



第二章 混凝土简支梁桥

主讲内容

1. 铁路混凝土简支梁的构造、设计与计算
2. 公路混凝土简支梁的构造、设计与计算
3. 桥梁支座



第一节 铁路混凝土简支梁桥

一、铁路普通钢筋混凝土简支梁的构造

(一) 截面形式、技术指标

截面形式的决定因素：

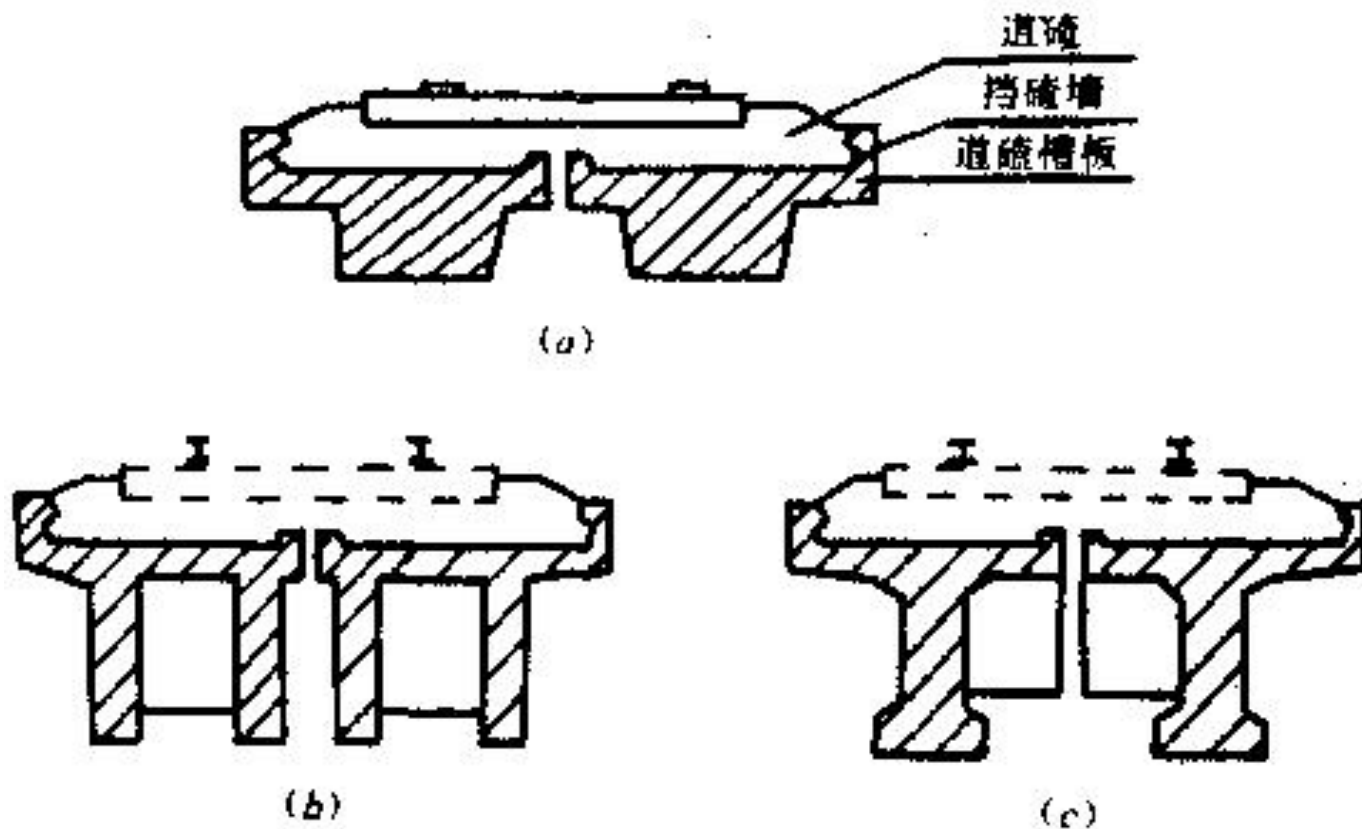
受力、使用、施工和及经济

常用的截面形式及特点：

板式：跨径小于6米

Π形：跨径5.5~16米（现已不用）

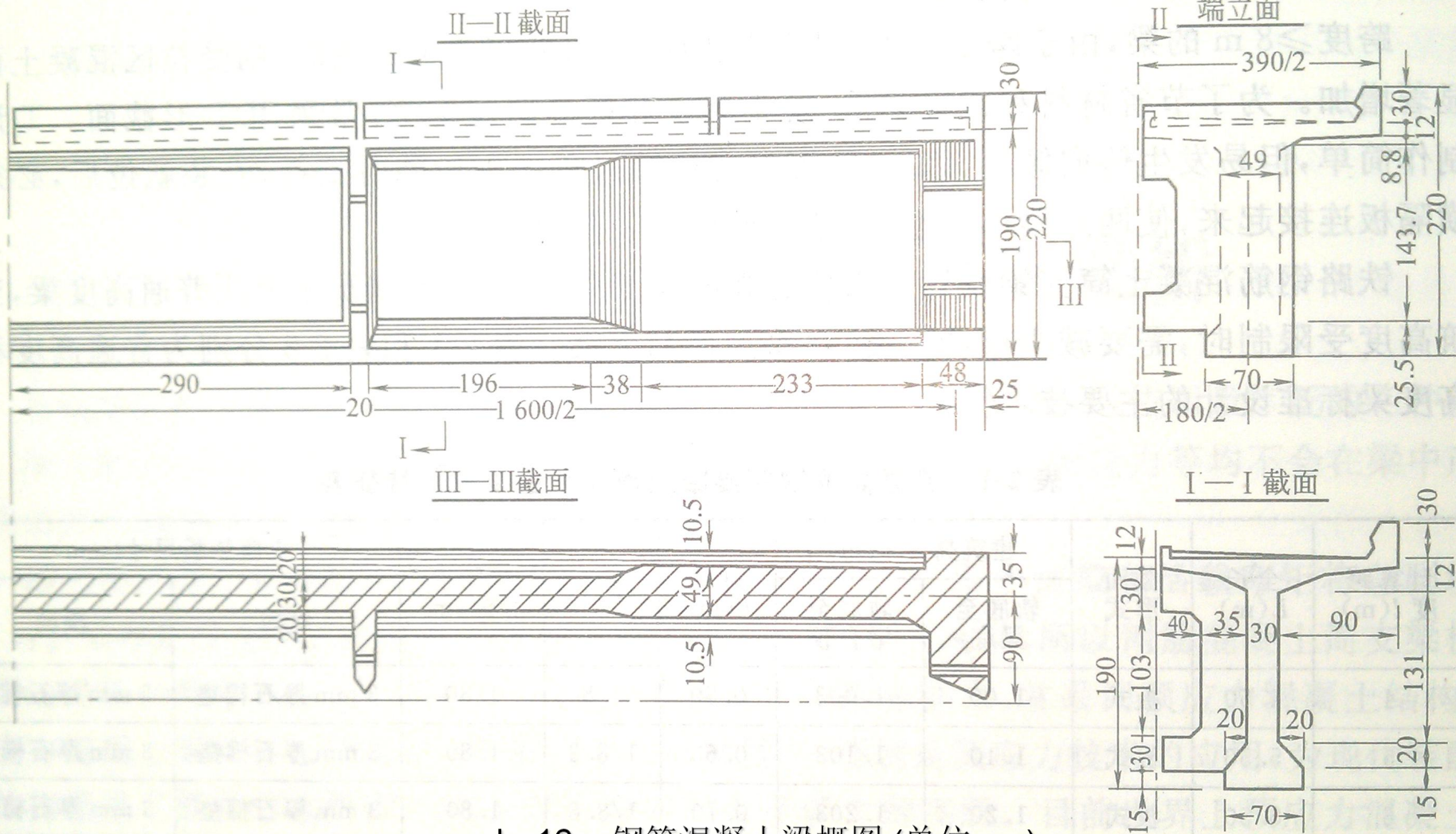
T形：跨径8~20米



铁路混凝土简支梁桥设计分为普通高度和低高度，一般采用普通高度，只有当建筑高度受限时，可采用低高度梁。

(二)、构造示例 (以16m 跨度T梁为例)

1、梁的总体布置



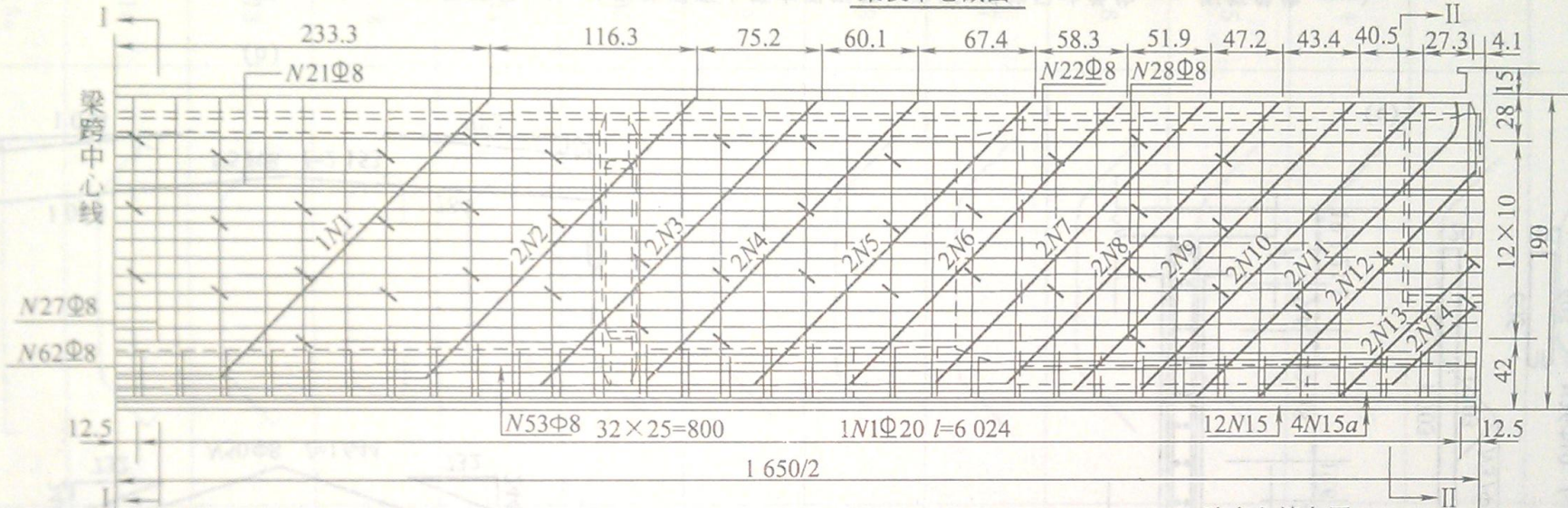
L=16m 钢筋混凝土梁概图 (单位:cm)



主梁高度为1.9m，道碴槽宽1.92m，两片梁的中心距为1.8m。跨中部分腹板厚300mm，靠近梁端部分增厚到490mm，以适应主拉应力的变化；下翼缘宽700mm，利于钢筋布置。道碴槽板厚按规定最小为120mm，在道碴槽板与梁肋相交处设置梗腋，满足桥规要求。

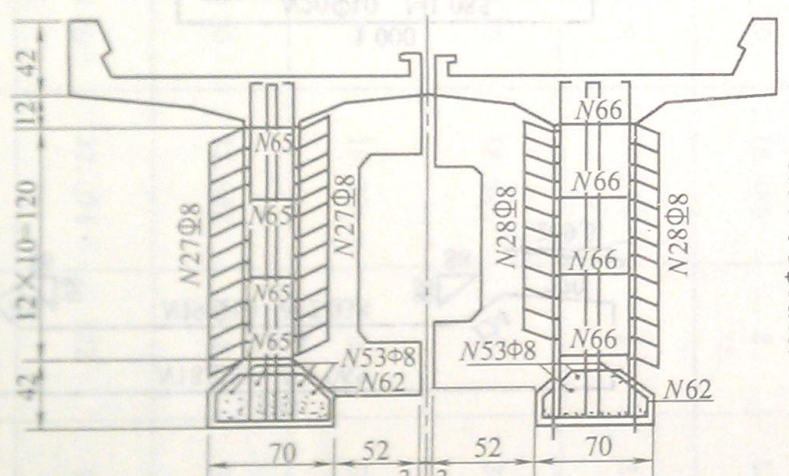
挡碴墙设有5条断缝 → 使墙不参与主梁工作，防止墙顶混凝土压碎。内边墙也设置断缝。

横隔板在梁端以及距梁端5.25m处，设有与梁一起浇筑的横隔板。其作用是将两片梁连成整体共同工作，保持横向稳定性，防止梁受扭转变形。端横隔板比中横隔板为厚：维修或更换支座时，顶梁之用。为了便于维修检查，所有横隔板中间留有方孔。

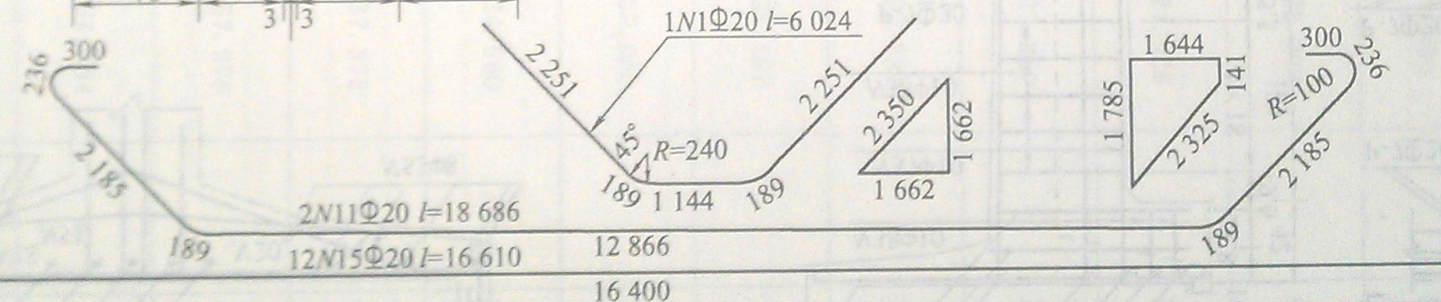
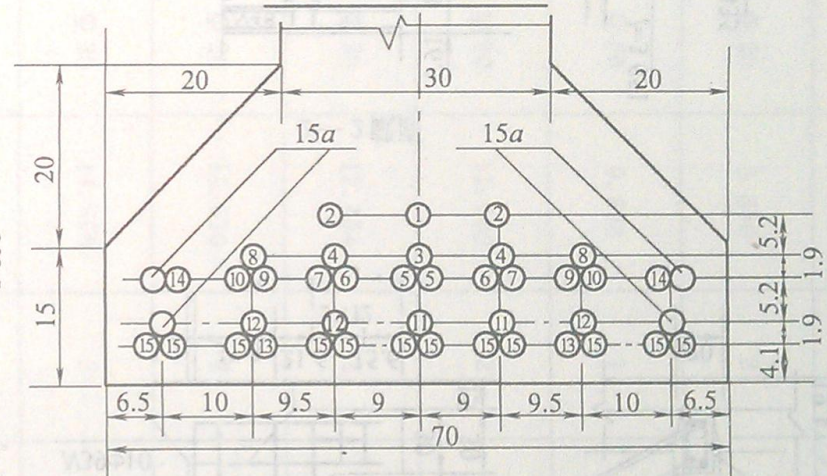


I—I 截面

II—II 截面



跨中主筋布置



梁体钢筋包括：主筋、箍筋、斜筋、架立筋和纵向水平分布筋

主梁受力主筋 43 ϕ 20 15个编号 (N1-N15)

N1~N12(共23根)由跨中向两端相继弯起锚固在梁的受压区，和箍筋一起承受主拉应力，其中N1~N10弯至梁顶后伸入受压区长度大于20倍的**斜筋**直径，满足锚固长度要求，不设与纵筋平行的直段，且不设弯钩；N11~N12因不能满足上述锚固长度要求，需要向上弯转锚固在受压区。

N15钢筋(共16根)伸入支座，与弯起的**N13**、**N14**钢筋端部均加直角钩以保证具有足够锚固。**N1~N7**布置在下翼缘中心部分且在最上两排，使它们能在腹板较薄的跨中部分相继弯起。**N8~N14**或布置在下翼缘中心偏外部分，或布置在下翼缘的底排，它们只能在腹板较厚的梁端部分相继弯起。

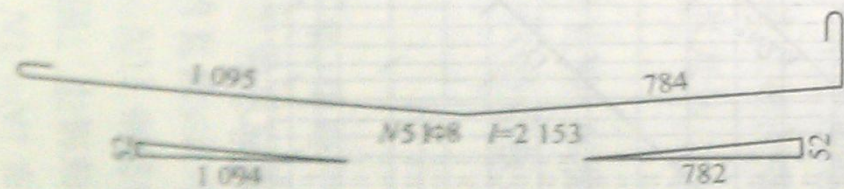
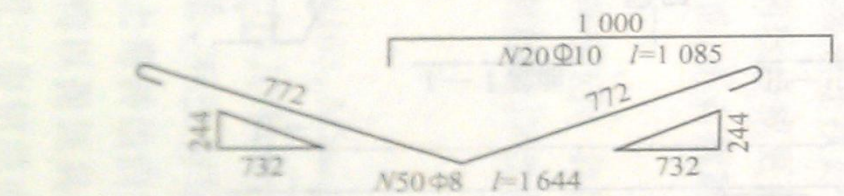
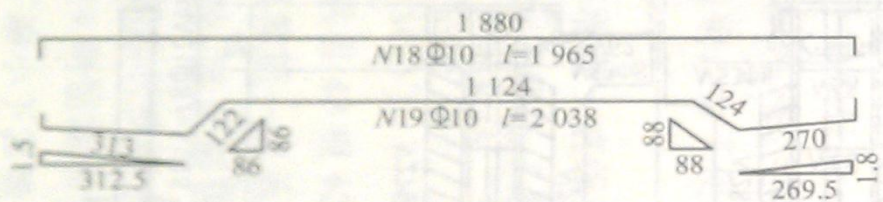
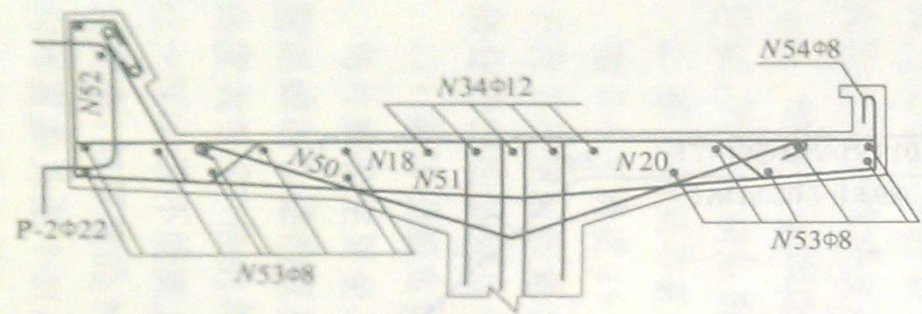
主钢筋在梁下翼缘内布置，为了缩小下翼缘尺寸，采用三根钢筋成束布置。



主梁箍筋 4肢 2个编号 (N21, N22), 所有箍筋均钩在架立钢筋上。在梁的下翼缘内设有捆扎主筋用的小箍筋

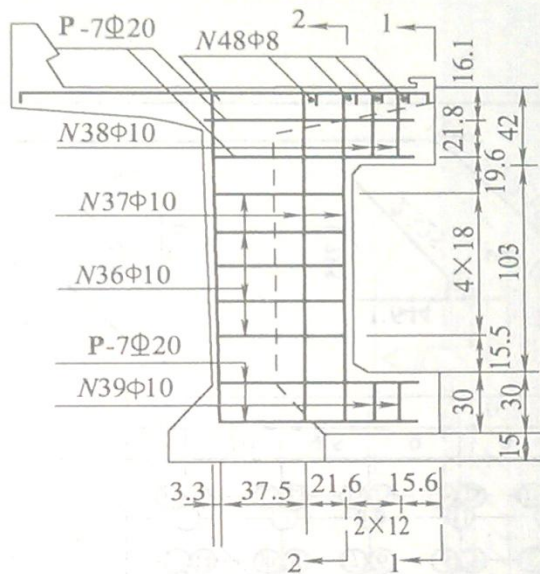
纵向水平钢筋: 限制腹板裂纹开展过宽

主梁构造筋: 如N34, 箍筋钩于其上, 形成钢筋骨架

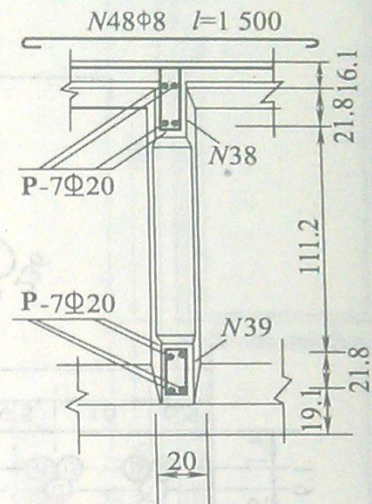


(b)

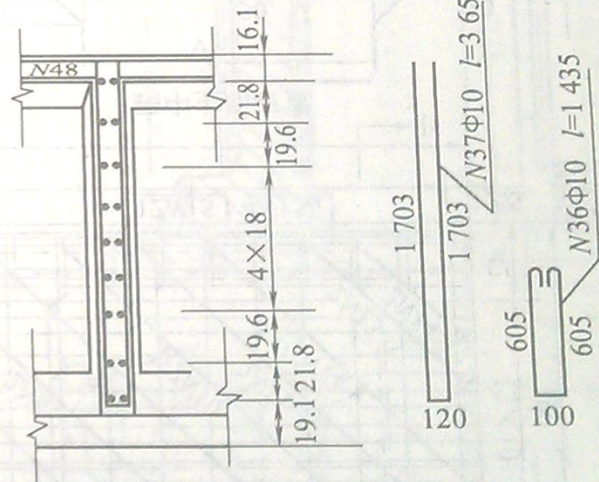
中间横隔板



1—1 截面



2—2 截面



(c)



道碴槽板是一个支承在梁肋上的双悬臂梁

道碴槽主筋：N18、N19、N20布置在板顶部

道碴槽构造筋：N50、N51 加强板与肋的联系

挡碴墙：N52封闭筋，防意外受力；墙内钢筋断开

横隔板：端横隔板的钢筋布置的比中横隔板要密。因为此处正是安放支座的位置，要传递强大的集中反力。

二、钢筋混凝土简支梁的设计与计算

(一) 结构尺寸拟定

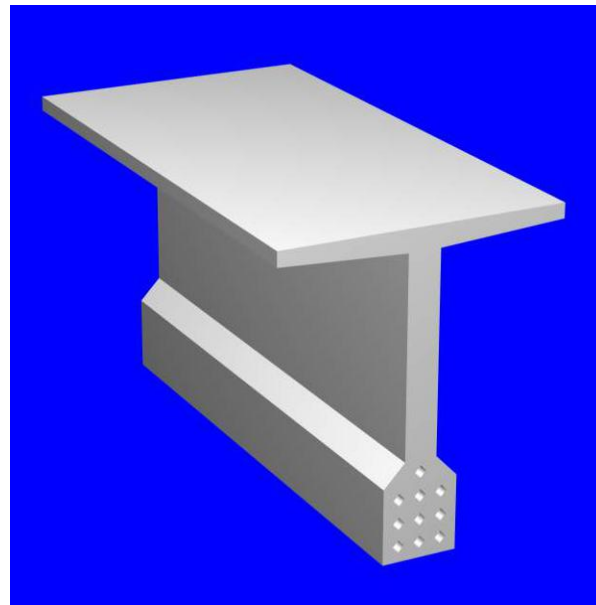
梁高：

影响因素：受力、使用、经济

取值范围：

普通高度梁：高跨比：1/6~1/9

低高度梁：高跨比：1/11~1/15





梁肋厚度:

决定因素: 主拉应力值和主筋的布置要求

常用形式: 支座处厚, 跨中减薄, 且下缘有马蹄

梁肋中心距:

决定因素: 内外板悬臂弯矩大致相近, 稳定性,
还要有一定的横向刚度

常用值: 标准设计梁肋间距取1.8m

梁宽 (即道碴槽的宽度)

决定因素: 线路使用要求

取值: 对于单线铁路两片梁总宽3.9m,
单片梁宽为1.92m(中间为6cm的空隙),
板的最小厚度12cm。

(二)、道碴槽板的计算

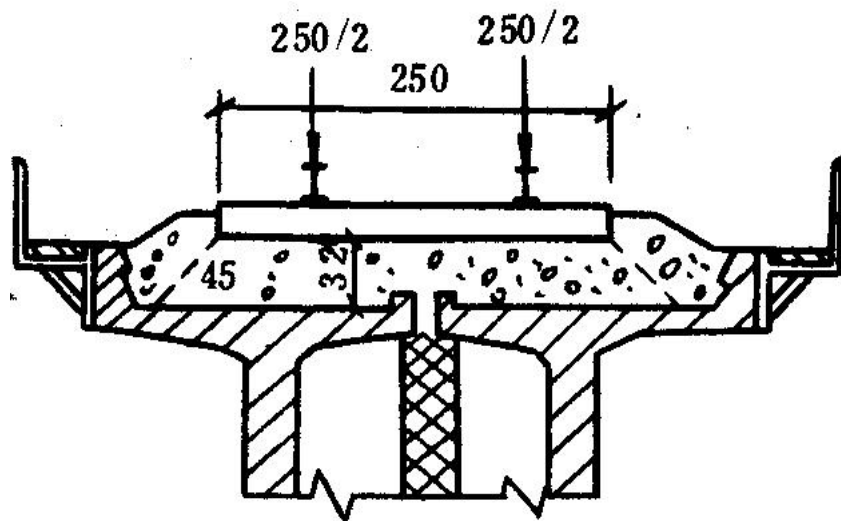
1、计算图式：

T梁翼缘组成的桥面板——按固定在梁肋上的悬臂梁计算

箱梁两腹板间桥面板——按单向板计算

2、计算荷载

恒载：板自重；
线路设备；
人行道恒载



活载:

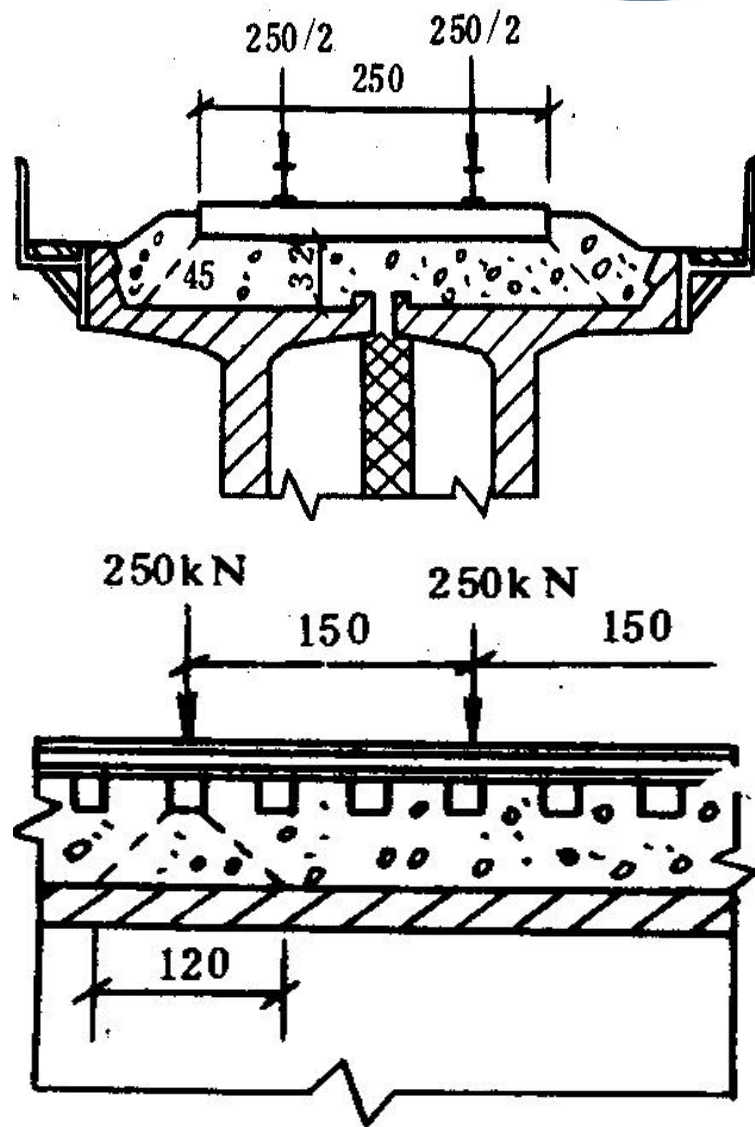
列车活载: 采用特种活载,
按均布荷载计算

方法如下:

顺桥向: 按1.2m;

横桥向: 自枕木底面向下按
45° 扩散, 以木枕为例, 分

布宽度: $2.5+2\times 0.32=3.14\text{m}$



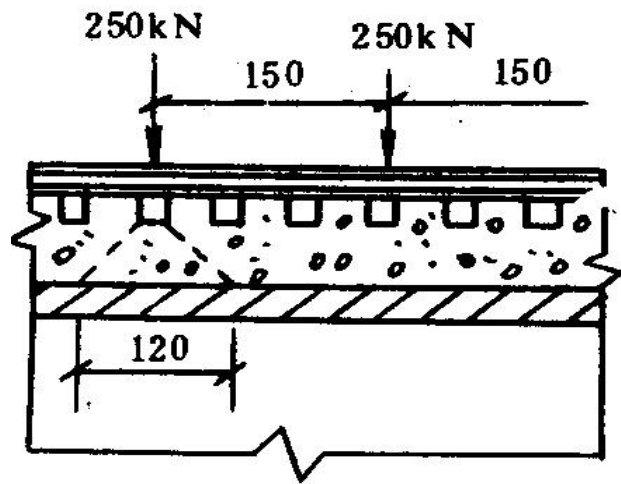
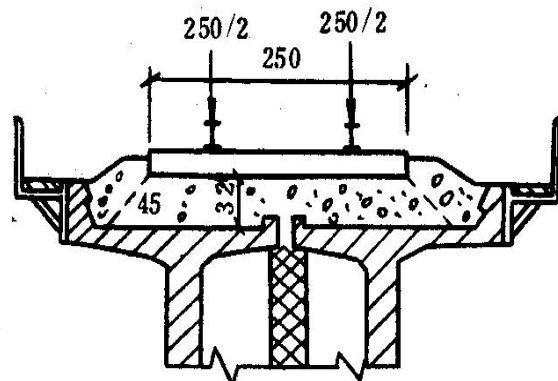
列车活载强度:

$$q = (1 + \mu) \frac{250}{1.2 \times 3.14} = 66.3(1 + \mu) \text{ kN/m}^2$$

$$1 + \mu = 1 + \alpha \left(\frac{6}{30 + L} \right) \quad \alpha = 4(1 - h) \leq 2$$

其中: h —轨底到道碴槽板顶面的高度

L —板计算跨度





人行道荷载

人行道恒载：支架栏杆、步板；

人行道活载：距桥中心2.45m以内，按 10kN/m^2 计算；

距桥中心2.45m以外，按 4kN/m^2 计算；

明桥面：按 4kN/m^2 计算。

3、荷载组合：

内侧板：结构恒载+列车活载

外侧板：运营：恒载+列车活载+人行道荷载(2.45m以外)

检修：结构恒载+人行道荷载(全部)

4、道碴槽板的内力计算

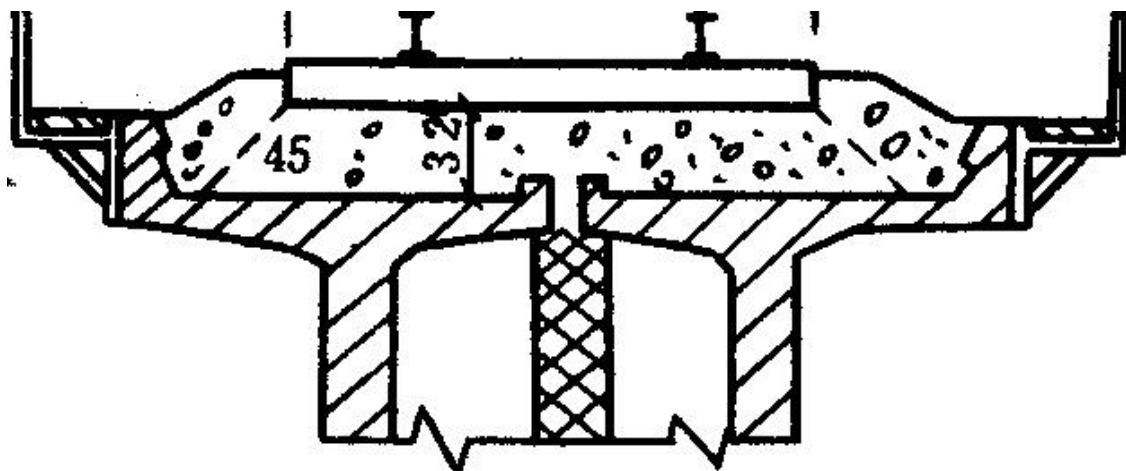
取单宽板进行计算

控制截面：板肋交接处及板厚变化处

利用一般的力学方法计算出截面的弯矩和剪力

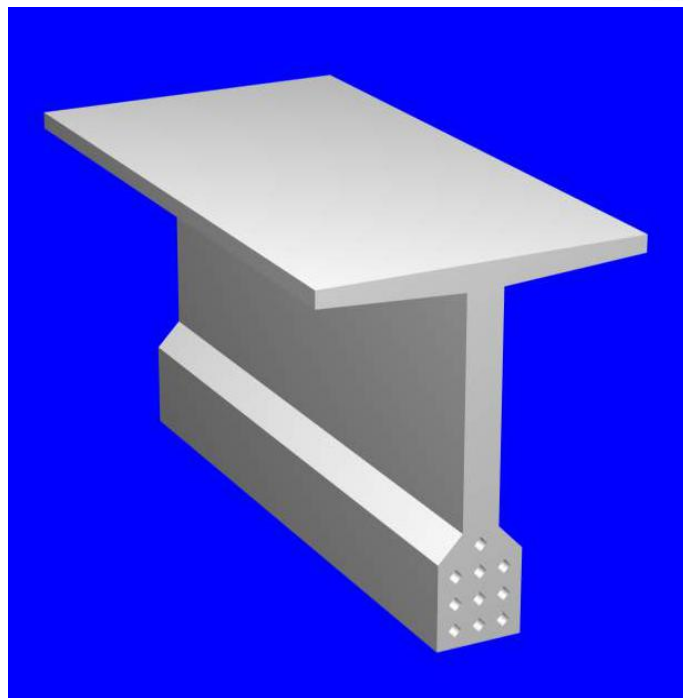
5、钢筋配置

按单筋矩形板配筋，配筋时要满足最小配筋率要求。



(三)、主梁的计算

1. 荷载及荷载组合
2. 内力计算及配筋
3. 正、斜截面强度计算
4. 裂缝和挠度检算
5. 检算板与肋相交处的剪应力，当受拉区的翼缘突出梁肋较大时，尚应验算梁肋下翼缘相交处的剪应力



三、预应力混凝土简支梁桥

钢筋混凝土结构的局限性

抗拉强度低，使用时开裂，限制裂缝宽度的同时也限制了高强混凝土和高强钢筋的采用，跨度越大，自重所占比例越高，跨度难以发展。

预应力混凝土梁的优越性

采用高强混凝土和高强钢筋；
提高抗裂性，增强耐久性和刚度；
尺寸、自重减小；增大跨度；
预剪力可以提高抗剪能力。

(一)、先张法预应力混凝土梁的构造与施工

1. 截面形式

普通高度：工字形（带马蹄的T梁）

低高度：板式；空心板；下翼缘较宽的矮肋工形梁

2. 预应力钢筋

高强钢丝：与混凝土粘结性差

粗钢筋：质量不稳定（从制造工艺上）

钢绞线：强度高、质量稳定、自锚可靠，但松弛率较大

3. 力筋的线形

直线：需绝缘

折线：受力合理但是施工复杂

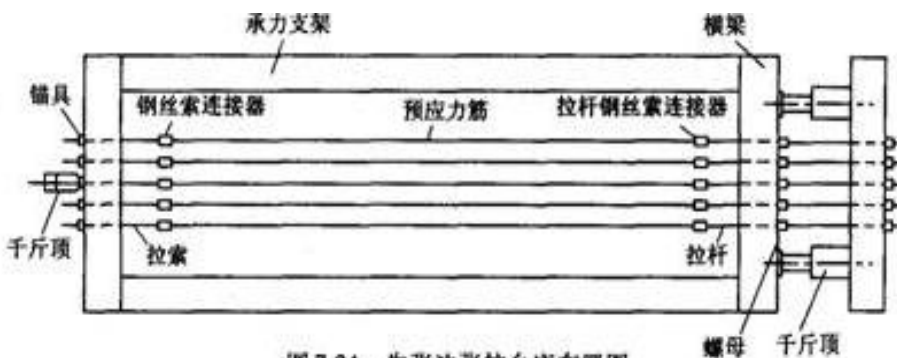
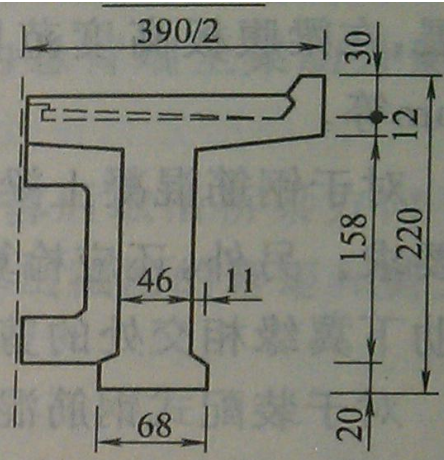
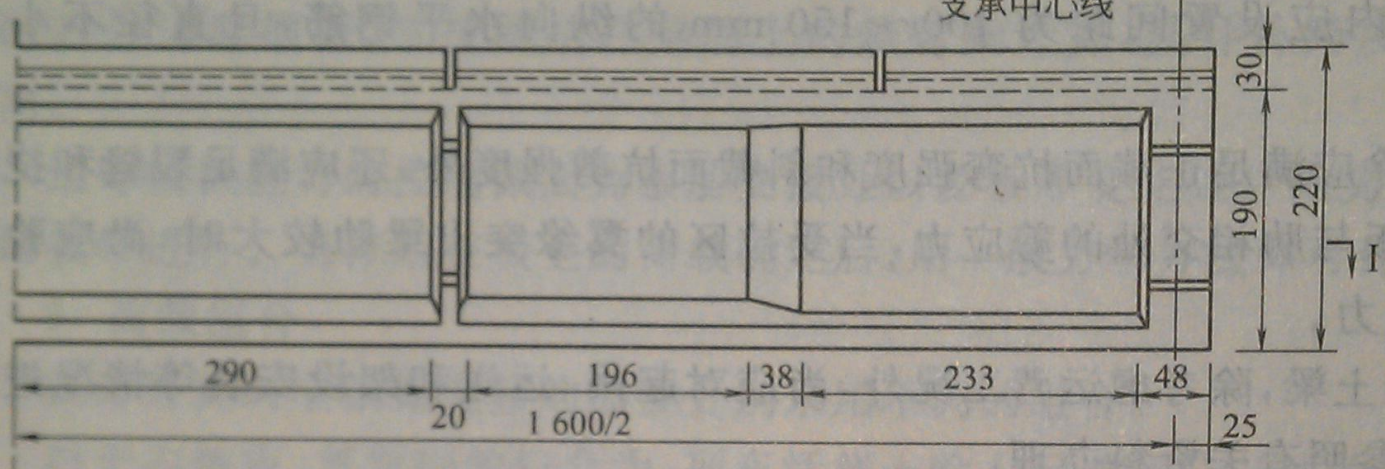
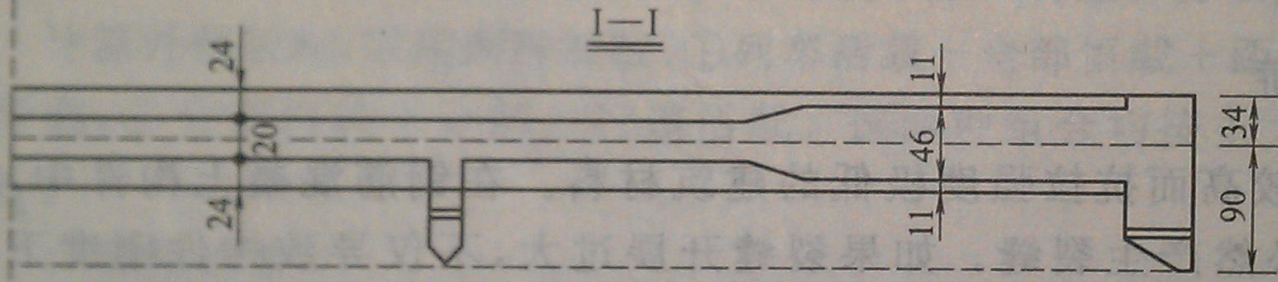


图 7-24 先张法张拉台座布置图

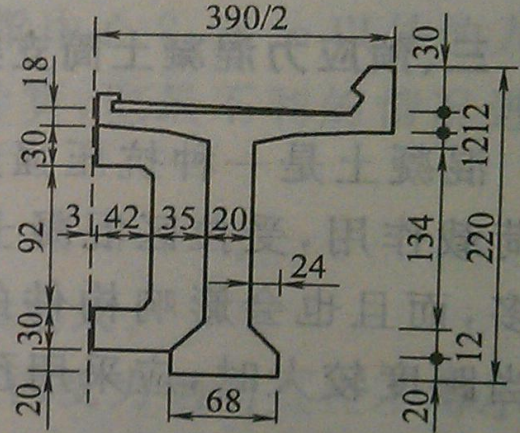
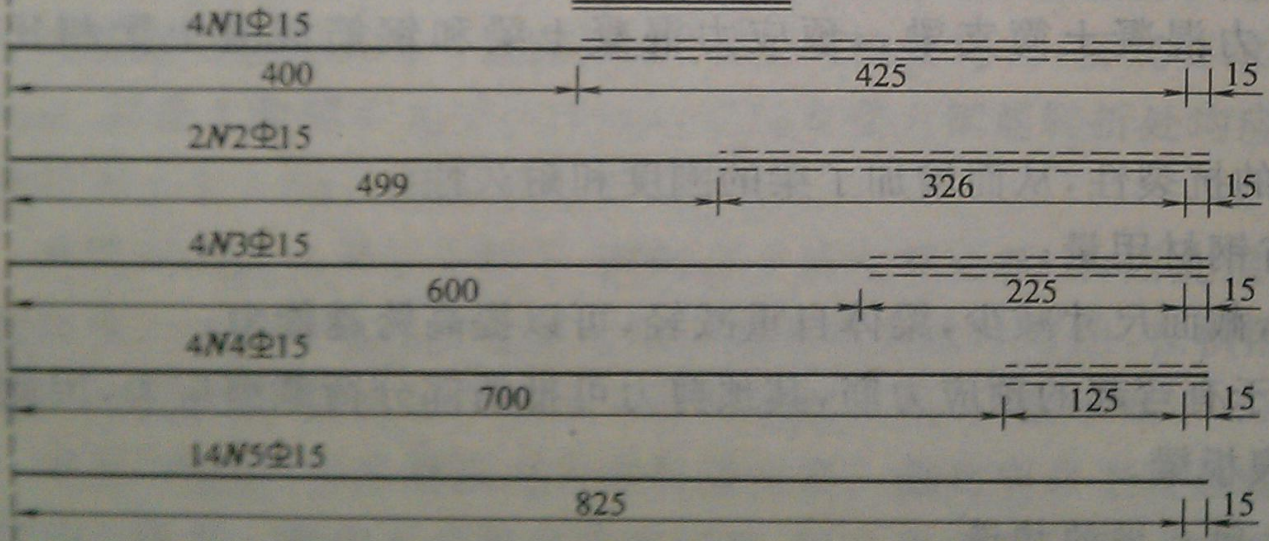
支承中心线



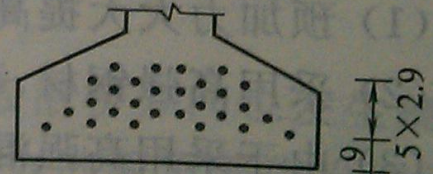
跨中横截面



钢绞线尺寸图



钢绞线布置图



	4	3	3	4			
	2	4		4	2		
	1	5	5	1			
	5	5		5	5		
	5	1	5	5	1	5	
	5	3	5		5	3	5



道碴桥面先张法预应力混凝土梁，跨度为16.00m，全长16.5m，梁的横截面型式采用上翼缘较宽的工字形截面，梁高1.6m，底宽0.78m，腹板厚度从跨中到梁端，按剪力变化情况分段加厚：由0.14m、0.26m到0.46m。

预应力钢筋每片梁计有30根7束 $\phi 5$ 钢绞线，直线配筋，全部集中在梁的下翼缘内，并根据弯矩包络图，在预应力钢筋理论切断点延长一定锚固长度后，用塑料套管将部分预应力钢筋和混凝土隔离开

设计计算注意事项

传递长度与锚固长度概念的区别

当预应力钢筋放张时，钢筋将向构件内部产生内缩、滑移，但钢筋与混凝土间的粘结力将阻止钢筋内缩。经过自端部起至某一截面的长度后，钢筋内缩将完全被阻止，说明在长度范围内的粘结力之和，应正好等于钢筋中的有效预拉力。



(二)、后张法预应力混凝土简支梁的构造

1. 截面形式：工字形或箱形

2. 预应力钢筋

高强钢丝束：与混凝土粘结性差

钢绞线：强度高、质量稳定、自锚可靠，但松弛率较大

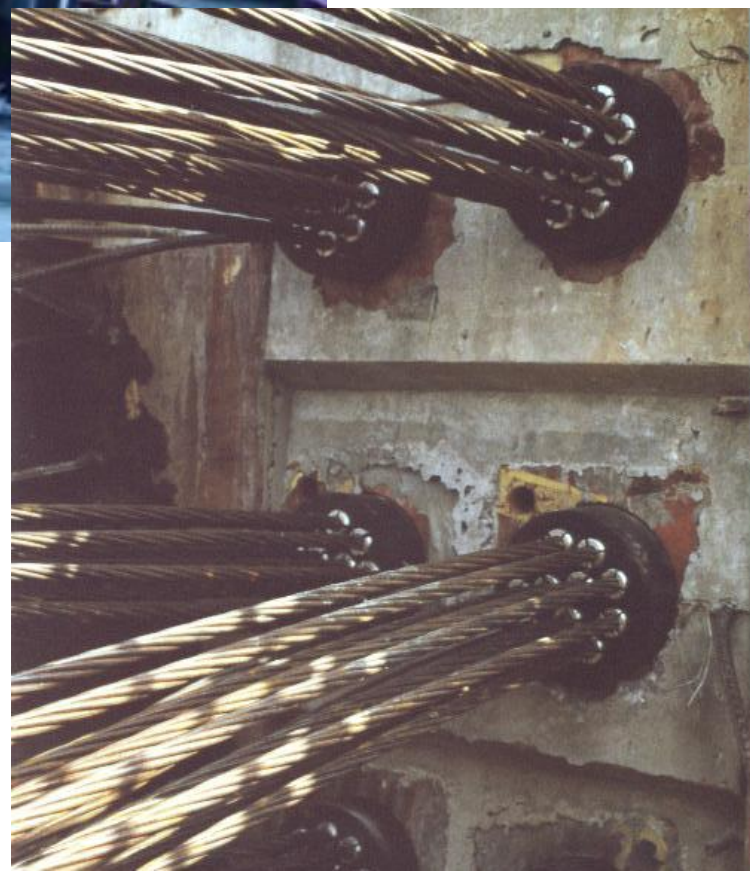
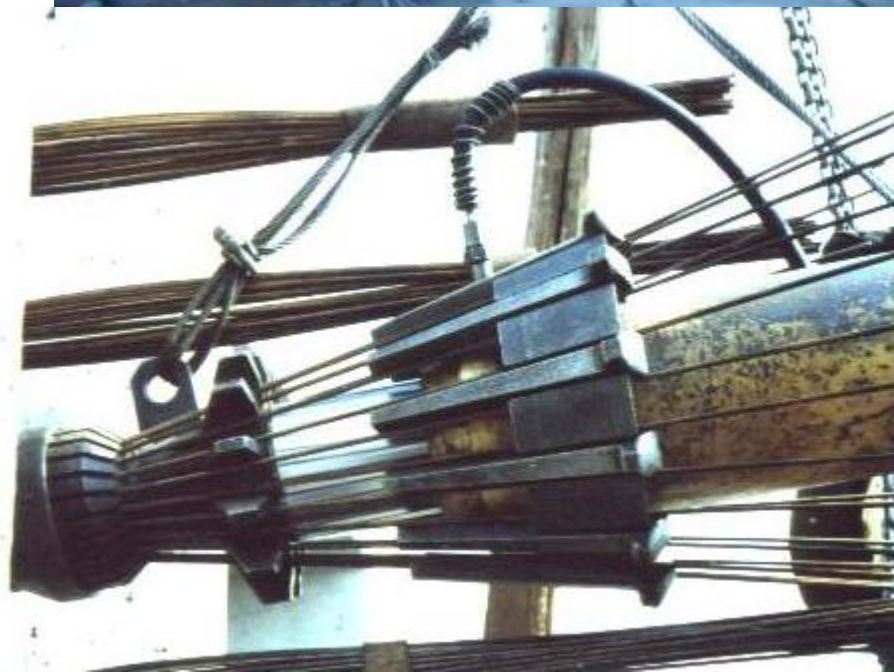
3. 力筋的线形

直线：小跨径； 曲线：受力合理(大跨径)

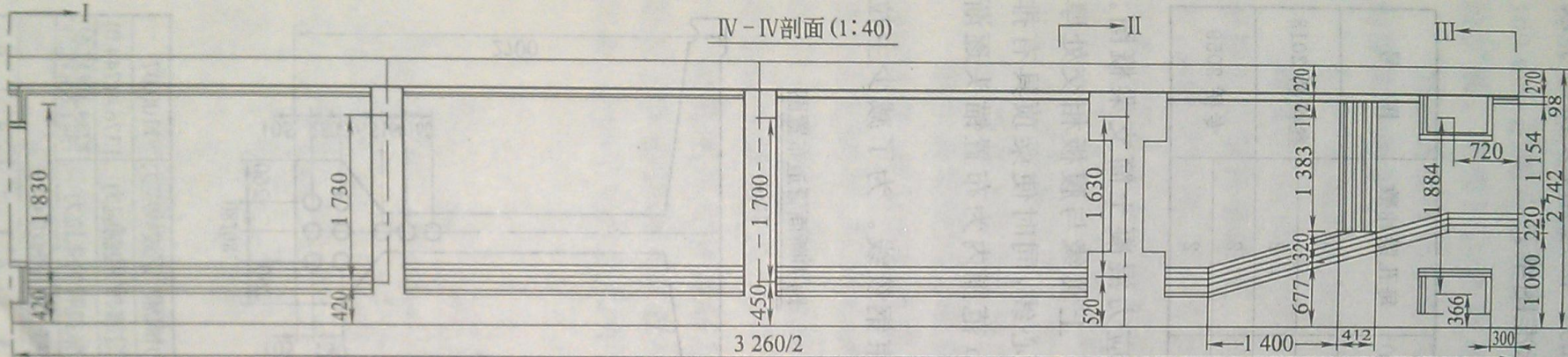
4. 张拉体系

(1) 拉锚体系：千斤顶笨重、操作复杂（已不用）

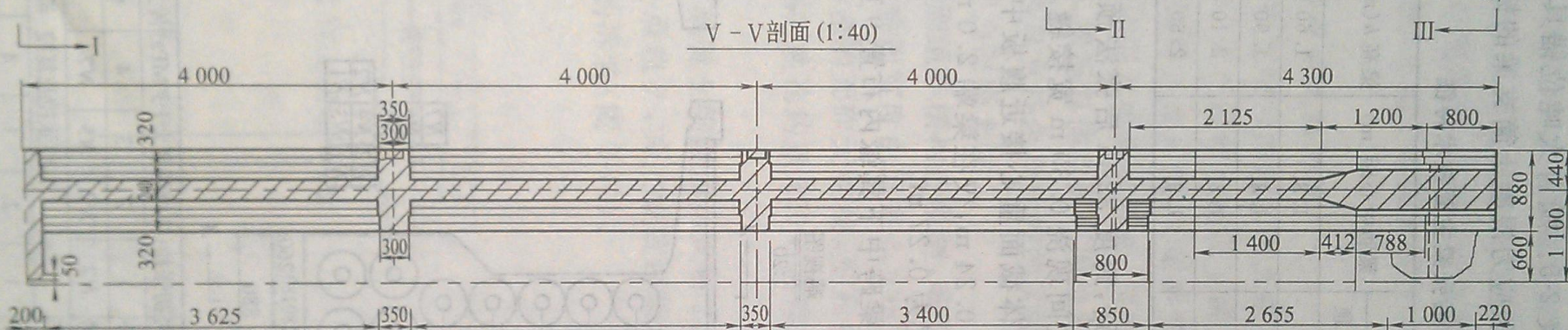
(2) 拉丝体系：轻便、利于操作



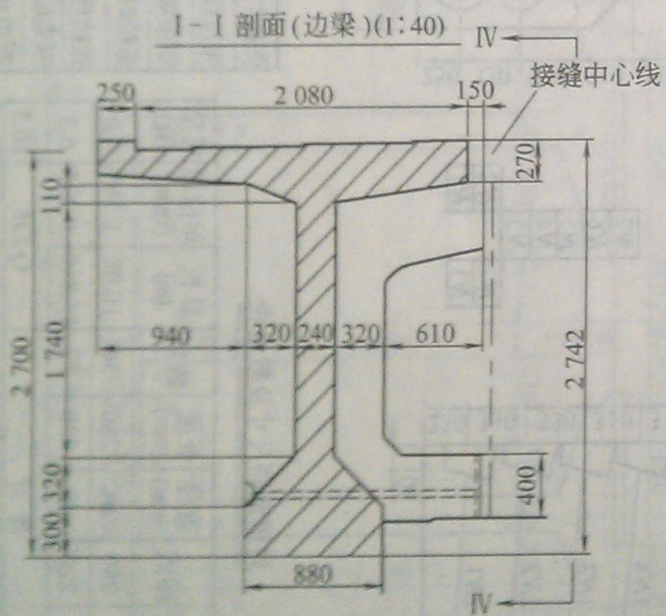
IV - IV剖面 (1:40)



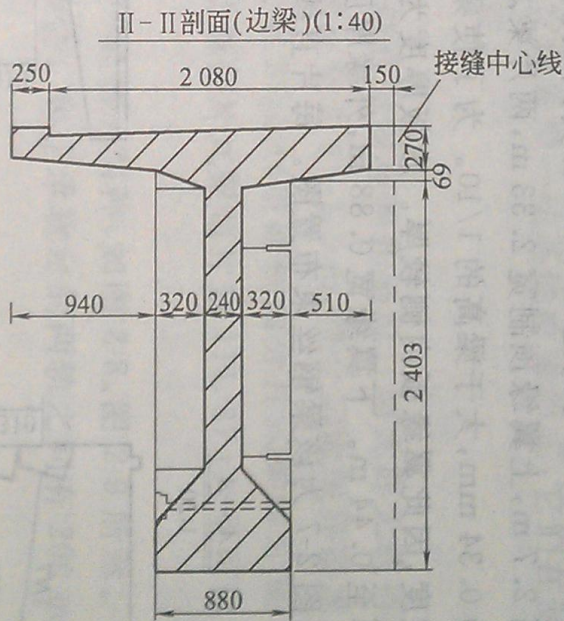
V - V剖面 (1:40)



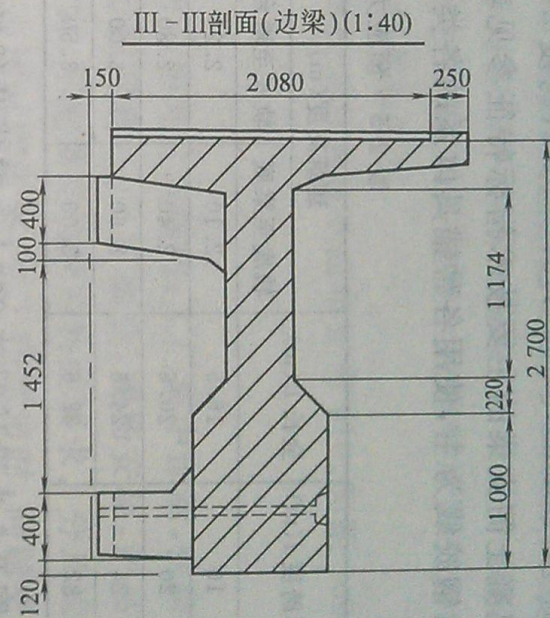
I - I剖面 (边梁) (1:40)

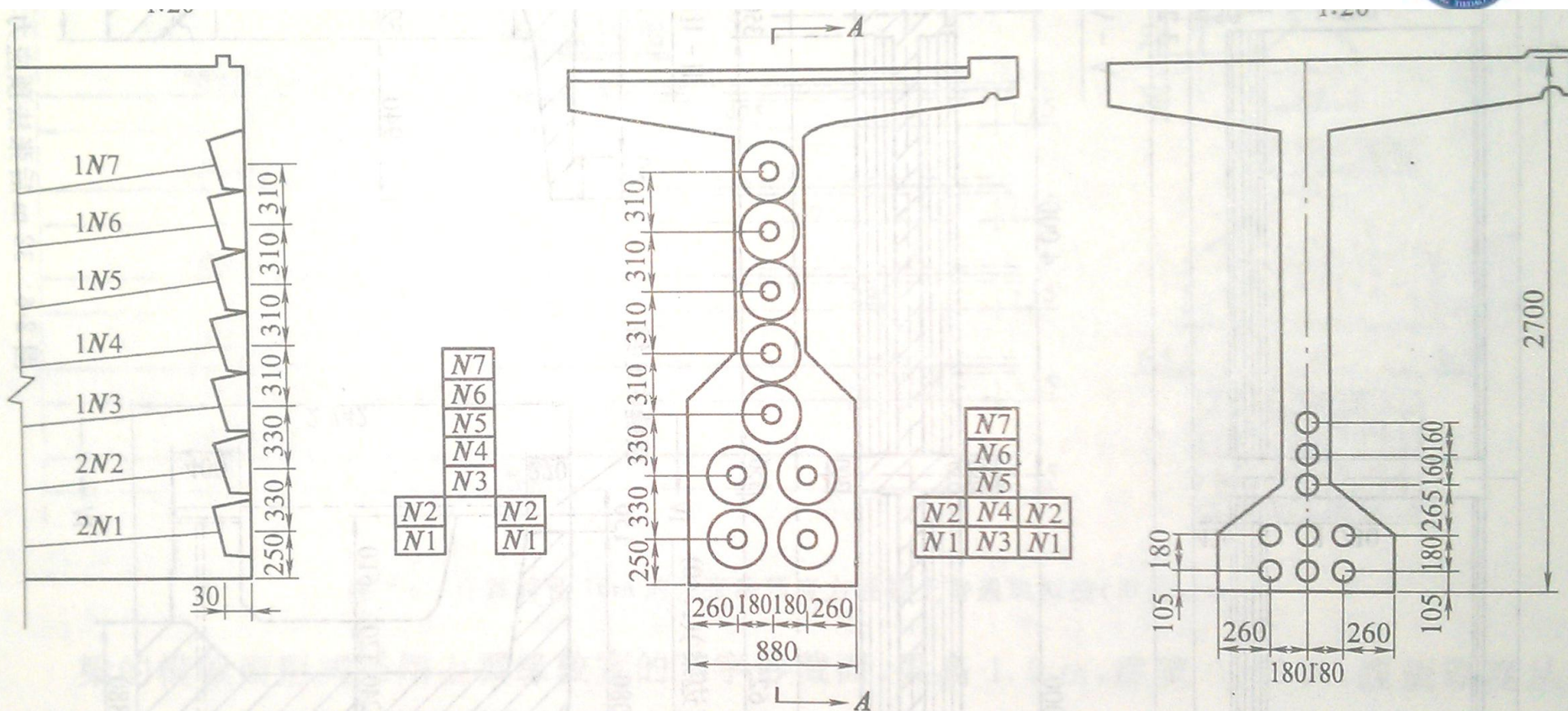


II - II剖面 (边梁) (1:40)



III - III剖面 (边梁) (1:40)





封锚钢筋尺寸及数量表

编号	图式	直径 (mm)	长度 (mm)	数量	总长 (m)	单位重 (kg/m)	总重 (kg)
D ₁	280	φ8	280	36	10.08	0.395	4.0
D ₂	220	φ8	220	72	15.840	0.395	6.3
合计					Q235		10.3

张拉时间	初张拉(抗拉强度大于30MPa)				传力锚固时钢绞线应力	1100.07			
张拉程序	1	2	3	4	张拉时的控制应力	1376.4(744.0)			
钢束编号	N2	N2	N5	N7	张拉时的张拉力	1734.3(937.4) 1541.6(833.3)			
张拉时间	终张拉及复拉 混凝土强度等级 C55								
张拉程序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
钢束编号	N3	N6	N1	N1	N4	N5	N7	N2	N2
钢束伸长值(mm)	204.0		钢筋下料长度(mm)		L+1400	每束钢绞线根数		9/8	

工程实例：后张T梁制造工艺流程





钢筋制备



形成骨架



清理模板



钢筋骨架就位



浇筑混凝土



蒸汽养护



张拉力筋



存梁



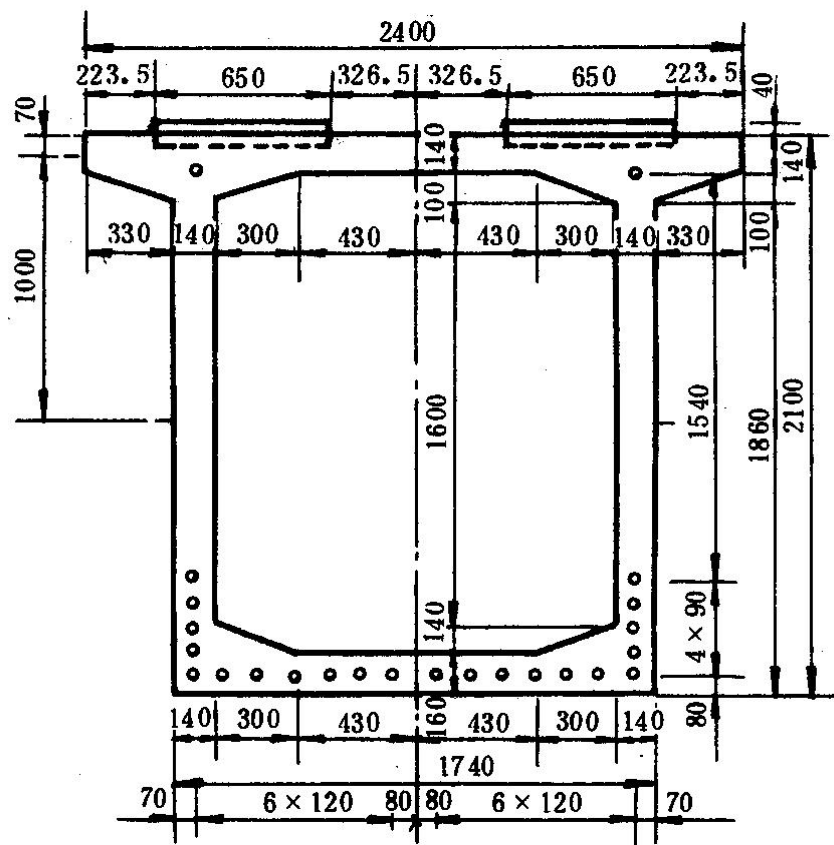
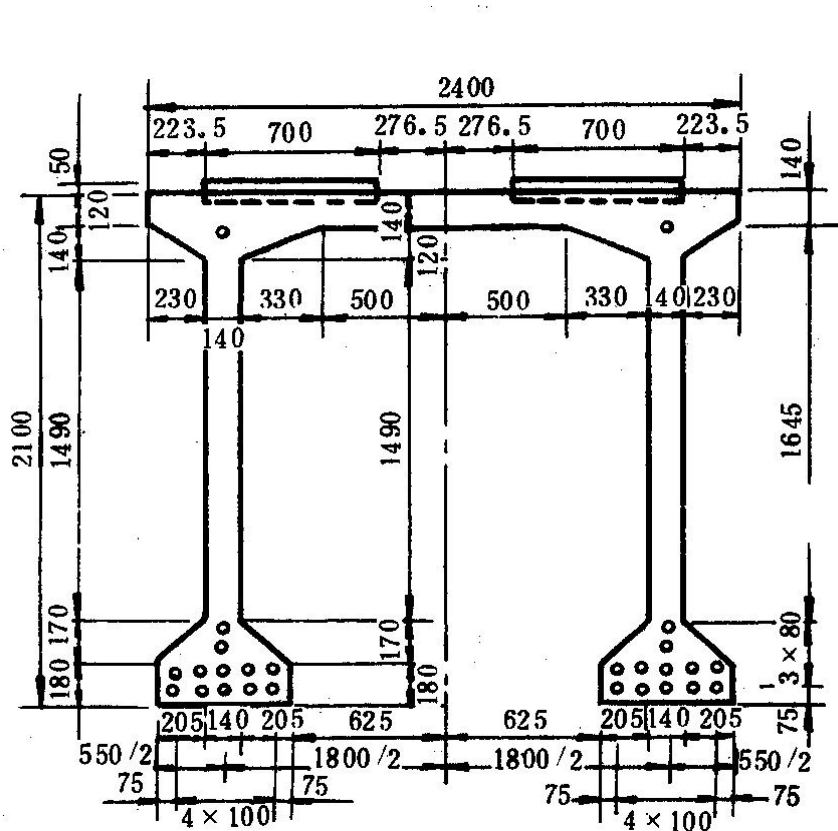
出厂检验



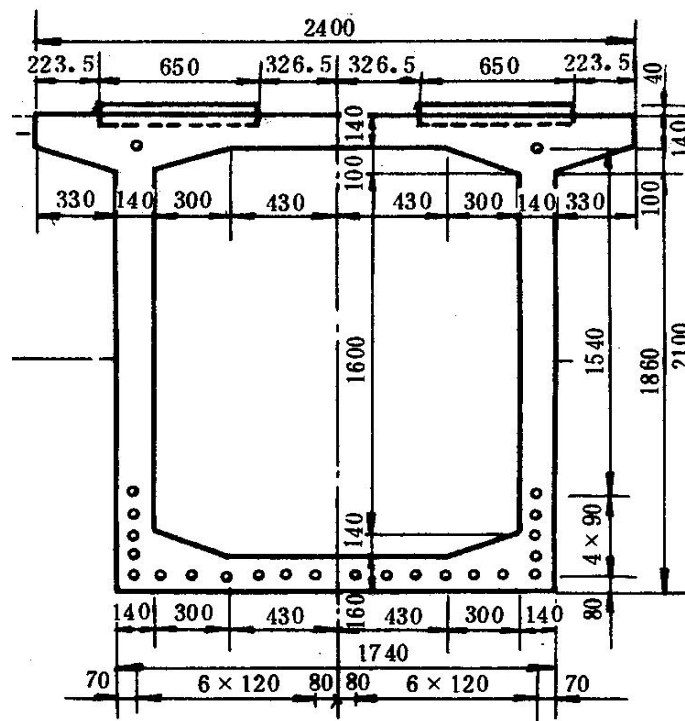
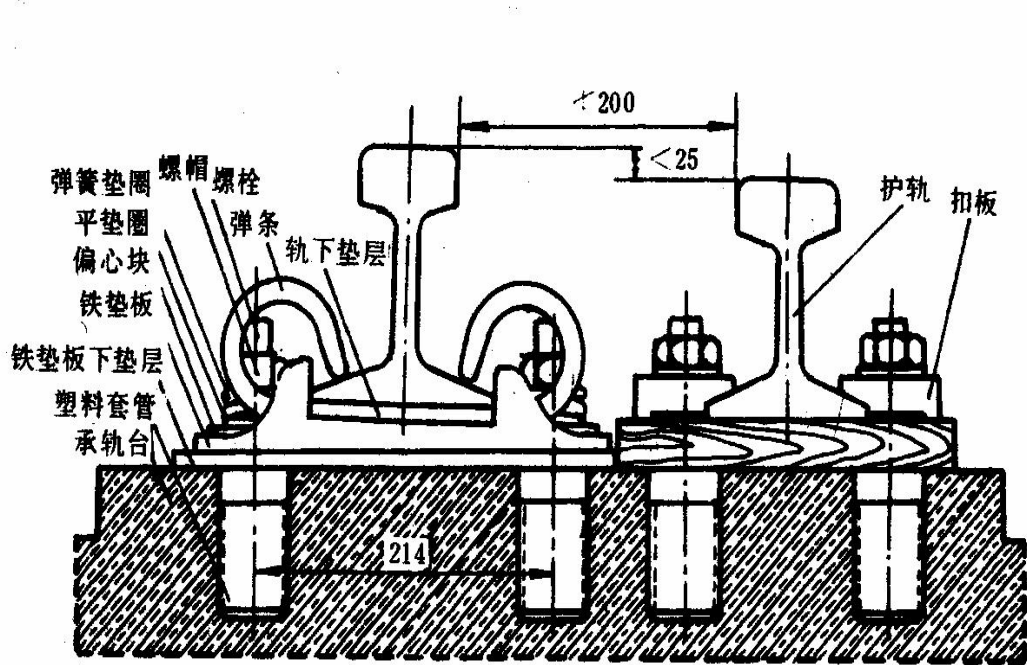
运梁

(三)、其它形式预应力混凝土简支梁

1、整孔无碴无枕预应力混凝土梁



无碴无枕梁轨道直接搁置在桥面上的。为保证轨道准确的位置和高程，可在灌注梁体混凝土时在整个承轨台范围内预留槽沟，待梁体预加力完毕，再按设计标号灌注第二次混凝土并抹平，以利安放钢轨弹条扣件





(1) 构造优点:

建筑高度低、无碴桥面桥面宽由3.9减至2.3~2.5M、自重轻

(2) 截面形式:

II形和箱形

(3) 桥面特点:

梁体灌注后再浇注承轨台，钢轨扣件上下左右预留调整量

(4) 构造缺点:

轨面标高不易调整，工艺较复杂

(5) 计算特点:

除抗弯、抗剪外，还要进行抗扭计算

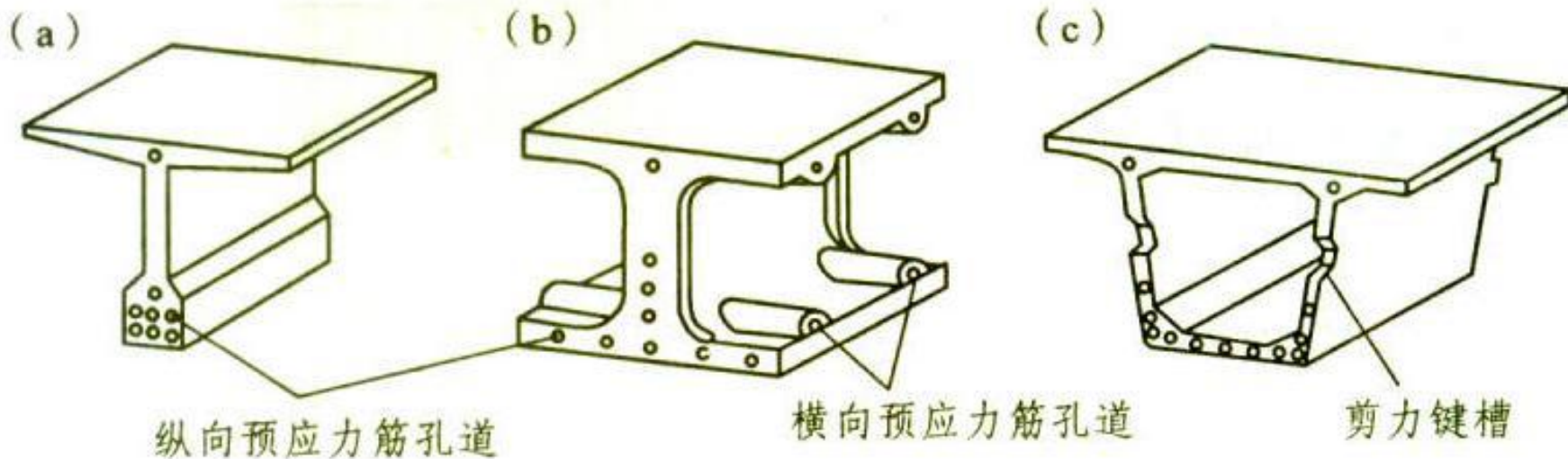
(6) 应用：96年铁专院 标准图2109 2111 2117

2. 串联式预应力混凝土梁

构造特点:

梁体分段、工厂预制、现场拼接就位、张拉力筋而成整体梁。

串联工序：接干拼、胶拼、穿束张拉



串联梁块件



串联梁的接缝：

全梁静载破坏实验表明，胶接缝对梁体极限强度无甚影响，对抗裂性能略有下降。不是接缝本身而是其周围

改进：

南昆打埂及白水河一号桥 跨度56m分段拼装式结构
其每两段接头采用0.6m的湿接头混凝土连接，改善了串联梁胶缝处强度较弱且不能设普通钢筋的缺点。



秦沈客运专线，部分大桥采用串联预应力混凝土简支梁，32m分六节预制，然后在制式构件或型钢拼装造桥机上，拼装定位、浇筑湿节缝、张拉预应力筋、注浆封锚，然后移动造桥机到下一孔，重复上述工序。



SPZ1100造桥机



ZQJ800造桥机



预制的梁段



梁段在造桥机
内运送



梁段在支架内运送



梁段就位



梁段位置校准

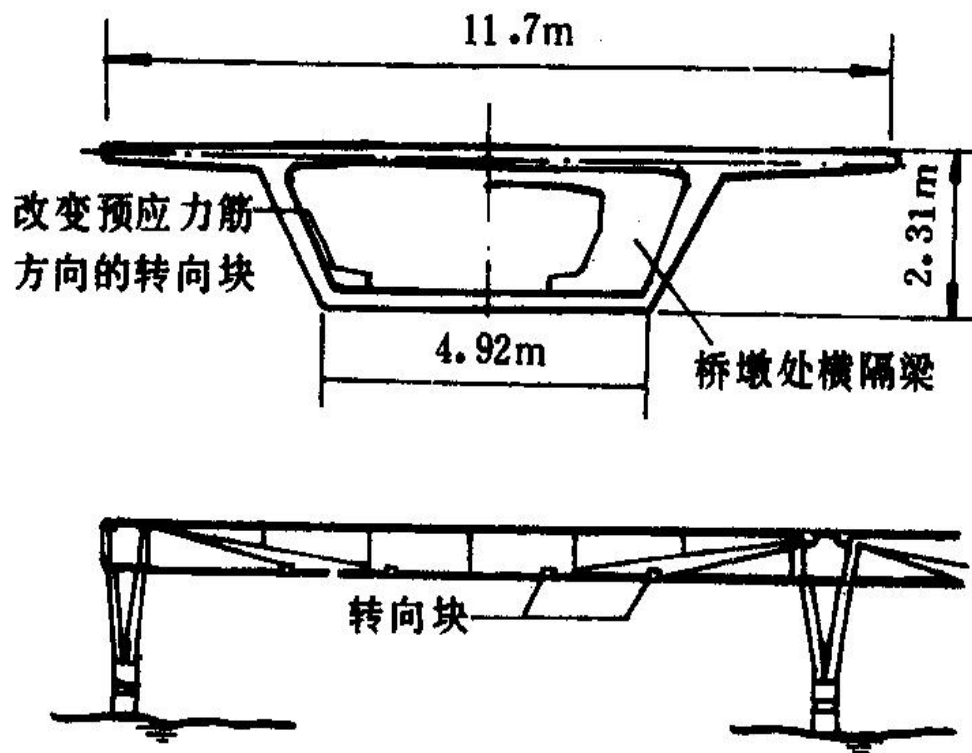


立接缝模板灌 混凝土

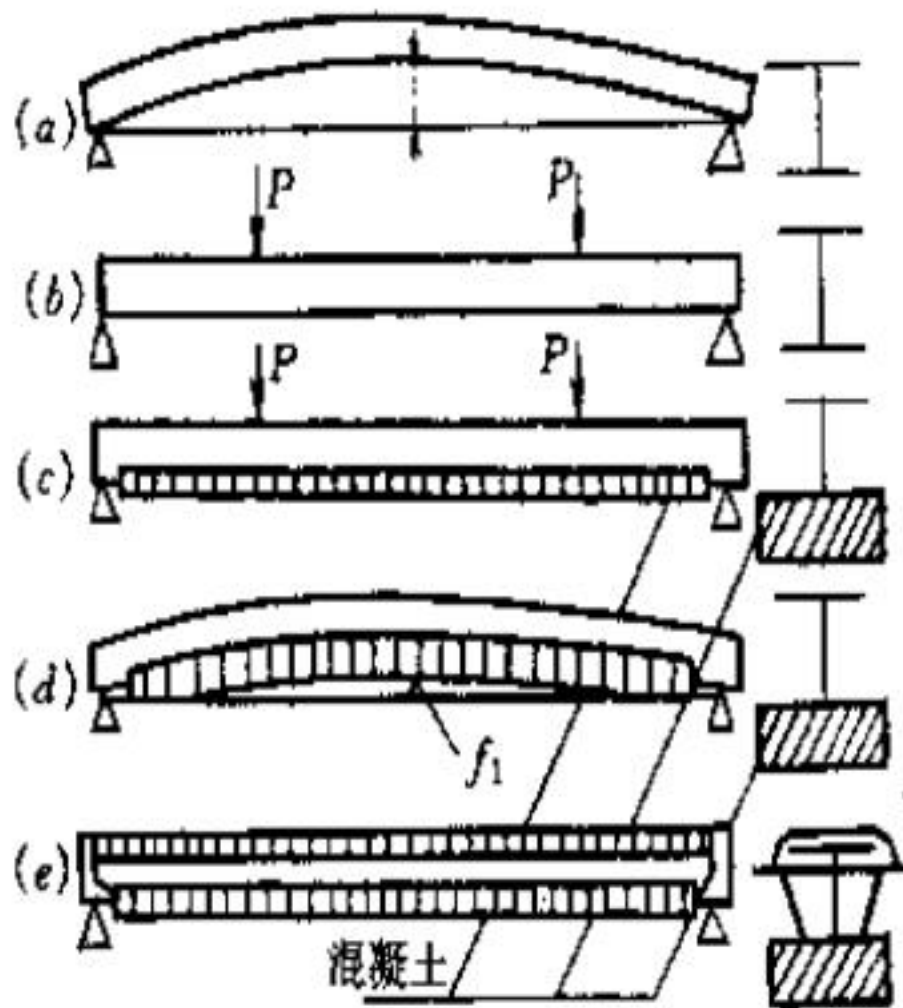


支架前移

体外预应力



3. 预弯预应力混凝土简支梁



预弯预应力混凝土梁工艺过程图

(1) 概念:

型钢预制成向上拱的预弯梁，然后在1/4跨左右施加一对向下的集中力（预弯力），使下翼缘受拉，此状态下用高等级混凝土将下翼缘包住，待混凝土达到规定强度时，卸去预弯力，下翼缘混凝土（一期混凝土）受压，就位后再浇注二期混凝土。



(2) 预弯预应力混凝土梁特点:

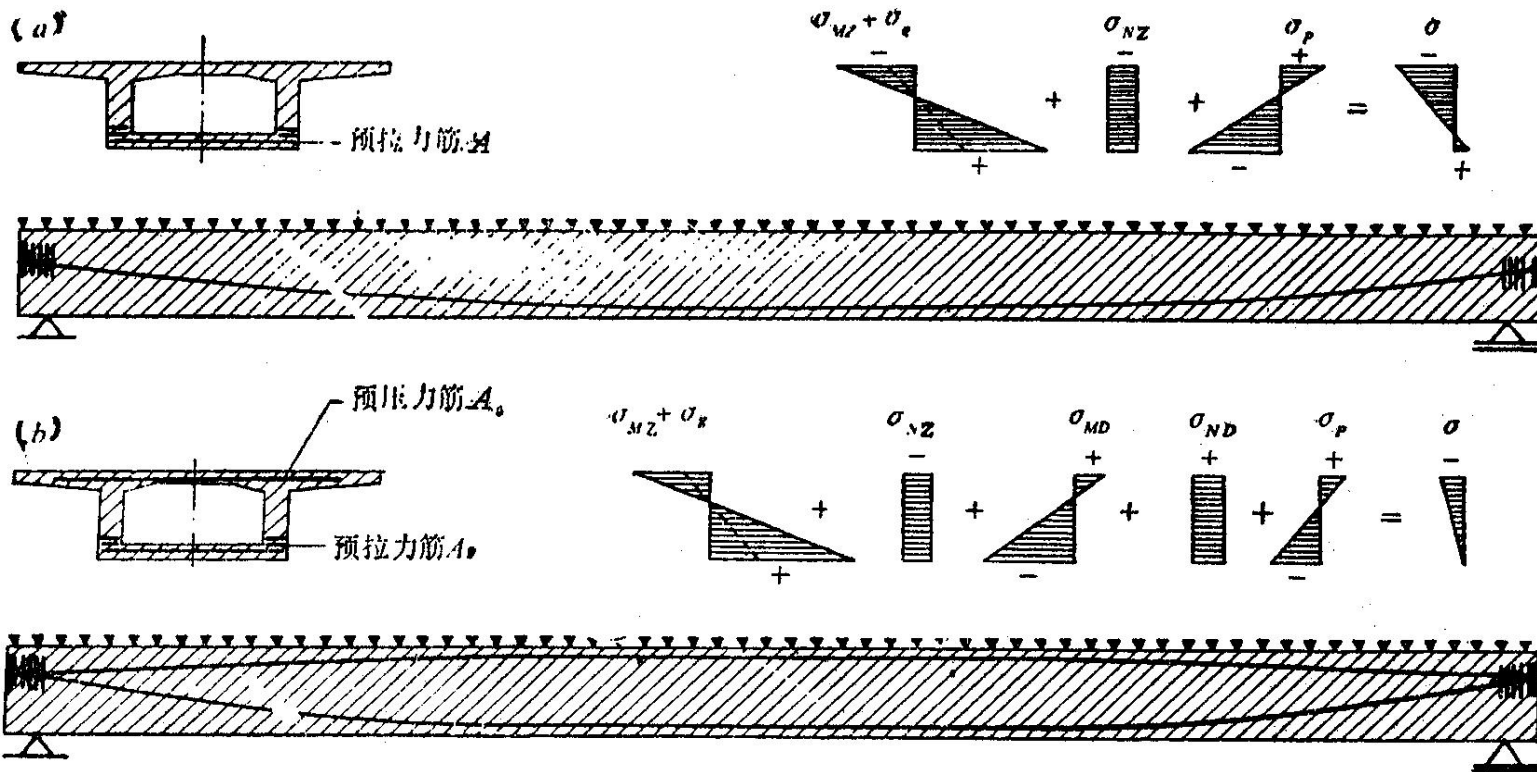
①刚度大: 钢梁制作时有一定的反拱度, 混凝土中钢梁本身刚度大, 故整个预弯梁在荷载下的挠度较小, 其高跨比较小, 一般在 $1/25 \sim 1/40$, 适用于跨度大、建筑高度要求低的地区。

②抗裂性能好: 在荷载下当一期混凝土开裂后使较大荷载转移给劲性钢梁, 从而延缓裂缝的集中和发展, 当移去荷载后, 由于劲性钢梁的回弹, 则裂缝具有较好的闭合性能。

③制作简单, 省工省料: 对一期混凝土施加预应力时不需要锚具和张拉设备及张拉台座等, 也省去压浆等工序, 可以由预制厂制造运往工地架设, 二期混凝土的灌注可在钢梁上立模进行现场施工无需支架等辅助设备, 便于交通繁忙地段使用。

4、双预应力混凝土梁

双预应力混凝土简支梁是在简支梁的下缘施加预拉应力和在梁的上缘施加预压应力。



双预应力混凝土梁的工作原理

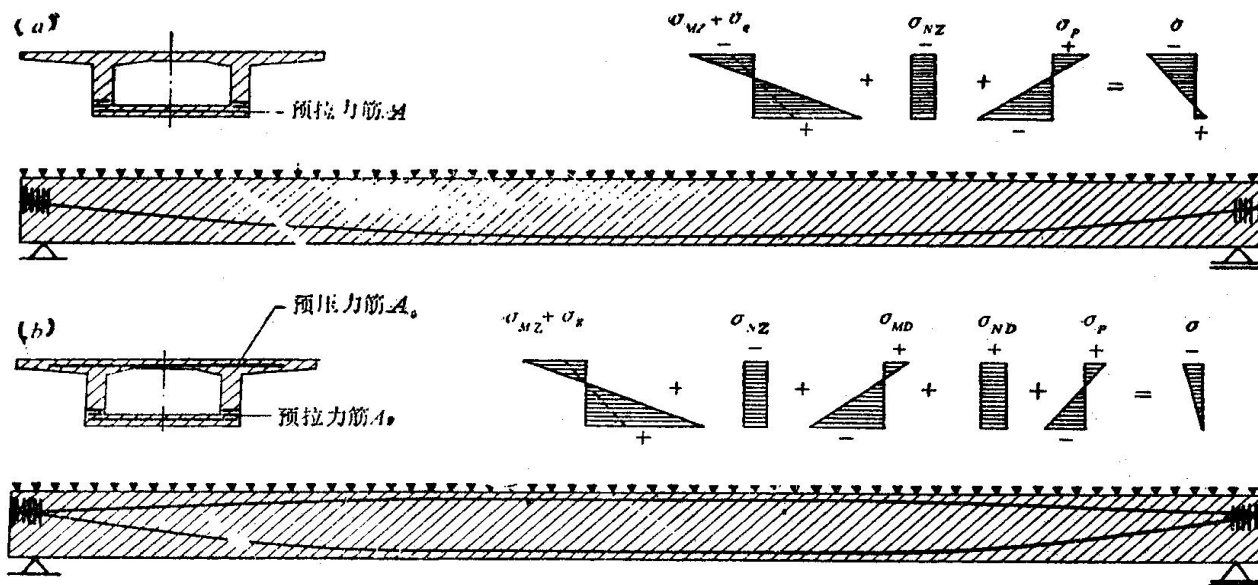


图2-23 双预应力筋对跨中截面的应力状态

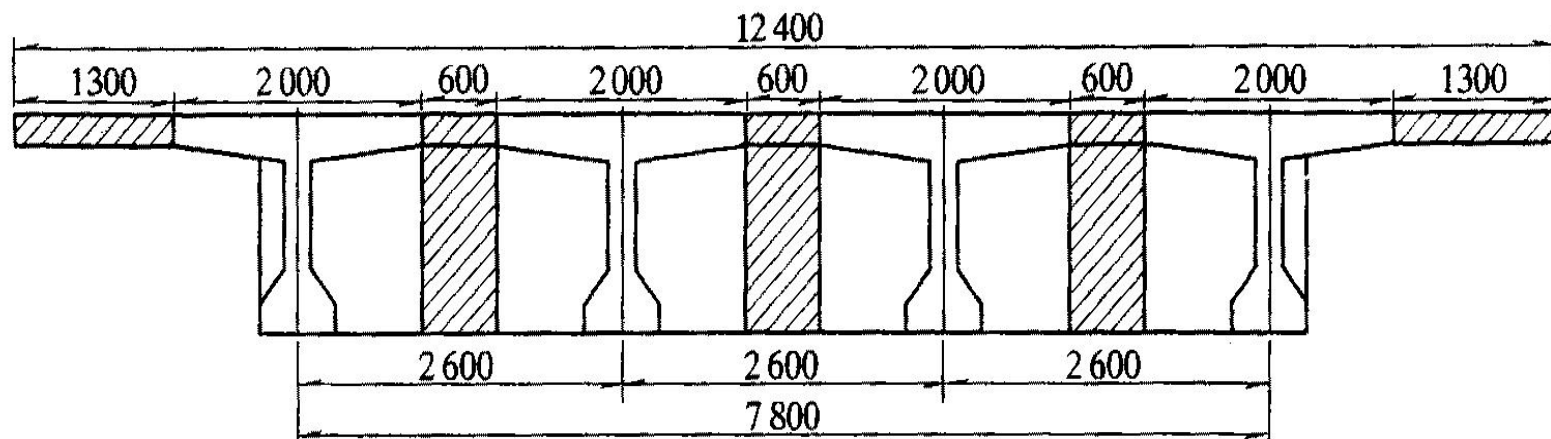
利用预拉应力筋对跨中截面混凝土产生轴向压力和负弯矩，用以抵抗恒载及活载产生的正弯矩。同时使用的预压应力筋，对跨中截面混凝土将产生轴向拉力和负弯矩，其中轴向拉力与轴向压力可以大部分或全部抵消，而两项负弯矩叠加，增加了梁的承载能力。

(四) 客运专线预应力混凝土简支梁

1. 预应力混凝土简支T梁

(1) 结构布置：

秦沈客运专线预应力混凝土简支T梁每孔由四片T形梁组成，通过桥面板、横隔梁之间的湿接缝及横向预应力钢筋连成整体。其截面形式如下图所示。





(2) 结构构造特点

① 为了加强各片T形梁之间的横向连接、保证桥跨结构的整体性，除端隔板外，设中横隔板

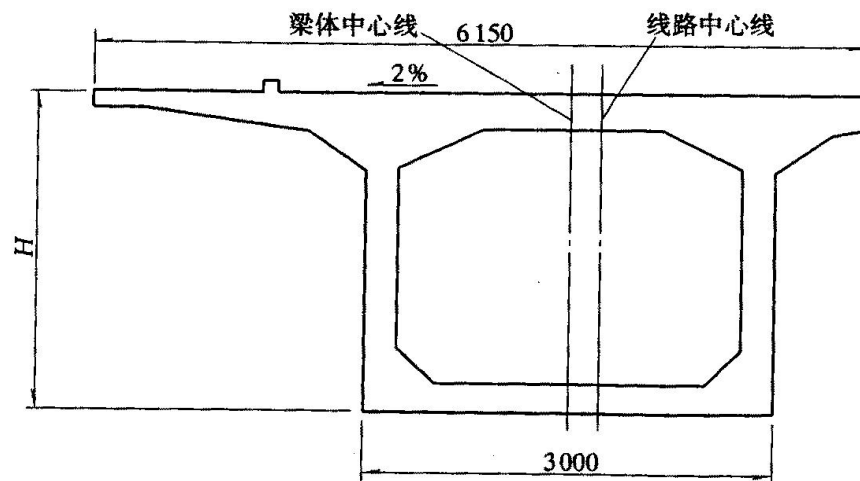
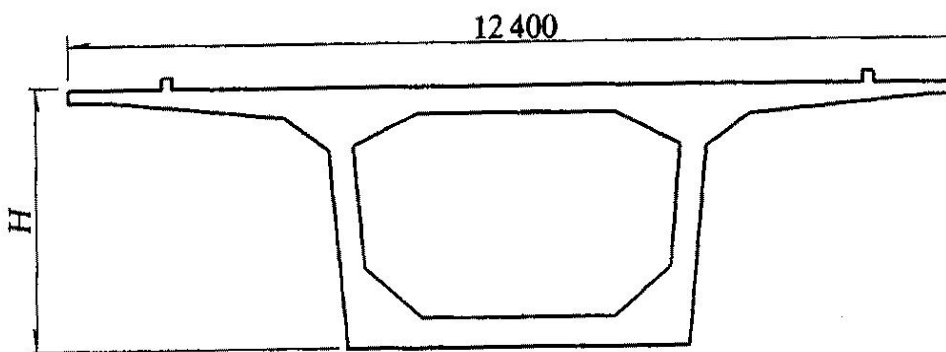
② T形梁分片架设后，为了保证横隔板和桥面连成整体，采用施加横向预应力的构造措施。

③ 分片T形梁在工地制梁场制造，制梁时预留孔道，架设就位及灌注湿接缝后穿横向预应力钢筋，张拉、压浆，然后封锚。

2. 预应力混凝土简支箱形梁

(1) 截面形式

秦沈客运专线后张法预应力混凝土整孔预制简支箱梁的截面形式分为双线单梁（双线箱梁）及单线单梁（单线箱梁）见下两图所示







(2) 构造特点

① 双线箱梁：采用斜腹板截面，减小了梁体对墩台顶帽尺寸的要求和桥面横向悬臂板的长度，同时梁体外形比较美观。箱梁跨中截面顶板厚35cm，腹板厚45cm，底板厚25cm。

② 单线箱梁：考虑整孔箱梁架设时，架桥机支腿反力宜直接传递到腹板上，因此，各种宽度的箱梁采用直腹板和同一箱宽。



客专预应力混凝土简支箱梁起重机



客专预应力混凝土简支箱梁顶部



客专预应力混凝土简支箱梁端部