



高铁制梁泵送方案



一、工程概况

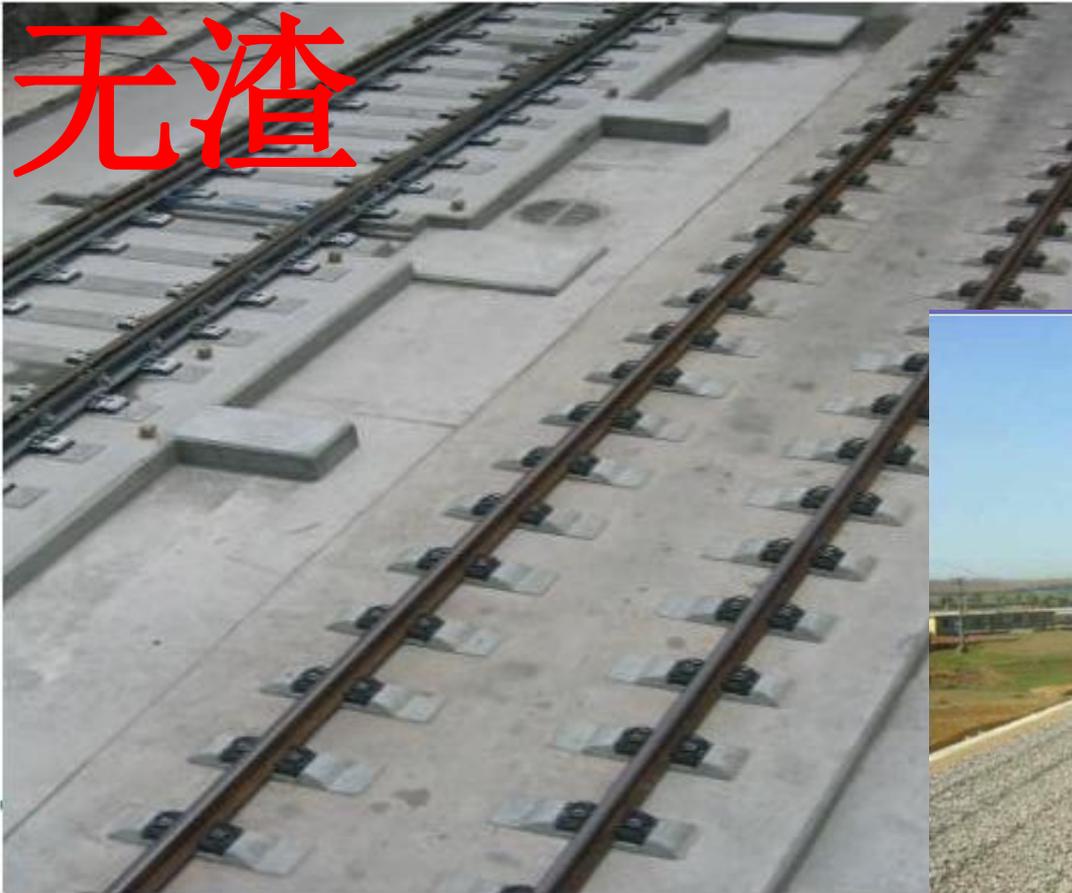
二、工程难点分析

三、选型与计算

四、方案与设备配套

五、方案优劣对比







浇注



铺设



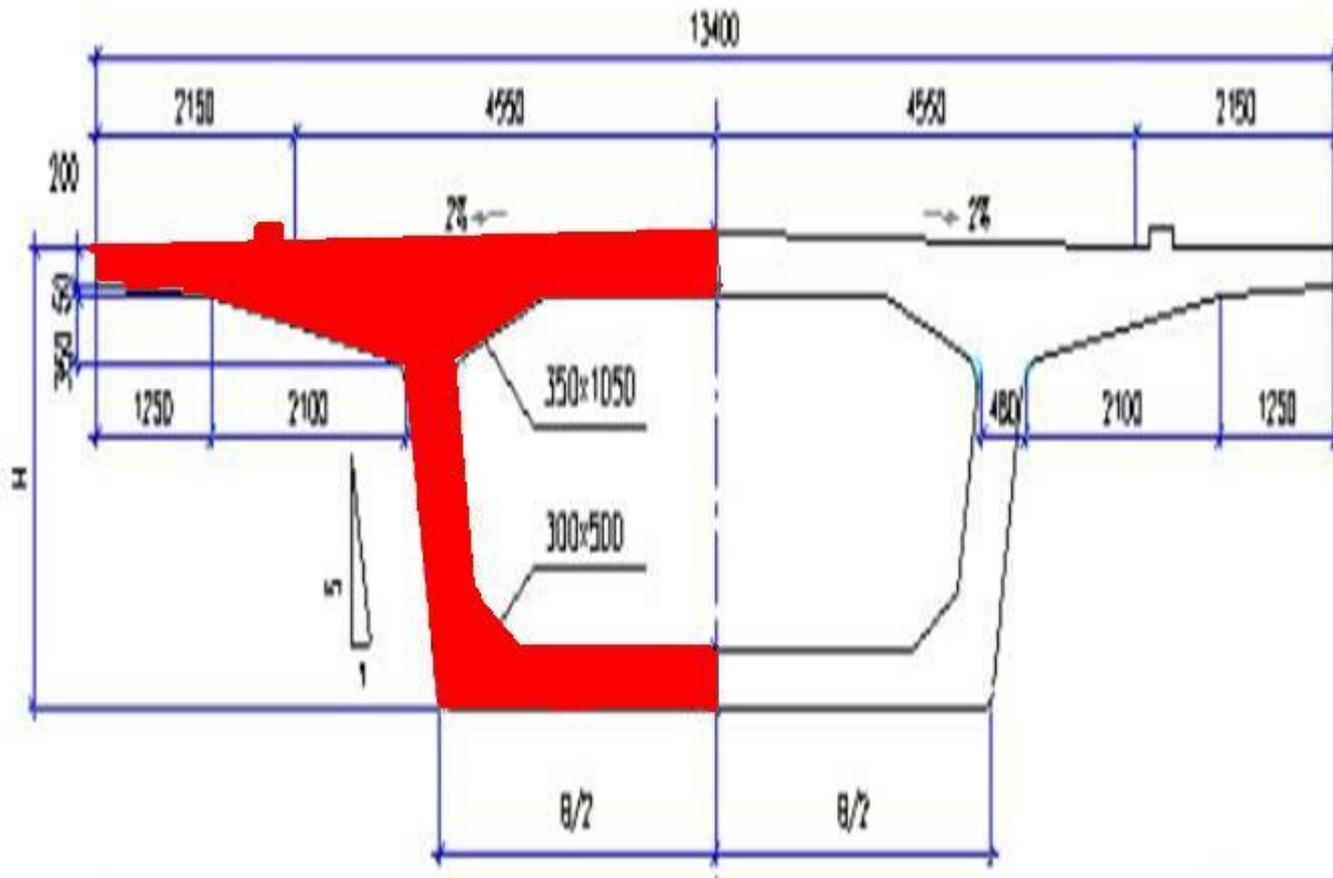


一、工程概况

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**320m³**，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。



箱梁



箱梁尺寸



吊装



二、难点分析

1、混凝土特性分析

配比一：坍落度= $200 \pm 20\text{mm}$

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



配比二：坍落度=120~180mm

单位：kg/m³

配合比	水泥	水	砂	石		掺合料	外加剂
				5-10	10-25	F	TY-6A(40%
	356	150	656	400	742	119	11.875



(1)阻力大

配比一中胶凝材料为普硅水泥P·O42.5、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

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 **$Q > 55\text{m}^3/\text{h}$** ，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 **$Q \geq 80\text{m}^3/\text{h}$** 。



(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 **$S_1=200\text{m}$** 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90°的弯头以及工位16m宽距，梁位与拖泵之间布管水平折算 **$S_2=180+4\times 9+16=232\text{m}$**

则总的泵送距离折算 **$S=S_1+S_2=432\text{m}$**



b) 混凝土阻力

通常用 $\phi 125$ 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 $50\text{m}^3/\text{h}$ ，每米水平输送管的砼压损失如下：

当坍落度达到 150mm 时， $\Delta P=0.012\text{Mpa}$

当坍落度达到 180mm 时， $\Delta P=0.010\text{Mpa}$

当坍落度达到 210mm 时， $\Delta P=0.008\text{Mpa}$

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，需要的有效砵压达 $0.03 \times 400 = 12\text{Mpa}$ ，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，砵阻力大，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

$P_{理} > 15\text{Mpa}$ 。



2、拖泵排量选择

根据工程要求实际浇注速度 $\geq 80\text{m}^3/\text{h}$ 。我们以**HBT80C-1816III**为例,进行计算。

HBT80C-1816III参数表如下:

型号	理论排量 (m^3/h)		出口压力 (Mpa)		电机 功率 (KW)	主油缸 内径 \times 行程 (mm)	输送缸 内径 (mm)
	高压	低压	高压	低压			
HBT80C- 1816III	50	85	16	10	132	$\phi 140 \times 1800$	$\phi 200$



- (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： $Q_1=50 \times 50\%=25\text{m}^3/\text{h}$ ；
- (B)、当采用近距离浇注时可采用“**低压大排量**”泵送，实际排量： $Q_2=85 \times 50\%=42.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。



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 $80\text{m}^3/\text{h}$ 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 $Q=2Q_2=2\times 42.5=85\text{m}^3/\text{h}$ ，才能满足 $80\text{m}^3/\text{h}$ 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 $Q=4Q_1=4\times 25=100\text{m}^3/\text{h}$ 。才能满足 $80\text{m}^3/\text{h}$ 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- Δ 启动，对电网冲击很大，会造成启动困难。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。



箱梁浇注



箱梁制作



架设

靠近泵送

方案A



靠近泵送



2006/09/18

方案A



靠近泵送

方案A

2007/05/18



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：

流程	搅拌	→	运输	→	泵送	→	布料	
设备型号	搅拌站 HZS120 (260KW)		搅拌车 SY5250GJB (8m ³)		拖泵（电机） HBT80C-1816III (132KW)		拖泵（发动机） HBT120C-2016III (261KW)	布料杆HGY18 (18m)
数量	2座		6台		2台		(或2台)	2
说明	2台实际每小时大约搅拌140m ³		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 m ³ /h		2台连续不断泵送实际排量可达120m ³ /h	能确保布料无盲区



2、说明

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，其参数如下：

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



从上表格参数可以看出：

由于其输送缸内径达 $\phi 230\text{mm}$ ，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 $Q=120 \times 55\%=66 \text{ m}^3/\text{h}$ ，两台同时连续泵送，每小时总排量实际可达 $132 \text{ m}^3/\text{h}$ 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）



高铁预制箱梁电机拖泵性能参数

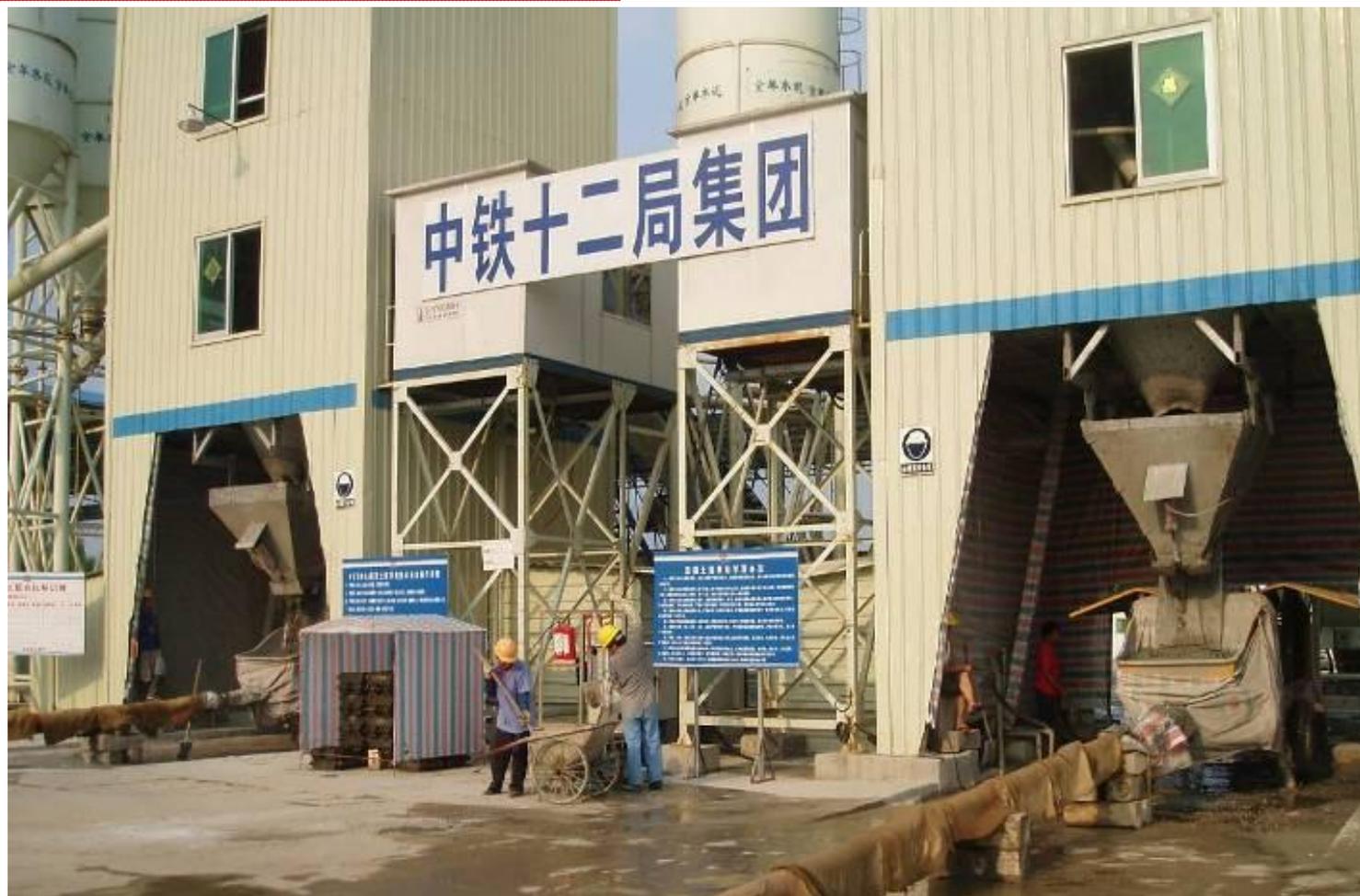
拖泵型号 技术参数	HBT80C-1816III	HBT80C-1818III	HBT80C-2122III
混凝土理论排量m ³ /h	85/55	87/57	85/50
混凝土输送压力MPa	10/16	10/18	14/22
输送缸直径×行程mm	φ200×1800	φ200×1800	φ200×2100
主油泵排量cm ³	A11VLO190+130	A11VLO190+190	A11VLO190×2台
电机功率kW	132（配软启动）	160（配软启动）	110 kW×2台
料斗容积m ³	0.7	0.7	0.7
上料高度mm	1420	1420	1420
外型尺寸长×宽×高mm	6891×2075×2215	6891×2075×2215	7190×2100×2355
整机质量 kg	6800	6900	7300



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

远距离泵送

34



远距离泵送



方案B：拖泵远距离直接泵送浇注

(1) 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，由于砣阻力大，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**25m³/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

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 m^3 左右，每套管按2.5万 m^3 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 $8 \times 20 = 160$ 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、砵活塞、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方案中多了砗料的运输，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

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	布料杆操作手	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
 $16 \times 2000 \times 12 = 38.4$ 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8m³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）。



谢谢各位!