

中国土木工程学会1962年年会論文之一

单层工业厂房屋盖系統 經驗資料

中国土木工程学会大会秘书处印

1962年6月

前 言

近几年来，工业与民用建筑结构有很大发展，尤其是单层工业厂房结构发展最快，这些厂房的主要承重结构，已普遍用装配式钢筋混凝土结构及预应力钢筋混凝土结构代替了钢结构，为国家节约了大量的钢材。1961年，党号召大力展开调查研究工作，以提高工作水平。北京地区各设计院对单层工业厂房进行了全面的、大量的调查研究，总结了許多宝贵的經驗，与此同时，也发现了一些需要解决的问题。北京市土木建筑学会在各单位的调查研究基础上，于1961年10月到12月期间組織召开了七次“单层工业厂房屋盖结构使用情况”的座谈会。参加单位有：一机部第一、第八设计院，二机部十局，三机部第四、第五设计院，冶金部黑色冶金设计院、冶金建筑研究院，铁道部铁道设计院，化工部化工设计院，北京市建工局，北京市建筑设计院，建工部北京工业建筑设计院，清华大学，北京工业大学，建工部設計局、建筑科学研究院等单位。会议上各单位提了不少意見，为了积累这些宝贵的經驗，并便于和全国各单位进行交流，学会組織有关单位进行了整理，共写成資料九篇，各部分的执笔单位如下：

第一篇 单层工业厂房钢筋混凝土屋盖承重结构的选型：

建工部北京工业建筑设计院

第二篇 屋架：

一机部第一设计院

铁道部专业设计院

第三篇 屋面大梁：

建工部北京工业建筑设计院

二机部十局

三机部第五设计院

第四篇 天窗架：

建工部北京工业建筑设计院

第五篇 屋面板：

建工部北京工业建筑设计院

第六篇 单层工业厂房屋盖支撑系统：

建工部設計局

第七篇 鍛工車間振动对屋盖系统的影响：

三机部第五设计院

第八篇 高温对单层工业厂房屋盖系统的影响：

冶金部黑色冶金设计院

冶金部冶金建筑研究院

第九篇 腐蚀对钢筋混凝土屋盖系统的影响：

化工部化工设计院

这些資料，已由一机部第一设计院、北京工业建筑设计院、建工部設計局、建工部研究院作了审查。

由于時間仓促，座谈会上提出的其他方面的許多經驗，还没有来得及总结。这次編写的只是一部分資料，先印出来供大家参考。如有不妥之处，請将意見提交北京市土木建筑学会結構組。

北京市土木建筑学会

一九六二年五月

目 录

前 言

第一篇 单层工业厂房钢筋混凝土屋盖承重结构的选型	1
一、概况	1
二、选型中几个问题的分析	2
(一) 桁架和梁的选择问题	2
(二) 屋架的形式问题	3
(三) 拱形桁架的选择	6
(四) 梯形屋架的选择	7
三、对新型屋盖结构形式的意见	8
四、小结	10
第二篇 屋架	12
一、概論	12
(一) 拱形屋架	12
(二) 梯形屋架	14
(三) 其他形式屋架	15
二、調查分析	16
(一) 使用情况	16
1. 預应力拱形屋架	16
2. 預应力多腹杆拱形屋架	18
3. 多边形钢筋混凝土屋架	18
4. 非預应力钢筋混凝土梯形屋架	20
5. 預应力钢筋混凝土梯形屋架	20
6. 三角形钢筋混凝土屋架	21
(二) 裂縫問題	23
1. 原因分析	23
2. 改进意見	25
(三) 材料問題	25
1. 混凝土	25
2. 模板	25
3. 鋼筋	26
4. 端杆	28
(四) 施工問題	28

1. 焊接問題	28
2. 預應力筋孔道的問題	30
3. 孔道灌漿問題	31
4. 施工中預應力損失的幾個問題	31
5. 有關拼裝、制作、安裝等問題	31
(五) 次應力問題	32
1. 次應力的計算方法問題	32
2. 普通鋼筋混凝土屋架的次應力影響問題	32
3. 預應力鋼筋混凝土屋架的次應力影響問題	34
(六) 節點構造問題	34
1. 建研院所作的鋼筋混凝土模型試驗情況	34
2. 建研院所作的桁架光彈性試驗情況	34
3. 一機部第一設計院所作的桁架光彈性試驗情況	39
4. 分析與改進意見	40
(七) 鋼筋錨固問題	41
1. 京西礦務局18米跨折綫形鋼筋混凝土屋架試驗情況	41
2. 天津某廠預應力筋斷裂情況	42
(八) 疲勞問題	42
三、加固處理意見	43
四、結束語	58
第三篇 屋面大梁	59
一、非預應力屋面大梁	59
(一) 屋面大梁使用中發現的問題	59
1. 裂縫問題	59
2. 冷脆問題	59
(二) 屋面大梁裂縫原因的分析	60
1. 設計方面	60
2. 施工方面	61
(三) 脆斷原因的分析	62
1. 低溫與塑性的關係	63
2. 應力集中與脆性斷裂的關係	63
(四) 改進方案	65
(五) 加固界限的分析	65
(六) 加固方法	66
二、預應力工字形屋面大梁	70
(一) 使用情況和存在問題	70
(二) 改進意見	71
(三) 加固方法	71
三、屋面大梁的疲勞問題	73

第四篇 天窗架	74
一、概述	74
二、常用天窗架中存在的問題	75
第五篇 屋面板	78
一、屋面板选型及存在問題	78
二、几种新型大型屋面板	80
第六篇 单层工业厂房屋盖支撑系統	81
第七篇 鍛工車間振动对屋盖系統的影响	83
一、鍛錘振动对屋盖系統的影响	83
二、鍛錘振动与地震的比較	83
三、关于控制鍛錘基础振幅和結構选型	84
四、关于柱基振动加速度	85
五、关于动荷載、支撑系統及其他	86
六、尚待进一步研究的問題	86
附录：两个鍛工車間的若干实测数据	87
第八篇 高温对单层工业厂房屋盖系統的影响	88
一、热源的特点	88
二、各車間所受輻射热的情况	88
三、厂房結構的使用情况	90
四、隔热措施	90
五、小結	91
附表 I：黑色冶金設計总院測得各类車間屋盖結構表面溫度的主要数据	
附表 II：一机部第一設計院对高温的机械工业厂房內构件最高表面溫度的估計	
第九篇 腐蝕对鋼筋混凝土屋盖系統的影响	93
一、鋼筋混凝土屋盖受腐蝕的几种情况	93
二、鋼筋混凝土薄腹梁及桁架防腐蝕的几个問題	94
三、对今后防腐蝕設計的几点建議	94

第 一 篇

单层工业厂房钢筋混凝土屋盖承重结构的选型

一、概 况

装配式梁（桁架），板体系的钢筋混凝土屋盖结构是目前单层工业厂房屋盖系统中采用得最多的一种结构形式，一般跨度在30米以下柱高在20米以下柱距在12米以下的单层工业厂房，绝大部分都采用了这种结构形式。1956年前国家建设委员会根据当时建设的需要，组织各部拟定和编制了一批全国通用的装配式钢筋混凝土构件的定型设计，几年来不断地得到补充和修改已形成了一套较完整的标准图集，广泛应用于工业厂房结构中。同时，各部还根据本部门厂房结构的特点陆续编制了一些钢筋混凝土构件的标准图集。补充了全国通用图的不足。这些图集一般说来是符合坚固适用经济合理技术先进的原则的，但在几年来的使用中也发现了一些问题，取得了一些经验教训，归纳起来有以下几点：

（一）必须要有全面

结构的选型一般来讲决定于生产使用要求结构本身的性能，结构的技术经济指标，材料供应条件和施工制作条件等因素。

这些因素必须全面考虑才能达到多快好省的目的。过去由于经验不足认识也不够全面，过多地强调了构件的技术经济指标，从表面上看来一次投资上似乎节约了一些，但实际上效果并不好，例如有些厂房屋盖的加固费用和耗钢量几乎和新建一座厂房一样结果是一个厂用了两个厂的材料和金钱。又如，某厂房结构，在设计时扣得紧了一些，仅仅为了检查18榀屋架的质量情况就花了800多个劳动力，如果把影响生产的时间和产值计算在内就更加惊人了。

（二）合理选择结构安全度：

现在采用的大型屋面板在灌缝后能起一定的整体作用，所以安全度是比较大的，例如在某些炼钢车间上的积灰重量达1500公斤/米²以上，大大超过了板的设计承载能力但是板并没有破坏。某一厂房，由于生产上的事故，把柱子打折了，但屋架被屋面板吊住了，厂房未发生倒塌事故，说明屋面板的安全度是很大的。而屋架由于混凝土标号用得较高，施工不易保证设计要求；粗钢筋的对焊尚存在一定问题，钢筋的强度不够稳定，比设计的平均流限要低得多，加上屋面超载现象比较严重，设计中对屋架的次应力和振动等的影响考虑得较少，因此屋架中的安全度要比屋面板小得多。屋盖系统的质量事故绝大多数是发生在屋架上。屋面板的安全度大大超过屋架的安全度是值得研究和改进的因为从构件的重要性来讲，后者比前者重要，从出事故的危害性来讲也是后者大得多，从确保主要承重结构物安全度的观点来看，后者的安全度应比前者大方才合适。

当然安全度牵涉到结构，材料施工以及经济政策等方面的综合性问题，需要有关单位经过全面研究后才能彻底解决的，但由于屋面承重结构所用材料和费用占整个结构的比重较

大發生的質量事故又較多，因此在选型時應充分根據具體情況考慮屋蓋的安全度問題。

(三) 統一化規格化的問題：

統一化規格化對於提高工廠化程度，節約模板，降低造價以及保證構件質量加速建設速度的重要性早已是大家所知道的了，但儘管如此目前仍存在構件種類太多的情況。以目前採用得最多的拱形屋架為例，中建部，一機部第一設計院，三機部第四設計院，第五設計院、鐵道部專業設計院，黑冶設計總院以及各地方院都有各自的标准圖或統一詳圖，其中大多數是大同小異的，而且這些圖紙又往往同時在同一地區同一工地施工，給施工上帶來不必要的人力和物力上的浪費。

總之，屋面結構的选型牽涉因素很多的複雜問題，选型必須要有全面觀點，要算總賬，根據因地因工程制宜的原則，結合現有技術水平和材料供應情況做出決定，方能做到堅固適用，經濟合理和全面貫徹多快好省的方針。

二、选型中幾個問題的分析

根據幾年來的實際經驗选型中有以下的幾個具體問題：

(一) 桁架和梁的選擇問題

桁架和梁的選擇應從施工和使用條件及技術經濟指標等方面來考慮梁的主要優點有：

1. 形式簡單，制作方便，比較容易保證質量。
2. 梁的高度比屋架小，穩定性比較好，可以簡化屋蓋支撐系統。
3. 安裝比較方便，不需設置臨時支撐，扶直運輸也比較簡單。
4. 有懸掛荷載時處理比較簡單。
5. 對有振動和有侵蝕性介質的車間梁式結構更為合適。

梁式結構的主要缺點是：

1. 與桁架比自重較大。
2. 由於在梁高範圍內不能通過設備管道，所以有時需要提高車間屋架下弦的高度。
3. 目前預應力大梁的施工條件還較差，因此用的較少。

梁和屋架的技術經濟指標如表 1 所示：

參考表 2 的技術經濟指標比較和各種構件的施工和使用條件，綜合歸納意見如下：

當跨度為 12 米時：梯形屋架最費，拱形桁架的用鋼量和造價基本上與非預應力薄腹梁相同，但考慮到梁式結構在施工上和使用上的優點，採用梁式結構是比較合適的。整體式預應力大梁雖然指標較好，但施工時需有台座等設備，而且又受到運輸條件的限制，目前國內還很少採用，組合式大梁指標較差，因此在一般情況下仍以採用普通薄腹大梁為宜，但當廠房的振動較大和有侵蝕性介質時則應採用預應力大梁。

當跨度為 15 米時：多腹杆拱形屋架的用鋼量最少，梯形屋架與大梁大致相等，造價上出入不大，根據目前國內實際施工水平。梁式結構比較容易保證質量，因此一般還是以採用梁式結構的為多。預應力大梁比非預應力大梁能節約較多的鋼材，並能減輕自重，減少裂縫，因此在有條件時宜考慮採用預應力大梁。當屋面荷載較大或由於建築造型上等其他原因的要求，可以考慮採用拱形屋架。

屋 面 承 重 結 构 技 术 經 济 比 較 表

表 1

跨 度	构 件 名 称	用 鋼 量 $kg/每 榀$					自 重 (T)	綜 合 造 价	
		本 身	支 撑	附加构件	共 計	百分比		元/ m^2	百分比
12 m	非預应力大梁	303			303	100%	4.2	30.56	100%
	預应力整体式大梁	258			258	85.5%	3.8	30.04	98%
	預应力組合式大梁	333			333	110%	4.2	32.92	107%
	梯形屋架	285	75		360	119%	3.5	32.50	106%
	多腹杆拱形屋架	260		25	285	94%	2.7	29.40	96%
15 m	非預应力大梁	565			565	100%	6.8	31.10	100%
	預应力整体式大梁	438			438	77.5%	4.8	30.45	99.3%
	預应力組合式大梁	503			503	89%	5.4	33.28	109%
	梯形屋架	432	107		539	95%	4.5	31.00	101%
	多腹杆拱形屋架	347		30	377	66.5%	3.6	29.00	94.6%
18 m	預应力整体式大梁	692			692	111%	7.1	33.21	103%
	預应力組合式大梁	753			753	120.5%	7.7	35.76	111%
	梯形屋架	650	152		802	128.5%	5.4	36.38	113%
	預应力梯形屋架	600	152		752	120%	5.4	37.43	116.5%
	多腹杆拱形屋架	548	108	30	686	109%	4.3		
	預应力多腹杆拱形屋架	488	108	30	628	100%	4.3	32.13	100%

注：(1) 附加构件系指由于上弦加长而增加的非标准板。

(2) 綜合造价系根据1960年北京地区預算定額計算，包括柱頂以上之全部构件即板，支撑及附加牆等等。

(3) 表中指标系根据屋面荷載 $400 kg/m^2$ 計算。

当跨度为18米时：預应力 多腹杆拱形 屋架 最为經濟（它比預应力 大梁 节约 用鋼量 10~20%即0.6~1.2公斤/平方米，而节约 造价 3~10%即1~3.5元/平方米，比梯形屋架节约 用鋼量 20%即1.2公斤/平方米，节约 造价 10~15%即4~5元/平方米，）所以在目前情况下应大量采用；当根据使用条件需采用平屋頂而且又具备預应力施工条件时，則应考虑采用預应力大梁，否則可采用普通鋼筋混凝土梯形屋架，一般不宜采用預应力梯形屋架。

当跨度大于18米时：梁式結構重量較大，起重和运输都比較困难，所以一般不宜采用。

(二) 屋架的形式問題

1. 拱形屋架与梯形屋架的比較

在一般情况下，梯形屋架的缺点是：

(1) 技术經濟指标比拱形屋架較差，見表2。

一般讲来，梯形屋架要多用鋼材25~50%增加重量20~30%，造价也高出25~35%左右，梯形屋架技术經濟指标較差的主要原因有以下几点：

① 矢高較低：由表3可以看出，由于梯形屋架受屋架端部高度的限制，矢高不能做得太高，否則由于端部高度不統一会引起支座处处理的复杂及增加支撑和外圍牆的高度。梯形屋架的中部矢高降低，就必然引起屋架弦杆中內力增大，用鋼量增多。

② 梯形屋架的杆件內力大小不均：梯形屋架中杆件內力变化很大，在下弦中（見图1）， x_1 的拉力較 x_2 的拉力小30~50%，为了构造方便在下弦中配通长鋼筋，則在 x_1 內的鋼筋显然不能充分被利用。

梯形屋架与拱形屋架技术经济比较表

表 2

跨 度 桁 架 形 式		18 ^m		24 ^m		30 ^m	
		用 鋼 量 kg/每榀	重 量 T	用 鋼 量 kg/每榀	重 量 T	用 鋼 量 kg/每榀	重 量 T
非 預 應 力	拱形	481	5.6	891	11		
	多腹杆	392	6.9	851	8.0		
	梯形	525	7.5	1,127	9.7		
預 應 力	拱形	472	6.1	843	8.2	1,576	13.3
	多腹杆	396	6.3	705	7.5	1,294	11.7
	梯形	537	7.3	1,052	9.7	1,593	14.3

梯形屋架与拱形屋架矢高比较表

表 3

屋 架 形 式	18 ^m		24 ^m		30 ^m	
	$f(m)$	f/l	f	f/l	f	f/l
拱形	2.6	$\frac{1}{7}$	3.2	$\frac{1}{7.5}$	3.8	$\frac{1}{7.9}$
梯形	2.55 ($h=2.0$)	$\frac{1}{7}$	2.75 ($h=2.2$)	$\frac{1}{8.8}$	3.25 ($h=2.2$)	$\frac{1}{9.3}$

注：表中 f 为桁架中部高度， l 为跨度， h 为梯形屋架端部高度。

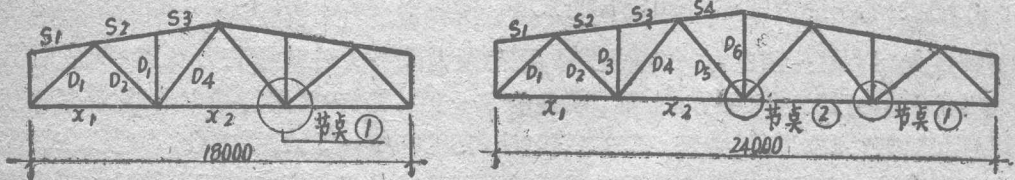


图 1 梯形屋架图形

如采用分段配筋，增加了锚固长度所需的钢筋。因此，一般梯形屋架的下弦比拱形屋架下弦约多用钢材10%以上。

在上弦杆件中，上弦端杆 S_1 （见图1）为 O 杆，而且 S_3 与 S_4 的内力也不一致，一般在 O 杆中需配较多受弯钢筋，而且在其他杆件中的配筋也需照较大的杆件设计，所以上弦杆中钢筋强度也不能全部被利用。

在腹杆中内力变化更大，端部斜杆 D_1 受很大压力，第二杆斜杆 D_2 则受很大拉力，一般需施预加应力，否则将产生较大裂缝。其他复杆的内力则逐渐减小，不象拱形屋架中复杆内力都很小。因此梯形屋架复杆中的耗钢量一般要比多腹杆拱形桁架腹杆的耗钢量多一倍左右。

③梯形屋架节点多，耗钢量也大。

由以上三点可以看出，拱形屋架的受力性能比较合理，屋面荷载可以通过上弦直接传到支座，上下弦内力均匀，腹杆内力小，因此材料强度能被充分利用，所以比梯形屋架较省。

④节点处理比较复杂：拱形屋架仅仅上下弦受力大，因此只有端节点受力大，但梯形屋

架中由于腹杆内力大，除端节点外，其他节点例如离支座第一个节点（见图1节点①）处，斜杆 D_2 受较大拉力，处理也比较困难。

此外梯形屋架腹杆较多，往往有三个腹杆交于一点（在拱形屋架中可以设法避免），例如图1中之节点①②等，由于腹杆多，许多钢筋都汇聚在一个节点中，引起钢筋过密，不易施工，不易保证质量。

⑤预应力配筋比较复杂——在跨度大于18米的预应力梯形屋架中由于斜杆拉力大，下弦杆应力不均，因此要配置三种预应力钢筋，这样使屋架必须做成块体组合式，增加了预应力筋的螺絲端杆，及张拉次数，而且节点构造，施工方法也更为复杂。



图2 梯形屋架预应力配筋图

⑥屋架扶直比较困难：在扶直过程中，拱形屋架两端基本上可以不离地，不必另设吊点，而梯形屋架两端必须加吊点。当屋架跨度较大时，如图3所示，拱形屋架需要三点扶直，而在梯形屋架则至少需要四点，而且

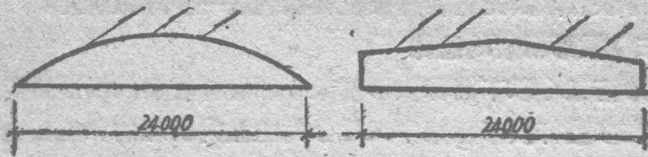


图3 梯形屋架与拱形屋架扶直点比较

四点的距离远较三点为宽。吊点越多距离越宽则越不容易均衡扶直，扶直时对上弦受力情况也不利，因此在施工中也越容易发生问题。

⑦支撑系统复杂，屋面正体作用较差：梯形屋架两端高度大，屋面水平力要通过二端垂直支撑传递到柱顶，增加了支撑用量，由于屋面水平力不能直接传给柱顶，屋面正体性也较差。

⑧端部高，受风影响大：由于端部高，增加了外围砖墙用量，因而受风面积大，增加了柱子及基础的弯矩，在风力大的地区采用梯形屋架是不经济的。

梯形屋架的优点是：

（1）屋面坡度小，能满足某些生产工艺要求：

例如在转炉车间，屋面积灰多，梯形屋架屋面平坦，便于上人清扫，且比较安全。又对于某些需要在屋架下弦增加顶棚，增设搁楼的车间，如造纸车间，人造纤维厂纺丝等车间，在搁楼内需设通风管道等设备时，梯形屋架两边较高，而且在相邻两跨中也可互相通行便于上人检修和管理。

（2）避免屋面滞青淌流现象：在拱形屋架中，由于两端坡度较大，在高温车间以及夏季炎热的地区，屋面滞青容易发生流淌现象。

（3）挡风板高度较低：在热车间中天窗处需设挡风板，由于挡风板的上顶高度有固定要求，而拱形屋架的坡度较大，因此其挡风板就比梯形屋架高。

（4）排水情况较好：拱形屋架在天沟处坡度大，填充料用得更多，重量很大，而且由于屋面横向坡度大天沟纵向坡度小，因此天沟聚水往往过多，造成屋顶雨水溢出檐口的现象。

（5）与钢屋架及屋面大梁等的外形相似，建筑造型上容易处理：在某些大型车间和高温车间中常常有与钢屋架交接的情况，梯形屋架外形与钢屋架相似，端部高度也容易取得一致，因此无论在建筑造型或是交接节点处理上都比较方便，在与钢筋混凝土屋面大梁

同时应用时，外形上也比較容易統一。

总的說来，由于拱形屋架在受力性能上比較合理优点是比較显著的，在一般情况下应当优先采用，对其端部坡度太大等缺点尙应采取办法予以改进。梯形屋架在使用上有其独特的优点，在高温車間等有特殊要求的車間中仍需采用。

2. 五角形屋架：五角形屋架的形式如图4所示，它具有一定的优点，主要为：

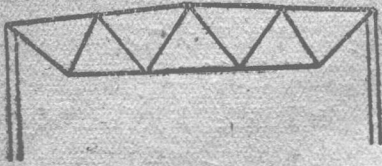


图 4

(1) 屋架重心低稳定性好，不会发生傾复，吊装也簡單。

(2) 屋架的安装可以在固定地点进行垂直起吊，通过在柱頂上鋪設軌道的方法在高空进行水平移动，解决了缺乏起吊設備的困难，电力部某工程的42米跨度屋架，自重达40T以上，就准备用上述方法解决吊装問題。

五角形屋架与梯形屋架比較，它具有梯形屋架的全部优点，而且它的稳定性又比梯形屋架好得多。捷克已将此屋架作为国定标准，但五角形屋架也存在着技术經濟指标較差，柱頂需要加高，下弦折綫配筋較困难等缺点，因此这种屋架值得我們进一步詳細研究。

(三) 拱形桁架的选择

拱形桁架可以分为腹杆較少的拱形桁架（以下簡称拱形屋架）和腹杆較多的拱形屋架一般称多腹杆拱形屋架，两大类型，在多腹杆拱形屋架中又可分为上弦为折綫的和上弦为曲綫的两种，前者一般称为多边形或折綫形屋架。

多腹杆拱形屋架与拱形屋架比較，有以下优点：

1. 技术經濟指标好：由于腹杆多，縮短了上弦节間长度，減小了上弦的局部弯矩及其受压計算长度，截面及配筋，也相应减小，因此其技术經濟指标比一般拱形屋架好，从表Ⅱ-2中可以看出，多腹杆拱形屋架比拱形屋架可以节省鋼材15%和減輕自重10%左右。

2. 便于設置悬挂設備：由于下弦节間較短，对設置悬挂运输設備或其他悬挂設備时比較簡單，而且也便于在下弦設置承受运输設備所需之水平支撐。而拱形屋架下弦节間太长，需將悬挂設備吊到上弦去，或者要加很長的橫向鋼梁，設置制动水平支撐也較困难。

3. 下弦受力性能較好：屋架下弦一般系按中心受拉計算，但实际上由于自重而产生的附加弯矩的影响，隨下弦节間长度的减小而减少，因此下弦受力性能得到一定的改善。当在下弦施加預应力时，由于下弦节間短仅需增設較少的临时支撐。

4. 抗振性能較好：由于上下弦节間較小，在受振动情况下，無論是正体屋架的抗振性能或是杆件本身的抗振性能都比較好。

多腹杆拱形屋架的主要缺点是腹杆杆件制作时模板及配筋都比較复杂。

总的看来，多腹杆拱形屋架的优点比較多，施工虽然較复杂，但問題并不大，应尽量采用多腹杆拱形屋架。目前尙在采用的預应力拱形屋架标准图集G211，設計的时间較早，形式上不如多腹杆拱形屋架标准图集（G215）合理，建議应将前者撤消。

在多腹杆拱形屋架中上弦究竟应用直綫形还是弧形这个問題上，目前尙有分歧意見，采用弧形上弦的主要优点是减少上弦弯矩在同样的条件下弧形上弦比折綫上弦的强度要高，但施工較困难，稍有偏差对受力情况改变較大，采用折綫杆的优点是計算与施工都比較方便，但强度要低一些。

一机部第四設計院在1958年曾經設計过跨度为12米，15米，18米，24米的非預应力多

边形桁架，在使用过程中发现了一些问题，经调查主要是下弦钢筋强度用得太多，屋架上弦截面太小等设计上不够合理而引起的，并不是屋架形式本身的问题，1959年华东设计院根据需要设计了华东地区使用的多边形拱形屋架，经在安徽等地使用其效果还是比较好的，实践证明，不管是预应力的还是非预应力的，采用多腹杆拱形屋架形式都是比较好的，但目前没有非预应力多腹杆拱形屋架图集，因此在没有预应力施工条件的地方往往被迫采用其他屋架，建议应设计一套非预应力的多腹杆拱形屋架。

(四) 梯形屋架的选择

建工部北京工业建筑设计院曾设计了两套普通钢筋混凝土梯形屋架图 G 116 和 G 117，后者的特点是：

1.适当增加了腹杆（见图 5），使上弦节点减小，减少上弦弯矩，而且在天窗端壁处，屋架也受节点荷载。

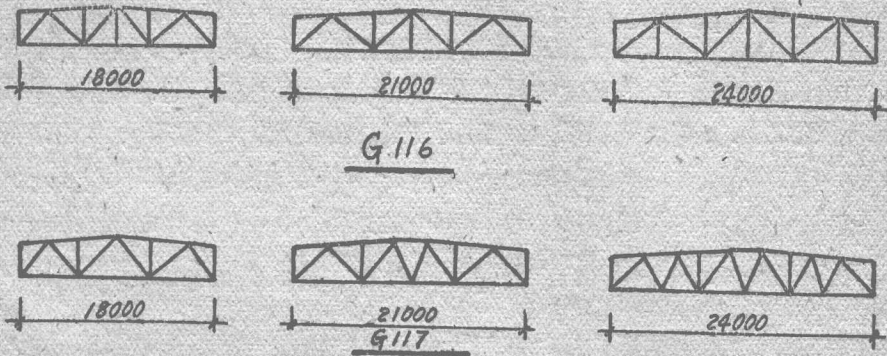


图 5

2.桁架节点加强，端节点箍筋由 $\phi 8$ 改为 $\phi 12$ ，中间节点箍筋也加强而且腹杆主筋全伸入下弦。

3.屋架自重较轻，一般自重减轻 5—10%（见表 II-4）。

4.二者用钢量基本上相等（见表 4）。

C 117 与 C 116 图集之梯形屋架技术经济指标比较表

表 4

跨 度	指 标	用 钢 量		自 重	
		钢 用 量 kg	%	每 榀 T	%
18	C 116	552.2	100%	6	100%
	C 117	576.3	104%	5.4	90%
21	C 116	760.8	100%	7.8	100%
	C 117	763.2	101%	7.7	95%
24	C 116	1063.4	100%	9.9	100%
	C 117	1063.9	100.5%	9	91%

5.在图集编制方法上，采用了五种屋面荷载等级比 G 116 用的三种荷载更为合理，选用方法也较简单。该图集已在山东某电机厂牵引车间中使用了 93 榀，自开工使用以来尚未发现什么问题，因此 G 117 比 G 116 好，建议取消 G 116 图集以 G 117 代替。

預应力梯形屋架图集G 212, 是1957年設計的, 它与非預应力梯形屋架比較, 重量較重, 一般重27%左右, 但用鋼量省15%左右(見表5), 由于是用6米块体組合而成, 又有斜向預应力鋼筋, 因此施工比較困难。因此对該图集有进一步研究改进的必要。

預应力梯形屋架C 212与普通梯形屋架C 117技术經濟指标比較表

表 5

跨 度	技术經 济指 标 图 集 号	用 鋼 号		自 重	
		每 榀 用 量 kg	%	每 榀 T	%
18 ^m	非預应力C 117	576.3	100%	5.4	100%
	預应力C 212	498.8	86.5%	6.92	123%
24 ^m	非預应力C 117	1063.9	100%	9	100%
	預应力C 212	868.8	82%	11.3	127%

黑色冶金設計总院也設計有普通及預应力的鋼筋混凝土梯形桁架图集, 形式上与建工部北京工业設計院的相同, 但其寬度較大, 并且根据冶金厂房热車間的特点, 将下弦計算平均裂縫寬度限制在0.05毫米范围以內, 因此其安全度較大, 但重量大, 用鋼量多20~0%左右。

三、对新型屋盖結構形式的意見

除了目前常用的屋盖結構形式以外, 对于今后应如何进一步改进結構形式, 在会議上也交换了意見, 現將几种有参考价值的形式提出大家参考。

(一) 装配整体式剛架: 目前我們采用的装配式鋼筋混凝土結構中, 都是簡支的梁板系統, 用鋼板互相焊接起来, 这种做法有以下几个缺点。

1. 由于結構沒有形成整体, 不能充分發揮結構物的受力作用, 用鋼量大。能充分发挥整体作用, 尙可以节约鋼材10%左右。

2. 由于結構沒有形成整体, 剛度小, 柱頂与橫梁鉸接的排架与剛接排架相比, 剛度要差20%左右。一般簡支屋面大梁的垂度为 $\frac{l}{340}$ 左右, 而三跨連續梁的, 撓度可减小到 $\frac{l}{750}$ 。

3. 节点处鋼板消耗量大。

4. 对跨度大的构件, 制作运输較困难, 不如装配整体式結構能将构件拆成几段再装配起来。

装配整体式剛架在厂房屋盖系統中有广泛的发展前途, 目前已采用的 有以下几种形式:

1. 悬臂梁形式如图 6 所示。

2. 剛架形式

装配整体式剛架除上述优点外, 其本身为一整体結構, 即使在某一点由于施工或材料問題而强度达不到要求时, 也可以通过塑性重分布自动調整其內力, 不致馬上发生倒塌事故, 因此可以說其安全度也是比較大的。总的看来, 装配整体式結構是很有发展前途的, 但目前在这方面还缺乏足够的經驗, 同时还存在一系列具体問題, 例如高空焊接的质

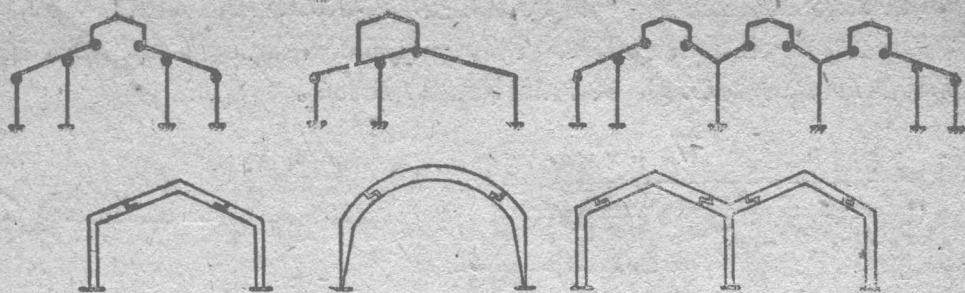


图 6

量問題；构件的規格准确度問題；接头澆灌混凝土的冬季施工問題，以及对地基沉陷的限制等等还有待进一步通过实践和研究。

(二) 装配整体式筒壳：装配整体式筒壳系拱形屋架上鋪大型屋面板，在屋面板肋上留出鋼筋头与相邻板上的鋼筋头互相焊接，然后将板与板澆灌在一起，使之成为一个整体的折綫形筒壳，采用这种結構，是更充分利用現有結構潜在能力的一种办法，通过初步研究和参考苏联有关資料，証明这种結構有以下几个优点：

1. 能充分发挥板的空間受力作用，据苏联試驗結果报导，将板装配成整体后，其承载能力可比单块板的承载能力提高 2.7 倍，同时一部分屋面荷载可以通过与拱形屋架上弦平行的剪力傳遞給拱架，因此拱架的承载能力也可提高。

2. 技术經濟指标好，根据苏联的資料介紹，当柱网为 6×12 米时，比用一般梁板可节省 20% 左右，当柱网为 12×24 米有悬挂设备有天窗时，混凝土用量为 10 厘米/平方米，鋼材用量为 8.7 公斤/平方米。根据国内試制图紙的初步分析，大致和上述情况相同。

3. 施工方便，解决了一般壳体中存在的施工复杂，需要架設鷹架和模板消耗量大等缺点。

4. 和目前国内常用的結構形式基本上变化不大，面板可以用 1.5×6.0 米， 1.5×12 米及 3.0×6.0 米的 Π 形板式拱形板，边梁可用一般預应力拱形屋架，柱网布置也无特殊要求，因此便于推广。

5. 适用于 12 米柱距的厂房，可以省掉模板，符合于今后扩大柱网的要求。

但目前这种做法还存在下列問題：

1. 由于在板及屋架上均需留出鋼筋头，模板制作比較麻煩，安装时鋼筋互相碰撞。

2. 构造上如何保証其整体作用問題。

3. 双向異性的短筒壳尤其是开天窗时的实用計算方法問題。

4. 壳体对承受振动，不均匀沉陷等的性能問題。

目前装配整体式筒壳，国内尚未正式采用，建工部建筑科学研究院和北京工业設計院以及太原新結構基地三个单位正在协作进行这方面的試制試驗和研究工作。

(三) 先張法預应力大梁：由于梁式結構有前述的許多优点，国外已广泛采用，苏联已采用了 30 米跨度的預应力屋面大梁，西欧各国甚至跨度更大。我国目前由于屋面板重量較大，鋼材强度和混凝土标号較低以及运输条件的限制，因此，还用得不多，但随着条件的日益改善，預应力大梁的应用范围也应日益扩大，这对振动較大及悬挂荷载較多以及有侵蝕性介质的厂房中尤其值得注意。

(四) 12米柱距屋盖形式——由于工艺的要求，增加工艺布置灵活性，增加車間有效面积，因而要求加大柱距的趋势将越来越多，一机部第一設計院对常用的12米×12米柱网屋盖系統作了詳細的比較方案，其詳細情况见图7及表6。

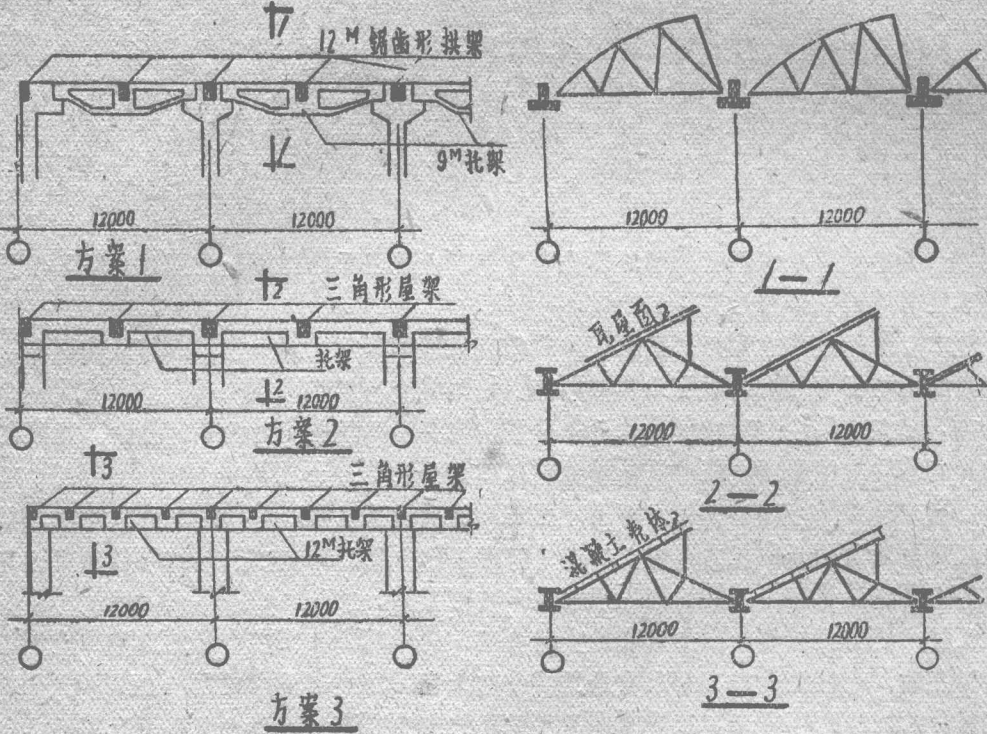


图 7
12米×12米柱网屋盖結構技术經濟指标(纵横方向各能悬挂2台1梁式吊車) 表 6

	方 案 1	方 案 2		方 案 3		方 案 4	
		a	b	a	b	a	b
屋面	拱板	瓦屋面鋼箍標条	鋼筋混凝土筒壳	大型板	拱板	大型板	拱板
屋架(梁)	鋸齒形拱架6米間距	鋼筋混凝土6米間距	三角形屋架3米間距	屋面大梁結1096米間距		屋面大梁結1096米間距	
托架(梁)	鋼筋混凝土托架如图	鋼筋混凝土托架如图	如图	托梁，結詳01-07		托梁，結詳3064	
天窗				Π字形		Π字形	
防寒层		刨花板	刨花板	泡沫混凝土		泡沫混凝土	
防水层			防水砂浆	防水砂浆		防水砂浆	
混凝土厘米/米 ²	8.3	4.6	8.3	12.3	11.3	11.3	10.3
鋼公斤/米 ²	9.7	6.9	8.9	16.0	15.0	15.0	14.0
造价元/米 ²	21.0	21.2	21.2	32.5	28.7	30.9	27.2

四、小 結

根据以上的分析，对目前常用鋼筋混凝土屋盖系統的选型和改进意見可以归納成以下几点：

(一) 屋 面 板

1. 在一般情况下宜采用 1.5×6.0 米的钢筋混凝土大型屋面板；为了统一板的规格尽量采用G 103 标准图集；为了保证屋面板的刚度，一般不宜采用肋高为25厘米的大型屋面板。

2. 为了保证质量，在可能条件下应尽量采用预应力大型屋面板，根据目前情况一般可以采用长线法张拉的粗钢筋预应力大型屋面板。

3. 在制作及运输上无特殊困难时，建议采用 3.0×6.0 米的大型屋面板。建议编制一套预应力的 3.0×6.0 米大型屋面板标准图集。

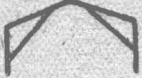
4. 为了确保屋面板的制作质量，不得采用翻模模板进行生产，同时应注意起吊时间不要过早，避免产生过多裂缝；对模板应经常注意检查维修，保证屋面板的外形符合标准。

5. 根据目前具体情况，宜将屋面板的外形尺寸适当缩小，即长向缩短5毫米，横向缩短10毫米，以保证屋面板在安装时不致安放不下。同时屋面板与屋架上弦的连接钢板不宜做成菱形，而仍应做成矩形，并且其尺寸不宜小于 140×140 毫米。

6. 拱形屋面板具有很好的技术经济指标，建议重点试用以便进一步取得大面积使用的经验。

(二) 天 窗 架

1. 天窗架对屋盖系统影响很大，在可能情况下应尽量避免采用。

2. 在一般情况下仍可采用  形的钢筋混凝土天窗架，但天窗架杆件的断面及节点处理应予改进。

3. 对通风要求不高、窗扇不大的冷车间，可以采用纵向承重天窗框。

4. 天窗端壁宜改用轻质材料制作。

5. 三角形采光天窗架具有重量轻、指标好的优点，宜重点试用以便进一步取得经验。

(三) 屋架及屋面大梁

1. 当跨度为15米及15米以下时，一般可以采用非预应力屋面大梁，但当具备预加应力施工条件时，则对12米及15米大梁可以考虑采用先张法预应力大梁。

2. 当跨度为18米时，一般可以采用多腹杆拱形屋架，但当由于工艺或其他原因必须采用平顶屋面时，可考虑采用预应力大梁或者非预应力梯形屋架。

3. 当跨度大于18米时，一般可以采用多腹杆拱形屋架，但当由于工艺或其他原因必须采用平顶屋面时，可考虑采用预应力或非预应力梯形屋架。

4. 一般宜用多腹杆拱形屋架代替一般拱形屋架，G 211 图集建议停止采用。多腹杆拱形屋架目前种类太多，建议予以统一。

5. 建议停止使用钢筋混凝土梯形屋架图集G 116而用G 117图集代替。在可能条件下应考虑与黑色冶金设计院编制的梯形屋架相统一。预应力梯形屋架图集G 212设计时间较早，已不符合目前情况应考虑修改。

6. 建议编制一套统一的非预应力多腹杆拱形屋架图集，以满足目前使用的需要。

7. 预应力薄腹大梁图集G 202、G 203设计时间较早，已不符合目前情况，应考虑根据新的规范予以修改；整体式先张法预应力大梁的形式仍应保留，但对块体组合式大梁宜改为整体式后张法或两拼式后张法屋面大梁。

第二篇 屋 架

一、概 論

北京地区各設計与施工单位在单层工业厂房上所采用的钢筋混凝土屋架形式很多，主要形式为拱形与梯形。拱形屋架有四种：（一）預应力拱形屋架。（見图 1）（二）預应力多腹杆拱形屋架。（見图 2）（三）非預应力多边形屋架。（見图 3）（四）上弦呈折綫形的拱形屋架。（見图 4）梯形屋架有两种：（一）非預应力梯形屋架。（見图 5）（二）預应力梯形屋架。（見图 6）其他还有：三角形屋架。（見图 7）下撑式屋架。（見图 8）和腹部采光式屋架。（見图 9）



图 1



图 2



图 3



图 4



图 5



图 6



图 7



图 8



图 9

拱形屋架采用得最多，几乎遍及全国各地。梯形屋架次之，黑色冶金系統厂房采用得較多。其他形式屋架采用較少，仅在少数厂房工程中采用。

这几种屋架实际使用結果証明，絕大部分是好的，可以繼續推广；有的需要稍加改进后可以繼續采用；有的还存在一些問題，需要进一步研究，暫時不宜采用。

（一）拱 形 屋 架

1. 預应力拱形屋架：

这种屋架有建工部北京工业建筑設計院編制的結204图集、G211图集及一机部第一設計院編制的結統3002图集三种。跨度有18、24及30米三种。結204及結統3002图集全是在