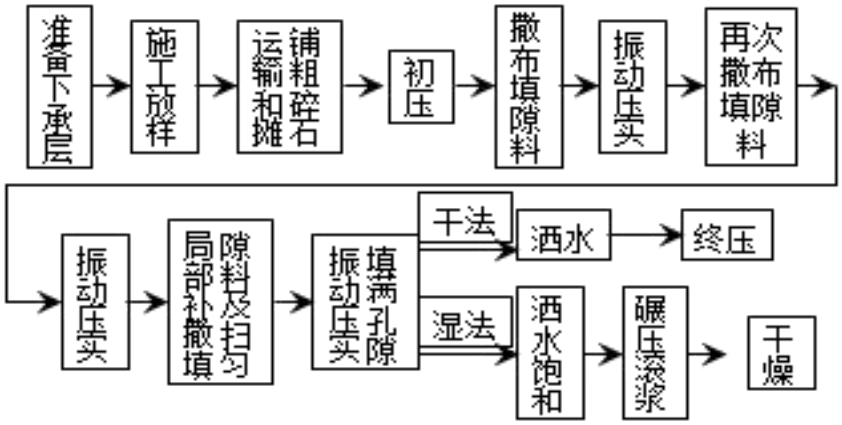
干净。（干燥）

**学霸笔记：**

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

2. 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。

3. 掌握填隙碎石施工的工艺流程




4. 碾压遵循的通用原则：先低后高、先轻后重、先静后动、先慢后快、轮迹重叠。

5. 干法和湿法的适用条件和区别：干旱缺水用干法，取水方便用湿法；区别干法施工是洒少量的水，然后碾压。湿法是洒水饱和后，碾压成粉浆，然后干燥。

6. 填隙碎石层上为薄沥青面层时，宜使集料的棱角外露 3～5mm；分层铺筑时，使表面集料外露 5～10mm，然后在其上摊铺第二层骨料。

## 2B312012 无机结合料稳定基层（底基层）施工

一、无机结合料稳定基层（底基层）包括的内容及适用范围

无机结合料稳定基层（底基层）也称**半刚性基层（底基层）**。

| 适用范围 | | 二级以上基层 | 二级基层 | 二级以下基层 | 底基层 |
|---|---|---|---|---|---|
| 无机结合料稳定基层 | 水泥稳定土 | √ | √ | √ | √ |
| | 水泥土 | × | × | √ | √ |
| | 石灰稳定土 | × | √ | √ | √ |
| | 石灰土 | × | × | √ | √ |
| | 石灰工业废渣稳定土 | √ | √ | √ | √ |
| | 二灰/二灰土/二灰砂 | × | × | √ | √ |

二、对原材料的技术要求

1. 水泥及添加剂

（1）强度等级为 32.5 或 42.5，且满足规范要求的普通硅酸盐水泥等均可使用。

（2）所用水泥初凝时间应大于 3h，终凝时间应大于 6h 且小于 10h 。

2. 石灰

（1）生石灰技术要求：在有效氧化钙加氧化镁含量、未消化残渣含量、氧化镁含量三个指标方面，应符合

相关规范的规定。

消石灰技术要求:在**有效氧化钙加氧化镁含量**、**含水率**、**细度**、**氧化镁**含量四个指标方面，应符合相关规范的规定。

（3）高速公路和一级公路的基层，宜采用**磨细消石灰**。

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。

（3）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。

5.粗集料

（3）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。

（5）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

（5）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

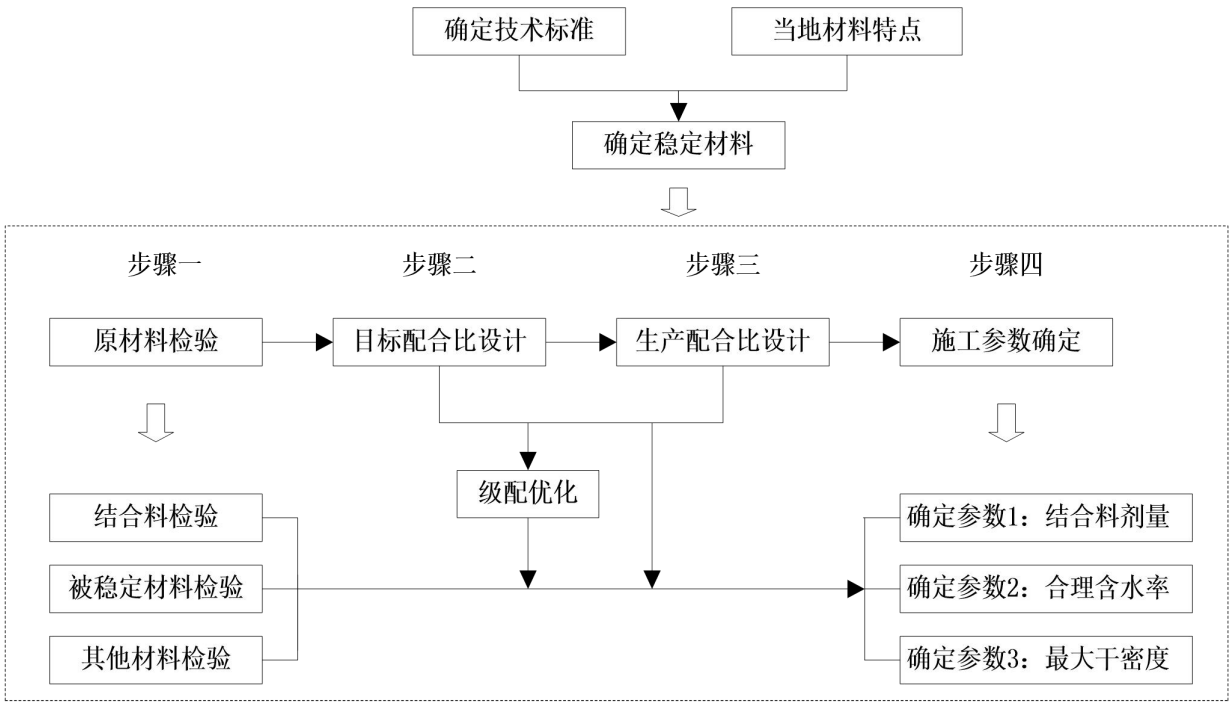
（3）用于二级及二级以上公路基层和底基层的级配碎石或砾石，应由不少于 **4** 种规格的材料掺配而成。

8.混合料组成设计

（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**和**施工参数**确定四部分。

（6）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**。

（8）用于基层的无机结合料稳定材料，强度满足要求时，尚宜检验其**抗冲刷**和**抗裂**性能。



**学霸笔记：**

1. 石灰（新教材内容，今年关注一下）

（1）生石灰技术要求:在有效氧化钙加氧化镁含量、未消化残渣含量、氧化镁含量三个指标方面，应符合相关规范的规定。

消石灰技术要求:在有效氧化钙加氧化镁含量、含水率、细度、氧化镁含量四个指标方面，应符合相关规范的规定。

（2）高速公路和一级公路的基层，宜采用磨细消石灰。

2. 无机结合料组成比设计是高频高点

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

（2）组成设计流程图要求记忆，一般会在案例题中考查。

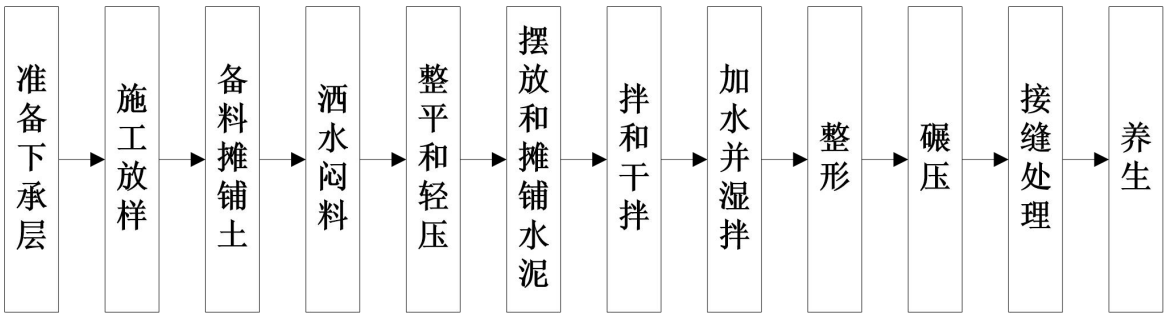
（3）确定无机结合料稳定材料最大干密度指标时宜采用重型击实方法，也可采用振动压实方法。

（4）施工参数确定：结合料剂量、合理含水率、最大干密度。

三、混合料生产、摊铺及碾压

**学霸笔记：**

路拌法：




厂拌法：

| 流程 | 重点 | 无机稳定材料 |
|---|---|---|
| 生产 | 计量 | 水泥不能用电机转速，水：流量计 |
| | 拌合（厂拌） | 高速和一级：两次拌合或间歇式 |
| | 最佳含水率 | 细：高于 1-2%，中粗：0.5-1%<br>2h 测一次含水率，4h 测一次结合料计量 |
| | 运输 | ＞2h，废弃 |
| 摊铺 | 厚度 | 160mm＜h＜200mm |
| | 接合面 | 细料：拉毛；粗料：洒水泥浆 |
| | 机械 | 沥青混凝土摊铺机或稳定土摊铺机　二级以下，可用摊铺箱 |
| 碾压 | 时间 | 水泥：2h　石灰：4d |
| | 含水率 | 水泥类：高 0.5-1.5%，石灰类：1-2% |
| | 机械 | 先钢轮或胶轮稳压，再 18t 以上重型振动压路机，最后钢轮消轮迹 |

| | |
|---|---|
| 施工缝 | 避免纵向接缝，存在纵向接缝时，应垂直相接，严禁斜接 |
| 养护 | 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；养护期宜不少于 7d，养护期宜延长至上层结构开始施工的前 2d |
| 层间处理 | 在上层施工前 1～2h，宜撒布水泥或洒铺水泥净浆。<br>上下结构层连续摊铺施工的方式，应配备独立的摊铺和碾压设备 |

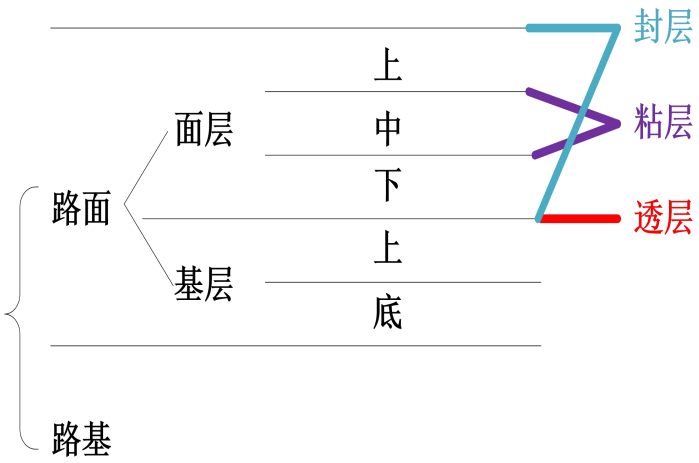
## 2B312020 沥青路面施工技术

## 2B312021 沥青路面透层、粘层、封层施工

**学霸笔记：**

1. 掌握透层、粘层、封层位置和作用。

沥青路面：




【透层施工技术】

1. 透层的作用：为使沥青面层与基层结合良好，在基层上浇洒乳化沥青、煤沥青或液体沥青而形成的透入基层表面的薄层。

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），并能与基层联结成为一体。

（2）用于半刚性基层的透层油宜紧接在基层碾压成型后表面稍变干燥、但尚未硬化的情况下喷洒。

（3）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。

（4）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。

3. 注意事项

（1）透层油洒布后应不致流淌，应渗入基层一定深度，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）喷洒透层油后一定要严格禁止人和车辆通行。

（5）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。

【粘层施工技术】

1. 粘层的作用：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。

2. 符合下列情况，必须喷洒粘层沥青：

（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。

3. 粘层油宜采用快裂或中裂乳化沥青、改性乳化沥青，也可采用快、中凝液体石油沥青。

4. 注意事项

（1）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。

（2）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。

【封层施工技术】

1. 封层的作用

一是封闭某一层起着保水防水作用；二是起基层与沥青表面层之间的过渡和有效联结作用；三是路的某一层表面破坏离析松散处的加固补强；四是基层在沥青面层铺筑前，要临时开放交通，防止基层因天气或车辆作用出现水毁。封层可分为上封层和下封层。

2. 适用条件

上封层根据情况可选择乳化沥青稀浆封层、微表处、改性沥青集料封层、薄层磨耗层或其他适宜的材料。上封层的类型根据使用目的、路面的破损程度选用。

（1）对高速公路、一级公路有轻微损坏的宜铺筑微表处。

（2）对用于改善抗滑性能的上封层可采用稀浆封层、微表处或改性沥青集料封层。

下封层宜采用层铺法表面处治或稀浆封层法施工。稀浆封层可采用乳化沥青或改性乳化沥青作结合料。下封层的厚度不宜小于 6mm，且做到完全密水。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。

3. 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）稀浆封层和微表处的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，要求的稠度应为 2～3cm。

（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。

4.注意事项

稀浆封层施工气温不得低于 10℃，严禁在雨期施工，摊铺后尚未成型混合料遇雨时应予铲除。

## 2B312022 沥青路面面层施工

一、沥青路面结构组成

1.沥青路面结构层可由**面层**、**基层**、**底基层**、**垫层**组成。

2.面层：直接承受车轮荷载。

3.基层：起**主要承重**作用的层次。

4.底基层：起**次要承重**作用的层次。

5.垫层：起**排水**、**隔水**、**防冻**、**防污**等作用。

二、沥青路面分类

1.按技术品质和使用情况分类

| 分类 | 组成 | 优缺点 | 适用 |
|---|---|---|---|
| 沥青混凝土路面 | 集料、**矿粉**、沥青 | **优点**：有较高的强度，可以承受繁重的车辆交通。<br>**缺点**：允许拉应变值较小，会产生规则横向裂缝 | **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** | **优点**：高温稳定性好，不易产生波浪，路面粗糙，利于行车。<br>**缺点**：孔隙率较大，易渗水和老化。 | 用于**三、四**级公路。<br>用作沥青混凝土面层下层、**联结层**或整平层 |
| 沥青贯入式 | 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。 | **优点**：温度稳定性好，热天不易出现推移，冷天不易出现裂缝。<br>**缺点**：多空隙结构，最上层应撒布封层料或加铺拌和层。 | 用于**三、四**级公路，也可作为沥青混凝土面层的**联结层** |
| 沥青表面处治 | 层铺法或拌和法铺筑而成的厚度不超过 **3cm** 的沥青面层 | **优点**：路面薄、造价低、施工简便、行车好。<br>**缺点**：使用寿命不及贯入式，设计时不考虑承重。 | 用于**三、四**级公路，也可用作沥青路面的**磨耗层**、**防滑层** |

2.按组成结构分类

| 结构类型 | 分类 | 典型代表 |
|---|---|---|
| 按组成结构分类 | 密实—悬浮 | AC-I 型沥青混凝土 |
| | 骨架—空隙 | 沥青碎石混合料（AM）和排水沥青混合料（OGFC） |
| | 密实—骨架 | 沥青碎石玛　脂混合料（SMA） |

3.按矿料级配分类

| 结构类型 | 分类 | 典型代表 |
|---|---|---|
| 按矿料级配分类 | 密级配 | 沥青混凝土、沥青稳定碎石 |
| | 半开级配 | 改性沥青稳定碎石，用 AM 表示 |
| | 开级配 | 排水式沥青磨耗层混合料，以 OGFC 表示<br>排水式沥青稳定碎石基层，以 ATPB 表示 |
| | 间断级配 | 沥青玛　脂碎石（SMA） |

4.按矿料粒径分类

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、粗粒式沥青混合料和特粗式沥青混合料。

5.按施工温度分类

按施工温度分为**热拌热铺沥青混合料**和**常温沥青混合料**。

三、沥青路面面层原材料要求

1.道路石油沥青

（1）道路石油沥青各个沥青等级的适用范围应符合表的规定。

| 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；<br>（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 |

（2）沥青路面采用的**沥青标号**，宜按照公路等级、气候条件、交通条件、路面类型及在结构层中的层位及受力特点、施工方法等，结合当地的使用经验，经技术论证后确定。

对高速公路、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**、**粘度大**的沥青，也可提高高温气候分区的温度水平选用沥青等级；对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；对温度日温差、年温差大的地区宜注意选用**针入度指数大**的沥青。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。

当缺乏所需标号的沥青时，可采用不同标号**掺配**的调和沥青，其掺配比例由试验决定。

**学霸笔记：**

1.区分针入度和针入度指数。

针入度：描述沥青稠度的指标。（单位：0.1mm）

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。

2.掌握一个原则，高-大，冷-小

（1）高速公路、一级公路，高温、重载、汽车荷载剪应力大一稠度大、粘度大

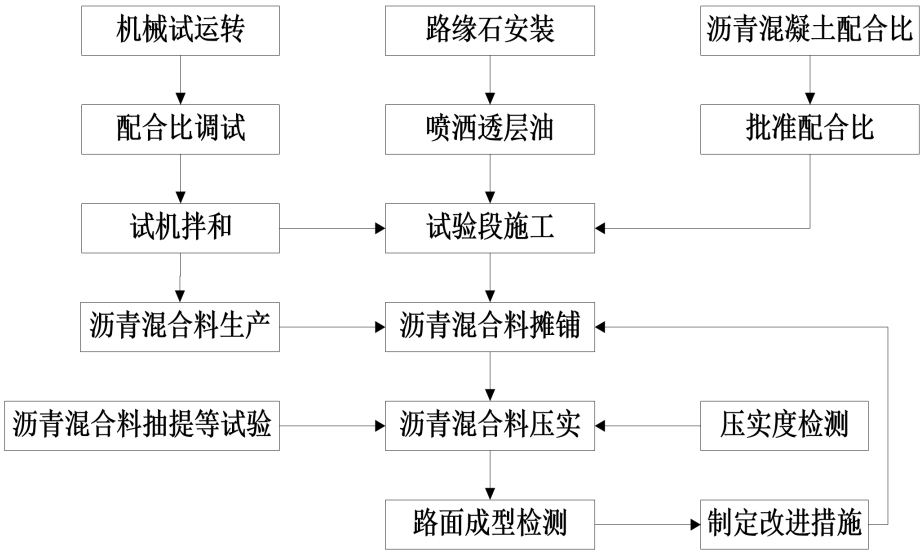
（2）交通量小、旅游公路、寒冷地区-稠度小、低温延度大

（3）温差大-针入度指数大

（4）高温与低温矛盾-高温

四、热拌沥青混合料面层施工技术

热拌沥青混合料面层施工工艺如图所示：




热拌沥青混合料路面施工工艺流程图

1. 施工准备

（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。

（4）对下承层进行清扫，底面层施工前两天在基层上洒**透层油**。在中底面层上喷洒**粘层油**。

（5）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、沥青混合料马歇尔试验各项技术指标等。

2. 沥青混合料的拌制

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

（4）热拌沥青混合料的施工温度与石油沥青的标号有关。沥青的加热温度控制在规范规定的范围之内，即 145～170℃。集料的加热温度视拌合机类型决定，间歇式拌合机集料的加热温度比沥青温度高 10～30 ℃，连续式拌合机集料的加热温度比沥青温度高 5～10℃；混合料的出料温度控制在 135～170℃。当混合料出料温度过高即**废弃**。混合料运至施工现场的温度控制在不低于 135～150℃。

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

3. 混合料的运输

（3）已离析、硬化在运输车厢内的混合料，低于规定铺筑温度或被雨淋的混合料应予以**废弃**。

4. 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，并选用运行良好的高密度**沥青混凝土摊铺机**进行摊铺。

（2）下、中面层采用**走线法**施工，表面层采用**平衡梁法**施工。

（3）摊铺机在摊铺过程中**不准随意变换速度**，尽量避免中途停顿。

（5）开铺前将摊铺机的熨平板进行加热至不低于 **100℃**。

（9）摊铺机无法作业的地方，在**监理工程师同意**后采取人工摊铺施工。

5.混合料的压实

（1）压路机采用 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。

（2）**初压**:采用**钢轮压路机**静压 1～2 遍，正常施工情况下，温度应不低于 **120℃**并紧跟摊铺机进行，当对摊铺后初始压实度较大，经实践证明采用振动压路机或轮胎压路机直接碾压无严重推移而有良好效果时，可免去初压。**复压**:紧跟在初压后开始，不得随意停顿。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，总质量不宜小于 25t。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。

（3）采用**雾状喷水法**，以保证沥青混合料碾压过程中不粘轮。

（4）压路机不准停留在温度尚未冷却至自然气温以下已完成的路面上。

（5）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应**关闭振动**。

6.接缝处理

（1）梯队作业采用**热接缝**，施工时将已铺混合料部分留下 100～200㎜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）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 50～100㎜，摊铺后将混合料人工铲走。碾压时由边向中碾压留下 100～150㎜，然后压实新铺部分，再**跨**缝挤紧压实。

（3）横接缝的处理方法：首先用 3m 直尺检查端部平整度。不符合要求时，垂直于路中线**切**齐清除。清理干净后在端部**涂**粘层沥青接着摊铺。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 150㎜，然后每压一遍向新铺混合料方向移动 150～200㎜，直至全部在新铺层上为止，再改为**纵向碾压**。

**学霸笔记：**

1.沥青混凝土路面施工是考试的高频考点，重点掌握上边表黑的细节考点。

2.沥青混合料予以废弃的情况：

（1）温度过高；（2）已离析、硬化；（3）低于规定温度；（4）被雨淋的混合料

3.接缝处理

冷接缝：切、刷、跨

热接缝：跨

七、水泥路面改造加铺沥青面层

1. 直接加铺法

一般通过人工调查对旧水泥路的病害按段落桩号进行统计，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。针对不同种类的病害进行有效的处理。

（1）对边角破碎损坏较深和较宽的路面，先用切割机切除损坏部分，然后浇筑同强度等级混凝土；对破损较浅、较窄的，可凿除 5cm 以上，然后用细石拌制的混凝土混合料填平。

（2）对发生错台或板块网状开裂，应首先考虑是路基质量出现问题，必须将整个板全部凿除，重新夯实路基及基层，对换板部位基层顶面进行清理维护。

（3）对于板块脱空、桥头沉陷、板的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。具体的工艺流程：定位→**钻孔**→制浆→灌浆→**灌浆孔封堵**→交通控制→**弯沉检测**。

（4）对接缝的处理。对纵横缝**清缝**，清除缝内原有的填充物和杂物，再用手持式注射枪进行沥青**灌缝**，然后用改性沥青油毡等材料**贴缝**，有必要时再加铺一层特殊沥青材料的过渡层，吸收或抵抗纵横缝的向上扩展的能量，防止产生反射裂缝。

**学霸笔记：**

1. 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。

2. 针对不同种类的病害进行有效的处理：

- 边角破损：切除重灌
  - 小：细石拌制混凝土
  - 大：同强度等级混凝土
- 板块脱空：钻孔灌浆
- 板块错台：凿除重做

2. 碎石化法

（1）路面碎石化前的处理

路面碎石化前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，**以便使水能从路面区域及时排出**。

（4）路面碎石化施工

在路面碎石化施工正式开始之前，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或其他类似物。表面凹处在 10cm×10cm 以内，在压实前可

以用**密级配碎石**回填，10cm×10cm 以上的，应利用**沥青混合料**找平，以保证加铺沥青面层的平整度。

（5）破碎后的压实

压实的主要作用是将破碎的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。压实速度不超过 5km/h。

（6）乳化沥青**透层**的洒布

为使表面较松散的粒径有一定的结合力，使用**慢裂**乳化沥青做透层。

**学霸笔记：**

1.碎石化法

（1）路面碎石化前，清处杂物，修复排水系统，将路肩挖除至基层同一高度，以便排水。

（2）路面碎石化前，选择有代表性的路段作为试验段，获取破碎参数。

（3）破碎顺序：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。

（4）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。

（5）表面凹处在 10cm×10cm 以内用密级配碎石回填；10cm×10cm 以上的用沥青混合料找平。

（6）破碎后采用 Z 型压路机振动压实 2～3 遍；光轮压路机振动压实 3～4 遍。

（7）压实的主要作用是将破碎的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。

八、旧沥青路面再生

（一）现场冷再生法

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）和集料同时就地拌合，用路拌机原地拌合，最后碾压成型。

现场冷再生法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合技术，其余如旧沥青混合料的铣刨、破碎技术、胶粘剂配比性能也很关键。

（二）现场热再生

现场热再生施工简单方便，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**，但平整度较差的路面。

| 现场热再生 | 适用 | 特点 |
|---|---|---|
| 整形再生法 | 2～3cm 表面层的再生 | 加热机（1 台）+沥青再生剂 |
| 重铺再生法 | 4～6cm 表面层的再生 | 加热机（2 台）+沥青再生剂+再铺一层磨耗层 |
| 复拌再生法 | 4～6cm 表面层的再生 | 加热机（2 台）+沥青再生剂+新沥青混合料 |

整形再生法：微型裂纹、磨耗层损坏及**破损面积较小**的路面。

重铺再生法：破损较严重路面（如**大面积坑槽**）。

## 2B312030 水泥混凝土路面施工技术

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。

一、水泥混凝土路面原材料要求

1.水泥

（1）极重、特重、重交通荷载等级公路面层水泥混凝土应采用**旋窑**生产的**道路硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥**，中、轻交通荷载等级公路面层水泥混凝土可采用矿渣硅酸盐水泥。高温期施工宜采用普通型水泥，低温期宜采用早强型水泥。

2.粉煤灰和其他掺合料

（1）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。不得使用高钙粉煤灰或Ⅲ级及Ⅲ级以下低钙粉煤灰。

6.外加剂

（2）引气剂应选用**表面张力降低值大**、水泥稀浆中起泡容量多而细密、泡沫稳定时间长、不溶残渣少的产品。有抗冰（盐）冻要求地区，各交通等级路面、桥面、路缘石、路肩及贫混凝土基层必须使用**引气剂**；无抗冰（盐）冻要求地区，**二级及二级以上公路**路面混凝土中应使用引气剂。

（3）各交通等级路面、桥面混凝土宜选用**减水率大**、坍落度损失小、可调控凝结时间的复合型减水剂。高温施工宜使用引气缓凝（保塑、高效）减水剂；低温施工宜使用引气早强（高效）减水剂。

（4）处在海水、海风、氯离子、硫酸根离子环境的或冬季洒除冰盐的路面或桥面钢筋混凝土、钢纤维混凝土中宜掺**阻锈剂**。

9.接缝材料

（2）填缝料有**常温施工式**和**加热施工式**两种，其技术指标应分别符合相应技术要求。常温施工式填缝料主要有聚(氨)酯、硅树脂类，氯丁橡胶泥类，沥青橡胶类等。加热施工式填缝料主要有沥青玛蹄脂类、聚氯乙烯胶泥类、改性沥青类等。

（3）填缝时应使用**背衬垫条**控制填缝形状系数。背衬垫条应具有**良好的弹性、柔韧性、不吸水、耐酸碱腐蚀**和**高温不软化**等性能。

## 2B312032 水泥混凝土路面的施工

**学霸笔记：**

常见的水泥混凝土面层铺筑的技术方法有小型机具铺筑、滑膜机械铺筑、三辊轴机组铺筑和碾压混凝土等方法。

重点区分小型机具施工和滑膜摊铺机施工：

一、小型机具施工（三、四级公路）

备料和混凝土配比调整→测量放样→支模板和安装钢筋（拉杆和传力杆）→混凝土搅拌→混凝土运输→混凝土摊铺→混凝土振捣→整平饰面→软作抗滑构造→养护 →切缝→灌缝→开放交通。

模板拆除应在混凝土抗压强度不小于 8.0MPa 时方可进行。

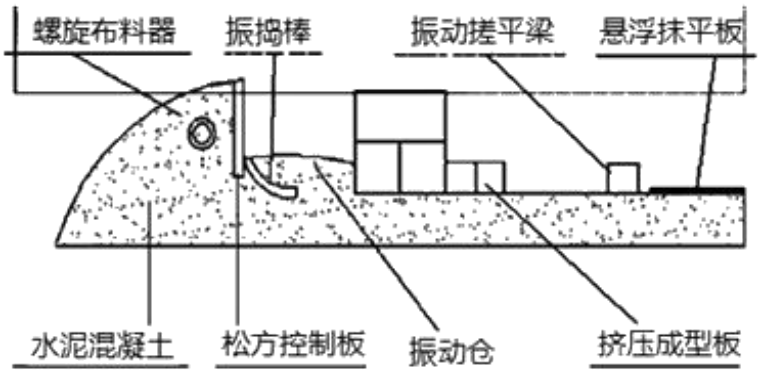
二、滑模摊铺机铺筑施工（高速公路、一级公路、二级公路）

其特征是不架设边缘固定模板，布料、摊铺、振动密实、挤压成型、抹面装饰等施工流程在摊铺机行进过程中连续完成。

1.混凝土拌和物搅拌

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.滑模摊铺机铺筑施工




（1）一般规定

①传力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。

②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。

③滑膜摊铺机械系统应配套齐全，生产设备的数量和生产能力应满足铺筑进度要求，可按下列要求进行配备：

☆滑膜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。

☆滑膜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。

☆应采用刻槽机制作宏观抗滑构造。

☆面层切缝可使用软锯缝机、支架式硬锯缝机或普通锯缝机。

（2）准备工作

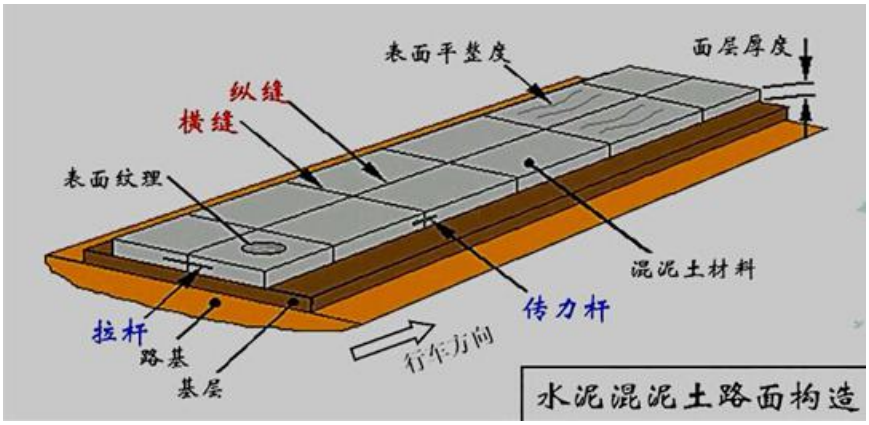
①表面应清扫干净并洒水润湿。

②高速公路、一级公路时，应采用单向坡双线基准线；横向连接铺筑时，连接一侧可依托已铺筑成的路面，另一侧设置单线基准线；

二级公路双向坡路面时，设置双线基准线，滑模摊铺机底板应设置为路拱形状；

基准线宜使用钢绞线。

（3）纵、横缝施工




横缝
- 缩缝：不设传力杆假缝型、设传力杆假缝型
- 胀缝：设传力杆平缝型
- 施工缝：设传力杆平缝型、设拉杆企口缝

纵缝
- 缩缝：设拉杆假缝型
- 施工缝：设拉杆平缝型

（4）抗滑构造施工

①当日施工进度超过 500m 时，抗滑沟槽制作宜选用拉毛机械施工，没有拉毛机时，可采用人工拉槽方式。

②特重和重交通混凝土路面宜采用硬刻槽，凡使用圆盘、叶片式抹面机整平后的混凝土路面、钢纤维混凝土路面必须采用硬刻槽方式制作抗滑沟槽。

（5）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混凝土板养护初期，严禁人、畜、车辆通行，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。

（5）灌缝

常温施工式填缝料的养护期，低温天宜为 24h，高温天宜为 12h。

加热施工式填缝料的养护期，低温天宜为 12h，高温天宜为 6h。

## 2B312050 路面试验检测技术

## 2B312051 无侧限抗压强度试验检测

**学霸笔记：**

1.适用于测定无机结合料稳定土（包括稳定细粒土、中粒土和粗粒土)试件的无侧限抗压强度，试件都是高:直径=1 ： 1 的圆柱体。

2.试验步骤

（1）试料准备。

（2）最佳含水量和最大干密度。

（3）配置混合料。

（4）按预定的干密度制作试件。

（5）成型后试件应立即放入恒温室养护。

（6）无侧限抗压强度试验。

（7）整理数字、强度评定并提供试验报告。

## 2B312052 马歇尔试验检测

**学霸笔记：**

1.马歇尔稳定度试验是对标准击实的试件在规定的温度和速度等条件下受压，测定沥青混合料的稳定度和流值等指标所进行的试验。其中:

2.空隙率是评价沥青混合料压实程度的指标。沥青混合料的空隙率是指空隙的体积占沥青混合料总体积的百分率，它是由理论密度和实测密度求得。

3.沥青饱和度是指压实沥青混合料试件中沥青实体体积占矿料骨架实体以外的空间体积的百分率，又称为沥青填隙率。

4.稳定度是指沥青混合料在外力作用下抵抗变形的能力，在规定试验条件下，采用马歇尔仪测定的沥青混合料试件达到最大破坏的极限荷载。

5.流值是评价沥青混合料抗塑性变形能力的指标。在马歇尔稳定度试验时，当试件达到最大荷载时，其压缩变形值，也就是此时流值表上的读数，即为流值（FL） ，以 0.1mm 计。

6.残留稳定度是反映沥青混合料受水损害时抵抗剥落的能力。浸水马歇尔稳定度试验方法与马歇尔稳定度试验基本相同，只是将试件在( 60 士 1 )℃恒温水槽中保温 48h ，然后再测定其稳定度，浸水后的稳定度与标准马歇尔稳定度的百分比即为残留稳定度。

7.马歇尔稳定度试验主要用于沥青混合料的配合比设计及沥青路面施工质量检验。

## 2B312053 水泥混凝土路面抗压、抗折强度试验检测

**学霸笔记：**

一、水泥混凝土抗压强度试验方法

目前混凝土抗压强度试件以边长为 150mm 的正立方体为标准试件，混凝土强度以该试件标准养护到 28d ，按规定方法测得的强度为准。通过水泥混凝土抗压强度试验，以确定混凝土强度等级，作为评定混

凝土品质的重要指标。

二、水泥混凝土抗折（抗弯拉）强度试验方法

水泥混凝土抗折强度是以 150mm×150mm×550mm 的梁形试件在标准养护条件下达到规定龄期后，净跨径 450mm ，双支点荷载作用下的弯拉破坏，并按规定的计算方法得到强度值。

1. 试验步骤

（1）试件的成型并养护。

（2）试件外观检查、修整。

（3）标记试件。

（4）加载试验。

（5）整理试验数据，提供试验报告。

# 2B313000 桥涵工程

## 2B313010 桥梁工程

### 2B313011 桥梁的组成和分类

一、桥梁的组成

（一）桥梁的组成

桥梁由**上部结构**、**下部结构**、**支座系统**和**附属设施**四个基本部分组成。

上部结构：桥跨结构

下部结构：桥墩、桥台和基础。

附属设施：桥面系、伸缩缝、桥头搭板和锥形护坡

桥面系：桥面铺装、排水防水系统、栏杆、灯光照明等。

（二）相关尺寸与术语名称

1. 净跨径：对于梁式桥是设计洪水位上相邻两个桥墩（或桥台）之间的**净距**。对于拱式桥则是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的**水平距离**。

2. 总跨径：是多孔桥梁中各孔净跨径的总和，它反映了桥下**宣泄洪水**的能力。

3. 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。对于拱式桥，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。

4. 桥梁全长：简称桥长，是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离。

5. 桥梁高度：简称桥高，是指桥面与**低水位**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**。

6. 桥下净空高度：是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，它应保证能安全排洪，并不得小于对该河流通航所规定的净空高度。

7. 桥梁建筑高度：是桥上行车路面（或轨顶）标高至桥跨结构最下缘之间的距离。公路（或铁路）定线中所确定的桥面（或轨顶）标高，对通航净空顶部标高之差，又称为**容许建筑高度**。桥梁的建筑高度不得大

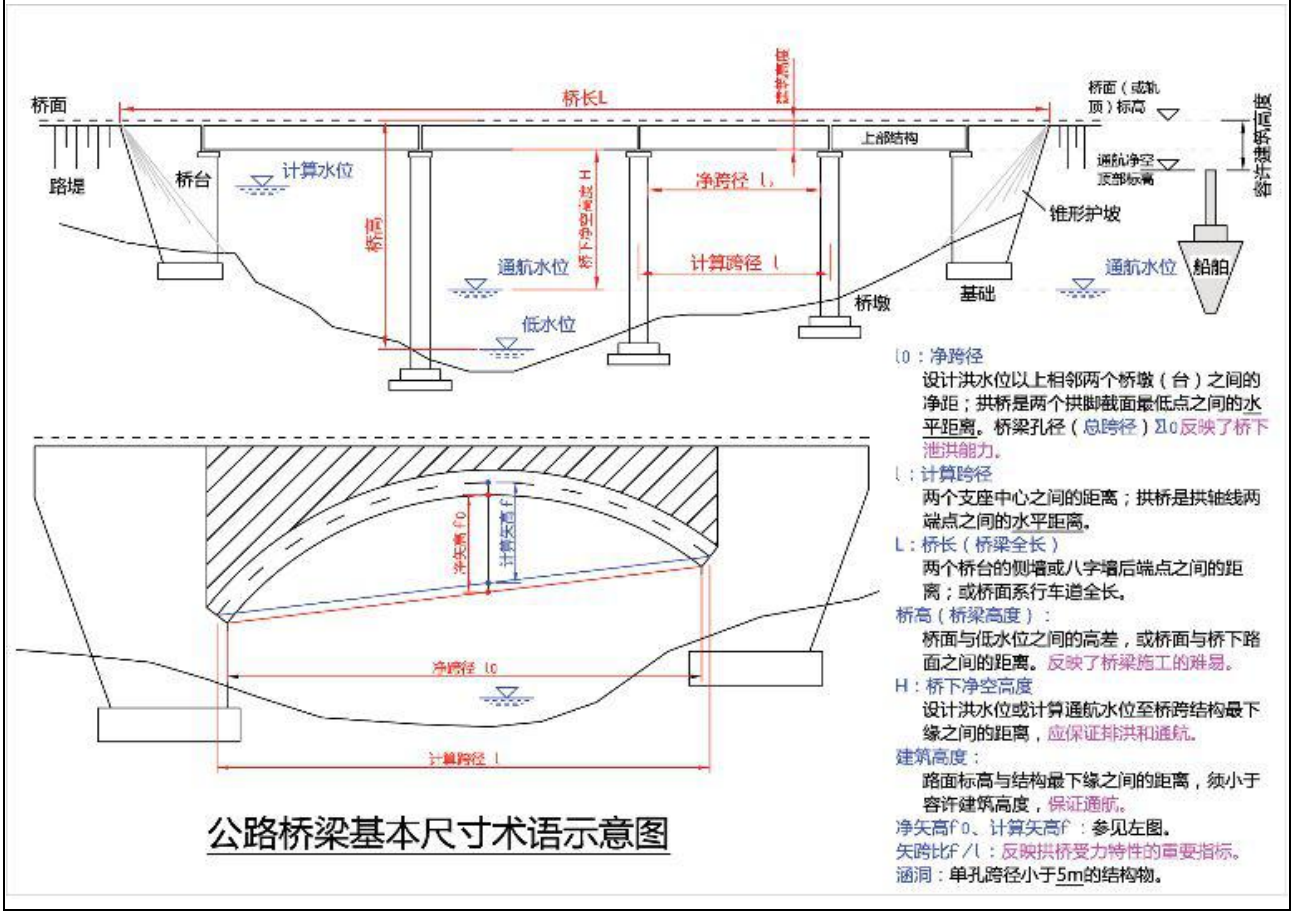
于其容许建筑高度，否则就不能保证桥下的通航要求。

8. 净矢高：是从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下线最低点之连线的垂直距离；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。

9. 矢跨比：是拱桥中拱圈（或拱肋）的**计算矢高**与**计算跨径**之比，也称拱矢度，它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。

**学霸笔记：**

一般为选择题考点，理解桥梁相关尺寸术语，结合图形来记忆。




二、桥梁的分类

（一）桥梁的基本体系

按结构体系划分，有**梁式桥**、**拱桥**、**刚架桥**、**悬索桥** 4 种基本体系。其他还有几种由基本体系组合而成的组合体系等。

1. 梁式体系

梁作为承重结构是以它的**抗弯**能力来承受荷载的。梁分简支梁、悬臂梁、固端梁和连续梁等。悬臂梁、固端梁和连续梁都是利用支座上的**卸载弯矩**去减少跨中弯矩，使梁跨内的内力分配更合理，以同等抗弯能力的构件断面就可建成更大跨径的桥梁。

2. 拱式体系

拱式体系的主要承重结构是拱肋（或拱箱），以**承压**为主，拱是有**水平推力**的结构。

3. 刚架桥

由于梁与柱的刚性连接，梁因柱的抗弯刚度而得到卸载作用，整个体系是**压弯**结构，也是有推力的结构。刚架分直腿刚架与斜腿刚架。

4. 悬索桥

就是指以悬索为主要承重结构的桥。

5. 组合体系：（1）连续刚构；（2）梁、拱组合体系；（3）斜拉桥。

（二）桥梁的其他分类

5. 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**。

## 2B313012 常用模板、支架和拱架的设计与施工

一、模板、支架和拱架设计计算的荷载组合

| 模板结构名称 | 荷载组合 | |
|---|---|---|
| | 计算强度用 | 验算刚度用 |
| 梁、板和拱的底模板以及支承板、支架及拱等 | （1）+（2）+（3）+（4）+（7）+（8） | (1)+(2)+(7)+(8) |
| 缘石、人行道、栏杆、柱、梁、板、拱的侧模板 | （4）+（5） | （5） |
| 基础、墩台等厚大建筑物的侧模板 | （5）+（6） | （5） |

（1）模板、支架自重和拱架自重；（↓）

（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；（↓）

（4）**振捣**混凝土时产生的振动荷载；（↓→）

（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的冲击荷载；（↓→）

（7）设于水中的支架所承受的水流压力、波浪力、流水压力、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、冬季保温设施荷载等。（↓）

**学霸笔记：**

1. 计算强度用

（1）梁、板和拱底模板以及支承板、支架及拱等的计算强度用：

所有竖向的箭头。

（2）缘石、人行道、栏杆、柱、梁、板、拱的侧模板计算强度用：

①小型侧模板：新浇+振捣

②大型侧模板：新浇+入模水平冲击

2. 验算刚度用

在计算强度的基础上，减掉施工过程中考虑的因素。

二、施工预拱度

支架预留施工预拱度时，应考虑下列因素：

（1）支架和拱架拆除后上部结构本身及活载 1/2 所产生的挠度；

（2）支架和拱架在荷载作用下的弹性压缩；

（3）支架和拱架在荷载作用下的非弹性压缩；

（4）支架和拱架基底在荷载作用下的非弹性沉陷；

（5）由混凝土收缩及温度变化而引起的挠度；

三、常用模板、支架和拱架的施工

（一）模板的制作及安装

模板制作与安装施工工艺流程如下：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.模板安装的技术要求

（1）**模板不应与脚于架连接**（模板与脚于架整体设计时除外），避免引起模板变形。

（3）模板安装完毕后，应对其**平面位置**、**顶部标高**、**节点联系**及**纵横向稳定性**进行检查，签认后方可浇筑混凝土。

（5）当结构自重和汽车荷载（不计冲击力）产生的向下挠度超过跨径的 1/1600 时，钢筋混凝土梁、板的底模板应设**预拱度**，预拱度值应等于结构自重和 1/2 汽车荷载（不计冲击力）所产生的挠度。纵向预拱度可做成抛物线或圆曲线。

（6）后张法预应力梁、板，应注意预应力、自重和汽车荷载等综合作用下所产生的上拱或下挠，应设置适当的预挠或预拱。

2.中小跨径的空心板制作时所使用的芯模应符合下列要求：

（3）浇筑混凝土时．为**防止胶囊上浮和偏位**，应采取有效措施加以固定，并应对称平衡地进行浇筑。

（二）支架、拱架的制作及安装

2.主要压力杆的纵向连接，应使用**对接法**。次要构件的连接可用搭接法。

5.支架或拱架安装完毕后，应对其**平面位置**、**顶部标高**、**节点连接**及**纵、横向稳定性**进行全面检查，符合要求后，方可进行下一工序。

7.应通过**预压**的方式，**消除支架地基的不均匀沉降**和**支架的非弹性变形**并**获取弹性变形参数**，或**检验支架的安全性**。

（三）模板、支架和拱架的拆除

1.模板、支架和拱架的拆除期限应根据结构物特点、模板部位和混凝土所达到的强度来决定。

（1）非承重侧模板应在混凝土强度能保证其表面及棱角不致因拆模而受损坏时方可拆除，一般应在混凝土抗压强度达到 2.5MPa 时方可拆除侧模板。

2.现浇混凝土拱圈的拱架，拆除期限应符合设计规定；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。

3.石拱桥的拱架卸落时间应符合下列要求：

（1）浆砌石拱桥，须待砂浆强度达到设计要求，或如设计无要求，则须达到砂浆强度的85%。

（2）跨径小于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；**大**跨径空腹式拱，宜在拱上小拱**横**墙砌好（未砌小拱圈）时卸架。

4.模板拆除应按设计的顺序进行，设计无规定时，应遵循**先支后拆、后支先拆**的顺序，拆时严禁抛扔。

5.为便于支架和拱架的拆卸，应根据**结构形式、承受的荷载大小**及**需要的卸落量**，在支架和拱架适当部位设置相应的木楔、木马、砂筒或千斤顶等落模设备。

6.卸落支架和拱架应按拟定的卸落程序进行，分几个循环卸完，卸落量开始宜小，以后逐渐增大。在纵向应对称均衡卸落，在横向应同时一起卸落。

（2）满布式拱架卸落时，可**从拱顶向拱脚**依次循环卸落；拱式拱架可在两支座处同时均匀卸落。

（3）简支梁、连续梁宜**从跨中向支座**依次循环卸落；悬臂梁应**先卸挂梁及悬臂的支架，再卸无铰跨内的支架**。

**学霸笔记：**

1.掌握施工预拱度考虑的因素。

2.模板安装的技术要求

（1）模板安装完毕后，应对其平面位置、顶部标高、节点联系及纵横向稳定性进行检查，签认后方可浇筑混凝土。

（2）当结构自重和汽车荷载（不计冲击力）产生的向下挠度超过跨径的1/1600时，钢筋混凝土梁、板的底模板应设预拱度，预拱度值应等于结构自重和1/2汽车荷载（不计冲击力）所产生的挠度。纵向预拱度可做成抛物线或圆曲线。

3.应通过预压的方式，消除支架地基的不均匀沉降和支架的非弹性变形并获取弹性变形参数，或检验支架的安全性。

4.非承重侧模板应在混凝土强度能保证其表面及棱角不致因拆模而受损坏时方可拆除，一般应在混凝土抗压强度达到2.5MPa时方可拆除侧模板。

5.现浇混凝土拱圈的拱架，拆除期限应符合设计规定；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。

6.模板拆除应按设计的顺序进行，设计无规定时，应遵循先支后拆、后支先拆的顺序，拆时严禁抛扔。

7.为便于支架和拱架的拆卸，应根据结构形式、承受的荷载大小及需要的卸落量，在支架和拱架适当部位设置相应的木楔、木马、砂筒或千斤顶等落模设备。

8.卸落支架和拱架应按拟定的卸落程序进行，分几个循环卸完，卸落量开始宜小，以后逐渐增大。在纵向应对称均衡卸落，在横向应同时一起卸落。

（2）满布式拱架卸落时，可从拱顶向拱脚依次循环卸落；拱式拱架可在两支座处同时均匀卸落。

（3）简支梁、连续梁宜从跨中向支座依次循环卸落；悬臂梁应先卸挂梁及悬臂的支架，再卸无铰跨内的支架。

# 2B313013 钢筋和混凝土施工

（三）预应力钢筋的加工制作

2. 预应力筋进场时应分批验收，验收时，除应对其质量证明书、包装、标志和规定等进行检查外，尚须按下列规定进行检查：

（1）**钢丝**：钢丝分批检验时每批应不大于 **60t**，检验时应先从每批中抽查 5%且不少于 5 盘，进行表面质量检查。如检查不合格，则应对该批钢丝逐盘检查。在每盘钢丝的两端取样进行**抗拉强度**、**弯曲**和**伸长率**的检验。

（2）**钢绞线**：钢绞线分批检验时每批应不大于 **60t**，检验时应从每批钢绞线中任取 3 盘，并从每盘所选的钢绞线端部正常部位截取一组试样进行**表面质量**、**直径偏差**和**力学性能试验**。

（3）**热轧带肋钢筋**：热轧带肋钢筋分批检验时每批应不大于 **100t**，对表面质量应逐根目视检查，外观检查合格后在每批中任选 2 根钢筋截取试件进行**拉伸试验**。

4. 预应力筋的下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的**孔道长度**或**台座长度**、锚夹具厚度、千斤顶长度、焊接接头或镦头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。

5. 预应力筋的下料，应采用**切断机**或**砂轮锯**切断，**严禁采用电弧切割**。

**学霸笔记：**

1. 掌握钢丝、钢绞线、热轧带肋钢筋的检验批和试验。

（1）钢丝：60t（拉、弯、伸）

（2）钢绞线：60t（表、直、力）

（3）热轧带肋钢筋：100t（拉伸）。

2. 预应力筋的下料长度，如果是先张法考虑的是台座的长度（有连接器就是连接器之间的长度），如果是后张法考虑的是孔道长度。

3. 预应力筋的下料，应采用切断机或砂轮锯切断，严禁采用电弧切割。

二、混凝土工程施工

（一）一般规定

1. 在进行混凝土强度试配和质量评定时，混凝土的抗压强度应以边长为 **150mm** 的立方体尺寸标准试件测定。试件以同龄期者三块为一组，并以同等条件制作和养护，每组试件的抗压强度应以三个试件测值的算术平均值为测定值，如有一个测值与中间值的差值超过中间值的 **15%**时，则取中间值为测定值；如有两个测值与中间值的差值均超过 **15%**时，则该组试件无效。

2. 混凝土抗压强度应为标准方式成型的试件，置于**标准养护**条件下（**温度为 20±2℃及相对湿度不低于 95%**）养护 28d 所测得的抗压强度值（MPa）进行评定。

（二）混凝土的配合比

1. 混凝土的配合比，应以**质量比**计，并应通过设计和试配选定。

（六）大体积混凝土施工

1.大体积混凝土在选用原材料和进行配合比设计时，应按照**降低水化热温升**的原则进行，并应符合下列规定：

（1）宜选用**低水化热**和**凝结时间长**的水泥品种。粗集料宜采用**连续级配**，细集料宜采用**中砂**。宜掺用可降低混凝土早期水化热的外加剂和掺合料，外加剂宜采用**缓凝剂**、**减水剂**；掺合料宜采用粉煤灰、矿渣粉等。

（2）进行配合比设计时，在保证混凝土强度、和易性及坍落度要求的前提下，宜采取**改善粗集料级配**、**提高掺合料和粗集料的含量**、**降低水胶比**等措施，减少单方混凝土的水泥用量。

（3）大体积混凝土进行配合比设计及质量评定时，可按 60d 龄期的抗压强度控制。

2.大体积混凝土的施工应提前制订专项施工技术方案，并应对混凝土采取温度控制措施。

（1）对大体积混凝土进行温度控制时，应使其内部最高温度不大于 75℃、内表温差不大于 25℃。

（2）大体积混凝土可**分层**、**分块浇筑**，分层、分块的尺寸宜根据温控设计的要求及浇筑能力合理确定；当结构尺寸相对较小或能满足温控要求时，可全断面一次浇筑。

（5）大体积混凝土的浇筑宜在**气温较低**时进行。

（6）大体积混凝土的温度控制宜按照“**内降外保**”的原则，对混凝土内部采取设置冷却水管通循环水冷却，对混凝土外部采取覆盖蓄热或蓄水保温等措施进行。

**学霸笔记：**

1.掌握混凝土强度测定值的计算。

（1）每组试件的抗压强度应以三个试件测值的算术平均值为测定值，如有一个测值与中间值的差值超过中间值的 15%时，则取中间值为测定值；如有两个测值与中间值的差值均超过 15%时，则该组试件无效。

（2）混凝土抗压强度应为标准方式成型的试件，置于标准养护条件下（温度为 20±2℃及相对湿度不低于 95%）养护 28d 所测得的抗压强度值（MPa）进行评定。

2.掌握大体积混凝土施工。

（1）采用降低水化热和和凝结时间长的水泥。

（2）粗集料宜采用连续级配。

（3）细集料宜选用中砂。

（4）外加剂宜采用缓凝剂、减水剂。

（5）掺和料宜采用粉煤灰、矿渣粉等。

（6）进行配合比设计时，在保证混凝土强度、和易性及坍落度要求的前提下，宜采取改善粗集料级配、提高掺合料和粗集料的含量、降低水胶比等措施，减少单方混凝土的水泥用量。

（7）大体积混凝土按 60d 龄期的抗压强度控制。

（8）大体积混凝土的浇筑在一天中气温较低进行。

（9）大体积混凝土可分层、分块浇筑。

（10）大体积混凝土应优选矿渣水泥、粉煤灰水泥等低水化热水泥。

三、预应力混凝土施工

（三）施加预应力

**学霸笔记：**

1.张拉用的千斤顶与压力表应配套标定、配套使用，标定应在经国家授权的法定计量技术机构定期进行，标定时千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。当处于下列情况之一时，应重新进行标定：

（1）使用时间超过 6 个月。

（2）张拉次数超过 300 次。

（3）使用过程中千斤顶或压力表出现异常情况。

（4）千斤顶检修或更换配件后。

2.预应力筋采用应力控制方法张拉时，应以伸长值进行校核，实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求，设计无规定时，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在 6%以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

3.预应力筋张拉时，应先调整到初应力，该初应力宜为张拉控制应力的 10%～25%，伸长值应从初应力时开始量测。预应力筋的实际伸长值除量测的伸长值外，必须加上初应力以下的推算伸长值。

预应力筋张拉的实际伸长值$\Delta L_S$（mm），可按式计算：

$\Delta L_S=\Delta L_1+\Delta L_2$

$\Delta L_1$—从初应力至最大张拉应力间的实测伸长值（mm）；

$\Delta L_2$—初应力以下的推算伸长值（mm），可采用相邻级的伸长值。

## 2B313014 桥梁基础工程施工

一、桥梁基础分为：刚性基础、桩基础、管柱、沉井、地下连续墙等。

1.刚性基础:适用于**地基承载力较好**的各类土层。

2.桩基础:按施工方法可分为沉桩、钻孔灌注桩、挖孔桩，其中沉桩又分为**锤击沉桩法**、**振动沉桩法**、**射水沉桩法**、**静力压桩法**。

（1）沉桩:锤击沉桩法一般适用于松散、**中密砂土**，黏性土。振动沉桩法一般适用于砂土，硬塑及软塑的黏性土和中密及**较松的碎石土**；射水沉桩法适用在密实砂土，**碎石土**的土层中。用锤击法或振动法沉桩有困难时，可用射水法配合进行。静力压桩法在标准贯入度 N<20 的**软黏土**中，可用特制的液压机、机力千斤顶或卷扬机等设备沉入各种类型的桩。

（2）钻孔灌注桩适用于黏性土、砂土、砾卵石、碎石、岩石等各类土层。

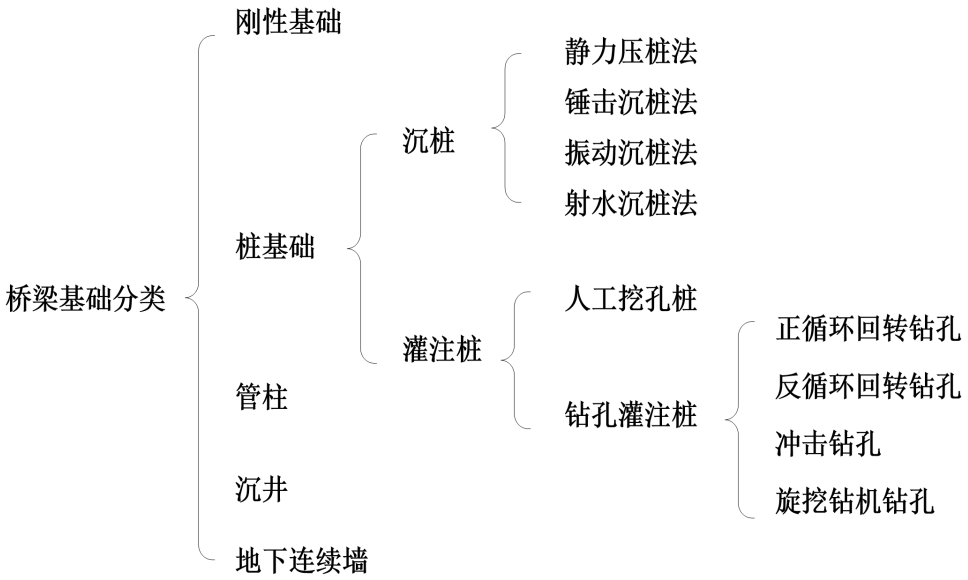
（3）挖孔灌注桩适用于**无地下水**或**少量地下水**，且较密实的土层或风化岩层，如空气污染物超标，必须采取通风措施。

3.管柱、沉井适用于各种土质的基底，尤其在**深水**、岩面不平、无覆盖层或覆盖层很厚的自然条件下，不宜修建其他类型基础时，均可采用。

4.地下连续墙适用于作地下挡土墙、挡水围堰、承受竖向和侧向荷载的桥梁基础、平面尺寸大或形状复杂的地下构造物基础，可用于除岩溶和地下承压水很高处的其他各类土层中施工。

**学霸笔记：**

1. 掌握桥梁基础分类和特点。




2. 掌握沉桩方法的适用范围。

（1）静力压桩法在标准贯入度 N<20 的软黏土。

（2）锤击沉桩法一般适用于松散、中密砂土，黏性土。

（3）振动沉桩法一般适用于砂土，硬塑及软塑的黏性土和中密及较松的碎石土。

（4）射水沉桩法适用在密实砂土，碎石土的士层中。

三、明挖扩大基础施工

**学霸笔记：**

1. 桥梁基础施工中常用的基坑排水方法有：

（1）集水坑排水法：除严重流沙外，一般情况下均可适用。

（2）井点降水法：适用粉砂、细砂、地下水位较高、有承压水、挖基较深、坑壁不易稳定的土质基坑，在无砂的黏质土中不宜使用。

（3）其他排水法：对于土质渗透性较大、挖掘较深的基坑，可采用板桩法或沉井法。此外，视工程特点、工期及现场条件等，还可采用帷幕法。

2. 基坑施工过程中注意要点

（1）基坑顶面有动荷载时，其边缘与动荷载之间应留有不小于 1m 宽的护道。

（2）基坑施工不可延续时间过长，自开挖至基础完成，应抓紧时间连续施工。

（3）如用机械开挖基坑，挖至坑底时，应保留不小于 30cm 厚度的底层，在基础浇筑圬工前用人工挖至基底标高。

四、桩基础施工

（一）挖孔灌注桩

**学霸笔记：**

1.挖孔桩主要从安全角度去掌握：

（1）三个有关的数字（5、10、15）

5：孔深大于 5m 时，必须采用电雷管爆破；

10：孔深大于 10m 时，必须强制采用机械强制通风措施。

15：孔内爆破后应先通风排烟 15min 并经检查无有害气体后施工人员方可下井继续施工。

（2）孔口处应设置高处地面至少 300mm 护圈。

（3）挖孔施工时相邻两桩孔不得同时开挖，宜间隔交错跳挖。

（4）采用混凝土护壁支护的桩孔必须挖一节浇筑一节护壁。

（5）桩孔内遇岩层需爆破作业时，应进行专项爆破设计，且宜采用浅眼松动爆破。

（二）钻孔灌注桩施工

**学霸笔记：**

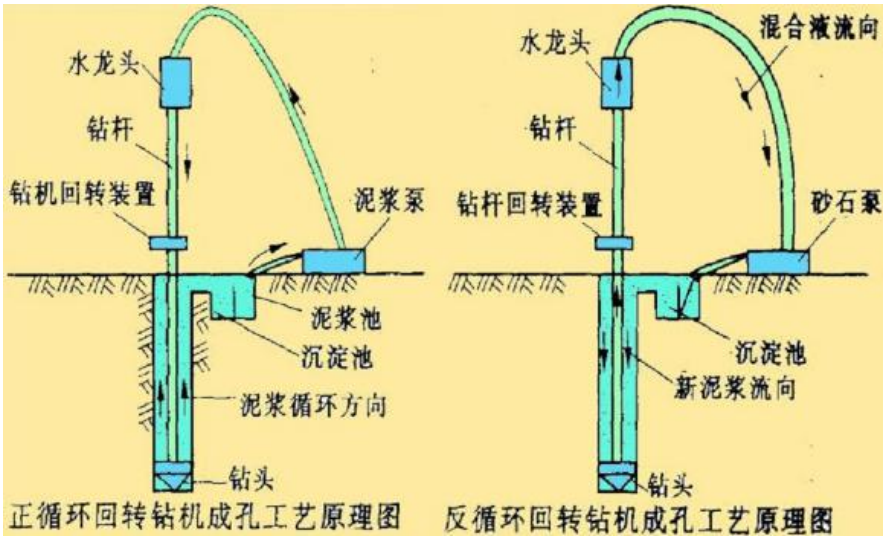
钻孔灌注桩是高频考点：

1.钻孔灌注桩施工的主要工序：埋设护筒、制备泥浆、钻孔、清孔、钢筋笼制作与吊装、灌注水下混凝土等。

2.护筒的作用：护筒能稳定孔壁、防止塌孔，还有隔离地表水、保护孔口地面、固定桩孔位置和起到钻头导向作用等。（稳、隔、护、定、导）

3.泥浆的作用：钻孔泥浆由水、黏土（膨润土）和添加剂组成，具有浮悬钻渣、冷却钻头、润滑钻具、增大静水压力，并在孔壁形成泥皮，隔断孔内外渗流，防止塌孔的作用。

4.区分正循环和反循环。




5.清孔的质量要求：对摩擦桩，直径≤1.5m，孔底沉淀厚度≤200mm；直径〉1.5m、桩长〉40m 或土质较差的桩，≤300mm。对支承桩，孔底沉淀厚度≤50mm。

6.清孔后的泥浆性能指标，相对密度为 1.03～1.10，黏度为 17～20Pa •S ，含砂率<2% ，胶体率>98% 。

在吊入钢筋骨架后，灌注水下混凝土之前，应再次检查孔内泥浆的性能指标和孔底沉淀厚度；如超过规定，应进行第二次清孔，符合要求后方可灌注水下混凝土。不得用加深钻孔深度的方式代替清孔。

7. 导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验，严禁用压气试压。

8. 混凝土的坍落度：18～22cm。

9. 在灌注过程中，导管埋置深度控制在 2～6m。

10. 凝土拌和物运至灌注地点时，应检查其均匀性和坍落度等， 如不符合要求，应进行第二次拌和，二次拌和后仍不符合要求时，不得使用。

11. 为了防止钢筋骨架上浮，当灌注的混凝土顶面距钢筋骨架底部 1m 左右时，应降低混凝土的灌注速度。当混凝土拌合物上升到骨架底口 4m 以上时，提升导管，使其底口高于骨架底部 2m 以上，即可恢复正常灌注速度。

## 2B313015 桥梁下部结构施工

一、承台施工

（一）围堰及开挖方式的选择

1. 当承台处于干处时，一般直接采用明挖基坑，并根据基坑状况采取一定措施后，在其上安装模板，浇筑承台混凝土。

2. 当承台位于水中时，一般先设围堰（**钢板桩围堰**、**套箱围堰**、**双壁钢围堰**等），将群桩围在堰内，然后在堰内河底灌注水下混凝土封底，凝结后，将水抽干，使各桩处于干处，再安装承台模板，在干处灌筑承台混凝土。

（1）钢板桩围堰

钢板桩围堰适用于各类**土**（包括强风化岩）的水中基坑。施打钢板桩时，应注意在施打钢板桩前，应在围堰上下游一定距离及两岸陆地设置**经纬仪观测点**，用以控制围堰长、短边方向的钢板桩的施打定位。施打前，钢板桩的锁口应用止水材料捻缝，以防漏水；施打钢板桩必须有**导向设备**，以保证钢板桩的正确位置；施打顺序按施工组织设计进行，一般**由上游分两头向下游合龙**。

（2）套箱围堰

套箱围堰可采用**有底套箱**或**无底套箱**。当承台底与河床之间距离较大时，一般采用**有底套箱**，承台模板安装完毕后抽水，堵漏，即可在干处灌筑承台混凝土。

套箱围堰的平面尺寸应根据承台尺寸、安装及放样误差确定，套箱顶标高应根据施工期间可能出现的**最高水位**及**浪高**等因素确定，套箱底板标高根据**承台底标高**及**封底混凝土厚度**确定。

套箱围堰应采用刚性导管进行水下混凝土封底，封底混凝土厚度应根据**桩周摩擦阻力**、**浮力**、**套箱**及**混凝土重力**等计算确定。

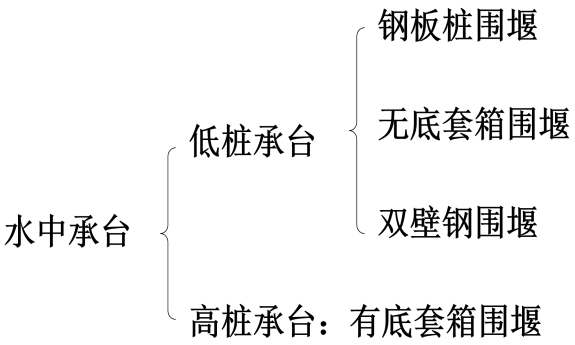
（3）双壁钢围堰

双壁钢围堰适用于**深水基础**施工。

双壁钢围堰本身应分设多个对角的横向互不通水的隔水仓，以便在下沉过程中**分仓对称灌水**、砂砾石或混凝土。

双壁钢围堰拼焊后应进行焊接质量检验及**水密试验**。各节、块拼焊时，应按预先安排的顺序对称进行。

**学霸笔记：**




二、墩台施工

（一）钢筋混凝土墩台施工

2.钢筋施工应符合规下列规定：

（1）对高度大于 30m 的桥墩，在钢筋安装时宜设置**劲性骨架**。

（2）钢筋施工时其分节高度不宜大于 **9m**，以确保施工安全。

（3）下一节段钢筋绑扎时，上一级混凝土强度应达到 **2.5MPa** 以上。

3.模板制作安装与脚手架施工应符合下列规定：

（1）高墩施工宜采用**翻转模板**、**爬升模板**或**滑升模板**。

（5）模板在安装过程中，必须设置防倾覆设施，对高度大于 30m 的桥墩或风力较大地区，应设置**风缆**。

5.采用滑升模板浇筑桥墩混凝土时，还应符合下列规定：

（1）宜采用**低流动度**或**半干硬性混凝土**。

（3）应采用**插入式振动器振捣**。

（6）每一整体结构的浇筑应**连续进行**，若因故中途停工，应按施工缝处理。

（7）混凝土脱模时的强度宜为 **0.2～0.5MPa**，脱模后如表面有缺陷时，应及时予以修补。

## 2B313016 桥梁上部结构施工

一、桥梁上部结构装配式施工

（一）先张法预制梁板

**学霸笔记：**

1.先张法预制梁板工序

（1）承力台座由混凝土筑成，应有足够的强度、刚度和稳定性，钢横梁受力后，挠度不能大于 2mm。

（2）多根钢筋同时张拉时，其初应力要保持一致，活动横梁始终和固定横梁保持**平行**。

（3）将预应力筋（钢绞线）按计算长度切割，在失效段套上塑料管，放在台座上，线两端穿过定位钢板，卡上锚具，用液压千斤顶单束张拉，先张拉中间束，再向两边对称张拉。

（4）混凝土达到规定强度时开始放张，放张时宜对称、同步。可采用砂箱法或千斤顶法，分数次完

成。用砂箱法时，放砂速度要均匀一致。

（5）先张法预制梁板施工工艺流程:张拉台座准备→钢筋骨架制作→穿预应力筋、调整初应力→张拉预应力筋→立模→浇筑混凝土→混凝土养护→拆模→放松预应力筋→成品存放、运输。

2. 先张法预应力筋的张拉操作时的施工要点

（1）同时张拉多根预应力筋时，应预先调整其初应力，使相互之间的应力一致。

（2）张拉时，同一构件内预应力钢丝、钢绞线的断丝数量不得超过 1% ，同时对于预应力钢筋，不允许断筋。

（3）应先张拉靠近台座截面重心的预应力钢筋，防止台座承受过大的偏心压力。

（4）预应力筋放张时， 混凝土的强度应不低于设计强度等级值的 80% ，弹性模最应不低于混凝土 28d 弹性模量的 80% 。

（5）预应力筋放张后，对钢丝和钢绞线，应采用机械切割的方式进行切断；对热轧带肋钢筋，可采用乙炔—氧气切割，但应采取必要措施防止高温对其产生不利影响。

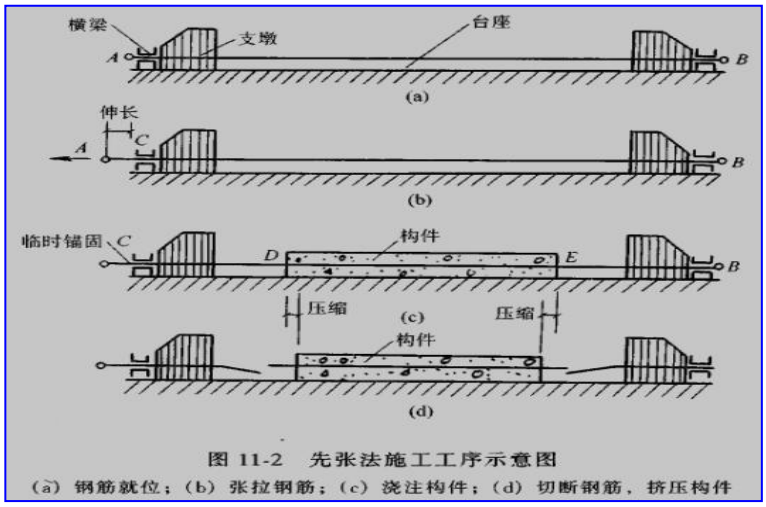



图 11-2 先张法施工工序示意图

（a）钢筋就位；（b）张拉钢筋；（c）浇注构件；（d）切断钢筋，挤压构件

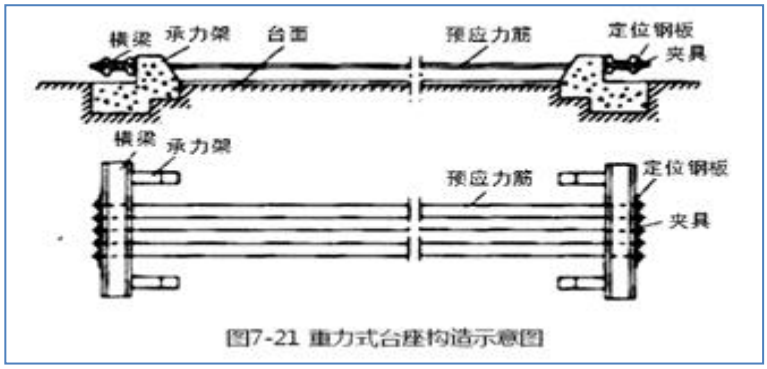
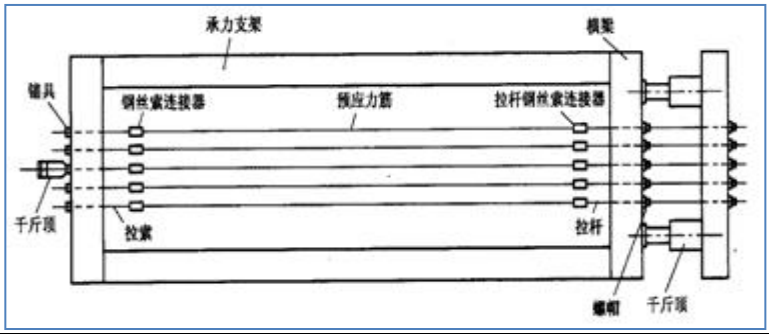



图7-21 重力式台座构造示意图



（二）后张法预制梁板

**学霸笔记：**

1. 后张法预制梁板工序

（1）当预制梁跨大于 20m 时，要按规定设置反拱。

（2）在孔道两端及最低处设置压浆孔，在最高处设排气孔。

（3）将质量合格的混凝土用混凝土拌合车运输，卸入吊斗，由龙门吊从梁的一端向另一端，水平分层，先下部捣实后再腹板、翼板，挠至接近另一端时改从另一端向相反方向顺序下料，在距梁端 3～4m 处浇筑合龙，一次整体浇筑成型。梁体混凝土数量较大时，采用斜向分段，水平分层方法连续浇筑。

（4）梁（板）混凝土的振捣以紧固安装在侧模上的附着式为主，插入式振捣器为辅。

2. 后张法张拉时的施工要点

（1）设计未规定时，混凝土的强度应不低于设计强度等级值的 80%。

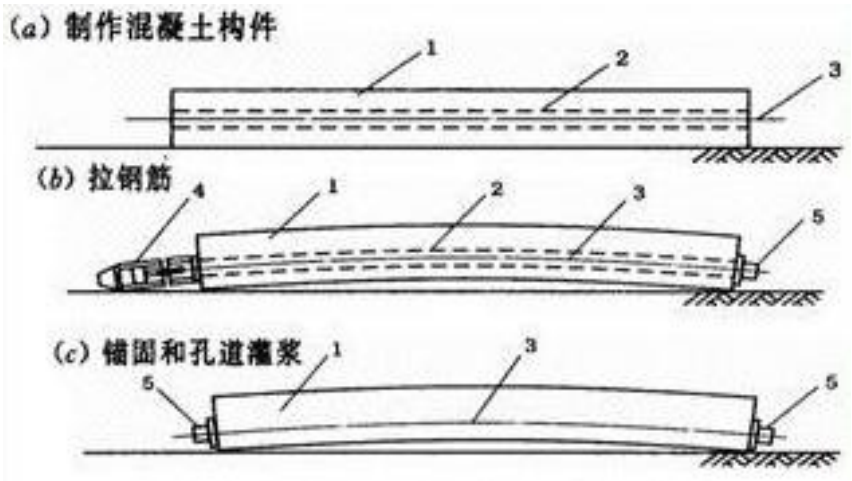
（2）对预留孔道应用通孔器或压气、压水等方法进行检查。

（3）直线筋和热轧带肋钢筋可在一端张拉。对曲线预应力筋，应根据施工计算的要求采取两端张拉或一端张拉的方式进行，当锚固损失的影响长度小于或等于 L/2（L 为结构或构件长度）时，应采取两端张拉；当锚固损失的影响长度大于 L/2 时，可采取一端张拉。当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜分别交错设置在结构或构件的两端。预应力筋采取两端张拉时，宜两端同时张拉，或先在一端张拉锚固后，再在另一端补足预应力值进行锚固。

（4）预应力筋张拉锚固后，孔道应尽早压浆，且应在 48h 内完成。

（5）压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入，由最高点的排气孔排气和泌水。压浆顺序宜先压注下层孔道。

（6）压浆应使用活塞式压浆泵，不得使用压缩空气。压浆应达到孔道另一端饱满和出浆，并应达到排气孔排出与规定稠度相同的水泥浆为止。




预应力混凝土后张法生产示意图

1—混凝土构件；2—预留孔道；3—预应力筋；4—千斤顶；5—锚具

（三）预制梁（板）的吊装

**学霸笔记：**

1. 掌握五种架设方法的使用条件：

- 吊
  - 无水
    - 自行式吊机架设法：中小跨径
    - 跨墩龙门架架设法：中型
  - 有水
    - 简易型钢导梁架设法：中小跨径
    - 联合架桥机架设法：中型
    - 双导梁架桥机架设法：重型

2. 双导梁架桥机施工工艺流程主要包括:①梁体预制及运输、铺设轨道→②架桥机及导梁拼装→③试吊→④架桥机前移至安装跨→⑤支顶前支架→⑥运梁喂梁→⑦吊梁、纵移到位→⑧落梁、横移到位→⑨安放支座→⑩重复第⑤～⑨步，架设下一片梁→⑪铰缝施工，完成整跨安装→⑫架桥机前移至下一跨，直至完成整桥安装。

二、桥梁上部结构支架施工

**学霸笔记：**

支架现浇梁施工工艺流程主要包括:地基处理→支架搭设→底模、侧模安装→支架加载预压→调整模板→钢筋及预应力管道安装→内模安装→混凝土浇筑→混凝土养护→预应力施工→模板、支架拆除。

1. 地基处理与支架模板施工

（1）地基处理：地基换填压实；混凝土条形基础；桩基础加混凝土横梁等。

（2）支架：对高度超过 8m 的支架，应对其稳定性进行安全论证，确认无误后方可施工。

（3）支架应根据技术规范的要求进行预压。以收集支架、地基的变形数据，作为设置预拱度的依据，预拱度设置时要考虑张拉上拱的影响，预拱度一般按二次抛物线设置。

2. 混凝土的浇筑

（1）梁桥现浇施工时，梁体混凝土在顺桥向宜从低处向高处进行浇筑，在横桥向宜对称进行浇筑。混凝土如采用分次浇筑，第二次混凝土浇筑时，应将接触面上第一次混凝土凿毛，清除浮浆。

3. 预应力张拉

（1）当梁体混凝土强度达到设计规定的张拉强度（试压与梁体同条件养护的试件）时，方可进行张拉。

（2）箱梁预应力的张拉采用双控，即以张拉力控制为主，以钢束的实际伸长量进行校核。

4. 压浆、封锚

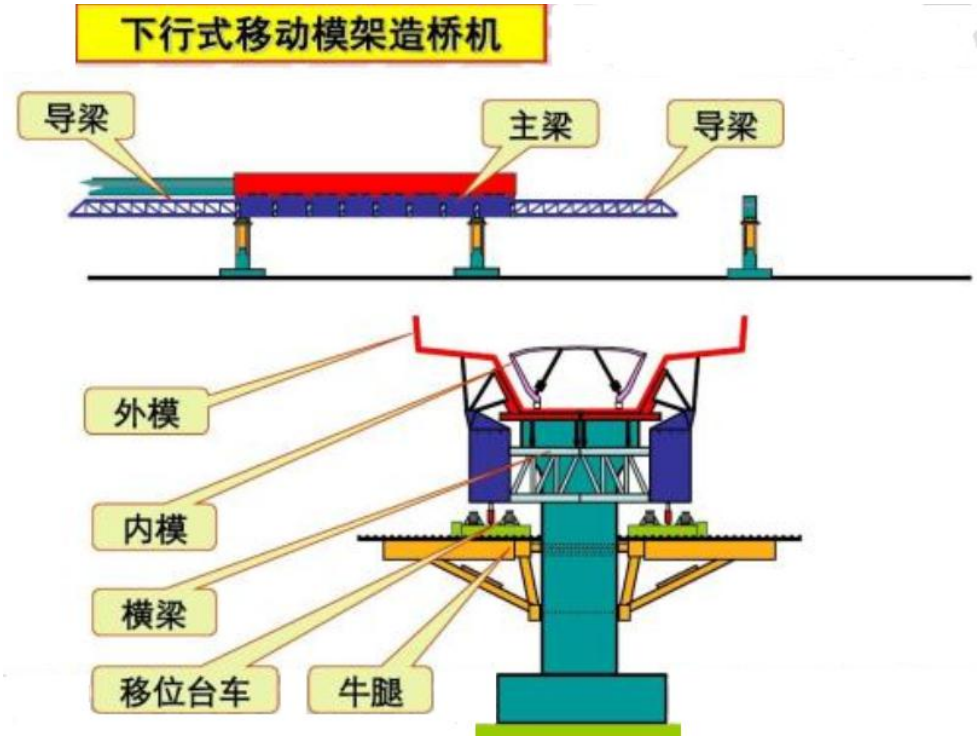
（1）预应力管道，特别是长大管道压浆宜采用真空辅助压浆工艺。

三、桥梁上部结构逐孔施工

（一）用移动支架逐孔现浇施工（移动模架法）

**学霸笔记：**

1. 识图。




2. 当桥墩较高，桥跨较长或桥下净空受到约束时，可以采用移动模架逐孔现浇施工。移动模架法适用在多跨长桥，桥梁跨径可达 20～70m ，使用一套设备可多次移动周转使用。

3. 施工缝：连续施工时每孔仅在（0.2～0.25）L 附近处（L 为跨长）设一道横向工作缝。

4. 移动顺序：解除模板、降下主梁—横向外移—纵移过孔—横向内移—主梁及模板就位。

5. 主梁在待制梁体上方，借助已成梁体和桥墩移位的称为上行式移动模架；主梁在待制梁体下方，完全借助桥墩移位的称为下行式移动模架；主梁在待制梁体下方，借助已成梁体和桥墩移位的称为复合式移动模架。

6. 首孔梁的混凝土在顺桥向宜从桥台（或过渡墩）开始向悬臂端进行浇筑，中间孔宜从悬臂端开始向已浇梁段推进挠筑，末孔宜从一联中最后一个墩位处向已浇梁段推进浇筑，最终与已浇梁段接合；梁体混凝土在横桥向应对称浇筑。连续梁逐孔现浇的纵向分段接缝位置应符合设计规定；设计未规定时，宜设在 1/5 跨的弯矩零点附近。

7. 一孔梁的混凝土浇筑施工完成后，内模中的侧向模板应在混凝土抗压强度达到 2.5MPa 后，顶面模板应在混凝土抗压强度达到设计强度的 75%后，方可拆除；外模架应在梁体建立预应力后方可卸落。

8. 模架在移动过孔时的抗倾覆稳定系数应不小于 1.5。

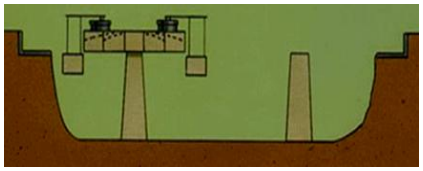
9. 主要工序有：支腿或牛腿托架安装、主梁安装、导梁安装、模板系统与液压电气系统及其他附属设施安装、加载试验、支座安装、预拱度设置与模板调整、绑扎底板及腹板钢筋、预应力系统安装、内模就位、顶板钢筋绑扎、箱梁混凝土浇筑、内模脱模、施加预应力和管道压浆及落模拆底模及滑膜纵移。

四、桥梁上部结构悬臂施工

（一）悬臂拼装施工

**学霸笔记：**

1. 悬臂拼装施工包括块件的预制、运输、拼装及合龙。



2. 它与悬浇施工具有相同的优点，不同之处在于悬拼以吊机将预制好的梁段逐段拼装。此外还具备以下优点：

（1）缩短了建桥周期。

（2）减少了悬拼成梁后提凝土的收缩和徐变。

（3）利于整体施工的质量控制。

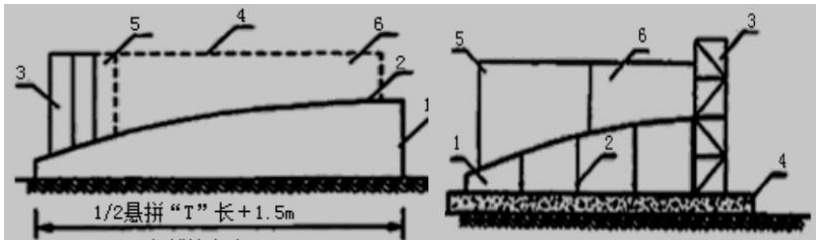
3. 悬拼施工方法

（1）梁段预制方法分长线法及短线法。

（2）长线法：优点是由于台座固定可靠，成桥后梁体线性较好，缺点是占地较大，地基要求坚实，混凝土的浇筑和养护移动分散。

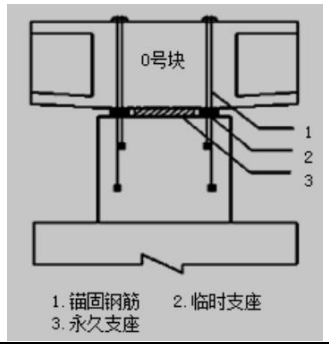
（3）短线法：台座仅需 3 个梁段长。优点是场地较小，浇筑模板及设备基本不需要移机，可调的底、侧模便于平竖曲线梁段的预制。缺点是精度要求高，施工要求严，施工周期相对较长。

（4）长线法施工工序：预制场、存梁区布置→梁段浇筑台座准备→梁段浇筑→梁段吊运存放、修整→梁段外运→梁段吊拼。




4. 梁段的拼接施工

（1）0 号块：为了确保连续梁分段悬拼施工的平衡和稳定，常与悬浇方法相同，将构件支座临时固结，必要时在墩两侧加设临时支架以满足悬拼的施工需要。



（2）1 号块：1 号块是紧邻 0 号块两侧的第一箱梁节段，也是悬拼构件的基准梁段，是全跨安装质量的关键，一般采用湿接缝连接。

（3）其他梁段拼装：采用胶接缝拼装，拼装施工程序包括：吊机就位→起吊梁段→定位试拼→检查并处理管道接→移开梁段→穿临时预应力筋入孔→接缝面上涂胶接材料→正式定位、贴紧梁段→张拉临时预应力筋→放松起吊索→穿永久预应力筋→张拉预应力筋后移挂篮→下一梁段拼装。

5. 预制梁块悬臂拼装时应注意的要点

（1）桥墩顶梁段及桥墩顶附近梁段施工时，可采用托架或膺架为支架就地浇筑混凝土。托架或膺架应经过设计，计算其弹性及非弹性变形。

（2）施工前应按施工荷载对起吊设备进行强度、刚度和稳定性验算，其安全系数应不小于 2.0，节段起吊安装前，应对起吊设备进行全面安全技术检查，并应分别进行 1.25 倍设计荷载的静荷和 1.1 倍设计荷载的动荷起吊试验，经检查及起吊试验符合要求后方可正式进行节段的起吊拼装。

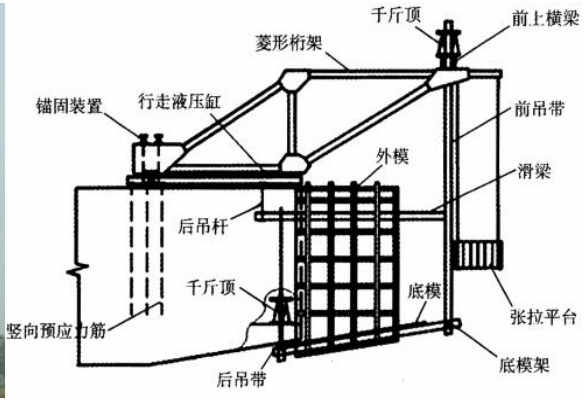
（3）采用胶接缝拼装的块件，涂胶前应就位试拼。胶粘剂一般采用环氧树脂，使用前应经过试验，符合设计要求方可使用。

（4）湿接缝块件应待混凝土强度达到设计强度等级的 80%以上时，才能张拉预应力束。

（二）悬臂浇筑施工

**学霸笔记：**

1. 适用于大跨径的预应力混凝土悬臂梁桥、连续梁桥、T 型刚构桥、连续刚构桥。其特点是无须建立落地支架，无须大型起重与运输机具，主要设备是一对能行走的挂篮。




2. 挂篮设计及加工

（1）挂篮除必须满足强度、刚度、稳定性要求外，还要使其行走、锚固方便可靠，重量不大于设计规定。挂篮试拼后，必须进行荷载试验。

（2）挂篮在浇筑混凝土状态和行走时的抗倾覆安全系数、自锚固系统的安全系数、斜拉水平限位系统的安全系数及上水平限位的安全系数均不应小于 2。

3. 临时固结

对于连续箱梁，梁与墩未固结在一起，施工时，两侧悬浇施工难以保持绝对平衡，必须在施工中采取临时固结措施，使梁具有抗弯能力。临时固结一般采用在支座两侧临时加预应力筋，梁和墩顶之间浇筑临

时混凝土垫块。将梁固结在桥墩上，使梁具有一定的抗弯能力。在条件成熟时，再采用静态破碎方法，解除固结。

4.悬臂浇筑施工工艺流程

悬臂浇筑梁段混凝土分次浇筑施工工艺流程:挂篮前移就位→挂篮静载试验→安装梁段底模及侧模→安装底板及腹板钢筋→梁段底板混凝土浇筑及养护→安装内模、顶模及腹板内预应力管道→安装顶板钢筋及顶板预应力管道→接缝混凝土处理→浇筑腹板及顶板混凝土→检查并清洁预应力管道→梁段混凝土养护→拆除端模板→穿预应力钢筋→张拉预应力钢筋→管道压浆→封锚。

5.悬臂浇筑施工中应注意要点

（1）挂篮组拼后，应全面检查安装质量，并对挂篮进行试压，以消除结构的非弹性变形。挂篮试压的最大荷载一般可按最大悬浇梁段重量的 1.3 倍考虑。挂篮试压通常采用水箱加压法、试验台加压法及砂袋法。

（2）悬臂浇筑施工应对称、平衡地进行，两端悬臂上荷载的实际不平衡偏差不得超过设计规定值；设计未规定时，不宜超过梁段重的 1/4。悬臂梁段应全断面一次浇筑完成， 并应从悬臂端开始，向已完成梁段推进分层浇筑。

（3）箱梁截面混凝土浇筑顺序应按设计要求进行，若设计无明确要求，一般应按下列顺序进行浇筑:

①浇筑混凝土时，必须从悬臂端开始，两个悬臂端应对称均衡地进行浇筑。

②浇筑混凝土时，应加强振捣，对于高箱梁混凝土施工，可采用内侧模开仓振捣。

6.连续梁的合龙、体系转换和支座反力调整

（1）合龙顺序应按设计要求办理，设计无要求时，一般先边跨，后次中跨，再中跨。多跨一次合龙时，必须同时均衡对称地合龙。

（2）连续梁合龙段长度及体系转换应符合设计规定，将两悬臂端内合龙口予以临时联结，联结注意事项如下：

合龙前应在两端悬臂预加压重，并于浇筑混凝土过程中逐步撤除，使悬臂挠度保持稳定。合龙宜在一天中最低气温时完成，合龙段的混凝土强度等级可提高一级，以尽早张拉。合龙段混凝土浇筑完成后，应加强养护，悬臂端应覆盖，防止日晒。

## 2B313022 涵洞施工

**学霸笔记：**

桥涵及结构物的回填施工技术：水平分层、对称回填、小型机具、横向碾压。

1.桥涵台背、锥坡、护坡及拱上各种填料，宜采用透水性材料，不得采用含有泥草、腐殖物或冻土块的土。透水性材料不足时，可采用石灰土或水泥稳定土回填；回填土的分层厚度宜为 0.1～0.2m 。台背和涵洞洞身两侧的填土应分层夯实，其压实度不应小于 96% 。

2.台背及与路堤间的回填施工应符合以下规定:

（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不小于 96% ，并应按设计做好

纵向和横向防排水系统。

（2）二级以下公路的路堤与回填的联结部，应按设计要求预留台阶。

（3）台背回填部分的路床宜与路堤路床同步填筑。

（4）桥台背和锥坡的回填施工宜同步进行，一次填足并保证压实整修后能达到设计宽度要求。

3.桥台台背填筑的方法

采用水平分层填筑的方法，人工摊铺为主，分层松铺厚度宜小于 20cm。当采用小型低等级夯具时，一级以上公路松铺厚度宜小于 15cm。在临近桥台边缘或狭窄地段，则采用小型夯压机械，分薄层认真夯压密实。为保证填土与桥台衔接处的压实质量，施工中可采用夯压机械横向碾压的方法。

# 2B314000 隧道工程

## 2B314010 隧道围岩分级与隧道构造

### 2B314011 隧道围岩分级

一、公路隧道围岩分级

| 围岩级别 | 围岩或土体主要定性特征 | 围岩基本质量指标 |
|---|---|---|
| Ⅰ（好） | **坚硬**岩，岩体**完整**，巨整体状或巨厚层状结构 | ＞550 |
| Ⅱ | **坚硬**岩，岩体**较完整**，块状或厚层状结构**较坚硬**岩，岩体**完整**，块状整体结构 | 550～451 |
| Ⅲ | **坚硬**岩，岩体**较破碎**，巨块（石）碎（石）状镶嵌结构**较坚硬**岩或较软硬岩层，岩体**较完整**，块状体或中厚层结构 | 450～351 |
| Ⅳ | **坚硬**岩，岩体**破碎**，碎裂结构；<br>**较坚硬**岩，岩体**较破碎**—破碎，镶嵌碎裂结构；<br>较软岩或软硬岩互层，且以软岩为主，岩体较完整—较破碎，中薄层状结构 | 350～251 |
| | 土体：压密或成岩作用的黏性土及砂性土<br>黄土（Q1、Q2）<br>一般钙质、铁质胶结的碎石土、卵石土、大块石土 | |
| Ⅴ | 较软岩，岩体破碎<br>软岩，岩体较破碎～破碎<br>**极破碎**各类岩体，碎、裂状，松散结构 | <250 |
| | 一般第四系的半干硬至硬塑的黏土及稍湿至潮湿的碎石土，卵石土、网砾、角砾土以及黄土（Q1、Q2）。非黏性土呈松散结构，黏土及黄土呈松软结构 | |
| Ⅵ（差） | 软塑状黏性土及潮湿、饱和粉细砂层、**软土**等 | |

二、围岩分级的判定方法

3.围岩详细定级时，如遇下列情况之一，应对岩体基本质量指标 BQ 进行修正：

（1）有**地下水**。

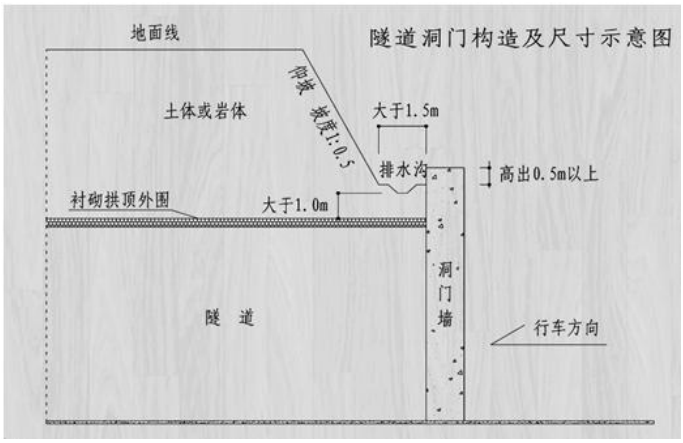
（2）围岩稳定性受**软弱结构面**影响，且由一组起控制作用。

（3）存在**高初始应力**。

## 2B314012 公路隧道的构造

**学霸笔记：**

1.结合图形记忆，横向的 1.5m，纵向的 0.5m 和 1m




- 明洞
  - 拱式明洞
    - 路堑对称型
    - 路堑偏压型
    - 半路堑偏压型
    - 半路堑单压型
  - 棚式明洞
    - 柱式
    - 刚架式
    - 悬臂式
    - 墙式

2.明洞构造

（1）拱式明洞。拱式明洞主要由顶拱和内外边墙组成混凝土或钢筋混凝土结构，整体性较好，能承受较大的垂直压力和侧压力。内外墙基础相对位移对内力影响较大，所以对地基要求较高，尤其外墙基础必须稳固，必要时还可加设仰拱。

（2）棚式明洞。边坡有小量塌落掉块，侧压力较小时，可以采用棚式明洞。

3.按隧道断面形状分为曲墙式、直墙式和连拱式等。

## 2B314020 隧道地质超前预报和监控量测技术

## 2B314021 隧道地质超前预报

三、隧道地质超前预报方法

隧道地质超前预报方法主要有：地质调查法、超前钻探法、物理勘探法（TSP 法、TGP 法和 TRT 法）、超前导洞法、水力联系观测。

1.**地质调查法**是隧道施工超前地质预报的基础，适用于各种地质条件隧道超前地质预报，调查内容应包括隧道地表补充地质调查和隧道内地质调查。

2.**物理勘探法**适用于长、特长隧道或地质条件复杂隧道的超前地质预报，主要方法包括有弹性波反射法、地质雷达法、陆地声纳法、红外探测法、瞬变电磁法、高分辨直流电法。

3.TSP 法适用于各种地质条件，对断层、软硬接触面等面状结构反射信号较为明显，每次预报的距离宜为 100～150m，连续预报时，前后两次应重叠 10m 以上。

4.**地质雷达法**适用于岩溶、采空区探测，也可用于探测断层破碎带、软弱夹层等不均匀地质体，在岩溶不发育地段每次预报距离宜为 10～20m，在岩溶发育地段预报长度可根据**电磁波**波形确定，连续预报时，前后两次重叠不应小于 5m。

5.超前水平钻探每循环钻孔长度应不低于 30m，连续预报时，前后两循环孔应重叠 5～8m；可能发生突泥涌水的地段，超前钻探应设孔口管和出水装置，防止高压水突出；富含瓦斯的煤系地层或富含石油天然气地层应采用长短结合的钻孔方式进行探测。

6.富水构造破碎带、富水岩溶发育地段、煤系或油气地层、瓦斯发育区、采空区以及重大物探异常地段等地质复杂隧道和水下隧道必须采用**超前钻探法**预报、评价前方地质情况。

7.超前导洞法可采用平行超前导洞法和隧道内超前导洞法，两座并行隧道可根据先行开挖的隧道预测后开挖隧道的地质条件。

8.当隧道排水或**突涌水**对地下水资源或周围建（构）筑物产生重大影响时，应进行水力联系观测。

四、隧道地质超前预报的分级

根据地质灾害对隧道施工安全的危害程度，**地质灾害**分为以下四级：

**A 级**：存在重大地质灾害隐患的地段，如大型暗河系统，可溶岩与非可溶岩接触带，软弱、破碎、富水、导水性良好的地层和大型断层破碎带，特殊地质地段，重大物探异常地段，可能产生**大型、特大型突水突泥地段**，诱发重大环境地质灾害的地段，高地应力、瓦斯、天然气问题严重的地段以及人为坑洞等。

**B 级**：存在**中、小型突水突泥隐患的地段**，物探有较大异常的地段，断裂带等。

**C 级**：水文地质条件较好的碳酸盐岩及碎屑岩地段、小型断层破碎带，发生**突水突泥的可能性较小**。

**D 级**：非可溶岩地段，发生**突水突泥的可能性极小**。

不同地质灾害的预报方式可采用：

**1 级预报**可用于 A 级地质灾害。采用地质调查法、地震波反射法、超声波反射法、陆地声纳法、地质雷达法、瞬变电磁法、红外探测法、超前水平钻探法等进行综合预报。

**2 级预报**可用于 B 级地质灾害。采用地质调查法、地震波反射法、陆地声纳法、超声波反射法，辅以红外探测法、瞬变电磁法、地质雷达法，必要时进行超前水平钻孔。

**3 级预报**可用于 C 级地质灾害。以地质调查法为主。对重要地质界面、断层或物探异常地段宜采用地震波反射法或超声波反射法进行探测，必要时采用红外探测和超前水平钻孔。

**4 级预报**可用于 D 级地质灾害。采用地质调查法。

**学霸笔记：**

此考点为新教材新增内容，掌握地质超前预报的方法和分级。

1.地质灾害分为以下四级：

A级：可能产生大型、特大型突水突泥地段。

B级：存在中、小型突水突泥隐患的地段，物探有较大异常的地段，断裂带等。

C级：水文地质条件较好的碳酸盐岩及碎屑岩地段、小型断层破碎带，发生突水突泥的可能性较小。

D级：非可溶岩地段，发生突水突泥的可能性极小。

2.不同地质灾害的预报方式可采用：

1级预报可用于A级地质灾害

2级预报可用于B级地质灾害

3级预报可用于C级地质灾害

4级预报可用于D级地质灾害

## 2B314020 隧道施工监控量测技术

**学霸笔记：**

1.关于必测项目和选测项目，只要记忆必测项目，其他为选测项目。

| 项目名称 | 方法及工具 | 布置 |
|---|---|---|
| 洞内、外观察 | 现场观测、地质罗盘 | 开挖及初期支护后进行 |
| 周边位移 | 收敛计 | 每5~50m一个断面，每断面2~3对测点 |
| 拱顶下沉 | 水准仪、钢尺等 | 每5~50m一个断面 |
| 地表下沉 | 水准仪、钢钢尺等 | 洞口段、浅埋段（h0≤2b） |

2.注意只有洞口段、浅埋段、位于Ⅳ～Ⅵ级围岩中且覆盖层厚度小于40m的隧道，应进行地表沉降量测。如果是深埋段必测项目就是三项：洞内外观察、周边位移、拱顶下沉。

3.当位移一时间曲线出现反弯点时，则表明围岩和支护已呈不稳定状态。

4.二次衬砌的施作应在满足下列要求时进行：

（1）隧道水平净空变化速度及拱顶或底板垂直位移速度明显下降；

（2）隧道位移相对值已达到相对位移量的90%以上。

5.遇到下列情况之一时，也应提出预警并分级管理。

（1）支护结构出现开裂，实行Ⅰ级管理；

（2）地表出现开裂、坍塌，实行Ⅰ级管理；

（3）渗水压力或水流量突然增大，实行Ⅱ级管理；

（4）水体颜色或悬着物发生变化，实行Ⅱ级管理；

# 2B314030 公路隧道施工

## 2B314032 公路隧道开挖

一、公路隧道主要开挖方式及适用范围

1.开挖方式

（1）**全断面法**：按设计断面一次基本开挖成形的施工方法。

（2）**台阶法**：先开挖上半断面，待开挖至一定距离后在同时开挖下半断面，上下半断面同时并进的施工方法。台阶法分为二台阶法、三台阶法。

（3）**环形开挖预留核心土法**：先开挖上台阶成环形，并进行支护，再分部开挖中部核心土、两侧边墙的施工方法。

（4）**中隔壁法（CD 法）**：在软弱围岩大跨隧道中，先开挖隧道的一侧，并施作中隔墙，然后再分步开挖隧道的另一侧的施工方法。

（5）**交叉中隔壁法（CRD 法）**：是一种在中隔墙法的基础上增加**临时仰拱**，更快地封闭初支的施工方法。

（6）双侧壁导坑法：先开挖隧道两侧的导坑，并进行初期支护，在分部开挖剩余部分的施工方法。

（7）中导洞法：在连拱隧道或单线隧道的喇叭口地段，先开挖两洞之间立柱（或中墙）部分，并完成立柱（或中墙）混凝土浇筑后，再进行左右两洞开挖的施工方法。

2.适用范围

（1）全断面法适用用于Ⅰ～Ⅲ级围岩的**中小跨度**隧道，Ⅳ级围岩中跨度隧道和Ⅲ级围岩大跨度隧道在采用了有效的预加固措施后，也可采用全断面法开挖。

（2）台阶法适用于**Ⅲ～Ⅴ级**围岩**中小跨度**隧道，Ⅵ级围岩的小跨度隧道在采用了有效加固措施后亦可采用台阶法开挖。

（3）环形开挖预留核心土法适用于**Ⅴ～Ⅵ级**围岩或一般土质围岩的中小跨度隧道，每循环开挖长度宜为**0.5～1m**，核心土面积不应小于整个断面的 50%。

（4）中隔壁法（CD 法）或交叉中隔壁法（CRD 法）适用于围岩较差、跨度大、浅埋、地表沉降需要控制的场合。

（5）双侧壁导坑法适用于**浅埋大跨度**隧道及地表下沉量要求严格而围岩条件很差的情况。

（6）中导洞法适用于**连拱隧道**。

二、公路隧道开挖的要求

隧道开挖的主要方法是**钻孔爆破法**。

三、公路隧道超欠挖控制

2.应采取**光面爆破**、提高钻眼精度、控制药量等措施，并提高作业人员的技术水平。

3.开挖后宜采用**断面仪**或**激光投影仪**直接测定开挖面面积，并绘制断面图。

4.当采用钢架支撑时，如围岩变形较大，支撑可能沉落或局部支撑难以拆除时，应适当**加大开挖断面，预留支撑沉落量**，保证衬砌设计厚度。预留支撑沉落量应根据围岩性质和围岩压力，并在施工过程中根据量

测结果进行调整。

5.隧道超欠挖的测定方法

**利用激光束测定；用全站仪测定；用激光隧道界限测量仪测定；用二次衬砌轮廓钢架作基准测定。**

四、钻眼爆破掘进施工技术要点

**钻眼爆破**掘进是公路隧道最常采用的掘进方式。

2.钻眼机具

隧道工程中常使用的凿岩机有**风动凿岩机**和**液压凿岩台车**。

3.炮眼布置和周边眼的控制爆破

掘进工作面的炮眼可分为**掏槽眼**、**辅助眼**和**周边眼**。

1）掏槽眼布置

掏槽眼的作用是将开挖面上某一部位的岩石掏出一个槽，以形成新的临空面，为其他炮眼的爆破创造有利条件。

2）辅助眼布置

辅助眼的作用是进一步**扩大掏槽体积**和增大爆破量，并为周边眼创造有利的爆破条件。其布置主要是**解决间距**和**最小抵抗线**问题，这可以由工地经验决定，一般最小抵抗线略大于炮眼间距。

3）周边眼布置

周边眼的作用是爆破后**使坑道断面达到设计的形状和规格**。周边眼原则上沿着设计轮廓均匀布置，间距和最小抵抗线应比辅助眼的小，以便爆出较为平顺的轮廓。

4）周边眼的控制爆破

（1）光面爆破的特点

光面爆破是指爆破后断面轮廓整齐，超挖和欠挖符合规定要求的爆破，其主要标准是:

①开挖轮廓成形规则，岩面平整。

②岩面上保存 50%以上孔痕，且无明显的爆破裂缝。

③爆破后围岩壁上无危石。

隧道施工中采用**光面爆破**，对围岩的扰动比较轻微，围岩松弛带的范围只有普通爆破法的 1/9～1 /2；大大地减少了超欠挖量，节约了大量的混凝土和回填片石，加快了施工进度；围岩壁面平整、危石少，减轻了应力集中现象，避免局部塌落，增进了施工安全，并为喷锚支护创造了条件。

（2）光面爆破的主要参数

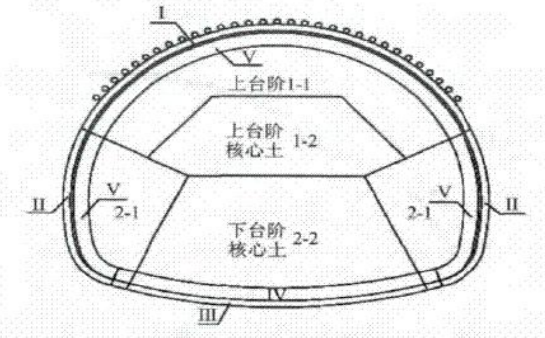
光面爆破的主要参数包括**周边眼的间距**、**光面爆破层的厚度**、**周边眼密集系数**、**周边眼的线装药密度**等。

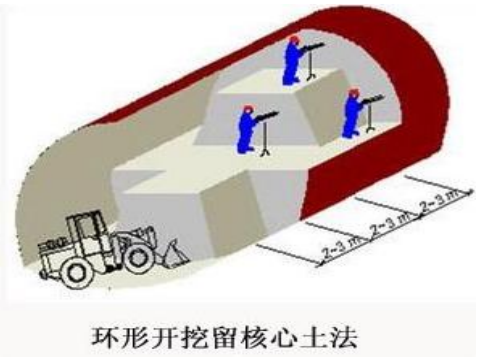
（3）预裂爆破及主要参数

| | 光面爆破 | 预裂爆破 |
|---|---|---|
| 起爆顺序 | 掏槽眼-辅助眼-周边眼 | 周边眼-掏槽眼-辅助眼 |
| 对围岩扰动情况 | 扰动大 | 扰动小 |
| 钻眼工程量 | 小 | 大 |

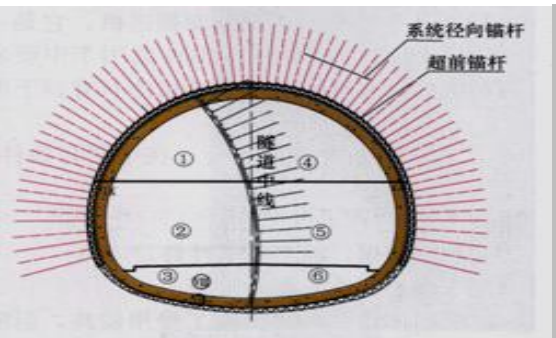
**学霸笔记：**

1. 此考点为新教材新增考点。也是高频考点，了解每个开挖方式的开挖顺序和适用范围。

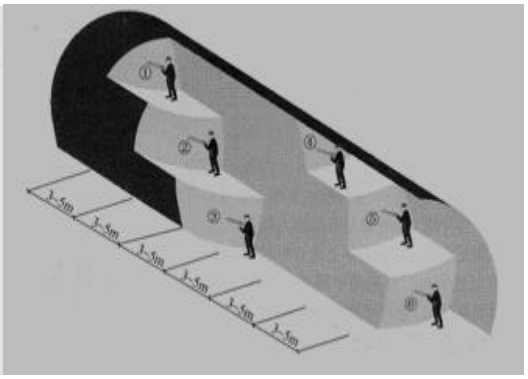


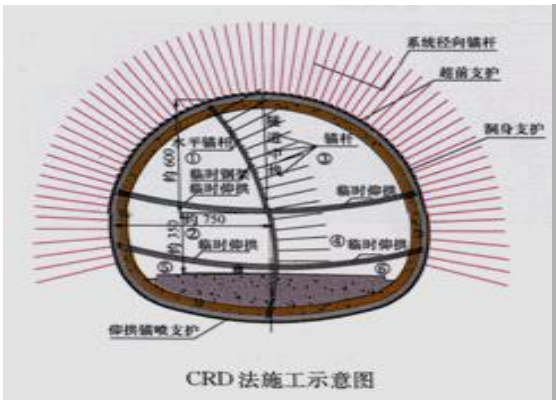




环形开挖留核心土法

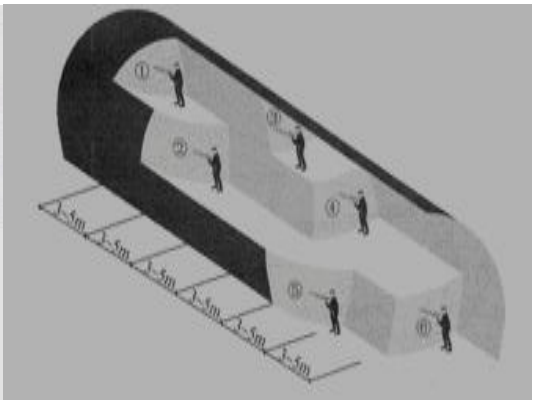


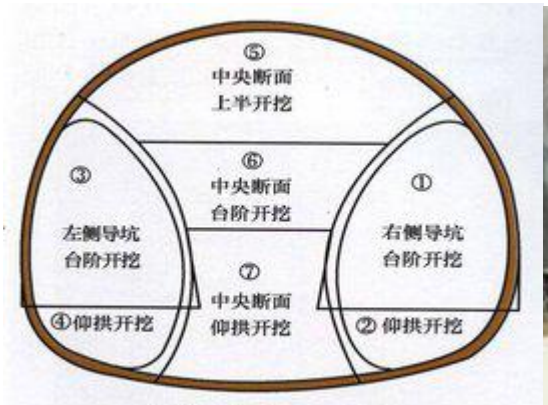

CD法施工示意



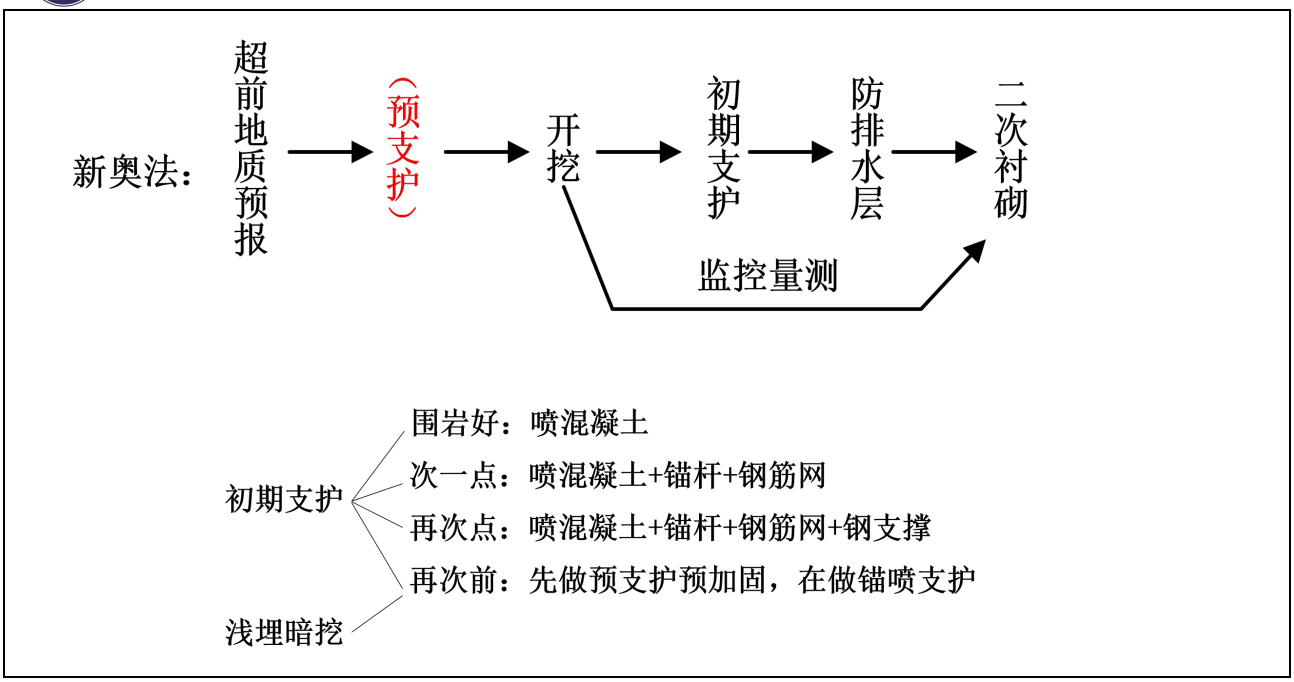




CRD法施工示意图




双侧壁导坑法开挖顺序示意




## 2B314033 公路隧道支护与衬砌

一、超前支护

隧道施工过程中，当遇到软弱破碎围岩时，其自支护能力是比较弱的，经常采用的超前支护措施有**超前锚杆**、**插板**、**超前小导管**、**管棚**及**围岩预注浆加固**等。

1.超前锚杆施工技术要点

超前锚杆主要适用于地下水较少的软弱破碎围岩的隧道工程中，如土砂质地层、弱膨胀性地层、流变性较小的地层、裂隙发育的岩体、断层破碎带、**浅埋无显著偏压**的隧道等，也适宜于采用中小型机械施工。

2.管棚和超前小导管注浆施工技术要点

管棚主要适用于围岩压力**来得快**、**来得大**，用于对围岩变形及地表下沉有较严格限制要求的软弱破碎围岩隧道工程中。如土砂质地层、强膨胀性地层、强流变性地层、裂隙发育的岩体、断层破碎带、**浅埋有显著偏压**等围岩的隧道中。此外，在一般无胶结的土及砂质围岩中，可采用插板封闭较为有效；在地下水较多时，则可利用钢管注浆堵水和加固围岩。

超前小导管注浆不仅适用于一般软弱破碎围岩，也适用于地下水丰富的松软围岩。但超前小导管注浆对围岩加固的范围和强度是**有限的**，在围岩条件特别差而变形又严格控制的隧道施工中，超前小导管注浆常常作为一项主要的**辅助措施**，与**管棚**结合起来加固围岩。

自进式注浆锚杆（又称迈式锚杆）是将**超前锚杆**与**超前小导管注浆**相结合的一种超前措施，它是在小导管的前端安装了一次性钻头，从而将钻孔和顶管同时完成，缩短了导管的安装时间，尤其适用于**钻孔易坍塌的地层**。

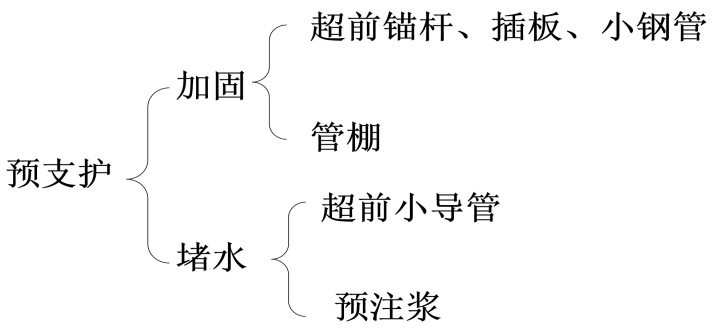
3.预注浆加固围岩施工技术要点

预注浆一般可超前开挖面 30～50m。它更适用于有压地下水及地下水丰富的地层中，也更适用于采用大中型机械化施工。

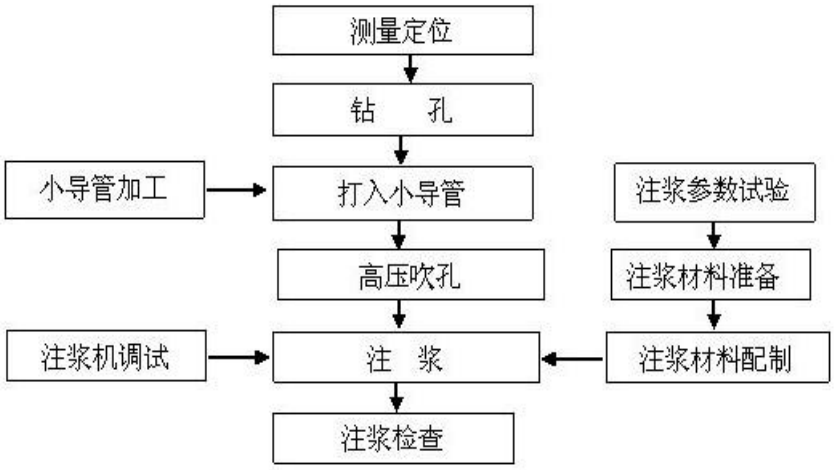
预注浆加固围岩有**洞内超前注浆**、**地表超前注浆**和**平导超前注浆**三种方式。

**学霸笔记：**

1.超前支护。




2. 超前小导管施工




3. 自进式注浆锚杆（又称迈式锚杆）是将超前锚杆与超前小导管注浆相结合的一种超前措施，它是在小导管的前端安装了一次性钻头，从而将钻孔和顶管同时完成，缩短了导管的安装时间，尤其适用于钻孔易坍塌的地层。

二、初期支护

**学霸笔记：**

1. 喷射混凝土

（1）干喷法：因喷射速度大，粉尘污染及回弹情况较严重，质量不稳定，很多地方已禁止使用干喷法施工。

（2）潮喷法：与干喷相比，上料、拌合及喷射时的粉尘少，潮喷混凝土强度可达到 C20。

（3）湿喷法：湿喷法的粉尘和回弹量少，喷射混凝土的质量容易控制，但对喷射机械要求较高，机械清洗和故障处理较麻烦。目前施工现场湿喷法使用的较多。

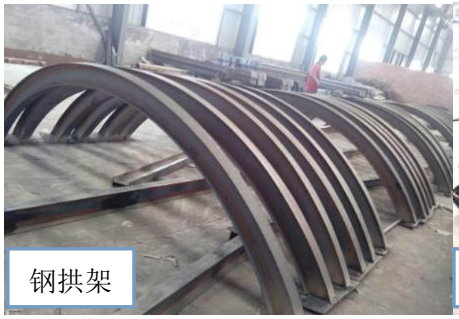
2. 钢支撑

钢支撑按其材料的组成可分为钢拱架和格栅钢架。

（1）钢拱架：最大特点是架设后能够立即承载。但钢拱架与围岩间的空隙难以用喷射混凝土紧密充

填，与喷射混凝土粘结也不好，导致钢拱架附近喷射混凝土易出现裂缝。

（2）钢格栅：能够很好地与喷射混凝土一起与围岩密贴，喷射混凝土能够充满格栅钢架及其围岩的空隙，且能和锚杆、超前支护结构连成一体，支护效果好。


钢拱架

钢格栅

3. 仰拱和底板施工

仰拱和底板施工应满足下列要求：

（1）仰拱施工宜整断面一次成型，不宜左右半幅分次浇筑；底板混凝土可半幅浇筑，但接缝应平顺，做好防水处理。

（2）隧道底部（包括仰拱），超挖在允许范围内应采用与衬砌相同强度等级混凝土浇筑；超挖大于规定时，应按设计要求回填，不得用洞渣随意回填，严禁片石侵入衬砌断面(或仰拱断面)。

（3）仰拱以上的混凝土或片石混凝土应在仰拱混凝土达到设计强度的 70%后施工。

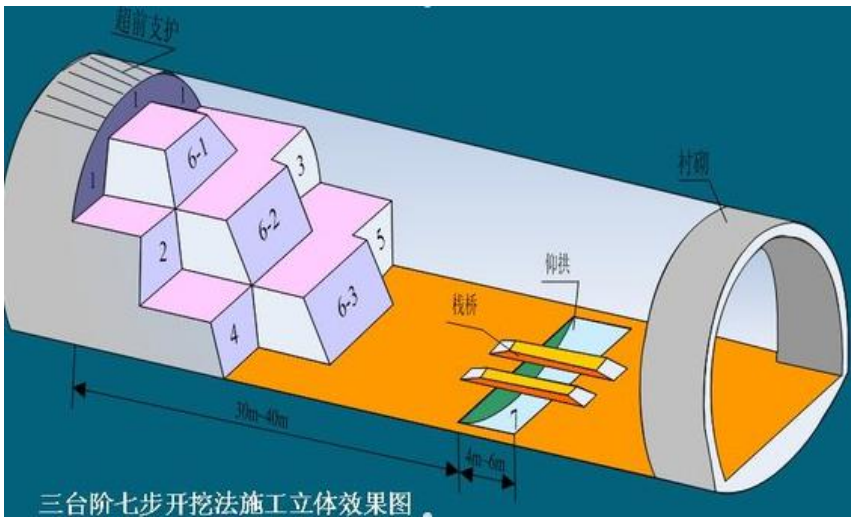
（4）仰拱和底板混凝土强度达到设计强度 100%后方可允许车辆通行。

4. 公路隧道施工安全步距要求

隧道安全步距是指隧道仰拱或二次衬砌到掌子面的安全距离，安全步距主要由隧道围岩级别决定。根据现行《公路工程施工安全技术规范》 JTG F90 ，公路隧道施工安全步距的要求如下：

（1）仰拱与掌子面的距离，III级围岩不得超过 90m ，Ⅳ级围岩不得超过 50m ，Ⅴ级及以上围岩不得超过 40m。

（2）软弱围岩及不良地质隧道的二次衬砌应及时施作，二次衬砌距掌子面的距离Ⅳ级围岩不得大于 90m，Ⅴ级及以上围岩不得大于 70m。



三台阶七步开挖法施工立体效果图

## 2B320000 公路工程项目施工管理

## 2B320010 公路工程项目施工组织与部署

## 2B320011 公路工程项目施工部署

**学霸笔记：**

1.施工总体部署主要内容包括：

（1）设定管理目标

（2）设置项目组织机构：①项目管理人员数量，人员组成方式与来源；②项目领导及部室负责人职务、姓名、分工及联系方式；③组织机构图。

（3）划分施工任务

（4）确定施工顺序

（5）拟定主要项目的施工方案。

（6）主要施工阶段工期分析(或节点工期分析)。

（7）主要资源配置。

2.公路工程施工项目经理部的组织结构模式一般有四种，即直线式、职能式、直线职能式、矩阵式。目前主要采用的组织结构模式有直线式和直线职能式，大型项目可采用矩阵式。

3.项目经理部一般设置工程技术部、安全管理部、材料设备部、合同经营部、财务部和办公室六个职能部门。

4.所有项目施工顺序均应按照“先地下、后地上，先深、后浅，先主体、后附属，先结构、后装饰”的原则进行安排。

5.施工方案的拟订包括选择施工方法、确定工艺流程、配备施工机械设备、确定需要的临时工程（临时设施）等。

## 2B320020 公路工程施工进度控制

## 2B320021 公路工程进度计划的编制特点

1.横道图

公路工程的进度横道图是以**时间为横坐标**，以各**分部（项）工程**或**工作内容为纵坐标**，按一定的先后施工顺序，用带时间比例的水平横线表示对应工作内容持续时间的进度计划图表。公路工程中常常在横道图的对应分项的横线下方表示当月计划应完成的累计工程量或工作量百分数，横线上方表示当月实际完成的累计工程量或工作量百分数。

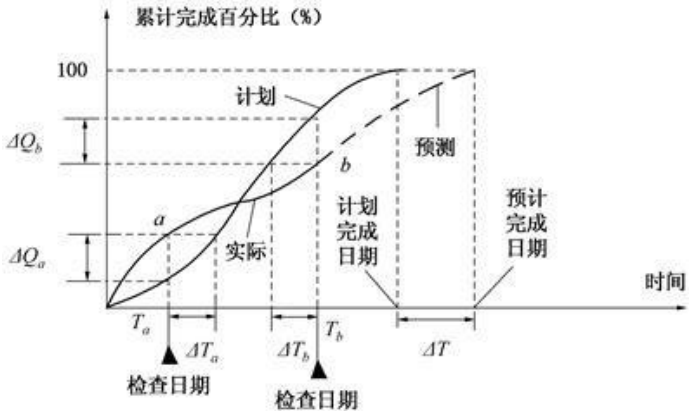
施工进度横道图

| 施工过程 | 施工队 | 施工进度（周） | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 |
| 土方开挖 | I | | | | | | | | | | | | |
| 基础施工 | I | | | | | | | | | | | | |
| 地上结构 | I | | | | | | | | | | | | |
| | II | | | | | | | | | | | | |
| | III | | | | | | | | | | | | |
| 二次砌筑 | I | | | | | | | | | | | | |
| | II | | | | | | | | | | | | |
| 装饰装修 | I | | | | | | | | | | | | |
| | II | | | | | | | | | | | | |

2.“S”曲线

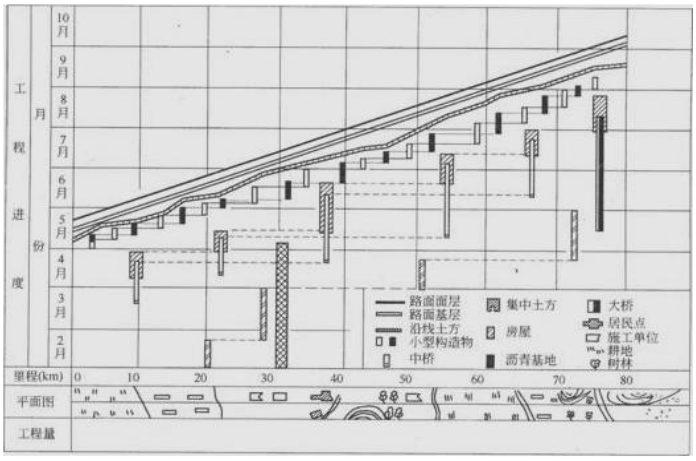
“S”曲线是以**时间为横轴**，以**累计完成的工程费用的百分数为纵轴**的图表化曲线。

一般在图上标注有一条计划曲线和实际支付曲线，实际线高于计划线则实际进度快于计划，否则就慢；曲线本身的斜率也反映进度推进的快慢。有时，为反映实际进度另增加一条实际完成线（支付滞后于完成）。在公路工程中，常常将**“S”曲线**和**横道图**合并于同一张图表中，称之为**“公路工程进度表”**，既能反映各分部（项）工程的进度，又能反映工程总体的进度。



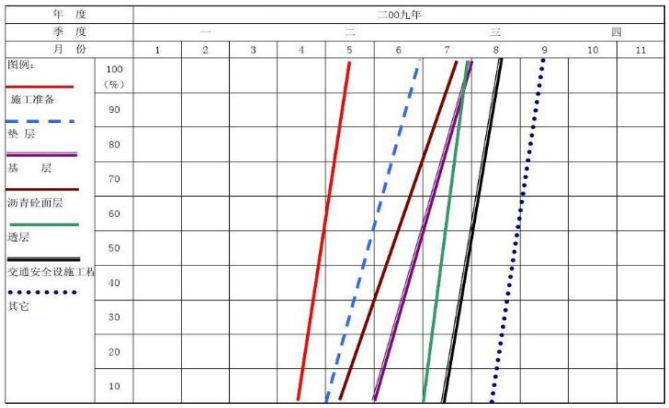

3.垂直图（也称斜条图、时间里程图）

垂直图是以**公路里程**或**工程位置为横轴**，以**时间为纵轴**，而各分部（项）工程的施工进度则相应地以不同的斜线表示。在图中可以辅助表示平面布置图和工程量的分布。垂直图很适合表示公路、隧道等线形工程的总体施工进度。**斜率越陡进度越慢，斜率越平坦进度越快**。




4.斜率图

斜率图是**以时间（月份）为横轴**，以**累计完成的工程量的百分数为纵轴**，将分项工程的施工进度相应地用不同斜率表示的图表化曲（折）线。事实上就是分项工程的“S”曲（折）线，主要是作为公路工程投标文件中施工组织设计的附表，以反映公路工程的施工进度。




三、公路工程常用的流水施工组织

（一）公路工程常用的流水参数

1. **工艺参数**：施工过程数 n（工序个数）、流水强度 V；

2. **空间参数**：工作面 A、施工段 m、施工层；

3. **时间参数**：流水节拍 t、流水步距 K、技术间歇 Z、组织间歇、搭接时间。

（三）路面工程的线性流水施工组织

1. 各结构层的施工速度和持续时间。要考虑影响每个施工段的因素，水泥稳定碎石的延迟时间、沥青拌合能力、温度要求、摊铺速度、养护时间、最小工作面的要求等。

2. 相邻结构层之间的速度决定了相邻结构层之间的搭接类型，前道工序的速度快于后道工序时选用**开始到开始**搭接类型；否则选用完成到完成搭接类型。

3. 相邻结构层工序之间的搭接时距的计算

**时距=最小工作面长度÷两者中快的速度**

（四）通道和涵洞的流水段施工组织

根据流水施工的组织原理，异步距异节拍流水实质上是按无节拍流水组织，引入**流水步距**概念目的就是为了消除流水施工中存在的窝工现象。消除窝工和消除间歇的方法都采用**累加数列错位相减取大差**的方法，构成累加数列的方法。

1. 不窝工的无节拍流水工期=流水步距和+最后一道工序的流水节拍和+要求间歇和。

2. 无多余间歇的无节拍流水工期=施工段间间隔和+最后一个施工段的流水节拍和+要求间歇和。

3. 有窝工并且有多余间歇的无节拍流水工期，一般通过绘制横道图来确定；如果是异节拍流水往往是不窝工或者无多余间歇流水中的**最小值**，此时一般是无多余间歇流水工期最小。

**学霸笔记：**

1. 掌握并记忆公路工程常用的流水参数。
2. 掌握流水工期的计算：线性流水施工和流水段施工

（1）线性流水施工：

STS：前道工序速度快于后道工序，采用 STS；FTF：前道工序速度慢于后道工序，采用 FTF。

搭接时距=后道工序结构层所需最小工作面长度÷两者中快的速度

（2）流水段施工：（累差数列错位相减取大差）

不窝工：可以理解为施工队伍在几个工作段上工作是一直连续的，也就是人的不窝工。

无多余间歇：可以理解为前一道工序和后一道工序是一直连续的，也就是工序的无多余间歇。

## 2B320030 公路工程项目技术管理

## 2B320032 公路工程施工方案管理

一、施工方案的特点和要求

**施工方案**是施工组织设计的核心，因为它是决定整个工程全局的关键，方案一经确定，整个工程施工的进程、资源配置、质量与安全、成本等现场组织管理随之就被确定。

三、施工方案的审批流程

1.施工方案编制、审核和审批人规定

对于**一般施工方案**，应由各**专业工程师**或专业分包单位专业工程师编制，**项目技术部门**或专业分包单位技术部门组织审核，**项目总工程师**或专业分包单位技术负责人审批；对于**重大施工方案**，应由**项目总工程师**组织编制，**施工单位技术管理部门**组织审核，必要时组织相关专家进行论证，由**施工单位技术负责人**进行审批。

3.专家论证

超过一定规模的危险性较大的分部分项工程专项方案应当由**施工单位**组织召开专家论证会。实行施工总承包的，由**施工总承包单位**组织召开专家论证会。

专家论证内容：

（1）专项方案内容是否完整、可行。

（2）专项方案计算书和验算依据是否符合有关标准规范。

（3）安全施工的基本条件是否满足现场实际情况。

**学霸笔记：**

| 施工方案 | 编制 | 审核 | 审批 |
|---|---|---|---|
| 一般 | 专业工程师 | 项目技术部门 | 项目总工 |
| 重大 | 项目总工 | 单位技术管理部门 | 单位技术负责人 |

## 2B320033 公路工程施工技术交底

**学霸笔记：**

技术交底的分级要求：

技术交底必须在相应工程内容施工前进行。施工技术交底应分级进行。

第一级：项目总工向项目各部门负责人及全体技术人员进行交底。

第二级：项目技术部门负责人或分部分项工程主管工程师向现场技术人员和班组长进行交底。

第三级：现场技术员负责向班组全体作业人员进行技术交底。

## 2B320035 公路工程施工测量管理

**学霸笔记：**

1. 施工测量是工程建设的重要环节。

在测量布局上，应遵循“由整体到局部”的原则；

在测量精度上，应遵循“由高级到低级”的原则；

在测量次序上，应遵循“先控制后碎部”的原则；

在测量过程中，应遵循“随时检查，杜绝错误” “前一步工作未作复核不进行下一步工作”的原则。

2. 施工测量的三个阶段

（1）开工准备阶段:交接桩、设计控制桩贯通复测、施工控制网建立、地形地貌复核测量。

（2）施工阶段:施工放样测量、工序检查测量、施工控制网复测、沉降位移变形观测及安全监控测量。

（3）竣工阶段:竣工贯通测量和工点竣工测量。

3. 设计控制桩交接：由建设单位组织，监理单位参加，设计单位对施工单位进行现场交接桩工作，对设计平面控制桩和高程控制桩等逐一进行现场确认接收，做好交接记录，办理交接桩签认手续。

4. 对设计平面控制桩及高程控制桩进行贯通复测，对丢失或损坏的控制桩点进行补设（或由设计补设），并与相邻标段的设计控制桩进行联测（不少于两个桩点）。

5. 工序放样须引用经审批的复测和控制网测量成果。测量的外业工作必须构成闭合检核条件，控制测量、定位测量和重要的放样测量必须坚持采用两种不同方法（或不同仪器）或换人进行复核测量。内业工作应坚持两组独立平行计算并相互校核。

6. 测量记录在任何情况下不得填写与测量无关的事项，不得缺页或补页。记录数据出错时，可用单横线作划掉标记后在其上方重写，不得进行涂改、撕页。

## 2B320036 公路工程项目试验管理

**学霸笔记：**

1. 工地试验室应保持试验检测人员相对稳定，因特殊情况确需变动的，应由母体检测机构报经建设单位同意，并向项目质监机构备案。

2. 仪器设备应实施标识管理，分为管理状态标识和使用状态标识。管理状态标识包括设备名称、编号、生产厂商、型号、操作人员和保管人员等信息；使用状态标识分为“合格”“准用”“停用”三种，分别用“绿”“黄”“红”三色标签进行标识。

3. 工地试验室档案管理

（1）人员档案应一人一档。

（2）设备档案一般应按一台一档建立。

4. 样品应进行唯一性标识，确保在流转过程中不发生混淆且具有可追溯性。

5. 工地试验外委管理

（1）工地试验室应加强外委试验管理，超出母体检测机构授权范围的试验检测项目和参数应进行外委，外委试验应向项目建设单位报备。

（2）接受外委试验的检测机构应取得《公路水运工程试验检测机构等级证书》（含相应参数）、通过计量认证（含相应参数）且上年度信用等级为 B 级及以上。工地试验室应将接受外委试验的检测机构的有关证书复印件存档备查。

（3）外委试验取样、送样过程应进行见证。工地试验室应对外委试验结果进行确认。

（4）工程建设项目的同一合同段中的施工、监理单位和检测机构不得将外委试验委托给同一家检测机构。

## 2B320040 公路工程项目质量管理

分项工程质量检验内容包括**基本要求**、**实测项目**、**外观质量**和**质量保证资料**等检验项目分别检查。只有在其使用的原材料、半成品、成品及施工控制要点等符合基本要求的规定，无严重外观缺陷且质量保证资料真实齐全时，方可进行检验评定。

涉及结构安全和使用功能的重要实测项目为**关键项目**（分项工程中对安全、卫生、环境保护和公众利益起决定性作用的实测项目，在以下叙述以“Δ”标识），合格率不得低于 **95%** （机电工程为 100%），且检测值不得超过规定极值，否则该检验项目为不合格。分项工程中除关键项目以外的实测项目为**一般项目**，合格率应不低于 **80%**。

一、路基工程质量检验

1. **土方路基**实测项目有：**压实度（Δ）**、**弯沉值（Δ）**、纵断高程、中线偏位、宽度、平整度、横坡、边坡。

2. **石方路基**实测项目有：压实度、弯沉值、纵断高程、中线偏位、宽度、平整度、横坡、边坡坡度和平顺度。

二、路面工程质量检验

1. **水泥稳定粒料**（碎石、砂砾或矿渣等）基层和底基层主要检验内容包括：**压实度（Δ）**、平整度、纵断高程、宽度、**厚度（Δ）**、横坡、**强度（Δ）**。

2. **级配碎（砾）石**或填隙碎石（矿渣）基层和底基层实测项目有：**压实度（Δ）**、弯沉值、平整度、纵断高程、宽度、**厚度（Δ）**、横坡。

3. **水泥混凝土面层**实测项目有：**水泥混凝土面板的弯拉强度（Δ）**、平整度、**板厚度（Δ）**、抗滑构造深度、相邻板间的高差、纵横缝顺直度、中线平面偏位、路面宽度、纵断高程和路面横坡、断板率。

4. **沥青混凝土面层**和沥青碎（砾）石面层的实测项目有：**厚度（Δ）**、平整度、**压实度（Δ）**、弯沉值、渗水系数、抗滑（含摩擦系数和构造深度）、中线平面偏位、纵断高程、路面宽度及路面横坡。

三、桥梁工程质量检验

1. **钻孔灌注桩**实测项目有：混凝土强度（Δ）、桩位（Δ）、孔深（Δ），孔径（Δ）、**钻孔倾斜度**、沉

淀厚度（Δ）、**桩身完整性**。

2. **钢筋加工及安装施工**的实测项目有:**受力钢筋间距（Δ）**，箍筋、横向水平钢筋、螺旋筋间距，钢筋骨架尺寸，弯起钢筋位置，**保护层厚度（Δ）**。

3. **预应力筋的加工和张拉**质量检验的实测项目有：管道坐标（包含梁长方向和梁高方向）、管道间距（包含同排和上下层）、**张拉应力值（Δ）**、**张拉伸长率（Δ）**、断丝滑丝数。

4. **悬臂浇筑**梁的实测项目有：**混凝土强度（Δ）**、**轴线偏位（Δ）**、顶面高程、**断面尺寸（Δ）**、合龙后同跨对称点高程差、横坡、平整度。

5. **悬臂拼装**梁的实测项目有：**合龙段混凝土强度（Δ）**、**轴线偏位（Δ）**、顶面高程、合龙后同跨对称点高程差。

6. **桥面铺装**实测项目有:**强度**或**压实度（Δ）**、**厚度（Δ）**、**平整度（Δ）** 、横坡及抗滑构造深度。

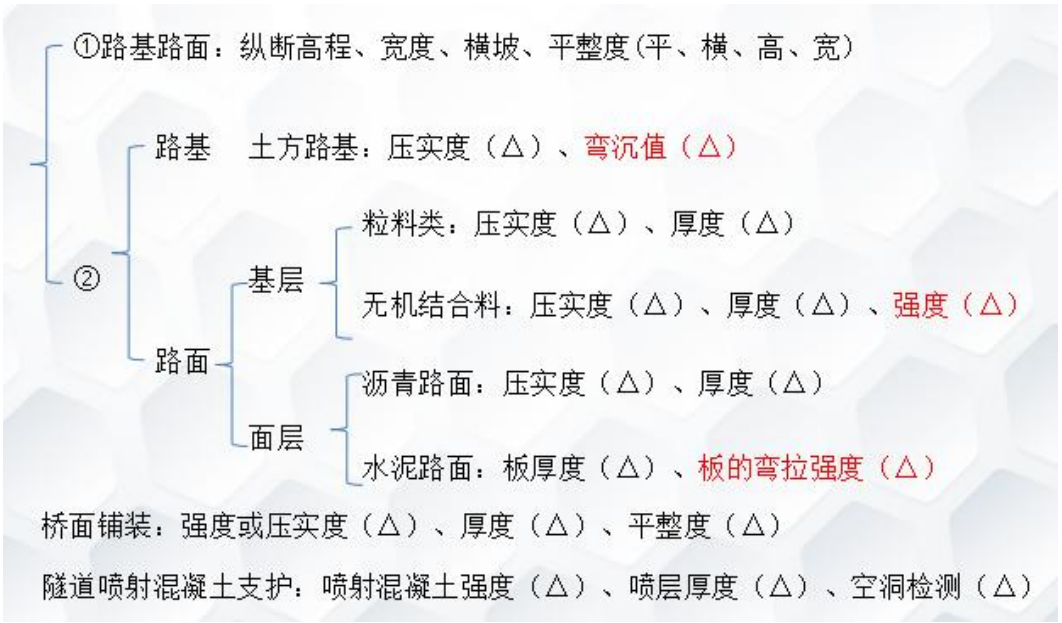
四、隧道工程质量检验

1. **隧道总体**实测项目有：车行道净总宽、**隧道净高（Δ）**、隧道偏位、路线中心线与隧道中心线的衔接、边坡、仰坡。

2. **（钢纤维）喷射混凝土支护**实测项目有：**喷射混凝土强度（Δ）**、**喷层厚度（Δ）**、**空洞检测（Δ）**。

**学霸笔记：**

此考点是高频考点，注意找规律。




## 2B320050 公路工程项目安全管理

## 2B320051 公路工程项目职业健康安全管理体系

一、危险源辨识、评价与控制措施

在确定控制措施或考虑改变现行控制措施时，可考虑**按如下顺序**选择风险控制方法:

1. **消除**。

2. **替代**。

3. **工程控制措施**。

4. **标志、警告或管理控制**。

5. **个人防护设备**。

三、教育和培训

3. 生产经营单位应当进行安全培训的从业人员包括主要负责人、安全生产管理人员、特种作业人员和其他从业人员。

生产经营单位**主要负责人**和**安全生产管理人员**初次安全培训时间不得少于 32 学时。每年再培训时间不得少于 12 学时。

生产经营单位新上岗的从业人员，岗前安全培训时间不得少于 24 学时。

（二）专项方案与技术交底

1. 施工单位应当依据风险评估结论，对风险等级较高的分部分项工程编制**专项施工方案**，并附安全验算结果，经**施工单位技术负责人**签字后报监理工程师批准执行。

必要时，施工单位应当组织专家对专项施工方案进行论证、审核。

3. 专项施工方案应包括下列主要内容:

（1）工程概况

（2）编制依据

（3）**施工计划**:包括**施工进度计划、材料与设备计划**。

（4）**施工工艺技术**:**技术参数、工艺流程、施工方法、检查验收**等。

（5）**施工安全保证措施**:**组织保障、技术措施、应急预案、监测监控**等。

（6）**劳动力计划**:**专职安全管理人员、特种作业人员**等。

（7）**计算书**及**图纸**。

**学霸笔记：**

专项施工方案的审批和内容是高频高点，既可以考案例，也可以考选择，要求必须掌握。

1. 单位应当依据风险评估结论，对风险等级较高的分部分项工程编制专项施工方案，并附安全验算结果，经施工单位技术负责人签字后报监理工程师批准执行。

必要时，施工单位应当组织专家对专项施工方案进行论证、审核。

2. 掌握专项施工方案包括的内容，一般为案例题考点。

3. 掌握危险性较大的分部分项工程一览表（每年必考）。

## 2B320052 公路工程安全隐患排查与治理

**学霸笔记：**

本节内容，以背诵为主。

1. 安全生产事故隐患按照隐患的整改、治理和排除的难度及其影响范围为标准分为一般事故隐患和重

大事故隐患。

2.“两项达标”

（1）施工人员管理达标:一线人员用工登记、施工安全培训记录、安全技术交底记录、施工意外伤害责任保险等都要符合有关规定。

（2）施工现场安全防护达标:施工现场安全防护设施和作业人员安全防护用品都要按照规定实行标准化管理。

3.“四项严禁”

（1）严禁在泥石流区、滑坡体、洪水位下等危险区域设置施工驻地。

（2）严禁违规进行挖孔桩作业，钻孔确有困难的不良地质区，设计单位要进行专项安全设计并按设计变更规定，经批准后实施。

（3）严禁长大隧道无超前预报和监控量测措施施工。

（4）严禁违规立体交叉作业。

4.“五项制度”

（1）施工现场危险告知制度。

（2）施工安全监理制度。

（3）专项施工方案审查制度。

（4）设备进场验收登记制度。

翻模、滑（爬）模等自升式架设设施，以及自行设计、组装或者改装的施工挂（吊）篮、移动模架等设施在投入使用前，施工单位应当组织有关单位进行验收，或者委托具有相应资质的检验检测机构进行验收，验收合格后方可使用。

（5）安全生产费用保障制度。

公路水运工程安全生产专项费用根据《企业安全生产费用提取和使用管理办法》规定，不得低于建筑安装工程造价的1.5%的比例计取，且不得作为竞争性报价。根据安全生产实际需要，可适当提高安全费用提取标准。

5.安全生产事故隐患排查一般采取日常安全生产检查、综合安全检查、专项安全检查等方式进行。

## 2B320053 公路工程项目应急管理体系

**学霸笔记：**

1.应急预案体系由综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案组成。

（1）综合应急预案，是指生产经营单位为应对各种生产安全事故而制订的综合性工作方案，是本单位应对生产安全事故的总体工作程序、措施和应急预案体系的总纲。

（2）专项应急预案，是指生产经营单位为应对某一种或者多种类型生产安全事故，或者针对重要生产设施、重大危险源、重大活动防止生产安全事故而制订的专项性工作方案。

（3）现场处置方案，是指生产经营单位根据不同生产安全事故类型针对具体场所、装置或者设施所

制订的应急处置措施。

2. 响应分级。针对事故危害程度、影响范围和单位控制事态的能力，将事故分为不同的等级。按照分级负责的原则，明确应急响应级别。

3. 施工单位应当对编制的应急预案组织评审，并形成书面评审纪要。参加应急预案评审的人员应当包括有关安全生产及应急管理方面的专家。且评审人员与施工单位有利害关系的，应当回避。

4. 施工单位应当在应急预案公布之日起 20 个工作日内，按照分级属地原则，向属地安全生产监督管理部门和有关部门进行告知性备案。

5. 施工单位应当制订应急预案演练计划，根据事故风险特点，每年至少组织一次综合应急预案演练或者专项应急预案演练，每半年至少组织一次现场处置方案演练。

6. 施工单位应当建立应急预案定期评估制度，对预案内容的针对性和实用性进行分析，并对应急预案是否需要修订作出结论。施工单位应当每三年进行一次应急预案评估。

## 2B320054 公路工程项目安全管理措施

**学霸笔记：**

1. 取土场（坑）

（1）取土场（坑）底部应平顺并设有排水设施，取土场（坑）边周围应设置警示标志和安全防护设施， 宜设置夜间警示和反光标识。

（2）地面横向坡度陡于 1 ： 10 的区域，取土坑应设在路堤上侧。

2. 路堑开挖：应采取保证边坡稳定的措施，边坡有防护要求的应开挖一级防护一级，且应自上而下开挖，不得掏底开挖、上下同时开挖、乱挖超挖。

3. 在滑坡体上开挖土方应按照从上向下开挖一级加固一级的顺序施工，对滑坡体加固可按照从滑体边缘向滑体中部逐步推进加固、分段跳槽开挖施工，当开挖一级边坡仍不能保证稳定时应分层开挖分层加固。

4. 支架搭设应满足下列要求：

（1）满堂式支架的四边和中间每隔四排立杆应设置一道纵向剪刀撑，由底至顶连续设置。

（2）高于 4m 的满堂式支架，其两端和中间每隔四排立杆应从顶层开始向下每隔两步设置一道水平剪刀撑。

5. 高墩施工人员上下必须使用之字形爬梯，安全网、防护栏等防护设施应安全可靠。

6. 洞口失稳控制措施

采取合理的开挖断面高度，特别是用台阶开挖时，第一步开挖的台阶高度不宜超过 1/3 的开挖高度。

7. 安全网质量应符合现行《安全网》GB 5725 的规定，并应符合下列规定：

（1）安全网安装应系挂安全网的受力主绳。安装和使用安全网不得系挂网格绳。安装完毕应进行检查、验收。

（2）作业面与坠落高度基准面高差超过 2m 且无临边防护装置时，临边应挂设水平安全网。作业面与水平安全网之间的高差不得超过 3.0m ，水平安全网与坠落高度基准面的距离不得小于 0.2m。

（3）安全带使用除应符合现行《安全带》GB 6095 的规定外，还应符合下列规定：

①安全带除应定期检验外，使用前还应进行检查。

②安全带应高挂低用，并应扣牢在牢固的物体上。

③安全带的安全绳不得打结使用，安全绳上不得挂钩。

④缺少或不易设置安全带吊点的工作场所宜设置安全带母索。

⑤安全带的各部件不得随意更换或拆除。

⑥安全绳有效长度不应大于 2m ，有两根安全绳的安全带，单根绳的有效长度不应大于 1.2m。

⑦严禁安全绳用作悬吊绳，严禁安全绳与悬吊绳共用连接器。

8.触电事故预防管理措施

（1）施工用电设备数量在 5 台及以上，或用电设备容量在 50kW 及以上时，应编制用电施工组织设计。施工现场临时用电工程专用的低压电力系统，必须符合下列规定:

①采用三级配电系统。

②采用 TN-S 接零保护系统。

③采用二级保护系统。

（2）坚持“一机、一闸、一漏、一箱”。

## 2B320060 公路工程施工合同管理

## 2B320062 公路项目施工合同的履行与管理办法

一、合同文件的优先顺序

1.合同协议书及各种合同附件（含评标期间和合同谈判过程中的澄清文件和补充资料）。

2.中标通知书。

3.投标函及投标函附录。

4.项目专用合同条款。

5.公路工程专用合同条款。

6.通用合同条款。

7.工程量清单计量规则。

8.技术规范。

9.图纸。

10.已标价工程量清单。

11.承包人有关人员、设备投入的承诺及投标文件中的施工组织设计。

12.其他合同文件。

**学霸笔记：**

解释合同文件的优先顺序：合、中、投、专、通、规、图、清、组。

## 2B320063 公路工程分包合同管理

三、分包合同管理

1. 分包合同的管理关系

**发包人与分包人没有合同关系**，但发包人作为工程项目的投资方和施工合间的当事人，对分包合同的管理主要表现为对分包工程的批准。

**监理人只有与承包人有监理与被监理的关系**，对分包人在现场施工不承担协调管理义务。只是依据施工合同对分包工作内容及分包人的资质进行审查，行使确认权或否定权；对分包人使用的材料、施工工艺、工程质量和进度进行监督。监理人就分包工程施工发布的任何指示均应发给承包人。

2. 分包工程的支付管理

分包人不能直接向监理人提出支付要求，必须通过承包人。发包人也不能直接向分包人付款，也必须通过承包人。

3. 分包工程的变更管理

承包人接到监理人依据合同发布的涉及发包工程的变更指令后，以书面确认方式通知分包人执行。监理人一般不能直接向分包人下达变更指令，必须通过承包人。

4. 分包工程的索赔管理

对于由承包人的原因或责任引起分包人提出索赔，这类索赔产生于承包人与分包人之间，双方通过协商解决。监理人不参与该索赔的处理。

**学霸笔记：**

业主-监理-承包人-分包人。不论是支付、变更、索赔都不能越级。

## 2B320064 施工阶段工程变更的管理

**学霸笔记：**

1. 工程变更包括设计变更、进度计划变更、施工条件变更以及原招标文件和工程量清单中未包括的“新增工程”。

2. 工程变更的审批程序

工程变更通常实行分级审批的管理制度。

（1）一般工程变更的审批程序。所谓一般工程变更，通常指一些小型的，监理工程师有权直接批准的工程变更。其审批程序大致如下：

①工程变更的提出人向驻地监理工程师提出工程变更的申请，包括变更的原因、工程变更对造价的影响等分析，必要时附上有关的变更设计资料。

②驻地监理工程师对变更申请的可行性进行评估，并写出初步的审查意见。

③总监理工程师对驻地监理工程师审查的变更申请进行进一步的审定，并签署审批意见。总监理工程师签署工程变更令。

④承包单位组织变更工程的施工(包括可能的设计工作)。

⑤监理工程师和承包人协商确定变更工程的价款及办理有关的结算工作。

（2）重要工程变更的审批程序。重要工程变更通常指对工程造价影响较大、需要业主批准的工程变更工作。

（3）重大工程变更的审批程序。重大工程变更通常指一些对工程造价的影响很大、可能超出设计概算（甚至投资估算）的工程变更。对这些工程变更工作，业主在审批工程变更之前应事先取得国家计划主管部门的批准。

3.变更的估价原则

除专用合同条款另有约定外，因变更引起的价格调整按照如下约定处理：

（1）如果取消某项工作，则该项工作的总额价不予支付。

（2）已标价工程量清单中有适用于变更工作的子目的，采用该子目的单价。

（3）已标价工程量清单中无适用于变更工作的子目、但有类似子目的，可在合理范围内参照类似子目的单价，由监理工程师按合同约定商定或确定变更工作的单价。

（4）已标价工程量清单中无适用或类似子目的单价，可在综合考虑承包人在投标时所提供的单价分析表的基础上，由监理人按合同约定商定或确定变更工作的单价。

（5）如果本工程的变更指示是因承包人过错、承包人违反合同或承包人责任造成的，则这种违约引起的任何额外费用应由承包人承担。

## 2B320065 公路项目施工索赔管理

一、工期延误的分类

1.按延误索赔结果划分

1）**可原谅可补偿的延误**：可原谅可补偿的延误是指由于**业主或监理工程师**的错误或失误而造成的工期延误。在这种情况下，承包商不仅可以**得到工期延长，还可以得到经济补偿**。

2）**可原谅不可补偿的延误**：可原谅不可补偿的延误是指既不是承包商也不是业主的原因，而是由**客观原因**引起的工期延误。在这种情况下，承包商可获**得一定的工期延长**作为补偿，**但一般得不到经济补偿**。

3）**不可原谅的延误**：不可原谅的延误是指由于**承包商**的原因引起的工期延误。在这种情况下，承包商不但不能得到工期延长和经济补偿，而且由这种延误造成的损失全部都要由承包商来负责。

学霸笔记：

索赔
- 承包商原因：工期（×）、费用（×）
- 非承包商原因
  - 发包方：工期（√）、费用（√）
  - 不可抗力：工期（√）

二、共同延误责任归属原则

| 共同延误的责任归属原则 | 处理办法 |
| --- | --- |
| 初始事件原则 | 谁先导致，谁承担 |
| 不利于承包商原则 | 不利于承包商 |
| 责任分摊原则 | 按比例分摊 |
| 工期从宽、费用从严 | 工期索赔业主责任优先，费用索赔承包商责任优先 |

## 2B320070 公路项目施工成本管理

## 2B320071 公路项目施工成本管理的内容

**学霸笔记：**

1.施工成本管理的流程（预、编、控、核、分、考）

成本预测→成本计划编制→成本控制→成本核算→成本分析→成本考核

2.编制施工成本计划的关键是确定责任目标成本，这是成本计划的核心，是成本管理所要达到的目标，成本目标通常以项目成本总降低额和降低率来定量地表示。

3.施工成本计划的编制

工程项目施工成本计划应在项目经理的组织和主持下，根据合同文件、企业下达的责任目标成本、企业施工定额、经优化选择的施工方案以及生产要素成本预测信息等进行编制。具体的工作程序是：

（1）按照施工方案，计算各分部分项工程的计划工程量。

（2）按照企业施工定额，计算各分部分项工程的计划人工、材料、机械使用量。

（3）按照企业内部或市场生产要素价格信息，计算各分部分项工程的施工预算成本。

（4）将各项施工预算成本与相应项的责任目标成本进行比较，计算其计划成本偏差。现场计划成本偏差是指现场施工预算成本与责任目标成本之差，即：

计划成本偏差=施工预算成本一责任目标成本

计划成本偏差反映现场施工成本在计划阶段的预控情况，也称施工成本计划预控偏差。正值表示计划预控不到位，不满足该项责任目标成本的要求。

（5）当计划预控偏差总和为正值时，应进一步改善施工方案，寻找有潜力的分部分项工程，挖掘降低施工预算成本的途径和措施，保证现场计划总成本控制在责任目标总成本的范围内。

## 2B320072 公路项目中标后预算编制

一、公路工程标后预算的概念与费用构成

标后预算是在施工企业**中标后**，**施工前**编制的施工预算。它是在中标的合同工程量清单（以下称主合同工程量清单）基础上，将企业费用和项目施工费用重新分解后计算的项目施工总费用，包括**直接工程费**和**其他工程费**以及**现场管理费**。其中直接工程费和其他工程费构成标后预算清单单价。标后预算按照不同的管理阶段，可以分为**项目预算**（直接）成本、**计划预算**（直接）成本、**实际预算**（直接）成本等。

**项目预算**（直接）成本是在施工准备阶段，根据企业中标的主合同工程量清单预估的工程数量和标后预算清单单价计算的预算成本，是施工企业和项目经理部**签订责任书的主要依据**。

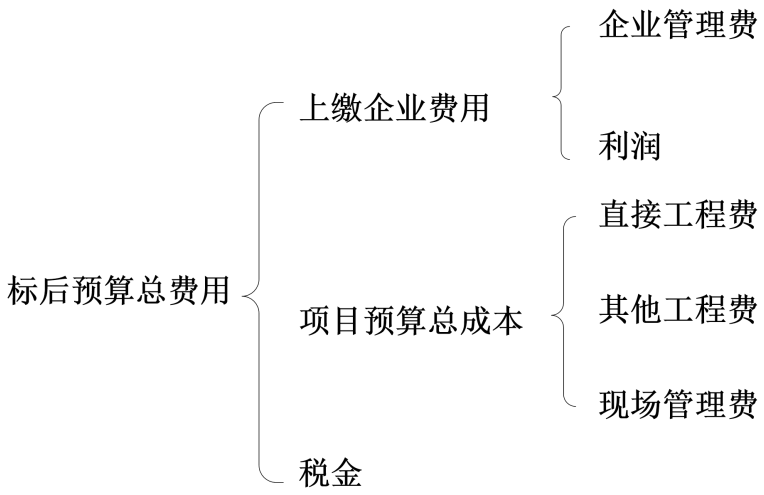
**计划预算**（直接）成本是在施工过程中，根据年度生产计划中计划的工程量和标后预算清单单价计算的预算成本，是成本管理中**编制成本计划的依据**。

**实际预算**（直接）成本是在施工过程中，根据年（季、月）度业主批复的支付证书中累计计量工程量和标后预算清单单价计算的预算成本，是企业**考核项目经理部成本管理成效的依据**。

学霸笔记：

| 标后预算 | 作为依据 |
|---|---|
| 项目预算（直接）成本 | 签订责任书 |
| 计划预算（直接）成本 | 编制成本计划 |
| 实际预算（直接）成本 | 考核成本管理成效 |

二、标后预算总费用构成




项目预算总成本=Σ（标后预算清单单价×清单工程量）+现场管理费

标后预算清单单价=某工程细目（单位直接工程费+单位其他工程费）

三、标后预算编制方法

学霸笔记：

1. 材料费计算

（1）工程实体材料费用=Σ（工程实体各种材料消耗×相应材料单价）

（2）钢筋、钢绞线、型钢、管钢等材料消耗量=设计图纸的设计工程量×（1+经验损耗率）

（3）混合料中各种原材料消耗量=设计图纸的设计工程量×工地实验室的生产配合比中该材料所占的比率×（1+经验损耗率）

（4）材料单价=（材料采购单价+运杂费）×（1+场外运输损耗率）×（1+采购及保管费率）-包装品回收价值

（5）周转材料摊销费=周转材料设计数量×单价×摊销率×计划使用时间

（6）周转材料单价=（材料的采购原价+运杂费）×（1+采购及保管费率）

2.机械费的计算

（1）自有机械

自有机械总费用=Σ某种机械型号的（不变费用+可变费用）

不变费用包括折旧费、维修费和安装拆卸及辅助设施费。

可变费用包括:燃油费、电费、机驾人员工资、养路费及车船使用税等。

3.其他工程费（冬雨夜临时辅助特殊行车安全转移）

冬期施工增加费、雨期施工增加费、夜间施工增加费、特殊地区施工增加费、行车干扰工程施工增加费、施工标准化与安全措施费、临时设施费、施工辅助费、工地转移费等。

4.现场管理费

（1）保险费。承包商为了防范风险自行为施工生产用财产、机械设备以及职工人身安全等购买的保险所支出的费用，按实际发生计算。

（2）管理人员工资。

（3）工资附加费。

（4）指挥车辆使用费

（5）通信费、办公费、水电费、主副食运费、差旅交通费、取暖降温费等根据项目的规模、计划工期和经验数据计算。

## 2B320080 公路工程造价管理

## 2B320081 公路工程工程量清单计价的应用

一、工程量清单的含义

工程量清单是**招标单位**（业主）将要招标的工程按一定的原则（如按工程部位、性质等）进行分解，以明确工程的内容和范围，并将这些内容**数量化**而得到的一套工程项目表。每个表中既有工程部位和该部位需实施的各个子项目（工程子目），又有每个子项目的工程量和计价要求（单价或包干价）以及总计金额，单价与总价两个栏目由**投标单位**填写。可见，工程量清单反映的是每个相对独立的个体**项目**的主要内容和**预算数量**以及完成的**价格**。

需要特别指出的是工程量清单中所列的工程数量（也称为清单工程量），是在实际施工生产前根据设计施工图纸、说明及工程量计算规则所得到的一种准确性较高的**预算数量**，并不是中标者在施工时应予完成的实际的工程量。因为在实际施工过程中，可能会因各种原因与设计条件不一致，从而产生工程量的数量变化，业主应按实际工程量支付工程费用。

二、工程量清单的内容

（二）工程量清单的内容

按上述原则编制的工程量清单，其内容分为**前言（或说明）**、**工程子目**、**计日工明细表**和**清单汇总表**四部

分。

1.前言（或说明）

（1）约定计量规则中没有的子目，其工程量按照有合同约束力的图纸所标示尺寸的理论**净量**计算。计量采用中华人民共和国法定计量单位。

（3）本工程量清单中所列工程数量是估算的或设计的**预计数量**，仅作为投标报价的共同基础，不能作为最终结算与支付的依据。实际支付应按**实际完成的工程量**，由承包人按工程量清单计量规则规定的计量方法，以监理人认可的尺寸、断面计量，按本工程量清单的单价和总额价计算支付金额；或根据具体情况，按合同条款的规定，按监理人确定的单价或总额价计算支付额。

（7）图纸中所列的工程数量表及数量汇总表仅是提供资料，不是工程量清单的外延。当图纸与工程量清单所列数量不一致时，**以工程量清单所列数量作为报价的依据**。

（8）工程量清单中的每一子目**须填入单价或价格**，且**只允许有一个报价**。

（9）除非合同另有规定，工程量清单中有标价的单价和总额价均已包括了为实施和完成合同工程所需的劳务、材料、机械、质检（自检）、安装、缺陷修复、管理、保险、税费、利润等费用，以及合同明示或暗示的所有责任、义务和一般风险。

（10）工程量清单中投标人没有填入单价或价格的子目，其费用视为已分摊在工程量清单中其他相关子目的单价或价格之中。**承包人必须按监理人指令完成工程量清单中未填入单价或价格的子目，但不能得到结算与支付**。

（11）符合合同条款规定的全部费用应认为已被计入有标价的工程量清单所列各子目之中，未列子目不予计量的工作，其费用应视为已分摊在本合同工程的有关子目的单价或总额价之中。

（12）承包人用于本合同工程的各类装备的提供、运输、维护、拆卸、拼装等支付的费用，已包括在工程量清单的单价与总额价之中。

2.工程子目

工程子目又叫分项清单表，是招标工程中按章的顺序排列的各个子目表。其中单价或金额栏的数字一般由**承包人**投标时填写，而其他部分一般由业主或者**招标单位**在编制工程量清单时确定。

| 子目号 | 子目名称 | 单位 | 工程数量 | 单价 | 合价或金额 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |

3.计日工明细表

计日工也称散工或点工，指在工程实施过程中，业主可能有一些**临时性**的或**新增加的项目**，而且这种临时的新增项目的工程量在招标投标阶段很难估计，希望通过招投标阶段事先定价，避免开工后可能发生时出现的争端，故需要以计日工明细表的方法在工程量清单中予以明确。

计日工明细表由总则、**计日工劳务**、**计日工材料**、**计日工施工机械**等方面的内容。

4.工程量清单汇总表

工程量清单汇总表是将各章的工程子目表及计日工明细表进行汇总，再加上一定比例或数量（按招标文件规定）的**暂定金额**而得出该项目的总报价，该报价与投标书中填写的投标总价是一致的。

| 序号 | 章次 | 项目名称 | 金额 |
|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 总则 | |
| 2 | 200 | 路基 | |
| 3 | 300 | 路面 | |
| 4 | 400 | 桥梁、涵洞 | |
| 5 | 500 | 隧道 | |
| 6 | 600 | 安全设施及预埋管线 | |
| 7 | 700 | 绿化及环境保护设施 | |
| 8 | | 第 100～700 章清单合计 | |
| 9 | | 已包含在清单合计中的材料、工程设备、专业工程暂估价合计 | |
| 10 | | 清单合计减去材料、工程设备、专业工程暂估价合计（即 8-9=10） | |
| 11 | | 计日工合计 | |
| 12 | | 暂列金额（不含计日工总额） | |
| 13 | | 投标报价（8+11+12）=13 | |

## 2B320083 公路工程计量管理

一、计量的概念

计量任务是确定实际工程数量的多少。无论当地的习惯如何（除非合同中另有规定），计量必须以**净值**为准。

二、工程计量程序

1. 工程计量的组织类型

（1）监理工程师独立计量。

（2）承包人进行计量。

（3）监理工程师与承包人共同计量。

2. 现场计量的程序

3. **驻地监理工程师**对计量结果的**审查**

包括两个方面：一是计量的**工程质量**是否达到合同标准；二是**计量的过程**是否符合合同条件。

4. **总监理工程师**代表处对工程计量项目的**审定**

总监理工程师代表处在审定过程中有权对计量的工程项目的质量进行抽检，抽检不合格的项目不予计量，对计量过程有错误的项目进行修改或不予计量。**只有经总监理工程师审查批准的工程项目，才予以支付工程款项**。

三、工程计量总原则

6. 除合同特殊约定单独计量之外，全部必需的**模板**、**脚手架**、**装备**、**机具**、**螺栓**、**垫圈**和**钢制件**等其他材料，应包括在工程量清单中所列的有关支付项自中，**均不单独计量**。

7. 除监理人另有批准外，凡超过图纸所示的面积或体积，都不予计量与支付。

8. 承包人应严格开展标准计量基础工作和材料采购检验工作。**沥青混凝土**、**沥青碎石**、**水泥混凝土**、**高强度等级水泥砂浆**的施工现场必须使用**电子计量设备**称重。因不符合计量规定引发质量问题，所发生的费用

由承包人承担。

## 2B320084 公路工程施工进度款的结算

**学霸笔记：**

1.进度付款申请单应包括下列内容：

（1）截至本次付款周期末已实施工程的价款。

（2）应增加和扣减的变更金额。

（3）应增加和扣减的索赔金额。

（4）应支付的预付款和扣减的返还预付款。

（5）应扣减的质量保证金。

（6）根据合同应增加和扣减的其他金额。

2.掌握书上【案例 2B320084】。

## 2B320090 公路工程施工现场临时工程管理

## 2B320091 项目部驻地建设

**学霸笔记：**

1.用地合法，周围无塌方、滑坡、落石、泥石流、洪涝等自然灾害隐患，无高频、高压电源及油、气、化工等其他污染源。

2.离集中爆破区 500m 以外，不得占用独立大桥下部空间、河道、互通匝道区及规划的取、弃土场。

3.自建房屋最低标准为活动板房，建设宜选用阻燃材料，搭建不宜超过两层，每组最多不超过 10 栋，组与组之间的距离不小于 8m，栋与栋之间的距离不小于 4m，房间净高不低于 2.6m。驻地办公区、生活区应采用集中供暖设施，严禁电力取暖。

4.项目部一般设项目经理室（书记办公室）、项目总工程师办公室、项目副经理室办公室、各职能部门办公室、档案室、试验室、会议室等。

## 2B320092 预制场布设

一、预制梁场布设

1.场地选址

（2）应满足用地合法，周围无塌方、滑坡、落石、泥石流、洪涝等地质灾害。无高频、高压电源及其他污染源；离集中爆破区 500m 以外；不得占用规划的取、弃土场。

（3）原则上不宜设在主线征地范围内。若确实存在用地困难等特殊情况需要将预制场设于主线征地范围内时，应报项目建设单位审批。

2.场地布置形式

（1）路基外预制场。

（2）路基上预制场。

（3）桥上预制场。

3.场地建设

（1）场地建设前施工单位应将梁场布置方案报监理工程师审批，方案内容应包含各类型梁板的**台座数量**、**模板数量**、**生产能力**、**存梁区布置**及**最大存梁能力**等。

（3）各项目预制场应统筹设置，建设规模和设备配备应结合预制梁板的数量和预制工期相适应，一般不低于表的规定。

预制场规模和相关设备配备表

| 内容 | 要求 |
| --- | --- |
| 钢筋棚 | 至少一座 |
| 台座数量 | 应与预制时间、数量相匹配 |
| 吊装设备 | 满足起吊吨位需要，至少 2 台 |
| 模板数量 | 按照台座数量的 1/（4～6）匹配 |
| 自动喷淋养护设施 | 每片梁板设喷管不得少于 3 条（顶部 1 条，侧面各 1 条）；喷管长为梁体长+1m，喷头间距 0.5m |
| 必备的施工辅助设施 | 横隔板钢筋定位架、钢筋骨架定位架、横隔板底模支撑架 |
| 其他施工设备 | 满足施工需要 |

（5）预制梁场应尽量按照“工厂化、集约化、专业化”的要求规划、建设，每个预制梁场预制的梁板数量不宜少于 300 片。

4.预制梁板台座布设

（1）预制梁板的台座强度应满足张拉要求，台座尽量设置于地质较好的地基上，在不良地基路段，应先进行地基处理。为防止发生张拉台座不均匀沉降、开裂事故，影响预制梁板的质量，先张法施工的张拉台座**不得采用重力式台座，应采用钢筋混凝土框架式台座**。

（2）底模宜采用**通长钢板**，不得采用混凝土底模。

（4）梁板预制完成后，移梁前应对梁板喷涂统一标识和编号，标识内容包括**预制时间**、**张拉时间**、**施工单位**、**梁体编号**、**部位名称**等。

（5）空心板、箱梁最多存放层数应符合设计文件和相关技术规范要求。设计文件无规定时，**空心板**叠层不得超过 **3 层**，**小箱梁**和 **T 形梁**堆叠存放不得超过 **2 层**。预制梁存放时（特别是叠层存放）应采取支撑等措施确保安全稳定。

## 2B320093 拌合站设置

一、拌合站选址

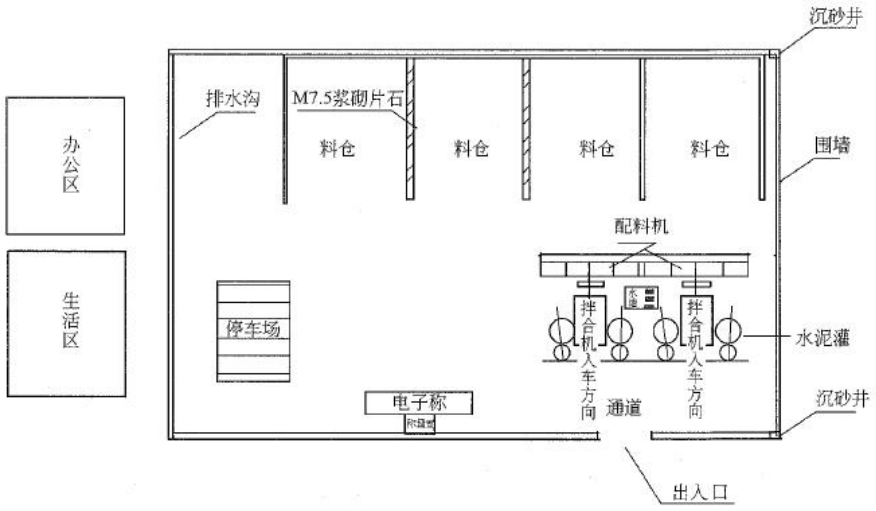
1.应满足用地合法，周围无塌方、滑坡、落石、泥石流、洪涝等地质灾害。无高频、高压电源及其他污染源；离集中爆破区 500m 以外；不得占用规划的取、弃土场。

2.拌合站选址应根据本合同段的主要构造物分布、运输、通电和通水条件等特点综合选址，**尽量靠近主体**

**工程施工部位**，做到运输便利，经济合理；并远离生活区、居民区，尽量设在生活区、居民区的**下风向**。

二、场地建设

2.拌合站建设应综合考虑施工生产情况，合理划分拌合作业区、材料计量区、材料库、运输车辆停放区、试验区、集料堆放区及生活区，内设洗车池（洗车台）、污水沉淀池和排水系统。**生活区应与其他区隔离**，生活用房按照“驻地建设”相关标准建设。




4.场地（含堆料区、加工区）应做硬化处理，主要运输道路应采用不小于 20cm 厚的 C20 混凝土硬化，基础不好的道路应增设碎石掺石屑垫层，场内排水宜按照**中间高四周低**的原则预设不小于 1.5%的排水坡度，四周宜设置砖砌排水沟，并采用 M7.5 砂浆抹面。

三、原材料堆放要求

1.凡用于工程的砂石料应按级配要求，不同粒径、不同品种分场存放，每区醒目位置设置材料标识牌，并采用不小于 30cm 厚的混凝土或厚度不小于 60cm 的浆砌片石隔墙等构造物分隔，隔墙高度应确保不串料（一般不低于 **2.5m**），储料仓预留一定空间方便装载机上料。

3.水泥混凝土路面面层储料场应搭设顶棚，防止太阳直接照晒或雨淋，顶棚宜采用轻型**钢结构**。

4.所有拌合机的集料仓应搭设防雨棚，并设置隔板，**隔板**高度不宜低于 **100cm**，确保不串料。

四、拌合设备要求

1.混凝土拌合应采用**强制式拌合机**，单机生产能力不宜低于 90m³/h 。拌合设备应采用**质量法**自动计量，水、外掺剂计量**应采用全自动电子称量法计量**，禁止采用流量或人工计量方式，保证工作的连续性、自动性，且具备电脑控制及打印功能。减水剂罐体应加设循环搅拌水泵。

2.水稳拌合应采用**强制式拌合机**，设备具备自动计量功能，一般设自动计量补水器加水。

3.沥青混合料采用**间歇式拌合机**，配备计算机及打印设备。

5.拌合站应根据拌合机的功率配备相应的**备用发电机**，确保拌合站有可靠的电源使用。

## 2B330000 公路工程项目施工相关法规与标准

## 2B331020 公路建设管理相关规定

## 2B331021 公路工程施工企业资质管理

一、公路工程施工企业资质类别、等级的划分

公路工程施工企业根据国家相关规定，结合公路工程特点，共分为六大类，具体等级划分如下：

公路工程**施工总承包**企业分为**特级**企业、一级企业、二级企业、三级企业。

公路**路面工程**专业承包企业分为一级企业、二级企业、三级企业

公路**路基工程**专业承包企业分为一级企业、二级企业、三级企业。

**桥梁工程**专业承包企业分为一级企业、二级企业、三级企业。

**隧道工程**专业承包企业分为一级企业、二级企业、三级企业。

公路**交通工程**专业承包企业按施工内容分为两个分项施工企业，即公路**安全设施**分项承包企业和公路**机电工程**分项承包企业。

## 2B331022 公路建设市场管理相关规定

**学霸笔记：**

1.勘察、设计单位经项目法人批准，可以将工程设计中跨专业或者有特殊要求的勘察、设计工作委托给有相应资质条件的单位，但不得转包或者二次分包。监理工作不得分包或者转包。

2.施工单位可以将非关键性工程或者适合专业化队伍施工的工程分包给具有相应资格条件的单位，并对分包工程负连带责任。分包工程不得再次分包，严禁转包。任何单位和个人不得违反规定指定分包、指定采购或者分割工程。

项目法人应当加强对施工单位工程分包的管理，所有分包合同须经监理审查，并报项目法人备案。

3.分包人应当具备如下条件：

（1）具有经工商登记的法人资格。

（2）具有与分包工程相适应的注册资金。

（3）具有从事类似工程经验的管理与技术人员。

（4）具有（自有或租赁）分包工程所需的施工设备。

4.区分转包和违法分包。

（1）承包人未在施工现场设立项目管理机构和派驻相应人员对分包工程的施工活动实施有效管理，并且有下列情形之一的，属于转包：

①承包人将承包的全部工程发包给他人的。

②承包人将承包的全部工程肢解后以分包的名义分别发包给他人的。

③法律、法规规定的其他转包行为。

（2）有下列情形之一的，属于违法分包：

①承包人未在施工现场设立项目管理机构和派驻相应人员对分包工程的施工活动实施有效管理的。

②承包人将工程分包给不具备相应资格的企业或者个人的。

③分包人以他人名义承揽分包工程的。

④承包人将合同文件中明确不得分包的专项工程进行分包的。

⑤承包人未与分包人依法签订分包合同或者分包合同未遵循承包合同的各项原则，不满足承包含同中相应要求的。

⑥分包合同未报发包人备案的。

⑦分包人将分包工程再进行分包的。

5.分包人有权与承包人共同享有分包工程业绩。分包人业绩证明由承包人与发包人共同出具。

分包人以分包业绩证明承接工程的，发包人应当予以认可。分包人以分包业绩证明申报资质的，相关交通运输主管部门应当予以认可。

劳务合作不属于施工分包。劳务合作企业以分包人名义申请业绩证明的，承包人与发包人不得出具。

## 2B331023 公路建设信用信息管理相关规定

**学霸笔记：**

一般为选择题考点，对标红色的重点理解记忆

1.公路建设市场信用信息包括公路建设从业单位基本信息、表彰奖励类良好行为信息、不良行为信息和信用评价信息。

2.表彰奖励类良好行为信息、不良行为信息公布期限为2年，信用评价信息公布期限为1年，期满后系统自动解除公布，转为系统档案信息。

3.评价内容由公路施工企业投标行为、履约行为和其他行为构成。投标行为以公路施工企业单次投标为评价单元，履约行为以单个施工合同段为评价单元。

4.公路施工企业投标行为由招标人负责评价，履约行为由项目法人负责评价，其他行为由负责行业监管的相应地方人民政府交通运输主管部门负责评价。

5.联合体有不良履约行为的，联合体各方均按相应标准扣分。

6.公路施工企业信用评价等级分为AA、A、B、C、D五个等级，各信用等级对应的企业评分X分别为：

AA级：95分≤X≤100分，信用好；

A级：85分≤X<95分，信用较好；

B级：75分≤X<85分，信用一般

C级：60分≤X<75分，信用较差；

D级：X<60分，信用差。

7.对存在直接定为D级或降级的行为，招标人、项目法人或负责行业监管的相应地方人民政府交通运输主管部门发现后即报省级交通运输主管部门。自省级交通运输主管部门认定之日起企业在该省信用评价等级为D级或降一等级。

被1个省级交通运输主管部门直接认定为D级的企业，其全国综合评价直接定为C级；被2个及以上省级交通运输主管部门直接认定为D级以及被国务院交通运输主管部门行政处罚的公路施工企业，其全国综合评价直接定为D级。

8. 公路施工企业资质升级的，其信用评价等级不变。企业分立的，按照新设立企业确定信用评价等级，但不得高于原评价等级。企业合并的，按照合并前信用评价等级较低企业等级确定。

9. 联合体参与投标时，其信用等级按照联合体各方最低等级认定。

## 2B331024 公路工程设计变更管理相关规定

2. 公路工程设计变更分为**重大设计变更**、**较大设计变更**和**一般设计变更**。

1）有下列情形之一的属于**重大设计变更**

（1）连续长度 10km 以上的路线方案调整的；

（2）**特大桥**的数量或结构形式发生变化的；

（3）**特长隧道**的数量或通风方案发生变化的；

（4）互通式立交的数量发生变化的；

（5）收费方式及站点位置、规模发生变化的；

（6）超过初步设计批准概算的。

2）有下列情形之一的属于**较大设计变更**

（1）连续长度 2km 以上的路线方案调整的；

（2）连接线的标准和规模发生变化的；

（3）**特殊不良地质路段处置方案发生变化的**；

（4）**路面结构类型、宽度和厚度发生变化的**；

（5）大中桥的数量或结构形式发生变化的；

（6）隧道的数量或方案发生变化的；

（7）互通式立交的位置或方案发生变化的；

（8）分离式立交的数量发生变化的；

（9）监控、通信系统总体方案发生变化的；

（10）管理、养护和服务设施的数量和规模发生变化的；

（11）**其他单项工程费用变化超过 500 万元的**；

（12）超过施工图设计批准预算的。

3）一般设计变更是指除重大设计变更和较大设计变更以外的其他设计变更。

3. **重大设计变更**由**交通运输部**负责审批。**较大设计变更**由**省级交通主管部门**负责审批。**项目法人**负责对**一般设计变更**进行审查。

**学霸笔记：**

1. 掌握一般设计变更、较大设计变更、重大设计变更包含的内容。

2. 审批

重大设计变更由交通运输部负责审批。较大设计变更由省级交通主管部门负责审批。项目法人负责对一般设计变更进行审查。

## 2B331026 公路工程验收相关规定

**学霸笔记：**

1. 公路工程验收分为交工验收和竣工验收两个阶段。

2. 公路工程竣（交）工验收的依据

（1）批准的项目建议书、工程可行性研究报告。

（2）批准的工程初步设计、施工图设计及设计变更文件。

（3）施工许可。

（4）招标文件及合同文本。

（5）行政主管部门的有关批复、批示文件。

（6）公路工程技术标准、规范、规程及国家有关部门的相关规定。

3. 公路工程交工验收应具备条件

（1）合同约定的各项内容已全部完成。各方就合同变更的内容达成书面一致意见。

（2）施工单位按《公路工程质量检验评定标准》及相关规定对工程质量自检合格。

（3）监理单位对工程质量评定合格。

（4）质量监督机构按《公路工程质量鉴定办法》对工程质量进行检测，并出具检测意见。检测意见中需整改的问题已经处理完毕。

（5）竣工文件按公路工程档案管理的有关要求，完成“公路工程项目文件归档范围”第三、四、五部分（不含缺陷责任期资料）内容的收集、整理及归档工作。

（6）施工单位、监理单位完成本合同段的工作总结报告。

4. 交工验收工程质量等级评定分为合格和不合格，工程质量评分值大于等于 75 分的为合格，小于 75 分的为不合格。

5. 公路工程竣工验收应具备的条件

（1）通车试运营 2 年以上。

（2）交工验收提出的工程质量缺陷等遗留问题已全部处理完毕，并经项目法人验收合格。

（3）工程决算编制完成，竣工决算已经审计，并经交通运输主管部门或其授权单位认定。

（4）竣工文件已完成“公路工程项目文件归档范围”的全部内容。

（5）档案、环保等单项验收合格，土地使用手续已办理。

（6）各参建单位完成工作总结报告。

（7）质量监督机构对工程质量检测鉴定合格，并形成工程质量鉴定报告。

6. 工程质量评分大于等于 90 分为优良，小于 90 分且大于等于 75 分为合格，小于 75 分为不合格。

## 2B332000 公路施工安全生产和质量管理相关规定

## 2B332010 公路工程施工安全生产相关规定

1.从业单位从事公路水运工程建设活动， 应当具备法律、法规、规章和工程强制性标准规定的安全生产条件，**任何单位和个人不得降低安全生产条件**。

2.施工单位应当设立安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员。 施工现场应当根据施工作业特点、安全风险以及施工组织难度，按照年度施工产值配备专职安全生产管理人员，**不足 5000 万元的至少配备 1 名；5000 万元以上不足 2 亿元的按每 5000 万元不少于 1 名的比例配备；2 亿元以上的不少于 5 名，**且按**专业**配备。

3.从业单位应当依法对从业人员进行安全生产教育和培训。未经安全生产教育和培训合格的从业人员，不得上岗作业。

4.公路水运工程从业人员中的**特种作业人员**应当按照国家有关规定取得相应资格，方可上岗作业。

5.翻模、滑（爬）模等自升式架设设施、以及自行设计、组装或者改装的施工挂（吊）篮、移动模架等设施在投入使用前，**施工单位**应当组织有关单位进行验收，或者委托具有相应资质的检验检测机构进行验收，验收合格的方可使用。

6.施工单位在工程投标报价中应当包含**安全生产费用**并单独计提，**不得作为竞争性报价**。

安全生产费用应当经监理工程师审核签认，并经建设单位同意后，在项目建设成本中据实列支，严禁挪用。

8.公路水运工程建设应当实施安全生产风险管理，按规定开展设计、施工安全风险评估。设计单位应当依据风险评估结论，对设计方案进行修改完善。施工单位应当依据风险评估结论，对风险等级较高的分部分项工程编制**专项施工方案**，并附安全验算结果，经**施工单位技术负责人**签字后报监理工程师批准执行。必要是施工单位应当组织专家对专项施工方案进行论证、审核。

## 2B332012 公路工程承包人安全责任

3.施工单位应当书面明确本单位的**项目负责人**，代表本单位组织实施项目施工生产。项目负责人对项目安全生产工作负有下列职责：

（1）**建立**项目安全生产责任制，实施相应的考核与奖惩；

（2）按规定**配足**项目专职安全生产管理人员；

（3）结合项目特点，组织**制定**项目安全生产规章制度和操作规程；

（4）组织**制定**项目安全生产教育和培训计划；

（5）督促项目安全生产费用的规范使用；

（6）依据风险评估结论，完善施工组织设计和专项施工方案；

（7）**建立**安全预防控制体系和隐患排查治理体系，督促、检查项目安全生产工作，确认重大事故隐患整改情况。

（8）组织**制定**本合同段施工专项应急预案和现场处置方案，并制定组织演练；

（9）及时、如实报告生产安全事故并组织自救。

4.施工单位的**专职安全生产管理人员**履行下列职责：

（1）组织或者**参与**拟订本单位安全生产规章制度、操作规程，以及合同段施工专项应急预案和现场处置方案；

（2）组织或者**参与**本单位安全生产教育和培训，如实记录安全生产教育和培训情况；

（3）督促**落实**本单位施工安全风险管控措施；

（4）组织或者**参与**本合同段施工应急救援演练；

（5）检查施工现场安全生产状况，做好检查记录，提出改进安全生产标准化建设的建议；

（6）及时排查、报告安全事故隐患，并督促措施事故隐患治理措施；

（7）制止和纠正违章指挥、违章操作和违反劳动纪律的行为。

**学霸笔记：**

注意区分项目负责人和专职安全管理人员的职责：

项目负责人主要是“建立”、“制定”；

专职安全生产管理人员主要是“参与”、“落实”。

## 2B332013 公路工程项目施工安全风险评估

二、公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估

（一）评估范围

1.桥梁工程

（2）跨径大于或等于 **140m** 的梁式桥，跨径大于 400m 的斜拉桥，跨径大于 1000m 的悬索桥。

（3）墩高或净空大于 **100m** 的桥梁工程。

2.隧道工程

（1）穿越高地应力区、岩溶发育区、区域地质构造、煤系地层、采空区等工程地质或水文地质条件复杂的隧道，黄土地区、水下或海底隧道工程。

（2）浅埋、偏压、大跨度、变化断面等结构受力复杂的隧道工程。

（3）长度 **3000m** 及以上的隧道工程，Ⅵ、Ⅴ级围岩连续长度超过 **50m** 或合计长度占隧道全长的 **30%**及以上的隧道工程。

（4）**连拱隧道**和**小净距隧道**工程。

（二）评估方法

施工安全风险评估分为**总体风险评估**和**专项风险评估**。

（三）评估步骤

风险评估工作包括:制定评估计划、选择评估方法、开展风险分析、进行风险估测、确定风险等级、提出措施建议、编制评估报告等方面。评估步骤一般为:

1.**开展总体风险评估**。

2.**确定专项风险评估范围**。总体风险评估等级达到**Ⅲ级**(高度风险)及以上工程应进行专项风险评估。其他风险等级的可视情况开展专项风险评估。

3.**开展专项风险评估**。

4.**确定风险控制措施**。

（四）评估组织与评估报告

1.施工安全风险评估工作原则上由项目施工单位具体负责。当被评估项目含多个合同段时，总体风险评估应由**建设单位**牵头组织，专项风险评估工作仍由合同施工单位具体实施。

3.风险评估工作应形成评估报告。评估报告应反映风险评估过程的主要工作。报告内容应包括**评估依据、工程概况、评估方法、评估步骤、评估内容、评估结论**及**对策建议**等。

## 2B332014 公路工程施工安全事故报告

2.根据生产安全事故（以下简称事故）造成的**人员伤亡**或者**直接经济损失**，事故一般分为以下等级：

（1）特别重大事故，是指造成 30 人以上死亡，或者 100 人以上重伤（包括急性工业中毒，下同），或者 1 亿元以上直接经济损失的事故；

（2）重大事故，是指造成 10 人以上 30 人以下死亡，或者 50 人以上 100 人以下重伤，或者 5000 万元以上 1 亿元以下直接经济损失的事故；

（3）较大事故，是指造成 3 人以上 10 人以下死亡，或者 10 人以上 50 人以下重伤，或者 1000 万元以上 5000 万元以下直接经济损失的事故；

（4）一般事故，是指造成 3 人以下死亡，或者 10 人以下重伤，或者 1000 万元以下直接经济损失的事故。本条所称的“以上”包括本数，所称的“以下”不包括本数。

二、事故报告

1.事故发生后，事故现场**有关人员**应当**立即**向**本单位负责人**报告；单位负责人接到报告后，应当于 **1 小时**内向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。情况紧急时，事故现场有关人员可以直接向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。

3.事故报告后出现新情况的，应当及时补报。

自事故发生之日起 **30 日**内，事故造成的伤亡人数发生变化的，应当及时补报。**道路交通事故、火灾事故**自发生之日起 **7 日**内，事故造成的伤亡人数发生变化的，应当及时补报。

**学霸笔记：**

| 安全事故 | 一般 | 较大 | 重大 | 特别重大 |
|---|---|---|---|---|
| 死亡人数 | 3 | 10 | 30 | |
| 重伤人数 | 10 | 50 | 100 | |
| 直接经济损失 | 1000万 | 5000万 | 1亿 | |

## 2B332020 公路工程质量管理相关规定

## 2B332022 公路工程质量事故管理相关规定

一、公路工程质量事故的等级划分

根据**直接经济损失**或**工程结构损毁**情况（自然灾害所致除外），公路水运建设工程质量事故分为**特别重大质量事故**、**重大质量事故**、**较大质量事故**和**一般质量事故**四个等级；直接经济损失在一般质量事故以下的为质量问题。

1. **特别重大质量事故**，是指造成直接经济损失 1 亿元以上的事故。

2. **重大质量事故**，是指造成直接经济损失 5000 万元以上 1 亿元以下，或者特大桥主体结构垮塌、特长隧道结构坍塌，或者大型水运工程主体结构垮塌、报废的事故。

3. **较大质量事故**，是指造成直接经济损失 1000 万元以上 5000 万元以下，或者高速公路项目中桥或大桥主体结构垮塌、中隧道或长隧道结构坍塌、路基（行车道宽度）整体滑移，或者中型水运工程主体结构垮塌、报废的事故。

4. **一般质量事故**，是指造成直接经济损失 100 万以上 1000 万元以下，或者除高速公路以外的公路项目中桥或大桥主体结构垮塌、中隧道或长隧道结构坍塌，或者小型水运工程主体结构垮塌、报废的事故。

学霸笔记：