

**内容提要：**在软弱地基上使用钢管桩和贝雷片做为现浇支架，避免了处理软基，克服了地基沉降对现浇箱梁施工线形的影响；结合支架施工实例，着重介绍钢管排架和贝雷片组成的支架构造和施工。  
**关键词：**钢管桩和贝雷片      支架      实践

1.引言

在软弱地基上施工桥梁上部现浇梁、板，一般的施工方法是对软基进行加固处理，然后搭设满堂支架施工。由于软弱地基特殊的地质条件，地基处理难度较大；同时由于处理厚度的不均匀性，当填加施工荷载时，地基将可能出现不均匀的沉降，从而可能对混凝土的质量造成不同程度的损伤，对工程质量留下隐患。且地基处理为一次性投入，处理费用高，周转利用率低。

随着工程技术的发展，人们在工程实践中摸索出减少或避免处理地基的施工方法，使支架越发安全可靠。

2.现浇支架比较

尽可能地利用既有墩台基础，以减少处理地基，根据使用器材的不同，践中逐步摸索出几种现浇支架模式，可软地基基础上。列举其中的部分结构形式下。

2.1 军用墩与军用梁组合现浇支架

支架基本形式见图 1。军用梁承载力强，根据不同跨度在孔间设置支墩，可拼装出不同跨度的支架，但由于为制式器材，在器材型号不全时，跨度拼装将受到很大限制；军用梁自重大、对支撑墩和基础要求较高。该支架在青岛流亭立交桥、济青高速公路后刘立交桥等桥梁现浇梁施工中先后得到应用。

2.2 贝雷片和抱箍构成移动式支架

利用贝雷片拼装成支撑横梁和纵梁，抱箍固定在桥梁墩身上，作为体系的承重构件，利用卷扬机拖动纵梁前移，实现可移动式现

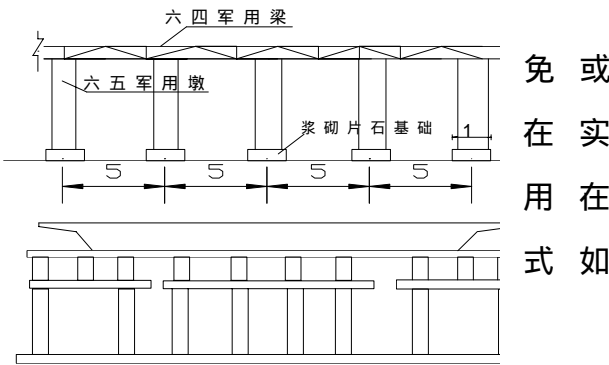


图 1

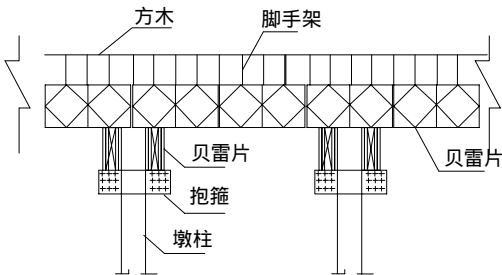


图 2

浇支架。见图 2。该支架形式在广东肇庆大桥北岸连续箱梁施工中得到应用。支架结构简单，受力明确，操作简便；缺点是适用跨度较小，适用于圆柱形墩，混凝土施工过程较复

杂。

### 2.3 脚手架、万能杆件或军用墩与型钢支架

用脚手架或万能杆件搭设支墩,采用型钢组成作为现浇支架,根据型钢的不同型号可根据要求做成不同跨度的支架。较常用的支架跨度一般在 6M

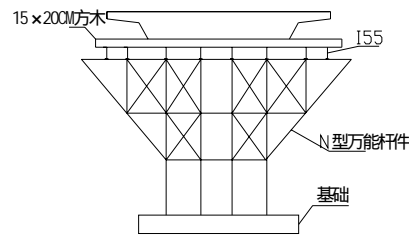


图 3

左右,跨度较大的可用至 9M。结构形式见图 3。使用较灵活,但支墩基础较密,处理费用相对较高。

### 2.4 钢管桩、贝雷片和碗扣件支架

利用钢管将贝雷片架立地面,然后在贝雷架上支立碗扣件,构成支架。该种支架利用贝雷片代替地基处理,材料周转利用率高,适用性强,安全可靠,但材料投入较大。结构形式见图 4。

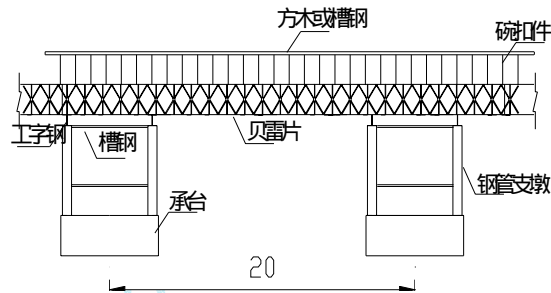


图 4

### 2.5 钢管桩与贝雷片支架

根据现浇构造物的高度,将钢管桩制作成排架形式,做为支架的支撑墩,上部用贝雷片拼装成连续梁式桁架。用固定在贝雷片主弦杆上的方木做标高调整构件。该支架的特点是:支架材料投入少,重量轻,施工机械化程度高,适用的跨度相对较大。

结合工程实例对该种支架重点介绍。

## 3.工程实例

### 3.1 工程概况

通启高速公路陈桥互通立交主线桥,位于江苏省南通市,地处长江三角洲冲积平原,地层为第四系全新系统及上更新系统,表层分布 1.5~6.5M 厚的软塑状亚粘土,下卧软塑状亚砂土,软土地基多埋藏在地表下 10M 以内,地基承载力较差。大桥上部结构

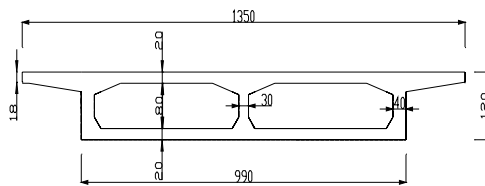


图 5

为现浇连续箱梁,分左右两个半幅。箱梁为单箱双室断面,标准断面尺寸见图 5。桥墩高度为 6~11M。跨径 20M,基础为桩柱式柔性墩。

### 3.2 支架的设计和施工

钢管支架设计主要要解决两方面的问题:一是临时支墩的结构形式,二是由贝雷片

组成的桁架整体强度、刚度和稳定性。下面着重就这两方面的问题进行分析探讨。

使用的主要材料为：直径 273 mm，壁厚 6mm 的钢管；321 型的贝雷片（高 1.5M，每节长 3.0M）。

3.2.1 贝雷桁架的设计

现浇支架的整体布置形式见图 6。

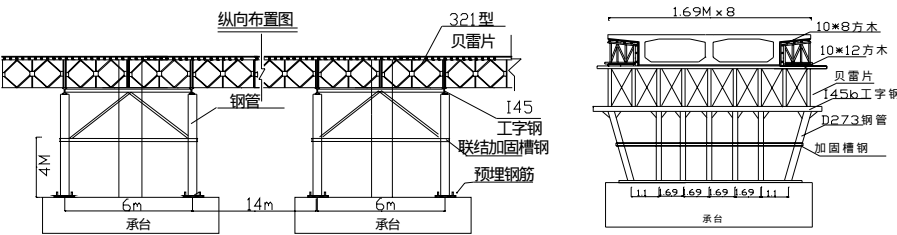


图 6

3.2.1.1 贝雷片的布置

贝雷片的结构布置形式见图 7。

沿箱梁横断面方向设置 9 道贝雷片，均匀布置。桁架顶部横向布设 10 × 12CM 的方木，间距 30CM，用铁丝或铁钉与贝雷片主弦杆绑扎牢靠（预先在贝雷片主弦杆上绑扎调整方木）；方木在箱室肋部加密一半，间距为 15CM；方木长度为 3M 交错布置，并使位于同一贝雷片上的方木接头不超过

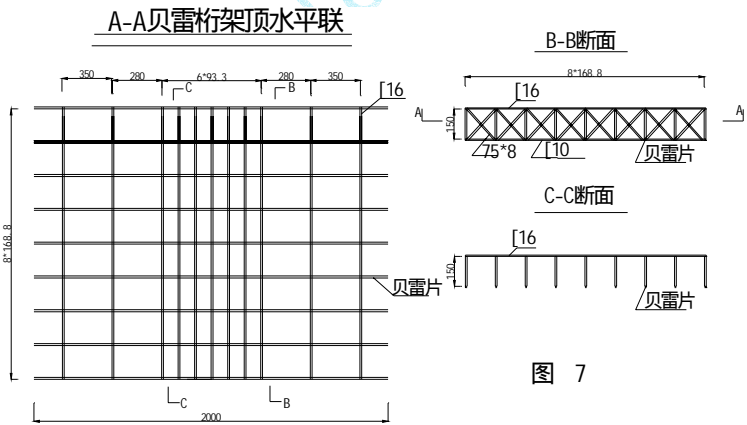


图 7

通过该贝雷片方木总面积的 50% 做为底模板横肋，兼做贝雷片的上水平联；沿支架纵向每 2.8M 设置横向钢结构连接系一道，以保证 9 道贝雷片整体受力。为保证贝雷片的整体稳定，在位于箱梁两外侧竖肋的三片桁架底部用 75 × 8 角钢与横向连接系焊接，组成下水平联。见图 8。

3.2.1.2 贝雷桁架的设计检算

施工荷载主要由钢筋砼自重  $q_1$ 、模板自重

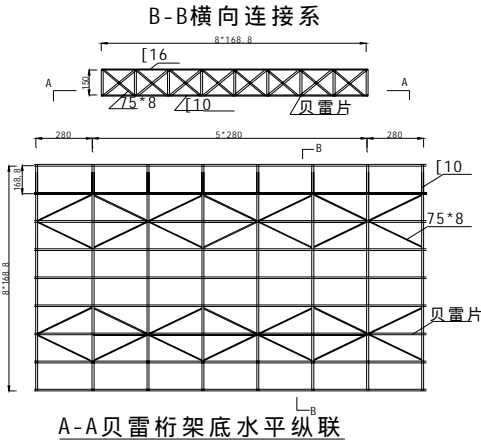


图 8

$q_2$ 、贝雷桁架自重  $q_3$ 、施工荷载  $q_4$  构成。支架承受的总荷载为： $q=q_1+q_2+q_3+q_4=229.5\text{KN/m}$ 。  
强度检算

贝雷架纵向布置形式为间距 6 米和 14 米间隔布置的连续梁，最不利情况发生在 14 米跨度内混凝土全部浇注完成，其它跨径内没有荷载时。按简支梁计算。则最大弯距： $M_{\max}=qL^2/8=229.5 \times 14^2/8=5621.5\text{KN} \cdot \text{M}$ ，单片贝雷架承受最大弯距（按荷载横向均匀分布计算，不考虑不均匀分布系数）： $M=M_{\max}/9=5621.5/9=624.6 < [M]=975\text{KN} \cdot \text{M}$ ，满足要。

#### 挠度检算

因贝雷片每节结构形式相同，可看作匀质梁，并以简支梁模型检算，最大挠度为：

$$\begin{aligned} f &= (5/384) qL^4 / (E_I I_x) \\ &= (5/384) \times 229.5 \times 1400^4 / (2.1 \times 10^6 \times 250500 \times 9) \\ &= 2.4\text{cm} < L/400 = 1400/400 = 3.5\text{cm} \end{aligned}$$

满足施工要求（其中贝雷架的惯性矩  $I_x=250500\text{cm}^4$ ）。

#### 3.2.2 贝雷片的安装和拆除

将每 5 片贝雷片拼装成整体桁架，用 16t 吊车起吊就位；一联全部贝雷片安装完毕，加设横向支撑、上平联和下平联。

贝雷桁架采用整体落架法拆除。在贝雷桁架的底部（近支墩处）各设一根横梁，横梁用 20T 手拉葫芦悬吊在箱梁翼缘板承托上（在承托上预留悬吊孔），落架时先拆除支墩，再拆除桁架的平联，拔掉贝雷片间的连接销子，松动手动葫芦贝雷桁架脱模下落。

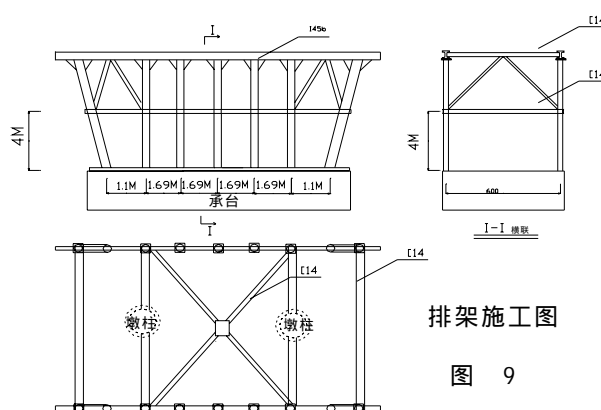
#### 3.2.2 钢管桩支墩的设计

支墩排架的基本结构形式见图 9。

##### 3.2.2.1 钢管的布置

主要解决的问题是：在保证每排排架承载能力的前提下，保证钢管桩的整体稳定性和抗倾覆能力。具体措施：

钢管桩顶部与工字钢焊接牢靠，底部与预埋钢板焊接，沿钢管高度方向每 4M 用 [14 焊接一道横向连接撑，构成一个排架；将同一个承台上的两个排架顶部用 [14 连接，形成上平联，两排间用 3 道 [14 连接成人字撑。使两个排架形成一个受力整体，增强抗倾覆能力。



### 3.2.2.2 钢管排架的设计检算

按如下不利条件假定荷载: 每两个排架承受跨度为 23M 的箱梁钢筋砼重量, 并按简支梁模型计算支反力。

作用在排架上的荷载构成如下: 钢筋砼重力  $q_1$ 、工字钢自重  $q_2$ 、其他荷载  $q_3$ , 则每个排架承受的总荷载为:

$$P = q_1 + q_2 + q_3 = 2645.5 \text{ KN}$$

由于每个排架承受的总荷载由 9 道贝雷片均匀分部在工字钢上, 每处荷载为:  $q = P/9 = 294 \text{ KN}$ 。

荷载布置如图 10。将每个排架看作刚架计算, 并按钢管最大高度 9.0M 计算。上述刚架为对称刚架, 取一半研究, 采用力矩分配法计算。

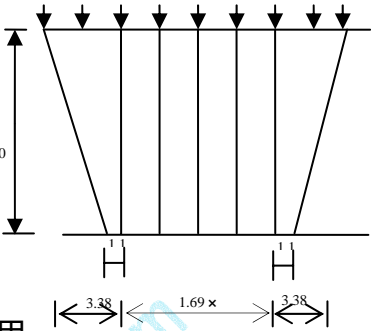


图 10

I45b 工字钢转动惯量为:  $I_1 = 33.759 \times 10^7 \text{ mm}^4$ ; 273 mm, 壁厚 6 mm 钢管转动惯量为:  $I_2 = 44.848 \times 10^6$ , 材料相同为 A<sub>3</sub> 钢, 弹性模量相同。计算各节点的分配系数、计算过程见图 11。

	AB	BA	BF	BC	CB	CG	CD
分配系数	0.954	0.328	0.016	0.656	0.494	0.012	0.494
固端弯矩	-124	124					
节点 A	118.3	59.2					
节点 B	-30.1	-60.1	-2.9	-120.2	-60.1		
节点 C				14.9	29.7	0.7	29.7
节点 D							14.9
节点 E	-2.5	-4.9	-0.2	-9.8			
节点 F	31.1	15.6					
节点 G	-2.8	-5.1	-0.2	-10.3	-5.2		
节点 H				1.3	2.6	0	2.6
节点 I				-0.9	-0.5		1.3
节点 J	2.7	1.4	0	-0.9	-0.5		
节点 K							
节点 L	-7.3	129.2	-3.3	-125.9	-33.3	0.7	32.5
节点 M							16.2

图 11

固端弯矩  $M_{AB} = -ql/8 = 294 \times 3.375/8 = -124 \text{ KN} \cdot \text{M}$ ,

$$M_{BA} = -M_{AB} = 124 \text{ KN} \cdot \text{M}$$

由各节点的弯矩和外力, 根据力矩平衡可得节点剪力; 由计算出的剪力, 根据节点力的平

衡原理可得各杆的轴力（压力）如下：

$$N_{AE}=405.6\text{KN}, \quad N_{BF}=571.4\text{KN},$$

$$N_{CG}=170.8\text{KN}, \quad N_{\text{中}}=351.8\text{KN}$$

钢管强度检算：取压力最大杆件 BF，杆件自由长度为 4M，视为两端铰接杆，其柔度  $\mu L/r=1 \times 4000/94.4=42.4$  查表可得  $\varphi=0.89$ ，则钢管桩的稳定强度为：

$$\sigma = N/(A) = 571.4 \times 10^3 \div (5030 \times 0.89) = 127.6\text{MPa} < [\sigma] = 170\text{MPa} \text{ 满足要求。}$$

钢横梁检算：钢横梁实际有 7 个支点，按 5 个支点计算。其中 5 道贝雷架架设在钢管桩桩顶，其余 4 道架设在跨中，钢横梁为 4 跨连续梁，查表得：

$$M_{\max} = (0.1998 - 0.0368 + 0.0101 - 0.003) \times P = 168.8\text{KN} \cdot \text{m}$$

$$W = M/[\sigma] = 1206\text{cm}^3 < [W]_{45b} = 1500.4\text{cm}^3, \text{ 故选用 45b 工字钢满足施工要求。}$$

### 3.2.2.3 钢管排架的拆除

为保证排架受力的整体性，不使用砂箱等落架构件，采用直接割除钢管落架。具体做法是：将排架顶部的工字钢用钢丝绳和手拉葫芦吊在桁架上，用气割将钢管根部与预埋件割开，慢慢放松手拉葫芦将排架拆除，整体移至另半幅。

## 3.3 支架预压

### 3.3.1 预压施工及成果分析

加载采用周围围砂袋中间装散砂的方法，模拟施工荷载。因砂分两次施工，预拱度参照支架在箱梁 80%自重时产生的变形设置。加载前，沿模板纵横向每 5M 开设  $40 \times 40\text{CM}$  活动孔一个，预压结束时将运输车开到活动孔处，将砂子直接泄至车内。加载总重量为 23M 跨度箱梁自重。

沉降观测结果见表 1。可以看出实测弹性变形与计算值基本相符，但在支架跨中出现了不均匀沉降，需进一步采取加固措施。

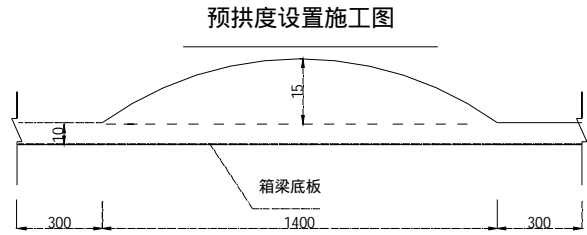
### 3.3.2 对桁架的改进措施

通过预压观测成果分析，跨中出现了横向不均匀沉降。由于贝雷片跨中所受的弯矩较大，荷载出现了横向不均匀分布，原设计的横向加固结构未达到预想效果。为保证箱梁的线形，防止混凝土开裂，在桁架的中部增设 4 根  $[16$  的型钢，间距 1.0M，以加强跨中的横向分布刚度。见图七。

### 3.3.3 预拱度设置

根据支架实际情况和预压成果，预拱度设置分为 6M 和 14M 跨两部分，考虑不可预料的因素及箱梁的外形美观，将预拱值提高 3~5mm，跨中最大值设置为 25MM。并按抛物

线分配，见图 12：



沉降观测结果 表 1

观测点编号		荷重 0	荷重 80%	沉降量	卸载后	非弹性变形	弹性变形
		观测值	观测值		观测值		
0	左	12. 782	12. 778	4	12. 780	2	2
	中	12. 872	12. 868	4	12. 871	1	3
	右	12. 971	12. 967	4	12. 967	4	0
0.25 L	左	12. 705	12. 685	20	12. 701	4	16
	中	12. 786	12. 766	20	12. 781	5	15
	右	12. 899	12. 880	19	12. 893	6	13
0.5 L	左	12. 633	12. 610	23	12. 628	5	18
	中	12. 739	12. 708	31	12. 731	8	23
	右	12. 837	12. 816	21	12. 832	5	16
0.75 L	左	12. 533	12. 518	15	12. 530	3	12
	中	12. 623	12. 608	15	12. 624	0	15
	右	12. 735	12. 720	15	12. 730	5	10
L	左	12. 447	12. 442	5	12. 447	0	5
	中	12. 537	12. 530	7	12. 534	3	4
	右	12. 640	12. 635	5	12. 637	3	2
L+3 米	左	12. 401	12. 399	2	12. 400	1	1
	中	12. 496	12. 492	4	12. 494	2	2
	右	12. 593	12. 587	6	12. 591	2	4

3. 4 混凝土的浇注

3. 4. 1 混凝土的浇注顺序

现浇箱梁分段施工，每段分两次浇注。为有利于支架的受力、减小支架变形，每段混凝土浇注顺序为：纵向从每段的起点向终点浇注；横向从起始跨的中间腹板和底板向



两侧对称浇注。

3.4.2 沉降观测结果分析

在混凝土浇注过程中，观测支架变形，测量成果见表 2。可以看出跨中最大沉降量为 22mm，小于预拱值 3mm，横向不均匀沉降最大为 3mm。从拆模后的箱梁底板外观看，线形顺畅、美观，达到预期要求。按预拱值 25mm 设置正确、可靠。

支架变形观测成果 表 2

观测点编号		浇筑一次砼前	第一次	沉降量 (mm)	第二次	第二次	沉降量 (mm)	最终 沉降量 (mm)
		观测值	砼浇筑后 观测值		砼浇筑前 观测值	砼浇筑后 观测值		
0.2 5L	左	13692	13686	6	13686	13678	8	14
	中	13594	13587	7	13580	13571	9	16
	右	13507	13501	6	13498	13490	8	14
0.5 L	左	13782	13774	8	13774	13763	11	19
	中	13694	13684	10	13682	13671	11	21
	右	13596	13586	10	13584	13572	12	22
0.7 5L	左	13860	13855	5	13854	13844	10	15
	中	13441	13435	6	13435	13427	8	14
	右	13659	13655	4	13656	13645	11	15
L	左	13726	13723	3	13723	13720	3	6
	中	13689	13687	2	13688	13684	4	6
	右	13711	13709	2	13710	13707	3	5

4.体会

4.1 主要优点

利用钢管桩和贝雷片做现浇支架，直接利用既有承台作为支架的支撑基础，不需处理地基，避免地基沉降带来的影响，节约了投资，提高了材料的回收利用率。将主要受力构件加工成大块，用机械吊装，提高了机械化作业程度和工效，节省了时间。整体落架法拆除桁架，不仅减少了高空作业量，保障了施工安全，而且提高了工效。直接利用固定在贝雷片主弦杆上的方木代替钢管调整高程，节约了投入。

4.2 存在的不足和需进一步改进的问题

钢管的接长和拆除，全部采用电焊、气割，现场焊接工作量大，对操作工人的要求高，且对钢管质量有损伤。改进措施：将钢管分段加工成型，根据需要组拼。

由于贝雷片采用非标准间距布设，横向及底水平连接主要采用了焊接方式，现场焊接量大，工效低。改进措施：改焊接为栓接。



---

**参考文献：**

刘宗禄. 流亭立交桥连续箱梁施工技术总结. 铁道建设优秀论文选编. 中国铁道建筑总公司 1991-1993.

黄绍金. 刘陌生. 装配式公路钢桥多用途使用手册.

张克治. 后张预应力连续箱梁施工. 京福高速公路论文集.

筑龙网 [www.zhulong.com](http://www.zhulong.com)