

钢网架结构设计

批准部门 中华人民共和国建设部 批准文号 建质[2007]10号
主编部门 中国航空工业规划设计研究院 统一编号 GJBT-985
实行日期 二〇〇七年三月一日 图 集 号 07SG531

主 编 单 位 负 责 人 [Signature]
主 编 单 位 技 术 负 责 人 [Signature]
技 术 审 定 人 刘子彦
技 术 负 责 人 裴永忠

目 录

目 录.....	1	板式橡胶支座设计参数.....	19	屋面檩条平面布置图.....	35
总说明.....	2	球铰支座节点.....	20	网架支托节点图.....	36
设计要点		螺栓球网架悬挂吊车节点.....	21	网架结构设计示例二	
网架结构设计的系统要点.....	3	网架悬挂吊车节点详图.....	22	工程概况、网架结构选型.....	37
常用网架形式及其特点.....	6	焊接球网架悬挂吊车节点.....	24	网架设计说明.....	38
设计与构造		网架支托图.....	25	网架平面布置图.....	40
螺栓球节点的设计与构造.....	10	网架结构设计示例一		网架上弦杆件、球编号图.....	41
杆件组装示意图.....	11	工程概况、网架结构选型.....	26	网架下弦杆件、球编号图.....	42
焊接球节点的设计与构造.....	12	网架设计说明.....	27	网架腹杆编号图.....	43
常用焊接球规格.....	14	屋盖网架平面布置图.....	29	网架材料表.....	44
常用钢管规格.....	15	网架上弦杆件、球编号图.....	30	网架支座节点图.....	45
平板支座节点.....	16	网架下弦杆件、球编号图.....	31	网架悬挂吊车节点布置图.....	46
带过渡板的平板压力支座节点.....	17	网架腹杆编号图.....	32	网架悬挂吊车节点详图.....	47
板式橡胶支座节点.....	18	网架支座布置图.....	33	屋面檩条平面布置图.....	48
		网架支座节点详图.....	34		

总 说 明

1 编制依据

本图集根据建设部建质函〔2006〕71号“关于印发《2006年国家建设标准设计编制工作计划设计编制工作计划》的通知”进行编制。

2 设计依据

《建筑结构可靠度设计统一标准》	GB 50068-2001
《建筑结构荷载规范》	GB 50009-2001 (2006年版)
《钢结构设计规范》	GB 50017-2003
《建筑抗震设计规范》	GB 50011-2001
《建筑钢结构焊接技术规程》	JGJ 81-2002
《钢结构工程施工质量验收规范》	GB 50205-2001
《建筑结构制图标准》	GB/T 50105-2001
《网架结构工程质量检验评定标准》	JGJ 78-91
《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》	GB/T 16939-97
《结构用无缝钢管》	GB/T 8162-1999
《直缝电焊钢管》	GB/T 13793-92
《冷弯薄壁型钢结构技术规范》	GB 50018-2002
《网架结构设计施工规程》	JGJ 7-91
《钢网架螺栓球节点》	JG/T 10-99
《钢网架焊接球节点》	JG/T 11-99

注：本图集执行现行的规程及行业标准。在编制过程中，本图集内容参考了正在修编的新版《空间网格结构技术规程》及行业标准《钢网架螺栓球节点》、《钢网架焊接球节点》，相关的具体细则应以修编后规程和行业标准内容为准。

3 一般说明和适用范围

- 3.1 本图集主要适用于结构设计人员掌握网架结构设计的基本内容，包括网架结构设计要点、网架节点的设计、构造详图，及网架结构设计示例，可供工程设计人员、审图机构和设计管理部门等人员使用。
- 3.2 本图集适用于一般工业和民用建筑，如单层厂房、体育场馆、展览馆、飞机库等的网架屋盖结构。
- 3.3 本图集适用于非地震区及抗震设防烈度小于等于9度的地区。
- 3.4 本图集适用于室内正常环境，未考虑有较强烈侵蚀介质的情况。
- 3.5 本图集适用于构件表面温度小于等于150℃的场所，当温度高于150℃时，应采取隔热防护措施。
- 3.6 本图集中有悬挂吊车的网架结构未考虑疲劳问题。当网架结构直接承受工作级别为A3及以上的悬挂吊车荷载，且当应力变化的循环次数等于或大于 5×10^4 次时，应进行疲劳计算，其容许应力幅及构造应经过专门的试验确定。
- 3.7 本图集中标高以m为单位，其他除注明者外，均以mm为单位。
- 3.8 本图集集中的“注”是对前文、表格或图纸内容进行说明的文字。“编者提示”是来源于编制单位总结的工程经验及提醒设计人员需注意的问题等提示性文字。
- 3.9 本图集与下列图集配合使用
- | | |
|----------------------|----------|
| 《压型钢板、夹芯板屋面及墙体建筑构造》 | 01J925-1 |
| 《钢结构设计制图深度和表示方法》 | 03G102 |
| 《悬挂运输设备轨道》(2005年合订本) | G359-1~4 |

网架结构设计的系统要点

1 网架结构的特点和适用范围

1.1 主要特点

- 1.1.1 空间工作，传力途径简捷，是一种较好的大跨度、大柱网屋盖结构。
 - 1.1.2 空间刚度大，整体稳定性好，抗震性能好。
 - 1.1.3 在有悬挂吊车或跨度超过24m时较平面屋架经济指标好，节省用钢量。
 - 1.1.4 网架结构平面布置灵活，适用于各种柱网，同时有利于吊顶、安装管道和设备。
 - 1.1.5 网架杆件和节点便于定型化、商品化，可在工厂中成批生产，有利于提高劳动效率。国内网架结构的设计施工技术成熟。
- 1.2 适用范围：网架结构是一种应用范围很广的结构形式，既可用于体育馆、俱乐部、展览馆、影剧院、车站候车大厅等公用建筑，也可用于仓库、厂房、飞机库等工业建筑。

2 网架结构的主要形式

- 2.1 由交叉桁架体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、单向折线形网架等。
 - 2.2 由四角锥体系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。
 - 2.3 由三角锥体系组成的三角锥网架、抽空三角锥网架、蜂窝形三角锥网架。
- 各种网架形式的组成特征及受力特点见表5。

3 网架结构选型原则

- 3.1 空间网架结构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、制造安装方法及材料供应情况等要求综合分析确定。杆件布置及支承设置应保证结构体系几何不变。

- 3.2 平面形状为矩形的周边支承网架，当其边长比（长边/短边）小于等于1.5时，结构呈双向受力状态，此时宜选用正放四角锥网架、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。当其边长比大于1.5时，结构接近单向受力状态，此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。当平面狭长时，可采用单向折线形网架。
- 3.3 平面形状为矩形，三边支承一边开口的网架可按第3.2条进行选型，开口边必须具有足够的刚度，并形成完整的边桁架，当刚度不满足要求时，可采用增加网架高度、增加网架层数等办法加强。
- 3.4 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。
- 3.5 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。
- 3.6 中、小跨度的网架结构宜优先选用螺栓球节点连接。在潮湿、有腐蚀介质的环境中，宜采用焊接球节点连接。
- 3.7 网架可采用上弦或下弦支承方式。当采用上弦支承时，应注意避免支座附近杆件与支承柱相碰；当采用下弦支承时，应在支座边形成竖直或倾斜的边桁架。
- 3.8 当采用两向正交正放网架时，应沿网架周边网格放置封闭的水平支撑。

4 平面网格尺寸和高度的确定

网架的网格高度与网格尺寸应根据跨度大小、荷载条件、柱网尺寸、支承情况、网格形式、屋面材料以及构造要求和建筑功能等因素确定。选择合理网格高度与网格尺寸的主要指标：网架杆件内力尽量均匀；同等跨度和荷载下网架用钢量指标最优。

- 4.1 网格尺寸。在确定网架网格尺寸时，应考虑如下几方面的因素：
 - 4.1.1 一般情况下，为减少或避免出现过多的构造杆件和节点，宜采用稍大一点的网格尺寸。网

格尺寸适当加大,可相应地减少节点数和杆件数,从而使杆件截面更有效地发挥作用,达到节省钢材的目的,同时也使网架通透简洁。

4.1.2 网格尺寸与网架短向跨度有关。常用网格尺寸与短向跨度的关系见表1。

表1 网格尺寸与跨度的关系

网架短向跨度 L_2	网格尺寸
<30m	$(1/12\sim 1/6) L_2$
30m~60m	$(1/16\sim 1/10) L_2$
>60m	$(1/20\sim 1/12) L_2$

4.1.3 网格尺寸与屋面板种类及材料有关。当选用混凝土屋面板、发泡水泥板或GRC板时,板的尺寸不宜过大,一般以不超过3m见方为宜。若采用压型钢板等轻型屋面板时,灵活性较大。

4.1.4 网格大小与杆件材料有关。当网架杆件采用钢管时,截面性能好,杆件可长一些,即网格尺寸可稍大。当网架杆件采用角钢时,杆件截面可能要由长细比控制,故杆件不宜太长,即网格尺寸不宜过大。

4.1.5 网格大小与功能要求有关。

4.1.6 网格大小宜考虑支座位置。

4.2 网架高度。网架高度与网架的跨度、荷载大小、节点形式、平面形状、支承情况及起拱等因素有关。

4.2.1 与网架跨度的关系。根据《网架结构设计施工规程》JGJ 7-91,不同材料的屋面体系的网格数(即网格尺寸)及跨高比可按表2选用:

表2 网架的上弦网格数和跨高比

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	$(2\sim 4)+0.2L_2$	10~14	$(6\sim 8)+0.07L_2$	$(13\sim 17)-0.03L_2$
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	$(6\sim 8)+0.08L_2$			

对于大跨度屋盖一般可采用3层及3层以上的网架。

4.2.2 与屋面荷载的关系。屋面荷载较大时,为满足网架刚度要求,网架高度应适当提高;而屋面采用轻型材料时,网架高度屋面荷载较大时,为满足网架刚度要求,网架高度应适当提高;而屋面采用轻型材料时,网架高度可适当降低;而网架下弦设有悬挂吊车时,需满足悬挂吊车轨道对挠度的要求,宜适当提高网架高度。

4.2.3 与节点形式的关系。对螺栓球节点,一般宜将网架的高度取得高一些,这样可使上、下弦内力值相对小一些,并尽可能地使弦杆内力与腹杆内力相差不致过大,以便统一杆件与螺栓球的规格。

4.2.4 与平面形状的关系。网架平面形状为方形或接近方形时,网架的高跨比可小些;而平面形状为长条形时,网架单向受力明显,网架高跨比可大一些。

4.2.5 与支承条件的关系。网架的支承情况不同,决定网架的受力情况不同。点支承同时有悬臂的网架,悬挑部分可以与跨中一部分弯矩平衡,使跨中的弯矩和挠度均减小,网架的高度一般就不像大跨度网架那样由跨中相对挠度的要求来决定,而是根据弦杆的内力来考虑。点支承网架,当设置柱帽后,受力状况得到改善,其高跨比也可取得相对小一些。

5 结构挠度允许值

5.1 空间网架结构的最大挠度值不应超过表3中的容许挠度值。

表3 空间网架结构的容许挠度值

结构体系	屋盖结构(短向跨度)	楼层结构(短向跨度)	悬挑结构(悬挑跨度)
网架	1/250	1/300	1/125

5.2 当网架有悬挂吊车时,其可变荷载标准值产生的挠度容许值宜 $\leq L/500$ 。

5.3 网架可预起拱,其起拱值可取不大于短向跨度的1/300。当仅为改善外观条件时,最大挠度在减去起拱值后不应超过表3中的容许挠度值的规定。

6 结构计算

- 6.1 空间网架结构应进行在外荷载（包括风荷载）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。
- 6.2 对非抗震设计，荷载及荷载效应组合应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001进行计算，在杆件截面及节点设计中，应按照荷载效应的基本组合确定内力设计值；在位移计算中应按照荷载效应的标准组合确定其挠度。对抗震设计，荷载及荷载效应组合还应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001确定内力设计值。
- 6.3 网架结构受力分析时，可假定节点为铰接，杆件只承受轴向力，宜采用空间杆系有限元法进行计算。
- 6.4 空间网架结构的外荷载可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。当杆件上作用有局部荷载时，应另行考虑局部弯曲内力的影响。
- 6.5 空间网架结构分析时，当作用有水平荷载（风、地震、温度）时，应考虑上部网格结构与下部支承结构的相互影响。空间网格结构的协同分析可把下部支承结构折算等效刚度和等效质量作为上部网格结构分析时的条件；也可把上部网格结构折算等效刚度和等效质量作为下部支承结构分析时的条件；有必要时应将上、下部结构整体分析。
- 6.6 分析空间网架结构时，应根据结构形式、支座节点的位置、数量和构造情况以及支承结构的刚度，确定合理的边界约束条件。边界约束条件可分为弹性约束、固定约束及强迫位移。
- 6.7 空间网架结构施工安装阶段与使用阶段支承情况不一致时，应区别不同支承条件来分析计算施工安装阶段和使用阶段在相应荷载作用下的结构位移和内力。
- 6.8 空间网架结构经过位移和内力计算后进行杆件截面设计，杆件截面需要调整时，应重新进行分析，使其满足设计要求为止。网格结构设计后，杆件不宜替换，如必须替换时，应根据截面及刚度等效的原则进行。
- 6.9 当网架结构有悬挂吊车时，悬挂吊车轮压应换算成网架节点荷载，并按吊车运行工况作用于其经过的每个节点。
- 6.10 在抗震设防烈度为6度或7度地区，网架屋盖结构可不进行竖向和水平抗震验算；在抗震设防烈度为8度地区，网架屋盖结构应进行竖向和水平抗震验算，仅对于周边支承的中小跨度网架屋盖结

构，可不进行水平抗震验算；在抗震设防烈度为9地区，对各种网架结构必须进行水平与竖向抗震验算。

7 杆件设计

7.1 空间网架结构杆件可采用普通型钢和薄壁型钢。管材宜采用高频焊管或无缝钢管，当有条件时应采用薄壁管型截面。杆件采用的钢材牌号和等级应按现行国家标准有关钢材的规定执行。杆件截面应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017—2003根据强度和稳定性的要求计算确定。

7.2 确定杆件的长细比时，其计算长度 l_0 应按表4采用。

表4 网架杆件计算长度 l_0

杆 件	节 点 形 式		
	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 —杆件的几何长度（节点中心间距离）。

7.3 杆件的长细比不宜超过下列数值：

受压杆件	180
受拉杆件	一般杆件 300
	支座附近处杆件 250
直接承受动力荷载杆件	250

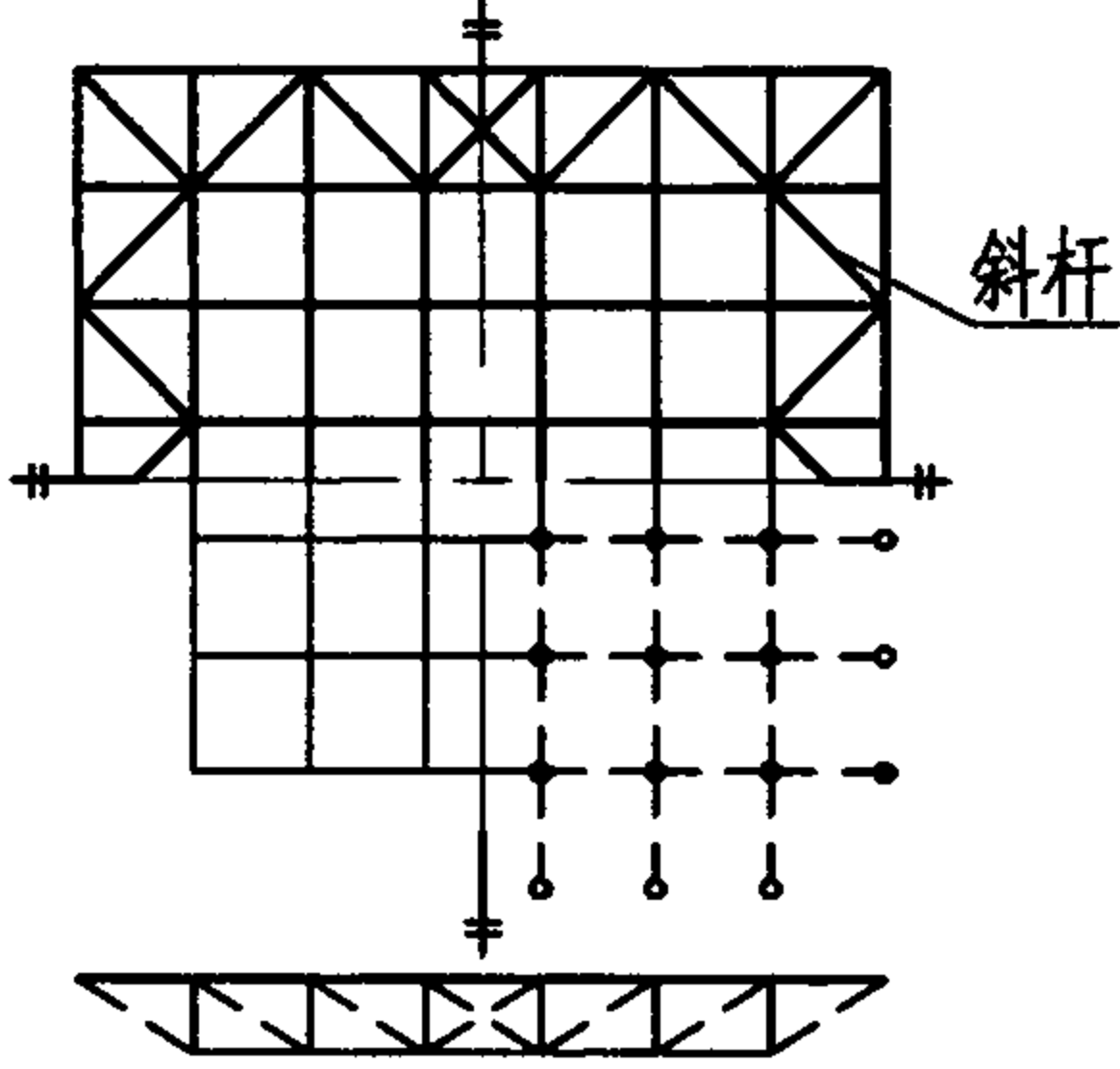
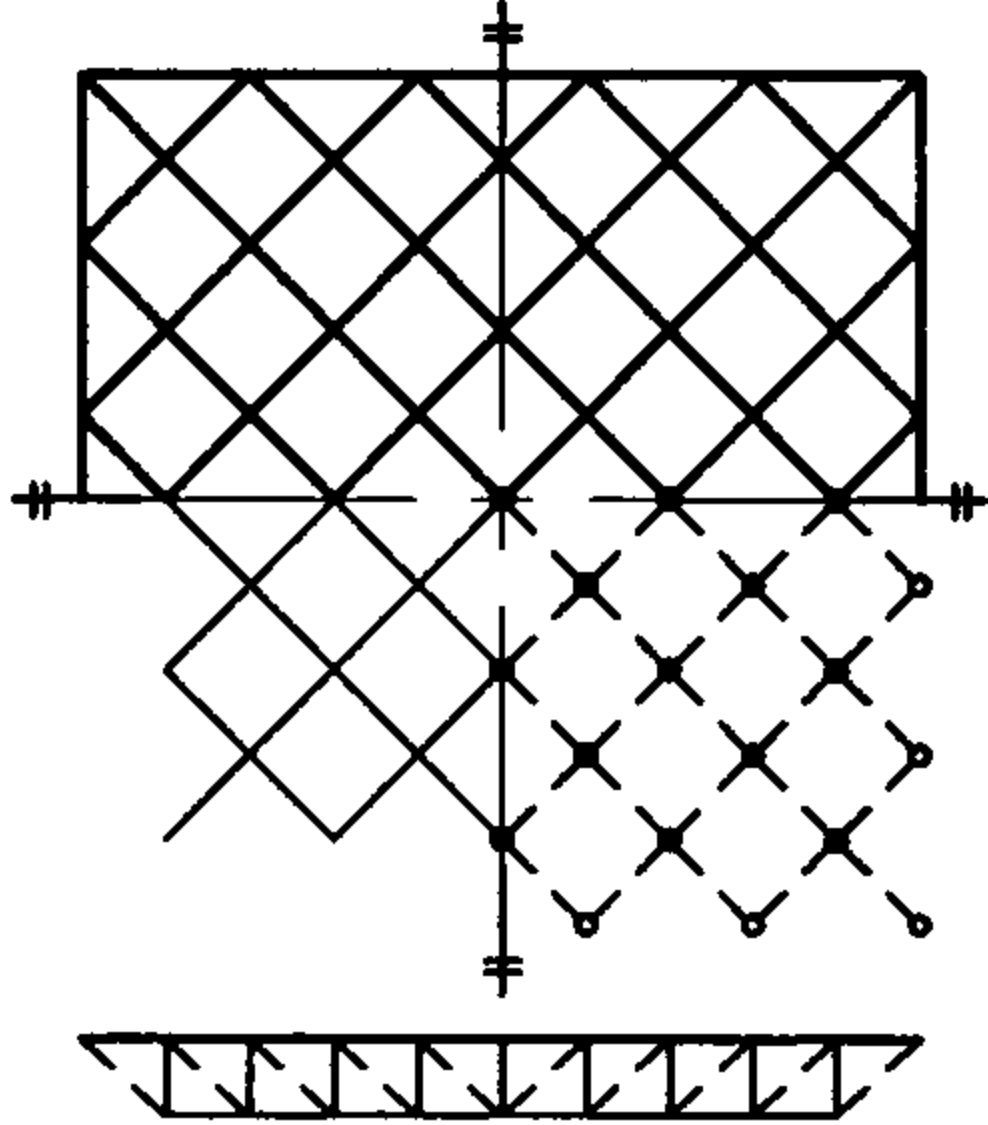
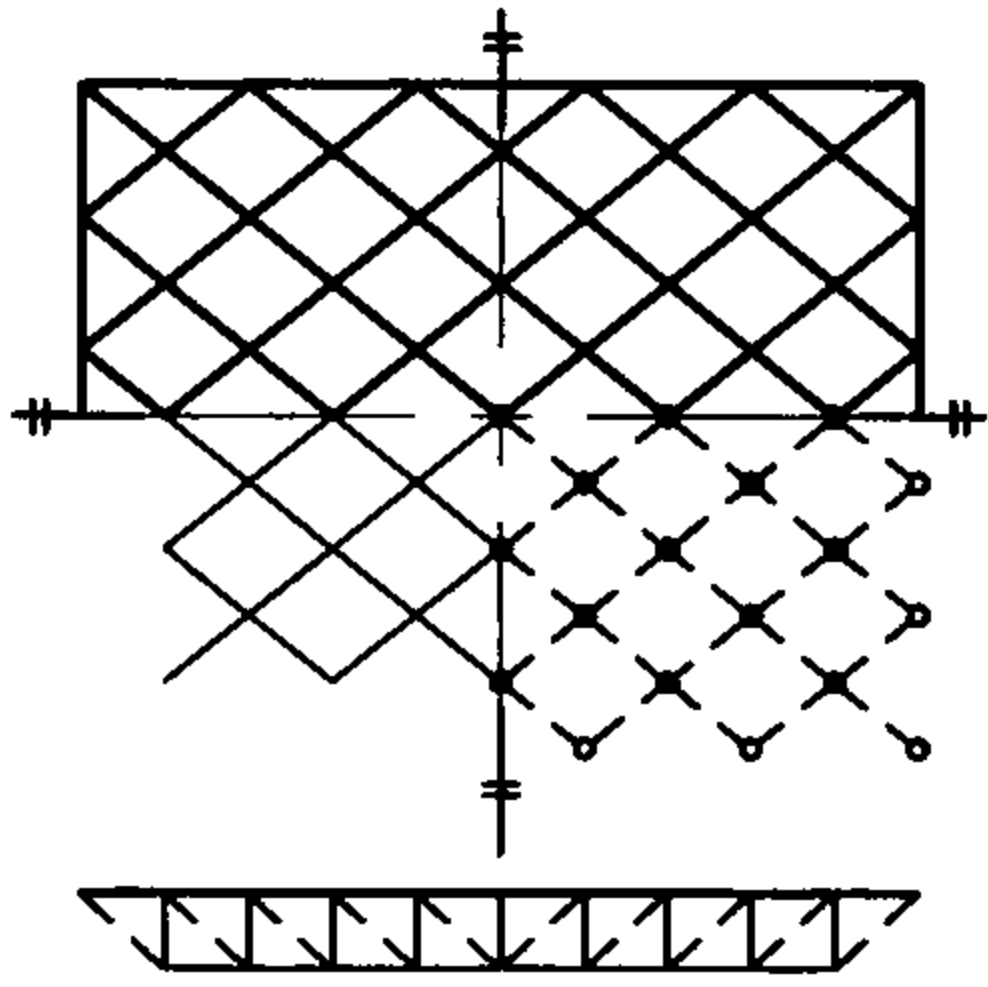
7.4 杆件截面的最小尺寸应根据结构的跨度与网格大小按计算确定，普通型钢不宜小于L50x3，钢管不宜小于 $\phi 48 \times 3$ 。

7.5 空间网架结构杆件分布应保证刚度的连续性，相连续的杆件截面面积差别不宜超过1.8倍。相连续的杆件管径不宜超过2倍，多点支承的网架结构其反弯点区域的上下弦杆宜按构造加大截面。

7.6 对于低应力小规格的受拉杆件宜接受压杆件控制杆件的长细比。

7.7 杆件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与凹槽，钢管端部应进行封闭。

表5 常用网架形式及其特点

	网架形式	组成方式及几何特征	结构特点	注意事项
两向正交正放网架		由两个分别平行于边界方向的平面桁架交叉组成。即上、下弦杆均为正放，上下弦杆的长度相等，且上下弦杆和腹杆位于同一垂直平面内，在两向平面桁架的交点处有一根公用的竖杆。	平面内为几何可变。为增加其空间刚度并有效地传递水平荷载，应沿网架支承周边的上(下)弦平面内设置附加斜杆。周边支接近正方形平面，受力均匀，杆件内力差别不大。随边长比加大，单向受力特征明显，对于点支承网架，支承附近的杆件及主桁架跨中弦杆内力大，其他部位内力小。	因其弦杆构成四边形，网格为几何可变体系。因此一般在其上弦(或下弦)平面周边设置水平支撑杆件，使其有效传递水平荷载。
两向正交斜放网架		几何特征同上，只是将它在建筑平面上放置时转动45度角，即上、下弦杆均斜放。	由于网架为等高，故角部短桁架刚度较大，并对与它垂直的长桁架起一定的弹性支承作用，从而减少了桁架中部的弯矩。刚度较两向正交正放网架为大。矩形平面时，受力较均匀。网架四角支座处有向上的拉力。	注意处理桁架角部可能产生的较大拉力。
两向斜交斜放网架		由两个方向的平面桁架交叉组成。但其交角不是正交，而是根据下部两个方向支承结构间距变化而成任意交角，即上、下弦杆均斜放。	由于网架为等高，故角部短桁架刚度较大，并对与它垂直的长桁架起一定的弹性支承作用，从而减少了桁架中部的弯矩。刚度较两向正交正放网架为大。矩形平面时，受力较均匀。网架四角支座处有向上的拉力。	适用于梯形或扇形建筑平面。一般只在建筑上有特殊要求时才选用。

平面

上弦

下弦

腹杆

剖面

图例

——

上弦杆

腹杆

——

下弦杆

○

上弦节点

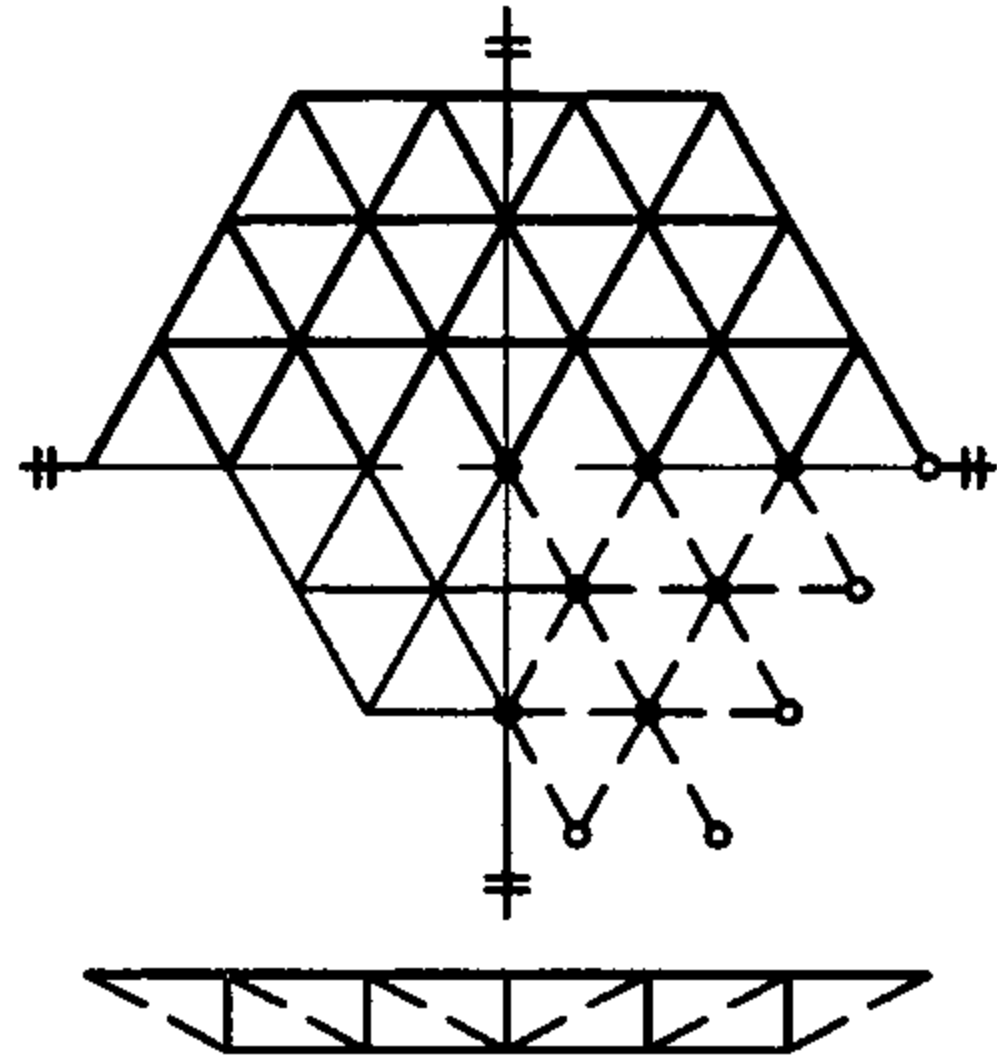
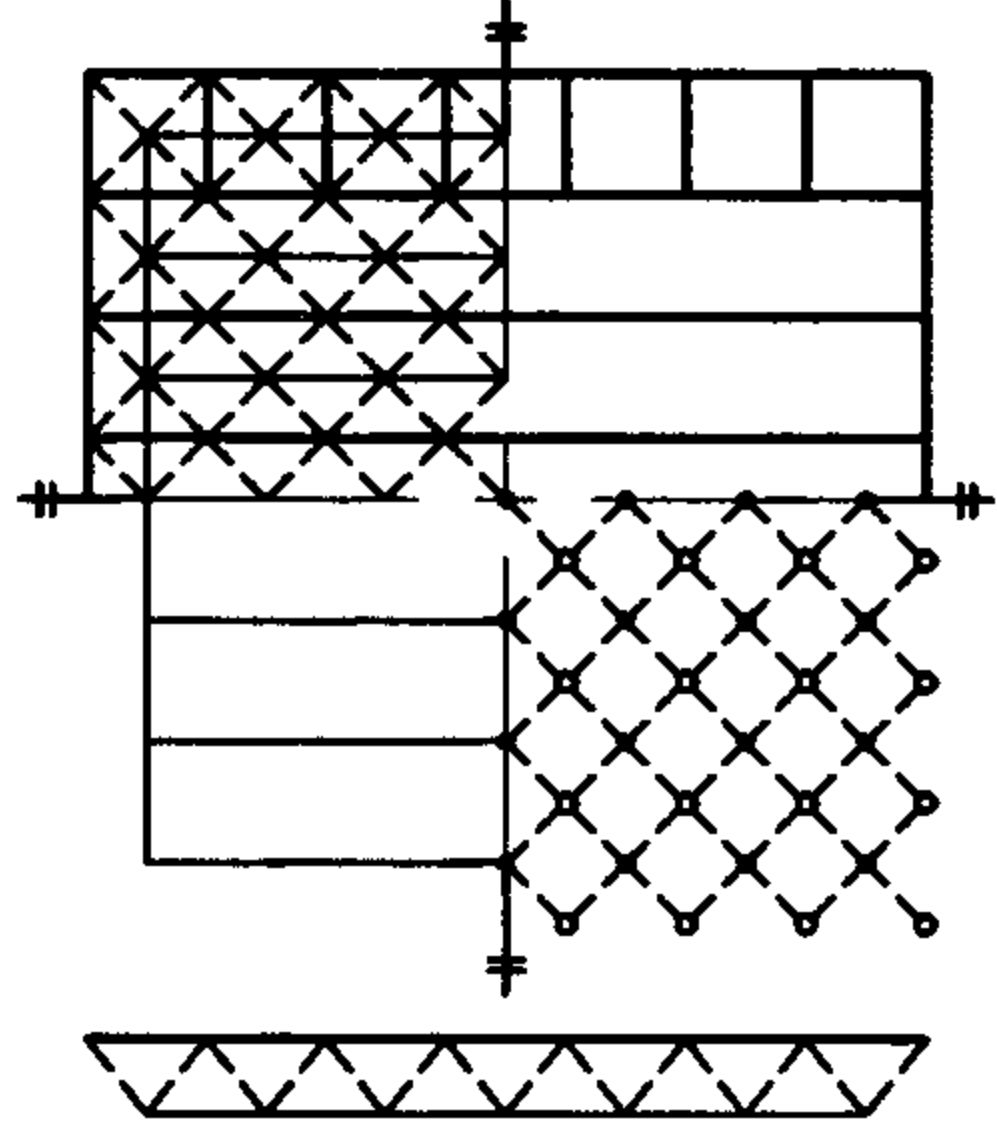
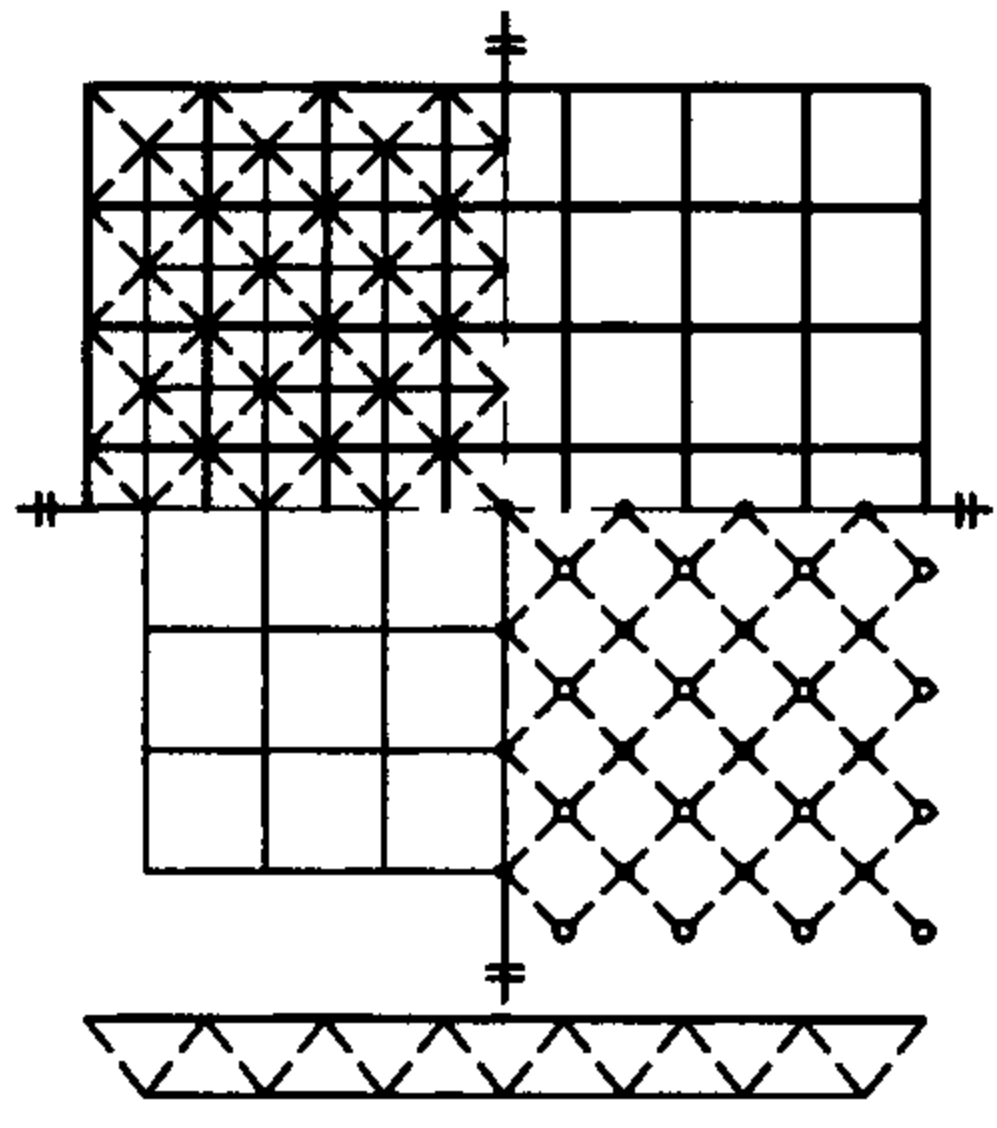
●

下弦节点

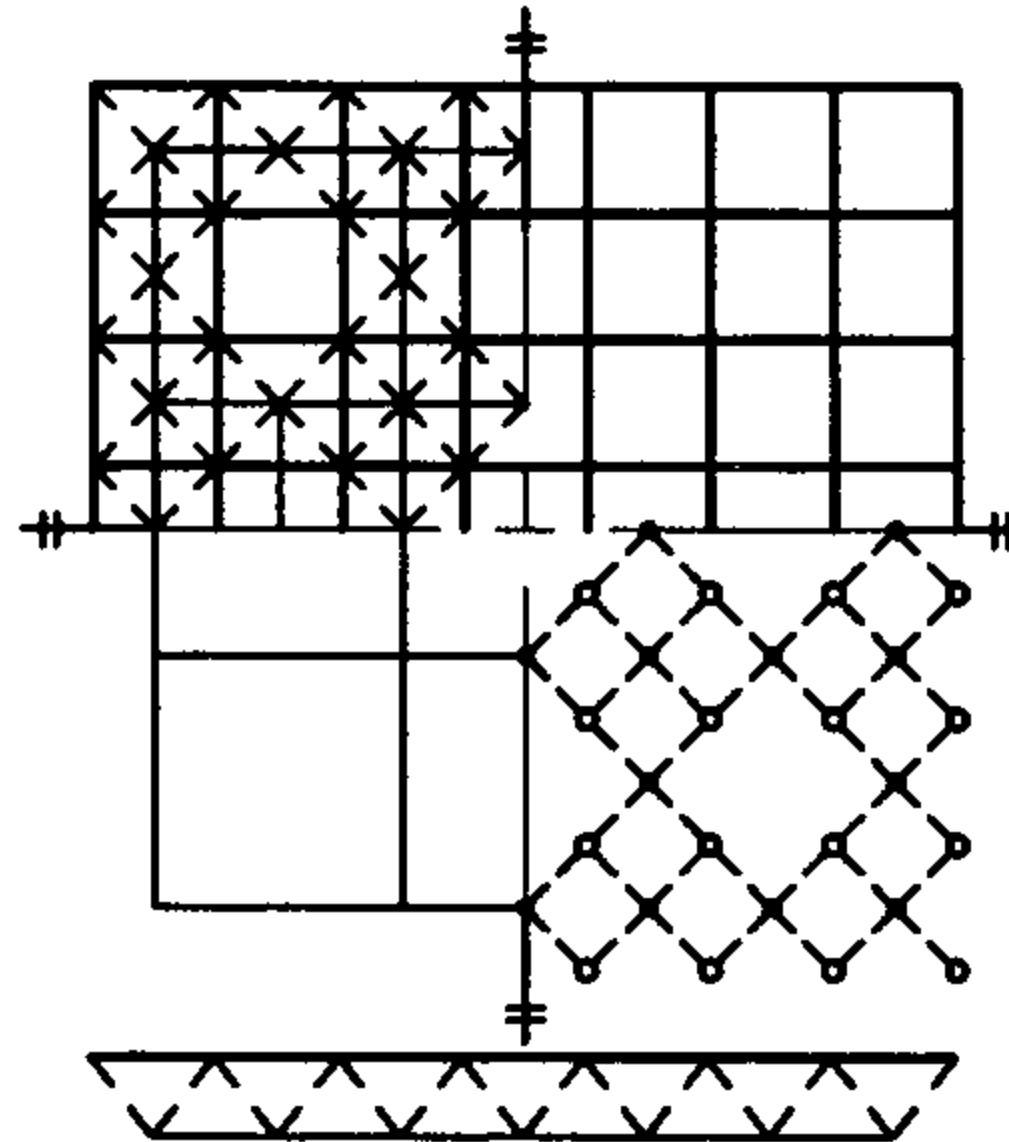
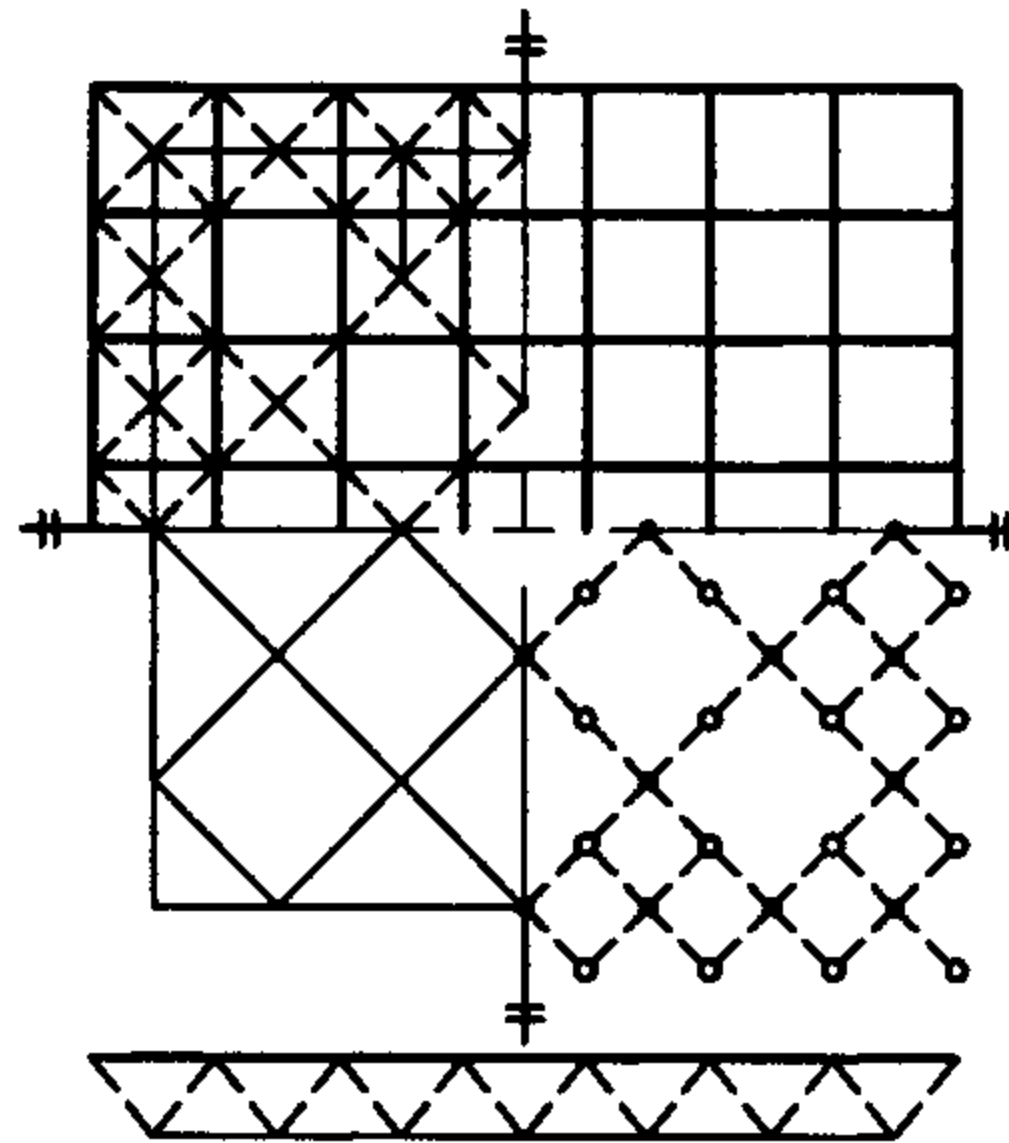
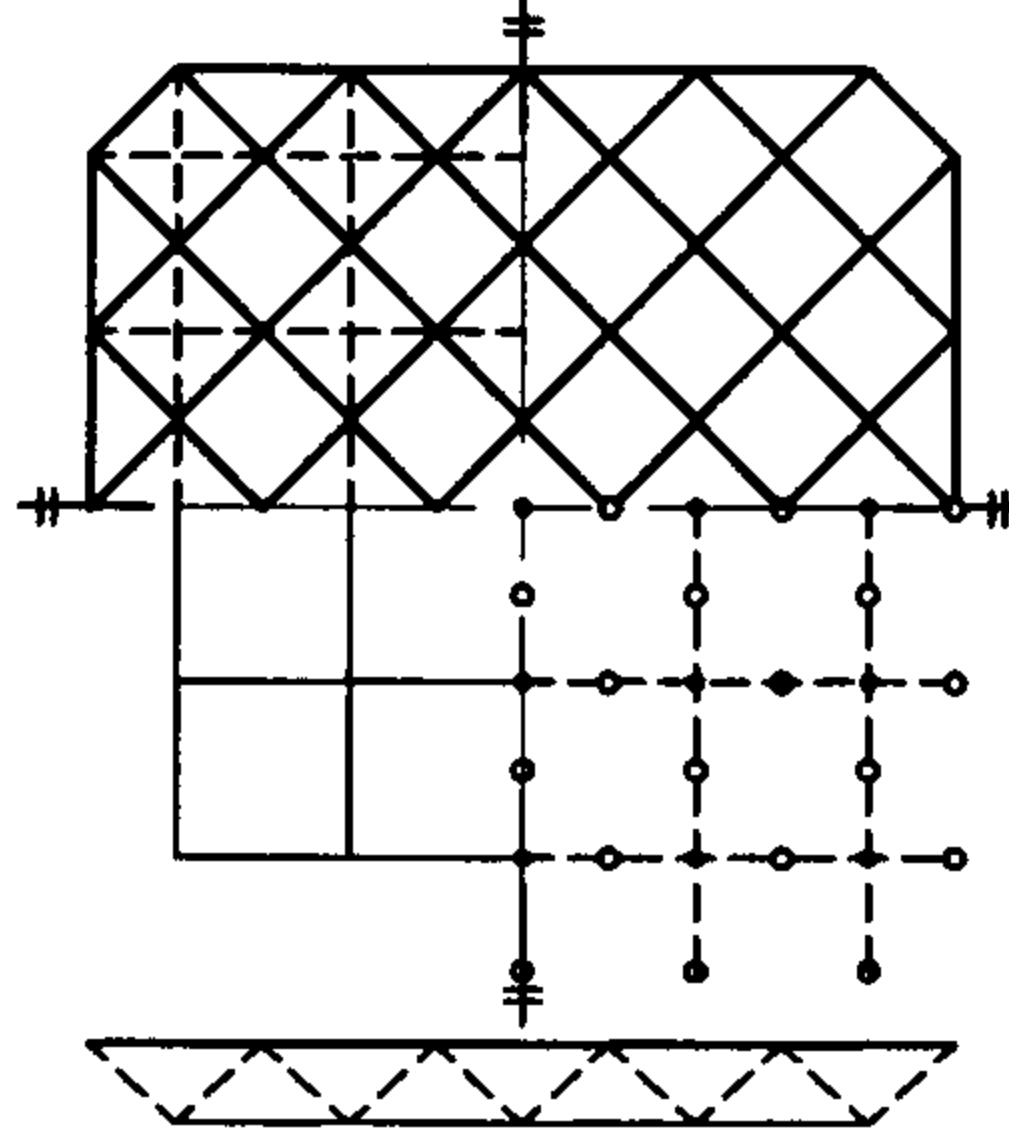
⊙

重合节点

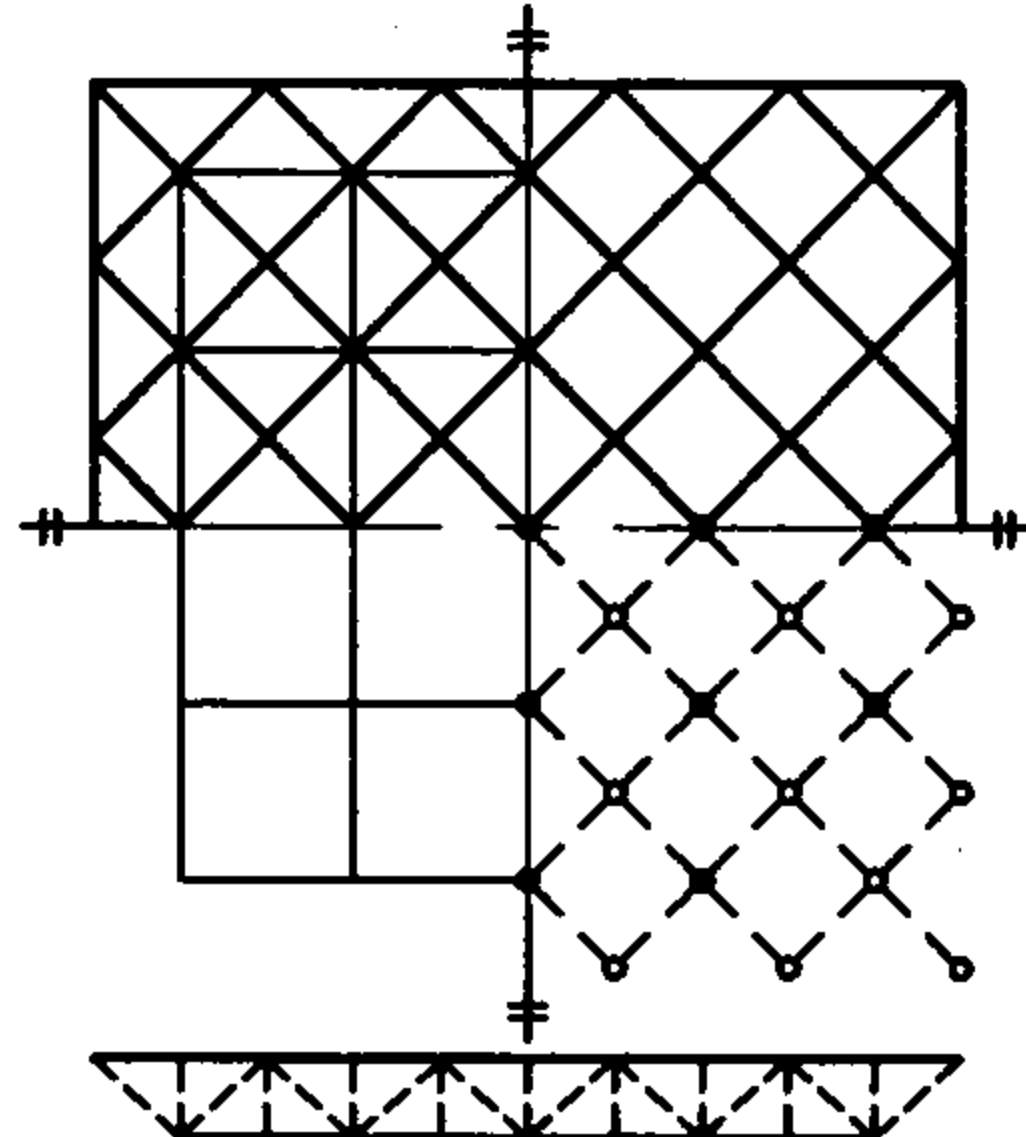
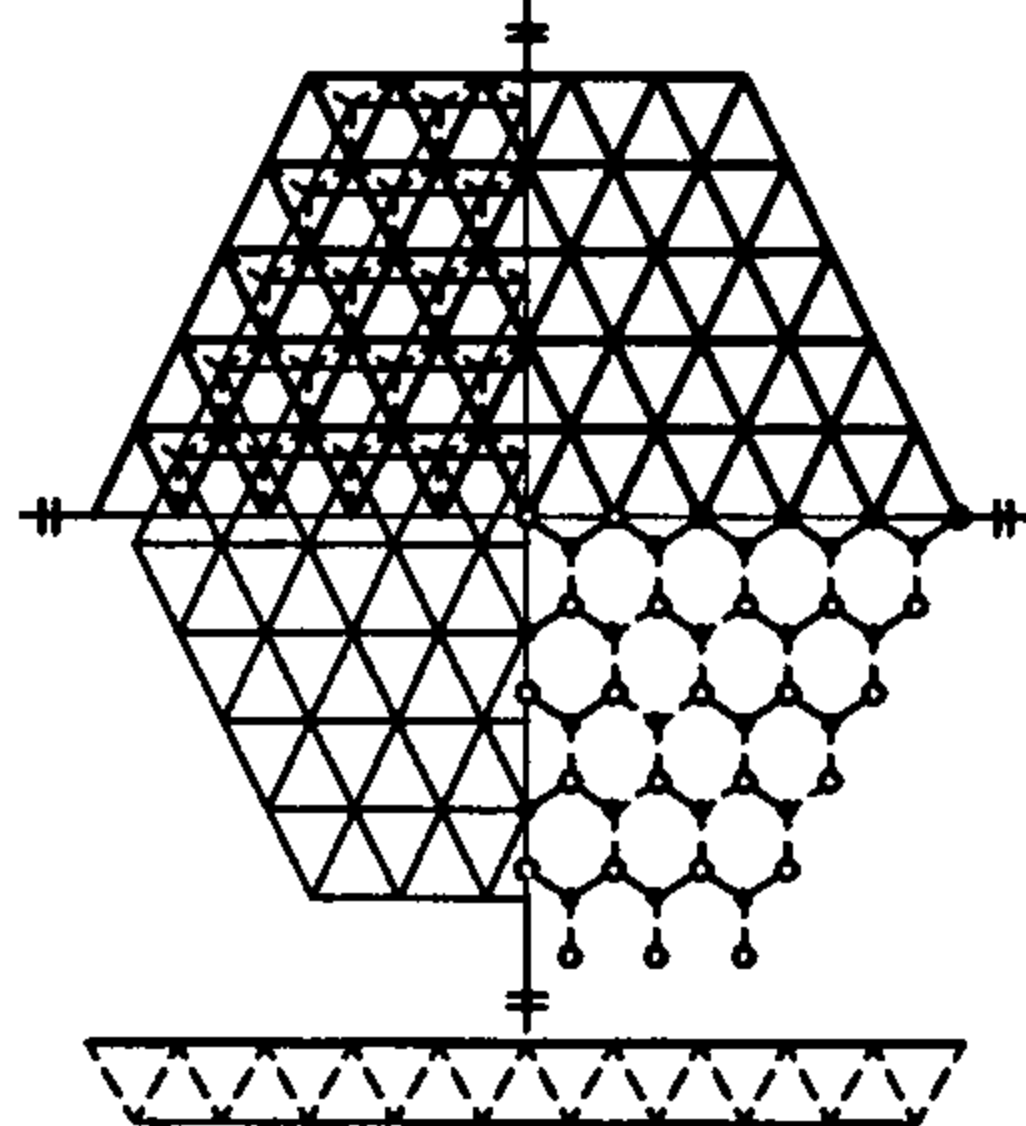
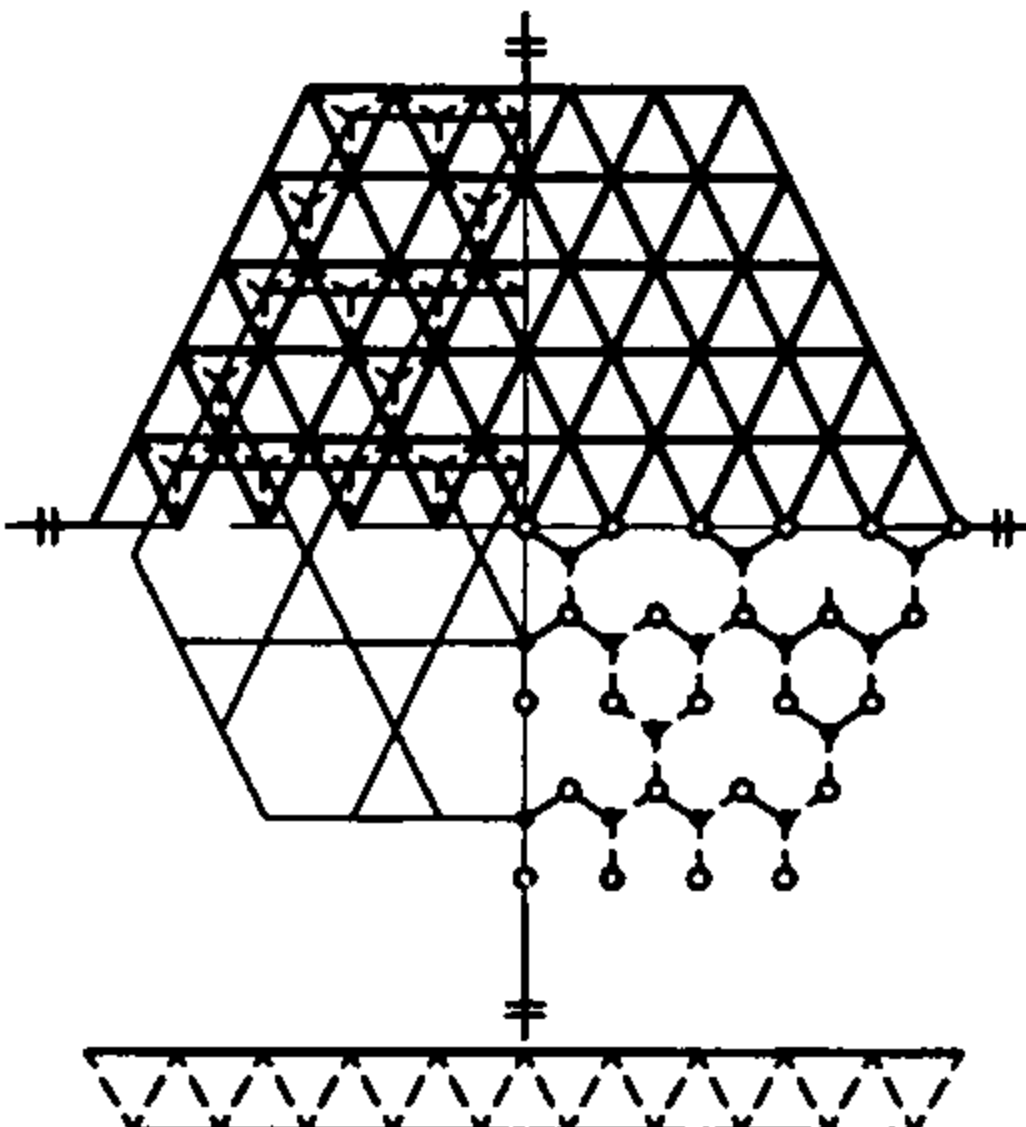
续表5

	网架形式	组成方式及几何特征	结构特点	注意事项
三向网架		由三个方向的平面桁架交叉组成。其交角为60度角，即上、下弦杆有正放和斜放。网架的网格一般是正三角形。	基本单元为几何不变。整个网架的空间刚度大于两向网架。能均匀地把力传至支承系统，受力性能较好。杆件数和节点数多，节点构造复杂（最多一个节点汇交13根杆件）。	适用于圆形或多边形平面，周边有不规则网格。适合于大跨度工程。
单向折线网架（折板形网架）		由一系列平面桁架互相斜交成V形而成，即上、下弦杆均正放，也可看成无上、下弦杆的正放四角锥。	类似于立体桁架，但不需布置支撑体系。只有沿跨度方向上、下弦杆，呈单向受力状态。为加强其空间刚度，应在其周边增设部分上弦杆件。	适用于狭长矩形平面，杆件类型较少。
正放四角锥网架		以倒置四角锥为组成单元。上、下弦平面内的网格均呈正方形，上弦网格的形心与下弦网格的角点投影重合，并且没有垂直腹杆。	空间刚度比其他四角锥网架及两向网架为大。受力比较均匀，使用范围广。	上、下弦杆等长。如果腹杆与上、下弦平面为45度角，则杆件全部等长。有利于定型化生产，屋面规格少。

续表5

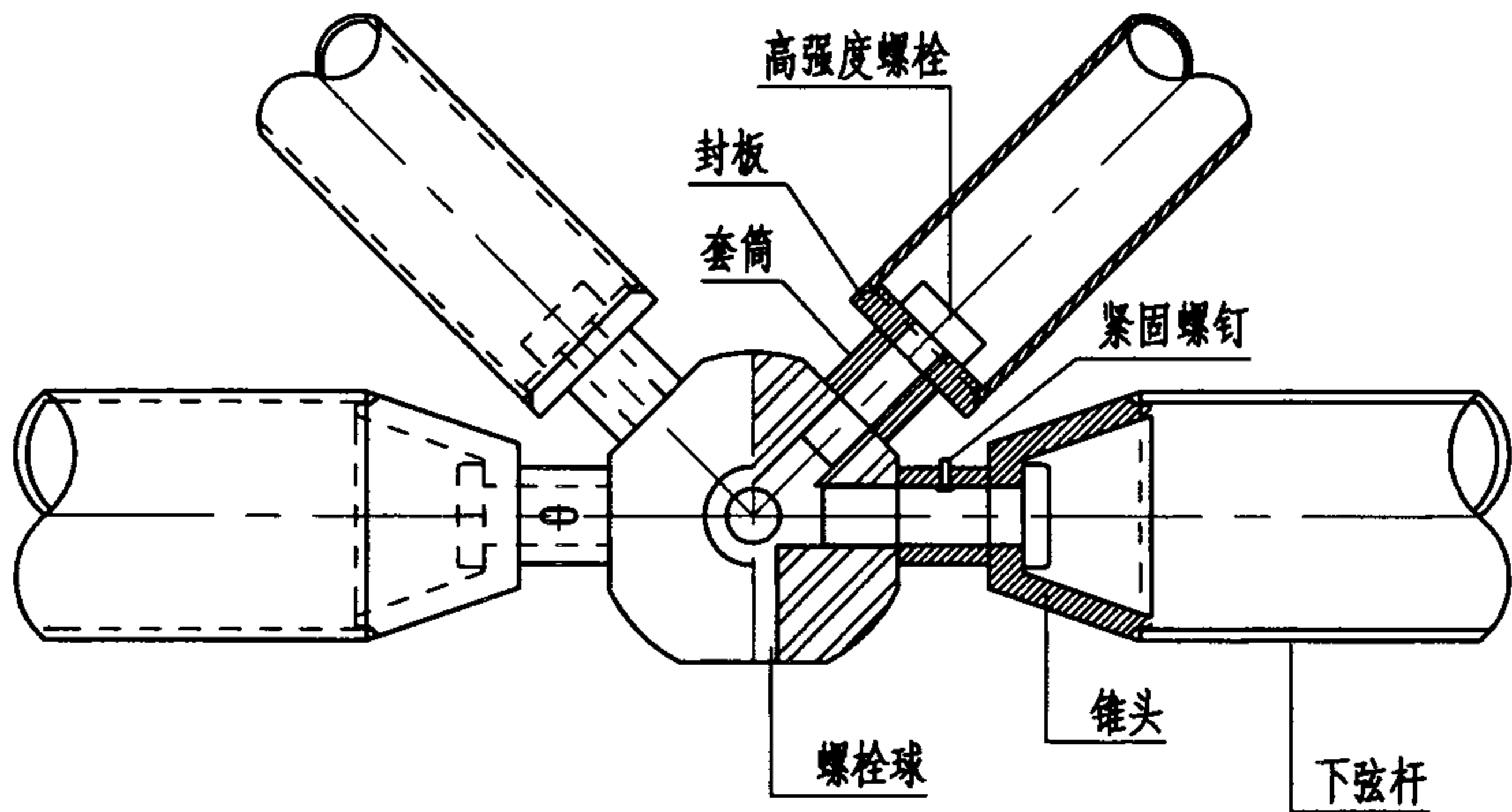
	网架形式	组成方式及几何特征	结构特点	注意事项
正放抽空四角锥网架		以倒置四角锥为组成单元。上、下弦平面内的网格均呈正方形，上弦网格的形心与下弦网格的角点投影重合，并且没有垂直腹杆。除周边网格中的锥体不变外，其余网格可根据网架的支承情况有规律地抽掉一些锥体而成。	空间刚度较正放四角锥网架为小，下弦杆内力增大。	上、下弦杆等长。如果腹杆与上、下弦平面为45度角，则杆件全部等长。有利于定型化生产，屋面规格少。应注意抽空可减少杆件与节点数量，节省用钢量，但会降低结构的整体刚度与超静定次数。
棋盘形四角锥网架		将斜放四角锥网架（见下图）转动45度角而成，即上弦杆正放，下弦杆斜放。上弦网格正交正放，下弦网格正交斜放，上下弦的网格形心投影重合。	空间刚度较正放四角锥网架为小，下弦杆内力增大。当周边布置成满锥时，刚度较好。这种网架受压上弦杆短，受拉下弦杆长，能充分发挥杆件截面的作用，受力合理。	节点汇交杆件少，上弦节点处6根，下弦节点处8根，节点构造简单。
斜放四角锥网架		以倒置四角锥为组成单元，上弦网格正交斜放，而下弦网格与边界平行。	空间刚度较正放四角锥网架为小。	应注意当周边无刚性连系杆时，会出现锥体绕Z轴旋转的不稳定情况。

续表5

	网架形式	组成方式及几何特征	结构特点	注意事项
星形四角锥网架		其组成单元体由两个倒置的三角形小桁架正交而成，在节点处有一根公用的竖杆。上弦杆为倒三角形的底边，下弦杆为倒三角形顶点的连线，网架的斜腹杆均与上弦杆位于同一垂直平面内。	其刚度较差，不如正放四角锥网架。其竖杆受压，内力等于上弦节点荷载。	节点汇交杆件少，上下弦节点处5根，节点构造简单。
三角锥网架		以倒置三角锥为组成单元，其上下网格均为三角形。倒置三角形的锥顶与上弦三角形的形心投影重合，平面为六边形。	基本单元为几何不变体系，整体抗扭和抗弯刚度较好，受力比较均匀，适用于大跨度工程。	如果网架高度为 $h=\sqrt{\frac{2}{3}}S$ ， S 为弦杆长度。上下弦节点汇交的杆件均为9根，可统一节点构造。
抽空三角锥网架		以倒置三角锥为组成单元，其上下网格均为三角形。倒置三角形的锥顶与上弦三角形的形心投影重合，平面为六边形。适当抽去一些三角锥单元的腹杆和下弦杆。上弦平面为正三角形，下弦平面为正三角形及正六边形组合成，平面为六边形。	刚度较三角锥网架差。为增加刚度，其周边宜布置成满锥。下弦杆内力增大且均匀性稍差。	节点和杆件数量比三角锥数量少，上弦网格与三角锥网架一样密。下弦杆稀疏，有利于省料及施工。

螺栓球节点的设计与构造

1 螺栓球节点系指由高强度螺栓、钢球、紧固螺钉、套筒和锥头或封板等零件组成的节点，如下图所示。节点所有零部件均在工厂加工、制作，有利于质量控制与减少现场工期。



螺栓球节点示意图

2 用于制造螺栓球节点的钢球、封板、锥头、套筒的材料可按表1的规定，并应符合相应标准中的技术条件。产品质量应符合现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10的规定。

3 高强度螺栓的性能等级应按螺纹规格分别选用。对于M12~M36的高强度螺栓，其性能等级按10.9S选用；对于M39~M64的高强度螺栓，其性能等级按9.8S选用。螺栓的形式与尺寸应符合现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939的要求。

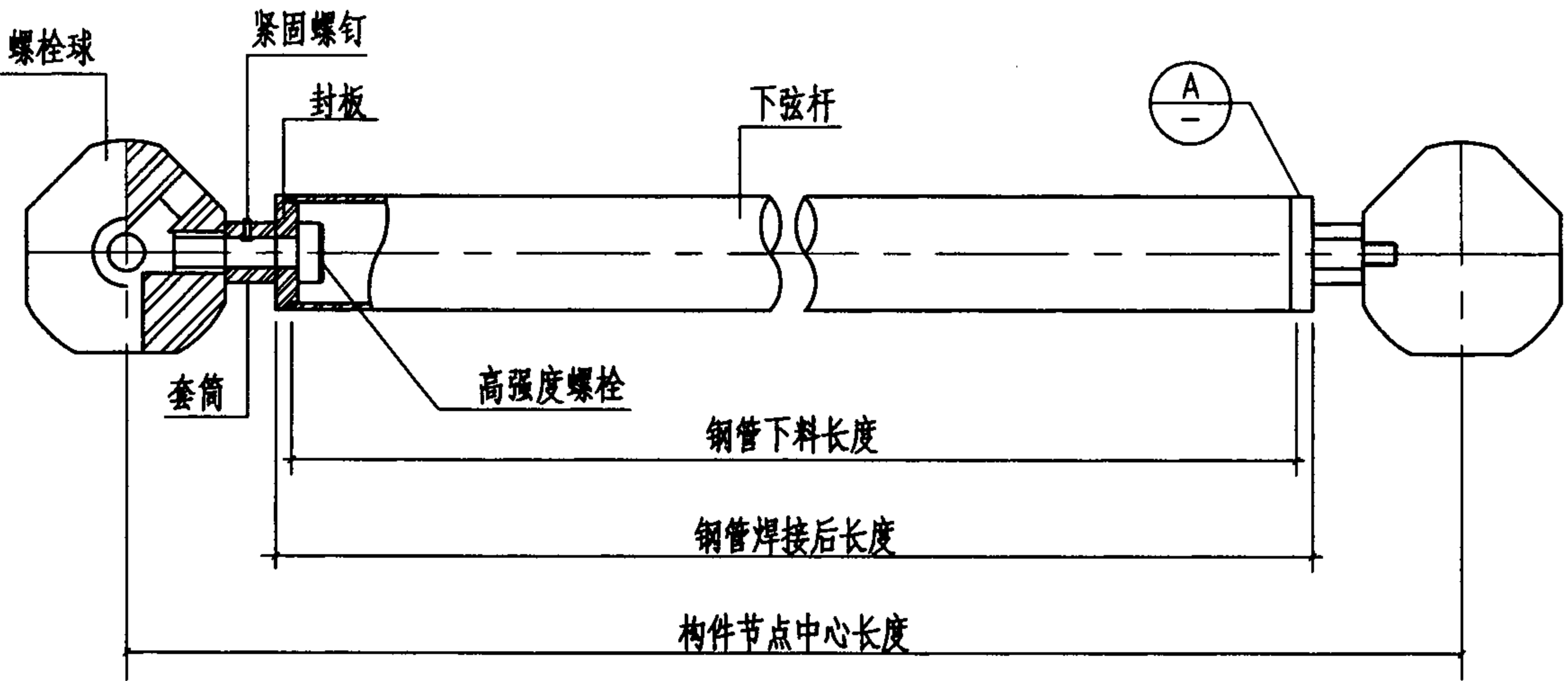
4 受压杆件的连接螺栓直径，可按其设计内力绝对值求得螺栓直径计算值后，将螺栓直径减少1~3个级差，但必须保证套筒任何截面均具有足够的抗压强度。

表1 螺栓球节点零件推荐标准

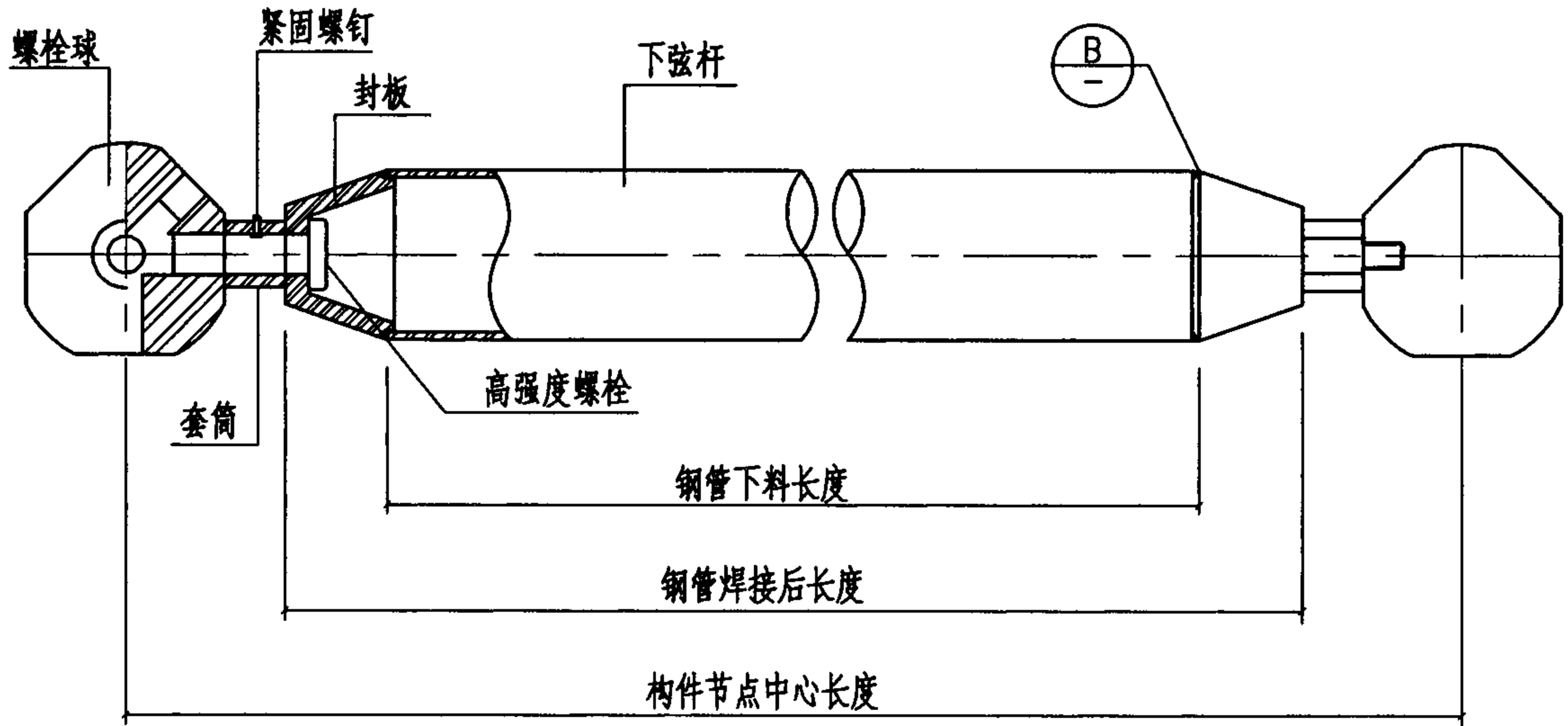
零件名称	推荐材料	材料标准及编号	备 注
钢 球	45号钢	《 优质碳素结构钢技术条件 》 GB 699	毛坯钢球锻造成型
锥头或封板	Q235B	《 碳素结构钢 》 GB 700	钢号宜与杆件一致
	Q345B	《 低合金高强度结构钢 》 GB/T 1591	
	Q235B	《 碳素结构钢 》 GB 700	套筒内孔径为13~34mm
套 筒	Q345B	《 低合金高强度结构钢 》 GB/T 1591	套筒内孔径为37~65mm
	45号钢	《 优质碳素结构钢技术条件 》 GB 699	
紧固螺钉	20MnTiB 40Cr	《 合金结构钢技术条件 》 GB 3077	—
高强度螺栓	20MnTiB, 40Cr, 35CrMo	《 合金结构钢技术条件 》 GB 3077	螺纹规格M12~M24
	35VB, 40Cr, 35CrMo		螺纹规格M27~M36
	35CrMo, 40Cr		螺纹规格M39~M64

表2 常用螺栓球规格

螺栓球代号	螺栓球直径D(mm)	螺栓球代号	螺栓球直径D(mm)
BS100	100	BS160	160
BS110	110	BS180	180
BS120	120	BS200	200
BS130	130	BS220	220
BS140	140	BS240	240
BS150	150	BS260	260



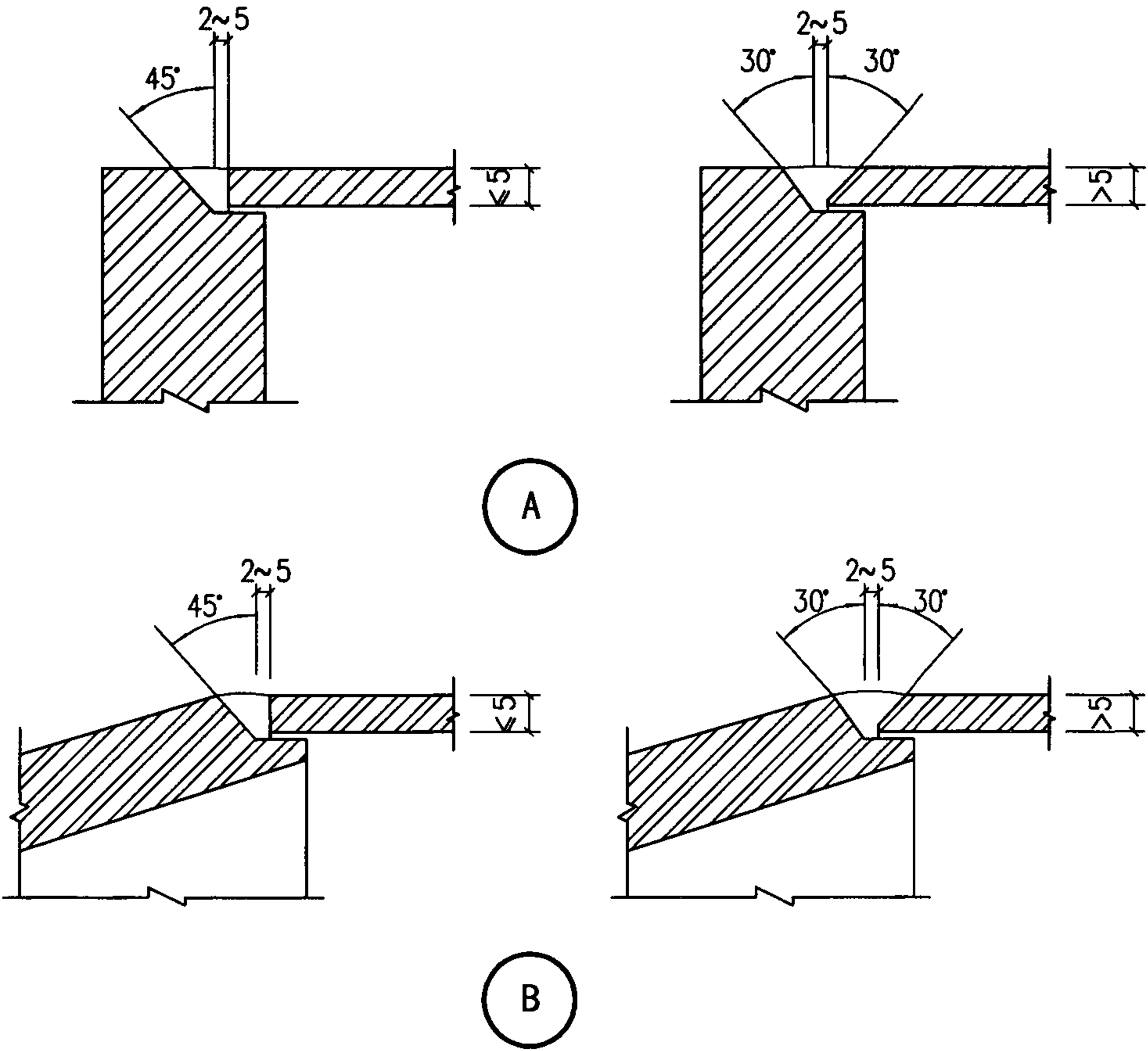
杆件组装示意图（一）



杆件组装示意图（二）

螺栓球节点中常用高强度螺栓规格及承载力设计值

螺栓规格	M12	M14	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36
性能等级	10.9S									
有效截面积 (mm ²)	84.3	115	157	245	303	353	459	561	694	817
承载力设计值 (kN)	36.2	49.5	67.5	105	130.5	151.5	197.5	241	298	351
螺栓规格	M39	M42	M45	M48	M52	M56x4		M60x4		M64x4
性能等级	9.8S									
有效截面积 (mm ²)	976	1120	1310	1470	1760	2144		2485		2851
承载力设计值 (kN)	375.6	431.5	502.8	567.1	676.7	825.4		956.6		1097.6



焊接球节点的设计与构造

1 焊接球是由两个半球焊接而成的空心球，可根据受力大小分别采用不加肋和加肋。空心球在工厂加工制作，连接杆件通常在现场作业。节点构造简单，用钢量较螺栓球节点少，特别适用于腐蚀性较强、跨度较大的网架结构。

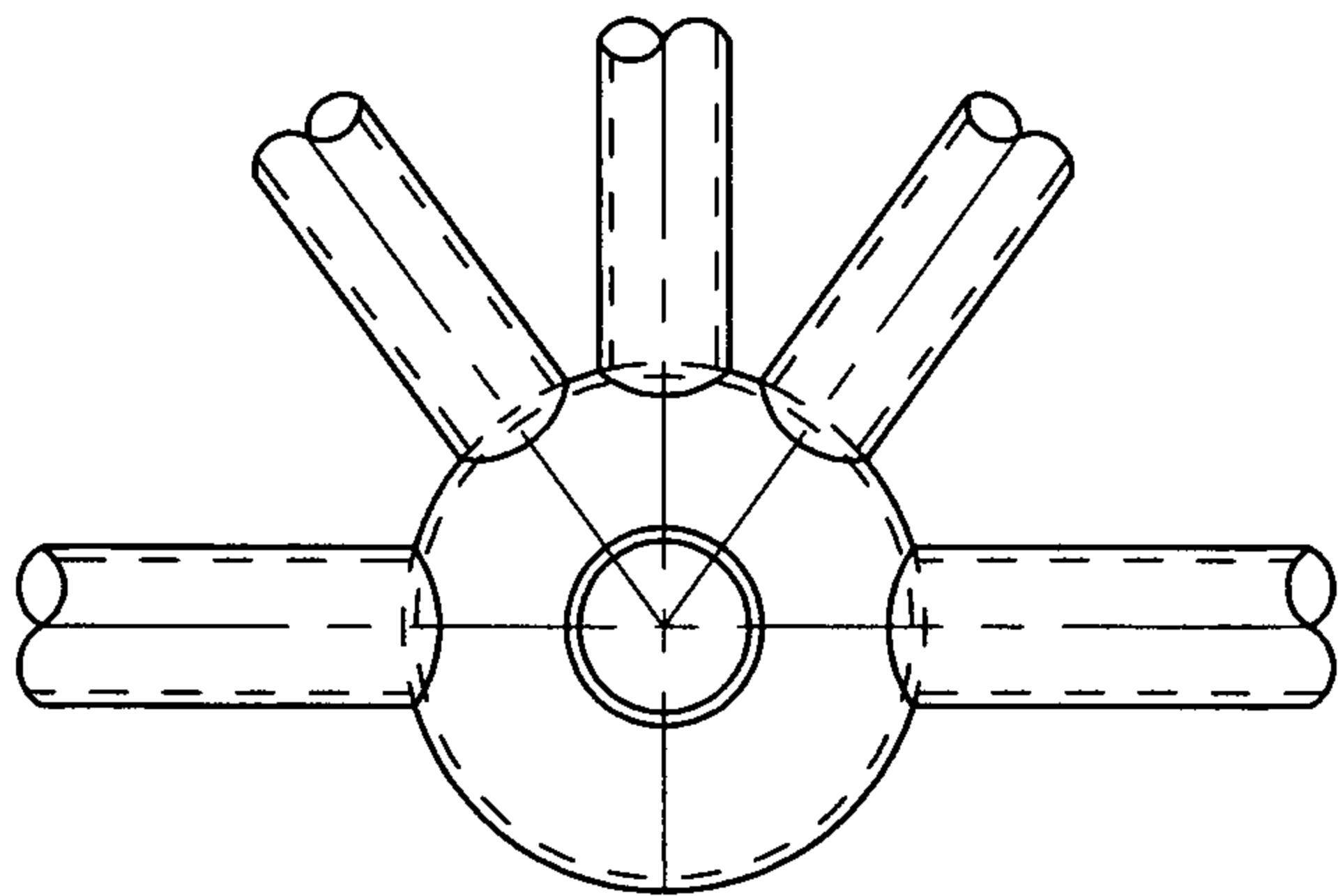
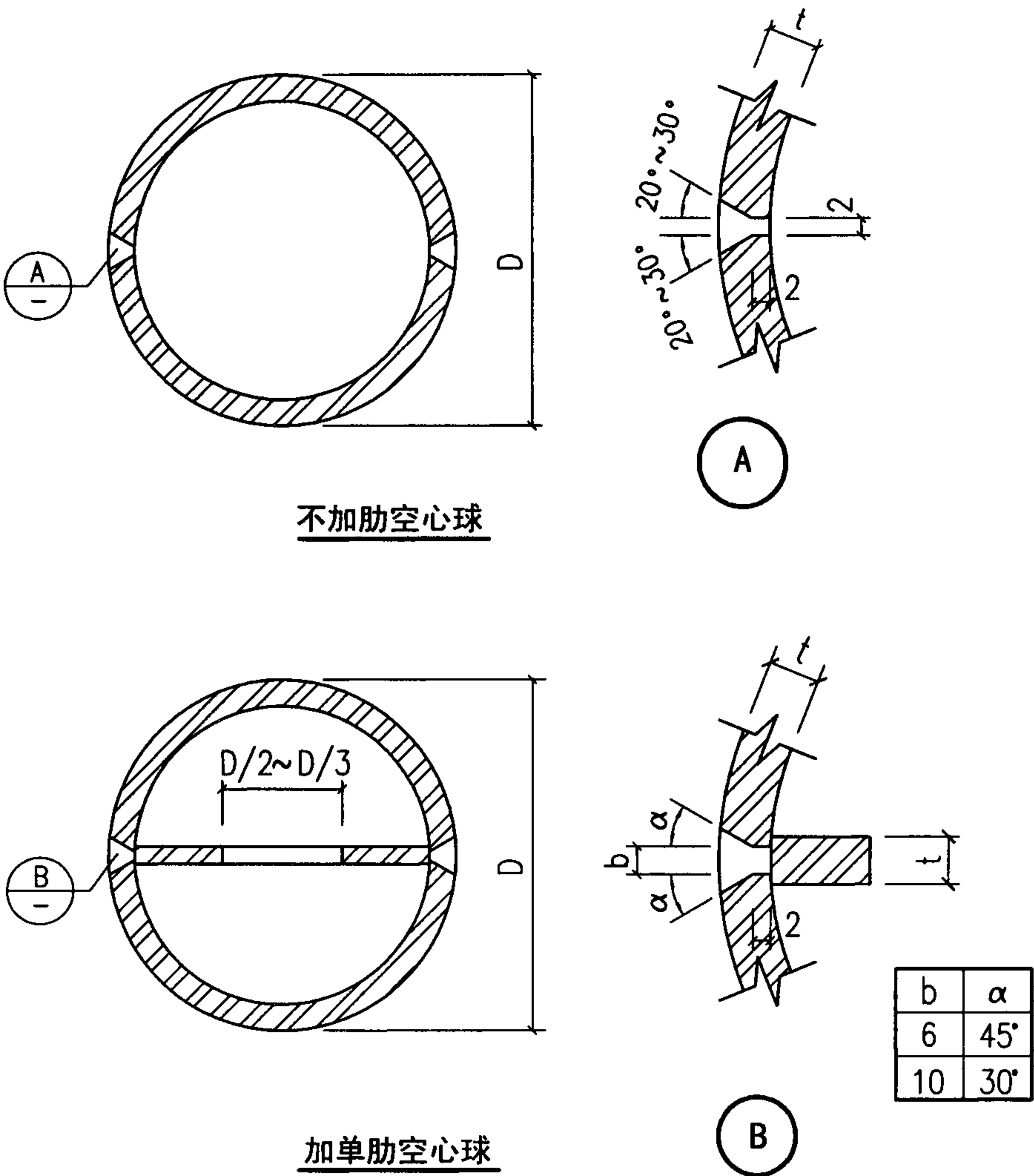


图1 焊接球节点示意图

2 焊接空心球的钢材宜采用国家标准《碳素结构钢》GB 700规定的Q235B或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591规定的Q345B、Q345C钢。产品质量应符合现行行业标准《钢网架焊接球节点》JG/T 11的规定。

3 网架结构空心球的外径与壁厚之比宜取25~45，空心球外径与主钢管外径之比宜取2.4~3.0，空心球壁厚与主钢管的壁厚之比宜取1.5~2.0。空心球壁厚不宜小于4mm。

4 无肋空心球和有肋空心球的成型对接焊接，应分别满足图2的要求。加肋空心球的肋板可用平台和凸台，采用凸台时，其高度不得大于1mm。



不加肋空心球

加单肋空心球

图2 焊接空心球做法

注：新网格规程与焊接球规范做法不一致，仅作为参考，应以修编后新规程为准。

6 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并予以焊透，以实现焊缝与钢管等强，否则应按角焊缝计算。为了保证焊缝质量，钢管端头可加套管与空心球焊接，见图3、图4。套管壁厚不小于3mm，长度不小于40mm。角焊缝的焊脚尺寸 h_f 应符合下列要求：

当钢管壁厚 $t_c \leq 4\text{mm}$ ， $h_f \leq 1.5t_c$ ；当 $t_c > 4\text{mm}$ ， $h_f \leq 1.2t_c$ 。

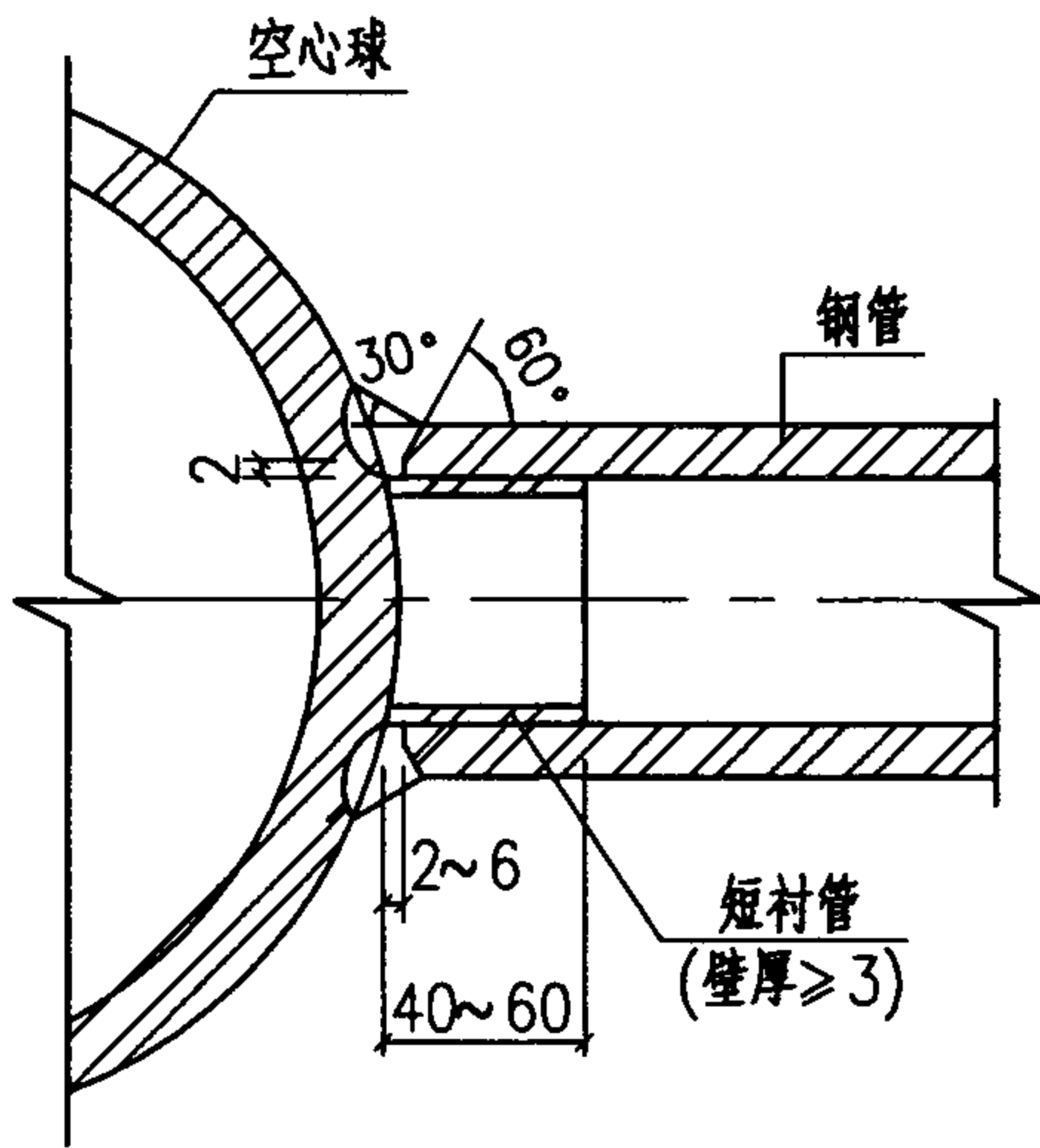


图3

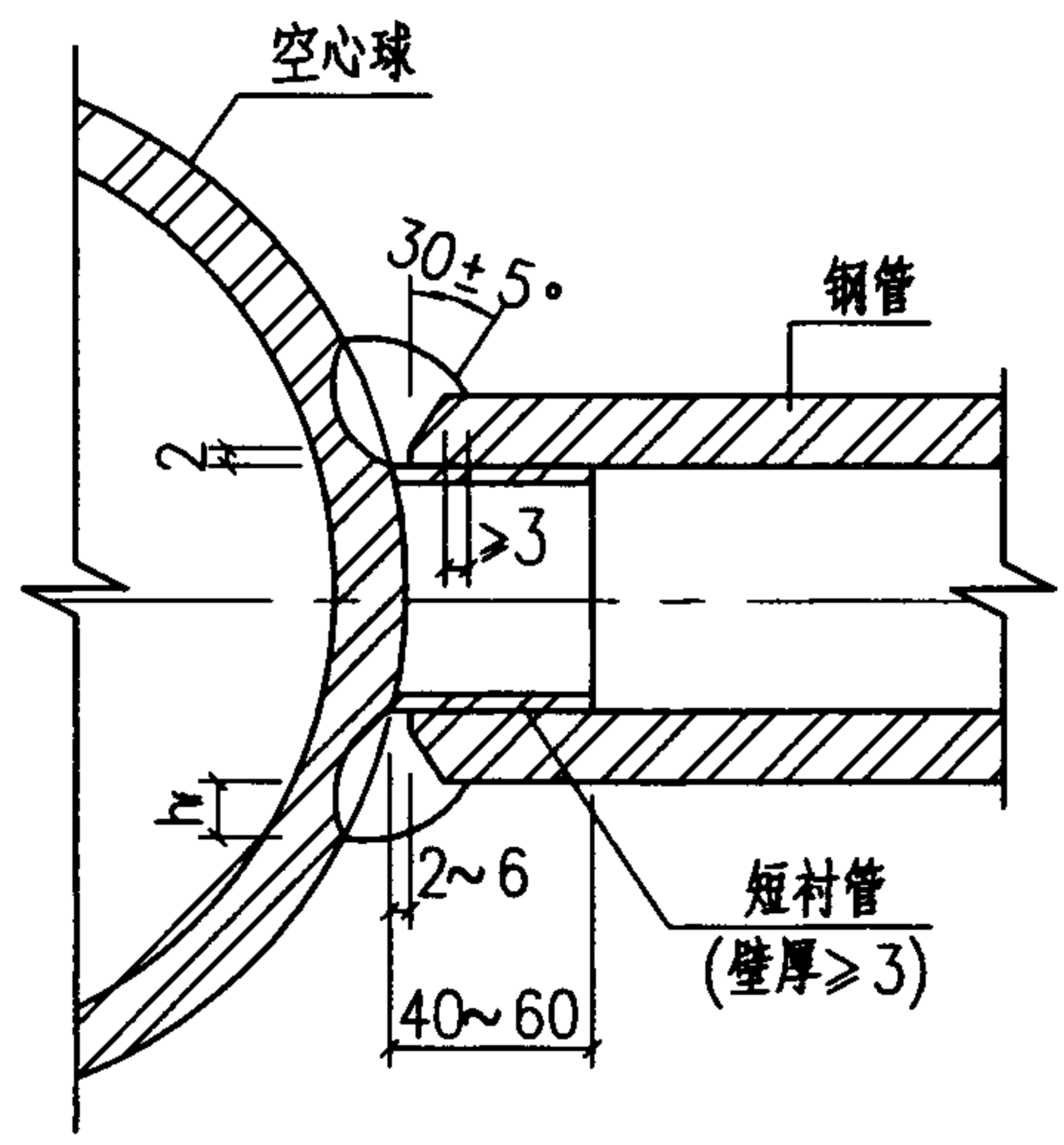


图4

7 在确定空心球外径时，球面上相邻杆件之间的净距 a 不宜小于10mm，见图5。
空心球直径也可初步按下式估算：

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

式中 θ — 为汇集球节点任意两相邻钢管杆件间的夹角（弧度rad）；
 d_1 、 d_2 — 为组成 θ 角的两钢管外径（mm）。

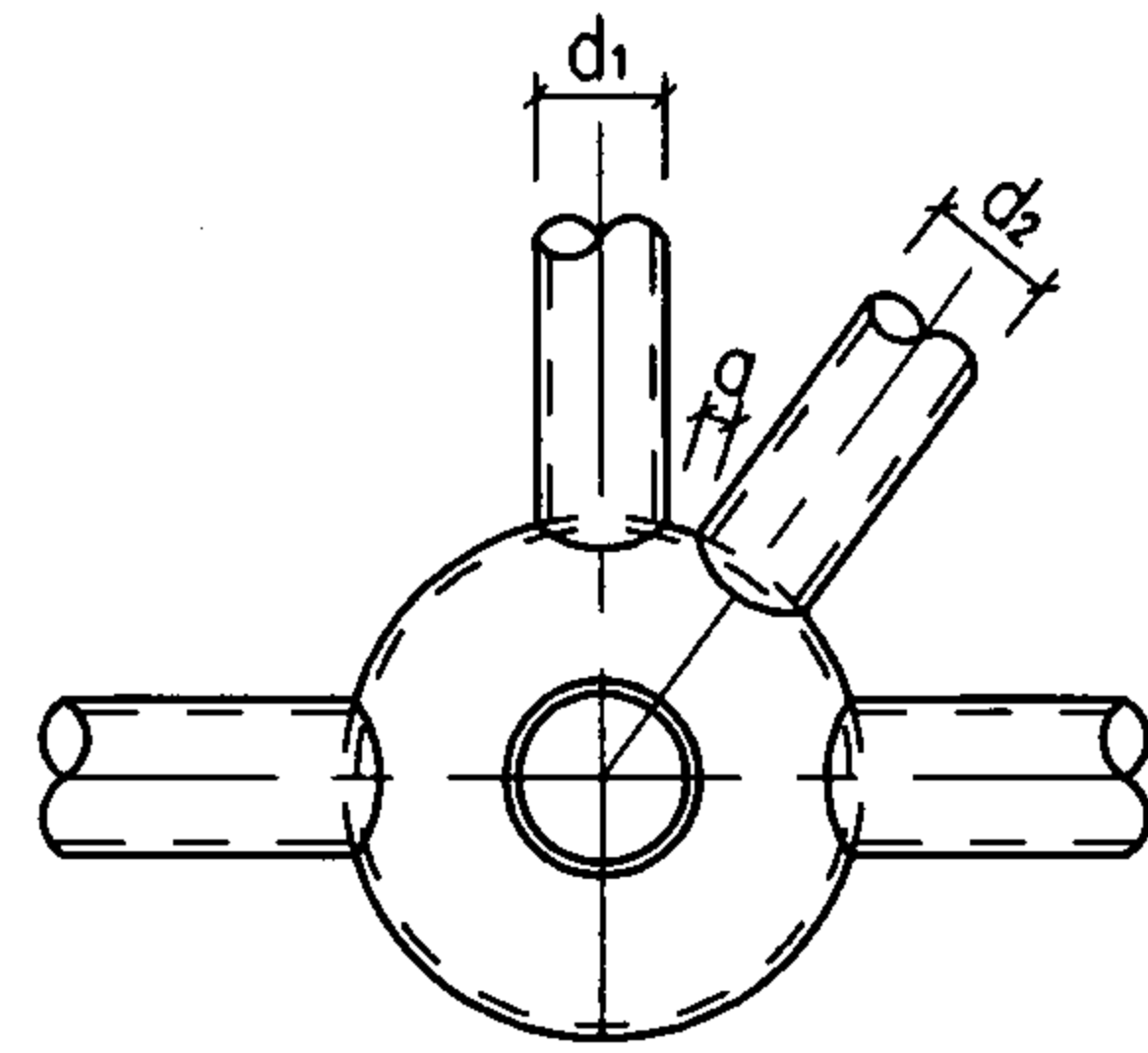


图5

8 当空心球直径过大，且杆件连接较多时，为了减少焊接球节点直径，允许部分腹杆与腹杆或腹杆与弦杆相汇交，但必须满足以下构造要求：

- 8.1 所有汇交杆件的轴线必须通过球中心线；
- 8.2 汇交两杆中，截面积大的杆件必须全截面焊在球上（当两杆件截面积相等时，取受拉杆），另一杆坡口焊在汇交腹杆上，但必须保证有3/4截面焊在球上，并用加劲肋加强。
- 8.3 受力大的杆件，可设置加劲肋板或增设支托板，见图6。

9 当空心球外径大于等于500mm时，应在球内加肋。肋板设在压力较大杆件的轴线平面内，其厚度不应小于球壁的厚度。

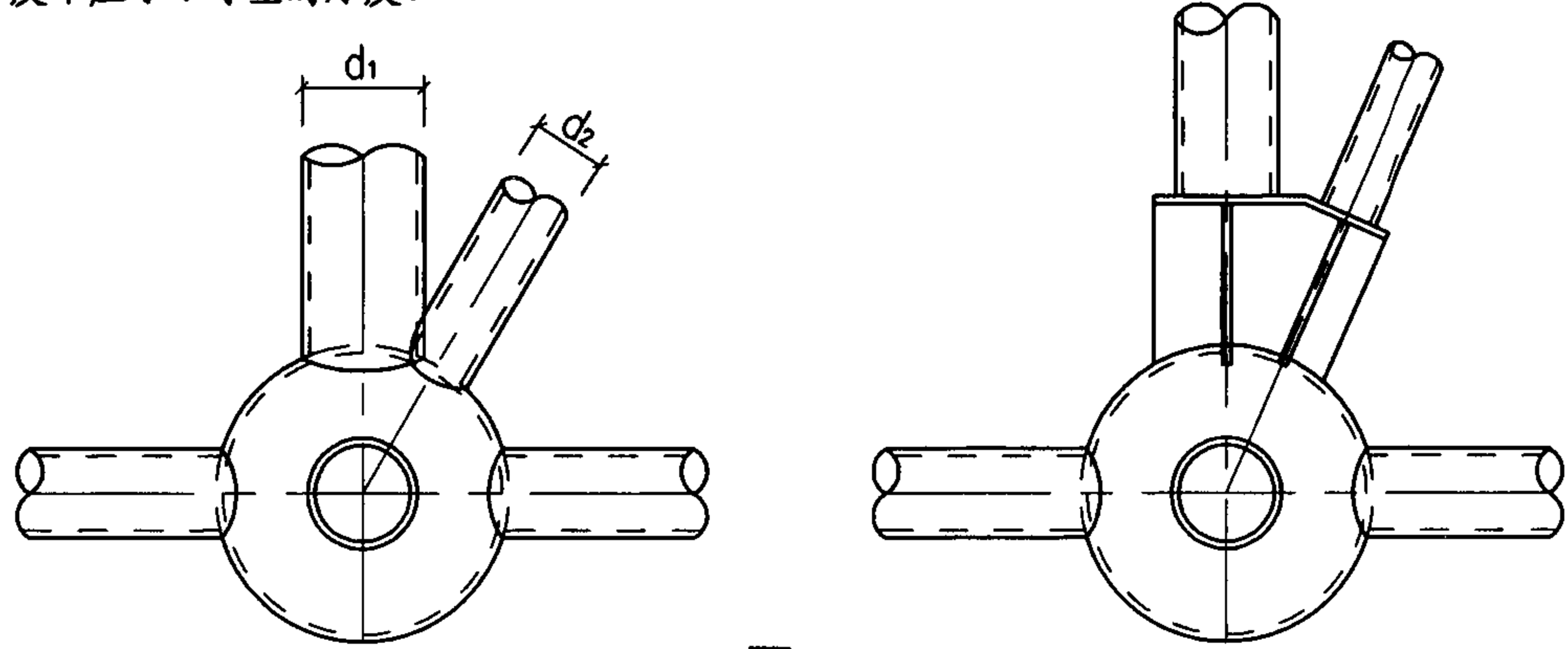


图6

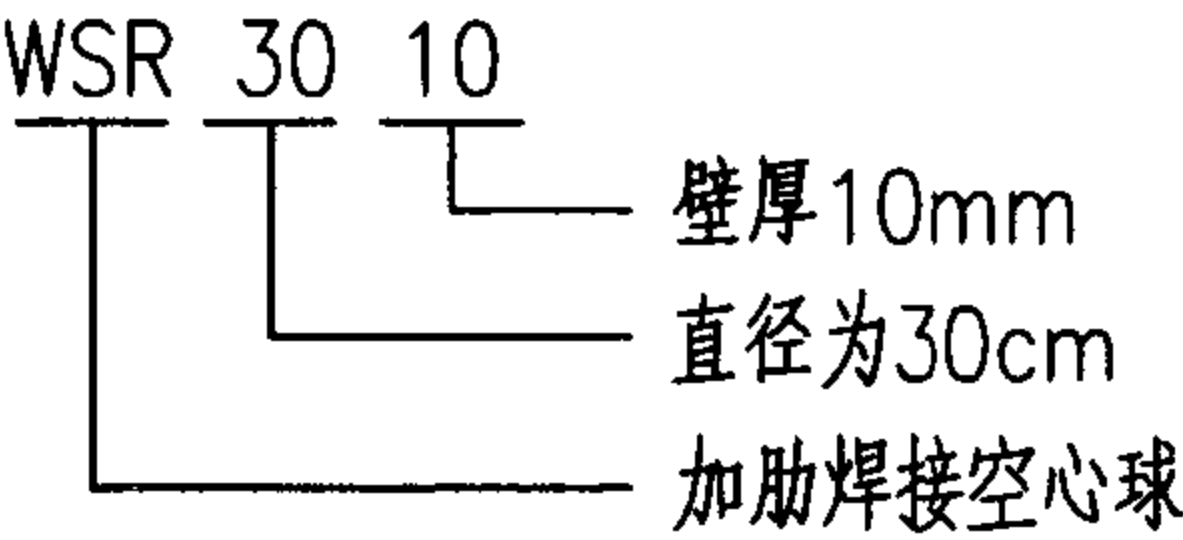
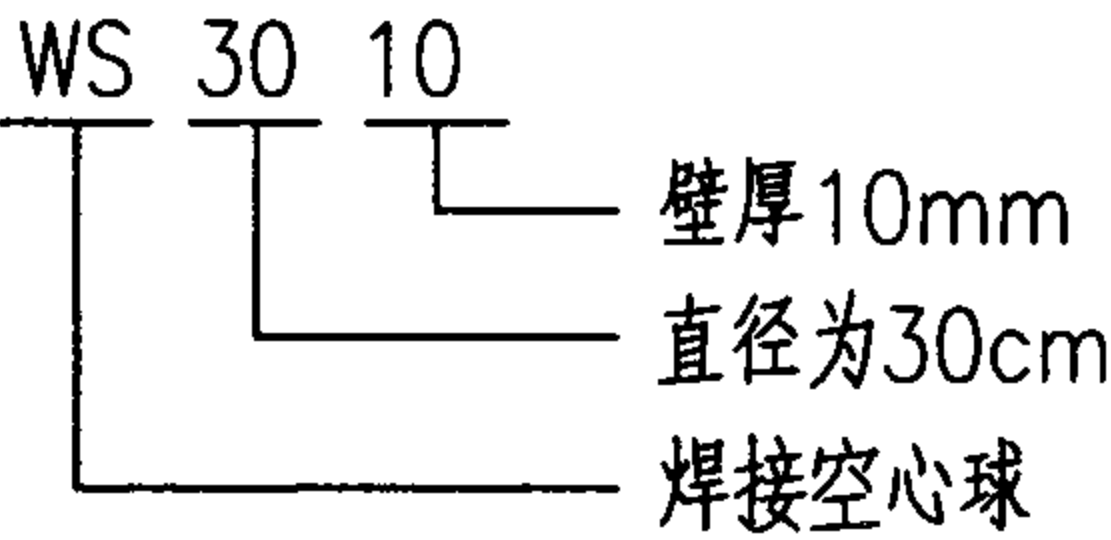
常用不加肋焊接空心球规格

焊接球代号	规格尺寸 直径×壁厚 (mm)	焊接球代号	规格尺寸 直径×壁厚 (mm)
WS2006	D200x6	WS6022	D600x22
WS2008	D200x8	WS6025	D600x25
WS2206	D220x6	WS6028	D600x28
WS2208	D220x8	WS6030	D600x30
WS2406	D240x6	WS6520	D650x20
WS2408	D240x8	WS6522	D650x22
WS2410	D240x10	WS6525	D650x25
WS2608	D260x8	WS6528	D650x28
WS2610	D260x10	WS6530	D650x30
WS2808	D280x8	WS7020	D700x20
WS2810	D280x10	WS7022	D700x22
WS2812	D280x12	WS7025	D700x25
WS3008	D300x8	WS7028	D700x28
WS3010	D300x10	WS7030	D700x30
WS3012	D300x12	WS7522	D750x22
WS3510	D350x10	WS7525	D750x25
WS3512	D350x12	WS7528	D750x28
WS3514	D350x14	WS7530	D750x30
WS4014	D400x14	WS7535	D750x35
WS4016	D400x16	WS8022	D800x22
WS4018	D400x18	WS8025	D800x25
WS4516	D450x16	WS8028	D800x28
WS4518	D450x18	WS8030	D800x30
WS4520	D450x20	WS8035	D800x35
WS5016	D500x16	WS8522	D850x22
WS5018	D500x18	WS8525	D850x25
WS5020	D500x20	WS8528	D850x28
WS5516	D550x16	WS8530	D850x30
WS5518	D550x18	WS8535	D850x35
WS5520	D550x20	WS9025	D900x25
WS5522	D550x22	WS9028	D900x28
WS5525	D550x25	WS9030	D900x30
WS6016	D600x16	WS9035	D900x35
WS6018	D600x18	WS9040	D900x40
WS6020	D600x20	WS9045	D900x45

常用加肋焊接空心球规格

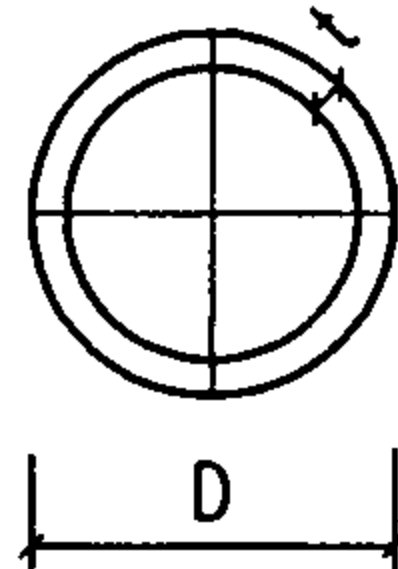
焊接球代号	规格尺寸 直径×壁厚 (mm)	焊接球代号	规格尺寸 直径×壁厚 (mm)
WS4014	D400x14	WS7020	D700x20
WS4016	D400x16	WS7022	D700x22
WS4018	D400x18	WS7025	D700x25
WS4516	D450x16	WS7028	D700x28
WS4518	D450x18	WS7030	D700x30
WS4520	D450x20	WS7522	D750x22
WS5016	D500x16	WS7525	D750x25
WS5018	D500x18	WS7528	D750x28
WS5020	D500x20	WS7530	D750x30
WS5516	D550x16	WS7535	D750x35
WS5518	D550x18	WS8022	D800x22
WS5520	D550x20	WS8025	D800x25
WS5522	D550x22	WS8028	D800x28
WS5525	D550x25	WS8030	D800x30
WS6016	D600x16	WS8035	D800x35
WS6018	D600x18	WS8522	D850x22
WS6020	D600x20	WS8525	D850x25
WS6022	D600x22	WS8528	D850x28
WS6025	D600x25	WS8530	D850x30
WS6028	D600x28	WS8535	D850x35
WS6030	D600x30	WS9025	D900x25
WS6520	D650x20	WS9028	D900x28
WS6522	D650x22	WS9030	D900x30
WS6525	D650x25	WS9035	D900x35
WS6528	D650x28	WS9040	D900x40
WS6530	D650x30	WS9045	D900x45

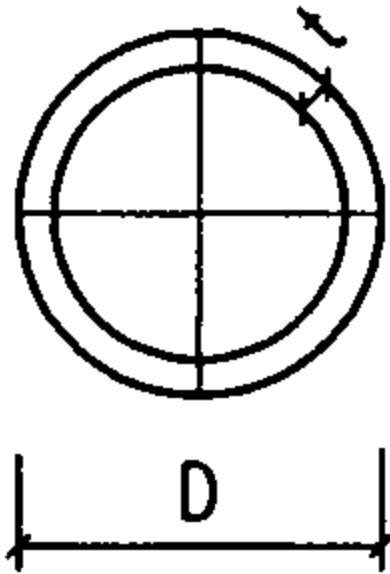
注：焊接空心球规格的代号表示如下：



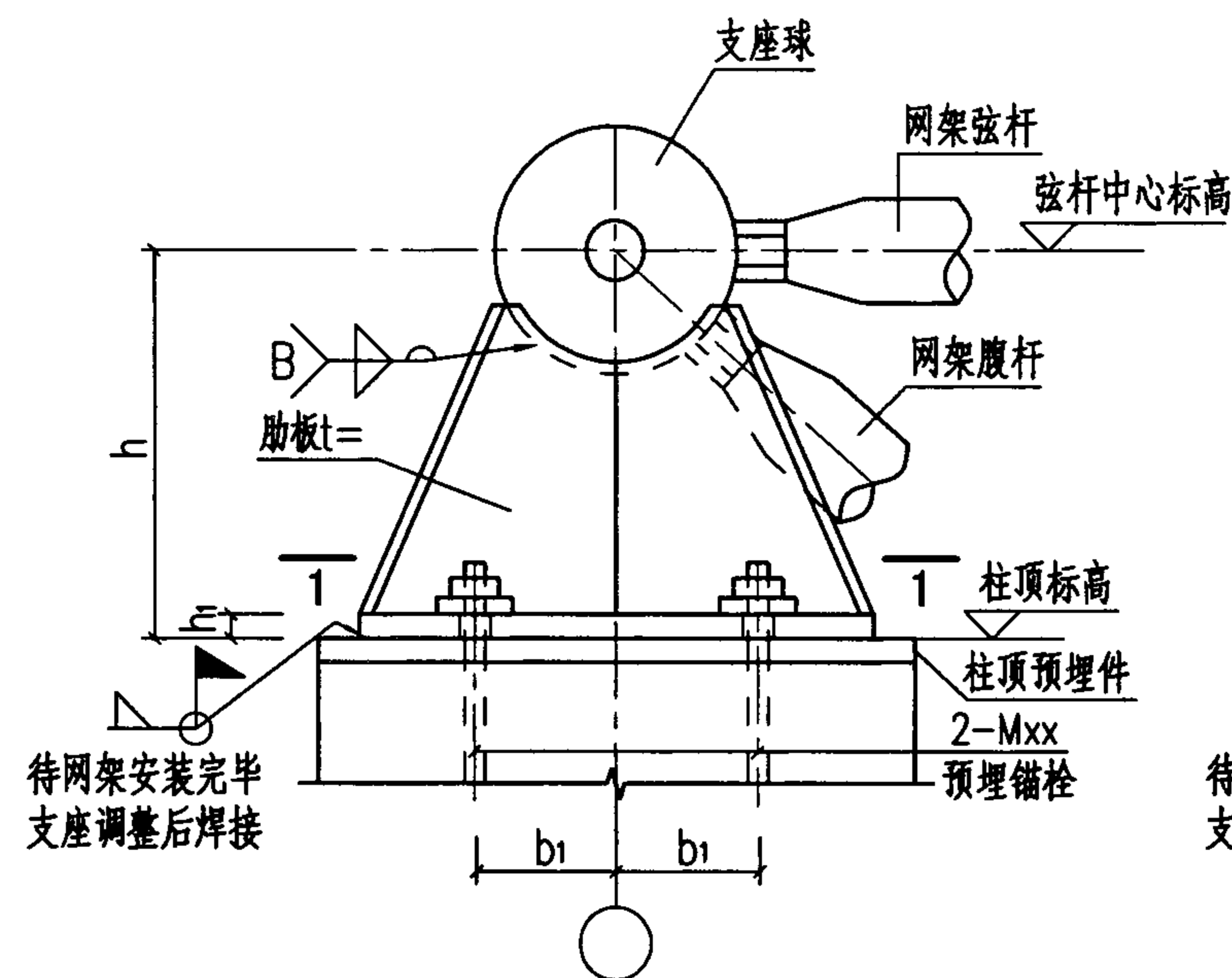
常用圆钢管规格

序号	外径D(mm)	壁 厚t(mm)														
		3.0	3.5	4.0												
1	ø48	3.0	3.5	4.0												
2	ø51	3.0	3.5	4.0												
3	ø57	3.0	3.5	4.0	4.5											
4	ø60	3.0	3.5	4.0	4.5											
5	ø76 (ø75.5)	3.0	3.5	4.0 (3.75)	4.5	5.0										
6	ø89 (ø88.5)	3.0	3.5	4.0 (4.0)	4.5	5.0	6.0									
7	ø95	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0									
8	ø102	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0								
9	ø108	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0								
10	ø114	—		4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0							
11	ø121	—		4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0							
12	ø133	—		4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0							
13	ø140	—		4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	10						
14	ø159	—		4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	10						
15	ø168	—		4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	10						
16	ø180	—		—		5.0	6.0	7.0	8.0	10	12					
17	ø194	—		—		5.0	6.0	7.0	8.0	10	12	14				
18	ø219	—		—		—	6.0	7.0	8.0	10	12	14	16			
19	ø245	—		—		—	6.0	7.0	8.0	10	12	14	16			
20	ø273	—		—		—	—	—	8.0	10	12	14	16	18	20	
21	ø299	—		—		—	—	—	8.0	10	12	14	16	18	20	
22	ø325	—		—		—	—	—	—	—	12	14	16	18	20	25

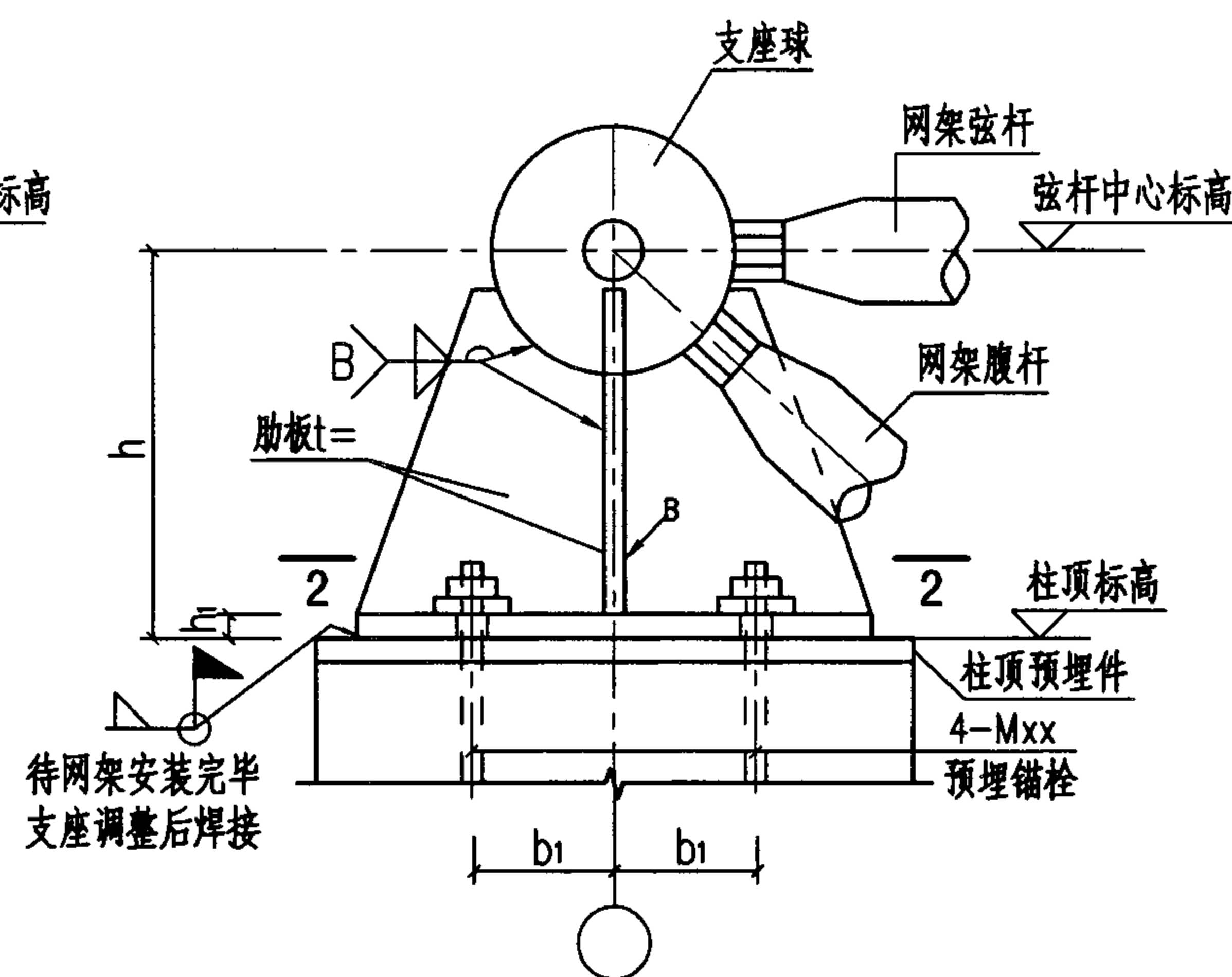




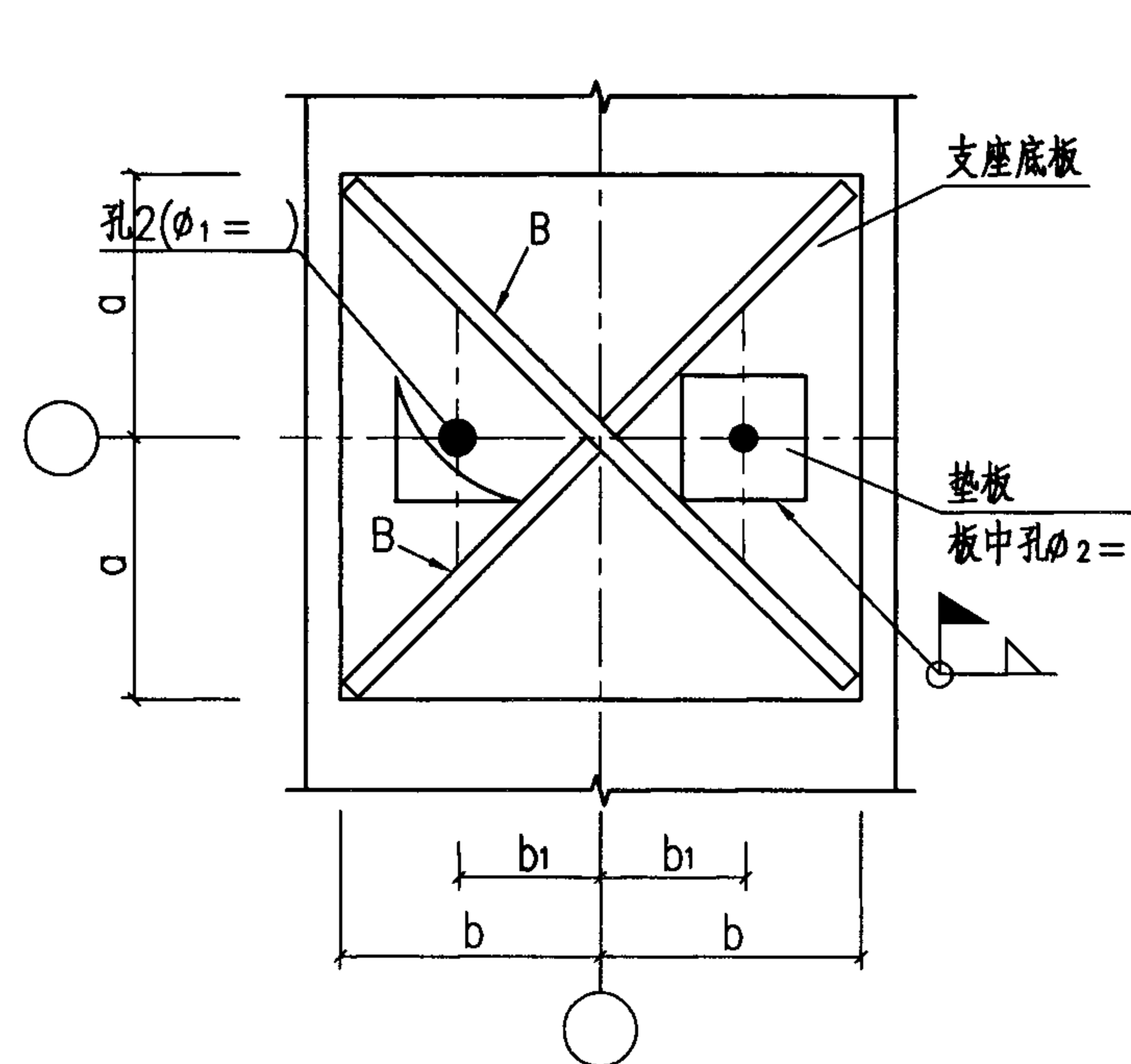
- 编者提示：
- 1 钢网架结构中采用无缝钢管或直缝电焊钢管。有条件时应采用薄壁管型截面。网架结构用钢管钢材牌号和等级应符合《钢结构设计规范》GB 50017-2003 的有关规定，严禁采用非结构用钢管。
 - 2 《直缝电焊钢管》GB/T 13793-92 规定其规格外径32~152mm，壁厚2.0~5.5mm。钢网架结构中还经常使用《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3092-1993 标准的钢管，其管径（公称直径）6~150mm。
 - 3 《结构用无缝钢管》GB/T 8162-1999规定钢管分为热轧和冷拔两种。冷拔钢管只限于小管径，热轧无缝钢管其规格外径32~650mm，壁厚2.0~65mm。所用钢号主要为优质碳素结构钢和低合金高强度结构钢。建筑钢结构应用的无缝钢管以20号钢（相当于Q235）和Q345为主。
 - 4 结构用无缝钢管的通常供货长度为3~12m。直缝电焊钢管的通常长度：
d=32~70mm时，为3~10m；
d=76~152mm时，为4~10m。
 - 5 表中括号内为目前市场供货规格。



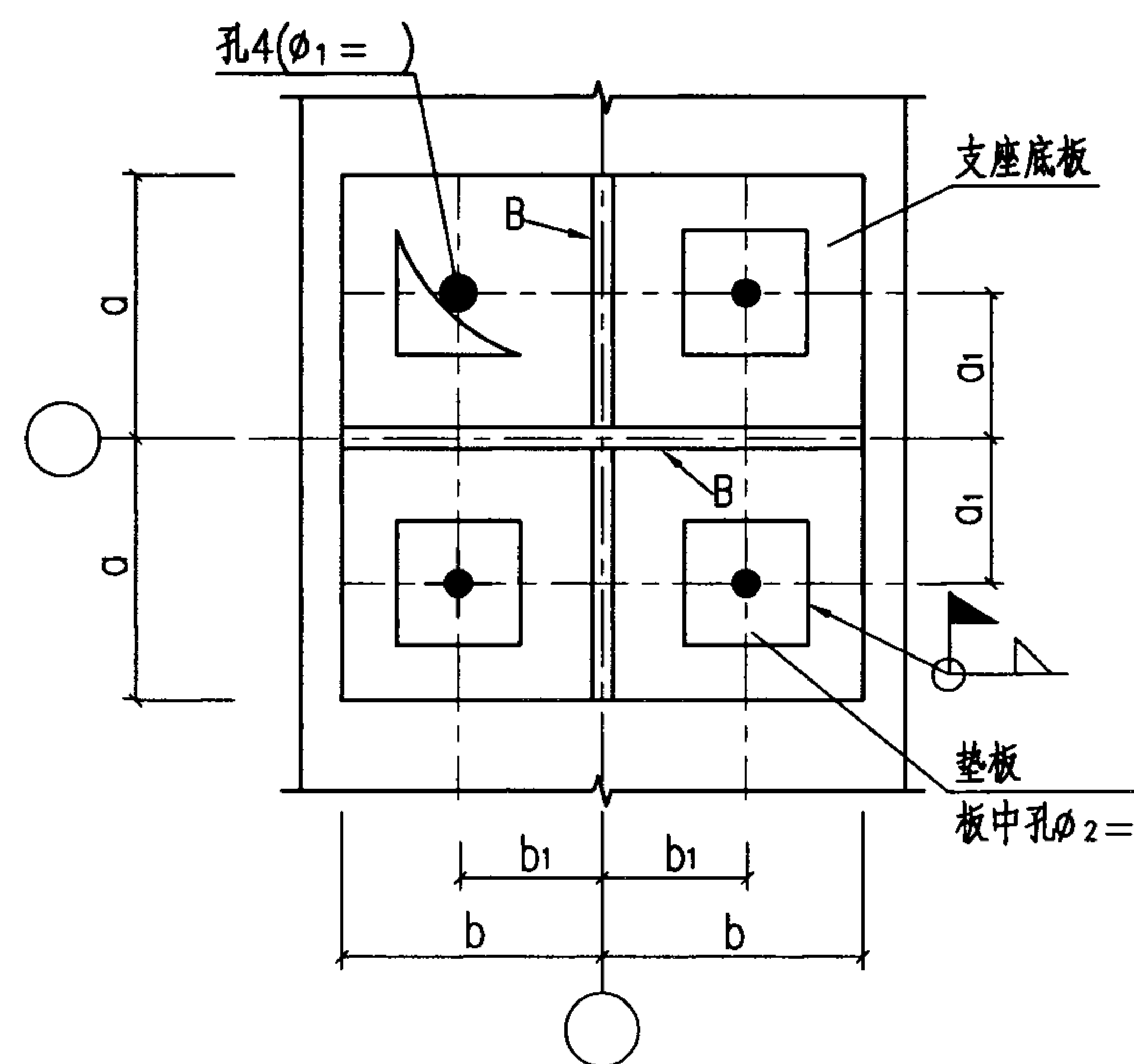
平板支座 (一)



平板支座 (二)



1-1



2-2

编者提示:

- 1 本图所示支座为平板支座,图中示意按螺栓球表示,也可用于焊接球网架。
- 2 平板支座适用于支座无明显不均匀沉降、温度应力影响不大的中、小跨度网架。
- 3 支座竖向支承板十字中心线应与支座竖向反力作用线一致,并与支座节点连接的杆件中心线汇交于支座球节点中心。
- 4 支球节点底部至支座底板间的距离宜尽量减小,其构造高度视支座球节点球径大小取100~250mm,并考虑网格结构边缘杆件与支座节点竖向中心线间的交角,防止斜杆与支座边缘相碰。
- 5 支座节点底板的净面积应满足支承结构材料的局部受压要求,其厚度应满足底板在支座竖向反力作用下的抗弯要求(具体可参照钢结构铰接柱脚计算公式),不宜小于12mm。
- 6 支座肋板厚度应保证其自由边不发生侧向屈曲,不宜小于10mm。
- 7 支座节点底板的锚栓孔径宜比锚栓直径大1~2mm,并应考虑适应支座节点水平变位的要求。
- 8 支座节点锚栓按构造要求设置时,其直径可取20~24mm,数量取2~4个。对于拉力锚栓其直径应经计算确定,锚固长度不应小于25倍锚栓直径,并设置双螺母。
- 9 支座节点竖向支承板与螺栓球节点相连时,应将球体预热至150~200℃,以小直径焊条分层对称施焊,并保温缓慢冷却。

平板支座节点

图集号

07SG531

审核 朱丹

校对 裴永忠

设计 宋海妍

设计 宋海妍

设计 宋海妍

设计 宋海妍

设计 宋海妍

设计 宋海妍

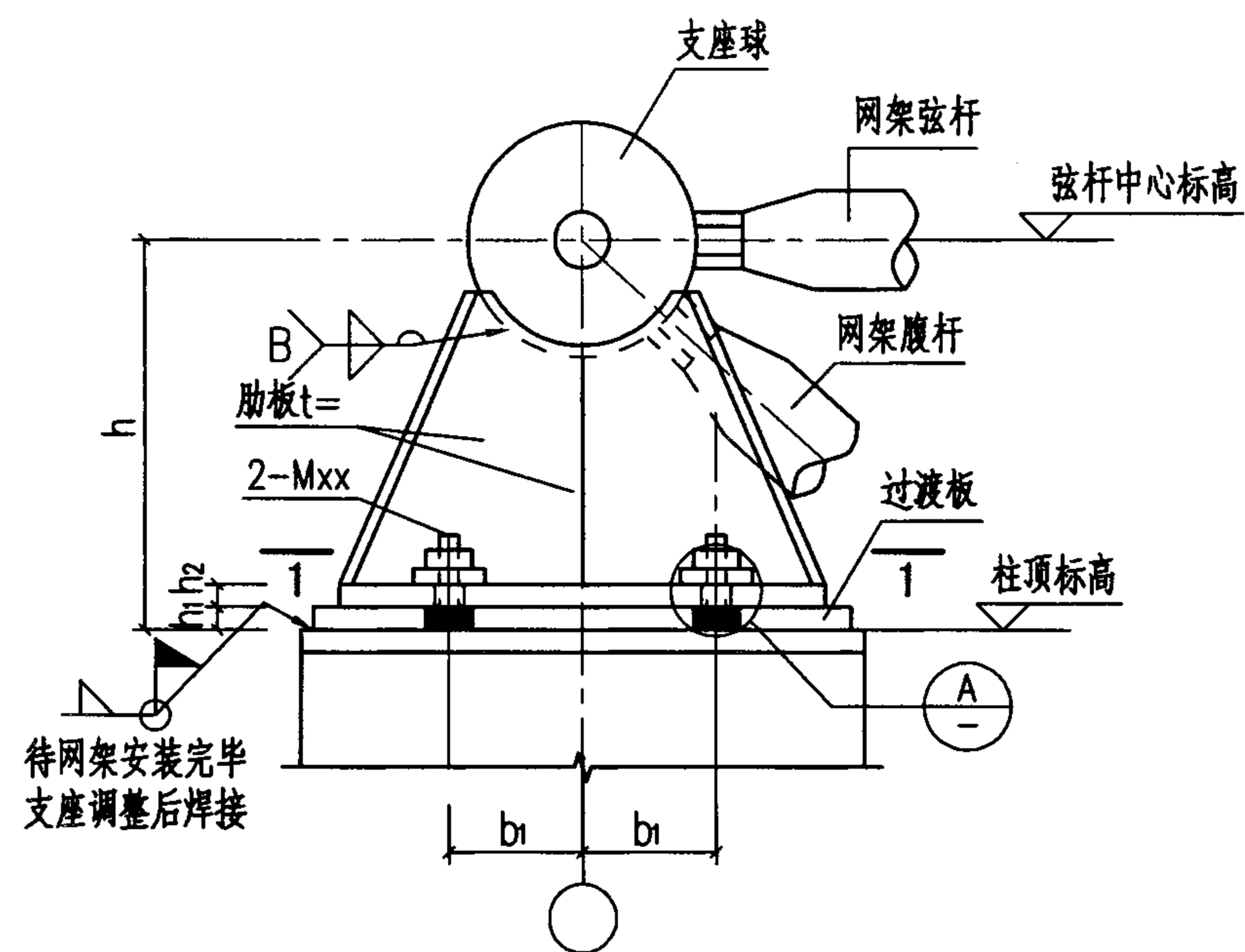
设计 宋海妍

设计 宋海妍

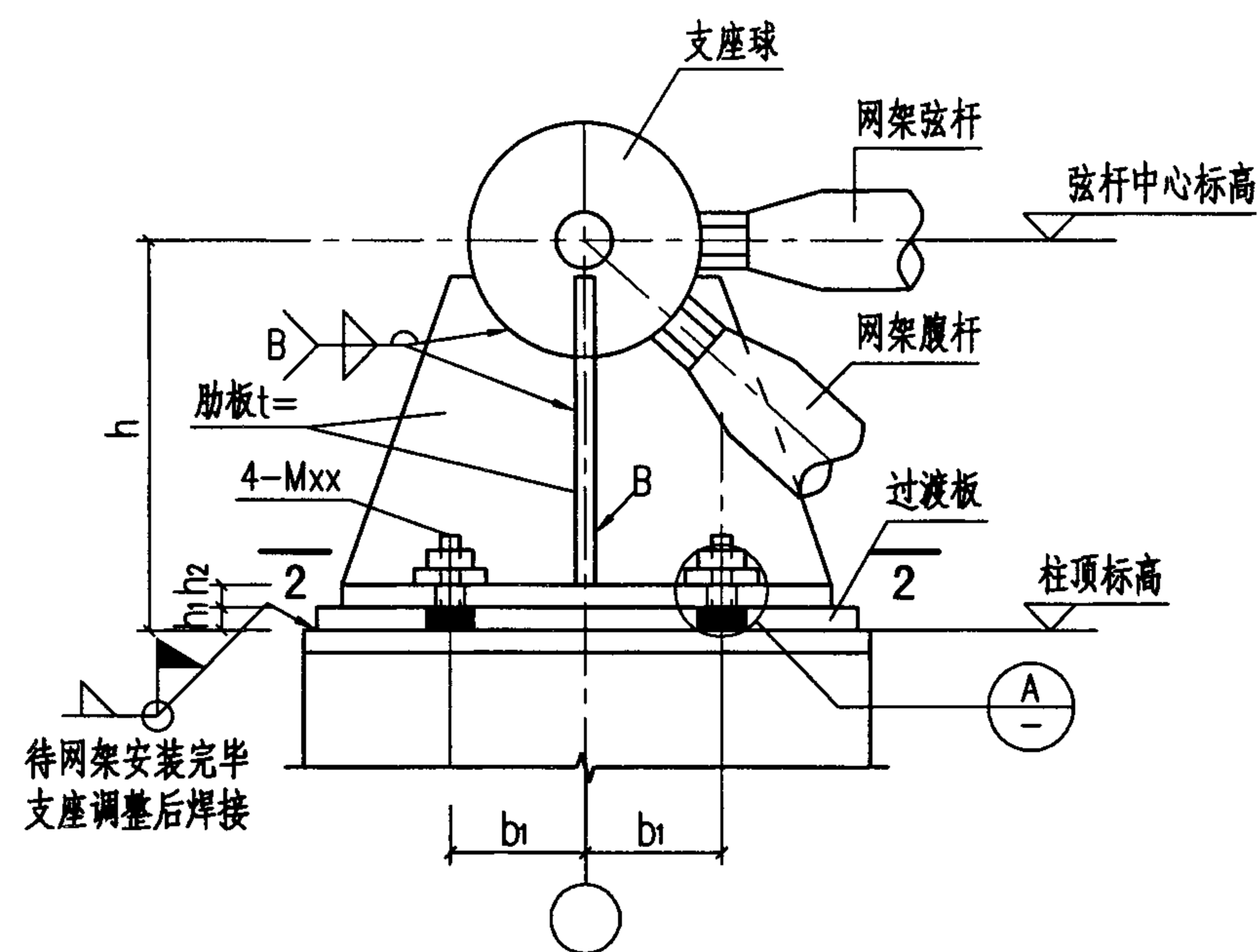
设计 宋海妍

页

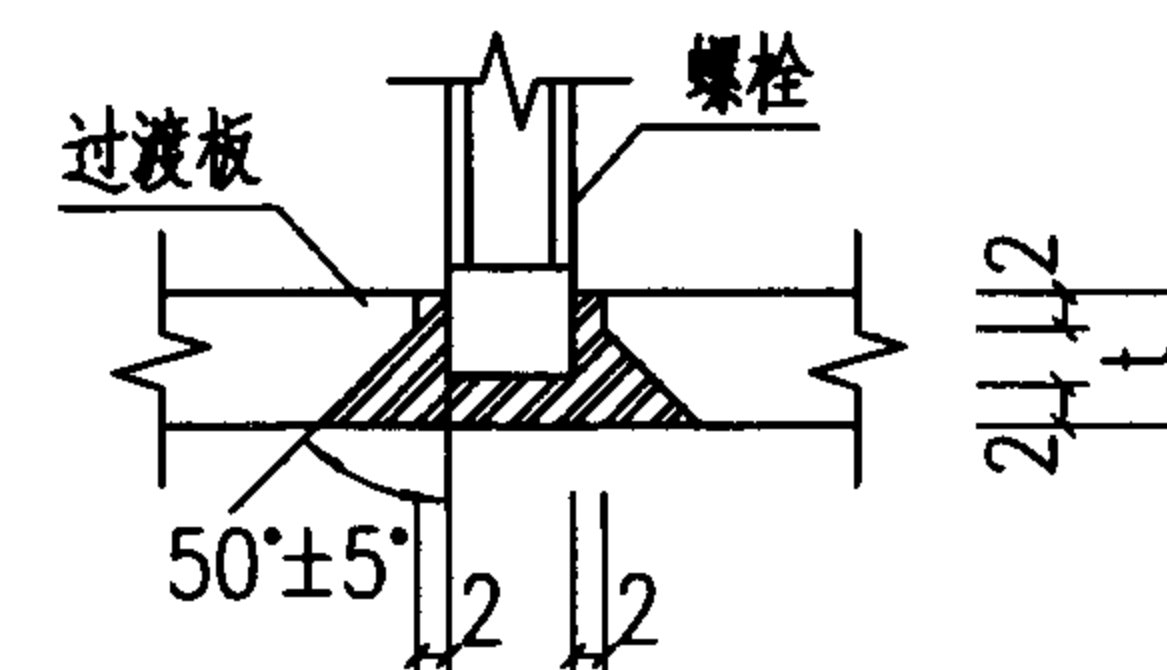
16



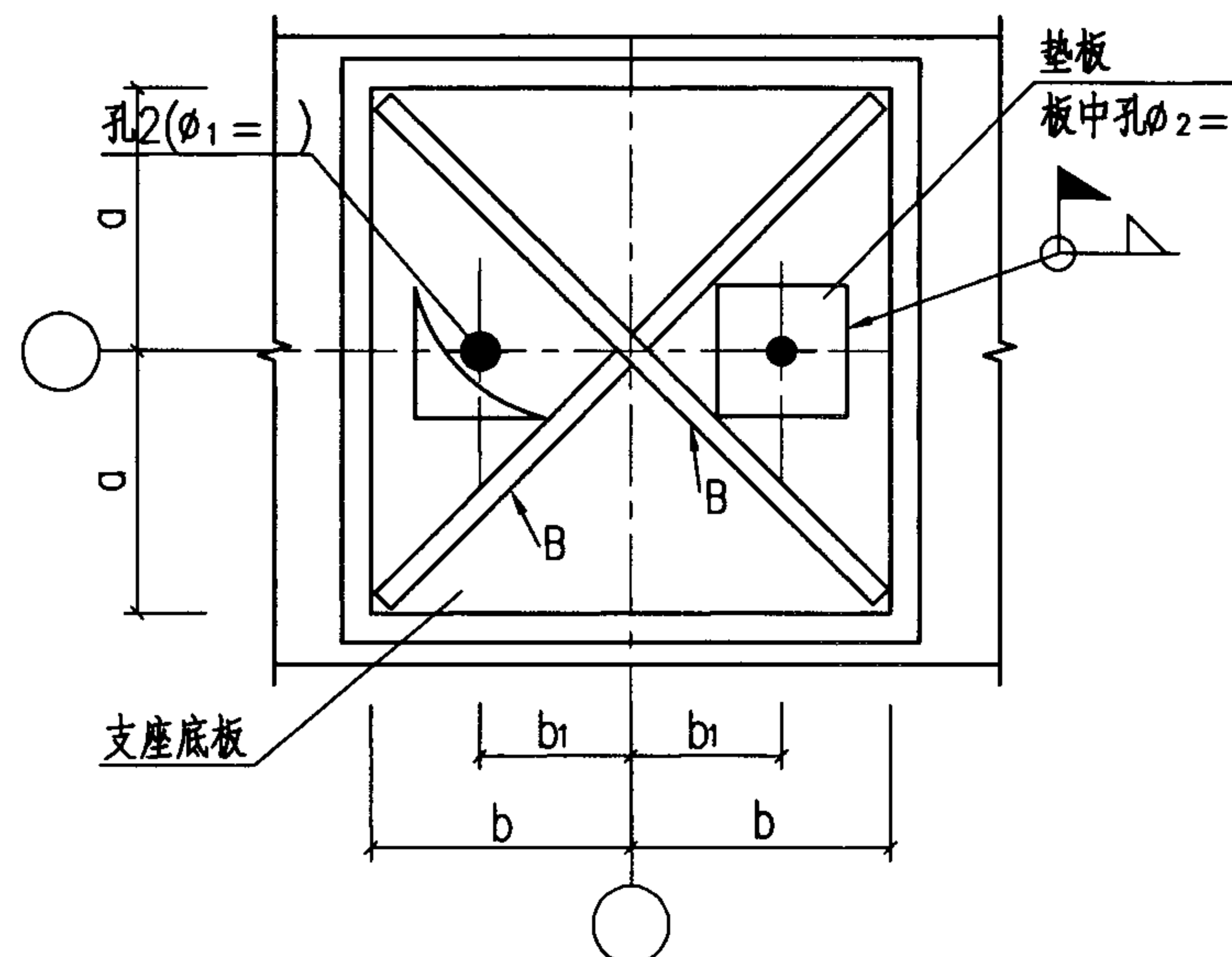
带有过渡板的平板压力支座 (一)



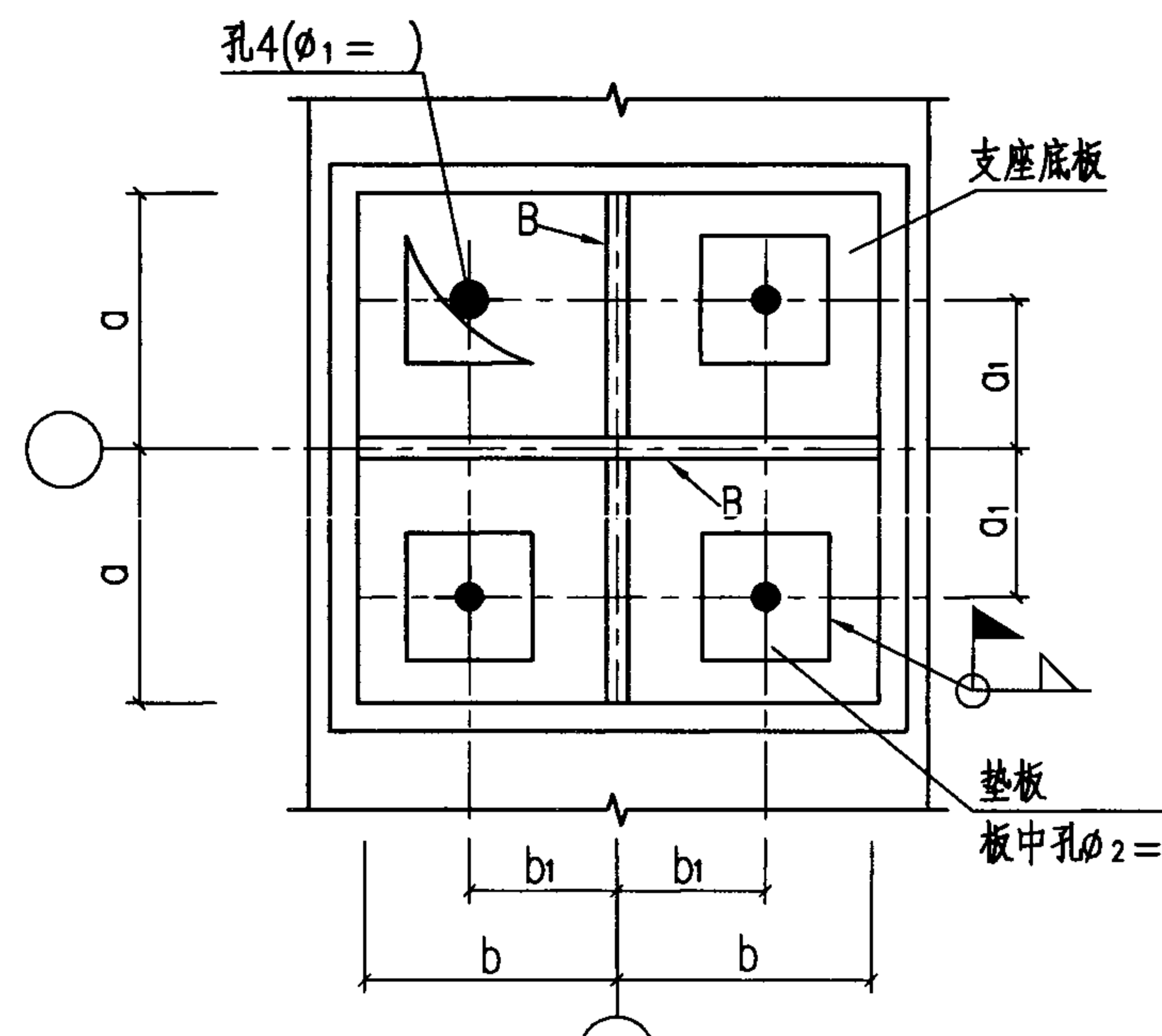
带有过渡板的平板压力支座 (二)



A



1-1



2-2

编者提示:

- 1 本图所示支座为带有过渡钢板的平板压力支座。
- 2 带有过渡钢板的平板压力支座适用于抗震设防烈度低于7度时, 周边支承或周边柱点支承的较小跨度网架。带有过渡板的平板压力支座一般不适用于有支座拉力的情况。
- 3 其他做法要求见本图集第16页。

带过渡板的平板压力支座节点

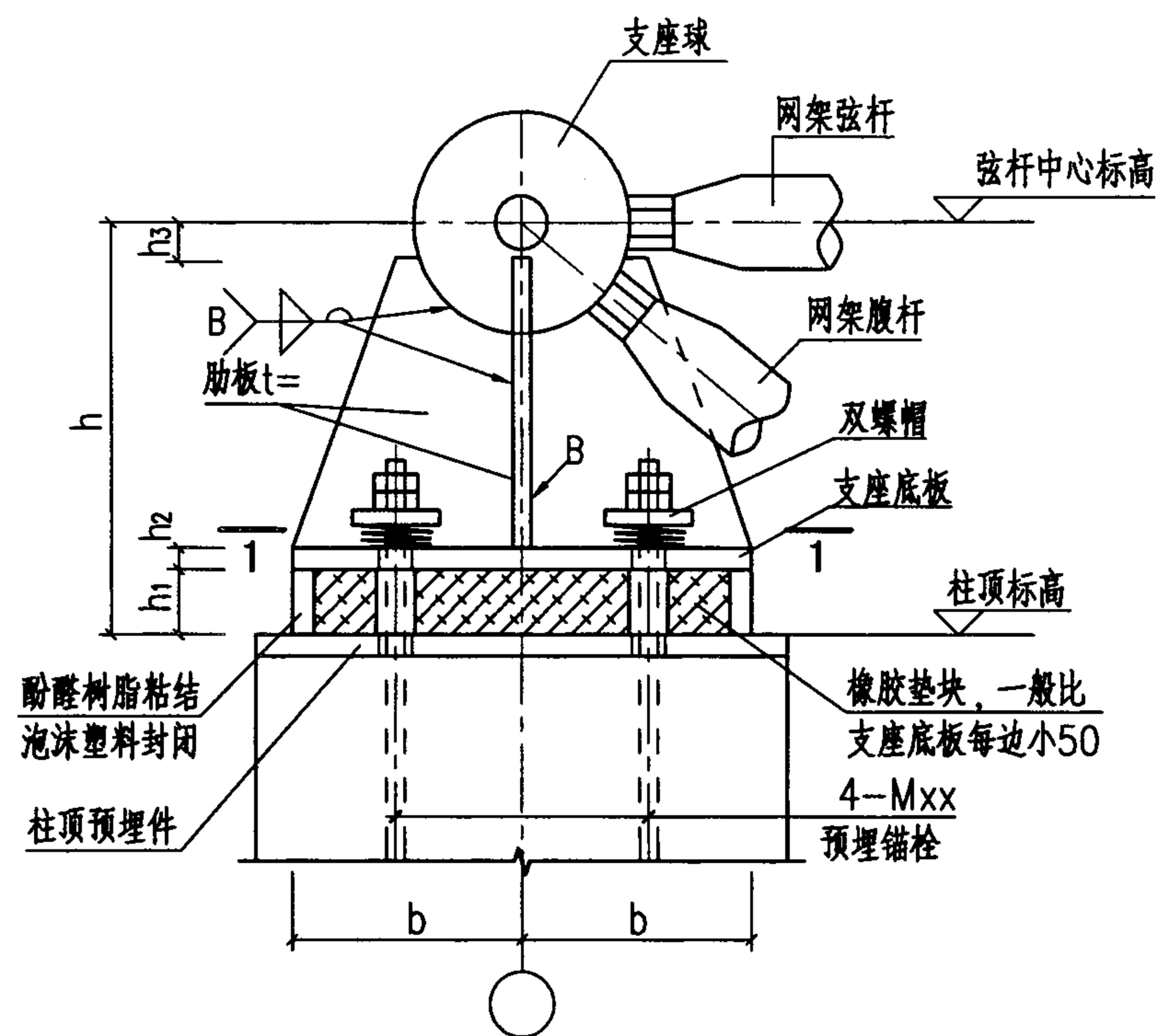
图集号

07SG531

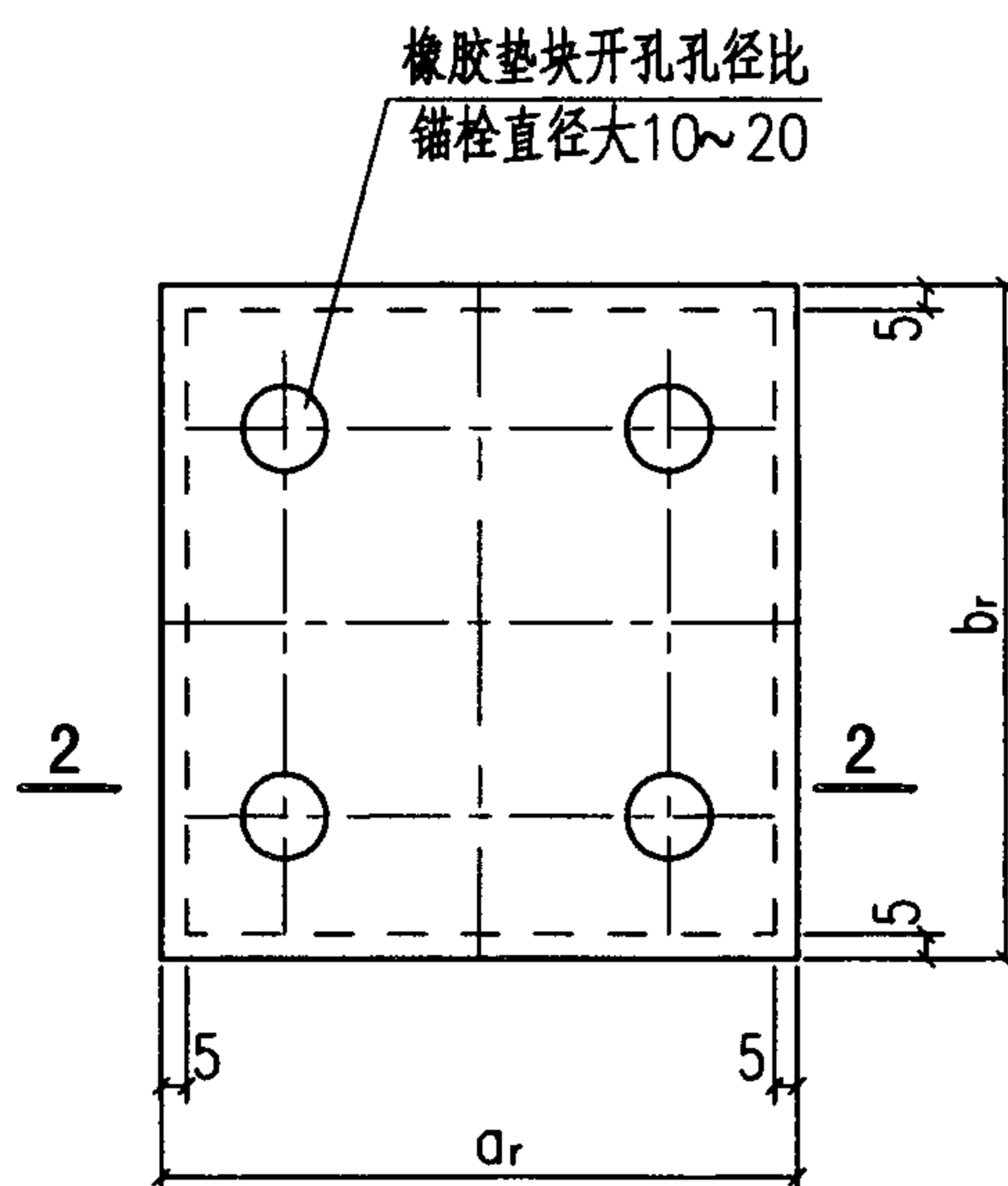
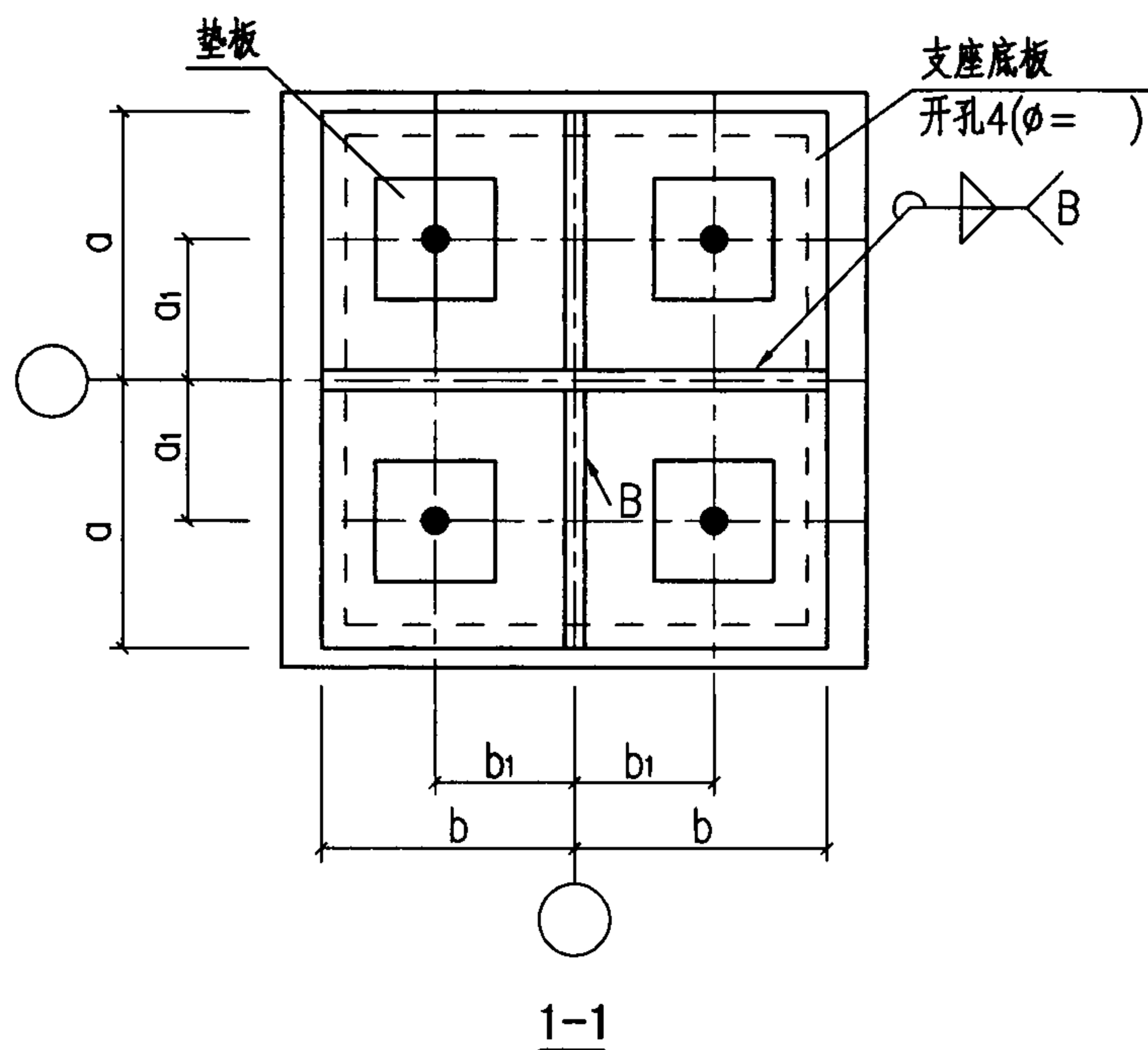
审核 朱丹 校对 裴永忠 设计 宋海妍

页

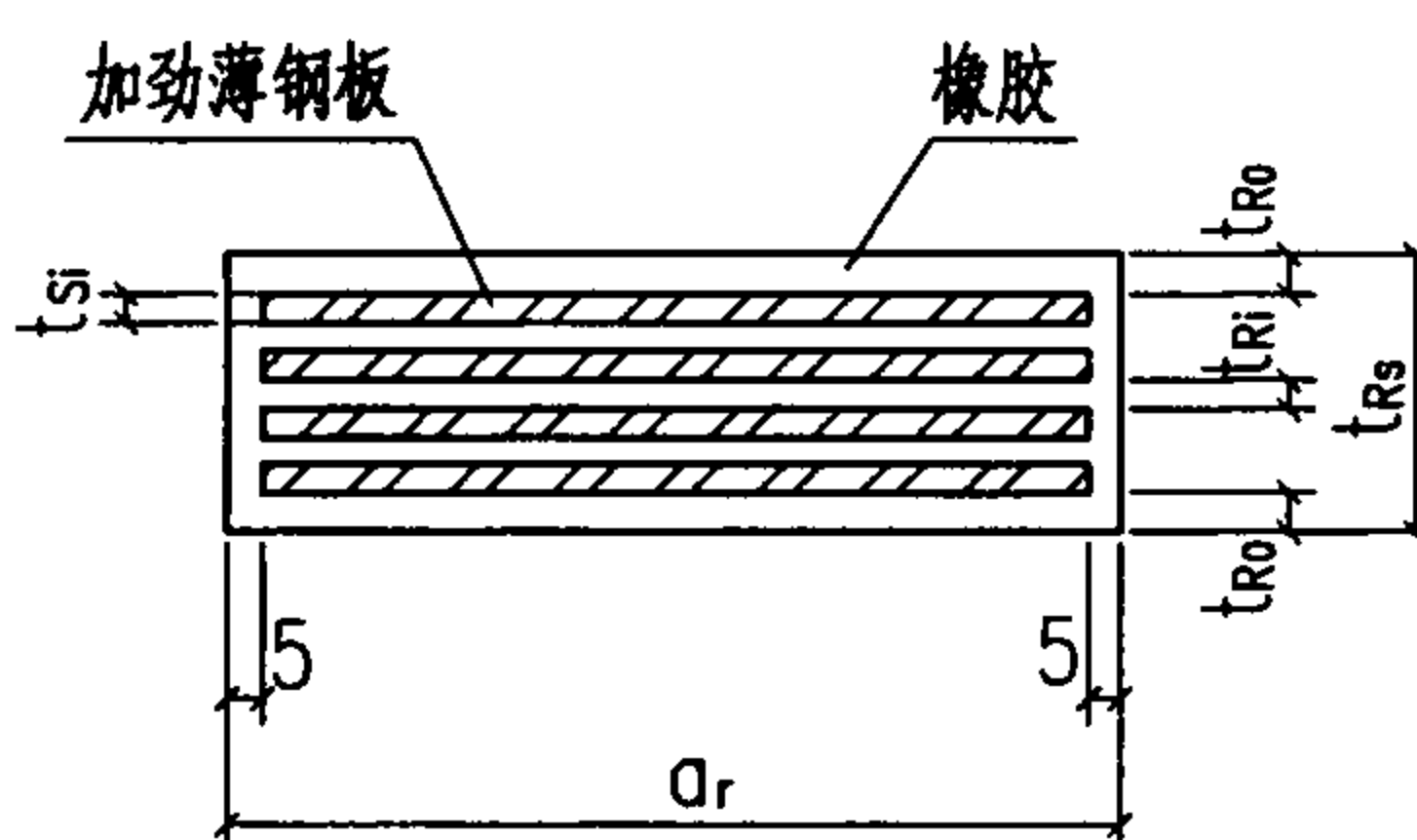
17



板式橡胶支座节点



橡胶垫块



2-2

编者提示:

- 1 本图所示支座为板式橡胶支座节点。
- 2 板式橡胶支座适用于温度应力影响和水平位移较大,有滑移与转动要求的中、大跨度网格结构。但应注意支座反力不得超过橡胶垫块的承载能力。
- 3 用于网架结构的板式橡胶支座连接节点的板式橡胶支座,分为氯丁橡胶支座和天然橡胶支座。对气温不低于 -25°C 地区,可采用氯丁橡胶垫板;对气温不低于 -30°C 地区,可采用耐寒氯丁橡胶垫板;对气温不低于 -40°C 地区,可采用天然橡胶垫板。
- 4 板式橡胶支座的设计指标及常用板式橡胶支座规格系列见本图集第19页。
- 5 为便于支座的转动,橡胶垫板的长边应顺网架支座切线方向。板式橡胶支座的平面尺寸短边(a_r)与长边(b_r)之比,一般可在1:1~1:1.5的范围内采用。
- 6 板式橡胶支座的总厚度 t 应根据网架跨度方向的伸缩量和网架支座转角的要求来确定,一般可在短边长度的 $1/10\sim 1/5$ 的范围内采用,且不宜小于40mm。为了满足支座的稳定条件,板式橡胶支座中的橡胶层总厚度 t (不包括加劲薄钢板的厚度)不应大于支座短边长度的 $1/5$,即 $t\leq 0.2a_r$ 。
- 7 当网架支座连接锚栓通过板式橡胶支座时,在橡胶支座上的锚栓孔径应比锚栓直径大10~20mm,以免影响橡胶支座的剪切变形和移动。
- 8 橡胶支座与支柱或基座的钢板或混凝土之间可采用502胶等胶结剂粘结固定,并应增设限位装置。
- 9 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。
- 10 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。

橡胶支座所用胶料的物理性能指标

胶料类型	硬度(邵氏)	拉伸强度 (N/mm ²)	扯断伸长率 (%)	扯断永久变形 (%)	300%定伸强度 (N/mm ²)	脆性温度(°C) (不低于)
氯丁橡胶	60±5°	≥18.63	≥450	≤25	≥7.84	-25
天然橡胶	60±5°	≥18.63	≥500	≤20	≥8.82	-40

橡胶支座(成品)物理力学性能指标

容许抗压强度		极限破坏强度 (N/mm ²)	抗压弹性模量 E _R (N/mm ²)	抗剪弹性模量 G _R (N/mm ²)	容许最大剪切角 正切值[tgα]	抗滑移系数μ	
[σ] _{max}	[σ] _{min}					与钢板	与混凝土
(N/mm ²)							
7.84~9.80	1.96	>58.82	按下表采用	0.98~1.47	0.7	0.2	0.3

橡胶支座抗压弹性模量 E_R 和形状系数 β 值

β	4	5	6	7	8	9
E_R (N/mm ²)	196	265	333	412	490	579
β	10	11	12	13	14	15
E_R (N/mm ²)	657	745	843	932	1040	1157

注：支座形状系数按下式计算

$$\beta = \frac{a_r b_r}{2(a_r + b_r)t_{Ri}}$$

式中 a_r 、 b_r —橡胶支座的短边长度和长边长度； t_R —支座中间层橡胶片的厚度

网架结构用板式橡胶支座规格系列选用表(摘自JT3132.1-88)

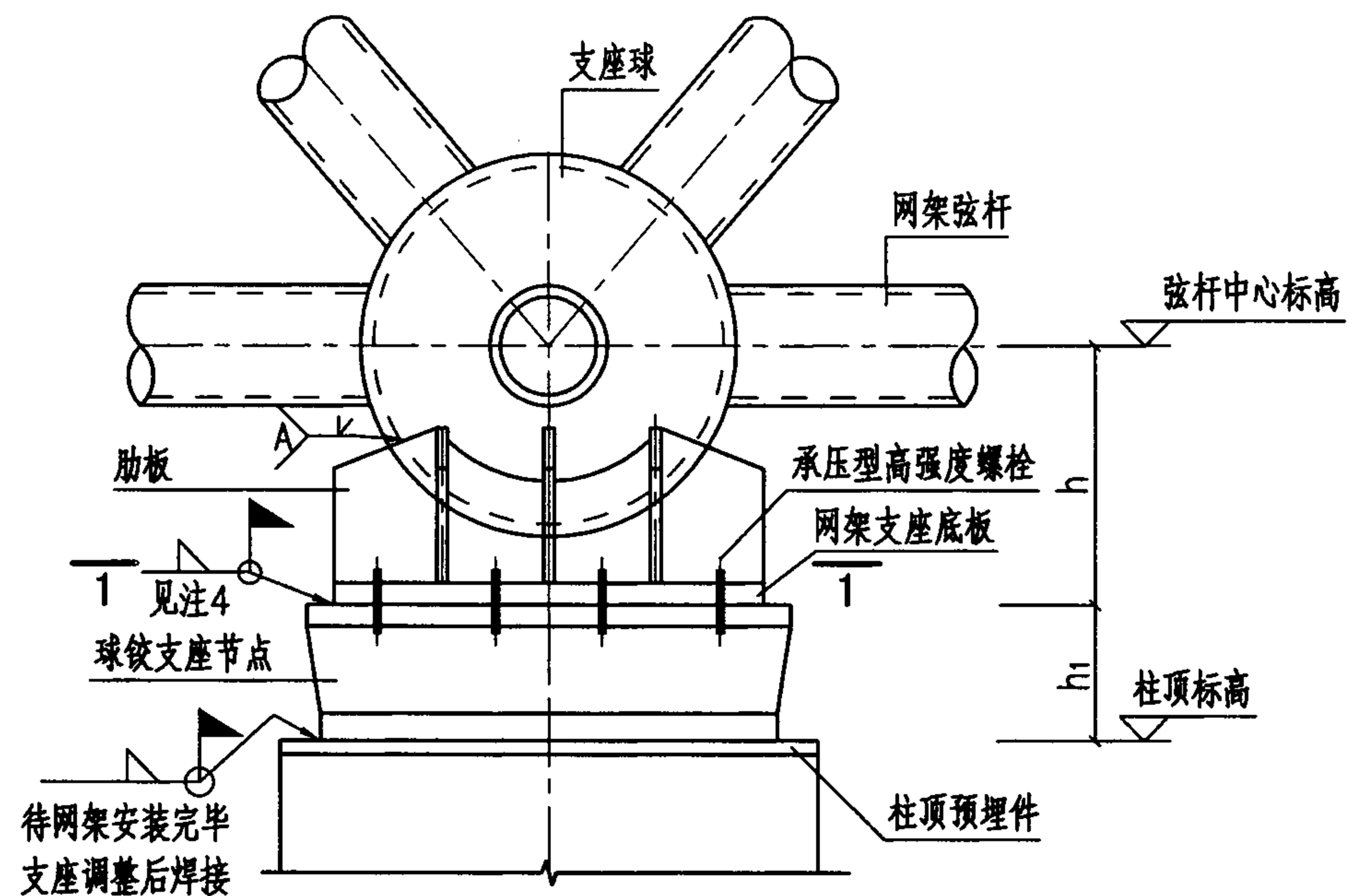
支座平面尺寸 $a_r \times b_r$ (mm)	支座竖向承载力 F (kN)	中间层橡胶片厚度 t_{ri} (mm)	橡胶层总厚度 t_r (mm)	单层钢板厚度 t_{si} (mm)	钢板总厚度 t_s (mm)	支座总厚度 t_{rs} (mm)	支座抗滑最小水平 承载力 F_{min} (kN)	备注
250×300	600	8	37 45	2	10 12	47 57	192 (289)	支座抗滑最小承载力一栏中, 括号外数值为橡胶 支座与混凝土间 抗滑最小承载力; 括号内数值为橡 胶支座与钢板间 抗滑最小承载力
	600	11	38 49	3	12 15	50 64		
250×350	700	8	37 45	2	10 12	47 57	225 (337)	
	700	11	38 49	3	12 15	50 64		
250×400	800	8	37 45	2	10 12	47 57	257 (385)	
	800	11	38 49	3	12 15	50 64		
250×450	900	8	37 45	2	10 12	47 57	289 (433)	
	900	11	38 49	3	12 15	50 64		
300×350	840	8	37 45 53	2	10 12 14	47 57 67	269 (404)	
	840	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78		

续表

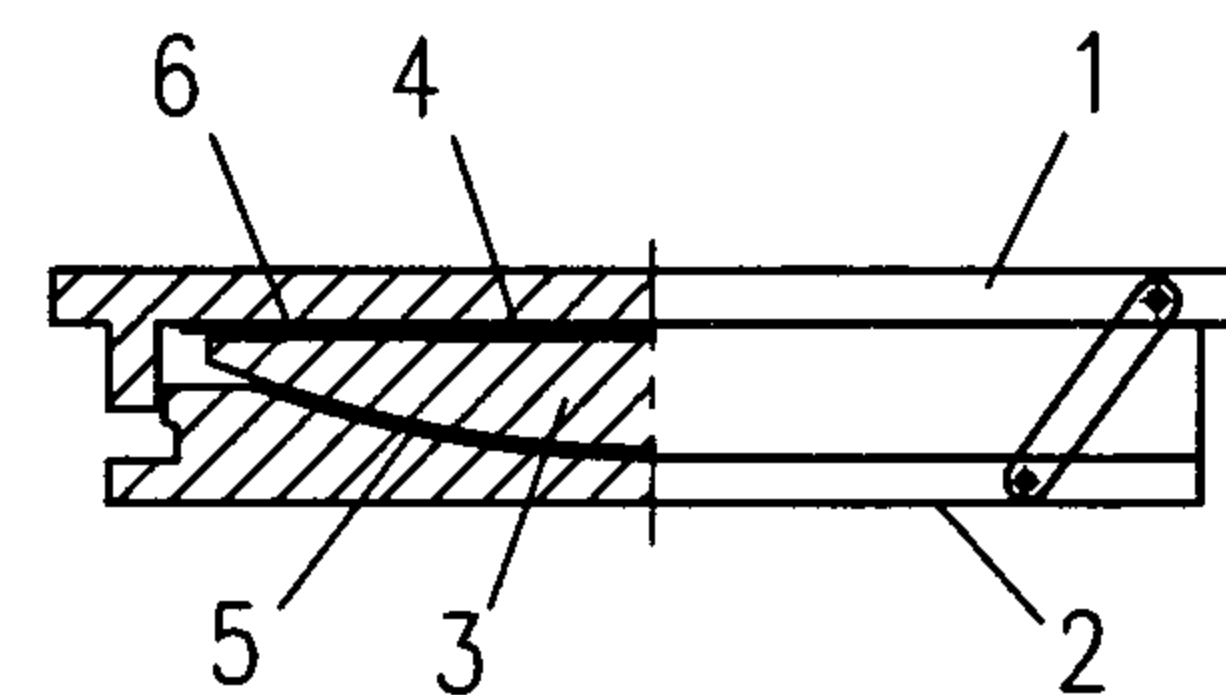
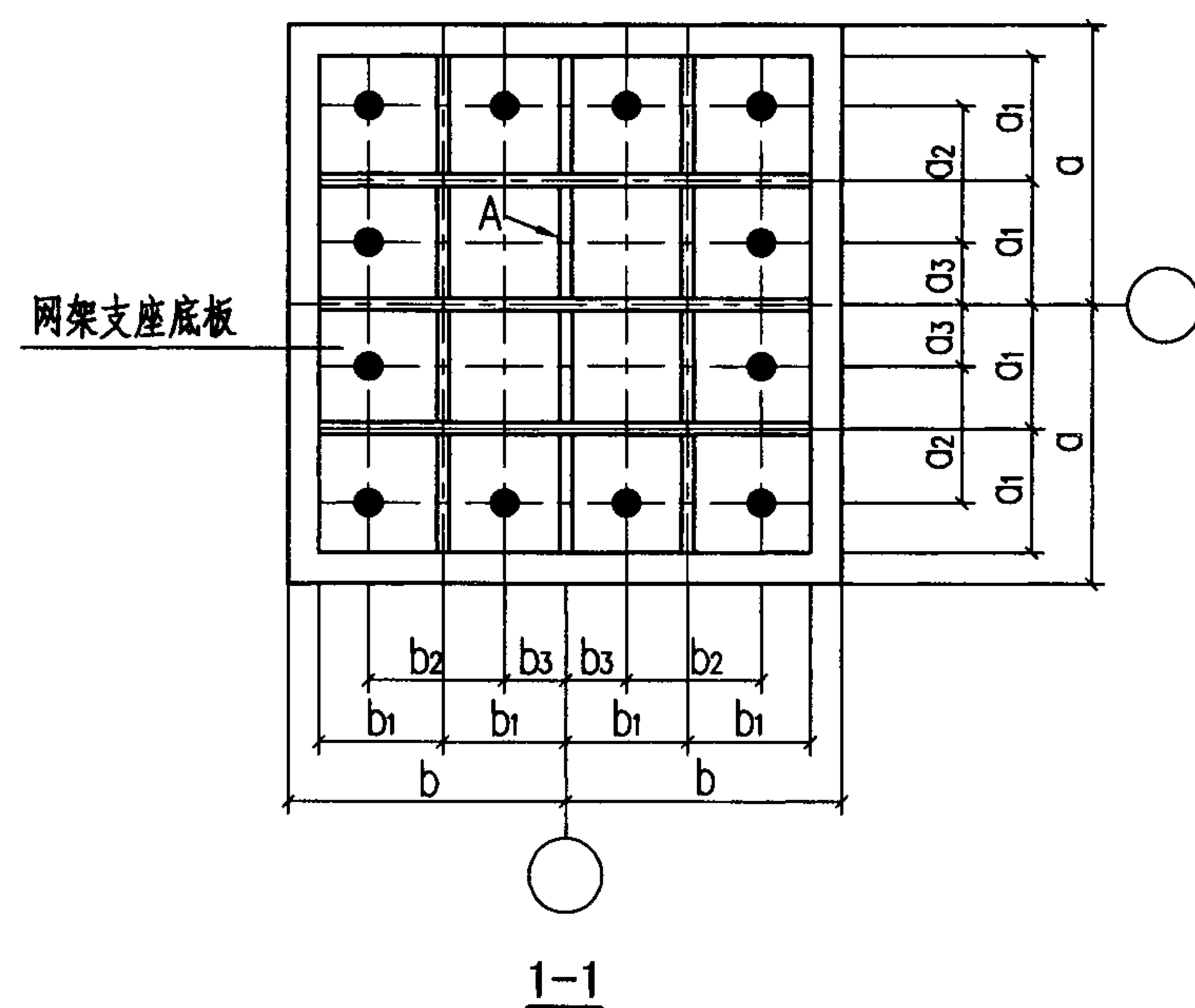
支座平面尺寸 $a_r \times b_r$ (mm)	支座竖向承载力 F (kN)	中间层橡胶片厚度 t_{ri} (mm)	橡胶层总厚度 t_r (mm)	单层钢板厚度 t_{si} (mm)	钢板总厚度 t_s (mm)	支座总厚度 t_{rs} (mm)	支座抗滑最小水平 承载力 F_{min} (kN)	备注
300×400	960	8	37 45 53	2	10 12 14	47 57 67	308 (462)	支座抗滑最小承载力一栏中, 括号外数值为橡胶 支座与混凝土同 抗滑最小承载力 括号内数值为橡胶 支座与钢板同 抗滑最小承载力
	960	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78		
300×450	1080	8	37 45 53	2	10 12 14	47 57 67	346 (520)	
	1080	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78		
300×500	1200	8	37 45 53	2	10 12 14	47 57 67	385 (577)	
	1200	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78		
350×400	1120	8	37 45 53 61	2	10 12 14 16	47 57 67 77	359 (539)	
	1120	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78		
350×450	1260	8	37 45 53 61	2	10 12 14 16	47 57 67 77	404 (606)	
	1260	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78		
350×500	1400	8	45 53 61	2	12 14 16	57 67 77	385 (577)	
	1400	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78		
350×500	1540	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78	494 (741)	
400×450	1440	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78	462 (693)	
400×500	1600	11	38 49 60	3	12 15 18	50 64 78	513 (770)	
400×550	1760	11	49 60	3	15 18	64 78	565 (847)	
400×600	1920	11	49 60	3	15 18	64 78	616 (924)	
450×500	1800	11	49 60	3	15 18	64 78	577 (866)	
450×550	1980	11	49 60	3	15 18	64 78	635 (953)	
450×600	2160	11	49 60	3	15 18	64 78	693 (1039)	
450×650	2340	11	60	3	18	78	751 (1126)	

板式橡胶支座设计参数

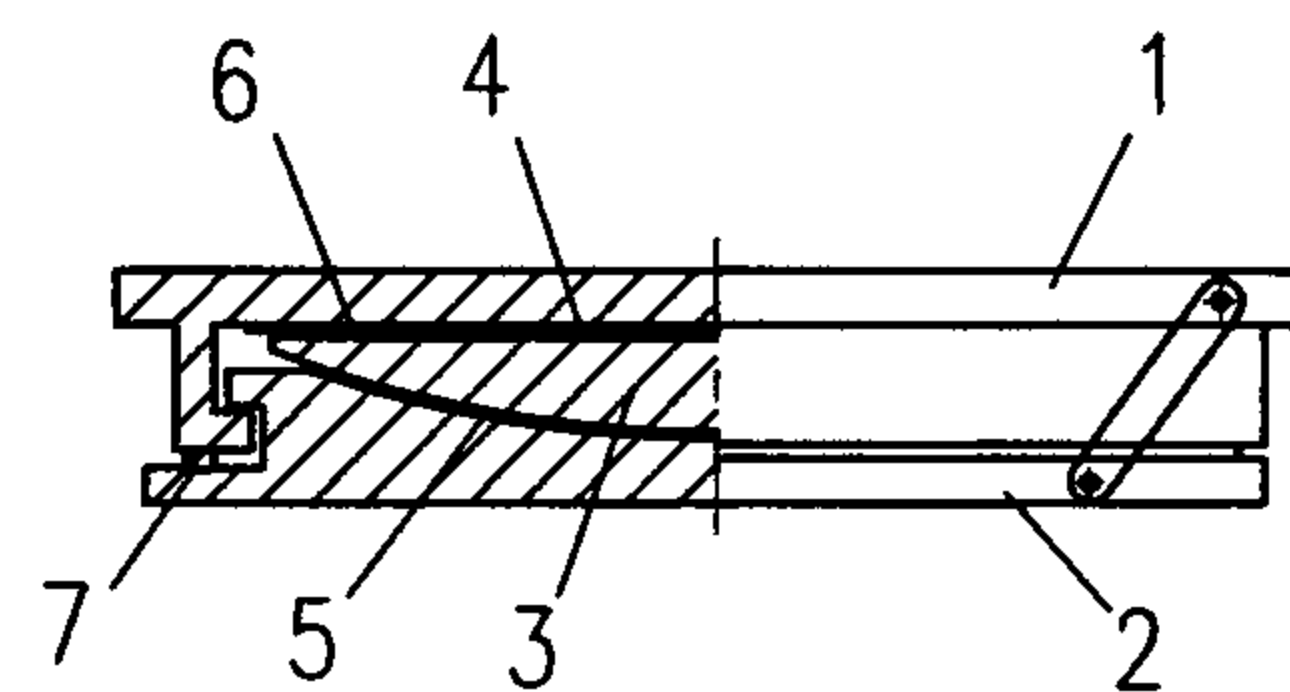
审核	朱丹	校对	裴永忠	设计	宋海妍	页	19
----	----	----	-----	----	-----	---	----



球铰支座节点



固定钢球铰支座示意图



抗震型钢球铰支座示意图

- 1—上支座板 2—下支座板
3—支座钢球芯 4—PTFE圆平板
5—PTFE球形板 6—不锈钢板
7—橡胶密封圈

编者提示:

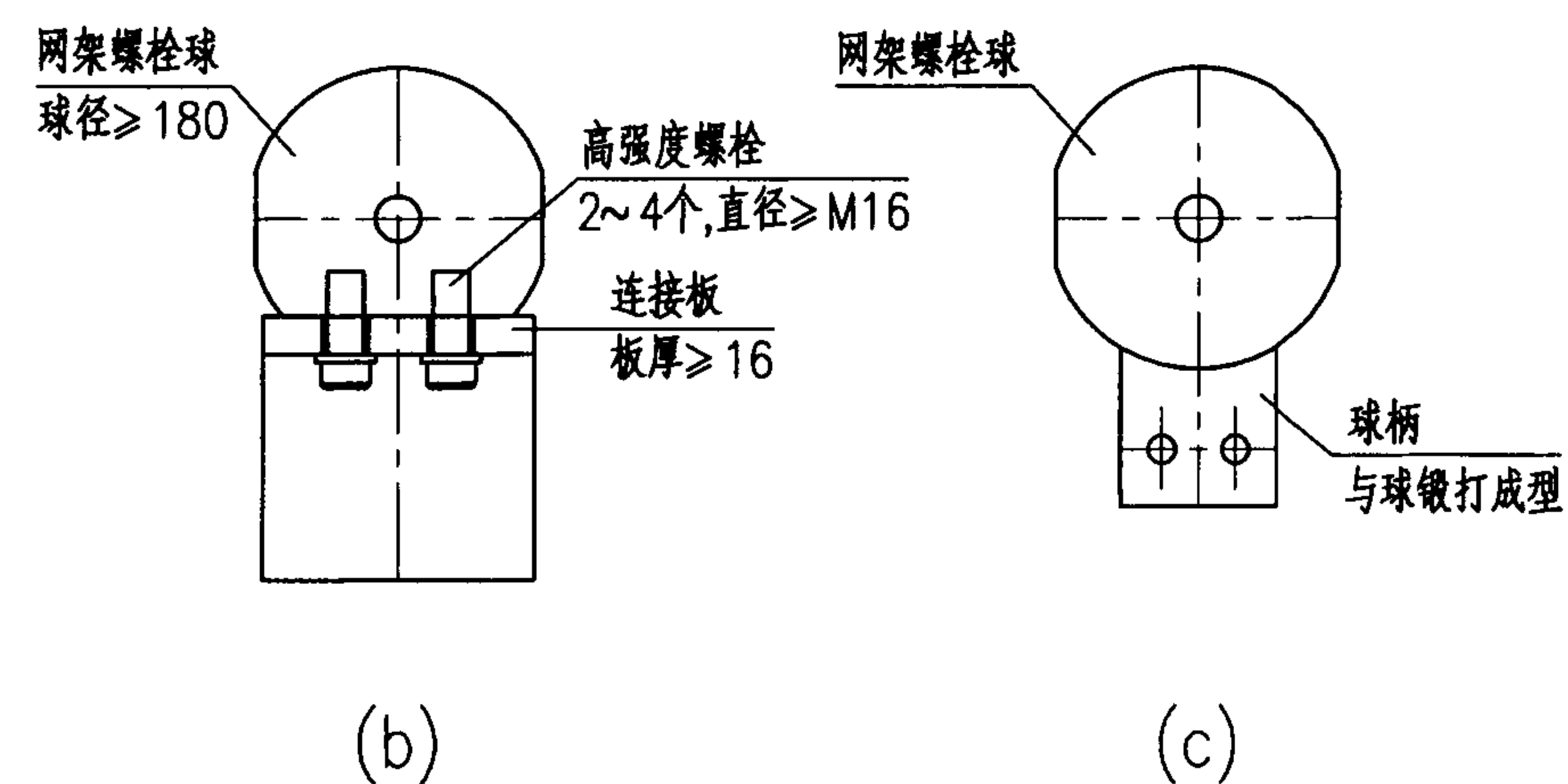
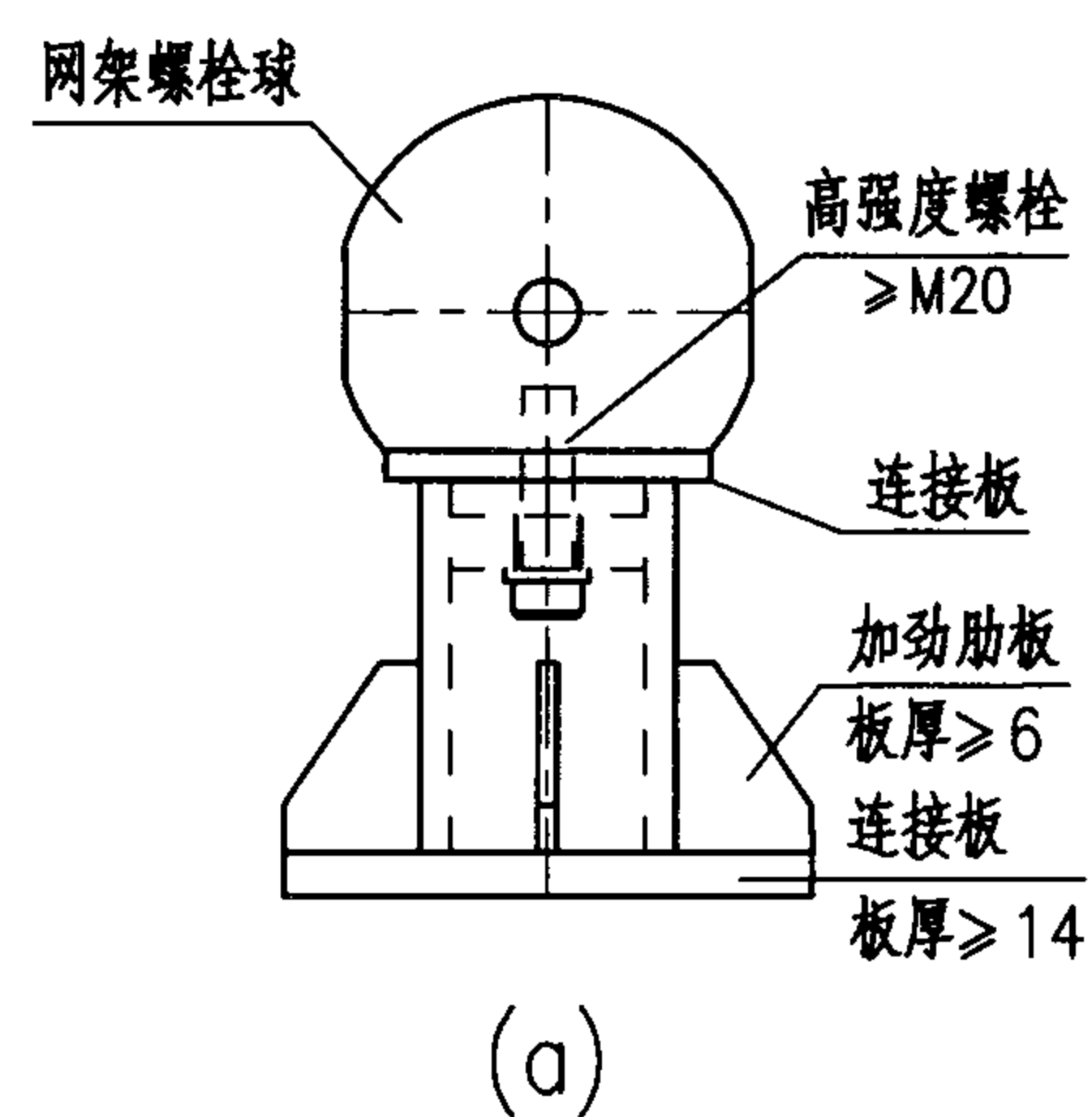
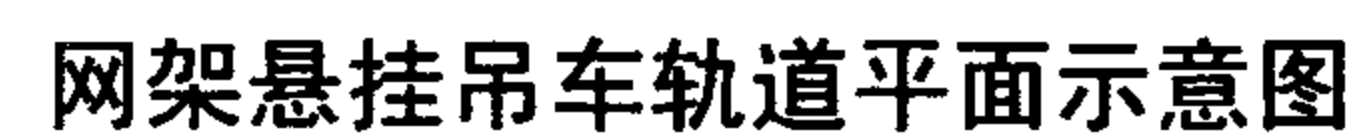
1 球铰支座可分为盆式橡胶支座和球形钢支座, 本图所示支座为钢球铰支座。钢球铰支座根据设计不同要求可分为可滑动球铰支座、固定球铰支座和抗震型球铰支座。

2 球铰支座传力可靠、转动灵活、承载能力大, 能更好地适应支座转角的需要, 但造价较高。主要适用于支座反力很大, 要求支座能在多方向转动的大跨度或复杂网架工程。

3 球铰支座一般可由设计院提出要求, 由有相关资质专业厂家深化设计并加工制作。设计中需提供以下参数:

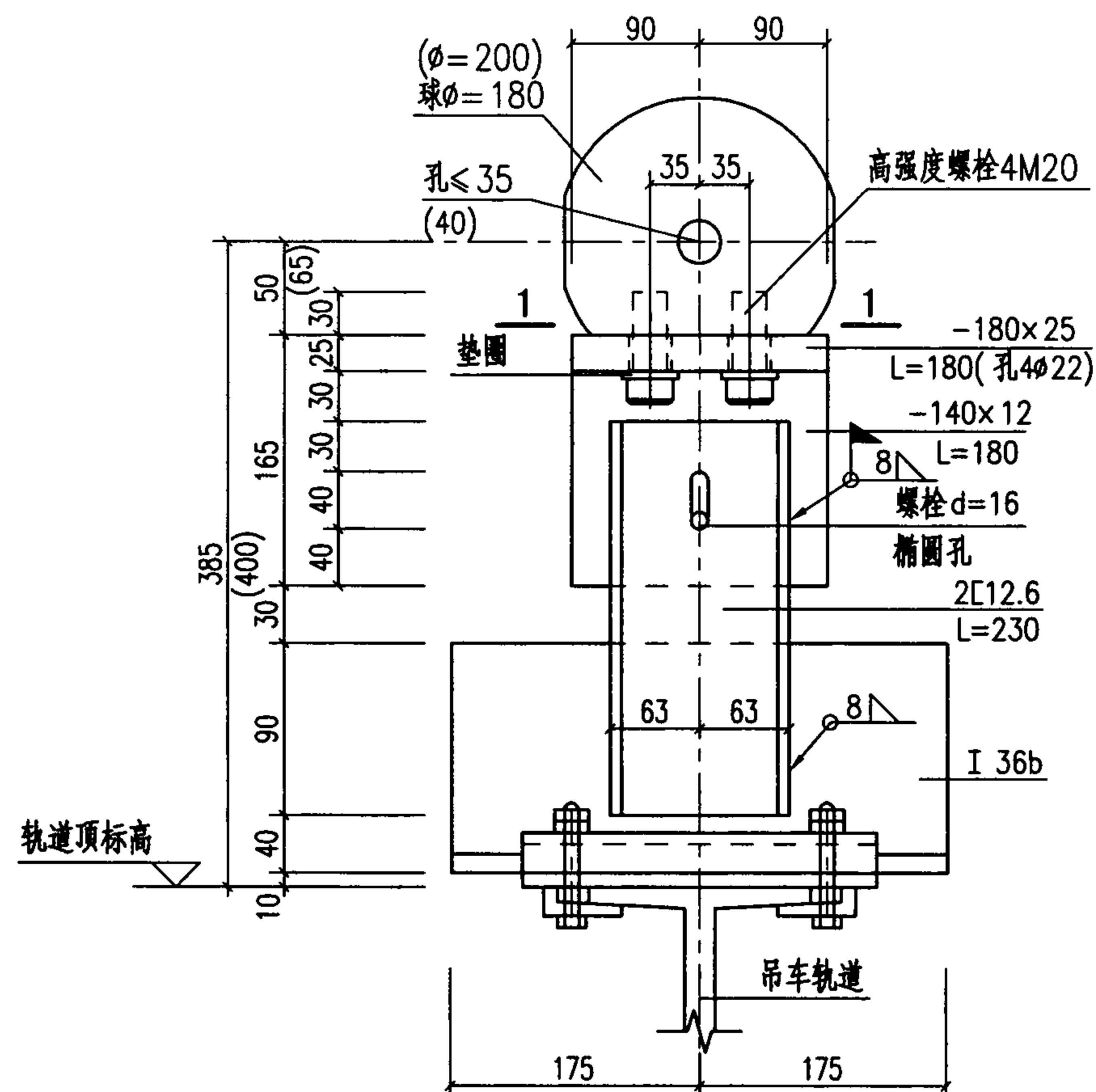
- 1) 支座反力, 包括竖向反力和水平反力设计值;
 - 2) 支座设计最大转角 θ 。
- 对可动球铰支座和抗震型球铰支座, 尚应要求:
- 3) 支座设计容许位移量;
 - 4) 支座自身设计的水平刚度。

4 球铰支座与网架支座底板可采用高强度螺栓连接或周边焊接。

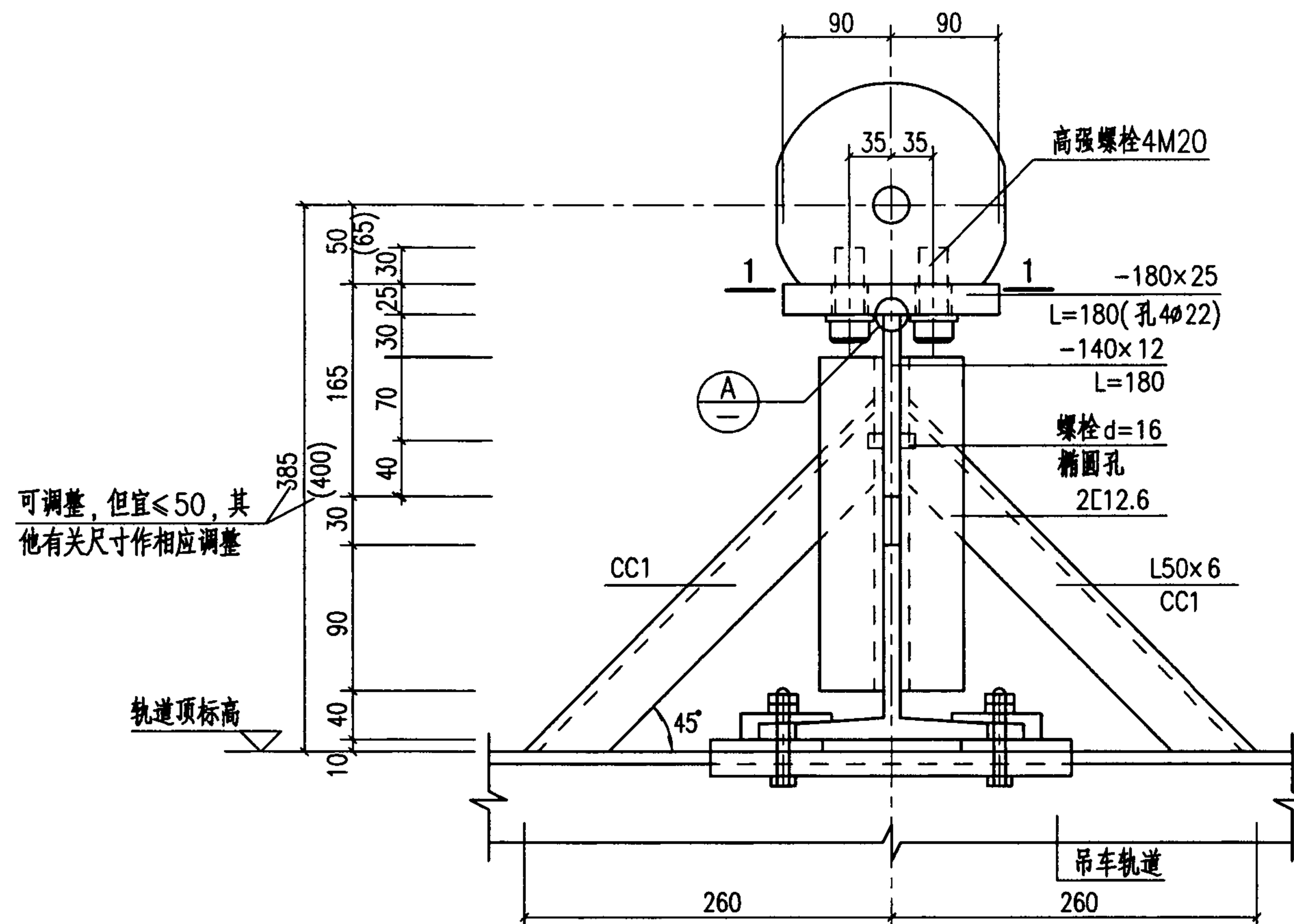


螺栓球网架悬挂吊车节点常用做法

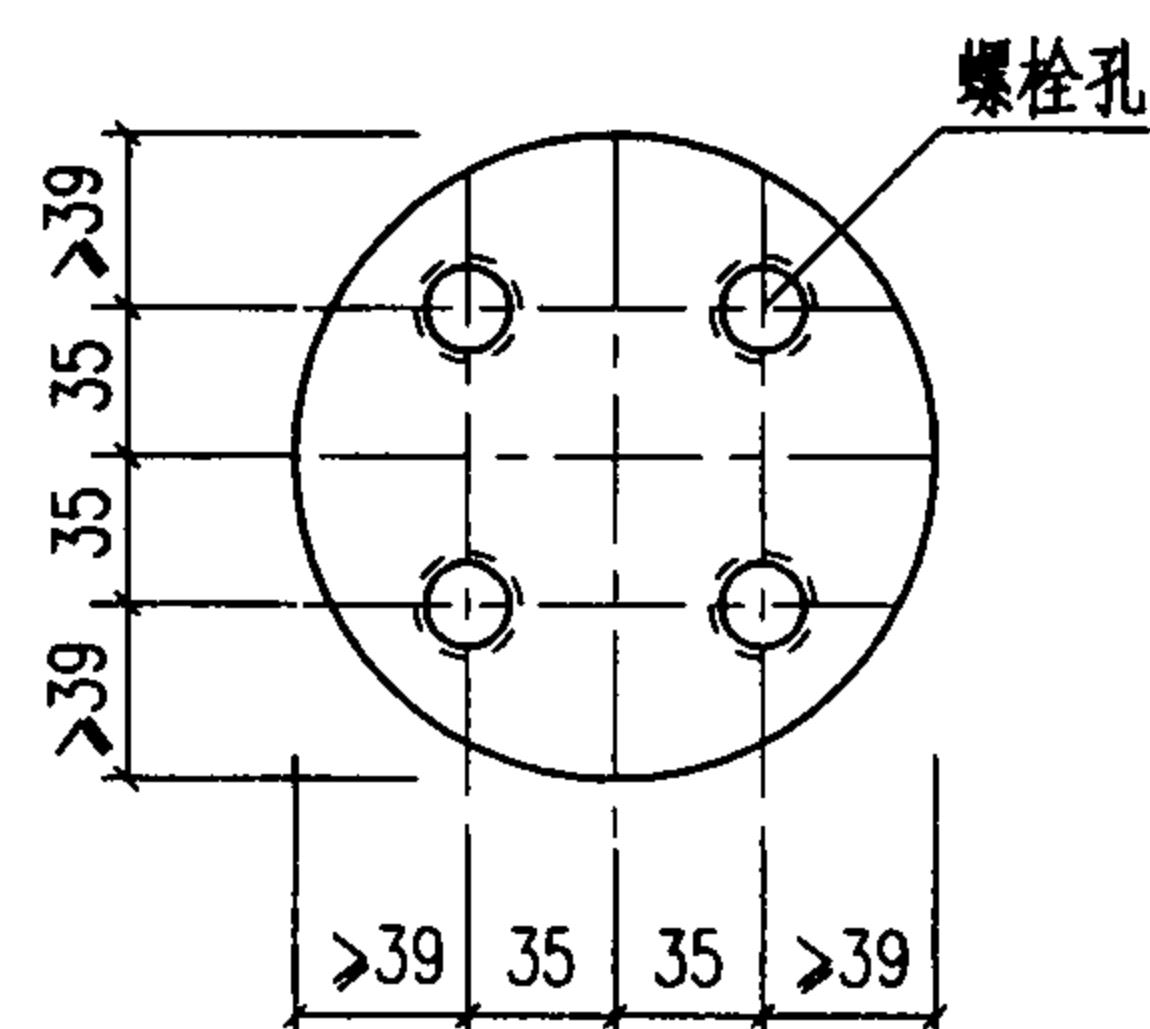
3 本图中吊车节点详图仅为建议做法,应用时应结合吊车轮压、工艺要求等根据实际工程情况设计。



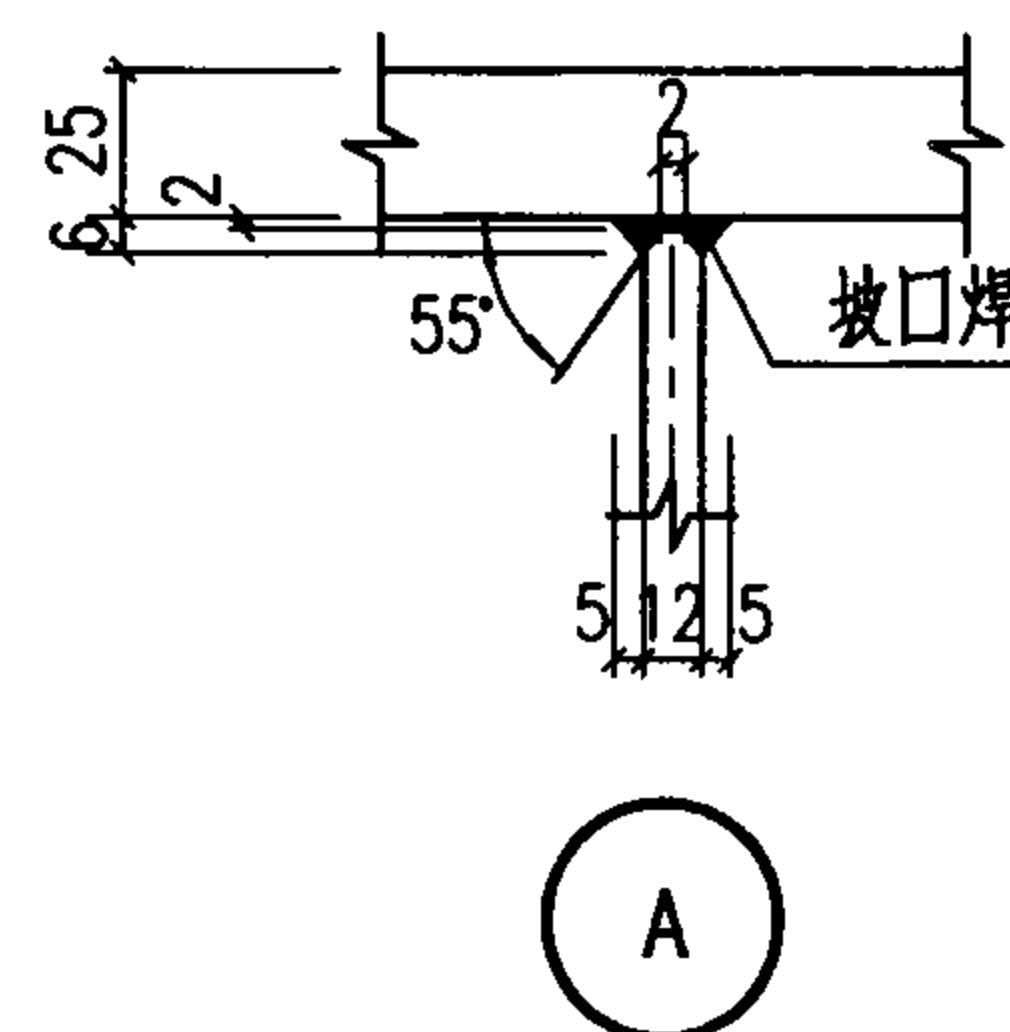
2 吊车节点详图



3 吊车节点详图

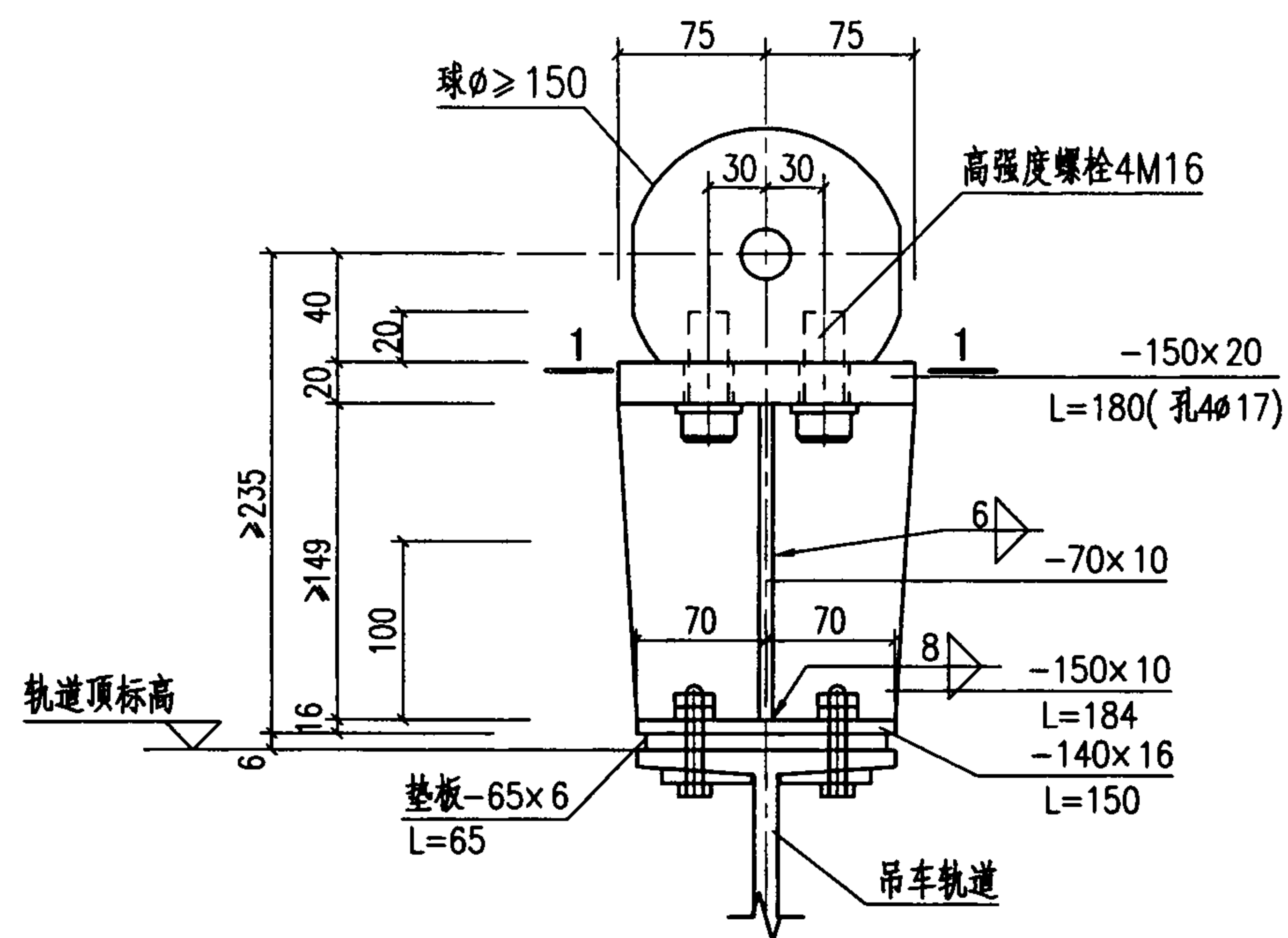


1-1

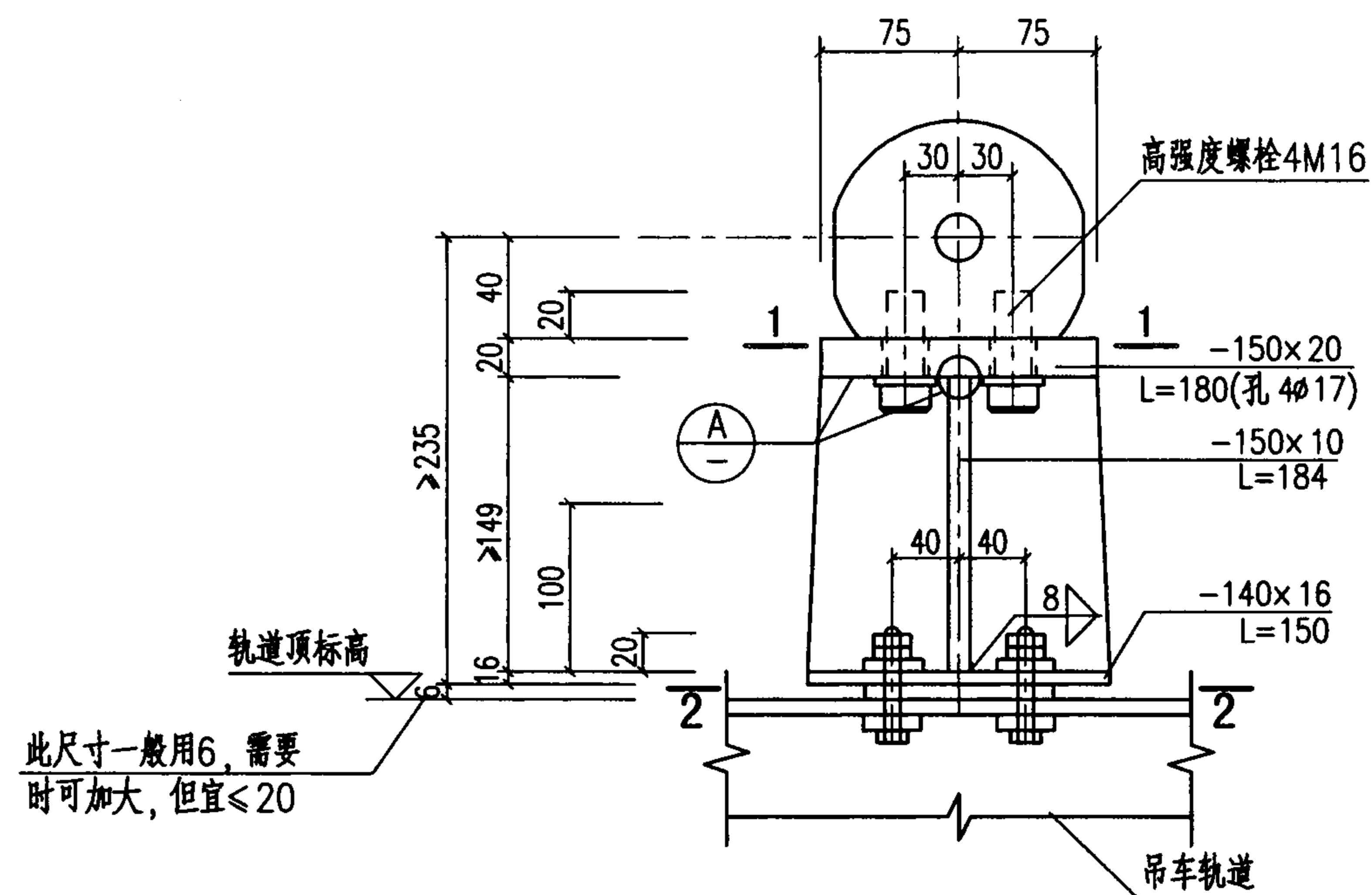


A

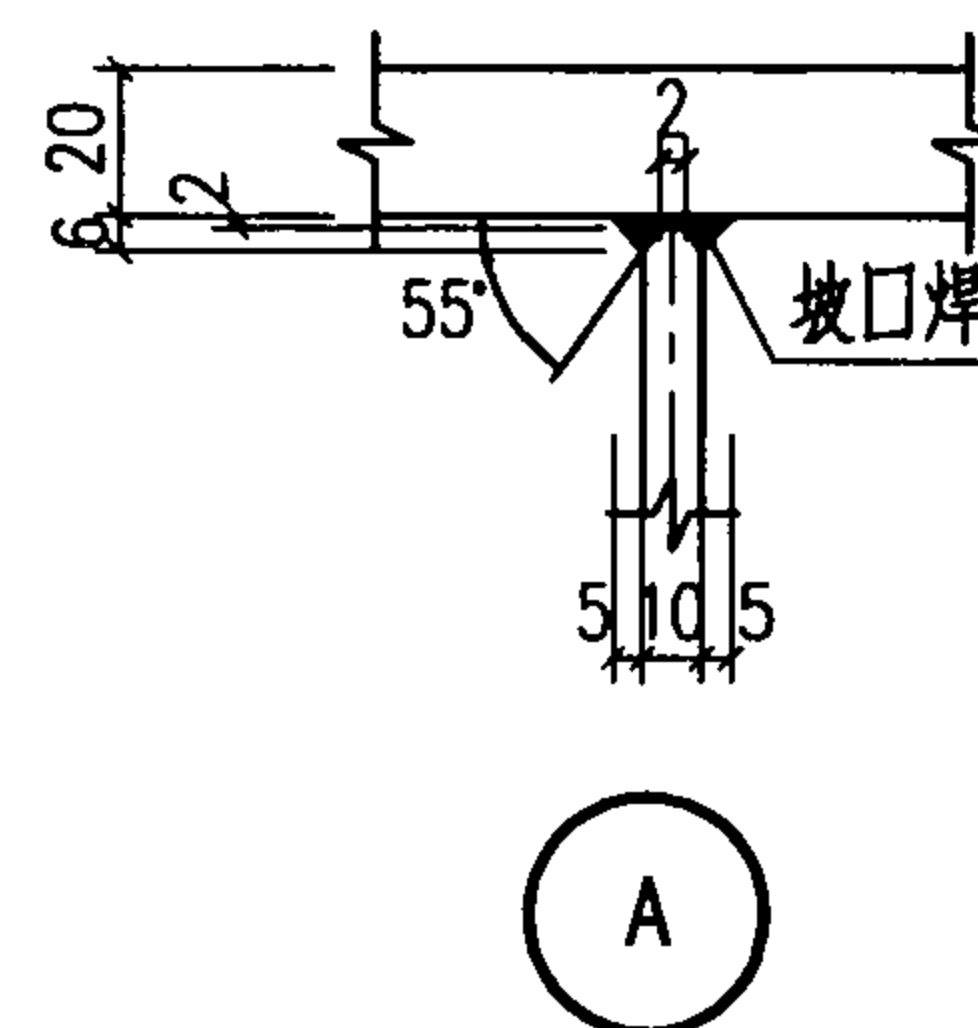
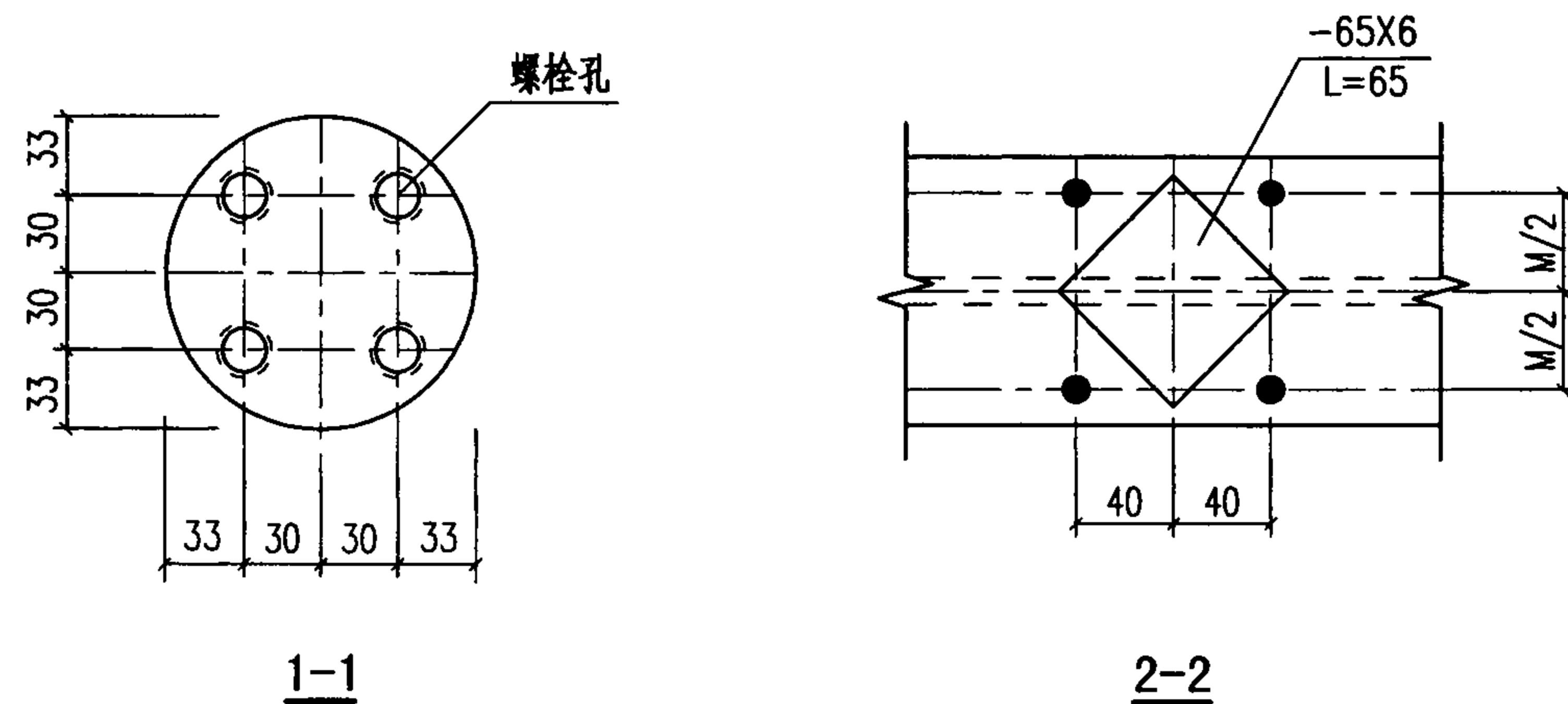
注：本图用于吊车起重量 $Q \leq 5t$ 悬挂吊车。



4 吊车节点详图

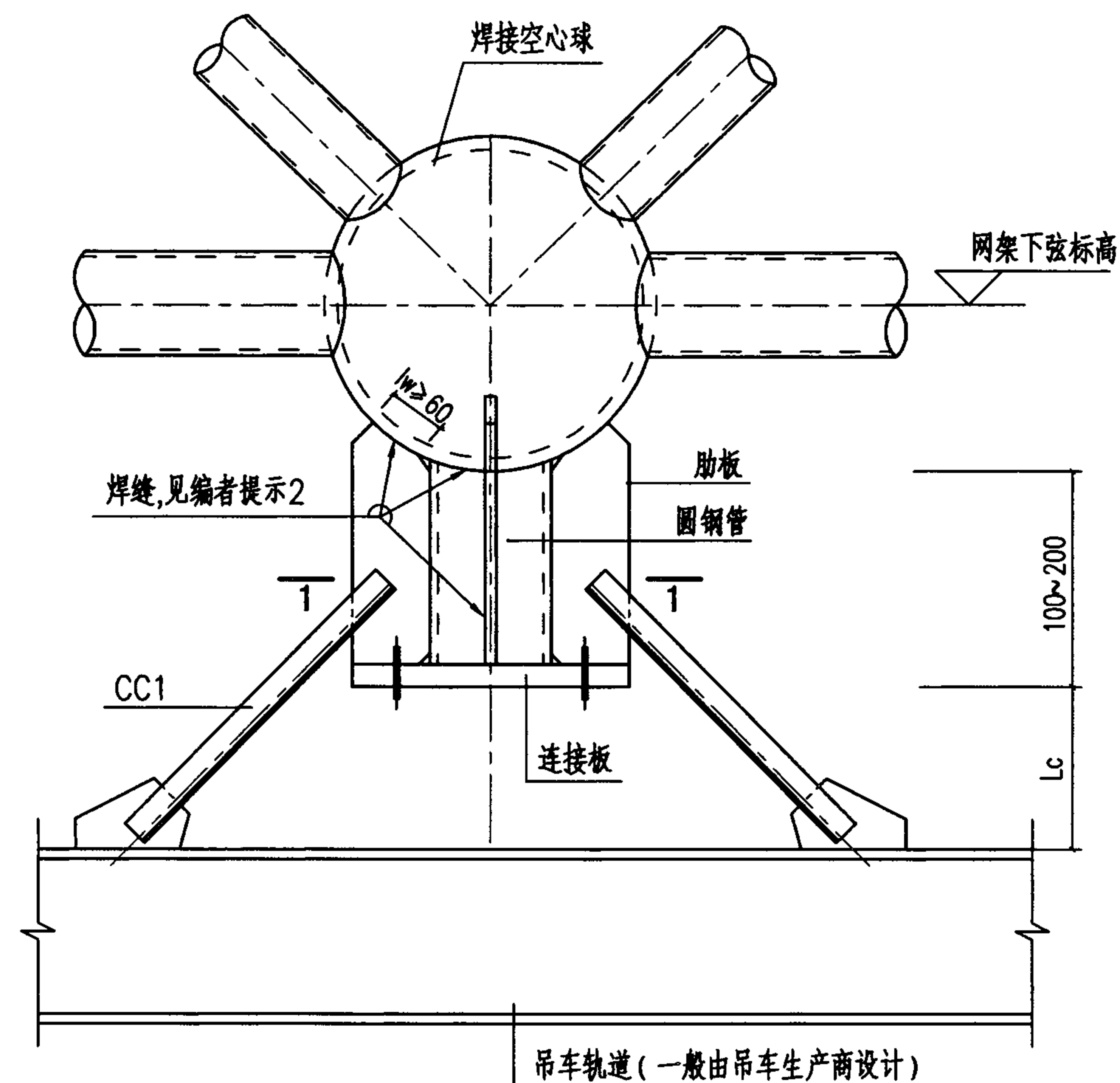


5 吊车节点详图



注: 本图用于吊车起重量 $Q \leq 3t$ 。

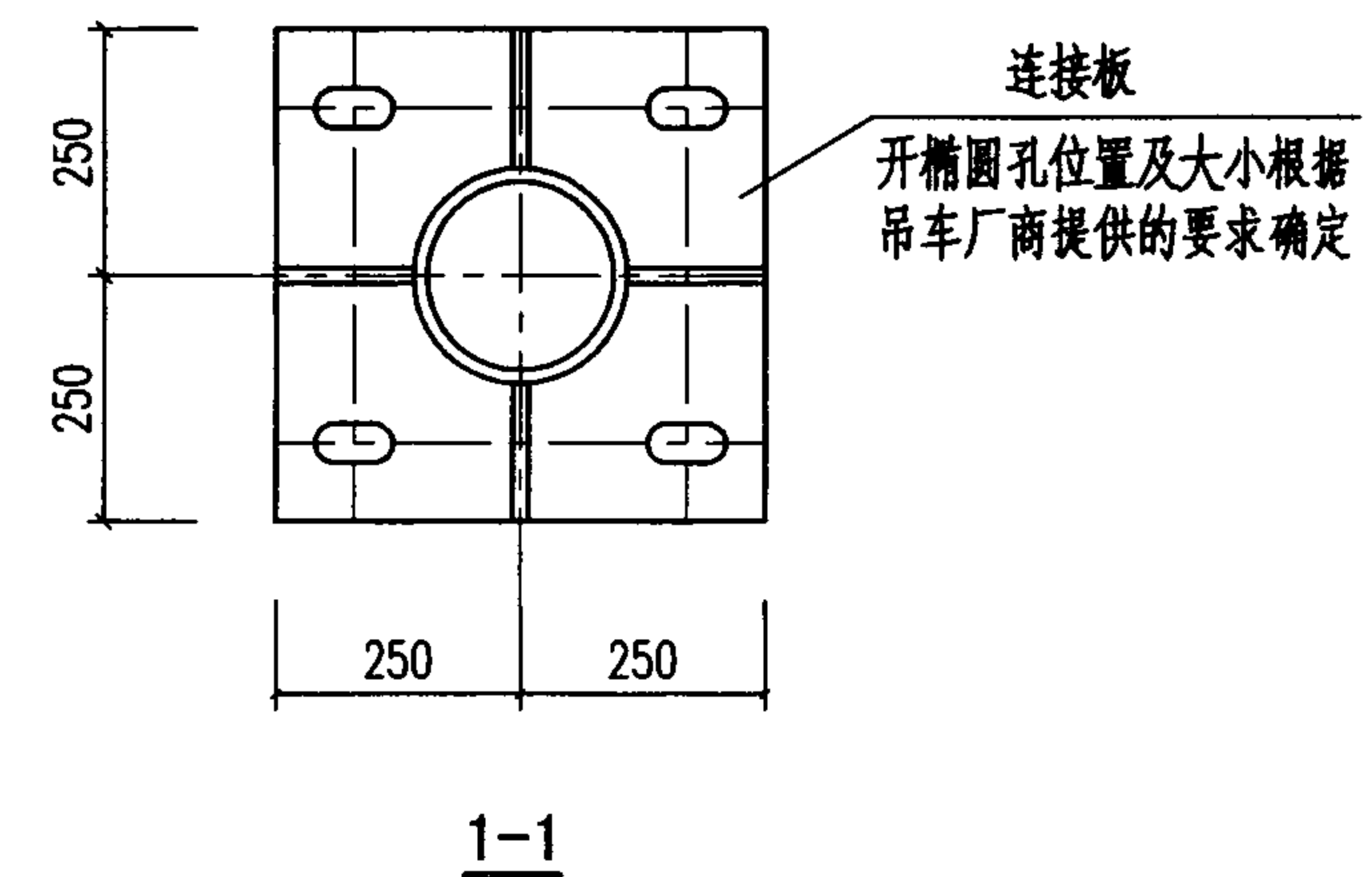
网架悬挂吊车节点详图				图集号	07SG531
审核	朱丹	校对	裴永忠	设计	宋海妍
				页	23

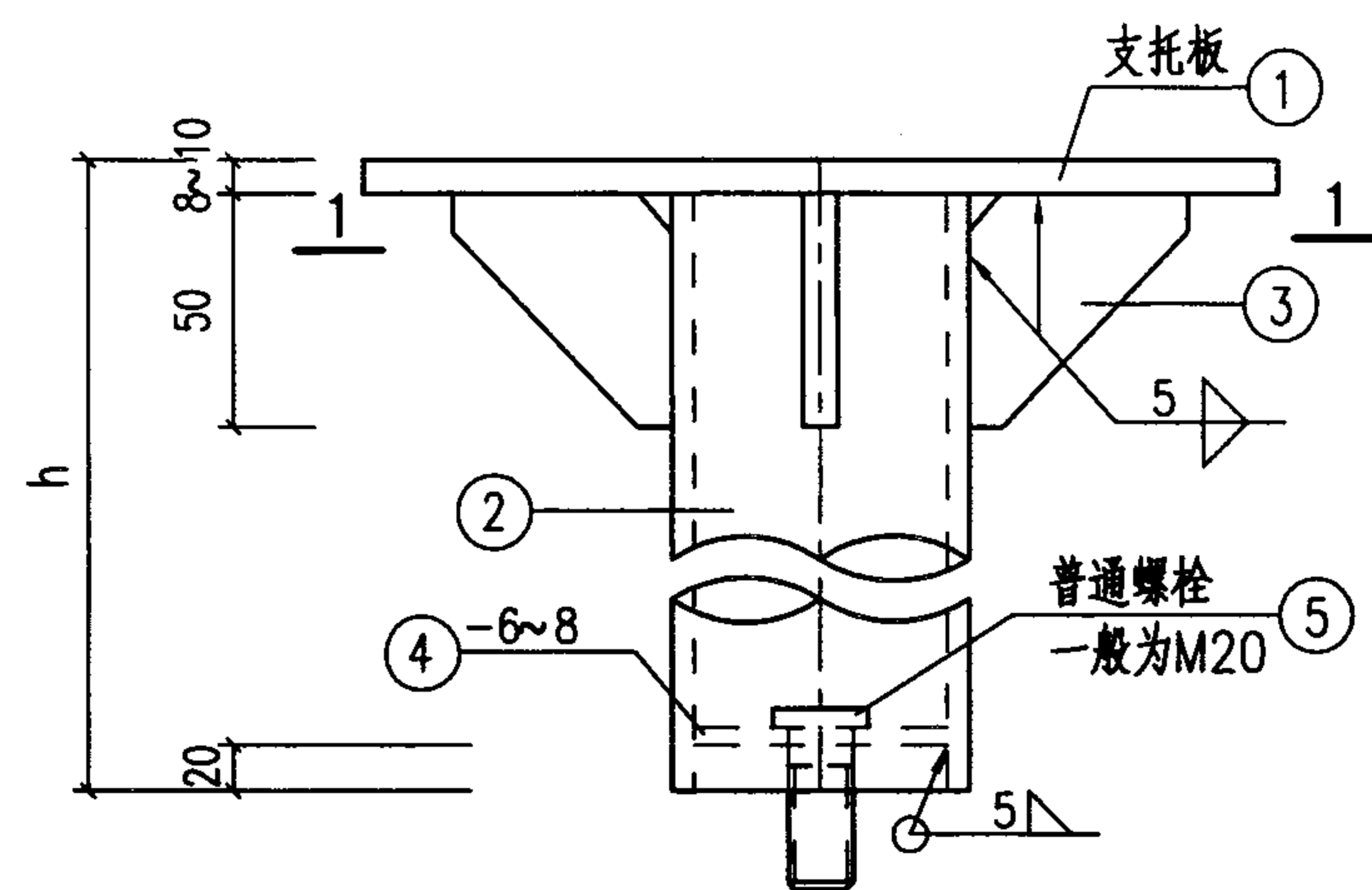


焊接球网架悬挂吊车节点做法

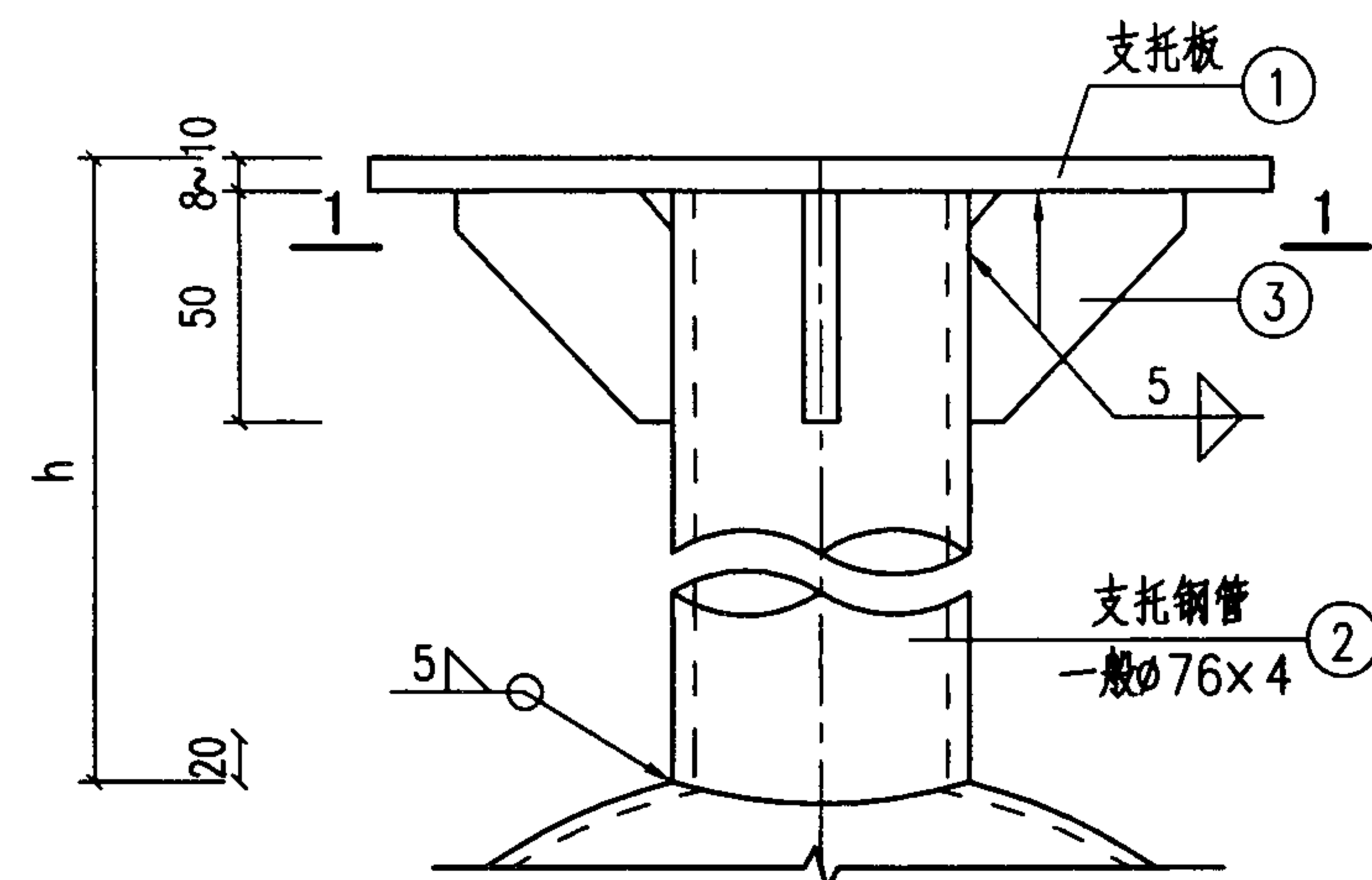
编者提示:

- 1 本图为焊接球网架中吊车悬挂节点的做法。
- 2 根据肋板(钢管)厚度和吊车的吨位可采用角焊缝或剖口焊缝。根据有关资料,肋板(钢管)与焊接球及连接板的焊缝容许应力可取 $80\text{N}/\text{mm}^2$ 。
- 3 图中 L_c 区段为轨道连接节点,根据悬挂运输设备厂商的节点构造确定。
- 4 图中CC1仅用于吊车起重量 $Q \geq 3\text{t}$ 悬挂吊车。其布置可按本图集第21页要求确定。

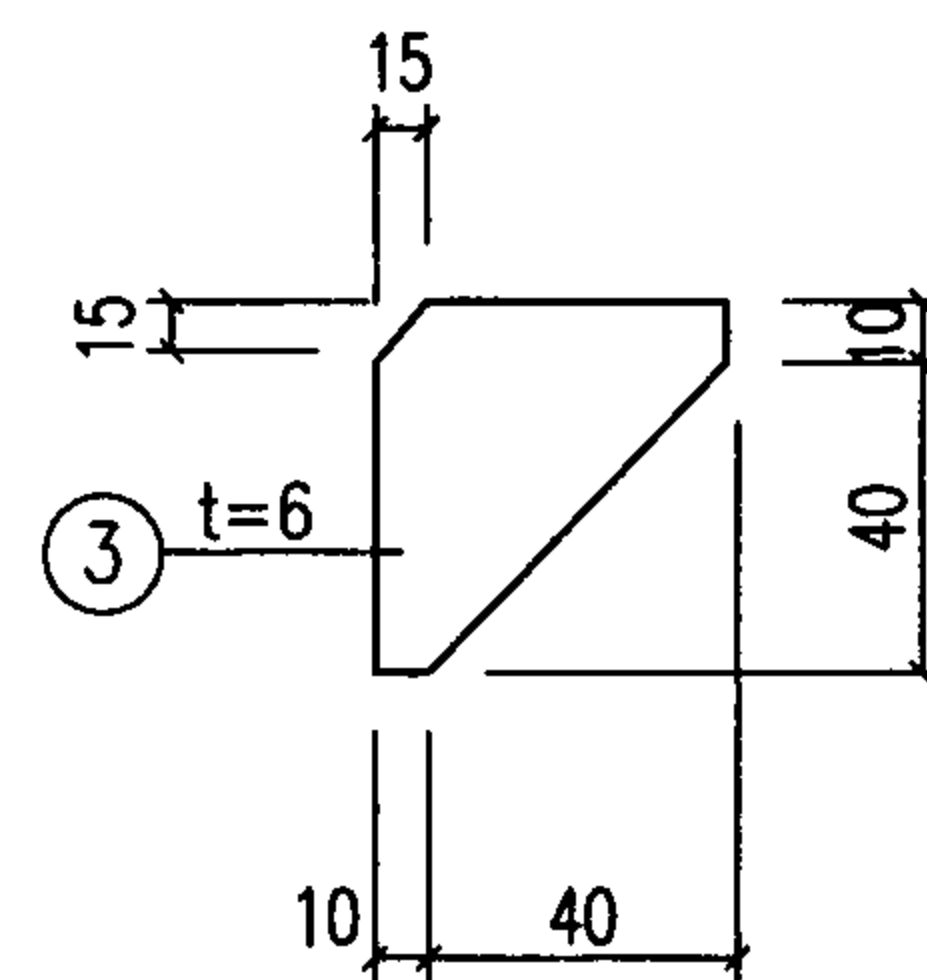
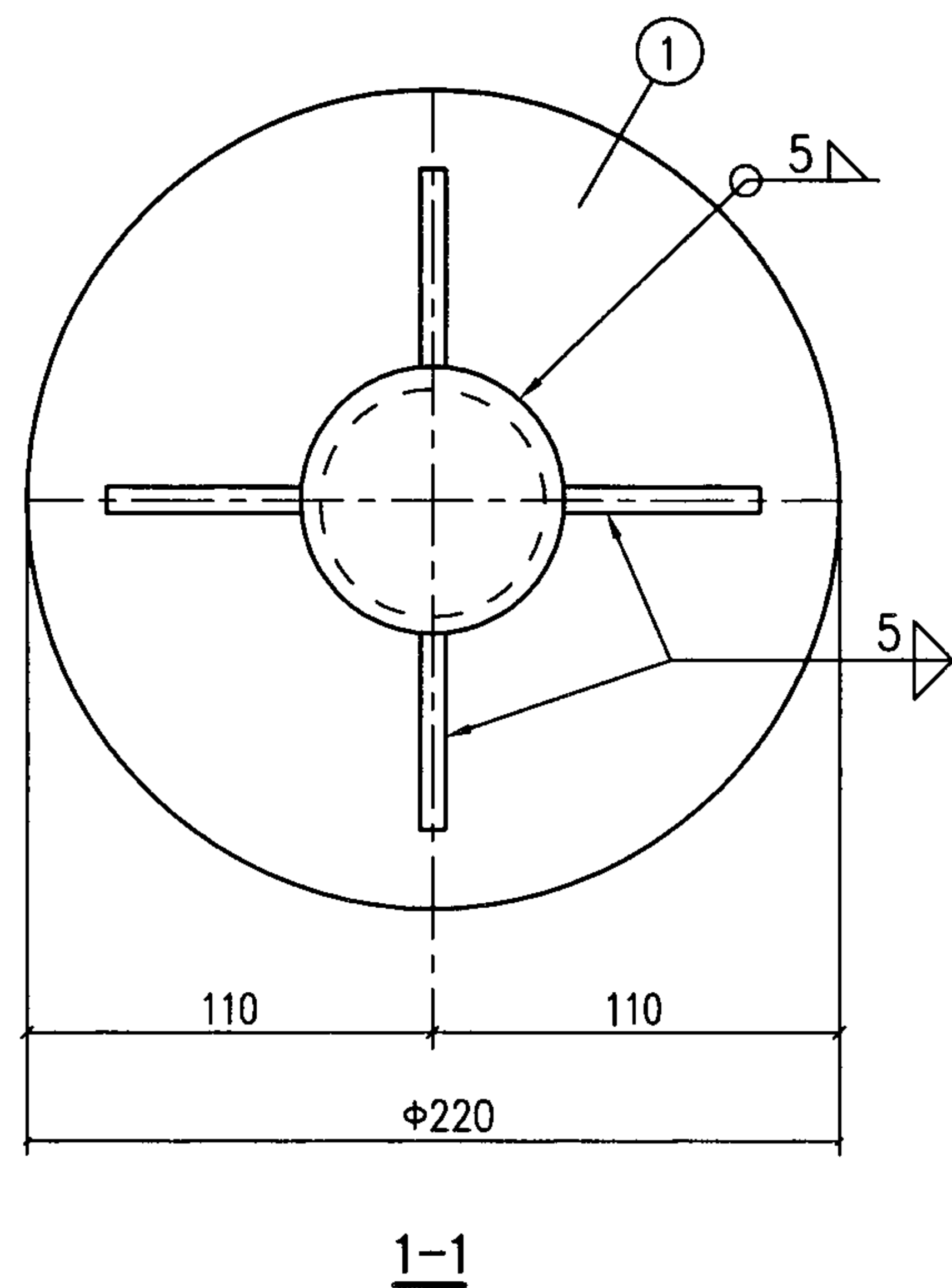




螺栓球网架支托节点



焊接球网架支托节点



编者提示：

- 1 支托圆盘要平整，与立管焊接要垂直，两者圆心要力求重合。支托板根据屋面板板型也可采用方形板。
- 2 加肋板的布置要均匀、垂直。
- 3 $h=60\sim 600\text{mm}$ ，由具体工程排水坡度决定确切尺寸。
- 4 当 $h\geq 600\text{mm}$ 时，应考虑支托立杆的稳定性。
- 5 螺栓球与支托可采用焊接，但需在工厂焊接。

网架结构设计示例一

一 工程概况

某中学体育馆，建筑平面总长58.5m，宽45.0m，底层作为风雨操场使用，二层为篮、排球比赛场，二层以上两侧设斜板看台夹层。其看台结构平面布置及建筑剖面见下图。体育馆下层采用现浇钢筋混凝土框架结构。屋盖采用钢网架结构，平面尺寸52.8m×42.0m，四周悬挑5m。屋面为轻型屋面。

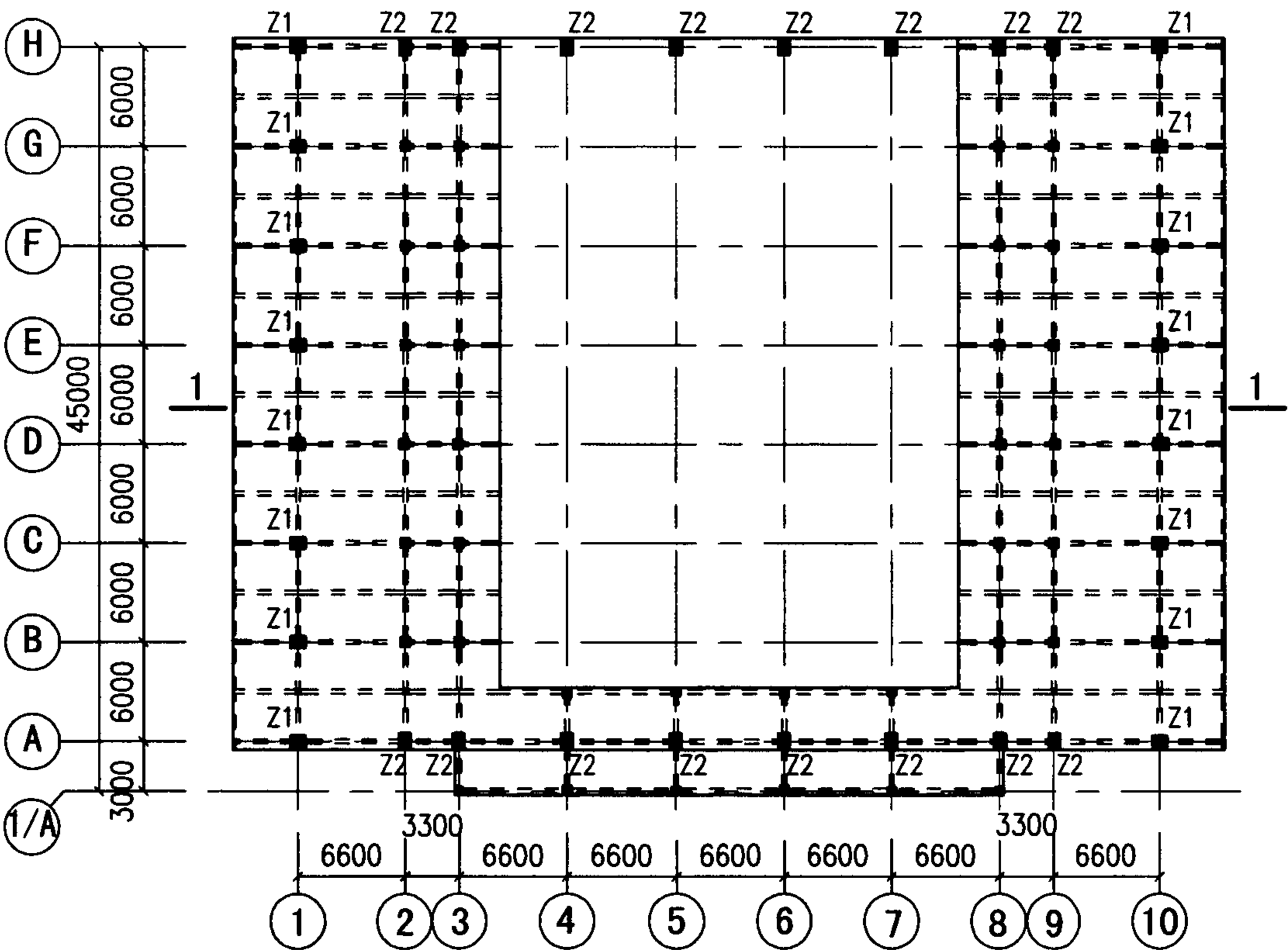
二 网架结构选型

- 1 网架形式：对于平面形状为矩形的周边多点支承网架，可选用的网架形式有正放四角锥网架、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、两向正交正放网架等。但是对于本工程，正放四角锥网架和两向正交正放网架更适合。
- 2 节点形式：本工程网架采用螺栓球节点和焊接球设计均可，设计选用焊接球节点。
- 3 支承形式：由于四周悬挑，网架应采用下弦支承，支座直接在柱头上。
- 4 网格尺寸：对应下部结构柱距，网格尺寸采用3.3m×3.0m。
- 5 网架高度和起坡方式：网架高度为2.6m，约相当短跨的1/16。

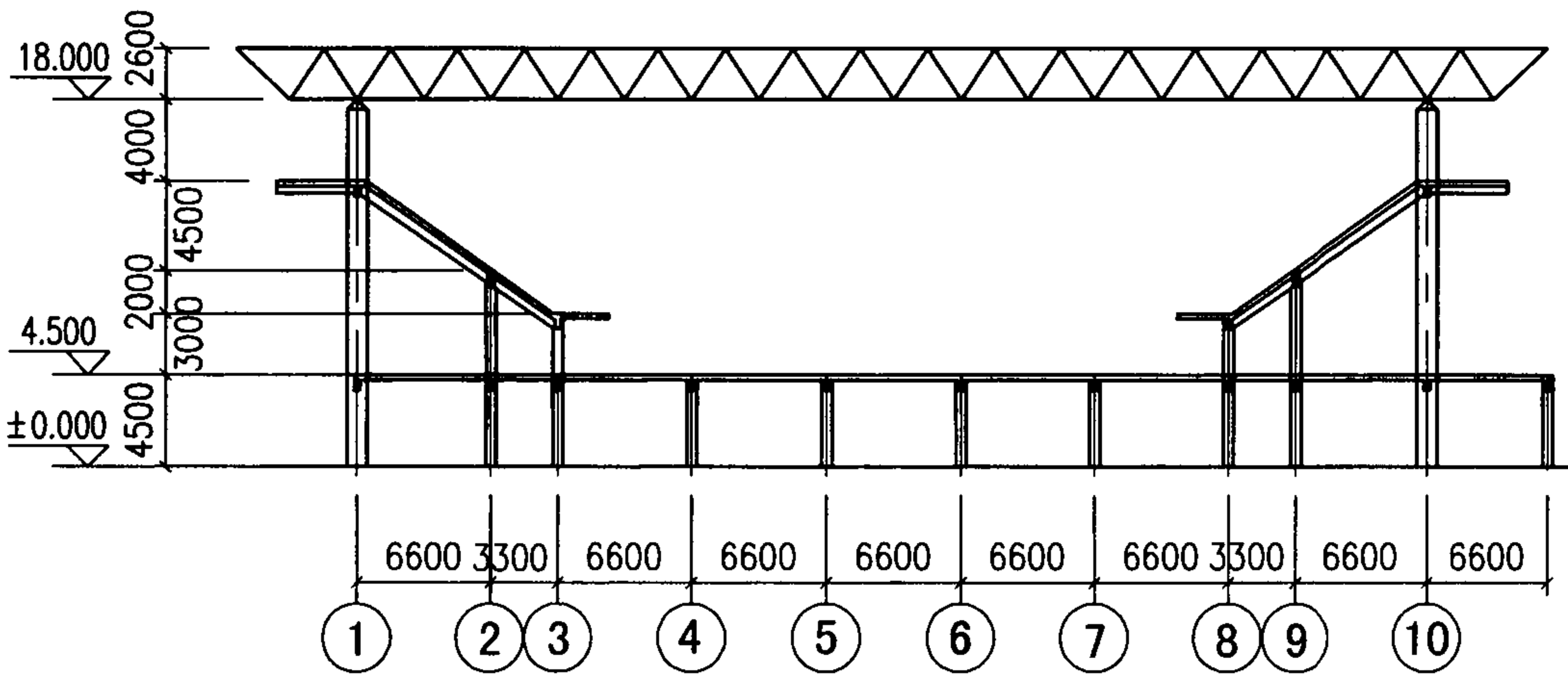
因本工程为内排水，采用小立柱找坡。本工程如采用网架直接找坡也是可行的。

三 基本设计参数

见网架设计说明。



看台结构平面布置图



1-1 建筑剖面图

示例一	工程概况、网架结构选型	图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页 26

网架设计说明

一 设计依据

- 1 本工程已批准的初步设计及建筑、设备等有关专业提供的技术条件。
- 2 本工程结构设计使用年限50年，建筑结构安全等级为二级。
- 3 抗震设防烈度为7度，设计基本地震加速度为0.10g，设计地震分组为第一组。场地类别为Ⅱ类。建筑抗震设防类别为丙类。
- 4 设计基准期为50年的基本风压值为0.30kN/m²，地面粗糙度为B类，基本雪压为0.10kN/m²。
- 5 荷载标准值

(1)屋面恒载：

上弦（不含网架自重） 0.50KN/m²
下弦 0.20KN/m²

(2)屋面活载：

上弦 0.50KN/m²

所有荷载必须作用在网架上、下弦节点上。

(3) 温度变化 ±20℃

6 结构设计规范和规程

《钢结构设计规范》	GB 50017-2003
《冷弯薄壁型钢结构技术规范》	GB 50018-2002
《钢结构工程施工质量验收规范》	GB 50205-2001
《建筑结构荷载规范》	GB 50009-2001 (2006年版)
《建筑抗震设计规范》	GB 50011-2001
《网架结构工程质量检验评定标准》	JGJ 78-91
《建筑钢结构焊接技术规程》	JGJ 81-2002
《网架结构设计与施工规程》*	JGJ 7-91

《钢网架焊接球节点》* JG/T 11-99

（编者提示：本工程参考了*标注的修编中的新版规程及行业标准进行设计。）

二 工程概况

本工程网架跨度42m，柱距6.6m，下弦支承。焊接球节点，正放四角锥网架，厚度2.6m，网格尺寸3.3m×3.0m。

三 本网架结构采用xxxx编制的xxxx软件进行计算并设计。

四 材料

- 1 钢管采用Q235B钢，可采用焊接钢管(GB/T 3092)或无缝钢管(GB/T 8162)。
 - 2 焊接空心球采用Q235B钢。
 - 3 网架支座所有部件均采用Q235B钢。
 - 4 网架支托及其连接件均采用Q235B钢。
 - 5 上述钢号应有材料的质量证明及复验报告，符合现行国家标准的要求。
 - 6 屋面主檩采用Q235钢制成的高频焊接薄壁H型钢。
 - 7 普通螺栓采用符合现行国家标准要求的Q235钢制造的C级粗制螺栓，性能等级4.8级。
 - 8 焊接用的焊条及焊丝应符合现行国家标准的有关技术要求。Q235B钢之间的焊接采用E43系列焊条。
 - 9 本设计中网架支座采用的板式橡胶支座，胶料为氯丁橡胶，胶料的物理、机械性能见现行的《网架结构设计与施工规程》JGJ 7-91。
- 五 制作与安装要求
- 1 焊接
 - (1) 钢管与空心球的焊接，焊缝要求饱满，不得有夹渣、未焊透、气孔、咬肉等缺陷。
 - (2) 钢管与空心球连接焊缝、空心球对接焊缝，应符合现行国家标准GB 50205-2001规定的二级质量检验标准的要求，其他焊缝符合三级质量检验标准的要求。

示例一	网架设计说明				图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页	27		

- (3) 每道焊缝应打上焊接者和检查者编号钢印, 焊接者应有考试合格证明。
- (4) 图中未注明的焊缝, 焊脚尺寸为6mm, 沿部件搭接全长满焊。
- (5) 钢管与空心球连接, 当钢管壁厚 $<5\text{mm}$ 时可采用角焊缝直接连接, 并等强焊接。当钢管壁厚 $\geq 5\text{mm}$ 时, 在钢管端部作 30° 的坡口, 并增设短衬管和采用完全焊透的对接焊缝连接, 见图1。当钢管壁厚 $\geq 8\text{mm}$ 时, 除对接焊缝外, 还采用部分角焊缝予以加强, 见图2。
- (6) 焊接空心球由两个半球焊接而成, 见图3。
- 2 网架支座预埋件施工时应采取措施, 保证预埋件的位置、标高及平整度的准确。
- 3 为确保网架安装顺利, 应有详细施工的组织设计。
- 4 屋面排水坡度见建筑平面图, 网架采用小立柱找坡(当支托大于 600mm , 宜设置双向稳定撑杆); 网架支托及小立柱的设计, 由网架施工单位负责, 材料统计中未考虑其重量。
- 5 水、暖、电等专业管线及桥架穿过网架处, 应根据专业走向在网架节点球上预焊钢板或型钢, 作为固定管线的连接件, 不得固定在网架杆件上。待以上工作完成后, 方可安装网架, 安装完毕后, 不允许在网架钢球及杆件上直接施焊。

六 防腐、防火要求

- 1 所有钢管两端均应封闭, 若未封闭需设封板, 以防管内锈蚀。
- 2 制作完的构件应采用喷射除锈, 使钢材表面露出部分金属光泽, 除锈等级应不低于 $\text{Sa}2\frac{1}{2}$ 级, 除锈质量应符合GB 8923的有关要求。
- 3 除锈后立即涂环氧富锌底漆, 中间漆采用环氧云铁中间漆, 面漆采用氯化橡胶面漆, 颜色由建筑师确定。涂层干漆膜的总厚度: 室外部分不小于 $150\mu\text{m}$, 室内部分不小于 $125\mu\text{m}$ 。
- 4 屋盖钢结构所有杆件及球待油漆干燥后表面应喷涂防火涂料, 面漆与防火涂料应匹配。涂层厚度按消防安全部门批准的产品说明书选用, 并有耐老化不小于30年及抗疲劳性能的保证。防火要求详见建筑要求。

七 其他

- 1 网架结构的吊装, 应符合网架计算假定, 如不符应进行网架吊装验算。

- 2 网架详图、杆件关系尺寸由网架施工承包方提出, 经设计院认可后方可施工。
- 3 网架计算最大挠度为 126mm 。

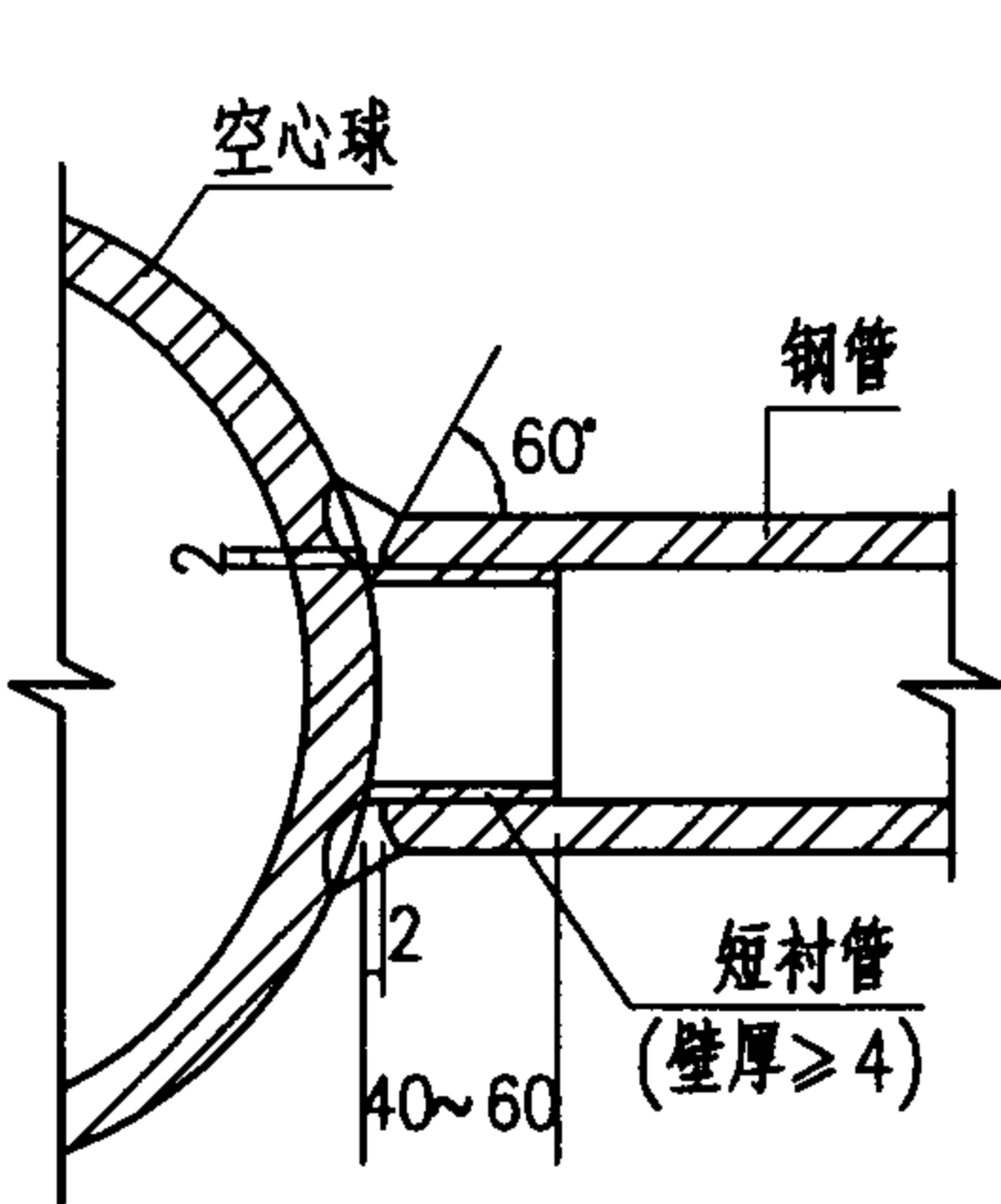


图1

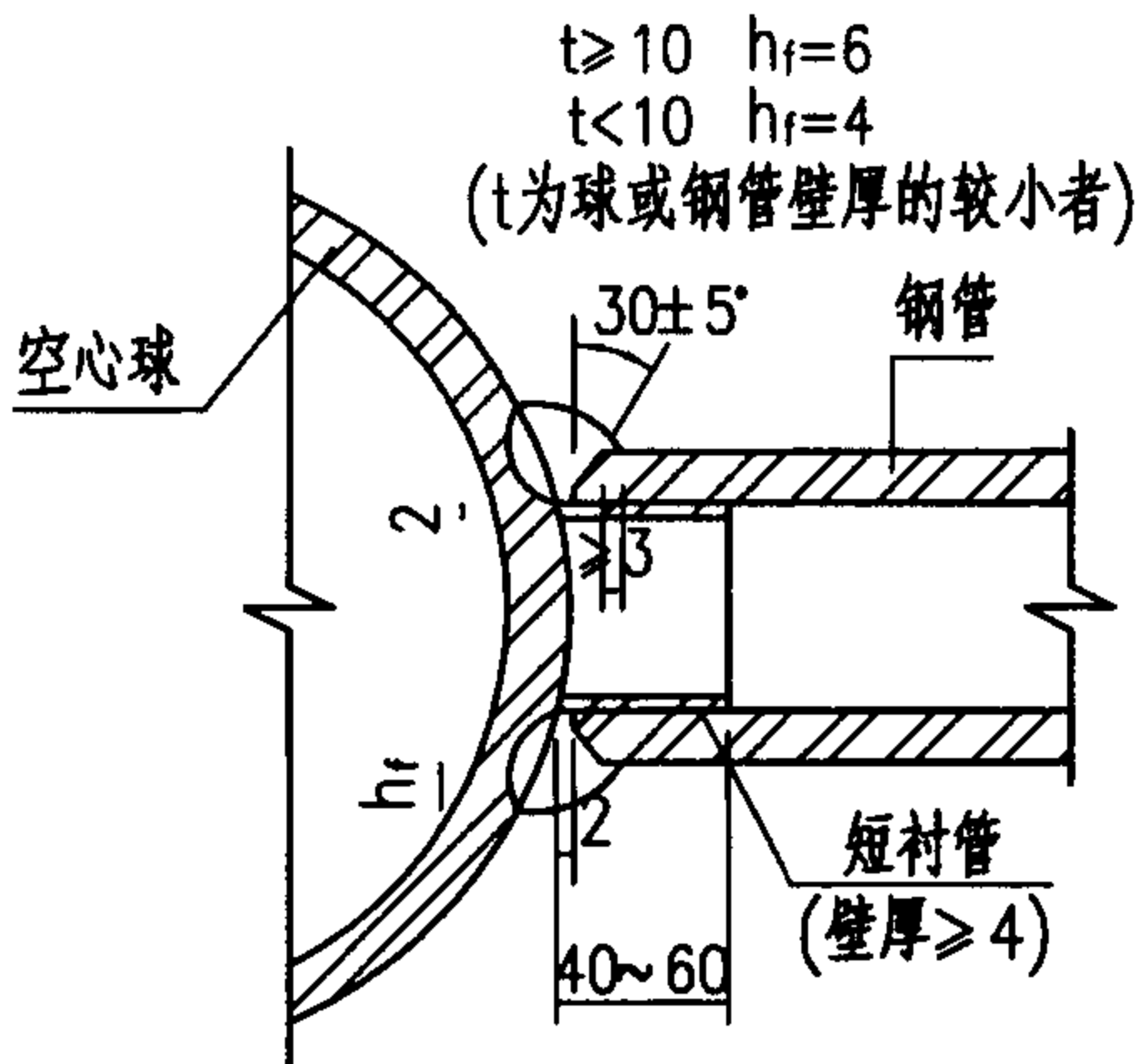


图2

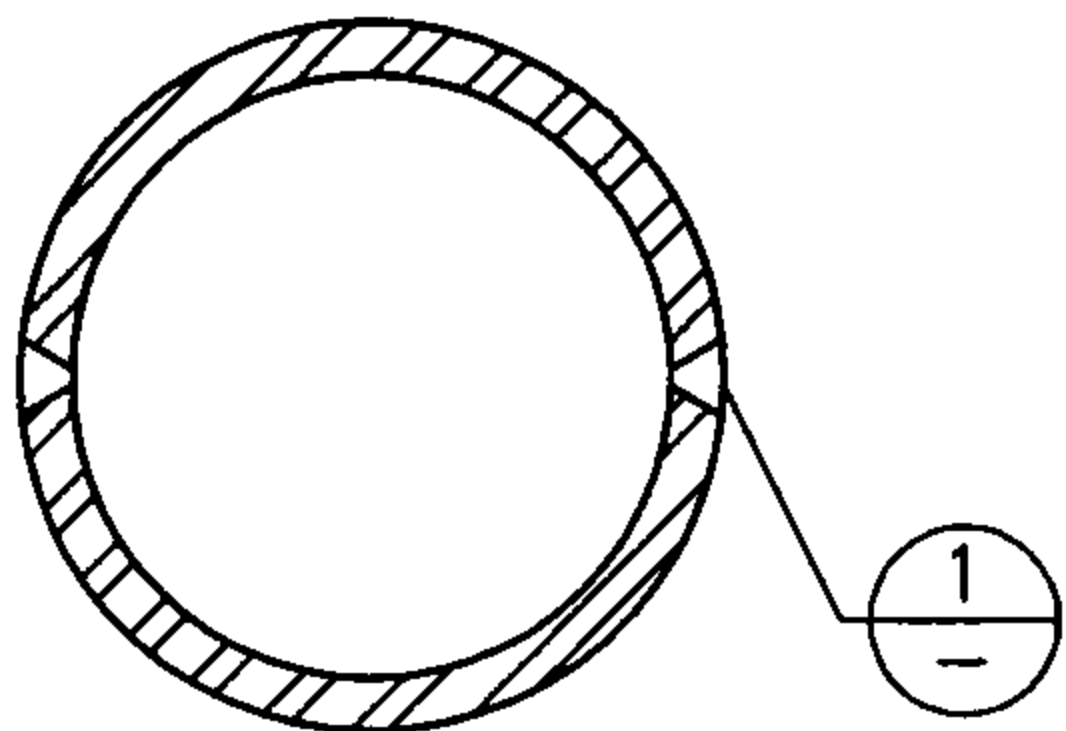
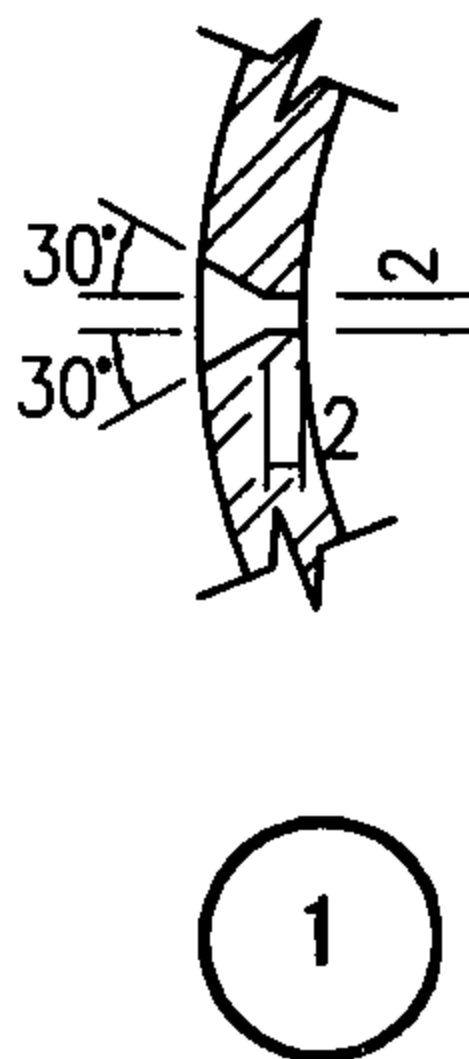
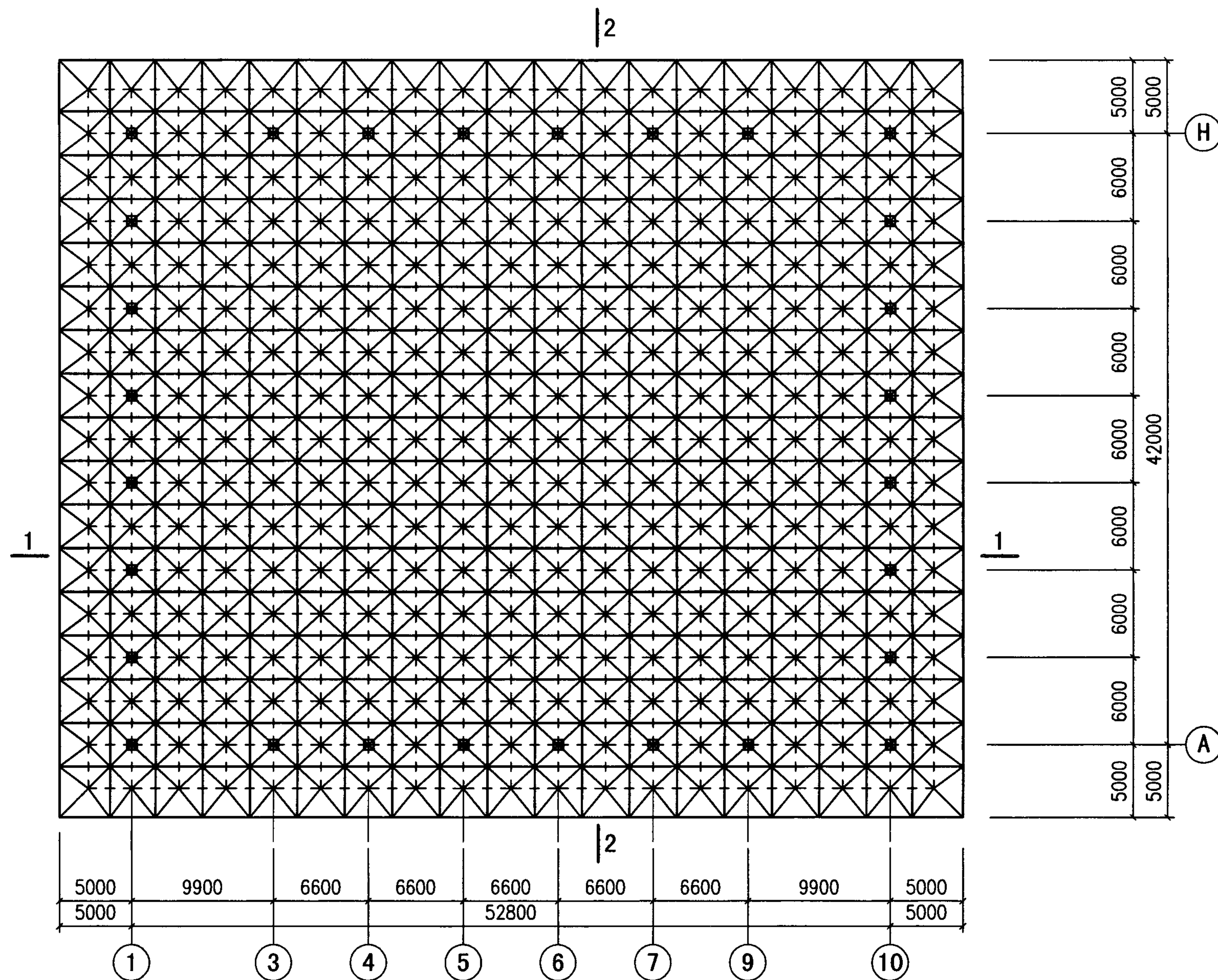
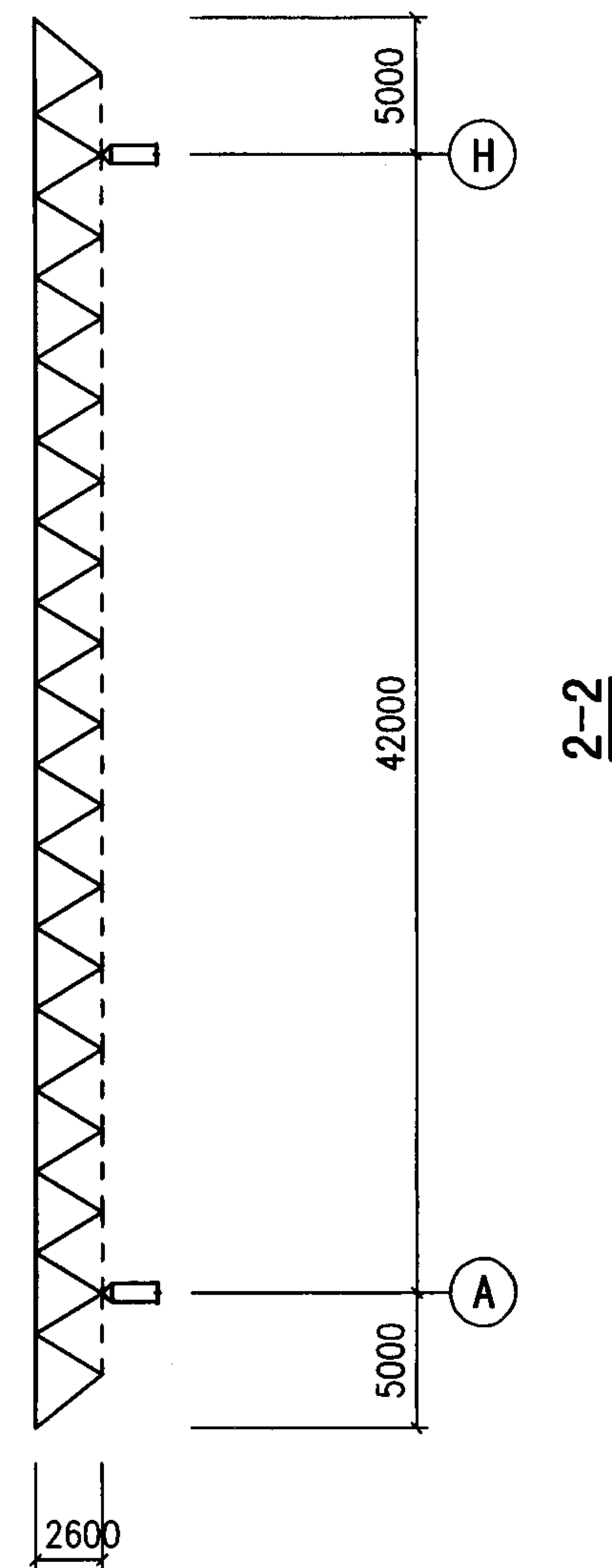
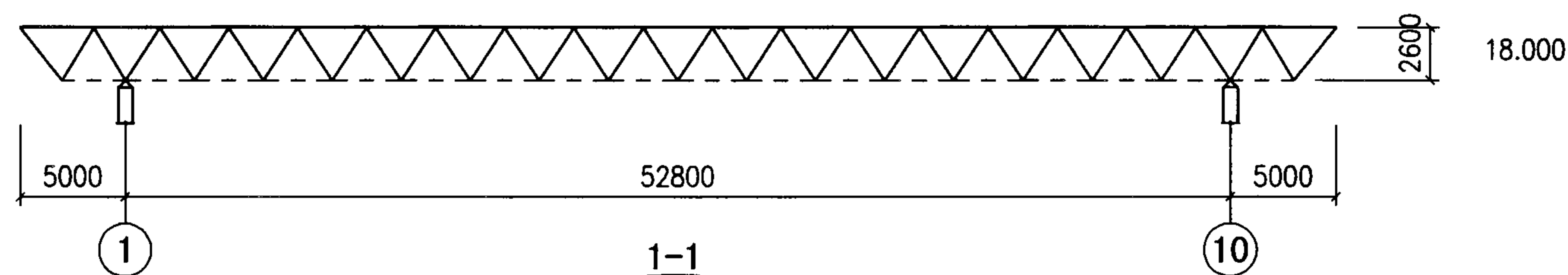


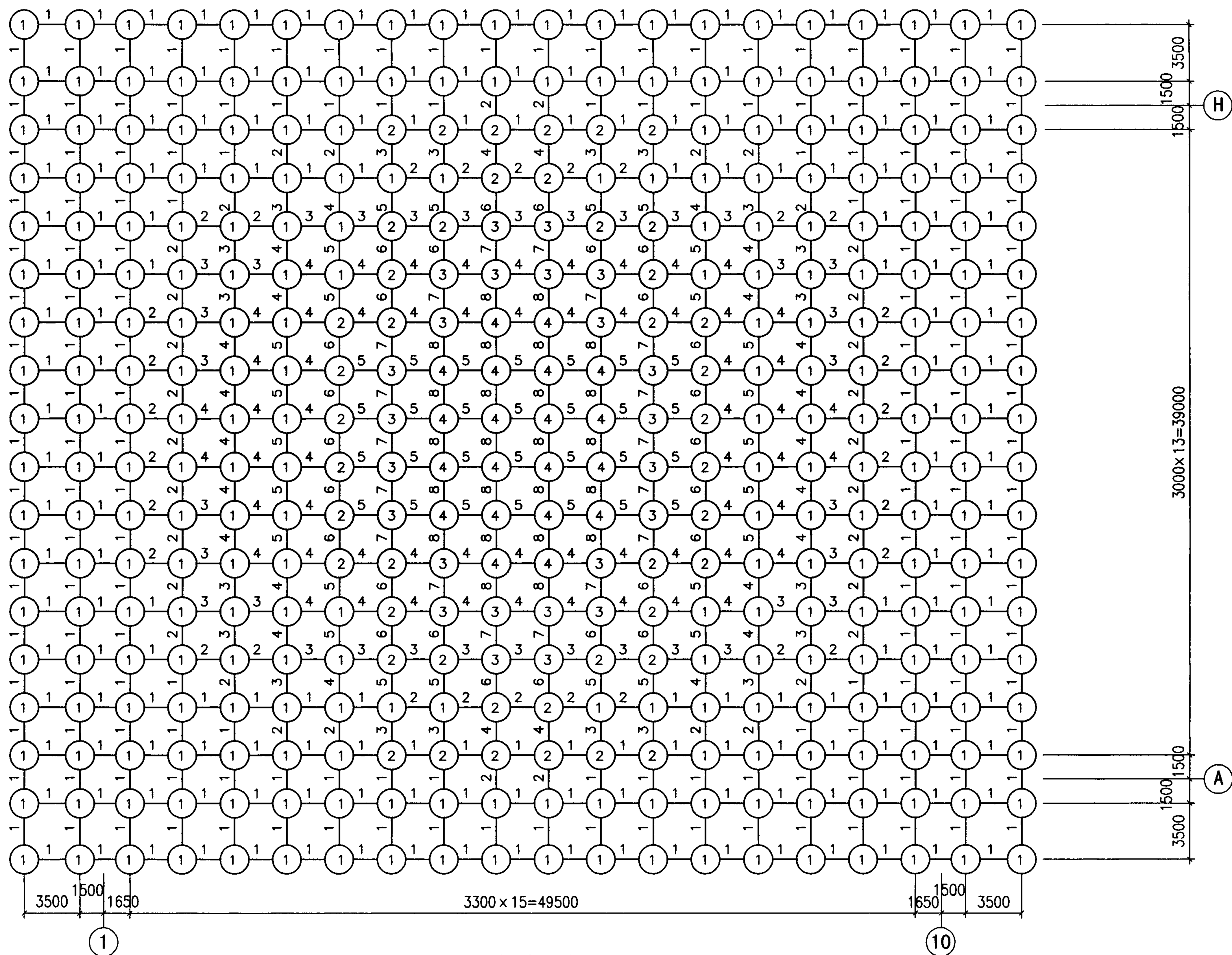
图3





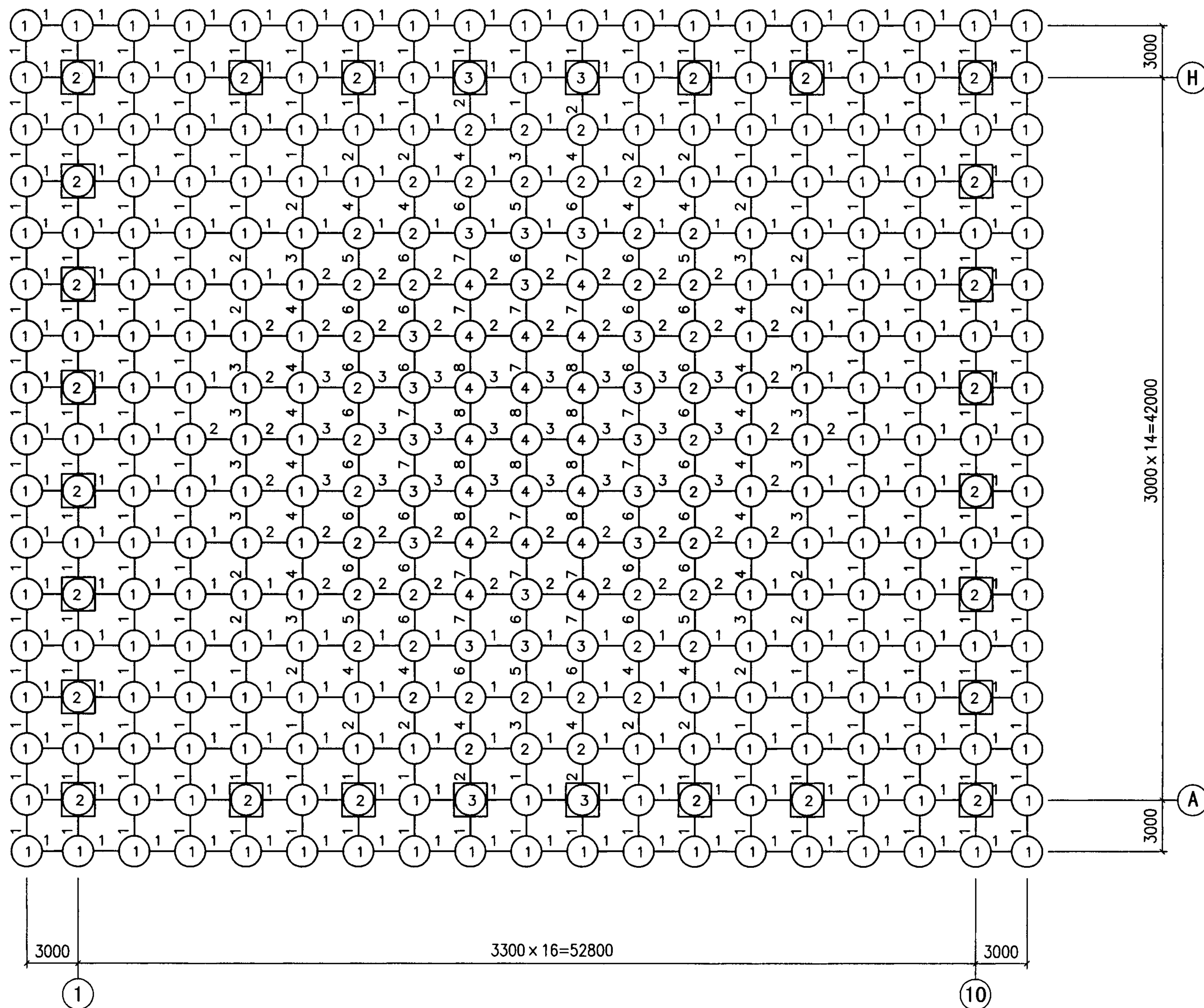
屋盖网架平面布置图





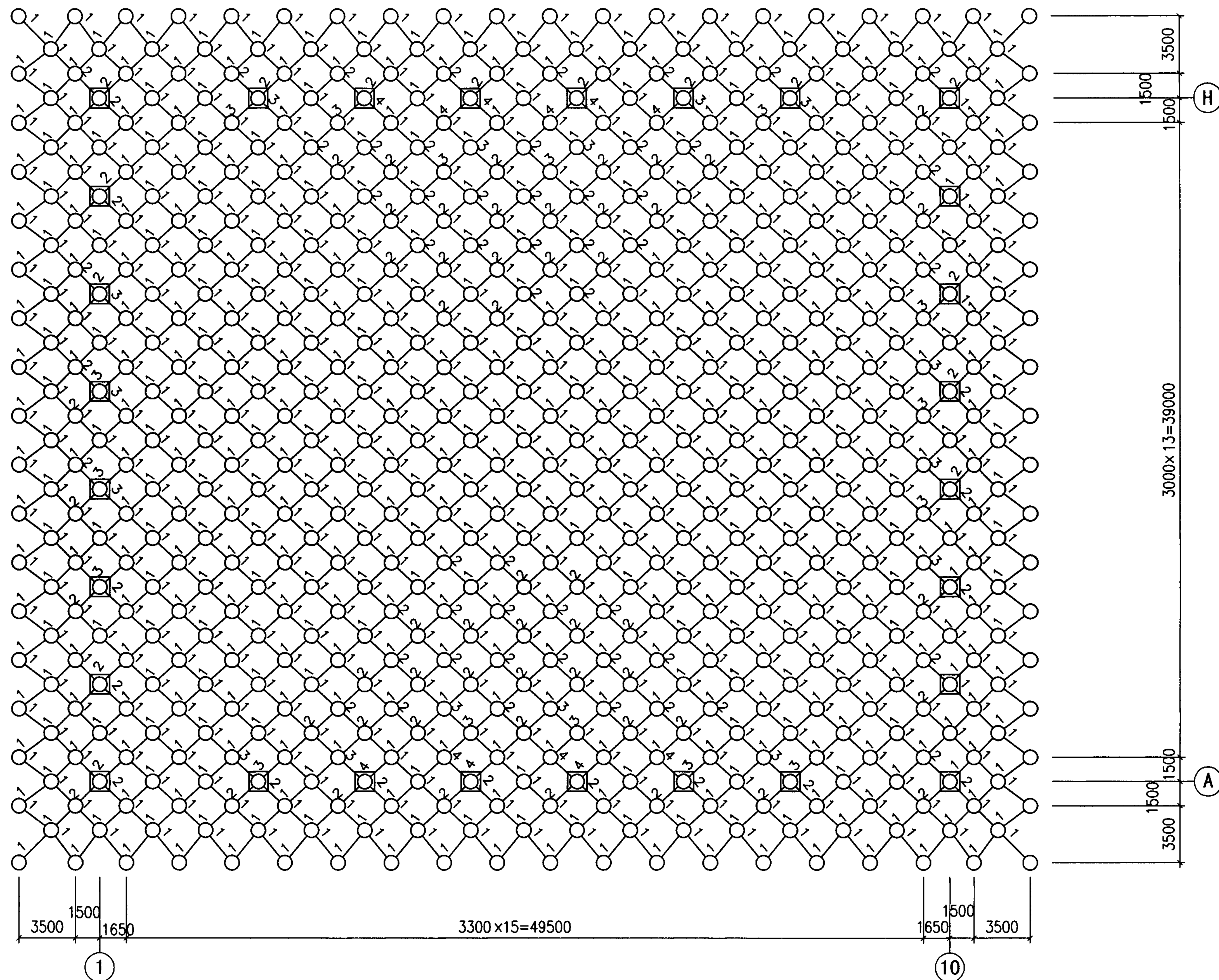
网架上弦杆件、球编号图

示例一	网架上弦杆件、球编号图	图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页 30



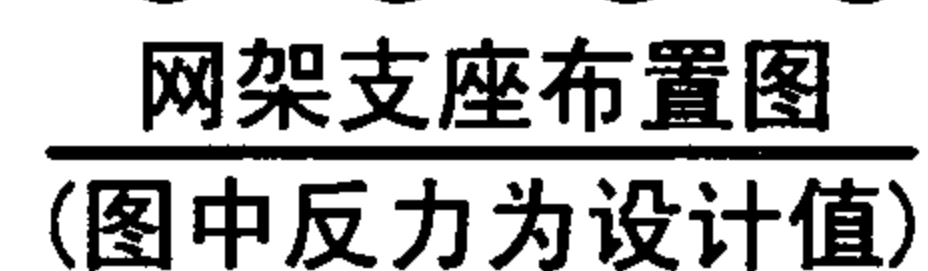
网架下弦杆件、球编号图

示例一	网架下弦杆件、球编号图			图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页	31	



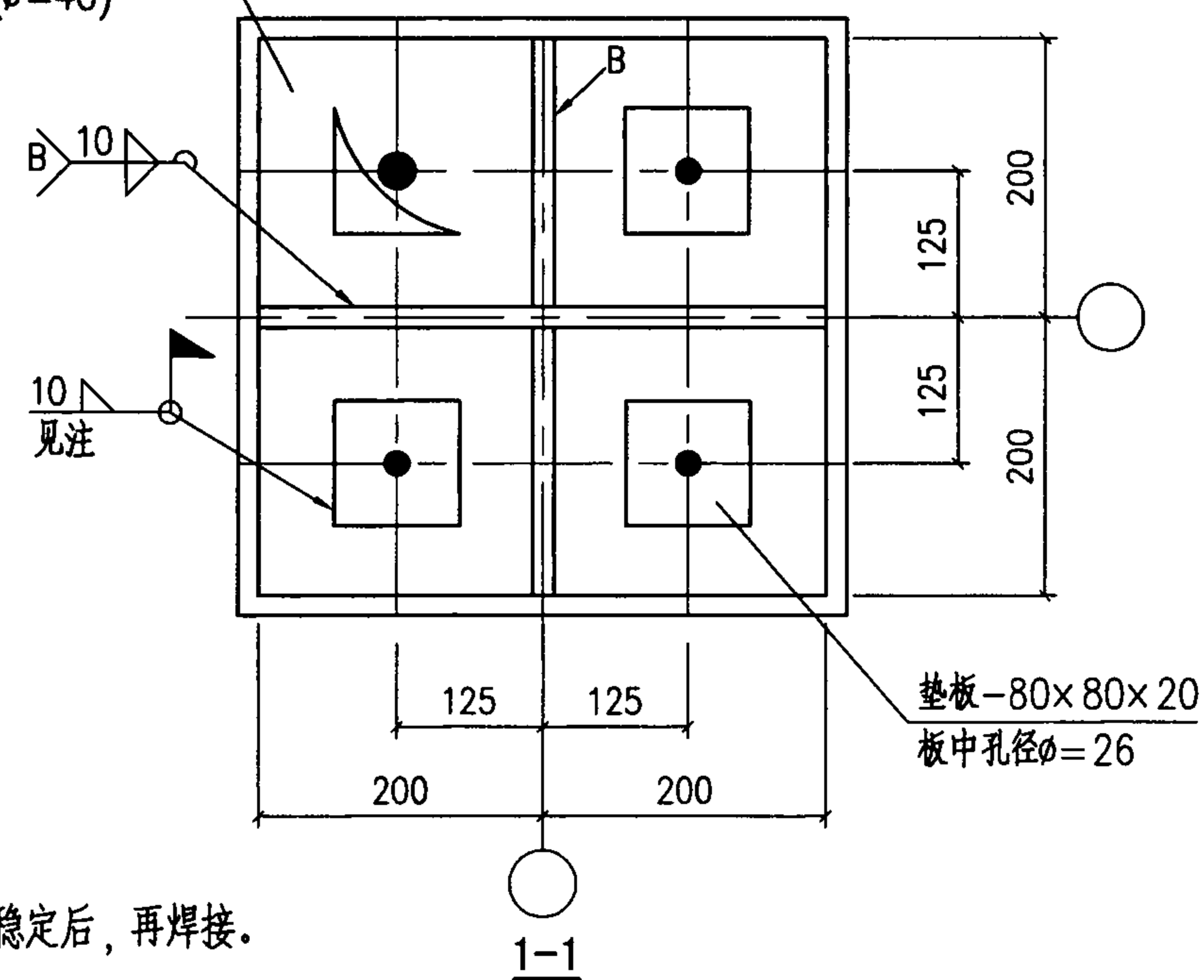
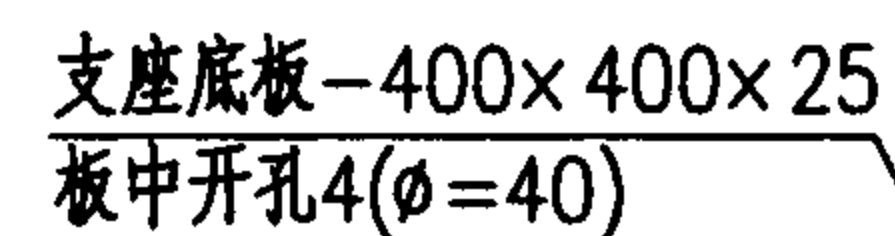
网架腹杆编号图

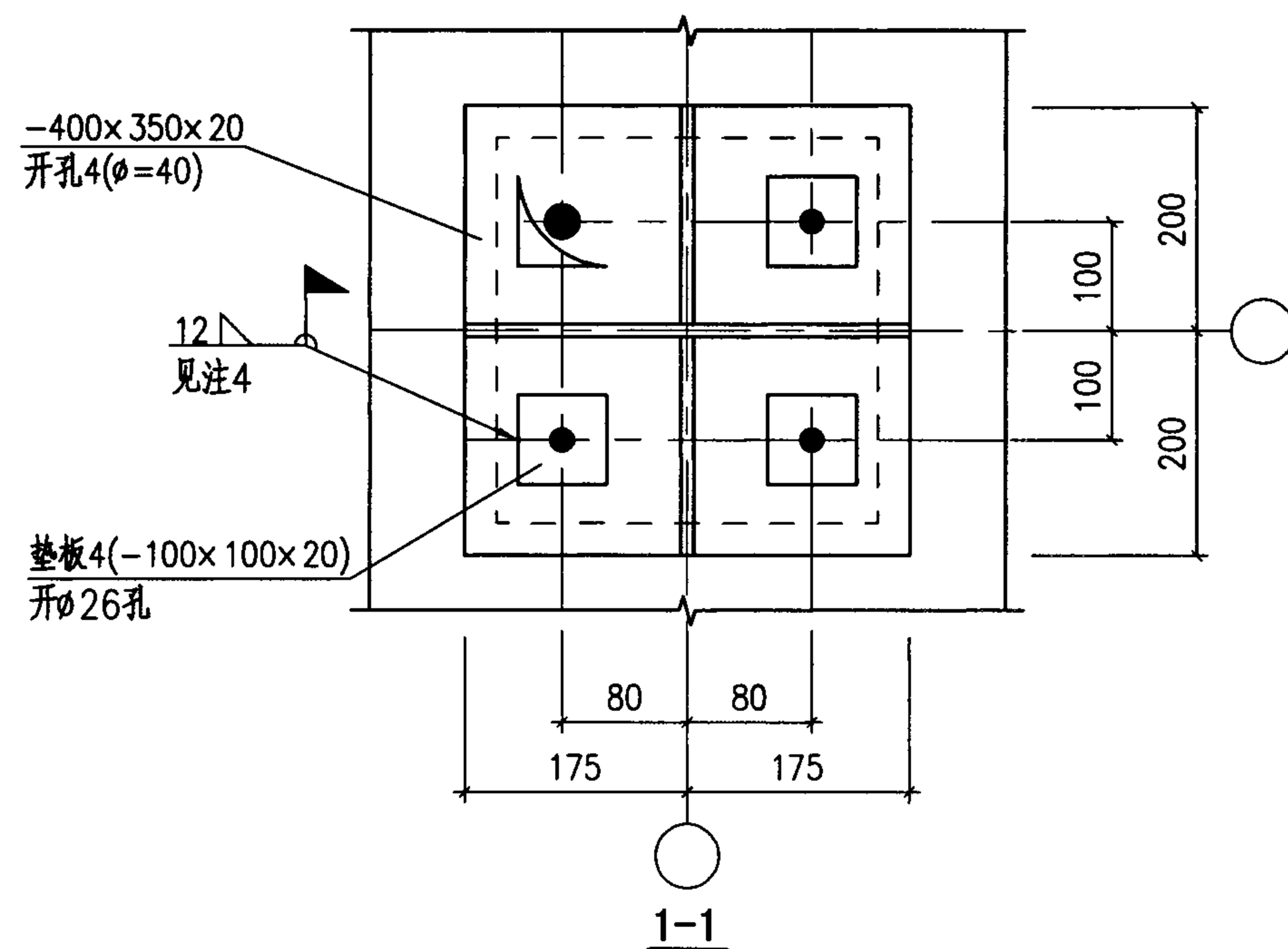
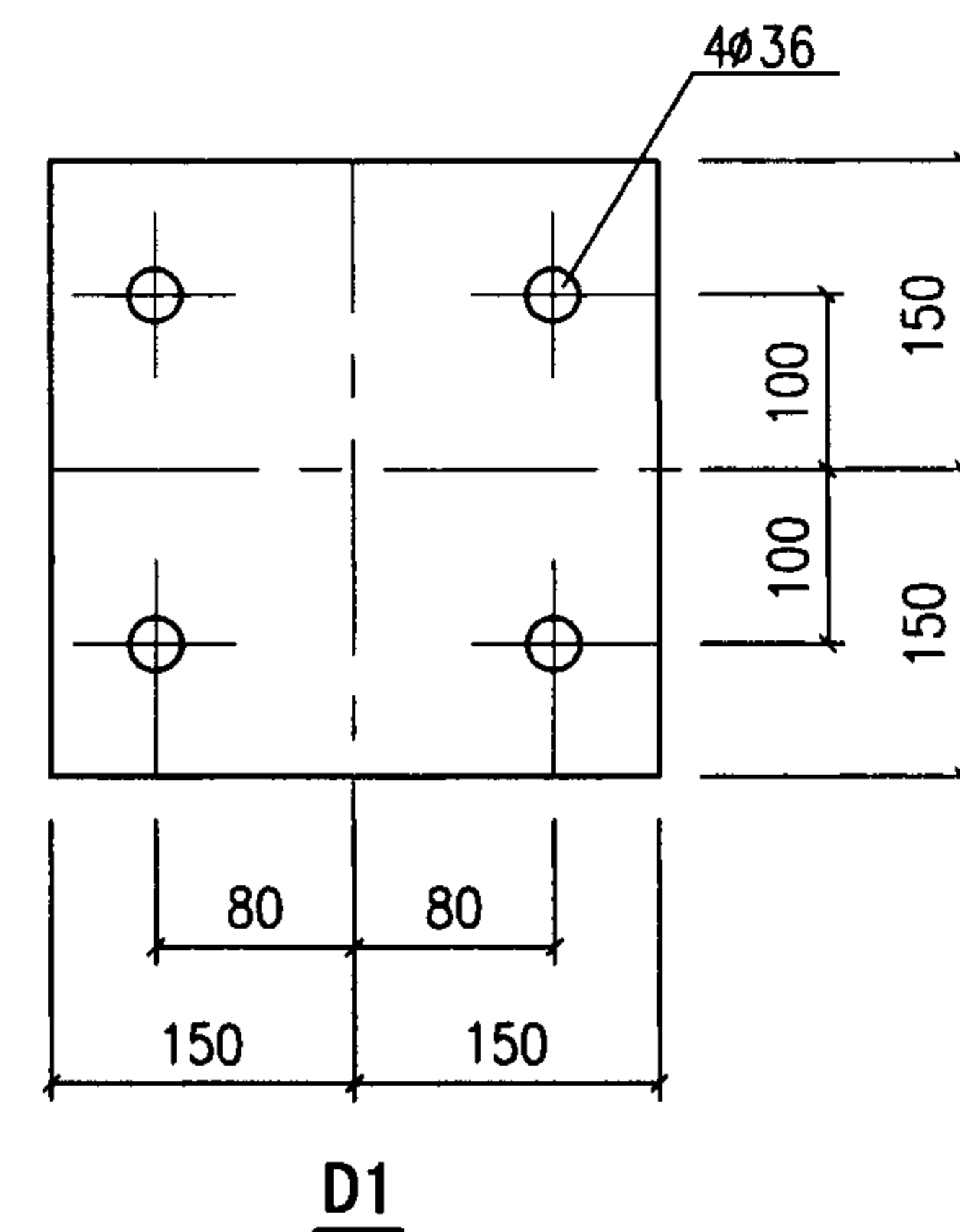
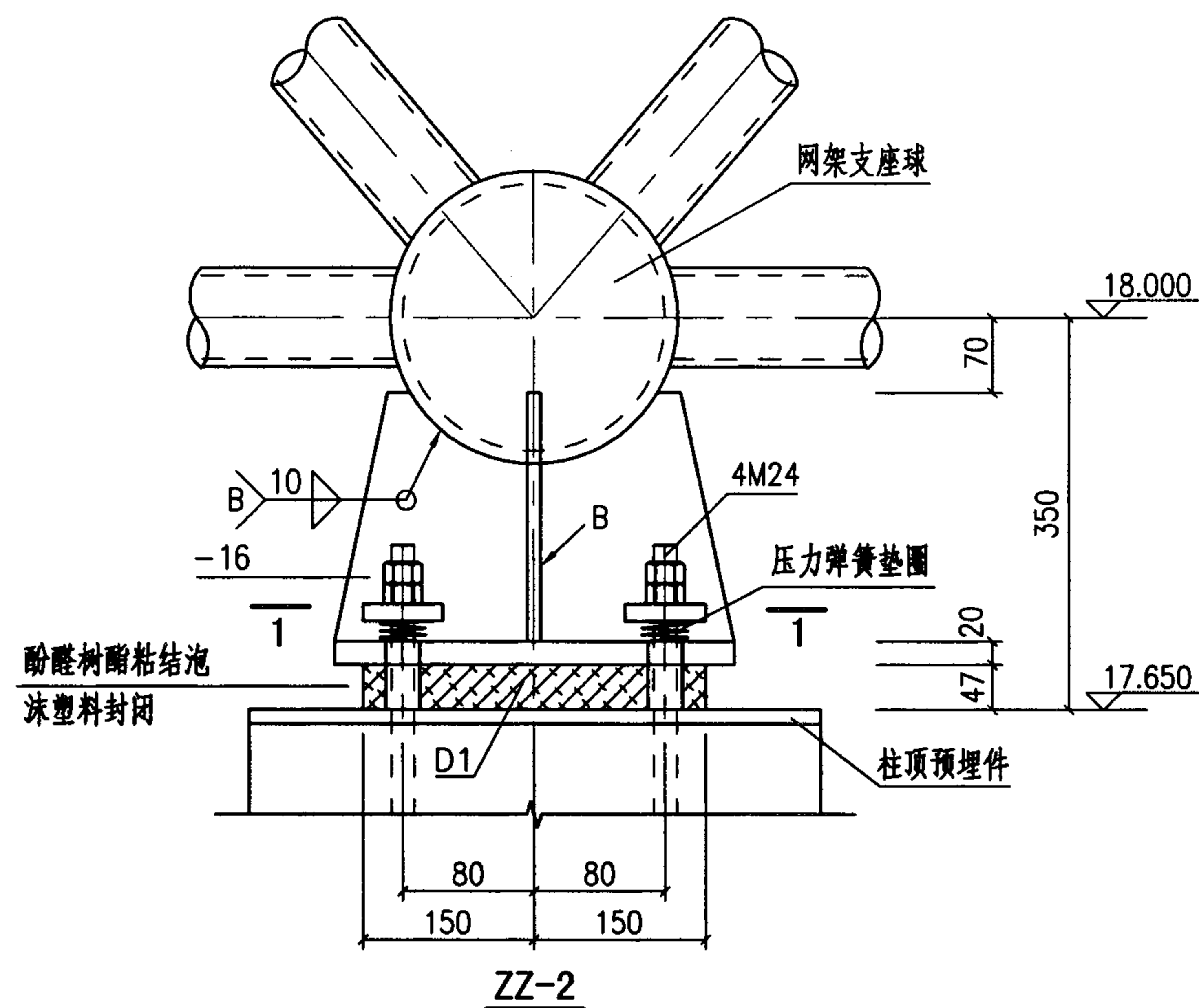
示例一	网架腹杆编号图			图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页	32	



杆件

注：待网架屋面做完、水平位移稳定后，再焊接。





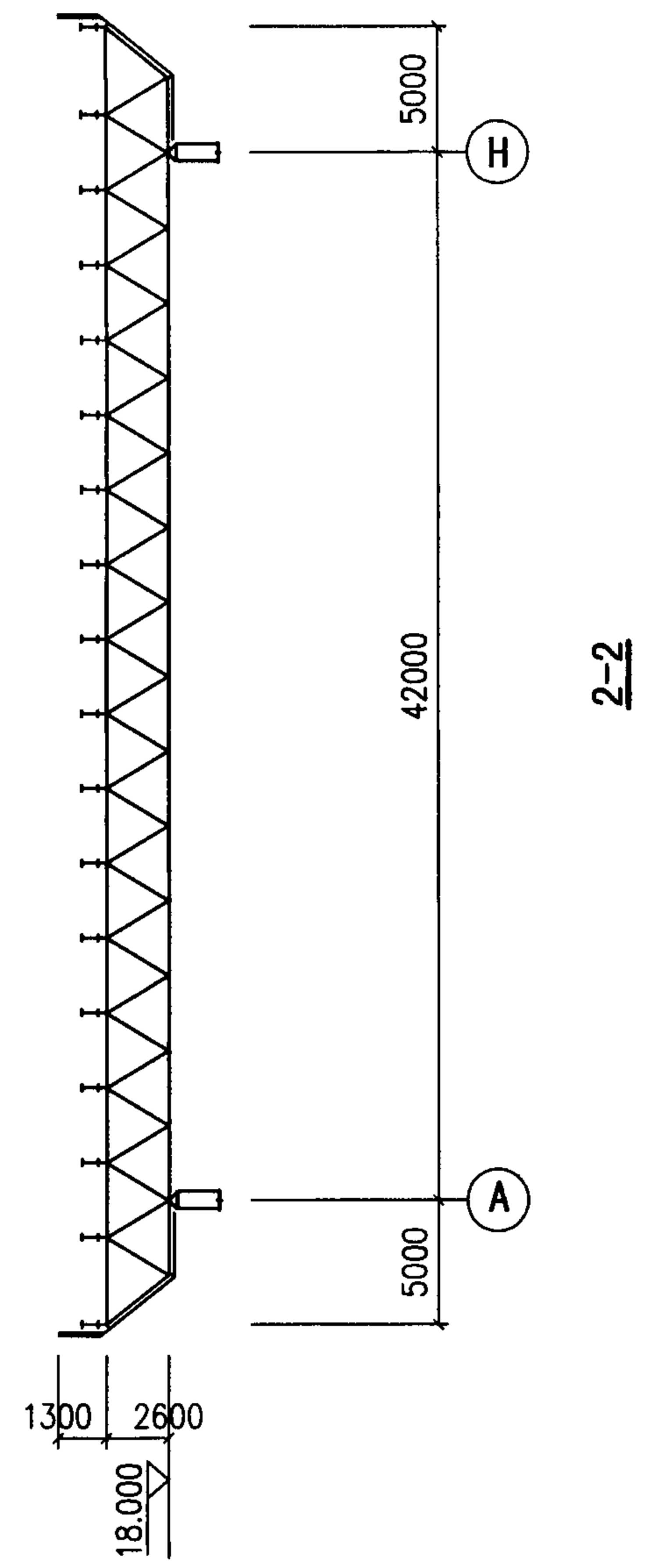
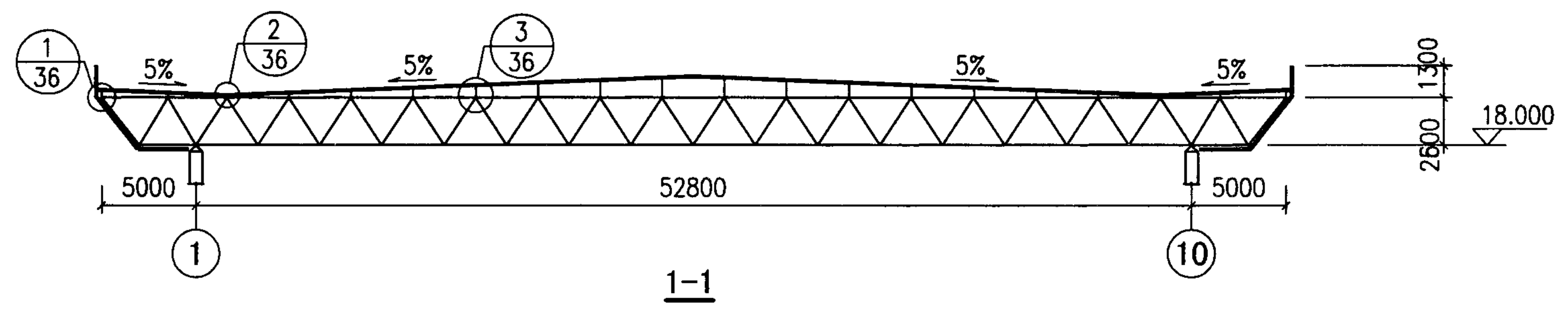
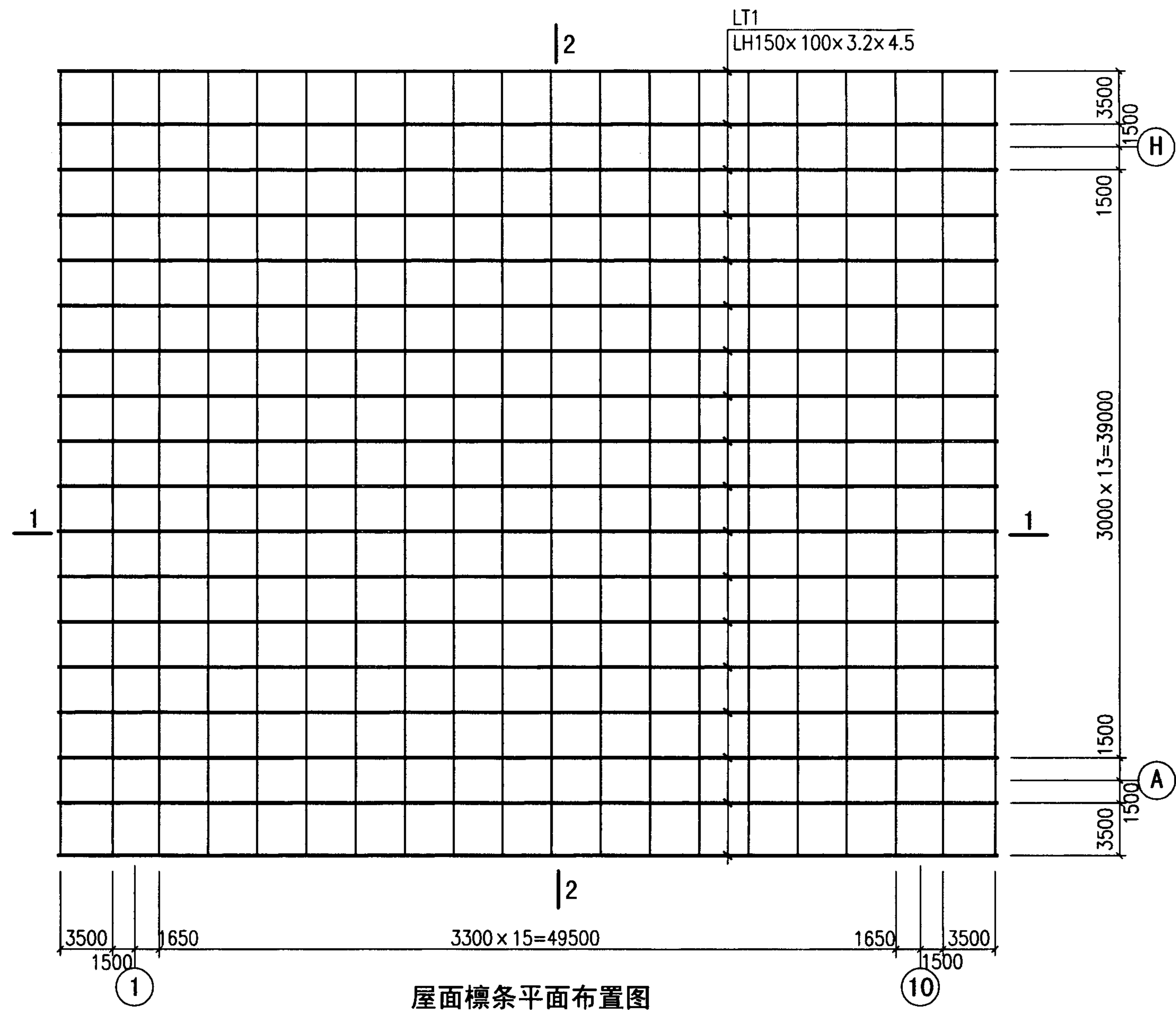
注：1 支座钢管与支座空心球的连接焊缝要求同网架。

2 网架橡胶支座与柱顶锚栓采用双螺母连接，待网架全部安装结束后，将螺纹凿毁或将螺母焊死，以防松动。

3 本设计采用的板式橡胶支座，其胶料采用氯丁橡胶，其物理、机械性能见现行《空间网格结构设计技术规程》。橡胶支座中间薄钢板，采用符合国家标准Q235钢，薄钢板的平面尺寸应比橡胶板每边小5mm，浇筑橡胶前，必须对钢板除锈、去油污。网架支座施工完毕，橡胶层周围用酚醛树脂粘结泡沫塑料封闭。

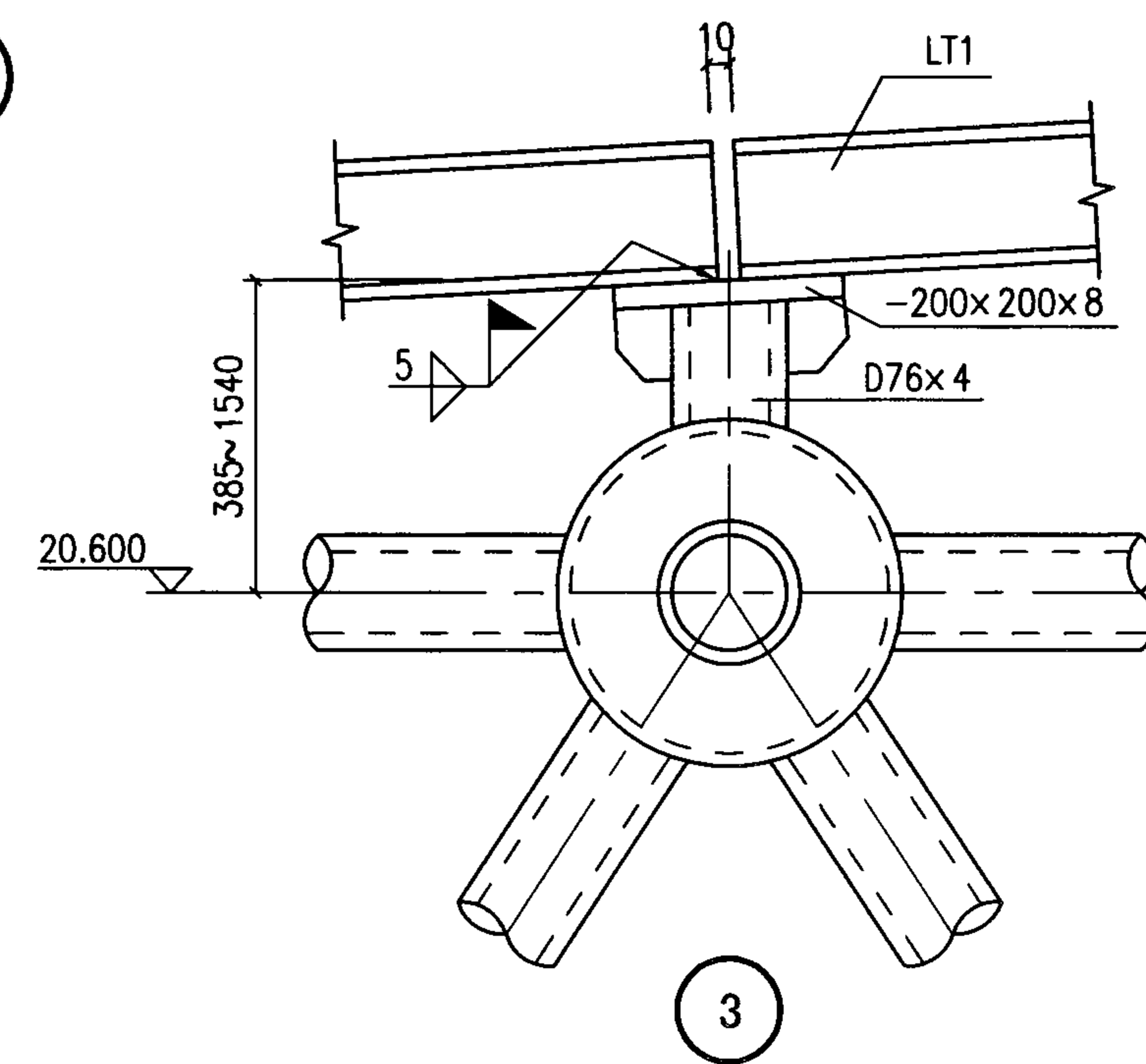
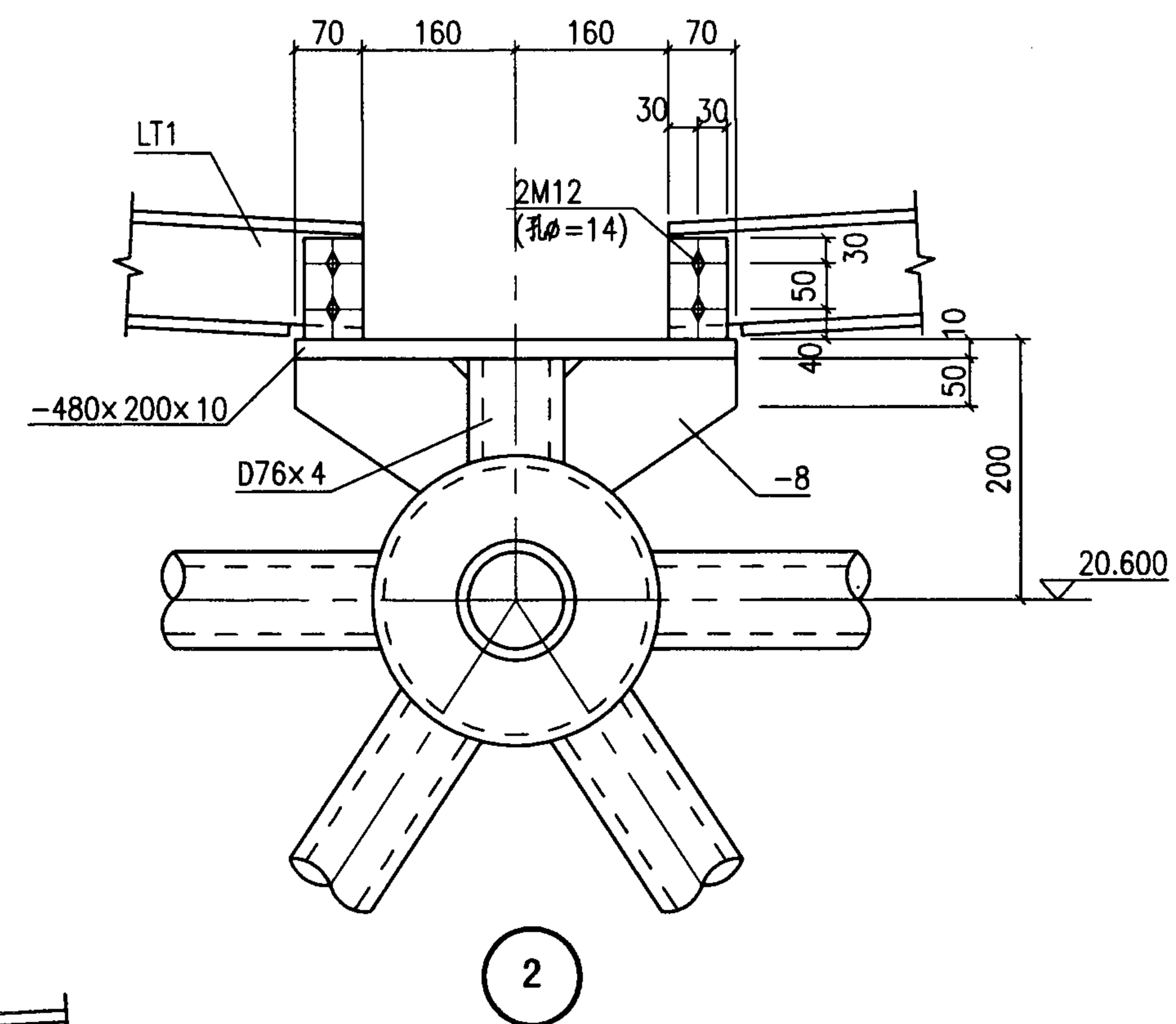
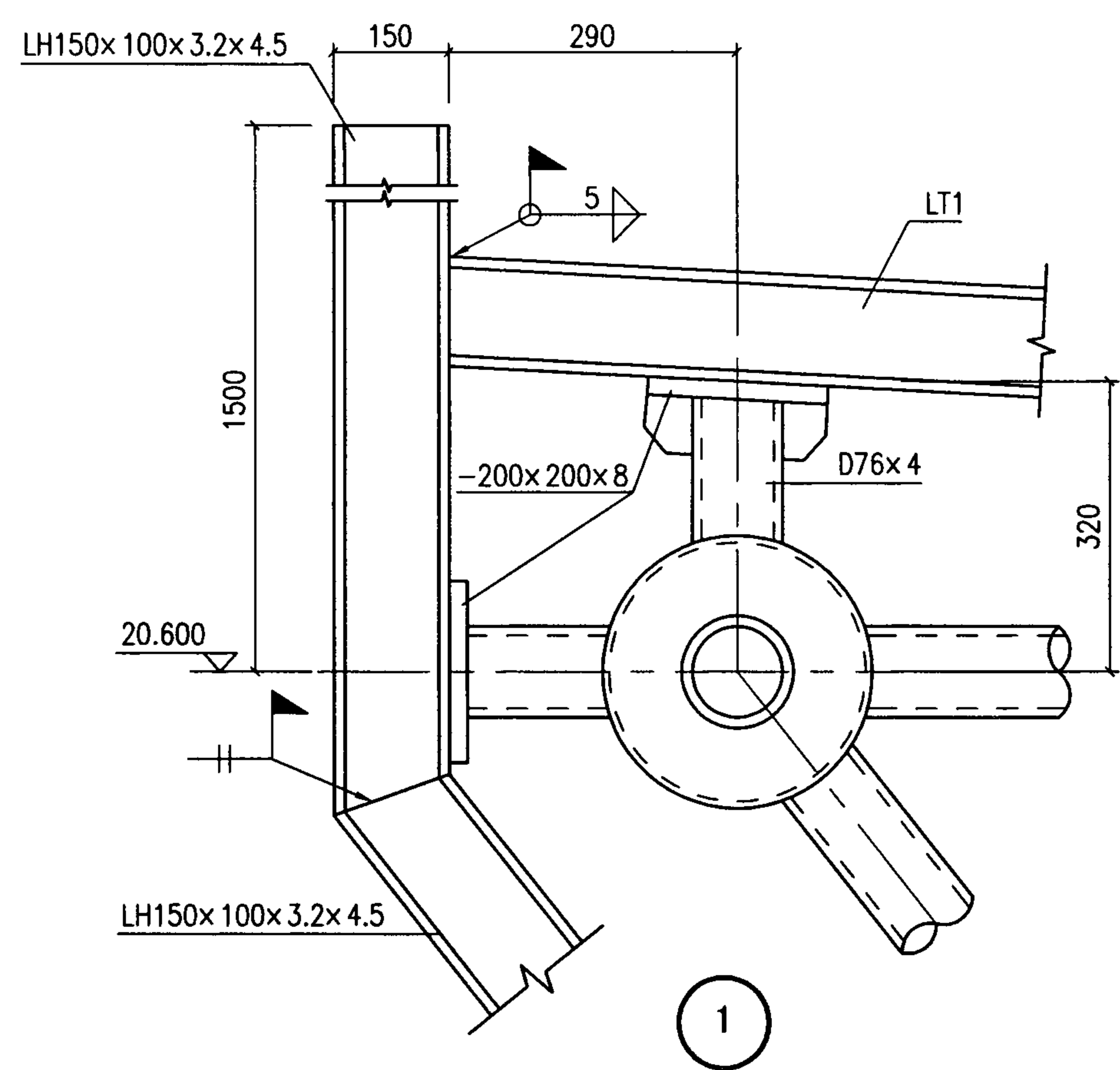
4 待网架安装完毕，支座调整妥当后再焊接。

示例一	网架支座节点详图	图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页 34



注：1 本工程为内排水，屋面为双层压型钢板加玻璃丝棉保温。
屋面坡度5%，采用小立柱找坡。
2 当支托大于600mm，宜设置双向稳定撑杆。

示例一	屋面檩条平面布置图	图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页 35



注：图中未注明焊缝高度 $h_f=5\text{mm}$ 。

编者提示：
根据檩条形式不同，檩条与支托板连接可采用螺栓连接。

示例一	网架支托节点图				图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	宋海妍	页	36	

网架结构设计示例二

一 工程概况

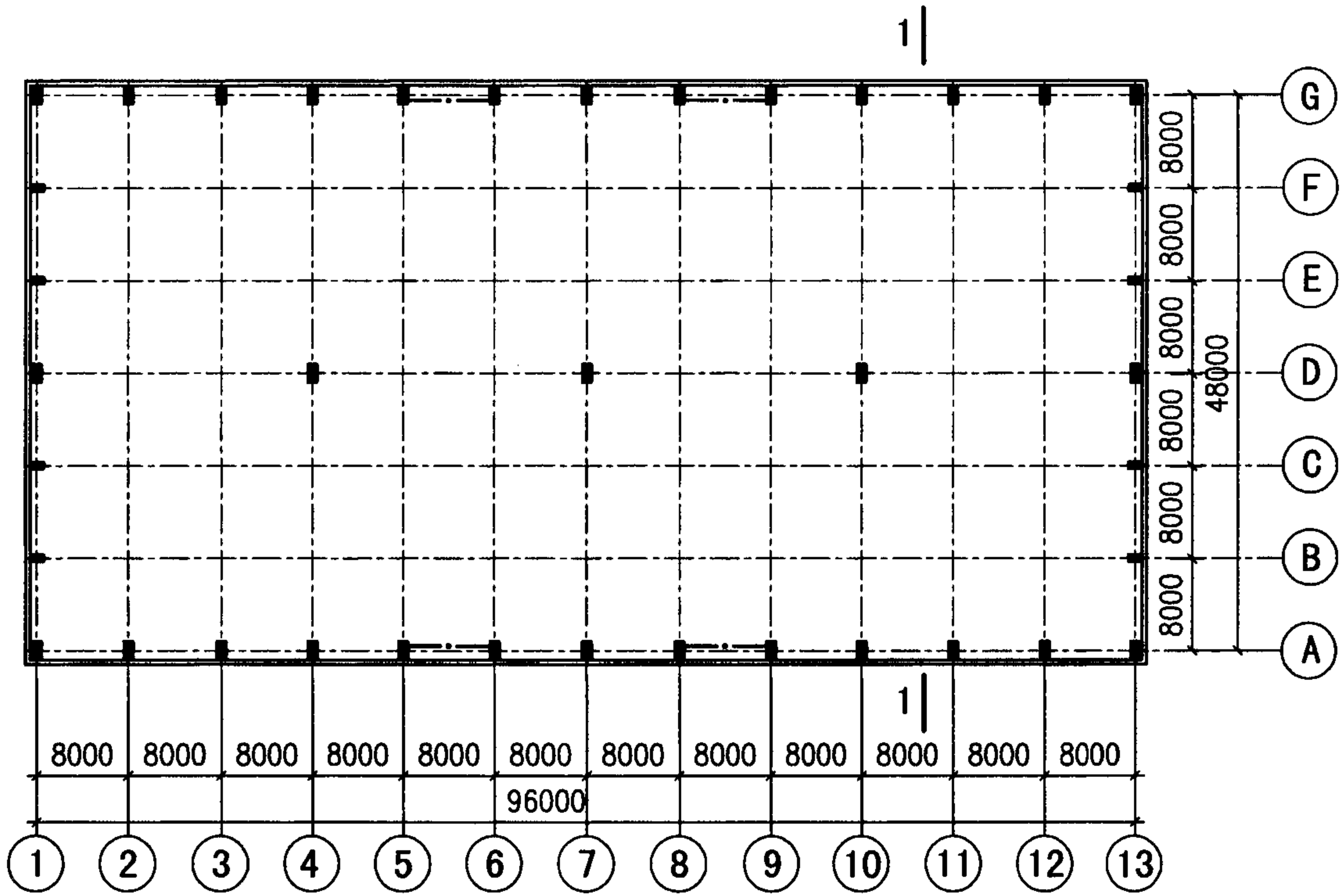
某装配厂房，长96.0m，两连跨(24m+24m)，边柱距8.0m。屋盖下弦标高10.0m，下弦设起重量3t的悬挂吊车2台。其结构平面布置及建筑剖面如下图。厂房下部采用现浇钢筋混凝土矩形柱，边跨设柱间支撑。屋盖采用钢网架结构，上弦支承。屋面为轻型屋面，柔性防水。

二 网架结构选型

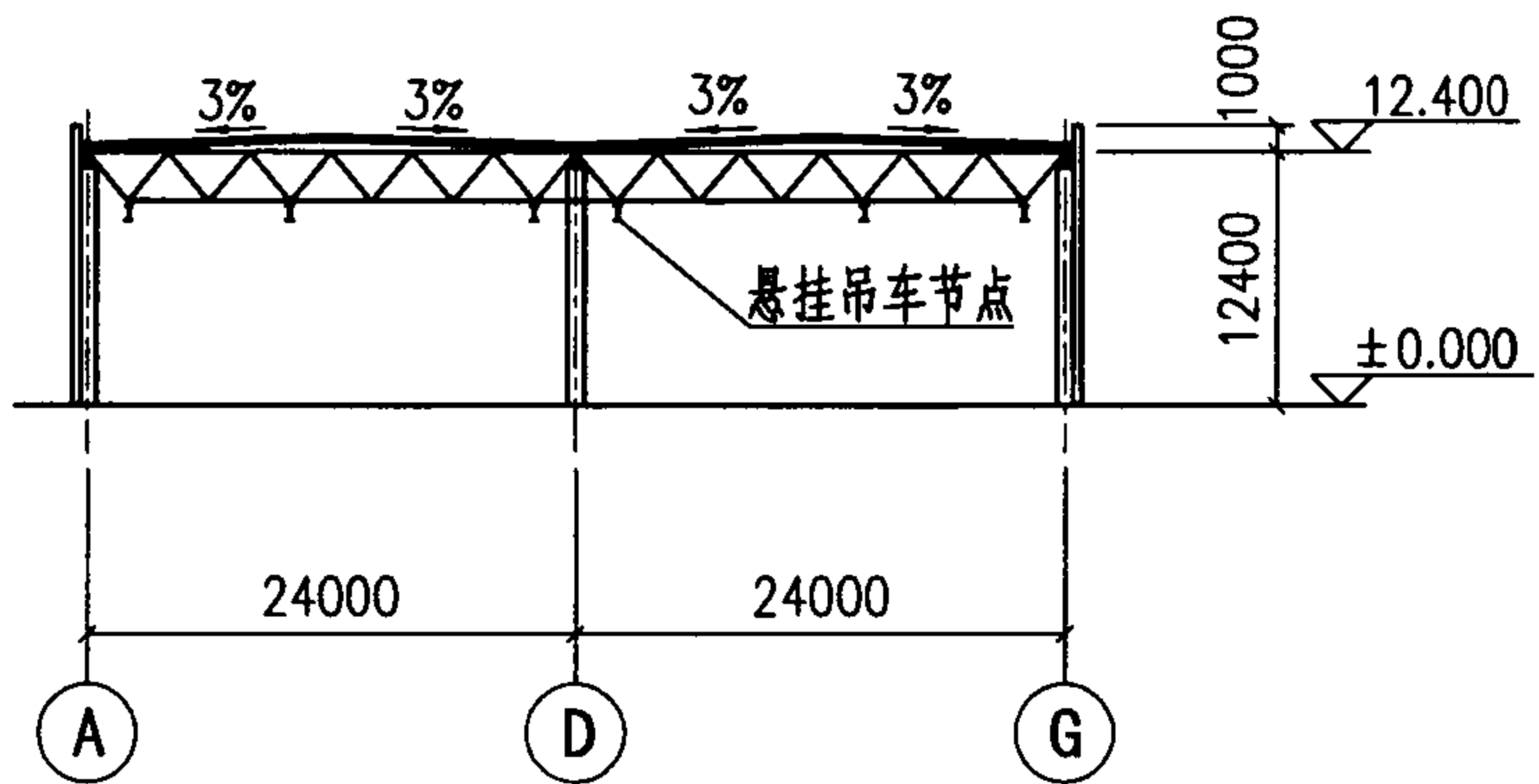
- 1 网架形式：对于平面形状为矩形的多点支承大柱网厂房网架，可选用的网架形式有正放四角锥网架、正放抽空四角锥网架、两向正交正放网架等。本工程中，选用正放四角锥网架。
- 2 节点形式：本工程网架采用螺栓球节点和焊接球设计均可。对于跨度不大，悬挂吊车吨位 $\leq 5\text{t}$ 的厂房，螺栓球节点网架施工方便，总体造价较省。设计选用了螺栓球节点。
- 3 支承形式：本厂房跨度和高度均不大，网架采用上弦支承，构造简单，节省用钢量（相对于下弦支承）。但应注意避免网架支座处斜腹杆与柱头相碰。
- 4 网格尺寸：对大多数中小跨度工业厂房，3m网格为标准模数。但对于有檩体系的轻质屋面、墙面，柱距和网架网格均可适当增加。本工程中，屋面、墙面均为轻质材料，因此柱距定为8m，网格尺寸相应采用4.0m $\times$ 4.0m。对于本工程网架，4m网格比3m网格节省用钢量约10%。
- 5 网架高度和起坡方式：当网架网格较大时，网架高度不宜过小，以免造成局部节点螺栓球过大。同时本工程设悬挂吊车，因此网架厚度确定为2.4m。网架采用小立柱找坡，屋面坡度3%。

三 基本设计参数

见网架设计说明。



结构平面布置图



1-1建筑剖面图

示例二	工程概况、网架结构选型				图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	宋海妍	页	37	

网架设计说明

一 设计依据

- 1 本工程已批准的初步设计及建筑、工艺、设备等有关专业提供的技术条件。
- 2 本工程结构设计使用年限为50年，建筑结构安全等级为二级。
- 3 抗震设防烈度为7度，设计基本地震加速度为0.10g，设计地震分组为第一组。场地类别为Ⅱ类。建筑抗震设防类别为丙类。
- 4 设计基准期为50年的基本风压值为0.50kN/m²，地面粗糙度为B类，基本雪压为0.50kN/m²。

5 荷载标准值

(1) 屋面恒载:

上弦(不含网架自重)	0.50kN/m²
下弦	0.10kN/m²

(2) 屋面活荷载:

上弦	0.50kN/m²
----	-----------

- (3) 吊车荷载: 下弦悬挂起重量为3t的吊车2台，工作级别A3，吊车轮压按工艺专业提供吊车样本。
所有荷载必须作用在网架上、下弦节点上。

- (4) 温度变化 ±25℃

6 结构设计规范和规程

《钢结构设计规范》	GB 50017-2003
《冷弯薄壁型钢结构技术规范》	GB 50018-2002
《钢结构工程施工质量验收规范》	GB 50205-2001

《建筑结构荷载规范》	GB 50009-2001 (2006年版)
《建筑抗震设计规范》	GB 50011-2001
《网架结构工程质量检验评定标准》	JGJ 78-91
《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》	GB/T 16939-97
《建筑钢结构焊接技术规程》	JGJ 81-2002
《网架结构设计与施工规程》*	JGJ 7-91
《钢网架螺栓球节点》*	JG/T 10-99

(编者提示: 本工程参考了*标注的修编中的新版规程及行业标准进行设计。)

二 工程概况

本工程网架跨度24m+24m，柱距8m(24m)，上弦支承。螺栓球节点，正放四角锥网架，网格尺寸4m×4m，厚度2.4m。

三 本网架结构采用XXX编制的XX软件进行计算并设计。

四 材料

- 1 钢管采用Q235B钢，可采用焊接钢管(GB/T 3092)或无缝钢管(GB/T 8162)。
- 2 钢球采用符合《优质碳素结构钢技术条件》GB 699的45号钢锻件，屈服强度为360N/mm²。
- 3 高强度螺栓采用《优质碳素结构钢技术条件》GB/T 16939的经调质热处理的40Cr，直径< M36的性能为10.9级，直径≥ M36的性能为9.8级。
- 4 锥头封板采用Q235B钢，锥头采用锻件。
- 5 无纹螺母采用Q235B钢锻件。当高强度螺栓直径>M30时，采用45号钢锻件。

- 6 紧固螺钉采用经调质热处理的40Cr。
- 7 支座、支托及其连接件均采用Q235B钢。
- 8 檩条采用Q235B钢制成的冷弯薄壁型钢。
- 9 普通螺栓采用符合现行国家标准要求的Q235钢制造的C级粗制螺栓，性能等级4.8级。
- 10 上述钢号应有材料的质量证明及复验报告，符合现行国家标准的要求。
- 11 焊接用的焊条及焊丝应符合现行国家标准的有关要求。Q235B钢之间的焊接采用E43系列焊条。

五 制作与安装要求

- 1 焊接：
 - (1) 钢管与锥头(或封板)采用E43焊条焊接，焊缝要求饱满，不得有夹渣、气孔、咬肉、未焊透等缺陷。钢板与球焊接时，球应预热150~200℃，方可施焊。
 - (2) 所有对接焊接缝应按GB 50205中的二级焊缝质量检查。
 - (3) 每道焊缝应打上焊接者和检查者编号钢印，焊接者应经过考试并取得合格证，在有效期内，持证上岗。
- 2 高强度螺栓要逐根进行硬度检查及外观检查，不得有裂纹或损伤。
- 3 网架支座预埋件施工时应采取措施，保证预埋件位置、标高及平整度的准确。
- 4 为确保网架安装顺利，应有详细的施工组织设计。网架安装必须保证结构的稳定性和不产生永久

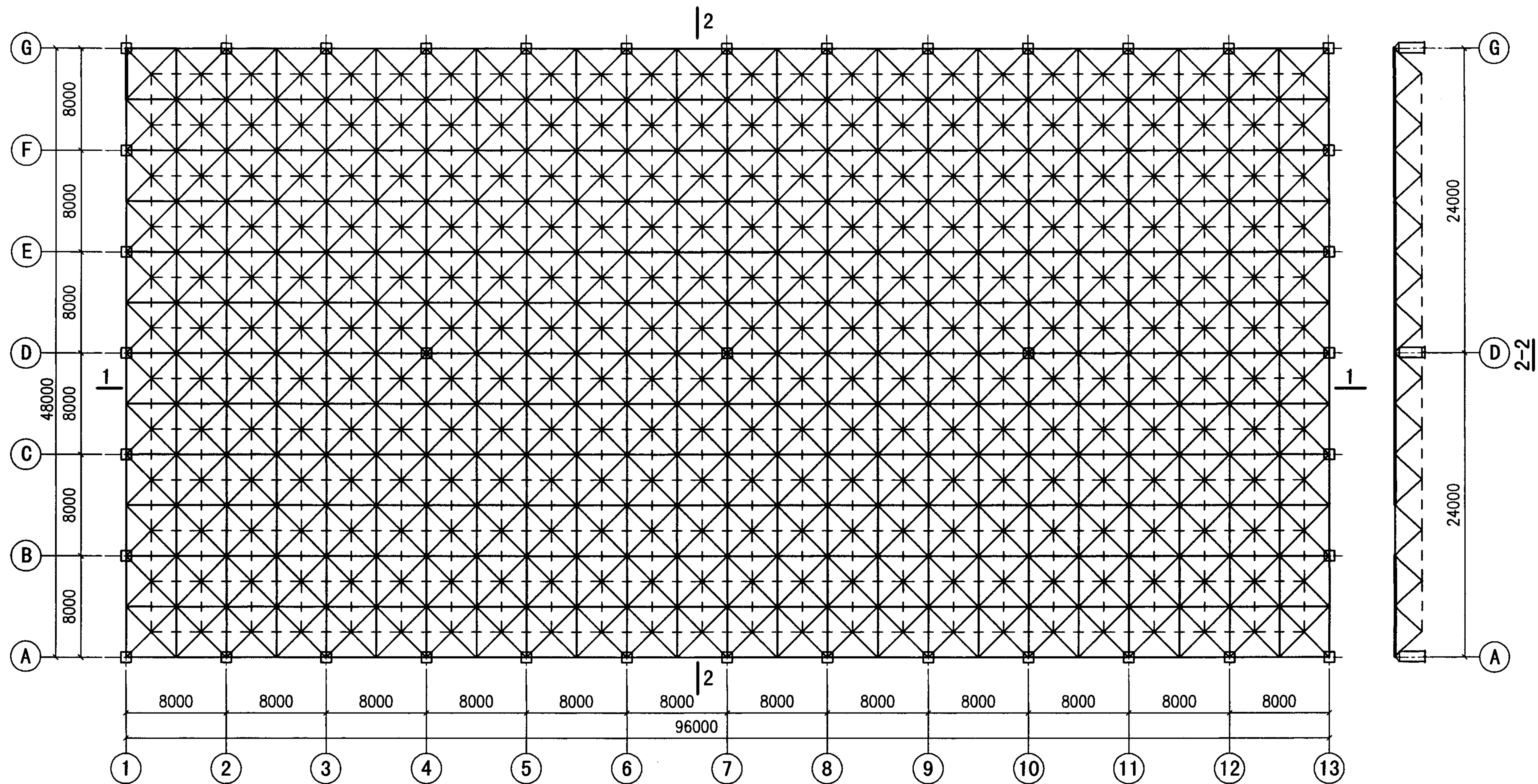
- 的附加变形。
- 5 屋面排水坡度见建筑平面图，网架采用小立柱找坡(当支托大于600mm，应设置双向稳定撑杆)；网架支托及小立柱的设计，由网架施工单位负责，材料统计中未考虑其重量。
- 6 水、暖、电等专业管线及桥架穿过网架处，应根据专业走向在网架节点钢球上预留螺栓孔，作为固定管线的连接孔，不得固定在网架杆件上。待以上工作完成后，方可安装网架，安装完毕后，不允许在网架钢球及杆件上直接施焊。

六 防腐、防火要求

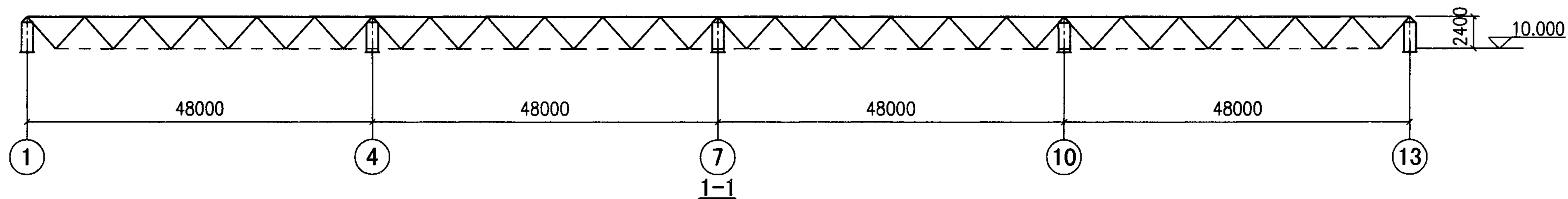
- 1 所有钢管两端均应封闭，若未封闭需设封板，以防管内锈蚀。
- 2 制作完的构件应采用喷射除锈，使钢材表面露出部分金属光泽，除锈等级应不低于Sa2½级，除锈质量应符合GB 8923的有关要求。
- 3 除锈后立即涂聚氨酯底漆，中间漆采用聚氨酯磁漆，面漆采用聚氨酯清漆，颜色由建筑师确定。涂层干漆膜的总厚度室外部分不小于150μm，室内部分不小于125μm。

七 其他

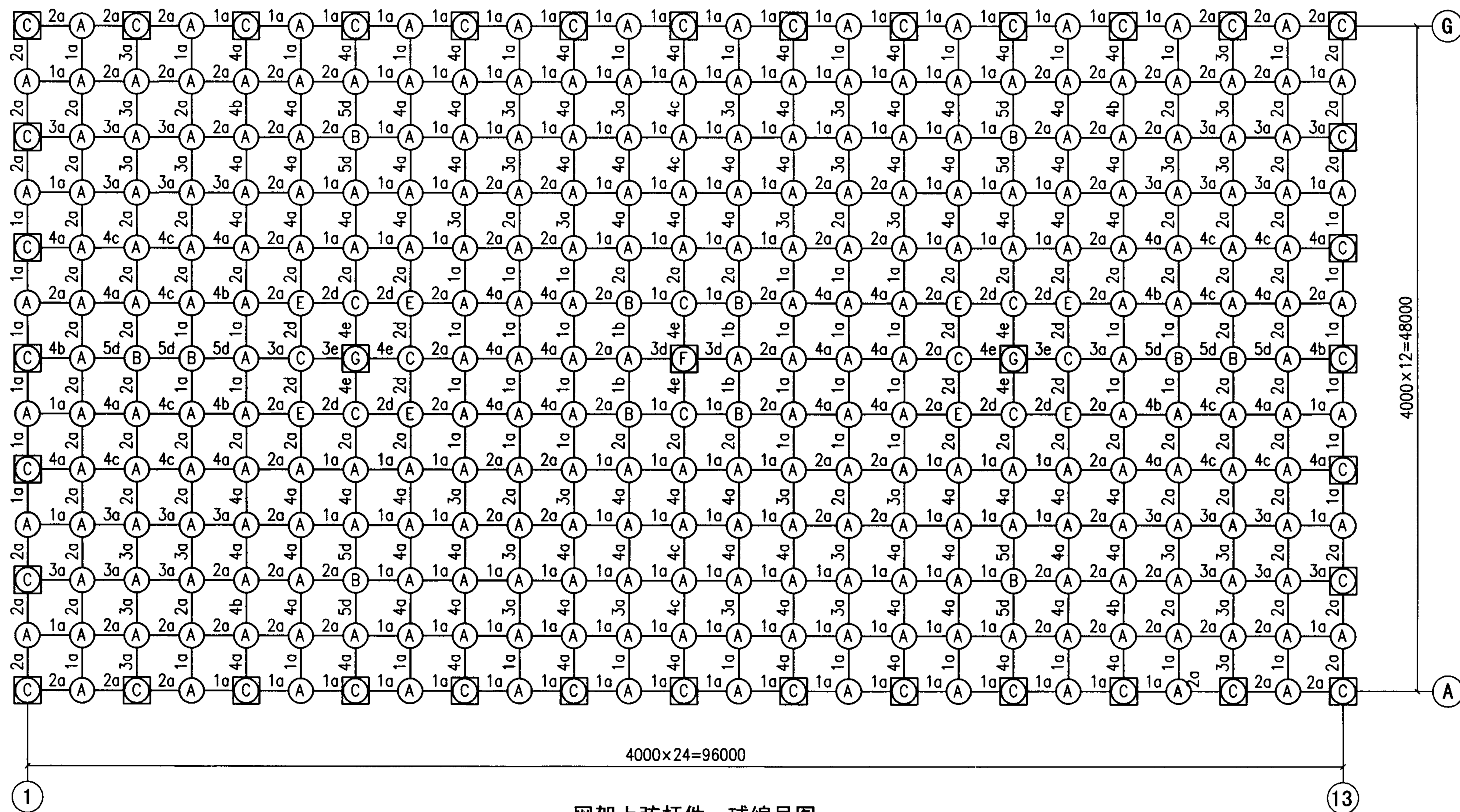
- 1 网架结构的安装，应符合网架计算假定。
- 2 网架加工详图、杆件关系尺寸由网架施工承包方提出，经设计院认可后方可施工。
- 3 网架最大计算挠度为36mm。



网架平面布置图



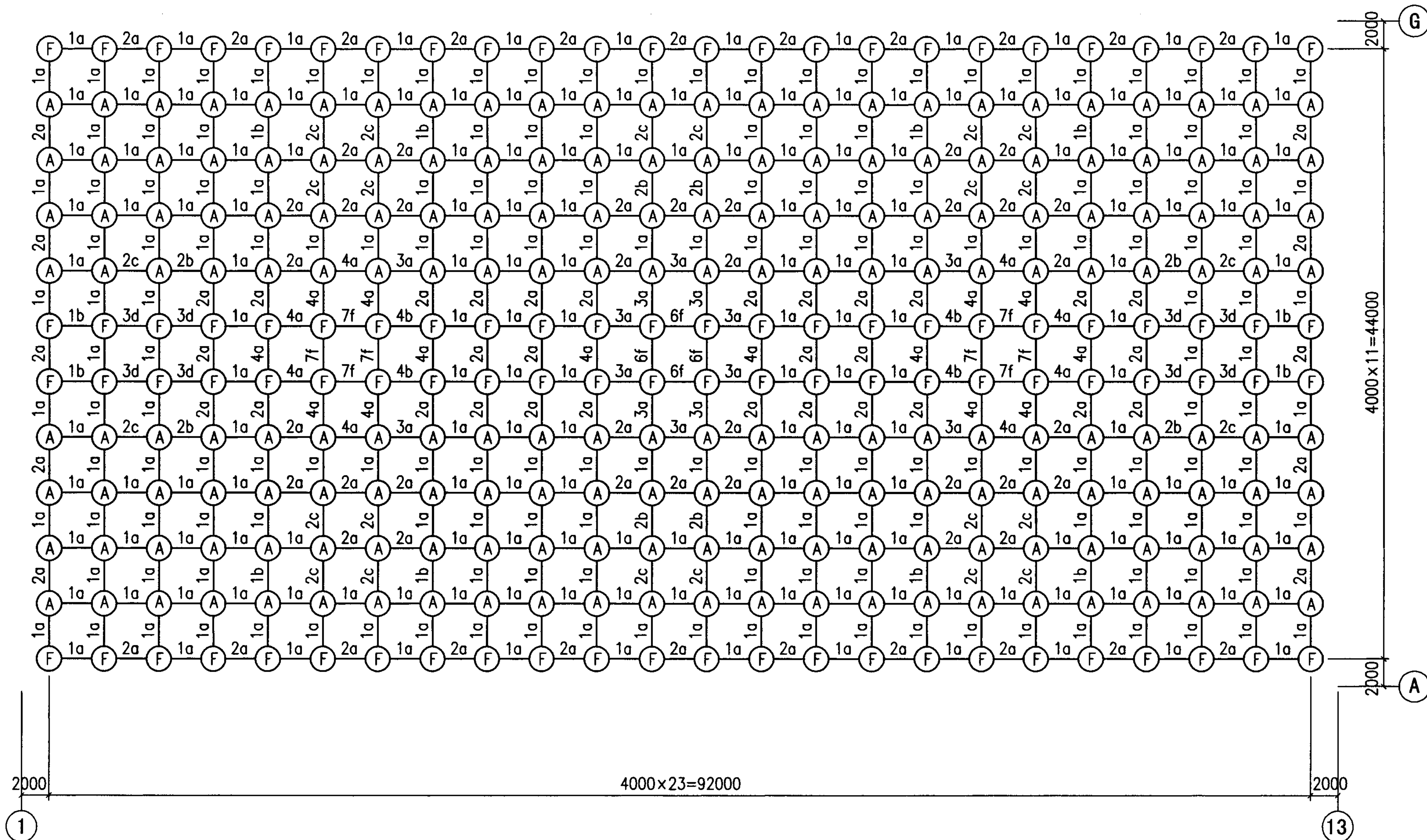
示例二	网架平面布置图			图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页	40	



网架上弦杆件、球编号图

编者提示：支座处螺栓球建议适当放大。

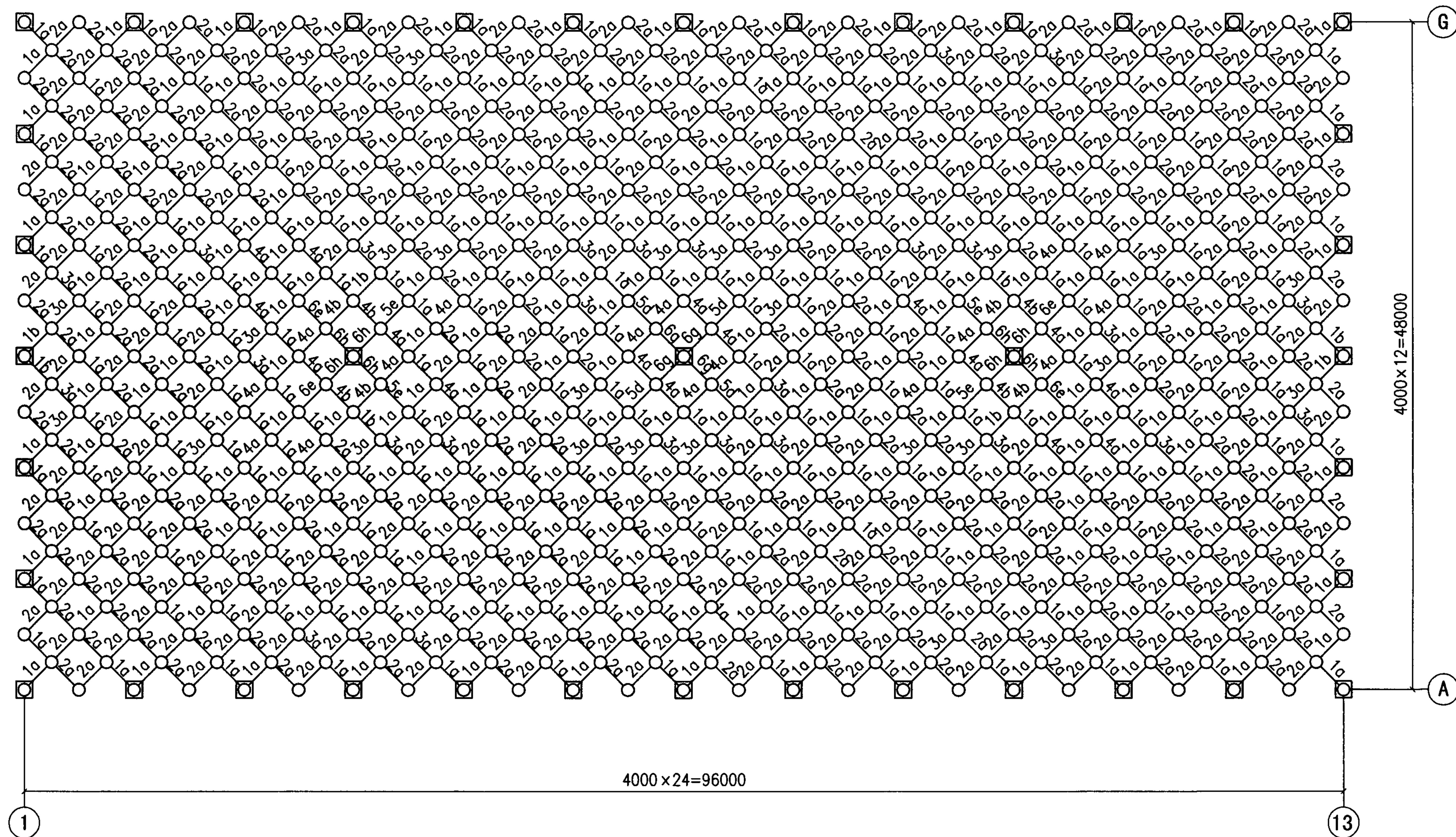
示例二	网架上弦杆件、球编号图				图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	设计 宋海妍	设计 宋海妍	页	41



网架下弦杆件、球编号图

编者提示：下弦吊车节点处螺栓球建议适当放大。

示例二	网架下弦杆件、球编号图			图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页	42	

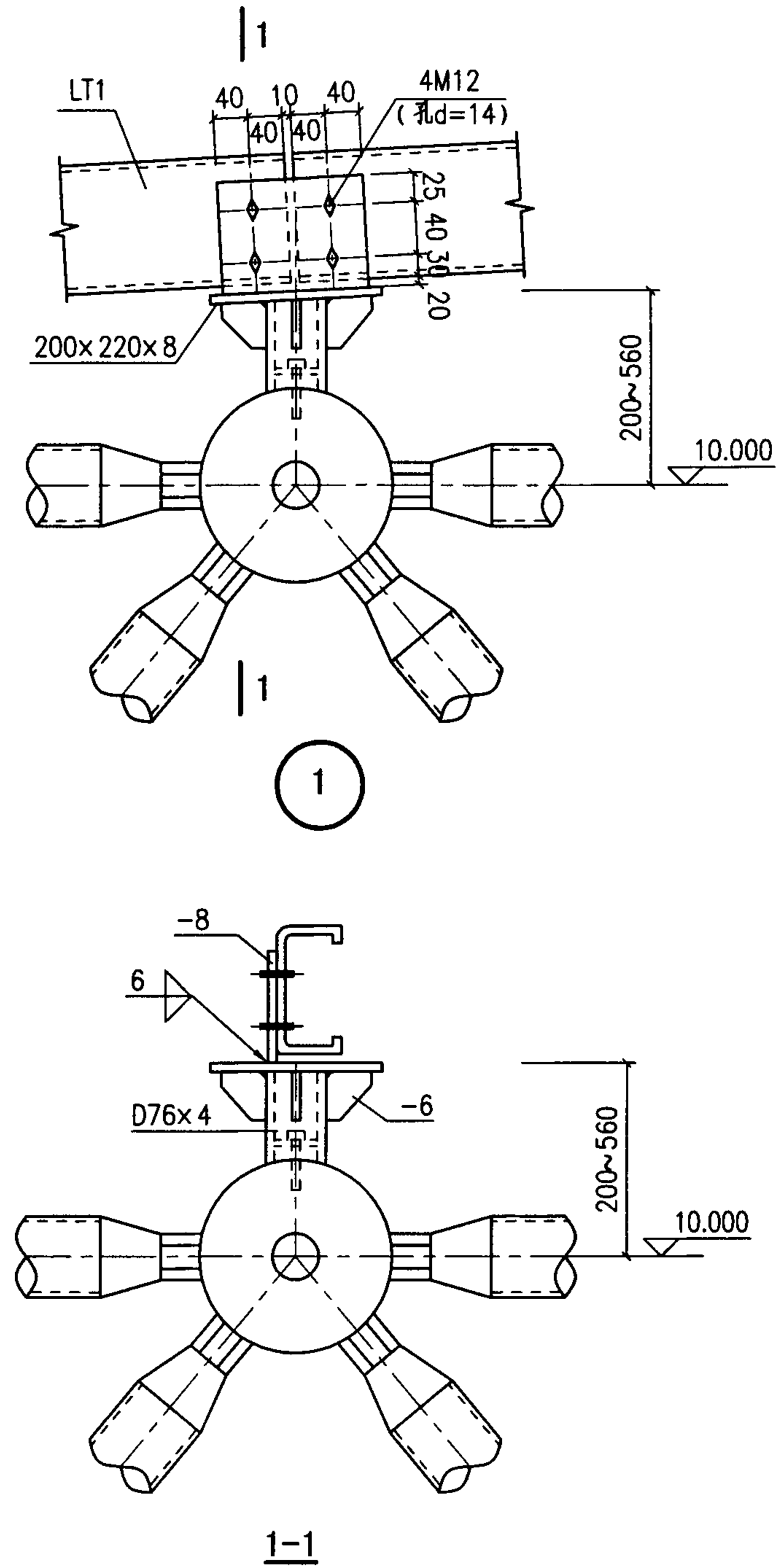


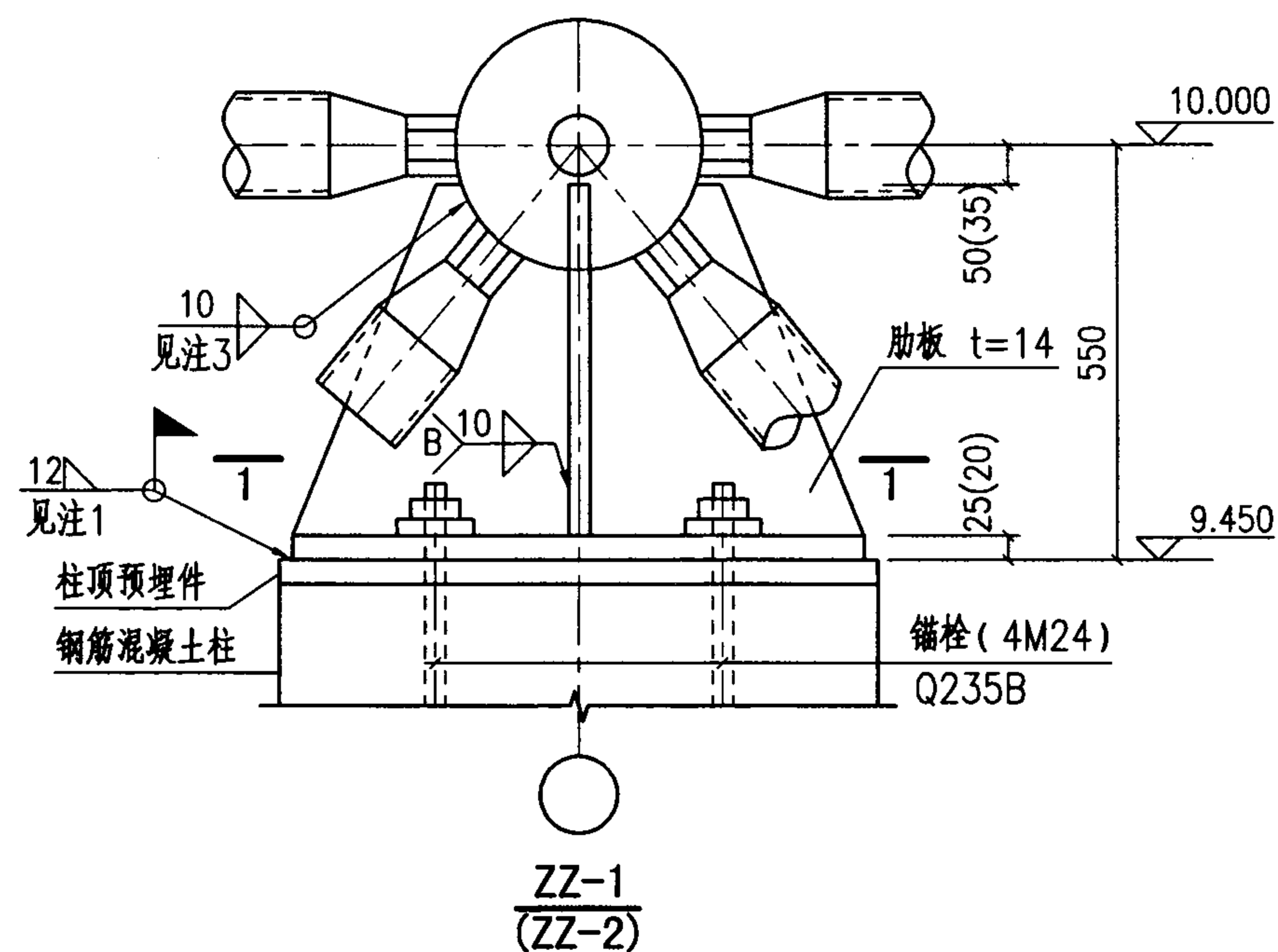
网架腹杆编号图

示例二	网架腹杆编号图				图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页	43		

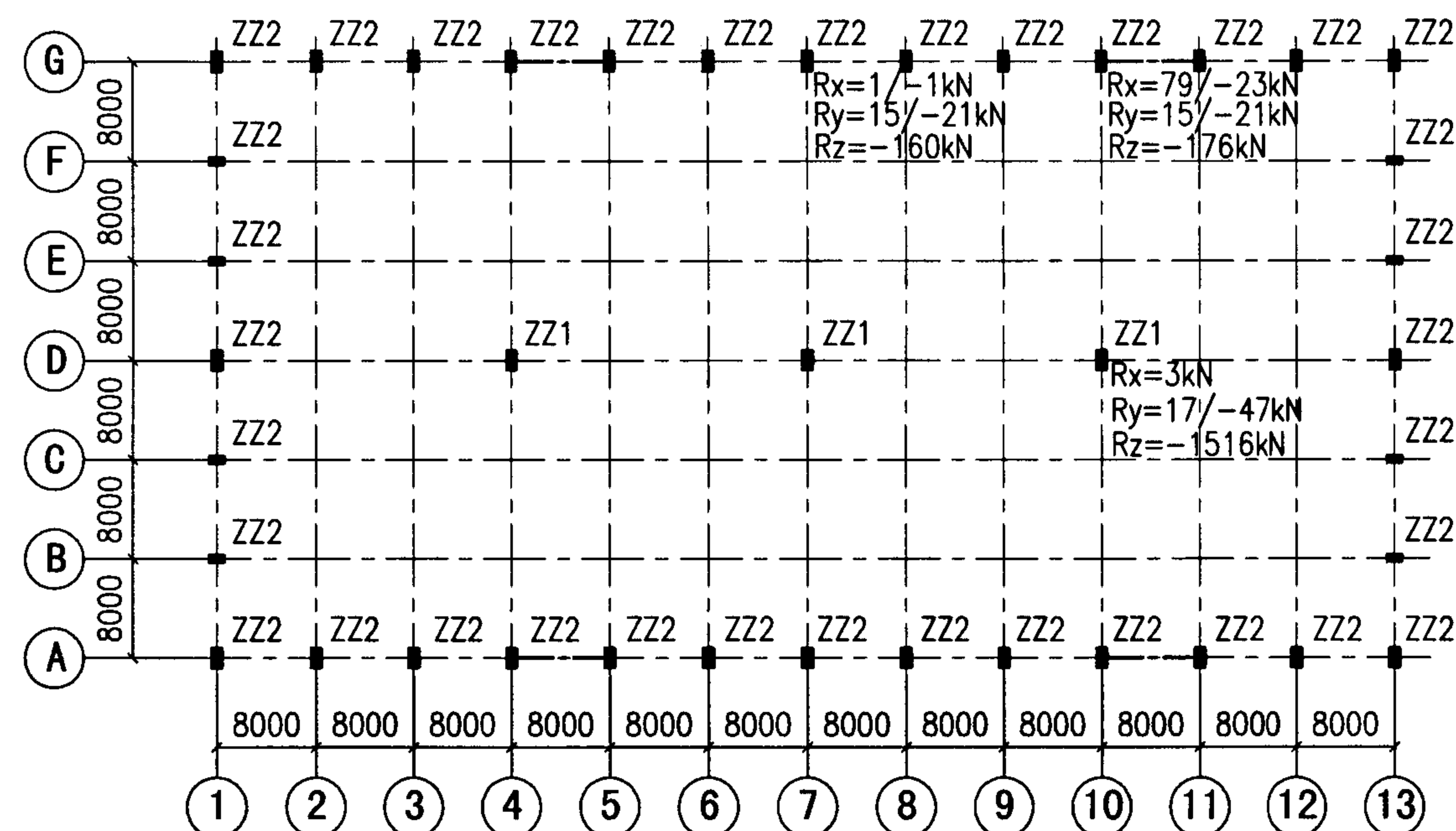
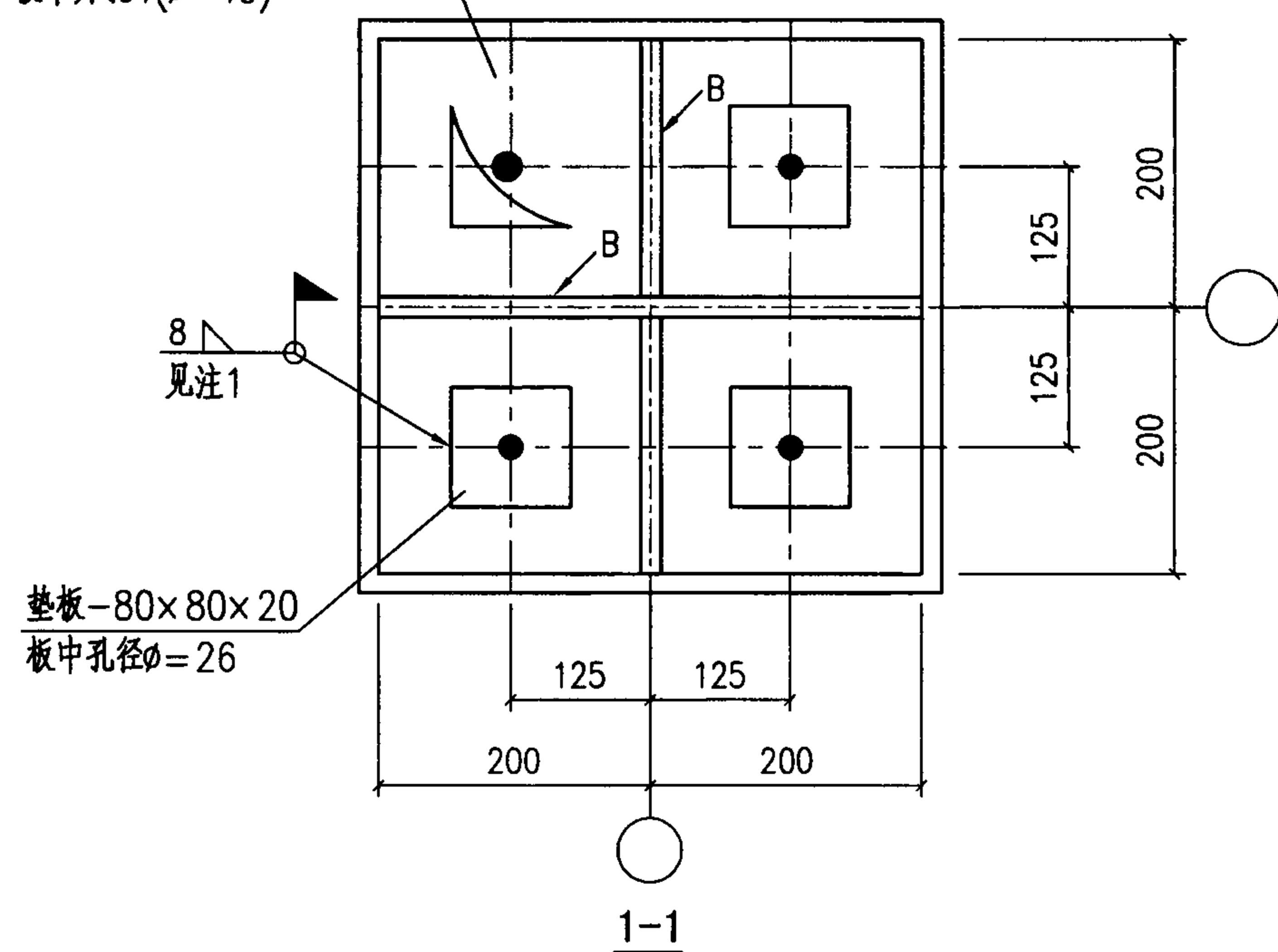
网架材料表

杆件									
序号	杆件规格		数量		长度总计(m)		总重(kg)		
1	ø60×3.5		1056		4081.0		19903		
2	ø75.5×3.75		854		3257.9		21618		
3	ø88.5×4		140		544.9		4542		
4	ø114×4		204		804.4		8728		
5	ø140×4		22		85.7		1149		
6	ø159×6		20		75.4		1706		
7	ø159×8		8		32.0		953		
小计	—		2304		—		58599		
螺栓 螺母									
序号	螺栓	数量	单重(kg)	合重(kg)	螺母对边/孔径	长度(mm)	数量	单重(kg)	合重(kg)
a	M20	4248	0.25	1062.0	34/21	35	4248	0.28	1168.7
b	M22	108	0.32	34.6	36/23	35	108	0.31	33.3
c	M24	80	0.41	32.8	41/25	40	80	0.46	36.6
d	M27	88	0.58	51.0	46/28	40	88	0.58	50.6
e	M33	36	1.00	36.0	55/34	45	36	0.93	33.3
f	M36	24	1.43	34.3	60/37	55	24	1.35	32.3
g	M42	8	2.16	17.3	70/43	60	8	2.00	16.0
h	M45	16	2.66	42.6	75/46	60	16	2.30	36.7
小计	—	4608	—	1311.0	—	—	4608	—	1408.0
螺栓球									
序号	直径(mm)		数量		单重(kg)		合重(kg)		
A	100		564		4.1		2318.0		
B	110		16		5.4		87.5		
C	120		10		7.1		71.0		
E	140		8		11.3		90.2		
F	180		13		23.9		311.6		
G	200		2		32.8		65.8		
小计	—		613		—		2944.0		





支座底板-400×400×25(20)
板中开孔4(φ=40)

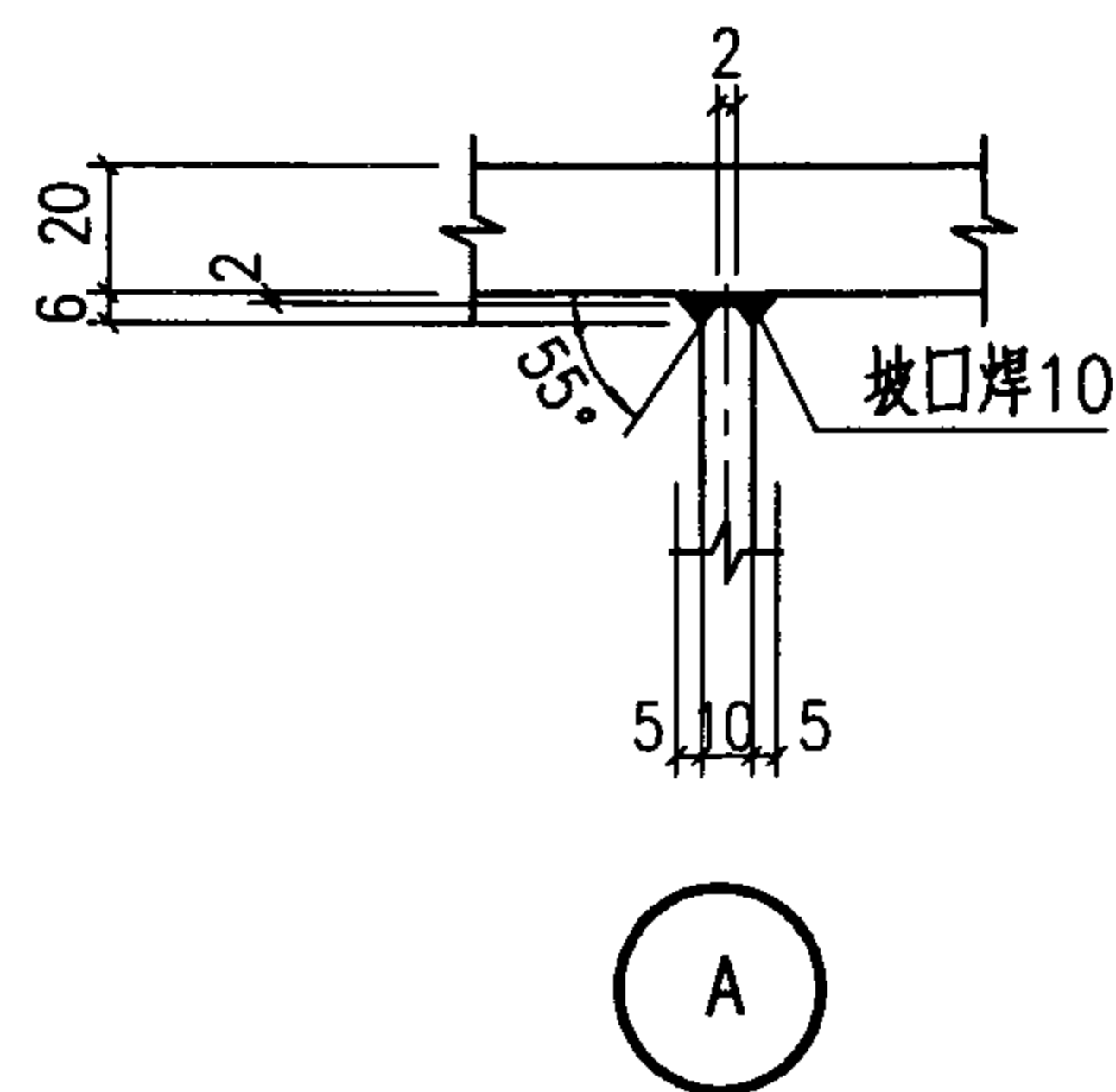
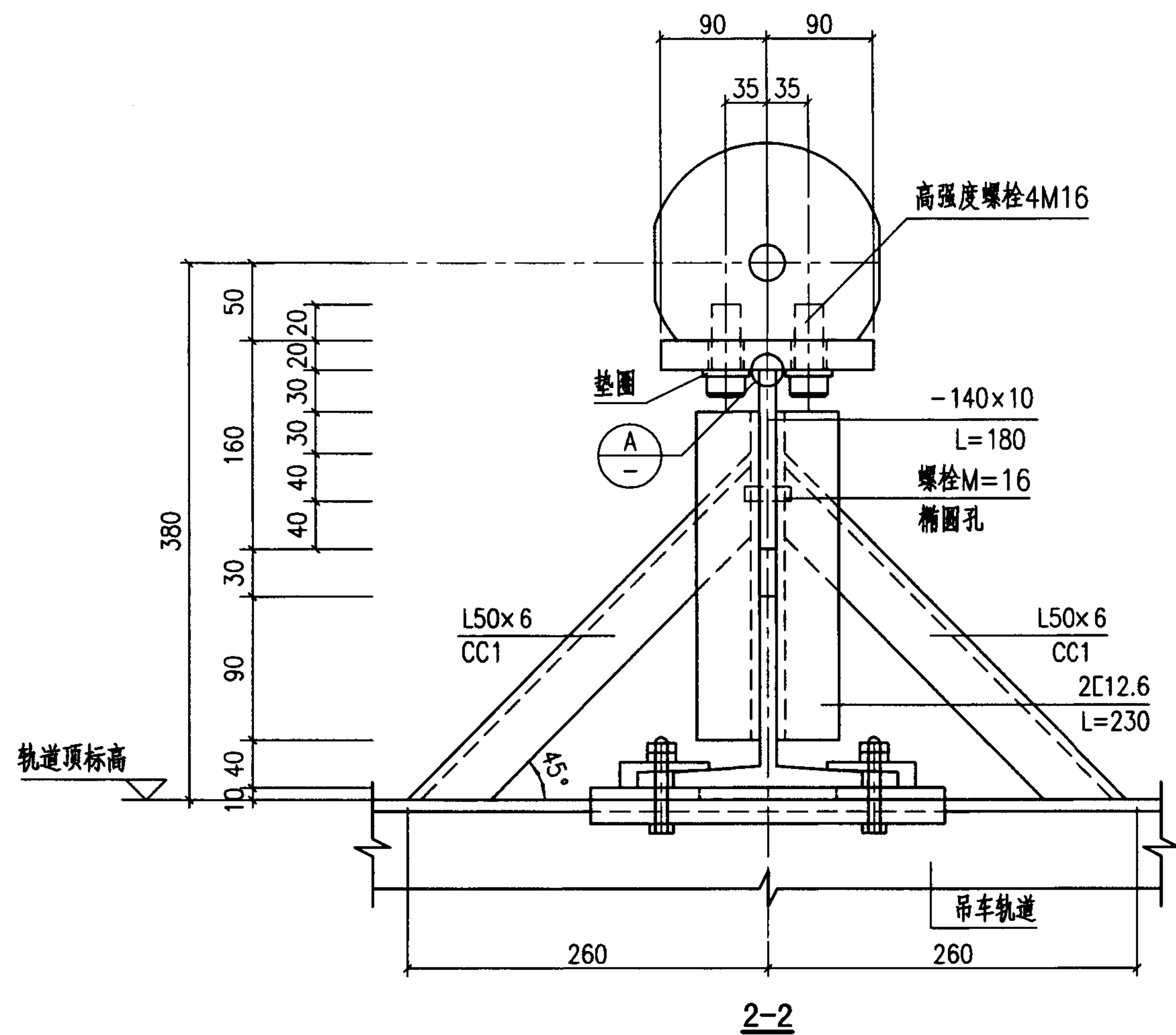
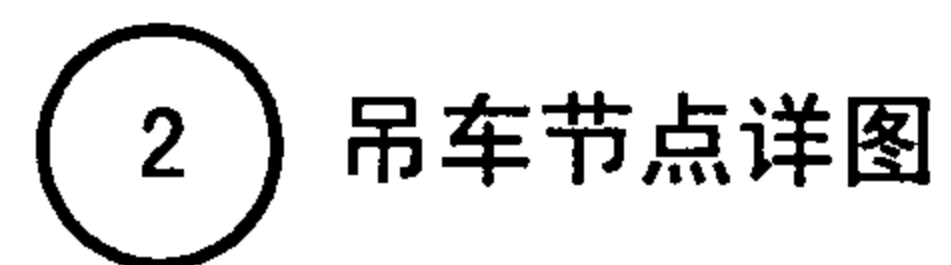


支座平面布置图
(图中反力为设计值)

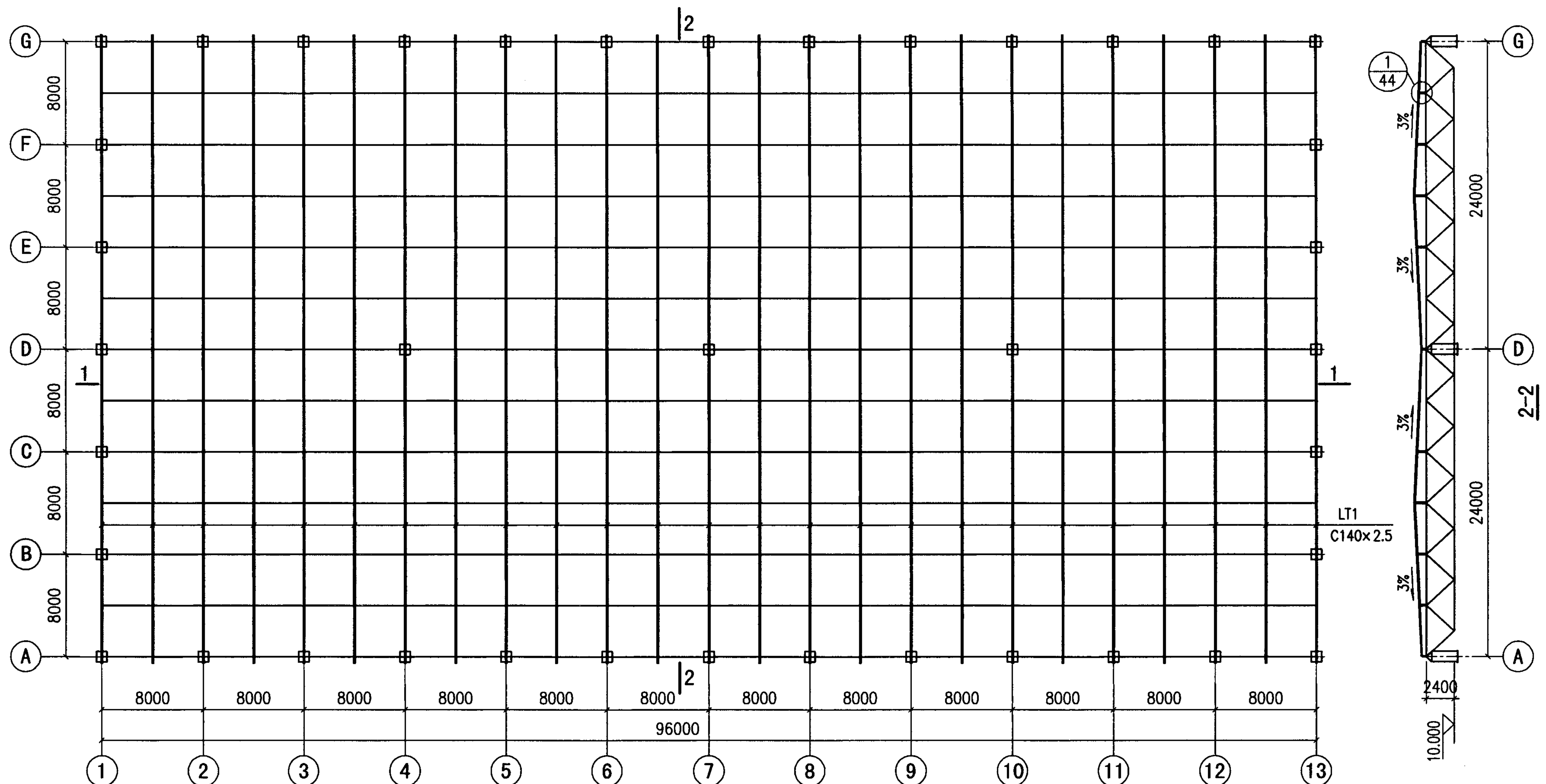
- 注：1 待网架安装完毕，支座调整后焊接。
2 本图为上弦节点支承不带过渡板固定式支座。
3 钢板与球焊接时，球应预热150~200℃，方可施焊。

编者提示：

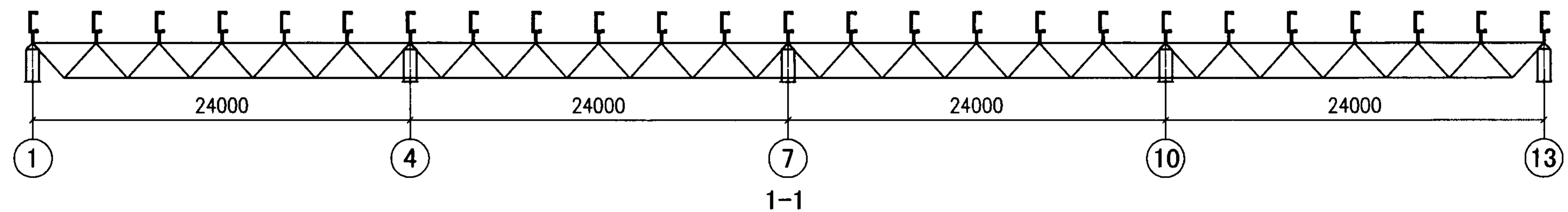
限于图幅原因，本图集中只给出了典型支座，反力值，实际工程设计中，可根据具体工程给出所有或部分支座的反力设计值。



示例二	网架悬挂吊车节点详图			图集号	07SG531
审核 朱丹	校对 裴永忠	设计 宋海妍	页	47	



屋面檩条平面布置图



编者提示：本工程为内排水，采用柔性防水，屋面坡度3%，采用小立柱找坡。
女儿墙为砖墙加顶圈梁，其做法本图未表示。

示例二		屋面檩条平面布置图			图集号	07SG531
审核	朱丹	校对	裴永忠	设计	宋海妍	页
						48

中国建筑标准设计研究院 隆重推出

平法钢筋下料软件

G101.CAC

图标图集 G101、G901 配套软件

- ◆ 翻样加工降成本
- ◆ 计量结算增效益

权威，准确 值得信赖

钢筋配料单

工程名称: xx工程
图号: G101-1

序号	规格	长度	数量	重量	备注
1	Φ12	2.20	100	2.20	
2	Φ12	2.20	100	2.20	
3	Φ12	2.20	100	2.20	
4	Φ12	2.20	100	2.20	
5	Φ12	2.20	100	2.20	
6	Φ12	2.20	100	2.20	
7	Φ12	2.20	100	2.20	
8	Φ12	2.20	100	2.20	
9	Φ12	2.20	100	2.20	
10	Φ12	2.20	100	2.20	

钢筋加工单

工程名称: xx工程
图号: G101-1

序号	规格	长度	数量	重量	备注
1	Φ12	2.20	100	2.20	
2	Φ12	2.20	100	2.20	
3	Φ12	2.20	100	2.20	
4	Φ12	2.20	100	2.20	
5	Φ12	2.20	100	2.20	
6	Φ12	2.20	100	2.20	
7	Φ12	2.20	100	2.20	
8	Φ12	2.20	100	2.20	
9	Φ12	2.20	100	2.20	
10	Φ12	2.20	100	2.20	

钢筋断料单

工程名称: xx工程
图号: G101-1

序号	规格	长度	数量	重量	备注
1	Φ12	2.20	100	2.20	
2	Φ12	2.20	100	2.20	
3	Φ12	2.20	100	2.20	
4	Φ12	2.20	100	2.20	
5	Φ12	2.20	100	2.20	
6	Φ12	2.20	100	2.20	
7	Φ12	2.20	100	2.20	
8	Φ12	2.20	100	2.20	
9	Φ12	2.20	100	2.20	
10	Φ12	2.20	100	2.20	

工程名称	xx工程
图号	G101-1
类型	图
材料	加工钢筋-10mm
备注	
构件编号	K1 (3)
第1层~第3层	1件
6	1根
405 (3#17)	材料长度=3500
375	及

主编单位、参编单位、联系人及电话

主编单位 中国航空工业规划设计研究院 裴永忠 010- 62038218

图集主审人 杨蔚彪 中国建筑标准设计研究院

组织编制单位、联系人及电话

中国建筑标准设计研究院 李文扬 010- 88361155-800 (国标图热线电话)
010- 68318822 (发行电话)