



砼行商城

www.c-168.com

混凝土与施工工艺

主讲人：周伟红



目 录

第一讲 基本组份

粗骨料

细骨料

水泥

水

掺和料

外加剂

第二讲 基本概念

和易性

坍落度

泌水

可泵性

离析

磨刀三要素

吸料三要素

混凝土流动模式

泵送阻力因素

压力梯度

第三讲 泵送施工工艺

垂直向上泵送

垂直向下泵送

斜坡向下布管

远距离水平泵送



第一讲 基本组份

配合比	水胶比	砂率 %	F掺量 %	材料用量 (kg/m ³)						
				水泥	粉煤灰F	水	机制砂	碎石 (mm)		
								5~20	20~40	40~80
C30	0.36	35	26	348	92	160	619	332	332	480
C25	0.45	34	20	296	60	160	669	370	370	528

三级配



二级配 (高铁C50)

单位: kg/m^3

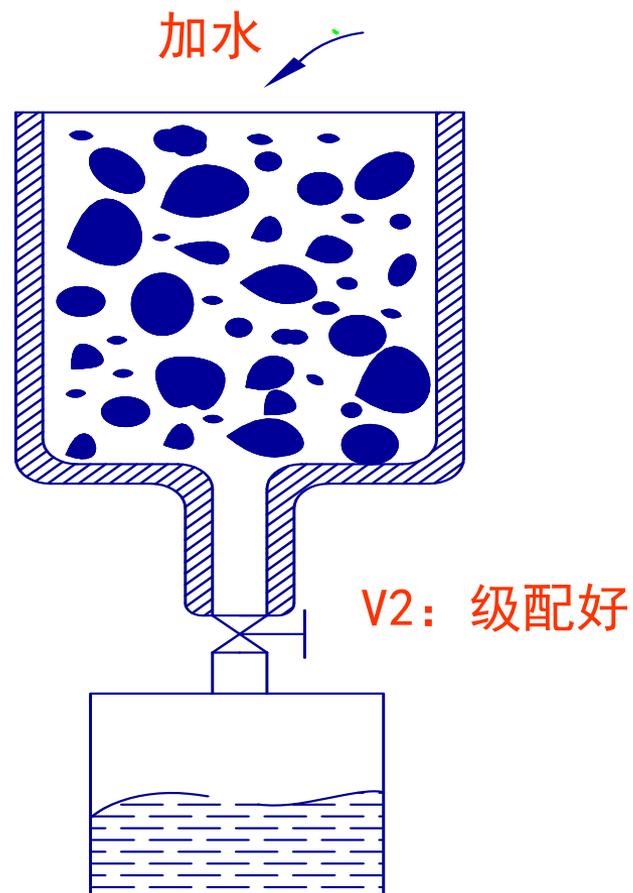
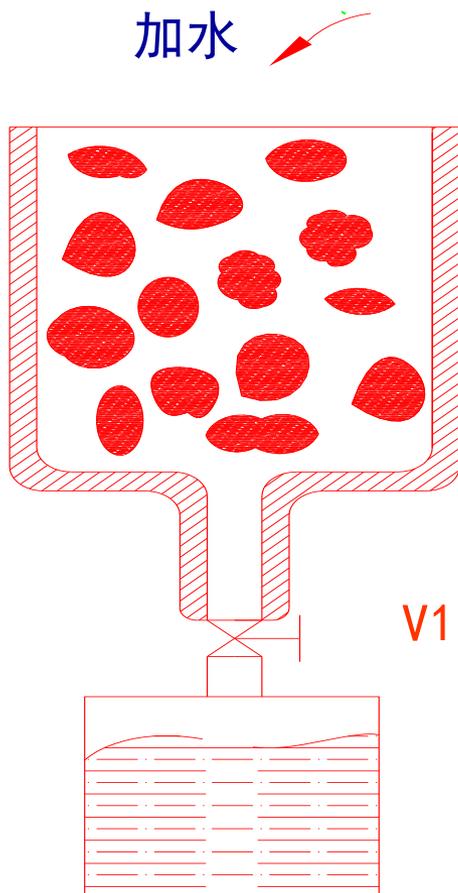
配合比	水泥	水	砂	石		掺合料		外加剂
				5-10	10-25	S95	F75	AN4000
	337	154	690	505	602	72	72	5.8

1、粗骨料

A、级配

粒 径(mm)	5~20	20~40	40~80	80~150
级 配	单级配			
	二级配			
	三级配			
	四级配			

B、空隙率



$$V1 > V2$$

用等量体积的砂浆去替换水，将石子包裹并浮托起来，从而实现顺利泵送

C、粗骨料品种和质量

泵送混凝土可采用卵石、碎石、卵石和碎石混合骨料。卵石骨料混凝土的可泵性最好。

混合骨料次之，碎石稍差，碎石中针片状骨料，孔隙率较大的碎石（如火山石、多孔骨料）其泵送性能较差，易出现堵管现象，应严格加以控制。

气孔石



矿渣



陶粒



①石子

泵送混凝土用石子应符合《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ53-92标准。

石子按地质成因分为

- 火成岩(大部分火成岩都是优良的石子原料)
- 沉积岩
- 变质岩

花岗岩



云南石



②气孔玄武岩（海南特产） \longrightarrow 高压贫浆，低压析水

取自料场



取自搅拌料斗



取自堵管处



当在大气压中时，由于有气阻水泥混合物不会进入孔中，但当在缸中泵送时由于压力大而吸收砂浆堵管

②陶粒



高压贪水，低压析水



当陶粒在大气压时，由于有很多的毛细孔，内有气阻而水不得进入，但在缸中高压下工作时，水被强行压入毛细孔中（水泥和砂直径大而不能进入），使砣失水而变得干硬  堵管。

③钢纤维

- ◆尺寸： $\varphi 0.25 \sim \varphi 0.15$
厚 $0.15 \sim 0.40$ × 宽 $0.25 \sim 0.9$ } 长 $20 \sim 60\text{mm}$
- ◆掺量：以体积率表示 → $0.5 \sim 2\%$ → 多则在搅拌过程中会相互形成“刺猬”
- ◆水泥用量增加 10%
 - 抗拉强度增加 $30\% \sim 50\%$
 - 抗弯强度增加 $50\% \sim 100\%$
- ◆强度
 - 抗压强度增加 $15\% \sim 25\%$
 - 韧性增加 $10 \sim 50$ 倍
 - 抗冲击强度 $2 \sim 9$ 倍



(2)、粗骨料最大粒径

粗骨料最大粒径受输送管道最小口径的限制，可允许少量高一级超径骨料滑入，但其比例不超过2%。

输送管骨料粒径对比：

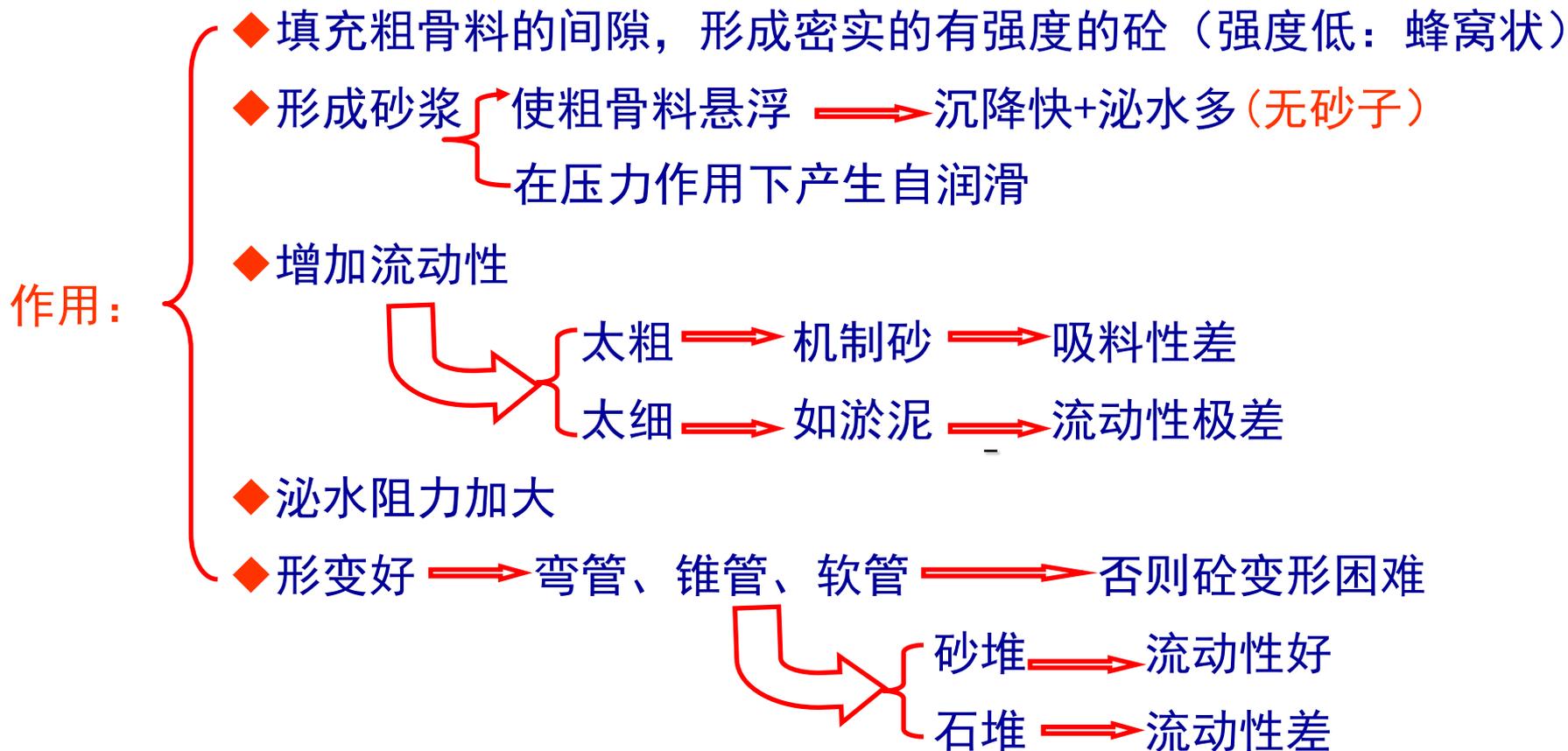
输送管最小直径 (mm)	粗骨料最大粒径 (mm)	
	卵石	碎石
100	30	25
125	40	30
150	50	40

(3)、粗骨料的颗粒级配

- 混凝土的可泵性对于粗骨料级配间断或不均的反应十分敏感，并不是粗骨料粒径越小越好，也不是小径骨料越多越好，重要的是合理的级配，粗骨料的级配应符合下表要求：

骨料粒径 (mm)		筛孔名义尺寸 (mm)								
		50	40	30	25	20	15	10	5	2.5
		通过筛子的重量百分率 (%)								
卵石	40以下	100	100~95	-	-	75~35	-	30~10	5~0	
	30以下		100	100~95	-	75~40			10~0	5~0
碎石	25以下	-	-	100	100~90	90~60	-	50~20	10~0	5~0
	20以下	-	-	-	100~90	100~90	(86~55)	55~20	10~0	5~0

2. 细骨料



①砂

砂应符合《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ52-92的规定。

◆ 种类：河砂、山砂、海砂、机制砂、铁砂



◆砂率

混凝土的组合应该是砂子填满石子空隙，水泥浆填满砂子的空隙，以达到最大的密实度

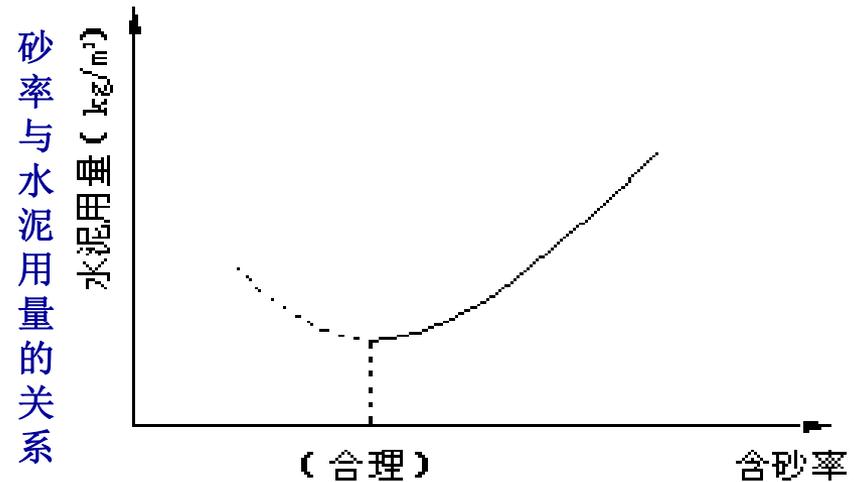
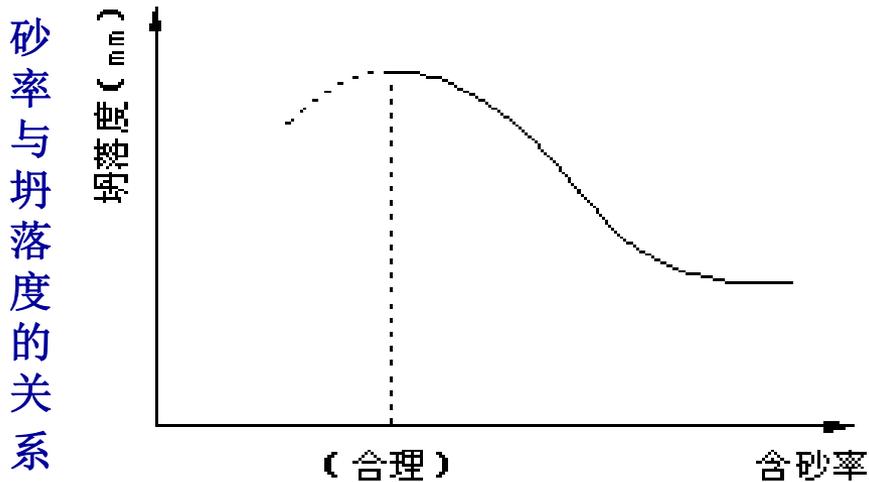
合理砂率：是指在用水量及水泥用量一定的情况下，能使砵拌合物获得最大的流动性，且能保持粘聚性及保水性良好时的砂率值。

砂率 (Sp)： (GB:38%~45%，以中砂为宜)

$$Sp = \frac{\text{砂}}{\text{石} + \text{砂}} \times 100\% \iff Sp = \frac{S}{G + S} \times 100\% \implies \text{是重量比}$$

砂率过大：骨料的总面积和空隙率都会增加，浆体用于包裹砂粒表面及填充空隙的会占很大部分，用于润滑的浆体会明显减少，使砣的流动性下降，（孔隙率及总表面积大，拌合物干稠,流动性小）。

砂率过小：水泥浆不足以包裹石子表面，且石子之间没有足够的砂浆层减弱了润滑作用，流动性也会下降，保水性和粘聚性也下降。造成混凝土离析，流浆，塑性收缩加大。



◆ 细度模数

① 分级筛余

$$a_i = \frac{W_i}{w} \times 100\%$$

② 累级筛余

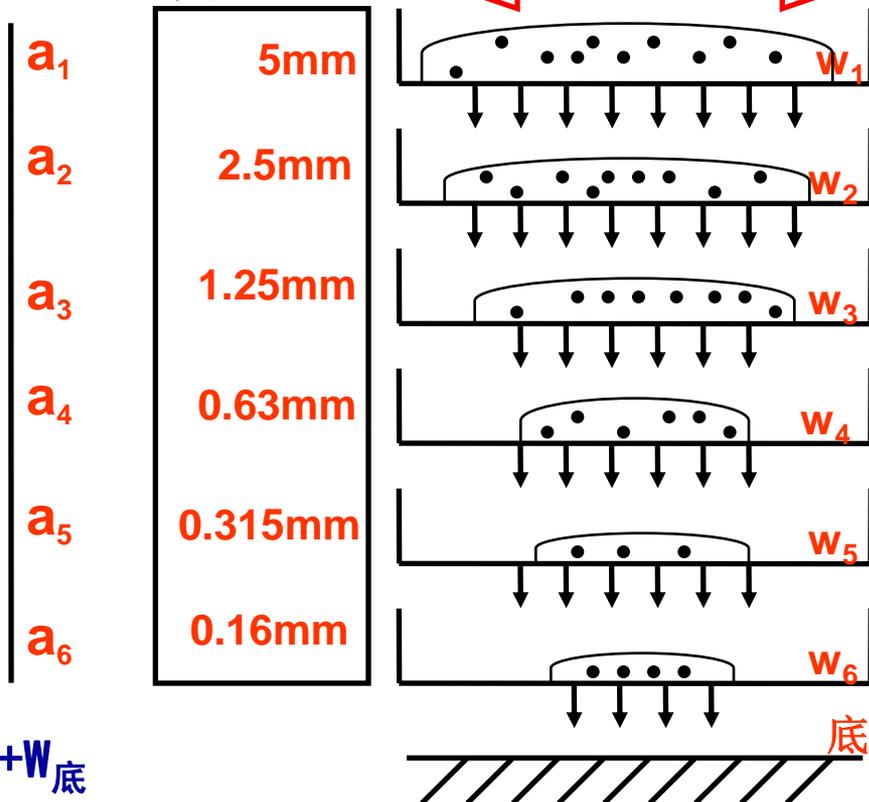
$$A_i = \frac{\sum W_i}{w} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{例: } A_3 &= \frac{W_1 + W_2 + W_3}{w} \times 100\% \\ &= a_1 + a_2 + a_3 \end{aligned}$$

其中: $W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_{\text{底}}$

W_i 为各层留在筛网上的重量

中国China



国际

A_1	4.75
A_2	2.36
A_3	1.18
A_4	0.60
A_5	0.30
A_6	0.15

小于0.315的细砂 = $W_6 + \text{底}$ > 15%

$$M_x = \frac{(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1}{100 - A_1}$$
$$= \frac{5a_2 + 4a_3 + 3a_4 + 2a_5 + a_6}{100 - a_1}$$

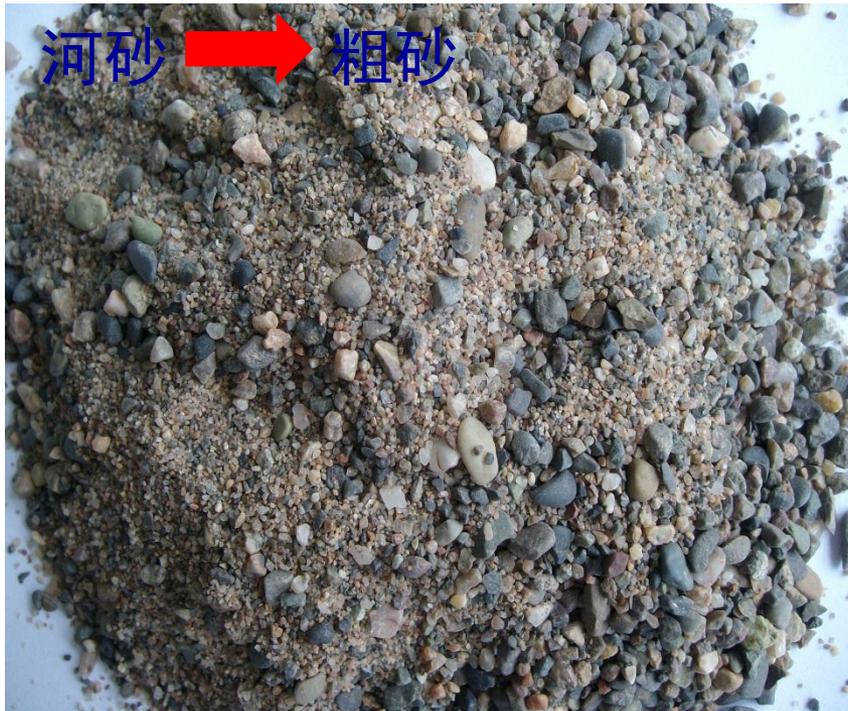
M_x为细度模数

(两次测试结果得算术平均值)



粗砂: $M_x = 3.7 \sim 3.1$

保水性差, 吸料困难 $S_p \geq 45\%$



中砂: $M_x = 3.0 \sim 2.3$

◆ $S_p = 38\% \sim 45\%$

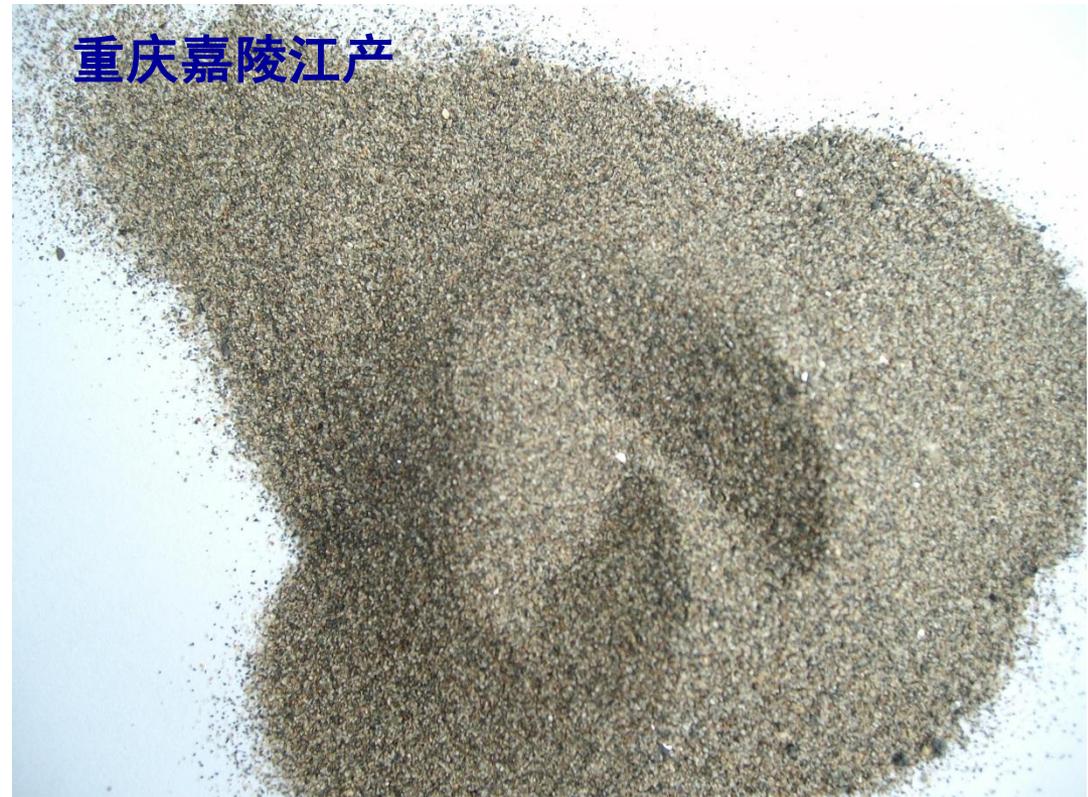
◆ 和易性好



细砂: $M_x = 2.2 \sim 1.6$

◆ $S_p < (35\% \sim 38\%)$

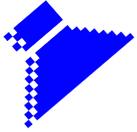
◆ 级配差, 易泌水



特细砂： $M_x = 1.5 \sim 0.7$

阿联酋产

- ◆ 吸水性大,低流动性;
- ◆ 一般必须与粗砂掺和调配使用 (特细砂 掺量 > 15%)



小经验

砂子含水率：放于掌上如手湿，含水 $>4\%$ ；

如砂子手抓成团，松开不散，含水 $(2\sim4)\%$ ；

手抓成团，立即散开，含水 $<2\%$

细骨料应有良好的级配，细骨料通过筛子的重量百分比见下表：

细骨料种类	筛孔名义尺寸 (mm)					
	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16
砂	100~90	100~80	90~50	60~25	30~10	10~2



注意：通过0.315mm筛孔的细骨料很重要，一般情况下要求通过0.315mm筛孔的细骨料应不小于15%。

②机制砂

机制砂特性：

◆泌水性：

A、病变区（由保水性差引发的病变区）

分配阀

闸板阀 → 密封性病变

S 阀 → 压力梯度病变



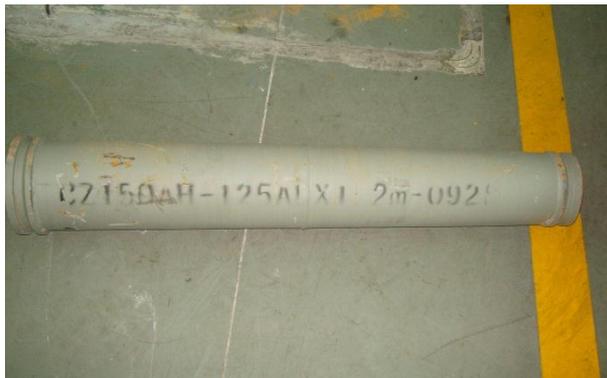
压力梯度病变区：

异形管

铰链弯管



锥管



小弯头



B、由砣料病变引发的异常

a、搅 拌：  S阀拖泵搅拌压力随着泵送时间的延长而上升，直至产生正反转都失效。（保水性差，浆被吸入砣缸，砣料变干）

b、摆 缸：  摆缸摆不到位



砣在S阀料斗内极易发生病变，原因是浆被抽吸掉砣料变干（在闸板料斗内病变少）。



◆沉降性（坍落度大于18cm时）

案例：云南香格里拉中铁十九局吉沙电站隧道泵送C20砣料时，等工待料时间超过15min以上时：由于粗砂中小于0.315的细砂极少，造成每 m^3 砣中微集料总量（水泥+掺和料+砂中小于0.315的细砂）远远小于 $450kg/m^3$ ，浆料少，砂浆的浮托作用严重减弱。石子不易被浮住而下沉砂浆上升，从而绝大多数粗骨料因沉降而堆积在料斗底部，S管停止后再次摆动阻力增大无法摆到位，泵送时造成输送缸内混凝土的砂浆从眼镜板切割环缝隙处挤回料斗而变干，进入S管后而堵管。

◆粘聚性：

砣粘聚性好时，由于内在粘结力大，离搅拌叶片20cm之外的砣料，也能被叶片带动；而机制砂拌制的砣料刚好相反，即使砣料离搅拌叶片很近（5cm）也不易被带动。

如：闸板料斗内的吸料口底部严重板结，吸料口变小，严重时小得无法吸料。

3、水泥

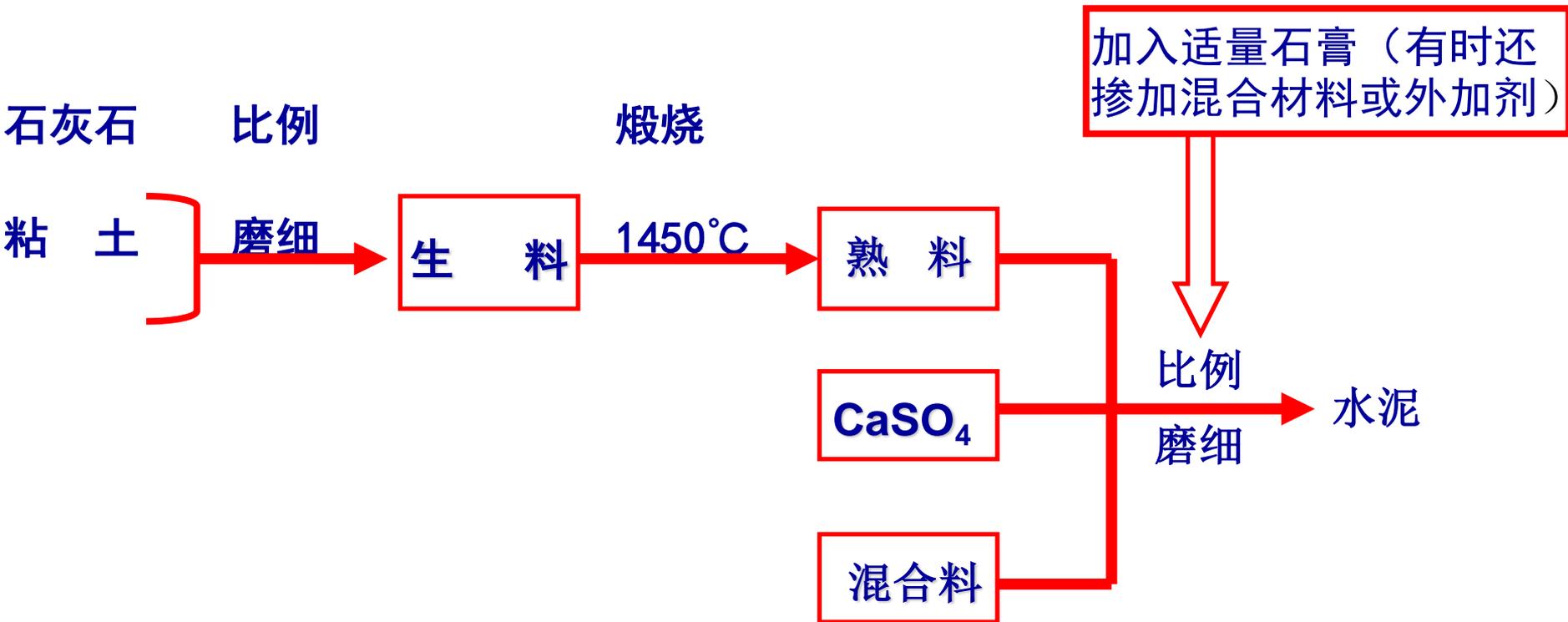
水泥是一种水硬性胶凝材料。应符合GB175-99和GB1344-99标准。

①种类：

- ◆ **硅酸盐水泥（代号：P I、P II）**：国外通称的波特兰水泥。由硅酸盐水泥熟料、0%~5%石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料。
- ◆ **普通硅酸盐水泥（代号：P. O）**：由硅酸盐水泥熟料、6%~15%混合材料，适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，（简称普通水泥）。
- ◆ **矿渣硅酸盐水泥（代号：P. S）**：由硅酸盐水泥熟料、粒化高炉矿渣和适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料（同硅酸盐水泥）。

- ◆火山灰质硅酸盐水泥(代号：P. P)：由硅酸盐水泥熟料、火山灰质混合材料和适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料。
- ◆粉煤灰硅酸盐水泥（代号：P. F）：由硅酸盐水泥熟料、粉煤灰和适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料。
- ◆复合硅酸盐水泥（代号P. C ）：由硅酸盐水泥熟料、两种或两种以上规定的混合材料和适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料（简称复合水泥）。

②过程：



⑤水泥主要技术指标

- (1) **比重与容重**：容重大约1300公斤/立方米
- (2) **细度**：指水泥颗粒的粗细程度。颗粒越细，硬化得越快，早期强度也越高。 45Um以下筛析法；0.08mm方孔筛测量筛余<10%
- (3) **凝结时间**：水泥加水搅拌到开始凝结所需的时间称初凝时间。从加水搅拌到凝结完成所需的时间称终凝时间。
 - ◆ 硅酸盐水泥初凝不小于45min（≥45分钟），终凝不大于390min；
 - ◆ 普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥初凝不小于45min（≥45分钟），终凝不大于600min（<10小时）。

(4) **强度**：水泥强度应符合国家标准。

(5) **体积安定性**：指水泥在硬化过程中体积变化的均匀性能。
水泥中含杂质较多，会产生不均匀变形。

(6) **水化热**：水泥与水作用会产生放热反应，在水泥硬化过程中，不断放出的热量称为水化热。

4、水

◆要求：干净（湖水、河水、自来水） 海水

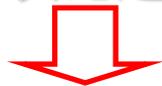
只能素混凝土（无钢筋）
不能（钢筋砵）

◆ 水灰比 = $\frac{W}{C}$

W → 水
C → 水泥

泵送混凝土水灰比宜为0.4~0.6

水灰比反比于强度（水灰比越大强度越小）



★ 每m³加10升水，强度下降7~8%；如果想保持原来的强度，再增加10~15%的水泥。

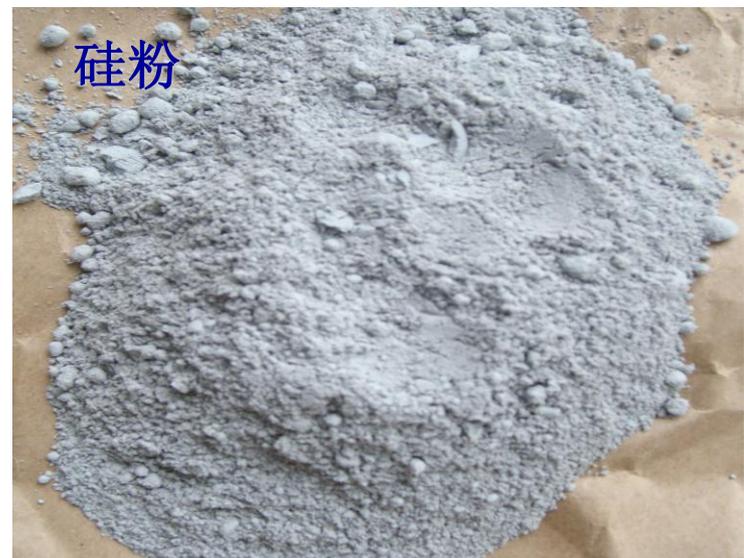
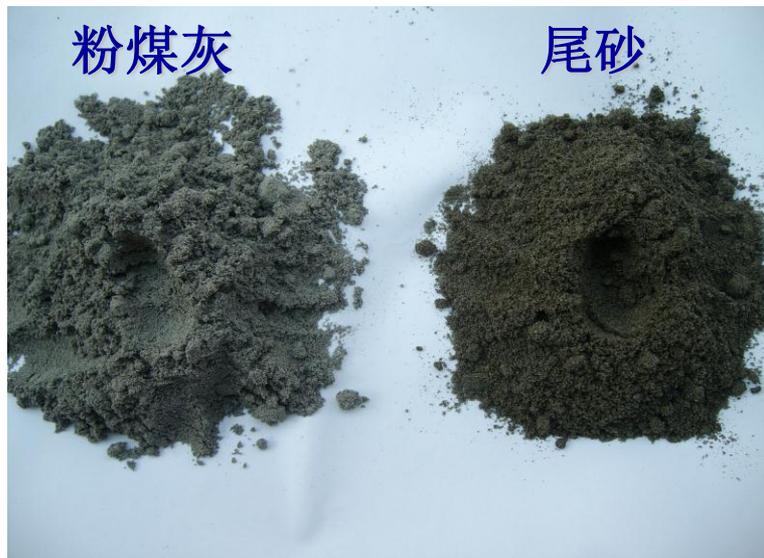
W/C过小时，水泥浆干稠，拌合物流动性过低，给施工造成困难。W/C过大，水泥浆稀使拌合物的粘聚性和、保水性变差，产生流浆及离析现象，并严重影响混凝土的强度。

5、掺合料

◆ 粉煤灰

◆ 硅粉

◆ 超细磨矿渣



①粉煤灰

- ◆颜色：浅色（乳白色）好，黑色差
- ◆是泵送混凝土常用的掺合料。
- ◆能使混凝土拌合物的流动性显著提高，
- ◆且能降低泌水和干缩，明显改善混凝土的可泵性。
- ◆对大体积混凝土结构，掺加一定的粉煤灰还可以降低水泥的水化热，有利于控制裂纹产生。□ □ □ □ □ □

A、和易性影响：由于等量的F比C体积大30%，增大了浆体骨料比，大量的浆体填充了骨料的孔隙，包裹并润滑了骨料颗粒，从而使具有更好的粘聚性和可塑性，并起“浮托”骨料的作用，使砵的流动性

加强。由于F是球状微珠，在浆体与骨料间的界面起滚珠轴承

B、泌水影响： F的掺入可以补偿细骨料中的微集料不足，中断砂浆基体中泌水渠道的连续性，特别对于矿渣水泥泌水有改善作用。

C、对抗压强度的影响：

- ①减少用水量 → 水灰比小 → 强度增加
- ②增加胶结料含量 → 增加强度
- ③通过长期“火山灰反应”提高强度

D、对水化热的影响：降低水化热（掺30%F时，降低15%）



②磨细矿粉

A、和易性影响：矿粉的表面特性在水泥浆体之间形成光滑的移动表面，流动性加强，浇筑振捣性好，但抗离析能力下降。

B、泌水影响： { 颗粒比水泥细时  泌水减少
颗粒比水泥粗时  泌水增加

C、坍落度损失： 掺入后损失减少

D、温升： 降低温升

F、渗透性： 掺比不掺好很多

G、抗侵蚀性： 加强

③硅粉

SiO_2 是无色的，平均粒径为0.1 μm ，约为水泥的1/100，如：在硅粉掺量为10%的水泥浆体中，每1个水泥颗粒约被50000个硅粉粒子包围。

A、用水量：水泥颗粒水化需要的水通过硅粉层，通过的阻力随硅粉粒子的增加而增加，这是需水量大的主要原因。

B、稳定性：硅粉的掺入改善了拌和物的均匀性，极大提升了内聚力，故有极佳的稳定性：试验证明，当硅粉取代水泥用量的15%时，坍落度为15~24cm时，未见砣料产生运动离析和泌水（即使超时振捣也一样）。

C、泵送阻力极大：（如香港李嘉诚投资的盐田港工程）

C45 水下桩

单位：kg/m³

配合比	水泥	水	砂	石		掺合料		外加剂
				5-10	10-20	硅粉	粉煤灰	
	365	160	732	101	910	10	125	8



HBT60C-1416拖泵低压水平泵送100米，油压达20Mpa以上

D、坍落度损失 \Rightarrow 掺比不掺的损失大，掺量越多损失越大

E、抗渗性： \Rightarrow 大大提高

F、抗侵蚀性： \Rightarrow 大大提高

G、提高强度： \Rightarrow 掺入7%硅粉可使C45的砼达到C100

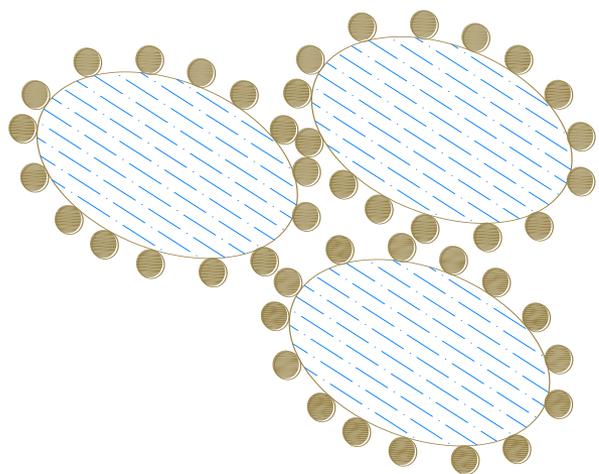
\Downarrow
火山灰反应： 与水泥水化中生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 结构疏松，胶凝力差，是材料破坏的薄弱环节，而加入硅粉后与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成C-S-H凝胶，使界面粘接更牢。

6、外加剂

- ◆外加剂包括加气剂、减水剂、超塑化剂、缓凝剂及泵送剂。
- ◆提高混凝土可泵性
- ◆改善和易性
- ◆提高强度
- ◆节约成本（节省水泥）

①减水剂

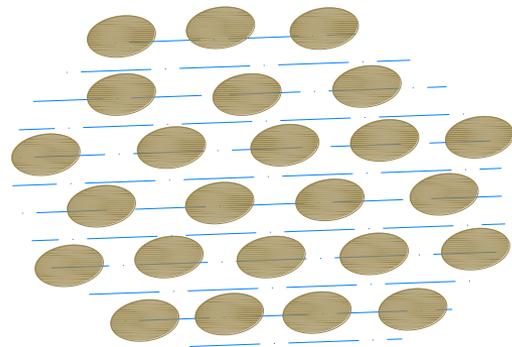
A、**原理：**减水剂是一种表面活性材料，加入后对水泥颗粒起扩散作用，把被水泥颗粒包围的游离水包破坏并使游离水释放出来。



絮状结构



减水剂
(司马光砸缸)



分散

B、作用：

- ◆早强和高强性能
- ◆延缓水泥硬化速度
- ◆延长砵凝结时间的作用
- ◆减少坍塌度损失，
- ◆改善砵的施工性能。

C、经济效果：掺入0.25%（水泥重量为分母）

- 1、提高强度：** 在保持坍落度不变的情况下 
 - 可减水用水量10~15%
 - 强度提高10~20%
- 2、提高坍落度：** 在保持用水量和水灰比不变的情况下，坍落度可增加10~20cm
- 3、节约水泥：** 在保持抗压强度和坍落度不变的情况下节约10%的水泥
- 4、延缓：** 延缓水泥的凝结，使水化热的释放速度，明显放慢，对大体积混凝土十分重要。

D、种类与掺量：

项目 种类	掺 量	减 水 率	适应标号
木质素系	0.25%	10~15%	低标号
萘 系	0.3~1%	>20%	
密 胺 系	0.5~2%	>27%	高标号

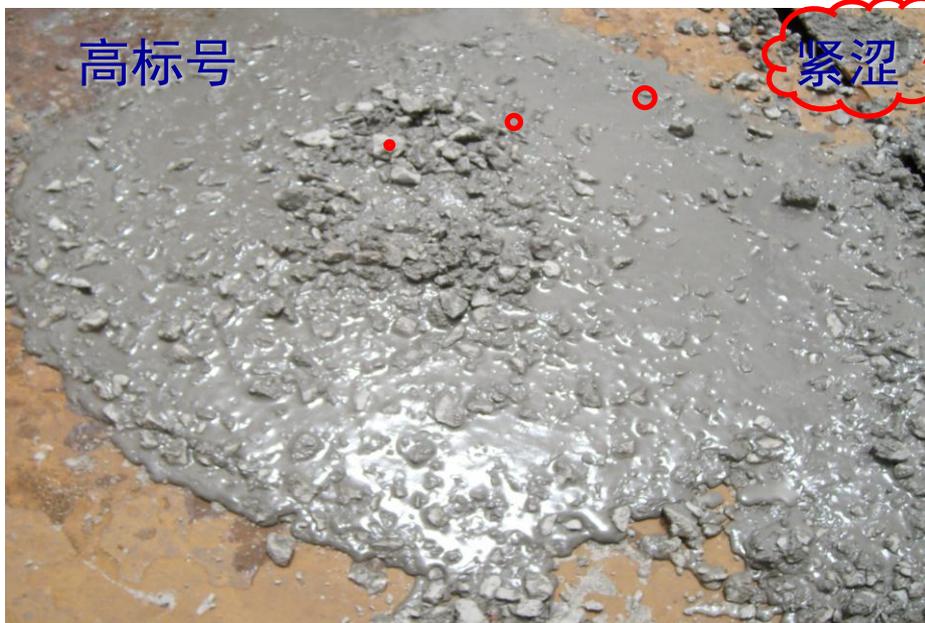


水泥中 C_3A 对减水剂会产生吸附作用，严重削弱减水剂的分散作用。

E、加入时机和多少：

混凝土搅拌之前加入 → 效果差

混凝土搅拌好后加入 → 效果好



高标号

紧涩

减水剂加多

石子

石子表面上的砂浆
自流

石子风干

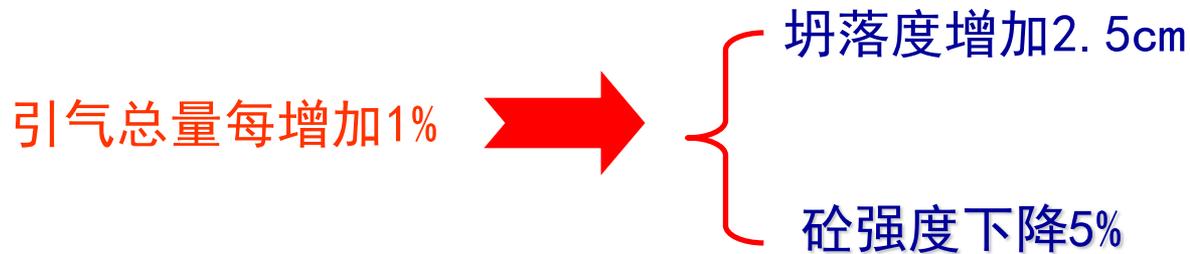
②引气剂

A、**引气剂**是一种表面活性剂，掺入后能在砣内部形成直径约0.05mm的微细气泡，这些气泡周围均匀地分布在砂粒周围，起“**滚珠**”作用，使砣的流动性显著增加，也能降低砣的**泌水**。

B、参数



一般掺入量为0.4/10000，引气总量控制在4%以内



第二讲

基本概念

和易性

坍落度

泌水

可泵性

离析

磨刀三要素

吸料三要素

泵送阻力因素

压力梯度

①和易性

◆是指砵拌合物能保持其组成成分均匀，不发生离析、泌水等现象，适于运输、浇筑、捣实成型等施工作业，并能获得质量均匀、密实的砵的性能。

◆和易性是一项综合技术性能，包括流动性、粘聚性和保水性三个方面。

流动性：指砵拌合物在自重作用下，自由展开或流动的性能（水灰比、砂率、减水剂）。反应拌合物的稀稠程度。  坍落度

★ 拌合物太稠，砵难以振捣，易造成内部孔隙；

拌合物过稀，会分层离析，影响砵的均匀性。

粘聚性：指砵拌合物抗离析的能力。

保水性：指砵拌合物保持水分不易析出（泌水）的能力。

②坍落度

- ◆ 泵送混凝土除去考虑捣实施工外，还要考虑其可泵性，即要求泵送效率高、不阻塞。
- ◆ 坍落度过大，混凝土拌合物容易离析，造成堵管。
- ◆ 泵送混凝土的坍落度范围一般应控制在(10-23)cm，对于长距离、大高度的泵送一般控制在18cm左右。

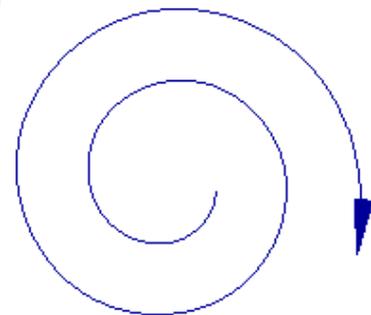
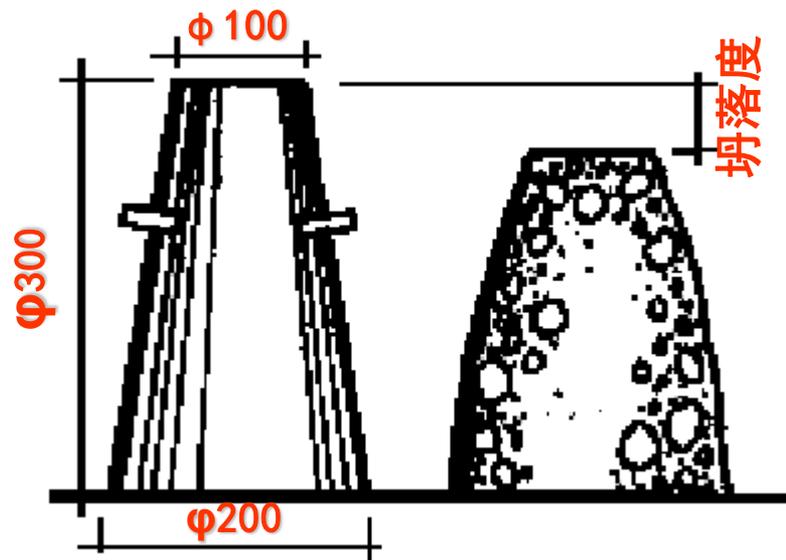


①坍落度试验

◆是用标准坍落圆锥筒测定，该筒为钢皮制成，高度 $H=300\text{mm}$ ，上口直径 $d=100\text{mm}$ ，下底直径 $D=200\text{mm}$ ；

◆试验时，将圆锥置于平台上，然后将混凝土拌合物分三层装入标准圆锥筒内，每层用捣棒均匀地捣插25次。

◆垂直提取圆锥筒，将圆锥筒与混合料排放于平板上，测量筒高与坍落后混凝土试体中点之间的高差，即为新拌混凝土的坍落度，以 mm 为单位（精确至 5mm ）。



φ16捣棒+25下（三层）

中国与印度坍落度试验比较



②坍落度分级：

坍落度越大，流动性越好。根据混凝土拌合物坍落度S大小，可将混凝土进行如下分级：

T1低塑性砣	$S=10\sim 40\text{mm}$
T2塑性砣	$S=50\sim 90\text{mm}$
T3流动性砣	$S=100\sim 150\text{mm}$
T4大流动性砣	$S\geq 160\text{mm}$

若 $S \leq 10\text{mm}$ 则为干硬性砣。

③测定坍落度后，观察拌合物的下述性质：

粘聚性：用捣棒在已坍落的拌和物锥体侧面轻轻敲打，如果锥体逐步下沉，表示粘聚性良好；如果突然倒塌，部分崩裂或石子离析，则为粘聚性不好的表现。

保水性：当提起坍落度筒后如有较多的稀浆从底部析出，锥体部分的拌和物也因失浆而骨料外露，则表明保水性不好。如无这种现象，则表明保水性良好。

④坍落度调整方法：

- 1、坍落度小于要求，其他要求满足，保持水灰比不变，增加水泥和水的用量，相应的减少砂石用量（沙率不变）
- 2、坍落度大于要求，其他要求满足，保持水灰比不变，减小水泥和水的用量，相应的增加砂石用量（沙率不变）
- 3、坍落度合适，粘聚性和保水性不好，增加沙率（保持砂石总量不变，提高用沙量，减少石子用量）
- 4、砂浆过多引起坍落度过大，减小沙率（保持砂石总量不变，减小用沙量，增加石子用量）



坍落度调整注意事项：

- ◆水泥用量较少时，应相应减小；
- ◆输送管道较长时，由于弯管、接头多，压力损失大，则应适当加大坍落度；
- ◆向下泵送时，为防止混凝土自流而引起管道堵塞，应适当减小坍落度；
- ◆向上泵送时，为了避免出现过大的倒流压力，坍落度不宜太大。



不同泵送高度入泵时混凝土坍落度选用值

泵送高度 (m)	<30	30~60	60~100	>100
坍落度 (mm)	100~140	140~160	160~180	180~230

不同设备混凝土坍落度选用值

拖泵	S阀	120 ~ 230mm
	闸阀	100 ~ 230mm
泵车		140 ~ 230mm

坍落度与阻力
密切相关



同坍落度1米的垂直距离可打4米的水平距离

$$H_{\text{垂直}} = 4S_{\text{水平}} \quad \Rightarrow \quad H : S = 1 : 4$$

③泌水

泌水是混凝土浇注后，粗骨料下沉，水上升并积聚在砵表面的现象。



★砵在压力推动下向前输送时，水是其压力传导的媒介，而砵都具有泌水特性，当管道中异形管的压力梯度过大时，砵可能出现“脱水现象”从而造成水分的流失而变干，传导媒介消失，使压力局部中断。

压力泌水试验：

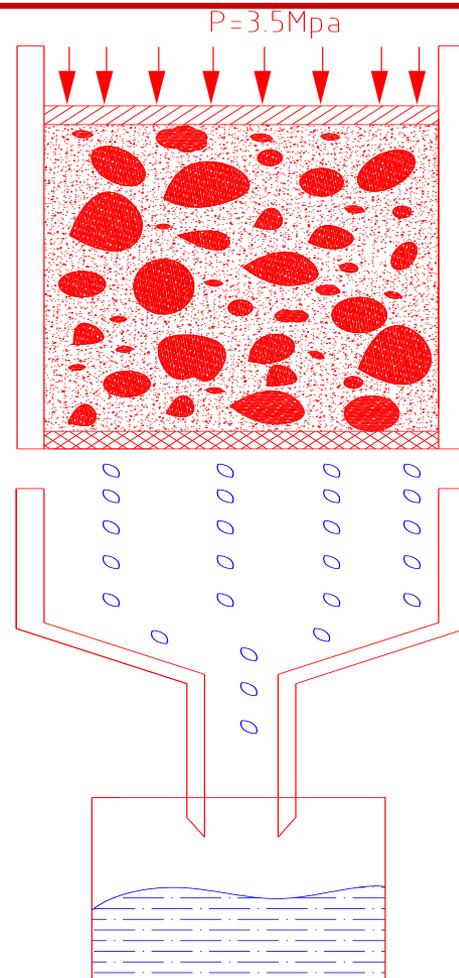
①加载使容器内砵压达到3.5Mpa，并继续保持压力，用量杯收集加压10秒的累积泌水量 V_{10} 以及140秒的 V_{140}

②相对泌水率 $S_{10} < 40\%$ (国标)

$$S_{10} = \frac{V_{10}}{V_{140}} \times 100\%$$

V_{10} 砵加压10s时的泌水量

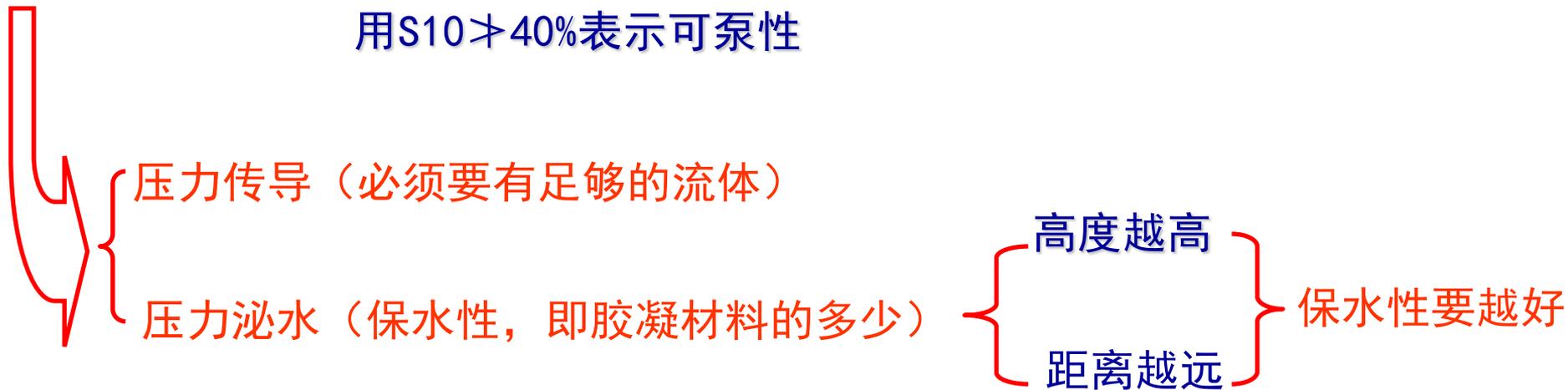
V_{140} 砵加压140s时的泌水量



④可泵性

可泵性：是指在压力作用下，拌和物在管道的通过能力，

用 $S_{10} \geq 40\%$ 表示可泵性



⑤离析

离析：拌和物中各组合（水、石子、砂子、水泥）分离或析出现象。

A、运动离析：因石子下落速度快于砂浆造成



B、抽吸离析：

粗砂保水性差，在活塞抽吸砵料时，将料斗内砵料中的水和砂浆先吸走，在料斗中留下粗细骨料（砵料越来越干；搅拌压力逐渐上升，S管摆动阻力逐渐加剧）。



C、沉降离析：

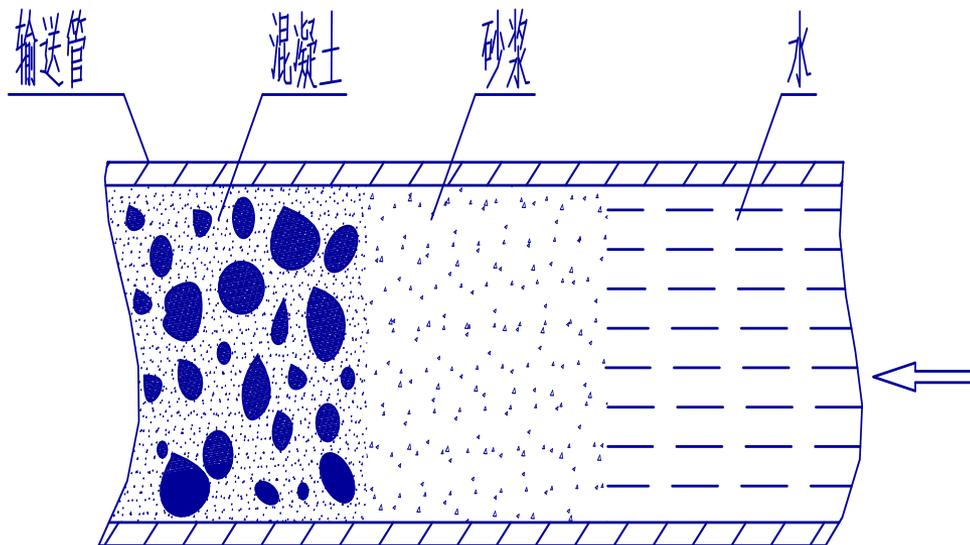
砣料因长时间静置，加之和易性差，粗细骨料下沉，水和浆体上升（如同油箱内加水静置后油水分层：水沉底）。



D、冲蚀离析：

a、如：用水枪冲洗料斗内混凝土
水泥浆被冲蚀掉，只剩下粗细骨料。

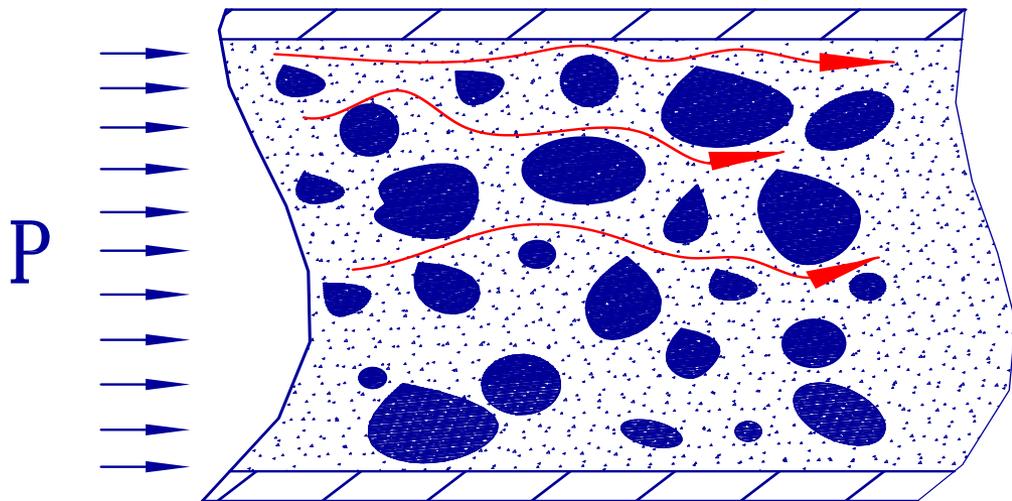
b、管道水洗时，水透过海绵球形成
小激流（水的速度大于砼速）



预防办法：砂浆隔离

E、压力离析：

混凝土流经变径管、Y字管、S管、铰链弯管、小弯头等压力梯度大的异形管时，保水性差的砣料中的水会在砣压的作用下前窜而流失，造成砣料变干而堵管。



⑥磨刀三要素：

A、径向压力：  取决于负载

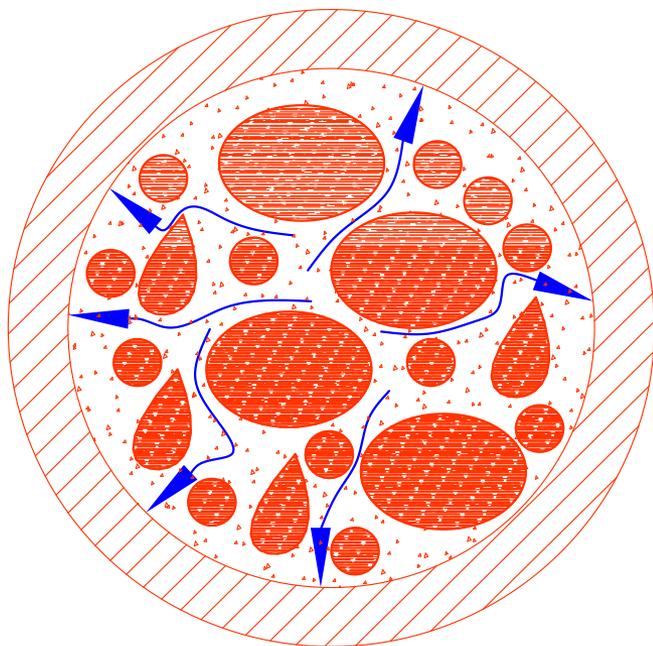


距离远近

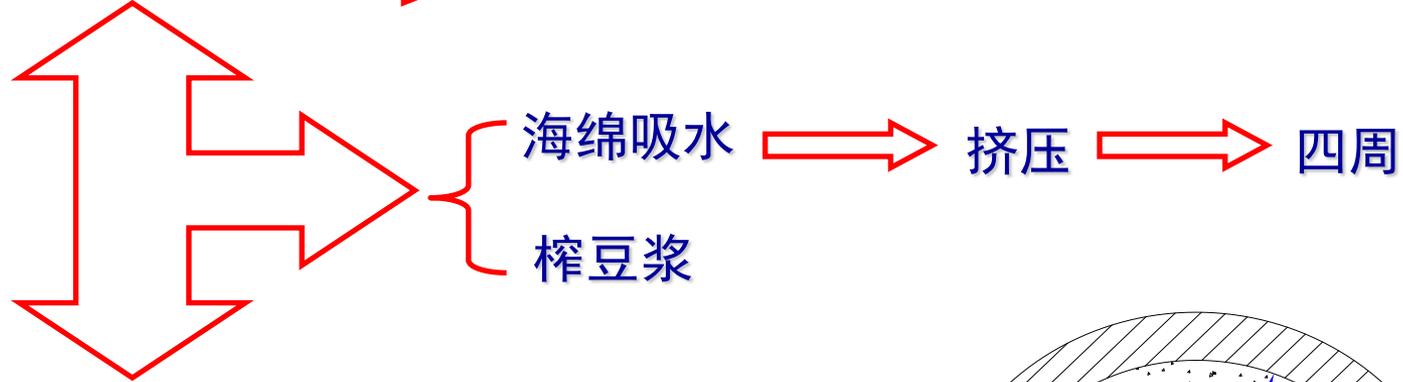
压力高低

速度快慢

混凝土和易性

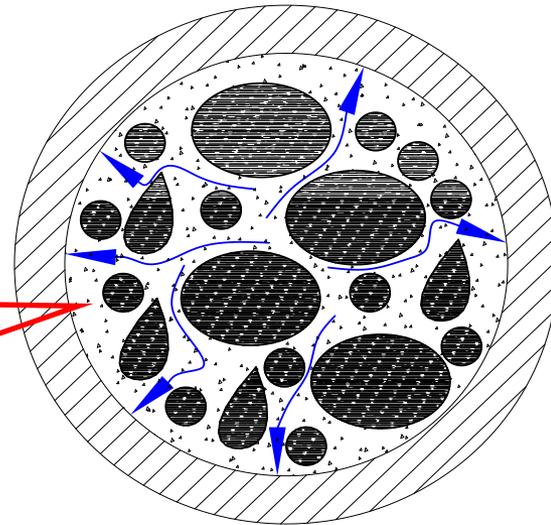


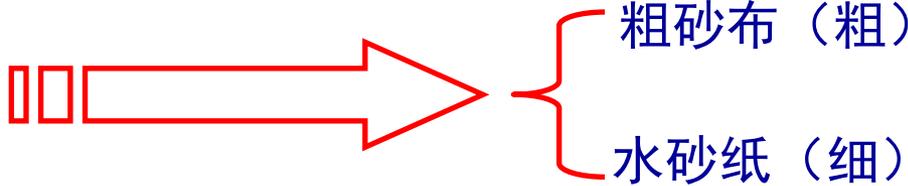
B、自润滑： → 四周扩散



砂浆与管壁接触

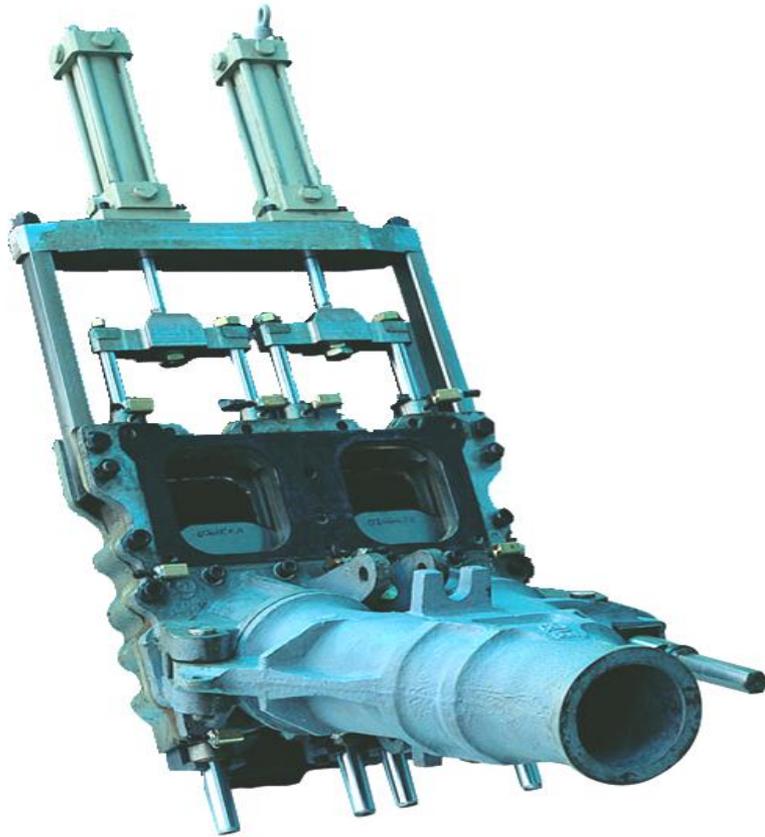
砣中砂浆受挤压向外围扩散，而与管壁接触，故管道的磨损为砂子的磨损



C、砂子粒度：

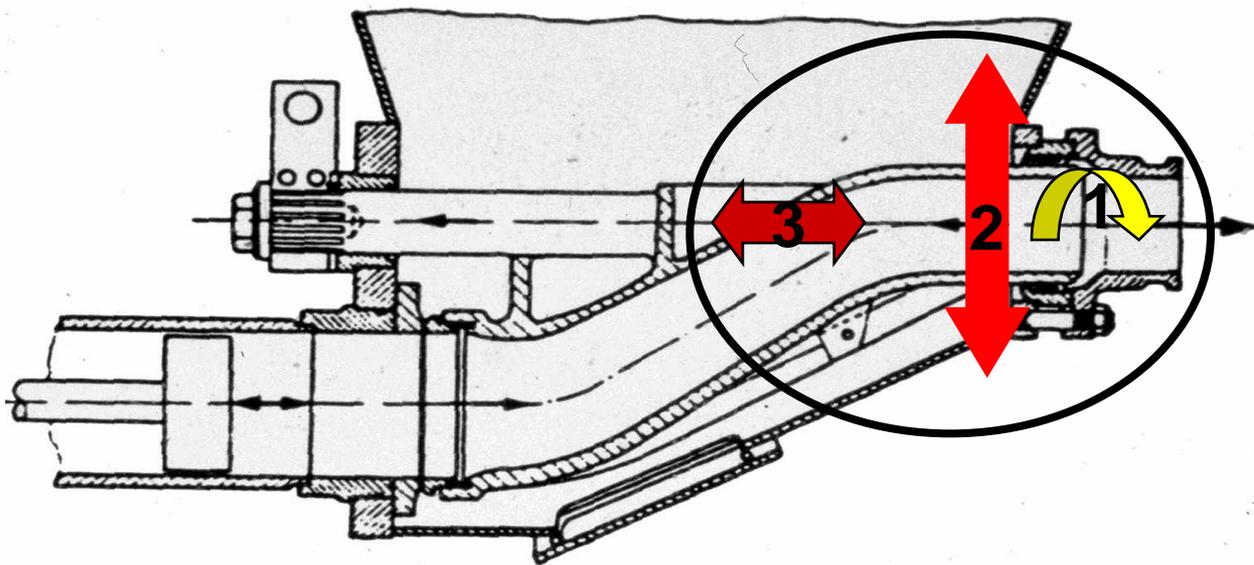
D、砂子的硬度  硬度越高，管道磨损越快

⑦吸料三要素：



闸板阀：

- a. 落差大
- b. 叶片效果好
- c. 流动性好
- d. 容积效率80%



S阀:

a. 落差小

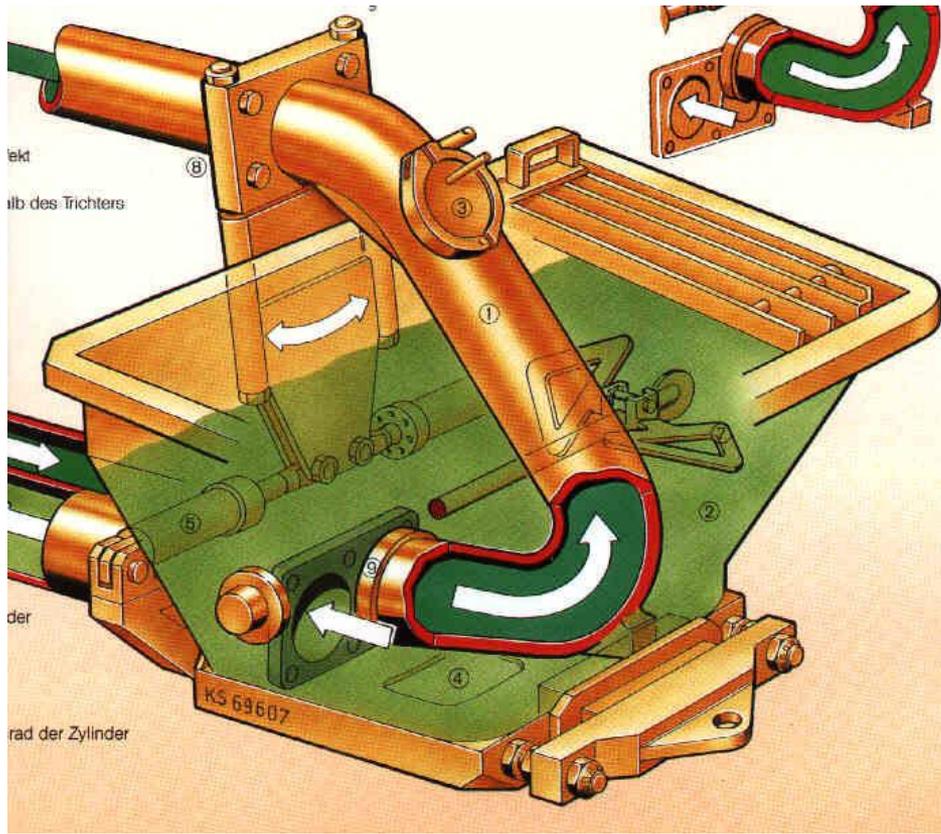
b. 叶片效果差

c. 流动性差

d. 容积效率70%

主轴体将做三种不同的运动:

- 1 = S阀的左右摆动
- 2 = 泵送混凝土时泵管上下颤动
- 3 = S阀所被提供的轴向预紧力推动



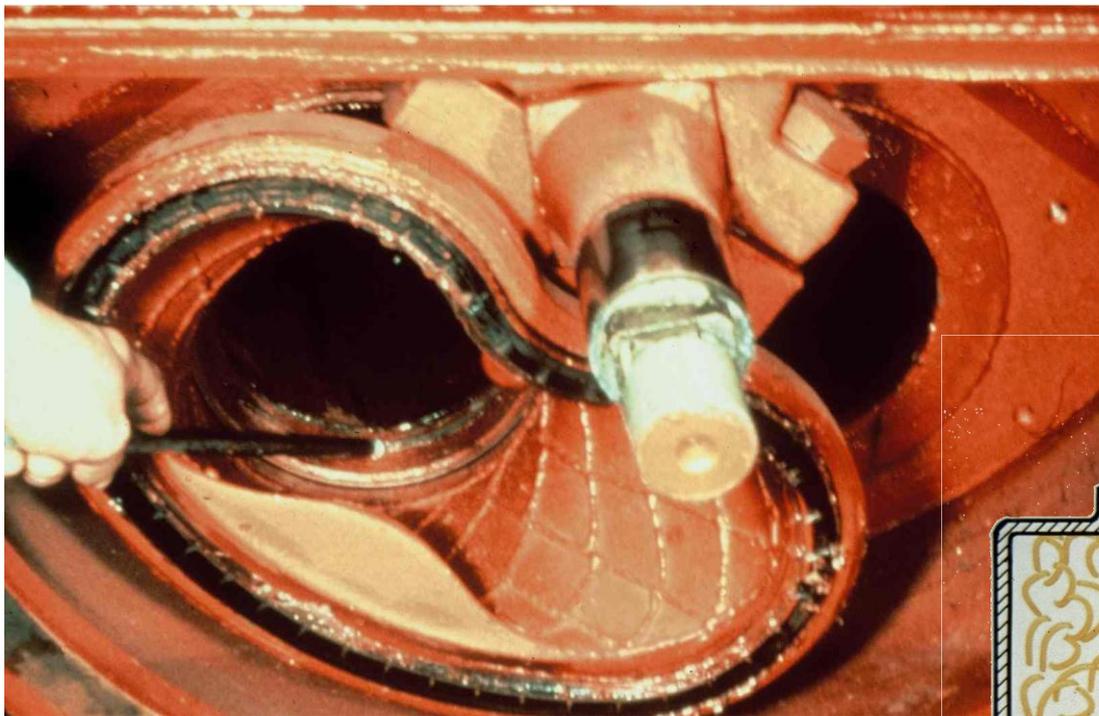
象鼻阀C阀

a. 落差小

b. 叶片效果差

c. 流动性差

d. 容积效率70%

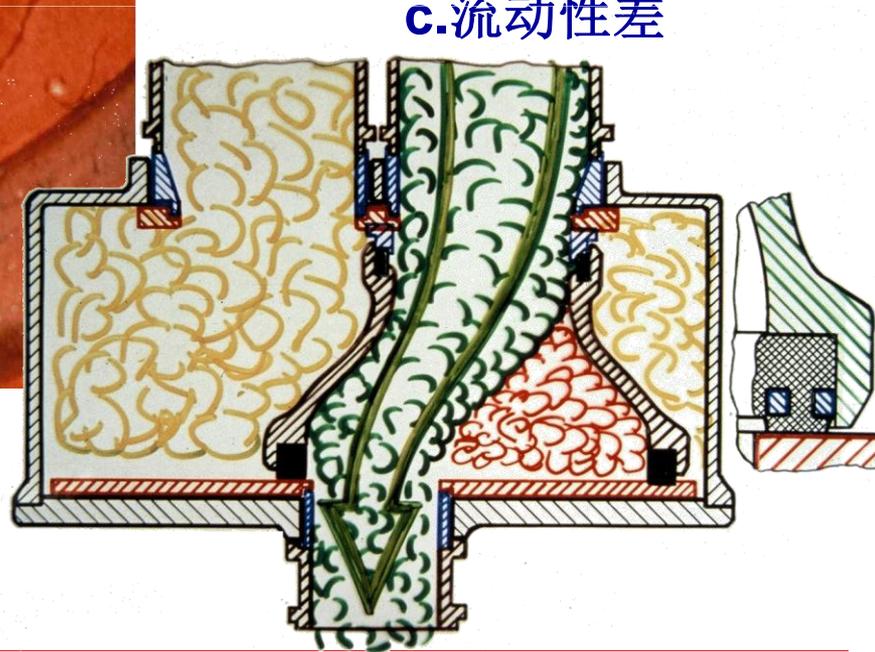


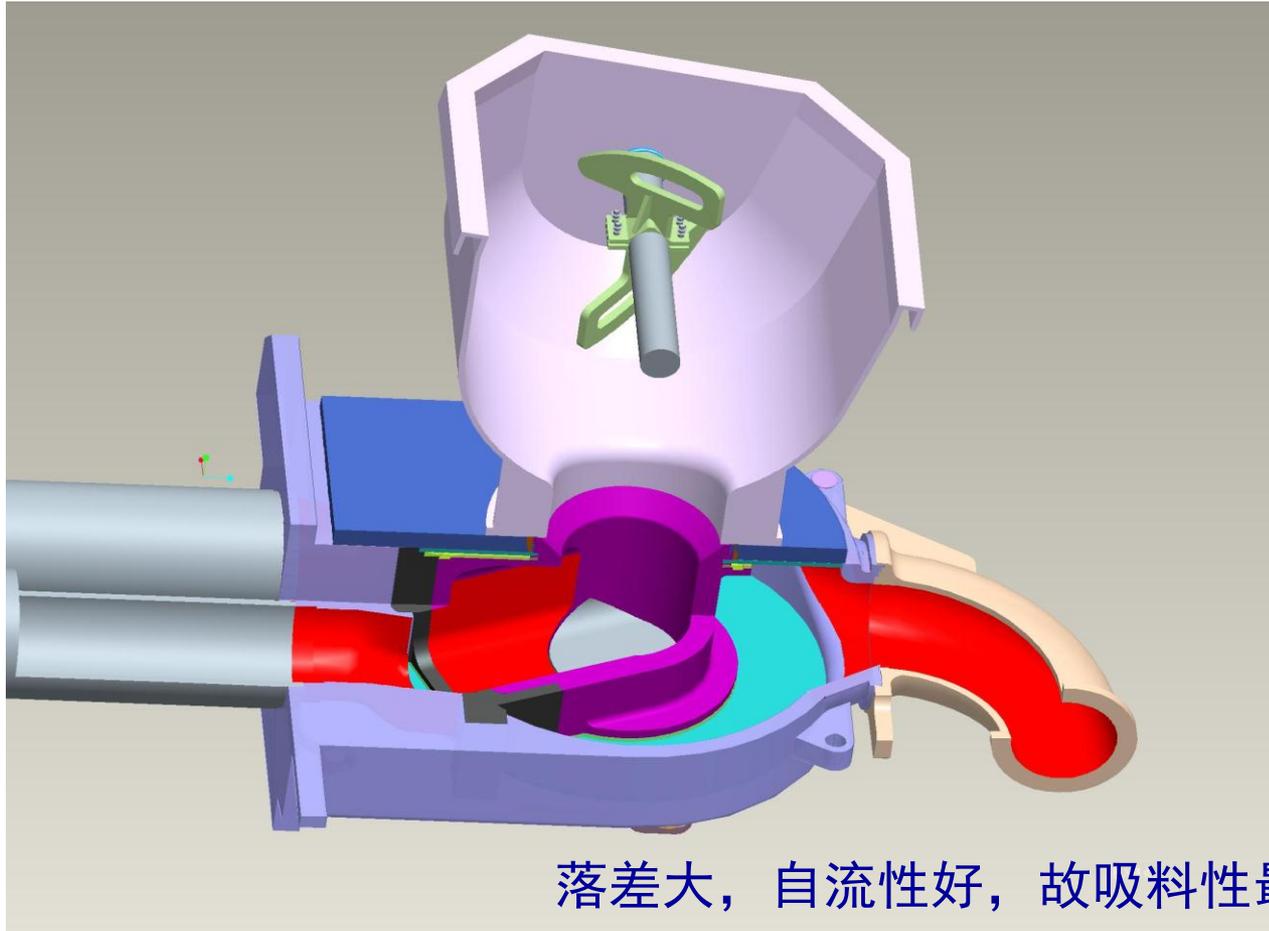
裙阀:

a. 落差小

b. 叶片效果差

c. 流动性差





梁式分配阀：

a. 落差大

b. 自流性好

c. 容积效率达90%

⑧混凝土流动模式：

a、塞流 输送缸直径 > 输送管直径

特点：

- ◆先进先出
- ◆自润滑：砂浆必定要包裹住石子
(要有足够的砂浆量)
- ◆压力传导：砂浆必定要“浮托”住石子
(砂浆质量要好)。



b、涌流

钢管直径 > 输送管直径（钢管砼）

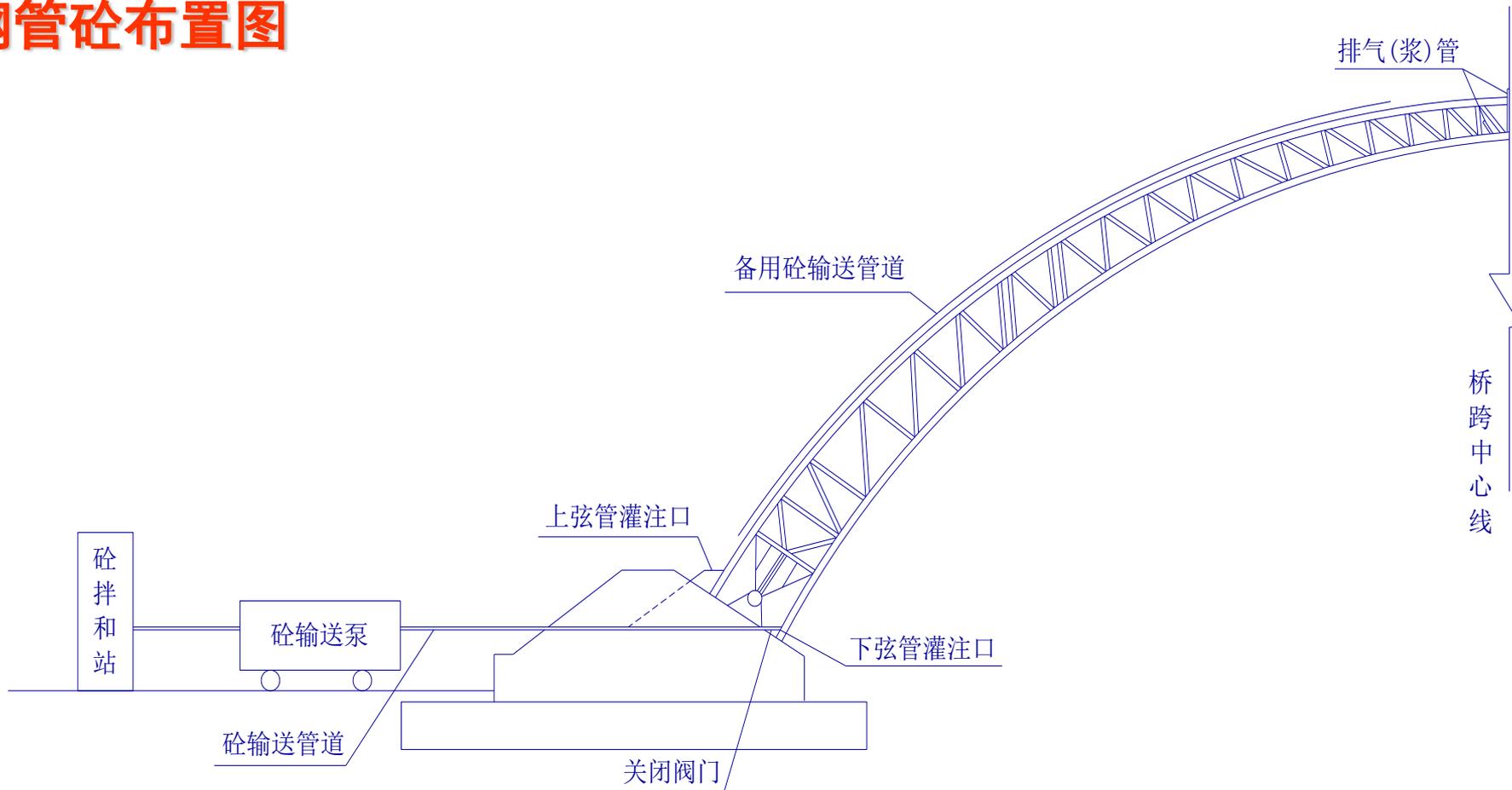
特点：

- ◆ 要连续不停泵送
- ◆ 钢管内不需泵送砂浆
- ◆ 要装插阀（在钢管与输送管连接处）



插阀

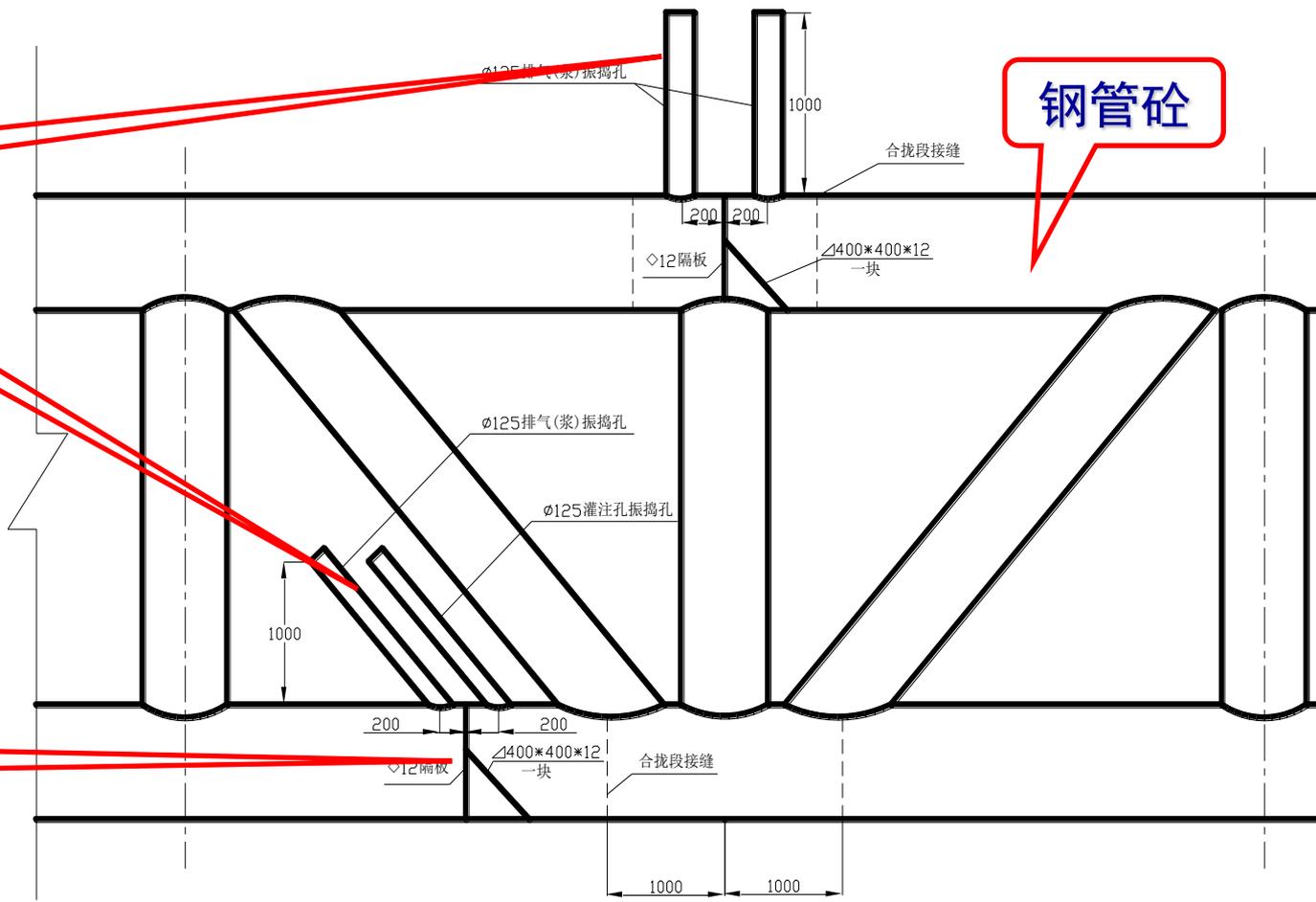
钢管砣布置图



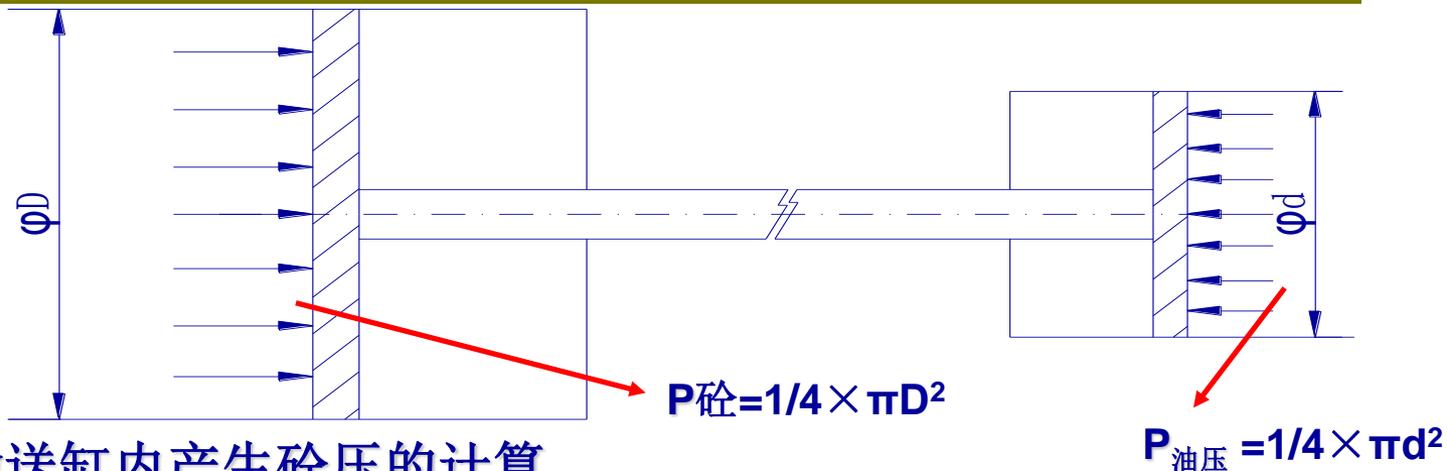
排气管

钢管砣

隔板



⑨泵送阻力的因数



输送缸内产生砣压的计算

$$P_{砣} = P_{油压} \times (d/D)^2 = P_{油压} \times (d/D)^2$$

其中：D---输送缸直径

d----主油缸直径

$P_{油压}$ ----液压系统压力

1MPa的砵压用125输送管把砵输送40米高度

$$P = \rho \cdot H \cdot g = 2.5 \text{吨/m}^3 \times 40\text{m} \times 10 \text{ m}^3 \\ = 2500 \times 40 \times 10 = 10^6 = 1\text{MPa}$$

则1米管子须消耗混凝土砵压 = $\Delta P_H = 1\text{Mpa}/40\text{m} = 0.025\text{Mpa/m}$

①阻力类型:

a、反压阻力（高度一向高处泵送） $P_{反}=\rho.H.g$

b、运动阻力（水平；高度）

c、内耗阻力（设备本身—空泵压力）

- 机械
 - 砵缸与砵活塞
 - 油缸与活塞（小）
- 液压→管道阻力（大）

②运动阻力

S.Morinaga公式:

其中:

$$\Delta P = \frac{2}{R} \left[K_1 + K_2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) V \right] \alpha$$

ΔP 为每米砵压的损失值, 单位为Pa。

R为输送管半径, 单位为m。

$K_1 = (3.0 - 0.1S) \times 10^2$ 为粘着系数, 单位为Pa。

$K_2 = (4.0 - 0.1S) \times 10^2$ 为速度系数(Pa/m/s)。

S为混凝土的坍落度, 单位为cm。

t_2 为拖泵分配阀的切换时间。

t_1 为砵活塞单个冲程所用时间。

V_2 为混凝土在管道内的流速 $v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2}$

α 为管内砵料径向压力与轴向压力之比, 一般取0.9。

影响运动阻力的因素：

- ① 混凝土在管道内的流速(管道、排量、高低压切换)
- ② 混凝土的坍落度 (坍落度越大 → 阻力越小)
- ③ 砵输送管直径 D (或半径 r)
- ④ 输送缸每个冲程时间与分配阀换向时间之比

例：HBT80C-1816D用高压泵送时， $\Phi 125$ 输送管每米水平运动阻力损失 ΔP_H ? (坍落度 $S=18\text{CM}$)

解： $V=4Q/\pi d^2 \times \eta=4 \times 50\text{m}^3/\pi \times (0.125)^2 \times 3600 \times 70\%=0.8\text{m/s}$

$$\Delta P = \frac{2}{R} \left[K_1 + K_2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) V \right] \alpha$$

$$=2/0.625 [120+220(1+0.2) \times 0.8] \times 0.9$$

$$=2/0.625 [120+211.2] \times 0.9$$

$$=9540\text{Pa}/\text{m}=10000\text{Pa}/\text{m}=0.01\text{Mpa}/\text{m}$$

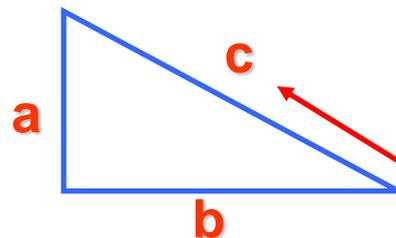
④管道折算

a、垂直管 1m垂直管 =4m水平管

- b、弯管
- | | | |
|----------------|---|----------|
| R1000 × 90° 弯管 | ⇒ | 水平直管9m |
| R500 × 90° 弯管 | ⇒ | 水平直管12m |
| R1000 × 45° 弯管 | ⇒ | 水平直管4.5m |
| R500 × 45° 弯管 | ⇒ | 水平直管6m |
- c、锥管φ150-φ125 ⇒ 水平直管8m
- d、软管1m ⇒ 水平直管5m

⑤布管计算

a、斜坡管=垂直投影× 4+水平投影
=a ×4+b



b、垂直向下按水平管计算

★ 总公式： $P_{\text{砵}} = \Delta P_H \times (S_{\text{水平}} + H_{\text{垂直}}) + \rho \cdot H \cdot g + P_{\text{砵}} \times (2+4) / 32$

\downarrow \downarrow \downarrow \downarrow
 出口砵压 运动阻力 反压阻力 设备内耗阻力

有效油压 $P_{\text{油}} = 32 - (2+4)$

空机压力（油压）

保险压差 $\Delta P \geq 4\text{Mpa}$

⑨压力梯度：

混凝土通过单位长度水平输送管所消耗的砵压力叫压力梯度 u ，其计算公式如下（水平管设定1米的压力梯度为 $1u$ ）：

$$u = \frac{\Delta P}{s} \quad (Mpa / m)$$

其中 ΔP 为砵通过某种管道所消耗的砵压（Mpa）；

s 为该管道的实际长度（m）。

管道的压力梯度越大，管内砵的压力泌水就越严重，即出现“脱水现象”，造成水份通过集料间的空隙向前流窜，使粗细骨料变干，从而易引发泵送压力剧增发生堵管。

a、S管的压力梯度：

小排量S管大口径为 $\phi 225$ ，小口径为 $\phi 178$ ，标长为 818mm；大排量S管大口径为 $\phi 235$ ，小径为 $\phi 178$ ，标长为 833mm，如图：



大排量S管变流比： $c = \left(\frac{235}{178}\right)^2 = 1.73$

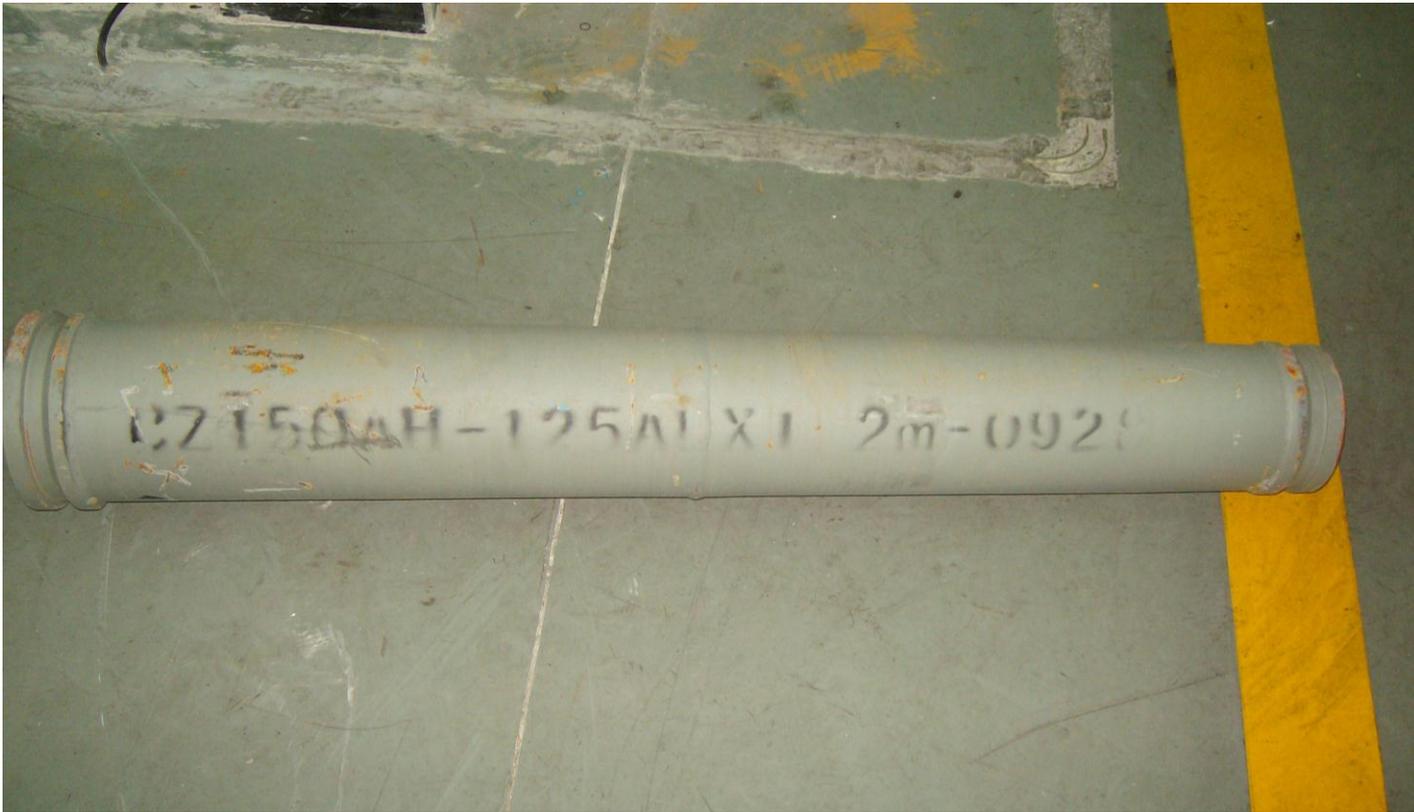
单位长度变流比： $c_s = \frac{c}{s} = \frac{1.73}{0.833} = 2.08 \dots \dots \textcircled{1}$

小排量S管变流比： $c = \left(\frac{225}{178}\right)^2 = 1.6$

单位长度变流比： $c_s = \frac{c}{s} = \frac{1.6}{0.818} = 1.96 \dots \dots \textcircled{2}$

根据①②可知两种S管的单位长度变流比 C_s 相近，相同流量的砵通过S管的压力损失应相差无几。根据分配阀压力损失经验值，S管的压力梯度应在15u以上。

b、锥管压力梯度：



各种锥管的水平换算长度及压力梯度：

规格	水平换算长度 (m)	压力梯度u (Mpa/m)	变流比c
$\phi 175 - \phi 150$	4	4u	1.36
$\phi 150 - \phi 125$	8	8u	1.44
$\phi 125 - \phi 100$	16	16u	1.56

c、直角弯头的换算长度及压力梯度：

规格	实际长度 (m)	换算水平长度 (m)	压力梯度 (Mpa/m)
90° ×R1000	1.57	9	5.7u
90° ×R500	0.785	12	15.3u



d、铰链弯管的换算长度及压力梯度：



铰链弯管既是变径管（ $\phi 175-\phi 150$ ），又是 90° 弯管，且弯曲半径 $R=250\text{mm}$ ，参数如下：

规格	水平换算长度 (m)	实际长度 (m)	压力梯度
铰链弯管 $\phi 175-\phi 150$	$4+15=19\text{m}$	0.4	47.5u

e、变径弯管：

紧连在铰链弯管后面的是变径弯管，其变径为 $\phi 150-\phi 125$ ，弯曲半径为 $R=545\text{mm}$ 。参数如下：

规格	水平换算长度 (m)	实际长度 (m)	压力梯度
变径弯管	$8+12=20\text{m}$	0.85m	18.8u

第三讲

泵送施工工艺

(一) 砣管的合理选择

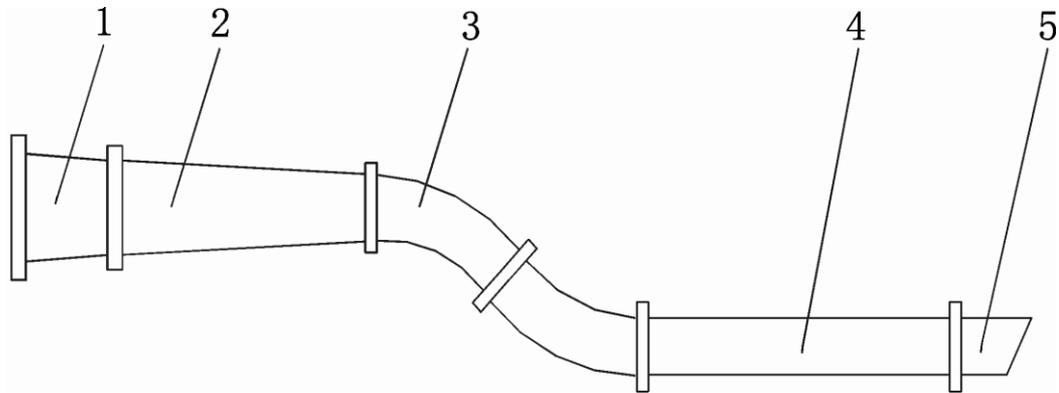
- ◆ 锥管、弯管、插管、直管、软管和管接头
- ◆ 二级配配管有管径**125mm**和**150mm**系列两种
- ◆ 三级配配管有管径**205mm**和**260mm**系列两种

砣管选用的基本要求:

砣管	125mm输送管	150mm输送管	205 mm/260mm三级配输送管
骨料粒径 卵石/碎石	40mm / 30mm	50mm / 40mm	80mm / 70mm

(1) 配管的准备

按二级配配管明细准备好配管及管接头



1-出料口； 2-锥形管； 3-45° 弯管； 4-插管； 5-125A直管

(2) 混凝土输送管的使用要求

- ① 配管壁厚磨损快的部位，要注意安全。对于**125A**高压管来说，高压施工时，位于泵出口附近的输送管其壁厚使用极限为**4mm**，至浇灌现场与布料管连接部位的配管其壁厚不能低于**3.5mm**。
- ② 对于有损伤、裂纹或太薄的配管不得使用。
- ③ 尽量缩短距离，减少弯管，以达到减小输送阻力之目的。
- ④ 前端浇筑处软管宜垂直安放，如确需水平放置的忌过分弯曲。
- ⑤ 各管路必须保证联接牢固，弯管处加设牢固的固定装置，水平管路铺设不应悬空，必须有牢固支撑固定。
- ⑥ 管卡一定要紧到位，保证接头密封严密，不漏浆。
- ⑦ 各管卡位置不应与地面或支撑物接触，应留有一定的间隙以便拆装。
- ⑧ 严寒冬季宜用保温材料包扎输送管防止混凝土受冻。
- ⑨ 夏季要用湿草袋等盖上输送管，以防坍塌度损失造成堵管。

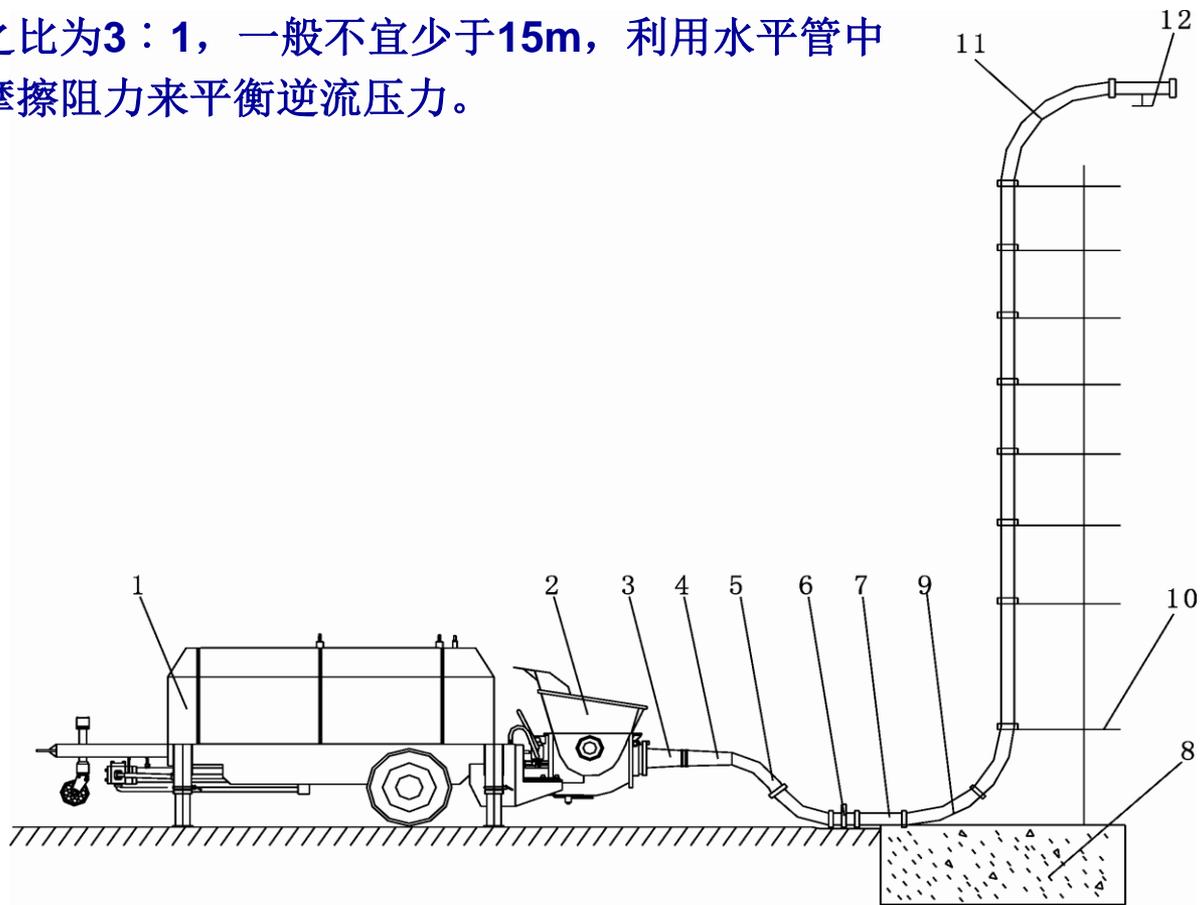
（二）泵送工艺

（1）垂直向上泵送

垂直向上布管时，混凝土泵分配阀换向吸入混凝土（或停止泵送）时，垂直管中的混凝土重力将对混凝土泵产生逆流压力（简称背压），垂直管的高度越高则逆流压力愈大。该逆流压力会使混凝土容积效率降低，影响混凝土泵的排量，造成混凝土离析而堵管。

- ① 当垂直高度较低时，在垂直配管的下端与混凝土泵之间设置一定长度的水平管，一般垂直与水平管的长度之比为3：1，一般不宜少于15m，利用水平管中混凝土拌合物与输送管壁间的摩擦阻力来平衡逆流压力。

- | | |
|----------|------------------|
| 1-拖泵； | 7-直管； |
| 2-料斗； | 8-基础； |
| 3-出料口； | 9-R=1000的90°弯管； |
| 4-锥管； | 10-竖管支架； |
| 5-45°弯管； | 11-R=1000的90°弯管； |
| 6-插管； | 12-水平支架 |



- ② 当垂直高度较高或受场地限制时，此时只靠设置水平管难以平衡逆流压力，则宜在输送管的锥形管和直通管之间设置插阀管（亦称插管），在停止泵送时关闭插阀管以防止混凝土反流。
- ◆ 弯管要有牢固的基础，尽量不使混凝土泵的振动传递给垂直管，垂直管亦需固定牢固，以免产生 振动。
- ◆ 当垂直向上，泵送高度超过**30m**时，应把新的、无磨损的管子或管壁厚厚的管子配置在管路开始处，以防管内压力过高，而产生事故。必要时检验壁厚，若管子长期使用磨损较大，在压力大处一律调换新管。

1、如何解决超高压管道的耐磨性和爆管问题

在进行超高压泵送时，管道内压力最大可达到35MPa，管道磨损加剧，一旦发生爆管将造成很大损失。

采用Φ125A壁厚为9或12mm，45Mn2合金钢特制耐磨超高压管道，经特殊淬火处理，寿命比普通Q345钢管提高3-5倍，保障了管道的抗爆能力和耐磨损寿命，管道寿命≥50000m³

特制耐磨超高压管与普通管性能比较

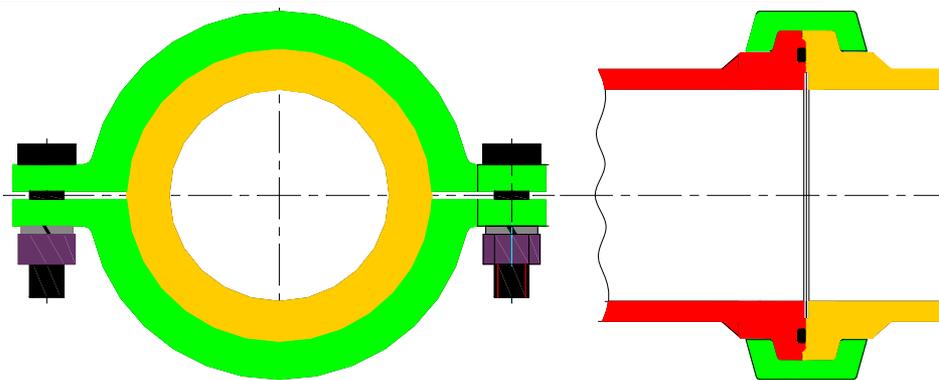
材料	混凝土最大压力MPa	材料强度MPa	材料硬度	最小爆管壁厚mm	管道设计厚mm	磨损量mm
Q345	35	345	HRC23	7.5	12	4
45Mn2	35	735	HRC55	3.2	9/12	5/8

超高层泵施工工艺

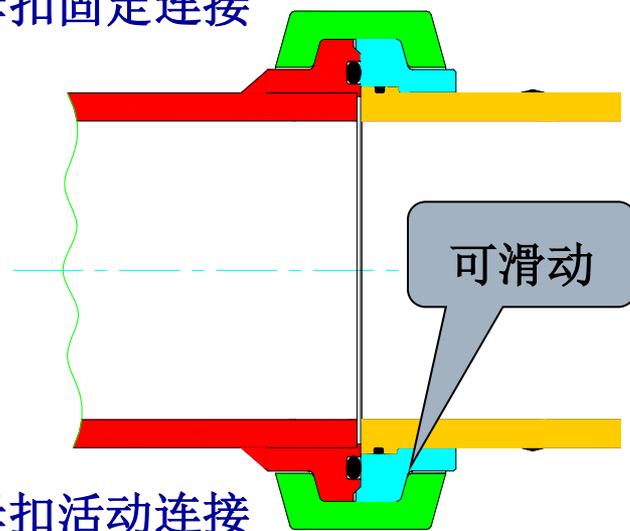
2、超高压管的密封性和拆装困难问题

超高压管道内压力最大达到35MPa，纵向将产生42t的拉力，常规的连接与密封方式也不能满足要求，需采取下述解决方案。

- ◆ 不常拆卸管道连接采用公母扣固定结构形式，O型密封圈密封，锥面定心，确保连接密封可靠，防止泵送时漏浆。
- ◆ 需拆卸管道连接采用公母扣活动结构形式，拆装方便、O型密封圈密封，锥面定心，确保连接密封可靠。



公母扣固定连接

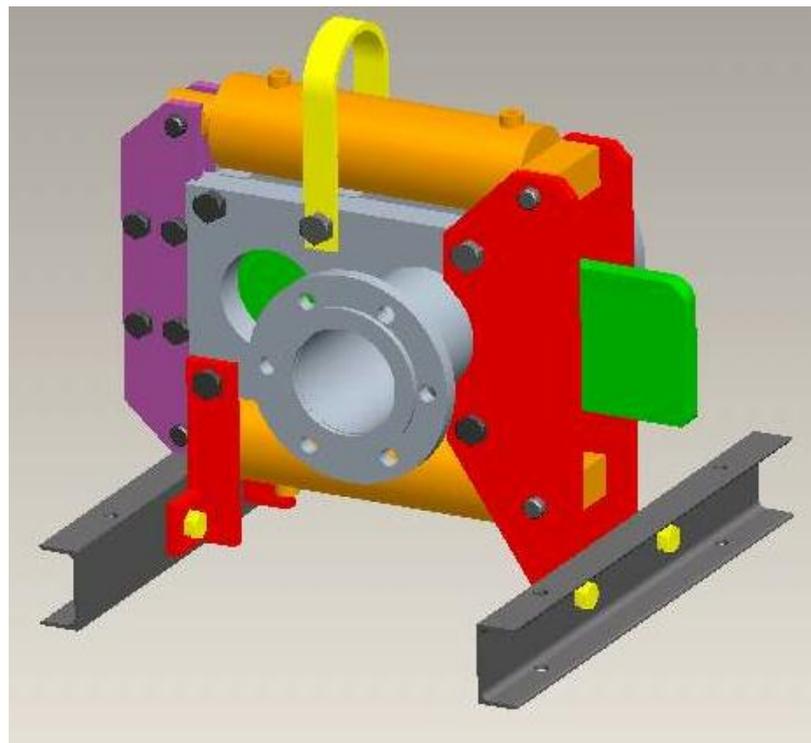


公母扣活动连接

3、液压截止阀

混凝土泵送施工中，有时需要对泵机进行保养或维修。为保证此时的保养或维修工作正常进行，在混凝土泵出口处和水平管至垂直泵管处的垂直管段接入二个液压截止阀，如右图，用于阻止垂直泵管内混凝土回流。

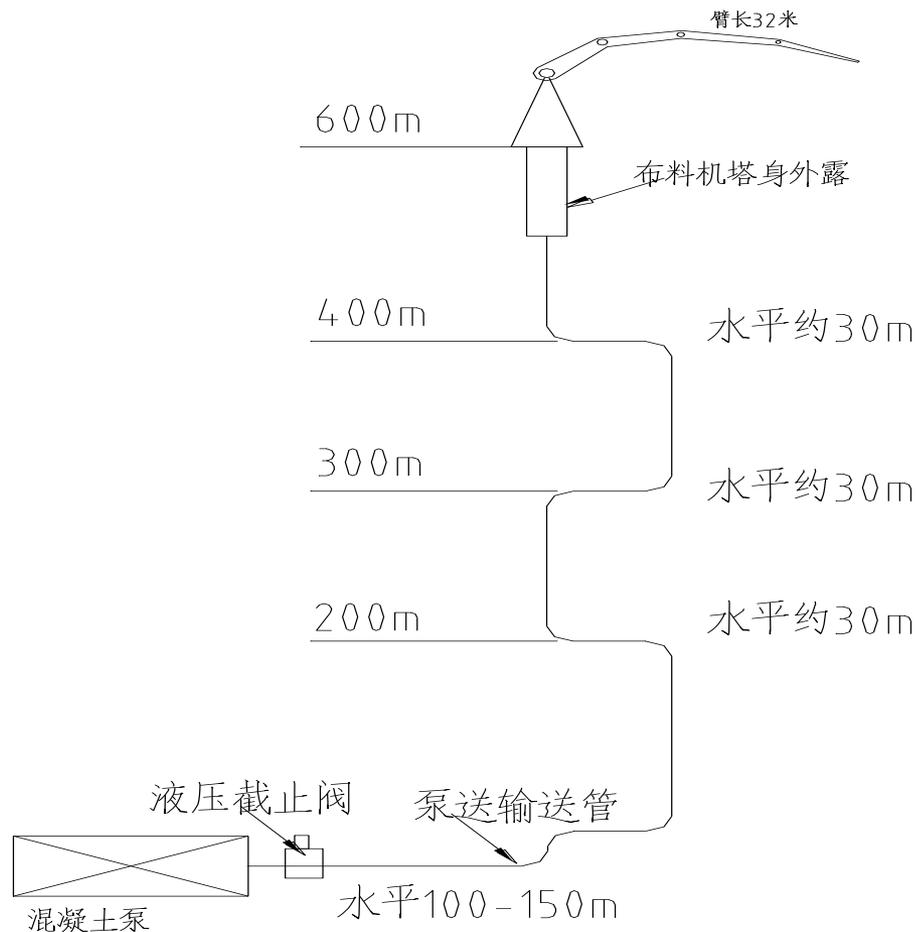
液压截止阀采用液压油缸驱动，控制阀操作方便；插板采用浮动密封环结构，密封性能好，无压力泄漏。



液压截止阀

4、合理布管

布管应根据混凝土的浇注方案设置并用弯管和软管，尽可能缩短管线长度。工程管道沿楼地面或墙面铺设，为了减管道内混凝土反压力，在泵的出口可布100-150m的水平管及若干弯管。



范例：在香港国际金融中心工程：在泵出口布置了**65m**水平管、**90°** 弯管**4**个、**45°** 弯管**1**个、**15°** 弯管**2**个



在高140m的32楼层，布置了27.8m水平管、90°弯管3个；如32层水平图示



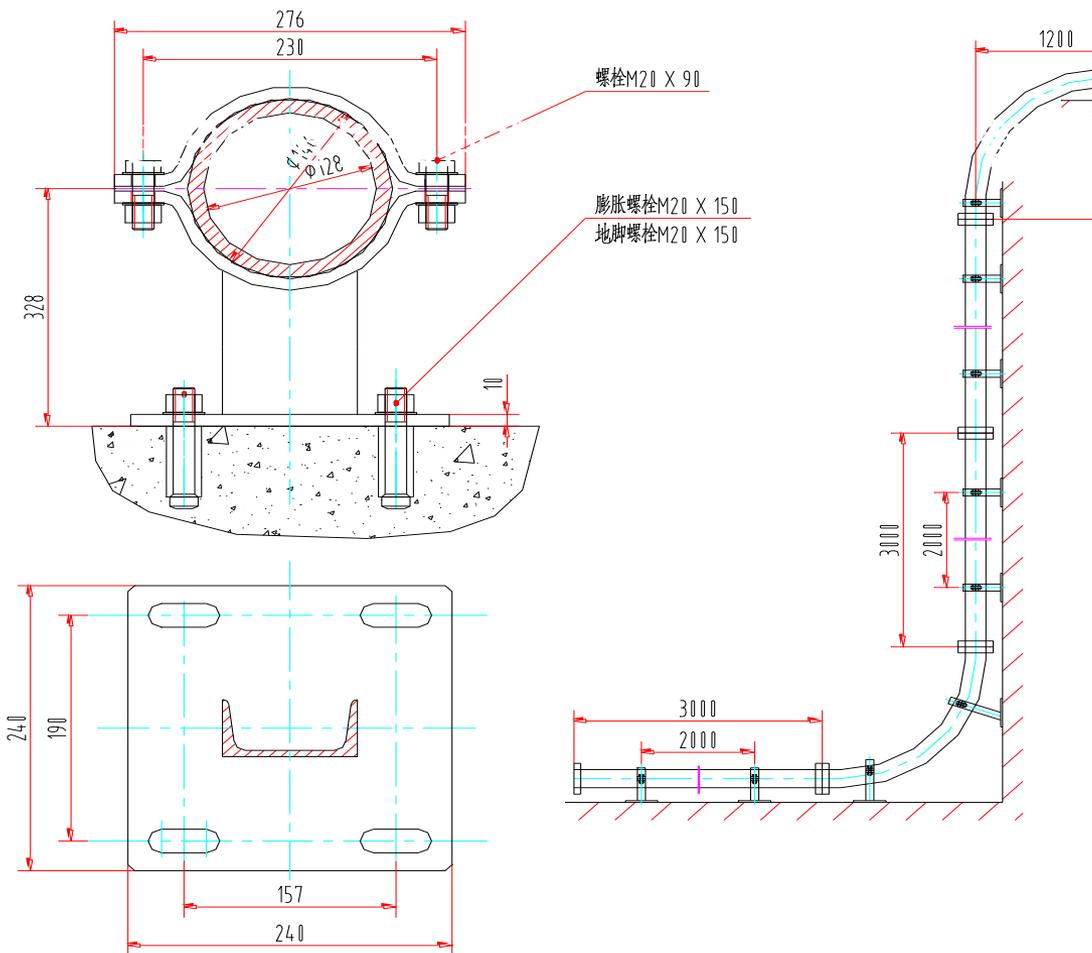
在高200m的46层布置90°弯管2个；在高240m的55层布置90°弯管2个；然后一直往上，全长622m。直管两端都用刚性支撑固定牢靠。



5、管道的安装与固定

为了解决因泵送震动而引起的管道松动问题，无论是地面水平管还是墙壁垂直管，均需固定牢固。

管道固定装置如图所示



范例：上海环球金融中心工程地面120m水平管与液压截止阀的安装如图所示



上海环球墙面垂直管与液压截止阀的安装如图示



6、混凝土配合比及其它要求

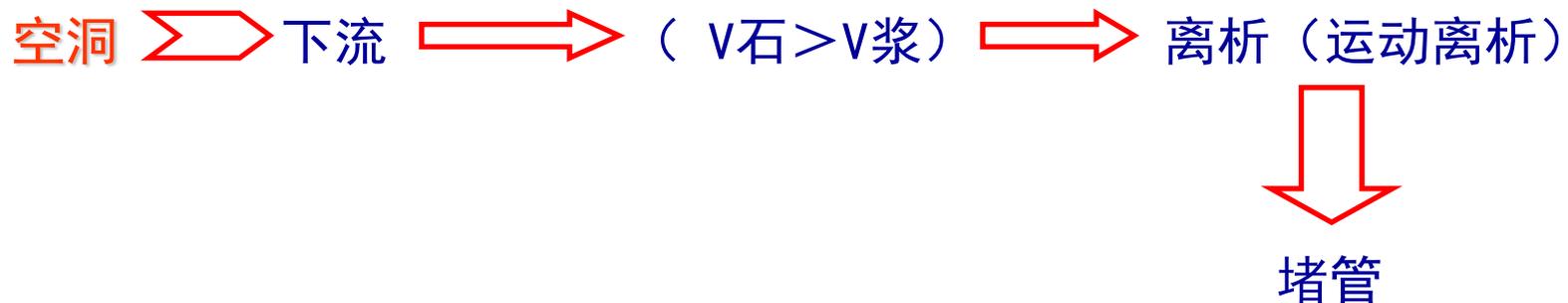
- ◆混凝土坍落度控制在18-22cm之间。
- ◆压力泌水<30%(国标<40%)，同时为防止混凝土离析可掺入沸石粉以减少泌水。
- ◆粗骨料石子粒径 $\leq 25\text{mm}$ 。
- ◆尽量减少待料时间，一般待料时间 $\leq 30\text{min}$

三一重工拖泵在全球高楼泵送使用情况

项目名称	单泵垂直 泵送高度	设备型号	备注
香港国际金融中心	406米	HBT90CH2122D	2002年建成
上海环球金融中心	492米	HBT90CH2135D	2007年11月建成
香港九龍站第七期工程	485米	HBT90CH2135D	在建
深圳赛格广场	300.8米	HBT80C特制泵	1998年建成
上海百联世贸大厦	333.5米	HBT90CH2122D	2003年建成
苏通大桥	308米	HBT90CH2122D	06年9月建成
俄罗斯联邦大厦	354米	HBT90CH2122D	在建

(2) 垂直向下泵送

混凝土泵送的初期因斜坡上的输送管是空的，在落差的作用下，混凝土会自动在**斜坡**管道内向下快速流动。由于粗骨料与水泥浆的粘着力小于小泥浆与细骨料之间的粘着力，加之石子重，惯性大，会流动得快些；而砂浆惯性小，流动粘性阻力大向下流动会慢些。正是由于两者下流的速度差，从而引发混凝土离析，造成石子在管道转弯处积聚而堵管。这种堵管往往是发生在砂浆泵送完后**砵料泵送刚开始的时候**。



危害

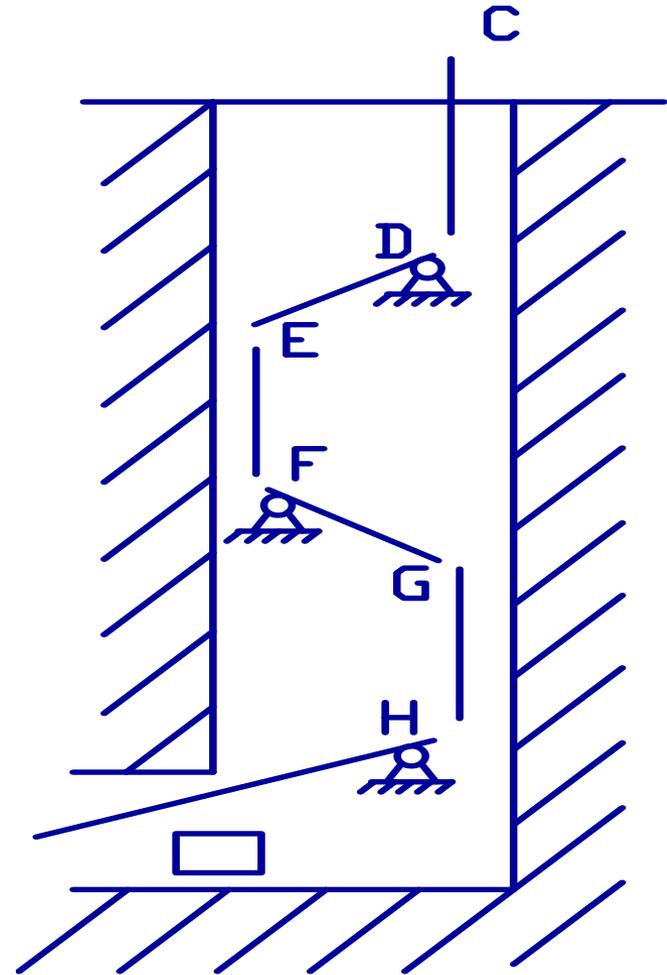
- 1、砣由于自重而自由下落，使砣管中形成空段
- 2、因自流过程中产生运动离析堵管
- 3、产生空气锁

措施

- 1、设排气阀（或在泵送砂浆之前在锥管内加塞一个海绵球
- 2、当 $H > 20\text{m}$ 时，因使用 $1 \geq 5H$
- 3、在水平段设异形管
- 4、砂浆的量是要充满斜坡且在停机下不下流
- 5、高压小排量的50%泵送开始

向下泵送施工工艺----贵阳引水工程四十一米竖井泵送方案

工地大概情况：拖泵置于竖井口地面，通过竖井垂直向下**41**米后，通过一个**14**米水平横隧道，然后与之垂直左右均为**650**米的水平隧道。用**φ3**米的模板平台作胎具，每次泵送**9**米，浇注砼**C20**为**40-50**方。**8**小时后脱模、移模、架模即实施第二次泵送，连续施工从最远处**650**米一节一节往后退。



①布管方案

- 1) **C**处需用两根槽钢支承梁，然后用钢板或抱箍与管道焊接牢固成为一整体与两槽钢牢固联接。两槽钢支承于竖井周边承力墙上，并与井口周围钢结构焊接牢固，以防水平方向移动。
- 2) **H**处亦必须按**C**类的办法固定，并用及钢架支承件牢固，下部必须用砵基础能承受足够压力强度，同时采用有效措施保证其它水平方向滑移。
- 3) **F**、**D**处下部亦必须采用足够支承力的铆钢件支撑，防窜动、位移。
- 4) 竖井内所有管节亦必须与墙有一定强度的支力固定。保证泵送时尽量少摆动，以防管卡打炸及洗管时联接不上。
- 5) 在**F**、**D**附近设置好起吊用结构及准备好钢丝绳，以防水洗因竖井内管道下滑作手动葫芦协助提升联接。

2. 布管时先将H处45度R1000设置好位置，并牢固好达到上述要求，其高度、方向等考虑以向下平滑到达（通过14米横隧道）到主隧道为原则。顾及下部抽水设备，轨道影响及插管位置的要求。且此段管段因悬空，需要水泥墩或钢架墩支撑牢固。

3. H处位置固定好后，然后向上一节一节往上接，同时墙上开孔加铆钢固定好。整个竖井管道的分段以弯头45度R1000 H点到井口平面距离，按三等分计算，然后根据管长实际作出调整。

计算（估算）其斜管为3米，如现场允许达4米，可用二节2米管，则阻滞效果更好。

$(CH距离 - 2 \times 4米) / 3 = CD间直管长度$ ，调整取整数合理管长，便于现场安装。

②操作:

- a、每次泵送时，必须先泵送水**0.5m³**左右。
- b、泵送完水后，停机拆开**2m**锥管，在锥管内塞入已浸泡好的海棉球**2**个。
- c、接好锥管后再泵送水泥：砂子=**1:1**的砂浆**3m³**左右，起到润滑管子内壁的作用。其中砂浆的水胶比要大于或等于**0.6**，使其具有良好润滑性和流动性。
- d、泵送完砂浆之后，使拖泵处在高压小排量的状况下以**50%**的排量泵送，使砣料在管道中的下流的初速度较小。当最前端泵出砂浆后，再恢复到**100%**的排量泵送。

③混凝土配合比及其它要求：

由于是超远距离泵送，管道阻力很大，因此砣在输送管内承受的压强很大，极易因压力过大而泌水离析；同时泵送阻力与砣的流动性有极大的关联，故对砣的要求如下：

- 1、混凝土水泥用量必须大于**330kg/m³**。
- 2、砣料中应掺加水泥用量的**15~20%**的I级粉煤灰以增加砣料保水性，有效阻止压力泌水。同时因粉煤灰的滚珠效应也能大大降低泵送阻力。
- 3、砣的坍落度在进入料斗时，必须在**20~23cm**之间。因为坍落度与泵送阻力关系特别大，坍落度越大泵送阻力越小，故坍落度切不可小于**20cm**以下，且经时坍落度损失和压力坍落度损失要小。
- 4、砣料**10秒**的相对泌水率应控制在**30%**以内。
- 5、掺入的外加剂与水泥的适应性应确保在**1小时**内坍落度损失不超过**2cm**。

(3)、斜坡向下泵送





(4) 远距离水平泵送

远距离水平泵送泵送阻力大：混凝土泵送所需压力P包含三部分：混凝土在管道内流动的沿程压力损失P1、混凝土经过弯管及锥管的局部压力损失P2及垂直段压力损失P3。

$$P_1 = \Delta P_l \cdot l = \frac{4}{d} \left[k_1 + k_2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) V_2 \right] \alpha_2 \cdot l$$

ΔP_l —单位长度的沿程压力损失。

l —管道总长度（水平距离 米+垂直高度 米）

k_1 —粘着系数，取=（3.00-0.10S）×10² (Pa)，S为坍落度

d —混凝土输送管直径，按Φ mm计算。

k_2 —速度系数，取=（4.00-0.10S）×10² (Pa/(m.s))。

t_1 —输送缸每个冲程所用时间（秒）

t_2 —分配阀换向时间（三一为0.4-0.5S左右）

$\frac{t_2}{t_1}$ 一般为0.2-0.3S

V_2 — $Q/A=4Q/\pi d^2$ 混凝土在管道内的流速

α_2 —径向压力与轴向压力之比，一般取0.9。



青岛海湾大桥总投资近100亿元，其中海上段长度26.75公里。桥梁宽35米，桥面宽度为双向六车道，两侧各加一条2.5米紧急停车带。桥梁设计使用年限120年，设计荷载为城-A级，公路-I级。中铁十四局主要施工标准跨度的主线非通航孔桥下部桩基、承台、墩身及支座垫石，桥墩采用群桩基础，一个承台下设4根直径为1.6m钻孔灌注桩，均为摩擦桩，桩长51.0~59.0m；承台采用四边形圆倒角承台，承台厚3.0m，平面尺寸为6.9×6.9m；桥墩身均采用花瓶墩，横桥向墩顶呈曲线变化，墩身采用圆端形断面实心墙式墩。全线共有桩基420根，承台105个，墩柱105根，混凝土方量7.11万立方米，钢筋6100吨。



①方案:泵送1000米海工混凝土所需压力:

混凝土泵送所需压力**P**包含三部分:混凝土在管道内流动的沿程压力损失**P1**、混凝土经过弯管及锥管的局部压力损失**P2**及垂直段压力损失**P3**。

1) 水平泵送1000米沿程压力损失P1的经验公式如下:

则: $P_1 = \Delta P_l \cdot l = 8.15MP_a$

2) 通过弯管、锥管、S阀产生的局部压力损失:

$P_2 = 4 \times 0.2 + 0.3 = 1.1Mpa$

式中: 管线: 弯管 90° , $R=1000$, 3个; 锥管1个, S阀1个;

注: 每个弯管、锥管的压力损失**0.2Mpa**, S阀压力损失**0.3 Mpa**。

3) 垂直方向压力损失P3:

$P_3 = \rho g H = 2500 \times 10 \times 4 = 100000Pa = 0.1Mpa$ 。

注: 混凝土的密度: $\rho = 2500kg/m^3$

4) 泵送1000米水平距离沿程损失所需的总压力P_理**:**

$P_{理} = P_1 + P_2 + P_3 = 8.15 + 1.1 + 0.1 = 9.35 Mpa$

由于海工混凝土的胶凝材料较多，其中水泥、矿粉、粉煤灰总重量达到**470kg/m³**，混凝土在管道中流动阻力大，根据以往泵送海工混凝土的经验，海工混凝土泵送阻力是普通**C30**混凝土泵送阻力的**2**倍左右。

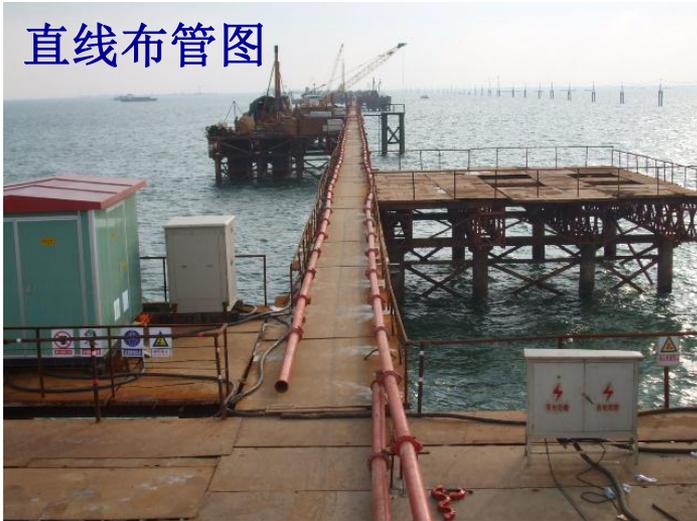
$$P_{\text{实}} = 2P_{\text{理}} = 18.7MP_a < 22MP_a$$

②布管方案:

科学布管是保证远距离泵送的必要条件，青岛海湾大桥的布管是按下列要求进行的：

- 1、由于泵送距离远、混凝土的粘度高、泵送阻力大、尽量采用直线布管，减少布管长度与弯管个数，新旧输送管配合使用时，新管布置在压力较大处。

直线布管图



90°弯管布管图



- 2、为降低混凝土在管道中的流动速度，减少泵送阻力，采用管径 $\phi 150$ 耐磨合金输送管取代 $\phi 125$ 输送管。
- 3、为了解决因泵送震动而引起的管道松动问题，无论是地面水平管还是浇注桥墩的垂直管，均使用特殊固定装置固定，并定期检查各管的固定情况。
- 4、输送管的铺设应保证方便拆卸，便于维修，用管夹将骨架密封圈固定在两联接管道上，为检验管夹与骨架密封圈、管道之间的密封情况。通常在泵送前，先泵送2立方水，如管道漏水或渗水，重新安装。

③混凝土配合比及其它要求：

- 1、严格控制搅拌站混凝土配比，要求泌水率S10不超过35%。坍落度在20-24cm之间，经时坍落度损失 $\leq 2\text{cm}$ ；
- 2、从搅拌站用搅拌车送过来的每一车混凝土，泵送前，必须作坍落度测试，坍落度限定在20-24cm之间。
- 3、混凝土泵送时，保证主系统油压表的压力 $\leq 22\text{MPa}$ ，当压力 $> 25\text{MPa}$ 时，采用降低泵送排量，减少泵送阻力，保证压力 $\leq 22\text{MPa}$ ，（注：本案例保持排量在40%左右）。
- 4、定期用红外线测厚仪检测混凝土泵前端500米水平段输送管的厚度，厚度小于2.8mm则需更换，确保输送管不爆破伤人。
- 5、为预防堵管与爆管，不影响混凝土的浇注，保证泵送的连续性，预备备用泵与备用管道。
- 6、炎热天气，施工时在输送管上盖上麻袋或草垫，避免阳光照射并注意每隔一段时间洒水湿润；在严寒的冬季施工时混凝土输送管应用保温材料包裹；防止坍落度损失堵管。

施工范例—香港国际金融中心

2002年9月，在香港国际金融中心，三一特制混凝土输送泵HBT90CH单泵垂直向上将C80混凝土泵送至406米高度，创造又一项历史纪录。

香港国际金融中心主楼91层、高399.5m，是世界第五、亚洲第二高楼。其砵泵送最大高度406m，混凝土总方量： 250000m^3 ，主楼±0以上混凝土总方量： 80000m^3 ，在400m高度的泵送过程中砵泵液压系统的工作压力为24~25MPa，砵出口压力16MPa，每分钟换向10~11次，输送量约 $40\text{m}^3/\text{h}$ 。



施工范例—香港国际金融中心



上海环球金融中心

混凝土总方量 234500m^3 ，最大泵送高度达到492m。由我司二台HBT90CH-2135D超高压泵承担泵送施工。已于2007年11月竣工。



香港九龍站第七期工程

最大泵送高度达到485m。由我司二台
HBT90CH-2135D超高压泵承担泵送施
工任务。



苏通大桥

具有四项世界之最.其主跨径达**1088米**，是目前世界最长的斜拉桥主跨；主塔高**308米**，是世界最高的桥塔；主桥两个基础墩将分别采用**131根**直径为**2.5米至2.8米**、长**120多米**的群桩构筑，是世界最大规模的群桩基础；主桥最长的斜拉索长达**580米**，是世界最长的斜拉索。

主塔采用**C50**高强度钢纤维混凝土，黏度高、磨琢性强、泵送阻力大。其混凝土浇注任务由二台三一**HBT90CH**超高压泵承担，**2006年8月**泵送高度已达**280米**，**2006年9月**完工。



施工范例—俄罗斯联邦大厦

俄罗斯联邦大厦A座总建筑面积为28万平方米, 根据现有设计, 地上有93层, 地上建筑总高度为354.238米, 标准层单层建筑面积为3200平方米, 标准层每层混凝土总量约为2200立方米. 总泵送混凝土为220000立方米。为防止遭到类似“9·11”事件那样的袭击, 联邦大厦的工程使用高标号耐火混凝土B60、B80、B90（设计耐火时间达10小时）。这三种混凝土相当于国内C70、C90、C100

俄罗斯联邦大厦由我司HBT90CH超高压泵承担泵送施工任务, 设备采购合同如图





谢谢各位!