

9.1

现场搅拌混凝土施工



9.1 现场搅拌混凝土施工



零星浇筑的混凝土一般使用简易搅拌站进行现场搅拌。现场搅拌混凝土工程施工过程如图9.1所示。

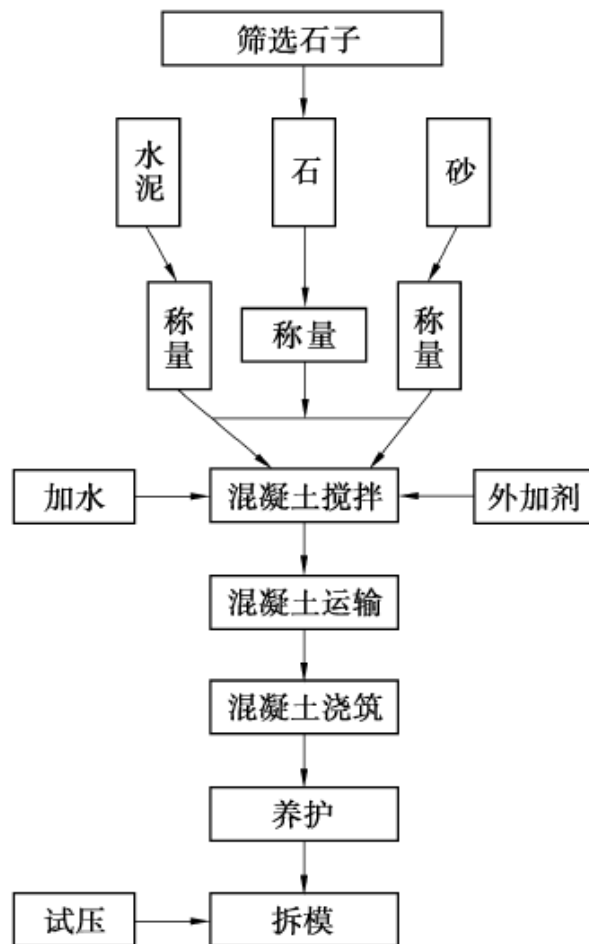


图 9.1 混凝土工程施工过程示意

9.1.1混凝土配制强度与施工配合比计算



现场混凝土（concrete）搅拌站需考虑工程任务的大小、施工现场条件、机具设备等情况，因地制宜设置。一般宜采用流动性组合方式，使所有机械设备采取装配连接结构，基本能做到拆装、搬运方便，有利于建筑工地转移。搅拌站的设计尽量做到自动上料、自动称量、机动出料和集中操纵控制，使搅拌站后台上料作业走向机械化、自动化生产。

此搅拌站主要特点是搬运方便，占用场地较小，制作简便，不需专用设备，基本上适合于一般中小型施工现场。对搅拌站后台的场地要求不高，适应性强，砂石分散或集中堆放均不影响后台装置的使用，全部后台上料使用一般通用机械即可，如装载机、轻便翻斗车等，还有一机多用的优点。提升架、砂石贮料斗、水泥罐等设备按一般卡车尺寸设计，转移搬运时可整体装车和折叠拆装或分段拆装运输。

9.1.1混凝土配制强度与施工配合比计算



1 . 混凝土配置强度确定

混凝土制备之前按下式确定混凝土的施工配置强度，以达到95%的保证率：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma$$

式中 $f_{cu,0}$ ——混凝土的施工配置强度（N/mm²）；

$f_{cu,k}$ ——设计的混凝土立方体抗压强度(compressive strength)标准值（N/mm²）；

σ ——施工单位的混凝土强度标准差（N/mm²）。

9.1.1混凝土配制强度与施工配合比计算



当施工单位具有近期同一品种混凝土强度的统计资料时， σ 可按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - n\mu_{f_{cu}}^2}{n-1}}$$

式中 $f_{cu,i}$ ——第 i 组混凝土试件强度（N/mm²）；

$\mu_{f_{cu}}$ —— n 组混凝土试件强度的平均值（N/mm²）；

n ——统计周期内相同混凝土强度等级的试件组数， $n \geq 30$ 。

对于强度等级不大于C30的混凝土：当 σ 计算值不小于3.0 MPa时，应按照计算结果取值；当 σ 计算值小于3.0 MPa时， σ 应取3.0 MPa。对于强度等级大于C30且不大于C60的混凝土：当 σ 计算值不小于4.0 MPa时，应按照计算结果取值；当 σ 计算值小于4.0 MPa时， σ 应取4.0 MPa。

施工单位如无近期混凝土强度统计资料， σ 可按表9.1取值。

9.1.1混凝土配制强度与施工配合比计算



对于强度等级不大于C30的混凝土：当 σ 计算值不小于3.0 MPa时，应按照计算结果取值；当 σ 计算值小于3.0 MPa时， σ 应取3.0 MPa。对于强度等级大于C30且不大于C60的混凝土：当 σ 计算值不小于4.0 MPa时，应按照计算结果取值；当 σ 计算值小于4.0 MPa时， σ 应取4.0 MPa。施工单位如无近期混凝土强度统计资料， σ 可按表9.1取值。

表 9.1 σ 值

混凝土强度等级	$\leq C20$	C25~C45	C50~C55
$\sigma / (\text{N} \cdot \text{mm}^{-2})$	4.0	5.0	6.0

注：表中 σ 值，反映了我国施工单位对混凝土施工技术和管理平均水平，采用时可根据本单位情况，做适当调整。

9.1.1混凝土配制强度与施工配合比计算



本工程附属设施混凝土采用现场搅拌供应，施工单位无近期混凝土强度统计资料，因此， σ 选择5.0,确定混凝土的施工配置强度：

$$\begin{aligned} f_{cu,0} &= f_{cu} , k + 1.645\sigma \\ &= (30 + 1.645 \times 5) \text{ MPa} \\ &= 38.225 \text{ MPa} \end{aligned}$$

9.1.1混凝土配制强度与施工配合比计算



2 . 施工配合比计算

混凝土实验室配合比 (mix proportion) 是根据完全干燥的砂、石骨料制定的, 但实际使用的砂、石骨料一般都含有一些水分, 而且含水量又会随气候条件发生变化。所以施工时应及时测定现场砂、石骨料的含水量, 并将混凝土实验室配合比换算成在实际含水量情况下的施工配合比。设实验室配合比为: 水泥: 砂: 石子=1: x: y, 水灰比为 w_c , 并测得砂的含水量为 w_x , 石子的含水量为 w_y , 则施工配合比应为 $1: x_{1+w_x}: y_{1+w_y}$ 。

9.1.1混凝土配制强度与施工配合比计算



本工程现场搅拌混凝土经过配合比设计后得出实验室配合比为
 $1 : 1.75 : 3.25$ ，水灰比为0.53，每立方米混凝土的水泥用量为370 kg，
测得砂的含水量为4%、石子含水量为2%，则施工配合比为：

$$1 : 1.75(1+4\%) : 3.25(1+2\%)$$

$$=1 : 1.84 : 3.35$$

每立方米混凝土材料用量为：

水泥：370 kg

砂：[$370 \times 1.75(1+4\%)$] kg=680.8 kg

石子：[$370 \times 3.25(1+2\%)$] kg=1 239.5 kg

水：($370 \times 0.53 - 370 \times 1.75 \times 4\% - 370 \times 3.25 \times 2\%$) kg=146.15 kg

9.1.1混凝土配制强度与施工配合比计算



3 . 施工配料

求出每立方米混凝土材料用量后，还必须根据工地现有搅拌机的出料容量确定每次需用的水泥袋数，然后按水泥用量来计算砂石的每次拌用量。本工程采用JZ250型搅拌机，出料容量为0.25 m³，则每搅拌一次装料量为：

水泥： $(370 \times 0.25) \text{kg} = 92.5 \text{ kg}$

砂： $(680.8 \times 92.5 / 370) \text{kg} = 170.2 \text{ kg}$

石子： $(1\ 239.5 \times 92.5 / 370) \text{kg} = 309.88 \text{ kg}$

水： $(146.15 \times 92.5 / 370) \text{kg} = 36.54 \text{ kg}$

9.1.1混凝土配制强度与施工配合比计算



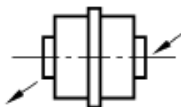
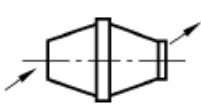
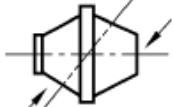
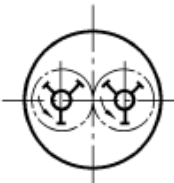
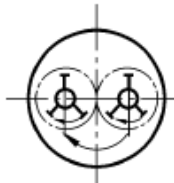
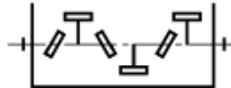
为严格控制混凝土的配合比，原材料的数量应采用质量计算，必须准确。其质量偏差不得超过以下规定：水泥、混合材料为 $\pm 2\%$ ；细骨料(fine aggregate)为 $\pm 3\%$ ；水、外加剂(admixture)溶液为 $\pm 2\%$ 。各种衡量器应定期校验，经常保持准确。骨料(aggregate)含水量应经常测定，雨天施工时，应增加测定次数。

9.1.2混凝土搅拌机的选择



混凝土搅拌机按其搅拌原理分为自落式搅拌机和强制式搅拌机两类。根据其构造的不同，又可分为若干种，见表9.2。自落式搅拌机采用重力拌和原理，搅拌筒内壁装有叶片，搅拌筒旋转，叶片将物料提升一定高度后自由下落，各物料颗粒分散拌和均匀，宜用于搅拌塑性混凝土。锥形反转出料和双锥形倾翻出料搅拌机可用于搅拌低流动性混凝土。

表 9.2 混凝土搅拌机类型

自落式			强制式			
鼓筒式	双锥式		立轴式			卧轴式 (单轴、双轴)
	反转出料	倾翻出料	涡浆式	行星式		
				定盘式	盘转式	
						

9.1.2混凝土搅拌机的选择



9.1.2混凝土搅拌机的选择



强制式搅拌机分立轴式和卧轴式两类。强制式搅拌机是用剪切拌和原理，在轴上安装叶片，通过叶片强制搅拌装在搅拌筒中的物料，使物料沿环向、径向和竖向运动，拌和成均匀的混合物。强制式搅拌机拌和强烈，多用于搅拌干硬性混凝土、低流动性混凝土和轻骨料混凝土。立轴式强制搅拌机是通过底部的卸料口卸料，卸料迅速，但如卸料口密封不好，水泥浆易漏掉，所以不宜用于搅拌流动性大的混凝土。

9.1.3 搅拌制度



为了获得均匀优质的混凝土拌和物，除合理选择搅拌机的型号外，还必须正确地确定搅拌时间、投料顺序以及进料容量等。

1. 搅拌时间

搅拌时间应从全部材料投入搅拌筒起，到开始卸料为止所经历的时间，它与搅拌质量密切相关。搅拌时间过短，混凝土不均匀，强度及和易性下降；搅拌时间过长，不但降低搅拌的生产效率，同时会使不坚硬的粗骨料，在大容量搅拌机中因脱角、破碎等而影响混凝土的质量。对于加气混凝土(cellular concrete)也会因搅拌时间过长而使所含气泡减少。混凝土搅拌的最短时间可按表9.3采用。

9.1.3搅拌制度



表 9.3 混凝土搅拌的最短时间 (s)

混凝土坍落度/mm	搅拌机类型	搅拌机出料量/L		
		<250	250~500	>500
≤30	自落式	90	120	150
	强制式	60	90	120
>30	自落式	90	90	120
	强制式	60	60	90

9.1.3 搅拌制度



2. 投料顺序

投料顺序应从提高搅拌质量，减少叶片、衬板的磨损，减少拌和物与搅拌筒的粘结，减少水泥飞扬，改善工作环境，提高混凝土强度，节约水泥等方面综合考虑确定。常用一次投料法、二次投料法和水泥裹砂法等。

(1) 一次投料法

这是目前最普遍采用的方法。它是将砂、石、水泥和水一起同时加入搅拌筒中进行搅拌。为了减少水泥的飞扬和水泥的黏罐现象，对自落式搅拌机常用的投料顺序是将水泥装在料斗中，并夹在砂、石之间，一次上料，最后加水搅拌。

9.1.3 搅拌制度



(2) 二次投料法

它又分为预拌水泥砂浆法和预拌水泥净浆法。

预拌水泥砂浆法是先将水泥、砂和水加入搅拌筒内进行充分搅拌，成为均匀的水泥砂浆后，再加入石子搅拌成均匀的混凝土。

预拌水泥净浆法是先将水泥和水充分搅拌成均匀的水泥净浆后，再加入砂和石搅拌成混凝土。

国内外的试验表明，二次投料法搅拌的混凝土与一次投料法相比较，混凝土强度可提高约15%。在强度等级相同的情况下，可节约水泥15%~20%。

9.1.3 搅拌制度



3 . 进料容量

进料容量是将搅拌前各种材料的体积累积起来的容量，又称干料容量。进料容量约为出料容量的1.4 ~ 1.8倍（通常取1.5倍）。进料容量超过规定容量10%以上，就会使材料在搅拌筒内无充分的空间进行掺和，影响混凝土拌和物的均匀性；反之，如装料过少，则又不能充分发挥搅拌机的效能。

9.1.3 搅拌制度



4 . 搅拌要求

应严格控制混凝土施工配合比。砂、石必须严格过磅，不得随意加减用水量。

在搅拌混凝土前，搅拌机应加适量的水运转，使拌筒表面润湿，然后将多余水排干。搅拌第一盘混凝土时，考虑到筒壁上黏附砂浆的损失，石子用量应按配合比规定减半。

搅拌好的混凝土要卸尽，在混凝土全部卸出之前，不得再投入拌和料，更不得采取边出料边进料的方法。

9. 2



商品混凝土施工

9.2商品混凝土施工



预拌（商品）混凝土的定义：预拌混凝土是指由水泥(cement)、集料(aggregate)、水以及根据需要掺入的外加剂和掺和（ supplementary cementitious materials ）等组成按照一定比例，在集中搅拌站（厂）经计量、拌制后出售的，并采用运输车在规定时间运至使用地点的混凝土拌和物。因预拌混凝土具有商品的属性，也称商品混凝土。商品混凝土在生产过程中实现了机械化配料、上料。计量系统实现称量自动化，使计量准确，容易达到规范要求材料计量精度，可以掺加外加剂和矿物掺和料，对改善施工环境有显著作用。这些条件比现场搅拌站要优越得多。

9.2商品混凝土施工



9.2.1混凝土搅拌站



大型混凝土搅拌站是将施工现场需用的混凝土，在一个集中站点统一拌制后，用混凝土运输车分别输送到一个或若干个施工现场进行浇筑使用。大型混凝土搅拌站对提高混凝土质量，节约原材料，实现现场文明施工和改善环境，都具有突出的优点，已取得较好的社会经济效益。

大型混凝土搅拌站根据其竖向布置上的不同，可分为单阶式和双阶式两种。

单阶式混凝土搅拌站是将原材料由皮带机、螺旋输送机等运输设备一次提升到需要高度后，靠自重作用，依次经过贮料、称量、集料、搅拌等程序，完成整个搅拌生产流程。单阶式搅拌站的优点在于：从上一道工序到下一道工序经历的时间短，生产效率高，机械化、自动化程度高，搅拌楼占地面积小，对产量大的大型永久性混凝土搅拌站比较适用（图9.2、图9.3）。

9.2.1 混凝土搅拌站

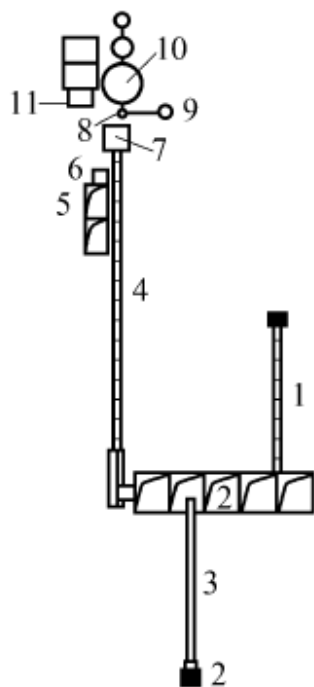


图 9.2 大型搅拌站平面布置示意

1—砂上料系统；2—地上式砂石储料仓；3—石子上料系统；
4—主皮带；5—洗车池；6—泵房；7—搅拌楼；8—斗式提升机；
9—粉煤灰筒仓；10—水泥筒仓；11—空压机房

9.2.1混凝土搅拌站

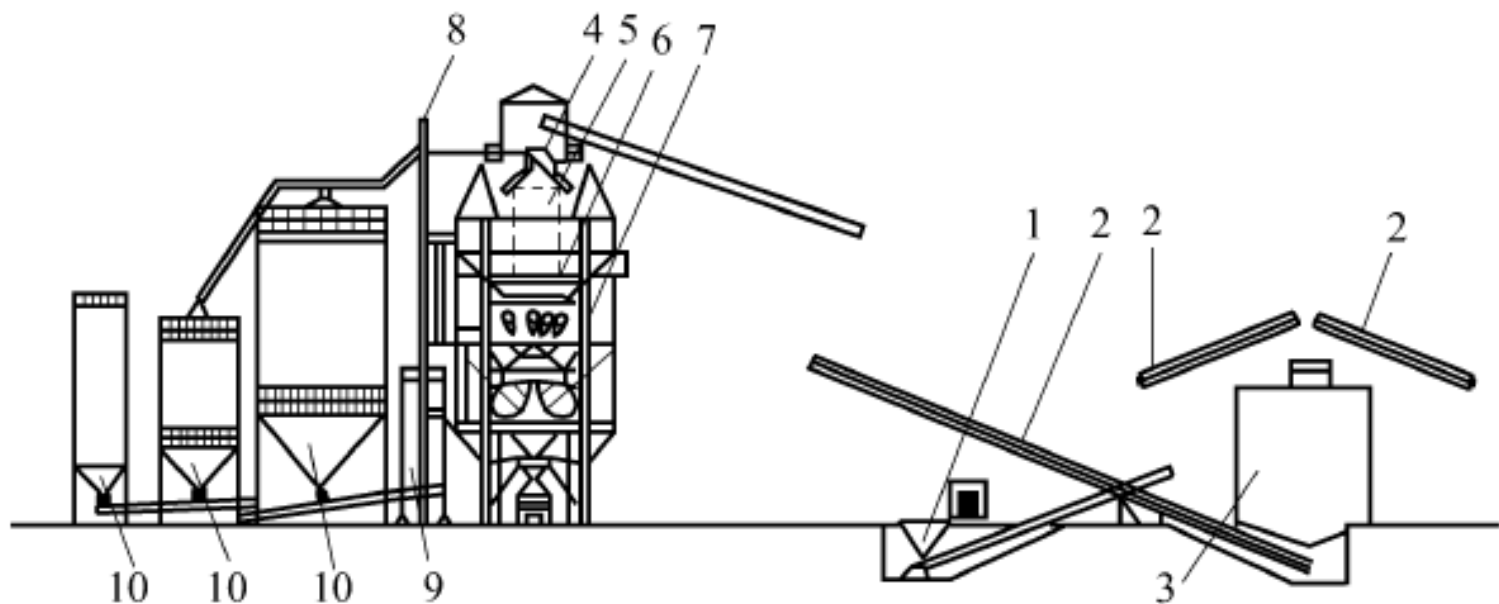


图 9.3 大型混凝土搅拌站竖向布置示意

1—砂石卸料坑；2—皮带机；3—地上式砂石储料仓；4—砂石分料器；5—水泥储存仓；
6—称量斗；7—搅拌机；8—斗式提升机；9—粉煤灰筒仓；10—水泥筒仓

9.2.1混凝土搅拌站



双阶式混凝土搅拌站是将原材料在第一次提升后，依靠材料的自重经过贮料、称量、集料等程序，在经过第二次提升进入搅拌机。这种形式的搅拌站其建筑物的总高度较小，运输设备较简单，投资相对较少，建设速度快。目前，一般永久性的大型混凝土搅拌站多采用这一类型（图9.4、图9.5）。

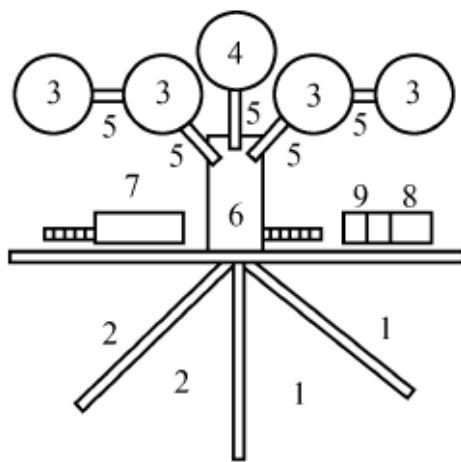


图 9.4 大型半移动式搅拌站平面示意

1—石子料仓；2—砂料仓；3—水泥筒仓；4—粉煤灰筒仓；5—螺旋输送机；6—搅拌楼；7—操作室；8—清水箱；9—外加剂调制箱

9.2.1 混凝土搅拌站

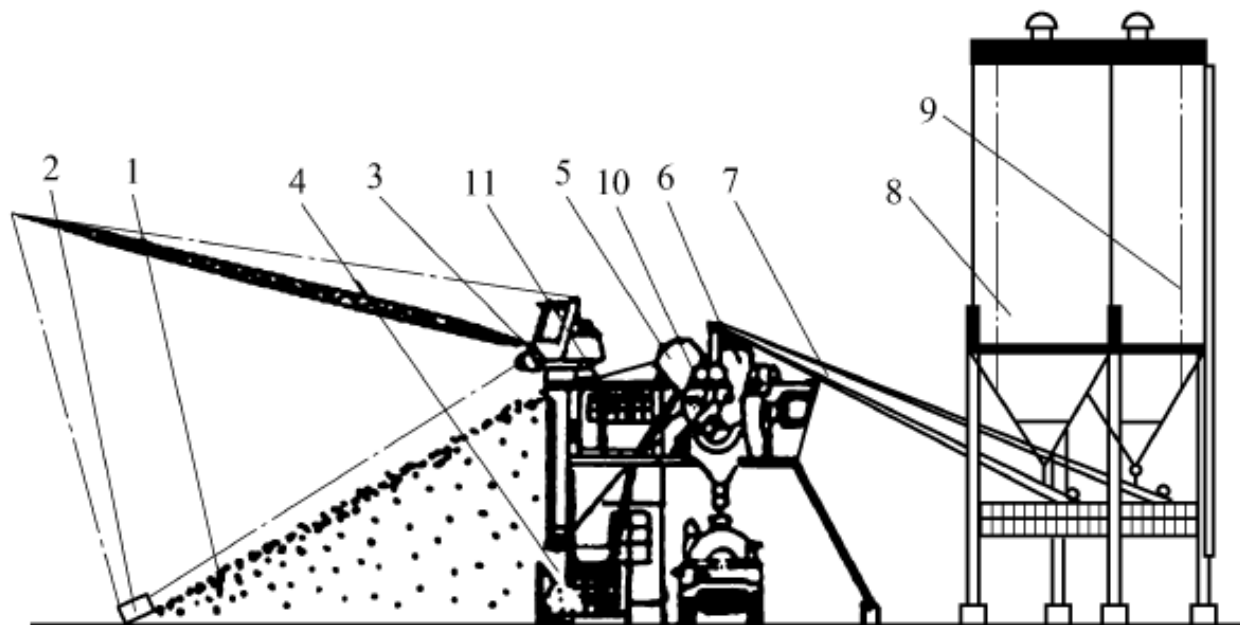


图 9.5 大型半移动式搅拌站竖向布置示意

1—砂石料仓；2—砂石上料斗；3—拉铲控制室；4—砂石进料口；5—砂石称量及上料斗；6—水泥及粉煤灰称量斗；
7—螺旋输送机；8—水泥筒仓；9—粉煤灰筒仓；10—搅拌机；11—操作室

9.2.1 混凝土搅拌站



大型混凝土搅拌站生产工艺流程如图9.6所示。

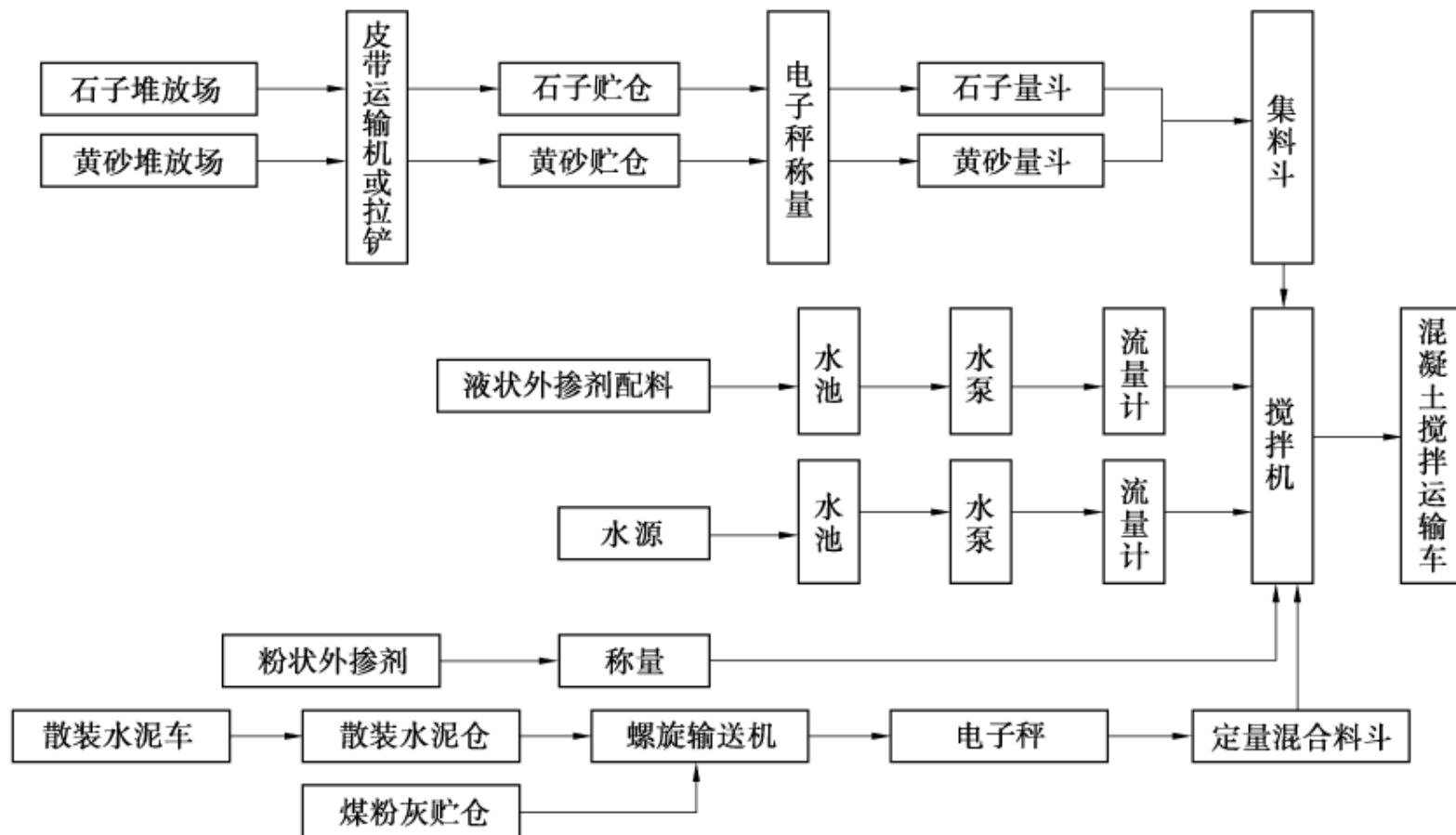


图 9.6 大型混凝土搅拌站生产工艺流程

9.2.2商品混凝土配合比



本工程的承台基础混凝土采用商品混凝土，由于商品混凝土须经过长距离输送到工地，还要用泵将混凝土打入模板中，因此混凝土必须具有较高的流动性和较长的塑性保持时间，为此需要适当增加胶结材料用量和砂率(sand ratio)，同时还要掺入外加剂。配合比设计试验除各龄期强度检测外，还需做混凝土流动性（坍落度）、保塑性试验。

9.2.2商品混凝土配合比



按国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)的有关规定，根据工程项目中混凝土强度等级、耐久性(durability)和工作性等技术要求，设计、计算、试配及调整后，确定既满足设计和施工要求，又确保混凝土工程质量的优化配合比。生产坍落度的确定已考虑运输距离、现场停置时间、施工条件准备、卸料时间长短等因素。

搅拌站根据本工程要求，经过配合比设计，配合比如下（单位 kg/m^3 ）：

水泥（PO42.5）：190砂（中砂）：762

石（5~40 mm）：1 092外加剂：3.6

粉煤灰(Ⅱ级)：124矿渣粉（S95）：68

水：160

9.2.2商品混凝土配合比



1. 商品混凝土配合比设计

商品混凝土配合比设计包括初步配合比计算、试配和调整等步骤。

(1) 初步配合比的计算

按选用原材料的性能及对高性能混凝土的技术要求，进行初步配合比的计算，得出供试配用的配合比。步骤如下：配制强度的确定→根据配制强度和耐久性要求初步确定水胶比值(water to cementing materials ratio)→选取每立方米混凝土的用水量→计算混凝土的单位胶凝材料(cementing materials)用量→选取合理的砂率值→粗细骨料用量的确定→外加剂的确定。

9.2.2商品混凝土配合比



(2) 基准配合比 (proportion of mixture) 和实验室配合比的试配、调整与确定

初步计算配合比是根据经验公式和经验图表估算得到的，因此不一定符合实际情况，必须通过试拌验证，当不符合设计要求时，需通过调整使和易性满足施工要求，满足混凝土结构的强度和耐久性要求。

(3) 施工配合比

根据实验室配合比进行施工配合比的换算与前述现场搅拌混凝土方法一致。

9.2.2商品混凝土配合比



2 . 混凝土配合比技术措施

(1) 降低水泥用量

在满足混凝土和易性、力学性能和耐久性的条件下，应尽量使水泥用量降低至最小限度。有资料表明，1 m³混凝土中的水泥用量每减少10 kg，混凝土内部温度可降低1 ℃。减少水泥用量可以减少总的水化放热量，从而可以降低混凝土内部的最高温度。

(2) 掺入缓凝高效减水剂

采用掺缓凝高效减水剂的办法来降低水胶比、降低水泥用量，同时延缓混凝土初凝时间，使混凝土的热峰值向后推移并降低水化热。

9.2.2商品混凝土配合比



(3) 掺入适量的优质矿物掺和料

在满足设计和施工要求的前提下，掺入适量的粉煤灰和矿粉（根据国家标准用于大体积的钢筋混凝土粉煤灰和矿粉取代水泥率可达20%~50%、30%~70%）取代水泥，降低水泥用量，使水泥的水化热释放速度减慢，有利于热量消散，使混凝土内部温升有所降低。大大改善了混凝土的工作性能，有利于施工操作，而且还能提高混凝土的后期强度、抗渗性能、抗裂性和耐久性能。

(4) 增加骨料用量

选择级配良好的中砂、采用最佳砂率和最大粒径小于40 mm的连续粒级的石子，以达到降低水泥用量的目的。

9.2.2商品混凝土配合比



(5) 采用60天龄期的配制强度

以达到减少水泥用量,降低水化热的目的,按60天龄期设计的混凝土,在28天基本可达到设计强度的90%~100%,既有利于裂缝的控制又不会影响到上部结构的施工。在混凝土浇筑过程中,可取多组同条件混凝土试块,来跟踪混凝土的强度发展及确定适宜的拆模时间。

(6) 纤维增强混凝土(fiber enhancing concrete)防裂

由于混凝土的塑性开裂主要发生在混凝土硬化以前,特别是在混凝土浇筑后4~5 h之内,此阶段由于水分的蒸发和转移,混凝土内部的抗应变能力低于塑性收缩产生的应变,因而引起内部塑性裂缝的产生,当掺入纤维材料之后,减缓了由于粗粒料的快速失水所产生的裂缝,当裂缝出现以后,纤维材料的存在又使得裂缝尖端的发展受到限制,裂缝只能绕过纤维或把纤维拉断来继续发展。

9.2.3商品混凝土的运输



1. 对混凝土运输的要求

混凝土自搅拌机中卸出后，应及时运至浇筑地点，为保证混凝土质量，对混凝土运输的基本要求：运输过程中要使混凝土保持良好的均匀性，不离析(segregation)、不漏浆；保证混凝土具有设计配合比所规定的坍落度；使混凝土在初凝前浇入模板并捣实完毕；保证混凝土浇筑能连续进行。

9.2.3商品混凝土的运输



2 . 混凝土运输的时间

混凝土运输时间有一定的限制，混凝土应以最少的转运次数和最短的时间从搅拌地点运至浇筑地点，并在初凝之前浇筑完毕。普通混凝土（ordinary concrete）从搅拌机中卸出后到浇筑完毕的延续时间不宜超过表9.4的规定。如需进行长距离运输可选混凝土搅拌运输车。

表 9.4 混凝土从搅拌机中卸出到浇筑完毕的延续时间

（单位：min）

混凝土强度等级	气温		附注
	<25 ℃	>25 ℃	
< C30	120	90	1. 使用外掺剂或采用快硬水泥拌制混凝土时，应按试验确定 2. 本表数值包括混凝土运输和浇筑完毕的时间
> C30	90	60	

9.2.3商品混凝土的运输



3 . 混凝土运输工具

运输混凝土的工具要不吸水、不漏浆，方便快捷。混凝土运输分为地面运输、垂直运输和楼面运输三种情况。预拌（商品）混凝土地面运输工具多用混凝土搅拌运输车 and 自卸汽车。

当混凝土需要量较大、运距较远或使用商品混凝土时，则多采用自卸汽车和混凝土搅拌运输车。混凝土搅拌运输车（图9.7）是将锥形倾翻出料式搅拌机装在载重汽车的底盘上，可以在运送混凝土的途中继续缓慢地搅拌，以防止在运距较远的情况下混凝土产生分层离析现象；在运输距离很长时，还可将配好的混凝土干料装入筒内，在运输中加水搅拌，这样能减少由于长途运输而引起的混凝土坍落度损失。

9.2.3商品混凝土的运输

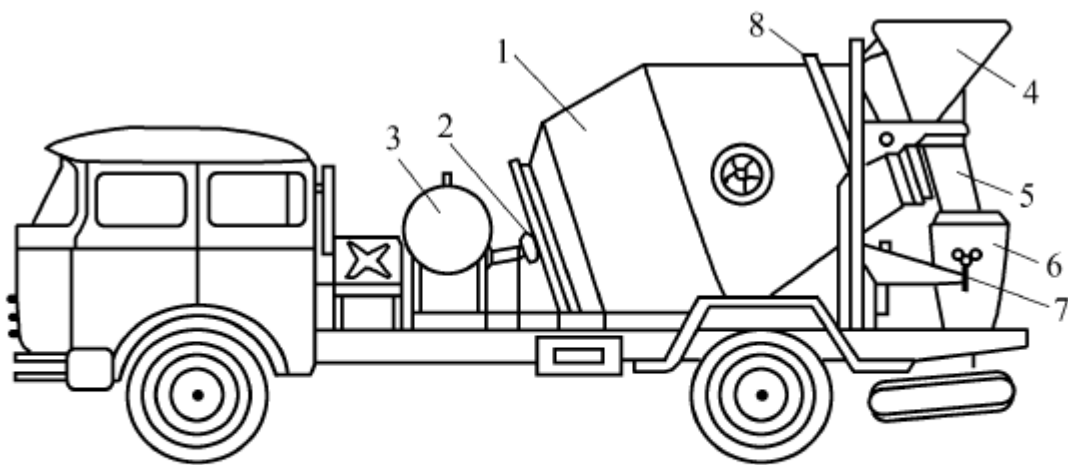


图 9.7 混凝土搅拌运输车

1—搅拌筒;2—轴承座;3—水箱;4—进料斗;5—卸料槽;6—引料槽;7—托轮;8—轮圈

9.2.3商品混凝土的运输



楼面运输可用双轮手推车、皮带运输机，也可以用塔式起重机、混凝土泵等，楼面运输应采取措施保证模板和钢筋位置，防止混凝土离析等。混凝土垂直运输，多采用塔式起重机加料斗、井架或混凝土泵等。下面重点介绍混凝土泵运输。

(1) 混凝土泵

液压式活塞泵是一种目前常用的较为先进的混凝土泵。其工作原理如图9.8所示。它主要由料斗、液压缸和活塞、混凝土缸、阀门、Y形管、冲洗设备、液压系统、动力系统等组成。工作时，由搅拌机卸出的或由混凝土搅拌运输车卸出的混凝土倒入料斗6，在阀门操纵系统作用下，闸板7开启、闸板8关闭，液压活塞4在液压作用下通过活塞杆5带动活塞2后移，料斗内的混凝土在自重和吸力作用下进入混凝土缸1。然后，液压系统中压力油的进出反向，活塞2向前推压，同时闸板7关闭、闸板8开启，

9.2.3商品混凝土的运输



混凝土缸中的混凝土在压力作用下就通过Y形管进入输送管送至浇筑地点。

由于两个缸交替进料和出料，因而能连续稳定地排料。

拖式混凝土泵是一种常见的形式（图9.9），使用时，需用汽车将它拖带至施工地点，然后进行混凝土输送。这种形式的混凝土泵主要由混凝土推送机构、分配闸机构、料斗搅拌装置、操作系统、清洗系统等组成。



9.2.3商品混凝土的运输

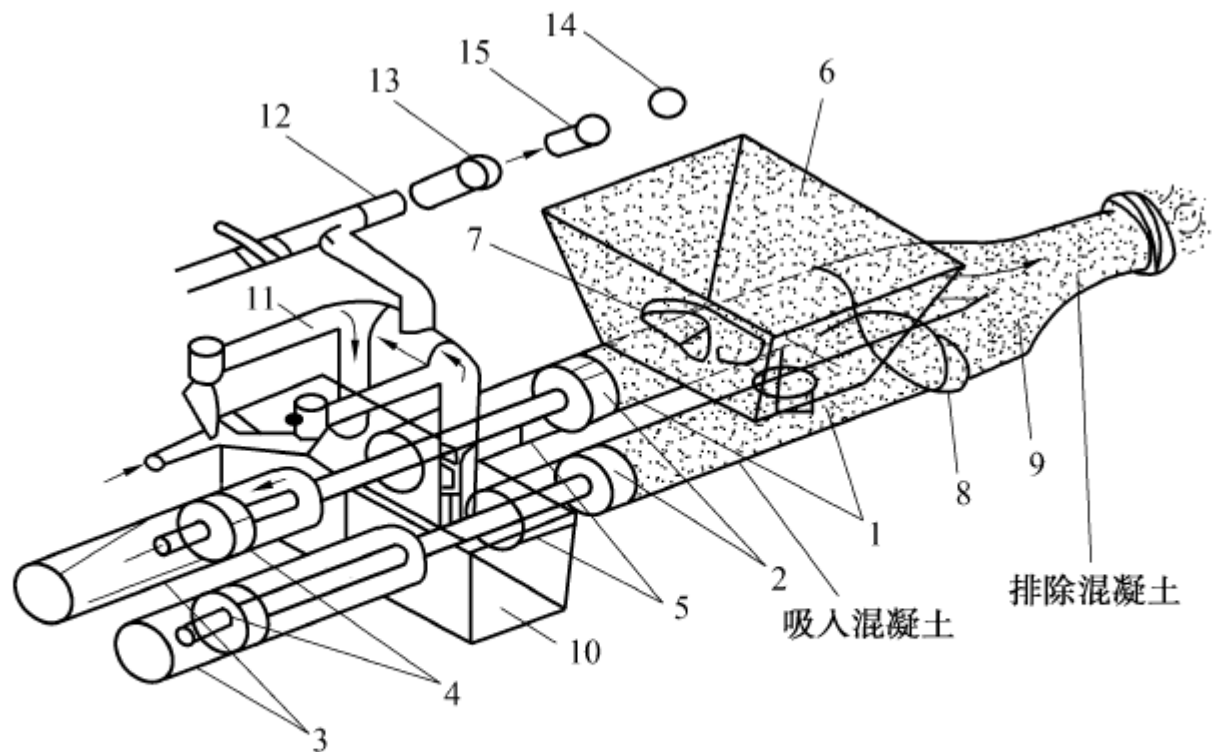


图 9.8 液压活塞式混凝土泵工作原理

1—混凝土缸;2—混凝土活塞;3—液压缸;4—液压活塞;5—活塞杆;6—受料斗;7—吸入端水平片阀;8—排出端竖直片阀;
9—V形输送管;10—水箱;11—水洗装置换向阀;12—水洗用高压软管;13—水洗用法兰;14—海绵球;15—清洗活塞

9.2.3商品混凝土的运输

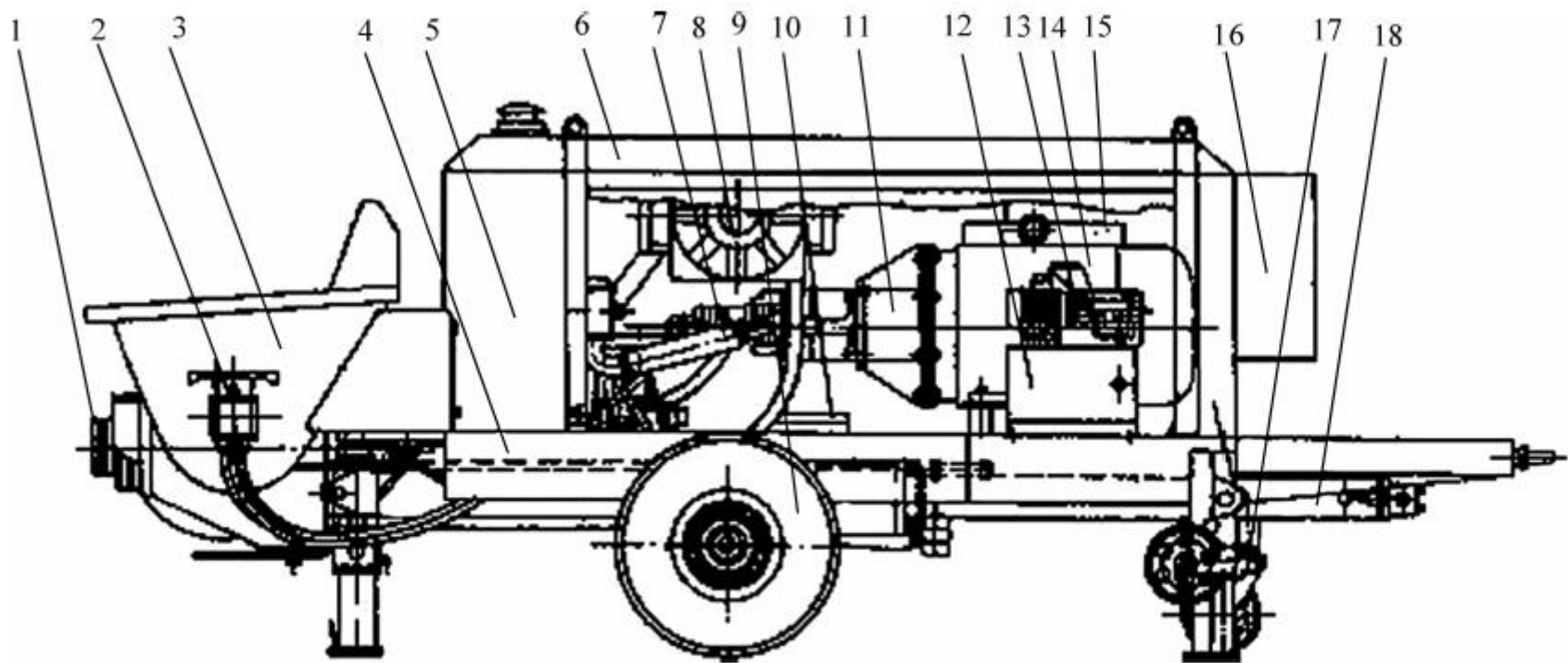


图 9.9 HBT60 混凝土输送泵

1—分配机构；2—搅拌机构；3—料斗；4—机架；5—液压油箱；6—机罩；7—液压系统；8—冷却系统；9—拖运桥；10—润滑系统；
11—动力系统；12—工具箱；13—清洗系统；14—电机；15—电气系统；16—软启动箱；17—支地轮；18—泵送系统

9.2.3商品混凝土的运输



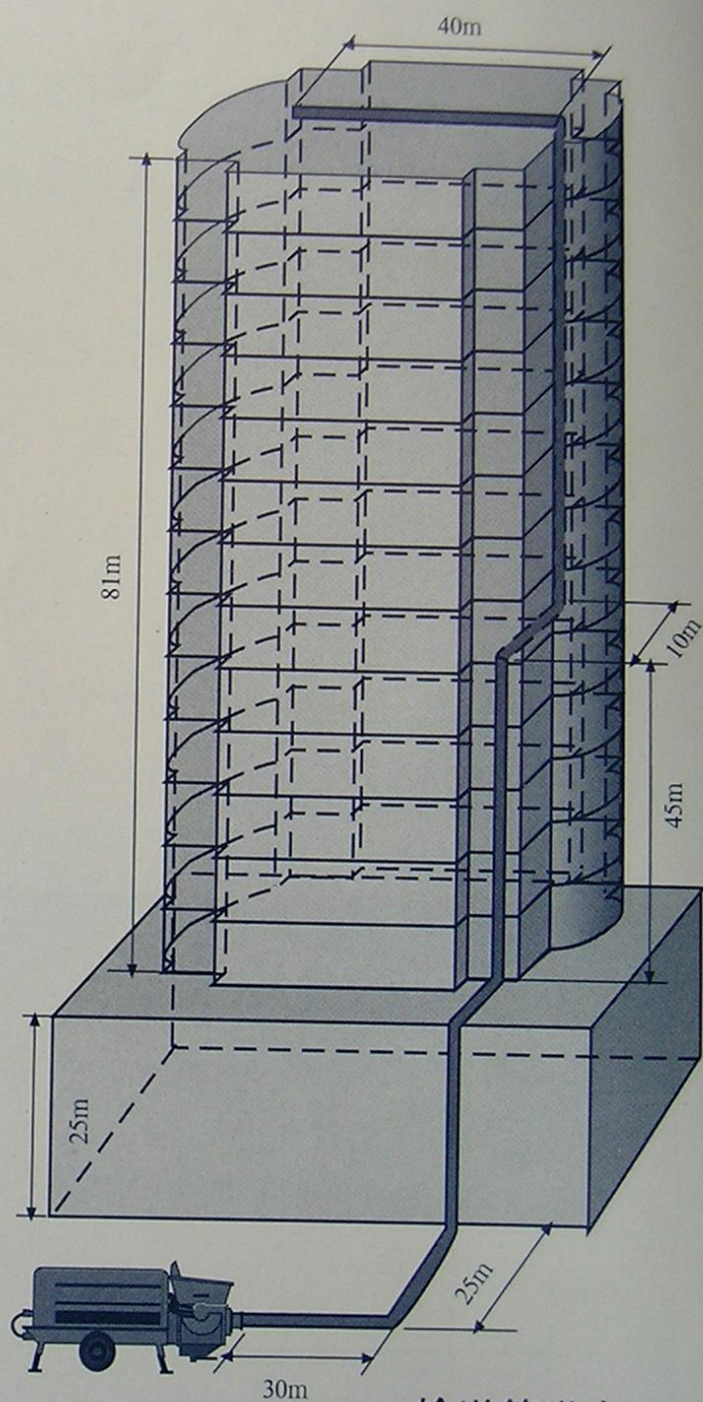
(2) 混凝土泵车

将液压活塞式混凝土泵固定安装在汽车底盘上，使用时开至需要施工的地点，进行混凝土泵送作业，称为混凝土泵车。一般情况下，此种泵车都带装有全回转三段折叠臂架式的布料杆。整个泵车主要由混凝土推送机构、分配闸阀机构、料斗搅拌装置、悬臂布料装置、操作系统、清洗系统、传动系统、汽车底盘系统等部分组成。这种泵使用方便、适用范围广，它既可以利用在工地配置装接的管道输送到较远、较高的浇筑部位，也可以发挥随车附带的布料杆的作用，把混凝土直接输送到需要浇筑的地点。如图9.10为带布料杆的混凝土泵车及浇筑范围示意图。

9.2.3商品混凝土的运输



租透宝



输送管道布置图

其输送泵的泵送压力、输送高度及输送速度见表。

层 数	输送高度 (m)	泵送压力 (MPa)	输送速度 (m ³ /h)
26	94	15	20.5
27	97	15	20
28	900	16	20
29	103	16	20
30	206	16.5	19



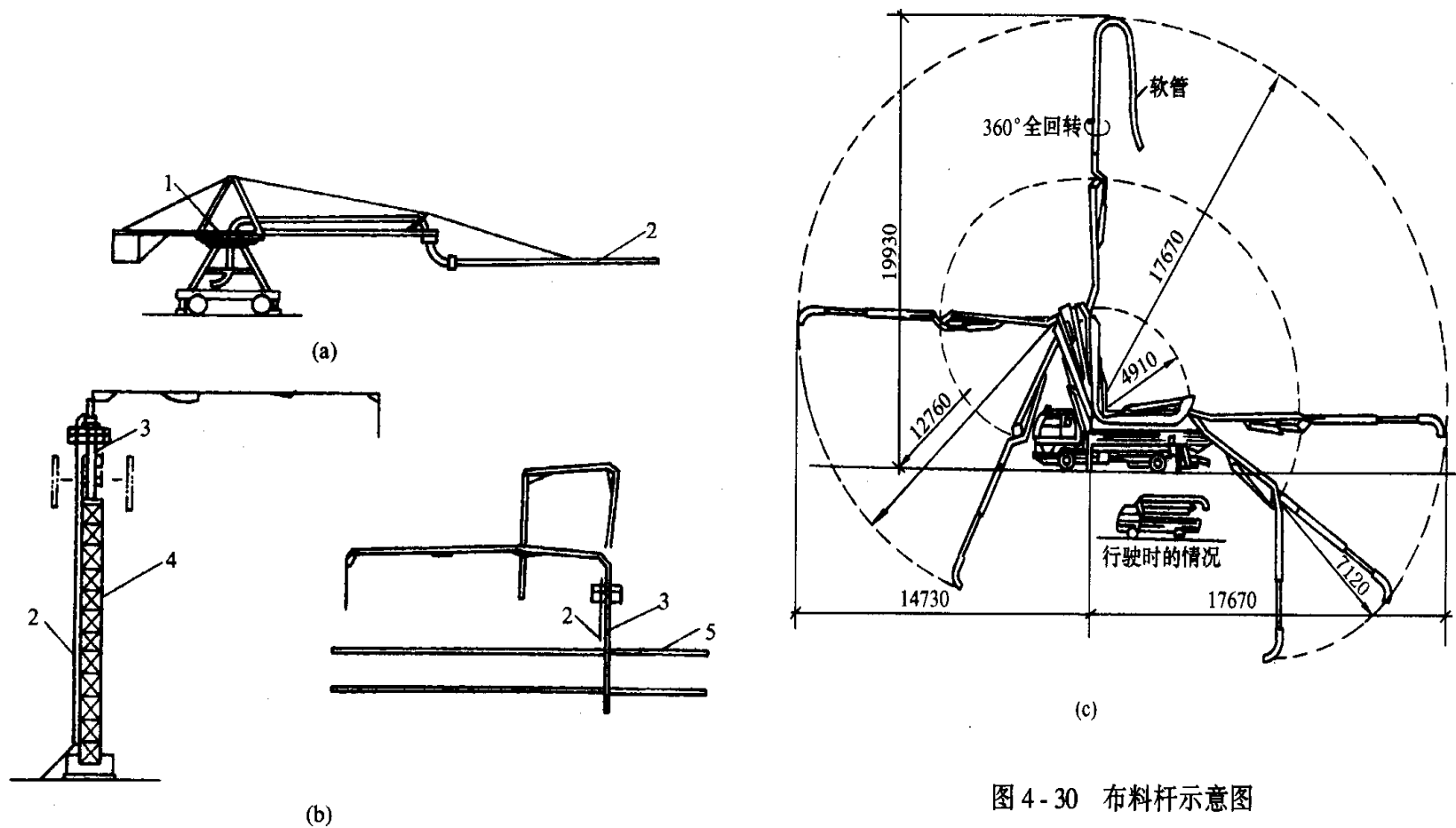


图 4-30 布料杆示意图

(a) 移动式; (b) 固定式; (c) 汽车式

1—转盘; 2—输送管; 3—支柱; 4—塔架; 5—楼面



新型起重和
布料两用的
塔式起重机

起重布料两用塔机









9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



1. 混凝土浇筑的一般要求

(1) 施工准备

施工准备工作根据工程对象、结构特点，结合具体条件研究制定混凝土浇筑施工方案；对搅拌机、运输车、料斗、串筒、振动器等机具设备按需要准备充足，并考虑发生故障时的修理时间，所用机具均应在浇筑前进行检查和试运转；保证水电及原材料的供应；掌握天气、季节变化情况，准备好在浇筑过程中所必需的抽水设备和防雨、防暑、防寒等物资；检查模板、支撑、钢筋和预埋件等是否符合设计要求；检查安全设施、劳动配备是否妥当，能否满足浇筑速度的要求等。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



(2) 浇筑层厚度

为了使混凝土振捣密实，必须分层浇筑，每层浇筑厚度与捣实方法、结构的配筋情况有关。浇筑厚度与振捣方法符合表9.5的规定。

(3) 浇筑间歇时间

浇筑混凝土应连续进行，如必须间歇，其间歇时间应尽可能缩短，并应在前一层混凝土凝结之前，将次层混凝土浇筑完毕。间歇的最长时间应按所用水泥品种及混凝土凝结条件确定，并不得超过表9.6的规定，超过规定时间必须设置施工缝。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



表 9.5 混凝土浇筑层的厚度

项次	捣实混凝土的方法		浇筑层的厚度/mm
1	插入式振捣		振动棒作用部分长度的 1.25 倍
2	表面振动		200
3	人工 捣固	在基础、无筋混凝土或配筋稀疏的结构中	250
		在梁、板墙、柱结构中	200
		在配筋密列的结构中	150

表 9.6 浇筑混凝土的间歇时间

混凝土强度等级	气温/℃	
	< 25	> 25
< C30	210 min	180 min
>C30	180 min	150 min

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



(4) 浇筑混凝土的坍落度

混凝土浇筑前不应发生初凝和离析现象，如已发生，可进行重新搅拌，使混凝土恢复流动性和黏聚性后再进行浇筑。混凝土运至施工现场后，其坍落度应满足表9.7的要求。

表 9.7 混凝土浇筑时的坍落度

结构种类	坍落度/mm
基础或地面等的垫层、无配筋的大体积结构(挡土墙、基础等)或配筋稀疏的结构	10~30
板、梁和大型及中型截面的柱子等	30~50
配筋密列的结构(薄壁、斗仓、筒仓、细柱等)	50~70
配筋特密的结构	70~90

注:1. 本表系采用机械振捣的坍落度,采用人工捣实时可适当增大。

2. 需要配置大坍落度混凝土时,应掺用外加剂。

3. 曲面或斜面结构混凝土,其坍落度值应根据实际需要另行选定。

4. 轻骨料混凝土的坍落度,宜比表中数值减少 10~20 mm。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



(5) 浇筑时应注意的要点

①浇筑混凝土时，应注意防止混凝土的分层离析。混凝土由料斗、漏斗内卸出进行浇筑时，其自由倾落高度一般不宜超过2 m，在竖向结构中浇筑混凝土的高度不得超过3 m，否则应采用串筒、溜槽、振动溜管等下料（图9.11）。

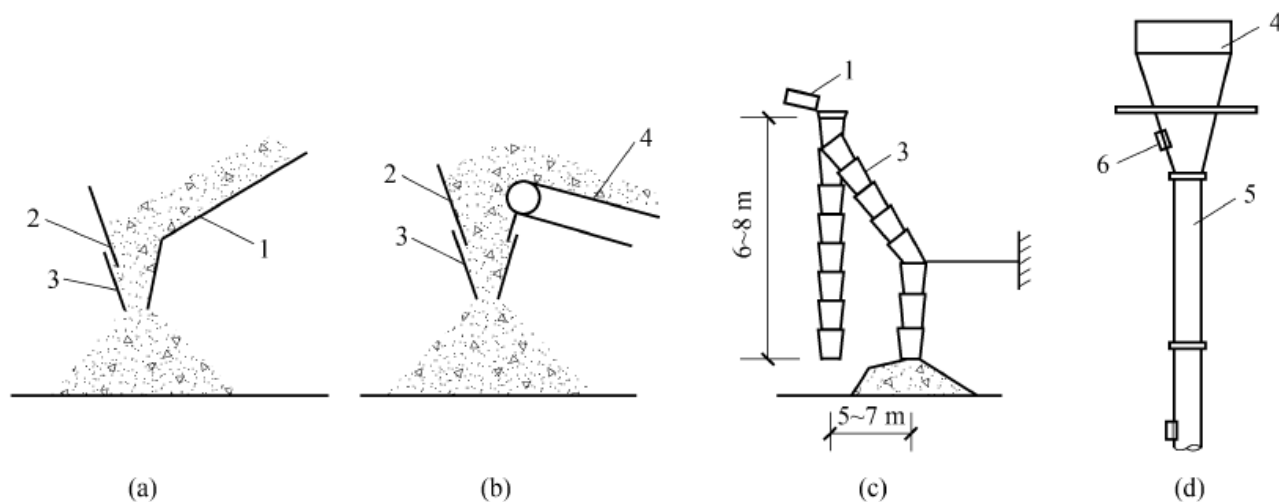


图 9.11 溜槽与串筒

1—溜槽；2—挡板；3—串筒；4—漏斗；5—节管；6—振动器

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



②浇筑竖向结构混凝土前，底部应先填以50～100 mm厚与混凝土成分相同的水泥砂浆。混凝土的水灰比和坍落度，应随浇筑高度的上升，予以递减。

③浇筑混凝土时，应经常观察模板、支架、钢筋、预埋件和预留孔洞的情况，当发现有变形、移位时，应立即停止浇筑，并应在已浇筑的混凝土凝结前修整完好。

④在浇筑与柱和墙连成整体的梁和板时，应在柱和墙浇筑完毕后停歇1～1.5 h，使混凝土获得初步沉实后，再继续浇筑，以防止接缝处出现裂缝。

⑤梁和板应同时浇筑混凝土。较大尺寸的梁（梁的高度大于1 m）、拱和类似的结构，可单独浇筑。但施工缝的设置应符合有关规定。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



2. 施工缝的留设与处理

(1) 施工缝的留设位置

施工缝设置的原则，一般宜留在结构受力(剪力)较小且便于施工的部位。柱子的施工缝宜留在基础与柱子交接处的水平面或梁的下面，或吊车梁牛腿的下面、吊车梁的上面、无梁楼盖柱帽的下面；高度大于1 m的钢筋混凝土梁的水平施工缝，应留在楼板底面下20~30 mm处，当板下有梁托时，留在梁托下部；单向平板的施工缝，可留在平行于短边的任何位置处；对于有主次梁的楼板结构，宜顺着次梁方向浇筑，施工缝应留在次梁跨度的中间1/3范围内。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



(2) 施工缝的处理

施工缝处继续浇筑混凝土时，应待混凝土的抗压强度不小于1.2 MPa方可进行。施工缝浇筑混凝土之前，应除去施工缝表面的水泥薄膜、松动石子和软弱的混凝土层，并加以充分湿润和冲洗干净，不得有积水；浇筑时，施工缝处宜先铺水泥浆(水泥：水=1：0.4)或与混凝土成分相同的水泥砂浆一层，厚度为30～50 mm，以保证接缝的质量；浇筑过程中，施工缝应细致捣实，使其紧密结合。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



3 . 整体结构浇筑

(1) 基础浇筑

详见项目3。

(2) 框架结构浇筑

①多层框架按分层分段施工，水平方向以结构平面的伸缩缝(contraction joint)分段，垂直方向按结构层次分层。在每层中先浇筑柱，再浇筑梁、板。

浇筑一排柱的顺序应从两端同时开始，向中间推进，以免因浇筑混凝土后由于模板吸水膨胀，断面增大而产生横向推力，最后使柱发生弯曲变形。柱子浇筑宜在梁模板安装后，钢筋未绑扎前进行，以便利用梁板模板稳定柱和作为浇筑柱混凝土操作平台用。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



②混凝土浇筑工程中，要保证混凝土保护层厚度及钢筋位置的正确性。不得踩踏钢筋、移动预埋件和预留孔洞的原来位置，如发现偏差和位移，应及时校正。特别要重视竖向结构的保护层和板、雨篷结构负弯矩部分钢筋的位置。

③在竖向结构中浇筑混凝土时，应遵守下列规定：柱子应分段浇筑，边长大于40 cm且无交叉箍筋时，每段的高度不应大于3.5 m；墙与隔墙应分段浇筑，每段的高度不应大于3 m；采用竖向串筒导送混凝土时，竖向结构的浇筑高度可不加限制。凡柱断面在40 cm×40 cm以内，并有交叉箍筋时，应在柱模侧面开不小于30 cm高的浇筑孔，装上斜溜槽分段浇筑，每段高度不得超过2 m；分层施工开始浇筑上一层柱时，底部应先填以5~10 cm厚水泥砂浆一层，其成分与浇筑混凝土内砂浆成分相同，以免底部产生蜂窝现象。在浇筑剪刀墙、薄墙、独立柱等狭深结构时，为避免

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



混凝土浇筑至一定高度后，由于积聚大量浆水而可能造成混凝土强度不匀的现象，宜在浇筑到适当的高度时，适量减少混凝土的配合比、用水量。

④肋形楼板的梁板应同时浇筑，浇筑方法应先将梁根据高度分层浇捣成阶梯形，当达到板底位置时即与板的混凝土一起浇捣，随着阶梯形的不断延长，则可连续向前推进（图9.12）。倾倒混凝土的方向与浇筑方向相反（图9.13）。

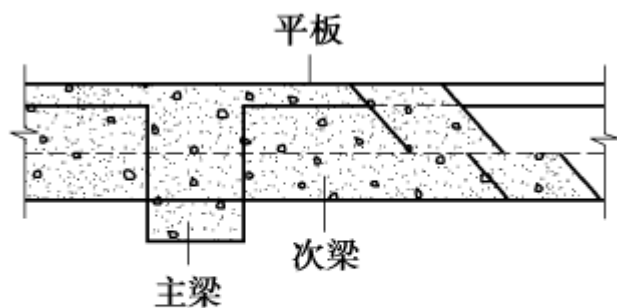


图 9.12 梁板同时浇筑方法示意

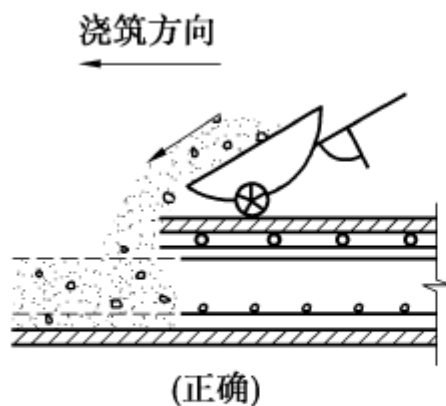
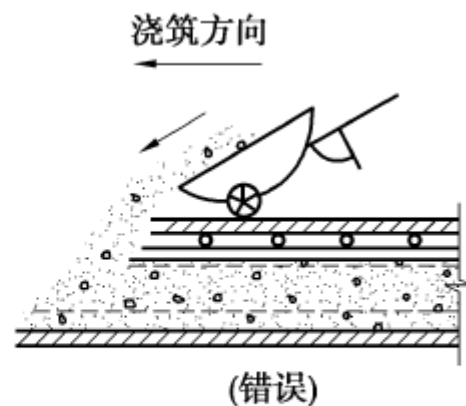


图 9.13 混凝土倾倒方向



9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



⑤浇筑无梁楼盖时，在离柱帽下5 cm处暂停，然后分层浇筑柱帽，下料必须倒在柱帽中心，待混凝土接近楼板底面时即可连同楼板一起浇筑。

⑥当浇筑柱梁及主次梁交叉处的混凝土时，一般钢筋较密集，特别是在上部负钢筋又粗又多，因此，既要防止混凝土下料困难，又要注意砂浆挡住石子下不去。必要时这一部分可改用细石混凝土进行浇筑，与此同时，振捣棒头可改用片式并辅以人工捣固配合。

⑦梁板施工缝可采用企口式接缝或垂直缝的做法，不宜留坡槎。在预定留施工缝的地方，在板上按板厚度放一木条，在梁上闸以木板，其中间要留切口以通过钢筋。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



(3) 剪力墙浇筑

剪力墙浇筑除按一般原则进行外，还应注意：门窗洞口部分应两侧同时下料，高度不能太大，以防止门窗洞模板移动。先浇捣窗台下部，后浇捣窗间墙，以防止窗台下部出现蜂窝孔洞；开始浇筑时，应先浇筑10 cm厚与混凝土砂浆成分相同的水泥砂浆。每次铺设厚度以50 cm为宜；混凝土浇捣过程中，不可随意挪动钢筋，要经常检查钢筋保护层厚度及所有预埋件的牢固程度和位置的准确性。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



混凝土硬化过程中，由于水泥浆的化学减缩、混凝土的失水收缩、碳化收缩及热胀冷缩等因素影响，都会导致混凝土的体积收缩。通常剪力墙结构的面积大、长度长、体积收缩更为显著。而剪力墙结构又受转角，上、下楼板结构或基础底板的约束，阻碍其自由收缩。因而，就会形成剪力墙结构中的收缩应力。一旦收缩应力大于混凝土的实际抗拉强度，必然造成混凝土结构的开裂。剪力墙结构收缩裂缝均为竖向垂直裂缝。施工过程中养护不足，泵送混凝土和高强度等级混凝土所增加的水泥用量，都会加剧混凝土的收缩和收缩裂缝的产生。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



减少或防止剪力墙结构的收缩裂缝，可采取以下技术措施：优化混凝土配合比设计，减少水泥用量，适当掺入磨细粉煤灰或降低混凝土强度等级；降低混凝土浆量体积，增加粗集料用量；采用减水剂，降低混凝土的单位用水量；强化浇水养护或喷养护剂，保证混凝土早期不失水；适当增加剪力墙结构的横向配筋；在剪力墙结构水平方向设暗梁等。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



(4) 水下浇筑混凝土

深基础、沉井与沉箱的封底等，常需要进行水下混凝土浇筑，地下连续墙及钻孔灌注桩则是在泥浆中浇筑混凝土。水下或泥浆中浇筑混凝土，目前多用导管法（图9.14）。

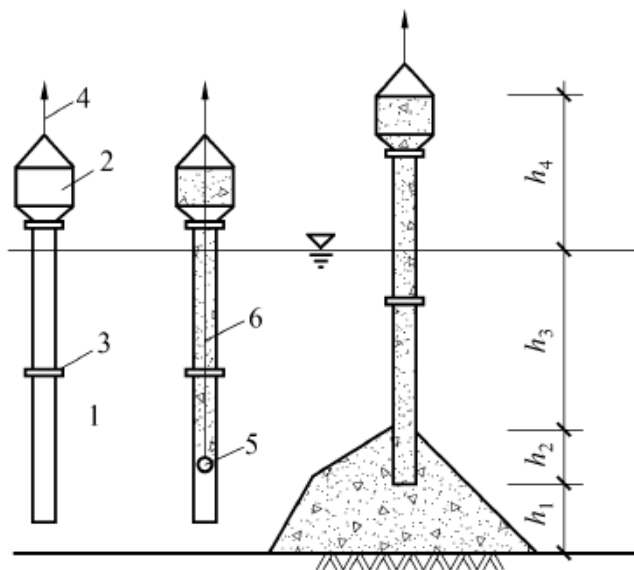


图 9.14 导管法水下浇筑混凝土

1—钢导管；2—漏斗；3—接头；4—吊索；5—隔水塞；6—铁丝

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



4 . 混凝土的密实成型

混凝土密实成型的途径有以下三种：一是利用机械外力（如机械振动）来克服拌和物的黏聚力和内摩擦力而使之液化、沉实；二是在拌和物中适当增加用水量以提高其流动性，使之便于成型，然后用离心泵法、真空作业法等将多余水分和空气排出；三是在拌和物中掺入高效能减水剂，使其坍落度大大增加，可自流成型。下面介绍前两种方法。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护

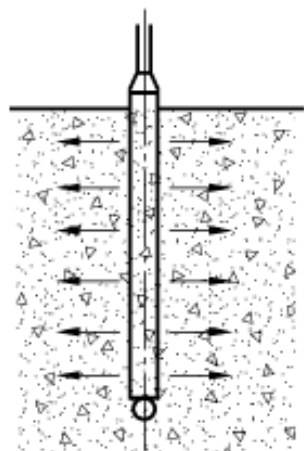


(1) 机械振捣密实成型

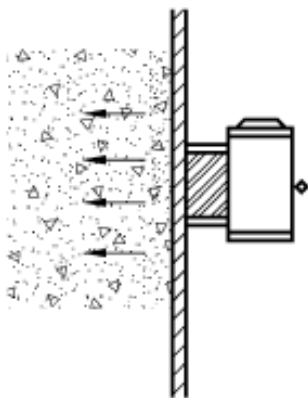
混凝土振动密实的原理，是利用产生振动的机械将一定的频率、振幅和激振力的振动能量通过某种方式传递给混凝土拌和物时，受振混凝土中所有的骨料颗粒都受到强迫振动，它们之间原来赖以保持平衡，并使混凝土拌和物保持一定塑性状态的黏聚力和内摩擦力随之大大降低，受振混凝土拌和物呈现所谓的“重质液体状态”，因而混凝土拌和物的骨料犹如悬浮在液体中，在其自重作用下向新的稳定位置沉落，排除存在于混凝土拌和物中的气体，消除空隙，使骨料和水泥浆在模板中得到致密地排列和迅速有效地填充。

混凝土振动机械按其工作方式分为：内部振动器、表面振动器、外部振动器和振动台，如图9.15所示。

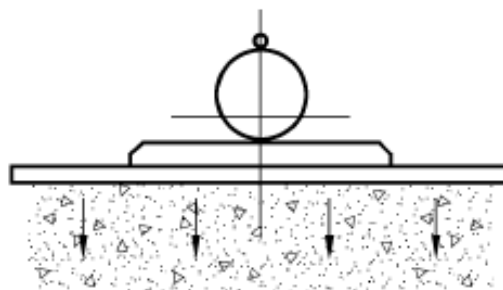
9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



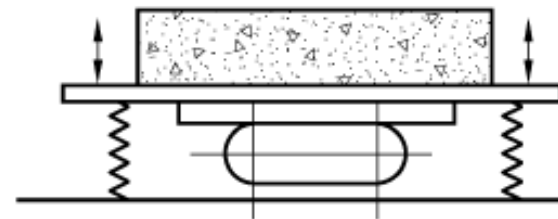
(a) 内部振动器



(b) 外部振动器



(c) 表面振动器



(d) 振动台

图 9.15 振动机械示意

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



①内部振动器。

内部振动器又称插入式振动器，其构造如图9.16所示。常用于振实梁、柱、墙等构件和大体积混凝土。当振动大体积混凝土时，还可将几个振动器组成振动束进行强力振捣。

使用插入式振动器操作要点是：直上和直下，快插与慢拔；插点要均布，切勿漏点插；上下要抽动，层层要扣搭；时间掌握好，密实质量佳；操作要细心，软管莫弯卷；不得碰模板，不得碰钢筋；用200 h后，要加润滑油；振动0.5 h，停歇5 min。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护

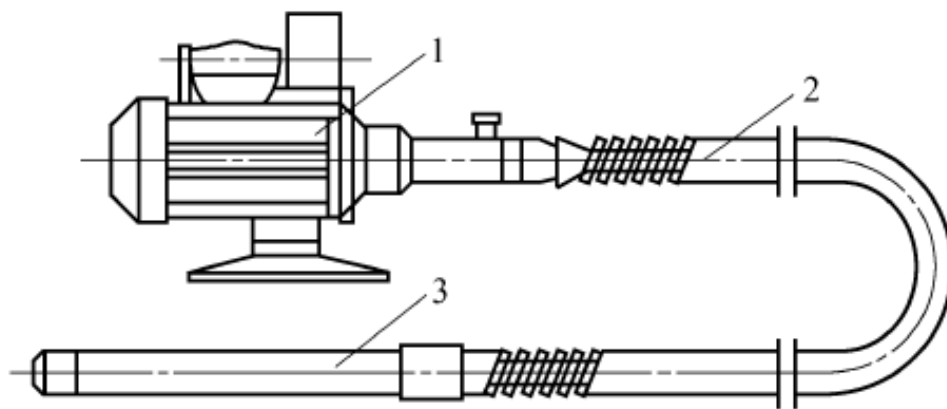


图 9.16 插入式振动器

1—电动机；2—软轴；3—振动棒

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



根据经验，比较适合의振幅范围在1~3 mm之间，在此范围内适当采用较大的振幅对提高生产效率有利。由于振幅是沿着棒长按三角形或梯形分布，尖端最大，故在操作时，为了防止表面混凝土振实后与下面混凝土发生分层离析，振动棒插入时要“快插”；为了使混凝土能填满洞孔，抽出时要“慢拔”；为了保证每一层混凝土上下振捣均匀，应将振动棒上下来回抽动50~100 mm。此外，还应将振动棒深入下层混凝土中50 mm左右，以保证上下层混凝土结合密实，如图9.17所示。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护

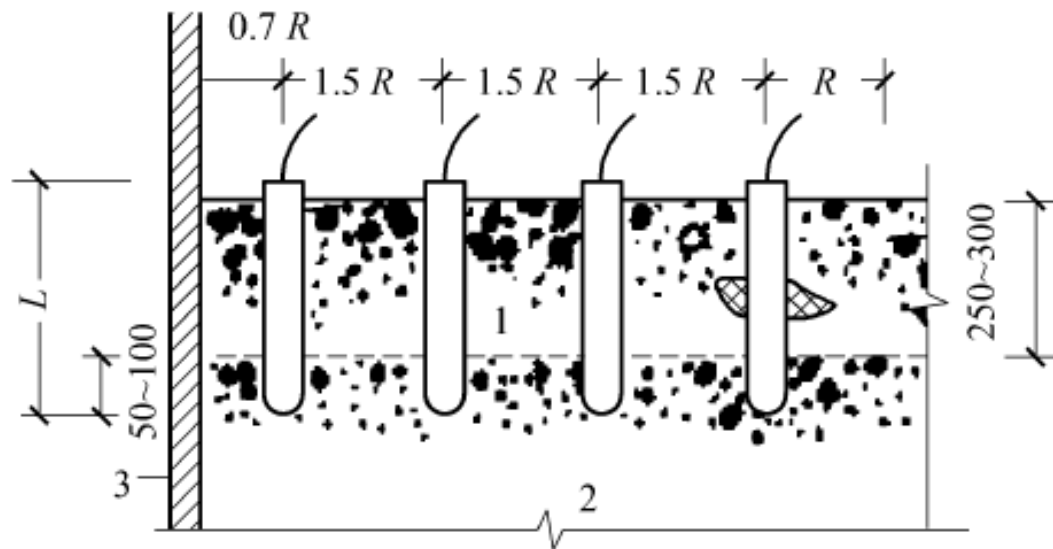
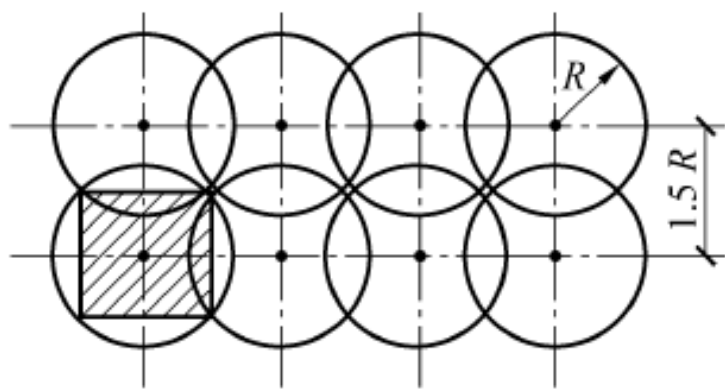


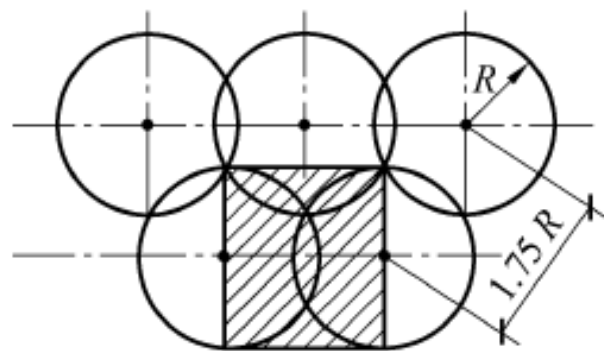
图 9.17 插入式振动器的插入深度

1—新浇筑的混凝土；2—下层已振捣但尚未初凝的混凝土；3—模板； R —有效作用半径； L —振动棒长度

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



(a)



(b)

振动棒插点间距要均匀排列，以免漏振。一般间距不要超过振动棒有效作用半径的1.5倍；插点可按行列式或交错式布置（图9.18），其中交错式的重叠搭接较好，比较合理。

图 9.18 振捣点的布置

R —振动棒有效作用半径

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



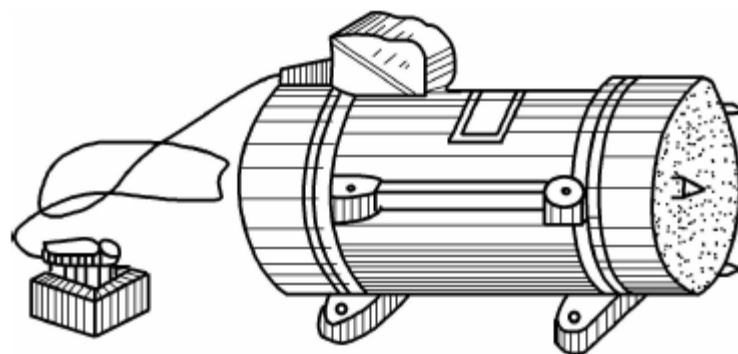
②表面振动器。

表面振动器又称平板振动器，是将附着式振动器（图9.19）固定在一块底板上。它适用于振实楼板、地面、板形构件和薄壳等构件。在无筋或单层钢筋的结构中，每次振实厚度不大于250 mm；在双层钢筋的结构中，每次振实的厚度不大于120 mm。在每一位置上应连续振动一定时间，正常情况下为25～40 s，以混凝土面均匀出现浆液为准。移动时应成排一次振捣前进，前后位置和排与排之间相互搭接100 mm，避免漏振。最好进行两遍，第一遍和第二遍的方向要相互垂直，第一遍主要使混凝土密实，第二遍则使其表面平整。

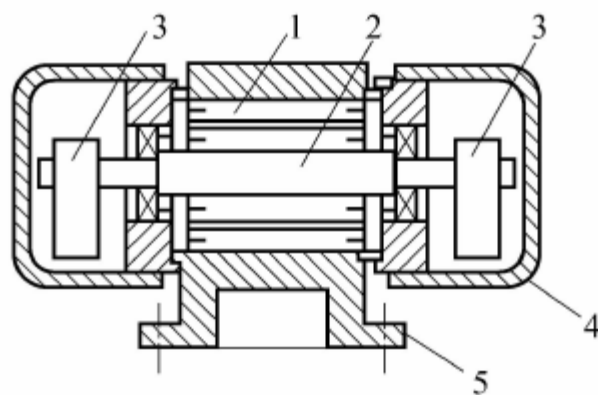
9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



(a) 外形



(b) 剖面

图 9.19 附着式振动器

1—电动机；2—轴；3—偏心块；4—护照；5—机座

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



③外部振动器。

外部振动器又称附着式振动器，这种振动器是固定在模板外侧的横档或竖档上，偏心块旋转式所产生的振动力通过模板传给混凝土，使之振实。其振动深度，最大约为300 mm，仅用于钢筋密集、断面尺寸小于250 mm的构件。当断面尺寸较大时，则须在两侧同时安设振动器振实。附着式振捣器的振动时间和有效作用半径随结构形状、模板坚固程度、混凝土的坍落度及振动器功率的大小等而定。一般要求混凝土的水灰比应比内部振捣时大一些。模板结构应坚固严密，但模板越坚固，越不容易传播振动作用，越需要大功率的振动器。因此，最好采用轻巧模板，应用频率相同、小功率的成组振捣器同时进行捣实，则效果较好。在一般情况下，可以每隔1 ~ 1.5 m距离设置一个振动器。振动时，当混凝土成水平表面，且不出现气泡时，即可停止振捣。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



(2) 真空作业法成型

真空作业法，是借助于真空负压，将水从刚成型的混凝土拌和物中排出，同时使混凝土密实的一种成型方法。避免了振动成型噪声大、能耗多、机械磨损严重的特点，是一种有发展前途的施工工艺。此法适用于预制平板、楼板、道路、机场跑道、薄壳、隧道顶板、墙壁、水池、桥墩等混凝土成型。

真空作业法的方式分为表面真空作业和内部真空作业两种。

真空作业设备主要由下列三部分组成（图9.20）。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护

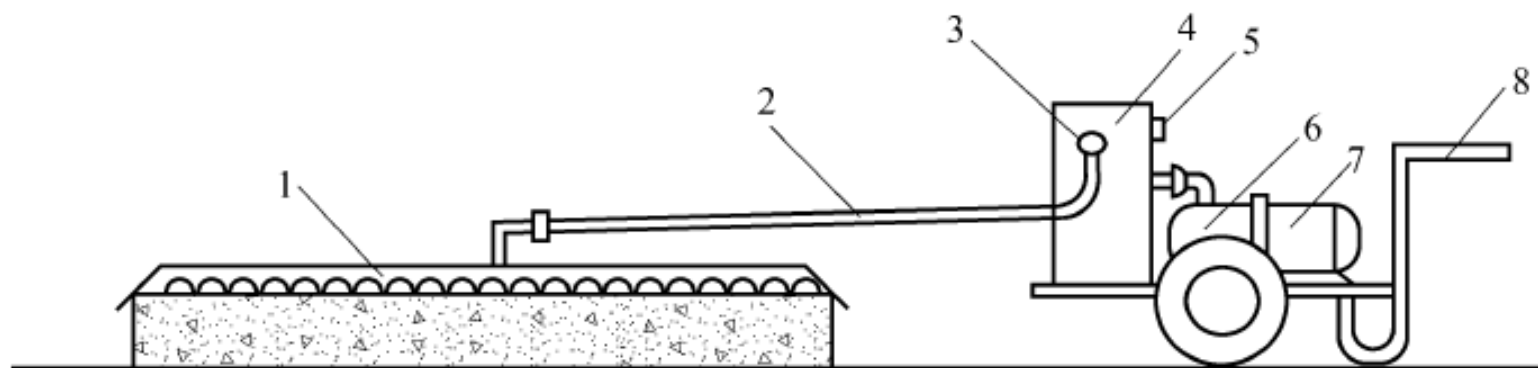


图 9.20 真空作业设备布置

1—真空吸水装置；2—软管；3—吸水进口；4—集水箱；5—真空表；6—真空泵；7—电动机；8—手推小车

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



①真空泵机组。

它由真空泵、集水箱、电动机等组成。真空泵是造成真空的主要设备，与集水箱连接。集水箱上装有真空表，可读出集水箱真空室中的真空度。从混凝土中抽吸出来的水盛于集水箱内，再由排水口排出。

②真空吸水装置。

它是直接与混凝土表面相接触的装置。其作用是在混凝土表面造成一个真空的空间（称为真空腔），使混凝土中的水分和空气在负压作用下进入这个空间，然后再被真空泵吸走。真空吸水装置有柔性和刚性两种。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



③软管。

它的作用是将真空泵机组与真空吸水装置相互连接起来，形成成套真空脱水机组设备。

真空作业时，由于混凝土中的部分多余水分和空气被抽吸排出，混凝土体积会相应缩小，因此振捣后提浆刮平的混凝土面要比所要求的混凝土表面略高2~4 mm；在作业时要注意检查真空吸水装置周边的密封情况；真空吸水后要进一步对混凝土表面研压抹光，保证表面的平整；为提高真空脱水效果，必须合理地选择混凝土的配合比。

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



5 . 混凝土养护

常用的混凝土的养护方法是自然养护法。

对混凝土进行自然养护，是指在平均气温高于 $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下使混凝土保持湿润状态。自然养护又可分为洒水养护和喷洒塑料薄膜养生液养护等。

洒水养护是用吸水保温能力较强的材料（如草帘、芦席、麻袋、锯末等）将混凝土覆盖，经常洒水使其保持湿润。

（1）开始养护时间

当最高气温低于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，混凝土浇筑完成后应在 12 h 内加以覆盖和浇水；最高气温高于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，应在 6 h 内开始养护。

（2）养护天数

浇水养护时间的长短视水泥品种而定，硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土，不得少于7昼夜；火山灰硅酸盐水泥和粉煤

9.2.4混凝土浇筑、振捣、养护



灰硅酸盐水泥拌制的混凝土或有抗渗要求的混凝土，不得少于14昼夜。

(3) 浇水次数

应使混凝土保持具有足够的湿润状态。养护初期，水泥的水化反应较快，需水也较多，所以要特别注意在浇筑以后头几天的养护工作，在气温高、湿度低时，也应增加洒水的次数。



广州琶洲会展中心混凝土屋面养护