

2024 环球网校一级建造师《水利水电工程管理与实务》新考纲精讲班

本讲义对应视频第 11-12 讲

第 4 章 混凝土与混凝土坝工程

知识框架

第 4 章 混凝土与 混凝土坝	节	主要内容
	4.1 混凝土的生产与浇筑	4.1.1 混凝土拌合设备及其生产能力的确定 4.1.2 混凝土运输方案 4.1.3 混凝土的浇筑与养护 4.1.4 大体积混凝土温控措施
	4.2 模板与钢筋	4.2.1 模板的分类与模板施工 4.2.2 钢筋的加工安装技术要求
	4.3 混凝土坝的施工技术	4.3.1 混凝土坝的施工分缝分块 4.3.2 混凝土坝的施工质量控制
	4.4 碾压混凝土的施工技术	4.4.1 碾压混凝土的施工工艺及特点 4.4.2 碾压混凝土的施工质量控制

4.1 混凝土的生产与浇筑

4.1.1 混凝土拌合设备及其生产能力的确定

1. 拌合设备

1) 拌合机

混凝土拌合机按搅拌方式分为强制式、自落式两种。

拌合机的主要性能指标是其工作容量，以 L 或 m³ 计。如 800L 的拌合机，每一个工作循环出料 0.8m³，相应要求进料 1.2m³。

拌合机按照装料、拌合、卸料三个过程循环工作。

2) 拌合站、拌合楼

拌合楼是集中布置的混凝土工厂，常按工艺流程分层布置，分为进料、贮料、配料、拌合及出料共五层，其中配料层是全楼的控制中心，设有主操纵台。

2. 拌合设备生产能力的确定

1) 混凝土拌合系统规模

拌合设备生产能力主要取决于设备容量、台数与生产率等因素。

生产规模的大小按有关规定划分，见表 4.1-1。

拌合系统生产能力分类表表 4.1-1

规模类型	小时生产能力 (m³/h)	月生产能力 (万 m³/月)
特大型	≥480	≥16
大型	180 (含) ~480	6 (含) ~16
中型	60 (含) ~180	2 (含) ~6
小型	<60	<2

2) 拌合设备生产能力的计算

(1) 混凝土拌合系统小时生产能力计算公式如下：

$$Q_h = K_h Q_m / (m \cdot n) \quad (4.1-1)$$

式中 Q_h —小时生产能力 (m³/h)；

K_h —小时不均匀系数，可取 1.3~1.5；

Q_m —混凝土高峰浇筑强度 (m³/月)；

m —每月工作天数 (d)，一般取 25d；

n —每天工作小时数 (h)，一般取 20h。

(2) 混凝土初凝条件校核小时生产能力 (平浇法施工) 计算公式如下：

$$Q_h \geq 1.1SD / (t_1 - t_2) \quad (4.1-2)$$

式中 S —最大混凝土块的浇筑面积 (m²)；

D —最大混凝土块的浇筑分层厚度 (m)；

t_1 —混凝土的初凝时间 (h)

扫码关注更多内容



t_2 —混凝土出机后到浇筑入仓所经历的时间(h)。

4.1.2 混凝土运输方案【略】

4.1.3 混凝土的浇筑与养护

1. 混凝土浇筑的工艺流程

混凝土浇筑的施工过程包括**浇筑前的准备作业、浇筑时入仓铺料、平仓振捣和浇筑后的养护**。



2. 浇筑前的准备作业

浇筑前的准备作业包括**基础面处理、施工缝处理、立模、钢筋、预埋件及止水安设**等。

1) 基础面处理

对于**砂砾地基**，应清除杂物，整平建基面，再浇 10~20cm 低强度等级的混凝土作垫层，以防漏浆；

对于**土基**应先铺碎石，盖上湿砂，压实后，再浇筑混凝土；

对于**岩基**，在爆破后，用人工清除表面松软岩石、棱角和反坡，并用高压水枪冲洗，若粘有油污和杂物，可用金属丝刷洗，直至洁净为止，最后，再用高压风吹至岩面无积水，经质检合格，才能开仓浇筑。

2) 施工缝处理

在新混凝土浇筑前，应当采用适当的方法（高压水枪、风砂枪、风镐、钢刷机、人工凿毛等）将老混凝土表面含游离石灰的**水泥膜清除，并使表层石子半露**，形成有利于层间结合的**麻面**。对纵缝表面**可不凿毛**，但应冲洗干净，以利灌浆。

采用高压水冲毛，视气温高低，可在浇筑后**5~20h**进行；当用风砂枪冲毛时，一般应在浇筑后**一两天**进行。施工缝面凿毛或冲毛后，应用压力水冲洗干净，使其表面无渣、无尘，才能浇筑混凝土。

3. 入仓铺料

1) 混凝土入仓铺料方法

混凝土入仓铺料方法主要有**平铺法、台阶法和斜层浇筑法**。

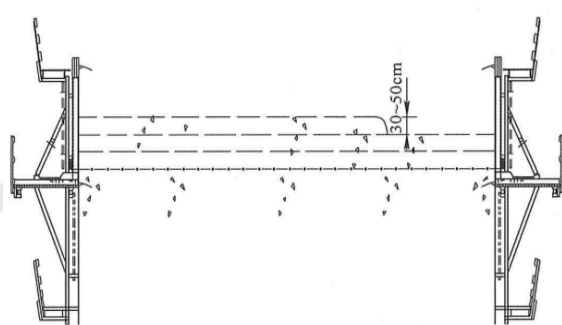


图 4.1-3 平铺法铺料

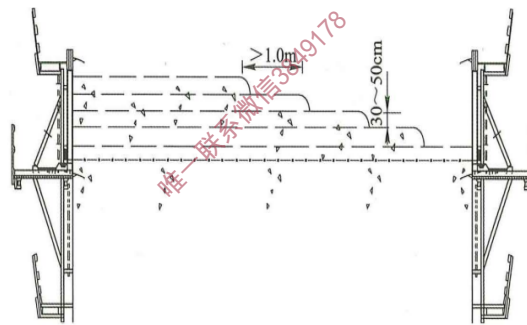


图 4.1-4 台阶法铺料

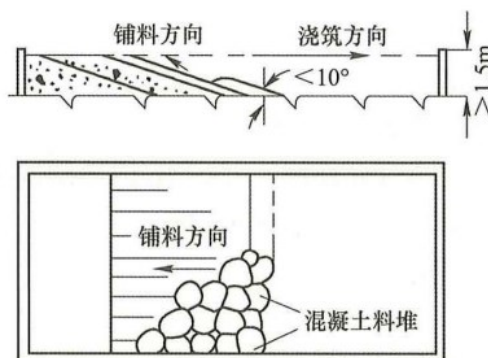


图 4.1-5 斜层浇筑法铺料



2) 分块尺寸和铺层厚度

分块尺寸和铺层厚度受混凝土**运输浇筑能力**的限制。

3) 铺料间隔时间

混凝土铺料允许间隔时间，指混凝土自拌合楼出机口到覆盖上层混凝土为止的时间，它主要受混凝土**初凝时间和混凝土温控要求**的限制。

混凝土铺料层间间歇超过混凝土允许间隔时间，会出现**冷缝**，使层间的抗渗、抗剪和抗拉能力明显降低。

4. 平仓与振捣

混凝土**振实**根据以下现象判断：混凝土表层不再显著下沉，不再出现气泡，表面出现一层薄而均匀的水泥浆。

混凝土浇筑仓出现下列情况之一时，应**停止浇筑**：

- 1) 混凝土初凝且超过允许面积。
- 2) 混凝土平均浇筑温度超过允许值，并在 1h 内无法调整至允许温度范围内。

混凝土浇筑仓出现下列情况之一时，**应予挖除**：

- 1) 拌合物出现不合格料的情形：
 - (1) 错用配料单配料。
 - (2) 混凝土任意一种组成材料计量失控或漏配。
 - (3) 出机口混凝土拌合物不均匀或夹带生料。
- 2) 低等级混凝土混入高等级混凝土浇筑部位。
- 3) 混凝土无法振捣密实或对结构物带来不利影响的级配错误的混凝土料。
- 4) 未及时平仓振捣且已初凝的混凝土料。
- 5) 长时间不凝固的混凝土料。

5. 混凝土养护

《水工混凝土施工规范》SL677—2014 中规定，塑性混凝土应在浇筑完毕后 **6~18h** 内开始**洒水**养护，低塑性混凝土宜在浇筑完毕后**立即喷雾**养护，并及早开始洒水养护；混凝土应连续养护，养护期内始终使混凝土表面保持湿润。

《水工混凝土施工规范》SL677—2014 规定，混凝土养护时间，**不宜少于 28d**，有特殊要求的部位宜延长养护时间（至少 28d）。混凝土养护时间的长短，取决于混凝土**强度增长**和所在**结构部位的重要性**。

4.1.4 （大体积）混凝土温控措施

1. 混凝土温控术语（10 条）

8) 出机口温度

在拌合设施出料口测得的混凝土拌合物深 **3~5cm** 处的温度。

9) 入仓温度

混凝土下料后平仓前测得的深 **5~10cm** 处的温度。

10) 浇筑温度

混凝土经平仓振捣或碾压后、覆盖上坯混凝土前，本坯混凝土面以下 **5~10cm** 处的温度。

2. 混凝土温度控制措施

1) 总体要求

(1) 施工期应对混凝土原材料、混凝土生产过程、混凝土运输和浇筑过程及浇筑后的温度进行**全过程**控制。

(2) 主要温度控制指标：**出机口温度、浇筑温度、浇筑层厚度、间歇期、表面冷却、通水冷却和表面保护**等。

(3) 气候温和地区宜在**气温较低**月份浇筑基础混凝土；高温季节宜利用**早晚、夜间**气温低时段浇筑混凝土。

(4) 常态混凝土浇筑应采取**短间歇均匀上升、分层浇筑**的方法。碾压混凝土宜**薄层浇筑**连续上升。

2) 原材料温度控制

(1) **水泥**运至工地的入罐或入场温度**不宜高于 65℃**。



(2) 应控制成品料仓内**集料**的温度和含水率，细集料表面含水率不宜超过**6%**，应采取下列主要措施：

- ①成品料仓宜采用**筒仓**；料仓除有足够的容积外，宜维持集料不小于 6m 的堆料厚度。
- ②料仓搭设**遮阳防雨棚**，粗集料可采取喷雾降温。
- ③宜通过**地垄取料**。

(3) 拌合水储水池应有**防晒**设施，储水池至拌合楼的水管应包裹**保温**材料。

3) 混凝土生产过程温度控制

①常态混凝土的粗集料可采用**风冷、浸水、喷淋冷水**等预冷措施，碾压混凝土的粗集料宜采用**风冷**措施。

②拌合楼宜采用**加冰、加制冷水**拌合混凝土。

4) 混凝土运输和浇筑过程温度控制

(1) 混凝土运输机具应采取**隔热、保温、防雨等**措施。混凝土入仓后、初凝前应**及时**进行**平仓、振捣或碾压**。

(2) 混凝土平仓、振捣或碾压后，应**及时**覆盖聚乙烯泡沫塑料板、聚乙烯气垫薄膜、保温被等**保温**材料。

(3) 浇筑仓内气温高于 25℃时应采用**喷雾**措施，混凝土终凝后，可结束喷雾。

5) 浇筑后温度控制

混凝土浇筑后温度控制宜采用**冷却水管通水冷却、表面流水冷却、表面蓄水降温**等措施。

6) 通水冷却

(1) 宜通过分期通水冷却控制混凝土温度。分期通水包括**初期、中期、后期**通水冷却。

(2) 在已确定浇筑温度、浇筑层厚度和浇筑间歇期等措施的前提下，混凝土温度仍高于允许最高温度时，应进行**初期**通水冷却。

(3) 出现下列情况之一的，应进行**中期**冷却通水：

- ①初期通水冷却结束后，混凝土温度回升过大的；
- ②坝体临时挡水、坝面及孔洞临时过水或其他需要减少混凝土内外温差的；
- ③需要分担后期冷却降温幅度的。

(4) 在计划时段内，自然冷却混凝土温度达不到接缝灌浆或接触灌浆温度要求时，应进行**后期**通水冷却。

(5) 冷却水管流向变换间隔时间不宜超过**24h**，可选择**12h 或 24h 换向**。

4.2 模板与钢筋

4.2.1 模板的分类与模板施工

1. 模板施工

根据《水工混凝土施工规范》SL677-2014，模板的拆除要求如下：

- 1) 对非承重模板，混凝土强度应达到**2.5MPa**以上，其表面和棱角不因拆模而损坏方可拆除。
- 2) 对于承重模板，要求达到规定的混凝土设计强度的百分率后才能拆模。
 - (1) 悬臂板、梁。跨度≤2m，75%；跨度>2m，100%。
 - (2) 其他梁、板、拱。跨度≤2m，50%；跨度 2~8m，75%；跨度>8m，100%。

4.2.2 钢筋的加工安装技术要求

1. 钢筋表示方法及钢筋图

1) 普通钢筋的表示方法

普通钢筋的表示方法见表 4.2-1。



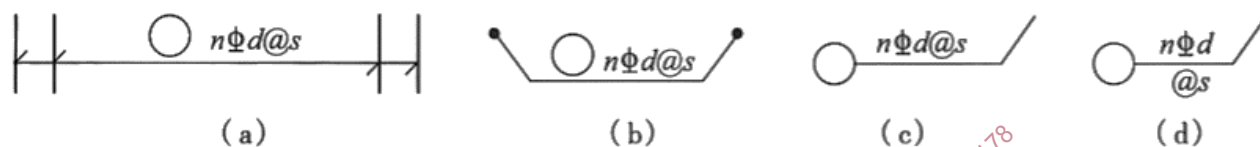
表 4.2-1 普通钢筋的表示方法

序号	名称	图例	说明
1	钢筋横断面		—
2	无弯钩的钢筋端部		左图表示长、短钢筋投影重叠时，短钢筋的端部用 45° 斜划线表示
3	带半圆形弯钩的钢筋端部		—
4	带直钩的钢筋端部		—
5	带丝扣的钢筋端部		—
6	无弯钩的钢筋搭接		—
7	带半圆形弯钩的钢筋搭接		—
8	带直钩的钢筋搭接		—
9	花篮螺丝钢筋接头		—
10	机械连接的钢筋接头		用文字说明机械连接的方式（如冷挤压或直螺纹等）

2) 钢筋图

(1) 钢筋图中钢筋用**粗实线**表示，钢筋的截面用**小黑圆点**表示，结构轮廓应用**细实线**表示。

(2) 钢筋图中钢筋的标注形式如图 4.2-7 所示。



注：圆圈内填写钢筋编号， n 为钢筋的根数， Φ 为钢筋种类的代号， d 为钢筋直径的数值， $@$ 为钢筋间距的代号， s 为钢筋间距的数值。

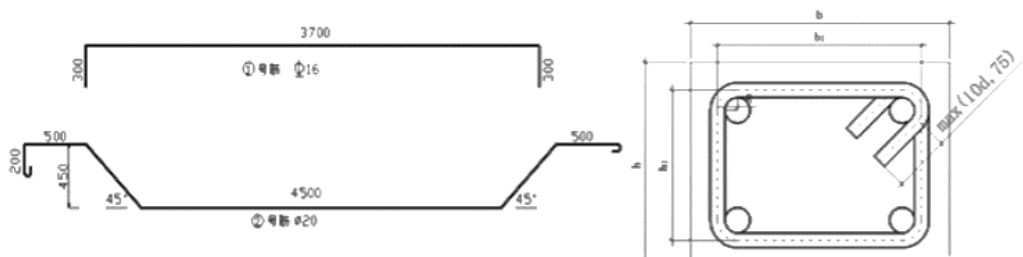
2. 钢筋加工

1) 下料长度

直钢筋下料长度=构件长度-保护层厚度+弯钩增加长度

弯起钢筋下料长度=直段长度+斜段长度-弯曲调整值+弯钩增加长度

箍筋下料长度=箍筋周长+箍筋调整值



3. 钢筋连接

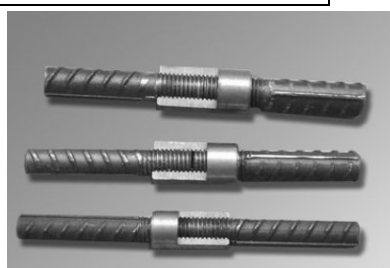
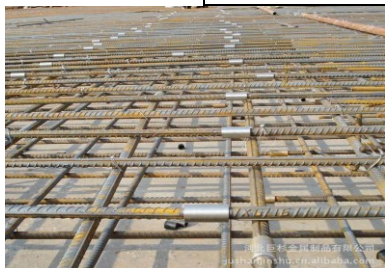
1) 钢筋的接头方式

现场施工钢筋连接宜采用绑扎搭接、手工电弧焊、气压焊、竖向钢筋接触电渣焊和机械连接等。

扫码关注更多内容



钢筋机械连接接头类型包括：**套筒挤压连接、锥螺纹连接和直螺纹连接。**



钢筋绑扎连接应符合以下要求：

(1) **受拉**钢筋小于或等于 **22mm**，**受压**钢筋直径小于或等于 **32mm**，**其他**钢筋直径小于或等于 **25mm**，可采用绑扎连接。

(2) 受拉区域内的光圆钢筋绑扎接头的末端应**做弯钩**，螺纹钢的绑扎接头末端**不做弯钩**。

(3) 轴心受拉、小偏心受拉及直接承受动力荷载的构件纵向受力钢筋**不得采用绑扎连接**。

(4) 钢筋搭接处，应在中心和两端用绑丝扎牢，绑扎**不少于3道**。

钢筋接头应**分散**布置，宜设置在受力较小处，同一构件中的纵向受力钢筋接头宜相互错开，**结构构件中纵向受力钢筋的接头应相互错开 35d，且不小于 500mm。**

2) 钢筋接头的一般要求

(1) 配置在同一截面内的下述受力钢筋，其接头的截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率应满足下列要求：

① 闪光对焊、熔槽焊、接触电渣焊、窄间隙焊、气压焊接头在受弯构件的**受拉区**，不超过 **50%**，受压区不受限制。

② 绑扎接头，在构件的**受拉区**不超过 **25%**，在受压区不超过 **50%**。

③ 机械连接接头，在**受拉区**不宜超过 **50%**；在受压区或装配式构件中钢筋受力较小部位，I 级接头不受限制。

(2) 若两根相邻的钢筋接头中距**小于 500mm**，或两绑扎接头的中距在绑扎搭接长度以内，均作为同一截面处理。

(3) 焊接与绑扎接头距钢筋弯起点**不小于 10d**，也不应位于最大弯矩处。

4.3 混凝土坝的施工技术

4.3.1 混凝土坝的施工分缝分块

1. 分缝分块的缘由

混凝土重力坝分缝有**横缝、纵缝和水平施工缝**。沿坝轴线方向，将坝的全长划分为 **15~24m** 的若干坝段。坝段之间的缝称为横缝。横缝的作用是**减小温度应力，适应地基不均匀沉降，满足混凝土浇筑能力和温度控制**等施工要求。

纵缝是为了适应**混凝土浇筑能力、减小施工期温度应力**，在平行于坝轴线方向设置的临时缝。

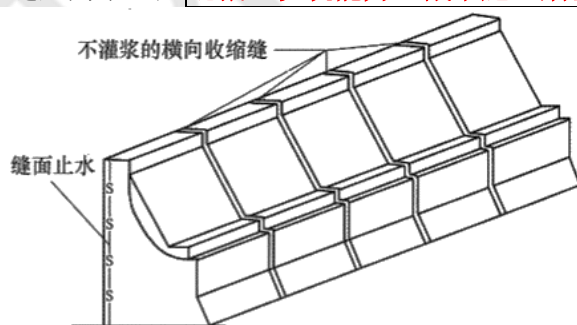


图 4.3-1 重力坝横缝形式

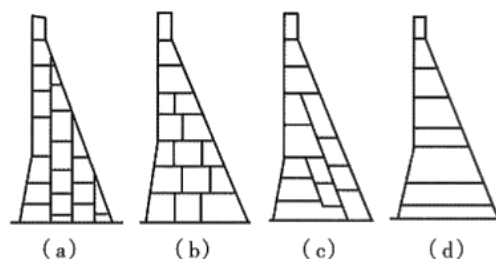


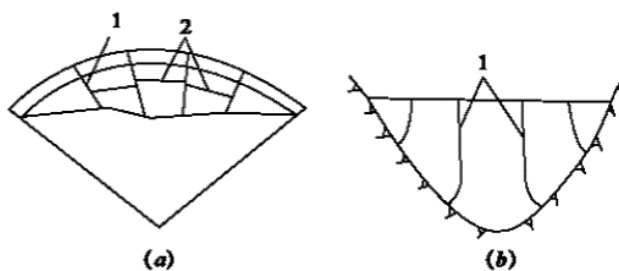
图 4.3-2 重力坝分缝分块

(a) 竖缝分块；(b) 错缝分块；

(c) 斜缝分块；(d) 水平施工缝

拱坝为了温控及防止收缩裂缝和满足混凝土浇筑能力的要求，需分层分块浇筑，各块之间设置收缩缝，待坝体混凝土冷却到稳定温度时，再进行**接缝灌浆**，使拱坝形成整体。收缩缝有**横缝和纵缝**两种。





(a) 平面图；(b) 立视图

1—横缝；2—纵缝

4.3.2 混凝土坝的施工质量控制

1. 施工质量检测方法

混凝土拆模后，应检查其外观质量。**有混凝土裂缝、蜂窝、麻面、错台和模板走样**等质量问题或缺陷时应及时检查和处理。

混凝土抗压强度**试件的检测结果未满足规范合格标准**要求或对混凝土试件强度的代表性有怀疑时，可从结构物中**钻取混凝土芯样试件**或采用**无损检验**方法，按有关标准规定对结构物的强度进行检测；如仍不符合要求，应对已建成的结构物，按实际条件**验算结构的安全度**，采取必要的补救措施或其他处理措施。

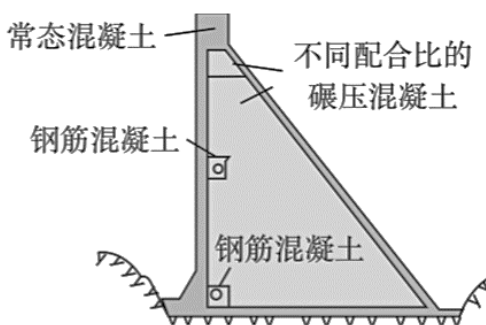
已建成的结构物，应进行**钻孔取芯和压水试验**。

4.4 碾压混凝土的施工技术

4.4.1 碾压混凝土的施工工艺及特点

1. 碾压混凝土坝的施工工艺

1) 结构形式



2) 施工工艺

碾压混凝土坝的施工工艺程序是先在**初浇层铺砂浆，汽车运输入仓，平仓机平仓，振动压实机压实，振动切缝机切缝，切完缝再沿缝无振碾压两遍**。



2. 碾压混凝土坝的施工特点

1) 采用干贫混凝土

碾压混凝土拌合物的 VC 值（碾压混凝土拌合物的工作度），仓面宜选用**2~12s**。机口 VC 值应根据施工现场的气候条件变化动态选用和控制，宜为**2~8s**。

2) 大量掺加粉煤灰，减少水泥用量

为保持混凝土有一定的胶凝材料，必须掺入大量粉煤灰（掺量占总胶凝材料的**50%~70%**，且为 II 级以上）。



3) 采用通仓薄层浇筑

采用通仓薄层浇筑（RCD 工法碾压厚度通常为 **50cm、75cm、100cm**，RCC 工法通常为 **30cm**）。

4) 大坝横缝采用切缝法等成缝方式



5) 碾压或振捣达到混凝土密实

碾压混凝土依靠**振动碾碾压**达到混凝土密实。碾压前，通过碾压试验确定碾压遍数及振动碾行走速度。



4.4.2 碾压混凝土的施工质量控制

1. 碾压混凝土坝的施工质量控制要点

1) 配合比设计参数

- (1) 水胶比。
- (2) 砂率。
- (3) 单位用水量。
- (4) 掺合料。
- (5) 外加剂。

2) 碾压时拌合料干湿度的控制

碾压混凝土的**干湿度**一般**用 VC 值表示**。VC 值太小表示拌合太湿，振动碾易沉陷，难以正常工作。VC 值太大表示拌合料太干，灰浆太少，集料架空，不易压实。

现场 VC 值的测定可以采用 **VC 仪**或凭**经验手感**测定。

3) 卸料、平仓、碾压中的质量控制

入仓混凝土及时摊铺和碾压。相对压实度是评价碾压混凝土压实质量的指标，对于建筑物的**外部**混凝土相对压实度**不得小于 98%**，对于**内部**混凝土相对压实度**不得小于 97%**。

4) 碾压混凝土的养护和防护

混凝土**终凝后**应立即进行保湿养护。对水平施工缝，养护应持续至上一层碾压混凝土开始铺筑为止。对永久外露面积，宜养护 **28d 以上**。

3. 碾压混凝土的质量控制手段

1) 在碾压混凝土生产过程中，常用 **VeBe 仪**测定碾压混凝土的**稠度**，以控制配合比。

2) 在碾压过程中，可使用**核子密度仪**测定碾压混凝土的**湿密度和压实度**，对碾压层的均匀性进行控制。

3) 碾压混凝土的**强度**在施工过程中是以**监测密度**进行控制的。

钻孔取样是评定碾压混凝土质量的综合方法。

钻孔取样评定的内容如下：

- (1) 芯样获得率：评价碾压混凝土的**均质性**。



(2) 压水试验：评定碾压混凝土**抗渗性**。

(3) 芯样的物理力学性能试验：评定碾压混凝土的**均质性和力学性能**。

(4) 芯样断口位置及形态描述：评价**层间结合**是否符合设计要求。

(5) 芯样外观描述：评定碾压混凝土的**均质性和密实性**。

【本章知识总结及对应练习】

第4章 混凝土与 混凝土坝	节	主要内容
	4.1 混凝土的生产与浇筑	4.1.1 混凝土拌合设备及其生产能力的确定 4.1.2 混凝土运输方案 4.1.3 混凝土的浇筑与养护 4.1.4 大体积混凝土温控措施
	4.2 模板与钢筋	4.2.1 模板的分类与模板施工 4.2.2 钢筋的加工安装技术要求
	4.3 混凝土坝的施工技术	4.3.1 混凝土坝的施工分缝分块 4.3.2 混凝土坝的施工质量控制
	4.4 碾压混凝土的施工技术	4.4.1 碾压混凝土的施工工艺及特点 4.4.2 碾压混凝土的施工质量控制

【例题·单选】某工程施工期混凝土高峰月浇筑强度为 $9000\text{m}^3/\text{月}$ ，每月天数按 25d 计，每天工作小时按 20h 计，如小时不均匀系数取 1.3，则该工程的混凝土拌合系统的单位小时生产能力为（ ） m^3/h 。

- A. 12.8
- B. 19.6
- C. 23.4
- D. 28.3

【答案】C

【解析】 $Q_h = K_h Q_m / (m \cdot n)$ 。

【例题·单选】低塑性混凝土宜在浇筑完毕后立即进行（ ）养护。

- A. 洒水
- B. 浇水
- C. 蓄水
- D. 喷雾

【答案】D

【解析】低塑性混凝土宜在浇筑完毕后立即喷雾养护，并及早开始洒水养护。

【例题·单选】钢筋标注形式“ $n\Phi d@s$ ”中 s 表示钢筋（ ）。

- A. 根数
- B. 等级
- C. 直径
- D. 间距

【答案】D

【解析】s 为钢筋间距的数值。

