



Fuzhou University -
College of Civil Engineering

第十章 悬索桥

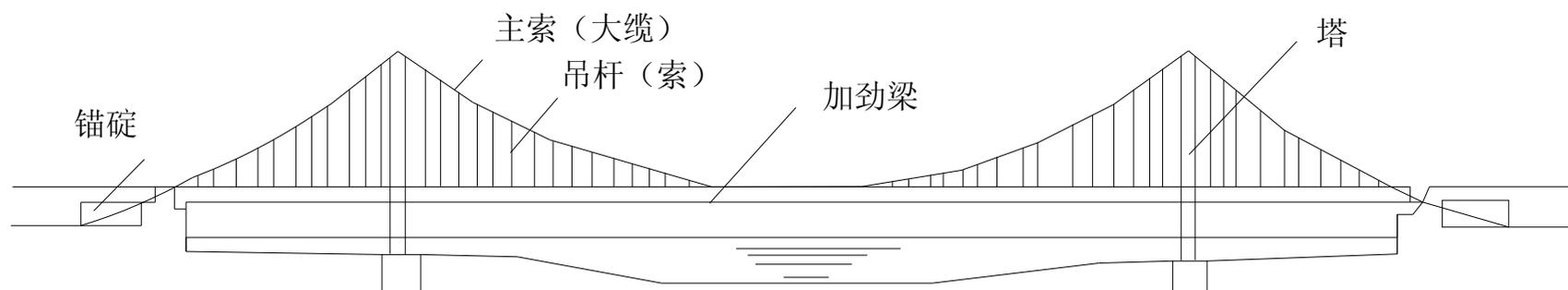
- § 10.1 概述
- § 10.2 悬索桥的结构与构造
- § 10.3 悬索桥设计理论简介
- § 10.4 悬索桥施工方法简介
- § 10.5 悬索桥桥例



§ 10.1 概述

悬索桥是由

主缆 (main cable)、加劲梁 (stiffening girder)、塔柱 (tower) 和锚碇 (anchorage) 构成





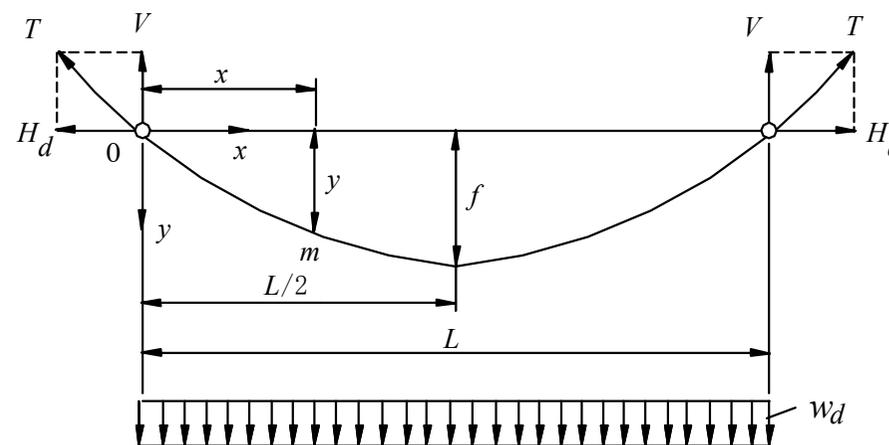
与第七章第一节介绍拱的受力特性时相似，也将索与同等跨径简支梁进行受力比较，见图9-2。一般来说，索不承受弯矩，即索中 $M=0$ ， $M=0$ ，只有轴力，全截面受拉，这较之梁以受弯为主，能更有效地发挥截面全体材料的承载能力。





与梁相比，索的反力为
（内力和反力上标加○的
为简支梁，不加○的为
索）：

$$\left. \begin{aligned} Y_A = Y_B = \frac{ql}{2} = Y_A^{\circ} = Y_B^{\circ} \\ X_A = X_B = \frac{Y_A \cdot \frac{l}{2} - q \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{4}}{f} = \frac{M_{\frac{l}{2}}^{\circ}}{f} \end{aligned} \right\}$$



悬索计算简图

因此，就反力而言，索的竖向反力与简支梁相同，但在竖直荷载作用下，索会产生水平反力，而简支梁中没有水平反力的存在。换言之，在竖向荷载作用下，梁只要求有竖向支承，而索除竖向支承外，两端还必须有水平向的支承。

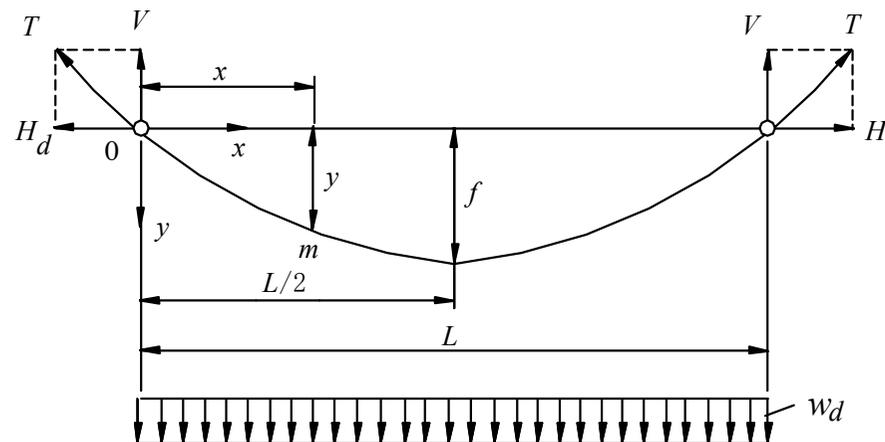


设索不承受弯矩，有

$$M = M_0 - H_1 y = 0$$

其中， $H_1 = \frac{qL^2}{8f}$

$$y = \frac{qx}{2H_1}(L - x)$$



悬索计算简图

消去Hd，得索的方程

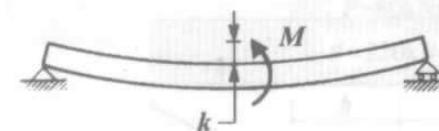
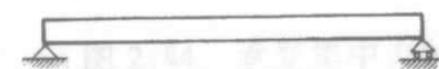
$$y = \frac{4fx}{L^2}(L - x)$$

它是一条二次抛物线，与均布荷载作用下拱的合理拱轴线相同

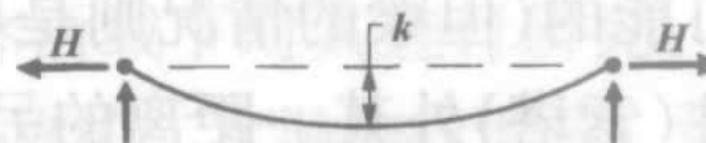


在几何方面，索与拱一样都是曲线型结构，除了跨径外，矢跨比是一个重要指标。当矢高 f 为零时，支点水平力将达到无穷大，因此直索与直拱是不能承担竖向荷载的，也就是说它们必须是曲线型结构。

梁内的弯矩与竖向的小弯曲形状无关，而索与拱均有很大的关系。



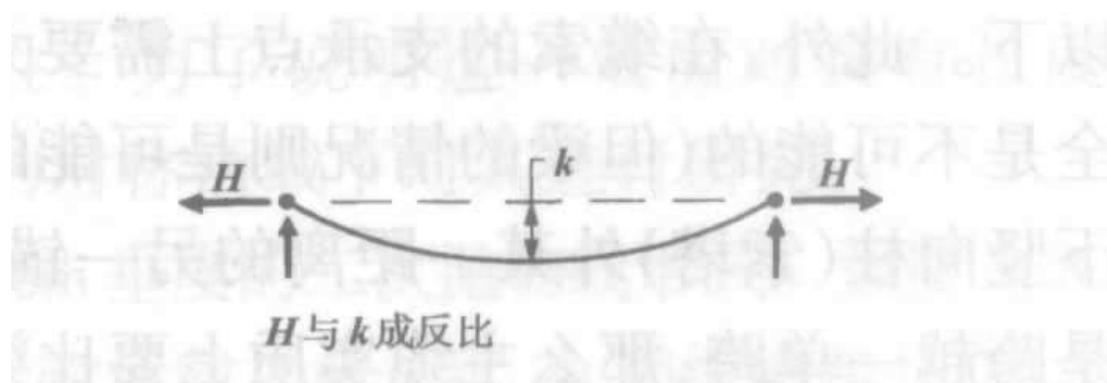
M 与 k 无关



H 与 k 成反比

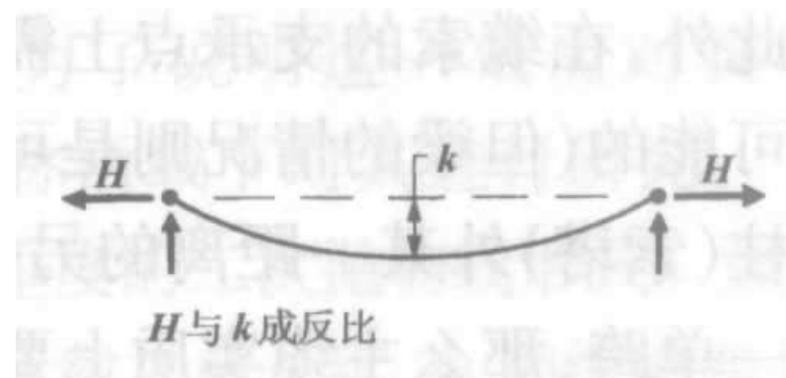
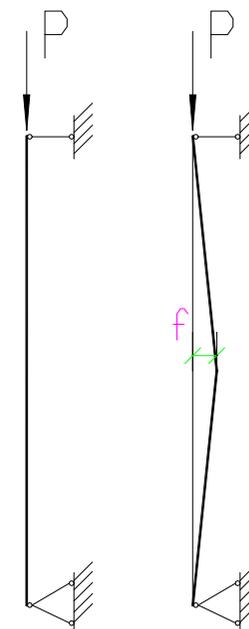


与第七章第一节介绍拱的受力特性时相似，也将索与同等跨径简支梁进行受力比较，见图9-2。一般来说，索不承受弯矩，即索中 $M=0$ ， $M=0$ ，只有轴力，全截面受拉，这较之梁以受弯为主，能更有效地发挥截面全体材料的承载能力。





索与拱都存在着几何非线性问题，对于拱来说，主要是稳定问题（ P —效应），而索是几何大变形问题。索和拱的刚度问题都很重要，拱的刚度要比索大许多，对于拱来说，足够的刚度主要保证其不失稳破坏；对于索来说，足够的刚度主要是为了保证其变形不要太大和有足够的动力稳定性。



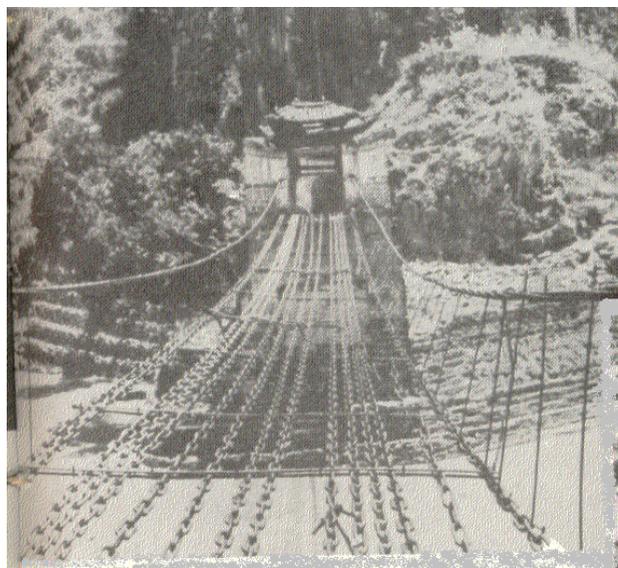


- 同其它桥式相比，当跨度越大时，悬索桥的优势越明显。
- （1）在材料用量和截面设计方面，其截面积并不需要随着跨度增大而增加。
- （2）在构件设计方面，悬索桥的主缆、锚碇和塔这三项主要承重构件在扩充其截面积或承载能力方面所遇到的困难则较小。
- （3）作为主要承重构件的主缆具有非常合理的受力形式。
- （4）在施工方面，风险较小。



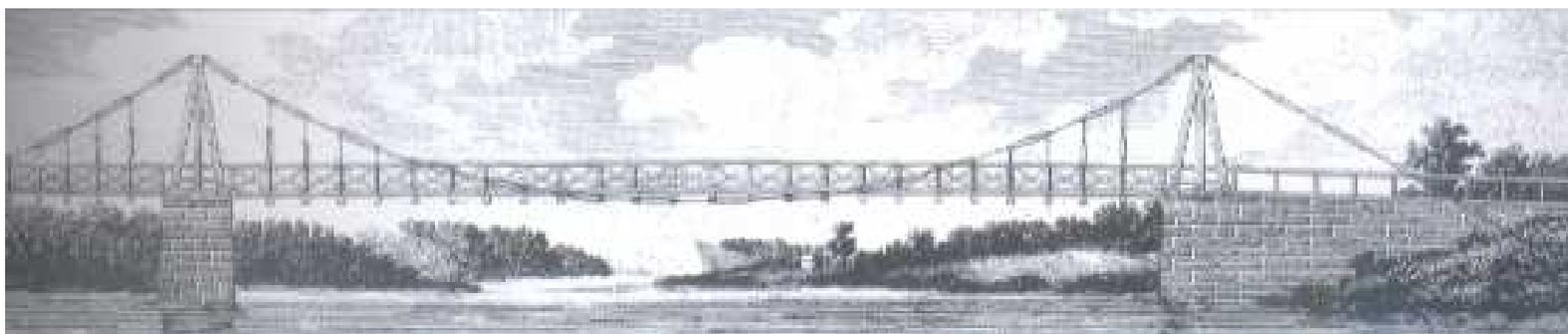
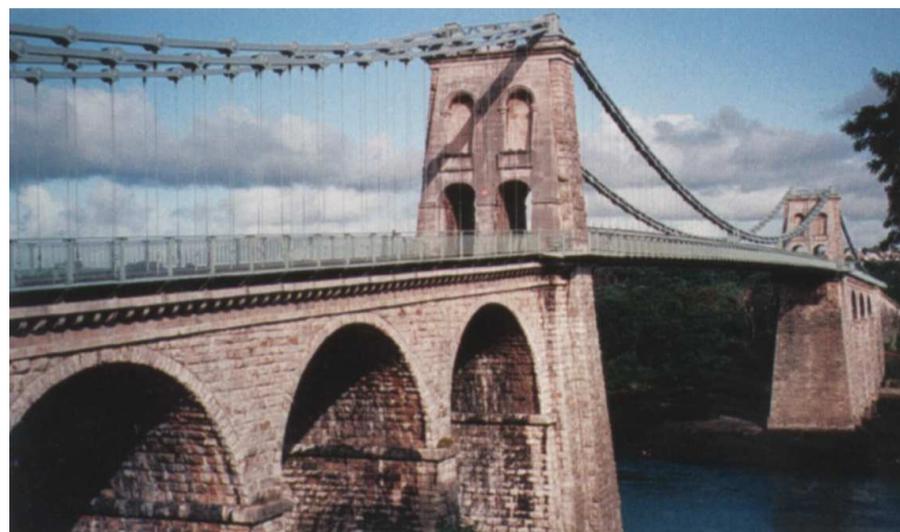
悬索桥的四个发展阶段：

- 第一代悬索桥，采用天然材料修建，后期也采用了铁索等，一般没有吊杆或吊索，承重结构与使用构造合二为一。



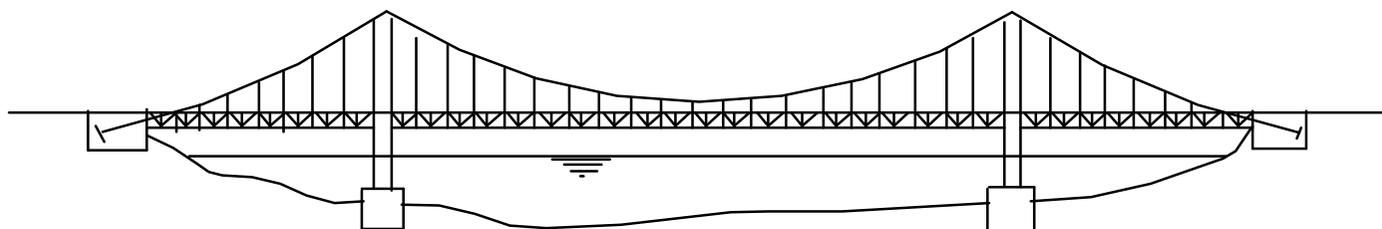


- 第二代悬索桥，开始采用了吊杆将桥面与主索分开。



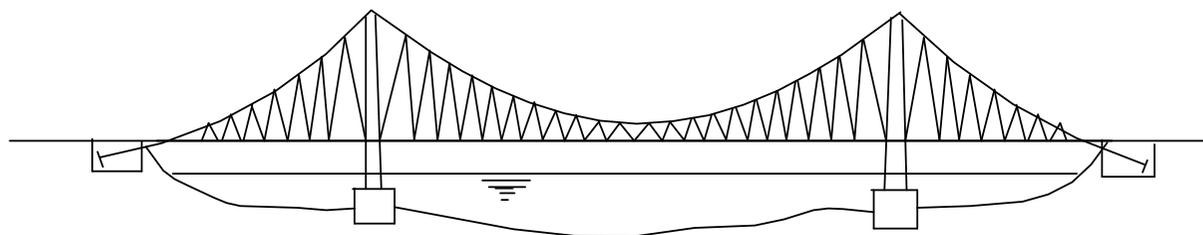


- 第三代悬索桥，形成了美式悬索桥体系，主缆采用纺丝法，加劲梁采用桁架梁，桥塔以钢塔为主。





- 第四代悬索桥，以流线形扁平钢箱为主要特征的英式悬索桥。

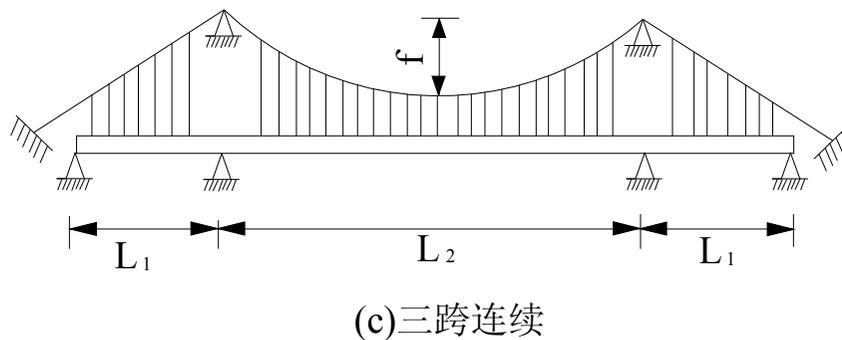
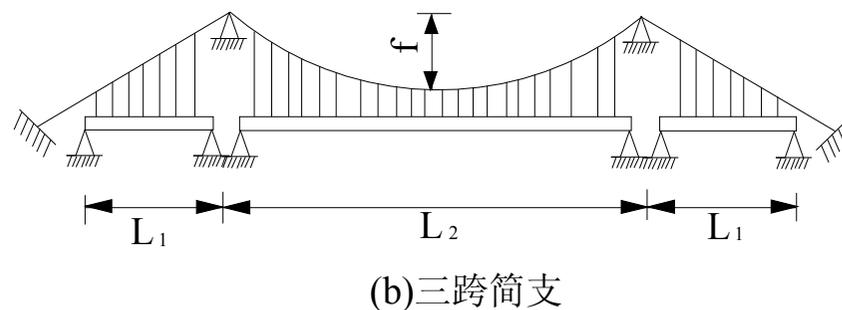
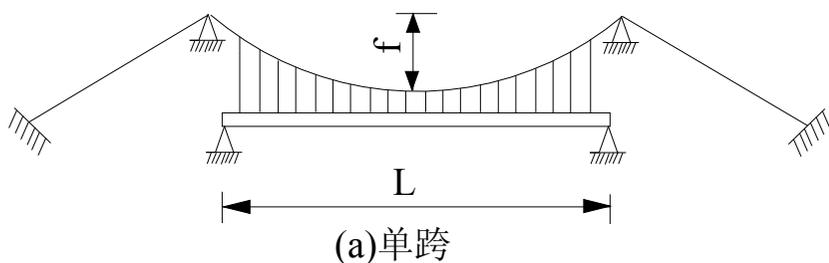




§ 10.2 悬索桥的结构与构造

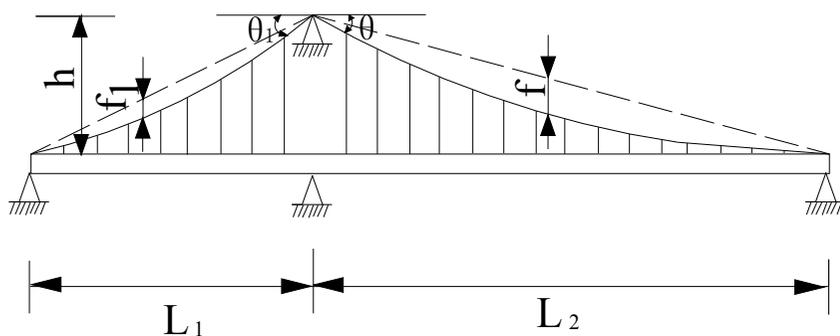
一、悬索桥的结构体系

❖ 单跨、三跨简支加劲梁、三跨连续加劲梁

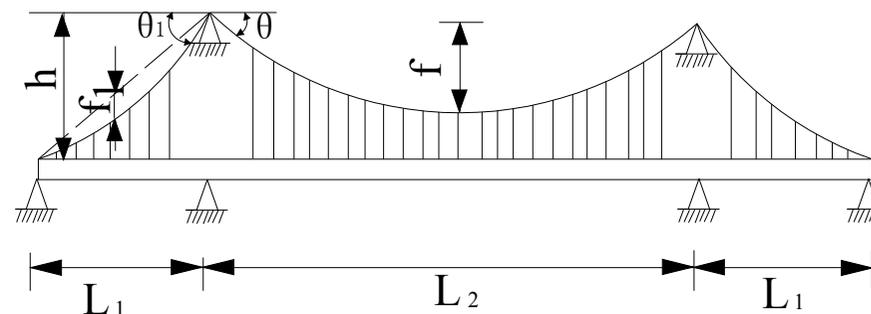




自锚式悬索桥



(a) 单塔双跨

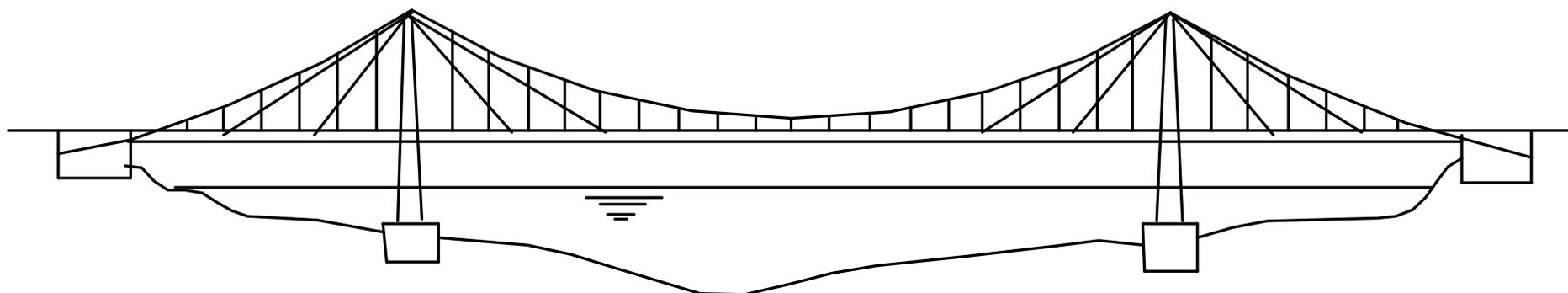


(b) 双塔三跨

自锚式悬索桥构造形式



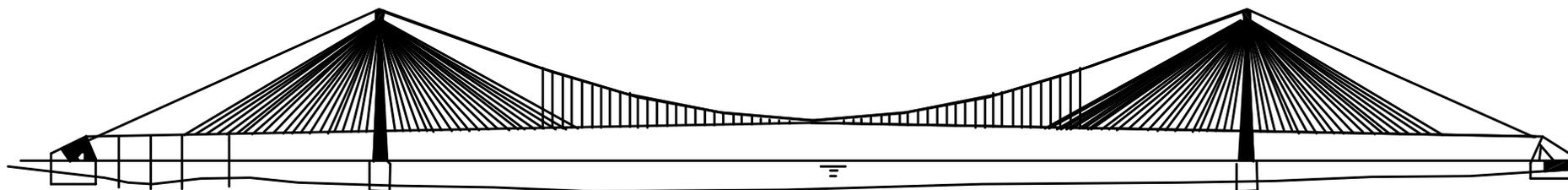
带斜拉索的悬索桥



1883年建成的纽约布鲁克林大桥，主跨484m，是最早的带斜拉索的吊桥。



斜拉—悬吊混合式悬索桥



1997年建成的乌江大桥，主跨288m，主梁为高强预应力薄壁箱梁，采用全截面缆吊预应力悬拼施工，最大吊重为76吨，是世界首座吊拉组合桥。



二、悬索桥的总体布置

(1) 跨径

中跨和边跨之比，常采用为**2: 1**或**4: 1**。

当中跨与边跨之比大于**4: 1**，边跨跨径又较小时，可采用单跨悬索桥。

在大跨径的吊桥中，常采用三跨悬索桥。





(2) 主索矢高及塔高

从理论分析认为最有利的矢跨比为 $1/6 \sim 1/7$ 。

在工程实践，欧美各国常用 $1/9 \sim 1/12$ 。

桥塔高度由桥面标高加上跨中吊杆最小高度和矢高来确定。

(3) 吊杆间距

跨径在80m 到200 m范围内的吊桥，吊杆间距一般取 $5 \sim 8$ m。

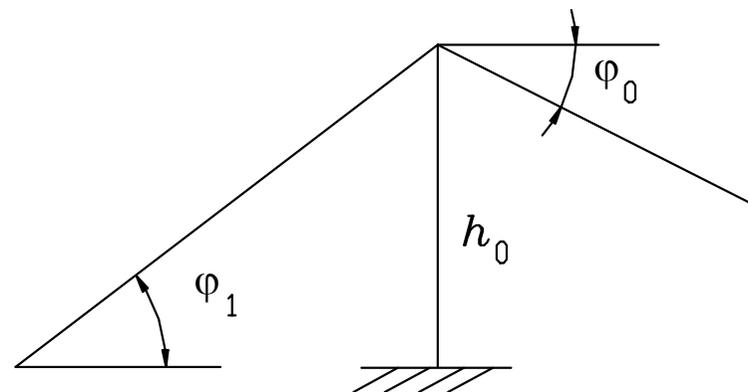
跨径增大，吊杆间距也应增大，有时达20 m左右，此时需设强大的纵横桥道梁。





(4) 锚索倾角

我国常采用等倾角。锚索倾角常采用 $30^\circ \sim 40^\circ$ 。不等倾角时，两角差值一般控制在 10° 以内。



以桥塔支承点为坐标原点的主索曲线方程，可近似表示为

$$y = \frac{4fx(l-x)}{l^2}$$

$$\left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=0} = \operatorname{tg} \varphi_0$$

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{4f}{l}$$



(5) 加劲梁

加劲梁的梁高应为 $1/40$ – $1/60$ 到 $1/120$ 。

大跨径悬索桥的加劲梁常在 $1/80$ – $1/200$ 之间。对于加劲梁梁高偏小的吊桥，必须经过风洞实验以确保安全。

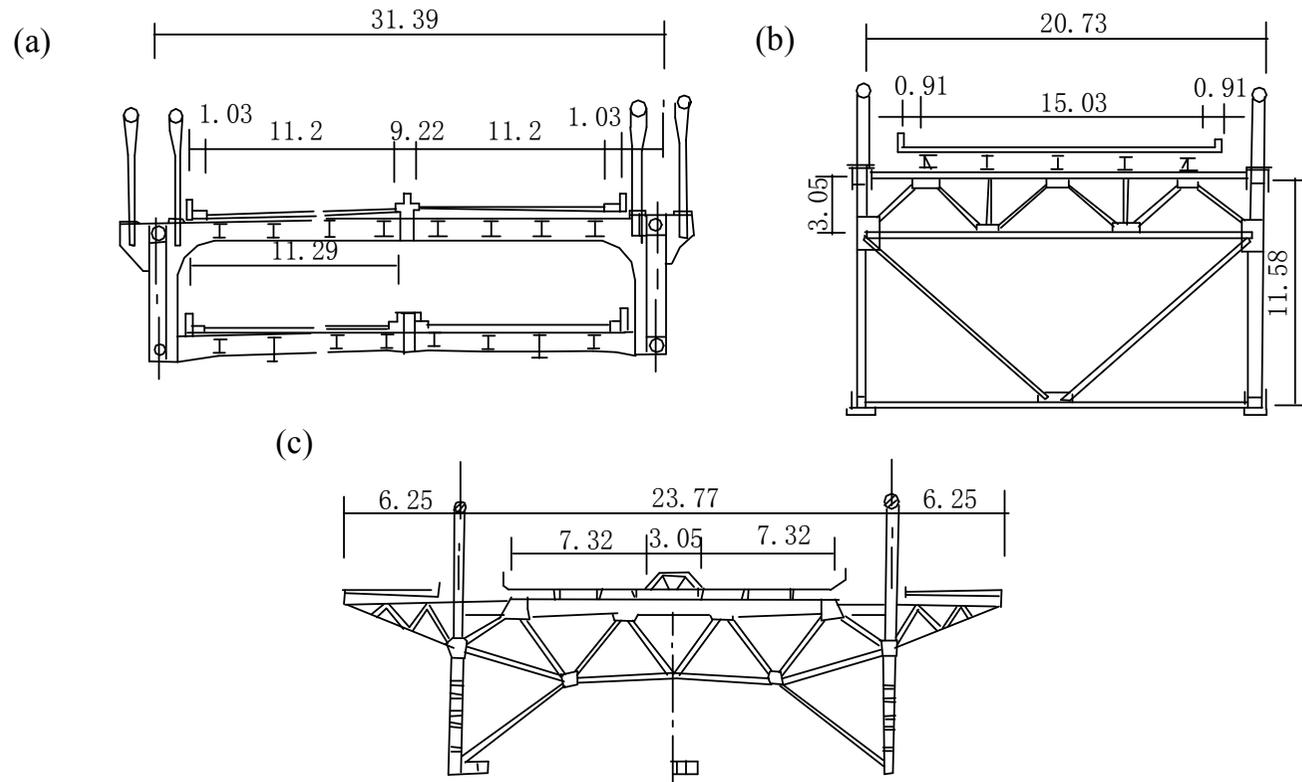
有竖杆的三角形腹杆图式，合理节间长度约为 $0.6 \sim 0.8h$ 。

斜杆的倾角不宜超过 $30^\circ \sim 50^\circ$ 的范围。

(6) 加劲梁横截面布置:

主索间距: 中小跨径不应小于 $1/30$ 。大跨径, 可小于 $1/35$ 。目前世界上最大的几座悬索桥的主索间距在 $1/40 \sim 1/60$ 之间。

上下层式、单层人行道内置式、单层人行道悬挑式。





三、悬索桥的主要构造

- (1) 大缆
- (2) 桥塔
- (3) 鞍座
- (4) 锚碇
- (5) 加劲梁
- (6) 索夹及吊索



(1) 大缆

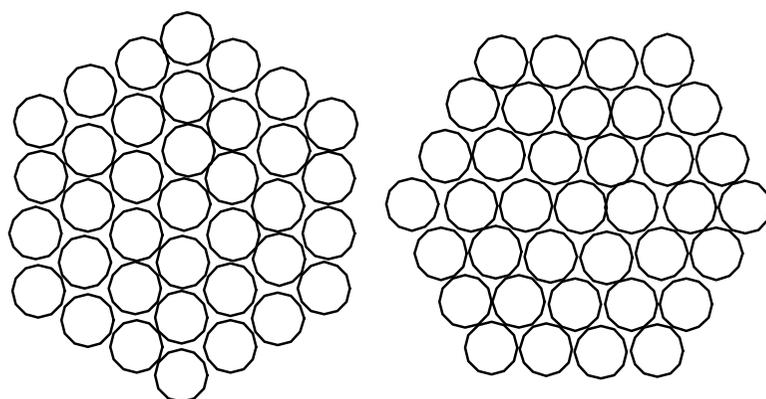
抗弯刚度小，抗拉刚度大，适合于受拉。

一般设有两根，平行布置。极少数设4根。个别设单根。

大缆的材料有藤索、竹索、铁索、眼杆链、钢丝。

现代悬索桥采用钢丝绳（跨度500m 以下）和平行钢丝束两种。

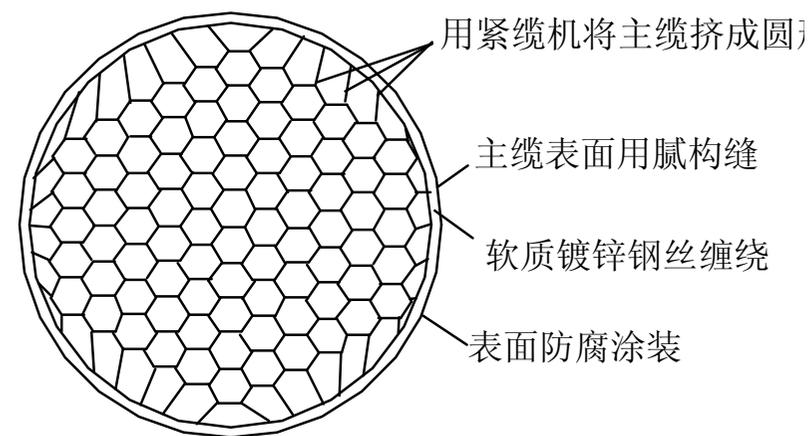
平行钢丝束分为预制平行丝股和空中纺丝平行丝股。



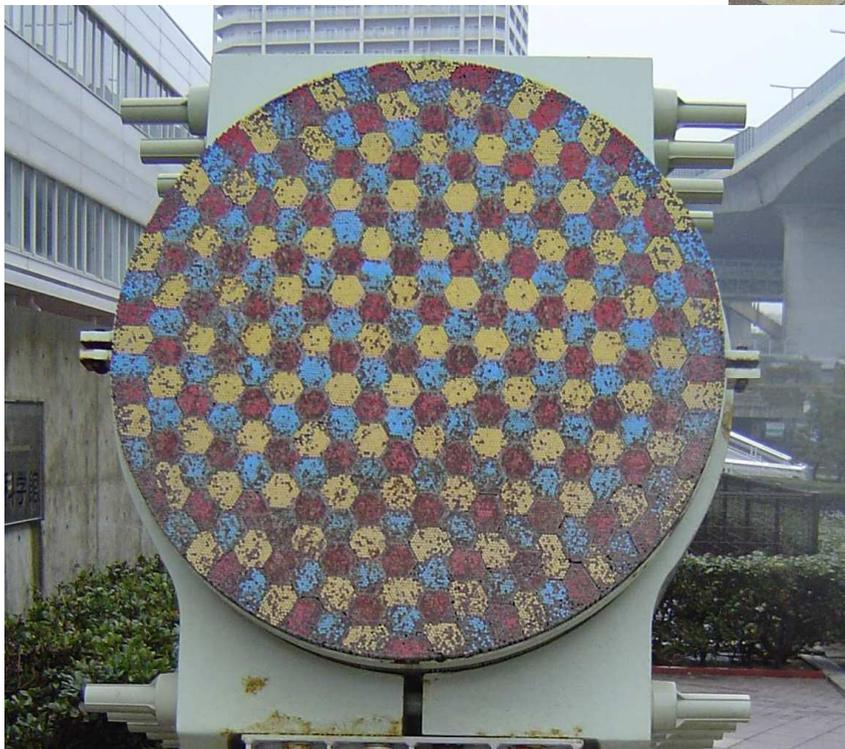
(a) 尖顶型

(b) 平顶型

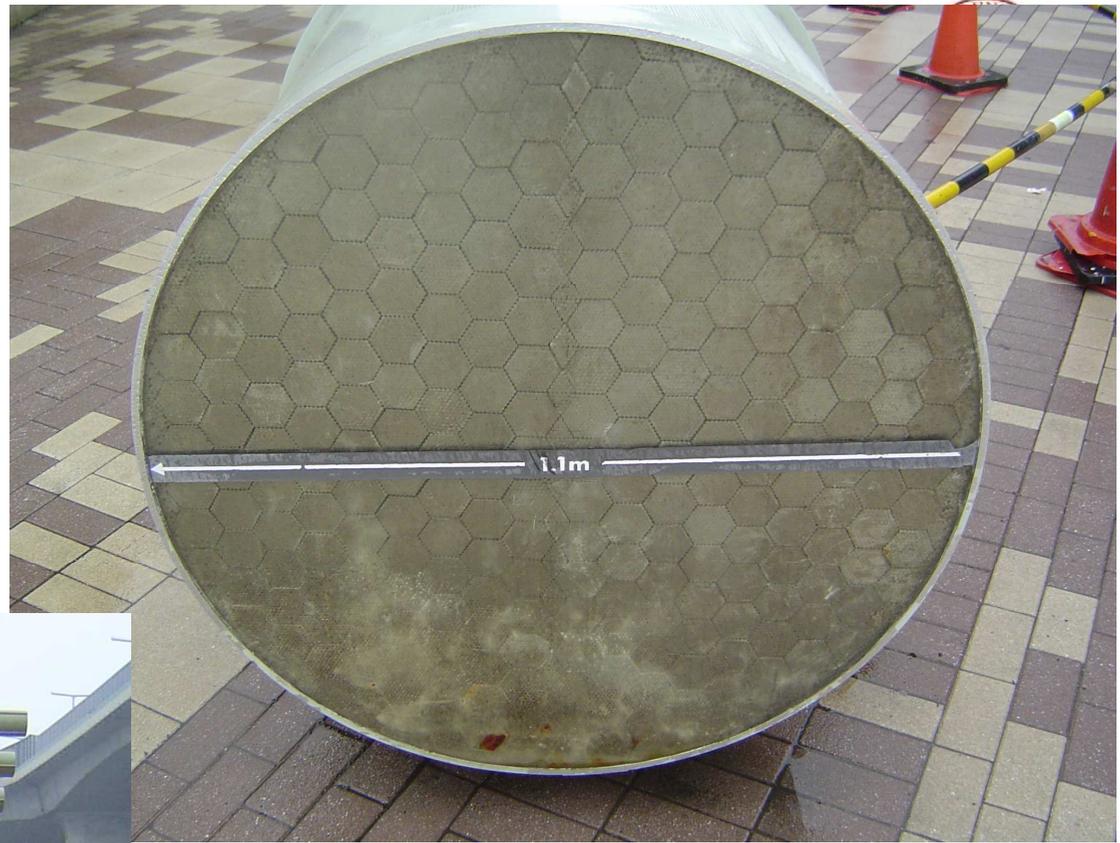
主缆内丝股的排列



紧缆后丝股的截面变形状态



<http://civil.nzu.edu.cn/bridgecourse/>



日本明石海峡桥的大缆截面





主缆的容许索力可用下式求得：

$$T_{\alpha} = \frac{\alpha \cdot \sigma_v \cdot A_c}{\nu}$$

α —材料折减系数，对于平行索， $\alpha = 0.95$ ；

σ_v —材料的强度；

A_c —有效截面积；
 ν —安全系数。

主缆的安全系数主要由以下因素决定：主缆的构造、计算精度、恒载应力与活载应力之比、二次应力的影响、应力不均匀的程度、结构物的重要性等。国外早期悬索桥取得比较大，小跨度桥取得更大。目前一般都在**2.5~3.0**，对特大跨度桥，可取得小一些，如明石海峡桥取**2.3**左右。

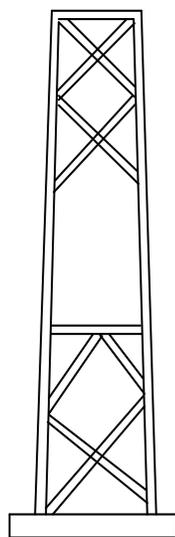


(2) 桥塔

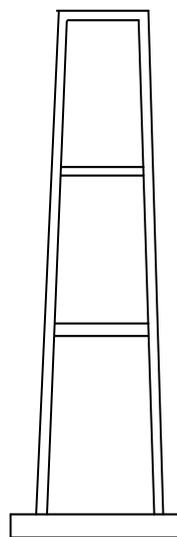
桥塔有圬工桥塔、钢桥塔和钢筋混凝土桥塔。

钢桥塔可分为带斜腹杆的桁架式、只带横杆的刚构式和混合的构架式。

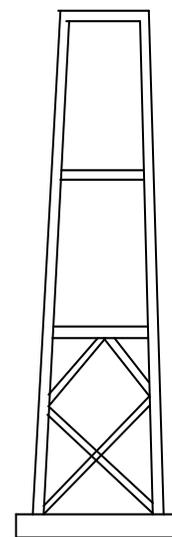
混凝土塔一般为带横杆的刚构形式。



(a) 桁架式



(b) 刚架式

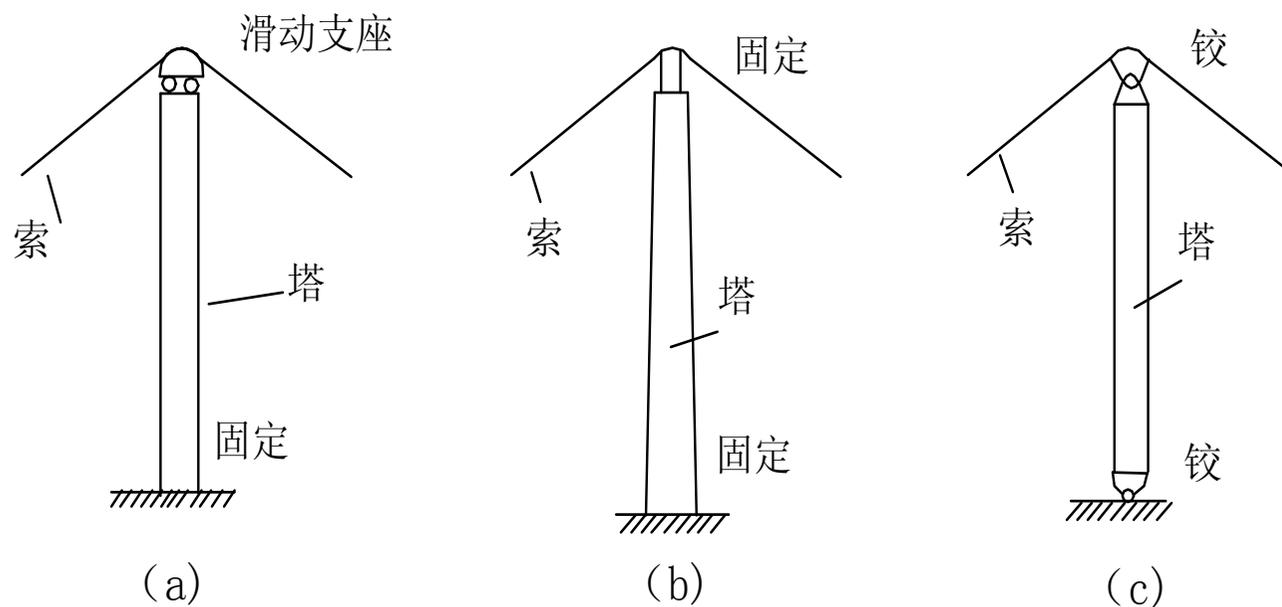


(c) 混合式

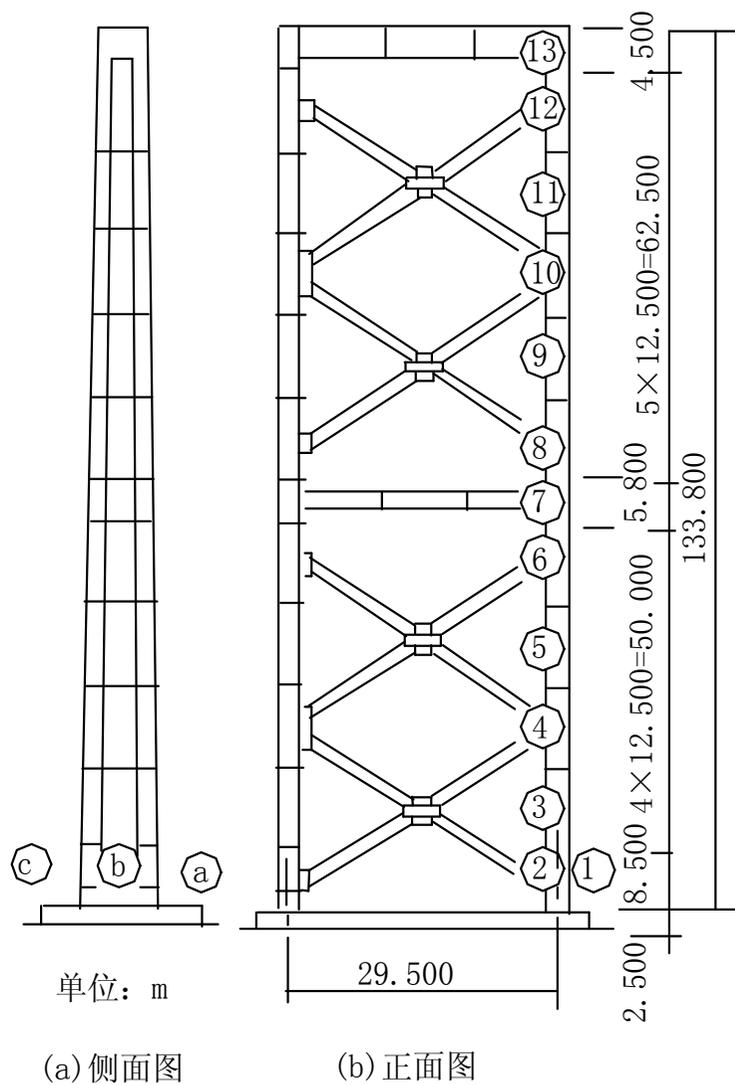


塔与索鞍的联结形式:

刚性、柔性和摆柱式三种。刚性塔，则需要
在主鞍座下设辊轴，使鞍座能够可沿纵向移动。柔性塔，
鞍座固定于塔顶，构造简单，维修保养容易，大跨度悬
索桥常采用。早期，有些小跨度悬索桥中曾采用过摆柱
式塔，现已不再采用。



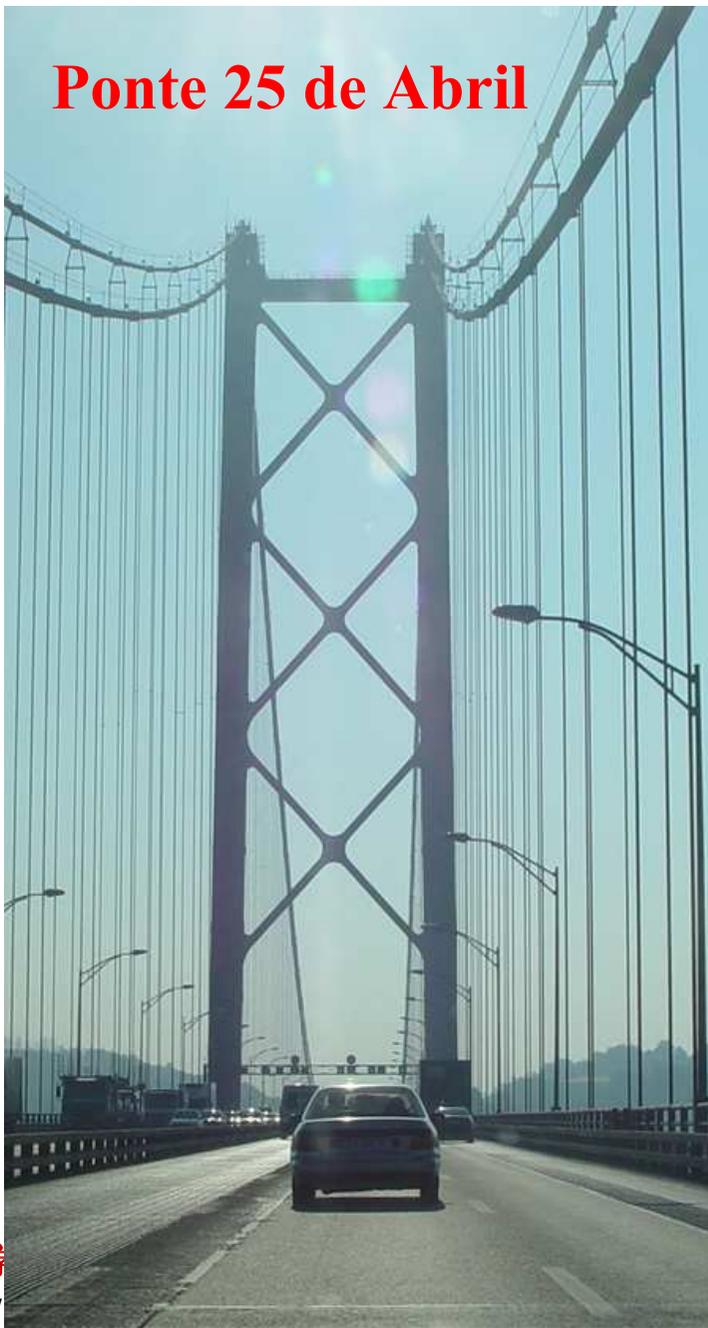
日本关门桥桥塔



日本关门桥桥塔



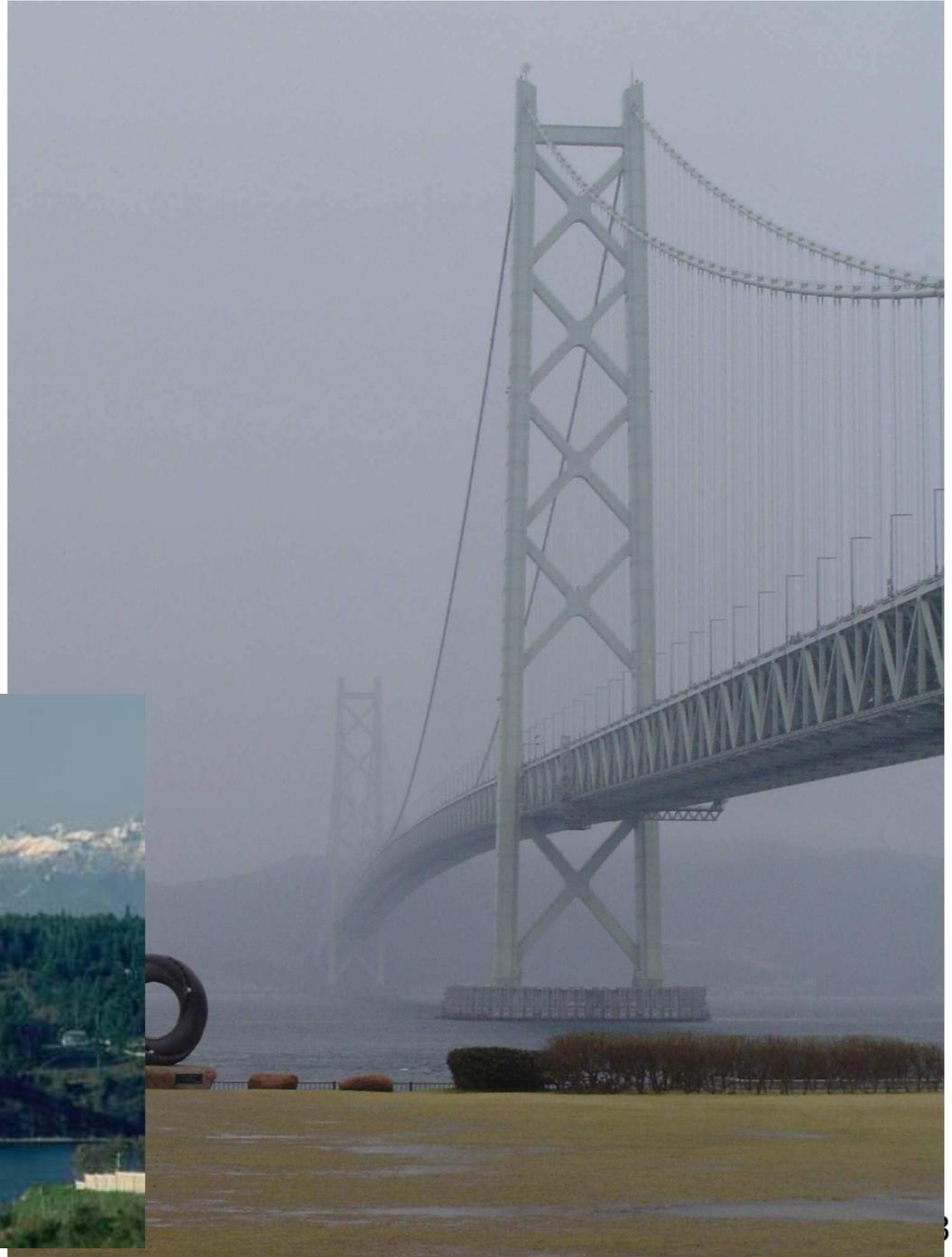
Ponte 25 de Abril



福州大学
<http://>



Fuzhou University -
Civil Engineering



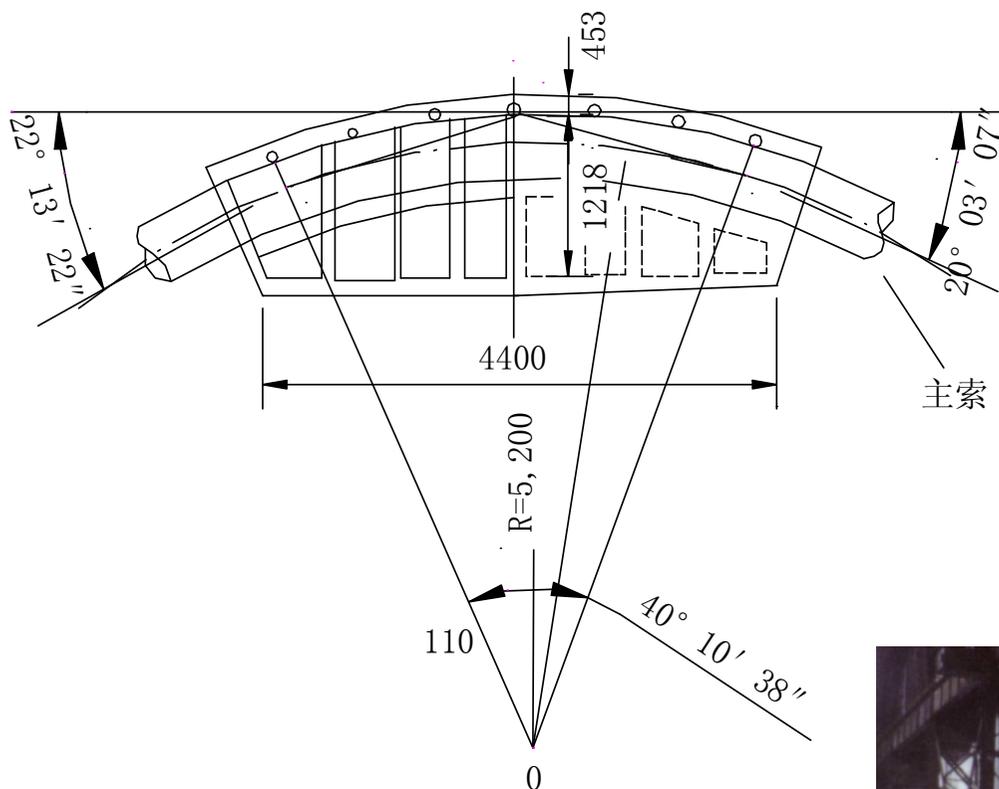


(3) 鞍座

设在塔顶的鞍座叫主鞍，一般由铸钢件构成。

目前鞍座多采用铸焊结合结构，鞍槽采用铸钢件，鞍槽下的支撑结构用厚钢板的焊接结构，鞍槽与支撑结构之间也用焊接。

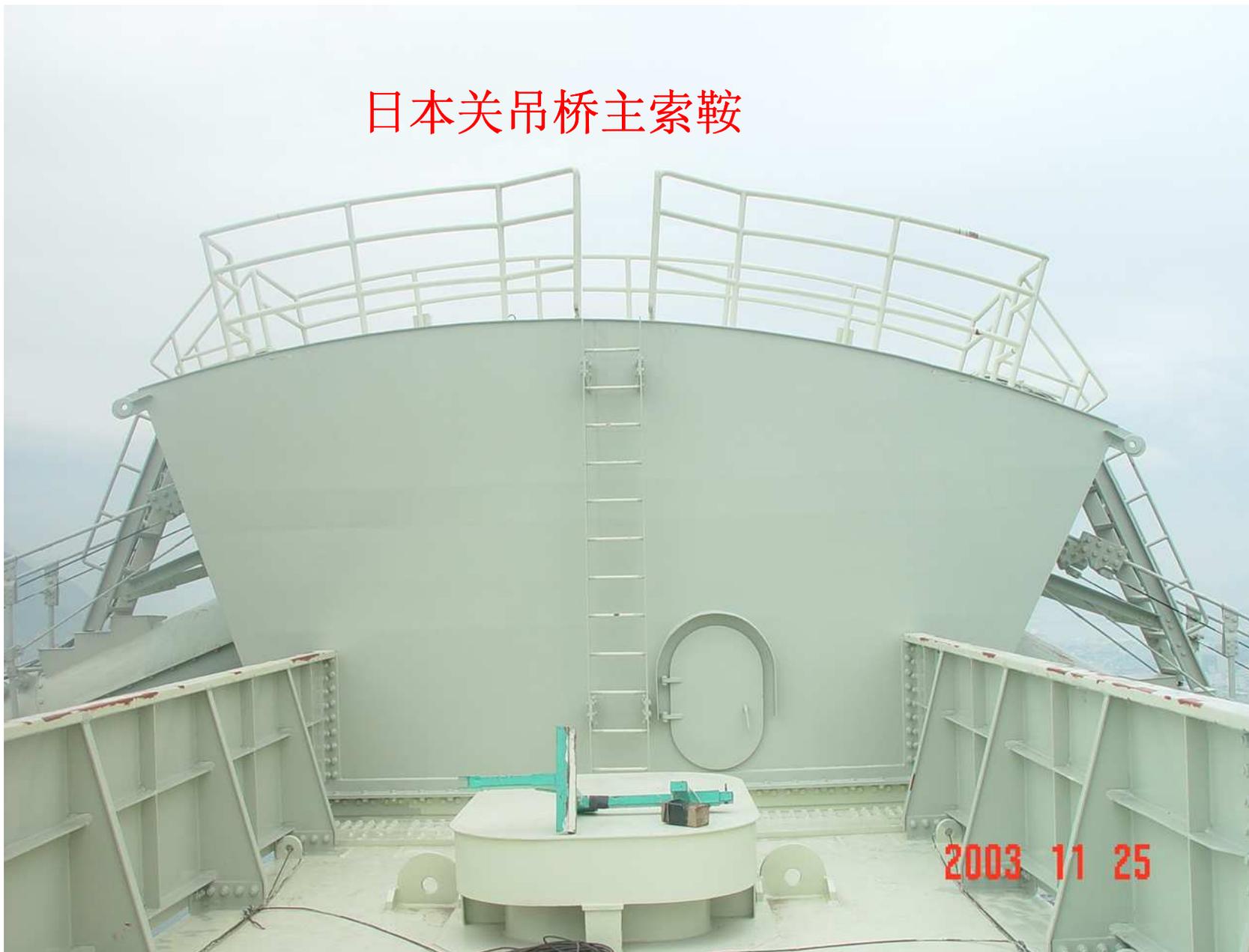
为方便吊装，主鞍座在纵向分为两段或三段吊装。



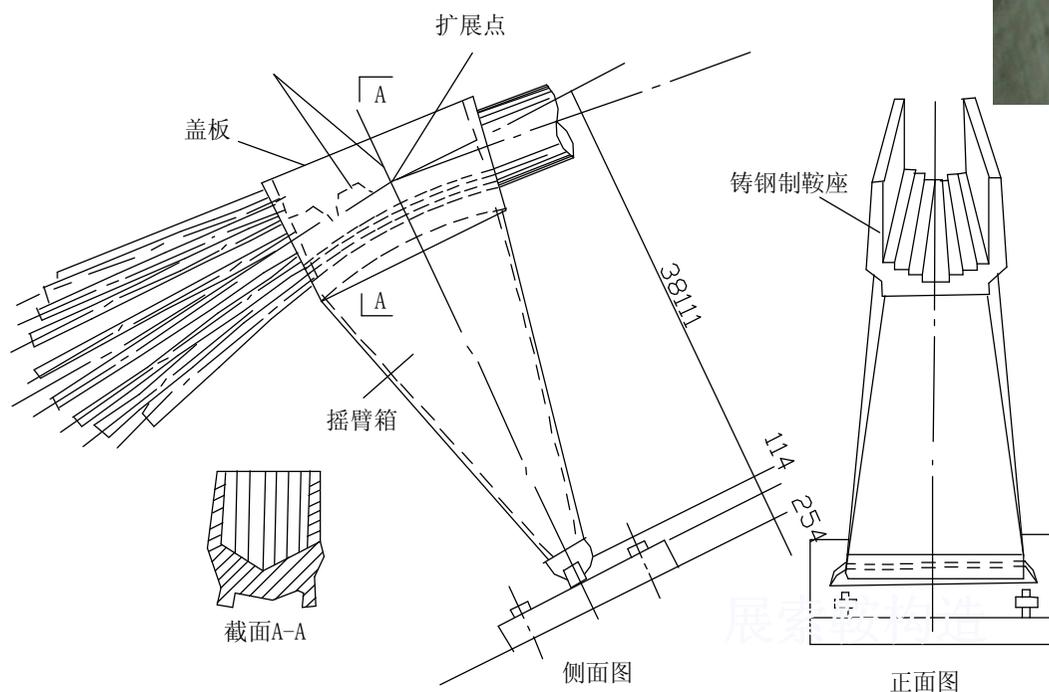
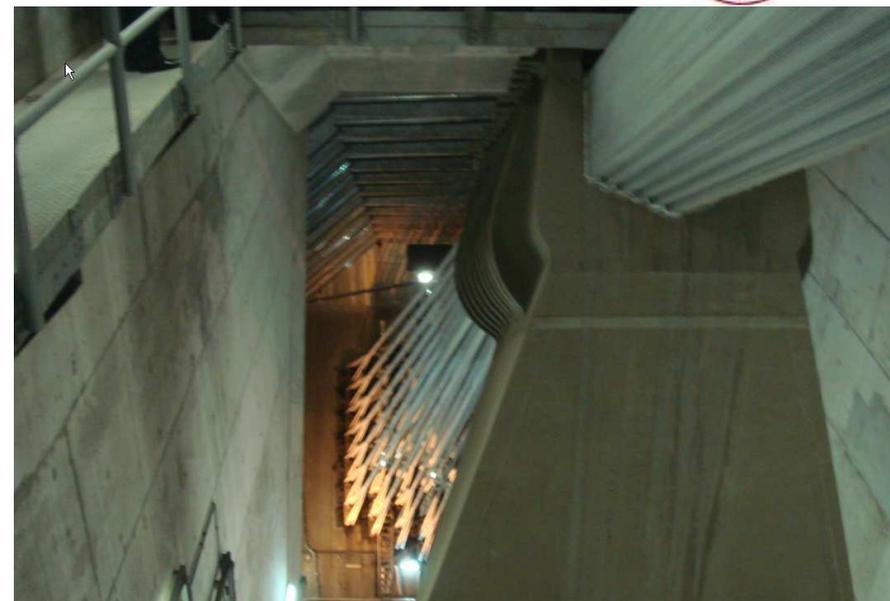
江阴长江大桥主索鞍



日本关吊桥主索鞍



边跨较大时，可在边墩设副鞍。
在锚碇前墙处大缆需要散开成丝股，需设展索鞍（或散索鞍）。





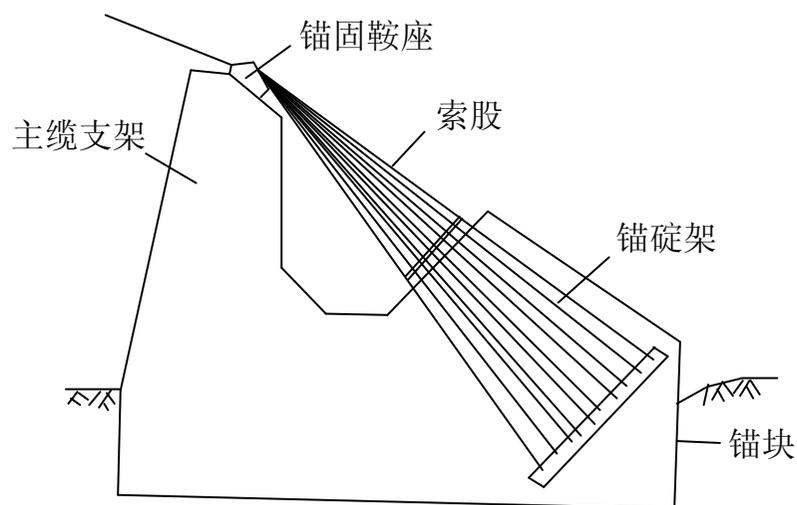
(4) 锚碇

由锚块基础、锚块、大缆锚固系统及防护结构等构成。
悬索桥大缆锚固方式有地锚与自锚。多采用地锚式，
较采用自锚。

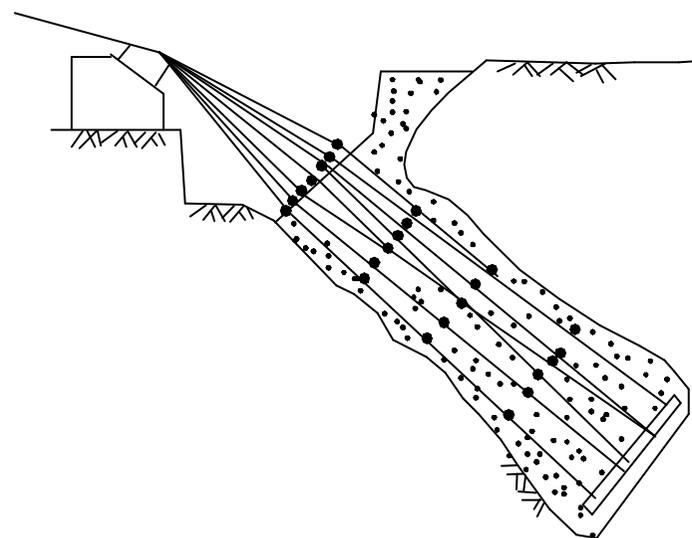
地锚分重力式和隧洞式（或岩洞式）两种。

重力式地锚尺寸大，工程量也大。

隧洞式地锚工程量较小，但需有坚实山体岩层可加以利用。



(a) 重力式



(b) 隧洞式



Fuzhou University -
College of Civil Engineering



日本明石海峡桥锚碇

日本东京彩虹桥

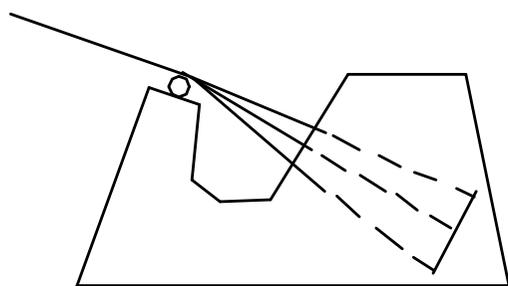


福州
[http](http://)

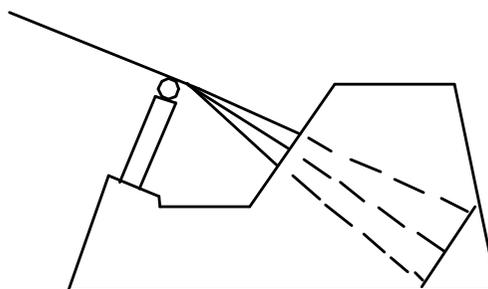


大缆支架

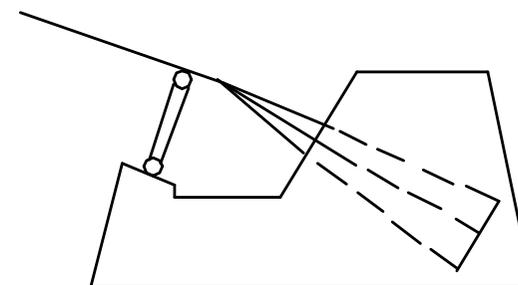
当主缆在锚碇前墙处需要展开成丝股并改变方向时，则需设置主缆支架。主缆支架可以设置在锚碇之外，也可以设置在锚碇之内。主缆支架主要有三种形式：钢筋混凝土刚性支架、钢制柔性支架及钢制摇杆支架。



(a) 刚性支架



(b) 柔性支架



(c) 摇杆支架

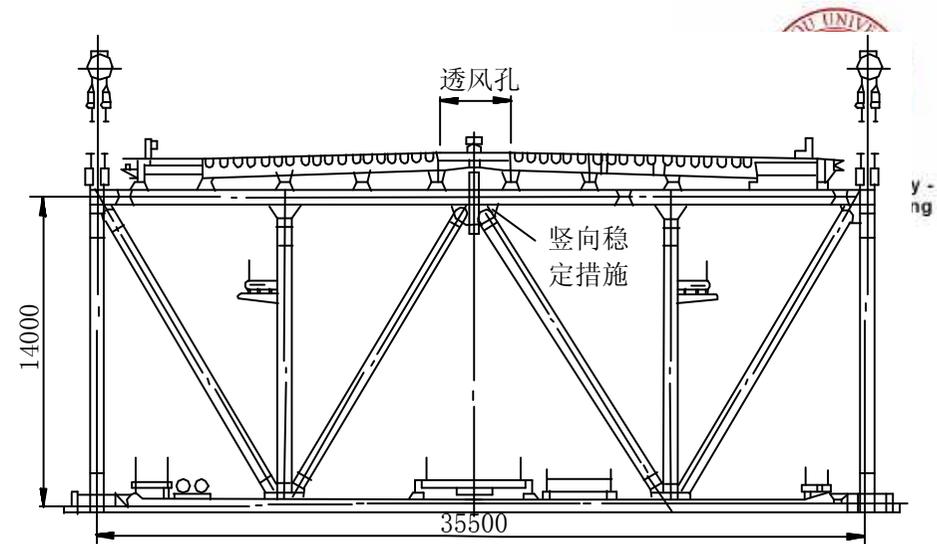
(5) 加劲梁

加劲梁主要起支承和传递荷载的作用。

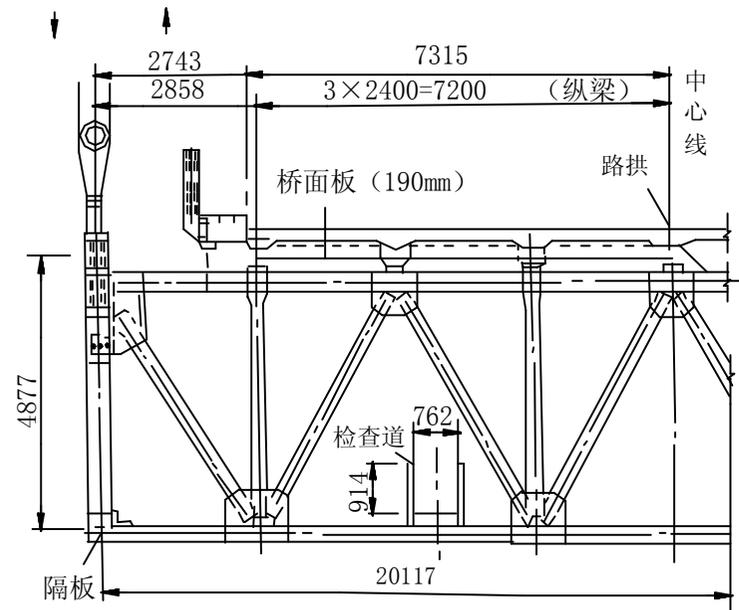
活载作用下的容许挠度一般要求 $\delta_l \leq L/350$

加劲梁大都采用等高度钢桁架梁或扁平钢箱梁。

桁架的抗扭刚度相对较小，所以其梁高比流线型箱梁的要高得多，以满足抗风要求。

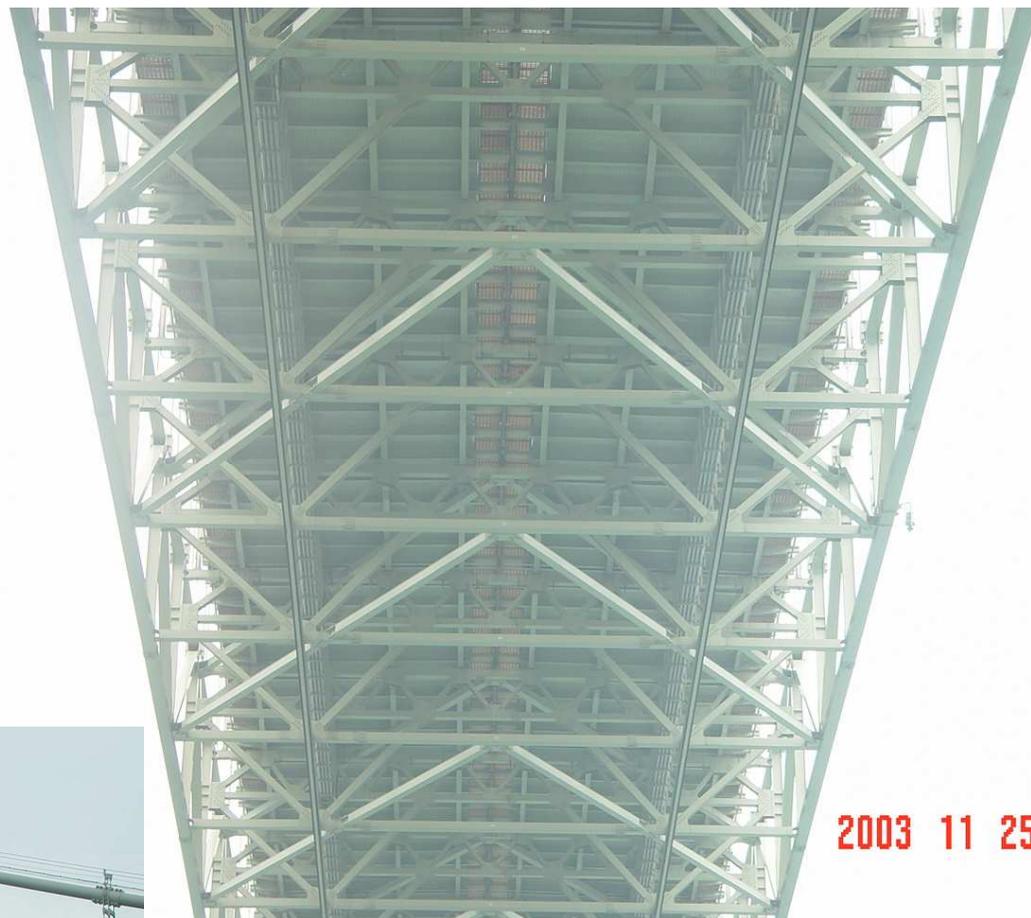


(a) 明石海峡大桥



(b) 纽波特大桥

钢桁架加劲梁





Fuzhou University -
College of Civil Engineering

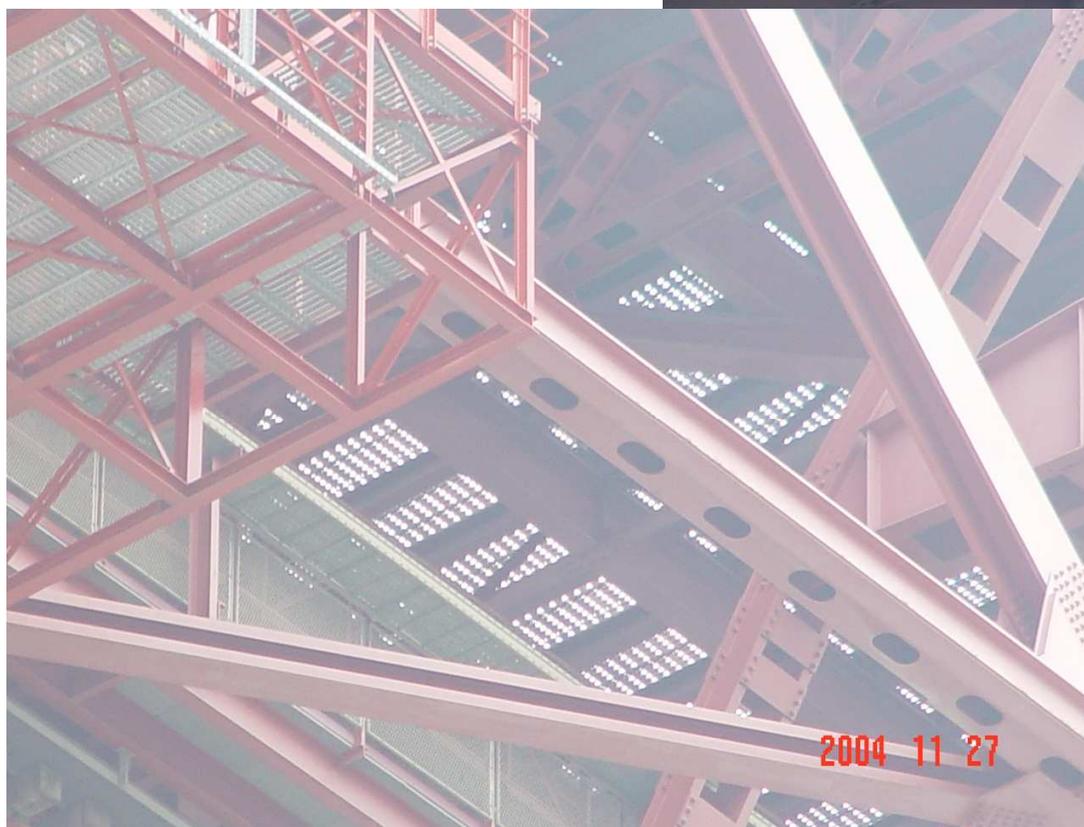


钢桁架加劲梁



福州大学《桥梁工程》—福建省精品课程
<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse>

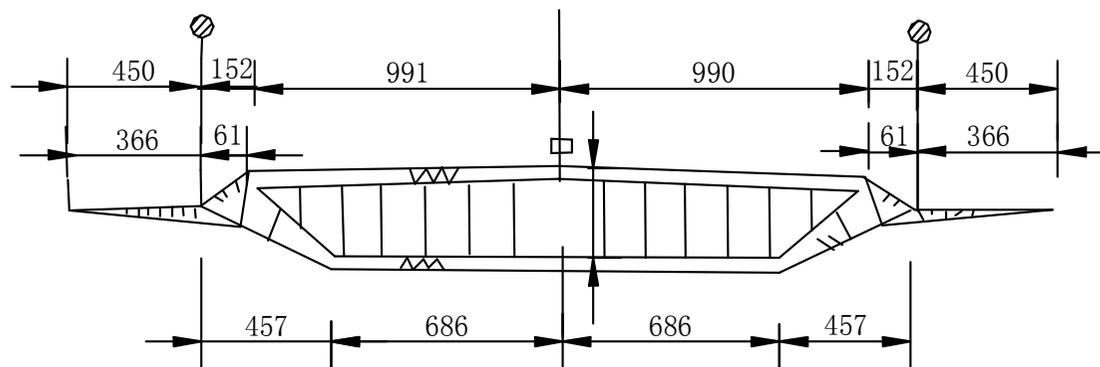
钢桁架加劲梁



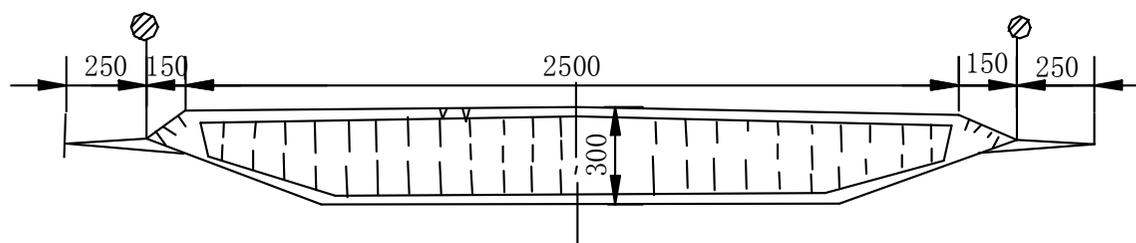


梭状扁平钢箱梁的优点是：

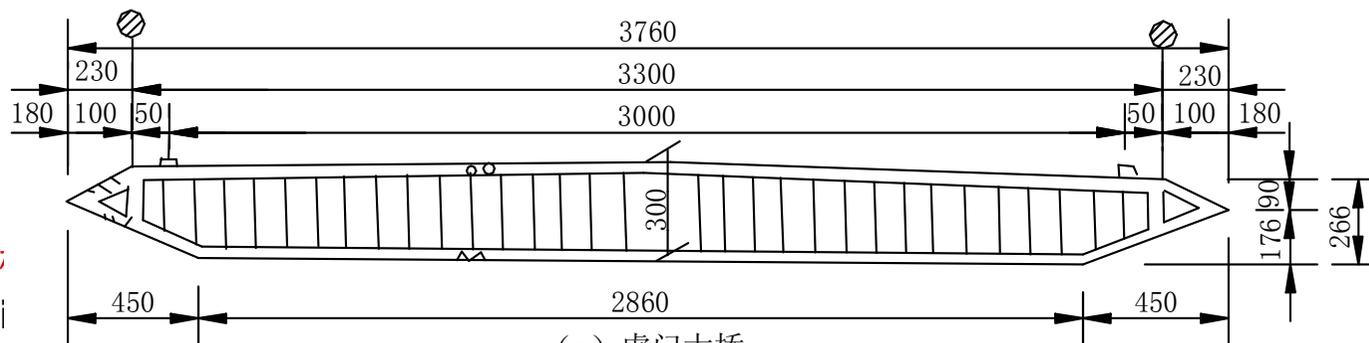
建筑高度小，自重较桁架梁轻，用钢量省，结构抗风性能好。



(a) 塞文桥



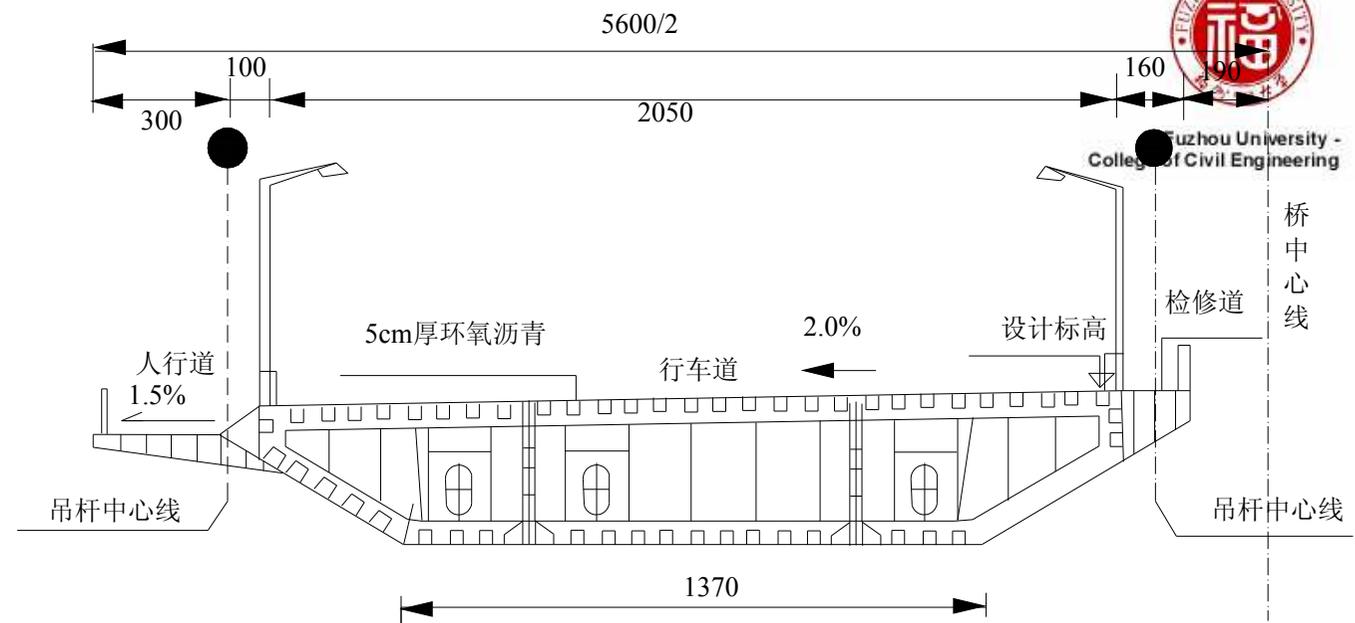
(b) 博斯普鲁斯1桥



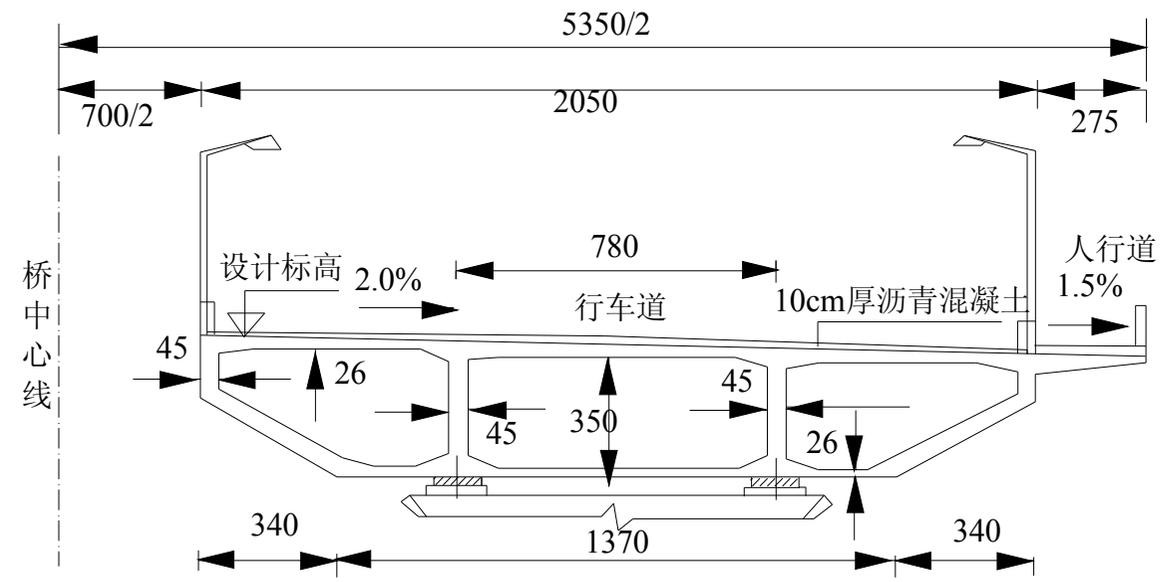
(c) 虎门大桥



Fuzhou University -
College of Civil Engineering



自锚式悬索桥 的加劲梁





(6) 索夹及吊索

索夹由铸钢制作，分成左、右两半或上、下两半。

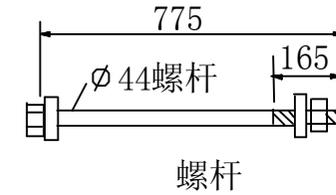
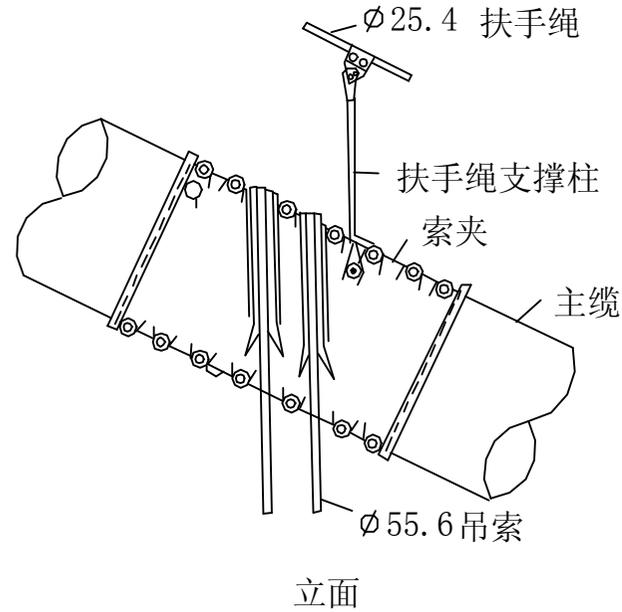
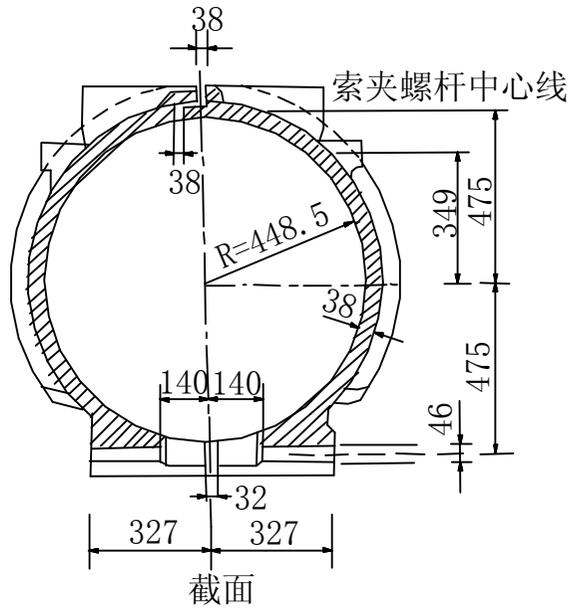
吊索可用钢丝绳、平行钢丝束或钢绞线等材料制作。

吊索上端连接有两种方式：销钉连接和吊索骑挂在索夹上。

目前销钉连接方式用得较多。

传统的吊索都是垂直的，但从英国的塞文桥开始使用斜吊索。

吊索的安全系数要比大缆高得多，一般取3.0~4.5。



美式悬索桥的索夹分上下两半，吊索骑挂在索夹上。



§ 10.3 悬索桥计算要点

一、概述

设索不承受弯矩，有

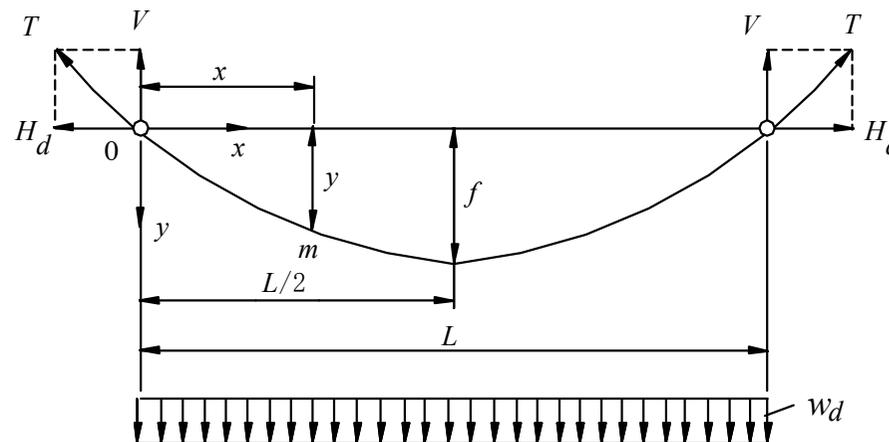
$$M = M_0 - H_1 y = 0$$

其中， $H_1 = \frac{qL^2}{8f}$

$$y = \frac{qx}{2H_1}(L - x)$$

消去Hd，得索的方程

$$y = \frac{4fx}{L^2}(L - x) \quad \text{它是一条二次抛物线}$$



悬索计算简图

与均布荷载作用下拱的合理拱轴线相同



悬索长度计算

$$\begin{aligned}l_s &= 2 \int_0^{1/2} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 - \frac{1}{8} \left(\frac{dy}{dx} \right)^4 + \frac{1}{16} \left(\frac{dy}{dx} \right)^6 - \frac{5}{128} \left(\frac{dy}{dx} \right)^8 + \dots \right] dx \\ &= l \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{l} \right)^2 - \frac{32}{5} \left(\frac{f}{l} \right)^4 + \frac{257}{7} \left(\frac{f}{l} \right)^6 + \dots \right]\end{aligned}$$

悬索桥是大缆系统和加劲梁系统两者的简单组合。

悬索索力计算方法有：弹性理论和挠度理论。

弹性理论忽略活载 p 对结构变形的影响。

挠度理论考虑了结构几何非线性对受力的影响。

二 弹性理论

吊杆传给加劲梁向上的均布荷载

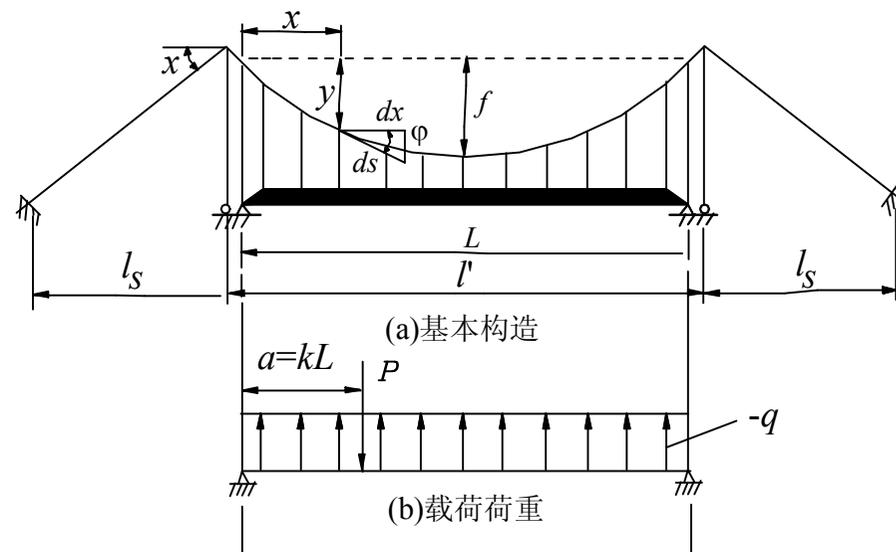
$$q = \frac{8f}{L^2} H_l$$

加劲梁内产生弯矩

$$\begin{aligned} M_l &= -\frac{8f}{L^2} H_l \frac{x}{2} (L-x) \\ &= -H_l y \end{aligned}$$

则，主索索力为

$$\begin{aligned} S_l &= \frac{dM_l}{dx} = -H_l \frac{dy}{dx} \\ &= -H_l \operatorname{tg} \varphi \end{aligned}$$



计算简图

设同等跨径简支梁在荷载作用下的弯矩为 M_0 ，

$$M_l = M_0 - H_l y$$



如果不考虑塔的压缩变形，由力法可以求得赘余力

$$H_l = \frac{\int_0^l \frac{M_0}{EI} y dx}{\int_0^l \frac{y^2}{EI} dx + \int_0^{l'} \frac{\sec^2 \varphi}{E_c A_c} ds}$$

对于二次抛物线的主索，上式分母第一项的积分为：

$$\left. \begin{aligned} \int_0^l \frac{y^2}{EI} dx &= \frac{8f^2 l}{15EI} \\ \int_0^{l'} \frac{\sec^2 \varphi}{E_c A_c} ds &= \int_0^{l'} \frac{ds^2}{E_c A_c dx^2} ds \\ &= \frac{1}{E_c A_c} \int_0^{l'} \left(\frac{dy}{dx}\right)^3 dx = \frac{1}{E_c A_c} \int_0^{l'} \left\{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right\}^{3/2} dx = \frac{L_E}{E_c A_c} \end{aligned} \right\}$$



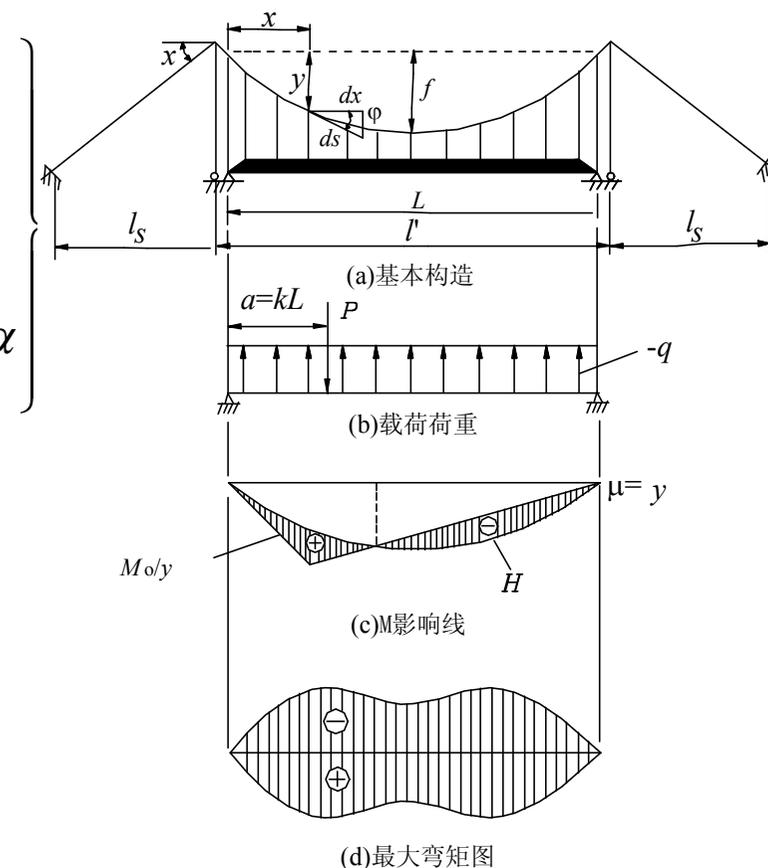
求得 H_l 的影响线值为

$$H_l = \frac{3}{f^2 L} \frac{1}{N} \int_0^L M_0 y dx = \frac{1}{nN} (k - 2k^3 + k^4)$$

其中

$$N = \frac{8}{5} + \frac{3I}{A_c f^2} \frac{E}{E_c} \frac{l'}{L} (1 + 8n^2) + \frac{6I}{A_c f^2} \frac{E}{E_c} \frac{l_s}{L} \sec^3 \alpha$$

上式中, $n=f/l$ (矢跨比), $k=a/L$ 。





三、挠度理论

考虑了主索与吊杆的变形后，加劲梁的弯矩为

$$M_l = M_{0d} + M_{0l} - (H_d + H_l)(y + w)$$

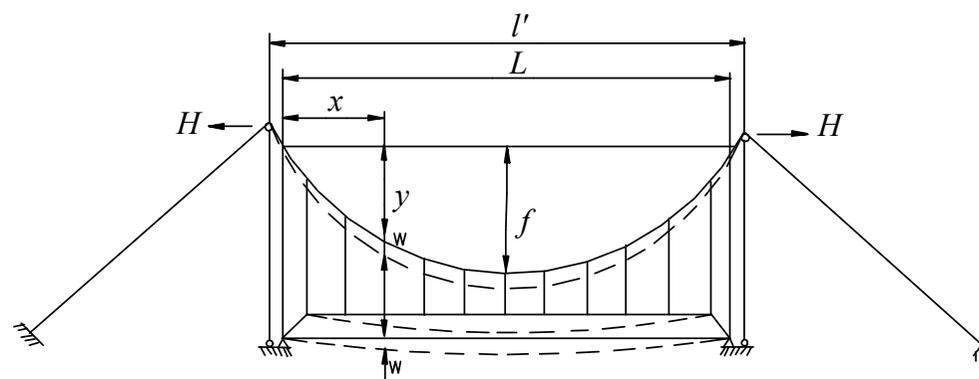
恒载作用时加劲梁的弯矩为零，

$$M = M_{0d} - H_d y = 0$$

活载作用下的弯矩为：

$$M_l = M_{0l} - H_l y - (H_d + H_l)$$

与弹性理论相比，在活载作用下加劲梁的弯矩多出的第三项为负值。



挠度理论计算原理



根据挠度理论，悬索桥加劲梁的变形方程为：

$$EI \frac{d^2 w}{dx^2} = -M_1$$

对上式两边进行微分，有

$$\frac{d^2 M_{01}}{dx^2} = -p - H_d \frac{d^2 y}{d^2 x} - (H_d + H_1) \frac{d^2 w}{dx^2}$$

得基本微分方程：

$$EI \frac{d^4 w}{dx^4} - (H_d + H_1) \frac{d^2 w}{dx^2} = p + H_1 \frac{d^2 y}{d^2 x}$$

上式中左边第二项考虑了几何非线性的影响。



考虑变形影响后索的拉力为：

$$H_1 = -\frac{E_c A_c}{L_E} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \int_0^L w dx + \alpha L_T \right)$$

上式中：**L**—加
劲梁的跨径；

αL_T —索的温度变化伸长量；

$$L_E = \int \left\{ 1 + (dy/dx)^2 \right\}^{3/2} dx, \quad L_T = \int \left\{ 1 + (dy/dx)^2 \right\}^{3/2} dx$$



悬索桥挠度理论的基本方程

$$EI \frac{d^4 w}{dx^4} - (H_d + H_1) \frac{d^2 w}{dx^2} = p + H_1 \frac{d^2 y}{dx^2}$$

$$H_1 = -\frac{E_c A_c}{L_E} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \int_0^L w dx + \alpha L_T \right)$$

应用上述两式计算是困难的，因为 w 是由 H 引起的变形，而 H 又是考虑了索的变形后的悬索的实际水平拉力，因此，二者相互影响，是非线性关系。



加劲梁的弯矩为

$$M_1 = M_{0d} + M_{0l} - (H_d + H_l)(y + w)$$

通常的做法是在某一最不利荷载情况下，忽略二者的非线性关系，将 H 看成一个常数，这样可以在指定的荷载位置情况下，有限度地使用影响线方法进行计算。这种简化算法，称为线性挠度理论。

也就是忽略了上式中的二次项，则有

$$M_1 = M_{0d} + M_{0l} - H_d(y + w)$$

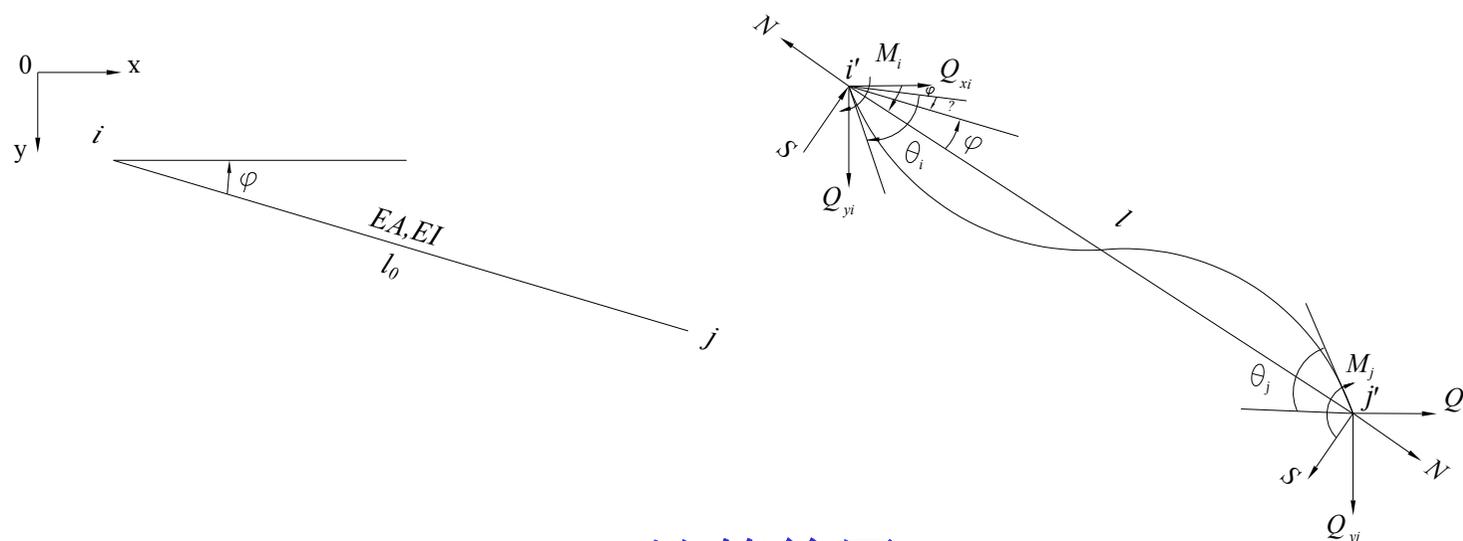


四、有限位移理论

- 1. 基本假定
- 全部应力在比例极限以下；
- 各杆件为等截面，材料性能服从虎克定律；
- 认为结构面外无屈曲；
- 主缆和吊索完全为柔性；
- 荷载集中于节点。



2. 计算公式与方法



计算简图



§ 10.4 悬索桥施工方法简介

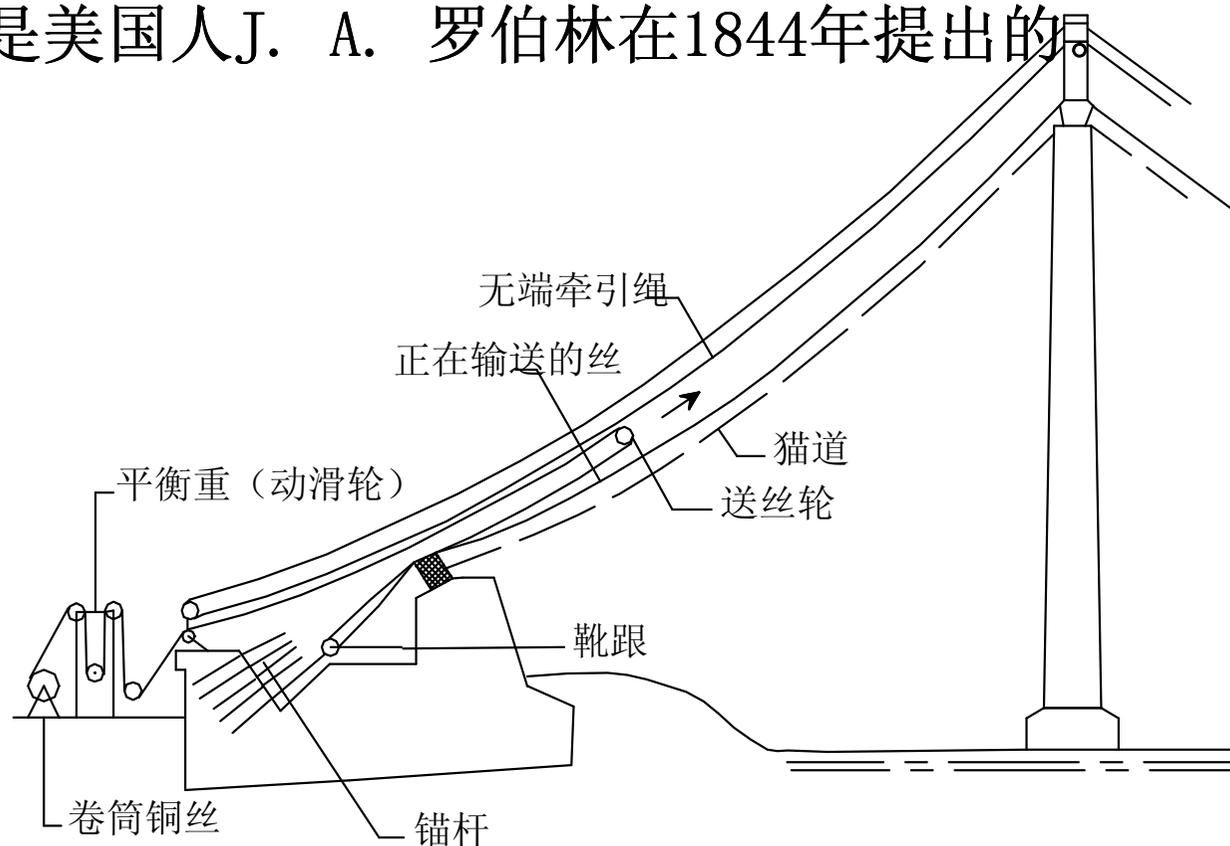
❖ 基本施工步骤

- 先修建基础、锚碇、桥塔；
- 利用桥塔架设施工便道（称为猫道）；
- 利用猫道来架设大缆；
- 安装吊缆、拼装加劲梁。

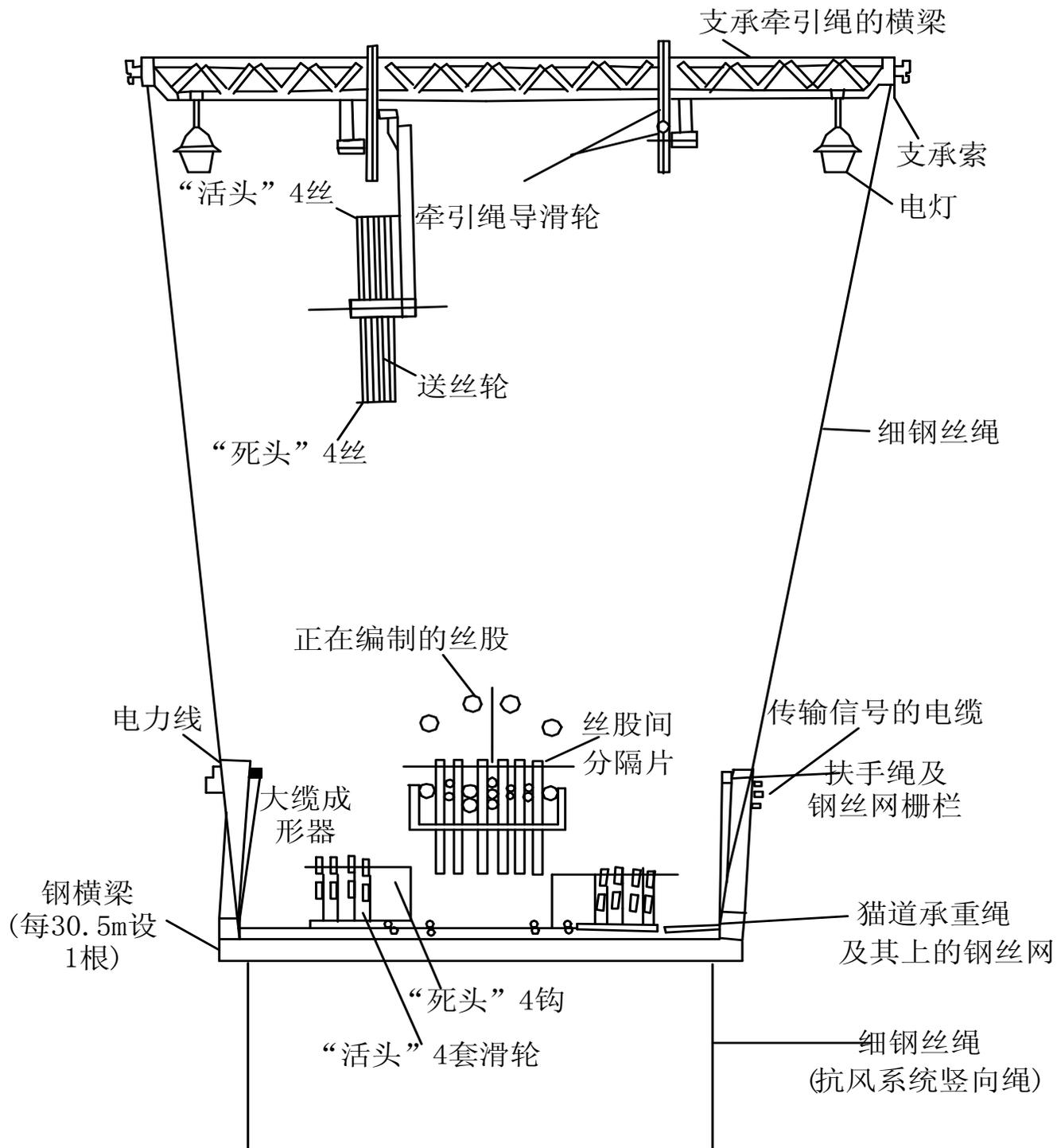


一、空中送丝法架缆

- 空中纺丝法 (aerial spinning method, 简称AS法) 是美国人J. A. 罗伯林在1844年提出的。



猫道、牵引索和支承索示例



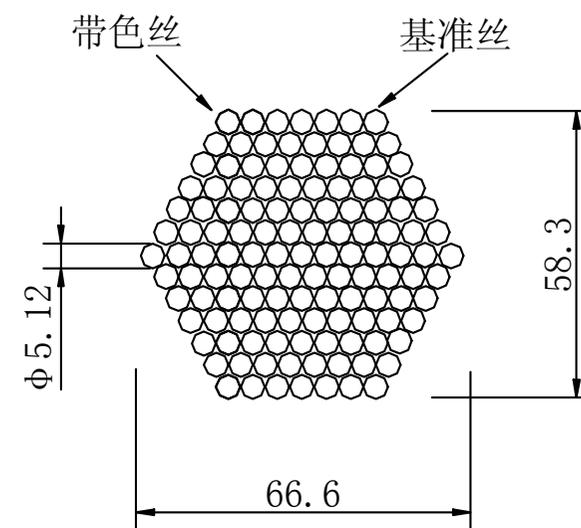
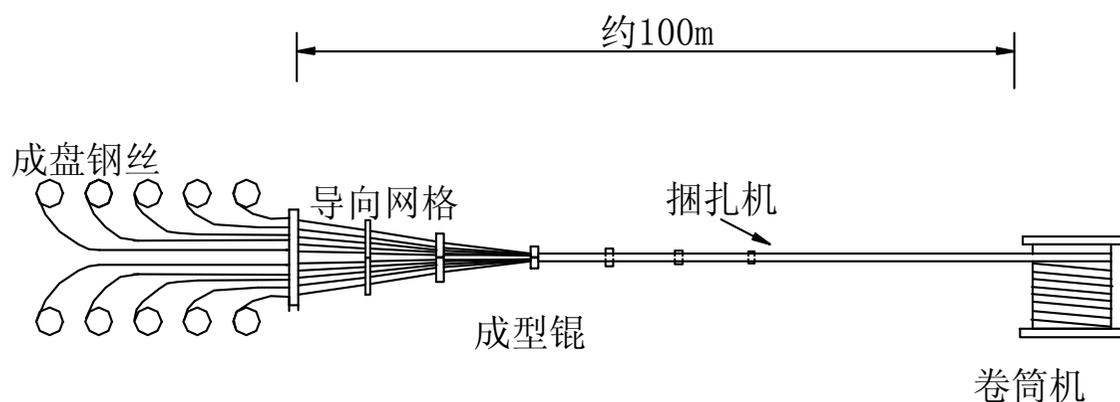






二、预制平行丝股的制造及架设

(1) 平行丝股的制造



预制平行丝股制造工艺示意

基准丝和带色丝



Fuzhou University -
College of Civil Engineering



工厂中放丝编索

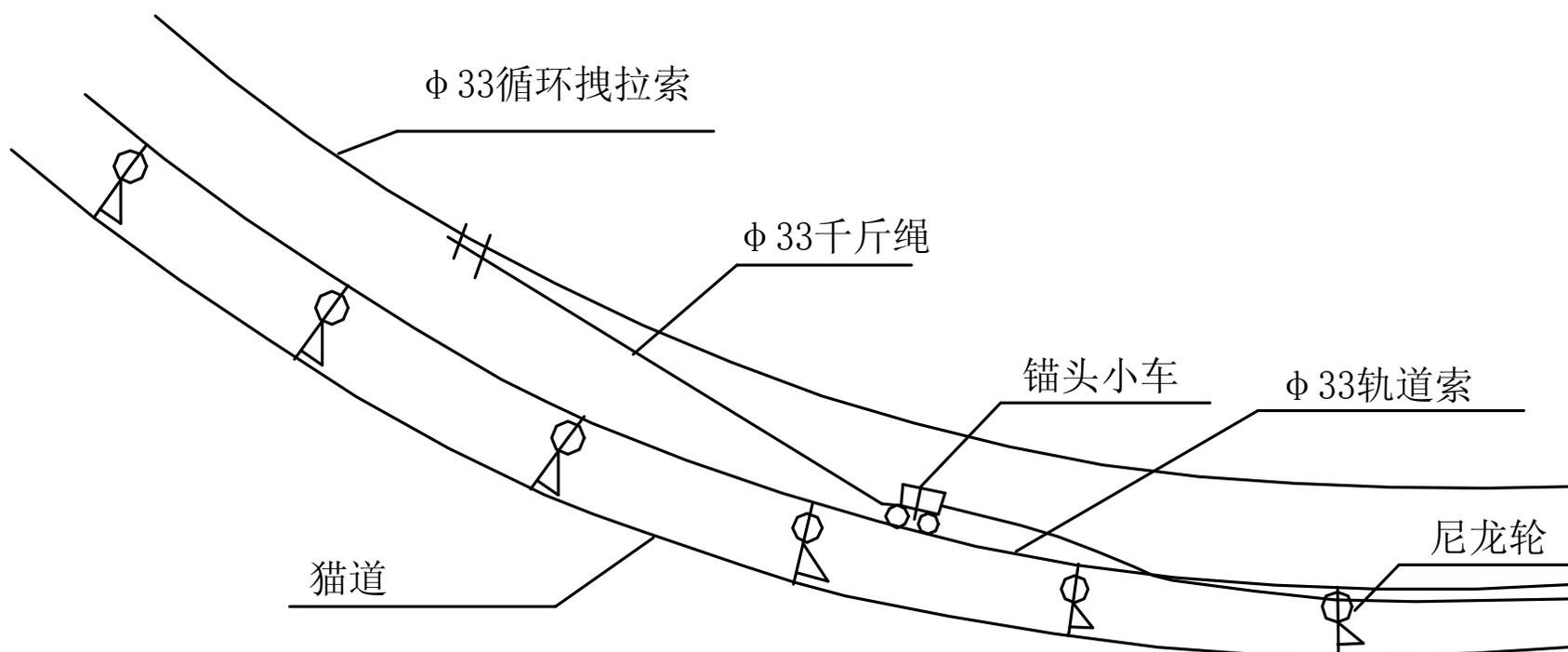


索股成盘

福州大学《桥梁工程》—福建省精品课程
<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse/>



(2) 用预制平行丝股架缆



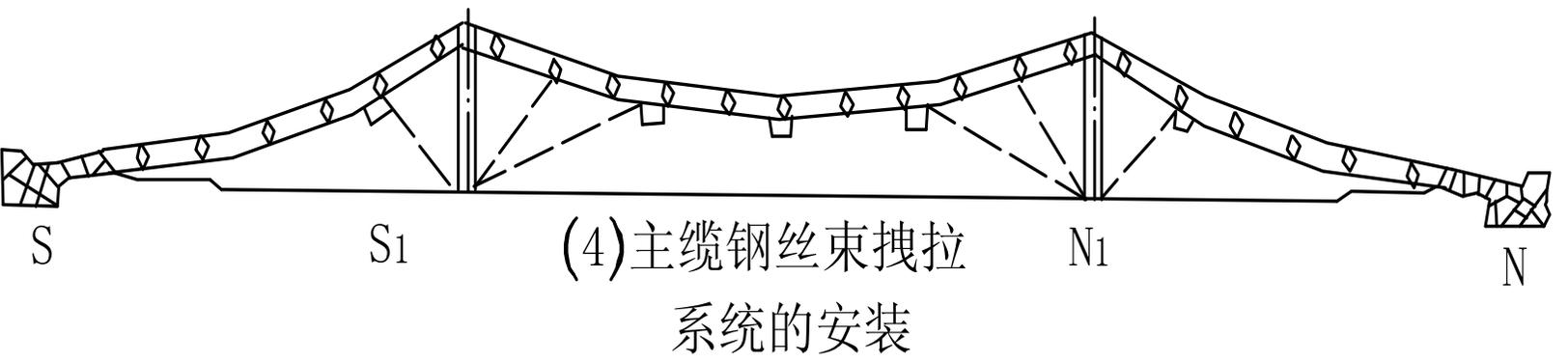
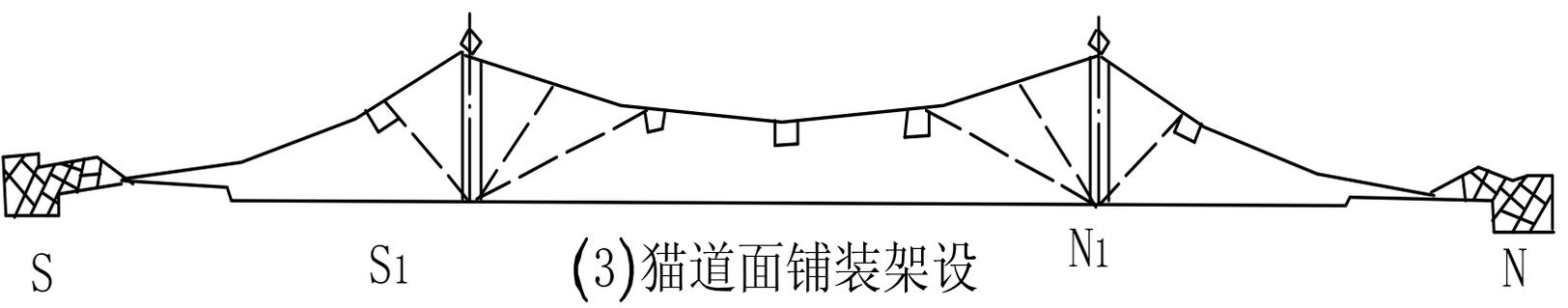
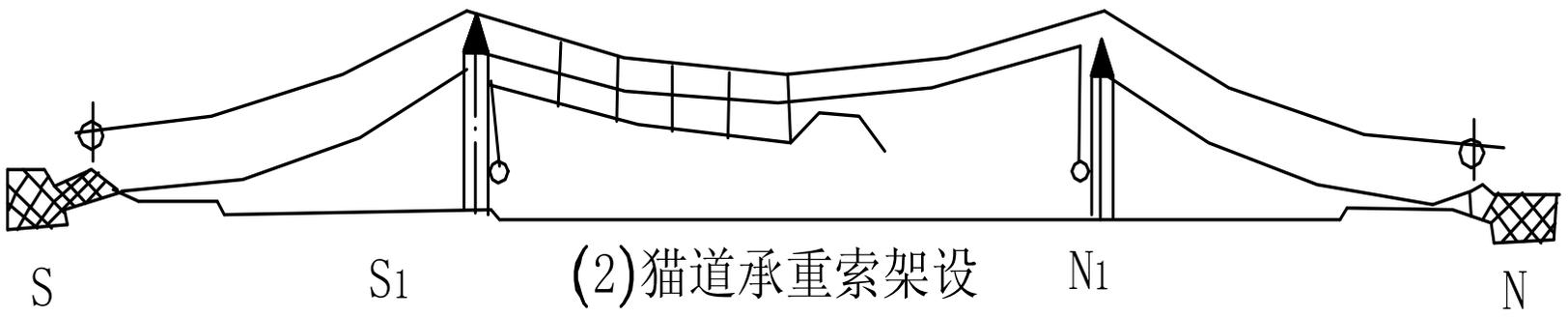
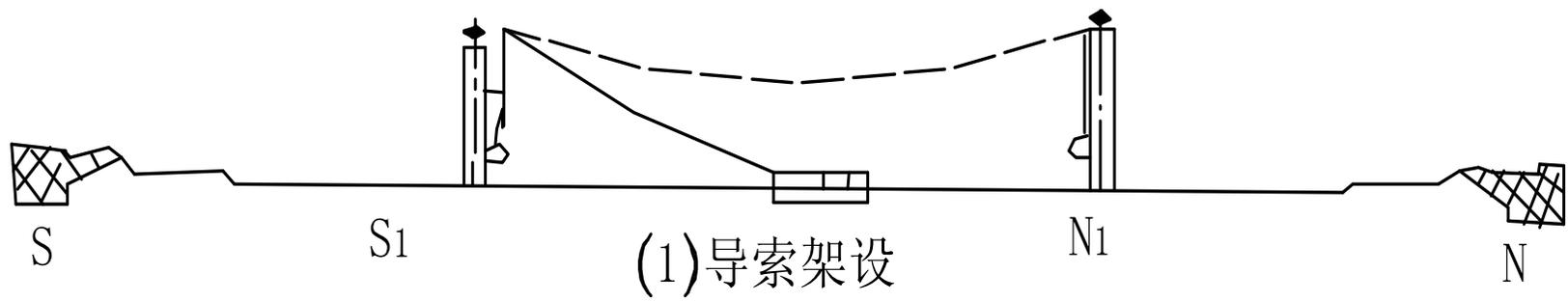
汕头海湾大桥拽拉系统

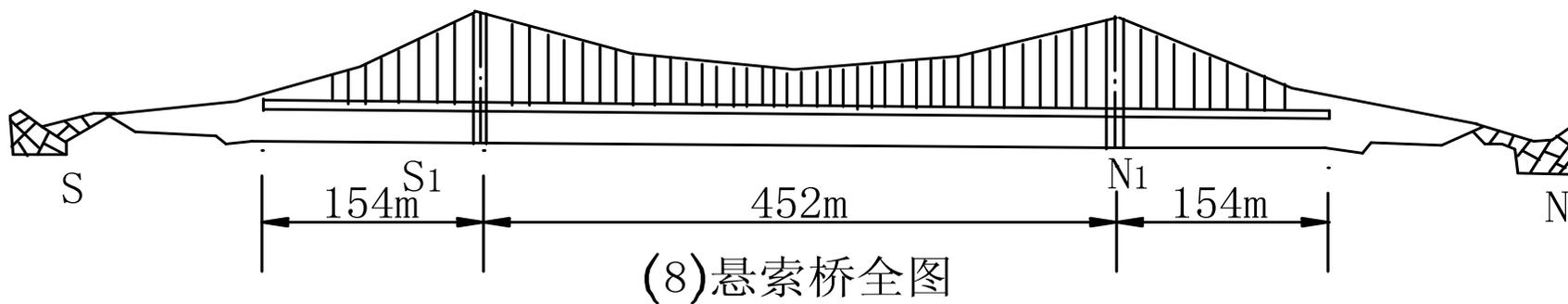
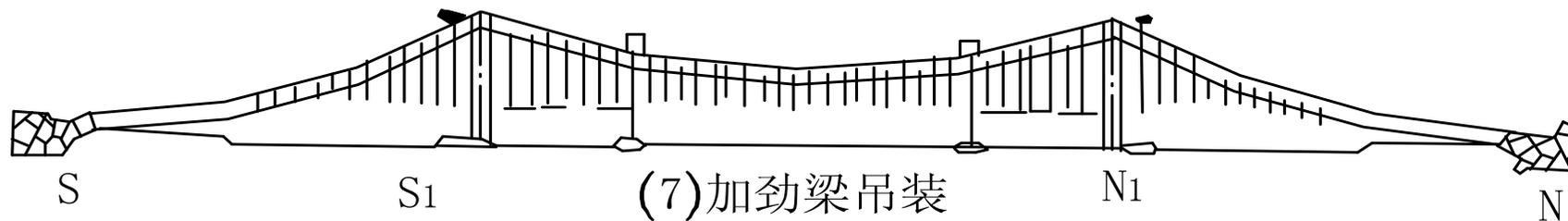
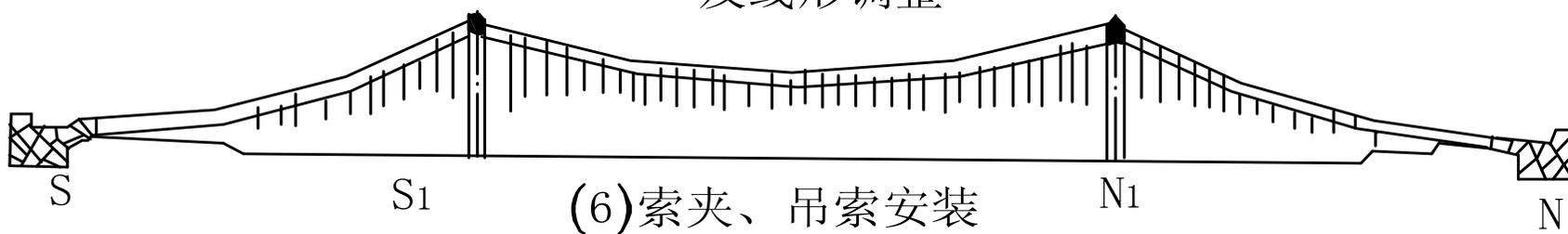
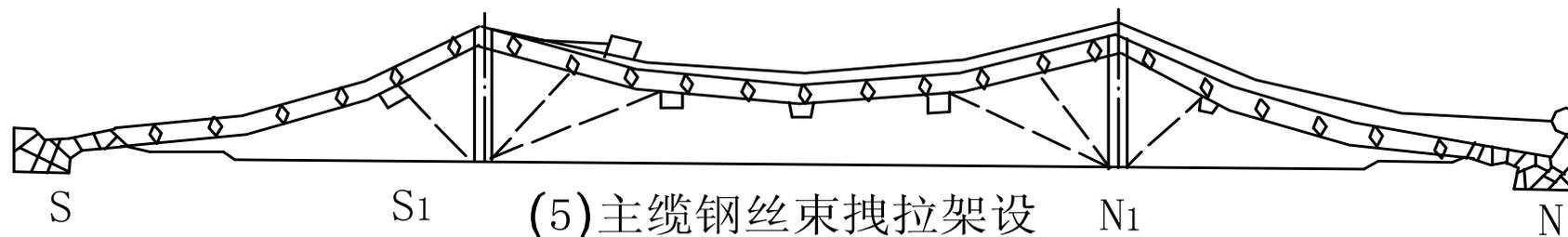


三、加劲梁架设

当加劲梁是桁架式时，以往常采用的方法类似于桁架梁桥的悬臂安装法，即利用能沿着桁架上弦行走的吊机作为架梁机具；所不同的是，将架设好的梁段立即与对应的吊索相连，把梁段自重传给主缆，这样，先架设的梁段并不承受后架设梁段的自重。

地锚式悬索桥施工步骤示意一

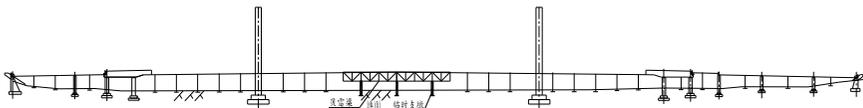




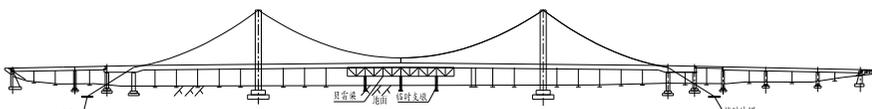
自锚式悬索桥施工步骤示意



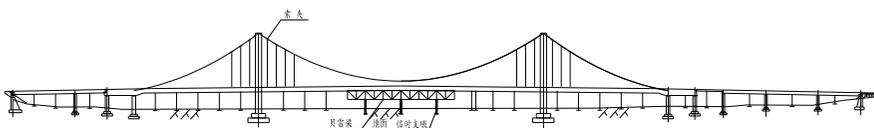
1. 做主桥主墩及边墩扩大基础（或桩基础），做引桥墩及两侧桥台扩大基础（或桥基础），浇筑下塔柱混凝土（到塔柱下横梁位置），浇筑引桥桥墩和桥台混凝土。



2. 搭设主桥临时支墩、贝雷梁、模板；搭设引桥主梁支架（采用满堂支架施工）、模板，现场焊接锚块锚固件，搭设塔柱下横梁及中塔柱模板，绑扎钢筋，浇筑主桥边墩、锚块、塔柱及其上横梁混凝土至索鞍处，张拉锚块和塔柱下横梁预应力筋。



3. 浇筑塔柱混凝土，设临时地锚，并安装塔顶和梁上鞍座，架设轨道，挂主缆，同时浇筑主、引桥混凝土。



4. 安装主缆防护罩、封闭索夹，按设计的索鞍预偏量一次性顶推两侧主缆端部锚头，待顶推到位后，再安装其它索夹、吊索，主桥引桥合龙，张拉横梁预应力筋，拆除临时地锚。



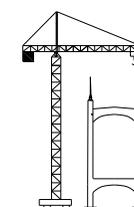
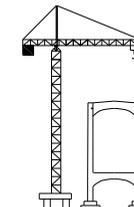
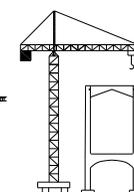
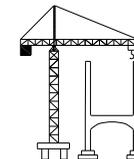
5. 张拉吊索，同时拆除支架、贝雷梁，临时支墩，浇筑索鞍以上桥塔混凝土，完成桥塔施工，安装预制槽形板和悬挑横梁。



6. 进行桥面铺装，安装栏杆、路灯等设施，完成桥塔索鞍以上部分及装饰工作，最后再重新调吊索力，主缆缠丝，做主缆防护。



University -
Engineering





§ 10.5 悬索桥桥例

- 一、江阴长江公路大桥
- 二、厦门海沧大桥
- 三、抚顺天湖（万新）大桥



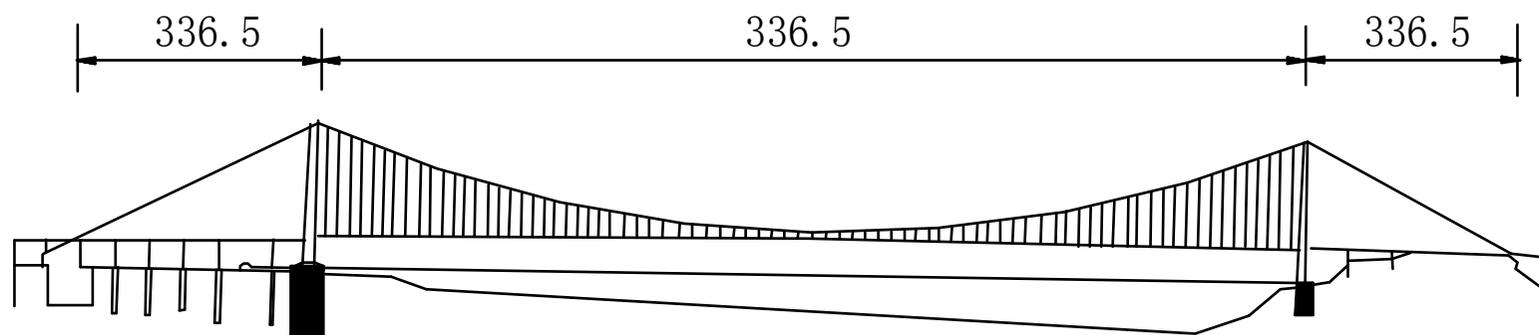
一、江阴长江公路大桥

桥位处江面宽约1.4km最大水深约60m。

桥上双向6车道，时速100km/h。通航净高50m。

主桥为一大跨径单孔简支钢箱悬索桥，两边跨直背索约 25.7° 角。主跨缆索垂跨比1/10.5，两缆中心距32.5m。

垂直吊索间距16m。近塔吊索距塔中心20.5m。



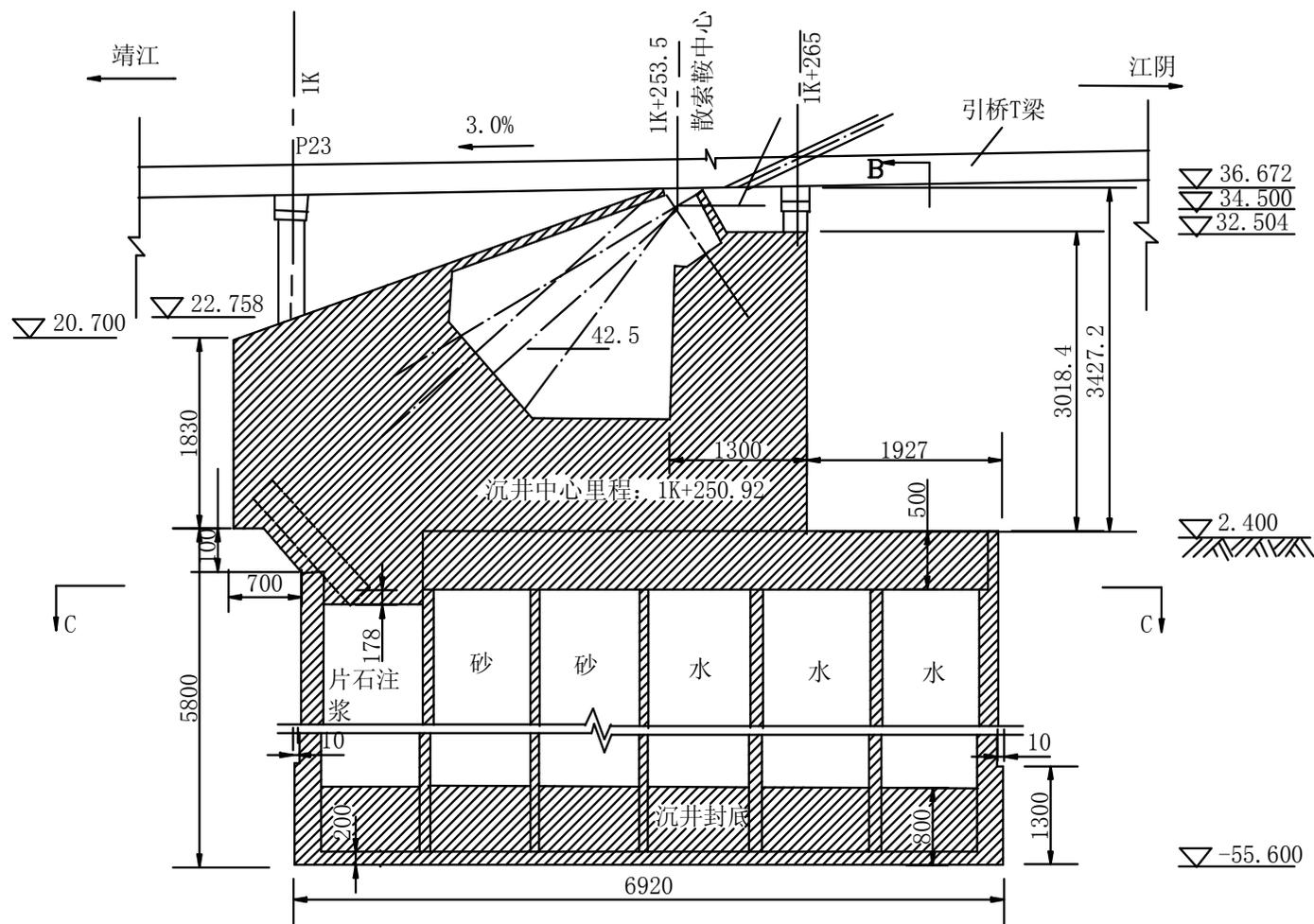
(a) 立面图 (单位: m)



南塔墩坐落在南岸西山脚下基岩上，避免了海轮撞击；北塔墩设于距北岸**85m**的江中滩地浅水区，最高设计水位时水深约**5.0m**，覆盖层厚**85m**左右。

南锚锭位于西山东测坡地上，基岩裸露；

北锚锭区基岩埋深**90m**，基础建在砂性土和粘性土层中，与江堤保持百米以上距离。



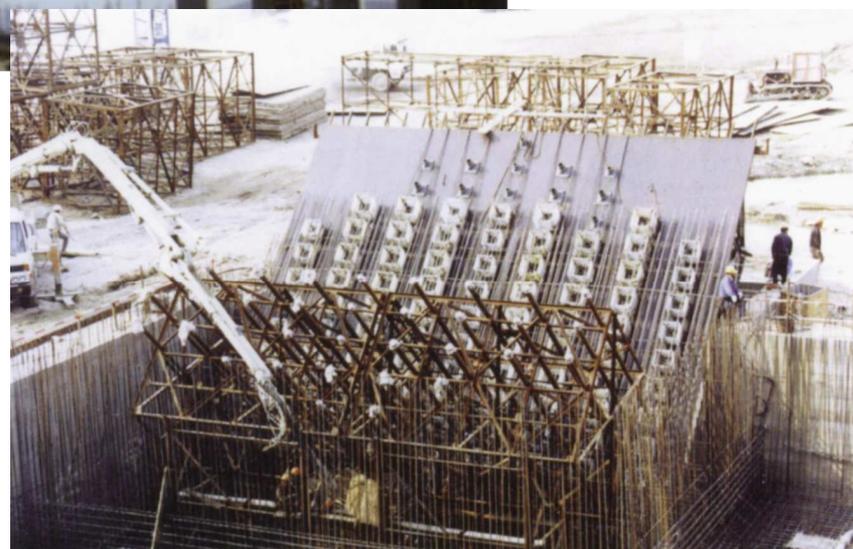
江阴长江大桥锚碇布置图



Fuzhou University -
College of Civil Engineering



江阴长江大桥
北锚定锚体施工



锚面整体钢模

福州大学《桥梁工程》—福建省精品课程
<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse/>



加劲梁采用扁平流线形钢箱梁断面。钢材为**16**锰钢。
梁高**3.0m**，顶板宽**29.5m**，底板宽**22.5m**，检修道宽度**1.5m**，全桥总宽度**36.9m**。
箱梁顶底板与斜腹板厚度**12mm**或**10mm**。
横隔板间距为**3.2m**；厚度为**8mm**，吊点处**10mm**。
桥面车行道铺设**5cm**沥青混凝土，检修道铺**3cm**沥青混凝土。
箱梁标准节段长度为**16m**，吊重**2050kN**。



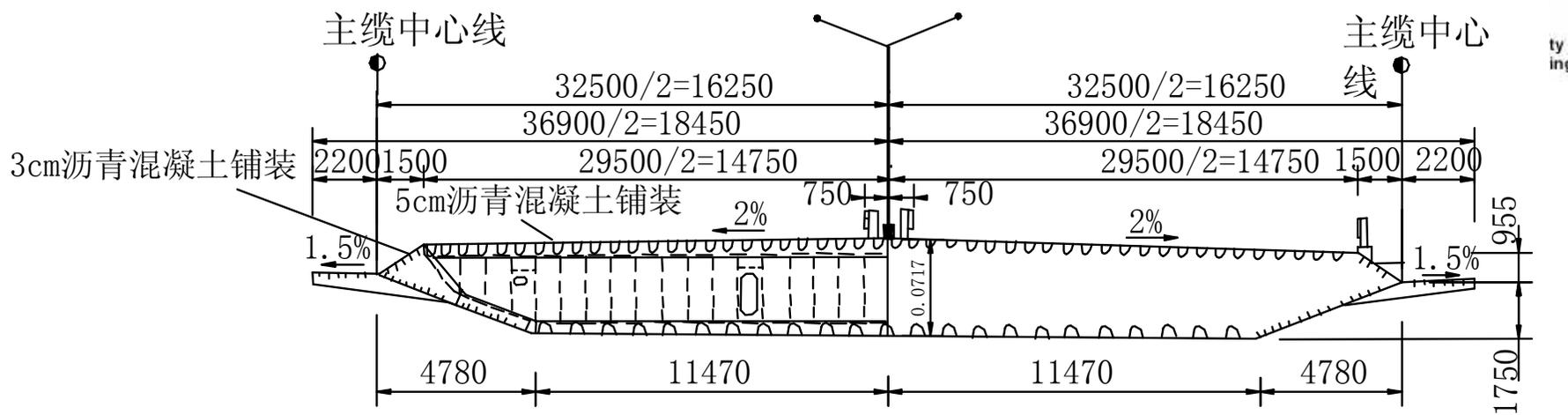
Fuzhou University -
College of Civil Engineering



江阴长江大桥主 塔滑模施工

福州大学

<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse/>



(b) 钢箱横截面构造图 (单位: mm)





Fuzhou University -
College of Civil Engineering



江阴长江大桥 主索鞍安装



架设完猫道后，两个索塔联为一体



福州大学《桥梁工程》—福建省精品课程
<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse/>

建成后的江阴长江大桥



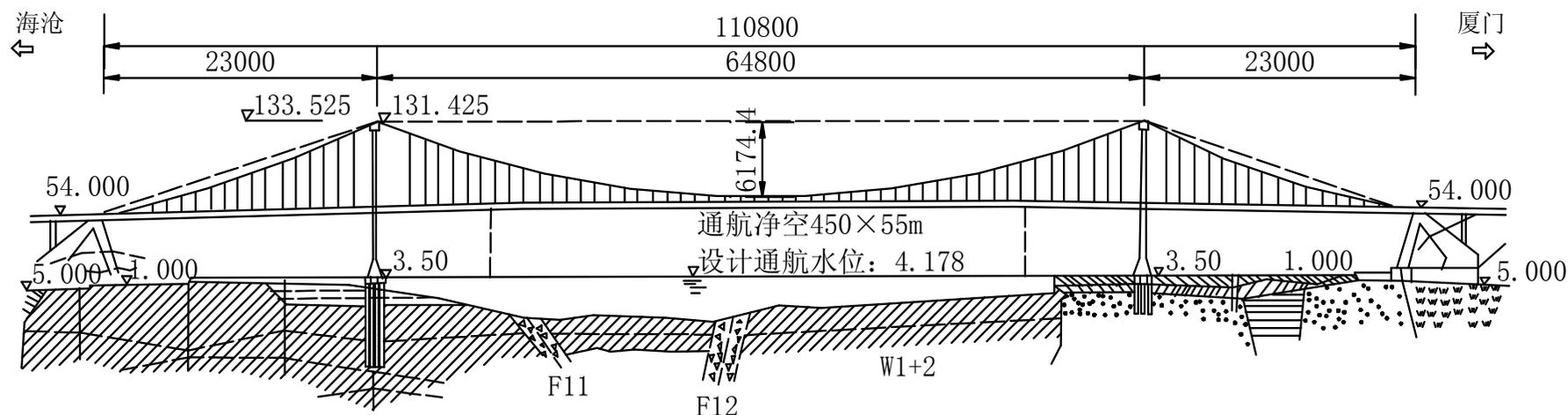
二、厦门海沧大桥

全长5.926km，东航道桥为（230m+648m+230m三跨连续悬索桥）。

大桥主缆有两根，间距34m，矢跨比1/10.5。每根主缆由110股索组成，每股由91根 $\phi 5.1\text{mm}$ 直径镀锌高强钢丝组成。

主缆施工采用预制平行索股法（PWS法）。

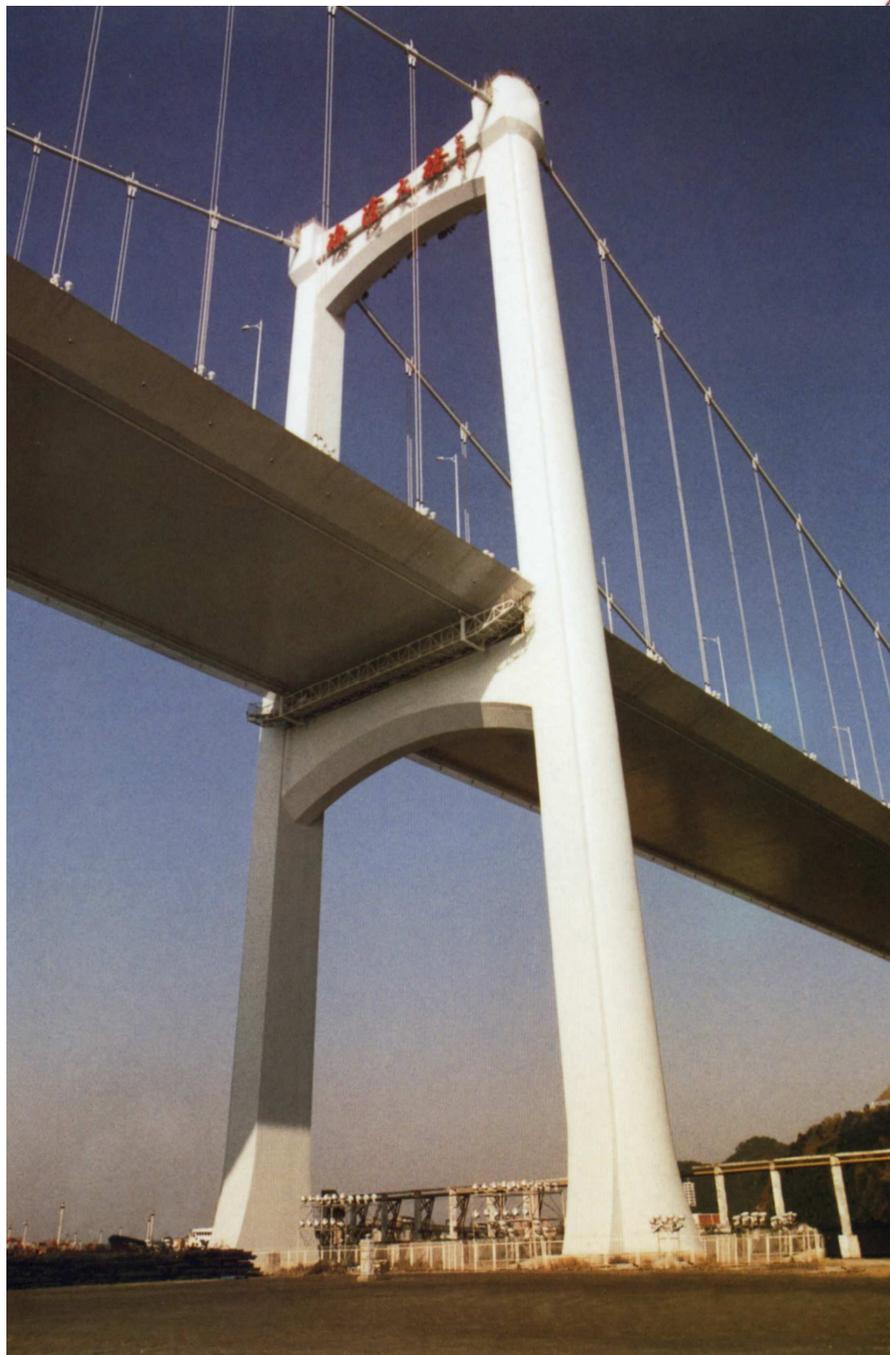
吊索标准间距为12m。





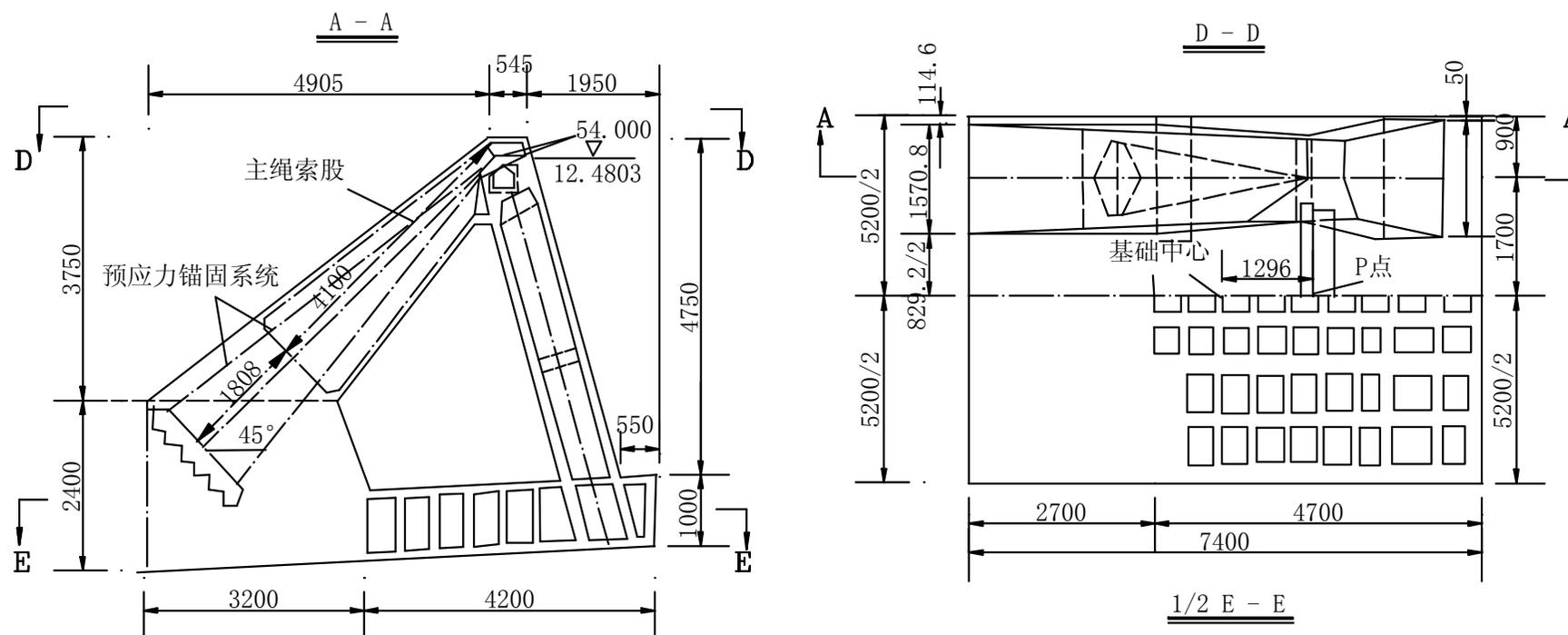
桥塔为钻孔灌注桩
基础，变截面空心
钢筋混凝土塔。

福州大学《桥梁工程》—福建省精品课程
<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse/>





重力式锚碇。锚体由锚块、基础、前锚室、散索鞍支墩、横梁五部分组成。锚体采用空腹三角形框架结构形式，并为对锚碇内部空间进行了利用。





Fuzhou University -
College of Civil Engineering

西锚体内部空间利用为 桥梁博物馆



厦门海沧大桥锚定台



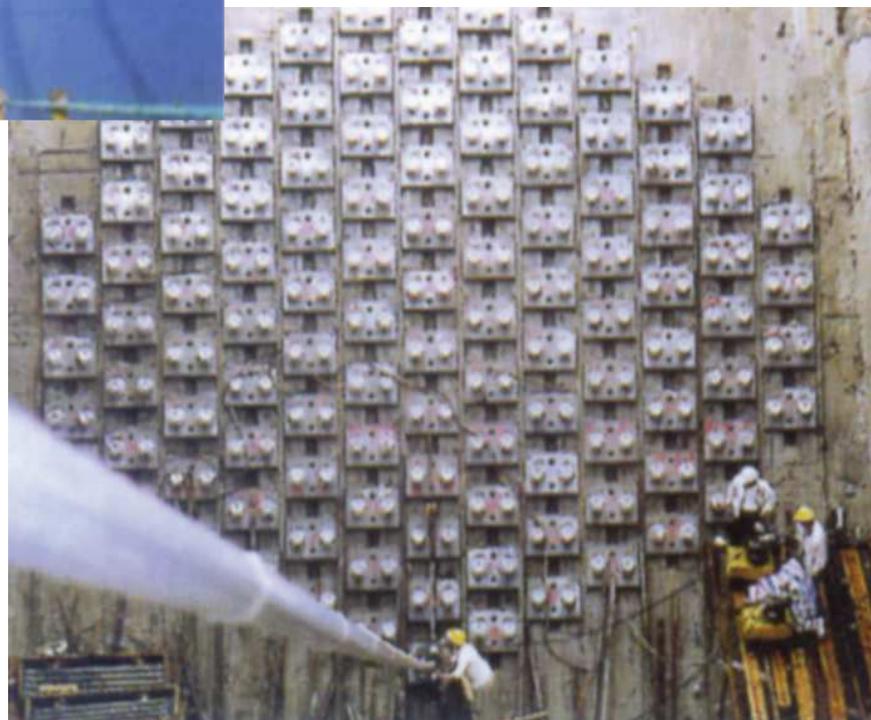
福州大学《桥梁工程》—福建省精品课程
<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse/>



Fuzhou University -
College of Civil Engineering



厦门海沧大桥 主缆架设



主索锚固

福州大学《桥梁工程》—福建省精品课程
<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse/>



sity -
ering

福州大学《桥梁工程》—福建省精品课程
<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse/>

厦门海沧大桥主桥施工

建成后的厦门海沧大桥



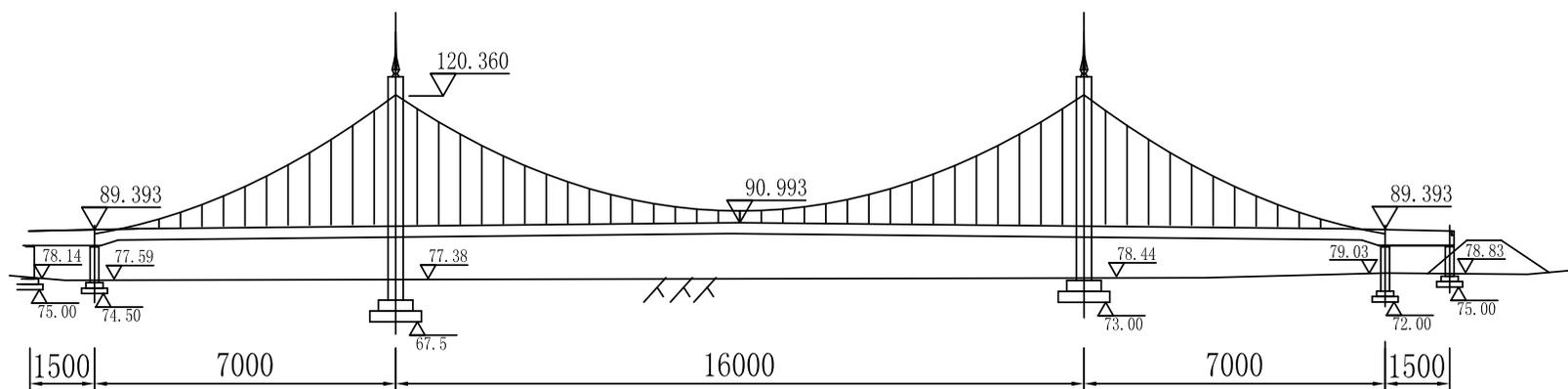


三、抚顺天湖大桥布置图

双向**6**车道，桥面总宽**41m**。

主跨为**160m**，边跨**70m**，锚固跨**15m**，全长

15m+70m+160m+70m+15m=330m。主梁为五跨连续箱梁，主缆中心距**26.5m**，吊索沿顺桥向间距**5m**。索塔为**H**型，塔柱采用实体矩形截面。河床为岩石地质条件，基础采用扩大基础。





抚顺天湖大桥主梁构造图

