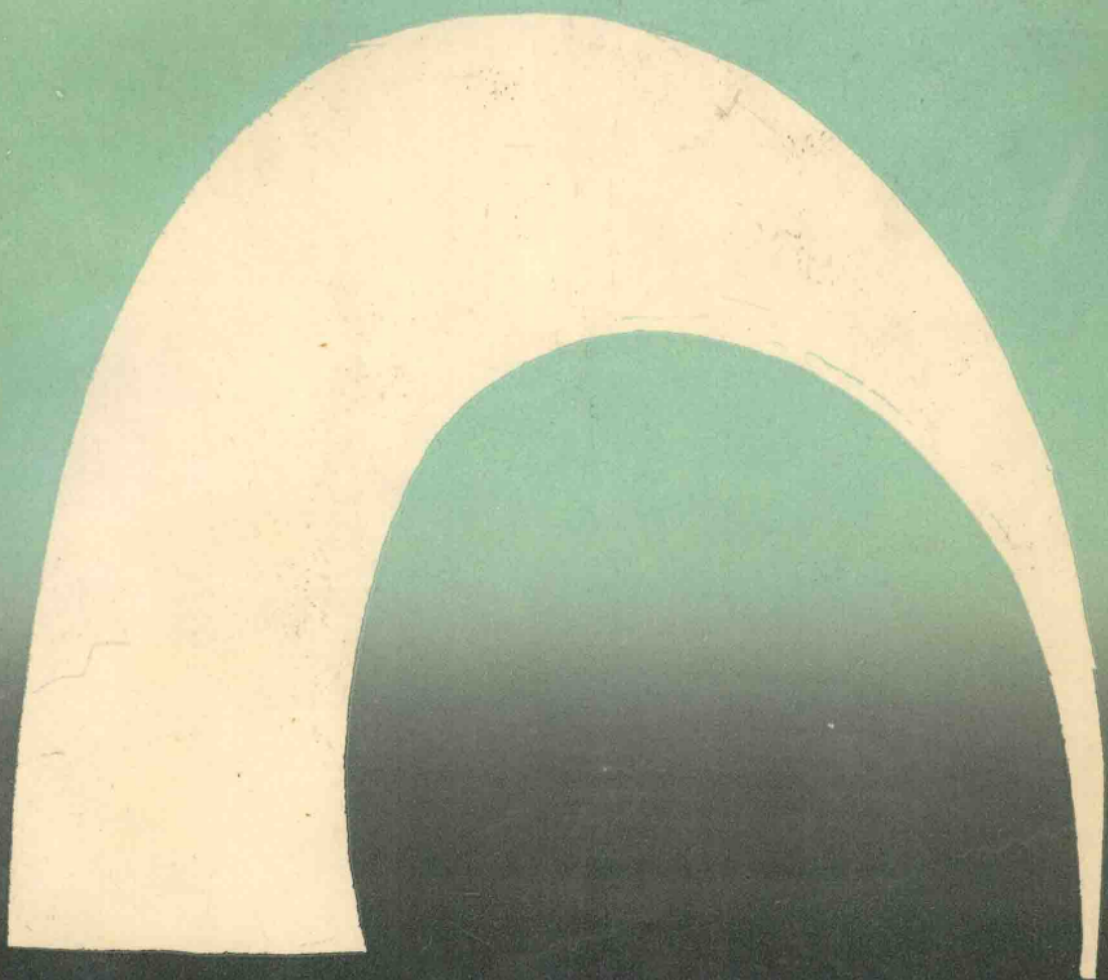


建筑工程施工实例

浙江省土木建筑学会施工学术委员会 编



结构工程施工实例

中国建材工业出版社

建筑工程施工实例

号771字登报(京)

结构工程施工实例

浙江省土木建筑学会施工学术委员会 编

TU 265/328

中国建材工业出版社

1993年1月第1版 1993年1月第1次印刷

128mm×80mm 32开 1.62元

图书在版编目(CIP)数据

(京)新登字177号

结构工程施工实例

浙江省土木建筑学会施工学术委员会 编

责任编辑: 王晓锋

中国建材工业出版社

北京百万庄国家建材局内

—— 邮编: 100831 ——

浙江广播电视报印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 11.75印张 310千字

1993年5月第一版 1993年5月第一次印刷

ISBN 7-80090-309-5/TU·55 定价: 16.00元

馬推進建築
技術的不斷發
展而努力

馬推進建築題於九〇年正月

《结构工程施工实例》

编委会、编审组成员

名誉顾问：周利民 冯尧

编委会主任：蔡泽芳

编委会副主任：孙宜宜 骆锡耀

编委：（按姓氏笔划为序）

孙钜中	陈君浩	陈静华	沈仁林	沈端雄
吴乐民	俞增民	徐可安	徐梅亭	唐昌忠
屠建国	章履远	雷震震	董宜君	潘秋元

编审组组长：雷震震

编审组副组长：孙钜中 唐昌忠

编审组成员：（按姓氏笔划为序）

孙宜宜	吴飞	陈静华	陈君浩	俞增民
赵兴荣	蔡泽芳	糜宏椿		

前 言

进入80年代以来,建筑技术发展得很快。各类建筑在使用功能、设计造型和施工技术上都发生了很大的变化。高层建筑地下空间的利用已列入议事日程,各种新结构、新材料、新的装修设计、相应的新施工工艺以及现代化的安装技术等等,给我的建筑界提出了许多新的课题。

近年来,在建筑设计理论和施工技术管理方面已有了不少新的论著。但是,系统地反映建筑工程施工实例方面的书刊确很少。为了满足广大施工技术人员和大中专院校师生教学的迫切需要,浙江省土木建筑学会施工学术委员会组织了省内外从事现场施工、具有较丰富经验的专家和工程技术人员,撰写了建筑工程施工实例丛书。该丛书分为基础工程、结构工程、装饰工程和安装工程四个分册。丛书选择了以浙江省为主的各类有一定代表性的工程和全国一些有名望并具有当前我国水平的施工实例。在编写方法上,对每一个工程实例都较详细地介绍了工程概况、主要施工方法和技术措施、施工中遇到的问题以及解决的方法等。既有成功的经验,也有失败的教训;既有试验方法,又有测试数据及分析。并采取了图文结合的方式,力求做到简明通俗,便于广大读者理解和借鉴。

由于我们的水平有限,编审经验不足,时间仓促,书中难免有不足和不妥之处,殷切希望广大读者和专家给予批评指正,以便今后改进。

本丛书在编写、出版的过程中得到了全国各地不少同行的热诚帮助。浙江大学土力学专家曾国熙教授特此为丛书撰写了序言,在此一并致谢。

撰著者的姓名和单位写明在每一篇文章上,不在此一一分述。

丛书编委会 1993.10

目 录

1. 预应力混凝土变曲率网壳的施工.....徐梅亭 宋伟华 吴舜(1)
2. 教学楼无粘结预应力混凝土楼板施工.....郭正兴 杨宗放(7)
3. 巴巴多斯体育馆网架整体顶升.....刘德伐 刘亚非(13)
4. 现浇柱梁、预制楼板结构体系施工.....顾仲文(20)
5. 镇海石化总厂尿素造粒塔施工.....吕联升(24)
6. 后张预应力井式梁屋面的施工.....崔峻 连晓春(30)
7. 天津港预应力通讯枢纽塔的施工.....郭正兴 杨宗放 肖克宝 冯宏伟(36)
8. 火力发电厂除氧煤仓间框架结构施工实例剖析.....许广君 周永国(44)
9. 福州火电厂80.7m跨刚架吊装施工.....裴碧峰(51)
10. 装配与现浇相结合的多层车间施工.....程铮 钱丽鸣(56)
11. 12m柱距的大型工业厂房施工.....程铮 周华(60)
12. H型双肢接柱的施工安装质量.....王文华(64)
13. 三铰、二铰门式刚架吊装施工.....贾培元(67)
14. 30m跨预应力钢筋混凝土空腹屋架起翻扶直施工.....徐通义(70)
15. H型框架结构安装施工.....胡志飞(73)
16. 新侨饭店QTZ69内爬塔吊拆除实例.....徐又林(77)
17. 2×100t钢丝网水泥砂浆球形水塔的施工.....徐梅亭 吴舜 宋伟华(81)
18. 北京市金星金笔厂出口产品车间升层法施工简介.....郑玉山(84)
19. 高层建筑“滑翻结合”施工实例.....周华 范钦甫(89)
20. 高位小屋面上内爬塔机的拆除.....陈静华 王连法(95)
21. 折板屋盖施工.....吴美瑛(98)
22. 北京朝阳体育馆结构施工.....冉 成(106)
23. 浮筑结构施工.....张祥声(118)
24. 18m跨六层预应力现浇框架施工.....黄贵堂(122)
25. 大学生比赛馆网架制作与整体吊装施工.....谢正生 王正堂(129)
26. 北也门矿泉水厂“轻型钢结构厂房的安装”.....沈寒超(132)
27. 50m跨度预应力混凝土双拱架结构多层厂房的施工.....樊益棠(137)
28. 新华通讯社技术业务楼主楼结构施工.....陈浩铭(142)
29. 科威特高温季节混凝土施工.....孙钜中(150)
30. 中国国际贸易中心工程小节拍均衡流水施工.....贺振廷 陈话岗(157)
31. 杭州东南面粉厂万吨小麦筒库滑模施工.....沈仁林(168)
32. 之江饭店主楼工程外脚手拆卸式悬挑架的设计.....张持平 史按(174)

预应力混凝土变曲率网壳的施工

浙江省第五建筑工程公司 徐梅亭 宋伟华 吴 舜

〔内容提要〕 浙江省江山市体育馆建筑面积 4229m^2 ，其屋盖体系首次采用双向变曲率网壳结构，网壳平面尺寸为 $35 \times 45\text{m}$ 。整个屋盖由预制混凝土预应力小梁及预应力菱形薄板组成。结构受力合理，由于屋盖采用的是网壳结构，没有下弦拉杆，提高了室内净空高度，增强了使用功能。施工中采用钢管脚手架作承重架，上铺木板支承，整个施工过程较为顺利。

一、工程概况

江山市体育馆建筑面积 4229m^2 ，平面尺寸 $43 \times 53\text{m}$ ，屋盖采用预应力混凝土变曲率网壳，其平面尺寸为 $35 \times 45\text{m}$ 网壳四角点底标高为 10.25m 。

网壳长向是单心圆弧，半径为 169.05m ，中间矢高 1.50m ，短向由三心圆组成，其半径分别为 16.04m 和 42.0m ，中间矢高为 4.50m ，整个网壳的中点矢高为 6m （如图1所示）。

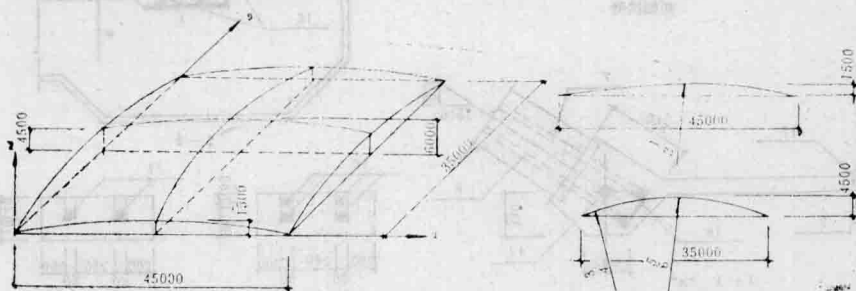


图1 网壳示意图

1. $\theta_1 = 7.628^\circ$ 2. $R_1 = 169.5\text{m}$ 3. $\theta_2 = 17.3^\circ$
4. $R_2 = 42.00\text{m}$ 5. $\theta_3 = 20.25^\circ$ 6. $R_3 = 16.04\text{m}$

网壳长边沿弧长等分为30个节间，短边沿弧长等分为20个节间。全壳共661个现浇节点（包括100个边节点），整个网壳骨架由1780根预制C38先张法预应力混凝土小梁装配而成。节点浇灌混凝土后，再在网壳的受拉杆件中，根据拉力大小，用1~4根 $\phi 15$ 钢绞线施加后张预应力，形成预应力混凝土变曲率网壳结构。后张预应力钢绞线平面布置如图2所示。

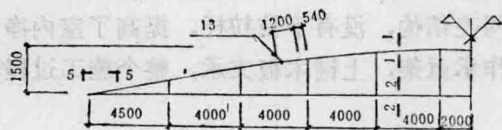
网壳的边缘构件是每边一榀预应力空腹拱架，上弦与屋面挑沿连成一体，局部用预应力后张（配6 $\phi 15$ ），下弦为通长预应力后张，长边拱架配置4束4 $\phi 15$ 钢绞线，短边配置2束6 $\phi 15$ 钢绞线，同时，长边挑沿底部配置了三根 $\phi 15$ 预应力钢绞线，如图3所示。网壳屋盖四周的混凝土柱向上延伸为拱架的腹杆。

—·—预应力杆留 $1\phi 30$ 孔,穿 $1\phi 15$

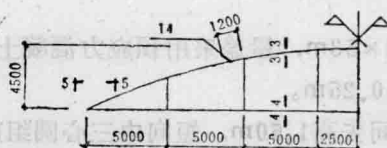
•••—预应力杆留 $2\phi 50$ 孔,各穿 $2\phi 15$

网壳杆条共 9 种断面, 即 0.08 (0.10、

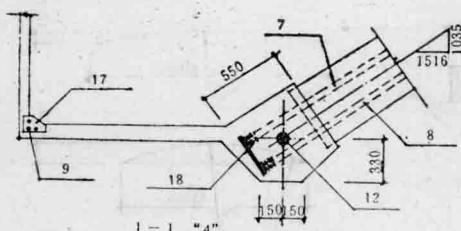
网壳杆件共 9 种断面, 即 $0.08(0.10、0.12、0.15、0.17) \times 0.36\text{m}$ 和 $0.08(0.12、0.15、0.17) \times 0.22\text{m}$, 共 13 种类型。杆件上下均配置预应力 ϕ^4 高强钢丝。全部杆件分为三种长度, 平行于 x 轴并与短边拱架相连接的杆件为一种长度, 其它平行于 x 轴的



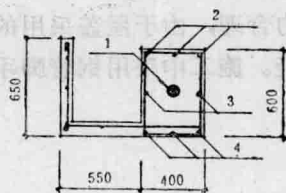
长轴拱架



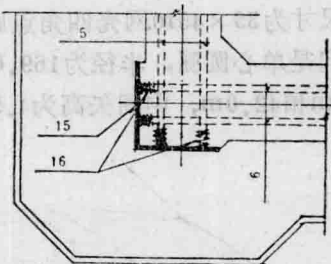
短轴拱架



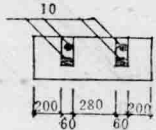
1 - 1 "A"



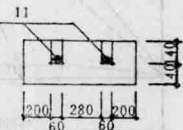
3-3



5-5



242



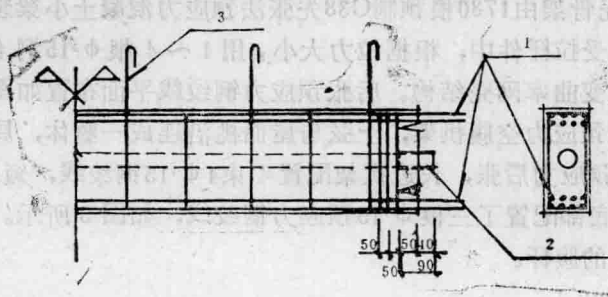
4-4

1. $6\phi^{15}$ 2. $3\phi^{25}$ 3. $2\phi^{25}$ 4. $3\phi^{25}$ 5. $4-4\phi^{15}$ 6. $2-6\phi^{15}$

7. $2\phi^{j15}$ 8. $2\phi^{j15}$ 9. $3\phi^{j15}$ 10. $4-4\phi^{j15}$ 11. $2-6\phi^{j15}$ 12. $6\phi^{j15}$

13. 后浇段 14. 后浇段 15. 预埋件 16. $\phi 8$ 螺距50 17. 后浇 18. $\phi 6$ 螺距40

杆件为一种长度,所有斜向杆件为一种长度,部分杆件中预留孔如图4所示。

 $1. \phi^b 4$

2. $\phi 30(\phi 50)$ 钢管

 $3.6 \phi^{b4}$

屋面板采用0.035m厚预制先张法预应力菱形板，C 38混凝土。共 3 种形状 4 种规格，如图 5 所示。板缝灌浆后在其上做 1:3 水泥砂浆找平层与二布四油氯丁橡胶防水层。

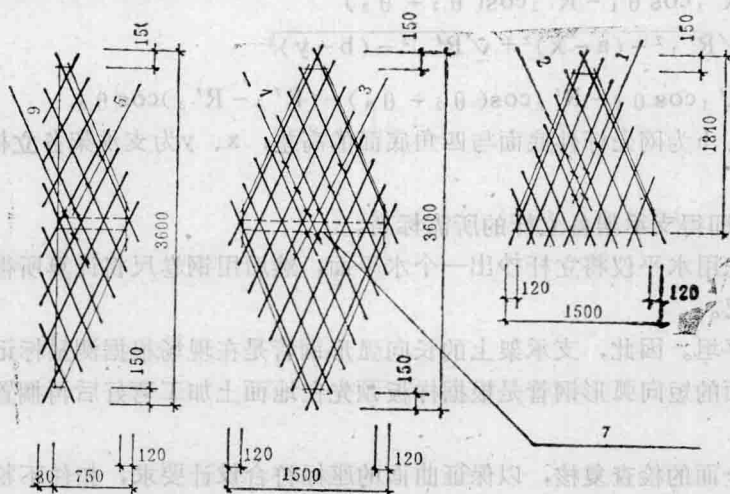


图 5 预应力屋面板

1. $\phi^b 4 @ 150$
2. $\phi^b 3 @ 150$
3. $\phi^b 4 @ 150$
4. $\phi^b 3 @ 150$
5. $\phi^b 4 @ 150$
6. $\phi^b 3 @ 150$
7. 中间断开

图 6 为网壳的几种节点构造，节点编号位置见图 2 所示。

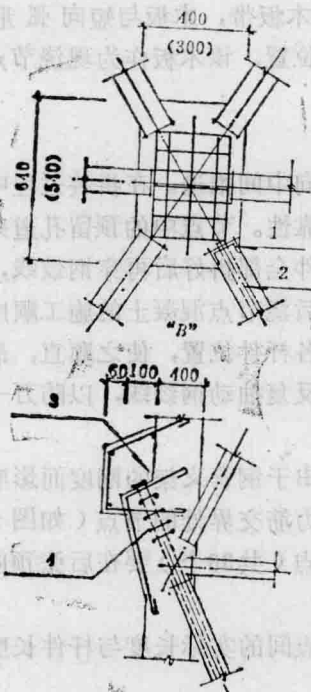


图 6 节点详图

1. F 12
2. 1 $\phi^b 15$
3. 锚头 C 28 封固
4. 4 $\phi^b 4$ 网片

二、网壳施工

1. 构件制作

网壳杆件与菱形板，均由预制厂在长线台座上预制，自然养护。杆件内的预留孔道由钢管抽芯形成。放置钢管二端均用木片固定，以保证孔道位置正确。钢管抽出后立即在杆件二端放置 $\phi 30 \times 90 \text{ mm}$ ($\phi 50 \times 90 \text{ mm}$) 短钢管，钢管伸出杆端部 40 mm，以便与现浇节点中的白铁管相套接。构件起模后，逐件编号，并分开堆放。以便于运输与现场堆放拼装。

2. 支承架搭设

根据网壳屋面的自重与施工载荷，满堂钢管支承架的主杆间距采用 $1.2 \times 1.2 \text{ m}$ ，纵横杆的步高为 2 m，十字撑的设置符合钢管脚手架的有关规定。当支承架搭设到网壳的相应标高后，将网壳杆件底面的设计标高分别测设到支承架的立杆上。

网壳底标高的计算：

设计提供的网壳半径是杆件轴线平面的半径。由于杆件是沿曲面放置的，杆件的高度方向平行于曲面的法线，这一点在计算标高时必须注意。

假设网壳长边边长为 $2a$ ，短边边长为 $2b$ 。

当 $y < b - R'_3 \sin \theta_3$ 时, $h = \sqrt{R'_1{}^2 - (a - x)^2} + \sqrt{R'_2{}^2 - [R'_2 \sin(\theta_2 + \theta_3) - y]^2}$



$$- R'_1 \cos \theta_1 - R'_2 \cos(\theta_2 + \theta_3)$$

当 $y \geq b - R'_3 \sin \theta_3$ 时, $h = \sqrt{R'_1{}^2 - (a - x)^2} + \sqrt{R'_3{}^2 - (b - y)^2}$

$$- R'_1 \cos \theta_1 - R'_2 \cos(\theta_2 + \theta_3) - (R'_2 - R'_3) \cos \theta_3$$

式中: $R' = R - (\text{杆件高度})/2$, h 为网壳杆件底面与四角底面的高差; x 、 y 为支承架各立杆坐标。

h 求得后, 加上四角底标高即得支承架各立杆的所需标高。

为了测量可靠减少偏差, 先用水平仪将立杆抄出一个水平面, 然后用钢卷尺将计算所得标高量测到钢管上, 并做好标记。

由于网壳的长向弧形比较平坦。因此, 支承架上的长向弧形钢管是在现场根据测量标记临时扳弯形成的。支承架最上面的短向弧形钢管是根据样板预先在地面上加工弯好后再搁置在长向弧形钢管上面的。

钢管支承架搭好后, 要作全面的检查复核, 以保证曲面的座标符合设计要求, 扣件不松动。此外, 为了增加扣件的承载力, 控制承重架的垂直滑移, 在长向弧形钢管与立杆的十字连接扣件下, 再增加一只十字扣件, 并与上面一只顶紧, 作为安全预防措施。

在网壳的节点位置上, 沿长向通长铺设 4cm 厚、80cm 宽的木板带, 木板与短向弧形钢管用 10 号铁丝绑扎固定。最后在木板上弹出网壳杆件与节点的位置。该木板作为现浇节点的底模与杆件拼装时的运输通道。

3. 杆件拼装

现场构件运输与拼装全部采用人工进行, 拼装工作由四角向中间推进。在拼装过程中要求各杆件端部伸出的高强钢丝相互穿插交错, 以增加传力的可靠性。节点中的预留孔道采用白铁皮套管, 二端分别套在杆件端头伸出的钢管上。考虑到杆件全部拼好后再穿钢绞线, 在通过节点时容易被钢管顶住发生穿筋困难, 因此, 采取先穿筋后浇节点混凝土的施工顺序。节点拼装好后立即绑扎节点钢筋, 并逐个检查验收, 同时校正各杆件位置, 使之顺直, 最后浇捣节点 C43 混凝土。在混凝土浇灌过程中, 要在其初凝之前反复抽动钢绞线, 以防万一因白铁皮管漏浆而将钢绞线粘固。

设计中钢绞线并不是通长设置的, 在后张预应力过程中, 由于钢管支架的刚度而影响了网壳的各向变形, 故很有可能在有后张预应力筋与无后张预应力筋交界处的节点 (如图 2 中的 B 节点) 上因后张预应力而产生裂缝, 因此这些分界处的节点 (共 36 个) 要在后张预应力全部完成后方能浇灌混凝土。

杆件 (特别是斜向杆件) 均预制成同一种长度, 因此当节点间的实际长度与杆件长度有出入时, 可用杆件伸入节点的长度来调节。

4. 拱架施工

根据设计要求, 网壳四周的杆件全部伸入拱架上弦。因此, 必须待网壳四周的杆件全部拼装好后, 方可浇捣拱架上弦混凝土。

为了张拉拱架上弦中的钢绞线, 在上弦浇灌混凝土时, 在预应力筋锚板的二头各留 1.2m 的空隙, 以便放置张拉千斤顶, 上弦局部预应力钢绞线张拉后, 再浇灌此空隙混凝土, 同时

只有此后浇的混凝土达到设计强度后,才能张拉拱架下弦预应力钢绞线。

拱架的施工与预应力屋架的施工基本相同。

5. 预应力张拉与孔道灌浆

预应力钢绞线张拉时,混凝土的强度必须达到100%。

工程中 $\phi 15$ 钢绞线的张拉控制应力 $\sigma_k = 0.65R_y^b$,单根钢绞线张拉力为131.4kN。钢绞线使用时分成一根一束、四根一束、六根一束,共三种,分别采用上海预应力工程建设公司研制的JMF15—1、JMF15—4、JMF15—6锚具,以及YC—60与YC—120千斤顶。在张拉过程中,除单根钢绞线使用专用的工具锚外,其余二种钢绞线束,均用工作锚代替工具锚,轮换使用,该锚具工作可靠,退锚容易,拱架下弦张拉时先张50% σ_k ,然后按105% σ_k 超张后退到100% σ_k ,最后全部预应力束补足100% σ_k 。经过多次张拉,退锚,再张拉的施工过程未发现断丝、滑丝与崩齿等情况。预应力张拉顺序:拱架上弦—拱架下弦—网壳杆件。

网壳杆件张拉时用2台千斤顶分别从长向的二端向中间推进,张拉完一边后再张拉另一边。由于支承架有较大的刚度和中间二排节点未浇灌混凝土,因此张拉顺序对整个网壳预应力的建立影响不大。预应力张拉时的超张拉值取5%,顶锚压力取张拉值的50%。由于在设计荷载作用下,网壳内力由四周向中间逐渐递减,与曲线张拉钢绞线应力的衰减方向一致,因此,网壳杆件虽属曲线张拉,但完全可以采用单端张拉,不必在另一端补足应力。

张拉结束后,用灌浆泵进行孔道灌浆。采用525号普通硅酸盐水泥,水灰比0.45,掺入水泥用量的万分之一的铝粉作膨胀剂。

6. 屋面菱形板安装

菱形板用人工铺设。铺好后,将相邻的二块板边伸出的钢丝以及网壳杆件中预埋钢丝插筋,三者相互扭结,然后用1:1水泥砂浆灌缝,以增强网壳的整体性。

7. 拆除支承架

当屋面灌缝砂浆强度达到100%时方可拆除钢管支承架。支承架的拆除必须由中心向四周逐步进行。先将所有弧形钢管全部下移10cm,并拧紧扣件,使支承架与网壳杆件全部脱离,然后对网壳进行全面检查,确认网壳一切正常之后方可全部拆除支承架。

三、变形观察

在四榀拱架的下弦预应力张拉中,长向拱架的设计弹性变形为12cm,实际未观察到明显的变形。

为了测量网壳在自重下的变形,网架的垂直位移,采取挂重物办法,用观察垂线的标记与参考标记之间的相对位移来达到。网壳拱架中间的侧向位移的观察采用经纬仪,在未拆支架前,在拱顶预先定出一条直线,并在拱架二端设置的标尺上直接读数,同时通过棱镜读取仪器搁置点,在支承架拆除后再同样读取三个读数,将前后二次读数进行比较即可得到拱架中点的侧向位移值。

网壳在设计荷载下的变形与自重下的实测变形比较见表1。实测变形时的自重(不包括屋面二布四油防水层)约为设计荷载的73%。

表1 网壳变形比较

位 移 部 位 及 方 向	设计值(mm)	实测值(mm)
网 壳 中 间 节 点 垂 直 位 移	60.6	7.0
二长轴拱架中间节点之间水平相对线位移	55.8	0.5
二短轴拱架中间节点之间水平相对线位移	3.4	0.0

四、技术经济分析

1. 造价分析

根据1988年浙江省预算定额杭州市单价估价表分析:网壳本身造价为 $73.12\text{元}/\text{m}^2$,其中后张预应力部分费用为 $12.06\text{元}/\text{m}^2$;屋面菱形板与找平层为 $9.83\text{元}/\text{m}^2$;边缘构件预应力拱架为 $33.23\text{元}/\text{m}^2$,其中后张预应力费用为 $9.39\text{元}/\text{m}^2$ 。以上合计直接费为 $116.19\text{元}/\text{m}^2$ 其中预应力部分费用为 $21.45\text{元}/\text{m}^2$ 。

2. 含钢量分析

网壳本体含钢量为 $10.19\text{kg}/\text{m}^2$,其中后张预应力部分为 $1.94\text{kg}/\text{m}^2$;菱形屋面 板含量为 $1.81\text{kg}/\text{m}^2$;边缘构件预应力拱架含钢量为 $13.0\text{kg}/\text{m}^2$,其中后张预应力部分为 $2\text{kg}/\text{m}^2$ 。合计含钢量为 $25\text{kg}/\text{m}^2$ 其中后张预应力部分为 $3.94\text{kg}/\text{m}^2$ 。

五、结 语

江山市体育馆网壳屋面工程已于1989年7月完成,其特点是:

- (1) 预制构件是普通的梁和板,单件重量轻,施工方便,不需专门吊装与运输设备。
- (2) 由于屋面构件加工可与其它工序同时进行,不占工期,因此,屋面施工周期约为三个月,与现浇屋面大体相同。
- (3) 屋面刚度好。
- (4) 造型美观,网壳下部没有拉杆,中间矢高可充分利用,使用空间加大,净空高。
- (5) 含钢量低于钢网架与组合网架。
- (6) 造价较低。
- (7) 设计中由于未考虑屋面菱形板与网壳的共同作用,使网壳具有较大的安全储备,屋面实际刚度,大大高于设计刚度。假如能同时考虑菱形板的共同作用,对其它构件的断面与配筋尚有一定的潜力可挖,还能进一步降低屋面的用钢量与造价。

教学楼无粘结预应力混凝土楼板施工

东南大学 郭正兴 杨宗放

〔内容提要〕 东南大学新区教学楼为五层框架结构，单向无粘结预应力楼板。本文对无粘结预应力施工时遇到的基本问题，从无粘结束的制作、铺放、张拉到端部处理等都作了详细介绍，并结合工程，测试了张拉过程中楼板的弹性压缩和反拱，并对无粘结束的 K 、 μ 值作了测定。该工程是南京地区第一个无粘结楼板工程。

东南大学浦口新校区教学楼无粘结楼板的预应力部分施工由东南大学预应力开发部承担，预应力部分施工于1990年2月底开始，于5月中旬结束。

一、工程概况

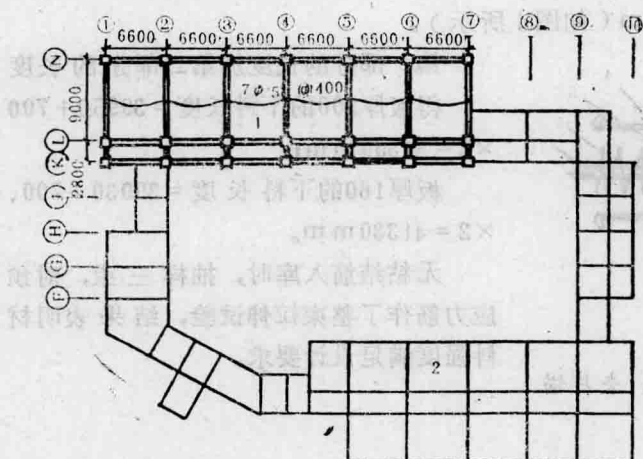


图1

1. 北楼

2. 南楼

东南大学浦口新校区教学楼为五层框架结构，总面积约一万平方米。主楼分南北两楼，东西向用副楼相连，呈“□”字形。北楼部分为无粘结预应力楼板，即图1中的N~L轴线和①~⑦轴线的区域内。

柱网尺寸为 $6600 \times 9000\text{mm}$ ，柱的截面尺寸为 $550 \times 550\text{mm}$ ，框架梁的截面尺寸为 $300 \times 770\text{mm}$ 。板厚第二层为 200mm ，第三~五层及屋面为 160mm 。层高第一层为 3.4m ，第二层为 4.2m ，第三~五层为 3.9m 。

三 楼板中的预应力筋为 $7\phi 5$ 无粘

结钢丝束，锚具为斜夹片式锚具。在无粘结楼板设计中，楼面活荷载为 2kN/m^2 ，楼板混凝土强度为 C_{30} ，楼板中无粘结筋的曲线布置和端部构造见图2、图3。

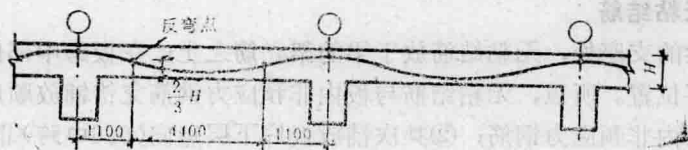


图2

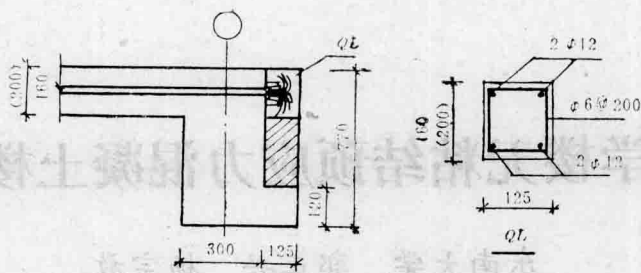


图 3

二、无粘结束的制作与检验

无粘结束制作主要是下料长度计算。因无粘结束下料长度与所选用锚具有关，采用墩头锚具时下料长度要求严格，采用夹片锚具时下料长度要求不严格，可适当放长几厘米。

本工程板内无粘结筋下料长度计算时分成两部分。第一部分为混凝土楼板内预应力筋长度，因板内无粘结筋多次反复弯折（形状见图2），计算时分段计算，每段根据抛物线弧长近似计算公式 $l = (1 + 8f^2/3L^2)$ ，把各段长度累加起来即得板内预应力筋的长度。板厚200mm时，计算得39950mm；板厚160mm时，计算得39930mm。

第二部分为混凝土楼板两端外露工作长度，考虑累加工具锚高度、所选用的千斤顶高度顶压器高度以及锚具高度，计算得700mm（如图4所示）。

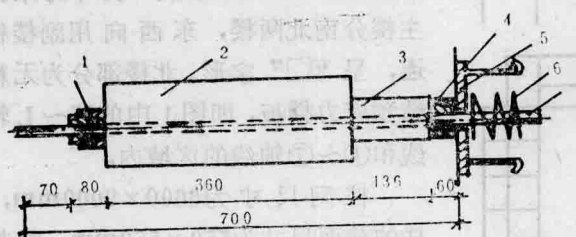


图 4

1. 工具锚 2. 千斤顶 3. 顶压器 4. 夹片锚
5. 承压板 6. 螺旋筋 7. 无粘结筋

第一部分的长度加第二部分的长度

得板厚200的下料长度 = 39950 + 700

× 2 = 41350 mm;

板厚160的下料长度 = 39930 + 700、

× 2 = 41330 mm。

无粘结筋入库时，抽样三束，对预应力筋作了整束拉伸试验，结果表明材料强度满足设计要求。

三、无粘结筋的铺放

无粘结筋铺放时要注意的问题是：与楼板非预应力钢筋的交错铺放；反弯点位置及高度的确保；与楼板中电线管的交错；端部承压板垂直于无粘结筋等。本工程的具体做法为：

1. 交错铺放无粘结筋

设计图上在梁的支座处，无粘结筋放于梁的架立筋之上；在板跨中部位，无粘结筋与板底层钢筋同水平位置。所以，无粘结筋与板内非预应力钢筋交错铺放顺序是：

①首先扎好梁内非预应力钢筋；②其次铺放板底层短向(6.6m跨)非预应力钢筋；③再铺放板底上层长向(9m跨)非预应力钢筋，铺放的区域控制在距梁轴线的1800mm内；

④铺放无粘结预应力钢丝束；⑤铺放板底上层剩下区域内非预应力钢筋；⑥铺放板面的非预应力钢筋和梁支座的负弯矩钢筋。以上交错顺序如图5所示。

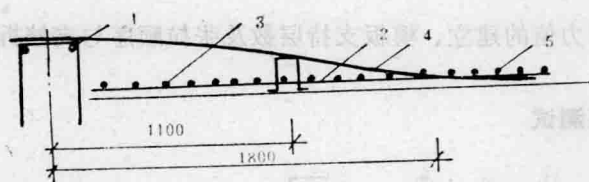


图5

1. 梁钢筋；2. 板底短向钢筋；3. 板底长向钢筋(1800内) 4. 无粘钢筋；5. 板底长向钢筋(跨中)

2. 确保反弯点位置及高度的准确

反弯点位置距梁轴线1100mm处。施工中，在楼板模板上划出反弯点的位置线，把专门制作的马凳搁置在该线上，马凳垫于反弯点下。无粘结筋铺放完毕检查时，特别要注意马凳是否被踏翻。

3. 注意与楼板中预埋电线管的交错

一般说来，无粘结楼板施工时，电线管的铺设应在无粘结筋铺放完毕后进行，以确保板中无粘结筋的抛物线形状，特别是矢高。

本工程施工时，因工期很紧，水电工作班组和钢筋工作班组互抢进度，第二层楼板施工时出现了水电工把电线管抢先全部布置完，再铺放预应力筋，这就不能保证抛物线形状，以致返工。

4. 保证端部承压板垂直于无粘结筋

端部承压板形状见前图4。预埋时，用铁钉把承压板反钉于木模板上。在后浇带处的承压板用电焊点焊于端部梁内箍筋上。张拉结果的伸长值表明，端部承压板不垂直引起伸长值的变化较大。

四、无粘结筋的张拉与端部处理

本工程采用的张拉程序是： $0 \rightarrow 0.2\sigma_k$ (量初值) $\rightarrow 0.6\sigma_k \rightarrow 1.03\sigma_k$ 。其中 $\sigma_k = 0.65R_b$ ， $= 1040\text{MPa}$ ，每束张拉力为140.2kN，超张拉时为144.2kN。

张拉顺序上因楼板的刚度较大，混凝土的弹性压缩值又较小，故采用张拉力，按顺序依次张拉。

无粘结预应力筋的理论计算伸长值用下式计算，即

$$\Delta L' = PL / A_p E_p$$

式中，P取张拉端与锚固端（因对称取跨中）扣除摩擦损失后的平均拉力，本工程的理论计算值：板厚200mm时， $\Delta L' = 190\text{mm}$ ；板厚160mm时， $\Delta L' = 192\text{mm}$ 。

张拉前对张拉设备作了检验，千斤顶和油压表作了配套校验。

因现场模板钢管支撑比较密，选用小型油泵，一端张拉另一端补足的张拉方法。具体的张拉过程与最后的端部处理是：①剥去承压板外侧以外的塑料套管；②装上斜夹片锚具；③装上顶压器及YC—20穿心式千斤顶；④装上千斤顶后部的工具锚；⑤张拉并量测 $0.2\sigma_k$ 、 $0.6\sigma_k$ 和 $1.03\sigma_k$ 时的实际伸长值；⑥校核伸长值，实际伸长值与理论计算伸长值相比均在 $+10\% \sim -5\%$ 范围以内。⑦全部张拉完毕后，剪断多余长度钢丝，锚具外侧留300mm左右，弯折后作散花处理（见前图3），再浇入圈梁内。

五、现场测试

为了了解无粘结楼板施工中，实际预应力值的建立、模板支持层数及张拉顺序与支挡拆除之间的关系等作了以下几项测试：

1. 张拉过程中楼板混凝土的弹性压缩值测试

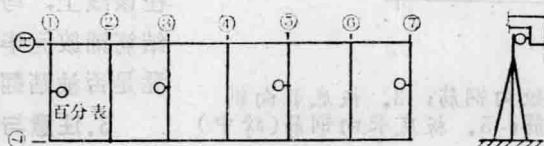


图 6

测试用百分表，测试位置及装置如图 6 所示，测试结果如表 1 所示。

表 1

单位：mm

轴线表	①轴表	③轴表	⑤轴表	⑦轴表
①轴张拉后压缩值	1.13	1.12	0.38	1.00
⑦轴补足后压缩值	0.06	0.09	0.35	0.52
合计压缩值	1.19	1.21	0.73	1.52

由表 1 得楼板混凝土总的压缩值为 $1.19 + 1.52 = 2.71\text{mm}$ ，接近于理论计算值 2.64mm 。

2. 张拉过程中无粘结束的 K 、 μ 值测试

K 、 μ 值对设计人员比较重要，特别是无粘结预应力，虽然有参考的 K 、 μ 值，为了了解实际工程上的 K 、 μ 值，选择有代表性的 3 束，在楼板两端①轴和⑦轴上设置两台千斤顶和配套校验的精密油压表作测试。测试结果列于表 2 中。

表 2

束号	0.2 σ_k (KN)		0.4 σ_k (KN)		0.6 σ_k (KN)		0.8 σ_k (KN)		1.03 σ_k (KN)		备注
	主动端	被动端	主动端	被动端	主动端	被动端	主动端	被动端	主动端	被动端	
2	29.4	8.8	58.8	24.5	88.3	41.2	117.7	59.8	144.2	77.5	舍去
4	29.4	16.7	58.8	34.3	88.3	52.0	117.7	71.6	144.2	89.2	
6	29.4	16.7	58.8	33.3	88.3	52.0	117.7	缺	144.2	88.3	

注：主动端，顶1°表035°，被动端顶2°，表039°

根据以上油压表读数以及主、被动关系，对 K 、 μ 值作出对比如下：