

钢桥施工技术 (二)

邱式中

(续接上期)

上, 先安装内侧抗风索。

b. 连接抗风索与猫道走道的吊索, 并将其慢慢松至猫道下。

c. 借助约 200m 长短索将抗风索与 15t 卷扬机绳连接, 同时安装各种过后引短索及索具。

d. 拉紧抗风索, 让它在主跨浮起并超过扶手索。

e. 南北同时下放抗风索, 让相关吊索逐个受力。

f. 在南北塔基处将抗风索与锚固点连接。

②边跨抗风系统安装

其方法略同于主跨安装

③天吊横梁及吊杆的安装

单侧猫道主跨共有 23 根天吊横梁, 南北边跨各有 5 根。

天吊索横梁及吊杆的安装必须严格按照一定的顺序进行, 天吊横梁由天吊小车将梁拖到位, 然后操作人员按要求将梁固定, 并将吊索与猫道框架相连, 见图 36。所有吊索均与猫道走道连接后, 进行抗风系统的收紧工作, 其顺序为先主跨的后边跨, 待过到设计要尺寸, 则猫道架设完毕。

4. 主缆索股拽拉系统

1) 主缆索股拽拉系统目前有两种方式, 即门架拽拉牵引方式和轨道小车牵引方式。所谓轨道小车牵引方式即牵引索运行于索股滚筒上, 小车运行于铺在索股滚筒两侧的木质轨道上, 小车为

牵引索固结, 通过主(副)牵引卷扬机收(放)绳, 使牵引索带着小车在木质轨道上人选往返运动。索股前端猫头置于小车上, 并被其拖行后部索股在索股滚筒上运行。该方法可运用于 P.W.S. 预制平行索股方法, 像丹麦 Little.Belt 桥和挪威的 ASK? Y 桥。而门架式拽拉器牵引方式, 要求在猫道上设置若干个猫道门架, 在锚碇门架上安装锚碇门架导轮组, 牵引索道通过这些导轮组、牵引索上固有拽拉器, 见图 37。通过主(副)牵引卷扬机收(放)绳, 使牵引索带动拽拉器穿过导轮组作往返运动, 索股前端与拽拉器穿过导轮相联, 使得索股前段约 30m 长悬在空中运行, 南索股后段则支承在索股滚筒上运行。此方法可用于 A.S 方法, 像青马大桥便为空中纺线法(即 A.S), 也可用于预制平行丝法, 即 P.W.S 法。像虎门大桥、海湾大桥、江阴大桥便为此法。

2) 我国汕头海湾大桥, 拽拉架设系统。索道由 $2\Phi 38\text{mm}$ 的支承索(即轨道索)和一根 $\Phi 33\text{mm}$ 的闭合无端头的循环牵引索组成。索道中心距主缆中心外侧 0.9m, 距锚道面 1m, 两支承索中心间

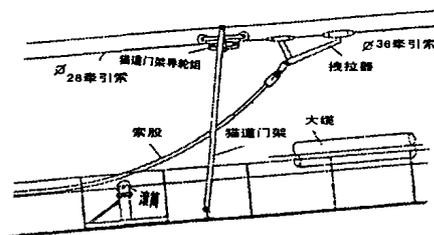


图 37 门架拽拉器

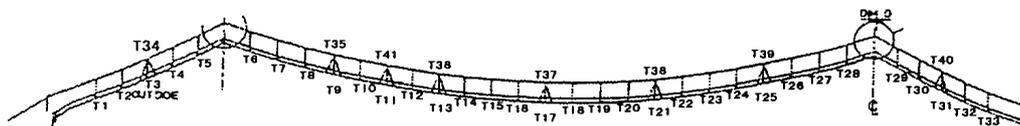


图 36 天吊横梁及吊杆图

邱式中: 上海市基础工程公司 教授级高工

距为 0.45m，拽拉索道见图 38 和图 39。支承索在塔顶上以鞍座旁支承槽道梁支承，在猫道上以间距为 8m 猫道支架同猫道横梁相连，上同支承索夹相连，每个猫道支架上均配有尼龙滚轮。拽拉驱动器采用 150KN 卷扬机。

3) 江阴大桥主缆牵引系统主要由 4 台 7.5t 卷扬机组成，每侧猫道各有 2 台。在 7.5t 卷扬机到位后，将 7000m 钢丝一头与原猫道岸跨循环卷扬机系统相连。牵引至北塔顶后，再与原猫道主跨循环卷扬机系统相连牵引过主跨，到达南塔顶后。由南岸跨循环卷扬机牵引至南锚，经过南猫处 30t 转向轮反向牵引至北锚，进 7.5 卷扬机滚筒，形成闭合牵引回路。通常牵引时，一台放一台收。为了尽量减小牵引时的滑动摩擦力，保护索股，在猫道上每隔 15m，布置一对滚轮，两滚轮间距为 18m，滚轮支承于猫道上三角架上，牵引时，索股就在一排滚轮上滚动。

在塔顶主鞍和锚碇首支索鞍处均有钢门架，在天吊索下方，增设两根 $\Phi 32\text{mm}$ 的轨道索，位于滚轮正上方，以支承牵引中的索头。索头置于一特殊小车中，小车用一滑轮与轨道连接。

5. 主缆索股架设

主缆是悬索桥的主要受力构件，其组成见表 4，该表例出我国几座悬索桥主缆组成。

例如江阴长江大桥主缆由 $\Phi 5.35\text{mm}$ 的高强钢丝组成，抗拉强度为 $1600\text{N}/\text{mm}^2$ 。每根索股由 127



4 主缆钢丝绳索小循环拽拉系统

图 38 海湾桥

根钢丝组成，截面为正三角形，长约 2180m，重约 50t。主索共有索股 169 根，在边跨为平衡索力及防滑移而增加了 8 根背索，紧缆后主索直径为 866mm，边索直径为 886mm，设计荷载为 640MN，全桥检耗高强钢丝 1.7 万吨。

主缆索股架设施工流程如下：放索→牵引→张拉→整形入鞍→调索几部分。

1) 放索

江阴大桥放索布置在北锚后锚块上，索股在浦江厂预制好后，装索盘运至现场。由有轨龙门吊卸索盘，60t 平板汽车水平运输，再由一台 60t 桥面吊机将索盘吊至放索架上，放索架通过控制液压系统制动力大小，来控制索盘转动速度。

2) 索股牵引 60t 吊机将索头抽出，与 3t 卷扬机相连。由 3t 卷扬机牵引过锚跨，到散索鞍平台后与 7.5t 卷扬机相连，带动索股前进（一台放、一台牵引），到北塔顶时先解除与轨道索连接，将索股至于主鞍侧滑轨上，待头穿过塔顶到主跨，再重新与轨道索连接，继续牵引，这样索股由北锚、经北塔、跨中、南塔至南锚，完成一个牵引过程。在牵引过程中，一是应控制牵引速度，防止锚头小车脱轨；二是要有专人跟踪检查，防止索股扭转、磨损、钢丝鼓出现象发生。江阴大桥布置了 11 处监护点，每处 2 个人，发现问题立即用对讲机联络，即时排除故障。

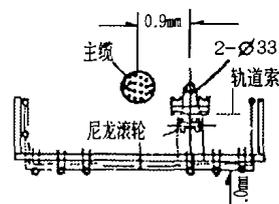


图 39 海湾桥轨道索

表 4 几座悬索桥主缆组成

名称	海湾	虎门	青马	江阴
高强钢丝	$\Phi 5.2\text{mm}$ 镀锌	$\Phi 5.2\text{mm}$ 镀锌	$\Phi 5.2\text{mm}$ 镀锌	$\Phi 5.2\text{mm}$ 镀锌
P.W.S 法、A.S 法	P.W.S	P.W.S	P.W.S	P.W.S
每索股根数	91 根	91 根	91 根	91 根
大索索股数	110 索股	110 索股	110 索股	110 索股

3) 张拉

牵引完毕, 索股均匀分布于各跨的滚轮上此时需检查并纠正所有索股扭转, 以保证主缆处于平行状态。然后将其由滚轮上提升至鞍座相应的鞍槽中。江阴大桥采用的是千斤顶张拉法, 就是利用塔顶和锚碇的 60t 缆式千斤顶, 逐步张拉各跨, 使索股悬浮于锚道上, 然后入槽。而海湾大桥则在塔顶站架上用两台链滑车收紧并吊起索股, 再横移到鞍槽内, 见图 40。

4) 整形

主缆整形有两种含义, 一是为鞍座处的整形, 另一为通长索股的整形。前者是为了使索股置于鞍槽中, 后者则是为了使整索股保持六角形状。鞍槽座一般设计为矩形, 而主缆索股出于制造和运输方便, 其断面由高强钢丝组成三角形, 图 41 为海湾桥索股断面情况, 要想使索股紧密地置于鞍槽中, 则必须将其六角形变为四方形。具体操作为用专用夹具把六角形索股变为四方形, 逐段将索股放入鞍槽中, 并用铁块填实, 以保持表面平整、无窜丝。

5) 调索

横移就位入鞍槽内的索股, 处于自由悬挂状态, 其平面位置已满足设计要求, 但其线型尚不能满足设计要求, 需要在温度稳定的夜间以重度法进行调整。要求温度不得超过 5°C (江阴大桥), 调整顺序为先主跨后边跨; 但实际施工中, 各跨调整均由单侧完成。

其中 1# 索是基准索, 调索精度误差在 $\pm 15\text{mm}$

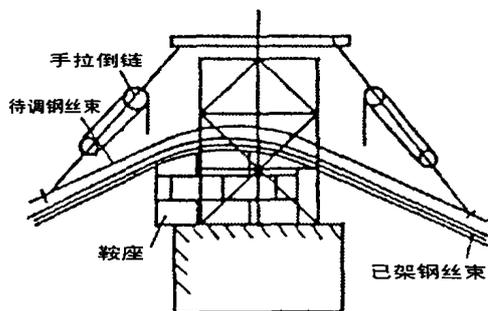


图 40

之内。调整必须在晴朗、无风、气温稳定夜晚进行, 温差不得大于 2°C 。

1# 索以外索股均采用相对矢量进行调整。即在 1# 索调整完毕之后, 用一“槽型”尺测量索股与 1# 索的相对高度。最后将其相对位置调到设计位置, 精度为 $\pm 10\text{mm}$ 。

在调整完索股成型之后, 实际索股张力仍存在差异, 还需对索股进行张拉, 将索力调整到设计值。最后用震动法和千斤顶测力法进行张力测试。

6) 索股绑扎

用“V”形托架, 同时用钢丝绳将索股绑扎之后, 连接于猫道的道面构架上。

主缆绑扎不仅在架设主缆时用, 而且在桥面安装开始前, 需将整个猫道体系、自由支承体系改造为依附于主缆体系。

6、紧缆成型

紧缆是为了达到设计要求的断面形状及索夹安装要求。江阴桥采用 4 台紧缆机, 其中 2 台紧边跨, 两台紧主跨。

紧缆前, 先初步在猫道扶手索上标出索夹在主缆上的相对位置, 并将索股上的包带割除干净, 然后主跨由南塔向北塔方向, 边跨由锚碇向塔顶方向开始紧缆。

主缆空隙率要求为索夹内不大于 18%, 索夹外不大于 20%, 与此相应, 主缆的直径要求中跨索夹内不大于 866mm, 索夹外不大于 876mm, 边跨索夹内不大于 886mm, 索夹外不大于 897mm。在紧缆过程中, 索夹位置 2m 范围内每 40cm 紧一道, 其余每

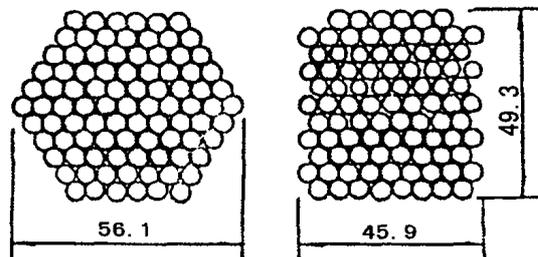


图 41

80cm 紧一道，并用包带机将主缆用扁钢带捆扎。江阴大桥紧缆后实际平均空隙率达到 16.6%，已达国际先进水平。

7、索夹安装

索夹安装前，需对索夹位置进行精确的测量，将主缆施工及其他原因引起的跨度及长度方面的误差进行修正。

江阴大桥共 258 只索夹，分为九种不同规格，索夹通过天吊小车运到所需位置，上下索夹由螺栓连接。用气动扭力扳手紧固，设计螺栓轴力为 900KN。操作时按顺序施拧。由于桥面结构安装会引起主缆径向变形，使螺栓应力损失，故当螺栓紧固力小于设计 70% 时，要对螺栓施行复拧。在整个桥面结构安装过程中，每个索夹至少要拧 3-4 次，直到桥面二期恒载基本完成。

8、吊索安装

江阴大桥主跨设有吊索，共 340 根，分别悬挂在安装在 170 只索夹上，吊索由工厂加工后运到现场，然后装在专用放索船上，卷扬机直接从安装位置的索夹旁放下，将吊索安装到位。

9、钢箱紧安装

江阴大桥钢箱紧分为 44 个节段，其中主跨中心节段长 34m，北南靠桥塔第一个节段长 25m，在近北桥塔处第 4 个节段为 16m，其余标准段为 32m，共 38m 节段。

1) 跨缆吊机安装

江阴大桥跨缆吊机二组共四台，由承重桁架、提升及控制系统、行直系统组成。其中提升系统采用钢绞线液压千斤顶连续提升，并由电脑控制；行走系统也采用液压千斤顶实施的。

2) 标准箱梁安装

标准段共有 38 个节段，安装前，由厂方装载于运输船上，直接停在安装位置下方，由跨缆吊机直接吊至所要求高度，由销轴相连接。

各箱梁向采用螺栓临时连接，当桥面安装约

70% 时，采取措施进行节段间的焊接。

①特殊段安装

特殊段在标准段安装后进行，由吊索的临时过渡，跨缆吊机移们和千斤顶拖拉相结合方法未完成。

②合拢段安装

安装前分别将南北特殊段各岸跨拖拉 80cm，然后将合拢段就位与特殊段相连接，待焊接结束后对整个桥面进行复测，使其与标准段连成一个整体。

10、桥面铺装

11、缠丝

缠丝在桥面吊装基本完成后进行。

江阴大桥用四台缠丝机，将带有钢丝成圈的轻盘围绕主缆转动而将钢丝缠绕到主缆上。

钢丝为 Φ 4mm 镀锌中炭钢丝，操作时要控制缠丝的转速与行走速度相匹配，防止叠丝现象。整个缠丝过和中，需控制腻子清洗干净，保持干燥，然后分批分次地将主缆五层油漆涂装完毕，要确保防护质量。

(全文完)

参考文献

- 1、钢桥，同济大学。
- 2、大跨度桥梁发展概况略，李国豪，中国土木字盘，第一次城市桥梁字术会议。
- 3、武汉长江大桥 茅以升
- 4、斜拉桥，林立培编著，人民交通出版社。
- 5、公路桥涵施工技术规范，JTJQ41-89。
- 6、一级注册结构工程师专业考试复习教程桥梁 P15，中国建筑工业出版社。
- 7、杨浦大桥主桥安装施工技术，林辉旭、蔡忠明，1994 年斜拉桥国际学术讨论会。
- 8、南浦大桥主桥施工中几个问题的处理，李义，1994 年斜拉桥国际学术讨论会。
- 9、斜拉桥施工中心临时固结技术，邱式中，1994 年斜拉桥国际学术讨论会。