

勇于跨越



追求卓越

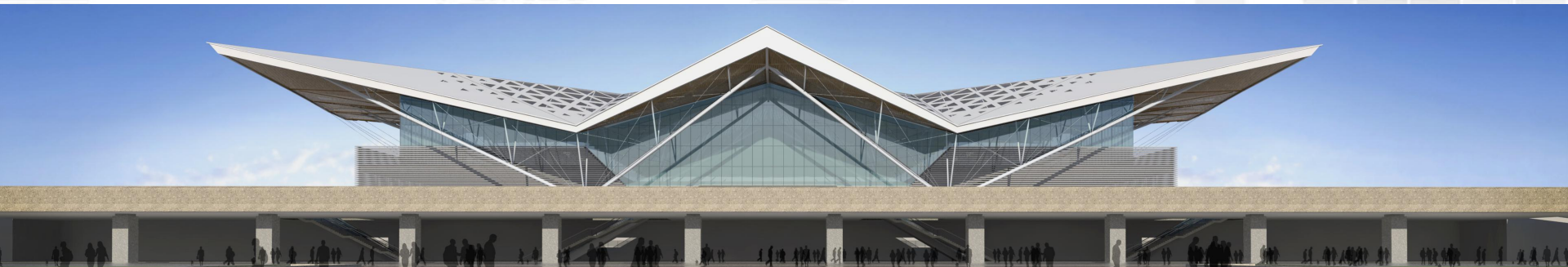
《钢结构施工技术指导手册》 试行本

中铁建工集团山东有限公司

二零一九年十二月



中国中铁



钢结构施工技术指导手册

中铁建工集团山东有限公司

二零一九年十二月

主 编：李五星

编写人员：周全 王传伟 岳明华

审 核：刘凡民

前 言

随着公司近年的快速发展，承接了越来越多的超高层、高铁站、公共建筑、大型厂房等类型工程，钢结构工程被广泛应于其中。随之而来的，公司从事钢结构施工的管理和技术人员的队伍日益壮大，广大钢结构施工一线的管理和技术人员需要一本通俗易懂、经济适用的专业书籍来提升自己。

为加强企业的基层业务建设，提高技术管理素质，指导现场施工，促进技术进步，进一步提高钢结构工程质量，我们根据多年来的管理实践和施工经验编写本手册。

本书基于在建、已建的国内代表性钢结构项目施工案例，结合国内钢结构施工的最新成果和现行有关规范规程进行编写，由钢结构深化设计，施工准备、钢结构安装、焊接、紧固件连接、涂装等七部分组成，涵盖了钢结构工程中的关键施工工艺及做法，能够对项目基层管理岗位及操作层实体操作的质量给予以一定的帮助和启发。

由于水平有限，本书难免有不到之处，恳请提出批评指正，以便未来不断完善该书。



Contents

第一部分 技术准备

常见术语.....	01
施工准备事项.....	005
深化设计.....	007
常见起重设备选型.....	014

第二部分 钢结构焊接连接工艺

钢板焊接.....	019
栓钉焊接.....	025

第三部分 钢结构紧固连接工艺

柱脚螺栓安装.....	028
普通螺栓安装.....	030
高强螺栓安装.....	032
化学锚栓安装.....	036

第四部分 钢结构涂装施工工艺

防腐涂料涂装.....	041
防火涂料涂装.....	046



Contents

第五部分 常用钢结构安装工艺

加工厂预拼装.....	052
钢柱安装.....	054
钢梁安装.....	057
钢桁架安装.....	059
焊接球网架安装.....	061
螺栓球网架安装.....	063
索结构施工.....	065

第六部分 大跨度空间结构施工工艺

整体提升（顶升）工艺.....	070
整体滑移（顶推）工艺.....	075

第七部分 其它工艺

球型支座安装.....	083
钢筋桁架楼承板安装.....	085
压型钢板安装.....	094
屋面板安装.....	099
常见检验试验项目汇总.....	107

第一部分 技术准备

1 常见术语

序号	术语	术语含义	序号	术语	术语含义
1	强度	构件截面材料或连接抵抗破坏的能力。强度计算是防止结构构件或连接因材料强度被超过而破坏的计算	9	腹板屈曲后强度	腹板屈曲后尚能继续保持承受荷载的能力
2	承载能力	结构或构件不会因强度、稳定或疲劳等因素破坏所能承受的最大内力；或塑性分析形成破坏机构时的最大内力；或达到适应于继续承载的变形时的内力	10	通用高厚比	参数，其值等于钢材受弯、受剪或受压屈服强度除以相应的腹板抗弯、抗剪或局部承压弹性屈曲应力之商的平方根
3	脆断	一般指钢结构在拉应力状态下没有出现警示性的塑性变形而突然发生的脆性断裂	11	整体稳定	在外荷载作用下，对整个结构或构件能否发生屈曲或失稳的评估
4	强度标准值	国家标准规定的钢材屈服点（屈服强度）或抗拉强度	12	有效宽度	在进行截面强度和稳定性计算时，假定板件有效的那一部分宽度
5	强度设计值	钢材或连接的强度标准值除以相应抗力分项系数后的数值	13	有效宽度系数	板件有效宽度与板件实际宽度的比值
6	一阶弹性分析	不考虑结构二阶变形对内力产生的影响，根据未变形的结构建立平衡条件，按弹性阶段分析结构内力及位移	14	计算长度	构件在其有效约束点间的几何长度乘以考虑杆端变形情况和所受荷载情况的系数而得的等效长度，用以计算构件的长细比。计算焊缝连接强度时采用的焊缝长度
7	二阶弹性分析	考虑结构二阶变形对内力产生的影响，根据位移后的结构建立平衡条件，按弹性阶段分析结构内力及位移	15	长细比	构件计算长度与构件截面回转半径的比值
8	屈曲	杆件或板件在轴心压力、弯矩、剪力单独或共同作用下突然发生与原受力状态不符的较大变形而失去稳定	16	换算长细比	在轴心受压构件的整体稳定计算中，按临界力直等的原则，将格构式构件换算为实腹构件进行计算时所对应的长细比或将变扭与扭转失稳换算为弯曲失稳时采用的长细比

第一部分 技术准备

1 常见术语

序号	术语	术语含义	序号	术语	术语含义
17	支撑力	为减小受压构件（或构件的受压翼缘）的自由长度所设置的侧向支承处，在被支撑构件（或构件受压翼缘）的屈曲方向，所需施加于该构件（或构件受压翼缘）截面剪心的侧向力	25	主管	钢管结构构件中，在节点处连续贯通的管件，如桁架中的弦杆
18	无支撑纯框架	依靠构件及节点连接的抗弯能力，抵抗侧向荷载的框架	26	支管	钢管结构中，在节点处断开并与主管相连的管件，如桁架中与主管相连的腹杆
19	强支撑框架	在支撑框架中，支撑结构（支撑桁架、剪力墙、电梯井等）抗侧移刚度较大，可将该框架视为无侧移的框架	27	间隙节点	两支管的趾部离开一定距离的管节点
20	弱支撑框架	在支撑框架中，支撑结构抗侧移刚度较弱，不能将该框架视为无侧移的框架	28	搭接节点	在钢管节点处，两支管相互搭接的节点
21	摇摆柱	框架内两端为铰接不能抵抗侧向荷载的柱	29	平面管节点	支管与主管在同一平面内相互连接的节点
22	术腹板节点域	框架梁柱的刚接节点处，柱腹板在梁高度范围内的区域	30	空间管节点	在不同平面内的支管与主管相接而形成的管节点
23	球形钢支座	使结构在支座处可以沿任意方向转动的钢球面作为传力的铰接支座或可移动支座	31	组合构件	由一块以上的钢板（或型钢）相互连接组成的构件，如工字形截面或箱形截面组合梁或柱
24	橡胶支座	满足支座位移要求的橡胶和薄钢板等复合材料制品作为传递支座反力的支座	32	钢与混凝土组合梁	由混凝土翼板与钢梁通过抗剪连接件组合而成能整体受力的梁

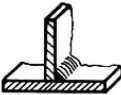







第一部分 技术准备









1 常见术语-识图

图纸符合	含义	图纸符合	含义
GJ	钢架	XT	斜拉条
GL/GJL	钢梁/钢架梁	MZ	门边柱
GZ/GJZ	钢柱/钢架柱	ML	门上梁
XG	系杆	CG	撑杆
SC	水平支撑	HJxx	桁架
YC	隅撑	FHB	复合板
ZC	柱间支撑	YG	压杆/圆管
LT	檩条	XG	系杆
TL	托梁	LG	拉管
QL	墙梁	QLG	墙拉管
QLT	墙面檩条	QCG	墙撑管
WLT	屋面拉条		
GXG	刚性系杆		
YXB	压型金属板		
SQZ	山墙柱		

第一部分 技术准备

1 常见术语-识图

序号	名称	示意图	符号
1	角焊缝		
2	V形焊缝		
3	单边V形焊缝		
4	带钝边V形焊缝		

序号	名称	示意图	符号
5	带钝边单边V形焊缝		
6	带钝边U形焊缝		
7	I形焊缝		
8	卷边焊缝		

第一部分 技术准备

2 施工准备事项

(1) 根据专业工程复杂程度及工程量大小在计划进场施工日之前2-4个月从公司专业分包库中招标选定专业分包队伍，为深化设计及加工运输预留充足时间，专业分包队伍的选择按《专业工程分包及供货商信息库》中相关规定执行。

①根据工程复杂程度预留1-2个月深化设计及备料加工时间；

②对于市场上无货源的材料及材料型号量较少，可能会增加采购加本，特别是定做加工的材料，应尽量协调设计院进行修改，以降低采购成本、缩短采购时间；

③核对深化图工程量与原设计图中工程量；

④分析构件截面形式、节点做法、结构布置是否不利于构件加工、运输、吊装及现场安装，及时与设计院进行沟通修改，降低施工成本。

第一部分 技术准备

2 施工准备

(2) 由于钢结构工程集中用工较多，电焊用电量很大，临建临电需充分考虑，以免影响后续主体阶段施工。

(3) 现场施工平面布置图，应结合工期、方案、构件尺寸等，布置钢构件堆放、拼装场地以及大型吊装设备作业面及大型钢构件运输路线；

(4) 编制项目规划，提前将工程所涉及到的必须要做的各种材料复试、过程检测等作好试验策划，将工程中所涉到的专项方案，尤其是危大工程提前做好方案规划。

(5) 编制进度计划时考虑钢结构与土建等工程交叉作业，尽量避免工作面冲突。

第一部分 技术准备

3 深化设计

钢结构深化设计即钢结构详图设计，在钢结构施工图设计之后进行，详图设计人员根据施工图提供的构件布置、构件截面与内力、主要节点构造及各种有关数据和技术要求。严格遵守钢结构相关设计规范和图纸的规定，对构件的构造予以完善。根据工厂制造条件、现场施工条件，并考虑运输要求、吊装能力和安装因素等，确定合理的构件单元。最后再运用专业的钢结构制图深化设计制图软件(Tekla Structures)，将构件的整体形式、构件中各零件的尺寸和要求、以及零件间的连接方法等，详细的表现到图纸上，以便制造和安装人员通过查看图纸，能够清楚地了解构造要求和设计意图，完成构件在工厂的加工制作和现场的组拼安装。

按《钢结构施工规范》GB 50755-2012中规定，钢结构施工详图应根据设计院所出具的有效结构设计文件和相关技术文件进行编制，并应经原设计单位确认，当需要进行节点设计时，节点设计文件也应该经原设计单位确认。

第一部分 技术准备

3 深化设计

钢结构施工详图应包括图纸目录、设计总说明、构件布置图、构件详图和安装节点详图等内容，图纸应表达清晰、完整，复杂空间构件和节点的施工详图，宜增加三维图形表示，以方便施工和施工结算。

钢结构深化设计一般分结构分段、临时措施设计、节点连接设计等几部分，其中结构分段一般有：钢柱分段、钢梁分段、屋盖钢桁架分段分块、屋盖钢网架分块、钢板剪力墙分段、楼承板分段等。

临时措施一般为方便吊装，有利于安全的施工措施，需在加工过程中将临时措施跟主构件相连，尽量减少现场的焊接工作。

第一部分 技术准备

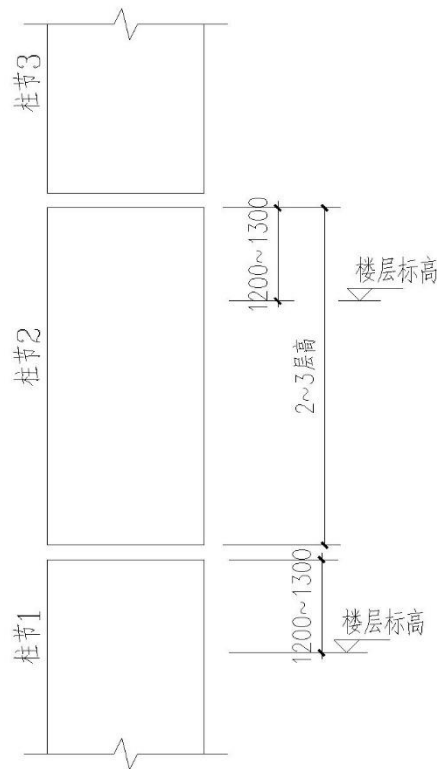
3 深化设计

(1) 钢柱分段：

对轻钢厂房类，轻钢厂房高度一般的20米以内，以实腹构件居多，主要考虑的是运输能力，建议按整根深化，不宜分段，

对重钢厂房类：由于构件一般长、大、宽，在深化过程宜按现行运输和起重能力进行分段，运至现场后进行整拼然后吊装。

对于钢框架、型钢混凝土柱类：此类构件分段一般按2~3结构层为一节，分段位置应在楼层钢梁顶标高以上1.2~1.3米左右，一般分段点位于梁跨的1/3处，同时分段后的尺寸、重量不得超过现有运输条件，以及现场起重设备的最大起重能力，建议在配置起重设备时结合项目的综合效效进行配置。



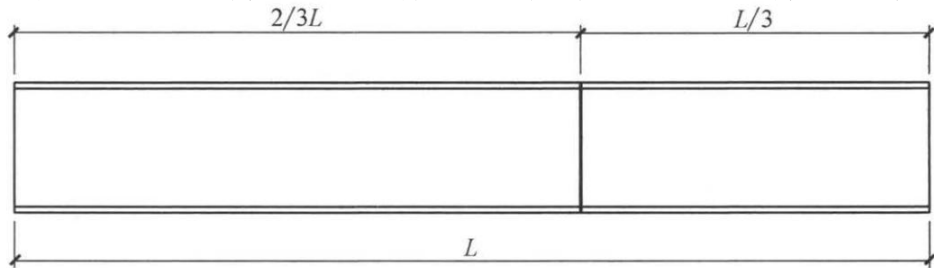
第一部分 技术准备

3 深化设计

(2) 钢梁分段:

对门钢厂房类, 由于国内门刚厂房跨度一般在15~33之间, 在设计过程中, 已经将钢梁进行了分段, 故在深化过程按设计分段点进行深化即可

对于钢框架梁类: 常规柱距为6~12米, 对于这类框架梁可不分段, 按整根梁进行深化, 如果梁构件过长, 分段点宜在截面受力较小处, 并有利于现场作业, 一般分段点位于梁跨的1/3处, 同时分段后的尺寸、重量不得超过现有运输条件, 以及现场起重设备的最大起重能力。

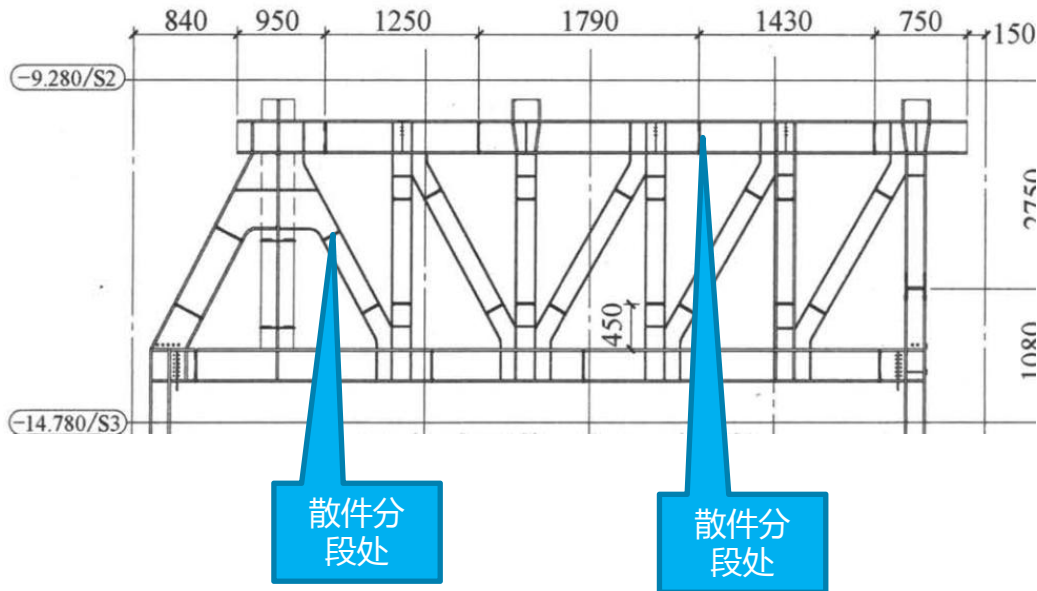


第一部分 技术准备

3 深化设计

(3) 超高层钢桁架分段：

超高层钢桁架分段一般有两种：一种是整榀分段，钢桁架分段后未超过运输条件，且满足现场吊装设备的性能要求；二是高空散拼，若钢桁架分段后仍超过运输条件或现场吊装设备的性能要求时，宜将上下弦杆和腹杆作为小拼单元或散件发运至现场进行现场高空散拼。

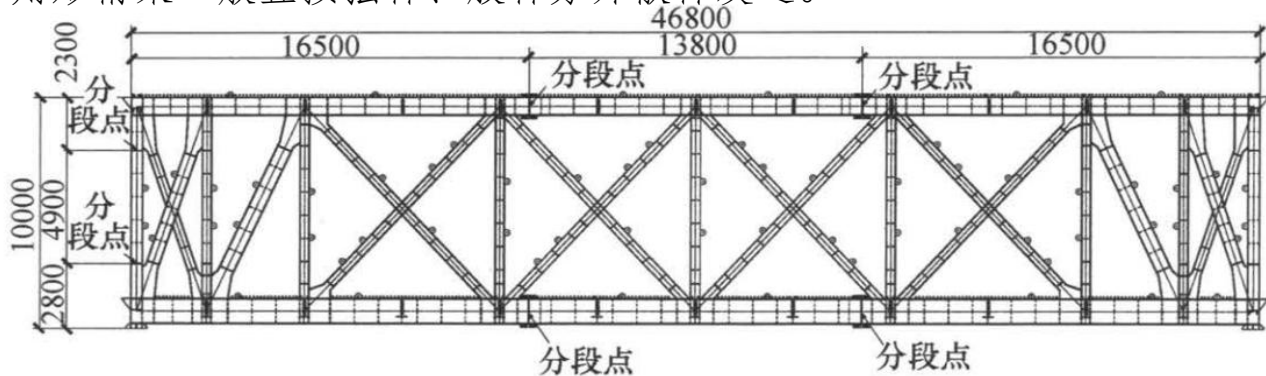


第一部分 技术准备

3 深化设计

(4) 屋盖钢桁架:

屋盖钢桁架一般为平面桁架或三角形管桁架。钢桁架结构的分段,应综合考虑材料的采购、加工制作、运输、工地安装等特点,分段点的断开点尽量设在结构受力较小的位置,分段重量不能超过设备的提升能力,分段的外形尺寸需适应运输的要求。同时也要考虑钢桁架分段间的相互影响,对三角形桁架一般宜按弦杆、腹杆分开散件发运。

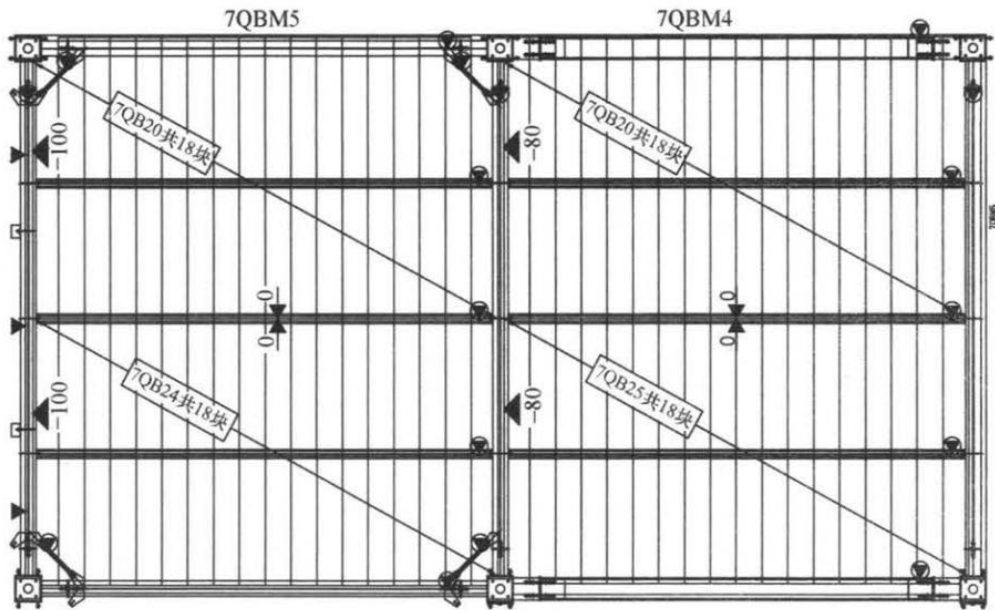


第一部分 技术准备

3 深化设计

(5) 桁架楼承板:

钢桁架楼承板的分段应结合运输条件以及现场起重能力，同是要在有主次梁的位置进行分段，即钢桁架的接头必须位于钢梁上，不得有悬挑拼接，其最大长度宜为12米以内。宽度按楼承板的具体型号和结构平面尺寸确定，确定好起铺线，按板有效宽度进行铺设。



钢筋桁架板排版图

第一部分 技术准备

4 常见起重设备选型

(1) 吊车选用原则:

- 1) 对于单层轻型门式刚架厂房类工程：一般宜选择汽车吊。
- 2) 对于重钢厂房类工程：一般宜选择汽车吊或履带吊车。
- 3) 对于大型场馆、机场、火车站类：结构构件都跨度大，重量大，施工周期长，一般可采用履带吊车与汽车吊进行配合的方式，部分轻型构件可用塔式起重机配合。对于吊车进出场不方便，且设备资源不充足、施工环境较差的可采用整体施工工艺进行施工
- 4) 对于多层建筑：一般采用塔式起重机或塔式起重机与汽车吊进行配合的方式，结构物边缘构件重、尺寸大的构件采用汽车吊施工，其他构件采用塔式起重机。
- 5) 对于高层、超高层建筑：一般采用塔式起重机进行施工，构件分段时，必须满足设备的起重能力。

第一部分 技术准备

4 常见起重设备选型

(1) 吊车选用原则：

6) 上述吊车选用的同时，必须本着经济适用的原则进行选择。结合工地现场实际情况以及构件尺寸，并保证安全的前提下，选择最合适的设备进行施工

(2) 吊车选型依据：

1) 构件最大重量表，通过对设计图纸进行二次深化，计算构件最终的重量，这是选择吊车最重要的参数值

2) 构件安装高度，准确计算安装高度，可以更好的计算吊车主臂的长度；

3) 现场地理环境，由于吊车自重较大，对地面的承载力有很高的要求，因此吊车站位点必须选择在合适的位置；

第一部分 技术准备

4 常见起重设备选型

- 4) 设计图纸，通过分析设计图纸，考虑吊车站位点，为选择吊车提供第一手技术资料；
- 5) 市场吊车租赁价格报表，俗话说“货比三家”综合考虑，选择最适宜的吊车；
- 6) 吊车性能手册，这是吊车本身所固有的，吊车新旧程度，各项性能指标，都是在今后吊装过程中所必须的

(3) 吊车选型计算：

起重设备的选择，首先要确定三要素：起重量、起重高度以及起重半径。确定好三要素后，再根据工程类别、场地条件等确定选用塔式起重机还是汽车吊或是履带吊。然后再根据上述三要素进行起重设备性能确定。

第一部分 技术准备

4 常见起重设备选型

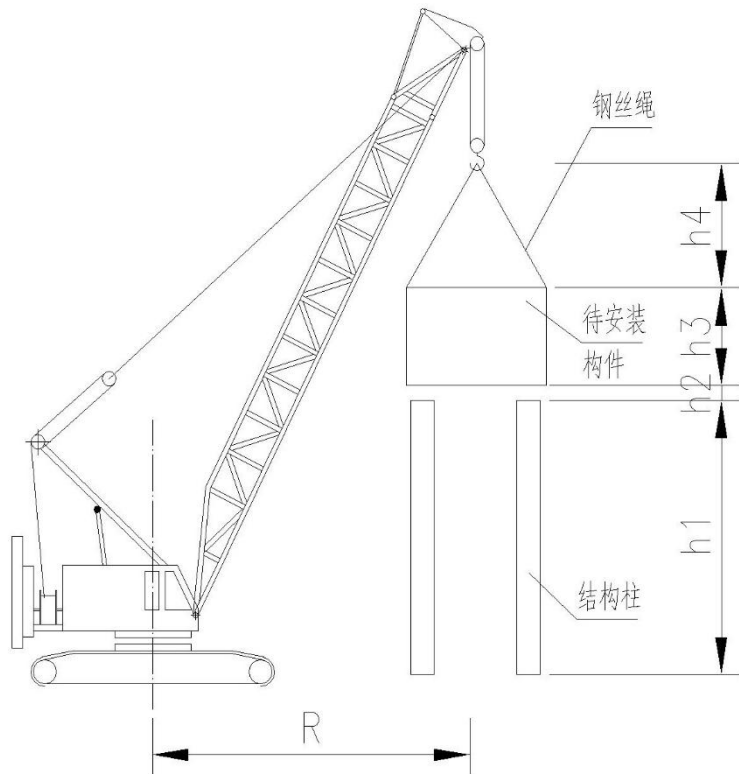
选好吊车站位（塔吊布置位置），确定构件吊装剖面图（如右），从而确定吊车起重高度： $H=$

$$h_1+h_2+h_3+h_4$$

h_1 : 构件安装高度， h_2 : 安装间隙，一般 $0.3\sim 0.5$ 米。 h_3 : 绑扎点到构件底面高度； h_4 : 索具高度。

根据吊车站位以及待安装构件实际安装位置确定起重设备的吊装半径 R =构件重心到吊车轴心之间的距离。

根据起重半径和起重高度计算所需吊车臂长。



第一部分 技术准备

4 常见起重设备选型

查找初选设备的参数表，按照起重半径R以及所需臂长，确定该条件下的最大起重能力Q，如果Q大于构件重量加上索具之和，说明初选设备满足要求。如果Q小于构件重量加上索具之和，说明初选设备不满足要求，需要加大设备型号。直到满足要求为止。

汽车吊，塔吊，履带吊选择方法相同。

重型主臂起重量表 配重 125t 车身压重 50t

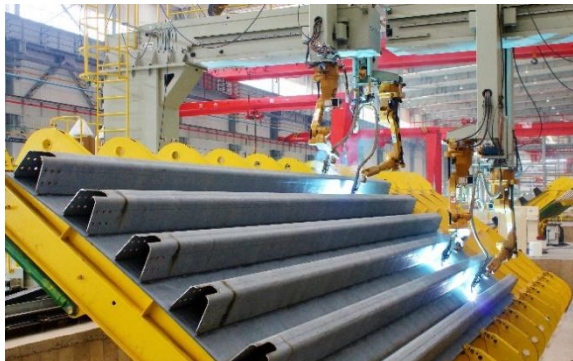
幅度	主臂长度												
	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	
5.0	350	300.0											
6.0	300.0	295.0	290.0	282.0									
7.0	260.7	259.1	259.1	258.8	247.5								
8.0	228.9	227.5	226.5	225.1	224.2	211.2	184.0						
9.0	201.9	200.5	199.5	198.3	197.4	196.0	172.7	155.0	147.0	134.3			
10.0	180.2	179.0	178.9	176.9	176.6	176.8	166.7	140.4	134.2	128.3	119.2	104.0	
11.0	160.0	160.0	160.0	155.5	150.0	145.0	140.0	136.0	126.0	117.2	112.1	102.0	
12.0	144.4	148.0	149.0	141.4	137.5	135.3	134.3	133.3	116.2	107.0	103.0	99.0	
14.0	115.1	118.0	118.0	118.2	113.1	108.1	106.1	105.0	103.0	98.4	88.9	84.8	
16.0	95.4	98.0	98.0	97.0	97.0	90.9	93.0	88.9	87.9	86.7	83.1	74.7	
18.0	80.0	83.0	83.0	81.8	81.8	76.8	79.0	75.8	74.7	74.5	73.4	69.9	
20.0		72.0	71.0	70.7	70.7	70.7	69.7	67.0	65.7	63.2	63.2	62.2	
22.0		64.0	62.5	62.6	61.6	61.6	61.0	59.5	58.6	56.6	55.1	54.1	
24.0			60.0	57.6	56.6	55.6	55.6	54.5	53.5	53.0	52.5	51.0	
26.0			56.5	54.0	53.0	52.5	52.0	52.0	51.5	51.5	51.0	50.7	

第二部分 钢结构焊接连接工艺

1 焊接工艺-简介

焊接是通过加热或加压或两者兼用，还可以选用填充材料，使焊件达到原子结合的一种加工方法。

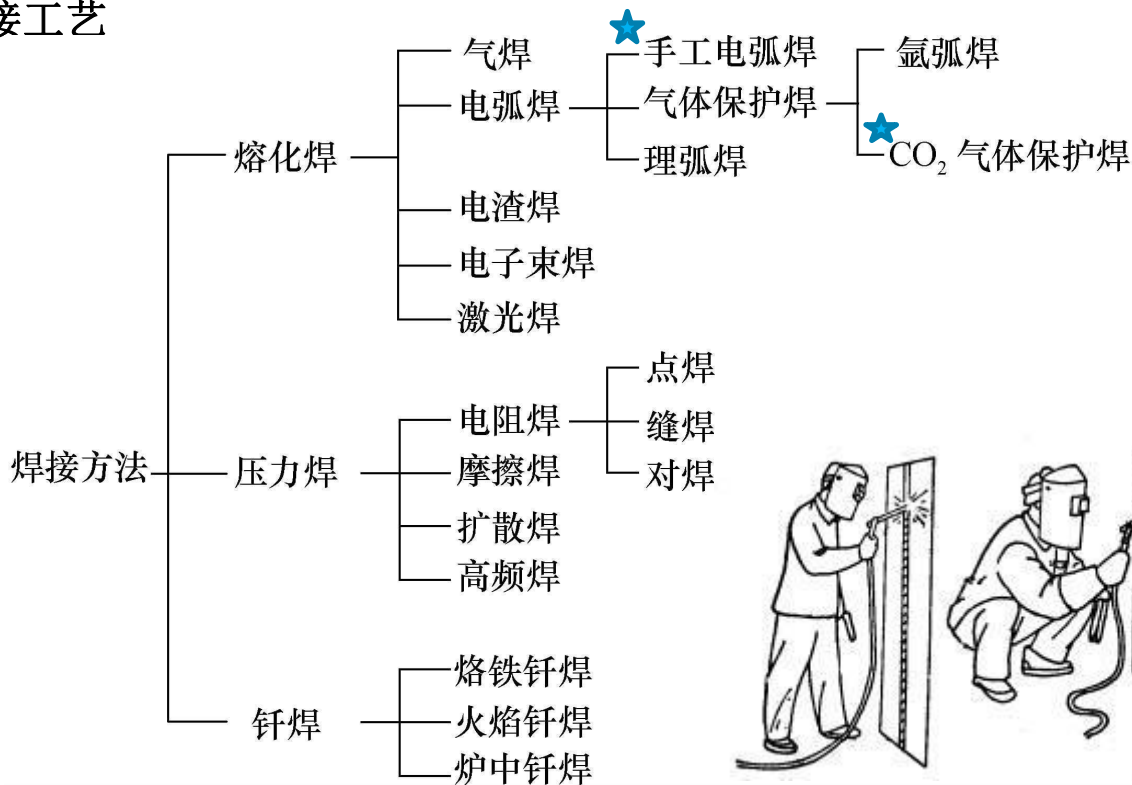
焊接技术是钢结构工程的关键技术之一。焊接连接是钢结构工程中一种重要的连接方式，在以焊接连接作为主要连接方式的钢结构工程中，焊接工时约占钢结构主体建造工时的30%-40%，焊接成本占钢结构建造成本的20%-40%。因此焊接质量是评价钢结构工程质量的重要指标，而钢结构工程中采用何种焊接方法、焊接工艺，具有十分重要的意义。



第二部分 钢结构焊接连接工艺

1 焊接工艺-分类

钢结构焊接方法多种多样，现场施工中最常用二氧化碳气体保护焊及手工电弧焊。



第二部分 钢结构焊接连接工艺

1 焊接工艺-常用焊接方法对比

(1) 手工电弧焊优缺点:

优点: 设备简单, 维护方便; 不需要辅助气体防护。焊接过程中产生保护气体, 并且具有极强的抗风性; 操作灵活, 适应性强。凡是焊条能够达到的地方都能进行焊接; 应用范围广。

缺点: 对焊工的操作技术要求高, 培训费用大; 生产效率低。

(2) 二氧化碳气体保护焊优缺点:

优点: 焊接成本低。综合焊接成本约为埋弧自动焊或焊条电弧焊的40%; 生产效率高, 约为焊条电弧焊的2-4倍; 操作简便。

缺点: 辅助设备较多, 维护不易; 焊接飞溅多。



第二部分 钢结构焊接连接工艺

1 焊接工艺-大风及低温焊接保证措施

① 风力超过4级，应采取挡风措施（搭设防风棚等）。

② 在环境温度低于 5°C 条件下进行电弧焊时，除遵守常温焊接的有关规定外，应调整焊接工艺参数，采用焊前预热及焊后保温等措施使焊缝和热影响区缓慢冷却。并且焊后未冷却的接头，应避免接触到冰雪。

③ 对于需要进行焊前预热或焊后热处理的焊缝，其预热温度或后热温度应符合国家现行有关标准的规定或通过工艺试验确定。预热区在焊道两侧，每侧宽度均应大于焊件厚度的1.5倍以上，且不应小于100 mm；后热处理应在焊后立即进行，保温时间应根据板厚按每25 mm板厚1h确定。

注：焊接预热可降低热影响区冷却速度，对防止焊接延迟裂纹的产生有重要作用，焊缝后热处理主要是对焊缝进行脱氢处理，以防止冷裂纹的产生，后热处理的时机和保温时间直接影响后热处理的效果，因此应在焊后立即进行，并按板厚适当增加处理时间。



第二部分 钢结构焊接连接工艺

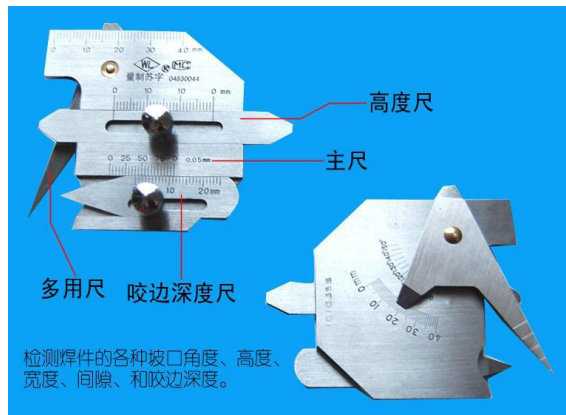
1 焊接工艺-质量控制要点

①焊接材料应符合设计要求和有关标准的规定，应检查质量证明书及烘焙记录；

②焊工必须经考试合格，检查焊工相应施焊条件的焊工证及考核日期；

③ I、II级焊缝必须由有资质实验室按比例探伤检验（I级100%、II级20%），检测结果应符合设计要求和施工及验收规范的规定，并出具探伤报告；

④焊缝表面 I、II级焊缝不得有裂纹、焊瘤、烧穿、弧坑等缺陷。II级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑、裂纹、电弧擦伤等缺陷，且 I级焊缝不得有咬边、未焊满等缺陷。



第二部分 钢结构焊接连接工艺

2 栓钉-简介

栓钉属于一种高强度刚度连接的紧固件，用于各种钢结构工程中，在不同连接件中起刚性组合连接作用。栓钉全称为电弧螺柱焊用圆柱头焊钉（英文**Cheese head studs for arc stud welding**）的简称。栓钉是楼面梁同钢筋砼楼板起组合连接作用的连接件，也常用于钢结构预埋件以增强预埋件与混凝土咬合力。安装时常采用拉弧型栓钉焊机和焊枪，并使用去氧弧耐热陶瓷座圈。

压型钢板与砼组合的楼板已广泛用于房屋建筑与工业建筑的楼面、屋面等工程中，这种形式的组合楼板主要是通过栓钉穿透压型钢板焊接在钢结构上，浇筑完砼后将组合楼板与钢结构连接为一个整体，栓钉为抗剪连接件，起着非常重要的作用。



第二部分 钢结构焊接连接工艺

2 栓钉-焊接工艺

(1) 栓钉施工工艺特点：栓钉的电弧焊接是在瓷环的保护下进行的，它要求栓焊在极短的时间内引弧、焊接、成型。

(2) 施工准备：安装前先放线，定出栓钉的准确位置，并对该点进行除锈、除漆、除油污处理，以露出金属光泽为准，并使施焊点局部平整。

(3) 保护瓷环准备：将保护瓷环摆放就位，瓷环要保持干燥。焊后要清除瓷环，以便于检查。

(4) 栓钉焊接：施焊人员平稳握枪，并使枪与母材工作面垂直，然后施焊。焊后根部焊脚应均匀、饱满，以保证其强度达到要求。



第二部分 钢结构焊接连接工艺

2 栓钉-检验

栓钉施工检验方法：

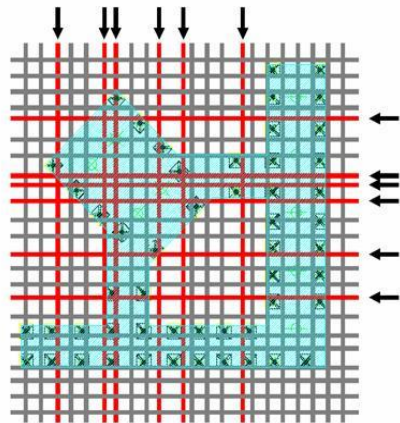
序号	类别	具体内容
1	外观检验	焊接完毕，用尖头手锤敲击每个栓钉，脱掉瓷环进行外观检查。不应有未熔透、咬边及磁偏吹
2	弯曲试验	对焊层不完善的栓钉，用手锤敲击时发出空鼓声的栓钉，对焊钉抽取单个构件总数的 1% 进行打弯 30° 试验，将缺陷露出，如被弯栓钉未出裂纹，则认为此栓钉合格。
3	施焊记录	每层段施焊完做一次验收，以便下一工序开始。

第三部分 钢结构紧固连接工艺

1 柱脚锚栓安装

(1) 锚栓与钢筋定位分析:根据施工图纸,对照锚栓和钢筋布置位置,分析锚栓与钢筋定位是否冲突,若定位不冲突,可以先施工钢筋再施工锚栓,若定位冲突,则需要先施工锚栓再施工钢筋,并调整钢筋定位以避免锚栓。

(2) 设计锚栓支架:结构形式简单的锚栓可直接固定在钢筋骨架上。结构形式复杂的锚栓需设计型材支架,特别复杂的柱脚可设计两层定位板以确保锚栓精度,顶层定位板在混凝土浇筑完成后拆除。锚栓支架设计时需建模放样,确保锚栓、支架、钢筋不发生碰撞。



第三部分 钢结构紧固连接工艺

1 柱脚锚栓安装

(3) 支架安装、锚栓安装: 支架埋件需在基础垫层浇筑前预埋到位, 底部钢筋绑扎前, 将支架与底部埋件焊接连接, 顶部钢筋绑扎前, 锚栓安装到位, 顶部钢筋绑扎完成后, 将支架与钢筋骨架连成整体。

(4) 成品保护: 锚栓顶部应用胶带缠绕封闭, 保护锚栓丝扣, 防止混凝土及后续施工作业造成污染。

混凝土浇筑完成后, 应对锚栓位置进行复核, 有偏差的应在混凝土初凝前调整到位。



第三部分 钢结构紧固连接工艺

2 普通螺栓-简介

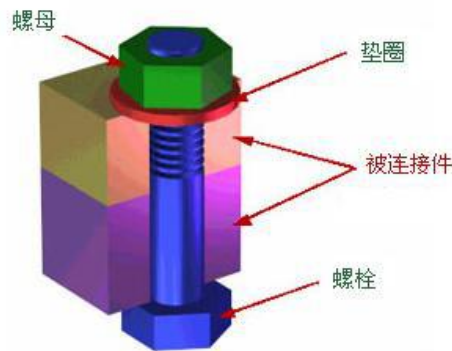
普通螺栓主要分粗制螺栓连接和精制螺栓连接。按制作精度可分为A、B、C级三个等级，A、B级为精制螺栓，C级为粗制螺栓，钢结构用连接螺栓，除特殊说明外，一般即为普通粗制C级螺栓。



第三部分 钢结构紧固连接工艺

2 普通螺栓-安装控制要点

- ①对一般的螺栓连接，螺栓头和螺母下面应放置平垫圈，以增大承压面积。
- ②螺栓头下面放置的垫圈一般不应多于2个，螺母头下的垫圈一般应多于1个。
- ③对于设计有要求放松的螺栓、锚固螺栓应采用有放松装置的螺母或弹簧垫圈，或用人工方法采取放松措施。
- ④对于承受动荷载或重要部位的螺栓连接，应按设计要求放置弹簧垫圈，弹簧垫圈必须设置在螺母一侧。
- ⑤对于工字钢、槽钢应尽量使用斜垫圈，使螺母和螺栓头部的支承面垂直于螺杆。
- ⑥永久性普通螺栓紧固应牢固、可靠，穿入方向一致，外露丝扣不应少于2扣。



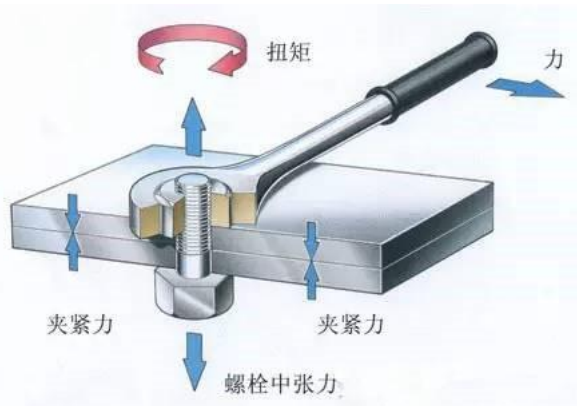
第三部分 钢结构紧固连接工艺

3 高强螺栓-简介

高强度螺栓连接形式广泛应用于建筑钢结构，与焊接连接一样均为钢构件连接的主要连接方式。

高强度螺栓通俗来讲是由高强度钢制成，不可重复使用，一般工程中以8.8级和10.9级为主。其与普通螺栓最明显的区别在于其能够承受更高强度外部压力，而不易变形、折断。

高强度螺栓除了其材料强度很高之外，还在安装过程中对螺栓施加很大的预拉力，使连接构件间产生挤压力，从而使垂直于螺杆方向有很大摩擦力。其承载力受预拉力、抗滑移系数和钢材种类直接影响。



第三部分 钢结构紧固连接工艺

3 高强螺栓-分类

按其受力状况主要分为：摩擦型和承压型两种。

按施工工艺分为：大六角高强螺栓和扭剪型高强螺栓两种。

①扭剪型高强螺栓：

由一个高强度螺栓、一个螺母和一个垫圈组成扭剪型高强螺栓连接副。

②大六角高强螺栓：

由一个高强度螺栓、一个螺母和两个垫圈可组成高强度螺栓连接副。



第三部分 钢结构紧固连接工艺

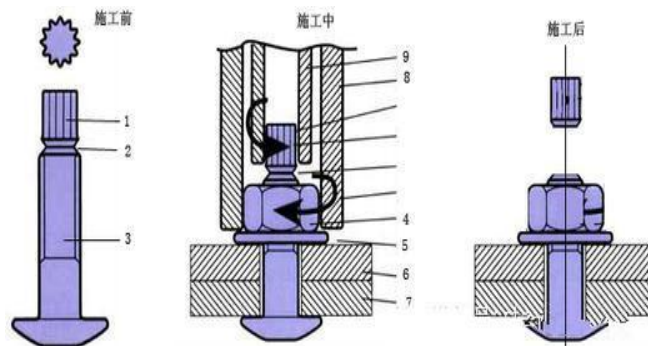
3 高强螺栓-安装

①扭剪型高强螺栓安装：进行扭剪型高强度螺栓连接副安装时，应仅在螺母一侧加一个垫圈。初拧扭矩值计算公式为： $T_c=0.065 \cdot P_c \cdot d$ 。式中 T_c 为初拧扭矩值

($N \cdot m$)； P_c 为施工预拉力 (kN)； d 为高强度螺栓螺纹直径 (mm)。终拧采用专用扳手将尾部梅花头拧断为止。质量检查的重点应放在施工过程的监督检查。

②大六角高强螺栓安装：进行大六角头高强度螺栓连接副安装时，螺栓两边应各加一个垫圈。初拧扭矩值为终拧扭矩值的50%，复拧扭矩值等于终拧扭矩值，终拧扭矩值计算公式为： $T_c=K \cdot P_c \cdot d$ 。式中 T_c 为终拧扭矩值

($N \cdot m$)； K 为扭矩系数； P_c 为施工预拉力 (kN)； d 为高强度螺栓螺纹直径 (mm)。施拧采用扭矩扳手，每次使用前应进行扭矩校正。



第三部分 钢结构紧固连接工艺

3 高强螺栓-检验

高强螺栓施工检查方法



序号	施工检查
1	指派专业质检员按照规范要求对整个高强度螺栓安装工作的完成情况进行认真检查，将检验结果记录在检验报告中，检查报告送到项目质量负责人处审批。
2	扭剪型高强度螺栓终拧完成后进行检查时，以拧掉尾部为合格，螺栓丝扣外露应为 2-3 扣，其中允许有 10% 的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣。
3	对于因构造原因而必须用扭矩扳手拧紧的高强度螺栓，则使用经过核定的扭矩扳手用转角法进行抽验。
4	扭剪型高强度螺栓连接副终拧后，除因构造原因无法使用专用扳手终拧掉梅花头者外，未在终拧中拧掉梅花头的螺栓数不应大于该节点螺栓数的 5%。
5	高强度螺栓安装检查在终拧 1h 以后、24h 之前完成。
6	对采用扭矩扳手拧紧的高强度螺栓，终拧结束后，检查漏拧、欠拧宜用 0.3~0.5kg 重的小锤逐个敲检，如发现欠拧、漏拧应补拧；超拧应更换。
7	做好高强度螺栓检查记录，经整理后归入技术档案。

施工工艺

第三部分 钢结构紧固连接工艺

4 化学锚栓-简介

化学锚栓是一种新型的紧固材料，由化学药剂与金属杆体组成的。用于在已建成的混凝土结构上安装其他结构的连接件。可用于各种钢结构、幕墙、大理石干挂施工中的后加埋件安装，也可用于设备安装，公路、桥梁护栏安装，建筑物加固改造等场合。



第三部分 钢结构紧固连接工艺

4 化学锚栓-原理

化学锚栓是继膨胀锚栓之后出现的一种新型锚栓，是通过特制的化学粘接剂，螺杆胶结固定于砼基材钻孔中，以实现对固定件锚固的复合件。因为化学锚栓的抗拔承载力较大，可替代埋件锚筋，常用在施工现场忘记安装钢结构预埋件但混凝土已浇筑完成，用后加的化学锚栓埋件来补救。



第三部分 钢结构紧固连接工艺

4 化学锚栓-规格

不同规格型号化学锚栓的所能承受的承载力也不同。

下图所示不同直径的化学锚栓承载力。（不同厂家产品略有差异）

单个化学锚栓锚固力极限标准值见下表

型号	埋深(mm)	受拉承载力极限标准值 (KN)					受剪承载力极限标准值 (KN)				
		C20	C30	C40	C50	C60	C20	C30	C40	C50	C60
M10	90	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8
M12	110	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
M16	130	60.5	76.0	76.0	76.0	76.0	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1
M20	170	94.5	118.0	118.0	118.0	118.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0
M24	210	135.0	170.0	170.0	170.0	170.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
M30	280	220.0	272.0	272.0	272.0	272.0	135.2	135.2	135.2	135.2	135.2

第三部分 钢结构紧固连接工艺

4 化学锚栓-安装步骤

①根据设计要求，现场放线确定在基材（如混凝土）中相应钻孔位置。

②用冲击钻或水钻钻孔。孔径、孔深及螺栓直径应根据不同厂家规格由专业技术人员在现场试验确定。



安装数据

型号	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M30
最小基材厚度 (mm)	100	130	160	170	180	200	220	240	260	330
钻孔直径 (mm)	10	12	14	16	18	22	24	24	28	35
钻孔深度 (mm)	80	90	110	120	130	150	170	190	210	280
胶管长度 (mm)	75	85	105	115	125	145	165	4/5	205	275
金属螺杆长度 (mm)	110	130	160	175	190	230	260	280	300	380
最大扭紧扭矩 (Nm)	13	20	30	45	60	90	120	160	200	400

← 示例

(不同厂家安装数据不同)

第三部分 钢结构紧固连接工艺

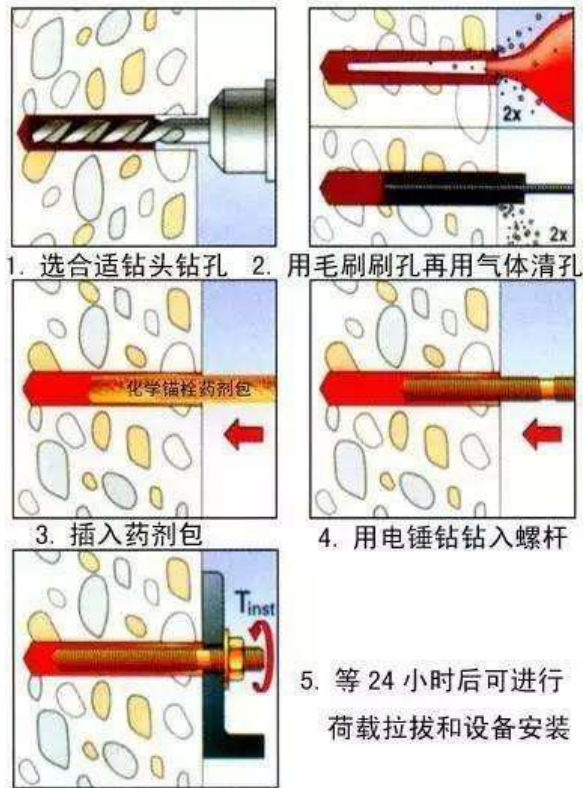
4 化学锚栓-安装步骤

③用专用气筒、毛刷或压缩空气机清理钻孔中的灰尘，建议重复进行不少于3次，孔内不应有灰尘与水。

④保证螺栓表面洁净、干燥、无油垢。

⑤确认玻璃管锚固包无外观破损、药剂凝固失效等异常现象，将其圆头朝外放入锚固孔并推至孔底。

⑥使用电钻及专用安装夹具，将螺杆强力旋转插入直至孔底，当旋至孔底或螺栓上标志位置时，立刻停止旋转，取下安装夹具，凝胶后至完全固化前避免扰动。超时旋转会导致胶液流失，影响锚固力。（旋转时间不应超过30秒，转速不应低于300转/分，不大于750转/分，螺栓推进速度约为2cm/秒，不允许采用冲击方式。）



第四部分 钢结构涂装施工工艺

1 防腐涂料-简介

涂装的意义：良好的涂装施工能够提升企业信誉及企业形象。而涂层脱落、涂装质量不合格会严重影响构建使用寿命，并对公司形象产生恶劣影响。

在钢结构整个涂层体系中，底漆、中间漆均为防腐涂层，其中底漆可采用有电化学防腐功能的无机富锌底漆/环氧富锌底漆，亦可采用物理防腐性能优良的改性环氧底漆。中间漆通常为兼容性良好的物理防腐涂层。

小知识：

物理防腐：涂层使得金属表面与空气隔绝。

电化学防腐：利用原电池原理，为受保护金属添加阴极保护。通常在涂层中添加锌粉等低电位金属作为牺牲阳极，或为钢构件添加外加电流。



第四部分 钢结构涂装施工工艺

1 防腐涂料施工-表面处理

(1) 表面处理方法：为了保证涂装质量，根据不同需要可以分别选用以下除锈工艺。

油污清除方法：根据工件的材质、油污的种类等因素来决定，通常采用溶剂清洗或碱液清洗。清洗方法有槽内浸洗法、擦洗法、喷射清洗和蒸气法等。

表面除锈方法：根据要求不同可采用手工除锈、机械除锈、喷射除锈、酸洗除锈等方法。各种除锈方法的特点见下表：

除锈方法	设备工具	优点	缺点
手工、机械	砂布、钢丝刷、铲刀、尖锤、动力砂轮机、动力钢丝刷等	工具简单、操作方便、费用低	劳动力强度大、效率低、质量差、只能满足一般的涂装要求
抛丸	空气压缩机、抛丸机、油水分离器等	工作效率高、除锈彻底、能控制质量、获得不同要求的表面粗糙度	设备复杂、需要一定操作技术、劳动强度较高、费用高、污染环境
酸洗	酸洗槽、化学药品等	效率高、使用大批件、质量较高、费用较低	污染环境、废液不易处理、工艺要求较严

第四部分 钢结构涂装施工工艺

1 防腐涂料施工-表面处理

(2) 表面处理质量控制要点:

① 表面处理等级: 目视检查是否达到Sa2.5/St3级别。

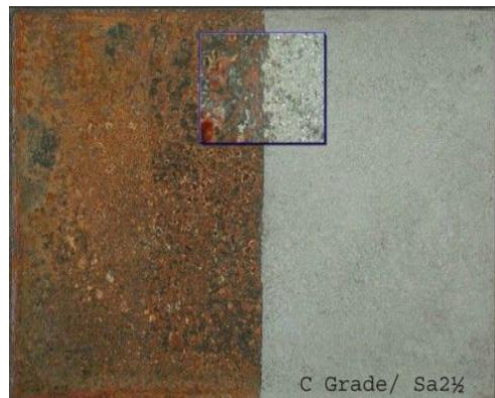
Sa2.5: 在不放大的情况下进行观察时, 表面应无可见的油脂和污垢, 并且没有氧化皮、铁锈、油漆涂层和异物。残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑。

St3: 在不放大的情况下进行观察时, 表面应无可见的油脂和污垢, 并且几乎没有附着不牢的氧化皮、铁锈、油漆涂层和异物, 表面应具有金属底材的光泽。

② 除锈表面清洁度: 通过标准对比卡/复制胶带进行检测表面污染物, 洒水法检验或按GB/T13312-97(验油试纸法)检验表面油污;

③ 除锈表面粗糙度: 通过数字粗糙度仪/标准对比板进行检测;

④ 环境控制: 通过温度计, 湿度计等仪器。



第四部分 钢结构涂装施工工艺

1 防腐涂料施工-涂装

(1) 涂料涂装方法：正确合理的选择涂装方法是涂装施工管理工作的重要组成部分，对保证涂装质量、施工进度、节约材料和降低成本有很大的作用。常见涂装施工方法如下：

施工方法	使用涂料的特性			被涂物	使用工具或设备	主要优缺点
	干燥速度	黏度	品种			
刷涂法	干性较慢	塑性小	油性漆酚醛漆醇酸漆等	一般构件及建筑物，各种设备管道等	各种毛刷	投资少，施工方法简单，使于各种形状及大小面积的涂装；缺点是装饰性较差，施工效率低
手工滚涂法	干性较慢	塑性小	油性漆酚醛漆醇酸漆等	一般大型平面的构件和管道等	滚子	投资少、施工方法简单，使用大面积物的涂装；缺点是装饰性较差，施工效率低
浸洗法	干性适当，流平性好，干燥速度适中	触变性好	各种合成树脂涂料	小型零件、设备和机械部件	浸漆槽、离心及真空设备	设备投资较小，施工方法简单，涂料损失少，适用于构造复杂构件；缺点是流平性不太好，有流挂现象，污染现场，溶剂易挥发
空气喷涂法	挥发快和干燥适中	黏度小	各种硝基漆、建筑乙烯漆、聚氨酯漆等	各种大型构件及设备管道	喷枪、空气压缩机、油水分离器等	设备投资较小，施工方法较复杂，施工效率较涂刷法高；缺点是消耗溶剂量大，污染现象、易引起火灾

第四部分 钢结构涂装施工工艺

1 防腐涂料施工-涂装

(2) 涂料涂装质量控制要点：

- ① 油漆干膜厚度：通过数字膜厚仪进行检测，如厚度低于原定标准，最低膜厚需大于原定标准之85%，且厚度不足部分面积的总和不可大于总面积的15%；
- ② 油漆附着力：按照规定在构件表面进行划格附着力检测；
- ③ 不同种类油漆之间都进行涂料兼容性测试；
- ④ 涂装环境控制：通过温度计，湿度计等仪器；
- ⑤ 每种涂料均需提供合格证及检验报告；
- ⑥ 油漆在配制时，比例控制适当；
- ⑦ 涂装时间间隔、涂装温度及湿度、钢材表面温度及露点等必须满足施工要求；
- ⑧ 项目部可根据使用要求选择将涂料送至有资质的检测部门进行第三方检测，如涂料的机械性能（柔韧性能、耐磨性能、耐冲击力性能）、环保性能、锌粉（或金属锌）含量测试等。



第四部分 钢结构涂装施工工艺

2 防火涂料-简介

钢结构耐高温性能差是重要缺陷之一，为了弥补这一缺陷最常使用的方法便是涂装钢结构防火涂料。

钢结构防火涂料按基料的不同可分为有机类和无机类两大类；按使用场地不同可分为室外型和室内型两大类；

根据其涂层的厚度和性能特点GB14907-2018规定：干膜厚度 $D \leq 3\text{mm}$ 超薄型， $7\text{mm} > D > 3\text{mm}$ 薄型， $45\text{mm} > D > 7\text{mm}$ 厚型。

结合多年施工经验和业内反馈，厚型防火涂料常常出现空鼓、开裂、脱落等严重质量问题，且施工工序复杂、工期长、经济性较差。因此工程选材应尽量避免采用厚型防火涂料，除有特殊要求外如设计指定采用厚型防火涂料可与之沟通变更为具有同等耐火性能的薄型防火涂料等其他产品。



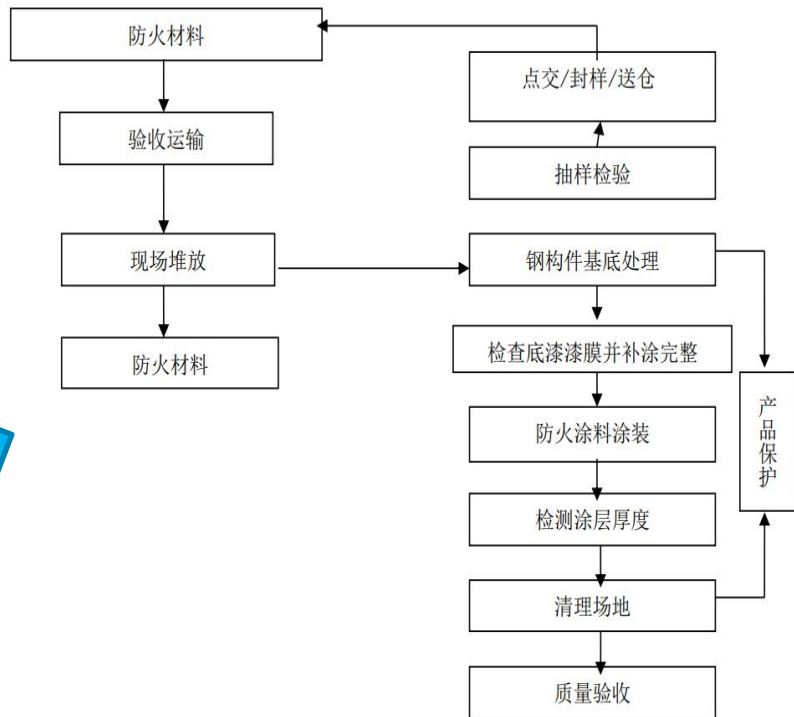
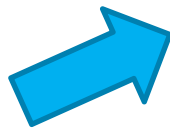
第四部分 钢结构涂装施工工艺

2 防火涂料-施工流程

涂料涂装整体施工流程：

表面处理—底漆涂装—防火层涂装—面漆涂装（室外防水或者室内外防腐蚀、装饰效果要求）。

防火涂料施工流程图



第四部分 钢结构涂装施工工艺

2 防火涂料-厚型防火涂料施工

厚型防火涂料施工常用方法如下：

A-搅拌出来的防火涂料在1小时内全部用完；

B-每次涂抹防火涂料的厚度控制在5~10mm以内；

C-第一次涂抹防火涂料与第二次涂抹防火涂料在前一道涂层基本干燥后，在施涂后一道，间隔时间为12小时（气温20℃时）根据环境温湿度不同其间隔时间作相应的调整；

D-抹涂最后一层防火涂料时挂纤维网，要求无明显凹凸，表面平整1m平整误差不大于0.5cm；

E-每层防火涂料涂抹后，及时测量涂层厚度，确保防火涂料涂层厚度和质量；

F-待防火涂料干燥后，在防火涂料表面进行刮腻子平整处理，每遍腻子1-2mm，待腻子干燥后再进行打磨，打磨平整后方可涂刷面漆。

（重涂间隔：根据气候条件，每次间隔12-24小时涂刷一遍。）



第四部分 钢结构涂装施工工艺

2 防火涂料-厚型防火涂料质量控制

厚型防火涂料质量控制要点：

- ① 涂层厚度符合设计要求。如厚度低于原定标准，但大于原定标准之85%，且厚度不足部分之连续面积的长度不大于1m，并在5m范围内不再出现类似情况；
- ② 不同种类油漆之间均进行涂料兼容性测试；
- ③ 涂层确保完全闭合，不应出现露底、漏涂；
- ④ 涂层不出现裂纹，如有个别裂纹，其宽度不可大于1mm且1m内不能多于3条；
- ⑤ 涂层与钢基材之间和各涂层之间，粘接牢固，无空鼓、脱层和松散等情况；
- ⑥ 涂层表面无乳突，有外观要求的部位，母线垂直度和失圆度允许偏差不可大于8mm；
- ⑦ 每使用500t或不足500t厚型防火涂料抽检一次粘结强度抗压强度；
- ⑧ 具体质量要求参照《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）、《建筑钢结构防火技术规程》（CECS200:2006）且涂料均需提供合格证及检验报告。

第四部分 钢结构涂装施工工艺

2 防火涂料施工-薄型（超薄型）防火涂料施工

薄型（超薄型）防火涂料常用施工方法：

①由于防火涂料一般较粗糙，宜采用自重式喷枪，配自动调压0.4-0.6Mpa；局部修补和小面积施工，可用刷涂、喷涂或滚涂，用其中一种或多种方法方便地施工。如人工涂刷，涂刷道数应增加。

②喷涂时每遍厚度不超过0.5mm，晴朗天气情况下，每间隔8小时（具体时间由涂料固化时间确定）喷涂一次。喷涂后一道涂料时，必须在前道表干后，再喷涂后一道。人工喷涂每道厚度较薄，按照厚度，测算道数。

③根据被涂钢结构的耐火时间要求和所选涂料耐火性能试验确定相应的涂层厚度。



第四部分 钢结构涂装施工工艺

2 防火涂料施工-薄型（超薄型）防火涂料质量控制

薄型（超薄型）防火涂料质量控制要点：

- ①涂层表面平整，无色差，无漏涂；
- ②不同种类油漆之间均进行涂料兼容性测试。
- ③表面裂纹宽度不可大于0.5mm且1m内不能多于1条。
- ④涂层不误涂、漏涂，涂层无脱层和空鼓。
- ⑤涂层颜色均匀、轮廓清晰、接搓平整，无凹陷\粉化，粘结牢固，松散和浮浆，乳突已剔除。
- ⑥涂层厚度符合设计要求。如厚度低于原定标准，最低膜厚需大于原定标准之85%，且厚度不足部分面积的总和不可大于总面积的15%。
- ⑦每使用100t或不足100t薄涂型防火涂料抽检一次粘结强度抗压强度。
- ⑧具体质量要求参照《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）、《建筑钢结构防火技术规程》（CECS200:2006）且涂料均需提供合格证及检验报告。



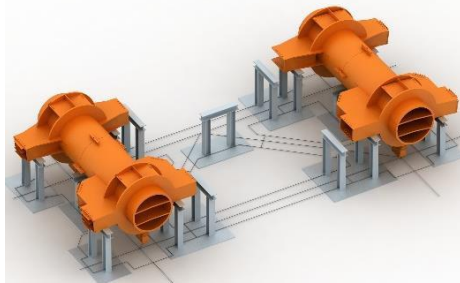
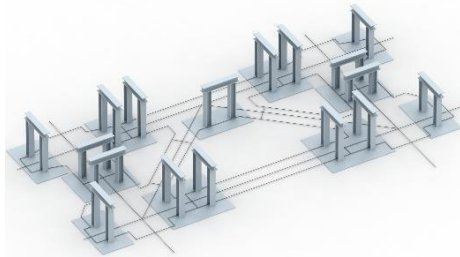
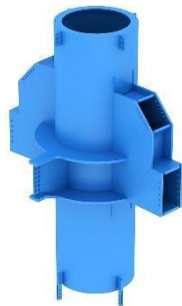
第五部分 钢结构安装

1 加工厂预拼装

(1) 部件制作:对需预拼的多个构件,独立制作,并逐一按照深化图纸质检合格,等待预拼。

(2) 放地样设置胎架:根据构件形式设计胎架尺寸和样式,方便构件放置和检验。胎架应具有足够的刚度和稳定性,地样为构件主要控制点的轮廓,控制点应尽可能多取。地样划线后,需检验合格方可使用。

(3) 主构件上胎架预拼:按照制定的预拼顺序,先将主要构件吊装至胎架上,根据控制点调整到位后,点焊固定,防止预拼过程被碰撞后移位,影响预拼精度。

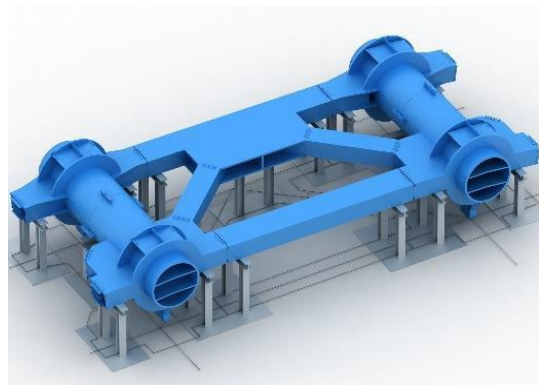
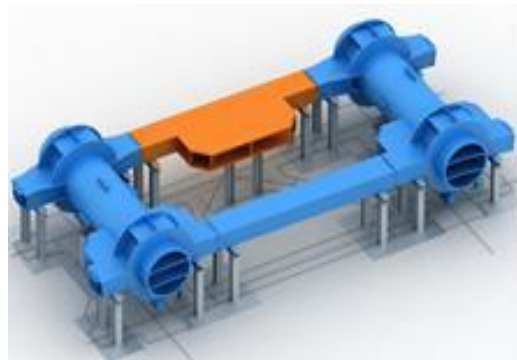


第五部分 钢结构安装

1 加工厂预拼装

(4) 次构件依次上胎架预拼：按照制定的预拼顺序，将剩余次要构件吊装上胎架，对照地样调整到位后，点焊固定。

(5) 预拼终检：所有构件均顺利就位后，对整个预拼构件进行焊缝间隙、对口精度、角度、尺寸等检查，确保整体精度满足图纸和规范要求。预拼完成，将多个构件拆分，进入下一道工序。



第五部分 钢结构安装

2 钢柱安装

(1) 安装准备:钢柱安装前应进行构件验收,确保构件质量满足要求。在钢柱上设置钢爬梯、防坠器、柱顶操作平台挂耳。钢柱底部设置安装夹板、连接螺栓。设置吊装钢丝绳和卡环。在安装位置准备好气体、焊机、割枪、扳手、撬棍等工具材料和设备。如有必要,搭设操作平台。

(2) 起吊控制:钢柱一般采用一档起吊,吊起后往柱脚方向移动,不得在地面拖拉构件。构件调离地面 1m 左右时暂停起吊,观察吊装是否正常,确认无问题后,逐步增档加速起吊。严格遵守“十不吊”原则,吊装过程密切注意钢柱的空中稳定状态。



第五部分 钢结构安装

2 钢柱安装

(3) 吊装就位: 吊装构件在就位区域上空约 1m 时应暂停, 待构件稳定后采用 1 档或点动下钩, 同时对孔位和构件稳定性进行微调, 钢柱即将靠近就位高度时暂停, 待孔位对齐后缓慢点动就位。

(4) 临时固定: 钢柱就位后, 采用撬棍微调耳板与连接板的同心度, 穿入螺栓, 分次拧紧牢固后, 拉设和固定钢柱缆风绳临时固定, 然后利用防坠器与安全带, 通过钢爬梯攀爬到柱顶解钩。



第五部分 钢结构安装

2 钢柱安装

(5) 测量矫正:钢柱可通过缆风绳配合葫芦矫正,也可以在柱脚设置千斤顶矫正。矫正后,钢柱及牛腿标高、轴线定位、垂直度、对接口焊缝间隙、错边错口情况应满足设计要求。焊前、焊后和混凝土浇筑后均应进行钢柱测量,以确保安装精度。

(6) 焊接探伤:焊接前,需设置焊接接火防风措施,安装焊接垫板、引弧板和止弧板。用烤枪进行焊前预热,去湿去潮。根据焊接工艺进行钢柱焊接,24h 后进行探伤检查,合格后移交下道工序。

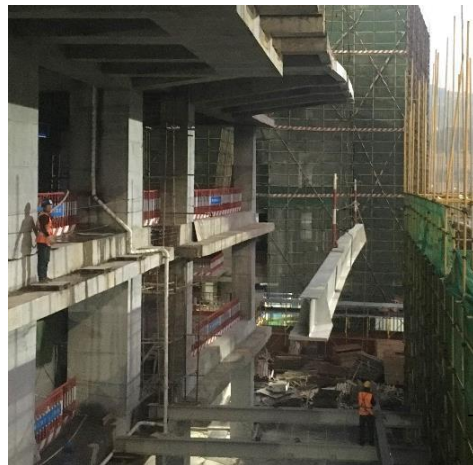
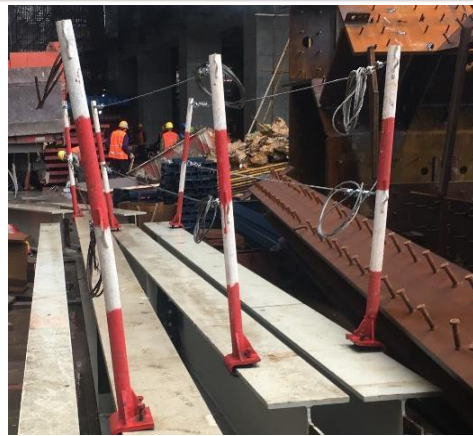


第五部分 钢结构安装

3 钢梁安装

(1) 安装准备:钢梁进场后应进行构件验收,确保构件质量满足要求。在钢梁上设置立杆式双道安全绳、溜绳,端部设置码板、安装夹板、连接螺栓,并设置吊装钢丝绳和卡环,捆绑吊装时需设置包铁保护钢丝绳。

(2) 起吊控制:钢梁的起吊控制与钢柱相同,由于钢梁较长,在起吊过程中必须密切观察垂直通道周边情况和窜动摆幅距离,特别是操作不当或受风力影响时,摆幅过大或视线不清应停止吊装,待稳定后再缓慢起动提升或摆臂转动,避免发生碰撞。采用串吊吊装时,应认真检查每副钢绳节点是否牢固,串吊重量不得超负荷,钢梁相隔距离不少于 2m。



第五部分 钢结构安装

3 钢梁安装

(3) 钢梁安装: 吊装钢梁距离就位区域 2~3m 高度时应暂停, 通过溜绳对钢梁方向和摆幅晃动进行微调稳定控制。

稳定后采用点动缓慢下降, 就位后及时将连接板与临时连接螺栓连接固定。

(4) 测量矫正连接施工: 对钢梁进行测量矫正, 确保标高、定位、水平度满足要求后, 紧固钢梁高强螺栓或焊接固定。



第五部分 钢结构安装

4 钢桁架安装

(1) 钢梁安装:钢桁架应在工厂进行预拼装,运至现场后再分块拼装成整体,弦杆上设置立杆式双道安全绳、溜绳,下弦杆上设置安全通道。在腹杆上设置钢爬梯、防坠器。在构件端部设置码板、安装夹板、连接螺栓,吊装钢丝绳和卡环,捆绑吊装时需设置包铁保护钢丝绳。

(2) 起吊控制:钢桁架分片吊装的起吊控制与钢柱、钢梁的工艺相同,具体参照钢柱、钢梁施工工艺。



第五部分 钢结构安装

4 钢桁架安装

(3) 分片安装测量焊接:先安装下弦杆,再安装竖腹杆,临时连接后,从两端往中间安装上弦杆,并进行临时连接,桁架整体矫正后焊接。最后安装斜腹杆,矫正后焊接。钢桁架整体探伤合格后,卸载、拆除施工措施,移交下道工序。

(4) 整体安装:较小的钢桁架整体吊装的,先在地面完成桁架的拼装和焊缝探伤,探伤合格后,参照钢梁吊装的施工工艺吊装就位。



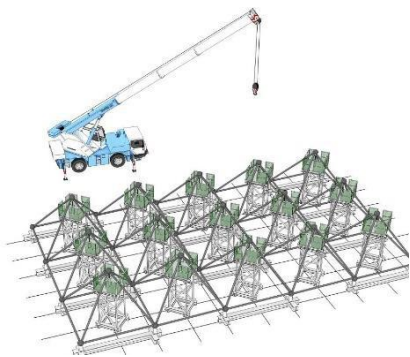
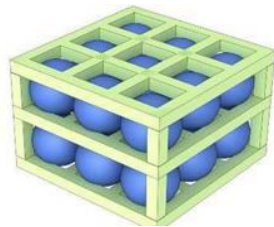
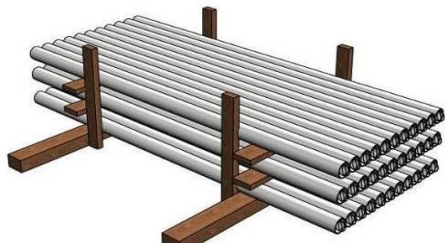
第五部分 钢结构安装

5 焊接球网架安装

(1) 构件进场验收：进场构件堆放到指定地点后，对构件标识、规格尺寸、焊缝等进行验收，按照设计要求对制作焊缝探伤检测，不合格的返厂处理。

(2) 网架小拼单元拼装：设置拼装胎架，根据分块方案，利用汽车吊或其他起重设备拼装网架小拼单元，拼装场地应选在就近吊装的区域。

(3) 安装支撑胎架：根据施工方案预埋支撑胎架支座，或在已有的结构上植筋后置胎架底座，并安装支撑胎架，经验收通过后使用。



第五部分 钢结构安装

5 焊接球网架安装

(4) 网架小拼单元吊装：支撑胎架安装固定后，采用汽车吊或者其他起重设备将网架小拼单元分片吊入设计位置。

(5) 补档形成整体单元：利用汽车吊或者其他起重设备在网架小拼单元之间补档安装，将网架与钢柱有连接的部分焊接固定，形成稳定结构体系。

(6) 网架安装完成：按照上述步骤依次完成所有网架单元的安装，直至整个网架安装完成。

(7) 卸载，拆除胎架：网架全部安装完成后，按方案预定的顺序进行胎架卸载，卸载完成后，将胎架转运出场。



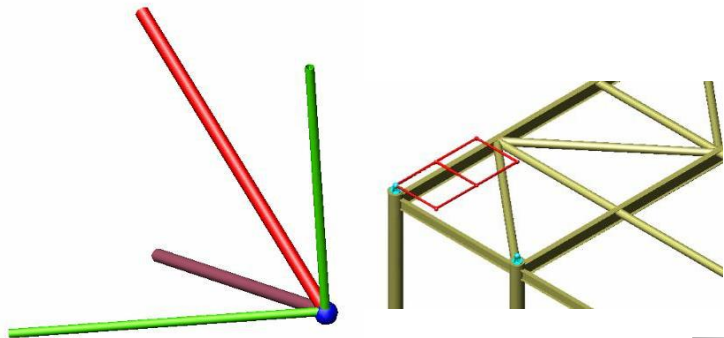
第五部分 钢结构安装

6 螺栓球网架安装

(1) 构件进场验收：螺栓球网架与焊接球网架的支撑体系安装和卸荷施工工艺类似，网架安装施工工艺不同。构件进场后，对构件标识、规格尺寸、焊缝等进行验收，对制作焊缝按照设计要求进行探伤检测，不合格构件返厂处理。

(2) 组拼吊装单元：在地面将螺栓球和与其相连的杆件拼装成一个吊装单元。

(3) 从支座处开始散拼网架下弦杆第一跨：在支座处沿框架跨度方向安装两格下弦网格，调平，拧紧螺栓。支座球与支座点焊连接，其余下弦球加短钢管支撑在钢梁或操作平台上。



第五部分 钢结构安装

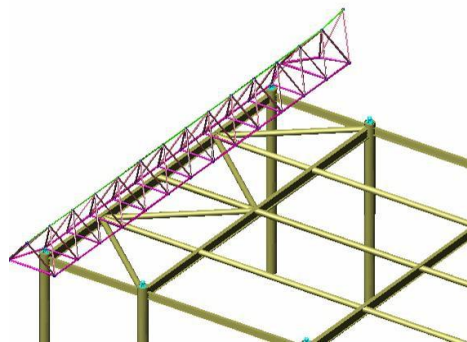
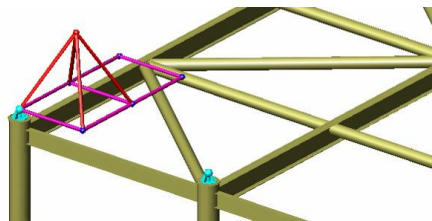
6 螺栓球网架安装

(4) 安装网架上弦球节点：安装上弦球小三角锥，补装第四根杆件（腹杆），初拧螺栓

(5) 拼装整条网架单元：依次完成端部整条网架单元的安装。

(6) 依次安装剩余网架单元：按上弦球→补杆→下弦球的顺序安装其余网格，直到网架整体合拢。

(7) 分级卸荷：网架安装完成后整体测量，确认无误后，分级卸载，拆除胎架。



第五部分 钢结构安装

7 索结构施工

(1) 支座施工：小规模索膜结构可搭设满堂架作业，大空间、大跨径的索膜结构则一般采用低空组装和空中牵引的方式施工。

索结构施工前，索支座结构应施工完成，并验收合格。此处以某工业园区体育中心体育场 260m×230m 跨度的索膜屋面为例进行说明。

(2) 拉索展开：用吊机将索盘运至环索投影位置，吊运索过程中，因索盘绕产生的弹性和牵引产生的偏心力，开盘时可能会产生加速，弹开散盘，易危及工人安全，应注意防止崩盘。

(3) 环索铺设：由于每根环索总长较长，运输和现场铺设、展开较为困难，环索一般分段运输、分段铺设，分段点采用锥形连接索头连接。



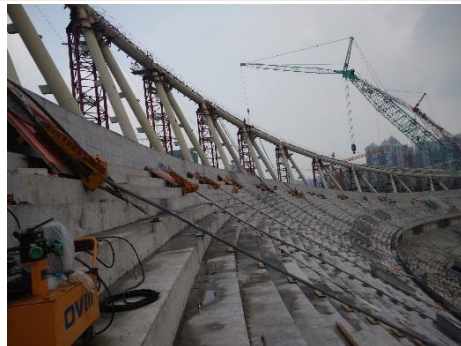
第五部分 钢结构安装

7 索结构施工

(4) 径向索铺设：径向索沿拉索位置线展开后，按照索体表面的顺直标线将拉索理顺，摆放在预先定好的木制防护支垫上。摆放到位后，用专用接头将其与环索连接固定。

(5) 安装工装索及连接：根据索网组装状态下的结构位形，确定所需的工装索长度，将工装索牵引到径向索上，安装各类连接索头，准备牵引提升。

(6) 搭设操作平台、安装牵引设备：采用吊挂架作为牵引、提升的操作平台，操作平台搭设时，在环梁上对应位置外包布条，防止吊挂架磨损环梁，同时，安装好牵引设备，调试到位。



第五部分 钢结构安装

7 索结构施工

(7) 试提升：索结构、牵引设施全部安装到位，检查无误后，分级加载试提升。通过试提升观察和监测提升索网、外围结构以及牵引提升设备系统和工装承载及变形，并核对其承载、变形及稳定情况是否与模拟工况计算和设计条件相符。

(8) 正式提升固定：试提升验证无误后，开始正式提升。正式提升分行程进行，单个提升行程与液压提升器的行程相同。整个索网被一步步牵引提升，直至径向索与外联环梁连接固定。

径向索的索头靠近外围环梁时应暂停牵引，微调各牵引点，使索头与外围环梁连接就位，然后将液压千斤顶卸载、拆除，完成牵引提升。



第五部分 钢结构安装

7 索结构施工

(9) 张拉完成：正式提升时，各径向索与外围环梁需分批锚固到位，所有径向索固定完成后，即张拉完成，索结构的施工完毕。



第六部分大跨度空间结构施工工艺

大跨度空间钢结构空间钢结构体系广泛用于：火车站候车大厅、机场候机楼屋盖、高层空中连廊、大型展厅（会展中心）屋盖结构、大型体育场馆等工程中，由于该类结构一般跨度大，结构尺寸大，常规钢结构吊装方案在经济和安全方面已不再适用，一般推荐以下几种整体安装工艺：

1 整体提升（顶升）：适用于各种大跨度，形状复杂、柱网不规则的钢结构，提升面积、重量、高度不受限，特别适宜于在狭小空间或室内进行大吨位钢构件的提升如淄博火车站，曲阜火车站。

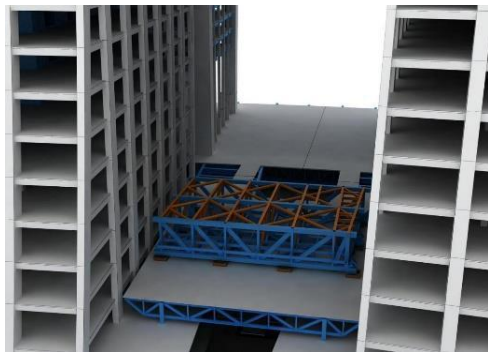
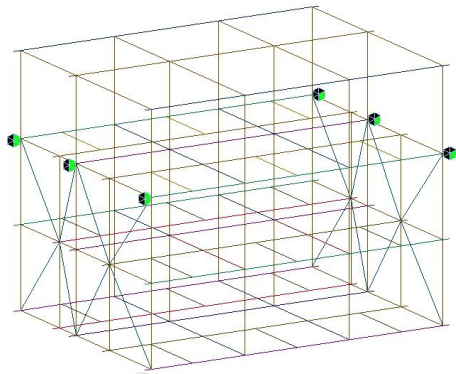
2 滑移（顶推）：适用于平面上尺寸统一，呈长条形，柱网较规则或曲率一致且高度不太大的结构，如动车小镇网架、信阳火车站跨线天桥（华北分），太原火车站跨线天桥，菏泽火车站跨线天桥，十堰火车站跨线天桥等。

第六部分 大跨度空间结构施工工艺

1 整体提升（顶升）

(1) 施工准备：钢结构整体提升前，先进行施工模拟计算分析如：拼装及提升对原结构的影响及加固、上下吊点受力分析、提升平台设计、提升段受力分析及加固、抗倾覆验算、风荷载计算及防碰撞措施等；并选择核实的提升设备及钢绞线，提升段与附近结构的距离应不小于 300mm。

(2) 钢结构整体拼装：在提升段安装位置投影面正下方的地面或楼面上搭设拼装胎架，按上部提升点牛腿定位，调整下部提升段的拼装定位，以确保提升对接口精度。拼装结构应按施工模拟结果预起拱，并安装提升段加固杆件。



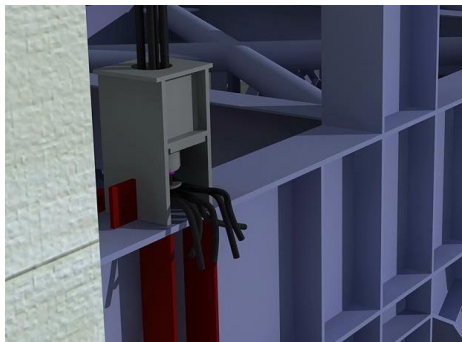
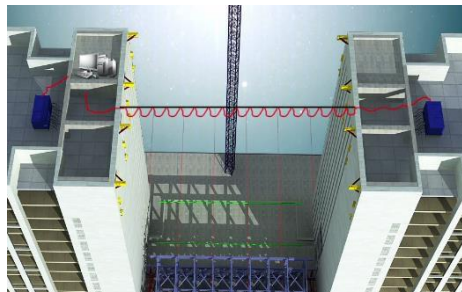
第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

1 整体提升（顶升）

(3) 安装提升平台和提升器：在构件设计标高的主体结构上安装提升平台（上吊点）和提升器。

(4) 安装液压同步提升系统：在上吊点附近安装液压泵源系统、传感器，在塔楼间利用钢丝绳架设同步通讯缆接通两个泵源系统。

(5) 安装下吊点：在构件提升单元钢桁架的上弦两端与上吊点对应的位置安装提升下吊点临时吊具，在提升上下吊点之间安装专用钢绞线及专用底锚。

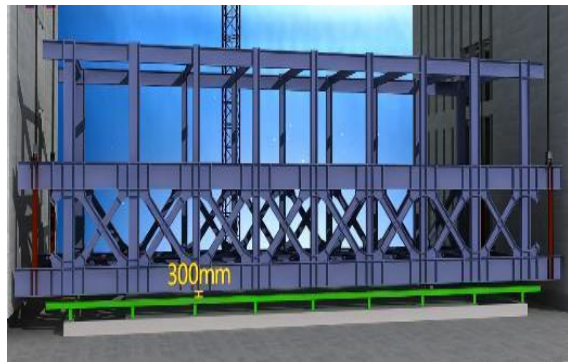
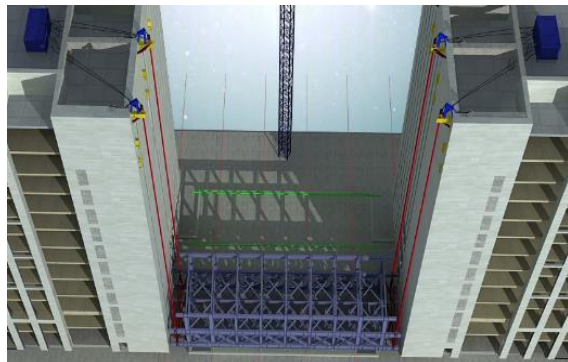


第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

1 整体提升（顶升）

(6) 调试液压同步提升系统：张拉钢绞线，使得所有钢绞线均匀受力，然后检查大型构件提升单元以及液压同步提升的所有临时措施是否满足设计要求。

(7) 试提升：试提升时，依次按 20%、40%、60%、80% 分级加载，确认各部分无异常后，继续加载到 90%、95%、100%，直至钢结构脱离拼装胎架。提升单元整体提升约 300mm 后，暂停提升，微调构件提升单元的各个吊点的标高，使其处于水平，静置12h，期间可进行断电试验，确保防坠锁紧装置及吊索工作性能满足要求。

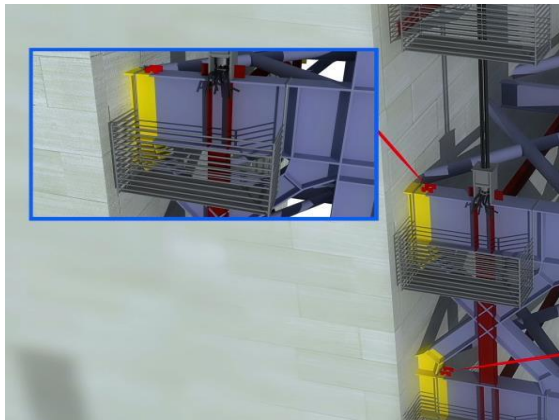


第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

1 整体提升（顶升）

(8) 正式提升：以调整后的各吊点高度为新的起始位置，复位位移传感器。在结构整体提升过程中，保持该姿态直至提升到设计标高附近。整体提升施工过程中，影响构件提升速度的因素主要有液压油管的长度及泵站的配置数量，通常整体提升速度约 10m/h。

(9) 微调就位连接：在微调开始前，将计算机同步控制系统由自动模式切换到手动模式。对各个吊点的液压提升器进行同步微动（上升或下降），或者对单台液压提升器进行微动调整。微动即点动调整精度可以达到 mm 级。微调至设计位置后，提升系统暂停工作，将对口临时连接，安装后补杆件并焊接固定。



第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

1 整体提升（顶升）

（10）分级卸载完成提升：结构焊缝探伤合格后，同步卸载液压提升系统设备，至钢绞线完全松弛后，拆除液压提升系统设备及相关临时措施，完成桁架结构单元的整体提升安装。

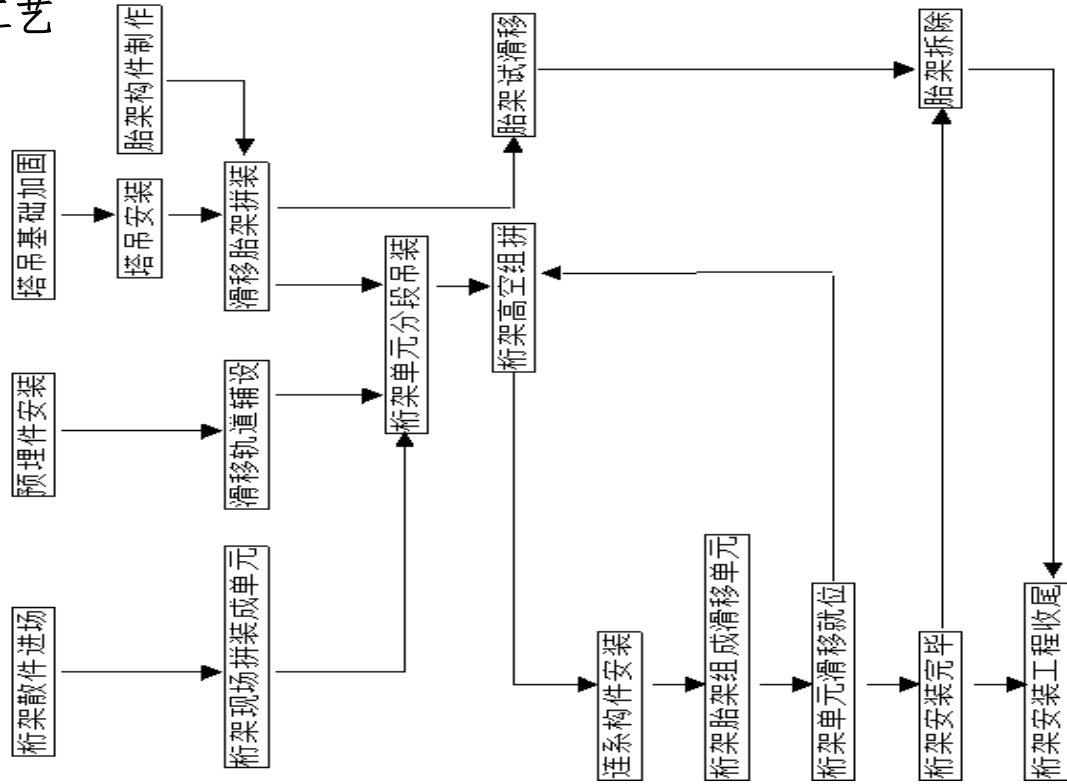
（11）注意事项：钢结构整体液压同步提升过程中，应按方案密切关注各吊点的同步性，如有异常应立即采取措施，观测设备系统的压力、荷载变化情况，并认真做好记录工作，密切注意液压提升器、液压泵源系统、计算机同步控制系统、传感检测系统等的工作状态。



第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

2 整体滑移(顶推)工艺

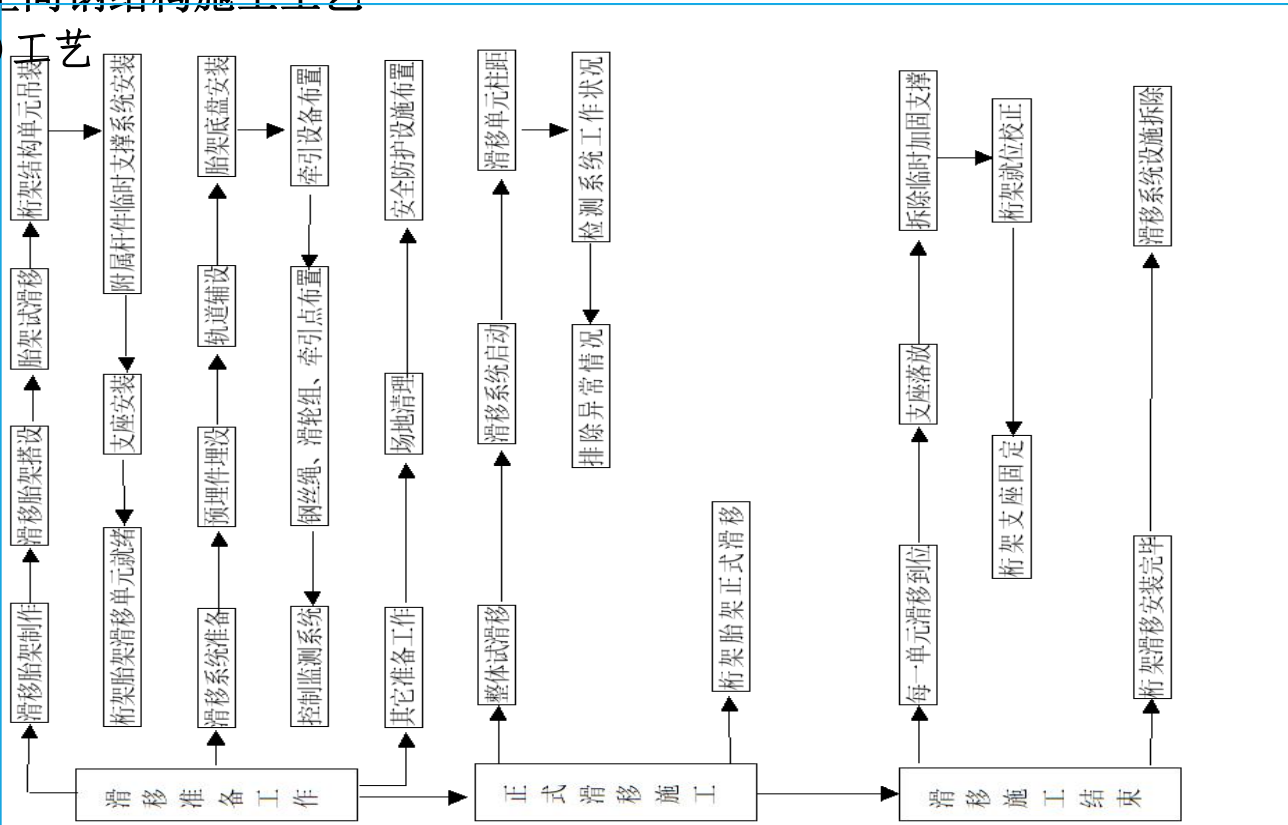
整体滑移法施工方案流程



第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

2 整体滑移(顶推)工艺

整体滑移法工艺流程



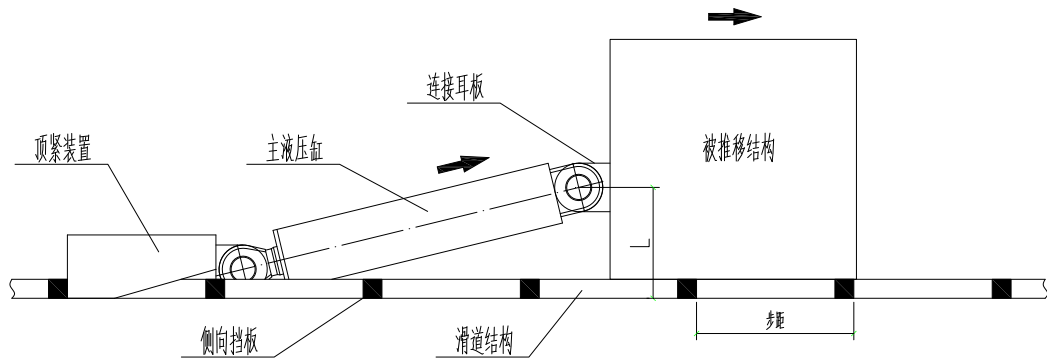
第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

2 整体滑移(顶推)工艺 (以某网架工程为例)

(1) 施工准备：对屋面网架进行滑移分块，初步确定单次滑移块体的大小，然后进行施工模拟计算分析如：滑移单元在累积滑移过程中的受力分析，各种拼装支架、滑移支架的设计与受力分析及对原有结构加固、抗倾覆验算；并选择合适的滑移设备。

(2) 搭设滑移单元的拼装支架，并与主体结构进行可靠连接

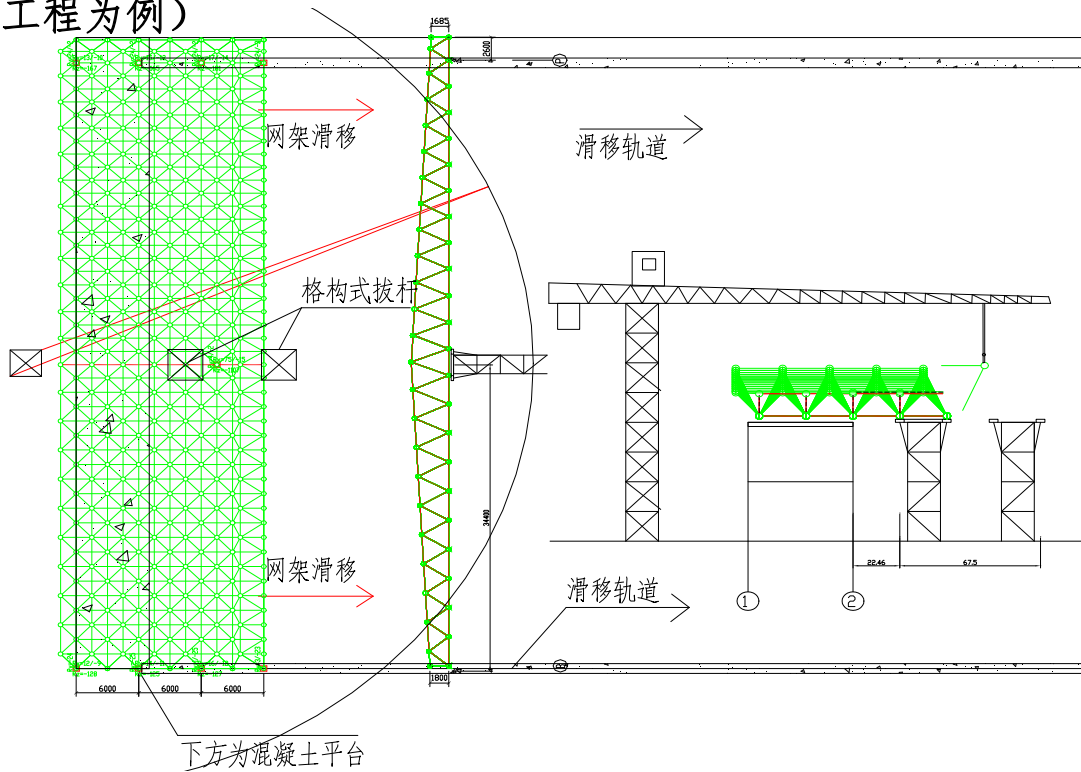
(3) 滑移轨道以滑移设备安装，并对设备进行试运行，确保在滑移过程中，能顺畅滑动。



第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

2 整体滑移(顶推)工艺 (以某网架工程为例)

(4) 利用已搭设好的网架拼装平台，进行第一滑移单元网架的拼装工作，如果网架跨度过大，需在网架原中间支撑靠近混凝土平台位置安装两套格构式支撑柱(以保证跟设计受力体系近似，是否需要加设以施工验算为准)。并用揽风绳将格构式支撑柱与周围的混凝土梁柱拉紧，保证格构式支撑柱的稳定和垂直。



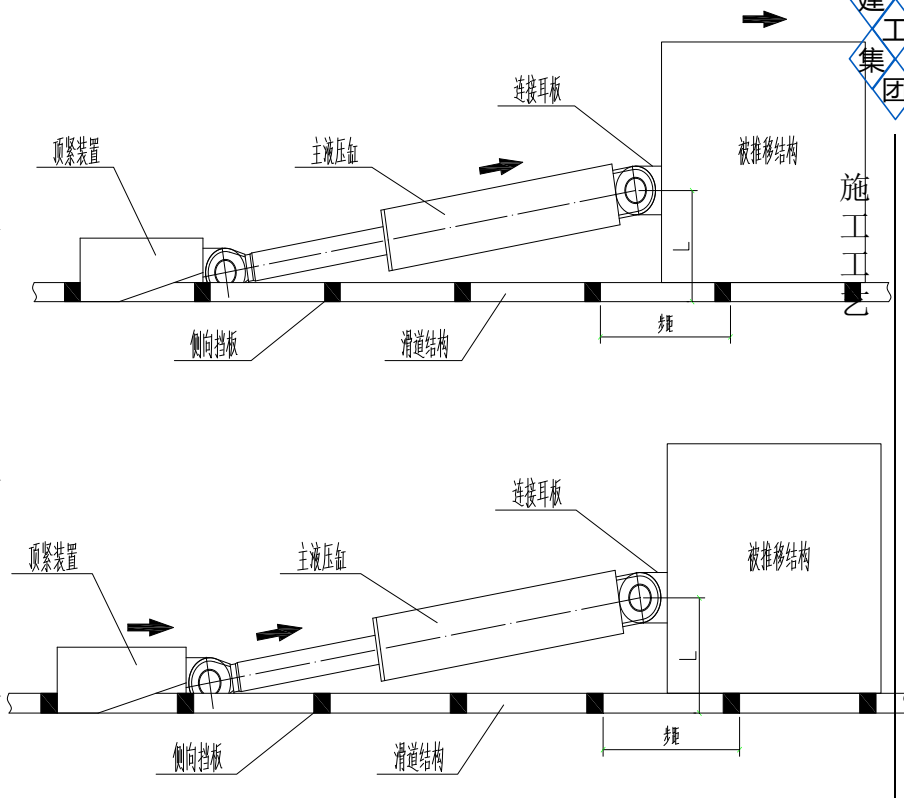
第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

2 整体滑移(顶推)工艺 (以某网架工程为例)

(5) 对第一单元网架拼装质量进行检测，包括：焊缝检测，螺栓拧紧度网架平面尺寸，检测合格后，拆除各种临时支架，进行滑移前准备。

(6) 检查无误后，进行滑移。液压顶推器主液压缸连续伸缸一个行程，顶推被推移结构向前滑移一端距离（一个步距）。

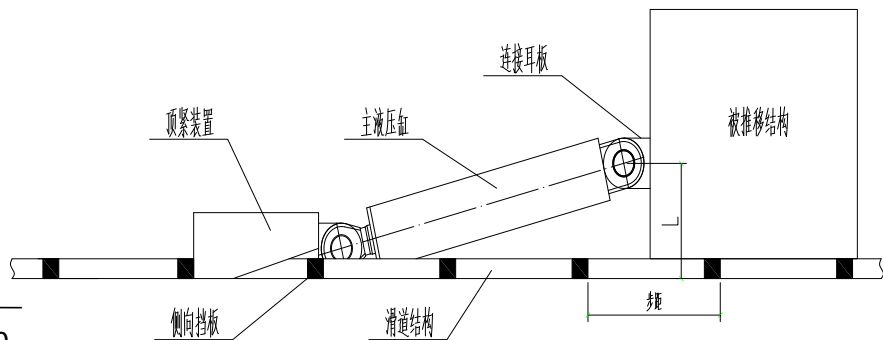
(7) 一个行程伸缸完毕，被滑移网架不动；液压顶推器主液压缸缩缸，使顶紧装置与滑道挡板松开，并跟随主液压缸向前移动。



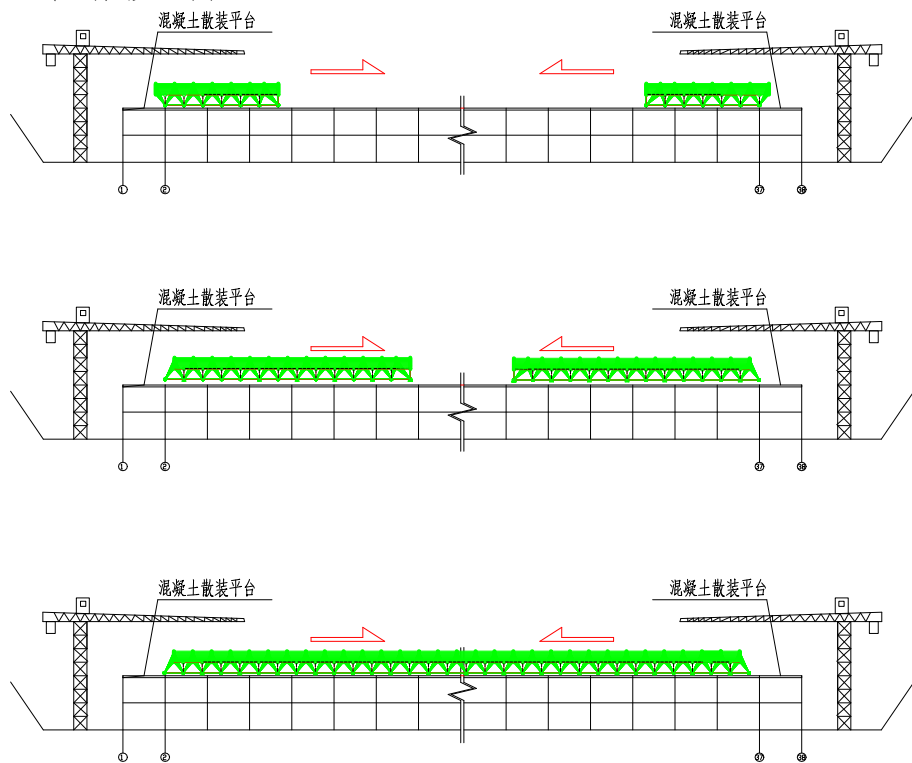
第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

2 整体滑移(顶推)工艺 (以某网架工程为例)

(8) 主液压缸一个行程缩缸完毕，拖动顶紧装置向前移动一个步距，一个行程的顶推滑移完成，从步序1开始执行下一行程的步序，直到第一滑移单元滑出拼装平台后停止。



(9) 重复上述 (4) ~ (8) 步骤，直至将全部网架滑移到位



第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

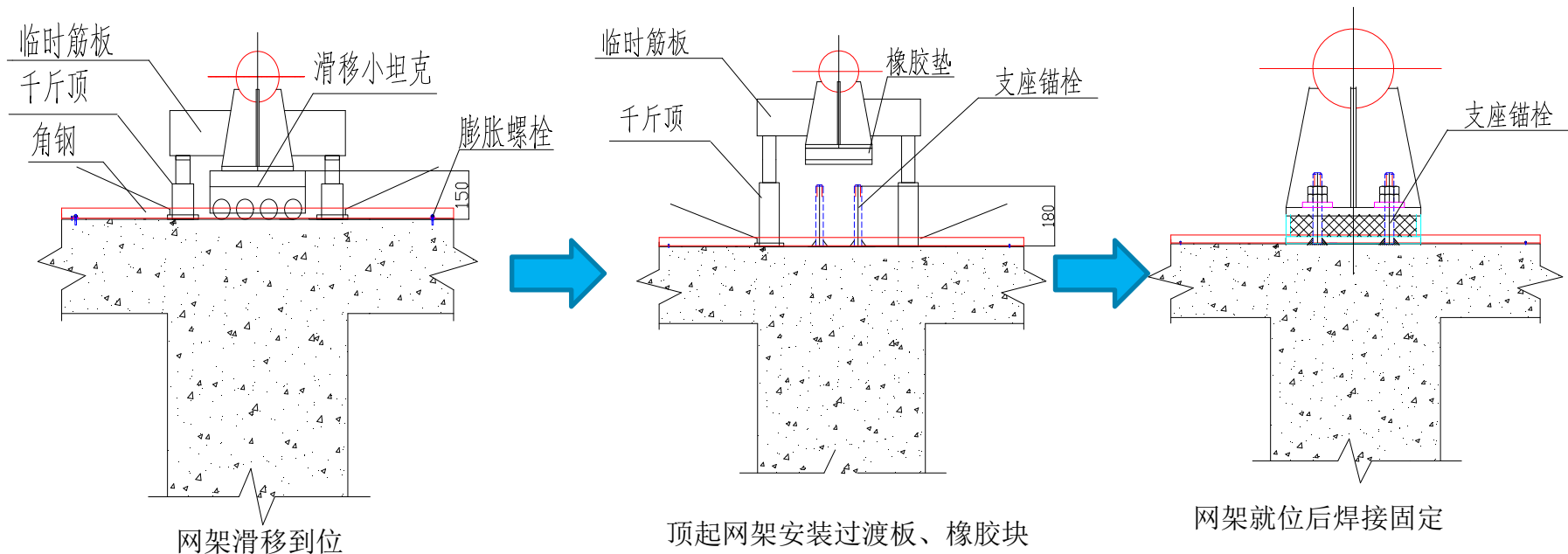
2 整体滑移(顶推)工艺 (以某网架工程为例)

(10) 滑移过程中, 为保证两侧同步滑移, 宜每隔2~4米进行一次位移测量, 网架单侧若偏移过大, 观察员马上报告停止滑移, 进行纠正, 网架纠正利用1吨手拉葫芦, 与混凝土梁成一定角度, 或采用单侧点动滑移设备的方式进行纠偏, 纠偏完成后方可继续滑移。

(11) 网架落位: 各片网架滑移到位后, 检查轴线及支承点位置是否准确无误后, 开始网架就位。在网架每间隔一个支座处用两个千斤顶抬起网架支承点(抬起高度为保证柱顶上方安装支座有足够操作空间), 抽出滑移设备, 并拆除限位装置。安装柱上方支座及橡胶垫和底板, 下降网架将支座就位到支座锚栓上, 固定支座, 然后调整网架竖直位置, 待网架下挠稳定, 装配应力释放后, 进行支座固定。

第六部分 大跨度空间钢结构施工工艺

2 整体滑移(顶推)工艺 (以某网架工程为例)



第七部分 其它钢结构工艺工法

1 球型支座-简介

球型支座主要应用于公路、铁路桥梁和其它大跨度钢结构工程，由上支座板（含不锈钢板）、下支座板、球形板和聚四氟乙烯滑板（平面和球面各一块，简称四氟板）等组成。

球型支座的位移，由上支座板与平面四氟滑板之间的滑动来实现。通过在上支座板上增设导向槽或导向环来约束支座的单向或多向位移，可以制成球型支座的单向活动支座和固定支座。

球型支座通过球形板与球面四氟滑板之间的滑动来满足支座转角的需要。



第七部分 其它钢结构工艺工法

1 球型支座-分类

常见球型支座有：

双向活动球型支座（代号 SX）结构示意图见图 1。

单向活动球型支座（代号 DX）结构示意图见图 2。

固定球型支座（代号 GD）结构示意图见图 3。

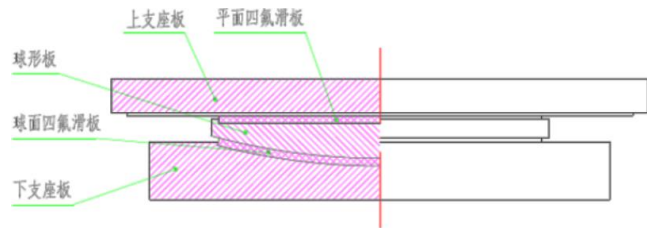


图 1 双向活动球型支座

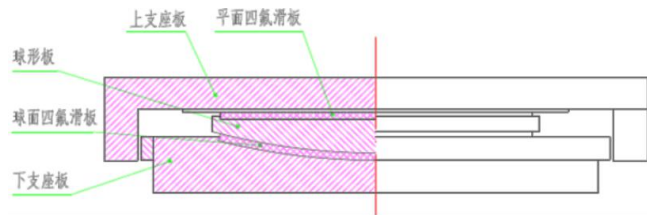


图 2 单向活动球型支座

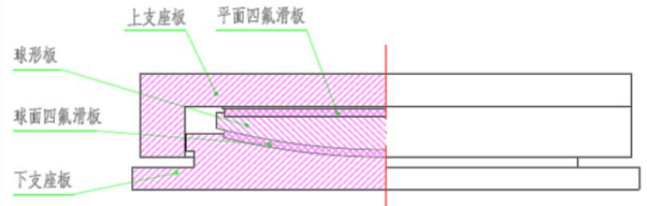


图 3 固定球型支座

第七部分 其它钢结构工艺工法

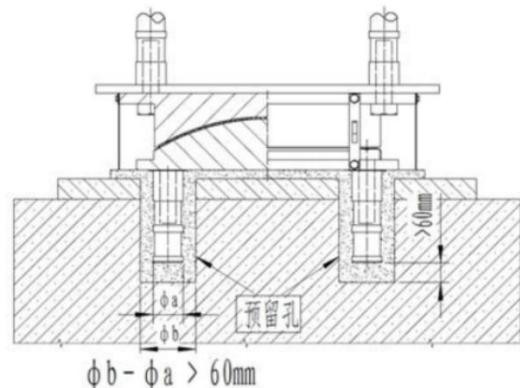
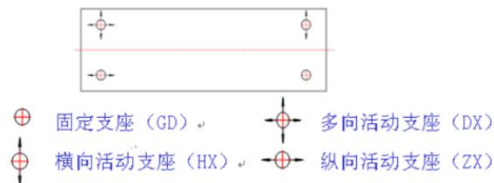
1 球型支座-安装

(1) 基础处理:

梁体及墩台与支座接触部位混凝土等级不得低于 C40(局部承压强度不小于20Mpa), 支座上、下座板的承载混凝土应按 JTJ021—89《公路桥涵设计通用规范》中局部承压的有关要求配置相应的钢筋网。

支座下面建议设置支承垫石, 支承垫石的表面应平整, 为保证下支座板与支承垫石的密贴, 施工时支承垫石顶面可适当预留调平层厚度, 支承垫石顶面与下支座板结合面四角高差不得大于2mm。支承垫石的高度应考虑支座养护、检查的方便和支座更新时顶梁的可能性, 并应于支座周围采取有效的排水措施。

支座就位前, 于支承垫石处根据设计要求的预留孔直径及深度预设预留孔。一般直径和深度均大于 60mm。



第七部分 其它钢结构工艺工法

1 球型支座-安装

(2) 支座安装:

用起重机吊起支座，将下锚固螺栓从地面伸进下座板螺孔，带上螺帽，然后将支座慢慢放到垫石上，调整支座位置，从旁边开孔灌注环氧砂浆；若梁为现浇梁，将上锚固螺栓从上面伸进上支座板带好螺栓，调整位置后将上锚固焊接在钢筋网上，然后浇注混凝土；若梁为预制梁，则需将上锚固螺栓先预埋在梁体中，起重机吊梁时将螺栓伸进支座螺孔。

在墩台上设置灌注砂浆工艺槽，待支座就位对中并调整水平后，用灌浆料（环氧砂浆或高标号水泥砂浆）灌注地脚螺栓预留孔及支座底板垫层，待砂浆硬化后撤除调整水平用的垫块，并用灌浆料填满垫块位置。灌浆料要求灌注密实，不得留有空洞。

支座若采用焊接连接时，应在墩台支承垫石及梁体上设置平整度较高的预埋钢板，预埋钢板上应设置一定数量的锚固钢筋，为保证预埋钢板下混凝土的密实度，预埋钢板上应预留适量的排气孔。预埋钢板边长应大于相应支座上、下支座板边长至少 50mm。预埋钢板与支座上、下支座板采用分段不连续焊接方式，以免温度过高烧坏聚四氟乙烯滑板及硅脂。焊后应进行防锈喷漆处理。

第七部分 其它钢结构工艺工法

1 球型支座-安装

(3) 安装注意事项:

- ① 支座中心线应与主梁中心线平行。
- ② 活动支座上、下支座板顺梁方向的中心线应重合，其交叉角不得大于 $5'$ 。
- ③ 在梁体安装完毕后，或现浇混凝土梁体形成整体并达到设计强度后，在张拉梁体预应力之前，拆除上、下支座连接板，以防止约束梁体正常转动。
- ④ 当安装时当地温度与年平均温度不同时，应通过计算后确定支座顺梁向预偏值。
- ⑤ 需对支座进行防尘、防水处理，再进行上部结构施工。
- ⑥ 安装时，墩台顶面和梁底面均应保持清洁、干燥、无油污，安装过程中支座不得受到机械损伤、灼热、污染和其它不利因素的影响，施工中应保持支座均匀受力。



第三部分 其它钢结构工艺工法

2 钢筋桁架楼承板安装

(1) 深化加工：根据施工图，深化钢筋桁架楼层板规格、大小及排布方向，工厂加工完毕后，打包成捆并运输至现场。

(2) 进场验收：钢筋桁架楼层板的宽度允许偏差为 $\pm 4\text{mm}$ ，长度允许偏差为 $+6\text{mm}$ ，高度允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ ，节点距离允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。

(3) 施工放线，楼承板吊运：钢筋桁架楼承板应分层、分区打包吊运，采用吊带吊装至安装层。根据钢梁的中心线弹出钢筋桁架楼承板控制线，弹出栓钉位置线。



第三部分 其它钢结构工艺工法

2 钢筋桁架楼承板安装

(4) 楼承板切割：平面形状变化处，需对楼承板切割处理，切割前应画切割线。楼承板宜采用等离子切割，切割点尽量选择桁架接点的部位，但必须满足设计搭接的要求，跨间收尾处板宽不足的，可将楼承板沿钢筋桁架长度方向切割，切割后板上至少应有一榀或二榀钢筋桁架，不得将钢筋桁架切断。

(5) 楼承板安装：钢筋桁架楼承板的铺设宜从起始位置向一个方向铺设，对准基准线，安装第一块板，将其支座竖筋与钢梁点焊固定。再依次安装其它板。楼板采用扣合方式连接，板与板之间的拉钩连接应紧密，保证浇筑混凝土时不漏浆，板面排板方向要一致，不同板的横向节点要对齐。



第三部分 其它钢结构工艺工法

2 钢筋桁架楼承板安装

(6) 焊接固定：钢筋桁架平行于钢梁端部处，底模在钢梁上的搭接不小于 25mm，沿长度方向将镀锌钢板与钢梁间距400mm点焊固定。钢筋桁架垂直于钢梁端部处，模板端部的竖向钢筋在钢梁上的搭接长度不小于 5d 及 50mm，保证镀锌底模能搭接到钢梁之上。搭接到钢梁上的竖向钢筋及底模应与钢梁点焊牢固。并根据图纸要求焊接栓钉。

(7) 钢筋绑扎管线预埋：楼承板铺设一定面积后，将连接筋、加强筋与钢筋桁架绑扎成整体，并及时绑扎分布钢筋，以防止钢筋桁架侧向失稳，绑扎楼板钢筋时穿插进行管线预埋施工。



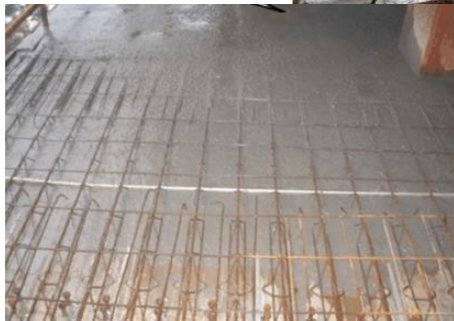
第三部分 其它钢结构工艺工法

2 钢筋桁架楼承板安装

(8) 边模施工：边模板安装时应拉线校直，通过钢筋及栓钉与边模板的点焊固定，边模板底部与钢梁的上翼缘点焊间距300mm。若要在楼板上预留洞口，洞口边设加强筋，四周设收口网，待混凝土达到设计强度后，方可切断桁架板钢筋及底模，切割宜从下往上切割，防止底模边缘与浇筑好的混凝土脱离。

(9) 混凝土浇筑：栓钉焊接及钢筋绑扎等前置工序验收合格后浇筑混凝土。浇筑过程中，应避免混凝土堆积过高或倾倒混凝土造成过大冲击荷载，堆积高度不能超过两倍楼板高度及 300mm 较小者。

(10) 混凝土养护：混凝土浇筑完成后12h 内应覆盖或洒水养护，覆盖养护可采用麻布袋、塑料薄膜或土工布，采用麻布袋和土工布覆盖的仍应适当洒水养护。



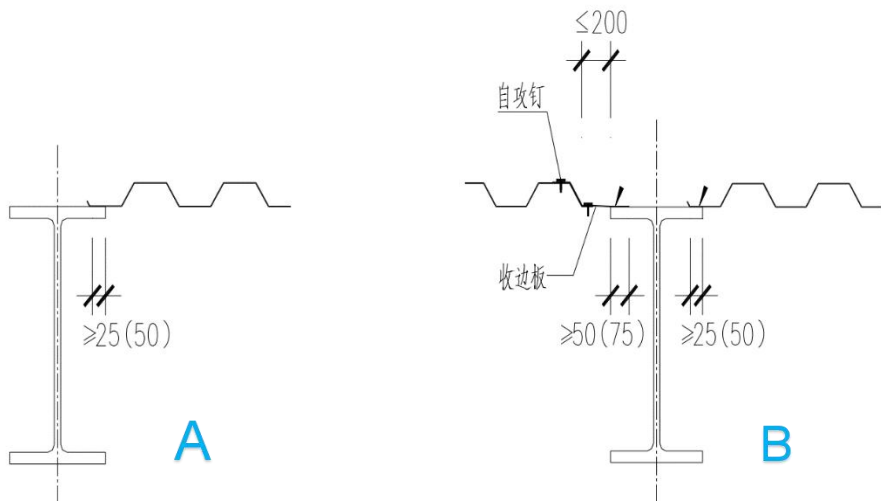
第三部分 其它钢结构工艺工法

2 钢筋桁架楼承板安装

(10) 钢筋桁架楼承板安装标准:

①采用栓钉固定时，栓钉应设置在支座的压型钢板凹槽处，每槽不少于 1 个，并应穿透压型钢板或底模与钢梁焊牢，栓钉中心到压型钢板或底模自由边距离不应小于 $2d$ (d 为栓钉直径)，栓钉中心至钢梁上翼缘或预埋件侧边的距离不应小于 35mm。

②楼承板侧向在钢梁上的搭接长度不应小于 25mm，在设有预埋件的混凝土梁上的搭接长度不应小于50mm（右图 a）；楼承板铺设末端距钢梁上翼缘或预埋件边不大于 200mm 时，可用收边板收头（右图 b）。



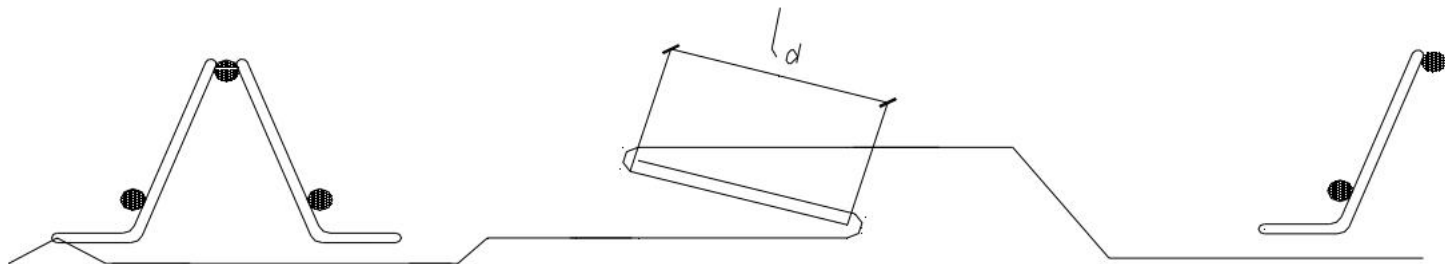
第三部分 其它钢结构工艺工法

2 钢筋桁架楼承板安装

(10) 钢筋桁架楼承板安装标准:

③楼承板侧向与梁搭接应采取有效固定措施。

采用栓钉固定时，栓钉间距不宜大于 400mm。压型钢板公母肋扣合处，应采用有效的机械连接固定。当采用自攻螺丝或拉铆钉固定时，固定间距不宜大于 500mm。钢筋桁架板底模侧向可采用扣接方式，板侧边应设连接拉钩，搭接宽度 L_d 不应小于 10mm



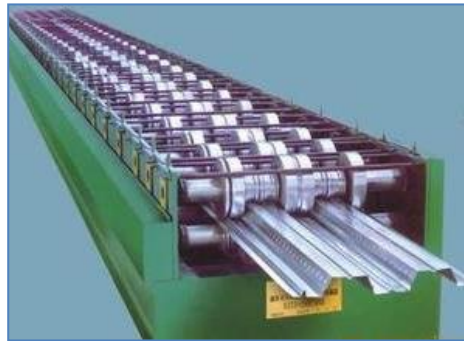
第三部分 其它钢结构工艺工法

3 压型钢板安装

(1) 深化加工：施工前，根据施工图及施工要求综合考虑压型钢板的承载力及变形量，确定多跨的最大无支撑间距。深化压型钢板分块大小及排布方向，逐板编号，打包成捆运输至现场。

(2) 进场验收测量放线：压型钢板进场验收时，长度允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ ，波距允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ ，当截面高度 ≤ 70 时，波高允许偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$ ，截面高度 > 70 时，偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

在铺板区域弹出钢梁的中心线，作为铺设压型钢板固定位置的控制线。安装前先清理钢梁表面污物，吊耳切割区域应打磨处理，保证压型钢板与钢梁紧贴。



第三部分 其它钢结构工艺工法

3 压型钢板安装

(3) 压型钢板吊运：吊装前，核对压型钢板捆号及吊装区域是否准确、包装是否稳固。

压型钢板应采用软吊索吊装，避免压型钢板变形，起吊时，两条软吊带分别捆于两端 1/4 处，吊装应由下而上逐层施工，避免吊放上层材料后，阻碍下一楼层的吊放作业。

(4) 压型钢板安装：以母肋为起始边，按照排版图从一端向另一端铺设，最后一块作为调节板。铺设过程中应及时点焊固定，防止压型钢板松动、滑落。

铺设时相邻跨需板肋对板肋，边铺设边调整，板与板之间的侧搭接为“公母扣合”，并采用自攻螺丝或点焊固定。



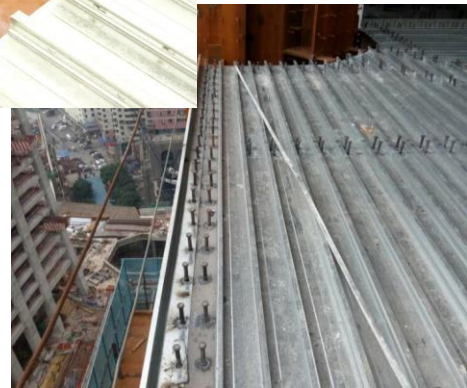
第三部分 其它钢结构工艺工法

3 压型钢板安装

(5) 压型钢板切割：平面形状变化处（钢柱角部、核心筒转角处等），需对压型钢板切割处理，切割前应对要切割的尺寸弹线复核。现场切割必须采用等离子切割机，切割面应平整顺直，严禁使用火焰切割，避免损坏压型钢板表面的镀锌层。

(6) 焊接固定：压型钢板垂直于钢梁方向的搭接长度不小于 50mm，每肋槽点焊固定一次。压型钢板平行于钢梁方向的搭接长度不小于 75mm。每 600mm 点焊固定一次。

(7) 边模施工：楼梯边缘、孔洞处以及外框悬挑部位采用边模封堵处理，避免混凝土掉落，边模焊接于钢梁上翼缘，定位尺寸严格按照图纸要求控制。



第三部分 其它钢结构工艺工法

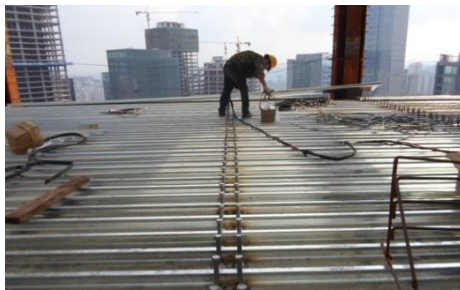
3 压型钢板安装

(8) 楼板开洞：开圆孔孔径或长方形边长不大于300mm时，可不采取加强措施。开洞尺寸在300~750mm之间，应采取有效加强措施。波高不小于50mm，且孔洞周边无集中荷载时，可在垂直板肋方向设置角钢。

开洞尺寸在300~750mm之间，且孔洞周边有较大集中荷载时或开洞尺寸在750~1500mm之间时，应采取有效加强措施，沿顺肋方向加角钢并与邻近的结构梁连接，垂直肋方向加角钢并与顺肋方向角钢连接。

(9) 栓钉焊接：压型钢板铺设完成后，在压型钢板表面弹出栓钉线，确定栓钉的焊接位置，施焊前应进行焊接试验，确定焊接参数。

栓钉焊接完成后，敲破磁环，检查焊接质量，清除干净磁环碎渣。



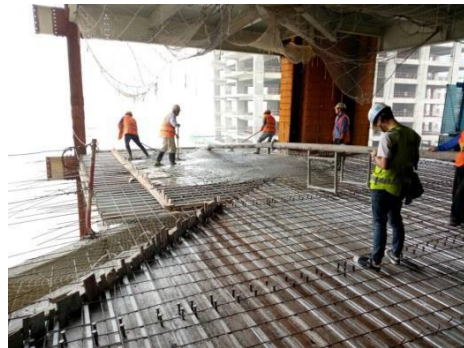
第三部分 其它钢结构工艺工法

3 压型钢板安装

(10) 钢筋绑扎：压型钢板安装完毕验收合格后，按照设计要求绑扎钢筋，“波谷”部位平行板肋方向铺设一根钢筋加强，并加设混凝土垫块，保证板底加强筋的保护层厚度，上层钢筋网片用马凳筋架起。

(11) 混凝土浇筑：混凝土浇筑前应完成封口板、边模、边模补强等收尾工程。

浇筑时，应避免混凝土堆积过高，导致压型钢板局部出现过大的变形，混凝土浇筑完成后，应及时养护，未达到 75%设计强度前，不得在楼层面上附加其它荷载。



第三部分 其它钢结构工艺工法

4 屋面板安装

铝镁锰屋面板的加工→测量放线→节点支座安装与校对→檩条安装→镀锌压型穿孔钢底板安装（或镀锌压型钢板底板）→衬檩支撑及衬檩安装→天沟安装→铝合金T型支座→安装无纺布铺设→吸音棉安装→钢丝网安装→隔气层铺设→玻璃保温棉安装→铝合金屋面板安装→天窗安装→阳光板屋面安装→穿屋面杆件、伸缩缝等节点处理。

其中有部分流程并非所有屋面工程都有，应视屋面设计图而定。

第三部分 其它钢结构工艺工法

4 屋面板安装

(1) 在经过对屋面分格图、节点大样图、剖示图及施工加工图的整体组织后及通过一些特殊的组织实施后,如放大样,绘制出铝镁锰板外型准确尺寸的加工图和安装支座位置图。

铝镁锰板加工尺寸须经过现场1:1观察样板上的协调装配,以证明其配合很好并得到业主和建筑师认可后,再大批量投入生产加工。铝镁锰板加工的容许误差

对铝镁锰板几何尺寸的加工误差规定为:

长度加工偏差 $\pm 2\text{mm}$ (3延米)。铝镁锰板平面度不得超过 0.8mm 。起脊高度误差不得超过 0.5mm 。

第三部分 其它钢结构工艺工法

4 屋面板安装

(2) 将面板机运至现场安装就位后，在开工前三天就要进行试生产，反复调整面板机的参数，直到能生产出合格的面板。面板机出板方向设有辊轴支架，长约为10米，当生产出的屋面板超过10米时，须由屋面抬板人员抬着向前走，直至生产出足够长的铝板，当铝板长度达到设计的板长时，停止压板并切割。面板长度宜比设计略长100mm，便于将来板端切割调整。



出板示意图



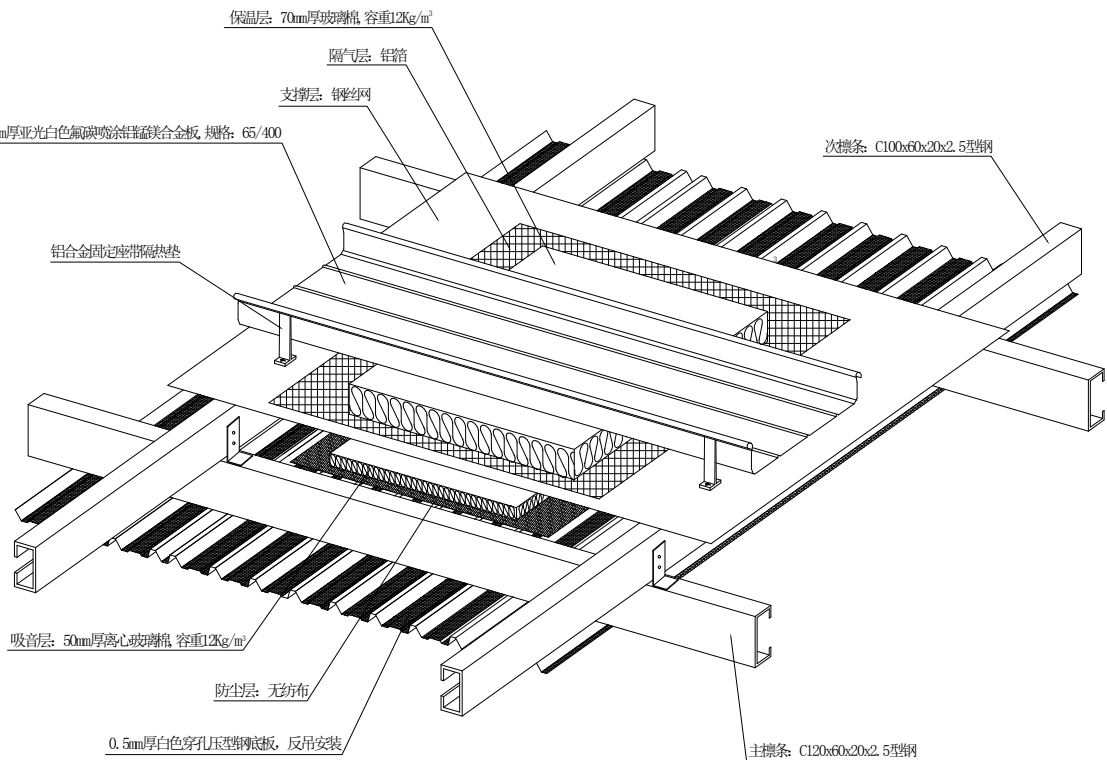
抬板示意图

第三部分 其它钢结构工艺工法

4 屋面板安装

(3) 常见屋面板构造

(4) 工序交接：金属屋面系统施工开工前一周进行钢结构屋架移交，移交内容主要是相关部位的钢结构。钢结构移交时如发现超过标准允许误差的部位，必须在屋面系统安装前进行调整。个别顶面不在屋面曲线上时，可通过改变檩托上的垫板的高低来调整。



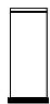
金属铝镁锰屋面节点做法

第三部分 其它钢结构工艺工法

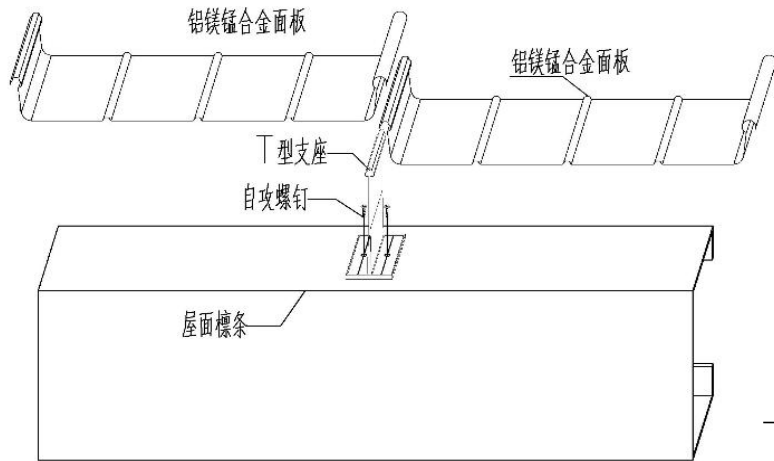
4 屋面板安装

(5) 安装檩条。

(6) 安装T形码：T码用螺栓固定，一般情况下对于钢板厚度小于8mm的，用自攻螺钉固定即可，对于厚度大于8mm的钢板，螺丝不具备自攻能力，需要先用电钻预钻孔。钻孔直径应根据螺丝的规格确定，一般应比螺丝直径略小，这样才能保证直攻螺丝的抗拔能力。钻好孔后，用电钻螺丝枪打螺丝，要求螺丝松紧适度，不出现歪斜。安装“T”码时，其下面的隔热垫必须同时安装，每钻完一个螺丝孔，立即打一颗螺丝。



支座隔热垫



第三部分 其它钢结构工艺工法

4 屋面板安装

(7) 复查"T"码位置。用目测的方法检查每一列"T"码是否在一条直线上,如发现有较大偏差时,在屋面板安装前一定要纠正,直至满足板材安装的要求。"T"码如出现较大偏差,屋面板安装咬边后,会影响屋面板的自由伸缩,严重时板肋将在温度反复作用下磨穿。

(8) 逐层铺设保温棉,透气膜,隔气膜等构造层。



屋面T型固定支座布置示意图

第三部分 其它钢结构工艺工法

4 屋面板安装

(9) 面板安装:

(a) 放线

在“T”码安装合格后，只需设面板端定位线，一般以面板出天沟的距离为控制线，板块伸入天沟的长度以略大于设计为宜，以便于修剪。

(b) 就位

施工人员将板抬到安装位置，就位时先对准板端控制线，然后将搭接边用力压入前一块板的搭接边，最后检查搭接边是否紧密接合。

(c) 咬边

面板位置调整好后，安装端部面板下的泡沫塑料封条，然后用专用咬边机进行咬边。要求咬过的边连续、平整，不能出现扭曲和裂口。在咬边机咬合爬行的过程中，其前方1m范围内必须用力

第三部分 其它钢结构工艺工法

4 屋面板安装

(9) 面板安装:

卡紧使搭接边接合紧密,其咬边应满足相关规范要求,这也是机械咬边的质量关键所在。当天就位的面板必须完成咬边,以免来风时板块被吹坏或刮走。

(d) 板边修剪

檐口和天沟处的板边需要修剪,保证屋面板伸入天沟的长度设计的尺寸一致,以防止雨水在风的作用下吹入屋面夹层中。

(e) 折边

水流入天沟处折边向下。折边时不可用力过猛,应均匀用力,折边的角度应保持一致。

第七部分 其它钢结构工艺工法

5 钢结构常见检验试验项目汇总

钢结构工程检验试验一览表							
序号	产品名称	检查项目	组批	取样数量	规范	检查标准	
1	钢材	力学性能及化学分析	对属于下列情况之一的钢材应进行抽样复验：（1 国外进口钢材；2 钢材混批；3 板厚等于或大于 40mm 且设计有 Z 向性能要求的厚板；4 建筑结构安全等级为一级，大跨度钢结构中主要受力构件所采用的钢材；5 设计有复验要求的钢材；6 对质量有疑义的钢材） Q235及Q345钢材厚度小于40MM时每150T为抽检一批；厚度大于或等于40MM时每60T为抽检一批。且当连续600T检验合格时可扩大至400T抽检一批。	每一品种、规格的钢板型钢抽查 5 处	GB50205/ GB50755	符合现行国家 产品标准和设计要求	
2	焊接材料	力学性能及化学分析	重要钢结构采用的焊接材料应抽样复验	每一规格螺栓抽查 6 套	GB50205		
3	普通螺栓	最小拉力载荷	普通螺栓作为永久性连接螺栓时当设计有要求或对其质量有疑义时抽样复验	每一规格螺栓抽查 8 个			
4	高强度大六角头螺栓	高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数	施工现场待安装的螺栓批中随机抽取每一规格螺栓抽取一批试件	每批应抽取 8 套连接副进行复验			
5	扭剪型高强度螺栓	扭剪型高强度螺栓连接副预拉力	每2000T为一批，不足2000T可视为一批 选用两种及两种以上表面处理工艺时 每种处理工艺应单独检验	每批三组试件			
6	高强度螺栓	螺栓实物最小载荷检验	施工现场待安装的螺栓批中随机抽取每一规格螺栓抽取一批试件	每批应抽取 8 套连接副进行复验			
7	焊接球节点	轴心拉压承载力试验	建筑结构安全等级为一级跨度40m及以上的公共建筑网架结构且设计有要求时	每项试验做 3 个试件			试验破坏荷载值大于或等于 1.6 倍设计承载力为合格
8	螺栓球节点	抗拉强度保证荷载试验					达到螺栓的设计承载力时螺栓螺纹及封板仍完好无损为合格
9	厚型防火涂料	粘结强度和抗压强度	每使用 500t 或不足 500t应抽检一次	根据产品确定			符合现行国家 产品标准和设计要求
10	薄型防火涂料	粘结强度	每使用 100t 或不足 100t应抽检一次	根据产品确定			符合现行国家 产品标准和设计要求

第七部分 其它钢结构工艺工法

5 钢结构常见检验试验项目汇总

钢结构工程检验试验一览表							
序号	产品名称	检查项目	组批	取样数量	规范	检查标准	
11	焊缝	无损探伤检验	一级焊缝100%；二级焊缝20%	\	GB50205	一级焊缝评定等级二级/二级焊缝评定等级三级	
		焊接工艺评定	施工单位对其首次采用的钢材 焊接材料 焊接方法 焊后热处理等 应进行焊接工艺评定 并应根据评定报告确定焊接工艺	\		符合现行国家产品标准和设计要求	
12	涂层	膜厚检测	按构件数抽查 10% 且同类构件不应少于 3 件	每个构件检测 5处 每处的数值为 3个相距 50mm测点涂层干漆膜厚度的平均值		总厚度允许偏差为-25 μm，每遍涂层干漆膜厚度的允许偏差为-5 μm	
		涂层附着力的测试	按构件数抽查1%且不应少于 3 件	每件测 3 处		涂层完整程度达到 70%以上	
13	防火涂层	膜厚检测	按构件数抽查 10% 且同类构件不应少于 3 件	每个构件检测 5处 每处的数值为 3个相距 50mm测点涂层干漆膜厚度的平均值		80%及以上面积应符合有关耐火极限的设计要求 且最薄处厚度不应低于设计要求的 85%	
14	钢框架现场安装	基础和支承面的位置偏差检验	按柱基数抽查 10% 且不应少于3个	\		符合现行国家产品标准和设计要求	
		安装和校正精度偏差检验					
15	钢网架焊接球	无损探伤检验	每一规格按数量抽查5%且不应少于3个	\			评定等级二级
16	钢网架结构总拼	挠度值检测	跨度 24m 及以下钢网架结构测量下弦中央一点，跨度 24m 以上钢网架结构测量下弦中央一点及各向下弦跨度的四等分点	\			挠度值不应超过相应设计值的 1.15 倍
17	金属屋面	抗风揭试验	设计有要求时检验	\			符合现行国家产品标准和设计要求