

1952.11.查

火力发电建設中 鋼結構和鋼筋混凝土結構的代用

水利电力部电力建設总局編

水利电力出版社

內 容 提 要

本书主要内容系介绍在火力发电建设中鋼結構和鋼筋混凝土結構的代用。共包括：火力发电厂主厂房装配式鋼筋混凝土屋架、火力发电厂装配式鋼筋混凝土上煤栈桥、装配式鋼筋混凝土供热管道支架、高压送电线路装配式鋼筋混凝土电杆、装配式鋼筋混凝土变电架构和碑石結構在火力发电厂工程建設中的应用等六方面。

本书供火力发电建設基建設計、施工工程技术人员閱讀；也可供电力建設科学技术研究工作者参考。

火 力 发 电 建 設 中 鋼結構和鋼筋混凝土結構的代用

水利电力部电力建設总局編

·

2763 Z 163

水利电力出版社出版（北京西郊科学路三里沟）

北京市书刊出版业营业許可証出字第165号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

·

450×1148毫米*1/32印張*41千字

1960年4月北京第1版

1960年4月北京第1次印刷(0001—4,320册)

統一书号：15143·1947 定价(第10类)0.16元

3
在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，我国电力工业正以空前未有的高速度向前发展着。大跃进的1958年一年，新增的发电容量为第一个五年計劃期間增加容量的72%；繼續跃进的1959年，新增的发电容量为1958年增长容量的156%。

为了多快好省地发展我国电力工业，广大的电力部門的职工，在党的领导下，广泛地开展了技术革新和技术革命运动，并且取得了巨大的成就。在節約投資和鋼材方面成績更为显著，例如，1959年火力发电厂每瓩装机容量的造价已經比第一个五年的平均造价大約降低了50%；1,104伏輸电綫路的耗鋼量，已从每公里綫路7~8吨降低到1吨多。

采用新的設計原則，尽量節約鋼材、木材、水泥的用量，对于高速度发展我国电力工业具有重大意义。在我国过去的电力建設中，厂房屋架、上煤棧桥、供热管道支架、变电架构、送电綫路的杆塔等等都使用鋼結構，现在則改变为鋼筋混凝土或預应力混凝土。这些措施对于節約鋼材和降低造价起了很大的作用，并且是我国电力建設技术水平提高的一个重要标志。

为了实现1960年的更好的跃进和整个六十年代的連續跃进，我們应当本着党中央反右傾、鼓干劲、厉行增产節約的号召，把技术革新和技术革命推向一个新的高潮。凡經過工程实践和試驗所获得的成功經驗，应当积极地普遍推广和不断提高。同时，还要結合我国实际情况，吸取国外成熟的新技术。

用鋼筋混凝土結構代替鋼結構，用預应力混凝土代替鋼筋混凝土或鋼結構，这是当前世界各国技术发展的一个趋势。我国也在朝这个方向发展。几年来，火力发电建設各部門已积累了一些經驗；为了交流經驗，以便共同提高，我們特汇编了这本小册

子，將火力发电建設中鋼結構及鋼筋混凝土結構的代用情况作一概略的介紹，借以巩固已有的成果，力爭繼續提高。

本書系搜集有关方面的資料經驗加以汇集整理的，可能有不妥當的地方，希望讀者給予指正。本書初稿系由北京電力設計院編寫，經水利電力部電力建設科學技術研究所審核整理，特此說明。

編者 1960年2月

目 录

第一章 火力发电厂主厂房装配式钢筋混凝土屋架	4
第1节 概述	4
第2节 15~18米装配式钢筋混凝土下撑式屋架	7
第3节 25及27米装配式预应力钢绞线混凝土梯形屋架	8
第4节 30米装配式预应力钢绞线混凝土下撑式屋架	11
第5节 27及33米装配式预应力钢绞线混凝土拱形屋架	12
第6节 装配式钢筋混凝土及装配整体式预应力钢筋混凝土 芯棒配筋大型屋面板	13
第二章 火力发电厂装配式钢筋混凝土上煤栈桥	15
第1节 概述	15
第2节 12~20米装配式钢筋混凝土骨架梁上煤栈桥	16
第3节 20米装配式预应力钢绞线混凝土桁架上煤栈桥	18
第三章 装配式钢筋混凝土供热管道支架	19
第1节 概述	19
第2节 装配式钢筋混凝土供热管道支架	23
第3节 与化工管道合建的装配式钢筋混凝土供热管道支架	28
第4节 与煤气管道合建的装配式钢筋混凝土供热管道支架	29
第5节 其他	31
第四章 高压送电线路装配式钢筋混凝土电杆	32
第1节 概述	32
第2节 110千伏送电线路Ⅱ形装配式钢筋混凝土直线杆	37
第3节 110千伏送电线路单柱形装配式钢筋混凝土直线杆	40
第4节 110千伏送电线路装配式钢筋混凝土耐张杆及转角杆	41
第五章 装配式钢筋混凝土变电架构	43
第1节 概述	43
第2节 35~110千伏装配式钢筋混凝土“161型”变电架构	47
第3节 35~110千伏装配式钢筋混凝土“AII型”变电架构	50
第4节 35~110千伏装配-整体式预应力钢筋混凝土变电架构	51
第5节 154~220千伏装配式预应力钢绞线混凝土变电架构	54
第六章 砖石结构在火力发电厂工程建设中的应用	54
第1节 概述	54
第2节 6,000瓩机组火力发电厂主厂房用砖石承重结构	55
第3节 砖砌80米高火力发电厂烟囱	56
第4节 砖砌电缆沟	57
第5节 砖砌供热管道支架	57

第一章 火力发电厂主厂房装配式 钢筋混凝土屋架

第1节 概 述

在第一个五年计划期间内，在火力发电建设中使用了装配式钢筋混凝土主房屋架代替钢屋架，节约了许多钢材，成为建设火力发电厂的一项有效的技术措施。

装配式钢筋混凝土屋架的一般跨度为15~18米，最大跨度到21~24米；对于普通的钢筋混凝土屋架来说，若跨度过大则难免产生显著裂纹。在大容量、大机组的电站厂房中，屋架一般跨度为25~27米，较大的为30~33米或更大些，采用预应力钢筋混凝土屋架，就能在保证质量的基础上有效的代用钢屋架。

在火力发电厂建设中采用预应力钢筋混凝土屋架的研究工作是从1956年开始的，1957年完成两种类型30米跨度拱形及下撑式预应力钢绞线钢筋混凝土屋架的试制与试验(如图1-1、1-2、1-3)。

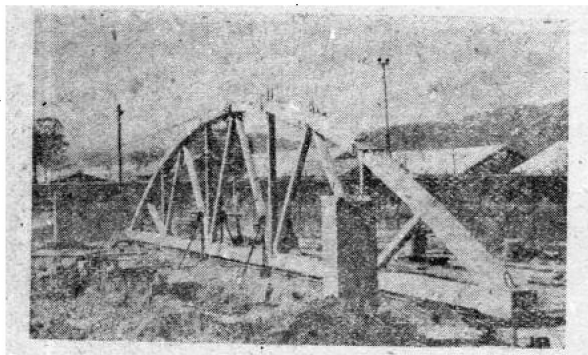


图 1-1 预应力钢绞线混凝土30米拱形屋架

30米拱形屋架的间距设计为10米，采用松炉渣作保温层的重型屋面，有天窗，有悬挂吊重，屋面设计荷重包括自重及吊重为163吨，屋架安装重量为15吨，屋架弦杆最大设计应力为176.4~192.2

吨。这种屋架的主要优点是制作简单，受力性能良好。对这榀屋架荷重试验的结果，屋架实际抗裂性安全系数为 $K_r = 1.40$ ，大于设计要求的1.20，强度安全系数为 $K = 2.25$ （上弦破坏），大于设计要求的2.0。

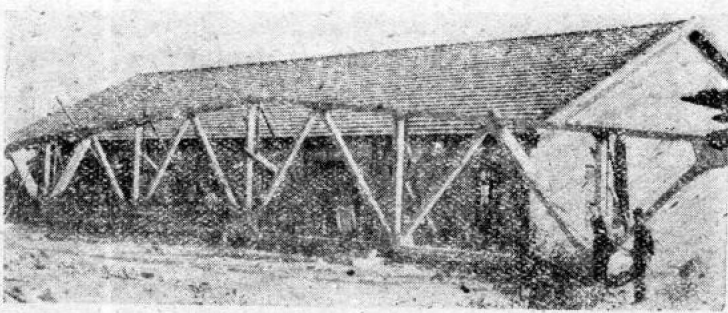


图 1-2 预应力钢筋混凝土30米下撑式屋架

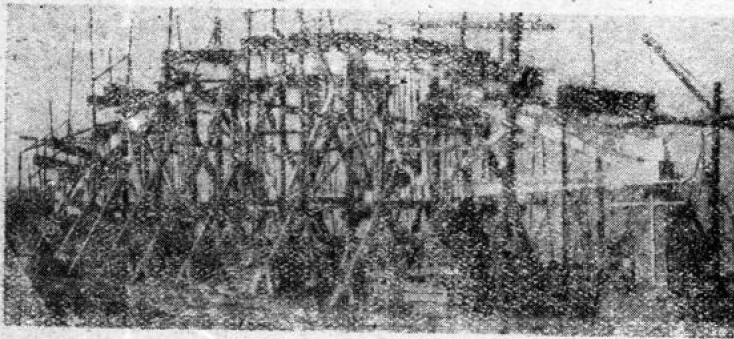


图 1-3 预应力钢筋混凝土30米拱形屋架荷重试验

30米下撑式屋架设计为8米间距，泡沫混凝土保温层，设计荷重110吨，弦杆最大应力为116~119.5吨。这种屋架的主要优点是：屋架自重重心低于支点，结构稳定，吊装运输方便；有时在缺乏大型起吊设备的工程中，采用简易吊装工具，屋架在山墙端吊上屋顶后，沿屋面墙梁推运就位。图1-4为30米下撑式屋架作水平运输试验，对这榀屋架荷重试验的结果，屋架预应力下弦杆实际抗裂性安全系数为 $K_r = 1.30$ 及 1.50，接近并大于计算值1.19及1.30；屋架预应力斜杆实际抗裂性安全系数为1.80及

1.90, 接近并大于計算值1.69及1.75; 屋架实际强度安全系数为2.32(上弦破坏), 大于設計要求的2.0, 均滿足設計要求。

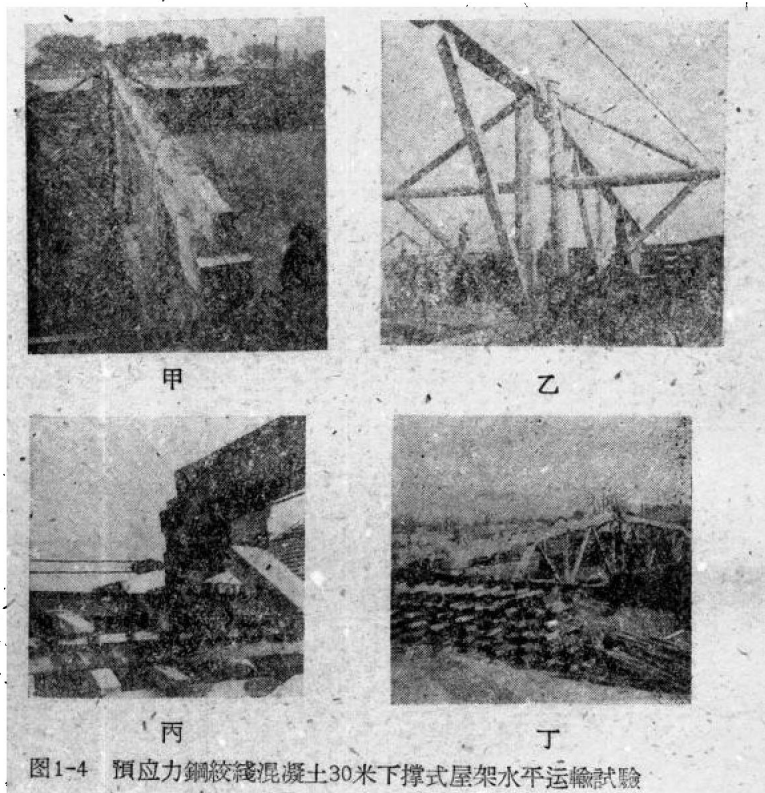


图1-4 預应力鋼絞綫混凝土30米下撐式屋架水平运输試驗

1958年采用装配式預应力鋼絞綫混凝土屋架的六个工程屋架, 投入运行后情况尚属正常。在施工过程中, 曾先后作了三个25米及27米跨度梯形屋架破坏試驗和六个25~33米拱形、梯形、下撐式屋架成品质量檢驗, 屋架的抗裂性一般滿足設計要求, 仅少数屋架的个别預应力杆件抗裂性稍差, 屋架的强度安全系数均在2.10及以上, 大于設計要求的2.0, 充分地說明了可以代用大跨度鋼屋架。

采用装配式預应力鋼絞綫混凝土屋架代替大跨度鋼屋架, 能節約更多的鋼材和投資。例如按某火力发电厂第一期工程統計和

比較，即節約鋼材 335 吨(占全部鋼材76%)，節約投資14万 7 千元：若按1958年的六個工程總數計算，則僅屋架部分即節約鋼材約 1 千吨左右，特別是大跨度鋼屋架均使用大型型鋼，採用預應力鋼筋混凝土屋架就有利於解決大型型鋼供應的緊張狀況，保證火力發電廠建設任務的勝利完成。可見採用預應力鋼筋混凝土屋架代替大跨度鋼屋架，更是火力發電廠建設的重要技術方向。

第 2 節 15~18米裝配式鋼筋混凝土下撐式屋架

15~18米裝配式鋼筋混凝土下撐式屋架，主要適用於中等容量的火力發電廠廠房中，在第一個五年計劃期間內，已開始了使用。

這種屋架一般採用*200混凝土和普通 3 號鋼作受力鋼筋，材料供應容易解決；屋架的腹杆與弦杆寬度相同，一般為200或250毫米，施工方便；採用多腹杆系統，上弦杆斷面不大，重量較輕；和鋼屋架比較，不僅節約屋架本體的大量鋼材和投資，而且可以大大簡化支撐系統(對下弦節點無懸掛吊重而言)，簡化運行中的維護工作，使屋面系統清晰美觀(圖 1-5)。

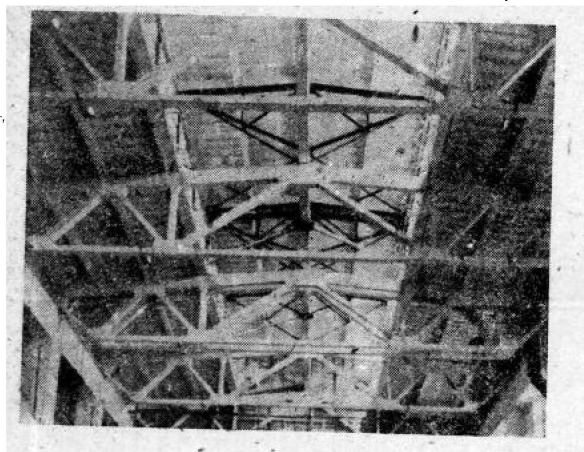


圖 1-5. 用15米裝配式鋼筋混凝土下撐式屋架1.5米×7.2米大型預制板的火力發電廠廠房屋頂

屋架的端点内埋设有两种铁件(图1-6),一种是主钢筋的锚铁,主钢筋先与锚铁牢牢焊死,然后再浇灌混凝土;另一种是支点垫铁,在浇灌混凝土时埋入端点内。

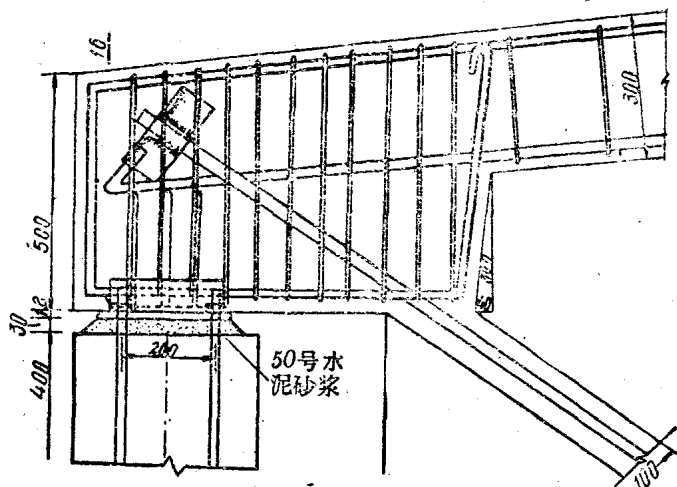


图 1-6 钢筋混凝土屋架端点埋设铁件

这种屋架的主要特点是:屋架自重重心低于支点平面,因此在运输吊装和安装过程中均甚为方便,对支撑及临时支撑要求不高。尤其是火力发电厂厂房很高,不用大型吊车也能作整体水平运输,在山墙端把屋架吊装到屋顶后,在墙梁上铺设铁轨,在屋架支点垫铁下面垫以滚钢(或小平车),即可拖拉屋架平移就位;在第一个五年计划期间内,有些火力发电厂及变电所主控制楼,均采用这种方法安装屋架(特别是变电所的主控制楼,由于起重机械不能进入主控制楼内,采用这种方法安装屋架更为优越),因此解决了大型起吊设备不足的困难。

第 3 节 25及27米装配式预应力钢筋混凝土梯形屋架

随着电力工业的发展,大容量火力发电厂的建设工程更加繁重,于是汽轮发电机组容量及锅炉容量也随之加大,火力发电厂厂房及屋架跨度亦相应加大;例如装有机组容量为25,000瓩及

以上的大容量火力发电厂，其汽机室及锅炉房跨度一般为25及27米或更大些；实际上，1958年采用25及27米装配式预应力混凝土屋架的工程也是较多的（和采用其他跨度的预应力混凝土屋架比较）。

25及27米装配式预应力钢绞线混凝土梯形屋架（图1-7），上下弦杆宽度皆取350及400毫米，保证了吊装及安装时的稳定性，在各工程施工中，没有因吊装或安装发生过重大事故。设计用 $\Phi 400 \sim \Phi 500$ 混凝土，由两个块体拼装而成，用镀锌钢绞线作预应力钢筋；其他一般设计情况和苏联标准设计（ИК-01-08）相仿。

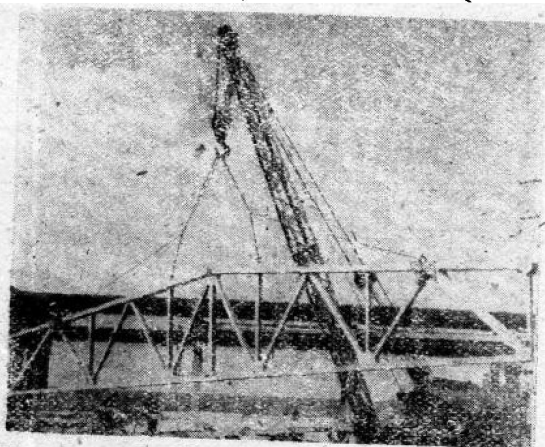


图 1-7 25米装配式预应力钢绞线混凝土梯形屋架吊装

钢绞线预应力筋由7根钢绞线（19股 $\Phi 2.6$ 毫米）并成一根（图1-8），用钢锚头锚固（图1-9），每根预应力筋的拉断力可达100吨左右或更多些，这是目前我国预应力屋架中承载能力最大的预应力筋。每榀屋架只用2~3根这种预应力筋，使预应力筋制作数量减少，预留孔道、张拉、灌浆工作均大为减少。

用钢绞线作预应力筋比用5号钢或25TC粗钢筋作预应力筋，可以减少这种大断面钢筋的冷拉工作的麻烦，节约更多的钢材，且可作折线（曲线）布置，使更为合理。和一般钢丝束比较，则可减少钢丝的正直去锈和编组工作，能减少预应力筋制作费用。

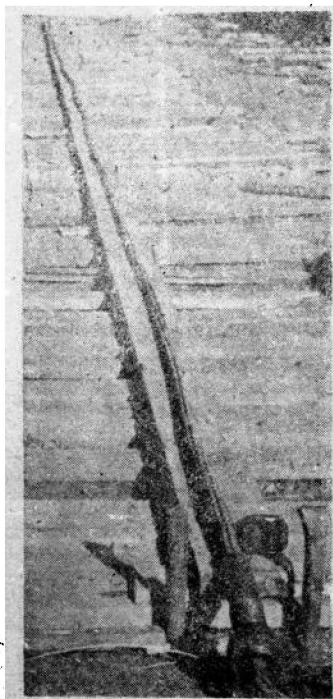


图 1-8 由 7 根鋼絞綫并成一根的預应力筋

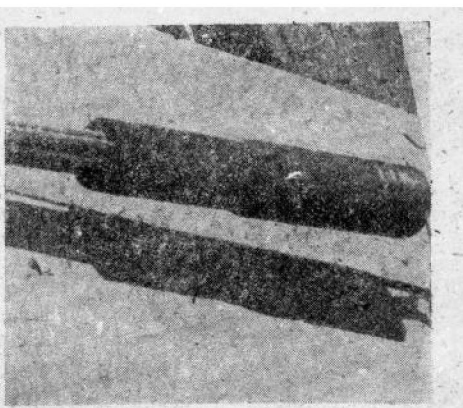
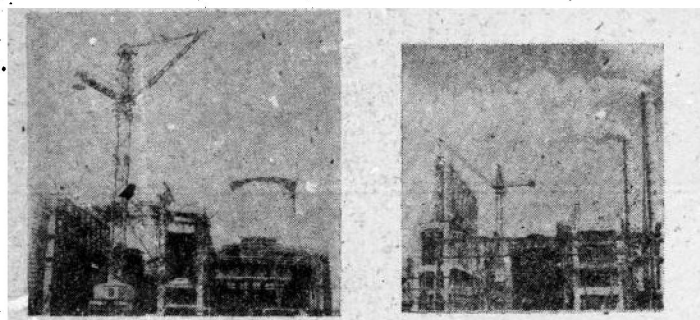


图 1-9 鋼錨頭

这种25及27米預应力鋼絞綫混凝土梯形屋架的主要特点是和火力发电厂厂房以往常用的鋼屋架具有相仿或相同的外形，因之更适用于扩建工程(图1-10)。



甲

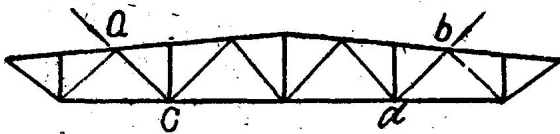
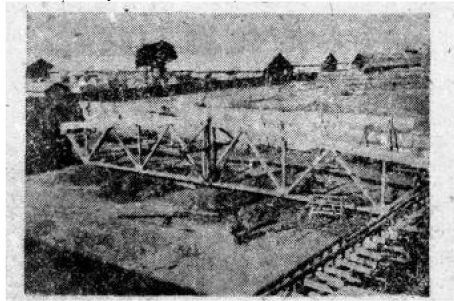
乙

图 1-10 25,000及50,000瓩机组扩建电厂25及27米預应力装配式鋼絞綫混凝土梯形屋架

第 4 节 30米装配式預应力鋼絞綫混凝土下撐式屋架

汽輪发电機組容量为25,000瓩，当采用橫向布置以及采用国产蒸发量为230吨/时的鍋炉时，其汽机室及鍋炉房均布置为30米跨度。

30米装配式預应力鋼絞綫混凝土下撐式屋架設計用#500混凝土，由四个块体拼装而成，上、下弦杆寬度为400毫米，預应力



張拉順序	N_6		N_6
1	N_1		
2			N_2
3	N_3		
4			N_4
5	N_4		

图 1-11 30米下撐式屋架張拉折綫形預应力筋順序图

筋亦采用鍍鋅鋼絞綫，由 7 根 19 股 $\phi 2.6$ 毫米鋼絞綫組成，下弦內共布置有三根預應力筋，其中两根弯入边部下弦斜杆和錨固于端点，一根弯入边部斜腹拉杆和錨固于上弦节点內。

張拉这种折綫(曲綫)鋼筋是使用两个千斤頂在两端交替依次張拉的办法(如图 1-11)，根据測定以及苏联介紹經驗，采用这种張拉方式可以减少由預應力筋与管道的摩擦造成預應力損失。張拉边部两根預應力筋时需尽量保持对称施加預應力，避免下弦杆混凝土断面产生过大的应力；考虑到張拉鋼筋之后屋架将有較大的反向拱度，因而临时支持失去作用，屋架自重能平衡部分預压应力，为保持腹拉杆在張拉鋼筋时的正常工作，应首先張拉(部分張拉)腹拉杆。

第 5 节 27 及 33 米装配式預應力鋼絞綫混凝土拱形屋架

50,000 瓩机组，由于采用橫向布置，汽机室跨度增大为 33 米。

27 及 33 米装配式預應力鋼絞綫混凝土拱形屋架，由于采用泡沫混凝土作保温层等減輕屋面荷重措施，亦分別采用 *400 及 *500 混凝土，由两个及三个块体拼裝組成，上弦寬度仍为 350 及 400 毫米，分別采用两根和三根与前述相同規格的鋼絞綫組作預應力筋。

設計这种大跨度拱形屋架，考虑关键問題之一是減輕屋架吊装重量，使能在現有的一般起吊設備情况下比較方便的完成吊装工作(图 1-12)。因此，对上弦采取在屋架和屋面板安裝就位后，在上弦預制板預留隙縫处二次澆灌混凝土，即上弦首先只按照承受屋架、支撐屋面板重和不大的安裝荷重設計，在二次澆灌的混凝土达到一定强度后再鋪設屋面层，以担負全部荷重。

这种屋面系統不仅能減輕屋架的吊装重量，而且能获得更好的整体稳定性，特别是对于沒有天窗及无悬挂吊重的拱形屋架，支撐可以减为最少；拱形屋架的另一方面重要优点就是支柱长度为最短，所要求的圍护結構为最少。

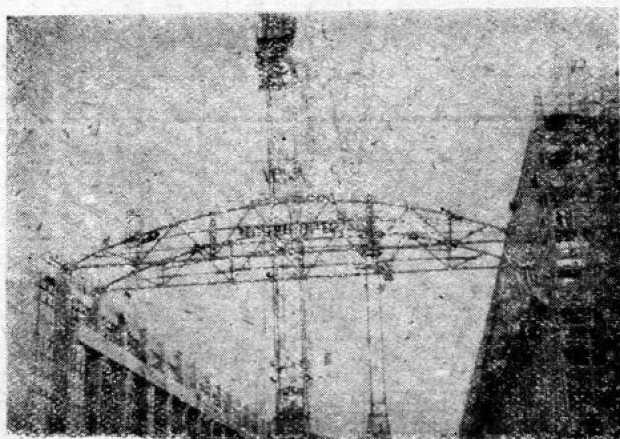


图 1-12 在吊装中的33米装配式預应力鋼絞綫混凝土拱形屋架

第6节 装配式鋼筋混凝土及装配式整体式預应力鋼 筋混凝土芯棒配筋大型屋面板

在以往使用鋼屋架的設計中通常使用小型屋面板搁置在屋面檩条上。在初期使用鋼筋混凝土屋架設計中，把屋架間距縮小为3~4米，即屋架間距比柱距一般縮小一半，部分屋架搁置在承重牆梁上。

采用大型預制屋面板，这种預制板的跨度可以加大屋架間距和柱距，又可以取消鋼檩条或承重牆梁并把屋架数量减少一半左右，預制板的数量則有更大的减少。

加大預制板的寬度，使預制板直接搁置在屋架上弦节点上，这样可以改善屋架的上弦杆工作，即由压弯构件改善为中心受压构件，可以提高屋架的承載能力。实际使用过的鋼筋混凝土預制板最大为7米×2.215米。

大型預制板的两个主肋受力很大，消耗鋼材也很多，宜于作成預应力混凝土结构代替鋼筋混凝土结构。1958年初，試驗成功7.5米×2.7米預应力鋼絞綫混凝土芯棒配筋大型屋面板，这种板的主肋芯棒用两根19股 $\phi 2.6$ 毫米鋼絞綫作預应力筋，小肋的設計



图 1-13 預应力鋼絞綫混凝土芯棒

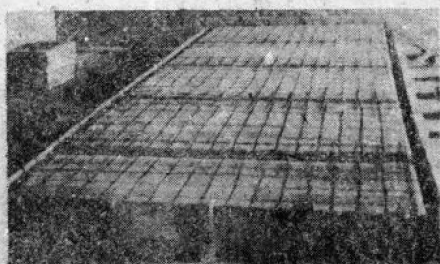


图 1-14 7.5米×2.7米大型預制板的
模板及鋼筋

为两个方案，即普通焊接骨架和預应力芯棒配筋，其中芯棒配筋为用一根7股 $\phi 3.0$ 毫米鋼絞綫作預应力筋（图1-13及图1-14）。

7.5米×2.7米預应力鋼絞綫混凝土芯棒配筋大型預制板荷重試驗結果，主肋芯棒抗裂性安全系数为1.8，强度安全系数为2.8；小肋芯棒的抗裂性試驗荷重达到220%（图1-15）仍未出現裂紋，亦无其他任何破坏的象征。

1958年在某50,000瓩机组的大容量火力发电厂的汽机室及鍋炉房屋頂，

使用了7.5米×2.7米預应力鋼絞綫混凝土芯棒配筋大型屋面板。第一期建造的13,200米²的屋頂施工使用此屋面板（图1-16），比非預应力大型屋面板节约5,300公斤鋼材。

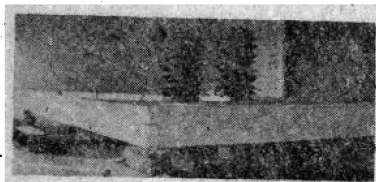


图 1-15 7.5米×2.7米預应力鋼絞綫混凝土芯棒配筋大型預制板的
預应力小肋荷重試驗

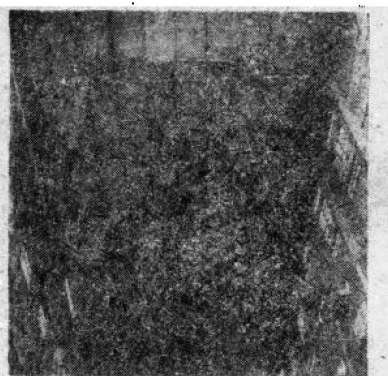


图 1-16 使用7.5米×2.7米預应力鋼絞綫混凝土芯棒配筋大型屋面板建造的
大容量火力发电厂主厂房屋頂

与此同时,也使用过8.0米 $\times$ 1.5米預应力鋼絲混凝土芯棒配筋的大型屋面板。

第二章 火力发电厂装配式鋼筋 混凝土上煤棧桥

第1节 概 述

火力发电厂的上煤棧桥,过去也是采用鋼結構。从1954年开始在輸煤建筑中(包括上煤棧桥結構)采用鋼筋混凝土及装配式鋼筋混凝土結構代替鋼結構,在節約鋼材与降低造价方面收到了一定的效果。此后又不断研究改进,并广泛采用装配式鋼筋混凝土上煤棧桥等(包括支柱)代替鋼結構或鋼筋混凝土結構,節約了更多的鋼材与資金,对加快工期也起了一定作用。

輸煤皮带与地面傾角一般为 18° 左右,主厂房煤仓間(煤斗間)标高約为30米,从碎煤机室到主厂房的棧桥长度达80米左右,通常設計为数跨,并設置中間支柱。

在我国北方严寒地区,上煤棧桥均采用封閉式,在南方包括华北部分地区,多采用露天式上煤棧桥。露天式上煤棧桥因沒有側牆和屋面,重量不大,宜于采用輕型結構(如骨架梁等),获得很好的經濟指标。封閉式則因荷重很大,一般利用側牆的高度空間,作成装配式鋼筋混凝土或装配式預应力鋼筋混凝土承重桁架。

各种上煤棧桥的經濟指标及比較如表1:

采用装配式預应力鋼筋混凝土結構能进一步降低棧桥的单位耗鋼量,并能節約投資,且适宜于制作大跨度桁架,减少中間支持柱,获得更好的經濟指标。我国首次采用的装配式預应力鋼絞綫混凝土上煤棧桥,其桁架跨度为20米。