

中华人民共和国行业标准
网架结构设计与施工规程

JGJ 7—91

1991 北京

中华人民共和国行业标准

网架结构设计与施工规程

JGJ 7—91

主编单位：中国建筑科学研究院、浙江大学

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1992年4月1日

关于发布行业标准《网架结构设计 与施工规程》的通知

建标〔1991〕648号

各省、自治区、直辖市建委（建设厅），计划单列市建委，国务院有关部门：

根据原城乡建设环境保护部（86）城科字第263号文的要求，由中国建筑科学研究院、浙江大学主编的《网架结构设计与施工规程》，业经审查，现批准为行业标准，编号JGJ7—91，自1992年4月1日起施行。原国家建筑工程总局批准的标准《网架结构设计与施工规定》JGJ7—80同时废止。

本规程由建设部建筑工程标准技术归口单位中国建筑科学研究院归口管理和解释。由建设部标准定额研究所组织出版。在实施过程中如有问题和意见，请函告中国建筑科学研究院。

中华人民共和国建设部
1991年9月29日

目 次

第一章 总 则	1
第二章 设计的一般规定	2
第三章 网架结构的计算	6
第一节 一般计算原则	6
第二节 空间桁架位移法的计算原则	7
第三节 简化计算法	7
第四节 地震、温度作用下的内力计算原则	9
第五节 组合网架结构的计算原则	12
第四章 杆件和节点的设计与构造	13
第一节 杆 件	13
第二节 焊接钢板节点	14
第三节 焊接空心球节点	16
第四节 螺栓球节点	18
第五节 支座节点	22
第六节 组合网架结构的节点构造	25
第五章 制作与安装	26
第一节 一般规定	26
第二节 制作与拼装要求	28
第三节 高空散装法	30
第四节 分条或分块安装法	30
第五节 高空滑移法	30
第六节 整体吊装法	32
第七节 整体提升法	34
第八节 整体顶升法	35
第九节 组合网架结构的施工	36
第十节 验收	36
附录一 常用网架形式	38

附录二	拟夹层板法的网架杆件内力计算公式及折算刚度.....	44
附录三	矩形平面周边简支网架拟夹层板法的弯矩和挠度表.....	47
附录四	网架结构竖向地震作用效应的简化计算	54
附录五	组合网架结构的简化计算	57
附录六	常用焊接钢板节点构造选用图	59
附录七	组合网架结构节点构造选用图	61
附录八	橡胶垫板的材料性能及计算构造要求	62
附录九	本规程用词说明	65
	附加说明	66

主要符号

- A_b ——网架下弦杆截面面积；
 A_t ——网架上弦杆截面面积；
 A_m ——支承（上承或下承）平面弦杆截面面积的算术平均值；
 A_{eff} ——高强度螺栓有效截面面积；
 D ——网架的折算抗弯刚度；钢球直径；
 d ——钢管外径；
 d_1, d_2 ——组成 θ 角的钢管外径；螺栓直径；
 d_s ——销子直径；
 E ——弹性模量；
 E_c ——柱子材料弹性模量；
 F_{EK} ——网架结构的总水平地震作用标准值；
 F_{EVK_i} ——作用在网架第 i 节点上竖向地震作用标准值；
 F_t ——总起动牵引力；
 F_{t1}, F_{t2} ——起重滑轮组的拉力标准值；
 f ——钢材的强度设计值；
 f_b^b ——高强度螺栓经热处理后的抗拉强度设计值；
 G_i ——网架第 i 节点的重力荷载代表值；
 G_k ——网架的永久荷载标准值；
 G_{OK} ——网架总自重标准值；
 g_{OK} ——网架自重标准值；
 H_c ——柱子高度；
 h ——网架高度；
 I ——简化为交叉梁系的折算惯性矩；
 K_e ——悬臂柱的水平刚度；

- L_1 ——网架的长向跨度；
 L_2 ——网架的短向跨度；
 l ——杆件几何长度；
 M ——拟夹层板的弯矩设计值；
 N_b ——网架下弦杆轴向力设计值；
 N_c ——网架斜杆轴向力设计值，受压空心球的轴向压力设计值；
 N_t ——网架上弦杆轴向力设计值，受拉空心球的轴向拉力设计值；
 N_t^b ——高强度螺栓的拉力设计值；
 N_v ——网架竖杆轴向力设计值；
 q_w ——除网架自重以外的屋面荷载或楼面荷载的标准值；
 r_1 ——滚轮的外圆外径；
 r ——轴的半径；
 s ——上、下弦杆长度；
 u ——位移；
 ω ——挠度；
 α ——网架材料的线胀系数；
 ξ ——系数；螺栓伸进钢球长度与螺栓直径的比值；
 η_c ——受压空心球加肋承载力提高系数；
 η_t ——受拉空心球加肋承载力提高系数；
 θ ——汇集于球节点任意两管的夹角；两螺栓之间的最小夹角；
 μ_1 ——滑动摩擦系数；
 μ_2 ——滚动摩擦系数；
 ρ_w ——挠度系数；
 ρ_{mx} , ρ_{my} ——无量纲弯矩系数；
 φ ——斜腹杆与下弦平面夹角；
 Δt ——温度差。

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为了在网架结构的设计与施工中，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，特制定本规程。

第 1.0.2 条 本规程适用于工业与民用建筑屋盖及楼层的平板型网架结构（简称网架结构），其中屋盖跨度不宜大于 120m，楼层跨度不宜大于 40m。

第 1.0.3 条 本规程是遵照国家标准《建筑结构设计统一标准》GBJ68—84、《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ83—85、《建筑结构荷载规范》GBJ9—87、《建筑抗震设计规范》GBJ11—89、《钢结构设计规范》GBJ17—88、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GBJ18—87 和《钢结构工程施工及验收规范》GBJ205，结合网架结构的特点而编制的。在设计与施工中，除符合本规程的要求外，尚应遵守《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91 及其他有关规范的规定。

第 1.0.4 条 对受高温或强烈腐蚀等作用、有防火要求的网架结构，或承受动力荷载的楼层网架结构，应符合现行有关专门规范或规程的要求。直接承受中级或重级工作制的悬挂吊车荷载并需进行疲劳验算的网架结构，其疲劳强度及构造应经过专门的试验确定。

第 1.0.5 条 网架的选型和构造应综合考虑材料供应和施工条件与制作安装方法，以取得良好的技术经济效果。网架结构中的杆件和节点，宜减少规格类型，以便于制作安装。

第二章 设计的一般规定

第 2.0.1 条 网架结构可选用下列常用形式（附录一）：

一、由平面桁架系组成的两向正交正放网架、两向正交斜放网架、两向斜交斜放网架、三向网架、单向折线形网架。

二、由四角锥体组成的正放四角锥网架、正放抽空四角锥网架、棋盘形四角锥网架、斜放四角锥网架、星形四角锥网架。

三、由三角锥体组成的三角锥网架、抽空三角锥网架、蜂窝形三角锥网架。

第 2.0.2 条 网架的选型应结合工程的平面形状和跨度大小、支承情况、荷载大小、屋面构造、建筑设计等要求综合分析确定。网架杆件布置必须保证不出现结构几何可变情况。

注：本规程中大、中、小跨度划分系针对屋盖而言；大跨度为 60m 以上；中跨度为 30m~60m；小跨度为 30m 以下。

第 2.0.3 条 平面形状为矩形的周边支承网架，当其边长比（长边/短边）小于或等于 1.5 时，宜选用斜放四角锥网架、棋盘形四角锥网架、正放抽空四角锥网架、两向正交斜放网架、两向正交正放网架、正放四角锥网架。对中小跨度，也可选用星形四角锥网架和蜂窝形三角锥网架。当建筑要求长宽两个方向支承距离不等时，可选用两向斜交斜放网架。

第 2.0.4 条 平面形状为矩形的周边支承网架，当其边长比大于 1.5 时，宜选用两向正交正放网架，正放四角锥网架或正放抽空四角锥网架。当边长比小于 2 时，也可采用斜放四角锥网架。当平面狭长时，可采用单向折线形网架。

第 2.0.5 条 平面形状为矩形，三边支承一边开口的网架可按 2.0.3 条进行选型，其开口边可采取增加网架层数或适当增加整个网架高度等办法，网架开口边必须形成竖直的或倾斜的边

桁架。

第 2.0.6 条 平面形状为矩形，多点支承网架，可根据具体情况选用：正放四角锥网架、正放抽空四角锥网架、两向正交正放网架。对多点支承和周边支承相结合的多跨网架，还可选用两向正交斜放网架或斜放四角锥网架。

第 2.0.7 条 平面形状为圆形、正六边形及接近正六边形且为周边支承的网架，可根据具体情况选用：三向网架、三角锥网架或抽空三角锥网架。对中小跨度，也可选用蜂窝形三角锥网架。

第 2.0.8 条 对跨度不大于 40m 多层建筑的楼层及跨度不大于 60m 的屋盖，可采用以钢筋混凝土板代替上弦的组合网架结构。组合网架宜选用正放四角锥网架、正放抽空四角锥网架、两向正交正放网架、斜放四角锥网架和蜂窝形三角锥网架。

第 2.0.9 条 网架可采用上弦或下弦支承方式，如当采用下弦支承时，应在支座边形成竖直或倾斜的边桁架。

第 2.0.10 条 网架的网格尺寸和高度可根据网架形式、跨度大小、屋面材料以及构造要求和建筑功能等因素确定。对于周边支承的以下各类网架，可按表 2.0.10 选用。

网架的上弦网格数和跨高比

表 2.0.10

网架形式	钢筋混凝土屋面体系		钢檩条屋面体系	
	网 格 数	跨高比	网 格 数	跨 高 比
两向正交正放网架、正放四角锥网架、正放抽空四角锥网架	(2~4)	+0.2L ₂		
两向正交斜放网架、棋盘形四角锥网架、斜放四角锥网架、星形四角锥网架	(6~8)	+0.08L ₂	10~14	(6~8)+0.07L ₂ (13~17)+0.03L ₂

注：1. L₂ 为网架短向跨度，单位为 m。

2. 当跨度在 18m 以下时，网格数可适当减少。

第 2.0.11 条 多点支承的网架宜设柱帽。柱帽宜设置于下弦平面之下（图 2.0.11a）；也可设置于上弦平面之上（图 2.0.11b）；或上弦节点直接搁置于柱顶，柱帽呈倒伞形（图 2.0.11c）。

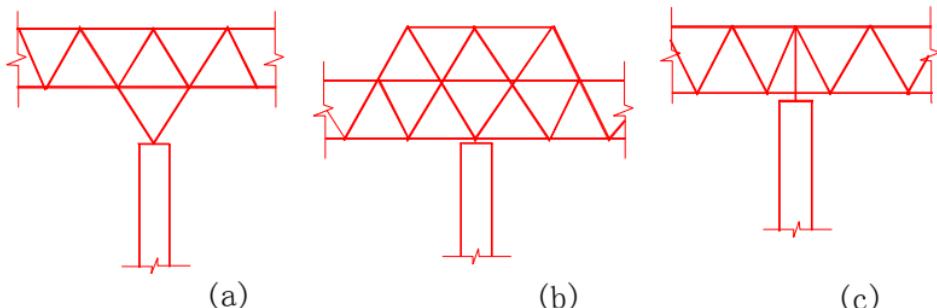


图 2.0.11 点支承网架柱帽设置

第 2.0.12 条 多点支承网架的悬臂长度可取跨度的 $1/4 \sim 1/3$ 。

第 2.0.13 条 当网架上弦杆节间有集中荷载或需要减少压杆的计算长度时，可设置再分式腹杆。对于由平面桁架系组成的网架（图 2.0.13a），或四角锥网架（图 2.0.13b），当设置再分式腹杆时，应注意保证上弦杆在再分式腹杆平面外的稳定性。

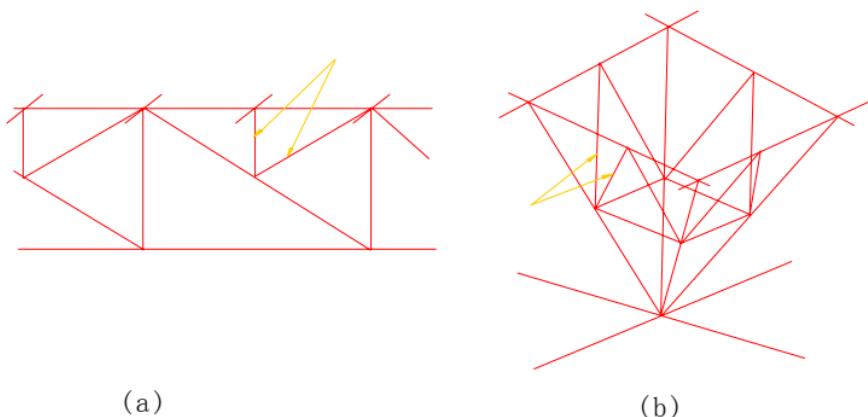


图 2.0.13 再分式腹杆设置

(a) 用于平面桁架系网架；(b) 用于四角锥体网架

第 2.0.14 条 网架屋面排水坡度的型式，可采用下列办法：

一、上弦节点上加小立柱找坡（当小立柱较高时，必须注意小立柱自身的稳定性）；

二、网架变高度；

三、整个网架起坡；

四、支承柱变高度。

第 2.0.15 条 有起拱要求的网架，其拱度可取不大于短向跨度的 1/300。

第 2.0.16 条 网架自重 g_{ok} (kN/m^2) 可按下式估算：

$$g_{ok} = \xi \sqrt{q_w L_2 / 200} \quad (2.0.16)$$

式中 q_w ——除网架自重以外的屋面荷载或楼面荷载的标准值 (kN/m^2)；

L_2 ——网架的短向跨度 (m)；

ξ ——系数，对于钢管网架取 $\xi=1.0$ ，对于型钢网架取 $\xi=1.2$ 。

第 2.0.17 条 网架结构的容许挠度不应超过下列数值：用作屋盖—— $L_2/250$ ，用作楼层—— $L_2/300$ 。 L_2 为网架的短向跨度。

第三章 网架结构的计算

第一节 一般计算原则

第 3.1.1 条 网架结构应进行在外荷载作用下的内力、位移计算，并应根据具体情况，对地震、温度变化、支座沉降及施工安装荷载等作用下的内力、位移进行计算。

对非抗震设计，荷载及荷载效应组合应按国家标准《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87 进行计算，在截面及节点设计中，应按照荷载的基本组合确定内力设计值；在位移计算中应按照短期效应组合确定其挠度。

对抗震设计，荷载及荷载效应组合应按国家标准《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89 确定内力设计值。

网架结构的内力和位移可按弹性阶段进行计算。

第 3.1.2 条 网架结构的外荷载按静力等效原则，将节点所辖区域内的荷载集中作用在该节点上。结构分析时可忽略节点刚度的影响，假定节点为铰接，杆件只承受轴向力。当杆件上作用有局部荷载时，应另考虑受弯的影响。

第 3.1.3 条 网架结构根据跨度大小、网架类型及工程情况可分别按下列规定选用不同方法进行内力、位移计算：

一、空间桁架位移法 适用于各种类型、各种支承条件的网架计算；

二、交叉梁系差分法 可用于跨度在 40m 以下的由平面桁架系组成的网架或正放四角锥网架的计算；

三、拟夹层板法 可用于跨度在 40m 以下的由平面桁架系或角锥体组成的网架计算，此法可考虑剪切变形和刚度变化的影响；

四、假想弯矩法 可用于斜放四角锥网架、棋盘形四角锥网

架的估算。

第 3.1.4 条 网架结构的支承条件，可根据支承结构的刚度、支座节点的构造情况，分别假定为二向可侧移、一向可侧移、无侧移的铰接支座或弹性支承。

第二节 空间桁架位移法的计算原则

第 3.2.1 条 空间桁架位移法是以网架节点的三个线位移为未知量、所有杆件为承受轴向力的铰接杆系有限元法，并利用电子计算机进行内力和位移计算。

第 3.2.2 条 当网架结构和外荷载有 n 个对称面时，可利用对称条件只需分析 $1/2n$ 网架。在计算时，对称面内各杆件的截面面积应取原截面面积的一半， n 个对称面交线上的中心竖杆，其截面面积应取原截面面积的 $1/2n$ ；对称面内节点荷载亦应按相同原则取值。

第 3.2.3 条 在对称荷载作用下，对称面内网架节点的反对称位移应取为零。在计算时应在相应方向予以约束；与对称面相交的杆件，作为结构分析的处理方法可将该交点作为一个节点并在三个方向予以约束；交叉腹杆或人字腹杆的交点位于对称面时，亦应作为一个节点并在两个水平方向予以约束。在反对称荷载作用下，对称面内网架节点的对称位移应取为零。

第 3.2.4 条 网架杆件截面可先根据经验或参照已建工程或由简化计算方法估算确定，计算后应按内力重新设计调整截面，并进行重分析，重分析次数宜取 3~4 次。

第三节 简化计算法

第 3.3.1 条 由平面桁架系组成的网架结构和正放四角锥网架结构，经过惯性矩的折算，可简化为相应的交叉梁系，用差分法进行内力、位移计算。梁的折算惯性矩 I 可按下式计算：

$$I = \frac{A_t A_b}{A_t + A_b} h^2 \quad (3.3.1)$$

式中 A_t 、 A_b ——分别为网架上、下弦杆截面面积（截面面积不等时，在差分法计算中可分别取上、下弦杆截面面积的算术平均值）；
 h ——网架高度。

第 3.3.2 条 由平面桁架系组成的网架，当采用交叉梁系差分法分析时，其网架弯矩和杆件内力可按下列公式计算（图 3.3.2）：

$$M_{A,x} = \frac{EI}{s^2} (2w_A - w_{A+1} - w_{A-1}) \quad (3.3.2-1)$$

$$N_t = -\frac{M_{A+1,x}}{h} \quad (3.3.2-2)$$

$$N_b = \frac{M_{A,x}}{h} \quad (3.3.2-3)$$

$$N_e = \frac{M_{A+1,x} - M_{A,x}}{s \cdot \sin\varphi} \quad (3.3.2-4)$$

式中 w ——由荷载设计值引起的竖向挠度；

h ——网架高度；

s ——上、下弦杆长度；

φ ——斜腹杆与下弦平面夹角。

N_v 由上弦节点（或下弦节点）的竖向平衡条件确定。

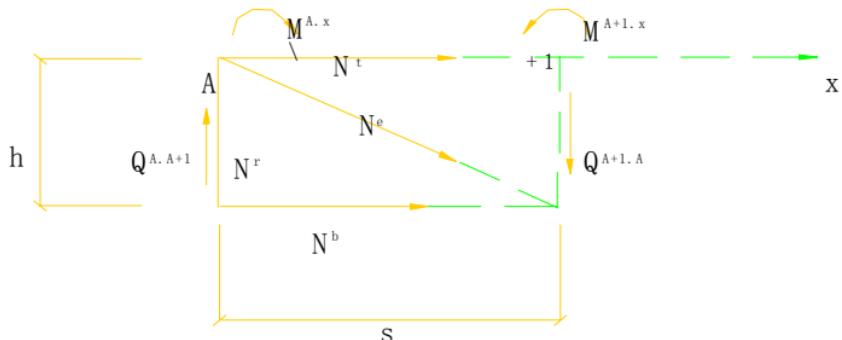


图 3.3.2 平面桁架系网架的弯矩与杆件内力

第 3.3.3 条 由平面桁架系或角锥体组成的网架结构，可简化为正交异性或各向同性的平板按拟夹层板法进行内力、位移计算。

第 3.3.4 条 对于两向正交正放、正放四角锥、正放抽空四角锥等三种网架，当平面形状为矩形、周边简支时，拟夹层板法的弯矩和挠度可按下列公式计算：

$$M_x = \frac{1}{10} (1.2G_k + 1.4Q_k) L_1^2 \rho_{mx} \quad (3.3.4-1)$$

$$M_y = \frac{1}{10} (1.2G_k + 1.4Q_k) L_1^2 \rho_{my} \quad (3.3.4-2)$$

$$w = \frac{1}{100D} (1.0G_k + 1.0Q_k) L_1^4 \rho_w \quad (3.3.4-3)$$

注：1. 当网架用于楼层且活荷载标准值不小于 4kN/m^2 时，公式 (3.3.4-1) 及 (3.3.4-2) 中 Q_k 的系数应取 1.3。

2. 当网架上作用有两个以上可变荷载时，其荷载效应组合应按国家标准《建筑结构荷载规范》GBJ9—87 确定。

式中 w ——荷载的短期效应组合下的挠度；

G_k ——网架的永久荷载标准值 (kN/m^2)；

Q_k ——屋面或楼面的活荷载标准值 (kN/m^2)；

L_1 ——网架长向跨度；

D ——网架的折算抗弯刚度，可按本规程附录二确定；

ρ_{mx} 、 ρ_{my} 、 ρ_w ——无量纲弯矩系数、挠度系数，可按本规程附录三查取。

将拟夹层板弯矩换算成网架杆件内力的一般计算公式，以及拟夹层板的折算抗弯刚度等物理常数可按本规程附录二附表 2.1 ~ 2.3 确定。当上弦、下弦、斜杆、竖杆等各类杆件截面面积不等时，可分别取其截面面积的算术平均值。

第四节 地震、温度作用下的内力计算原则

第 3.4.1 条 在抗震设防烈度为 6 度或 7 度的地区，网架屋盖结构可不进行竖向抗震验算；在抗震设防烈度为 8 度或 9 度的地区，网架屋盖结构应进行竖向抗震验算。

对于周边支承网架屋盖以及多点支承和周边支承相结合的网架屋盖，竖向地震作用标准值可按下式确定：

$$F_{Evk1} = \pm \psi_v \cdot G_i \quad (3.4.1)$$

式中 F_{Evk1} ——作用在网架第 i 节点上竖向地震作用标准值；
 G_i ——网架第 i 节点的重力荷载代表值，其中恒荷载取 100%；雪荷载及屋面面积灰荷载取 50%；不考虑屋面活荷载；
 ψ_v ——竖向地震作用系数，按表 3.4.1 取值。

竖向地震作用系数

表 3.4.1

设防烈度	场 地 类 别		
	I	II	III~IV
8	—	0.08	0.10
9	0.15	0.15	0.20

注：场地类别应按国家标准《建筑抗震设计规范》GBJ11—89 确定。

对于周边支承的网架，竖向地震作用效应可按本规程附录四计算。

对于悬挑长度较大的网架屋盖结构以及用于楼层的网架结构，当设防烈度为 8 度或 9 度时，其竖向地震作用标准值可分别取该结构重力荷载代表值的 10% 或 20%。计算重力荷载代表值时，对一般民用建筑可取楼层活荷载的 50%。

对于平面复杂或重要的大跨度网架结构可采用振型分解反应谱法或时程分析法作专门的竖向抗震分析和验算。

第 3.4.2 条 在抗震设防烈度为 7 度的地区，可不进行网架结构水平抗震验算。在抗震设防烈度为 8 度的地区，对于周边支承的中小跨度网架可不进行水平抗震验算；在抗震设防烈度为 9 度的地震区，对各种网架结构均应进行水平抗震验算。水平地震作用下网架的内力，位移可采用空间桁架位移法计算。

网架的支承结构应按有关规范的相应规定进行抗震验算。

第 3.4.3 条 网架结构如符合下列条件之一者，可不考虑由于温度变化而引起的内力：

一、支座节点的构造允许网架侧移时，其侧移值应等于或大于式（3.4.4—1）的计算值；

二、当周边支承的网架、且网架验算方向跨度小于40m时，支承结构应为独立柱或砖壁柱；

三、在单位力作用下，柱顶位移大于或等于下式的计算值：

$$u = \frac{L}{2\xi EA_m} \left(\frac{Ea\Delta t}{0.038f} - 1 \right) \quad (3.4.4-1)$$

如需考虑温度变化而引起的网架内力，可采用空间桁架位移法或其他近似方法计算。

当网架支座节点构造沿边界法向不能相对位移时，由温度变化而引起的柱顶水平力可按下列公式计算：

$$H_c = \frac{\alpha \Delta t L}{\frac{L}{\xi EA_m} + \frac{2}{K_c}} \quad (3.4.4-2)$$

$$K_c = \frac{3E_c I_c}{H_c^3} \quad (3.4.4-3)$$

式中 K_c ——悬臂柱的水平刚度；

E_c ——柱子材料弹性模量；

I_c ——柱子截面惯性矩，当为框架柱时取等代柱的折算截面惯性矩；

H_c ——柱子高度；

α ——网架材料的线胀系数；

E ——网架材料的弹性模量；

f ——钢材的强度设计值；

L ——网架在验算方向的跨度；

A_m ——支承（上承或下承）平面弦杆截面积的算术平均值；

ξ ——系数，支承平面弦杆为正交正放时 $\xi=1.0$ ，正交斜放时 $\xi=\sqrt{2}$ ，三向时 $\xi=2$ ；

Δt ——温度差。

第五节 组合网架结构的计算原则

第 3.5.1 条 组合网架结构可按有限元法进行内力位移计算。分析时应将组合网架的带肋平板离散成能承受轴力、面力和弯矩的梁元和板壳元，将腹杆和下弦作为承受轴力的杆元，并应考虑两种不同材料的材性。

第 3.5.2 条 组合网架结构也可采用空间桁架位移法作简化计算。分析时将组合网架的带肋平板等代为仅能承受轴力的上弦，并与腹杆和下弦构成两种不同材料的等代网架，按空间桁架位移法进行内力、位移计算。等代上弦截面及带肋平板中内力可按本规程附录五确定。

第四章 杆件和节点的设计与构造

第一节 杆 件

第 4.1.1 条 网架杆件可采用普通型钢和薄壁型钢。管材可采用高频电焊钢管或无缝钢管；当有条件时应采用薄壁管形截面。杆件的钢材应按国家标准《钢结构设计规范》GBJ 17—88 的规定采用。

网架杆件的截面应根据承载力和稳定性的计算和验算确定。

第 4.1.2 条 确定网架杆件的长细比时，其计算长度 l_0 应按表 4.1.2 采用。

网架杆件计算长度 l_0

表 4.1.2

杆 件	节 点		
	螺 栓 球	焊接空心球	板 节 点
弦杆及支座腹杆	l	$0.9l$	l
腹 杆	l	$0.8l$	$0.8l$

注： l —为杆件几何长度（节点中心间距离）。

第 4.1.3 条 网架杆件的长细比不宜超过下列数值：

一、受压杆件 180

二、受拉杆件：

1. 一般杆件 400

2. 支座附近处杆件 300

3. 直接承受动力荷载杆件 250

第 4.1.4 条 杆件截面的最小尺寸应根据网架跨度及网格大小确定，普通型钢不宜小于 $\angle 50 \times 3$ ，钢管不宜小于 $\varnothing 48 \times 2$ 。

第 4.1.5 条 在构造设计时，宜避免难于检查、清刷、油漆以及积留湿气或灰尘的死角或凹槽。对管形截面，应将两端封闭。

第二节 焊接钢板节点

第 4.2.1 条 焊接钢板节点可由十字节点板和盖板组成，适用于连接型钢杆件。

十字节点板宜由二块带企口的钢板对插焊成，也可由三块钢板焊成（图 4.2.1a、b）。小跨度网架的受拉节点，可不设置盖板。

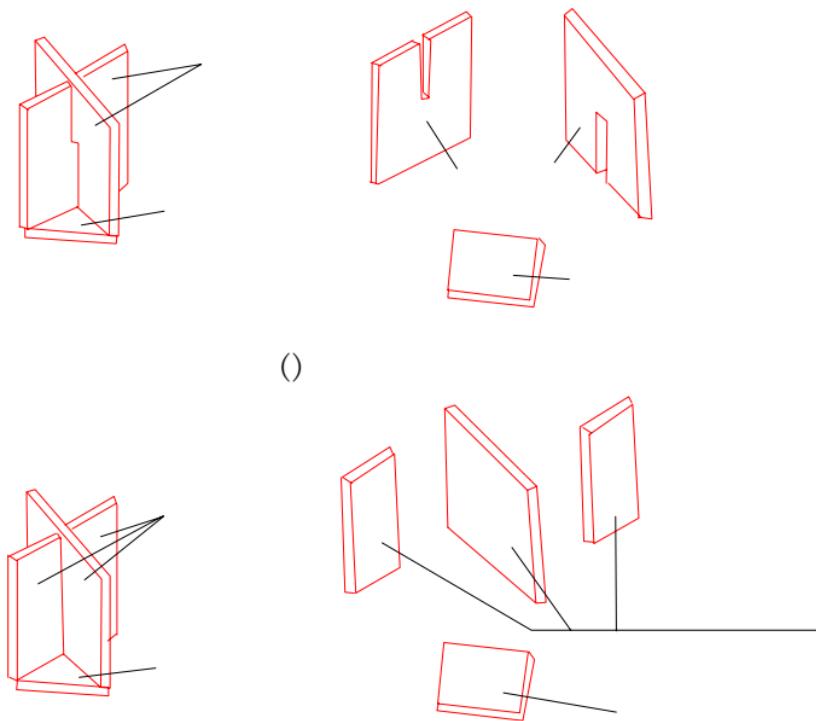


图 4.2.1 焊接钢板节点

十字节点板与盖板所用钢材应与网架杆件钢材一致。

第 4.2.2 条 焊接钢板节点可用于两向网架，也可用于由四角锥体组成的网架。常用焊接钢板节点的构造形式可按本规程附录六选用。

第 4.2.3 条 焊接钢板节点的构造应符合下列要求：

一、杆件重心线在节点处宜交于一点，否则应考虑其偏心影响；

二、杆件与节点连接焊缝的分布，应使焊缝截面的重心与杆件重心相重合，否则应考虑其偏心影响；

三、便于制作和拼装。

第 4.2.4 条 网架弦杆应与盖板和十字节点板共同连接，当网架跨度较小时，弦杆也可直接与十字节点板连接。

第 4.2.5 条 节点板厚度可根据网架最大杆件内力确定，并应较连接杆件的厚度大 2mm ，但不得小于 6mm 。节点板的平面尺寸应适当考虑制作和装配的误差。

第 4.2.6 条 当网架杆件与节点板间采用高强度螺栓或角焊缝连接时，连接计算应根据连接杆件内力确定，且宜减少节点类型。当角焊缝强度不足时，在施工质量确有保证的情况下，可采用槽焊与角焊缝相结合并以角焊缝为主的连接方案（图 4.2.6），槽焊强度应由试验确定。

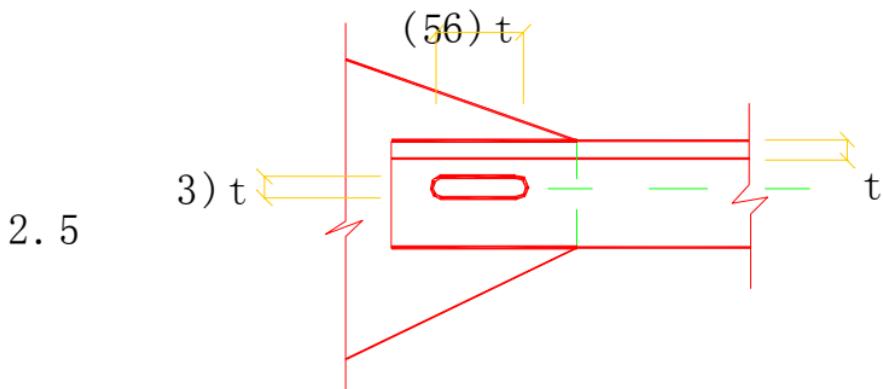


图 4.2.6 槽焊

第 4.2.7 条 十字节点板的竖向焊缝应具有足够的承载力，并宜采用 V 形或 K 形坡口的对接焊缝。

第 4.2.8 条 焊接钢板节点上，弦杆与腹杆、腹杆与腹杆之间以及弦杆端部与节点板中心线之间的间隙均不宜小于 20mm （图 4.2.8）。

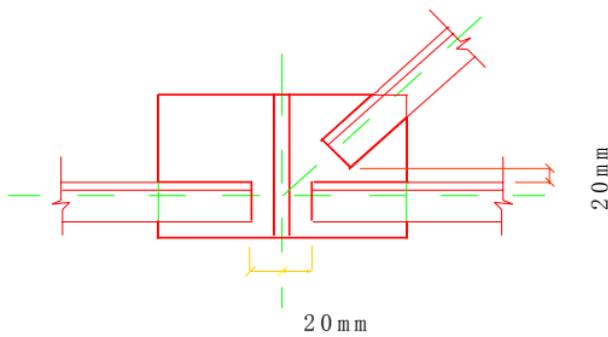


图 4.2.8 十字节点板与杆件的连接构造

第三节 焊接空心球节点

第 4.3.1 条 由两个半球焊接而成的空心球，可分为不加肋（图 4.3.1—1）和加肋（图 4.3.1—2）两种，适用于连接钢管杆件。

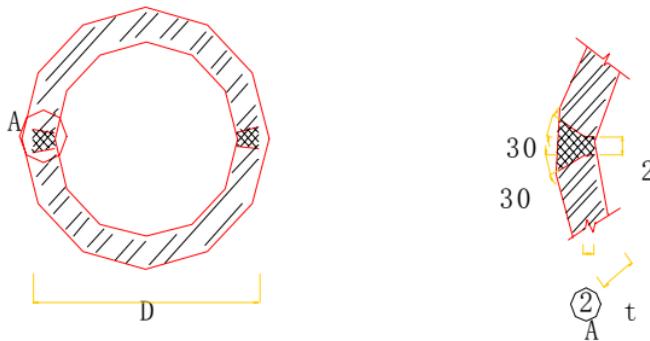


图 4.3.1—1 不加肋的空心球

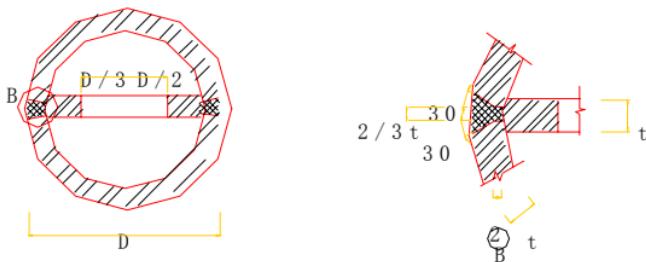


图 4.3.1—2 加肋的空心球

空心球的钢材宜采用国家标准《碳素结构钢》GB700—88 规定的 3 号钢或国家标准《低合金结构钢技术条件》GB1591—88 规定的 16Mn 钢。产品质量应符合行业标准《钢网架焊接球节点》JGJ75. 2—91 的规定。

加肋空心球的肋板可用平台或凸台，采用凸台时，其高度不得大于 1mm。

第 4.3.2 条 当空心球直径为 120~500mm 时，其受压、受拉承载力设计值可分别按下列公式计算：

一、受压空心球

$$N_c \leq \eta_c \left(400td - 13.3 \frac{t^2 d^2}{D} \right) \quad (4.3.2-1)$$

式中 N_c ——受压空心球的轴向压力设计值 (N)；

D ——空心球外径 (mm)；

t ——空心球壁厚 (mm)；

d ——钢管外径 (mm)；

η_c ——受压空心球加肋承载力提高系数，不加肋 $\eta_c=1.0$ ，

加肋 $\eta_c=1.4$ 。

二、受拉空心球

$$N_t \leq 0.55 \eta_t t d \pi f \quad (4.3.2-2)$$

式中 N_t ——受拉空心球的轴向拉力设计值 (N)；

t ——空心球壁厚 (mm)；

d ——钢管外径 (mm)；

f ——钢材强度设计值 (N/mm²)；

η_t ——受拉空心球加肋承载力提高系数，不加肋 $\eta_t=1.0$ ，

加肋 $\eta_t=1.1$ 。

第 4.3.3 条 空心球外径与壁厚的比值可按设计要求在 25 ~ 45 范围内选用；空心球壁厚与钢管最大壁厚的比值宜选用 1.2 ~ 2.0；空心球壁厚不宜小于 4mm。

第 4.3.4 条 在确定空心球外径时，球面上网架相连接杆件之间的缝隙 a 不宜小于 10mm (图 4.3.4)。为了保证缝隙 a ，

空心球直径也可初步按下式估算：

$$D = (d_1 + 2a + d_2) / \theta \quad (4.3.4)$$

式中

θ ——汇集于球节点任意两钢管杆件间的夹角 (rad);

d_1 、 d_2 ——组成 θ 角的钢管外径 (mm)。

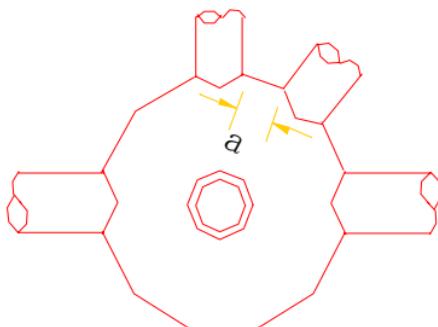


图 4.3.4 空心球节点

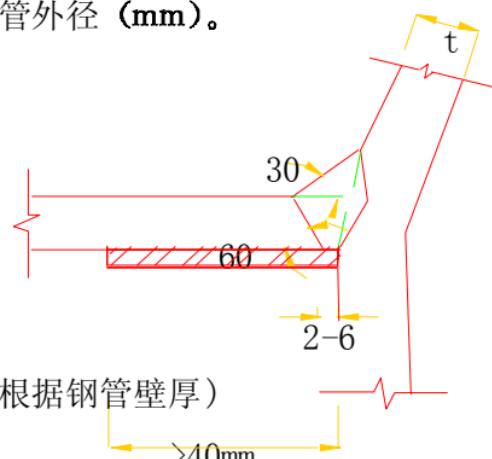


图 4.3.5 加套管连接

第 4.3.5 条 钢管杆件与空心球连接，钢管应开坡口。在钢管与空心球之间应留有一定缝隙予以焊透，以实现焊缝与钢管等强，否则应按角焊缝计算。为保证焊缝质量，钢管端头可加套管与空心球焊接（图 4.3.5）。

角焊缝的焊脚尺寸应符合下列要求：

- 当 $t \leq 4\text{mm}$ 时， $h_t \leq 1.5t$ ；
- 当 $t > 4\text{mm}$ 时， $h_t \leq 1.2t$ ；

t 为钢管壁厚， h_t 为焊角尺寸。

第 4.3.6 条 当空心球外径不小于 300mm ，且杆件内力较大需要提高承载力时，球内可加环肋，其厚度不应小于球壁厚度。内力较大的杆件应位于肋板平面内。

第四节 螺栓球节点

第 4.4.1 条 螺栓球节点应由螺栓、钢球、销子（或螺钉）、套筒和锥头或封板等零件组成（图 4.4.1），适用于连接钢管杆件。

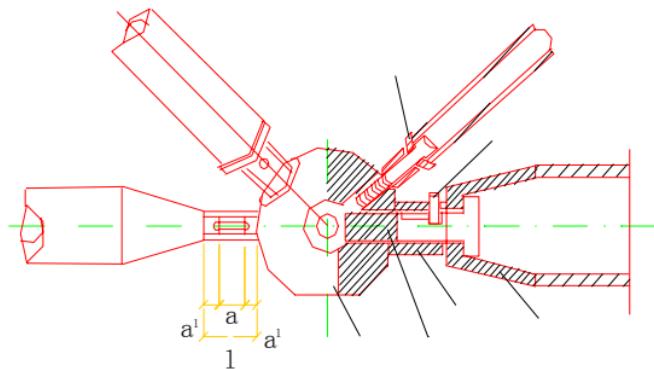


图 4.4.1 螺栓球切点

第 4.4.2 条 螺栓球节点的钢管、封板、锥头和套筒宜采用国家标准《碳素结构钢》GB700—88 规定的 3 号钢或国家标准《低合金结构钢技术条件》GB1591—88 规定的 16Mn 钢，钢球宜采用国家标准《优质碳素结构钢钢号及一般技术条件》GB699—88 规定的 45 号钢，螺栓、销子或螺钉宜采用国家标准《合金结构钢技术条件》GB3077—88 规定的 40Cr 钢，40B 钢或 20MnTiB 钢等。**8.8s** 的螺栓可采用 45 号钢。产品质量应符合行业标准《钢网架螺栓球节点》JGJ75.1—91 的规定。

第 4.4.3 条 钢球的直径可按下式确定（图 4.4.3）：

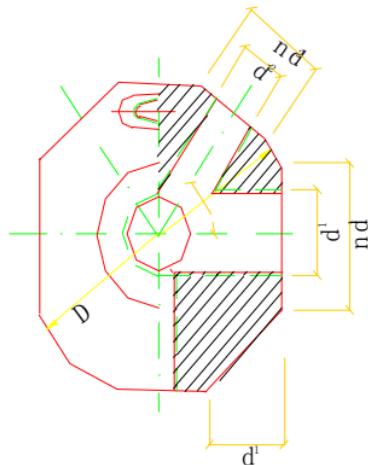


图 4.4.3 螺栓球

$$D \geq \sqrt{\left[\frac{d_2}{\sin \theta} + d_1 \operatorname{ctg} \theta + 2\xi d_1 \right]^2 + \eta^2 d_1^2} \quad (4.4.3-1)$$

为满足套筒接触面的要求尚应按下式核算：

$$D \geq \sqrt{\left(\frac{\eta d_2}{\sin \theta} + \eta d_1 \operatorname{ctg} \theta \right)^2 + \eta^2 d_1^2} \quad (4.4.3-2)$$

式中 D ——钢球直径 (mm)；

θ ——两个螺栓之间的最小夹角 (rad)；

d_1 、 d_2 ——螺栓直径 (mm), $d_1 > d_2$ ；

ξ ——螺栓伸进钢球长度与螺栓直径的比值；

η ——套筒外接圆直径与螺栓直径的比值。

ξ 和 η 值应分别根据螺栓承受拉力和压力设计值确定，其值可取 $\xi=1.1$, $\eta=1.8$ 。

钢球直径应取两式计算结果中的较大者。

第 4.4.4 条 高强度螺栓应采用国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB1228—91 规定的性能等级 8.8s 或 10.9s，并符合国家标准《普通螺栓基本尺寸》GB196—81 粗牙普通螺纹的规定。

每个高强度螺栓的受拉承载力设计值应按下式计算：

$$N_t^b \leq \psi A_{eff} f_t^b \quad (4.4.4)$$

式中 N_t^b ——高强度螺栓的拉力设计值 (N)；

ψ ——螺栓直径对承载力影响系数当螺栓直径小于 30mm 时, $\psi=1.0$; 当螺栓直径大于等于 30mm 时, $\psi=0.93$;

f_t^b ——高强度螺栓经热处理后的抗拉强度设计值；对 40Cr 钢, 40B 钢与 20MnTjB 钢, 取为 430N/mm², 对 45 号钢, 取为 365N/mm²；

A_{eff} ——高强度螺栓的有效截面面积 (mm²), 可按表 4.4.4 选取。当螺栓上钻有销孔或键槽时, A_{eff} 应取螺纹处或销孔键槽处二者中的较小值。

第 4.4.5 条 受压杆件的连接螺栓, 可按其内力所求得的

螺栓直径适当减小，但必须保证套筒具有足够的抗压强度，套筒应按承压进行计算，并验算其开槽处和端部有效截面的承压力。

常用螺栓在螺纹处的有效截面面积

表 4.4.4

d (mm)	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27
A_{eff} (mm ²)	84.3	115	157	192	245	303	353	459
d (mm)	M30	M33	M36	M39	M42	M45		
A_{eff} (mm ²)	561	694	817	976	1121	1306		
d (mm)	M48	M52	M56	M60				
A_{eff} (mm ²)	1473	1758	2030	2362				

第 4.4.6 条 套筒外形尺寸应符合扳手开口尺寸系列，端部要保持平整，内孔径可比螺栓直径大 1mm。

套筒端部到开槽端部距离应使该处有效截面抗剪力不低于销钉（或螺钉）抗剪力，且不应小于 1.5 倍开槽的宽度。

套筒长度 (mm) 可按下式计算：

$$l = a + 2a_1 \quad (4.4.6-1)$$

$$a = \xi d_0 - a_2 + d_s + 4\text{mm} \quad (4.4.6-2)$$

式中 d_s ——销子直径 (mm)；

a_1 ——套筒端部到滑槽端部距离 (mm)；

ξd_0 ——螺栓伸入钢球的长度 (mm)；

a_2 ——螺栓露出套筒长度，可预留 4~5mm，但不应少于 2 个丝扣。

第 4.4.7 条 杆件可采用锥头（图 4.4.7-a）或封板（图 4.4.7-b）连接，其连接焊缝以及锥头的任何截面应与连接的钢管等强，其焊缝宽度 b 可根据连接钢管壁厚取 2~5mm，封板厚

度应按实际受力大小计算决定，当钢管壁厚小于 4mm 时，其封板厚度不宜小于钢管外径的 1/5。

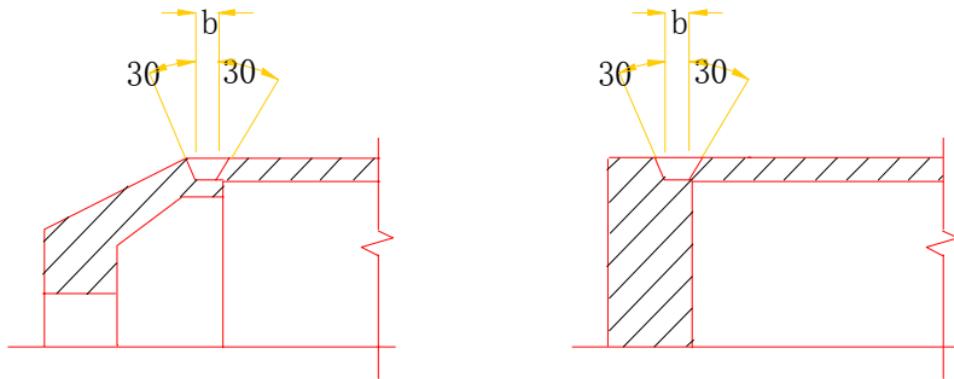


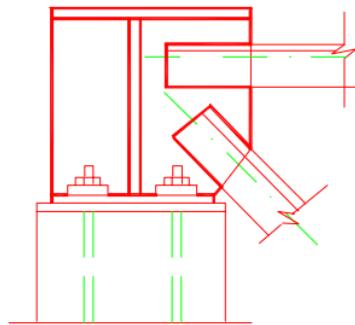
图 4.4.7 杆件端部连接焊缝

(a) 锥头与钢管连接；(b) 封板与钢管连接

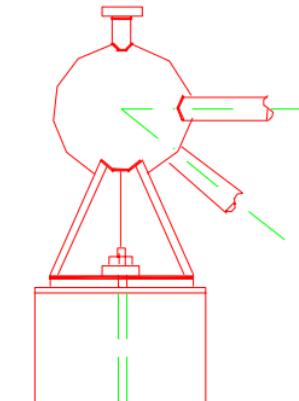
第 4.4.8 条 销子或螺钉宜采用高强度钢材，其直径可取螺栓直径的 0.16~0.18 倍，不宜小于 3mm。螺钉直径可采用 6~8mm。

第五节 支 座 节 点

第 4.5.1 条 支座节点应采用传力可靠、连接简单的构造形式，并应符合计算假定。



(a)



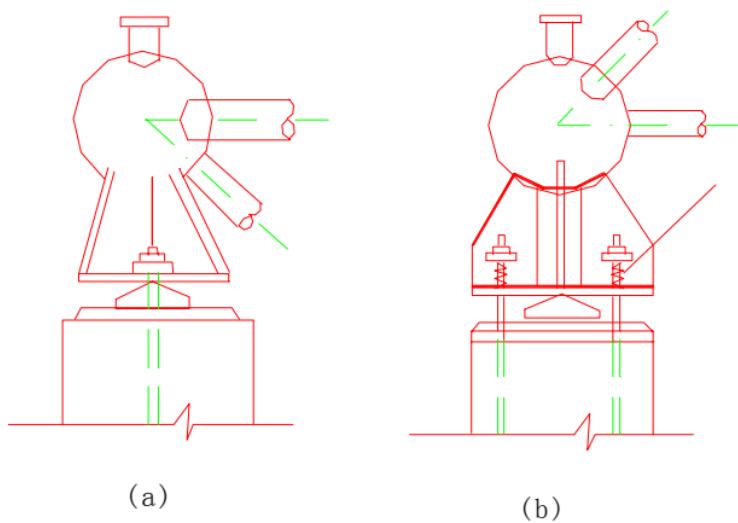
(b)

图 4.5.2-1 平板压力或拉力支座

(a) 角钢杆件；(b) 钢管杆件

第 4.5.2 条 常用压力支座节点可按下列几种构造形式选用：

- 一、平板压力支座（图 4.5.2—1），适用于较小跨度网架；
- 二、单面弧形压力支座节点（图 4.5.2—2），适用于中小跨度网架；

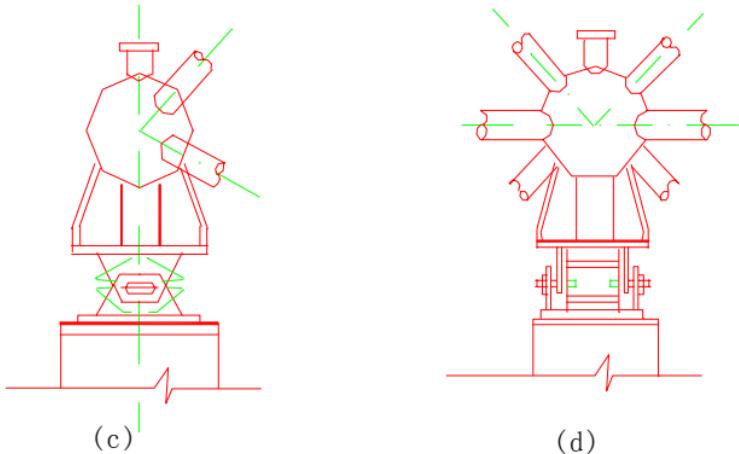


(a)

(b)

图 4.5.2—2 单面弧形压力支座

(a) 二个螺栓连接；(b) 四个螺栓连接



(c)

(d)

图 4.5.2—3 双面弧形压力支座

(a) 侧视图；(b) 正视图

三、双面弧形压力支座节点(图4.5.2—3),适用于大跨度网架;

四、球铰压力支座节点(图4.5.2—4),适用于多支点的大跨度网架;

五、板式橡胶支座节点(图4.5.2—5),适用于大中跨度网架。

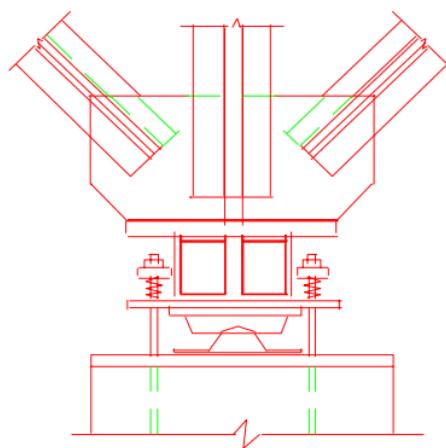


图4.5.2—4 球铰压力支座

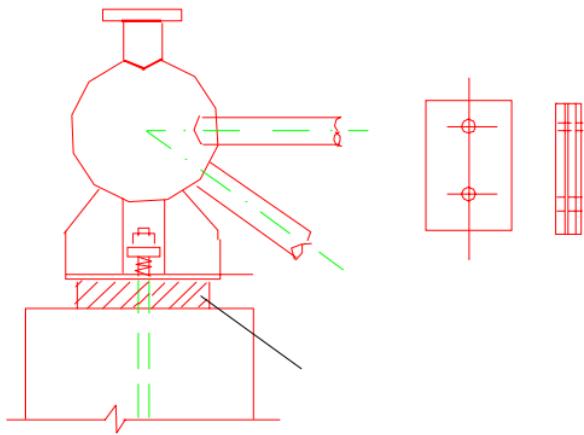


图4.5.2—5 板式橡胶支座

第4.5.3条 常用拉力支座节点可按下列构造形式选用：

一、平板拉力支座节点(图4.5.2—1),适用于较小跨度网架;

二、单面弧形拉力支座节点(图4.6.3),适用于中小跨度

网架。

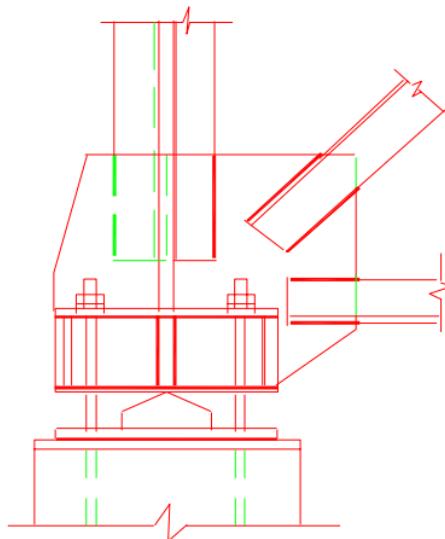


图 4.5.3 单面弧形拉力支座

第 4.5.4 条 弧形支座板的材料宜用铸钢，单面弧形支座板可用厚钢板加工而成。板式橡胶支座垫块可采用由多层橡胶与薄钢板制成的橡胶垫板，其材料性能及计算构造要求可按本规程附录八确定。

第六节 组合网架结构的节点构造

第 4.6.1 条 组合网架结构的上弦节点构造应符合下列要求：

一、必须保证钢筋混凝土带肋平板与网架的腹杆、下弦杆能共同工作；

二、腹杆的轴线与作为上弦的带肋板有效截面的中轴线在节点处应交于一点；

三、支承钢筋混凝土带肋板的节点板应有效地传递水平剪力。

第 4.6.2 条 钢筋混凝土带肋板与腹杆连接的节点构造可按本规程附录七采用。

第五章 制作与安装

第一节 一般规定

第 5.1.1 条 钢材材质必须符合设计要求，如无出厂合格证或有怀疑时，必须按现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》GBJ205 的规定进行机械性能试验和化学分析，经证明符合标准和设计要求后方可使用。混凝土质量应符合现行国家标准《混凝土工程施工及验收规范》GBJ 204 的要求。

第 5.1.2 条 网架的制作与安装，应符合《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ 78—91 并编制施工组织设计，在施工中必须认真执行。

第 5.1.3 条 网架制作安装、验收及土建施工放线使用的所有钢尺必须标准统一、丈量的拉力要一致。当跨度较大时，应按气温情况考虑温度修正。

第 5.1.4 条 焊接工作宜在工厂或预制拼装场内进行，以减少高空或现场工作量。

现场的钢管焊接应由四级以上技工进行，并经过焊接球节点与钢管连接的全位置焊接工艺考核合格方可参加施工。

当采用焊接钢板节点时，应选择合理的工艺顺序，以减少焊接变形及焊接应力。

第 5.1.5 条 网架的安装方法，应根据网架受力和构造特点，在满足质量、安全、进度和经济效果的要求下，结合当地的施工技术条件综合确定。

网架的安装方法及适用范围如下：

一、高空散装法 适用于螺栓连接节点的各种类型网架，并宜采用少支架的悬挑施工方法；

二、分条或分块安装法 适用于分割后刚度和受力状况改变较小的网架，如两向正交、正放四角锥、正放抽空四角锥等网架。分条或分块的大小应根据起重能力而定；

三、高空滑移法 适用于正放四角锥、正放抽空四角锥、两向正交正放等网架。滑移时滑移单元应保证成为几何不变体系；

四、整体吊装法 适用于各种类型的网架，吊装时可在高空平移或旋转就位；

五、整体提升法 适用于周边支承及多点支承网架，可用升板机、液压千斤顶等小型机具进行施工；

六、整体顶升法 适用于支点较少的多点支承网架。

第 5.1.6 条 采用吊装或提升、顶升的安装方法时，其吊点的位置和数量的选择，应考虑下列因素：

一、宜与网架结构使用时的受力状况相接近；

二、吊点的最大反力不应大于起重设备的负荷能力；

三、各起重设备的负荷宜接近。

第 5.1.7 条 安装方法选定后，应分别对网架施工阶段的吊点反力、挠度、杆件内力、提升或顶升时支承柱的稳定性和风载下网架的水平推力等项进行验算，必要时应采取加固措施。

施工荷载应包括施工阶段的结构自重及各种施工活荷载。安装阶段的动力系数：当采用提升法或顶升法施工时，可取 1.1；当采用拔杆吊装时，可取 1.2；当采用履带式或汽车式起重机吊装时，可取 1.3。

第 5.1.8 条 无论采用何种施工方法，在正式施工前均应进行试拼及试安装，当确有把握时方可进行正式施工。

第 5.1.9 条 在网架结构施工时，必须认真清除钢材表面的氧化皮和锈蚀等污染物，并及时采取防腐蚀措施。

不密封的钢管内部必须刷防锈漆，或采用其他防锈措施。焊缝应在清除焊渣后涂刷防锈漆。

不得以考虑锈蚀而在设计施工中任意加大钢材截面或厚度。

第二节 制作与拼装要求

第 5.2.1 条 网架结构应在专门的胎具上制作，以保证杆件和节点的精度和互换性。

第 5.2.2 条 网架结构制作与拼装中的对接焊缝应符合现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》GBJ 205 规定的二级质量检验标准的要求，其他焊缝按三级质量检验标准的要求。

第 5.2.3 条 焊接钢板节点的节点板宜用砂轮切割机下料。节点板长度尺寸允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ，厚度允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，角度允许偏差为 $\pm 20'$ ，可用角尺或样板检查，其接触面应密合。

焊接球节点的半圆球，宜用机床坡口。焊接后的成品球表面应光滑平整，不应有局部凸起或折皱。

焊接球直径的允许偏差：当球直径小于等于 300mm 时，为 $\pm 1.5\text{mm}$ ；直径大于 300mm 时，为 $\pm 2.5\text{mm}$ ；圆度：当直径小于等于 300mm 时，不应大于 1.5mm ；当直径大于 300mm 时，不应大于 2.5mm ；设计壁厚减薄量不应大于 13% ，且不得超过 1.5mm ；对口错边量允许偏差不应大于 1mm 。

螺栓球节点不得有裂纹。螺纹应按 6H 级精度加工，并符合国家标准《普通螺纹公差与配合》GB 197—81 的规定。球中心至螺孔端面距离偏差为 $\pm 0.20\text{mm}$ ，螺栓球螺孔角度允许偏差为 $\pm 30'$ 。

第 5.2.4 条 焊接节点的钢管杆件宜用机床下料。杆件长度应预加焊接收缩量，其值可通过试验确定。

杆件制作长度的允许偏差应符合下列规定：

- 一、螺栓球节点的钢管杆件为 $\pm 1\text{mm}$ ；
- 二、焊接球节点的钢管杆件为 $\pm 1\text{mm}$ ；
- 三、焊接钢板节点的型钢杆件为 $\pm 2\text{mm}$ 。

第 5.2.5 条 网架应在专门的拼装模架上进行小拼，以保证小拼单元的形状及尺寸的准确性。

小拼单元的允许偏差应符合下列规定：

一、小拼单元为单锥体时：弦杆长、锥体高为 $\pm 2.0\text{mm}$ ；上弦对角线长度为 $\pm 3.0\text{mm}$ ；下弦节点中心偏移为 2.0mm ；

二、小拼单元不为单锥体时，节点中心允许偏移为 2.0mm ；

三、小拼单元为平面桁架时，尺寸允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》GBJ 205 的有关规定。

焊接球节点与钢管中心允许偏移为 1.0mm 。

第 5.2.6 条 分条或分块的网架单元长度不大于 20m 时，拼接边长度允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ ；当条或块的长度大于 20m 时，拼接边长度允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ 。

对于多跨点支承网架拼接边长度允许偏差为上述各项规定的 $1/2$ 。

高空总拼可采用预拼装或其他保证精度措施。

第 5.2.7 条 焊接节点的网架结构在总拼前应精确放线，放线的允许偏差分别为边长及对角线长的 $1/10000$ 。

总拼所用的支承点应防止不均匀下沉。

总拼时应选择合理的焊接工艺顺序，以减少焊接变形和焊接应力。拼装与焊接顺序应从中间向两端或四周发展。

第 5.2.8 条 焊接节点网架所有焊缝均须进行外观检查，并作出记录。对大、中跨度钢管网架的拉杆与球的对接焊缝，应作无损探伤检验，其抽样数不少于焊口总数的 20% ，取样部位由设计单位与施工单位协商确定，质量标准应符合现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》GBJ 205 所规定的二级焊缝的要求。

第 5.2.9 条 网架用高强度螺栓连接时，按有关规定拧紧螺栓后，应用油腻子将所有接缝处填嵌严密，并应按钢结构防腐蚀要求进行处理。

当网架用螺栓球节点连接时，在拧紧螺栓后，应将多余的螺孔封口，并应用油腻子将所有接缝处填嵌严密，补刷防腐漆两道。

第三节 高空散装法

第 5.3.1 条 当采用小拼单元或杆件直接在高空拼装时，其顺序应能保证拼装的精度，减少积累误差。悬挑法施工时，应先拼成可承受自重的结构体系，然后逐步扩展。

网架在拼装过程中应随时检查基准轴线位置、标高及垂直偏差，并应及时纠正。

第 5.3.2 条 搭设拼装支架时，支架上支撑点的位置应设在下弦节点处。支架应验算其承载力和稳定性，必要时可进行试压，以确保安全可靠。

支架支柱下应采取措施，防止支座下沉。

第 5.3.3 条 在拆除支架过程中应防止个别支撑点集中受力，宜根据各支撑点的结构自重挠度值，采用分区分阶段按比例下降或用每步不大于 10mm 的等步下降法拆除支撑点。

第四节 分条或分块安装法

第 5.4.1 条 将网架分成条状单元或块状单元在高空连成整体时，网架单元应具有足够刚度并保证自身的几何不变性，否则应采取临时加固措施。

第 5.4.2 条 为保证网架顺利拼装，在条与条或块与块合拢处，可采用安装螺栓等措施。设置独立的支撑点或拼装支架时，应符合本规程第 5.3.2 条的要求。

合拢时可用千斤顶将网架单元顶到设计标高，然后连接。

第 5.4.3 条 网架单元宜减少中间运输。如需运输时，应采取措施防止网架变形。

第五节 高空滑移法

第 5.5.1 条 高空滑移可采用下列两种方法：

一、单条滑移法 分条的网架单元在事先设置的滑轨上单条滑移到设计位置后拼接；

二、逐条积累滑移法 分条的网架单元在滑轨上逐条积累拼接后滑移到设计位置。

高空滑移法可利用已建结构物作为高空拼装平台。如无建筑物可供利用时，可在滑移开始端设置宽度约大于两个节间的拼装平台。

有条件时，可以在地面拼成条或块状单元吊至拼装平台上进行拼装。

第 5.5.2 条 滑轨可固定于钢筋混凝土梁顶面的预埋件上，轨面标高应高于或等于网架支座设计标高。

滑轨接头处应垫实，若用电焊连接应锉平高出轨面的焊缝。当支座板直接在滑轨上滑移时，其两端应做成圆导角，滑轨两侧应无障碍。

摩擦表面应涂润滑油。

第 5.5.3 条 当网架跨度较大时，宜在跨中增设滑轨，滑轨下的支承架应符合本规程第 5.3.2 条的要求。

第 5.5.4 条 当设置水平导向轮时，可设在滑轨的内侧，导向轮与滑道的间隙应在 10~20mm 之间。

第 5.5.5 条 网架滑移可用卷扬机或手板葫芦牵引。根据牵引力大小及网架支座之间的系杆承载力，可采用一点或多点牵引。牵引速度不宜大于 1.0m/min，牵引力可按滑动摩擦或滚动摩擦分别按下式进行验算：

一、滑动摩擦

$$F_t = \mu_1 \cdot \xi \cdot G_{ok} \quad (5.5.5-1)$$

式中 F_t ——总起动牵引力；

G_{ok} ——网架总自重标准值；

μ_1 ——滑动摩擦系数，在自然轧制表面，经粗除锈充分润滑的钢与钢之间可取 0.12~0.15；

ξ ——阻力系数，当有其他因素影响牵引力时，可取 1.3~1.5。

二、滚动摩擦

$$F_t \geq \left(\frac{k}{r_1} + \mu_2 \frac{r}{r_1} \right) \cdot G_{ok} \quad (5.5.5-2)$$

式中 F_t —— 总起重牵引力；

G_{ok} —— 网架总自重标准值；

k —— 钢制轮与钢之间滚动摩擦系数，可取 0.5mm；

μ_2 —— 摩擦系数在滚轮与滚轮轴之间，或经机械加工后充分润滑的钢与钢之间可取 0.1；

r_1 —— 滚轮的外圆半径 (mm)；

r —— 轴的半径 (mm)

当网架滑移时，两端不同步值不应大于 50mm。

第 5.5.6 条 在滑移和拼装过程中，对网架应进行下列验算：

一、当跨度中间无支点时，杆件内力和跨中挠度值；

二、当跨度中间有支点时，杆件内力、支点反力及挠度值。

当网架滑移单元由于增设中间滑轨引起杆件内力变号时，应采取临时加固措施以防失稳。

第六节 整体吊装法

第 5.6.1 条 网架整体吊装可采用单根或多根拔杆起吊，也可采用一台或多台起重机起吊就位。

当采用多根拔杆方案时，可利用每根拔杆两侧起重机滑轮组中产生水平分力不等原理推动网架移动或转动进行就位（图 5.6.1）。

网架吊装设备可根据起重滑轮组的拉力进行受力分析，当提升阶段或就位阶段，可分别按下列公式计算起重滑轮组的拉力：

提升阶段（图 5.6.1a）

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{G_1}{2\sin\alpha_1} \quad (5.6.1-1)$$

就位阶段（图 5.6.1c）

$$F_{t1}\sin\alpha_1 + F_{t2}\sin\alpha_2 = G_1 \quad (5.6.1-2)$$

$$F_{t1}\cos\alpha_1 = F_{t2}\cos\alpha_2 \quad (5.6.1-3)$$

式中

G_1 ——每根拔杆所担负的网架、索具等荷载；

F_{t1} 、 F_{t2} ——起重滑轮组的拉力；

α_1 、 α_2 ——起重滑轮组钢丝绳与水平面的夹角。

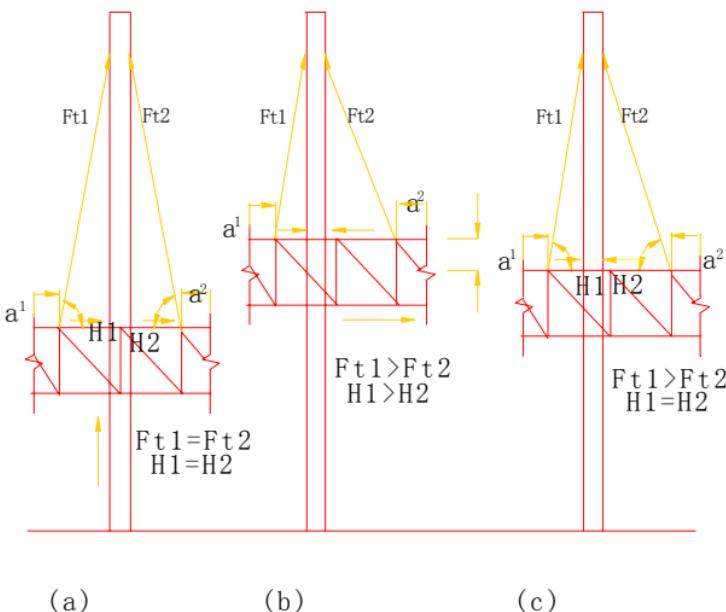


图 5.6.1 网架空中移位示意

网架移位距离(或旋转角度)与网架下降高度之间的关系，可用图解法或计算法确定。

当采用单根拔杆方案时，对矩形网架，可通过调整缆风绳使拔杆吊着网架进行平移就位；对正多边形或圆形网架可通过旋转拔杆使网架转动就位。

第 5.6.2 条 在网架整体吊装时，应保证各吊点起升及下降的同步性。提升高差允许值（是指相邻两拔杆间或相邻两吊点组的合力点间的相对高差）可取吊点间距离的 $1/400$ ，且不宜大于 100mm ，或通过验算确定。

第 5.6.3 条 当采用多根拔杆或多台起重机吊装网架时，宜将额定负荷能力乘以折减系数 0.75 ，当采用四台起重机将吊点连

通成两组或用三根拔杆吊装时，折减系数可适当放宽。

第 5.6.4 条 在制订网架就位总拼方案时，应符合下列要求：

一、网架的任何部位与支承柱或技杆的净距不应小于 100mm；

二、如支承柱上设有凸出构造（如牛腿等），应防止网架在起升过程中被凸出物卡住；

三、由于网架错位需要，对个别杆件暂不组装时，应取得设计单位同意。

第 5.6.5 条 拔杆、缆风绳、索具、地锚、基础及起重滑轮组的穿法等，均应进行验算，必要时可进行试验检验。

第 5.6.6 条 当采用多根拔杆吊装时，拔杆安装必须垂直，缆风绳的初始拉力值宜取吊装时缆风绳中拉力的 60%。

第 5.6.7 条 当采用单根拔杆吊装时，其底座应采用球形万向接头；当采用多根拔杆吊装时，在拔杆的起重平面内可采用单向铰接头。拔杆在最不利荷载组合作用下，其支承基础对地面的压力不应大于地基允许承载能力。

第 5.6.8 条 当网架结构本身承载能力许可时，可采用在网架上设置滑轮组将拔杆逐段拆除的方法。

第七节 整体提升法

第 5.7.1 条 网架整体提升可在结构上安装提升设备提升网架，也可在进行柱子滑模的施工的同时提升网架，此时网架可作为操作平台。

第 5.7.2 条 提升设备的使用负荷能力，应将额定负荷能力乘以折减系数，穿心式液压千斤顶可取 0.5~0.6；电动螺杆升板机可取 0.7~0.8；其他设备通过试验确定。

第 5.7.3 条 网架提升时应保证做到同步。相邻两提升点和最高与最低两个点的提升允许升差值应通过验算确定。相邻两个提升点允许升差值：当用升板机时，应为相邻点距离的 1/400，且

不应大于 15mm；当采用穿心式液压千斤顶时，应为相邻距离的 1/250，且不应大于 25mm。最高点与最低点允许升差值：当采用升板机时应为 35mm，当采用穿心式液压千斤顶时应为 50mm。

第 5.7.4 条 提升设备的合力点应对准吊点，允许偏移值应为 10mm。

第 5.7.5 条 整体提升法的下部支承柱应进行稳定性验算。

第八节 整体顶升法

第 5.8.1 条 当网架采用整体顶升法时，应尽量利用网架的支承柱作为顶升时的支承结构，也可在原支点处或其附近设置临时顶升支架。

第 5.8.2 条 顶升用的支承柱或临时支架上的缀板间距，应为千斤顶使用行程的整倍数，其标高偏差不得大于 5mm，否则应用薄钢板垫平。

第 5.8.3 条 顶升千斤顶可采用丝杠千斤顶或液压千斤顶，其使用负荷能力应将额定负荷能力乘以折减系数：丝杠千斤顶取 0.6~0.8；液压千斤顶取 0.4~0.6。

各千斤顶的行程和升起速度必须一致，千斤顶及其液压系统必须经过现场检验合格后方可使用。

第 5.8.4 条 顶升时各顶升点的允许升差值应符合下列规定：

一、相邻两个顶升用的支承结构间距的 1/1000，且不应大于 30mm；

二、当一个顶升用的支承结构上有两个或两个以上千斤顶时，取千斤顶间距的 1/200，且不应大于 10mm。

第 5.8.5 条 千斤顶或千斤顶合力的中心应与柱轴线对准，其允许偏移值应为 5mm；千斤顶应保持垂直。

第 5.8.6 条 顶升前及顶升过程中网架支座中心对柱基轴线的水平偏移值不得大于柱截面短边尺寸的 1/50 及柱高的 1/500。

第 5.8.7 条 对顶升用的支承结构应进行稳定性验算，验算时除应考虑网架和支承结构自重、与网架同时顶升的其它静载和施工荷载外，还应考虑上述荷载偏心和风荷载所产生的影响。如稳定不足时，应首先采取施工措施予以解决。

第九节 组合网架结构的施工

第 5.9.1 条 预制钢筋混凝土板几何尺寸的允许偏差及混凝土质量标准应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》GBJ204 的有关规定。

第 5.9.2 条 灌缝混凝土应采用微膨胀性水泥拌制，并连续灌筑。

当灌缝混凝土强度达到混凝土强度等级的 75% 以上时，方可拆除拼装支架。混凝土质量标准与本规程第 5.9.1 条的规定相同。

第 5.9.3 条 组合网架结构的钢腹杆及下弦杆制作、拼装几何尺寸允许偏差及焊缝质量要求应符合本章第二节的规定。

第 5.9.4 条 组合网架结构安装方法可采用高空散装法、整体提升法、整体顶升法、也可采用分条(分块)法、高空滑移法。

当组合网架结构分割成条(块)状单元时，必须单独进行承载力和刚度的验算，单元体的挠度不应大于形成整体结构后该处挠度值。

第十节 验 收

第 5.10.1 条 网架结构的制作、拼装和安装的每个工序均应进行检查验收。凡未经检查验收，不得进行下一工序的施工；安装完成后必须进行交工检查验收。每道工序的检查验收均应作出记录，并应汇总存档。

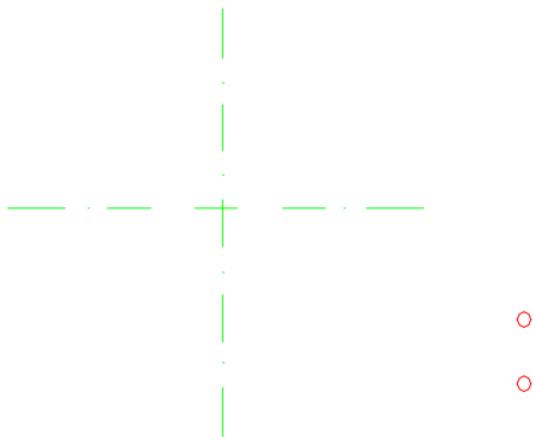
焊接球、螺栓球、杆件、高强度螺栓等均应有出厂合格证及检验记录。

第 5.10.2 条 交工验收时，应检查网架的纵横向边长偏差，支承点的中心偏移和高度偏差。纵横向边长偏差允许值应为长度的 $1/2000$ ，且不应大于 30mm ；中心偏移允许值应为网架跨度的 $1/3000$ ，且不应大于 30mm ；高度偏差允许值：对周边支承的网架相邻点之间，应为相邻支座间距的 $1/400$ ，且不应大于 15mm ，最高与最低点之间，应为 30mm ；对多点支承的网架，应为相邻支座间距离的 $1/800$ ，且不应大于 30mm 。

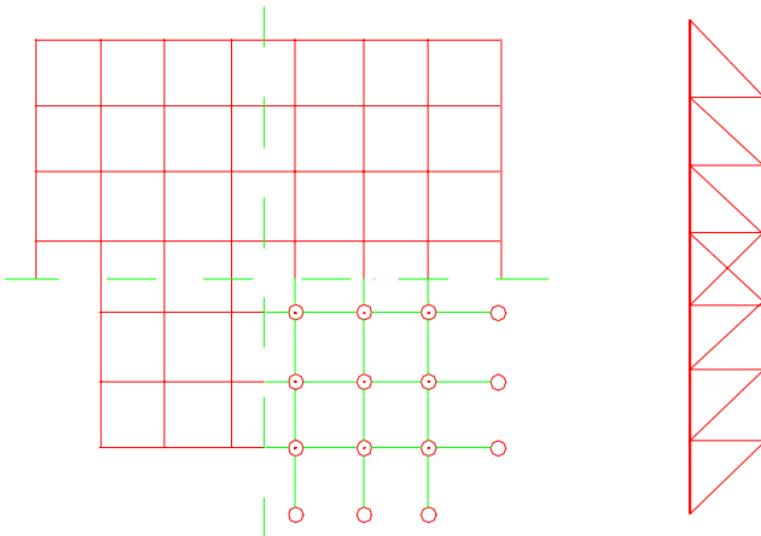
第 5.10.3 条 施工完成后，应测量网架的挠度值（包括网架自重的挠度及屋面工程完成后的挠度），所测的挠度平均值，不应大于设计值的 15% ，实测的挠度曲线应存档。网架的挠度观测点：对小跨度，设在下弦中央一点，对大中跨度，可设五点，下弦中央一点，两向下弦跨度四分点处各二点，对三向网架应测量每向跨度三个四等分点处的挠度。

第 5.10.4 条 网架工程验收应具备下列文件：网架施工图、竣工图、设计更改文件、施工组织设计、所用钢材及其他材料的质量证明书和试验报告；网架的零部件产品合格证书和试验报告、网架拼装各工序的验收记录、焊工考试合格证明、焊缝质量和高强度螺栓质量检验资料、风拼就位后几何尺寸误差和挠度记录。

附录一 常用网架形式

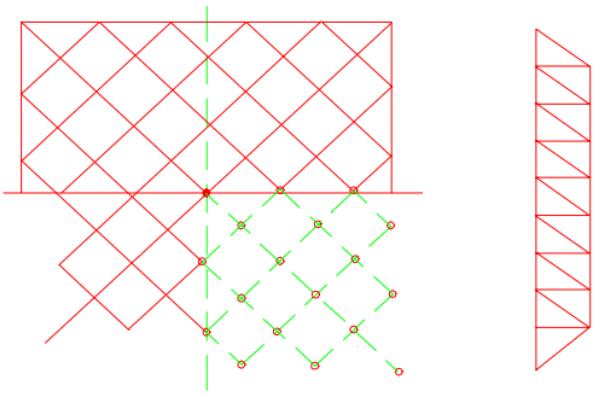


附图 1.1~附图 1.13 图例

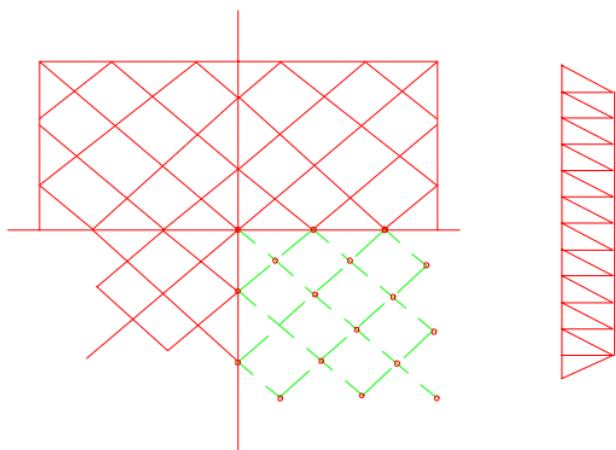


附图 1.1 两向正交正放网架

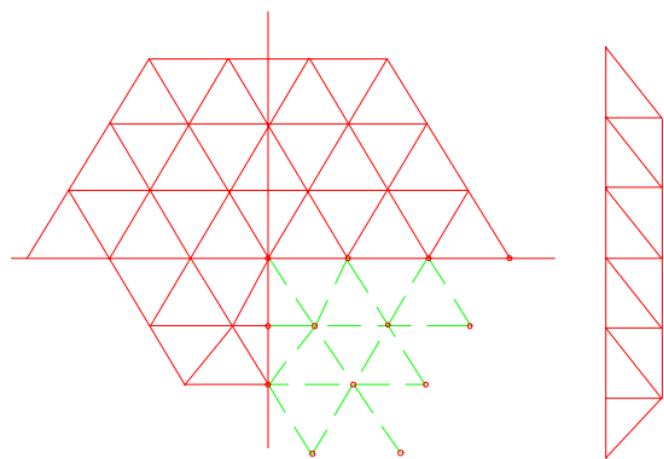
注：周边宜设置水平支撑



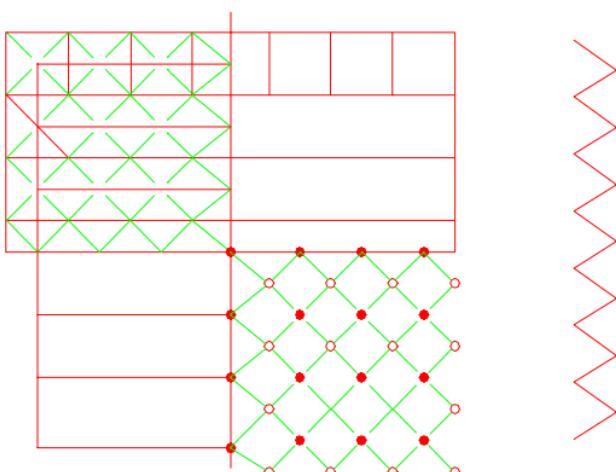
附图 1.2 两向正交斜放网架



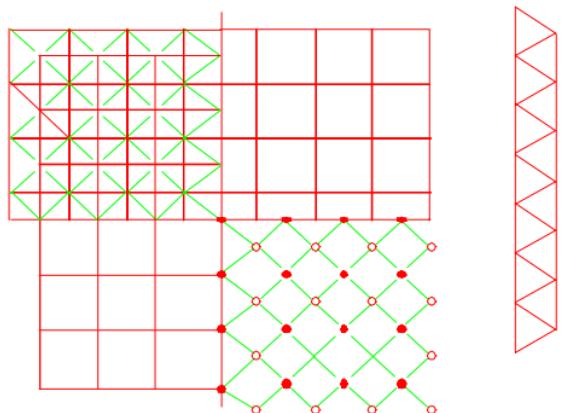
附图 1.3 两向
斜交斜放网架



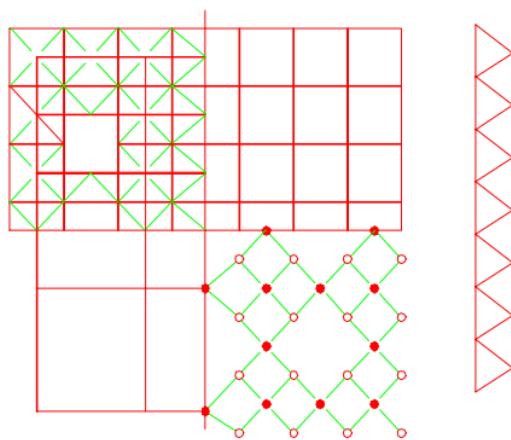
附图 1.4 三向网架



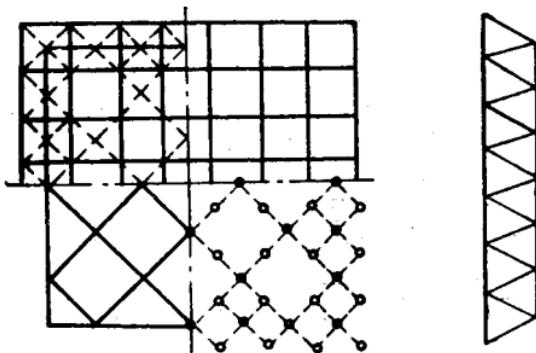
附图 1.5 单向
折线形网架



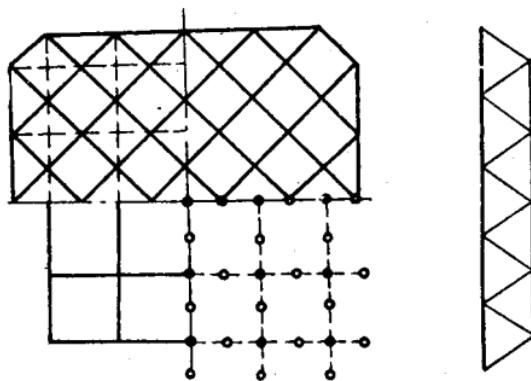
附图 1.6 正放
四角锥网架



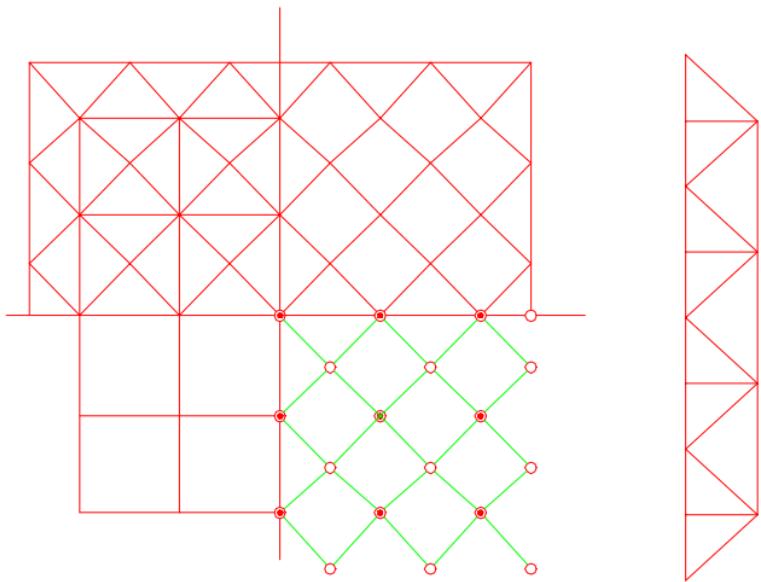
附图 1.7 正放抽空四角锥网架



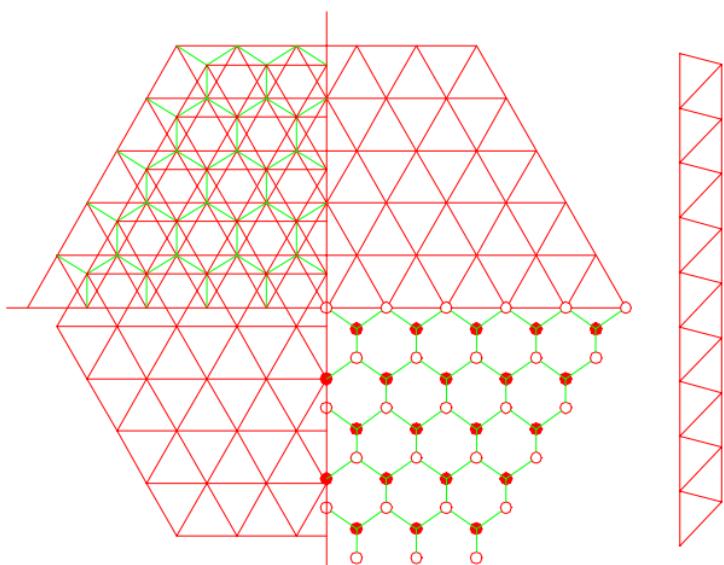
附图 1.8 棋盘形四角锥网架



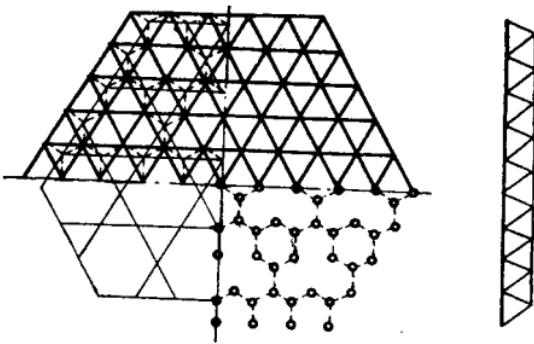
附图 1.9 斜放四角锥网架



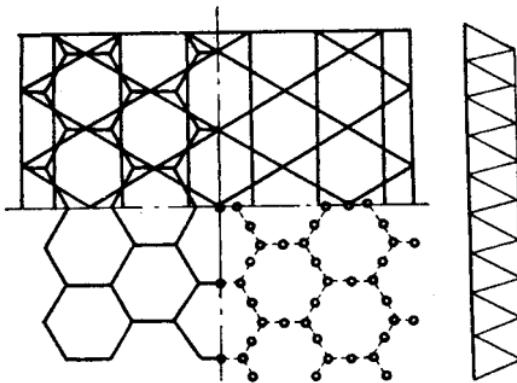
附图 1.10 星形四角锥网架



附图 1.11 三角锥网架



附图 1.12 抽空三角锥网架



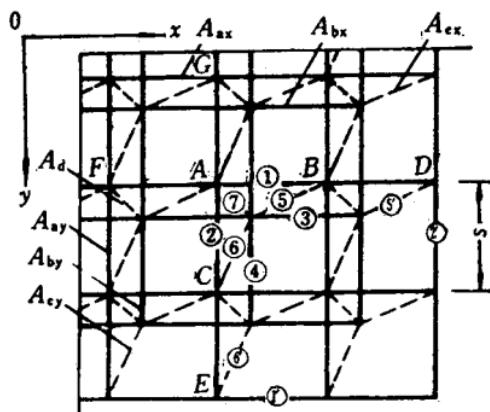
附图 1.13 蜂窝形三角锥网架

附录二 拟夹层板法的网架杆件内力计算公式及折算刚度

两向正交正放网架

附表 2.1

网架杆件位置简图

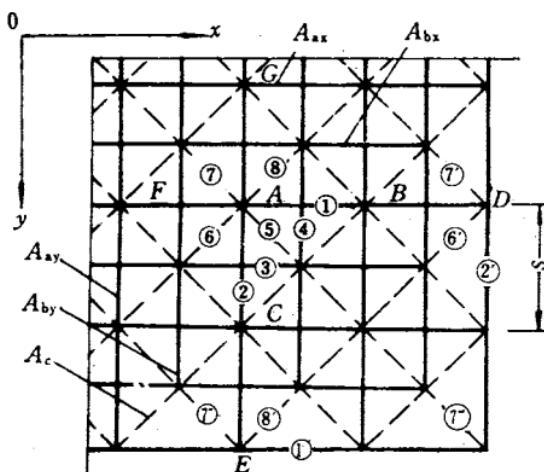


项目	部位	
	内 部 区 域	简 支 边 界
上弦杆	$N_1 = -sM_x^A/h$ $N_2 = -sM_y^A/h$	$N'_1 = 0$ $N'_2 = 0$
下弦杆	$N_3 = sM_x^B/h$ $N_4 = sM_y^B/h$	
内斜杆力	$N_5 = (M_x^A - M_x^B) / \sin\varphi$ $N_6 = (M_y^A - M_y^B) / \sin\varphi$	$N'_5 = (M_x^B - M_x^D) / \sin\varphi$ $N'_6 = (M_y^C - M_y^D) / \sin\varphi$
竖杆	$N_7 = M_x^B - M_x^A + M_y^C - M_y^A$	
折算刚度	$D_x = \mu_x E A_{bx} h^2 / (1 + \mu_x) s$, $D_y = \mu_y E A_{by} h^2 / (1 + \mu_y) s$ $D = \sqrt{D_x D_y}$, $\mu_x = A_{cx}/A_{bx}$, $\mu_y = A_{cy}/A_{by}$ $C_x = E A_{cx} A_d \sin^2 \varphi \cos \varphi / (A_{cx} \sin^3 \varphi + A_d) s$ $C_y = E A_{cy} A_d \sin^2 \varphi \cos \varphi / (A_{cy} \sin \varphi + A_d) s$, $C = \sqrt{C_x C_y}$	

注：1. h ——网架高度； φ ——斜杆倾角；

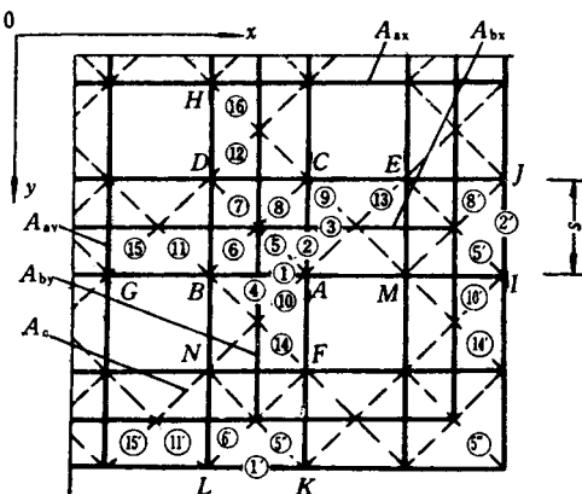
2. 上角标 **A**、**B**、**C**……表示位置在 **A**、**B**、**C**……点的拟夹层板内力。以下各表也用本注。

网架杆件位置简图



项目	部 位	
	内 部 区 域	简 支 边 界
杆 件	$N_1 = -s(M_x^A + M_x^B)/2h$ $N_2 = -s(M_y^A + M_y^C)/2h$	$N'_1 = 0$ $N'_2 = 0$
	$N_3 = s(M_x^A + M_x^C)/2h$ $N_4 = s(M_y^A + M_y^B)/2h$	
内 力 斜 杆	$N_5 = (M_x^B - M_x^A + M_y^C - M_y^A)/2\sin\varphi$ $N_6 = (M_x^E - M_x^A + M_y^C - M_y^A)/2\sin\varphi$ $N_7 = (M_x^F - M_x^A + M_y^G - M_y^A)/2\sin\varphi$ $N_8 = (M_y^B - M_y^A + M_y^G - M_y^A)/2\sin\varphi$	$N'_6 = N'_7 = (M_x^B - M_x^D)/2\sin\varphi$ $N'_6 = N'_8 = (M_y^C - M_y^E)/2\sin\varphi$ $N''_7 = 0$
	$D_x = \mu_x E A_{bx} h^2 / (1 + \mu_x) s$, $D_y = \mu_y E A_{by} h^2 / (1 + \mu_y) s$ $D = \sqrt{D_x D_y}$, $C = C_x = C_y = \sqrt{2 E A_c \sin^2 \varphi \cos \varphi / s}$ $\mu_x = A_{ax}/A_{bx}$, $\mu_y = A_{ay}/A_{by}$	

网架杆件位置简图



项目	部 位	
	内 部 区 域	简 支 边 界
杆	上弦 $N_1 = -s(M_x^A + M_x^B)/2h$ $N_2 = -s(M_y^A + M_y^B)/2h$	$N'_1 \approx 0$ $N'_2 \approx 0$
	下弦 $N_3 = s(M_x^A + M_x^C)/h$ $N_4 = s(M_y^A + M_y^C)/h$	
件 内 力	斜杆 $N_5 = (M_x^B - M_x^A + M_y^C - M_y^B)/\sin\varphi$ $N_6 = (M_x^A - M_x^B + M_y^D - M_y^B)/\sin\varphi$ $N_7 = (M_x^C - M_x^D + M_y^B - M_y^D)/\sin\varphi$ $N_8 = (M_x^D - M_x^C + M_y^A - M_y^C)/\sin\varphi$ $N_9 = -N_{13} = (M_x^F - M_x^E)/\sin\varphi$ $N_{10} = -N_{14} = (M_y^F - M_y^E)/\sin\varphi$ $N_{11} = -N_{15} = (M_x^G - M_x^F)/\sin\varphi$ $N_{12} = -N_{16} = (M_y^H - M_y^G)/\sin\varphi$	$N'_5 = (M_x^M - M_x^L)/\sin\varphi$ $N'_6 = (M_x^E - M_x^F)/\sin\varphi$ $N'_7 = (M_y^F - M_y^E)/\sin\varphi$ $N'_8 = (M_y^G - M_y^F)/\sin\varphi$ $N'_{10} \approx -N'_{14} \approx 0$ $N'_{11} \approx -N'_{15} \approx 0$ $N'_5 \approx 0$
折算刚度	$D_x = \mu_x E A_{bx} h^2 / (1 + \mu_x) s$, $D_y = \mu_y E A_{by} h^2 / (1 + 2\mu_y) s$ $D = \sqrt{D_x D_y}$, $C = C_x = C_y = 3 \sqrt{2 E A_c \sin^2 \varphi \cos \varphi / 4s}$, $\mu_x = A_{ax}/A_{bx}$, $\mu_y = A_{ay}/A_{by}$	

附录三 矩形平面周边简支网架拟夹层板法的弯矩和挠度表

正交正放类网架（两向正交正放网架、正放四角锥网架、正放抽空四角锥网架）内力和挠度可按下列方法计算：

(一) 根据网架平面的边长比 $\lambda=L_1/L_2$, 可直接查附表 3.2—1~3.6—1 求得拟夹层板的无量纲弯矩和挠度系数 ρ_{mx} 、 ρ_{my} 、 ρ_w 。表中 ρ_v 表示网架剪切变形的参数, 按下式计算确定。

$$\rho_v = \frac{\pi}{L_1} \sqrt{\frac{D}{C}} \quad (\text{附 3.1})$$

式中 D 、 C ——网架的折算抗弯、抗剪刚度, 按附表 2.1~2.3 中的公式计算。

(二) 当网架杆件截面选定后, 由于考虑剪切变形和刚度变化的影响, 拟夹层板的弯矩和挠度系数 ρ_{mx} 、 ρ_{my} 、 ρ_w 应分别乘以相应的修正系数 η_{mx} 、 η_{my} 、 $\eta_w = \eta_{w1}\eta_{w2}$ 。其中 η_{mx} 、 η_{my} 、 η_{w1} 可查附表 3.2—2~3.6—2 求得; η_{w2} 可查附表 3.1 求得。

附表 3.1 中 n 表示网架抗弯刚度 D_x 及 D_y 根据变化情况而可划分区域的多少, 如附图 3.1 所示。

挠 度 修 正 系 数

附表 3.1

n	1	2	3	4	5
η_{w2}	1.000	0.864	0.775	0.732	0.706

弯矩和挠度系数

附表 3.2—1

 $\lambda=1.0$

内力挠度	y/L_2	x/L_1					
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
ρ_{mx}	0.0	0.772	0.746	0.667	0.524	0.306	0.000
	0.1	0.734	0.710	0.636	0.502	0.294	0.000
	0.2	0.624	0.605	0.546	0.436	0.260	0.000
	0.3	0.453	0.440	0.400	0.326	0.201	0.000
	0.4	0.238	0.231	0.212	0.176	0.114	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_{my}	0.000	0.772	0.734	0.624	0.453	0.238	0.000
	0.1	0.746	0.710	0.605	0.440	0.232	0.000
	0.2	0.667	0.636	0.546	0.440	0.211	0.000
	0.3	0.524	0.502	0.436	0.326	0.176	0.000
	0.4	0.306	0.294	0.260	0.201	0.114	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_w	0.0	0.820					

弯矩和挠度的修正系数

附表 3.2—2

 $\lambda=1.0$

η	ρ_v	D_x/D_y					
		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
η_{mx}	0.2	0.998	0.945	0.885	0.819	0.744	0.659
	0.3	0.996	0.945	0.889	0.825	0.754	0.673
	0.4	0.993	0.945	0.893	0.833	0.766	0.690
η_{my}	0.2	0.998	1.051	1.110	1.176	1.250	1.333
	0.3	0.996	1.046	1.102	1.165	1.235	1.315
	0.4	0.993	1.040	1.093	1.151	1.218	1.293
η_{w1}	0.2	1.036	1.035	1.030	1.021	1.006	0.981
	0.3	1.081	1.080	1.076	1.067	1.054	1.032
	0.4	1.144	1.143	1.139	1.132	1.120	1.101

弯矩和挠度系数

附表 3.3—1

 $\lambda=1.1$

内力挠度	y/L_2	x/L_1					
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
ρ_{mx}	0.0	0.618	0.600	0.544	0.435	0.260	0.000
	0.1	0.587	0.571	0.518	0.417	0.250	0.000
	0.2	0.499	0.486	0.444	0.361	0.221	0.000
	0.3	0.361	0.353	0.325	0.270	0.170	0.000
	0.4	0.190	0.185	0.172	0.145	0.097	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_{my}	0.0	0.764	0.727	0.619	0.450	0.237	0.000
	0.1	0.737	0.702	0.599	0.436	0.230	0.000
	0.2	0.652	0.623	0.535	0.394	0.209	0.000
	0.3	0.506	0.485	0.422	0.316	0.172	0.000
	0.4	0.291	0.280	0.247	0.191	0.109	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_w	0.0	0.666					

弯矩和挠度的修正系数

附表 3.3—2

 $\lambda=1.1$

η	ρ_v	D_x/D_y					
		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
η_{mx}	0.2	1.003	0.940	0.870	0.794	0.711	0.618
	0.3	1.007	0.947	0.881	0.809	0.729	0.640
	0.4	1.012	0.956	0.894	0.826	0.751	0.667
η_{my}	0.2	0.994	1.036	1.081	1.131	1.185	1.244
	0.3	0.987	1.027	1.070	1.117	1.169	1.226
	0.4	0.979	1.016	1.056	1.100	1.149	1.203
η_{w1}	0.2	1.040	1.029	1.014	0.994	0.967	0.931
	0.3	1.091	1.081	1.067	1.048	1.023	0.989
	0.4	1.162	1.152	1.139	1.122	1.100	1.069

弯矩和挠度系数

附表 3.4—1

 $\lambda=1.2$

内力挠度	y/L_2	x/L_1					
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
ρ_{mx}	0.0	0.486	0.475	0.483	0.359	0.220	0.000
	0.1	0.462	0.452	0.417	0.344	0.212	0.000
	0.2	0.392	0.384	0.357	0.298	0.187	0.000
	0.3	0.284	0.279	0.260	0.221	0.145	0.000
	0.4	0.149	0.146	0.137	0.119	0.082	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_{my}	0.0	0.732	0.697	0.594	0.434	0.228	0.000
	0.1	0.704	0.671	0.574	0.420	0.222	0.000
	0.2	0.620	0.592	0.510	0.377	0.201	0.000
	0.3	0.477	0.457	0.398	0.300	0.164	0.000
	0.4	0.271	0.261	0.231	0.179	0.103	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_w	0.0	0.533					

弯矩和挠度的修正系数

附表 3.4—2

 $\lambda=1.2$

η	ρ_v	D_x/D_y					
		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
η_{mx}	0.2	1.012	0.938	0.860	0.776	0.685	0.586
	0.3	1.024	0.955	0.880	0.800	0.712	0.617
	0.4	1.039	0.975	0.905	0.829	0.746	0.656
η_{my}	0.2	0.991	1.024	1.058	1.096	1.135	1.178
	0.3	0.981	1.012	1.045	1.081	1.119	1.160
	0.4	0.969	0.998	1.029	1.062	1.099	1.138
η_{w1}	0.2	1.047	1.028	1.004	0.975	0.939	0.894
	0.3	1.105	1.087	1.065	1.038	1.004	0.962
	0.4	1.187	1.170	1.149	1.124	1.094	1.055

弯矩和挠度系数

附表 3.5—1

 $\lambda=1.3$

内力挠度	y/L_2	x/L_1					
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
ρ_{mx}	0.0	0.378	0.372	0.351	0.297	0.187	0.000
	0.1	0.359	0.354	0.334	0.284	0.180	0.000
	0.2	0.305	0.301	0.285	0.245	0.159	0.000
	0.3	0.221	0.218	0.208	0.182	0.123	0.000
	0.4	0.116	0.115	0.110	0.097	0.059	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_{my}	0.0	0.686	0.654	0.560	0.409	0.216	0.000
	0.1	0.659	0.629	0.539	0.396	0.210	0.000
	0.2	0.578	0.553	0.478	0.354	0.190	0.000
	0.3	0.442	0.424	0.370	0.280	0.154	0.000
	0.4	0.250	0.241	0.213	0.165	0.096	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_w	0.0	0.424					

弯矩和挠度的修正系数

附表 3.5—2

 $\lambda=1.3$

η	ρ_v	D_x/D_y					
		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
η_{mx}	0.2	1.022	0.940	0.854	0.762	0.664	0.561
	0.3	1.046	0.968	0.885	0.797	0.703	0.602
	0.4	1.075	1.002	0.924	0.841	0.751	0.654
η_{my}	0.2	0.989	1.014	1.041	1.069	1.098	1.128
	0.3	0.977	1.001	1.026	1.053	1.081	1.111
	0.4	0.963	0.985	1.009	1.034	1.061	1.090
η_{w1}	0.2	1.055	1.029	0.998	0.963	0.920	0.869
	0.3	1.122	1.098	1.069	1.036	0.996	0.947
	0.4	1.217	1.194	1.168	1.137	1.100	1.055

弯矩和挠度系数

附表 3.6—1

 $\lambda=1.4$

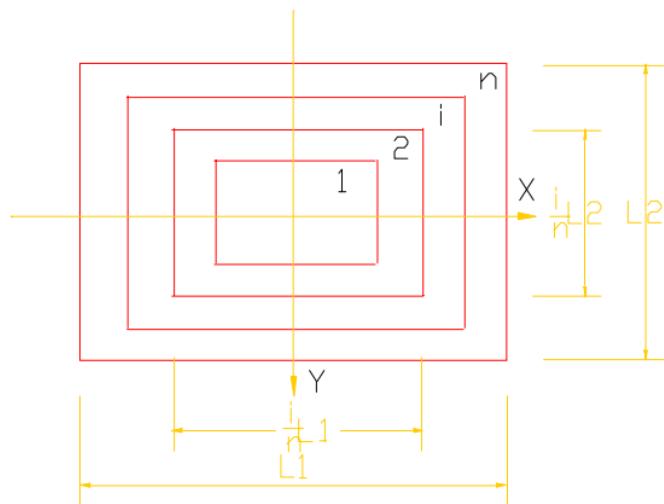
内力挠度	y/L_2	x/L_1					
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
ρ_{mx}	0.0	0.291	0.290	0.231	0.246	0.161	0.000
	0.1	0.277	0.276	0.268	0.236	0.155	0.000
	0.2	0.235	0.234	0.228	0.203	0.137	0.000
	0.3	0.171	0.170	0.166	0.150	0.106	0.000
	0.4	0.090	0.089	0.087	0.080	0.059	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_{my}	0.0	0.633	0.604	0.519	0.381	0.202	0.000
	0.1	0.607	0.580	0.500	0.369	0.196	0.000
	0.2	0.532	0.509	0.441	0.329	0.177	0.000
	0.3	0.405	0.389	0.341	0.259	0.143	0.000
	0.4	0.228	0.220	0.194	0.152	0.089	0.000
	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_w	0.0	0.336					

弯矩和挠度的修正系数

附表 3.6—2

 $\lambda=1.4$

η	ρ_v	D_x/D_y					
		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
η_{mx}	0.2	1.035	0.945	0.851	0.752	0.648	0.540
	0.3	1.073	0.987	0.897	0.801	0.703	0.594
	0.4	1.119	1.038	0.952	0.861	0.764	0.660
η_{my}	0.2	0.988	1.007	1.027	1.048	1.069	1.090
	0.3	0.974	0.993	1.012	1.032	1.053	1.074
	0.4	0.958	0.976	0.995	1.014	1.034	1.055
η_{w1}	0.2	1.064	1.032	0.997	0.956	0.908	0.852
	0.3	1.143	1.113	1.079	1.041	0.996	0.943
	0.4	1.253	1.225	1.194	1.158	1.116	1.067



附图 3.1 网架抗弯刚度区域划分

附录四 网架结构竖向地震作用 效应的简化计算

周边简支、平面形式为矩形的正放类和斜放类（指上弦杆平面）网架竖向地震作用所产生的杆件轴向力设计值可按下列公式计算：

$$N_{Ev_i} = \pm \xi_i |N_{Gi}| \quad (附 4.1)$$

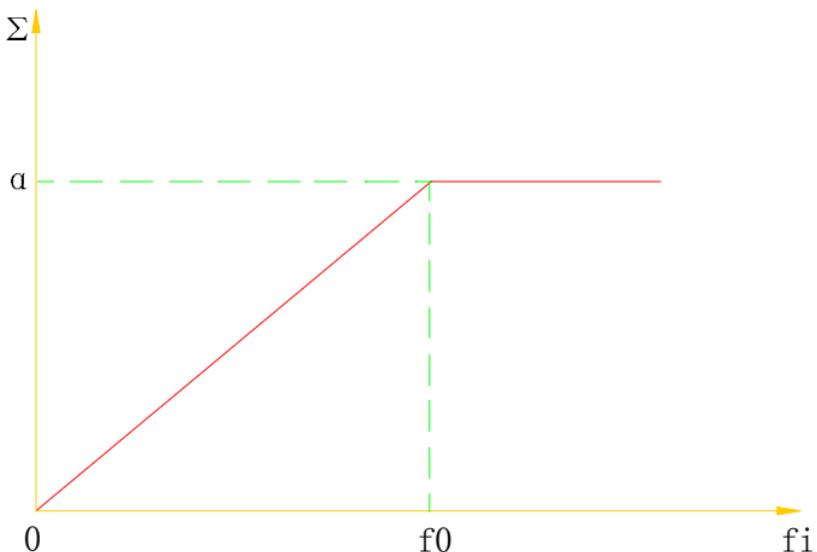
$$\xi_i = \lambda \xi_v \left(1 - \frac{r_i}{r}\eta\right) \quad (附 4.2)$$

式中 N_{Ev_i} ——竖向地震作用引起第 i 杆的轴向力设计值；
 N_{Gi} ——在重力荷载代表值作用下第 i 杆轴向力设计值，
可由空间桁架位移法求得，其竖向地震作用的分项系数可采用 1.3；
 ξ_i ——第 i 杆的竖向地震轴向力系数；
 λ ——设防烈度系数，当 8 度时 $\lambda=1$ ，9 度时 $\lambda=2$ ；
 ξ_v ——竖向地震作用轴向力系数，可根据网架的基本频率按附图 4·1 取用；
 r_i ——网架平面的中心 O 至第 i 杆中点 B 的距离；
 r —— OA 的长度， A 点为 OB 线段与圆（或椭圆）锥底面圆周的交点；
 η ——修正系数，按附表 4·2 取值。

网架的基本频率可近似按下式计算

$$f_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\sum G_i w_i / \sum G_i w_i^2} \quad (附 4.3)$$

式中 G_i ——第 i 节点重力荷载代表值；
 w_i ——重力荷载代表值作用下第 i 节点竖向位移。



附图 4.1 坚向地震轴向力系数的变化

注: α 及 f_0 值可按附表 4.1 取值

确定坚向地震轴向力系数的数值

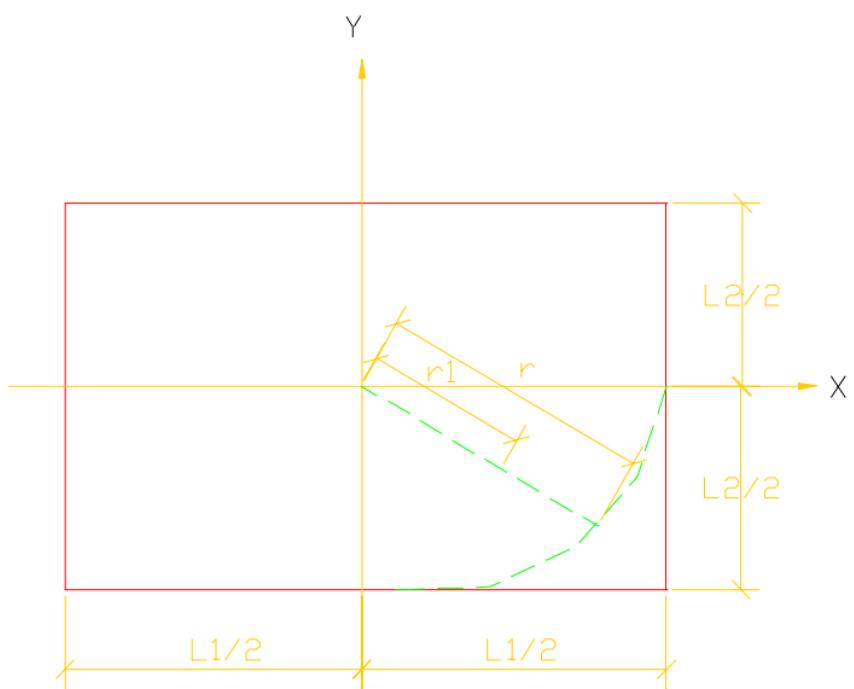
附表 4.1

场 地 类 别	α		f_0 H_z
	正 放 类	斜 放 类	
I	0.095	0.135	5.0
II	0.092	0.130	3.3
III	0.080	0.110	2.5
IV	0.080	0.110	1.5

修 正 系 数

附表 4.2

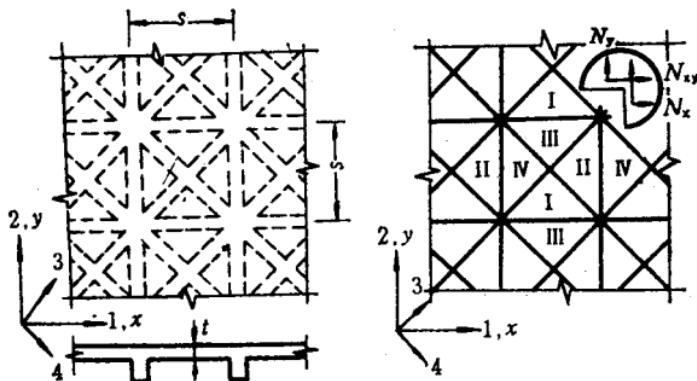
网架上弦杆布置形式	平 面 形 式	η
正 放 类	正 方 形	0.19
	矩 形	0.13
斜 放 类	正 方 形	0.44
	矩 形	0.20



附图 4.2 计算修正系数的长度

附录五 组合网架结构的简化计算

一、当组合网架结构的带肋平板采用如附图 5.1a 的布置形式时，可假定为四组杆系组成的等代上弦杆（附图 5.1b），其截面面积按下列公式计算：



附图 5.1 组合网架结构的计算简图

$$A_i = A_{oi} + A_{ti} \quad (i=1, 2, 3, 4) \quad (\text{附 5.1-1})$$

$$A_{t1} = A_{t2} = 0.75\eta ts \quad (\text{附 5.1-2})$$

$$A_{t3} = A_{t4} = \frac{0.75}{\sqrt{2}}\eta ts \quad (\text{附 5.1-3})$$

式中 A_{oi} —— i 方向肋的截面面积 ($i=1, 2, 3, 4$);

A_{ti} ——带肋板的平板部分在 i 方向等代杆系的截面面积 ($i=1, 2, 3, 4$);

t ——平板厚度;

s ——1、2 两方向肋的间距;

η ——考虑钢筋混凝土平板泊桑比 ν 的修正系数，当 $\nu=1/6$ 时，可取 $\eta=0.825$ 。

组合网架带肋平板的混凝土弹性模量，在长期荷载组合下应乘折减系数 0.5，在短期荷载组合下应乘折减系数 0.85。

二、按刚度分配求得肋和平板等代杆系的轴向力设计值 N_{α} ， N_{ti} ，可按下列公式计算：

$$N_{\alpha} = \frac{A_{\alpha}}{A_i} N_i \quad (\text{附 5.2-1})$$

$$N_{ti} = \frac{A_{ti}}{A_i} N_i \quad (\text{附 5.2-2})$$

式中 N_i ——由截面积为 A_i 的等代上弦杆组成的网架结构所求得上弦杆内力设计值 ($i=1, 2, 3, 4$)。

三、I、II类三角形单元与III、IV类三角形单元（附图 5.1b）内的平板内力设计值 N_x 、 N_y 、 N_{xy} 可分别按下列公式计算：

$$\begin{Bmatrix} N_x \\ N_y \\ N_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{1}{2s} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ -2 & 3 & 3 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} N_{t1} \\ \sqrt{2} N_{t3} \\ \sqrt{2} N_{t4} \end{Bmatrix} \quad (\text{附 5.3-1})$$

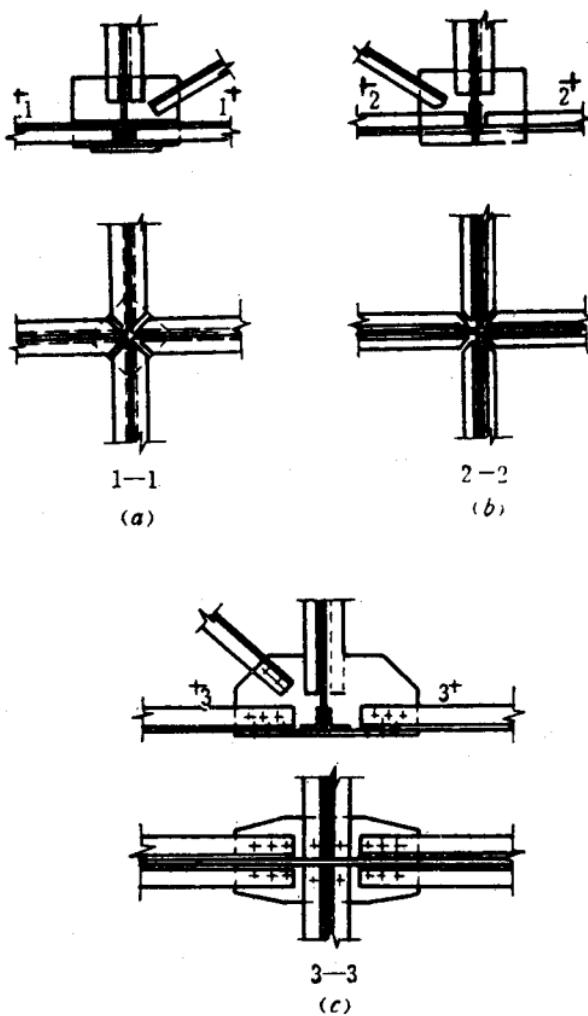
$$\begin{Bmatrix} N_x \\ N_y \\ N_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{1}{2s} \begin{bmatrix} -2 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} N_{t2} \\ \sqrt{2} N_{t3} \\ \sqrt{2} N_{t4} \end{Bmatrix} \quad (\text{附 5.3-2})$$

式中 N_{ti} ——三角形单元边界处相应平板等代杆系的轴力设计值。

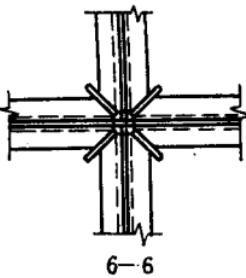
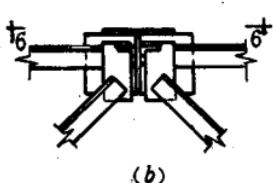
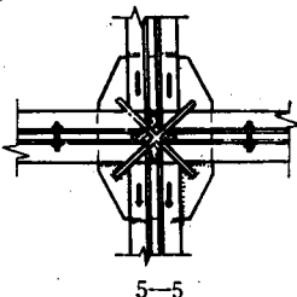
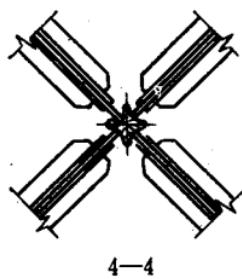
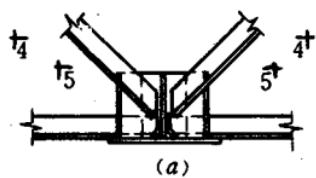
四、根据板的连接构造，对多支点双向多跨连续板或四支点单跨板，应计算带肋板的肋中和板中的局部弯曲内力。

注：矩形平面组合网架边界处内力计算时，式（附 5.1-2）中 $A_{t1}=A_{t2}$ 应减半，取 $0.375\eta ts$ ；式（附 5.3-1）、（附 5.3-2）中的 N_{t1} 、 N_{t2} 应加倍，取 $2N_{t1}$ 、 $2N_{t2}$ 。

附录六 常用焊接钢板节点构造选用图

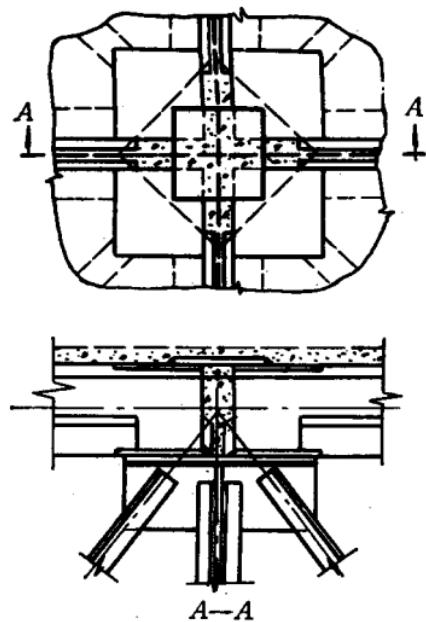


附图 6.1 两向网架的节点构造



附图 6.2 四角锥体组成的网架的节点构造

附录七 组合网架结构节点构造选用图



附图 7.1 组合网架结构的节点构造

- 注: (1) 板肋底部预埋钢板应与十字节点板的盖板焊接牢固以传递网架内力, 必要时盖板上可焊接U形短钢筋, 并埋入灌缝中的细石混凝土;
- (2) 腹杆连接可根据腹杆布置形式及截面类型参照使用;
- (3) 后浇灌缝的细石混凝土中宜配置通长钢筋;
- (4) 当节点承受负弯矩时应采用连接盖板并将其与板肋顶部预埋钢板焊接;
- (5) 当组合网架用于楼层时, 宜采用配筋后浇细石混凝土面层。

附录八 橡胶垫板的材料性能及计算构造要求

一、橡胶垫板的材料性能

胶料的物理机械性能

附表 8.1

胶料类型	硬 度 (邵氏)	扯断力 (MPa)	伸长率 (%)	300%定伸 强 度 (MPa)	扯断永久 变 形 (%)	适用温度 不 低 于
氯丁橡胶	60°±5°	≥18.63	≥4.50	≥7.84	≤25	-25°
天然橡胶	60°±5°	≥18.63	≥500	≥8.82	≤20	-40°

橡胶垫板的力学性能

附表 8.2

允许抗压强度 [σ] (MPa)	极限破坏 强 度 (MPa)	抗压弹性模量 E (MPa)	抗剪弹性 模量 G (MPa)	摩 擦 系 数 μ
7.84—9.80	>58.82	由形状系数 β 按附表 8.3 查得	0.98~1.47	(与钢)0.2 (与混凝土)0.3

“E- β ”关系

附表 8.3

二、橡胶垫板的设计计算

1、橡胶垫板的底面面积 A 可根据承压条件按下式计算：

$$A \geq \frac{R_{\max}}{[\sigma]} \quad (\text{附 8.1})$$

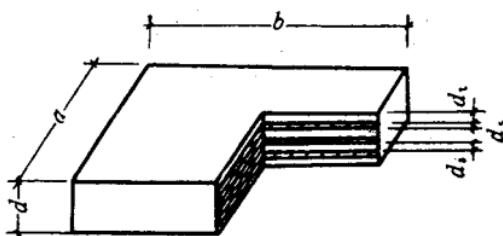
式中 A ——支座承压面积，即 $A = a \cdot b$ ；

a 、 b ——支座短边与长边的边长；

R_{\max} ——网架全部荷载标准值在支座引起的反力设计值；

$[\sigma]$ ——橡胶垫板的允许抗压强度，按附表 8.2 采用。

2. 橡胶垫板厚度应根据橡胶层厚度与中间各层钢板厚度确定（附图 8.1）。



附图 8.1 橡胶垫板的构造

橡胶层厚度可由上、下表层及各钢板间的橡胶片厚度之和确定：

$$d_0 = 2d_t + nd_i \quad (\text{附 8.2})$$

式中 d_0 ——橡胶层厚度；

d_t 、 d_i ——分别为上（下）表层及中间各层橡胶片厚度；

n ——中间橡胶片的层数。

根据橡胶剪切变形条件，橡胶层厚度应同时满足下列两式的要求；

$$d_0 \geq 1.43u \quad (\text{附 8.3})$$

$$d_0 \leq 0.2a \quad (\text{附 8.4})$$

式中 u ——由于温度变化等原因在网架支座处引起的水平位移。

上、下表层橡胶片厚度宜取用 2.5mm，中间橡胶层常用厚

度宜取用 5、8、11mm，钢板厚度宜取用 2~3mm。

3. 橡胶垫板平均压缩变形 w_m 可按下式计算：

$$w_m = \frac{\sigma_m d_0}{E} \quad (\text{附 8.5})$$

式中 σ_m ——平均压应力， $\sigma_m = \frac{R_{\max}}{A}$

橡胶垫板的平均压缩变形应满足下列条件：

$$0.05d_0 \geq w_m \geq \frac{1}{2}\theta a \quad (\text{附 8.6})$$

式中 θ ——结构在支座处的最大转角 (rad)。

4. 在水平力作用下橡胶垫板应按下式进行抗滑移验算：

$$\mu R_g \geq GA \frac{u}{d_0} \quad (\text{附 8.7})$$

式中 μ ——橡胶垫板与混凝土或钢板间的摩擦系数，按附表 8.2 采用；

R_g ——乘以荷载分项系数 0.9 的永久荷载标准值引起的支座反力；

G ——橡胶垫板的抗剪弹性模量，按附表 8.2 采用。

三、橡胶垫板的构造要点

1. 对气温不低于-25℃地区，可采用氯丁橡胶垫板；对气温不低于-30℃地区，可采用耐寒氯丁橡胶垫板；对气温不低于-40℃地区，可采用天然橡胶垫板。

2. 橡胶垫板的长边应顺网架支座切线方向平行放置。与支柱或基座的钢板或混凝土间可用 502 胶等胶结剂粘结固定。

3. 橡胶垫板上的螺孔直径应大于螺栓直径 10mm。

4. 设计时宜考虑长期使用后因橡胶老化而需更换的条件。在橡胶垫板四周可涂以防止老化的酚醛树脂，并粘结泡沫塑料。

5. 橡胶垫板在安装、使用过程中，应避免与油脂等油类物质以及其他对橡胶有害的物质接触。

附录九 本规程用词说明

一、为便于执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样作的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

二、条文中指明必须按其他有关标准、规范执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……规定”。非必须按指定的标准、规范或其他规定执行时，写法为“可参照……”。

附加说明

本规程主编单位、参加单位 和主要起草人名单

主 编 单 位： 中国建筑科学研究院、浙江大学。

参 加 单 位： 天津大学、东南大学、煤炭部太原煤矿设计研究院、河海大学、同济大学、中国建筑标准设计研究所。

主要起草人： 蓝 天、董石麟、
刘锡良、肖 炽、刘善维、
钱若军、陈扬骥、严 慧、
张运田、蒋 寅、樊晓红。