前　言

创造客户价值，三一的一大核心经营理念。三一要实现从优秀到卓越的跨越，最终提高客户满意度，提升三一服务品牌，已成为服务差异化实现的核心。

三一服务人员在吸取客户宝贵经验的基础上，经过多年在外的探索和研究，积累了很多施工经验。为使服务工程师共享这些宝贵的经验，提高服务品质，实现全面提升服务人员专业技能的工作目标，三一重工服务总公司技术支持部组织全体服务工程师精心编排了这本《典型施工案例》。

本书涵盖了泵车、拖泵、搅拌站、摊铺机等几大主导产品，对所有产品的典型施工进行了较为深入的阐述，有较强的针对性。本书有泵送方案、楼房、桥梁、高铁梁、三级配泵、特殊施工六个篇章。期待本书能成为广大服务工程师的得力助手，真诚希望广大读者能从中有所裨益。

本书仅供三一重工内部人员使用。

服务总公司
技术支持部
2007 年 7 月

目　　录

第一章　重庆中冶建工竖井泵送方案 1
第二章　斜井泵送方案 5
第三章　高铁制梁泵送方案 8
第四章　东海大桥泵送施工方案 16
第五章　贵阳引水工程四十一米竖井泵送方案 20
第六章　主拱钢管砼灌注施工方案 25
第七章　上海环球 101 工程中的典型施工 33
第八章　南京紫峰大厦工程中的典型施工 43
第九章　南宁大桥工程中的典型施工 45
第十章　沪蓉西高速魏家洲大桥工程中的典型施工 48
第十一章　福建省漳洲市西洋大桥钢管砼工程中的典型施工 51
第十二章　龙潭河大桥工程中的典型施工 54
第十三章　钱江九桥工程中的典型施工 56
第十四章　苏通大桥工程中的典型施工 58
第十五章　东海大桥工程中的典型施工 60
第十六章　郑西客运专线预制梁工程中的典型施工 63
第十七章　武广高速铁路湖南段第一片梁浇铸工程中的典型施工 . 66
第十八章　武广铁路专制梁厂工程中的典型施工 68
第十九章　京津高速铁路工程中的典型施工 70
第二十章　景洪电站三级配泵工程中的典型施工 73
第二十一章　重庆乌江水电站三级配工程中的典型施工 79
第二十二章　四川成雅高速摊铺工程中的典型施工 81
第二十三章　溪洛渡水电站葛州坝工程中的典型施工 82

第一章　重庆中冶建工竖井泵送方案

□ 谢向阳

一、工程概况：

拖泵置于地面，垂直竖井深达 50m 后再水平沿遂道 1350m 超远距离泵送。

二、工程难点分析：

1、泵送阻力大

根据混凝土沿程每米压力损失公式：

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

其中：ΔP 为每米砼压的损失值，单位为 Pa。

R 为输送管半径，单位为 m。

K_1=（3.0-0.1S）×10^2为粘着系数，单位为Pa。

K_2=（4.0-0.1S）×10^2为速度系数。

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为砼活塞单个冲程所用时间。

α 为管内砼料径向压力与轴向压力之比，一般取 0.9。

从上述公式可看出泵送阻力与以下几个因素有极大关联：

a.输送管大小

输送管的半径与泵送阻力成反比，也就是说输送管内径越粗，泵送阻力越小。由于泵送距离长达 1450 多 m，故建议采用Φ150 输送管而非Φ125 的。在相同的条件下，用Φ150 管比Φ125 管的泵送阻力要小 1/6。

b.混凝土坍落度

从上述公式中可以看出，K_1与K_2两个系数均与坍落度有关，坍落度S越大，K_1与K_2的值越小，从而泵送砼压损失△P也越小。根据全国各重大工程泵送的经验，砼入料斗的坍落度必须控制在 20-23cm的范围内。

c.输送泵的排量

因为排量Q=A·V，其中A=πR^{2}为输送管的通流面积，V为混凝土在输送管的

流速。砼的流速越大，砼压损失也越大。为降低流速，拖泵采用高压小排量泵送的情况下可以调节比例电磁铁来减少拖泵的实际排量。

2、混凝土运动离析难点：

由于拖泵置于地面，落差达 50 多米，在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砼料泵送刚开始的时候。

3、水洗难点：

由于竖井布管实际会达到 60 多米，加上弯管及水平管 1350 米总布管的实际长度会超过 1450m以上。当混凝土浇注完后，管道内仍有大量砼滞留在管中。以Φ150 输送管为例，每 100m管道内可贮存 1.75m^3砼料。在 1450m管内砼料达 25m^3以上，管内的砼料必须采用自动水洗的办法洗出去，使 25m^3砼料不浪费，这样才能节约砼料。更重要的是 1450 多米的管子也能一次性洗干净。否则靠人力拆管一根一根去洗，1450 多米的布管拆一遍至少要动用 40 多名劳力拼命地干一整天。管内近 25m^3的砼料也会白白浪费掉。所以自动水洗如不能成功，即使完成了砼料的泵送，也不能算泵送成功。

4、布管难点：

由于竖井截面较小，竖井内布管难以施展；加之管道长达千米，一旦堵竖井内堵管，当你拆开管道清堵后再次接管时会异常困难：往往要动用几十名强劳力，动用手动葫芦花费几个小时才能接上，这是因为竖井管子加上管内砼料的重量，总计达几吨重，一旦拆开管卡，在巨大的重力作用下下端的管子会发生很大的向下移动。当你处理好堵管和接好管时，由于花费时间长，其它管内的砼料因待料时间过长发生变化会引发连锁堵管，从而造成泵送失败，所以布管也是难点。

三、设备选型：

1、主机：

考虑到遂道砼料往往是 C25 或 C30 和易性较差，加之管道又长，我们推荐采用 HBT90CH-2122D 或 HBT120C-2120DⅢ,参数如下：

表 1　HBT90CH-2122D 和 HBT120C-2120DⅢ参数							
型号	理论排量（m^3/h）		理论出口压力（MPa）		发动机	主油泵	输送缸
90CH	高压	低压	高压	低压	功率 KW	排量 ml/r	内径×行程(mm)
	75	85	22	14	181×2	190×2	Φ200×2100
120C	75	120	21	13	261	380	Φ200×2100

2、管道：

由于泵送阻力大，建议采用Φ150 管道，管道中 R1000×90° 的弯管至少要 10 个，R1000×45° 弯管 10 个，15° 弯头 10 个。其余 3m 直管要 500 根，2m 直管要 20 根，1m 和 0.5m 直管各 10 根。

3、卡箍：大约需要 30 套左右。

四、对策：

针对上述难点，我们在布管、操作和砼料上必须采取强有力措施才能实现顺利泵送。

1、布管：

a、拖泵出口接一根 2m 长的锥管（特制）便于水洗时塞入的海棉球或纸质水纸柱能多些，从而形成有效的隔离层）。

b、锥管之后接一根 3m 直管，此根 3m 直管两端必须固定在基础牢固的水泥墩上。（水泥墩上装有两个类似泵车臂架的卡箍）以防拆装管时发生移动和泵送中的振动。

c、竖井壁布管时每根管中部都要固定在一个牢靠的卡箍上，且采用弓字形布管，即竖直向下每布 3 根 3m 的直管就接一个 R1000×45° 的弯头，此弯头后再成 45° 的方向接一根 3m 直管，此直管后再接一个 R1000×45° 弯头，之后再接 3 根 3m 直管……如此循环下去，直到竖井底部后再沿遂道水布 1350m 直管。

2、通信：

由于遂道很长，又无手机信号，必须在浇注点和泵机之间拉上电线，在拖泵处设 2 个彩色灯，一个为红色，一个为绿色，当红灯亮时，表示停止泵送，当绿灯亮时，表示要泵送。而且在 1350m 长的遂道内的中间每隔 300m 设一个信号发生面板。

3、操作：

a、每次泵送时，必须先泵送水 0.5m^3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，使砼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。

4、洗管：

在拖泵附近要设立大水池并配备大功率抽水泵，抽水泵的排量应大于 100m³/h,当砼料泵送完，继续泵送 1-2m³的 1：1 砂浆后，把料斗内残余的砼料放干净，洗干净料斗和输送缸，用大功率抽水机向料斗加注水，要求料斗中水位在水洗过程中始终是满的。在水洗开始之前，拆开锥管向锥管内塞入 2 个以上的海棉球后，再塞入一个清洗活塞，再接上锥管。然后启动正泵要求连续不停地水洗直至前端冲去海棉球和水泥袋为止。

五、砼料要求：（特别提示）

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

1、混凝土水泥用量必须大于 330kg/m³。

2、砼料中应掺加水泥用量的 15～20%的 I 级粉煤灰以增加砼料保水性，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、砼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、砼料 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。

以上方案仅供参考。 ■

第二章　斜井泵送方案

□ 谢向阳

一、工程概况：

拖泵置于山顶，斜井坡长约 900m，坡度约 23°，垂直落差达 200m 以上，混凝土沿斜坡向斜井内输送。

二、工程难点分析：

1、混凝土运动离析难点：

由于拖泵置于山顶，落差达 200 多米，在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，混凝土会自动在管道内向下快速流动，由于石子重，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砼料泵送刚开始的时候。

2、水洗难点：

由于斜坡长达 900m，加上弯管及水平管等总布管的实际长度会超过 1000m 以上。当混凝土浇注完后，管道内仍有大量砼滞留在管中。以Φ150 输送管为例，每 100m 管道内可贮存 1.75m3 砼料。管内的砼料必须采用自动水洗的办法洗出去，这样才能节约砼料，更重要的是 1000 多米的管子也能一次性洗干净。否则靠人力拆管一根一根去洗，1000 多米的布管拆一遍至少要动用 20 多名劳力拼命地干一整天。管内近 18m3 的砼料也会白白浪费掉。所以自动水洗如不能成功，即使完成了砼料的泵送，也不能算泵送成功。

3、布管难点：

由于斜井截面较小，斜井内布管难以施展；加之管道长达千米，一旦堵管，当你拆开管道清堵后再次接管时会异常困难：往往要动用几十名强劳力，动用手动葫芦花费几个小时才能接上，这是因为斜坡上的管子加上管内砼料的重量，总计达几十吨，一旦拆开管卡，在巨大的重力作用下下端的管子会发生很大的向下移动。当你处理好堵管和接好管时，由于花费时间长，其它管内的砼料因待料时间过长发生变化会引发连锁堵管，从而造成泵送失败，民工也会因连续付出巨大的体力而怨声载道。所以布管也是难点。

三、设备选型：

1、主机：

考虑到遂道砼料往往是 C25 和易性较差，加之管道又长，我们推荐采用 HBT80C—1818Ⅲ,参数如下：

表 2　HBT80C-1818Ⅲ的各参数

理论排量（m^3/h）		理论出口压力（MPa）		发动机	主油泵	输送缸
高压	低压	高压	低压	功率 KW	排量 ml/r	内径×行程(mm) Φ200×1800
50	85	18	10	181	260	

2、管道：

由于布管难度大，又很长，建议采用Φ125 管道，管道中 R1000×90° 的弯管至少要 20 个，R1000×45° 弯管 5 个。其余 3m 直管要 330 根，2m 直管要 20 根，1m 和 0.5m 直管各 10 根。

3、卡箍：大约需要 25 套左右。

四、对策：

针对上述难点，我们在布管、操作和砼料上必须采取强有力措施才能实现顺利泵送。

1、布管：

a、拖泵出口接一根 2m 长的锥管（特制便于水洗时塞入的海棉球或纸质水纸柱能多些，从而形成有效的隔离层）。

b、锥管之后接一根 3m 直管，此根 3m 直管两端必须固定在基础牢固的水泥墩上。（水泥墩上装有两个类似泵车臂架的卡箍）以防拆装管时发生移动和泵送中的振动。

c、斜井每隔 50m 处也要设置一个水泥墩，每个墩上也设一个卡箍，每个卡箍处接两个 R1000×90° 的弯管以增加阻滞，降低砼料下流的速度，有效防止运动离析。

2、通信：

由于斜井很长，又无手机信号，必须在浇注点和泵机之间拉上电线，在拖泵处设 2 个彩色灯，一个为红色，一个为绿色，当红灯亮时，表示停止泵送，当绿灯亮时，表示要泵送。而且在 900m 长的斜井中间每隔 200m 设一个信号发生面

板。

3、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 1:1 的砂浆 3m³左右，起到润滑管子内壁的作用。

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，使砼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。

4、洗管：

当砼料泵送完后，把料斗内残余的砼料放干净，用大功率抽水机向料斗加注水，要求水位在水洗过程中始终是满的。在水洗开始之前，拆开锥管向锥管内塞入 2 个海棉球后，再塞入多个纸质的水泥袋并捣实，再接上锥管。然后启动正泵要求连续不停地水洗直至前端冲去海棉球和水泥袋为止。

五、砼料要求：

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

1、混凝土水泥用量必须大于 320kg/m³。

2、砼料中应掺加水泥用量的 15～20%的 I 级粉煤灰以增加保水性和润滑性。

3、砼的坍落度在进入料斗时，必须在 20～23cm 之间。

4、砼料 10 秒的相对泌水率应控制在 35%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。

以上方案仅供参考。 ■

第三章　高铁制梁泵送方案

□ 谢向阳

一、工程概况

全国各地都在如火如荼建设城际高速铁路，如武广、京沪、京津、郑西、石太、哈大等十多条，投资总额超过两万亿元人民币。在铺设铁轨时，要用到大量的箱梁，每片梁长 32.6m，宽 15.4m，高大约 3m，总重量达到 860 吨以上。每片梁砼浇注量达 320m^3，要求在 6 小时内浇注完毕，且混凝土是高标号的 C50，胶凝材料每立方砼中高达 480kg以上，粘性非常大，泵送异常困难。

二 、难点分析

1、混凝土特性分析

配比一：坍落度=200±20mm

表 1　配比一（单位：kg/m^3）

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)阻力大

配比一中胶凝材料为普硅水泥 P·042.5、S95 的矿粉以及 F75 级粉煤灰，每立方砼中胶凝材料为：337+72+72=481kg。

配比二中胶凝材料为水泥加粉煤灰，总量即：356+119=475kg，这就造成高铁制梁用的 C50 标号混凝土非常粘稠，泵送管道阻力达到普通 C30 混凝土的 3 倍以上。

（2）容积效率低

上述两个配比中坍落度尽管都大于 120mm，且符合拖泵的泵送条件，但胶凝材料含量高达 480kg/m3,搅拌好的混凝土非常粘稠，流动性不好，往往要在料斗

内安装振动棒才能将砼料从筛网上振到料斗内，这就造成输送缸吸料严重不足，吸料容积效率从正常的 70%下降到 50%左右，下降幅度达 20%。

2、工程难点分析

（1）浇注速度问题

由于每片梁一次性连续浇注量达 320m3 且要 6 小时以内完成，这就要求用于浇注的拖泵泵送的实际总排量Q>55m3/h,如果再把等工待料的辅助时间（如搅拌车的切换，布料杆的收展，浇注现场的振捣等）考虑进来，则 6 小时内应去掉 2 小时左右的辅助时间、真正用于泵送的时间为 4 小时左右，故要求实际泵送总排量Q≥80m^3/h.

(2)泵送阻力问题

a)布管折算

由于制梁厂混凝土浇注时均采用布料杆布料。布料杆为 3 节式，总共有 8 个弯曲半径为 260mm 的弯头和 8m 左右的垂直管，布料半径通常要大于 18m，才不会有布料盲区。把布料杆上所有的输送管折算成水平长度可达 S1=200m 左右。

每个制梁厂通常布设 6 个以上的制梁工位，每个工位长达 35m，宽 16m，加上每两个工位之间的间距 15m 左右，则 6 个　制梁工位占据的总长度达 300m 左右。假定两座搅拌站设在 300m 的中间，则每台置放在搅拌站下的拖泵水平泵送距离最远达 180m 以上，再加布管时至少要用 4 个 900 的弯头以及工位 16m 宽距，梁位与拖泵之间布管水平折算 S2=180+4×9+16=232m

则总的泵送距离折算 S=S1+S2=432m

b)混凝土阻力

通常用Φ125 通径的水平管泵送 C30 普通混凝土时，如果拖泵实际排量达到 50m3/h，每米水平输送管的砼压损失如下：

当坍落度达到 150mm 时，△P=0.012MPa

当坍落度达到 180mm 时，△P=0.010MPa

当坍落度达到 210mm 时，△P=0.008MPa

但浇梁用的 C50 高强度混凝土的每米水平管砼压损失往往达到 0.03MPa 以上，故该种高标号混凝土泵送管道阻力损失是普通砼的 3 倍以上。

C、计算结果

当泵送水平折算距离达 400m 以上时，需要的有效砼压达 0.03×400=12MPa，扣除拖泵本身的内耗 3MPa，故拖泵最大出口压力要大于 15MPa。

综上所述由于管道长，砼阻力大，造成泵送油压高，恒功率变量大，拖泵只能采取“高压小排量”状态泵送。而不能用“低压大排量”泵送。故任何厂家的最大拖泵单台泵送的排量远远满足不了浇注速度的要求。

三、选型与计算

1、拖泵出口压力选择

该种工程对拖泵出口压力要求高，至少要选出口大于 15MPa 以上的拖泵。故 P 理＞15MPa。

2、拖泵排量选择

根据工程要求实际浇注速度≥80m³/h。我们以HBT80C-1816Ⅲ为例,进行计算 。

表 2　HBT80C-1816Ⅲ参数表

型号	理论排量（m³/h）		出口压力（MPa）		电机功率（kw）	主油缸 内径×行程(mm)	输送缸 内径(mm)
	高压	低压	高压	低压			
HBT80C-1816Ⅲ	50	85	16	10	130	Φ140×1800	Φ200

（A）、当远距离浇注时只能用高压泵送，考虑C50 标号砼吸料的容积效率为 50%，故拖泵“高压小排量”状态泵送时实际排量：Q1=50×50%=25m³/h；

（B）、当采用近距离浇注时可采用“低压大排量”泵送，实际排量：Q2=85×50%=42.5m³/h。

结　论

所以无论是“高压小排量”还是“低压大排量”泵送单台都无法满足实际 80m³/h的浇注速度，故必须选 2 台或 2 台以上才行。

当采取近距离浇注时，拖泵用“低压大排量”泵送，至少要选 2 台 HBT80C-1816Ⅲ同时输送混浇土，其总排量Q=2Q2=2×42.5=85m³/h，才能满足 80m³/h的要求。

当采取拖泵置于搅拌楼下的远距离浇注时，拖泵只能采用“高压小排量”输送，至少要选 4 台HBT80C-1816Ⅲ一起输送砼，其总排量Q=4Q1=4×25=100m³/h。才能满足 80m³/h的要求。

3、拖泵动力选择

一般拖泵电机最大功率可达 160kw，如果采取 Y-△起动，对电网冲击很大，会造成起动困难。同时变压器功率要达到拖泵总功率（几台同时用）的 1.5 倍以上。如果再加上其它大功率用电设备的用时起用，则变压器功率要求很大。

假如制梁厂在建厂初期已考虑了上述情况，能满足供电需要则可选电机泵。一般在 110kw、132kw、160kw 三种功率中选用，低于 110kw 的会造成泵送排量不足而延误施工期，保证不了浇注的质量要求。

假如制梁厂供电不足，则可选柴油发动机作动力，功率选择应在 161kw、181kw、261kw 三个级别中选择。

四、方案与设备配套

方案 A：拖泵靠近制梁工位浇注

（1）设备配套流程表：

表 3　设备配套流程表

流程	搅 拌 → 运 输 → 泵 送 → 布 料				
设备型号	搅拌站 HZS120（260kw）	搅拌车 SY5250GJB（8m³）	拖泵（电机）HBT80C-1816III（132kw ）	拖泵（发动机）HBT120C-2016 III（261kw ）	布料杆 HGY18（18m）
数量	2 座	6 台	2 台	（或 2 台）	2 座
说明	2 台实际每小时大约搅拌 140m³	每 3 台搅拌车供一台拖泵	2 台连续不断泵送实际排量可达 85 m³/h	2 台连续不断泵送实际排量可达 120m³/h	能确保布料无盲区

A、搅拌站

搅拌站必须建 2 座，每座理论搅拌量应达到 120 m³/h，确保供料大于拖泵泵送能力，通常HZS120 站每小时实际达 70m³左右，两座同时搅拌能达到 140 m³/h，大于 80m³/h的浇注速度。

B、搅拌车

搅拌车需要 6 台分成二组。由于搅拌站到拖泵距离很短，每台拖泵由三台 8m³的搅拌车供料，能确保拖泵连续不断地进行“低压大排量”状态泵送。

C、拖泵

如果采用电机泵HBT80C-1816 泵送则每台实际排量可达 42.5 m³/h，两台同时泵送可达 85m³/h，4 小时泵送量可达 340m³，完全能满足施工要求。

如果采用柴油发动机拖泵 HBT120C-2016Ⅲ，其参数表 4。

表 4　柴油发动机拖泵 HBT120C-2016Ⅲ的参数

排量 (m^3/h)		出口压力 (MPa)		发动机功率 (kw)	主油缸 内径×行程 (mm)	输送缸 内径 (mm)
高压	低压	高压	低压			
75	120	16	9	261	Φ160×2000	Φ230

由于其输送缸内径达Φ230mm，吸料性比HBT80C好，容积效率可提高到 55%以上。当采取低压大排量泵送时，实际泵送排量每台可达Q=120×55%=66 m^3/h，两台同时连续泵送，每小时总排量实际可达 132 m^3/h左右，能有效缩短制梁工期，提高效率，一天可轻松完成 2 片梁以上的浇注(含拖泵转场，布料杆重新安装等)。

D、布料杆

此泵送方案只采用 2 台布料杆布料，而每片梁长达 32.6m，宽达 15.4m，如果采用唐山燕峰建筑机械有限公司生产的 HGY13（布料半径为 13m），则有布料盲区。

如果采用 3 节式布料半径为 18m 的布料杆　HGY18，则无任何布料盲区。

方案 B：拖泵远距离直接泵送浇注

（1）方案设备配套流程表：

表 5　方案设备配套流程表

流程	搅 拌 → 泵 送 → 布 料			
设备型号	搅拌站 HZS120（260KW）	拖泵		布料杆 HGY13
		电机泵 HBT80C-1816Ⅲ	柴油泵 HTB80C-1818D	
数量	2 座	4 台	或 4 台	4 座
说明	实际每座搅拌速度 ＞70 m^3/h	每台拖泵实际排量为 25 m^3/h	每台拖泵实际排量可达 30 m^3/h	布料半径为 13m

（2）说明：

a、搅拌站：

由于每座搅拌站下料口处摆放了 2 台拖泵，故在搅拌站下料口与拖泵料斗之间要设分料槽，分料槽的分料开关最好采用气动或液压自动控制，否则人力控制强度太大。

b、拖泵：

无论是电机泵或柴油泵，当泵运距离达到 100m以上时，由于砼阻力大，通常采用“高压小排量”状态泵送，而每台拖泵实际泵送排量在 25m^3/h左右。4 台

拖泵同时泵送时，总排量可达 100m³/h。如果供料能保证连续泵送，则 3.5 小时可完成浇注。

C 、布料杆

梁长度达 32.6m、宽 15.4m，故梁的两个长边各摆放两台布料杆，每边的布料杆间距为 16m。此时布料杆的布料半径只要达到 13m 就可消除布料盲区。

五、方案优劣对比

1、前期设备采购对比

表 6　前期设备采购对比表

序号	设备与型号		单价	方案		说明
				A	B	
1	搅拌站 HZS120		180 万	2 座(360 万)	2 座(360 万)	一样多
2	搅拌车(8m³) SY52 50GJB		45 万	6 辆(270 万)	0	A 方案多投入 270 万
3	拖泵 HBT80C-1816		60 万	2 台(120 万)	4 台(240 万)	A 方案少投入 120 万
4	布料杆	HGY13	12 万	2 座	4 座	A 方案少投入 4 万
		HGY19	16 万	32 万	36 万	
5	输送管 Φ125		2 万/100m	随机配管	至少多购 1000m(20 万)	A 方案少投入 20 万
	合计			782 万	656 万	

从上述对比表中可以看出:

A 方案中的设备总数为 12 套,总投入大约为 782 万;

B 方案的设备总数为 10 套,总投入为 656 万,先期投入 A 方案多 126 万左右。

2、后期成本对比

由于B方案采取远距离泵送，管道阻力大，输送管的磨损快，每个制梁厂假如按 600 片计算，则总的泵送方量达 20 万m³左右，每套管按 2.5 万m³左寿命计，则全部浇注量所消耗的输送管要 8 套，每套 1000m，总计管道的后期成本为 8×20=160 万。而A方案中的近距离泵送则随机配道就能满足全部浇注量所需，无需再购入。

拖泵其它易损件消耗，如输送缸、S 管、砼活塞、眼形板、切割环等，B 方案肯定比 A 方案要多消耗 3 倍以上，后期消费至少达 100 万以上。故输送管和其它易损件的后期消耗的成本 B 方案比 A 方案多 260 万以上。把 A 方案的前期多投入的 126 万除掉后，B 方案仍然要比 A 方案多消耗资金 134 万左右。

3、施工场地对比

A 方案中多了砼料的运输，那么把 6 台搅拌车的转运空间与场地考虑进去，则 A 方案中施工场地要比 B 方案大得许多，建厂前必须把场地因素考虑进去，则征地面积要多些。

4、人力成本对比

表 7　人力成本对比表

序号	内容	人数	
		A 方案	B 方案
1	搅拌楼操作手	2	2
2	搅拌车司机	6	0
3	拖泵操作手	4	8
4	由料杆操作手	2	4
5	布管工人	0	8
6	布料工人	2 组 8 人	4 组 16 人
	合计	22 人	38 人

从上述对比表中可以看出，A 方案所需人力比 B 方案少 16 人，假如工期是 2 年，每人平均月工资为 2000 元，则 16×2000×12=38.4 万元，故 A 方案的人力成本比 B 方案少用 38.4 万元人民币左右。

5、施工进度

由于拖泵靠近梁位泵送，布管少，梁位之间设备转场时间短，故辅助时间消耗少；拖泵泵送时油压低，易损失磨损慢，故维护保养时间也少；拖泵泵送时可采用“低压大排量”状态，“泵送排量大，速度快。上述多因素共同作用下，A 方案的施工速度比 B 方案快，故当施工期很紧时，建议采用 A 方案。

六、实例（京津城际轨道交通工程）

1、中铁十四局北京房桥天津制梁厂

该制梁厂就是采用 B 方案，制梁总数为 605 片,采用 4 台三一重工生产的 HBT80C-1816III电机泵，4 台布料杆型号为 HGY13。搅拌设备为 2 座 120 站，最远泵送距离水平管达到了 300 米左右。实际泵送的油压在 24MPa ，换向次数达 12 次/分钟（高压小排量状态下）。

2、中铁二十二局京津 4#梁厂

该制梁厂采用A方案泵送，制梁总数为 715 片，采用 2 台三一重工生产的 HBT80C-1816III电机泵泵送，布料设备采用 2 座半径为 24m的HGY24 布料杆。同时增加了 6 台 8m^{3}的搅拌车用于搅拌站到拖泵之间的砼料运输，泵送距离只有 20 米

左右。实际泵送的油压在 18MPa ，换向次数达 22 次/分钟（低压大排量状态下）。

■

第四章　东海大桥泵送施工方案

□ 谢向阳

一、工程概况

东海大桥两个主桥墩高 150m，采用 C40 海工混凝土，塌落度 180mm，此混凝土粘性大，泵送困难，采用三一重工 HBT80C-2118D 拖泵，125mm 输送管进行泵送，目前已泵送到了第七层，高度 30m，在泵送第七层起始端时，砼泵压力为 14MPa，泵送第七层终端时，砼泵压力为 18MPa。在起始端及终端管管道情况如表 1。

表 1　起始端及终端管管道情况

	起始端	终端
90 度 R500 弯管	4 个	4 个
90 度 R1000 弯管	3 个	3 个
150-125 锥管	1 个	1 个
水平直管	34m	84m
垂直直管	30m	30m

二、泵送压力需求分析

1．计算模型

泵送混凝土的压力损失取决于两个方面：混凝土的沿程阻力损失P_1及混凝土高度产生的压力，即

$$P = \Delta P_1 \times L + r \times h \quad （1）$$

上式中

ΔP_1 为单位长度压力损失

L 换算成直管后的管道总长度

r 为混凝土的重度

h 为垂直高度

对于海工混凝土，其密度与普通混凝土相差不大，取 $r = 2.6 \times 10^4 N/m^3$

2．单位长度压力损失推算

由于海工混凝土与普通混凝土的差异性，不能参照普通混凝土的参数，按照在 30m 高度处的泵送参数进行单位长度压力损失推算。

A．管路长度

根据实际泵送情况，在 30m 高度时，泵送下横梁起始端 A 处时砼泵压力为 14MPa，泵送下横梁终端 B 处进，砼泵压力为 18MPa，管路中的弯管及锥管按表 2 进行换算。

表 2　管路中的弯管及锥管水平换向长度

类型	水平换向长度（m）
90 度 R500 弯管	12
90 度 R1000 弯管	9
150-125 锥管	8

折算后在 A 处的总长 La 为 150m，B 处总长 Lb 为 200m，高度 h 均为 30m。

B．混凝土压力

泵送使用的 80C 砼泵主油缸缸径为 140mm，输送缸为 200mm，液压系统的压力损失约 3MPa，按此计算出在 A、B 处泵送所需混凝土压力：

$$Pa=(14-3)\times(140/200)^2=5.39MPa$$

$$Pb=(18-3)\times(140/200)^2=7.35MPa$$

C．单位长度压力损失推算

将 A 处的泵送参数 La、Pa 及 r、h 代入公式（1），得

$$5.39=\Delta P_1\times150+2.6\times10^4 30/10^6$$

$$\Delta P_1=0.031MPa/m$$

同时将 B 处的泵送参数 Lb、Pb 及 r、h 代入公式（1），得

$$7.35=\Delta P_1\times200+2.6\times10^4\times30/10^6$$

$$\Delta P_1=0.033MPa/m$$

考虑到混凝土的差异及压力表读数误差，取两处的平均值作为单位长度压力损失，即

$$\Delta P_1=(0.031+0.033)/2=0.032MPa/m$$

3．到 70m 高度时的混凝土压力预测

到 70m 高度时，主要是在垂直方向增加了 40m 高度，水平方向的长度与 30m 处基本相同，弯管及锥管的数目也相同，因此到 50m 高度时换算的总长度为

L=240m，h=70m，代入公式（1），得混凝土的压力 P_{50}

$$P_{50}=\Delta P_1\times L+r\times h=0.032\times 240+2.6\times 10^4\times 70/10^6=9.50MPa$$

4．封顶时混凝土压力预测

到封顶时（150m 高度），与 30m 高度比较，主要是在垂直方向增加了 130m 高度，水平方向的长度减少 20m（顶部较窄），预计增加两个弯管，因此到 150m 高度时换算的总长度为 L=318m，h=150m 代入公式（1），得混凝土的压力 P_{150}

$$P_{150}=\Delta P_1\times L+r\times h=0.032\times 318+2.6\times 10^4\times 150/10^6=14.07MPa$$

三、设备选取型方案

1．使用的三一重工 HBT80C-2118D 拖泵泵送到 70m 高度

三一重工HBT80C-2118D拖泵出口压力为 18MPa，整机功率 181KW。按照上面预测的压力值，砼泵的工作压力约为 25MPa，考虑到混凝土塌落度的损失，可能引起系统压力增加 2-3MPa，最高压力也不会超过 28MPa，此时泵送量约为 30m^3/h。所以，三一重工HBT80C-2118D拖泵完全可胜任 70m高度的泵送任务。

2．将三一重工 HBT80C-2118D 拖泵改装成 HBT80C-2122D，完成 70m 高度以上直至封顶的泵送任务。

由于现场无法更换拖泵，完成 70m高度泵送后，对现场使用的三一重工HBT80C-2118D拖泵进行现场改装，将其主油缸改为 160mm缸径的主油缸，其出口压力可达 22MPa，按照上面预测的压力值，砼泵的工作压力约为 22MPa，考虑到混凝土塌落度的损失，可能引起系统压力增加 2-3MPa，最高压力也不会超过 25MPa。由于主油缸加大，将会引起泵送量降低，到最高处此时泵送量约为 15m^3/h。

3．底部水平管全部用三一重工 125mm 超高压管道，垂直管及顶部水平管用普通高压管，密封圈全部采用三一重工超高压密封圈。

四、保障措施

1．控制混凝土的塌落度

混凝土的塌落度对砼泵的系统压力影响很大，根据现场的经验，塌落度减小 20mm 将会引起砼泵系统压力增加约 3MPa，为保障不会引起砼泵系统压力过分增加，建议采取措施将塌落度控制在 200mm 以上。同时要保障混凝土供应的连续性。

2．配置备用泵

为确保万无一失，准备一台三一重工HBT90CH-2122D超高压砼泵作为备用泵。

表 3　C50 配合比（kg/m³）　　坍落度：180±30mm

材料	水	水泥	砂	石(mm)	外掺料		外加剂
					F1	K2	
品种		PI52.5	中	5-25	I 级	S95	SP-8N
理论用量	150	140	705	1080	185	140	6.51

3．服务及配件

及时的服务及配件供应也是确保顺利泵送的关键，三一重工利用自身的服务优势为泵送保驾护航：在泵送过程中，保证有两名服务工程师 24 小时现场服务，及时解决突发性故障；在施工现场储备易损件及其它备件，保证不因缺件而延误施工。 ■

第五章　贵阳引水工程四十一米竖井泵送方案

□ 谢向阳

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。

本工程泵送施工难点：

1．这样施工情况无类似的工程先例，可供借鉴的经验很少。

2．所泵送的砼，标号低，（砼 C20），不好泵送，特别是远距离，深竖井，机制砂混凝土保水性差易结垢，离析。砂中含粉量大，湿砂用手捏紧后成轩状不易散开，说明砂中石粉含泥量较多，致使所配出的砼易成球，内于外湿。对远距离、深竖井泵送很不利，如无特殊处理泵送不成功即为砼的问题。

3．泵送早强混凝土，要求 8 小时脱模。用户用 A 型早强剂，对泵送时间要求影响及坍落度损失大而影响泵送，暂无法知晓。

4．远距离泵送，全部实际管长 700 米以上，将弯管折算长度大约 750 米左右。始泵即为最远距离，没有总结、积累经验的阶段。另因所购管道为标准配管 150 米，购直管 550 米（含 0.5-1 米管）需接上全部管（几乎 0.5 米均需用上）及胶管才可达最远处所。购直管不足对最远处泵送有影响。

5．向下竖井内垂直向下 41 米对泵送影响及砼要求提高，增加很大难度，特别是管道固定、洗管等影响亦不可低估。

6．洗管的问题、洗管不成功亦可说泵送失败。装拆管困难，时间太长，因机制砂保水差，管内砼离析而无法洗管。洗管距离长，洗管阻力影响及机制砂砼能否保证洗管成功也需实践验证。

一、具体泵送方案：

1．布管方案

根据现场实际情况及用户要求，砼泵放置于竖井口右边。

说明：拟定如左图座标为标准，竖井上方东西方向有 5 吨垂直升降东西方向移动绞车二台，垂直下管处上方有工字形钢梁可作葫芦提升管道支架用。竖井从

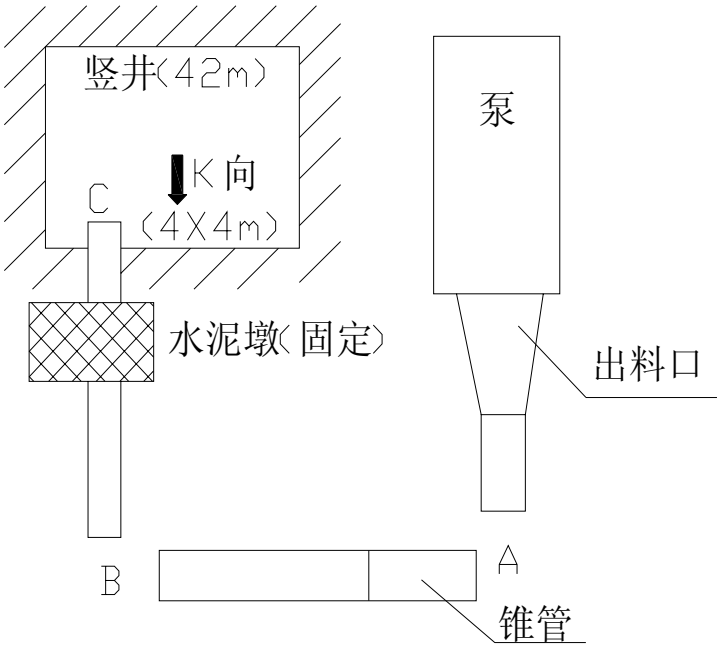


图 1　砼泵地面布置图

下到上四墙面为砼墙面，墙面上可用风钻打孔，加装铆钢作固定、支撑垂直管用，但不会特别牢固可靠。井底中间东西方向有约一米轨道，底部暂非砼地面且积有泥水。

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，下部必须用砼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

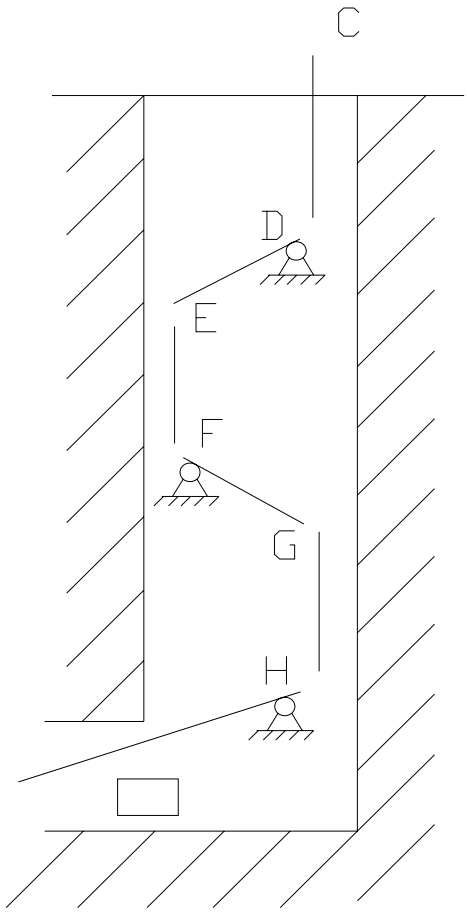


图 2　42 米竖井布管图（K 向）

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－2×4 米）/3=CD 间直管长度，调整取整数合理管长，便于现场安装。

4．插管的设置：以 H-I 之间，地方以方便操作作检查为原则。重点检查插管与插板全开位置两圆必须重合。不得有台阶，否则必须修磨达到重圆。上好足够油脂，水平横装。同时注意全开位置、及防漏性，必要时可采用防漏水处理。如漏浆严重，影响泵送则要考虑应对措施或不适宜应用时取消及接管的方便。

5．主隧道洞内管道以尽量用直管装拆方便，不影响轨道，易于排水、排堵、接管为原则。

二、砼料配比调整（建机所沈工负责）

所用原料必须符合要求（级配、粒径等），设计方面：

1）可考虑 525#改为 425#水泥，以增大水泥用量，达每立方 360kg 左右；

2）筛除部分石粉颗粒，减少石粉量，减少呈球、离析失水、结垢的可能。同时建议掺山砂，用超量粉煤灰每立方 70-90 公斤取代部分机制砂等方案，以改善云贵地区机制砂配制的砼对远距离、向下泵送不宜性。

3）早强减水剂必须以实验来验证，经我公司技术人员认可才能泵送，以免造成不良影响。因其对泵送及坍落度均有不良影响，如有需重新选用减水剂，建议延长脱模时间到 10-12 小时，对砼配比有利，且对整个工期影响不在，不必过分强调此项指标。

4）设计出符合长距离，垂直竖井、机制砂含粉量高三方面兼顾的适宜泵送的坍落度，一般为 15-22 厘米范围，具体以泵送效果作进一步调整。

三、操作方面：

1．上料、搅拌要求。

1）人工上料配比准确，设专人负责监督；

2）搅拌均匀，防止结球，（延长搅拌时间，先干搅然后加水搅拌，搅拌一段时间后再加减水剂等，具体现场决定），建议采用强制式搅拌机，提高搅拌质量。

3）下料保证不偏边，下料时机注意衔接，使砼料均匀，砼料不均时在料斗内搅拌均匀再泵送。

2．泵送施工及通讯保证。

1）泵送 1:1 砂浆，填满竖井内垂直管（约 2 方）。用水泡过的纸质水泥袋托住砂浆。初泵时尽量在料斗内备足砼料，搅拌机内搅好搅满，上料斗内上好原料，推车亦按配比用料上好料，一旦开始泵送，即迅速连续施工泵送，直到打通为好。同时应该将砼泵排量适当调小以配合泵送。

2）整个管道及上部，浇注现象必须保证通讯无阻、可靠、快捷不得有误，各方面人员做好各种准备。

3）不得泵入不符合要求的砼料及空打，尽量保证连续泵送，间断时间尽量缩短（组织上做好安排）如时间稍长可定时泵送一、二次，考虑料斗内备好料，以便泵送。

4）定人、定时检查复杂管段，必要时锤击防堵，发现管卡橡胶圈漏水，及时更换，不能任其自然，备好足够高压 125A 橡胶圈。

5）作好砼泵检查，准备好必需配件、密封件，以防故障及快速处理。（工具、配件、场地、人员方面等给予保证），保证电源及停电时柴油发动保证及水源、水泵。

6）定时检查、调整眼镜板间隙、如达到洗管要求立即更换。建议用户准备眼镜板、切割环一套。

3．建议首次泵送选用现场最优的石子、砂等原料，尽量克服骨料太差的影响，以摸索这种情况下泵送方案可行性。

四、水洗问题：

如不能成功水洗，即使泵送成功亦属失败。

1）3 米直管内事先塞好水泡过的纸质水泥袋，然后编织袋塞紧一套根管，必要时可浸泡在水中，以防失水，锥管中装一个水泡过的柱形海棉球。

2）作好卸管后接管时所需吊具、工具、人员、水源等准备工作。

3）计算好管道内砼料，每 100 米管内为 1.23 方砼料及实际所需砼料及多余部分砼料的排放位置，及水的排放等问题，均考虑安排好。

4）如一次不能清洗整个管道（压力不够时），可考虑从隧道内适合管段（中间位置）拆开，打出部分砼料，然后再接管水洗。这样需考虑增加砼料。

5）用两个 150A 水洗法兰中间用高压水管或胶管联接洗管的构思。

A）目前的水管（14MPa）压力是否达要求压力，16MPa 以上或 32MPa 油管更好。

B）是否需用Φ32 水管来取代现在水管，增大直径则更好。

C）胶管与水洗法兰联接接头的配合及密封保证。

D）所需材料：

国产胶管：JG25（902）3204-32MPa 长 1 米左右两端为直通螺母接头一根；

与上述胶管所配的直通接头两个；

60C-1816 所用的 150A 水洗法兰（需加工，扩孔后按胶管所配的直通接头攻丝）两个；

密封件：相配的“0”圈两个、组合垫圈两个；

洗管方法：按上述洗管方法准备好洗管的管道及锥管（内部已塞好洗管材料）。用两个水洗法兰分别与出料口和锥管的 150A 端相联接，直接泵水，适当将主油泵排量调小以减小胶管压力损失。 ■

第六章　主拱钢管砼灌注施工方案

□ 谢向阳

一、主要技术参数

1．上、下弦钢管（16Mnq）：Φ750×18（边管），Φ750×20（中管）；

2．平联板仓（t=12　16Mnq）：791×500；

3．半跨上弦管长：193.193m；

4．半跨下弦管长：189.689m；

5．拱顶标高：92.045m；

6．地面标高：6.85m；

7．砼：C60 补偿收缩泵送砼；

8．砼灌注总量：2903.5m^3。

二、主要设备

1．三一 HBT60C 砼输送泵 6 台；

2．楚天 HBT60 砼输送泵 1 台；

3．ELBA EMC60 拌和楼 1 套（产量 40m^3/h）；

4．EMS 750A强制式拌和机 3 套（产量 15 m^3/h）；

5．750 滚筒拌和机 2 套（产量 15 m^3/h）；

6．Φ125mm 输送管 1000 米。

三、砼配合比设计

设计钢管内砼为C60 高强补偿收缩泵送砼。砼的配合比委托广东省物料实验检测中心设计。砼应满足的各项设计指标：膨胀率I_s=0.000~0.05%，弹性模量En≥36500MPa，抗拉标准强度R^b_l≥3.4MPa，轴心抗压强度R^b≥42.0MPa，缓凝时间不低于 5 小时。

通过广东省物料实验检测中心的砼设计，各项基本指标均达到设计指标，同时根据现场砼实验结果，各项指标均满足施工要求。

膨胀率I_s=0.03%；

3D 强度达到标准试验强度（60 号）的 87%；

28D 强度达 70MPa；

缓凝时间达到 6 小时以上；

配合比=水泥：砂：石：水：U：si=1：1.39：1.92：0.35：0.12：0.01

表 1　砼配合比

水灰比	含砂率（%）	坍落度（mm）	质量密度（kg/m3）	材料用量（kg/m3）						抗拉强度（MPa）		
				水泥	砂	石	水	混合材 U	外加剂 si	3d	7d	28d
0.35	42	185	2370	495	688	949	174	59.43	4.95	58.5	68.1	72.0

另根据第七次专家会议的精神，建议钢管内灌注砼时不使用膨胀剂。

四、砼灌注

1．输送管布置

主输送管用全新输送管从主输送泵直接接通到拱脚灌注口，灌注口设置活动阀门，以备在灌注过程中在发生意外情况及砼灌注到位时临时关闭之用。另从拱脚至拱顶铺设一条备用管道，以便在灌注需要时能方便地在所需位置布置灌注口继续灌注。

拱脚灌注口设于拱脚固结段，距拱座砼面约 2 米，与弦管轴线方向成 30 度夹角。在灌注过程中若因意外原因需要重新布置灌注孔时，其形式与上述布置相同。上述管道及灌注口的布置示意见图 1。

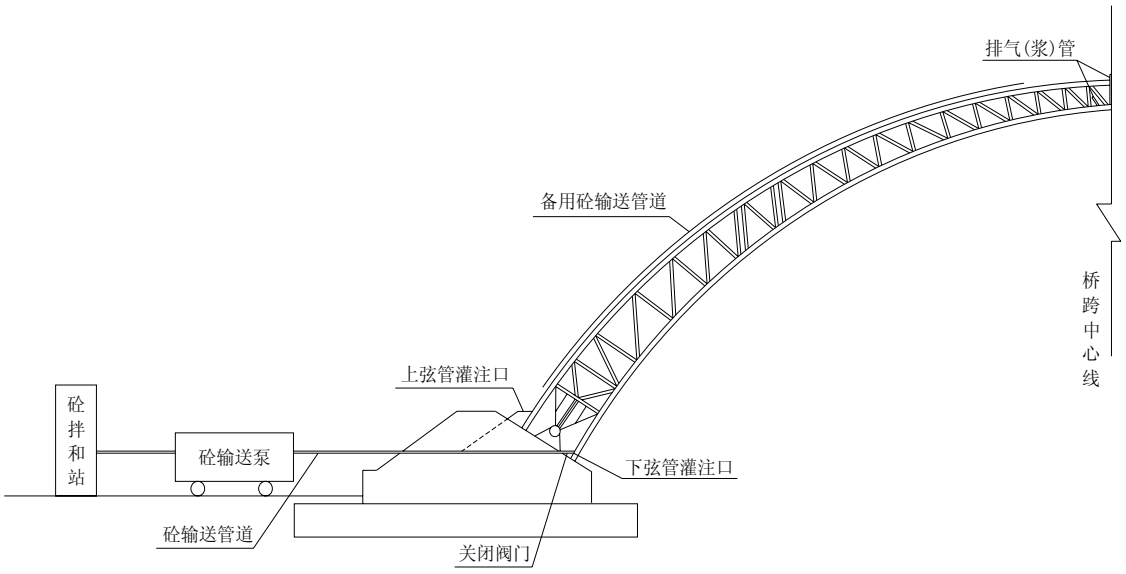


图 1　主拱钢管砼灌注示意图

2．拌和及输送设备布置

拌和设备广氮岸配备 4 套砼拌和设备（均有自动计量系统），可保证在 1~2 台发生机械故障的情况下保持砼的连续灌注；沙贝岸配备 3 套拌和设备；两岸均各自配备 3 台砼输送泵。详见图 2。

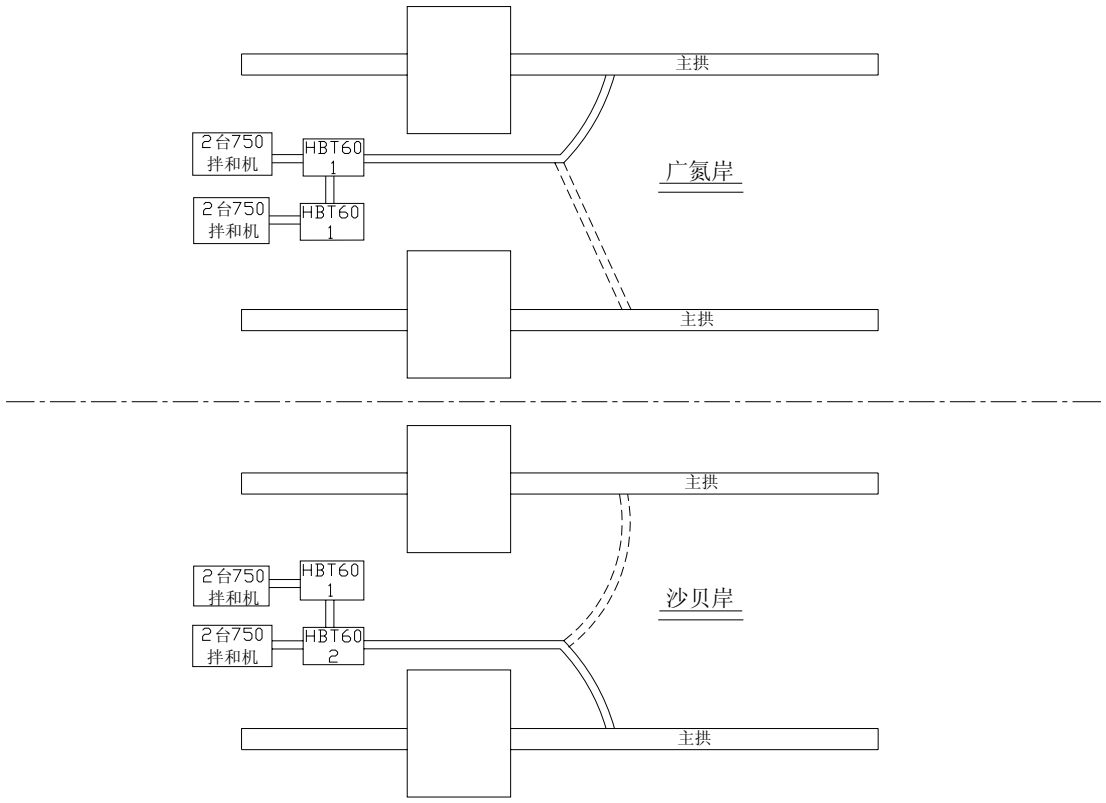


图 2　砼灌注设备平面布置示意图

3．拱顶排气（浆）孔也振捣孔布置

为保证管内砼的品质，砼灌注后期必须从拱顶将管道内的润滑水泥浆、砂浆及在管内灌注过程中被异物、铁锈污染的砼全部排出管外，为此在拱顶适当位置设置高 100 厘米、直径大于 125mm 的排气管，并在两排气管间设置钢隔板。拱顶异物全部排出管外后，用小振捣棒局部振捣，以保证拱顶砼的密度，当砼达到一定强度后，切除排气管，用同等厚度钢板补焊，保证钢管的完整性，详细布置见图 2。平联板的排气（浆）孔也振捣孔布置与弦管相同。

4．砼灌注前的准备工作

（1）机械设备检修

砼灌注前现场各机械设备均要求重新进行检修，各种易损件要求进行重新更换，以保证灌注时机械设备的完好率。砼安全阀必须灵活、实用，主输送管要求用全新管道。

（2）接缝处理及管内废渣清除

砼灌注时从主输送泵到钢管接口处，由于压力较大，接口焊接要求牢固、结实。拱脚接缝弦管砼及平联板内的砼表面浮渣应予以清除，并严格按照工作缝要求将砼表面凿毛。

在灌注前从拱顶排气管内注水，对弦管和平联板内，所有废渣及锈迹完全清洗，并由拱脚设置的排渣孔全部排出，清洗完成后，封固焊接排渣孔。

5．砼灌注工艺

（1）拱脚段

拱脚段从拱座砼面至灌注孔部分采用人工灌注，插入式振捣器振捣密实。

（2）弦管

在拱脚段砼灌注完成后，即可同时从两岸由拱脚至拱顶一次灌注完成，灌注过程做到两岸同步对称，上下游两肋对称。进行砼灌注时，先灌注两盘等强度水泥砂浆，待砼压至拱顶，砂浆全部由排气（浆）管排出，冒出砼后即停止泵送，关闭灌注口闸阀，由排气（浆）管插入振捣器将拱顶部位的砼振捣密实。上、下弦半拱单管砼压注量均在 75~77m^{3}之间，按每小时灌注量 25 m^{3}计，单管半拱灌注时间约需 3 小时。

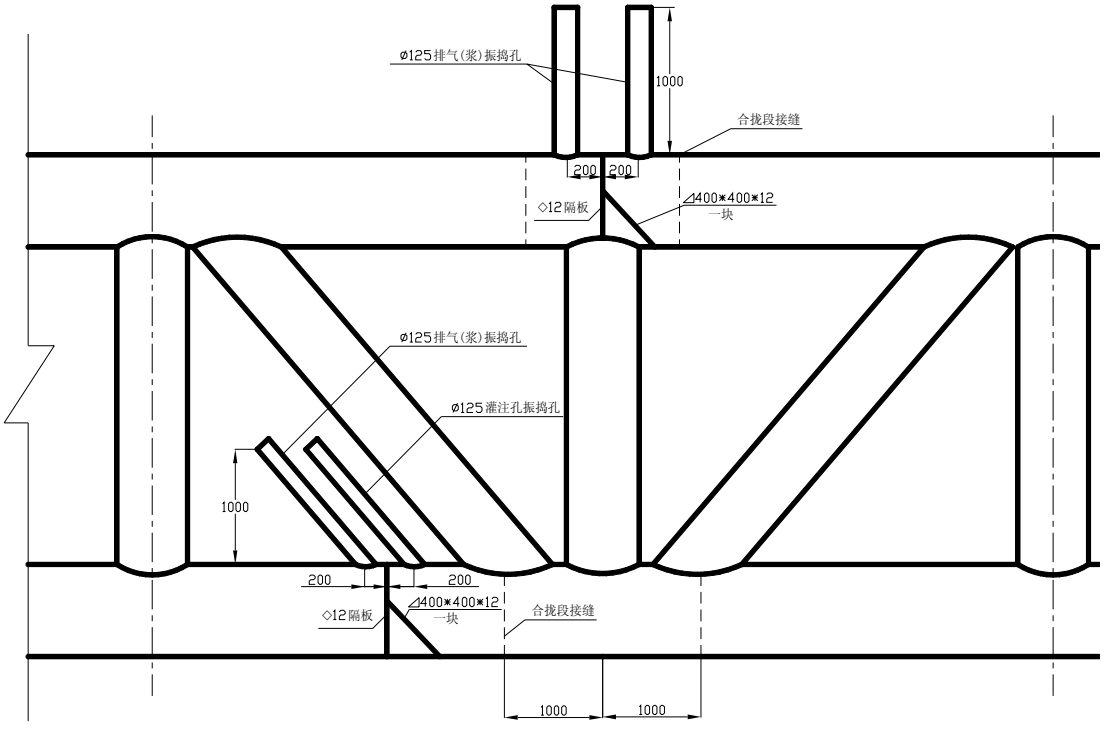


图 3　拱顶排气（浆）管、灌注振捣孔布置示意图

（3）平联板仓

平联板内的砼采取分段灌注法进行，分段长度由平联板间的拉杆强度控制来确定，即在分段长度内由砼压力产生的拉杆应力不大于拉杆的抗拉强度。经计算分段高差不超过 14.7 米，半拱从拱脚至拱顶按等高度原则共分 6 段（分段位置见图 4）。在每一分段处均焊好灌注口，每段灌注方法与钢管砼不同，砼是自上

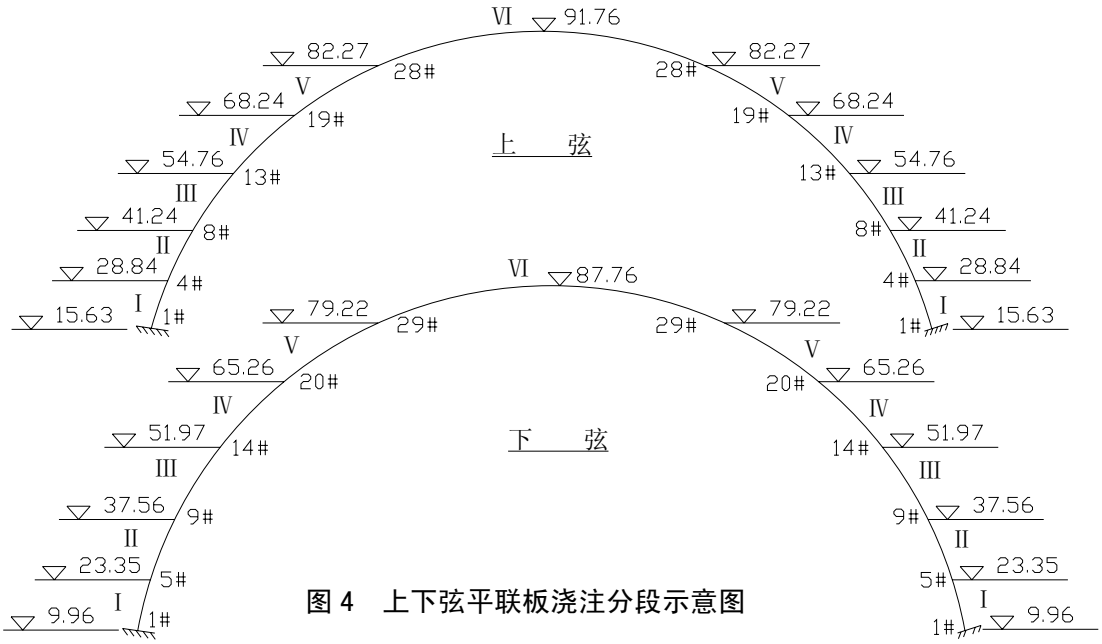


图 4　上下弦平联板浇注分段示意图

而下灌注，用振捣棒边灌注砼边振捣密实，每段灌注完成后，立即封闭灌注孔。上段砼灌注应在下段砼初凝前开始，如此连续分段灌注各段砼，直至拱顶。

（4）砼灌注顺序

根据第七次专家会议的精神，为更有效地集中现场的机具设备、技术管理、监控监测等各项力量，确保钢管砼灌注一次成功，同时利用砼灌注加载过程对现有拱肋轴线偏移进行纠偏，对灌注方案作如下调整：

灌注顺序按照单边灌注，先管后板，先下弦后上弦的原则进行安排，共分 16 个阶段，弦管灌注在前面 1~6 阶段荷载偏向下游两根弦管，目的是利用下游先加载并形成一定刚度进行轴线纠偏，至第 8 阶段上下游弦管全部灌注完成。以上灌注阶段安排视测量结果轴线偏移情况必要时可进行适当调整，上述各阶段的灌注均在其前一阶段灌注的砼强度达到设计值的 80%后进行。此时拱肋钢管砼已具有较大的刚度。在此之后的 9~16 阶段按两边先后对称灌注的顺序完成平联板砼的灌注。在平联板部分灌注过程，每次灌注的轴线偏移值已很微小，且两边先后对称灌注可使轴线偏位恢复。上述 10~16 阶段的灌注不考虑其前一阶段灌注的砼强

度。

本灌注顺序等设计院计算通过后实施。

（5）浪风设置

为提高灌注过程拱肋的稳定安全系数，同时达到纠偏的目的，恢复原拱肋合拢时的浪风，上游每根浪风的拉力为 10 吨，下游每根浪风的拉力为 40 吨。

（6）进度安排

1~8 阶段按每阶段 3 天考虑，要求每阶段砼强度达到设计强度的 80%后方能进行下一阶段的灌注。

9~16 阶段按每天一个阶段安排，不考虑前一阶段砼的强度。

钢管砼灌注工作拟在 2000 年 1 月 25 日开始，2 月 29 日全部完成（包括系杆张拉）共计 36 天，详见“主拱钢管砼灌注施工进度计划横道图”。

（7）系杆张拉阶段调整

由于灌注顺序改变，系杆的张拉阶段需进行相应的调整，根据原设计施工步骤安排，在钢管砼灌注开始前已进行了第一阶段系杆张拉，索力总计为 2000 吨，拱座的不平衡反力为 1200 吨。灌注顺序改变后的系杆张拉阶段调整如下：

a．在完成 1~8 阶段的灌注，即弦管部份的灌注全部完成后，拱座的不平衡反力为 3660 吨，此时进行第二阶段系杆张拉，索力总计为 4000 吨，拱座的不平衡反力为 1600 吨。

b．在完成 9~10 阶段的灌注，即平联板部分的灌注全部完成后，拱座的不平衡反力为 2940 吨，此时进行第三阶段系杆张拉，索力总计为 6000 吨，拱座的不平衡反力为 940 吨。

五、故障处理措施

1．砼输送管堵塞

当灌注过程发生堵管时，先用砼输送泵的反泵功能疏通，如反泵处理无效，应立即停机并查出堵塞部位，关闭灌注口闸阀，将堵塞管节拆下，清除堵塞砼，重新接好管道，继续开机泵送砼。

2．砼输送管爆裂

立即停机并关闭灌注口闸阀，更换损坏的管道后即可继续开机泵送砼。

3．钢管内堵塞

当发生堵管现象，并经检查确认堵管部位不在输送管段内后，立即停机并关闭灌注口闸阀，拆开管道与闸阀接头，将管道内砼全部排出管外，同时在钢管内砼顶面以下一定距离（约 2 米）位置开孔将顶部的砂浆全部排出管外，从孔口插入振捣器将顶部一定范围内的砼振捣密实，接着在孔口焊接备好的灌注管口，并与事先铺好的备用管道接好，按初始开机灌注的要求继续灌注砼直至拱顶。

4．钢管或平联板胀裂

经验算，在正常灌注情况下，钢管管壁的焊缝抗拉及抗剪强度均安全。一旦发生胀裂，应立即停止灌注，关闭灌注口闸阀，在弦管内距砼顶面以下一定距离部位开孔将顶部的砂浆完全排出管外，再插入振捣器将顶部一定范围的砼振捣密实，待已灌砼达到一定强度后再在开孔处接好灌注管口，重新灌注未灌注部分砼直至拱顶（平联板在原灌注孔处接好灌注管口，继续由上向下灌注砼）。裂缝的修补应将胀出的砼凿掉，尽量将胀裂部位变形的钢管复原，再将裂缝焊好。裂缝修补时应留压浆孔，待焊接处理完后将等强度水泥浆压满内部空隙。

5．机械故障

如砼输送泵出现故障，应立即停机检查，找出故障部位并尽快排除。如故障严重，估计短时内无法处理时，应立即更换备用泵，如故障排除或更换备用泵后无法继续泵送，则按钢管或平联板内堵塞处理办法处理后再继续灌注。

六、注意事项

1．在钢管砼施工前对所有砼拌和、输送设备进行全面的检修，确保施工时设备保持良好的工作状态。

2．对备用发电机组进行全面检修，以便电网发生临时停电时能立即恢复供电。

3．主送管道应尽量选用较新的管节，备用管道的铺设应将较好的管节放在下面。

4．砂、石材料需经工地试验室严格按有关规范抽检合格。

5．所用的水泥和外加剂要有出厂合格证明。

6．工地试验室应有技术人员专人负责监视砼拌和站的出料情况，严格控制砼配合比，定时检测砼坍落度，发现异常现象立即查明原因并进行调整。发现砼坍落度不合要求或品质明显不良的砼严禁进入输送泵料斗。

7．平联板内的砼不加缓凝剂。

8．为控制平联板的变形，平联板的砼灌注时间应延长。

9．注意做好砼试件取样，以满足工序过程及强度控制需要。

10．平联板内灌注过程应特别注意观察，发现变形过大应立即停止灌注。

11．弦管及平联板内冲水清洗应在拱脚段砼灌注完成后进行。

12．在主拱肋管或平联板砼灌注时，应边灌边用高压水管冲洗从灌注孔、振捣孔、出气孔溢出的水泥浆，保护拱肋的清洁。

13．当出现堵管采用反泵疏通时，应注意反泵不宜过多，否则会使堵管更严重。

14．为使减水剂、膨胀剂等外加剂能搅拌均匀，砼机械搅拌时间应较正常搅拌延长 1~2 分钟。 ■

第七章　上海环球 101 工程中的典型施工

□ 毛 参

由日本森大厦株式会社的全额子公司森海外株式会社及日本具有代表性的银行、保险公司、商社等 36 家企业，偕同政府系统机构日本海外经济协力基金(OECF)联合投资的上海环球金融中心。位于陆家嘴金融贸易区，工程地块面积为 3 万平方米，总建筑面积达 38.16 万平方米，毗邻金茂大厦。该工程地上 101 层，地下 3 层，建筑主体高度达 492 米，比目前中国第一高楼金茂大厦还要高 72 米，将成为目前世界上最高、最先进的智能型综合大楼之一。大楼设计将玻璃与金属所表现出的精湛无比的表面，覆盖在简洁、流畅且富有表情的几何体形上，使其姿态随观看角度而变幻无穷。大厦顶部设有 2 处观光天桥，使人们可以在世界最高建筑物上感受前所未有的空间感。大厦由美国 KPF 事务所设计，大厦竣工后，将为世界各国的银行、金融机构提供最尖端的商务空间，使之成为真正的世界金融中心。

混凝土工程简介

上海环球金融中心混凝土工程总方量为234500m³，地面(±0.00)以上混凝土方量为99800m³，最大泵送高度达到492m。

工程混凝土采用强度等级C30-C60，塔楼底板C40、楼板C30、墙、柱C60-C40，巨型柱与巨型斜撑钢结构、屋顶周边桁架内部均灌高流态混凝土。（见表1）

超高空高强混凝土的输送是工程的重点，其分布情况见表2。

表 1　工程混凝土强度等级				
序号	部　位		混凝土强度等级	备　注
1	塔楼墙体	F79 以上	C40	坍落度 18cm
		F60-F79	C50	坍落度 18cm
		F60 以下	C60	坍落度 18cm
2	巨型柱外包混凝土	F80 以上	C40	坍落度 18cm
		F68-F80	C50	坍落度 18cm
		F68 以下	C60	坍落度 18cm
3	塔楼楼板		C30	坍落度 18cm
4	钢结构内灌混凝土	巨型柱	C40 C50 C60	分布同外包混凝土扩展度 55+7.5cm
		巨型斜撑	C40	扩展度 55+7.5cm
		F6 外筒箱型梁	C50	
		核芯筒 B3-B1 钢骨	C60	
		核芯筒 F79-F91 钢骨	C40	
5	裙房梁、板、柱		C40	坍落度 18cm

表2　超高空高强混凝土分布情况表			
序号	混凝土强度等级	部　位	最大高度 m
1	C60	核心筒F60以下	260.15
2		巨型柱F68以下	293.75
3	C50	核心筒F60-F79	340.15
4		巨型柱F68-F80	344.3
5	C40	核心筒F79-F91	404.175
6		巨型柱F80以上	491
7	C30	楼板	491

表3　混凝土结构分布				
序号	部位		厚度（mm）	浇筑量
1	底板		4000-4500	共 20160m^{3}分两次浇筑
2	筒体	B3-B1	内筒：1800　外筒：1000-3400	最大单层 3990.50 m^3/层
		F1-F6	1600-1800	993.80 m^3/层
		F6-F19	1400	580 m^3/层
		F19-F31	1150	478 m^3/层
		F31-F43	900	370 m^3/层
		F43-F55	750	312 m^3 /层
		F55-F67	650	306.03 m^3/层
		F67-F79	550	219.14 m^3/层
		F79-F91	500	82 m^3/层
3	巨型柱		最薄处 500-2000	A柱：单根单层最大 118 m^3 B柱：单根单层最大 136 m^3

塔楼底板厚4.5m，面积7800 m^2，混凝土方量20160 m^3，单次浇筑量达12509 m^3，确保浇筑顺利进行是关键。

据表3的数据分析，泵送这样的高度和这种级配高的混凝土，要求混凝土设备必须具备超强的可泵送性和优良的稳定性，所以上海一建客户采用我司三台HBT90CH-2135D混凝土输送泵来完成此项重点工程的混凝土作业。

混凝土输送泵作业情况及典型案例

一、混凝土泵参数

根据工程情况，我们使用HBT90CH-2135D混凝土输送泵。其参数如表4。

表 4　HBT90CH-2135D 混凝土输送泵

技术参数		HBT90CH-2135D	
整机质量	kg	13000	
外型尺寸	mm	7450×2480×2950	
理论混凝土输送量	m³/h	87/53	
理论混凝土输送压力	MPa	19/35	
主油缸直径×行程	mm	Φ180×2100	
输送缸直径×行程	mm	Φ180×2100	
主油泵排量	cm³/r	260×2	
柴油机功率	kW	273×2	
上料高度	mm	1420	
料斗容积	m³	0.7	
理论最大输送距离（125mm 管）	m	水平 2500	垂直 835

二、混凝土配合比（常温季节使用）如表5。

表 5　混凝土配比（常温季节使用）

C50 混凝土			扩展度为 550±75mm 混凝土				
材料名称	水	水泥	砂	碎石	粉煤灰	矿粉	外加剂
品种规格	自来水	P042.5	中砂	5-20mm	II 级灰	S95	3301
单方用量	170	340	820	940	80	50	4.68
C40 混凝土			扩展度为 550±75mm 混凝土				
材料名称	水	水泥	砂	碎石	粉煤灰	矿粉	外加剂
品种规格	自来水	P042.5	中砂	5-20mm	II 级灰	S95	3301
单方用量	170	300	850	950	80	50	4.02
C50 混凝土			扩展度为 180±30mm 混凝土				
材料名称	水	水泥	砂	碎石	粉煤灰	矿粉	外加剂
品种规格	自来水	P042.5	中砂	5-25mm	II 级灰	S95	3301
单方用量	170	310	800	980	70	70	3.61
C40 混凝土			扩展度为 180±75mm 混凝土				
材料名称	水	水泥	砂	碎石	粉煤灰	矿粉	外加剂
品种规格	自来水	P042.5	中砂	5-25mm	II 级灰	S95	3301
单方用量	175	270	855	980	70	50	2.88
C30 混凝土			扩展度为 550±75mm 混凝土				
材料名称	水	水泥	砂	碎石	粉煤灰	矿粉	外加剂
品种规格	自来水	P042.5	中砂	5-25mm	II 级灰	S95	3301
单方用量	180	240	880	960	70	50	2.46

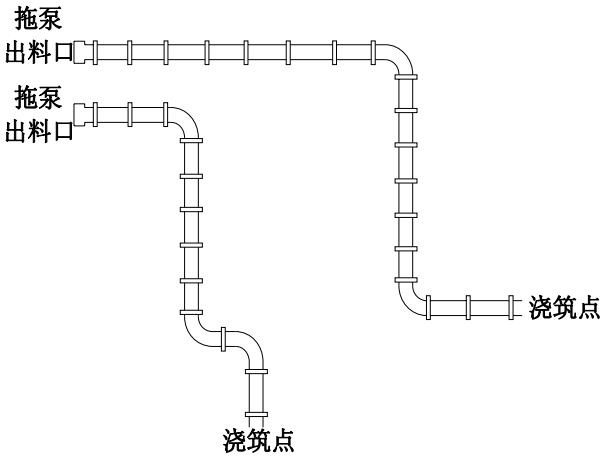
三、管道布置

方案说明：

1．混凝土泵三台，其中一台备用；

2．铺设输送管 2 条，每台混凝土泵对应 1 条输送管；

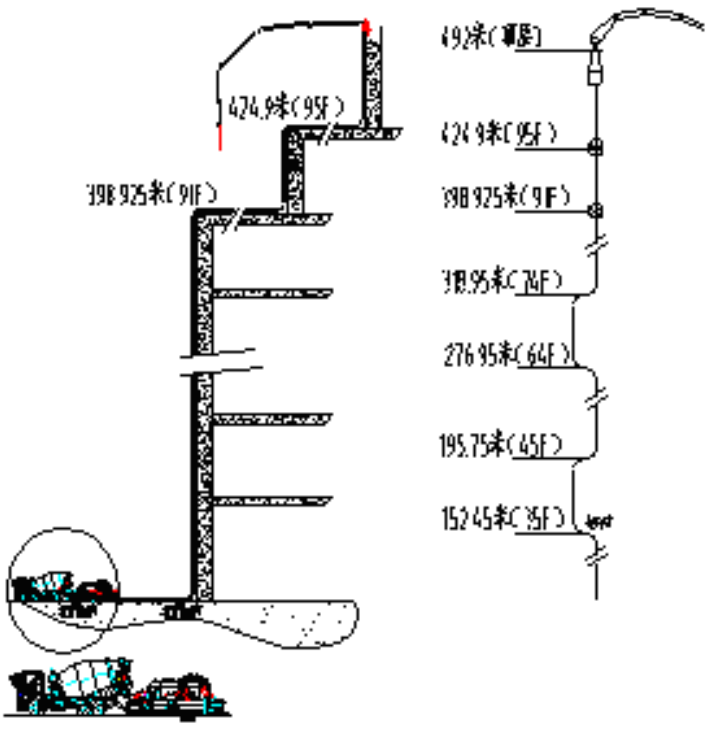
3．提供混凝土输送管总长为1300m，在泵出口处设有液压截止阀。



四、砼管设计

超高层泵送中，输送管是一个非常重要的因素。考虑到本工程施工用的都是C60以上的高强度混凝土，粘性非常大，较低的混凝土流动速度有利于泵送。我们推荐在此工程中采用内径为125mm的输送管道。

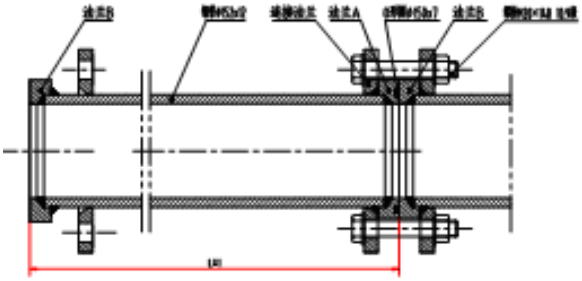
这次在上海环球工程中，泵送混凝土总方量为 99800 方，最大泵送高度达到492m。因为中途更换管子很困难，为了确保一套管子打完整个工程，我们采用 45 号钢，管子内径Φ125，管壁厚 12mm，调质后内表面高频淬火，硬度 HRC55-60，寿命比普通 20 钢管子提高 2-3 倍。



应急处理故障，现在在二楼也安装了一个液压截止阀。

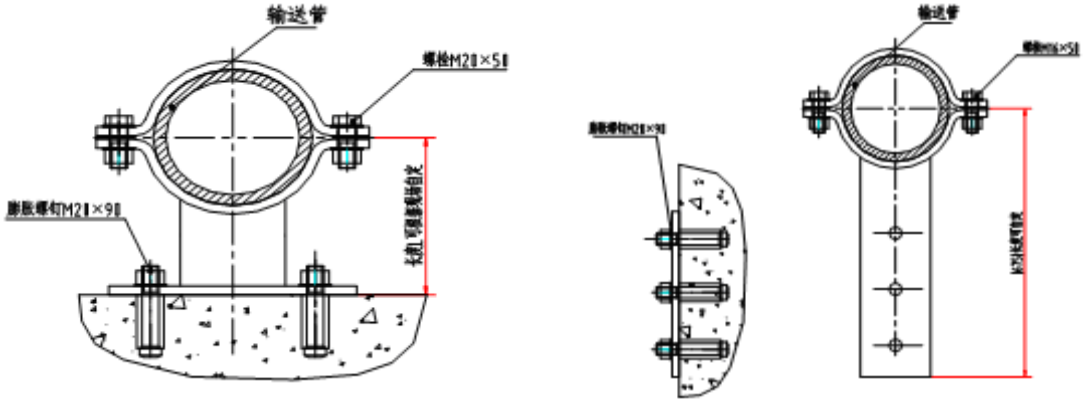
同时为保证 35MPa

高压水洗的密封性，我们采用 O 形密封圈的密封结构。采用活动法兰螺栓紧固结构联接，方便接管。砼管联接结构如右图。

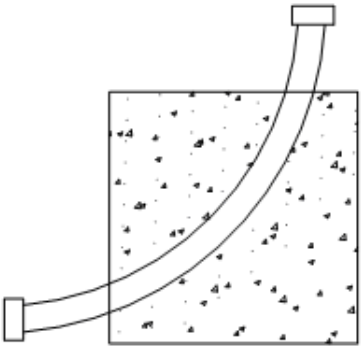


五、砼管固定

1. 砼管固定装置 A 用于将输送管固定在水泥地板上和墙壁上，安装高度可根据施工实际情况确定；底板用 4 个 M20×90 的膨胀螺钉固定。



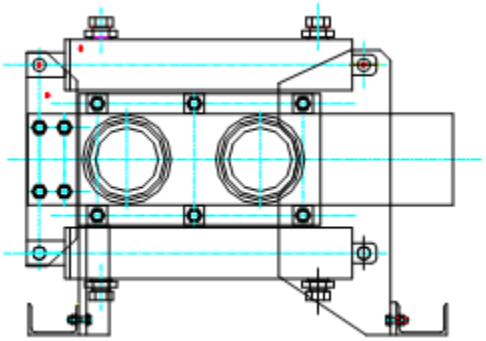
2. 砼管固定装置 B 用于将输送管固定在水泥楼层面上，安装高度可根据施工实际情况确定；底板用 3 个 M20×90 的膨胀螺钉固定。



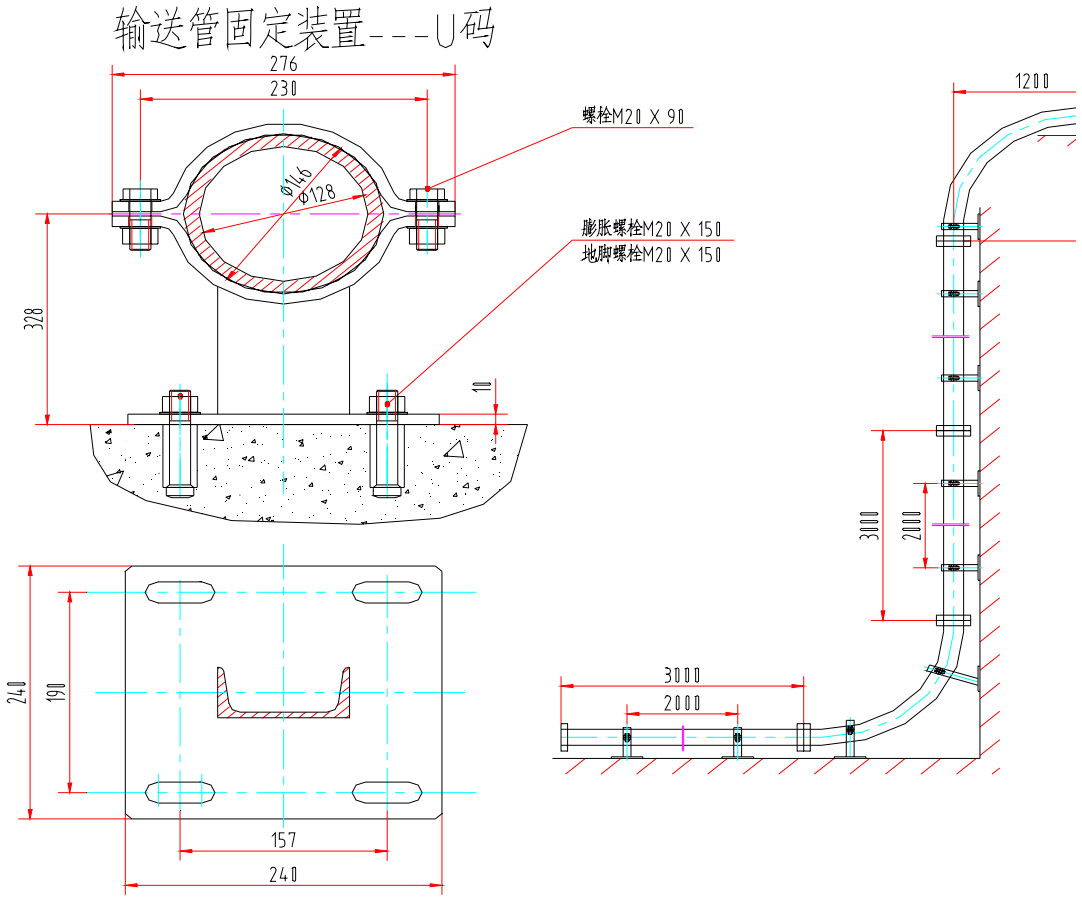
3. 在地面水平管与垂直管路之弯管采用混凝土方式固定，以承受垂直管道混凝土之压力，避免发生松动。

六、插管（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，在混凝土泵至垂直泵管之间的水平管段接入插管（截止阀），如下图，用于阻止垂直泵管内混凝土回流。



水平面与垂直面输送管的固定



插管（截止阀）由独立的液压系统控制。旨在混凝土泵出现问题时仍然有效。

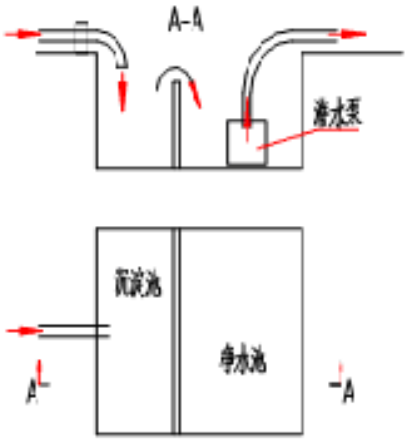
七、管道的水洗技术

1．概述

传统的超高层泵送管路清洗方式为：混凝土浇筑完成后，将海棉球塞入浇筑层之管头，再打开 1 楼的截止阀，则管路中混凝土因自重作用而下降，在下降的时候造成真空将海绵球吸下从而

清洗管壁，等到海绵球被吸到 9 楼左右，此时管中混凝土因流动阻力与自重压力平衡，再利用水泵泵送高压水沿着副管至 9 楼，再经混凝土高压管将 9 楼以下管中混凝土回流至搅拌运输车中，如此完成整个管路的清洗作业。此种清洗方法需要另接一套副管至 9 楼，同时回收的混凝土因不能重复利用而浪费。

三一重工利用专利技术的砼活塞、自动补偿磨损间隙的专利眼镜板、切割环及管路的良好密封性，采用世界上独一无二的水洗技术，直接用混凝土泵泵送水洗，使三一产品能够做到泵送多高，水洗多高。水洗输送管可以最大限度利用管道中的混凝土，减少混凝土浪费和对施工环境的污染。利用此种水洗方法在香港环球金融中心工程中成功水洗至 406 米，且每次水洗节约混凝土 5-8 立方。



2、水洗的准备

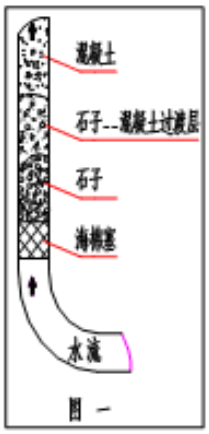
1） 在泵旁边建一个水池或建二个水箱（容积约 9 立方米），接二根水管到二台泵旁边，作水洗之循环利用。

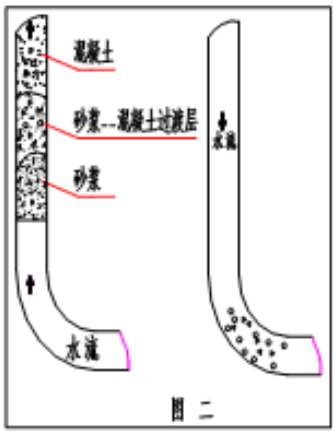
2）制作二个斗（容积约 1-2 立方米）。用于承接水洗时不干净的混凝土和部分脏水。

3、水洗原理与方法

1）60 米以下高度时，采用图一所示用海绵塞的水洗方法。

2）60 米以上高度时，采用图二所示不用海绵塞的水洗方法。因为，如果仍用海绵塞，由于海绵塞不能完全对高压水密封，渗过海绵塞的高压水形成小激流，流速比海绵塞快，从而冲走混凝土





的砂浆，使海绵塞前的石子越积越多，当水流推力不足以克服石料自重和阻力时，就会发生堵管。而采用图二所示水洗方法，用混凝土泵先直接泵一料斗砂浆再泵水清洗，且不用海绵塞，其原理几乎与泵送混凝土的原理完全一样。不会出现石子越积越多的现象，从而实现泵送多高，水洗多高。当浇筑层之管头出现过渡层混凝土（与正常混凝土不一样）时，用斗承接过渡层的混凝土，直到出水。然后反抽，首先残留石子在自重作用下，沉入管路底层，反抽形成真空，在高层水柱压力作用下，将残留石子吸压回料斗，如此完成整个管路清洗。

以上是公司向环球推荐的洗水方案，我们参照此法与现场实际情况结合，采用直接水洗的方式完成洗管工作：

1、 备砂浆3方，备一台装满水的搅拌车，备一个消防龙头并将水管接好；

2、 泵送最后一方混凝土后在料内加入砂浆继续泵送，待砂浆快泵完后将搅拌车中的水加入料斗并同时打开消防龙头加水入料斗继续泵送；

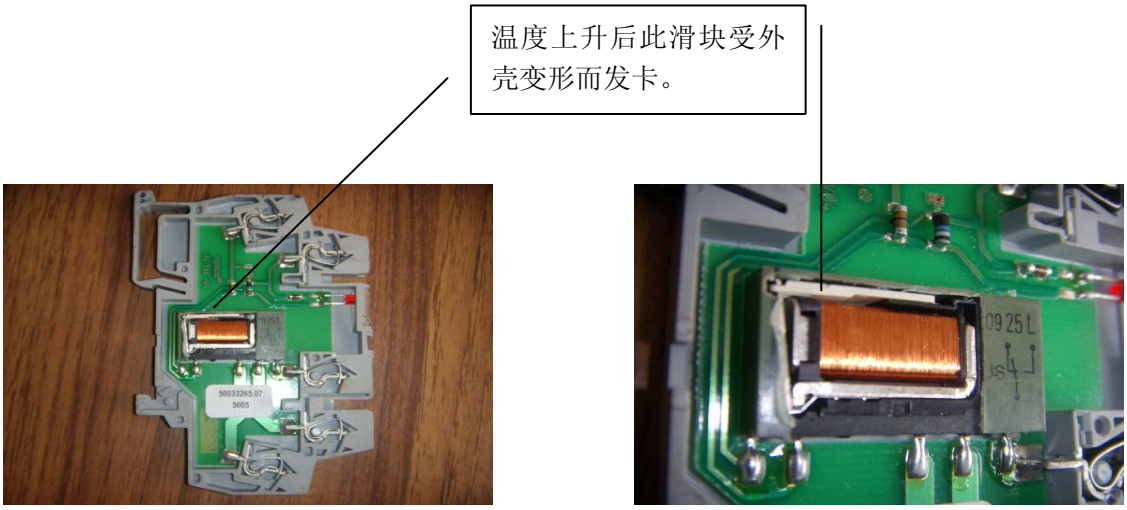
3、 待垂直管砂浆开始冒出并带有混水时停止泵送，打开一楼截止阀，拆掉出料口与截止阀之间的所有泵管并清洗；

4、 关闭截止阀利用自重将管道中的污水排出、排净，再次打开截止阀并在高层出料口加入清水，待加满管后关闭截止阀将管道内的砂子泥浆冲出至出清水且水中无明显砂浆为止。

八、故障案例

2005年11月16日上海建工使用三一六台混凝土拖泵及一台42米泵车作为环球101工程基础建设的主打力量，连续浇灌三万方C60加早强剂的混凝土，并圆满完成。

2006年6月26日当主体泵送到34层时，编号为0509030607#、型号为HBT90CH-2135D的输送泵出现主系统偶尔无压力现象，当时使用的混凝土也是C60加早强剂的，如待料30分钟便有可能出现堵管，情况十分不稳定，当时混凝土塌落度为180±30mm，环镜温度约32度（气温很高），起初怀疑是液压系统故障，在工地上观察了一晚上发生了两次，但只要停机检查几分钟后又能正常工作，



第二天把主系统插装阀也更换了仍有此种现象。等到下一次泵送（一般为晚上工作）再次观察，仍然是C60加早剂的混凝土，塌落度与上述一样，环镜温度约为27度，观察了一晚上又没发现有些故障了。但好景不长，再次泵送又出现主系统无压力现象，再次观察发现发生此故障时为不间断泵送，且环镜温度高于30度以上，同时发现故障出现时，控制电磁铁DT1的43号片式继电器（KA7）指示灯亮，但常开触点并未闭合，打开电控柜过几分钟后能恢复正常，又怀凝是否因电控柜内温度高了以后影响到了继电器线圈的电阻变化而导致片式继电器触点吸合不良。后拿该故障片式继电器带回作试验，将继电器线圈接上DC24V电源，用万用表检测常开触点，能正常闭合，再将其整体加热到约45~50度左右（条件有限，温度只能估计），发现触点呈间断性闭合，恢复到室温后工作正常。更深一步解剖检查发现片式继电器的常开端闭合要通过电磁力作用片式继电器线圈装置内部的一个塑性滑块。当该处累积到一定温度时电磁铁塑料外壳就会产生塑性变形，外壳阻碍了滑块的活动，电磁铁的吸合受到影响，最后得出结果：当时外部环境温度较高，电控柜内无通风口，且片式继电器挤在一起，电子元件本身产生一定的热量累积后所致。问题查出，最后用两个片式继电器并联同时控制DT1主系统溢流电磁铁，并将片式继电器每片间隙分开一点，一直工作到现在都没出现过主系统无压力现象。

至2007年5月23日上海环球101工程现已泵送到88层约390米高，工程预计在

2007年9月9日进行封顶，现在工作压力始终控制在20MPa以内，使用三一产品的客户对该泵信心十足，工程上也对混凝土输送泵HBT90CH-2135D另眼相待，相信在我们共同努力之下，定能刷新一个新的世界纪录。 ■

第八章　南京紫峰大厦工程中的典型施工

□ 刘洪陵

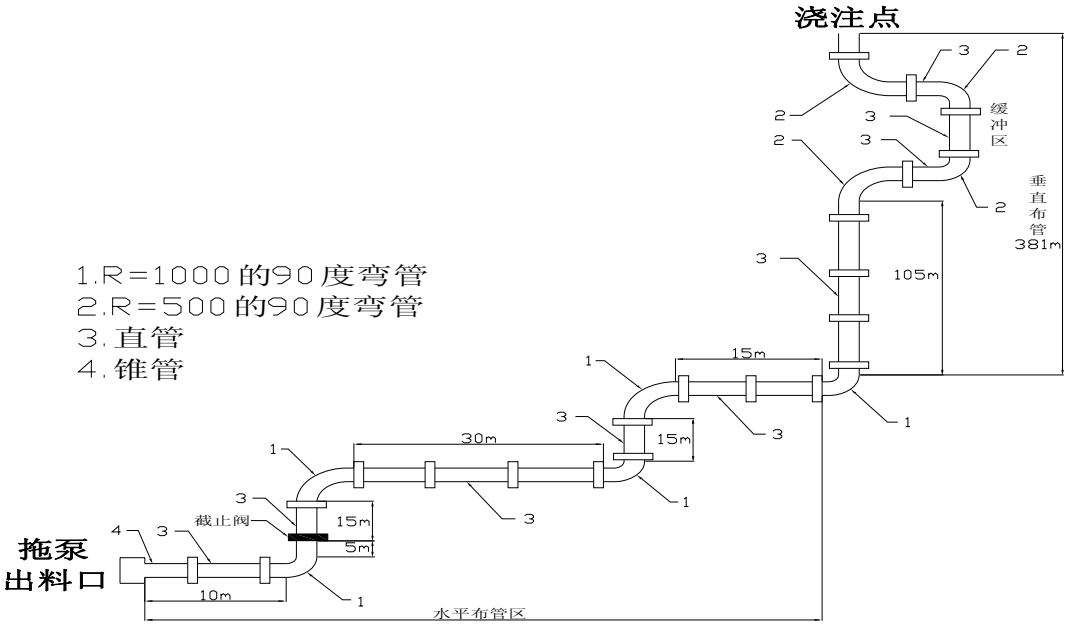
建造中的江苏南京紫峰大厦，地处南京市中心地段，工程设一高一低两栋塔楼(主楼、副楼)，其中主楼地上 69 层，建筑主体高度达 381 米，有效高度 339 米，天线顶高 450 米，为仅次于上海环球金融中心和金茂大厦的我国第三高建筑。

工程简介

该工程由上海建工集团总承包承建，南京普迪混凝土有限公司负责提供混凝土和其泵送，主楼采用 C60 和 C70 等高标号混凝土进行浇筑。

施工工况

输送泵管水平布管 100 米，垂直布管 381 米。由于主楼 381 米的垂直管道会导致底部混凝土的背压很大，故垂直布管时在第 21 层加一缓冲区(加 4 个 90R500



弯头），以缓解由于混凝土自重所造成的背压。另外经过每一层均装有一活动喉管以便外接管道输送混凝土。

从 2007 年 2 月开始，我司有 3 台泵车、2 台 HBT90CH2135D 特制泵参与施工，其中泵送高层、高标号混凝土均由我司 2 台 HBT90CH2135D 特制泵负责施工。

在施工初期，由于 C70 混凝土的配比、原材料采用不当，致使其泌水快、粘性大，造成泵送阻力大，且待料时间一旦超过五分钟由于混凝土离析很容易发生堵管。后通过我司施工专家谢工现场与客户沟通，并提出改进建议，改进后的 C70 混凝土可泵性强，待料时间可延长至半小时以上。

表 1　施工配合比表（标号 ：C60）

	水泥	矿粉	粉煤灰	碎石 5-25mm	砂 (中砂)	水	外加剂(HP400 高浓)
施工配合比 kg/m^3	355	85	80	960	780	160	5.5

表 2　改进前后的 C70 混凝土泵送 20m、25m 时的各压力参数

	搅拌油压（MPa）	换向压力（MPa）	主系统油压（MPa）
改进前泵送 20m	6	16	15-16
改进后泵送 25m	3-4	16	10

目前，主楼在建高度 120 米，用 C60 高标号混凝土浇筑，混凝土坍落度为 23cm，由我司 2 台 HBT90CH2135D 特制泵采用低压泵送，在 80%排量泵送时主系压力为 14MPa。从开始使用到现在，我司 2 台 HBT90CH2135D 特制泵一直使用正常，得到上海建工集团和南京普迪混凝土有限公司的一致好评！ ■

第九章　南宁大桥工程中的典型施工

□ 袁风顺

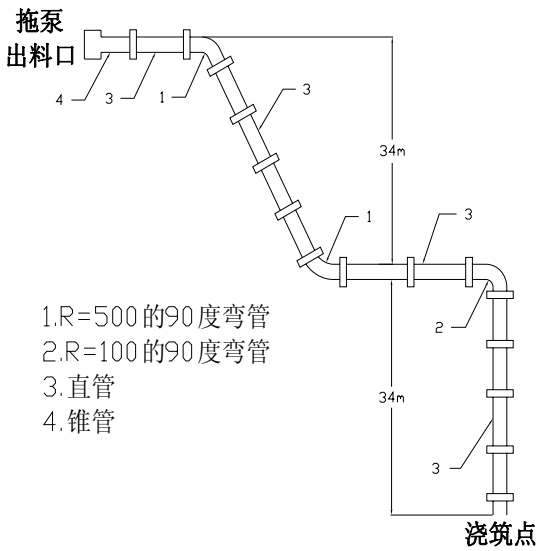
南宁大桥位于省会南宁，是南北贯通青秀山风景区的枢纽，大桥全长1314.77米（包括引桥及南北连接线）。大桥桥型新颖，结构创新纪录、线型优美，具有强烈的时代感受，并与南宁市已经形成的“中国绿城”环境相和谐。它的建成将成为南宁市标志性建筑工程，世界上首座大跨径斜吊拱曲线桥梁。其施工难度相当大。

工程简介

从2006年12月开始，承建单位中铁二局即采用我司两台搅拌站助阵南宁大桥建设，保证混凝土及时供应。春节前夕，大桥两边桥墩一次性浇筑混凝土1.8万方，我司的混凝土搅拌站在连续运行10天的情况下，基本无重大故障的出现，保证了工程的顺利进行。

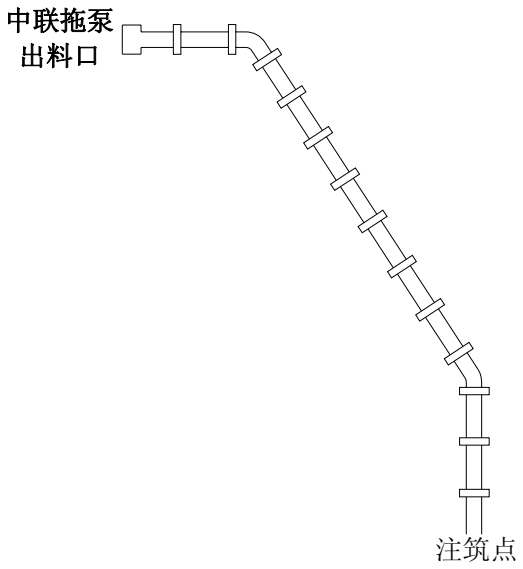
施工工况

南宁大桥开始打地基时，采用了我司的一台HBC90车载泵和一台37m泵车对配比为C60的混凝土泵送（中联也有一台泵车和一台车载泵），因为是往下泵送，造成混凝土离析，故有堵管现象发生，同时客户反映中联的泵稳定性和泵送压力不如我司产品。经过我们服务工程师的仔细观察，最后把布管改成“Z”字型，有效的阻止混凝土的离析产生，并且在以后的泵送过程中很少发生堵管现象。

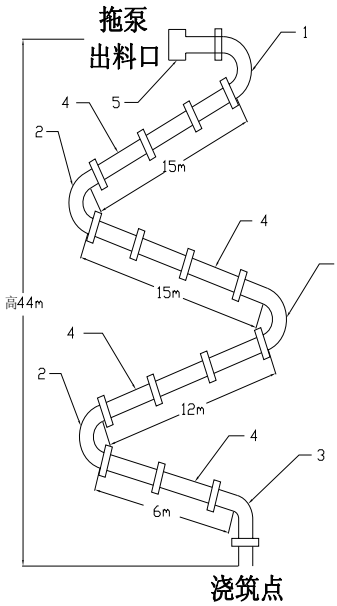


原布管线路：

泵出口→锥管→125A90R500→直管→125A90R500→直管→125A90R100→桥墩地基浇筑点



中联的车载泵泵送摆放的位置与有关，只采用了顺着斜坡斜着布管。



改进后布管线路：泵出口→锥管→125A90R500→直管（5 根三米）→125A45R500→直管（5 根三米）→125A45R500→直管（4 根三米）→125A45R500→直管（2 根三米）→125A90R100→桥墩地基浇筑点（因为基础施工已经结束，具体直管管道数可能存在误差）

表 1 施工配合比表（标号 ：C60）

	水泥	粉煤灰	矿粉	碎石 5-20mm	砂 （中砂）	水	外加剂 （IDN）
施工配合比kg/m^3	350	45	105	1055	686	145	7.5

表 2 HBC90 车载泵泵送时的系统压力

	搅拌压力	换向压力	主系统压力
系统压力（MPa）	2-3	12-14	7

此次客户使用的我司 HBC90 车载泵泵送时采用低压大排量，泵送时主系统压力 7MPa 左右，换向压力在 12～14MPa，换向次数 22 次/分钟。

南宁大桥使用的我司车载泵是一开机就在此工地使用，除开始阶段因布管不合理外出现过几次堵管现象，重新布管后基本无堵管现象发生。在桥墩地基施工

的 10 天左右的时间内，我司的车载泵几乎是处于不停的泵送状态，总计泵送 5 千方左右。

由于采用了改进后的布管方式，有效地减少了泵送的堵管现象，保证了工程的准时、优质地进行。很好的体现了三一品牌的精髓在于高可靠性。 ■

第十章　沪蓉西高速魏家洲大桥工程中的典型施工

□ 宋志军

沪蓉国道主干线东起上海，西达成都，全长约 2200 公里，到目前为止，已建成 1730 公里，仅剩湖北宜昌长江大桥至重庆万州约 470 公里待建。魏家洲大桥位于湖北省宜昌市长阳县高家堰镇境内，是其控制性工程之一。该大桥由四个桥墩组成，之间横跨山谷各有两个桥墩。主桥墩高达 110 多米，桥墩最高离山谷谷底达 300 多米。

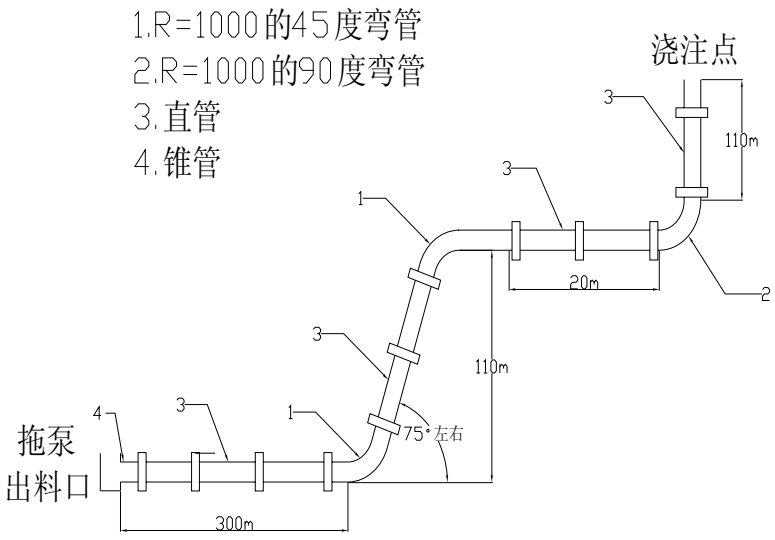
施工简介

该大桥施工单位为云南第二路桥公司，因为地形原因，搅拌站只能设在山谷，这样从输送泵出口架管必须先爬坡 123 米，桥墩高 110 米，而斜坡大概为 75 度，实际总高度为 220 米以上。该工程不仅高度高，同时施工方不允许混凝土的塌落度太大，而且由于沪蓉西一带地势险要运输极不方便，施工方只能就地取材，采用机制沙作为细骨料，造成混凝土和易性相当差。最初，该单位购买的是同行业极具竞争力品牌的 80C 拖泵，但是该泵在施工至 40 米处时就出现 S 管摆不动，吸料非常困难，由于频繁堵管，且经常拆卸的管道非常长，现场施工人员怨声载道，施工进展非常缓慢。我司营销和服务人员来了解此情况后给客户作出了一套详细的泵送方案，尤其在布管方面进行了改进，并且我们针对现场的特点，要求公司研制开发了一套针对沪蓉西高速施工的专用螺旋搅拌叶片。

拖泵作业情况

客户带着将信将疑的态度在2005年8月底购买了我司第一台HBT80C-2118输送泵。首次施工工况水平泵送距离300米，沿山爬坡垂直110多米。桥梁高110米，

实际泵送高度超过320米。由于我们的精心准备，首次泵送排量50%时，当时泵送压力仅为18MPa,泵送非常顺利，且从当时泵送情况看三一拖泵摆动非常轻松。这样极大地鼓舞了施工方的信心。于是，



随着工程施工的不断推进，在接下来的2005年12月和2006年的3月，该客户单位又采购了我司两台HBT80C-2118输送泵，，直至泵送封顶110米高时，三一泵送压力也只有26MPa。

随着三一泵威力的释放，三一泵很快遍布沪蓉西、宜万线，因沪蓉西、宜万线 70%的工程为 100 米高以上桥墩和隧道，该两项工程 80%的拖泵共计 167 台均为三一牌，三一扬威宜万、沪蓉西。

因为他们感受到了使用三一的设备，他们很放心，并且三一的服务人员会不间断的随着工程的进度的进行和不同浇注的部位，随时为他们提出合理的施工方案，确保了工程施工顺利和有序的推进，为他们节省了时间和不必要的材料浪费，

表 1　施工配合比（标号 ：C50）

	水泥	碎石 5-16mm	碎石 16-25mm	砂	水	外加剂 ADVA-180	粉煤灰
施工配合比kg/m³	400	246	573	601	182	0.7%	90

表 2　泵送压力及排量

斜坡（米）	垂直（米）	排量	高低压	换向压力（MPa）	泵送压力（MPa）	搅拌压力（MPa）
300	50	50%	低压	16	18	5
300	60	50%	低压	16	20	5
300	80	40%	高压	16	20	5
300	110	35%	高压	16	26	5

为他们创造了价值。

2007 年 5 月主桥桥墩进入封顶，混凝土所用的沙均为黄沙，而在原先桥墩沉台施工时采用的是机制沙与黄沙的混合沙。混凝土的坍落度为 12-14cm，所用

施工配合比如表 1。

在与客户不断的接触当中，我们也亲身体会到了客户对三一的信赖。客户说，若以后再有购买输送泵的需求时，三一一定是他们的首选，因为三一的设备有着高品质、高效率和高可靠性，并且服务及时到位，让他们放心。 ■

第十一章　福建省漳洲市西洋大桥钢管砼工程中的典型施工

□ 马金鹏

西洋平大桥位于福建省漳州市城西，属福建省第一座钢管拱大桥。两座主桥墩跨度达 100 米，离水面高度 32 米。由 8 根直径 80 厘米的钢管组成，每根钢管长度为 150 米。

施工工艺

1、此大桥钢管砼采用 C50 混凝土。

2、每根钢管采用两台拖泵在南北岸同时泵送.泵送速度一致且需连续泵送。

3、在每根钢管的弧顶开一个直径为 25cm 的观察口，并焊上长约 1.5m 的钢管。

4、采用三一重工 90 度 R500 的弯管插入钢管内，并加 4 块加强板焊接牢固。使混凝土进入钢管后的流向与钢管保持平行。

5、在弯管的进口处安装截止阀，防止混凝土泵送完毕后产生倒流。

6、布管情况：

1）水平布管 40 米。

2）垂直布管 5 米。

3）采用 4 根 90 度 R1000 的弯管。

7、先泵送水、沙浆,水和沙浆用于润滑管道，在截止阀处全部排出。再打开截止阀，泵送混凝土进入钢管。

8、泵送时采用高压泵送，拖泵的工作压力状况。

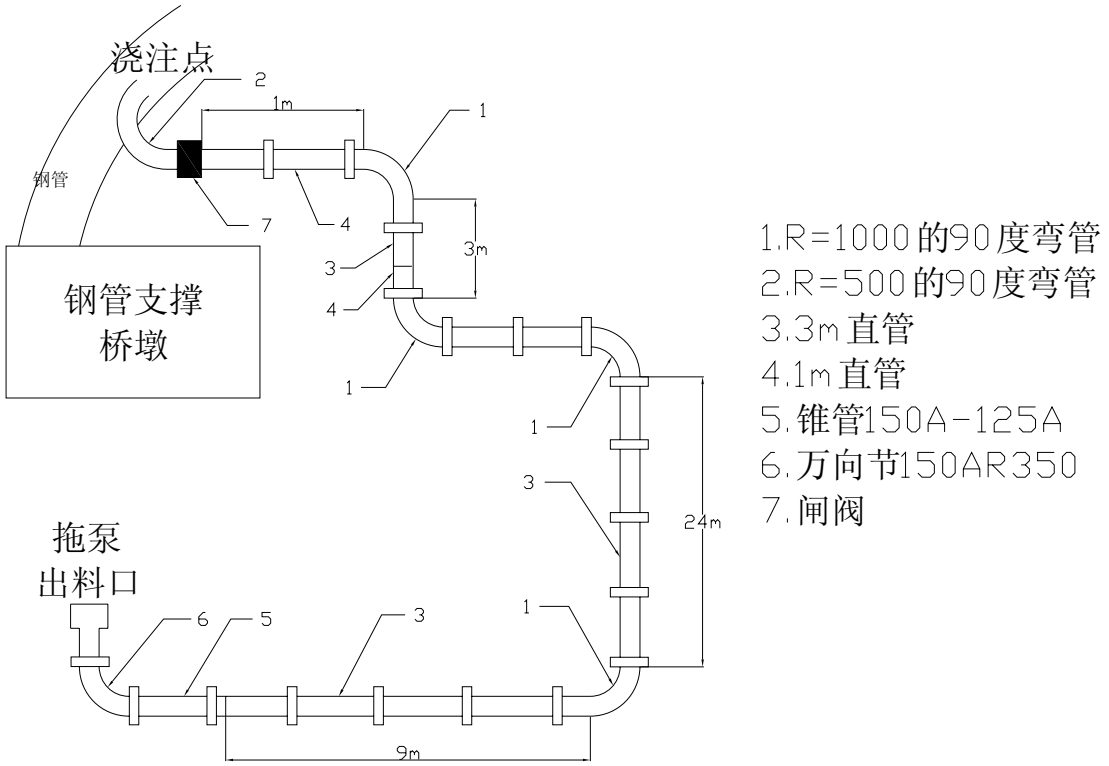


表 1　C50 混凝土配比								
砼配比	水泥	水	砂子	石子（5-16）	石子（16-31.5）	粉煤灰	膨胀剂	外加剂
kg/m^3	443	168	676	382	604	68	57	15.9

表 2　拖泵的压力情况			
	搅拌压力	换向压力	主系统压力
泵送时压力	4MPa	15MPa	16-17MPa

人员配置

1、现场总指挥一人主要负责泵送前,泵送中,泵送后的指挥工作。

2、南北岸泵管看护及处理各六人。

3、南北岸泵机操作手各两人,职责为按照通知严格控制泵送进度。

4、南北截止阀处各两人,职责为按照通知及时快速开关阀门。

5、观察口处一人,职责为检查混凝土的位置并随时报告,确保两岸混凝土同时到达顶端。

参与设备及使用情况

此次混凝土泵送施工全程使用三一重工的泵送产品。两台HBT80C-1818DIII作为主泵送设备，因客户指定用三一产品，漳州地区无其它高压拖泵，备用泵只好用两台SY5270-37m泵车代替。

南岸拖泵离钢管较远,水平管约 100 米，垂直管约 5 米，北岸水平管约 40 米,垂直管约 5 米。在开始泵送混凝土时采用低压大排量防止混凝土在低位时凝固,在泵送混凝土 16 方左右时压力达 20MPa，此时改用高压小排量，排量维持在 50%，压力达 10-12MPa。直至泵送到最高处压力达 14-16MPa。

在此次施工中三一拖泵顺利完成泵送任务没出现任何故障。正是由于三一重工产品的高可靠性及高技术含量使得此次泵送顺利完成.得到了中铁大桥局及混凝土提供方漳州新鸿基混凝土有限公司的高度评价及肯定。

服务

秉着三一重工的核心理念“一切为了客户”。在服务经理周楚根的带领下，我们对此次施工进行了全面的跟踪。在泵送时全程监守时刻观察拖泵的各项运行参数，在泵送完毕后对拖泵进行全面的检修。 ■

第十二章　龙潭河大桥工程中的典型施工

□ 宋志军

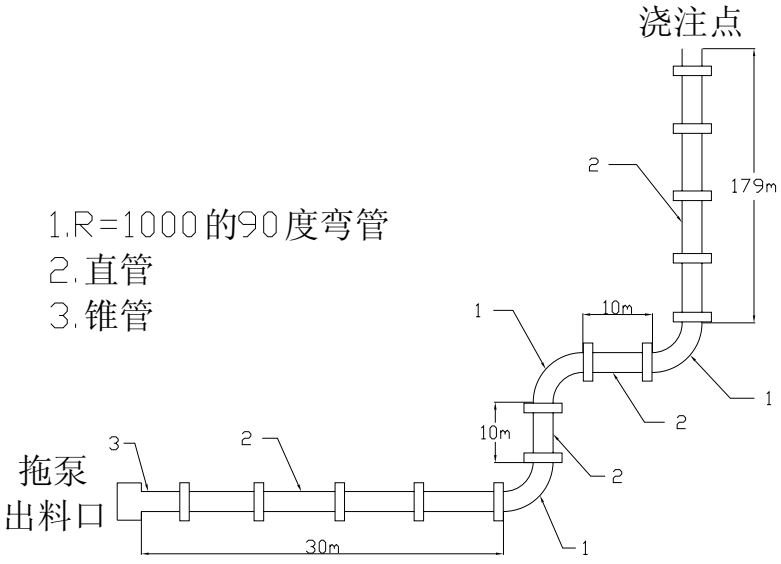
2004年8月动建的沪蓉西湖北段约320公里，沿线丛峦叠嶂、沟壑纵横，设计双向四车道，估算投资200亿元，公里造价超过6000万元，为京珠湖北段的两倍，是迄今湖北省投资最大、工程最艰巨的高速公路。

施工简介

由湖北路桥公司承建的龙潭河大桥，于2004年10月开始进行动工。从桥墩的沉台开始浇注，直到2007年4月179米高桥墩的封顶，均由我司的一台HBT80C-2118输送泵独立承担，在2005年和2006年的施工当中，该单位也曾使用过中联和另一小厂生产的输送泵，后都陆续撤了下来了。

拖泵作业情况

该工程主要难度在于：1、该桥墩为沪蓉西第一敦；2、混凝土的和易性问题，因为沪蓉西地理位置非常险要，全程70%的工程均为隧道和桥梁，运输十分困难。施工单位只能就地取材，采用当地碎石粉碎后当作沙用，也就是通常说的机制沙。用该沙混合搅拌出来的料看似相当好，但是S管来回摆动几个回合后，所有的浆都被吸走，留在料斗里面就剩石子。



为了确保施工顺利进行，我们根据现场实际情况采取了几项

措施：

1、针对机制沙和易性差的情况，我们将情况向公司作了汇报，然后由公司设计了一款专门针对沪蓉西、宜万线工况的螺旋叶片，螺旋叶片搅拌搅拌面积大，不留死角，极大地改善了混凝土在料斗内的流动性；

2、针对桥墩高的特点，为了防止混凝土自身重力产生反压而导致 S 管摆动困难，我们加大了水平布管长度，增加了三个 90R1000 弯管，中间设置了两个截止阀；

3、将换向系统压力由原来 16MPa 调高到 22MPa；

表 1　施工配合比（标号 ：C50）

	水泥	碎石 5-16mm	碎石 16-25mm	砂	水	外加剂 ADVA-180	粉煤灰
施工配合比kg/m³	405	262	545	627	178	0.7%	85

表 2　施工参数

	水平（米）	垂直（米）	排量	高低压	换向压力（MPa）	泵送压力（MPa）	搅拌压力（MPa）
改进前	30	120	50%	高	16	20	7
改进后	50	130	40%	高	20	18	5
改进后	50	179	35%	高	20	24	5

4、将最大排量调到 14 次/分钟，防止泵送速度高快；

在2007年4月的封顶现场，该公司的集团领导和多家媒体均现场观摩。当时施工工况为水平约50米，垂直179米，浇注混凝土标号为C50，坍落度为14-16cm。三一的输送泵大显神威，实现一次性成功封顶，打消了客户在封顶之前的种种顾虑与担心，使得客户赞不绝口，同时该输送泵也为我公司赢得了更多美誉。 ■

第十三章　钱江九桥工程中的典型施工

□ 陈大团

杭州“城市东扩”战略的重要项目之一——钱江九桥，是 加快杭州接轨上海、促进长三角的经济发展具有重要意义施工工程,全长 4332 米，主桥为两座悬索桥和一座钢结构桥，工程预算总投资 18.9 亿元， 钱塘江九桥是国内第一座空间缆自锚式悬索桥，也是目前钱塘江上投资最大、施工难度最高、结构最为新颖的大桥。由于九桥位于钱塘江涌潮强度最大的江段，地质条件复杂，施工难度较大。

施工简介

从 2006 年 11 月开始，我司先后有 6 拖泵、2 台泵车参加大桥的浇注施工建设，占这一工程混凝土泵送设备的 85%。浇注钱江九桥方量较大，光基桩 820 根，基桩上端直径为 2.3 米，下端直径为 2 米。整根基桩深达地下 115 米。

拖泵作业情况

2006 年 11 月 6 日最初,用我司两台 HBT60C—1816DIII 拖泵和中联公司 HBT60.13.90S 型号的拖泵同时进行浇注，4 台拖泵每次浇注的方量大约在 150 方左右。泵送长度为 228m，高度 14m，泵送排量为 80%时，主系统压力为 26MPa，搅拌压力为 8—12 MPa，换向次数为 11 次/min，混凝土标号为 C 50，坍落度此时只有 9cm，容易发生堵管现

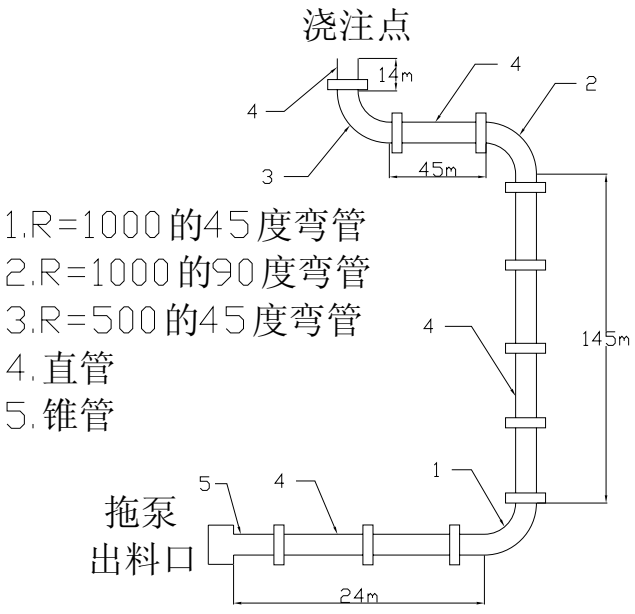


表 1　改进前施工配合比表						
标号 ：C50	水泥	粉煤灰	碎石 5-25mm	砂(中砂)	水	外加剂(HP400 高浓)
施工配合比kg/m^3	380	92	1132	658	112	3.77

表 2　改进后施工配合比表						
标号 ：C50	水泥	粉煤灰	碎石 5-25mm	砂（中砂）	水	外加剂（HP400 高浓）
施工配合比 kg/m^3	380	92	1080	728	112	3.77

象。同时中联公司 HBT60.13.90S 型号的拖泵根本无法泵送。为降低泵送阻力，我们建议客户试验室人员在保证混凝土强度的情况下对配比作了改进。

改进后，在强度基本保持相同的情况下，使混凝土坍落度从 9 cm 提高到 16—18cm，泵送压力由 26MPa 下降为 18MPa。中联公司 HBT60.13.90S 型号的拖泵也基本可以泵送，但中途容易出现堵管现象。所以混凝土施工绝大部分由我司泵送，再一次体现了三一产品的高可靠性。 ■

第十四章　苏通大桥工程中的典型施工

□ 任碧林

苏通大桥位于我省东部的南通市和苏州（常熟）市之间，全长 32.4 公里（包括引桥及南北连接线）。其中跨江主桥为 8.2 公里，南北两主桥塔跨径为 1088 米，主桥塔高度为306.4米。施工难度极大。

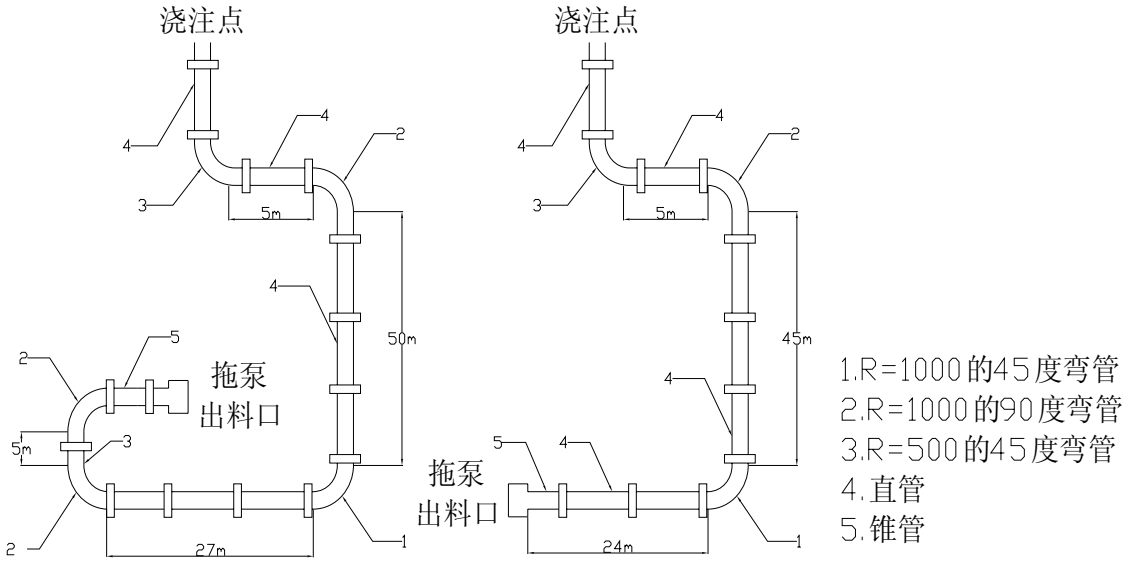
施工简介

从 2003 年开始，我司先后有 16 台拖泵、1 台泵车和 4 台布料杆助阵苏通大桥建设，占这一工程混凝土泵送设备的 80%。

2005 年 9 月中旬，南北主塔开始进行浇注施工。最初用我司两台 80C1818D 拖泵浇注，在高度达到离建筑平台约 80 米时，因泵送方量的减少，改用我司 90CH2122D 和大象公司 14000 型号的拖泵同时进行浇注，两台拖泵每次浇注的方量大约在 90～140 方之间。

拖泵作业情况

2006 年 4 月 1 日，在垂直泵送高度为 205m 时，我司 90C 特制泵排量在 80%时主系统压力在 19.5MPa，换向次数为 11 次/min，混凝土坍落度 22cm。此时大



象公司 14000 型拖泵第一次出现摆缸无法摆动的故障，之后大象公司对料斗，S 管作了改进，同时加装了一个备用蓄能器。在高度 210m 到 280m 这段距离之间，大象拖泵曾先后 5 次出现故障，其中 4 次为 S 管无法摆动，1 次为油管爆裂。

2006 年 5 月 9 日，南塔的泵送施工高度为 240m，混凝土坍落度为 23mm，我司 90C 输送泵排量在 80%时主系统压力达到 23.5MPa。为降低泵送阻力，我建议客户将泵管的布局作了以上改动。

改进后在相同配比、坍落度及相同排量下，泵送压力由 23.5MPa 下降为 21MPa。

2006 年 10 月 8 日，南主塔进行封顶施工。封顶时泵送高度 306m，混凝土标

表 1　标号为 C50 的施工配合比表

	水泥	粉煤灰	碎石 5-25mm	砂 (中砂)	水	外加剂 (HP400 高浓)
施工配合比kg/m^3	384	96	1118	758	122	4.08

表 2　泵送时的参数

	排量	坍落度	主系统	换向次数
205m	80%	22cm	19.5MPa	11
240m	80%	23cm	21MPa	11
306m	50%	24cm	26MPa	7

号为 C 50，坍落度为 24cm，我司泵机的泵送排量为 50%，换向次数为 7 次/min，泵送压力为 26 MPa。我司 90CH2122D 输送泵在封顶时系统压力如表 2。

封顶时因大象公司拖泵中途出现堵管故障，所以最后50方混凝土全部由我司90C特制泵完成输送，又一次体现了三一品牌的精髓在于高可靠性。 ■

第十五章　东海大桥工程中的典型施工

□ 张作其

东海大桥是国际洋山深水港连接上海的一条海上运输通道。大桥全长 32 公里，双向六车道，是我国第一座真正意义上的跨海大桥。工程从 2002 年 6 月开工，至 2005 年 5 月主体贯通，我司先后有 68 台泵送设备参与施工，占这一工程混凝土泵送施工设备的 99%。由于此桥地处外海，为防止海水腐蚀性氯离子对桥身侵蚀，设计使用 C50 高性能海工混凝土施工。并且箱梁预制以及墩身现场浇注，全部采用泵送施工，施工难度较大。

海工高性能混凝土

C50 高性能海工耐久混凝土，其设计使用年限为 100 年，由于其独特的海洋环境和设计使用寿命的提高，要求混凝土的密实度，抗氧离子渗透性等都有一些更高的指标，它掺入了除水泥以外其他一些如矿粉、粉煤灰，甚至硅灰等胶泥材料，使用了性能更优的外加剂，以及低水胶比。

C50 海工砼配比如表 1。

1、水泥为抗氯盐硅胶盐水泥。由上海建集团有限公司和第三航务工程局科学研究院共同开发研制。

2、掺合料由粉煤灰、磨细矿渣和硅灰组成，其中磨细矿渣及硅灰可显著提高混凝土抗海水氯离子的渗透性。但也增大了泵送阻力，对设备磨损很大。

3、细骨料为细度模数为 2.4 的中砂。

4、水灰比为 0.365，大大低于 0.46 的下限。混凝土泵送阻力大。

表 1　C50 海工砼配比

材料名称	水泥	掺合料	砂	5-10 石	10-20 石	外加剂	水
施工配方比	嘉新港辉 52.5pl	海工 1 号	闵江中砂	大洋长坑	大洋长坑	上海 Lex-94-r	自来水
kg /立方	132	308	781	324	648	3.96	161

表 2　泵送压力参数

	高压泵压力	排量
泵送达 30 米	18MPa	100%
泵送达 160 米	25MPa	30%

一般来说，水灰比数值大有利于混凝土泵送，上海地区泵送混凝土水灰比一般介于 0.46－0.6 之间，试验表明，当水灰比低于 0.45 时，混凝土流动阻力显著增大。

综上所述，海工料因参合料中的磨细矿渣和硅灰以及较小的水灰比，泵送阻力大，在东海大桥施工中，C50 海工砼泵送阻力比普通 C50 砼大约 1.5 倍。

海工混凝土泵送施工特点

由于海工混凝土泵送阻力大，磨琢性强，泵送施工与普通料有所区别。

首先，海工料粘性大，混凝土堆在空气中，15 分钟后用锹铲动很困难。因此，泵送时不能停留太长，每隔 15－20 分钟必须打反泵将管道里混凝土搓动一下。否则，易堵管。

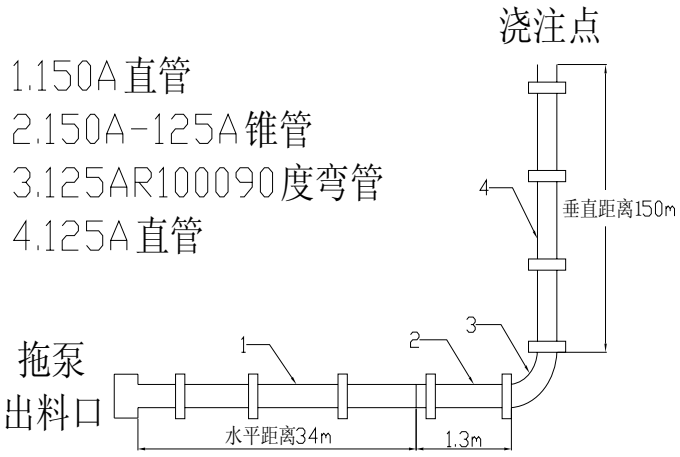
其次，海工料搅拌时间一定要充分，最好在 2 分钟左右，因海工料加入了高效碱水剂，

只有充分搅拌，才能保证良好的可泵性。

另外，海工料因磨琢性强，泵送设备的输送缸寿命较短，大约在 2.5－3 万方。输送缸失效形式也比较特别，其表现形式为输送缸靠洗涤室 30cm 处，镀洛层慢慢磨掉，当磨掉面积达手掌大时，此输送缸也就报废失效。

东海大桥主桥墩施工布管情况

东海大桥主通航孔由两座 160 米高的人字型主塔组成，跨度 420 米。施工方案为两主塔各由一台 HBT80C-2118D 泵施工，并一次性封顶。



布管方案为：拖泵出口后为 150 高压水平管 34 米，之后通过一个 150*125*1.3 米的锥管，以及一个 125*90 度*R1000 高压弯管，再接 150 米 125 高压直管，直接到顶。

泵送高度达30米时，高压泵送阻力达18MPa（排量100％），泵送到160米最高处时，表压为25MPa(排量30％)。 ■

第十六章　郑西客运专线预制梁工程中的典型施工

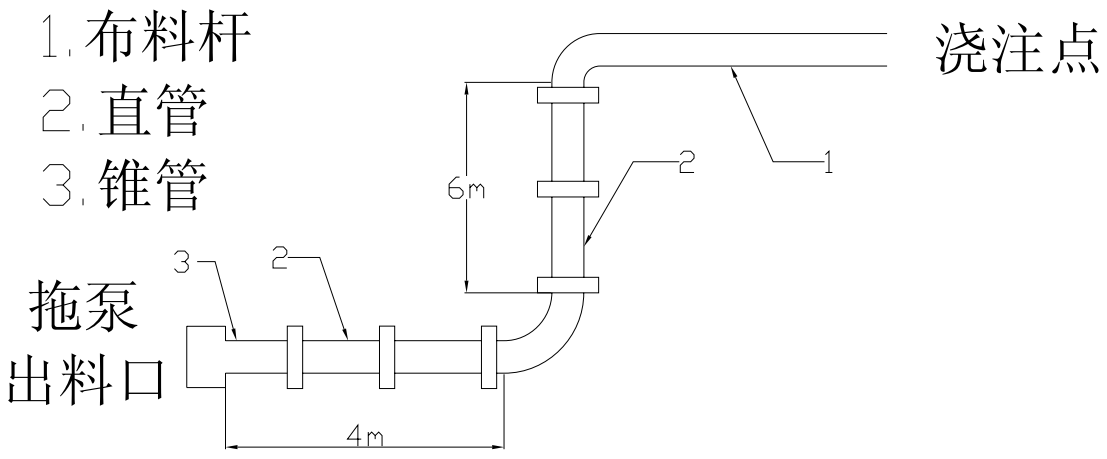
□ 杨学华

建设郑西铁路客运专线是我国实施西部大开发战略的一项标志性工程，该专线是目前为止从中原地区至西北地区唯一一条高速的客运专线，它的建成对形成以西安、成都为中心的西部客运网络带动中西部地区铁路装备现代化具有龙头和示范作用，对加快西部开发具有重要的战略意义。

郑西客运专线全长 484.5 公里，设计时速 350 公里/小时，工程将于 2009 年竣工。工程建好后，从西安到郑州原本七八个小时的车程将缩短为两个小时，线路自郑州车站引出，经河南省郑州、洛阳、三门峡市和陕西省渭南、西安、咸阳市，在咸阳西站与陇海线接轨。专线全长 484.5 公里，其中河南省境内 318.7 公里，陕西省境内 165.8 公里。全线计划新建洛阳南、新三门峡、西安北等车站，建设工期为 4 年，建成后将满足开行时速 200 公里以上旅客列车的需要。

施工简介

目前郑西客运专线设立预制梁场 17 个，总共制作 8500 片箱梁，674 片 G 梁，外购 24 片 G 梁。另外还有少量现场移动模制作。梁分底板、腹板、顶板、长 31.5 米、宽 15 米、重 845 吨，需浇注 324 方左右的混凝土。从洛阳到灵宝一共 8 个



梁场，洛阳界内中铁十六局二项目部和三项目部承建四个梁场，全部由我公司80C1816III输送泵 12 台浇注混凝土；三门峡渑池段中铁十二局承建一个梁场，采用中联两台 60S1390 输送泵，且有少量现场模段；三门峡段中铁三局二公司承建一个梁场，采用上海伽尔华双电机拖泵两台。三门峡灵宝段中铁三局涉县桥梁制造有限公司承建两个梁场，采用我公司两台 80C1816III和两台 80C1818III输送泵。

施工工况

制梁对混凝土强度要求比较高，目前几个梁场浇注 C50 或 C55 的混凝土，混凝土阻力大，且要求速凝，且一片梁的浇注时间要求控制在 8 小时内，不能超过 10 小时，故泵送难度大。目前八个梁场只有使用我公司输送泵的梁场能满足施工。使用我公司输送泵一片梁的浇注时间可以控制在 6 小时以内，最快的不到 5 小时，而其他使用其他输送泵厂家的两个梁场都在 15 小时以上，经常超过 20 小时，频繁堵管，一片梁浇注堵管可达 20 次以上。中铁三局涉县桥梁制造有限公司开始采购中联 60S1390 六台，因全部不能满足施工，在中铁十六局成功的施工影响下，决定采购我公司输送泵 4 台。我在施工中发现，中铁三局的施工难度低于中铁十六局，中铁十六局施工低压泵送压力在 18MPa 以上，甚至只能用高压泵送，而中铁三局低压泵送压力在 15MPa 左右。

混凝土输送泵的泵送能力直接影响施工进度，第一次浇注对我们是一种考验，布料杆上更换一个管的时间可以使整个料斗内的混凝土干凝，泵送压力高，一旦堵管，将造成施工时间延长不少，我们也总结了不少经验，为了避免堵管，输送泵专人看压力表，一旦压力偏高，立即反泵，及时进行高低压切换。 梁场目前施工已经进入高峰期，每月 30 片梁的任务，施工过程中已经不经常发生堵管。

弯管和锥管在混凝土输送工程中阻力最大，也是最易损坏的配件，一般泵送

表 1　中铁十六局 C50 混凝土配方

	水泥	矿粉	粉煤灰	石	砂	水	外加剂	坍落度
施工配合比kg/m^3	305	95	95	1190	690	150	5.29	190～200mm

表 2　高低压泵送时的系统压力

	搅拌压力	换向压力	主系统压力
高压泵送时	2-3MPa	10-16MPa	25MPa
低压泵送时	2-3MPa	10-16MPa	14MPa

2000方混凝土就磨损，故在施工工程中，我们尽量减少弯管数量。

用900吨提梁机将梁运到运梁车上架梁。自从去年7月施工以来，三一的设备从未出现过大的故障，未出现过因设备故障导致施工中断的情况。设备质量的高可靠性和服务的周到及时，为保障施工的质量和工期做出了很大的贡献。 ■

第十七章　武广高速铁路湖南段第一片梁浇铸工程中的典型施工

□ 楚秋葵

由中铁十六局集团第五工程公司负责施工的武广高速铁路湖南段第一座桥梁场第一片梁，位于湘潭县谭家山镇铁炉村桐子坳组。

施工简介

此次预制梁的规格：长 32 米、宽 13 米、高 4 米、重量 870 吨/片，价值高达三百万元左右。因为预制梁在现场浇注中要求高，泵送的为 C50 高标号混凝土施工需一次性浇注，并且此次是武广高速铁路湖南段第一片梁的施工，意义重大，因此也使施工单位在设备配置上考虑很多，为了在以后的施工中合适的选择施工设备，施工单位给出以下设备配置：拖泵 4 台（三一 HBT80C1816III型 2 台，中联 80C1816 型 2 台），布料杆 8 台（每片梁用 4 台），搅拌楼 120 双站，搅拌车 5 台。

拖泵作业情况

工况：泵送距离：水平 130 米、高 8 米。

其中布料杆高 8m。

125A 管道，管道作养护且不断浇水降温。

2006 年 9 月 8 日 18 时至 2006 年 9 月 9 日 6 时，小雨，气温 16-23℃。4 台泵配布料杆同时浇注，8 台振动泵振动，前 100 立方米料和易性较好，坍落度达到 23cm，低压泵送，三一

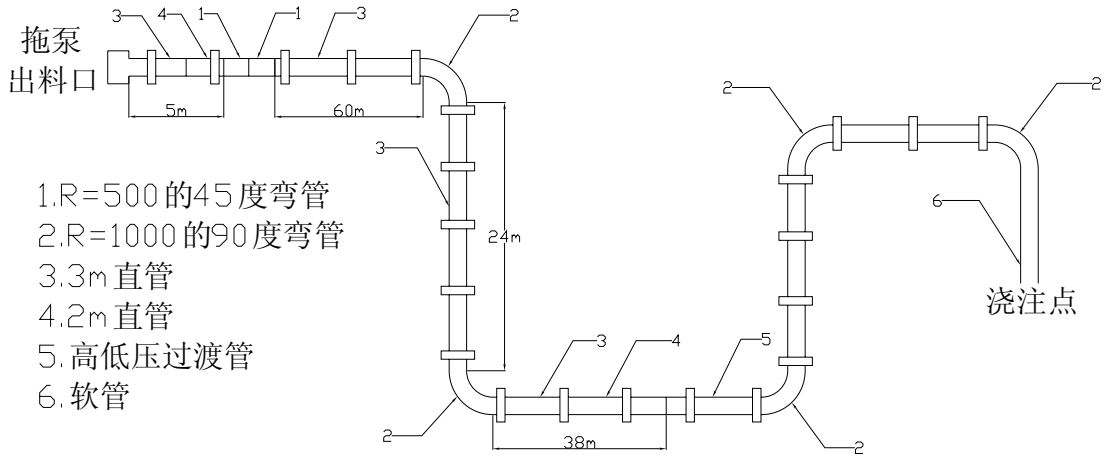


表 1　砼标 C50 的配比							
水泥	水	中砂	碎石（5-20mm）	粉煤灰	坍落度	碱水剂	砂率
380	175	725	大 658、小 438	100	18-20cm	3.36	40.73%

表 2　对料调整后的压力						
	水平距离	高度	砼坍落度	主系统压力（低/高压）	换向压力	搅拌压力
三一泵	130m	8m	14-16cm	22-24MPa/16-18MPa	12-16MPa	4-5MPa
中联泵	130m	8m	14-16cm	32MPa/22-24MPa	12-16MPa	4-5MPa

泵主系统压力 14-16MPa，换向压力 12-16MPa，搅拌压力 3MPa。三一泵及中联泵都工作正常。

9 日零点施工单位对料进行调整。

9 日 3 时，三一泵布料杆堵管，反泵疏通后再泵送（造成 2 处堵管），同时中联泵管道（一台料布料杆）爆管，更换后造成全线堵管。改料后和易性差，严重脱水造成堵管（料调整后坍落降低，而粉煤灰的性质组织松疏，受压时水份溢出，失压时吸收水份，所以停止泵送时间稍长就造成砼料脱水而堵管）。

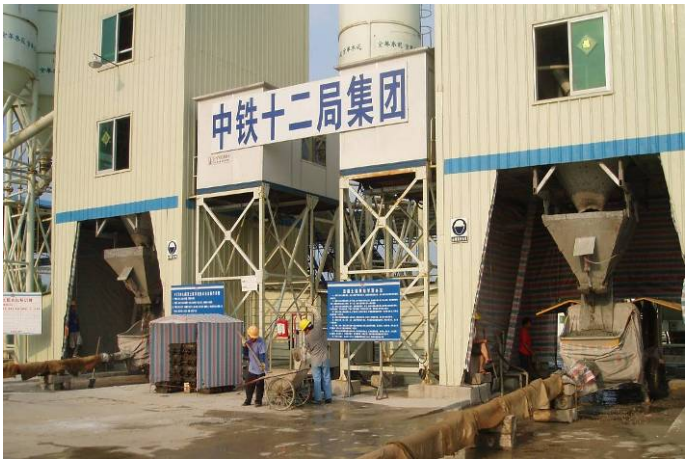
安装调试到打完第一片梁，三一泵运行一切正常。中联泵出现漏油，压力表坏损坏，因堵管或高低压切换等原因多次停机。

此次施工三一泵强劲的动力，高可靠性又一次淋漓尽致的体现，客户沈中存（设备负责人）评价：三一泵有劲，操作方便，中联泵短期内就出现几次故障，力量也不如三一泵，高低压切换还得换油管太麻烦了，“我要打报告给领导，其他工段买泵就买三一泵”。 ■

第十八章　武广铁路专制梁厂工程中的典型施工

□ 曾海滨

中铁十二局清远制梁厂主要承建武广客专第 6 标段，清远至花都的箱梁预制。该种箱梁采用 C50 高标号混凝土，单匹梁重 820 吨。主要生产设备有 2 套拌和楼，配备三一重工 80C1816 输送泵 3 台，900 吨提梁吊机 1 台等大型施工设备。



施工工况

预制箱梁混凝土采用集中搅拌，通过预铺管道输送到施工现场，在管道铺设时，为保证现场整洁美观，在泵机出口 20 米处预挖沟槽，按两排平铺管道 1 米宽设计，每隔 10 米通过预埋螺栓设置固定输送管防窜动 U 型卡箍，预防泵管在输送时窜动和跳动。很大程度上延长了管道和扣件的使用寿命。在转弯处安装 125A90R1000 大弯管，减少输送阻力和管道振动。在铺设到箱梁现场时，采用了两台布料杆，根据浇筑顺序均匀地把砼料输送到箱梁内，避免了输送管道对箱梁模体的冲击等不利影响。因箱梁中间两侧为斜坡式结构，对泵送砼料的塌落度要求控制在 160mm，这需要测量人员经常测量进料口和出料口两端的塌落度，参考输送途中的损失值来调节单位用水量。为保证管道内塌落度损失量小，要求管道的连接要密封，且需在管道上铺盖麻袋，经常淋水，减少塌落度损失。施工现场应搭设凉棚，避免混凝土遭阳光暴晒而产生过大干缩裂缝。

三一重工 80C1816 输送泵在低压泵送水平距离 180m、高

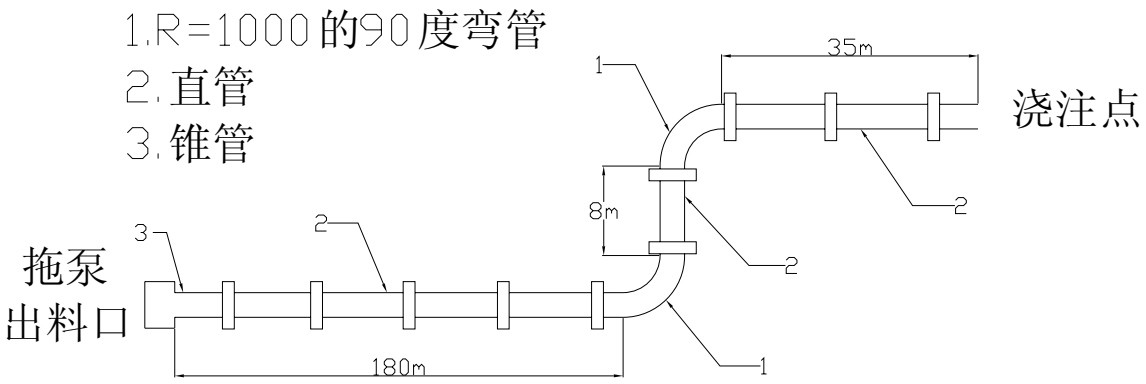


表 1　C50 的配比							
水泥	矿粉	粉煤灰	中粗沙	大石	小石	水	减水剂
288	120	70	718	764	325	110	5
425	S95	二级		10-30	5-10		高效

表 2　调节前后系统参数对比表				
	排量	电流	泵送压力	塌落度
微调前	50%	240A	26MPa	160mm
微调后	30%	220A	21MPa	180mm

度 8m 时，主系统油压达 26MPa、电流 240A，泵机和管道窜动幅度大。改用高压小排量泵送后，油压下降到 21MPa、电流 220A，泵送较平稳。此时泵机为重负荷工作状态。如果输送距离再加长，那泵机将不堪重负。而这种高标号混凝土配合比一般是不能现场调节的，在和工地多方努力下，只是对配比进行了微调：将大石比重调为 784，小石调为 305，塌落度放大到 180mm，排量调 30%，泵送情况有所改善，高压泵送油压 19MPa、电流 210A。通过对管道用卡箍加固固定后，泵送更加平稳，避免了管道的拖动磨损。

在输送泵的操作保养方面，则应坚持高压小排量泵送，控制好塌落度，泵送高标混凝土时，砼活塞磨损快些，因此要经常检查洗涤室冷却水是否变浑，砼活塞是否有异响来判断活塞磨损程度。并在每次泵送完后退出活塞检查清洗，涂抹润滑脂，确保整机润滑正常。切割环间隙和角度经常调整，以此延长易损件使用寿命。S 管清洗应开反泵，从出料口往里充水，避免 S 管内积料，影响下次泵送。每次泵送前用敲打法检查输送管道磨损情况，及时更换磨损的管道，避免泵送施工中突然爆管而延误施工进度和造成堵管的风险。

以上只是一些随机经验，供参考！ ■

第十九章　京津高速铁路工程中的典型施工

□ 周　敏

京津高速铁路是中国第一条高速铁路建设工程，是北京通往天津的高速铁路。全长 115.4 公里。该工程属于国家重点工程。要求在 2008 年奥运会之前必须全线通车，该工程完工后将北京至天津的两小时缩短到四十几分钟。工期紧，施工难度大。

施工简介

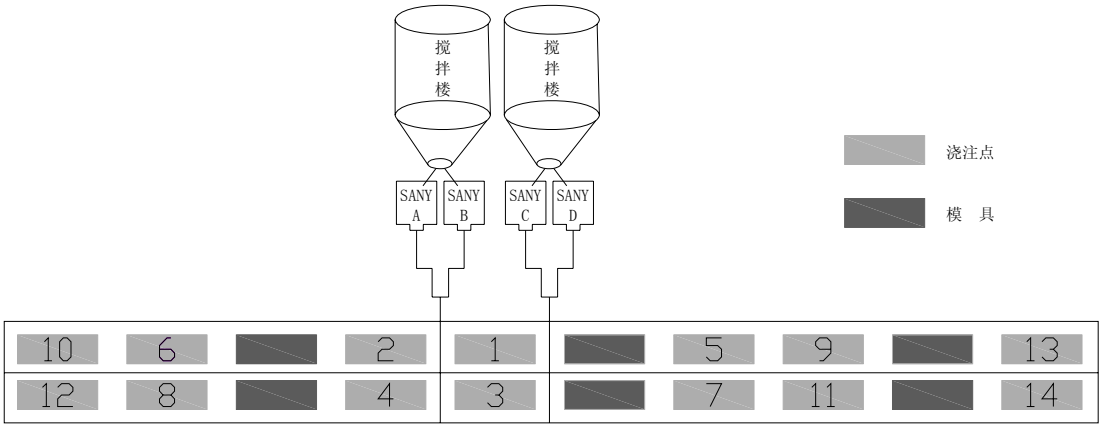
从 2005 年开始，我司在天津先后有 8 台拖泵，2 台泵车投入该工程建设，外加租赁到该工程我司 5 台泵车，占这一工程混凝土泵送设备的 75%以上。

拖泵作业情况

2006 年 4 月 2 日，全国的第一片高速铁路的梁在中铁十四局北京房桥打响。该片梁由我公司四台 HBT80C-1816III拖泵浇注该梁的混凝土。混凝土直接从搅拌站泄入拖泵料斗然后泵送到布料机进行浇注。输送距离 150m，采用高压小排量输送，每分钟换向 12 次。一片梁有 340 方，四台泵平均浇注 85 方左右。一片梁 3～4 小时。洗泵时每台需要 2 方沙浆。混凝土的标号为 C50，坍落度为 22mm。泵送最高压力到达 26MPa（高压，50%排量）。由我公司拖泵负责施工的第一片桥梁非常成功。

该工程我公司的输送泵布局在搅拌楼楼底，从搅拌楼放料出来后分二个轨道将混凝土分别放入两输送泵进行输送。当其中一台泵需要保养时，可将 1，2 中一个门口关闭，混凝土只从放料口经一个轨道进入一台输送泵输送。

该工程布局如图所示：总共有十四个梁位，布管在各个直线上，遇到转弯时用 90R500 的弯头连接。接布料机同样 90R500 的弯管连接。输送泵在 1，3 梁位的两边，第一次泵送的梁位是 9 号梁位，最长距离是 162 米时泵送非常成功，但是



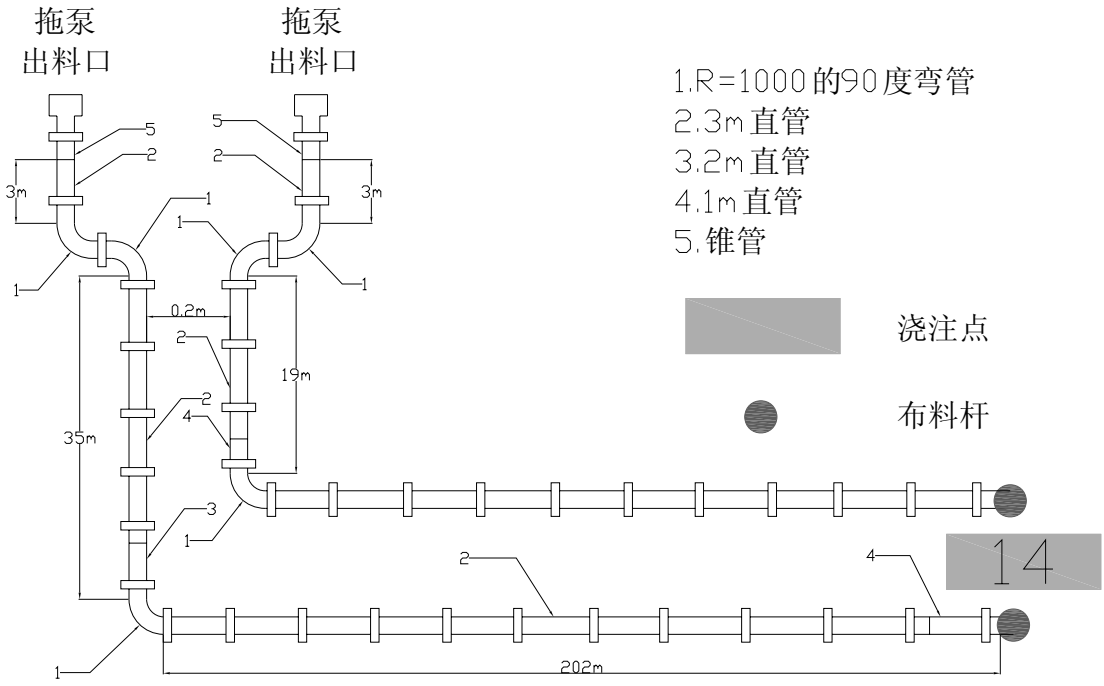


表 1　改进前的 C50 配合比						
	水泥	粉煤灰	碎石 5-25mm	砂(中砂)	水	外加剂(HP400 高浓)
施工配合比 kg/m^3	335	110	1147	649	140	4.2

表 2　改进后的 C50 配合比						
	水泥	粉煤灰	碎石 5-25mm	砂(中砂)	水	外加剂(HP400 高浓)
施工配合比 kg/m^3	356	119	1127	592	148	3.9

当输送泵泵送 10，12，13，14 号梁位时堵管现象非常严重，几乎是 3，4 号输送泵泵送 10，12 号梁位，1，2 号输送泵泵送 13，14 号梁位。按上示配比输送，经常导致堵管。这时我公司输送泵输送的最长距离是 250m 再加一台布料机的高度。每次发现前方的混凝土非常干燥，因此，后建议在客户原有的基础上对混凝土配比作了一定调整。修改配比后，输送到远梁位时坍落度为 22mm。输送泵很

少出现堵管现象，用高压小排量输送时最大压力也只有 24-25MPa。客户感到非常满意。

在京津高速铁路重点工程天津段建设中，我司的拖泵施工工况一直正常，体现了我公司泵送产品的优越性，及其成熟性。得到广大客户的一致好评。在全国高速铁路建设中起示范领头作用。 ■

第二十章　景洪电站三级配泵工程中的典型施工

□ 李定忠

景洪水电站位于云南省景洪市境内的澜沧江干流上，坝址距景洪市 5 公里，电站枢纽由混凝土重力坝，坝后式厂房，航运过坝工程等主要建筑物构成，坝高 114 米，坝顶总长 704.5 米，总库容 11.4 亿立方米，正常蓄水位海拔高程 602 米，主厂房布置 5 台机容量 350MW 的混流式水轮发电机组,总装机 1750MW，多年平均发电量 78.58 亿 KWh，建成后的 300T 级水力平衡式垂直升船机是我国第一座具有自主知识产权的新型船机，直径 11.2 米的进水压力钢管和蜗壳，外径 8.855 米发电机转轮均仅次于三峡电站，位于国内第二，电站将以 500KV 和 220KV 两极电压，向我国南方电网和比邻的泰国送电。景洪电站于 2003 年 7 月开始筹建。计划于 2008 年第一批机组发电。大坝为碾压混凝土，坝后式厂房为泵送混凝土，总方量为 20 多万方，采用我司生产的三级配拖泵 HBT120A-1410D 进行厂房混凝土施工。由于考虑成本，水电三局景洪施工局前期三级配泵送混凝土施工配比如表 1。

拖泵到现场后，我就到化验室查看了三级配混凝土配比情况，提出了我的看法：要保证三级配泵不堵管泵送顺利，就一定要调整三级配混凝土配比，把胶凝材料从每立方 210 公斤提高到 280-300 公斤左右，减水剂采用北京冶建公司生产的 JG-HPC 型高效减水剂。而水电三局景洪施工局的领导说：“要调整配比：第一要经开发商和监理的同

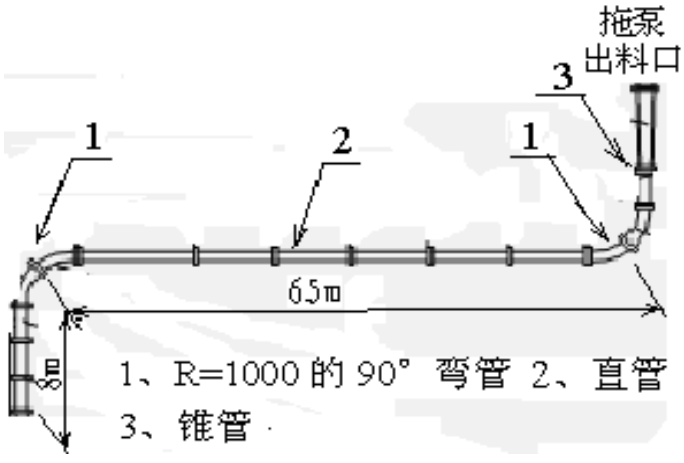


图 1　三级配拖泵泵送二级配混凝土布管图

意；第二施工成本增加太多；再说景洪这个地方的年平均气温较高，增加胶凝材料、沙率，就得提高水灰比，混凝土的水化热随之增高，水化热的增高对混凝土后期强度容易产生裂纹。”针对以上情况，他们说：“采用循序渐进的办法，为了把三级配每立方米混凝土的胶凝材料的成本减到最低。首先宜采用二级料配混凝土通过泵送检测泵机性能。”

2006 年 2 月 14 号用三级配拖泵泵送二级配混凝土，在景洪电站厂房进行了首次施工。其具体布管施工如图 1。

此次泵送施工进行得很顺利，打了 200 方左右，其压力分布如表 2。

表 1　前期三级配泵送混凝土施工配比表

种类	设计要求	混凝土配合比									拌合物性能	
		水胶比	用水量	水泥	双掺料	JG-HPC	砂	5-20 mm	20-40 mm	40-80 mm	坍落度 mm	含气量(%)
泵送	C2820/三	0.50	112	157	67	0.6%	662	398	530	398	140	7.4
	C2825/三	0.45	112	174	75	0.6%	644	404	539	404	159	6.5
	C9020/三	0.55	112	143	61	0.6%	697	400	534	400	140	6.2
常态	C2820/三	0.50	98	157	39	0.6%	558	476	476	635	50-70	>4.0
	C2820/三	0.40	95	190	48	0.6%	506	480	480	640	50-70	>4.0
	C9020/三	0.50	98	147	49	0.6%	558	476	476	635	50-70	>.40
泵送	C9020/二	0.55	120	153	109	0.6%	773	599	599	\	140-180	\
	C2820/二	0.45	122	190	122	0.65%	716	603	603	\	140-180	\
	C2825/二	0.40	120	240	99	0.65%	691	607	607	\	140-180	\

表 2　前期三级配泵送混凝土施工的压力参数（单位：MPa）

主系统压力	搅拌溢流压力	换向压力	实际泵送压力	实际搅拌压力
32	12	14	6	4

接下来第一次打三级配料于 2006 年 2 月 19 号上午 10 点开机，先打 0.5 立方的水再打两立方米沙浆，再打一车 6 立方米的二级配料随后再打三级配料，只打出 2～3 立方米，就把 Y 字管堵了疏通后继续再打还是不行，此次泵送不成功。在操作过程中两个步进电机不能同时提速，闸板不能同步动作。针对以上情况，

对该设备进行以下几个方面的检查调整：

1).两边的搅拌压力调到 14MPa。

2).两气瓶的氮气压力充到 8MPa。

3). 按点动憋压，两柴油机的转速跌到 1970 转/分，平衡调定两主油泵的恒功率后正常。

4).两主油泵的恒压调定：把测试压力表接到主油泵的测压口上，调到 32MPa。

5).顺序阀压力调定为 16MPa。

6).减压阀的压力调定为 23MPa。

7).把两滑阀油缸的上下缓冲全部调出。

8).两个步进电机不能同时升速，原因主要是电信号干扰，去掉一边发电机的充电进线后升速正常。

9).另电气所谭所长也对 PLC 内的参数进行检测和修改。

于 2006 年 2 月 26 号临时推荐混凝土施工配比如表 3。

前三项掺用北京冶建公司生产的 JG-HPC 高性能减水剂，后三项为上海麦斯特公司生产的 GLENIUM26 高分子型减水剂。

表 3　临时推荐混凝土施工配合比

序号	设计要求	混凝土配合比									拌合物性能	
		水胶比	用水量	水泥	双掺料	JG-HP	砂	5-20 mm	20-40 mm	40-80 mm	坍落度 mm	含气量（%）
1	C28 25/三	0.45	112	174	75	1.49	662	416	554	416	140～160	0.25
2	C28 20/三	0.50	112	157	67	1.34	689	412	552	414	140～160	0.22
3	C90 20/三	0.55	115	146	63	1.25	711	408	545	408	140～160	0.21
4	C28 25/三	0.45	115	179	77	1.54	657	413	550	413	140～160	0.26
5	C28 20/三	0.50	115	161	69	1.38	685	411	548	411	140～160	0.23
6	C90 20/三	0.55	117	149	64	1.28	708	407	542	407	140～160	0.21

对以上的配比进行了试机泵送，结果由于堵管没有成功，于是进行另一配比，如二 00 六年三月二号对以下配比进行了第一次调整：

一.配比要求：

(1).试验标号

① C2820W8F100

② C9020W8F100

以上 10%的碾压砂取天然砂，增加和易性。

(2).坍落度控制在 16-18cm。

(3).初凝时间为 4-6 个小时。

二.操作工艺：

(1).先泵水0.5m^3；

(2).泵砂浆约(略稀一点)2 m^3；

(3).再泵三级配C2820W8F100(Gm型高能减水剂) 12-19 m^3；

(4).再泵三级配C9020W8F100 (JG-HPC型高能性减水剂)6 m^3；

三.注意事项：

搅拌车到现场后，放料前必须高速正转 1 分钟后才能放料，以保证放料均匀。

四.总结：

这次泵送 C2820W8F100 只泵送了两车料，10 方左右，丫字管又被堵住了，通过以上几次泵送情况和混凝土配比调制情况来看，由于用的是上海麦斯特公司生产的 GLENIUM26 高分子型缓凝高效减水剂，每次泵送都不是很成功，它不适合于调制三级配混凝土配比。而是要客户尽快买进北京冶建公司生产的 JG-HPC 型高性能减水剂。

为保证这次泵送顺利成功，对此我们拟订了泵送方案二如下：

1).对 C2820W8F100 和 C9020W8F100 两个配比进行调整，配比如表 4；

2).要求使用北京冶建生产的 JG-HPC 型的高性能减水剂；

表 4 调整后 C2820W8F100 和 C9020W8F100 的配合比

序号	设计强度等级	级配	水胶比	用水量 kg/m^3	砂率(%)	减水剂品种	单位材料用量(kg/m^3)							
							水泥	双掺料(30%)	ZB-1G(/万)	减水剂	砂	小石	中石	大石
1	C9020W8F100	三	0.55	35	115	JG-HPC	161	113	0.21	1.7	711	383	525	383
2	C2820W8F100	三	0.50	34	112	JG-HPC	167	117	0.22	1.65	689	394	532	394

3).用双掺料取代天然砂有两种好处：其一，可以改善砂的级别（由于河砂

较粗，通过 0.315mm 的筛的较少，造成混凝土的和易性差)。其二，可以提高胶凝材料的用量改善混凝土粘聚性与和易性。

4).把水泥用量提高到 160 公斤以上。

5）搅拌混凝土时产生的水发热采用蒸馏冷制水拌制。 另外把两边的搅拌压力调整到 16MPa。

2006 年 3 月 8 号开机泵送，其施工布管情况如图 2。

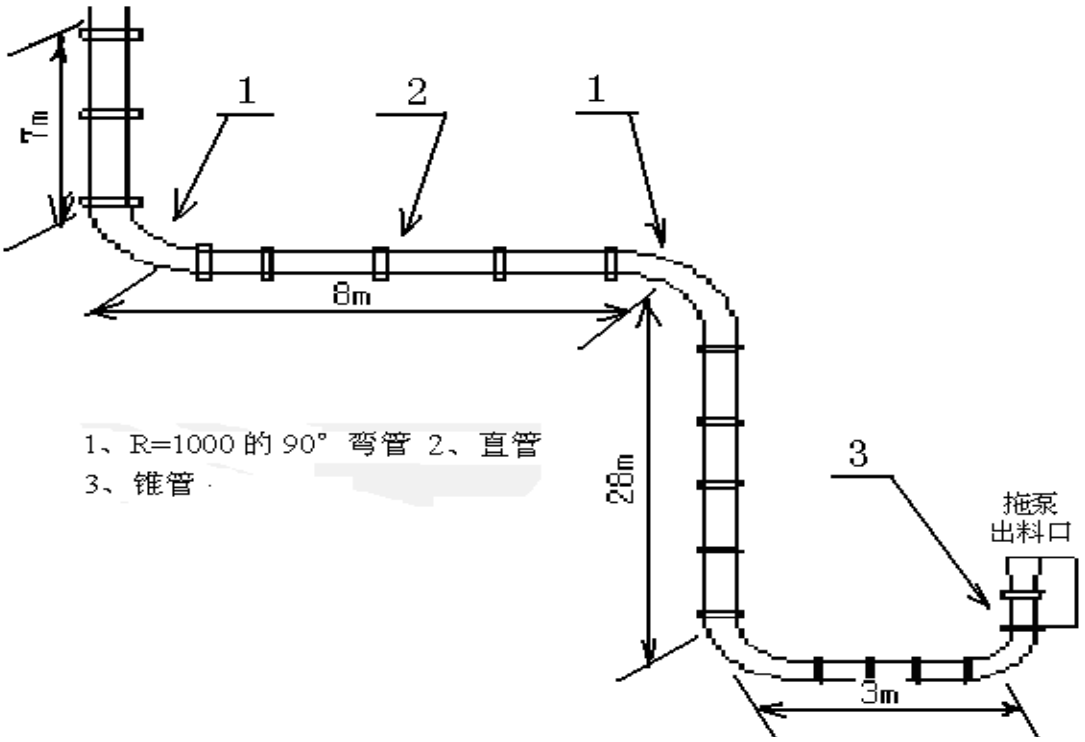


图 2　2006 年 3 月 8 号开机泵送布管图

具体压力参数如表5。

再就是混凝土从入泵到出口的情况；这两种三级配配比泵送泵送压力只有

表 5　2006 年 3 月 8 日开机泵时的压力参数表（单位：MPa）				
主系统压力	搅拌溢流压力	换向压力	实际泵送压力	实际搅拌压力
32	16	16	12-14	6-8

14MPa， 共泵送了 8-9 个小时左右，无堵管现象，泵送很正常也很顺利，一共泵送了 500 立方左右，客户认为使用很好，于 2006 年 5 月份再次购买一台 HBT120A-1410D 的拖泵投入该工地使用。

现在使用的三级配配比通过实验室进行调整后,配比如表 6。

2006 年 10 月水电八局的领导现场观看了施工和配比的情况,做出购买意向。

另外还有云南省丽江市的金安桥电站，葛州坝集团施工局的领导也到景洪电站咨询三级配拖泵施工和配比情况，认为三级配拖泵能提高施工进度，降低成本。

表 6　实验室进行调整后的配合比

序号	设计强度等级	水胶比	砂率(%)	用水量(kg/m³)	减水剂(%)	单位材料用量(kg/m³)								
						水泥	YXH55(30%)	水	减水剂	引气剂(0.1/万)	砂	小石	中石	大石
1	C9020W8F100	0.53	37	115	0.60	152	129	115	6.51	0.22	680	386	515	386
2	C2820W8F100	0.45	35	112	0.65	174	113	112	8.09	0.50	658	395	526	395
3	C2825W8F100	0.40	34	110	0.65	220	91	110	8.94	0.55	634	397	530	397

以上客户分别于 2006 年 10 月、1 月和 2007 年元月购买了我公司的三级配拖泵用于水电站施工。

至此，景洪水电站两台三级配拖泵已泵送了五万方左右。 ■

第二十一章　重庆乌江水电站三级配工程中的典型施工

□ 肖　艺

乌江水电站位于重庆市彭水县万足乡乌江江畔，该工程主坝投资约 20 亿元，主坝高约 180 米，坝顶宽约 30 米，三级配混凝土需泵送 20 万方。水电站主坝混凝土质量要求较高，每次连续泵送方量较大，施工难度极高。

施工简介

中国水利水电八局彭水电站施工局在 2007 年元月份购买我司一台 HBC120A1410D 拖泵，在 2 月 10 日首次施工，施工方案采用自卸车运输，挖机上料，带中间仓和卸料仓，再进入三级配拖泵料斗。

施工工况

此泵泵送过 C20，C25，C30，C40 不同级配的混凝土，因客户实验室管理很严，配合比不愿提供，我们无法得到。

管道布置锥管 3 节，260A—240A，240A—220A，220A—205A，接 1m 直管 5 根，90 度弯管 1 根往上接，1m 直管 8 根为立管，再 1 根 90 度弯管，水平

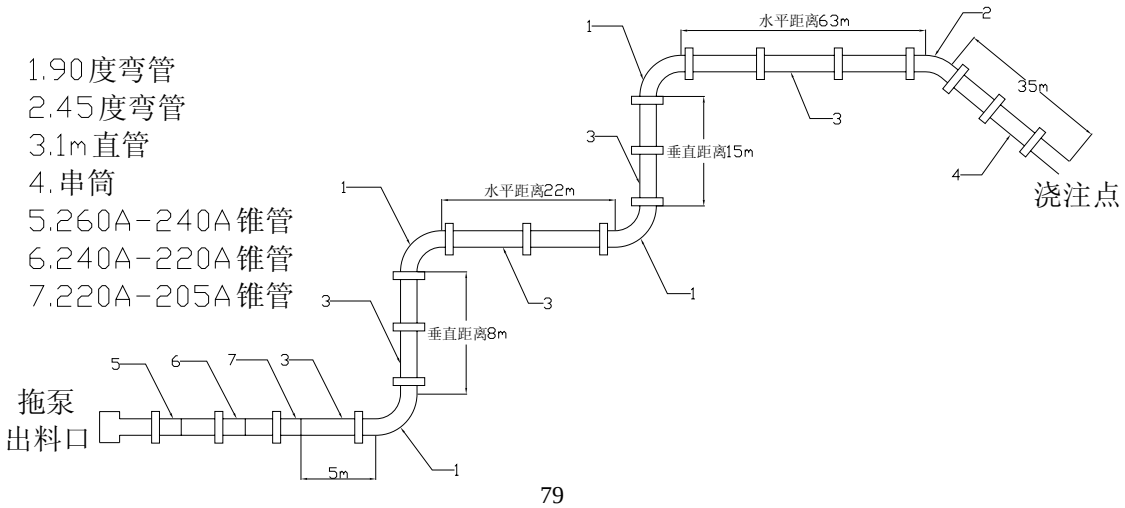


表 1　泵送压力与搅拌压力表			
	泵送 50m	泵送 100m	泵送 150m
泵送压力	7MPa	11MPa	15MPa
搅拌压力	8MPa	7MPa	7MPa
坍落度	18cm	20cm	20cm

22 米，接 90 度弯管 1 根，向上 15 米接 90 度弯管，接 63 米水平管，接 45 度弯管，接串筒 35 米成 30 度角到施工面，混凝土级配为 C40。

施工工况：在泵送中极易出现堵管，堵管部位都在 Y 字管和锥管处，最主要是预防发生堵管。解决方案：当混凝土进入漏斗前必需经过 2 次简易搅拌，塌落度不小于 150 毫米，胶凝材料每方大于 330 公斤。每次混凝土泵送方量在 1000 方以上，连续工作时间在 2 天 2 夜以上。其次，出现堵管时先检查混凝土塌落度，如在 200 毫米可采用正反泵解决，塌落度太高，太低只能拆锥管和 Y 字管解决。

总结经验，发现三级配混凝土在进入输送泵料斗前必须搅拌均匀，而且坍落度控制在 14cm 以上。通过多次摸索，和施工方紧密配合，现在三级配输送泵使用状况良好。 ■

第二十二章　四川成雅高速摊铺工程中的典型施工

□ 王　兵

该工地位于新津县成雅高速新津连接段，全长 4.65 千米，宽 30 米，采取“白加黑”方式全部用橡胶沥青摊铺，是国内极少数的橡胶沥青施工范例。橡胶沥青粘度大，施工困难，对于摊铺设备和压实设备的要求也相当高。因此客户及甲方对此次施工在设备选型上非常严格，三一设备凭借过硬的质量、良好的口碑被客户和甲方认可。

LTU120 型沥青混凝土摊铺机采用了很多全新的控制技术，使整机在可靠性、作业性、施工精度等方面有了质的飞跃，成为国内同类产品的精品，达到国际先进水平。

沥青混凝土摊铺机作业情况

施工初期客户采用租赁的方式使用三一的摊铺机。根据实际道路情况，采取半幅施工，摊铺作业时现场围满了甲方及沥青施工业界的专家，从现场人们严肃的表情可以看出他们对这次施工的重视。确认准备工作准确无误后正式施工开始了，而各在场代表的心也绷紧了！因为现场的大部分人都没有这方面的经历，大家对橡胶沥青本身、对施工的工艺、流程等都是非常陌生的。随着摊铺机的缓缓前进，一条平整、均匀、光亮的沥青路面出现在人们眼前并不断延伸，客户及甲方的脸上终于漏出了轻松的笑容，经过现场检测摊铺质量完全达到了设计要求。得到了客户及甲方的高度评价！

由于三一摊铺机的出色表现，到了施工中期，客户决定购买一台三一的LTU120摊铺机施工。新摊铺机于2007年2月26日到达工地后即投入到施工中，直至工程全部完工，三一设备一直保持正常状态。而且整个施工过程中，三一派有技艺精湛的操作手和技能高超的服务工程师贴身跟踪服务。 ■

第二十三章　溪洛渡水电站葛州坝工程中的典型施工

□ 贺松江

2007 年 5 月，在世界第三大水电站，溪洛渡水电站葛州坝施工局在浇筑尾调桥机梁混凝土中，因施工要求浇筑的混凝土配比无法达到泵送要求，且施工范围较大，仰角较高，所以采用我司生产的国内首台胎带机进行施工。

表 1　三级混凝土 C20 拌合配比

方量（m³）	拌和时间	水泥	粉煤灰	碎石（mm）			人工砂	减水剂	水	塌落度
				80-40	40-20	20-5				
1	3	264	66	760	304	456	672	11.57	75	110-90

工程简介

在施工中搅拌车放料困难，混凝土较干，沙石较粗，系自制混凝土，混凝土等级为C20，塌落度为7-9cm，输送过程中给料皮带转速为5档，主皮带为6档，施工高度为10-11m，输送速度为每分钟2立方，经检测混凝土入仓强度为13，抗压强度31.8MPa，完全达到施工要求，且用胎带机浇筑为常态，水泥用量较少，混凝土水化热相对减少，能有效减小混凝土内部温升，对混凝土的质量控制较为有力，另外，在施工中机动性好，输送的混凝土不受配比限制，且输送速度快，臂架伸缩旋转灵活，工作范围大，使得设备在施工生产中产生了很大的经济效益，所以得到了施工单位的一致好评。 ■