

北京理工大学体育文化综合馆工程

施工组织设计

(钢结构部分)

编制：郭少先 吴群岭 冯华清 郭强

中国建筑工业出版社

筑龙网

倾力打造

目 录

1、 钢结构工程概况	3
2、 施工难度与技术关键	13
3、 工程管理目标.....	15
3.1 质量目标.....	15
3.2 工期目标.....	15
3.3 工程成本造价控制目标.....	16
3.4 安全目标.....	16
3.5 环境保护和文明施工目标.....	16
3.6 技术创新目标.....	17
3.7 培训和教育目标.....	17
3.8 团结合作目标.....	17
4、 项目管理及施工部署.....	17
5、 施工准备.....	23
6、 施工方法.....	30
7、 质量保证体系及措施.....	60
8、 工期保证措施.....	61
9、 冬期施工技术措施.....	62
10、 安全保证措施.....	66
11、 附表 1 施工计划进度表.....	67
12、 附录：技术规范书.....	70

1. 钢结构工程概况

1.1 工程概况

1.1.1 工程概况与特点

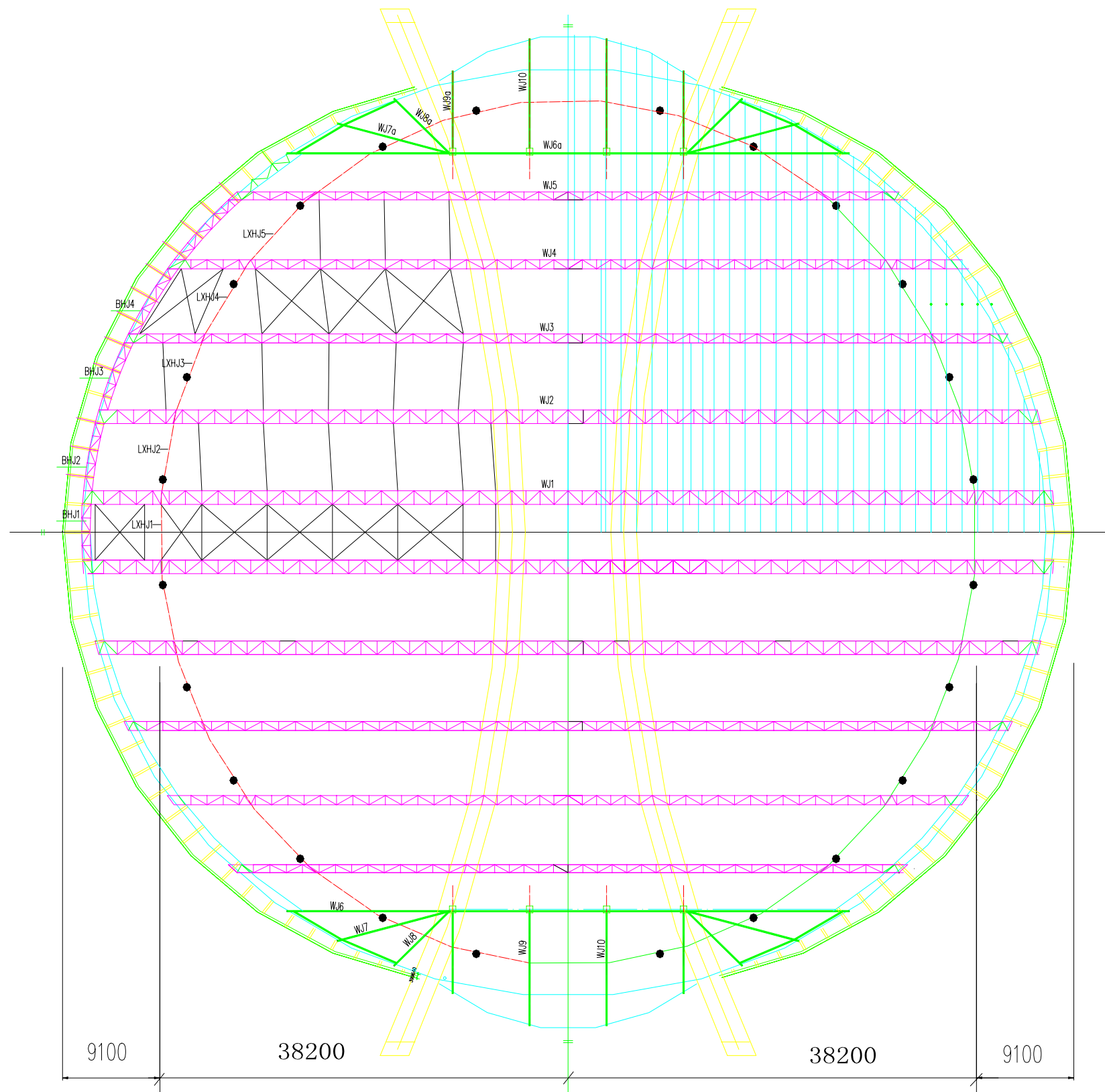
北京理工大学体育文化综合馆位于北京理工大学校园内，规划用地面积 20650m²，占地 12000 m²，总建筑面积 21882 m²（含风雨跑道 1590 m²）。建筑物高度为 28.2m，地下一层（局部设地下夹层），地上三层。东西宽 107.17m，南北长 190.12m。建筑物东西两侧分别有二个露天风雨跑道。

该工程为钢筋混凝土框架-剪力墙结构，屋面支撑体系：钢屋盖由二榀东西向的双曲面圆弧拱架和十榀南北向的马鞍形管桁架式钢屋架组成，十榀钢屋架吊挂于二榀主拱架下。看台周边半径 38.2m 圆周上分别布置有圆形钢筋混凝土柱，混凝土柱之间设有钢筋混凝土圆弧梁，钢屋架支撑在钢筋混凝土圆弧梁上，标高随屋面马鞍形位置不同而变化，钢屋架由连系桁架 LXHJ1~5 联成一体。钢屋架从钢筋混凝土圈梁支撑点向外逐渐向高悬挑，最后由外环桁架梁联成一体，高挑部分构件为工字钢 I22a。屋架上设置钢檩条，铺设双层保温金属压形板。主拱架外露，屋面整体造形呈马鞍形，外露钢拱架苍劲有力，波浪形银灰色屋面飘逸，轻巧，两者完美结合，集中体现了更高更快更强的体育精神和奋发向上的现代风格。

详见图 1.1 钢结构平面图；

图 1-2 结构纵剖面；

图 1-3 结构横剖面；



钢结构平面图

图 1

图 1-1 钢结构平面图

版权所有 不得进行刻录和网络上传

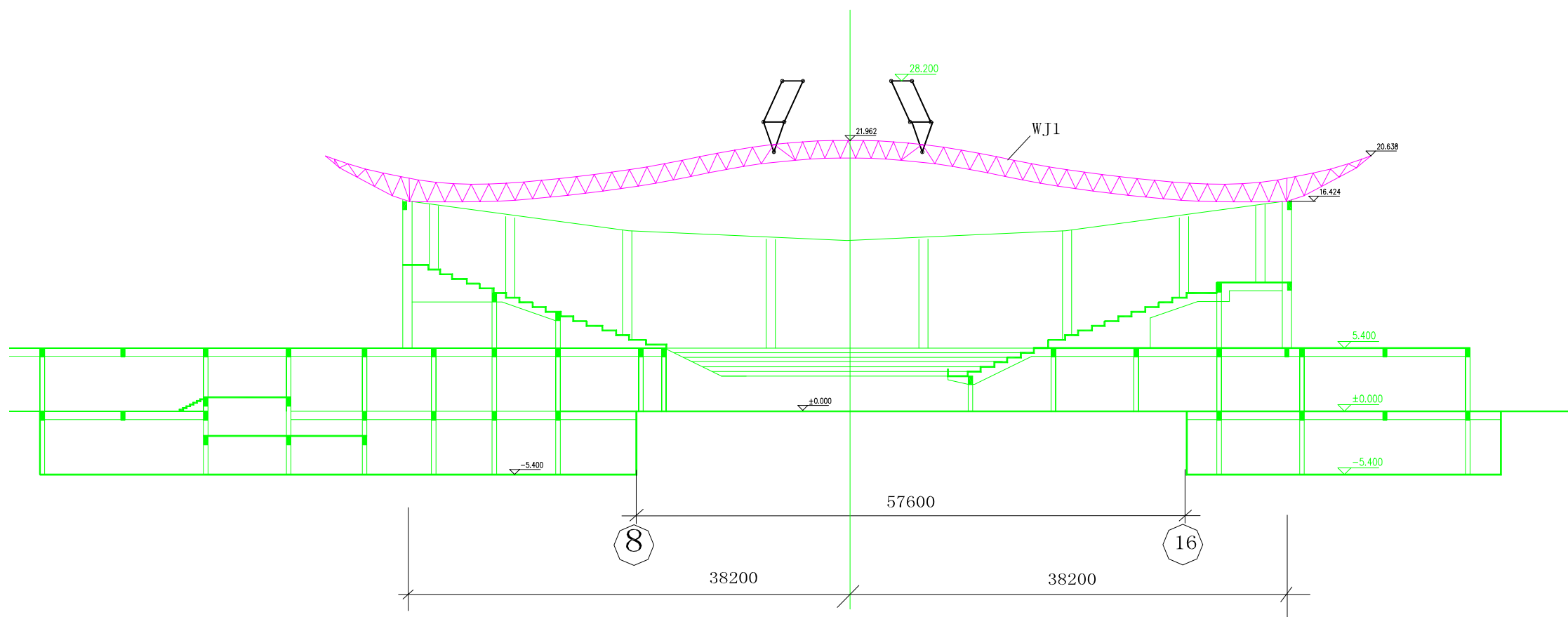


图 1-2 结构纵剖面图

图 2

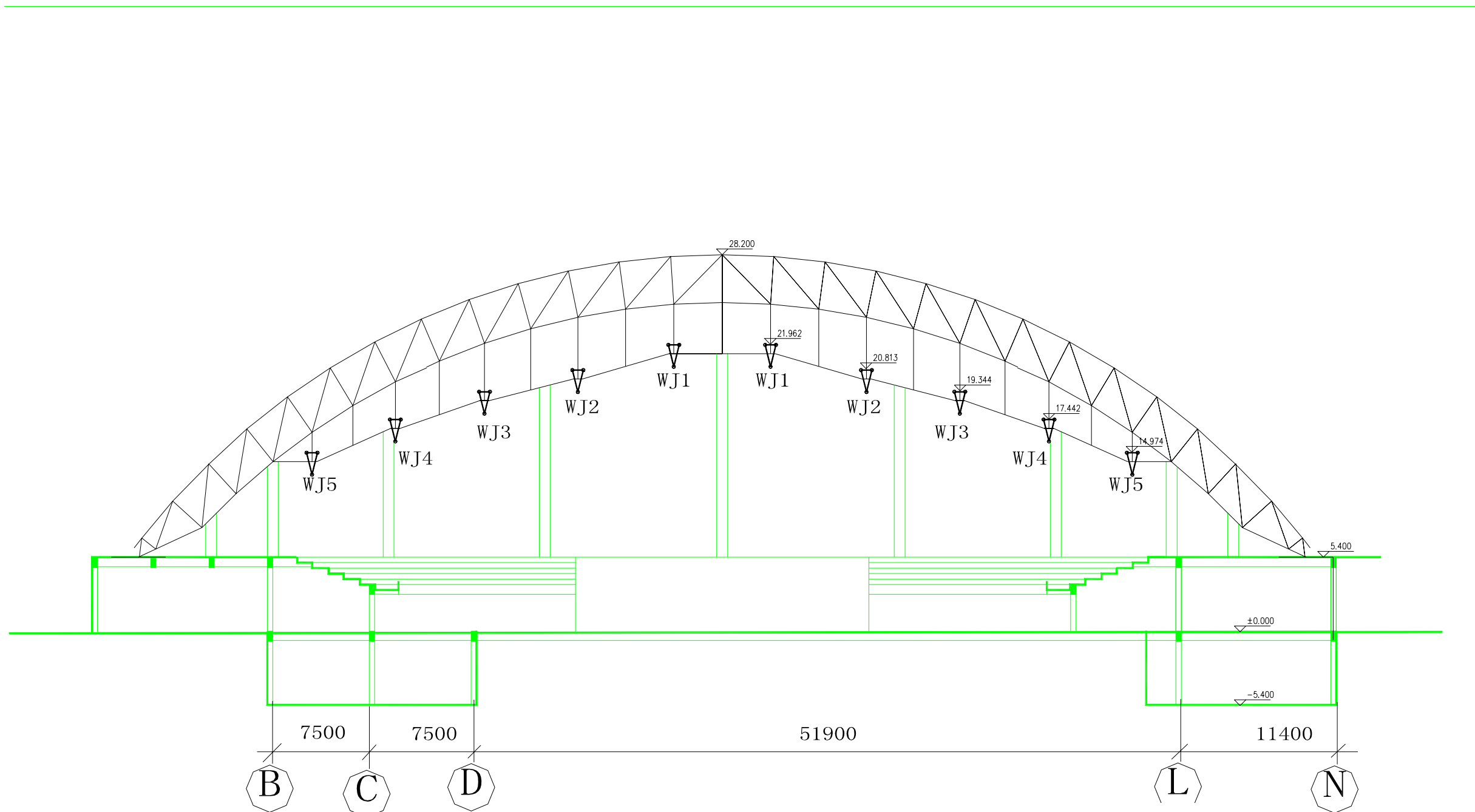


图 1-3 结构横剖面图

图 3

1.1.2 结构形式

主拱架为双向圆弧拱，跨度为 85.4m，拱脚最低处标高 5.2m、拱顶最高处标高 28.2m，断面形状为平行四边形，上下弦杆 $\Phi 406 \times 20$ ，腹杆 $\Phi 245 \times 12$ ， $\Phi 203 \times 10$ ，弦杆+腹杆节点为管+管相贯节点。

吊杆为三角形断面，立杆与主拱架下弦杆相贯焊接，屋架悬挂于吊杆下，悬挂处吊杆与拱架下弦相贯连接采用铸钢节点，悬挂支座管为 $\Phi 351 \times 16$ ，节点形式为管+板插入节点。

二榀主拱架由 6 榀横向支撑桁架相连，中间支撑桁架为梯形，上下弦杆 $\Phi 351 \times 16$ ，腹杆为 $\Phi 245 \times 12$ ， $\Phi 203 \times 10$ 。外侧支撑桁架为三角形，上下弦杆 $\Phi 351 \times 16$ ，腹杆为 $\Phi 203 \times 10$ 。

十榀屋架南北向布置，悬挂于吊杆支座下，上弦杆 $\Phi 203 \times 12$ ，下弦杆 $\Phi 245 \times 14$ ，腹杆为 $\Phi 133 \times 6.5$ 。WJ1~5 布置图见平面图，屋架呈中央高，向两侧趋于中部低，端部高的态势。

连系桁架 LXHJ1~5 将十榀屋架联成一体，均为单片桁架，上下弦杆 $\Phi 133 \times 6.5$ ，腹杆为 $\Phi 83 \times 6$ 。

外环桁架 BHI1~6 为三角形，上下弦杆 $\Phi 133 \times 6.5$ ，腹杆为 $\Phi 83 \times 6$ 。

悬挑工字钢为 I22a，檐口周圈用槽钢 [22 相连。

屋架上弦平面支撑（直、斜）均采用 $\Phi 133 \times 8$ 钢管。

屋面檩条采用 [220×75×2.5 冷弯薄壁形钢。

钢结构构件表

表 1-1




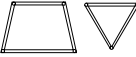


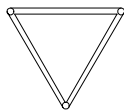
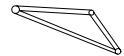
构件名称编号	构件单重 (kg)	构件数量	总重 kg
屋面拱架	147103.9	2	294207.8
拱架支撑	75659.3	1	75659.3
吊杆	21320.4	2	42640.8
中屋架 WJ1	37793.3	2	75586.6
中屋架 WJ2	36376.3	2	72752.6
中屋架 WJ3	24052.3	2	48104.6
中屋架 WJ4	21616.8	2	43233.6
中屋架 WJ5	17767	2	35534
屋架 WJ6	2545	4	10180
屋架 WJ7	1144	4	4576
屋架 WJ8	851	4	3404
屋架 WJ9	1050	4	4200
屋架 WJ10	1452	4	5808
挑檐梁	74.4	90	6696
挑檐环梁	64	92	5888
檩条			37535.2
合计			766006.5

注：以上重量考虑节点等重量需 $\times 1.05\%$ 系数。

钢结构主要构件明细表，见表 1-2

钢结构主要构件明细表

表 1-2

名称 序号	构 件	形 状	长度及标高 (m)	截面形式	数量	单重 (kg)	总重 (kg)	特点
1	主拱架		86.570 ▽28.200 ▽6.742		2	142103.9	284207.8	双面扭曲桁架 管管相贯结构
2	拱架支撑		max=17.186 minx=8.161		1	75659.3	75659.3	共6榀, 3种
3	吊杆	拱架下连续成折线			2	21320.4	42640.8	铸钢节点悬吊杆件
4	中屋架WJ1		90.836 ▽ 21.962 ▽ 16.424		2	37793.3	75586.6	单向翘曲、三角桁架 吊挂于拱架上, 另 一点在钢筋混凝土支座上, 且有较长飞檐。
	中屋架WJ2		88.472 ▽20.83 ▽ 15.550		2	36376.3	72752.6	
	中屋架WJ3		83.104 ▽19.344 ▽ 15.043		2	24052.3	48104.6	
	中屋架WJ4		74.950 ▽17.422		2	21616.8	43233.6	
	中屋架WJ5		61.908 ▽ 15.596 ▽14.974		2	17767	35534	
5	挑檐环梁		▽ 19.532 ▽ 12.101		92	64	5888	

1.1.3 节点形式

- 1) 主拱支座：万向球形支座；
- 2) 主拱上下弦杆+腹杆：“管—管” 相贯焊接节点；
- 3) 主拱悬挂屋架处：铸钢节点；
- 4) 吊杆支座：“管—板” 插入焊接节点；
- 5) 主拱横向支撑桁架、连系桁架 LXHJ1~5、外环桁架 BHJ1~BHJ6、屋架平面支撑均采用 “管—管” 相贯焊接节点。



(a) 管—管 多管交叉相贯



(b) 管—管 相贯



(c) 管-板 插入



(d) 管-球 相贯



(e) 管-套管-管 加固、加长连



(f) 纵向主桁架 + 环向桁架梁 相交连

图 1-4 管结构主要节点形式

1.2 要材料

1.2.1 架及钢梁为 Q235B(I 字钢, 槽钢, 焊接 H 形钢)。

1.2.2 钢管为 Q345B 无缝钢管, 化学成份及力学性能应符合 GB700-88, 抗拉强度实测值与屈服强度实测值比值不小于 1.2, 钢材应有明显的屈服台阶, 且伸长率应大于 20%, 钢材应有良好的可焊性和合格的冲击韧性。

1.2.3 焊接材料: 自动焊或半自动焊采用 H08 或 H08MnA 焊丝, 其性能符合 GB1300-77; 手工焊时采用 E43、E50 焊条, 其性能符合 GB/T5117-95、GB/T5118-95 的规定。

1.2.4 高强度螺栓: 采用 10.9S 大六角高强度螺栓, 其技术条件符合 GB1228、1229、1230—1991 的规定。

1.2.5 铸钢: 钢材屈服强度大于 Q345B。

1.3 分承包内容

我单位为“北京理工大学体育文化综合馆工程”施工总承包方, 因
版权所有 不得进行刻录和网络上传

本工程钢结构工程专业性较强，施工难度较高，为了充分保证钢结构工程的施工质量，确保使之达到既定的“鲁班奖”质量标准，我单位研究决定将屋顶钢结构支撑体系工程进行分包施工，拟定分承包方的单位名称、企业资质、企业业绩、企业信誉与实力等资料均密封在投标文件（企业信誉与实力）中一齐报送。

分承包的内容包括：

- 钢结构深化设计；
- 安装过程整体结构稳定性和应力应变分析；
- 铸钢节点加工制作；
- 重要节点的承载力试验；
- 钢材，钢管，连接材料，涂料的采购，试验复验；
- 钢构件，杆件坡口加工、工厂制作；
- 焊接工艺评定及试验，焊接质量检验；
- 现场钢构件、杆件的拼装及整体提升，安装；
- 屋面钢檩条安装、压形钢板铺设；
- 屋面保温层与防水层施工、面层 0.4mm 厚不锈钢板铺设等屋面全部工作内容。

2. 工程难点与施工技术措施

2.1 工程难点

2.1.1 本工程近 28m 高的管拱架式钢结构跨度大、与结构穿插进行，在施工上具有较大难度，钢构件品种规格多，运输超长超宽；钢材强度级别高，钢管 Q345B，铸钢强度大于 Q345B；管—管相贯焊接，铸钢节点

相贯焊接，现场安装焊接技术难度大，工作量繁重。

2.1.2 主拱架由两个双曲面圆弧桁架组成，屋架桁架外形呈波浪状，檐口向高悬挑，标高是变化的，每一构件的拼装定位均须三维坐标定位，给施工定位测量的精度控制增加了难度。

2.1.3 由于施工现场的限制，塔吊布置时在钢结构施工范围内的起重量不足，而仅钢管 $\Phi 325 \times 16$ 长 10m 的重量就有 3t，因此，施工用塔只能局部配合钢结构的安装。

2.1.4 由于拱架高近 28m，采用满堂脚手架不仅经济效益差，施工效率也低，更不利于构件的准确定位和高空焊接，无法保证安装施工质量。因此必须采用高效先进的计算机控制整体提升新工艺。

2.1.5 由于以上特点，使安装、焊接、检验、质量控制难度增加。

2.1.6 同样由于以上特点，加上钢结构与土建结构工程工序相互交叉作业，施工场地环境复杂，各工序工程质量与速度互相影响、制约，协调配合的难度较大。

2.2 施工技术措施

为保证施工工程质量，提高施工效率，缩短工期，针对技术问题本公司将采取的技术措施主要包括：

- 采用计算机控制的液压千斤顶同步提升新技术，实现桁架大面积大吨位的安装。
- 合理设置钢桁架拼接层次，尽可能减少拼接次数，主要采用地面组拼和低空组拼，使现场高空管结构相贯焊接工作量大幅度减少。

- 合理安排钢桁架分段,使所有钢桁架在地面组拼和低空组拼成较大的单元,在满足履带(汽车)起重机起吊能力情况下,再组拼成大单元。
- 针对本工程结构特点和现场安装要求,协助设计院确定合理焊接坡口尺寸和形式。使安装方便,焊接质量易于保证。
- 设计有利于现场组拼的胎具和辅助装置,有利于拼装定位和焊接,提高工效,保证质量。
- 制订适应本工程特点的管桁架定位偏差测量调整和控制方法。

3. 工程管理目标

根据建设单位招标文件要求,考虑本工程的特殊重要性,根据我单位的综合实力及项目部的实际施工技术水平和自身管理素质,制定以下管理目标:

3.1 质量目标

质量目标:“中国建筑工程鲁班奖”

钢结构工程为本工程结构工程的重要组成部分,在整个工程中占有至关重要的地位,必须实现“过程精品”,确保整体工程质量等级达到“中国建筑工程鲁班奖”标准,使之成为让建设单位完全满意的精品工程。

3.2 工期目标

钢结构工期目标: **115d**

我公司在接到本工程招标文件后,结合本工程的特点、重点和难点进行了施工组织设计的详细编制,对进度计划的可行性进行了认真仔细

的深入研究，对工程施工组织、管理进行了细致的部署、和筹划，对每一道工序的安排做到科学合理、高效紧凑、衔接紧密，在确保施工质量目标的前提下，保证工期目标的实现。

3.3 工程成本造价控制目标

我们将始终站在建设单位的角度，树立工程全局观念，通过优秀的人才、科学的管理、先进的技术和设备、经济合理的施工方案和工艺、科学的策划和部署。有效地组织、管理、协调和控制，使该工程成本和造价得到最为有效地控制；将同建设单位、设计院、监理公司和工程相关各方共同努力，优化施工组织和安排，使工程各个环节衔接紧密，高效顺利地向前推进；从图纸设计、材料设备选形、合格供应商的选择、现场施工组织、管理、协调与控制等各个方面，提出行之有效地合理化建议和施工方案，加强“过程”、“程序”和“环节”控制，追求“过程精品”，避免不必要的拆改、浪费，尽最大能力减少和节省工程成本和造价，使建设单位的投资获得最佳的效益和达到满意的效果。通过长期的工程实践，我们充分认识到只有整个工程成本和造价得到良好的控制，才能达到以上目标。

3.4 安全目标

我公司将采取切实可行的措施和充足的安全投入，通过严密的安全管理，确保施工现场不发生重大伤亡事故、火灾事故和恶性中毒事件，轻伤发生频率控制在千分之二以内。

3.5 环境保护和文明施工目标

我公司将严格执行建设单位对建筑工程施工的各项管理规定，加强

施工组织和现场安全文明施工管理，努力使本工程成为我公司的“形象示范工程”和“北京市文明安全工地”。

3.6 技术创新目标

由于本工程技术含量较高，我公司将把本工程作为科技示范工程的重点，并制定技术创新目标和实施计划，使技术创新建立在实用、经济、先进、合理和高效地水准之上，使之真正成为支撑工程项目优质高效运行、完善和提高项目管理水平、实现质量和工期目标的有效手段。在工程实施过程中利用计算机作为主要管理手段，利用网络化管理，使工程形象进度，质量、安全、资料信息等完全处于受控状态；确保项目管理模式的高效运行和管理目标的全面实现。

3.7 培训和教育目标

实现百分之百的全员培训教育，不仅包括管理层的培训教育，尤其是对施工作业层的进一步强化培训和教育，使全员树立牢固的质量意识、安全意识、环境保护和文明施工的意识、成品保护的意识、为建设单位服务的意识以及相互合作相互协调的意识，强化施工管理和工程技术水平。

3.8 团结合作目标

积极、主动、高效为建设单位服务，急建设单位之所急，想建设单位之所想，处理好与建设单位、监理、设计以及相关政府部门的关系，使工程各方成为一个团结、协作、高效、和谐和健康的有机整体，形成合力共同促进项目综合目标的实现。

4. 项目管理及施工部署

4.1 项目管理组织机构

为确保整个工程按时、优质、高效地完成，我单位将选派优秀的管理干部和专业工程技术人员，有计划的组织协调和管理，项目经理部配备技术、质检、安全、预算、材料、财务等职能人员，负责从施工准备、技术管理、生产组织、质量监控、安全监控、文明施工、材料供应到竣工验收和工程结算等方面全过程管理，并对建设单位全面负责。

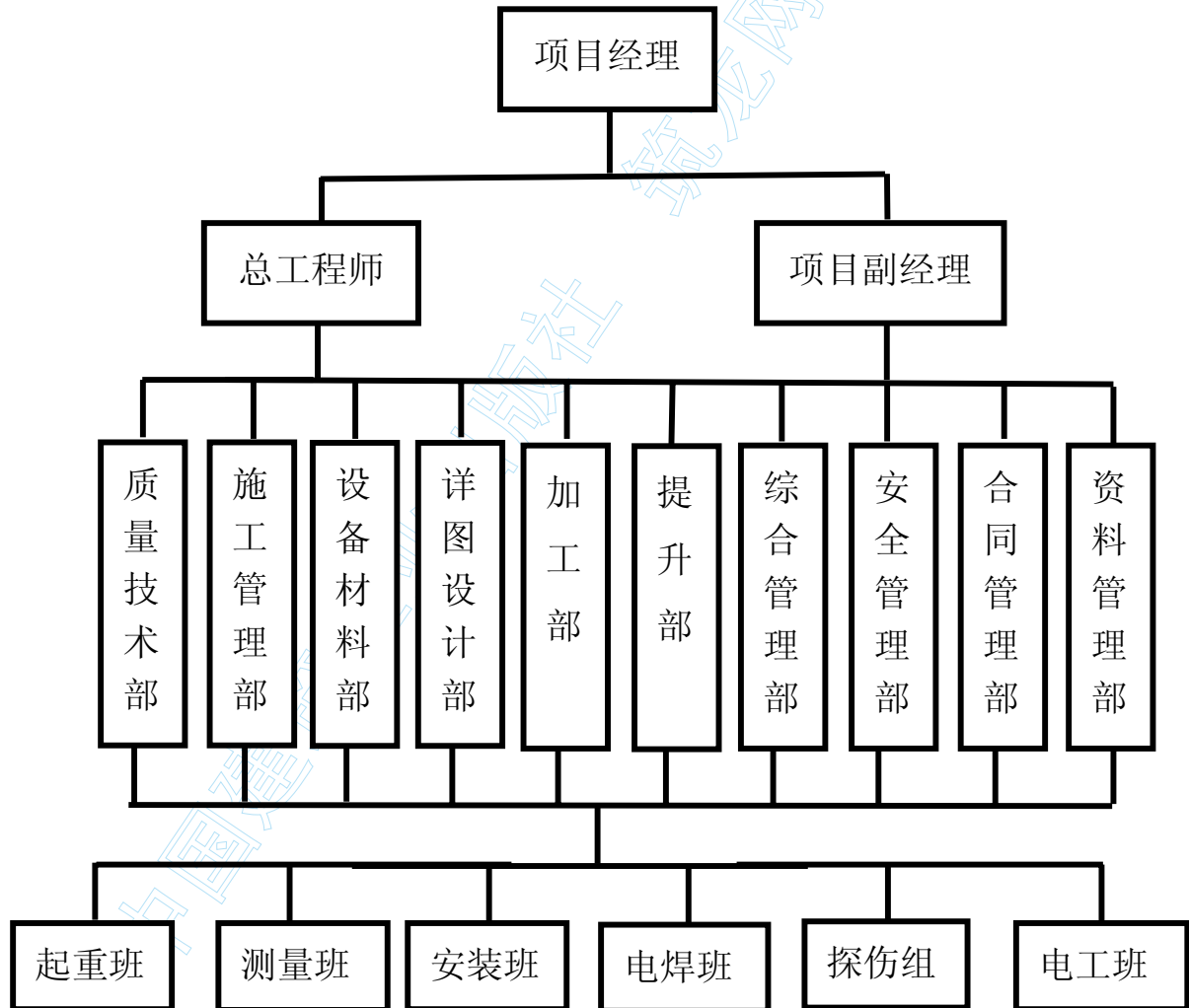


图 4-1 现场安装组织机构图

4.2 工程施工部署

-0.100 以下结构完成后暂停施工，提前插入 ⑧～⑩ 轴地下室外墙防水施工，完成回填后观众厅场地进行平整，做为钢结构屋面拱架、屋架现场组装和提升作业场地。前期进场后可利用建筑物西侧场地进行小单元的组拼作业。屋面钢结构拱架、屋架承重结构体系完成后，再进行观众厅-0.100 以上的主体结构 and 看台结构。

4.2.1 钢结构施工部署

- 1) 拱架、屋架同时进行场内、场外、低空及地面拼装。
- 2) 采取分段二次提升拱架及相关构件的方法，尽早完成拱架落地合拢，最大限度提升更多构件。
- 3) 高空安装剩余屋架，对称完成相应钢结构安装。
- 4) 外挑构件及檩条等可采用塔吊后施工。
- 5) 进行东西门头 H 形钢构件安装。

4.3 施工流水段的划分

钢结构安装分三个流水段施工：

见图 4-2 钢结构施工流水划分。

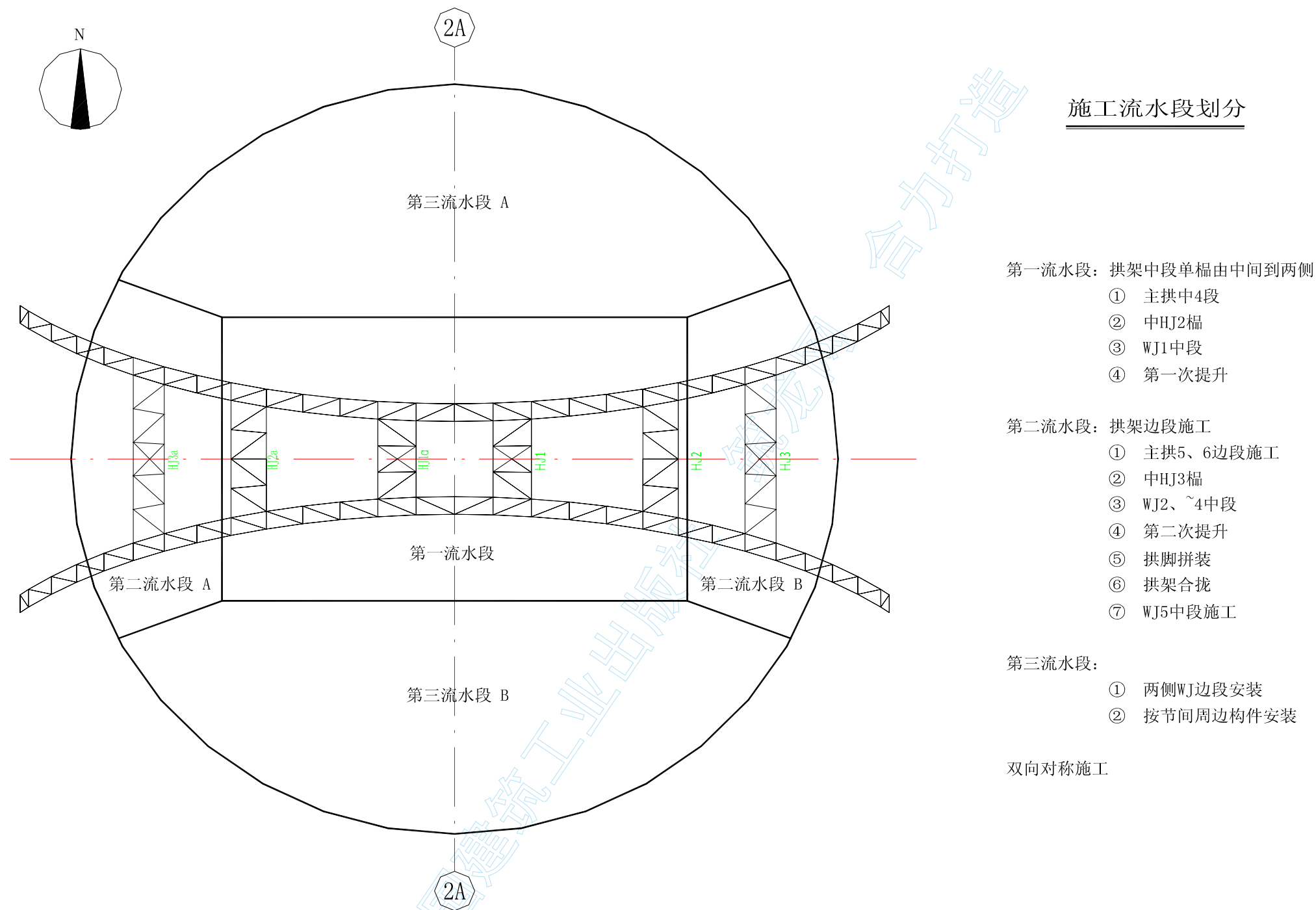


图 4-2 钢结构施工流水划分

第一流水段完成内容：

- 主拱中间 4 段地面（拱顶 8.7m）立拼；
- 中 HJ2 榀
- 组装相应的吊杆及支座；
- 安装 WJ1 屋架中段及檩条；
- 第一次提升。

第二流水段分东西两部，完成内容：

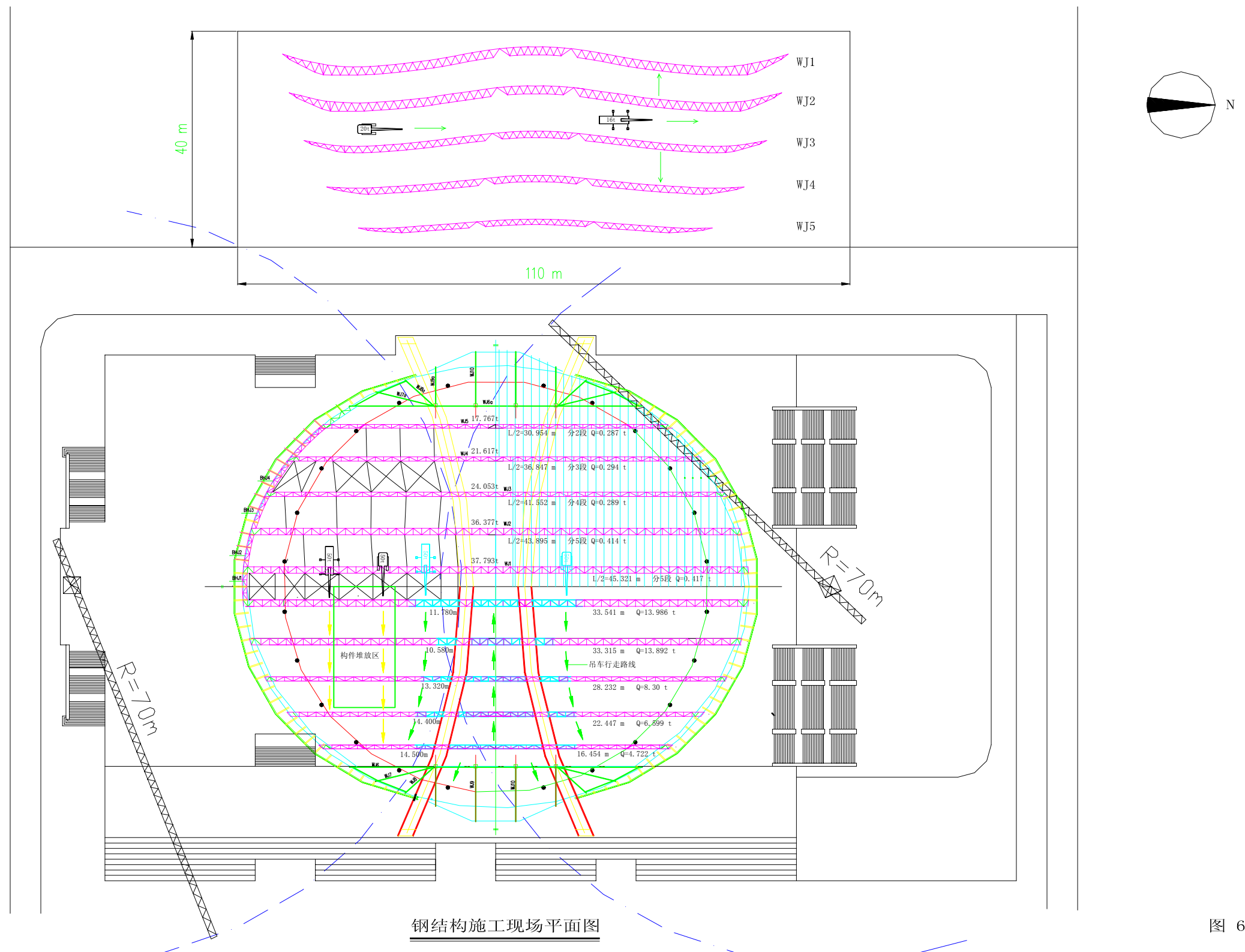
- 主拱 5、6 段地面立拼（拱顶 15.858）；
- 中 HJ3 榀；
- 组装相应的吊杆及支座；
- 安装 WJ2~4 屋架中段及檩条；
- 第二次提升；
- 拱脚拼装；
- 拱脚合拢；
- WJ5 中段施工。

第三流水段：

- 南北两侧屋架边段安装
- 按节间周边构件安装及东西门头收尾。

4.4 场钢结构施工平面布置

见图 4-3 钢结构施工现场平面。



钢结构施工现场平面图

图 6

图 4-3 钢结构施工现场平面
版权所有 不得进行刻录和网络上传

5. 施工准备

5.1 施工现场准备

- 5.1.1 保证现场施工运输道路、消防道路畅通，确保施工消防设备、消防用水和生活用水。
- 5.1.2 现场钢结构施工用电，现场用电分为两个施工区，制作区两条主配电线，电容量分别为 250kVA 和 150kVA，使用系数 60%；安装区提供 400kVA 的主电源，使用系数 60%。
- 5.1.3 场内钢结构施工场地平整，做好安全防护工作负责提供总包施工组织设计，组织技术交底。
- 5.1.4 组织人员进场，并进行安全教育和技术、质量交底。
- 5.1.5 根据设计图纸要求和有关部门提供的采购计划组织材料和各类构件零配件进场，并进行审核、验收和复验工作。

5.2 施工技术准备

- 5.2.1 参加设计交底，了解设计意图，组织有关人员设计图纸进行会审工作，掌握施工图内容、要求及特点，以便正确地安排施工，进行详图设计。
- 5.2.2 组织有关人员详细勘查现场，与分包单位协商有关施工中配合问题：确定进度计划、塔式起重机的起重能力以及安装、制作现场的电源、材料和安装机具的堆放场地等。
- 5.2.3 熟悉钢结构部分有关的测量、放线资料，并复核轴线定位桩、水准点并办理交接手续。
- 5.2.4 测量仪器、无损探伤仪器、氧气表、乙炔表等计量器具均按

规定进行计量鉴定。

5.3 人员配备

液压千斤顶同步提升新技术人员配备 表 5-1

岗 位	职 务	人 数	职 称
总指挥兼总工	提升经理	1	高级工程师
电控员	计算机操作及维护	2	工程师
液压工程师	液压线路检测	1	工程师
电路技师	电路检测	1	技工
起重技师	提升构件配合	1	技工
起重工	提升构件配合	8	
测工	测量监控	4	
合 计		18	

注：部分人员在下表中

钢结构工程劳动力计划表 表 5-2

工 种	人 数	工作职责范围
测量工	6	放线测量，构件检查，提供交验数据
起重工	25	钢构件吊装，搭设操作架子，装卸倒运构件等工作
电焊工	20	钢构件焊接，配合探伤等应做的工作
铆钳工	8	配合起重、吊装、维修构件
探伤工	2	焊缝的超声波探伤、无损探伤
电工	2	现场用电管理工作
材料工	3	工具、材料和构件管理
吊车司机	7	负责构件装卸、吊装等工作
架子工	10	配合起重、焊工、挂吊篮、搭设架子
合 计	105	

5.4 施工机械设备及仪器准备

安装机械与运输车辆

表 5-3

序号	名称	规格	单位	数量	工作职责范围
1	塔吊	TC7030	台	2	由总包单位提供
2	50t 履带吊		台	1	现场拼装与安装、卸构件
3	50t 汽车吊		台	1	现场拼装与安装、卸构件
	20t 汽车吊		台	1	场外拼装与吊运构件
	16t 汽车吊		台	1	场外拼装与吊运构件
4	载重汽车	10~26t	台	1	长车形现场倒运构件
5	工程车		台	1	

注：为减少土建地下层加固量、部分构件考虑用土建塔吊配合

主要起重设备配备

表 5-4

序号	名称	形号	数量	单位	备注
1	螺旋千斤顶	10~30t	30	只	
2	倒链	2t、3t、5t	50	个	
3	钢丝绳	$\phi 13 \sim \phi 15.9$	500	m	
4	钢丝绳	$\phi 15.9$	300	m	
5	钢丝绳	$\phi 25.5$	300	m	
6	钢丝绳	$\phi 32$	100	m	
7	卡环	$\phi 15.9$	40	个	
8	卡环	$\phi 19.05$	40	个	
9	卡环	$\phi 25.5$	50	个	
10	卡环	$\phi 38.25$	20	个	
11	铁锤	3~5 磅	20	个	
12	铁锤	8~10 磅	10	个	

13	棕绳	$\phi 19$	200	m	
14	棕绳	$\phi 16$	200	m	
15	铁扁担	20~30~40t	2	个	
16	撬杠	$\phi 20$, 长 500mm	20	根	
17	撬杠	$\phi 25$, 长 1000mm	20	根	
18	撬杠	$\phi 25$, 长 1200mm	20	根	
19	$\phi 100 \times 4$ 小滑轮		10	件	
20	$\phi 150 \times 5$ 大滑轮		20	件	
21	3t~5t 滑车	双门、单门	4	个	
22	10t 滑车	双门、单门	4	个	
23	10~20t 滑车	4 门	4	个	
24	运输地坪车		1	台	
25	活动扳手	12 寸	8	把	
26	钢板	$\delta 40\text{mm} \times 4\text{m} \times 6\text{m}$	8	块	
27	慢速卷扬机	3 ~ 5 t	2	台	
28	绞磨	自制	1	台	
29	梯子	自制	20	个	
30	对讲机		8	个	
31	指挥旗	红、绿	10	付	
32	口哨		20	个	
33	工具箱	$0.6\text{m} \times 0.7\text{m} \times 1.5\text{m}$	6	个	
34	钢丝绳卡扣	1.2 寸	50	个	
35	钢丝绳卡扣	1 寸	50	个	
36	货运卡车	130	1	台	
37	铲车	3t	1	台	
38	花篮螺栓	5t	30	个	

主要焊接设备及工具

表 5-5

序号	名称	形号	数量	单位
1	直流焊机	2X-5	10	台
2	交流焊机	BX-500	10	台
3	碳弧气刨电源	ZX-630	6	台
4	空压机	ZHK-100	3	台
5	远红外线烘干箱	300~500℃	2	台
6	电焊条保温桶		20	个
7	电动角向砂轮	$\phi 100\sim 150$	10	台
8	电动角向砂轮	$\phi 100\sim 151$	5	台
9	碳弧气刨枪		2	把
10	火焰预热枪		5	把
11	温度表		2	只
12	氧气瓶		25	个
13	乙炔瓶		10	个
14	钳形电流表	500A	2	个
15	表面温度计	0~400℃	4	个
16	钢字码	0~9	2	套
17	钢字码	A~Z	1	套
18	半自动切割机		1	台
19	万用表		1	个

主要焊缝检测设备

表 5-6

序号	名 称	规 格	数 量	单 位	备 注
1	超声波探伤仪	M390	2	台	
2	金属测厚仪	DM3	1	台	
3	磁粉探伤仪		1	台	
4	焊缝卡尺		10	把	
5	游标卡尺		1	把	
6	螺旋卡尺		1	把	

测量仪器及小形机具

表 5-7

序 号	名 称	规 格	数 量	单 位	备 注
1	全站仪	SET2B 防水形	1	台	
2	测距仪	一等	1	台	
3	电子经纬仪	TMLA1``分辨率	1	台	
4	电子经纬仪	TMLA2``分辨率	2	台	
5	自动调平水准仪	二级	1	台	
6	自动调平水准仪	一级	1	台	
7	塔尺（铝合金）二等	5m	2	把	
8	水平尺		4	把	
9	磁力线锤		4	个	
10	钢卷尺	20m	4	把	
11	钢卷尺	50m	2	把	
12	钢卷尺	10m	4	把	
13	钢卷尺	3~5m	10	把	
14	弹簧称	10kg	2	把	
15	划线规	200mm、500mm	4	把	

续表

16	万能角度尺		2	把	
17	直尺	1000mm	10	把	
18	直角尺		4	把	
19	锋钢圆冲、划针		4	把	
20	锉刀、扁锤	半圆、三角	2	把	
21	钢丝钳		4	把	
22	工具棚、焊机棚	2×4m	4	个	
23	台式电动砂轮	18~30m	1	台	
24	钻床	12~24m	1	台	
25	台钳		1	台	
26	尼龙记号笔	红、白、黄	10	支	
27	油漆	红、白、黄	若干	千克	
28	遮阳伞、仪器防护伞、墨斗等		若干		

消防器材：灭火器、水桶、砂若干。

现场钢结构安装用电量表

表 5-8

序号	设备名称	额定电容量	单位	数量	需额电容量
1	直流电焊机	30kVA	台	10	300
2	交流电焊机	37 kVA	台	10	370
3	碳弧气刨电流	26 kVA	台	6	155
4	容压机	5.5 kVA	台	4	20
5	焊条焊干箱	6 kVA	台	2	12
6	焊条保温箱	0.4 kVA	个	20	8
7	电动面砂轮	2 kVA	台	5	10
8	电动角向砂轮	2 kVA	台	10	20
9	手动工具	30 KW			30

10	照明	1 KW	台	4	4
11	塔吊	160KW		2	
合 计					931

6. 施工方法

6.1 主要的施工方法

根据本工程钢结构工程的特点确定以下施工方法：

6.1.1 拱架采用了分段、低空、原位立拼装，二次提升后与拱脚段合拢的方法施工。

提升荷载：考虑吊杆、屋架、檩条等全部可提最多构件。

6.1.2 南北段屋架，采用高空对称抬吊安装，节间综合安装构件的方法施工。

6.1.3 屋架采用地面整体卧拼，分段运输至现场，低空组成吊装段方法吊装。

6.1.4 屋面檩条，挑檐等周边构件均高空散装（采用挑架）。

6.2 充分应用电子计算控制液压千斤顶提升新技术

电子计算机控制液压千斤顶提升技术是现代新形、高效地起重安装方法，尤其是应用于复杂造形的大形场馆，重形结构，更显示出其突出的技术优势。它的优点主要表现在：

- ◆ 节省大量高空组装承重支架、胎架及脚手架，变为地面或低空施工；
- ◆ 易于保证工程质量和进行质量控制；

- ◆ 易于发挥机械效率，提高经济效益；
- ◆ 易于保证安全生产；
- ◆ 缩短工期。

千斤顶在多台、同步泵站及计算机控制系统的控制下，平稳、连续、准确地将钢构件安装至设计位置，设备轻巧，操作简单，安全可靠，安装精度高。

提升设备分三大系统：承重系统、液压系统和控制系统。

提升设施：根据结构特点确定，一般采用提升桅杆。

6.3 钢结构施工顺序：

6.3.1 施工工艺流程

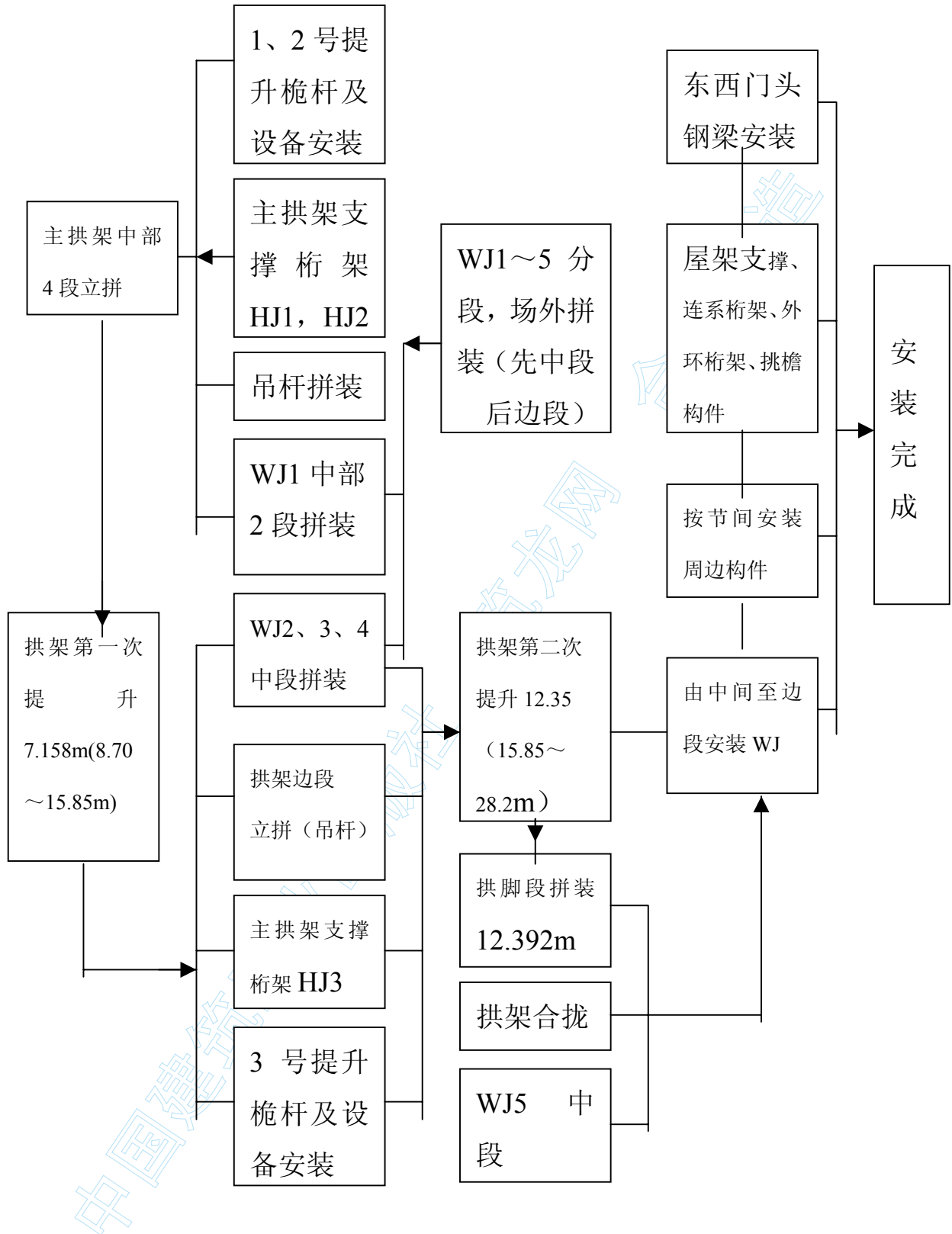


图 6-1 施工工艺流程

6.3.2 施工方向

必须充分考虑主拱架双向对称的结构特点，以屋面钢结构中心线与 \textcircled{QA} 轴汇交点为中心，向东西对称进行拱架及中段屋架悬吊节点的地面拼装，完成二次提升后，最后与拱脚段合拢。

拱架安装完成后以拱架为中心轴，由中部向南北对称完成两边屋架及剩余构件的安装，确保钢结构在提升、安装过程的稳定。

6.4 拱架、拱架支撑、屋架弦杆分段确定原则：

- ◇ 弦杆不易过短，便于加工成形，但要易于运输；
- ◇ 与节点位置错开，焊接部位合理，便于施焊；
- ◇ 组装分段尾架、重量与选用起重设备相适应。

拱架弦杆为双向弯曲构件，分段见图 6-2，主拱弦杆分段示意图。

屋架弦杆分段见图 6-3，屋架 WJ 分段拼装示意图。

6.5 地面拼装工艺：

6.5.1 拱架中部采用低空现场原位立拼 拱脚段原位组装。设一小段为高空合拢段。2 个拱架胎，3 个支撑胎。

见图 6-4 (1) 拱架拼装胎架图；

见图 6-4 (2) 拱架吊杆拼装胎架图；

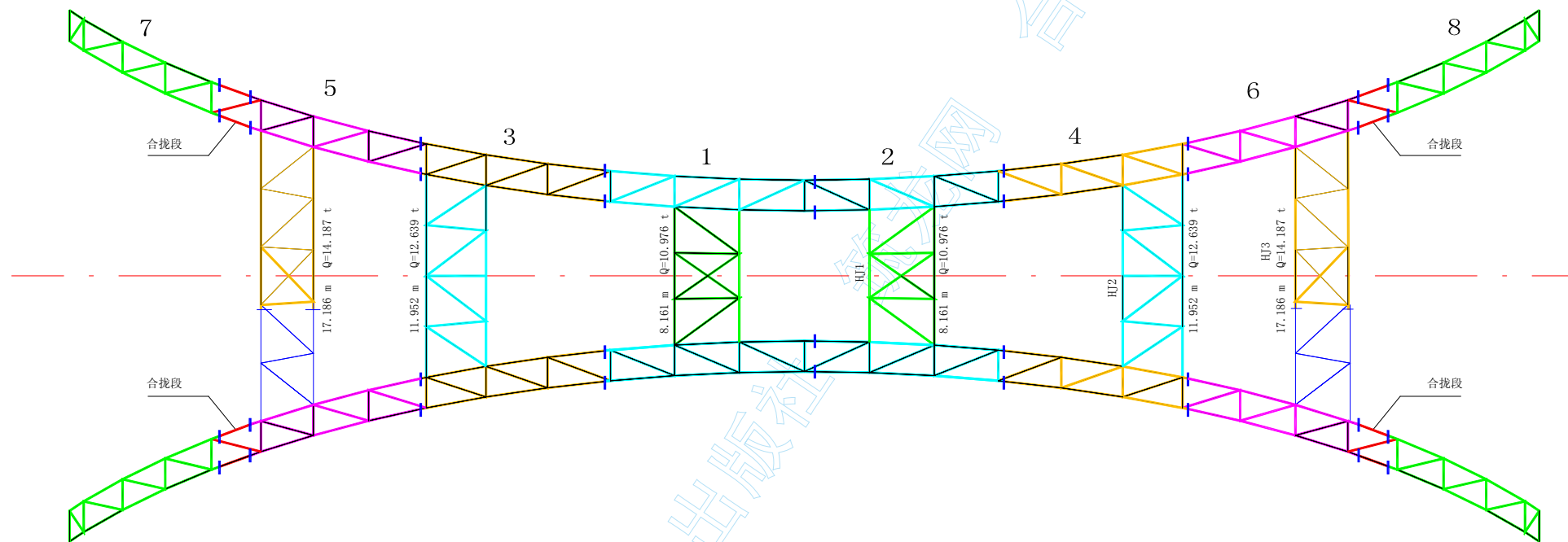
见图 6-4 (3) 中段屋架拼装胎架图；

6.5.2 屋架在场外地面整榻卧拼 见图 4-3. 钢结构施工现场平面，其胎架 见图 6-4. (4) 屋架卧拼胎架图。五个 WJ 胎架。

6.5.3 三维胎架设计：施工前绘制拱架、拱架支撑及各类屋架、环梁的平、立面图。选择主控基础坐标，确定出主控关键点的各段控制点的坐标，将各点三维坐标设计值换算为胎架上的三维坐标值，按胎架

编号，列表放出焊接收缩值。

中国建筑业出版社
筑龙网
合力打造



主拱弦杆分段示意图

图 6-2 主拱弦杆分段示意图

版权所有 不得进行刻录和网络上传

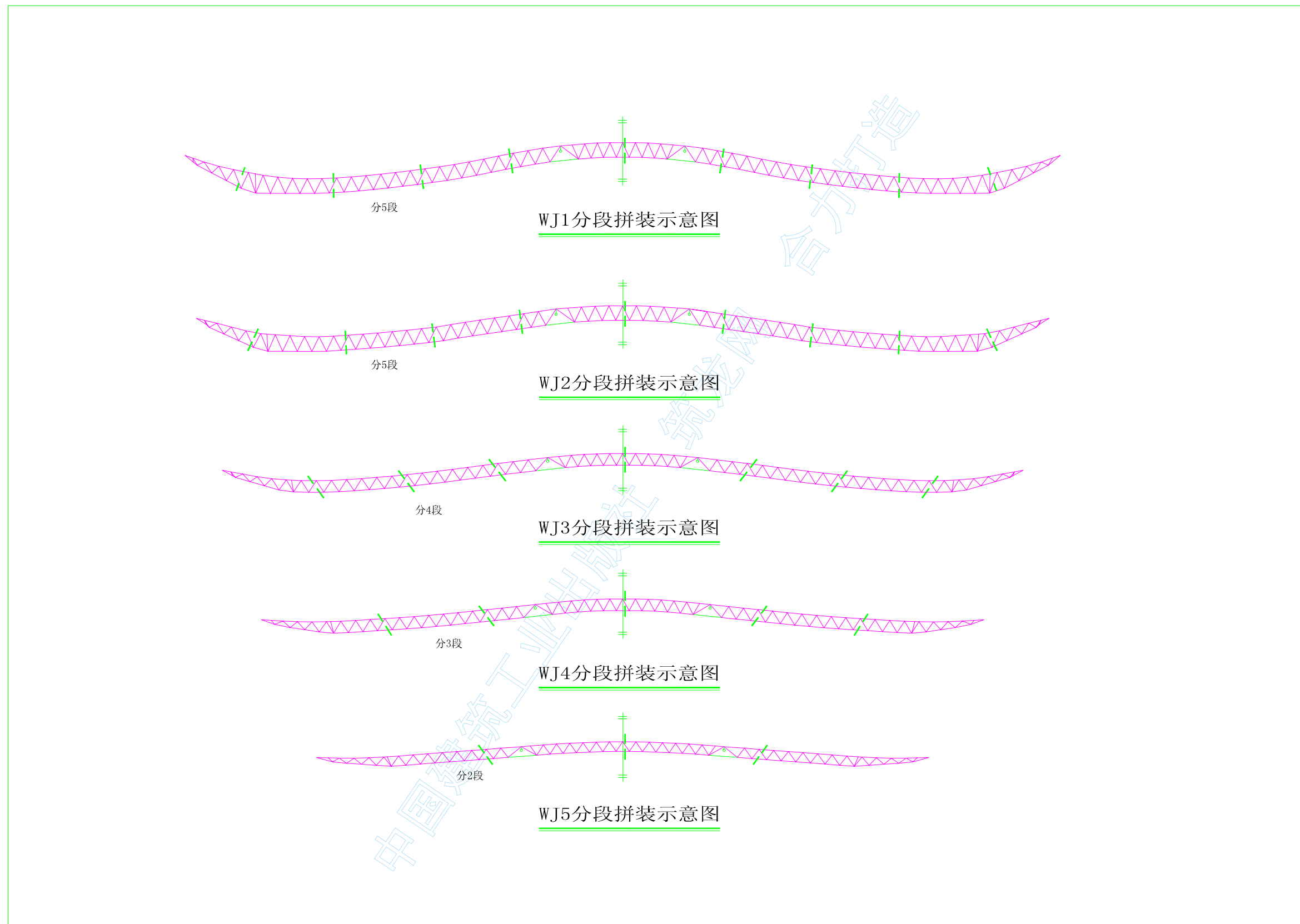


图 6-3 屋架 WJ 分段拼装示意图
版权所有 不得进行刻录和网络上传

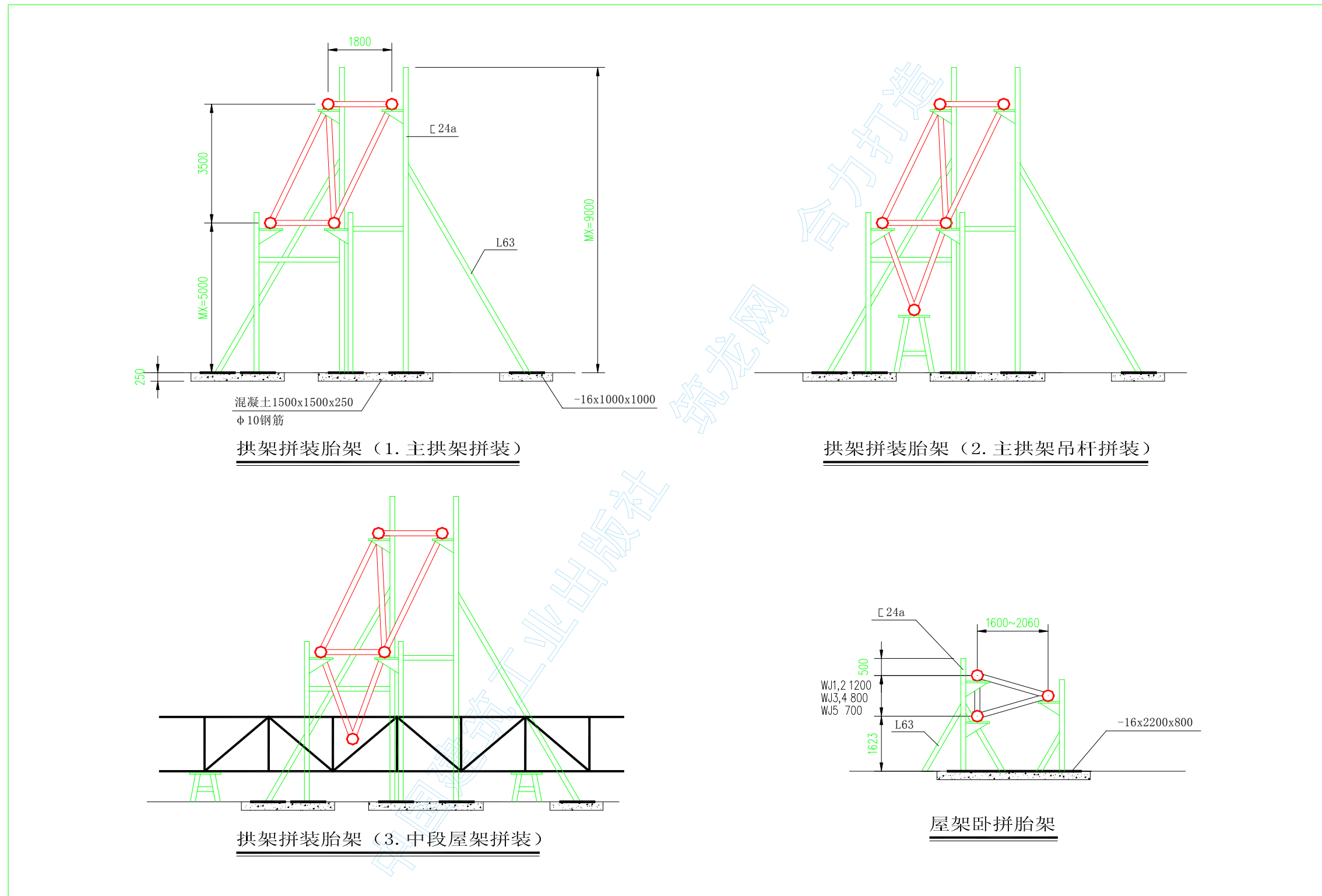


图 6-4 拱架拼装图

6.5.4 拼装测量技术

- 1) 测量拼装胎架主控轴线网，主控轴施放后，要用另一种测量方法验收，并经建设、监理单位共同签认。
- 2) 按图纸和建设单位提供资料在制作胎架内进行测量放线。
- 3) 胎架的验收：由一种方法测量放线，必须用另一种方法验收。
- 4) 复杂部位构件用多点投影值与角度控制样板校核空间杆件之间角度关系。
- 5) 在拼装过程中跟踪检测关键部位及杆件测量值，如拱高、拱支脚支座、悬挂吊杆支座、铸钢节点、总弧长和曲率。在拼装过程时，焊接过程中，焊接完成后，均要进行测量和检测，分段进行地面拼装质量验收。

6.6 焊接技术

6.6.1 焊缝的要求

- 1) 本工程钢管焊接采用手工电弧焊。
- 2) 电焊条：对 Q235 钢焊条 E4315 钢焊接时采用 E4316 焊条；
当 Q235 钢 Q345B 钢焊接时采用 E4316 焊条；
当 Q345B 钢与铸钢焊接时采用 E5017 焊条。
电焊条需满足 GB5117-85 或 GB5118-85 要求。
- 3) 从事钢结构各种焊接工作的焊工，应按 JGJ81-91 的规定经考试合格后，方可进行操作。
- 4) 在钢结构中首次采用的钢种、焊接材料、接头形式、坡口尺寸及工艺方法，应进行焊接试验，焊接工艺评定，评定结果应符合设

计要求。如 Q345B 与铸钢件的焊接，制定焊接工艺。

- 5) 焊接时，要采取有效措施；缩小焊接变形，减少焊接应力。在制作及拼装、安装中要考虑相应的焊接收缩值。

6.6.2 主要焊缝的焊接形式

- 1) 钢管的对接均采用带衬板、开坡口的全熔透对接焊，焊缝质量等级为一级。钢管的拼接焊缝的设置应满足施工详图的要求。钢管坡口的形式如下：

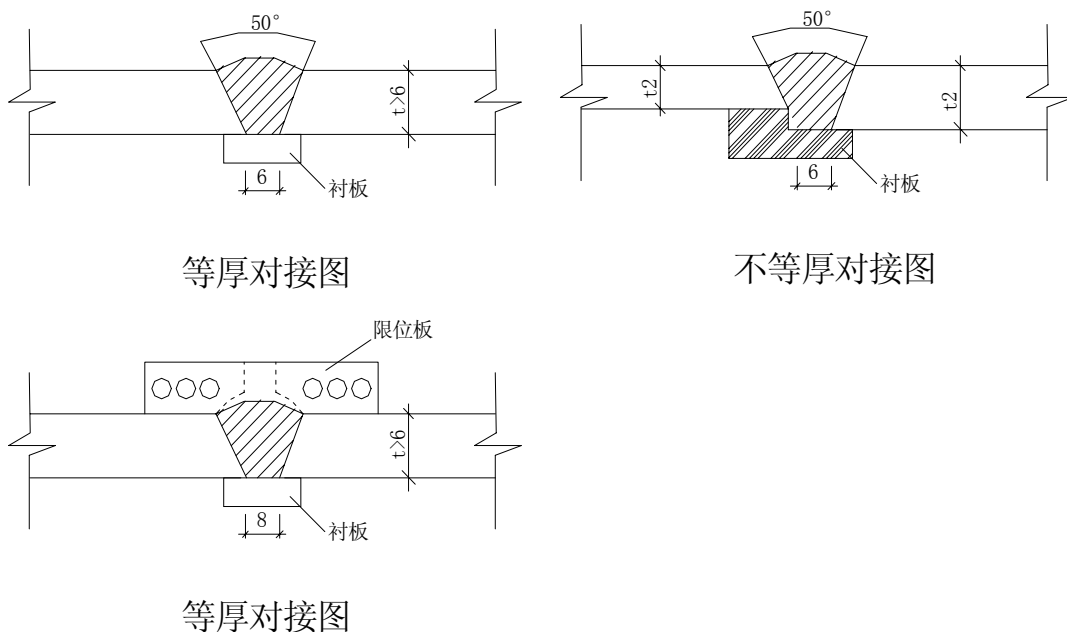


图 6-6 管坡口的形式图

焊缝尺寸应满足《钢结构焊缝外形尺寸》(GB5777-96)的要求。

2) 圆管的相贯焊缝

- a) 当支管壁厚度 t 不小于 6mm 时，采用全周的单面无衬板的全熔透坡口焊缝，主弦杆与竖杆轴线所加锐角大于 75° ，焊缝质量等级为二级，主弦杆与竖杆轴线所加锐角小于 75° ，A、B 区

焊缝质量等级为二级，C 区的焊缝质量等级为三级。二面角 ϕ 决定支管圆周焊缝的连续变化。

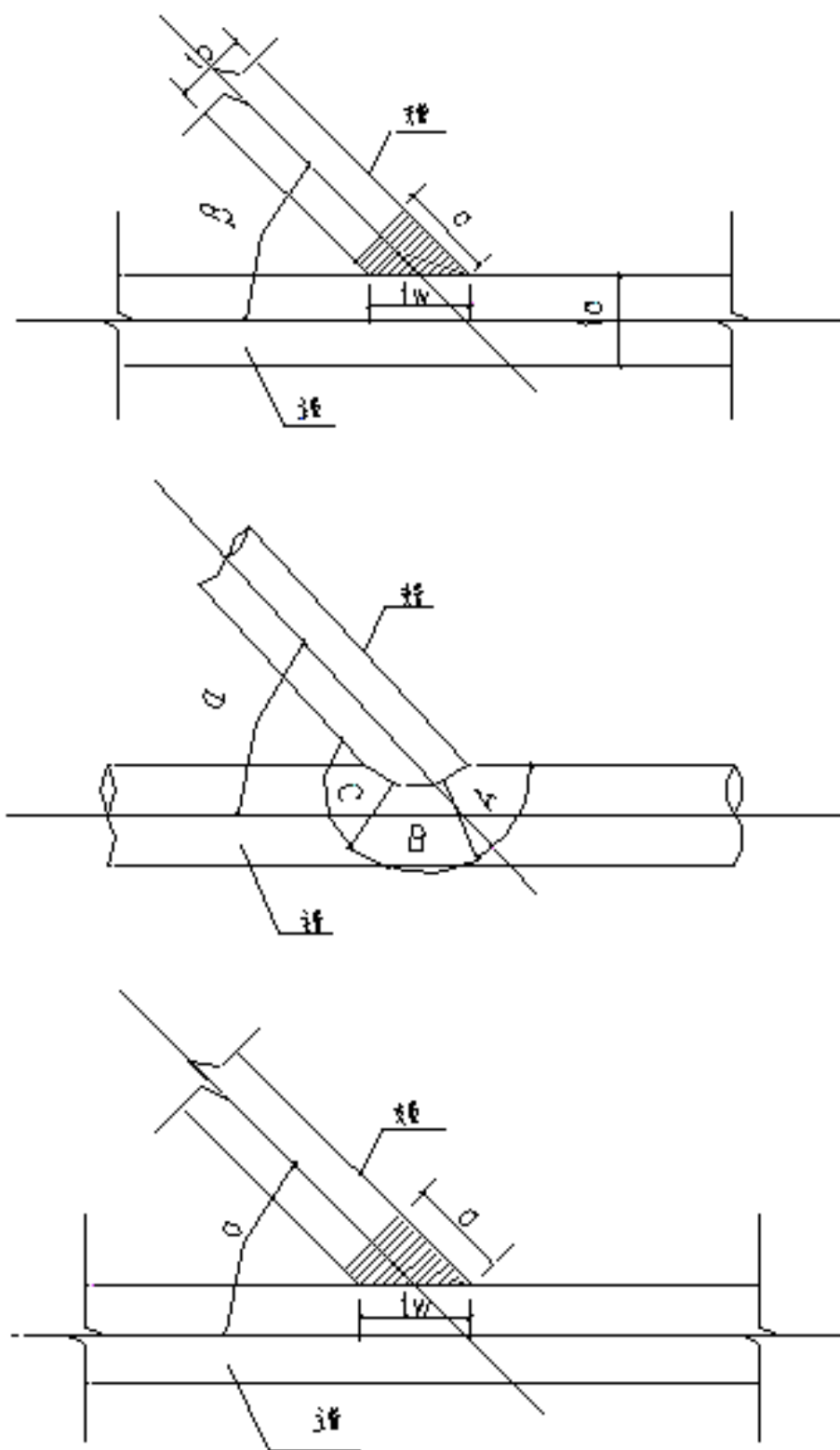


图 6-7 圆管的相贯焊缝示意图

圆管相贯分四个区连续变化，

A 区——趾部 B 区——侧区 C 区——根部区

- b) 当支管壁厚 t 小于 6mm，不开坡口全部为角焊缝。
- 3) 圆管与板相交焊缝
 - a) 当管壁厚度 t 小于 6mm 为角焊缝。
 - b) 当管壁厚度 t 不小于 6mm 时，板厚 t 大于 6mm 时，采用坡口部分熔透焊缝。
- 4) H 形钢梁的翼缘板、腹板的对接焊缝等级为一级。其余对接焊缝如节点，如肋板等处为二级，角焊缝为三级。

6.6.1. 施焊技术

- 1) 支管的相贯面切割成带变化的坡口与主管表面完全吻合的空间曲线形状。坡口的尺寸应符合节点焊缝的设计要求。对大形钢构件的制作、组装与安装时应制定合理的焊接收缩余量及施焊顺序，必要时采取有效地技术措施，缩小焊接收缩量，减少焊接应力。
- 2) 相贯节点的焊接用无间隙安装。趾部和侧面断面有坡口，故焊接相当于部分熔透的组合焊缝。允许在内侧有 2-3mm 不熔透焊，但需增加 2~3mm 的角焊缝。根部没有坡口，故焊缝内二侧的部分熔透焊过渡到角焊缝。角焊缝脚的垂直高度为 1.5 倍钢管壁厚。
- 3) 钢管等空心构件均应加设封板，并采取连续焊缝封闭使内外隔绝。
- 4) 钢管相贯节点焊缝按二级焊缝进行构造设置，检测焊脚部位为三级焊缝。
- 5) 按照 GB50205 的要求，对工厂和现场焊缝进行内部缺陷超声波探

伤和外观检查。

焊缝等级为一级时，超声波探伤比例为 100%。

焊缝等级为二级时，超声波探伤比例为 200%，探伤比例按每条焊缝长度的百分数，且不小于 200mm。

焊缝外观检查未焊满、根部收缩、咬边、裂纹、电弧擦伤、飞溅、接头不良、焊瘤、表面夹渣、气孔、角焊缝不足、焊脚不对称等缺陷。

低合金结构焊缝，在同一处返修次数不得超过二次。

6) 低温焊接见冬施措施。

6.7 高空对接屋架

在屋架地面拼装场地分段进行屋架拼装，将分段拼装好的单元运入吊装现场后，进行地面立拼，组成一个安装段后，由双机抬吊与提升到位的屋架进行高空安装对接。应及时跟踪检测对接定位点位置坐标。

见图 6-8，屋架双机抬吊图。

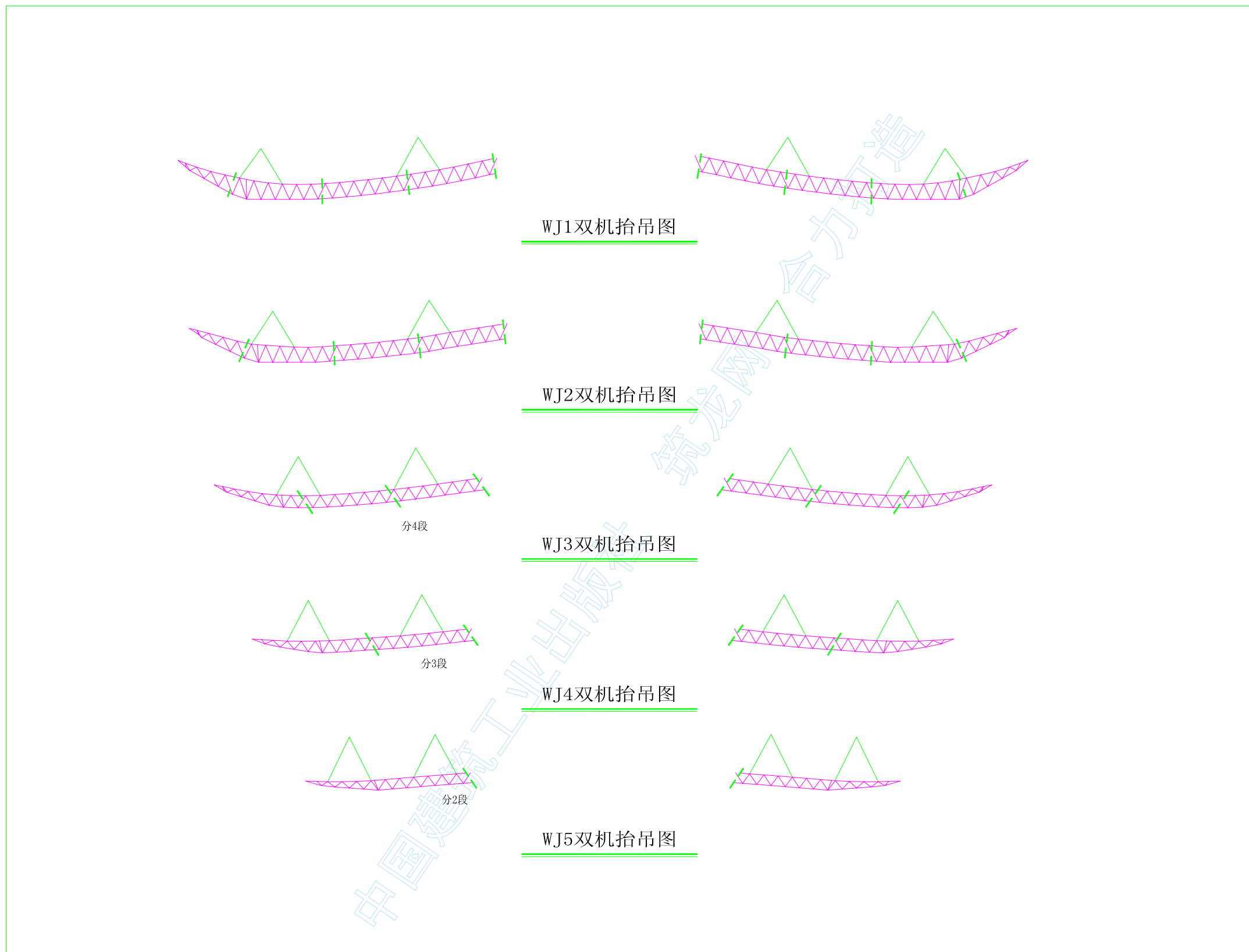


图 6-8 屋架双机抬吊图

6.8 提升技术

屋面拱架采用二次提升方法，减少了高空满堂承重胎架的支搭。

6.8.1 提升工作原理

采用电控液压穿心式千斤顶沿柔性钢绞线提升（或爬行）运动的原理。千斤顶主缸有穿心式活塞包容钢绞线，上下均装有若干组锚片夹持钢绞线，由各自小液压缸控制夹紧和放松。钢绞线穿过上下锚片固定在构件上。工作时千斤顶固定不动，钢绞线连同构件一起向上提起。

同步提升原理见图 6-9，同步提升控制框图。

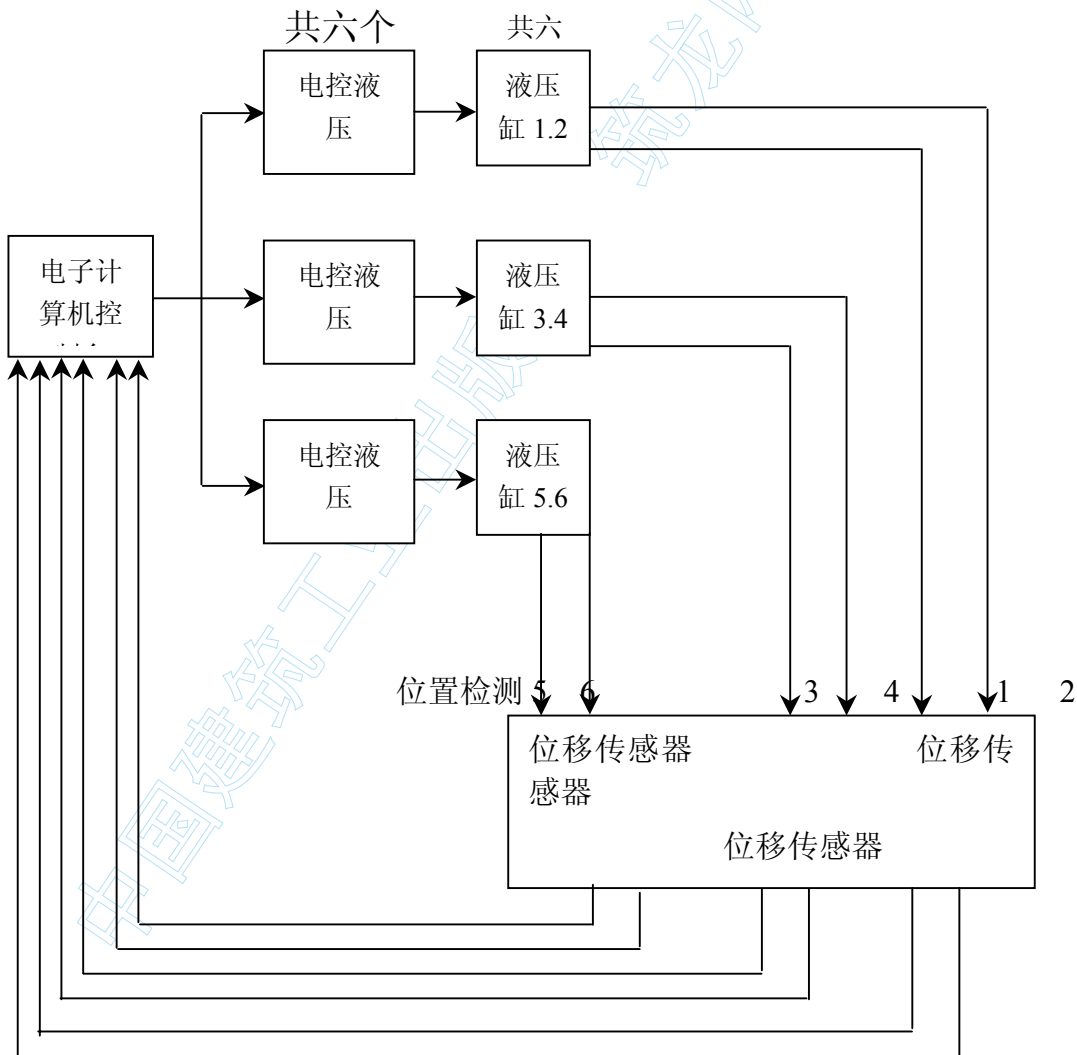


图 6-9 同步提升控制框图

6.8.2 提升工艺设计及计算

1)提升方法确定

a) 提升荷载的计算:

第一次提升重量: 表 6-1 拱架第一次提升重量参数表

第二次提升重量: 表 6-2 拱架第二次提升重量参数表

见图 6-10 第二次提升构件平面图

b) 提升工艺参数选择: 表 6-3 提升工艺参数表

c) 主要提升设备选择: 表 6-4 主要提升设备表

d) 主要提升设施选择: 表 6-5 主要提升设施表

e) 提升桅杆基础做法: 图 6-11 提升桅杆基础图

f) 提升平面布置图: 见图 6-12 提升千斤顶、桅杆缆风、地锚

平面 布置图

拱架第一次提升重量参数表

表 6-1

部位	段数	规格 m	重量 t	数量	共重 t	构件总重 t	施工重量 t	提升重量 t
1.拱架	4 段	45m	80	2	160	246.59986	占构件总重 的 15% 36.99	283.5894
2.拱架支撑		三种全部	10.967	2	21.934			
3.吊杆		全部	21.32	2	42.64			
4.中屋架	WJ1	中间部分	9.615	2	19.23			
5.檩条		部分	0.00582	480.3884	2.79586			

拱架第二次提升重量参数表

表 6-2

部位	段数	规格 m	重量 t	数量	共重 t	构件总重 t	施工重量 t	提升重量 t	
1.拱架	6 段	65.2	120	2	240	454.05366	占构件总重 的 15% 68.11	522.16171	
2.拱架支撑		三种全部	37.802	2	75.604				
3.吊杆		全部	21.32	2	42.64				
4.中屋架	WJ2~4	中段部分	43.3	2	86.6				
5.檩条		部分	0.00582	1582.416	9.209661				

拱架提升工艺参数表

表 6-3

次数	平面尺寸	重量	提升工艺参数				提升高度	提升标高	提升桅杆高度
	m×m	t	千斤顶额定载荷 t	台数	共计	承重设备提升桅杆			
						数量	共计	m	m
1	44.6×23.56	283.6	100	8	16	5 组	7.158	8.7~15.858	1) 34~35, 2)18.7
2	65.6×29	522.2	100	12		5 组	9 组	12.392	15.858~28.25

提升重量(t)占额定提升能力(t)的百分数： $522/800=65.25\%$ 安全系数 $K=1.532$

$522/1200=43.6\%$ 安全系数 $K=2.29$

2)提升的主要设备和设施

主要提升设备表

表 6-4

序号	名称	规格	单位	数据
1	液压千斤顶	LSD100	套	17
2	钢绞线	1860N/mm ² ; $\Phi 15.24 \times 6$	t	6.5t
3	高压泵站	双泵	台	3
4	高压胶管	配套	m	
5	微机控制系统		套	2
6	报话机		套	8

主要提升设施表

表 6-5

序号	名称	规格	单位	数量	
1	提升桅杆	(1) 36m 高	组	1	
		(2) 18m 高	组	4	
		(3) 30m 高	组	4	
2	提升梁	(1) 600 × 600mm L=12.0m	根	1	
		(2) 600 × 600mm L=6.0m	根	8	
3	提升扁担	L=3.0	根	4	
4	桅杆缆风绳	$\Phi 22.3$	m	665~ 700	
5	地锚	分大、中、小三种	个	30	

6.8.3 提升过程

- 1) 第一次拼装：立体拼装拱架中部四段、拱架横向支撑桁架 HJ1、吊杆及屋架 WJ1 中部四段；

见图 6-13(a)，拱架中段立体拼装图。

- 2) 第一次提升：拱架采用 1、2 号桅杆提升；
- 3) 第二次拼装：立体拼装拱架边段 5、6 段、拱架横向支撑桁架 HJ2~3、吊杆及屋架 WJ2~4；

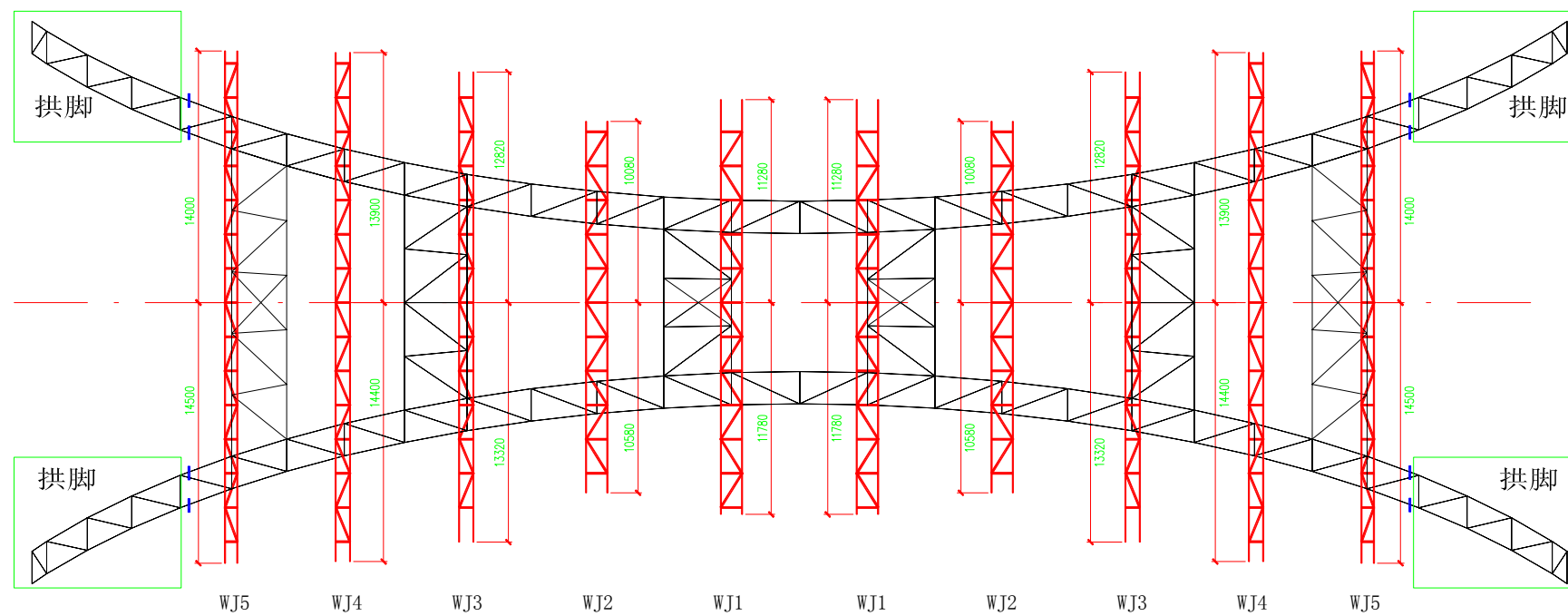
见图 6-13(b)，拱架一次提升后边段拼装图。

- 4) 第二次提升：拱架采用 1、3 号桅杆提升；
- 5) 拼装拱脚段；

见图 6-13(c)，拱架二次提升后拱脚安装图。

- 6) 拱架合拢，拼装檐口悬挑杆件等小构件及屋架 WJ5；

见图 6-13 (d)，拱架合拢、吊杆、屋架边段安装立面图。



第二次提升构件平面图

说明：绿色方框内钢结构部分及WJ5不包含在第二次提升范围内，WJ5待拱架合拢后安装。

图 6-10 第二次提升构件平面图

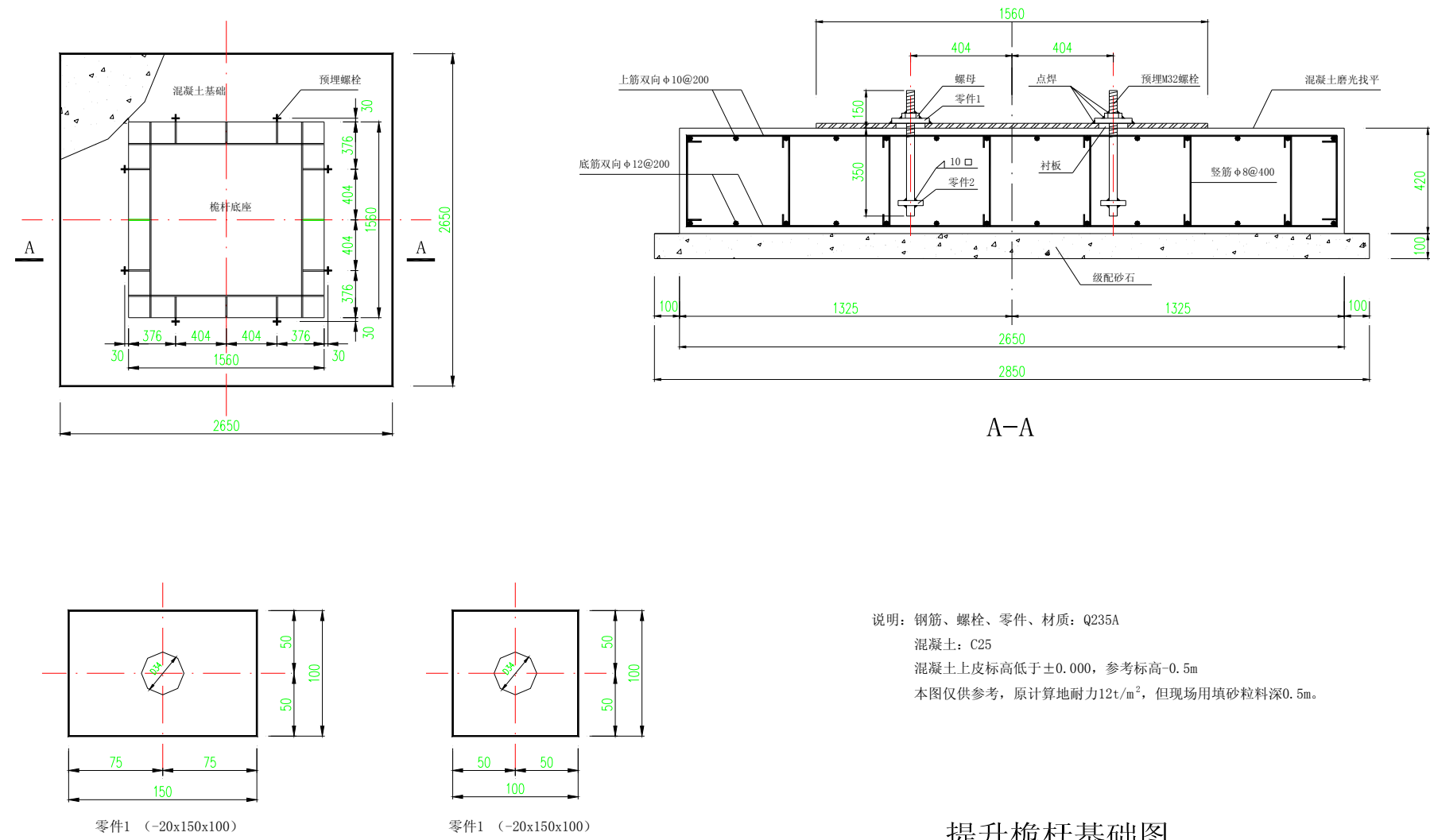
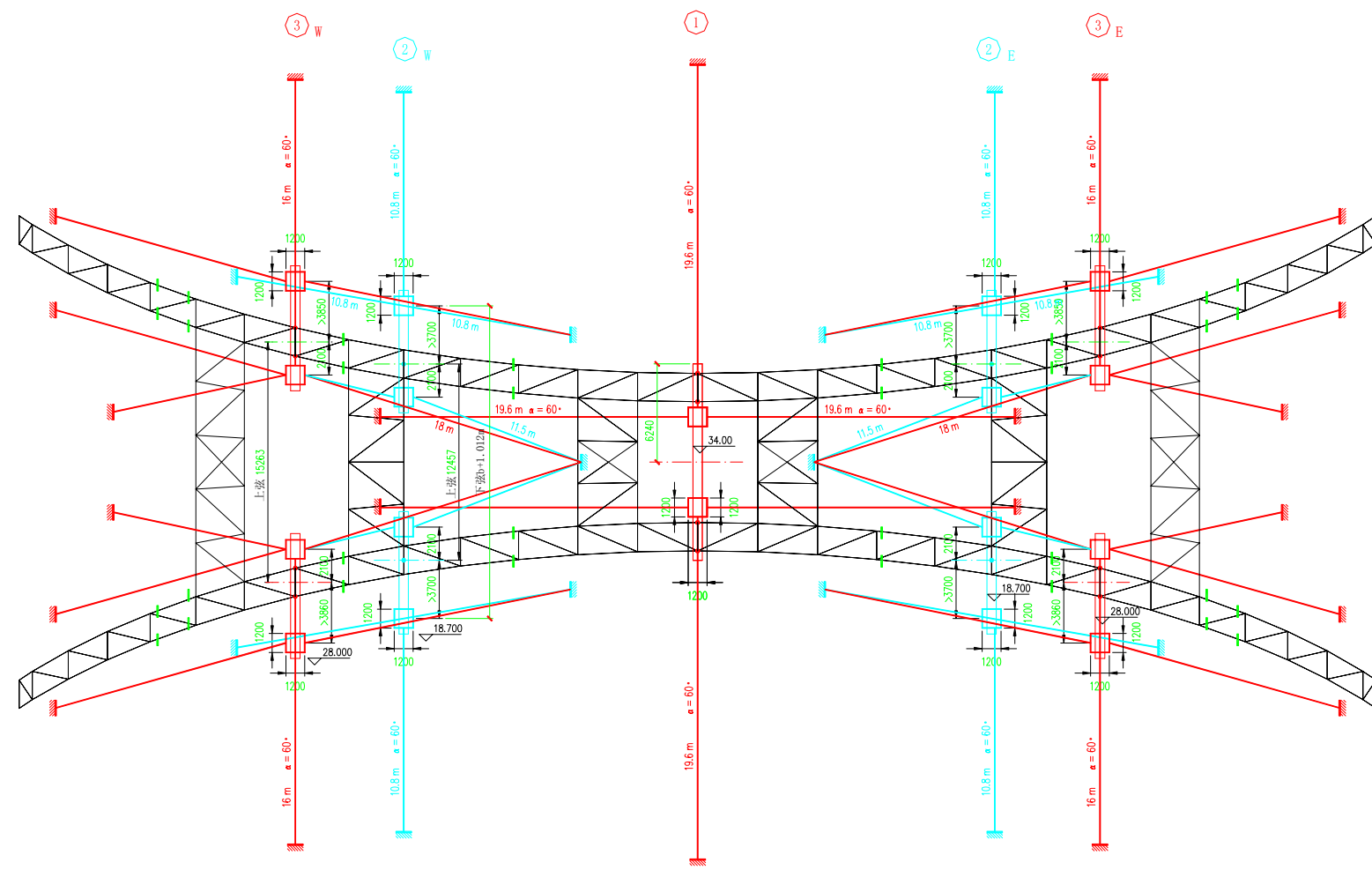
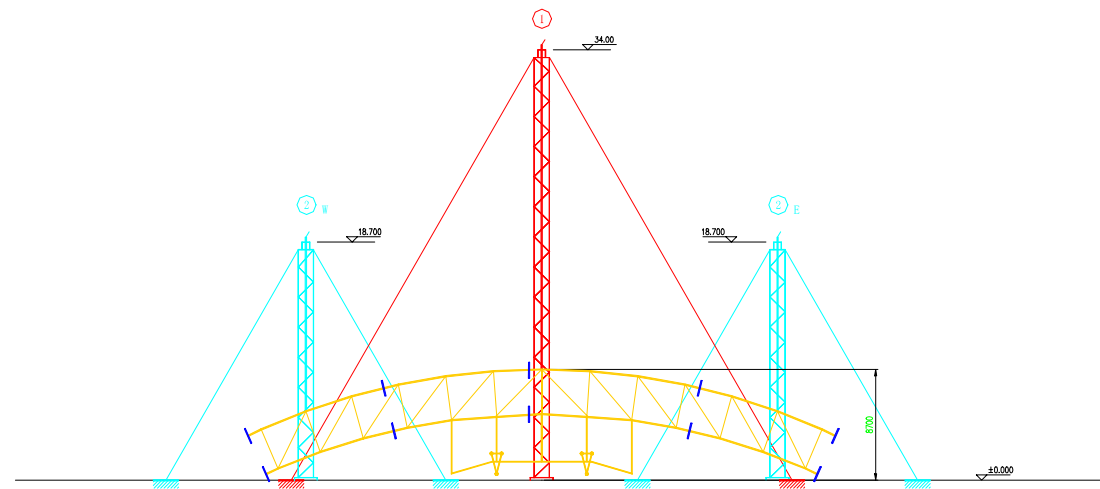


图 6-11 提升桅杆基础图

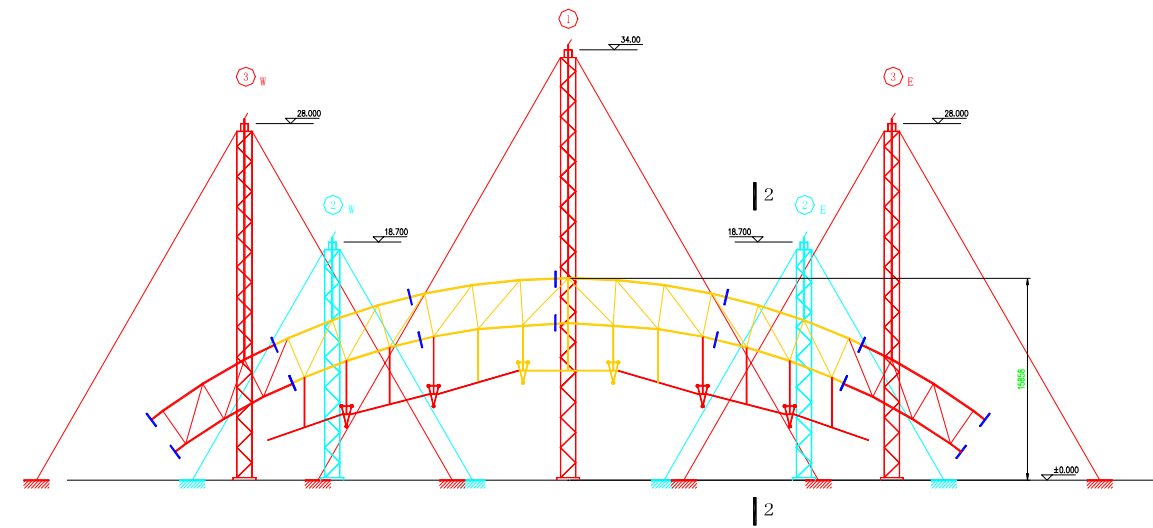


提升千斤顶、桅杆、缆风、地锚平面示意图

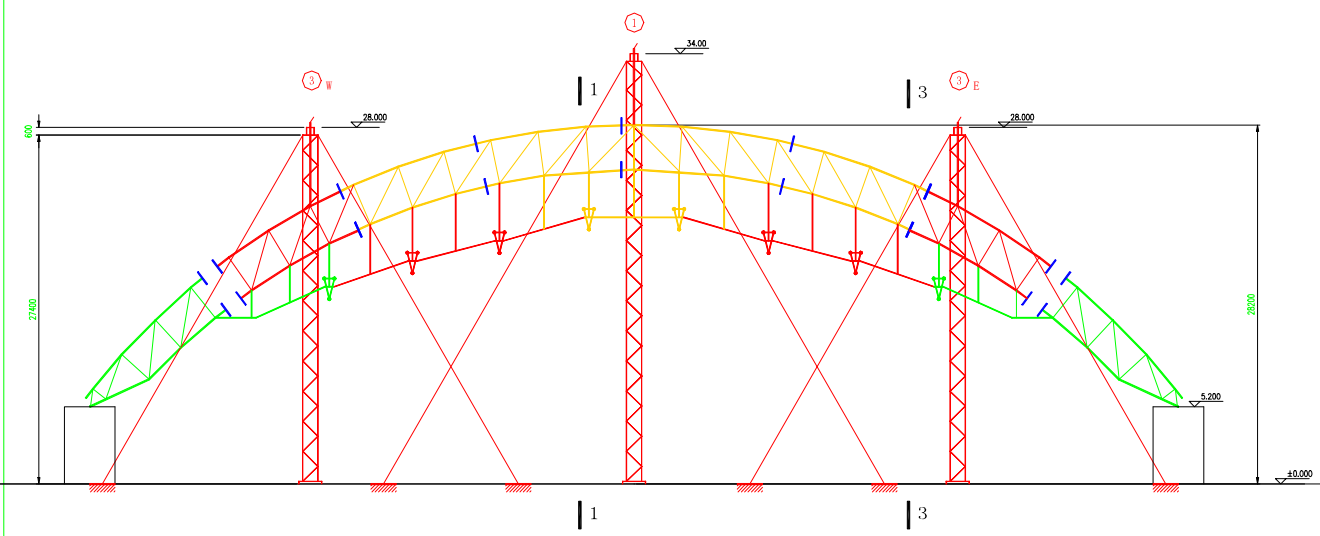
图 6-12 提升千斤顶、桅杆缆风、地锚平面 布置图



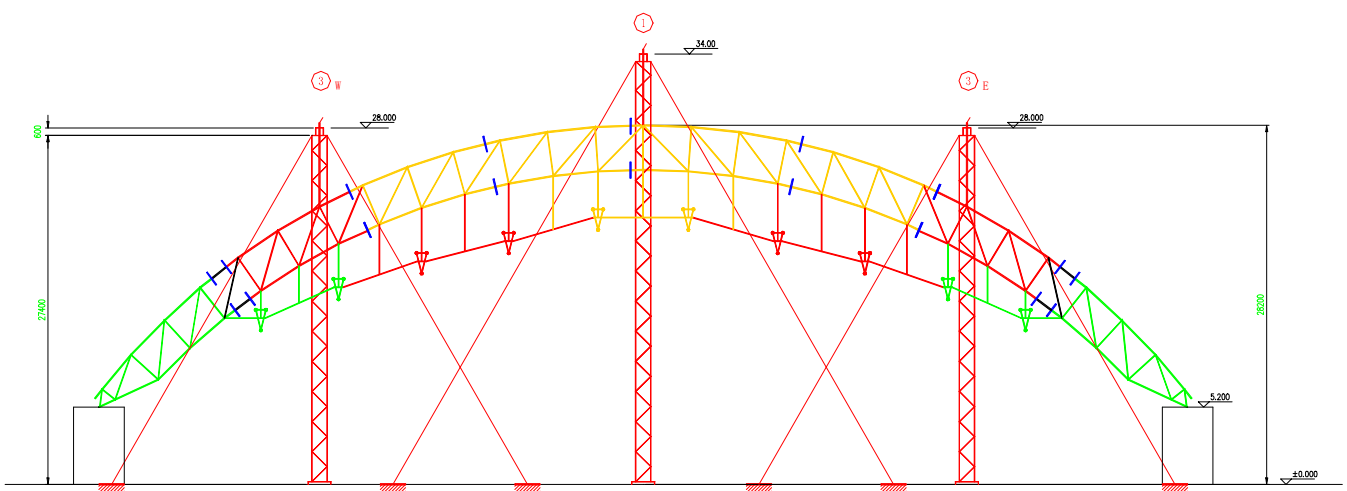
A 拱架中段立拼装图



B 拱架一次提升后边段拼装图



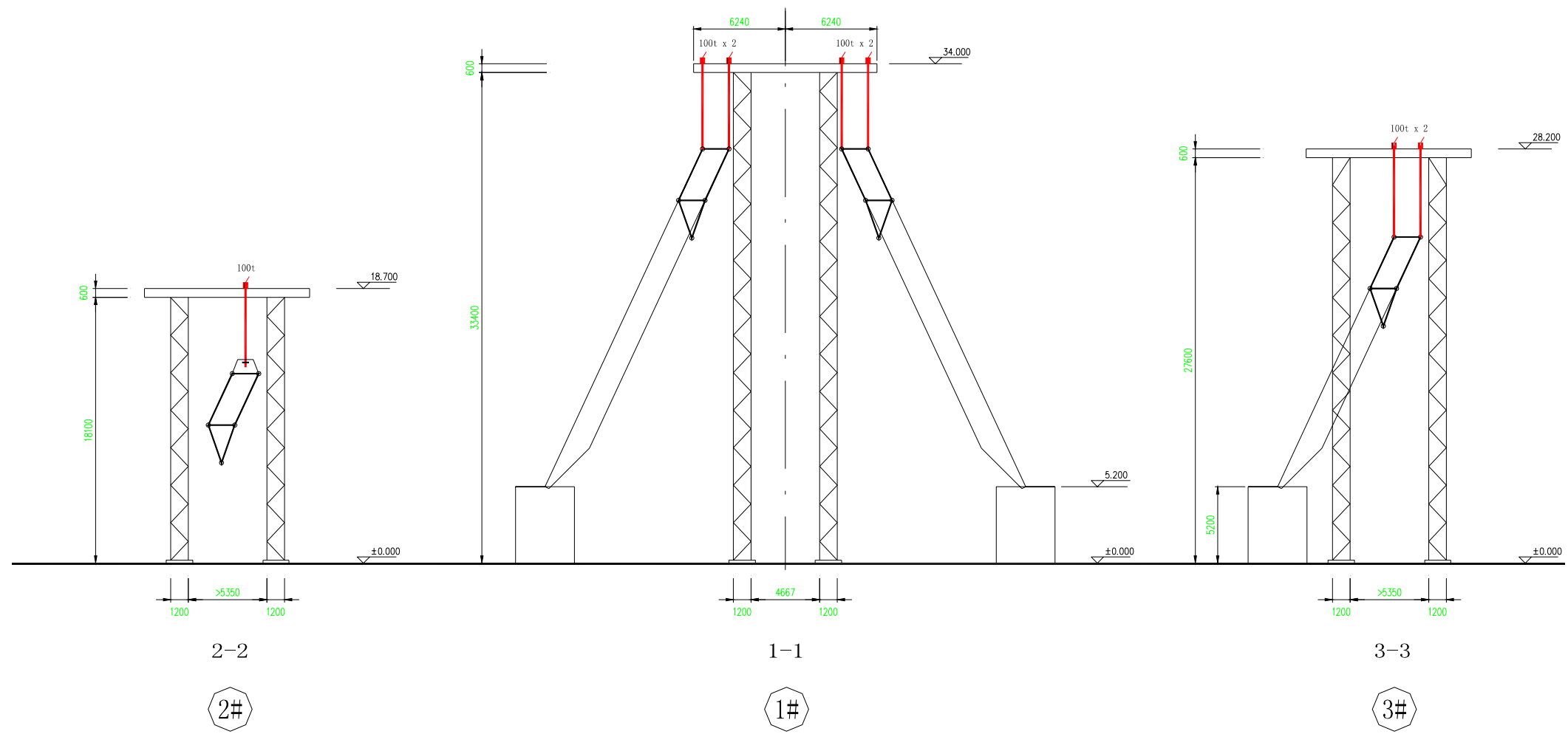
C 拱架二次提升后拱脚安装图



D 拱架合拢、吊杆、屋架中段安装后示意图

拱架提升纵立面图

图 6-13 拱架中段立体拼装图



拱架提升横立面图

2#为过渡提升支架

图 6-14 拱架提升横立面

图 6-14 是拱架提升横立面，在图中分别表示 1 号、2 号、3 号桅杆的不同作用。

以上提升设备、设施是根据多项提升工程施工经验选定，有全套成熟的技术。若我公司中标，还要进行详细的提升施工设计。

6.8.4 提升过程中结构受力分析

主要包括：

1) 拱架提升过程分析计算

- 拱架拼装完成后的受力状态
- 拱架提升过程变形和应力分析
 - ①拱架开始提升，刚脱离胎架时；
 - ②第一次提升到位后；
 - ③第二次提升开始刚脱离胎架时；
 - ④第二次提升到位及合拢到位后；
 - ⑤拱脚合拢后。

2) 拱架提升过程局部杆件强度和稳定验算

- 强度验算
- 稳定验算

3) 屋架安装过程受力分析

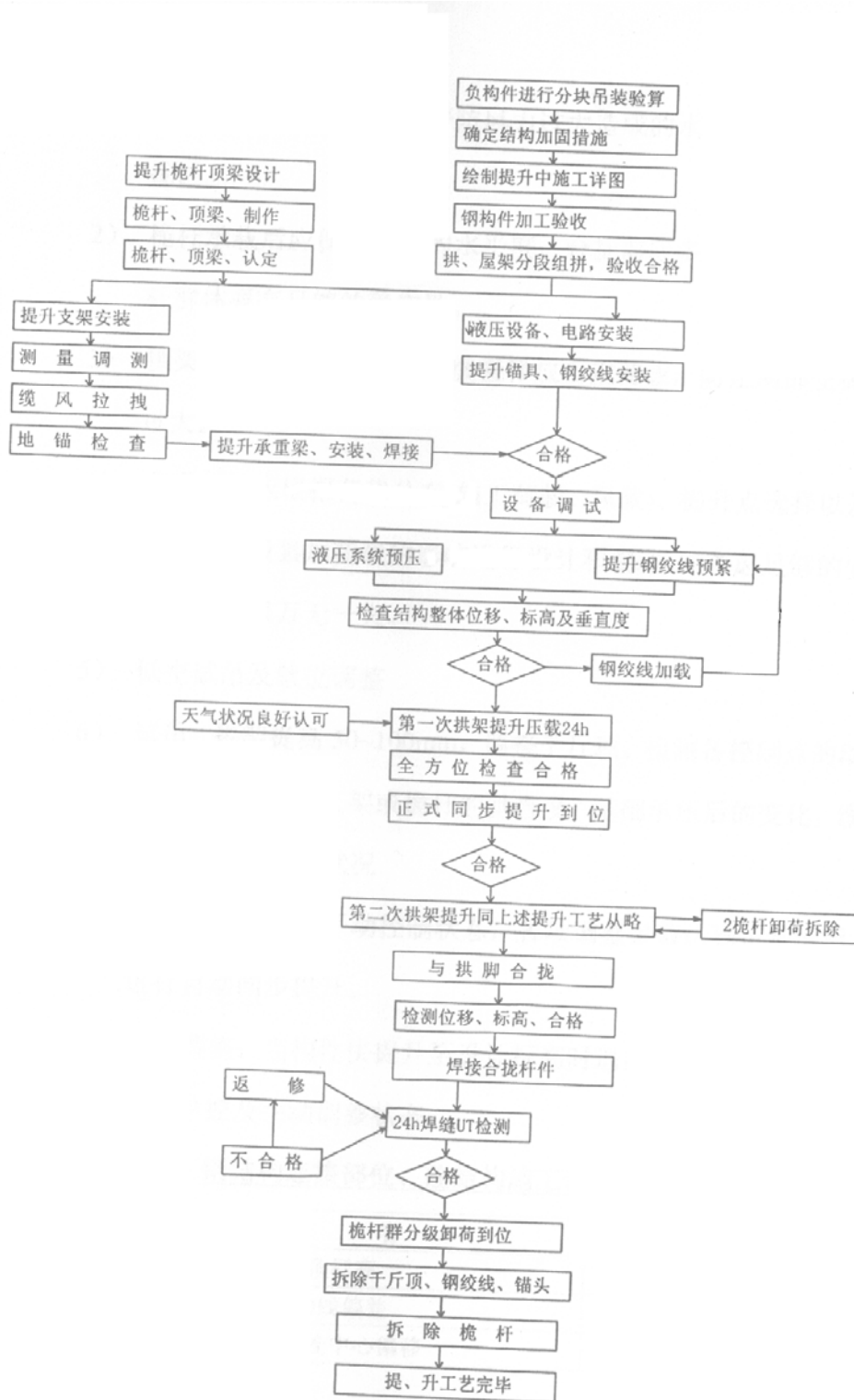
- 屋架提升时受力分析
- 屋架合拢后受力分析
- 拱架积累变形计算分析

4) 桅杆强度力学计算

- 荷载计算
- 计算模形、桅杆、提升梁、缆风、地锚

● 提升回落

6.8.5 桁架提升工艺流程



6.8.6 拱架提升过程中注意事项

- 1) 拱架提升后未合拢前应严防风力过大造成的水平位移,应尽快合拢。
- 2) 桅杆承载后应保证拱架的水平度,合拢前应多次调平校正,桅杆群体要有足够的稳定性。
- 3) 拱架各点应同步,合拢后缓慢释放自重荷载,防止局部受荷载过大。
- 4) 承重支架应根据荷载分布(施工荷载、风载)、提升点选择以及施工中各阶段累加荷载的影响进行设计和制造,需考虑足够的安全度,以确保万无一失。
- 5) 低空试吊及就位调整
- 6) 试吊:拱架提高 50~100mm,调整千斤顶、检测各控制点的动态参数;监测承重支架或桅杆的垂直度,基础承压后的变化,缆风拉力,地锚受力状况。
- 7) 提升:试提升为手动控制状态,各项调整参数达到正常值后,进行自动同步提升。
- 8) 就位调整:当构件快提升至设计标高时退出同步自动提升状态,进入单控及手动调整状态。
- 9) 千斤顶回落千斤顶回落:钢结构基本合拢后,各支点千斤顶安全卸载是确保屋盖结构达到设计状况的最后关键工序。

钢结构连接部位、混凝土结构施工误差要求 表 6-6

序号	内 容	允许偏差
1	柱顶标高	± 10mm
2	柱轴线偏差	± 10mm
3	预埋螺栓中心偏移	± 5.0mm
4	预埋螺栓中心顶标高	± 5.0mm
5	预埋螺栓中心偏移	± 10mm

10) 结构因自重下挠产生的内应力必须逐渐释放。原则上从中梁对称向两侧回落，结构刚度大的钢桁架与柔度大的屋架匹配，以先柔后刚，刚柔交替的原则，统一指挥，每次回落 2cm，每次回落均须观测，无任何问题后，方可继续回落。

6.2 施工测量

6.9.1 测量准备工作

- 1) 总、分包单位对轴线桩、水准点、主控轴线交验线。
- 2) 钢筋混凝土结构施放轴线的交验。
- 3) 熟悉图纸，对测量方案及各工序进行技术交底，明确执行标准，掌握检测方法及质量计划目标。
- 4) 采用激光电子全站仪，并经检测合格后使用，其余测量设备应处于鉴定有效期内。
- 5) 编制测量施工方案，确定各种施测方法，控制安装精度。
- 6) 技术部门需提供拼装、安装各控制点位的三维设计值，并转换为可施测的胎架拼装值。

6.9.2 测量内容

- 1) 提供钢结构用轴线、控制网线及标高线。本工程主控轴线为双井

字形，控制轴线网横向、纵向施放，使每段施工测量中有足够的控制轴线。柱顶放线均采用全站仪，用极坐标法施放，用直角标及测距法复测。

2) 拼装胎架放线，应严格控制在设计轴线上，组拼中控制各点标高。

3) 跟踪检测：

分阶段进行各工序施工测量、跟踪检测及提升设施全方位监测。

全方位负责提升过程中桁架三维位置的变化，尤其是提升高度，提升支架、爬升桅杆的垂直度变化，确保桁架安装精度的调控及提升的安全。

4) 质量目标：要求桁架整体施测精度闭合差达到精度 1/20000。

7. 质量保证体系及措施

7.1 质量保证体系

为保证本工程质量目标的实现，建立以项目经理、主管工程师、质量工程师为首的质量保证体系组织结构。工程施工前进行质量策划，制定工程质量目标并对目标进行分解，明确各级人员的质量责任。严格执行项目质量计划，以预测预控为主，完善施工过程的工艺设计，加强过程控制，保证达到预期的施工质量。

认真分析、研究消化图纸内容以及规范要求→编制施工方案→报建设单位、监理工程师→总包审批→现场施工交底→模拟操作→现场施工→现场质检员检查→建设单位、监理、总包检查→进入下道工序施工。

7.2 质量保证措施的控制项目及重点控制内容

7.2.1 加工制作

- 1) 弧形弦杆切割严格控制下料精度，弯曲弧度，保证对接时在胎架上的圆滑过渡。
- 2) 圆管相贯线坡口加工精度与主管相贯线的吻合程度。

7.2.2 安装过程

- 1) 地面拼装中，立拼及卧拼胎架的选择与设计，合理选择控制点,将三维坐标设计值，转换为胎架实际坐标控制值。
- 2) 复杂的空间杆件，交汇的节点，采用多种方式满足定位要求。
- 3) 精密测量，跟踪检测，分段验收。
- 4) 焊接是确保质量的关键，均严格执行焊接工艺指导文件。

7.2.3 提升过程

- 1) 根据结构特点选择合理的提、爬升方式，提升次数，充分利用提升技术优势。
- 2) 结构不同受力状态下变形与应力分析,提升过程中局部杆件强度和稳定性计算。
- 3) 提升设备选择，提升设施的设计强度及稳定性验算。
- 4) 提升过程的全方位监测，以确保万无一失。

8. 工期保证措施

8.1 组建强有力的项目经理部，严格各项规章制度，制订责任状，分工管理。

8.2 每项工程按施工进度计划总体要求，做到合理安排工序和流水穿插作业，并给关键工序和特殊工序配备适合的资源。

8.3 加强技术管理和质量管理，施工及技术人员应认真熟悉图纸和施工方案，技术标准，制定具有针对性地施工技术方案指导施工，做好预测、预控和工期、质量、施工过程控制策划，

8.4 配备施工、技术、质量、安全、材料、设备管理人员及熟练工人，施工作业人员进场教育工种培训等

8.5 主要构件均采用工厂预制，现场加工组装，减少现场工作量；

8.6 在保证质量的前提下加快工程进度，场外拼装、场内提升同步进行；

8.7 做好雨期和冬期施工技术措施，保证施工安全。

9. 冬期施工技术措施

9.1 冬期施工任务概况

根据施工进度总体安排冬期施工钢结构安装在 2003 年 12 月下旬至 2004 年 4 月，主要施工内容包括：钢结构屋面拱架、屋架拼装、提升，屋架南北段吊装、拱架合拢，屋面压形钢板等。

9.2 冬期施工一般要求

9.2.1 在冬施前由工程负责人组织有关人员对工地用电、消防用水及消防设备、塔吊、施工机具、吊篮、电气焊设备等进行依次检查，落实各项冬期施工准备工作。

9.2.2 焊机棚、仓库、工具房不准生火，凡取暖用火要按防火规定办理，并配置防火器材。

9.2.3 加强对全体职工的冬施防火宣传教育。严格执行冬施工艺，确保

工程质量。

9.2.4 非电工，任何人不得拆、改各种电器；上下班前班组长要检查电器，确保安全可靠。

9.3 冬施技术措施

钢结构冬期施工要及时掌握天气预报及天气形式预报，以便安排生产，以防寒流、暴风雪袭击，提前做好防范措施。

9.3.1 安装方面

- 1) 钢结构及构件表面遇有冰霜积雪时，应在操作前清除才能作业，尤其是上下钢管脚手架。作业前一律穿防滑鞋，严禁穿塑料底鞋及高跟鞋进入高空作业区。
- 2) 钢结构的堆放应方木支垫稳，不规则构件应支顶牢固，严防倾倒。
- 3) 各种构件在与地面冻结时，必须在挂好吊钩之后，用撬棍撬动后方可起钩，以防超载造成事故。
- 4) 安装、焊接用吊篮，严格执行“手动提升吊篮安全、技术操作规程”的规定执行。凡操作人员均经培训后上岗。冬施中每次拆装均经检查合格后与安全环链配套使用。有积雪及冰霜时，清扫后方可使用。
- 5) 安装用各种索具应在使用前进行检查，用后覆盖好，防止过冷造成断裂。钢丝绳断丝及时检查，凡超过规定要求的要按时更换。
- 6) 现场道路拐弯处、坡道处有积雪、冰霜时，要及时清扫防滑。雪后所有马道、操作平台都要清扫，除去冰渣。

7) 冬施中要特别注意安全绳、安全带的使用。

9.3.2 焊接方面

为确保焊接质量，防止低温焊接出现冷脆裂纹等现象，减少内应力及焊接变形。要求焊工严格执行冬施焊接操作工艺和施焊顺序。采取预热，严格控制层间温度、缓冷、后热等施工措施。特定措施如下：

1) 加强对施工现场环境的监测，严格执行焊接方案。

a) 钢结构最低施焊温度：按焊规表 4.1.9 执行，具体见下表。

- 母材：低合金钢 Q345 及铸钢手工电弧焊碱性焊条，对接焊缝。

表 9-1

板厚 (mm)	可施焊温度	本工程母材厚度 (mm)	施焊部位
$t \leq 14$	-10°C	$t=10$	
$14 < t \leq 22$	-5°C	$t=20$	
$22 < t \leq 30$	0°C	$t=25$ 及 30	
$t > 30$	$+5^{\circ}\text{C}$	$t=40$	

- 母材：低合金钢 Q345 与碳素结构钢 Q235B 的手工电弧焊，酸性焊条贴角焊缝。

- 板厚 16mm 与 10mm 形钢可施焊温度为 0°C 。

b) 可施焊的最大风速：

按焊规确定，手工电弧焊可施焊最大风速为三级风。大于三级风时，不加有效防护措施，如挡风木棚，不得施焊。

c) 相对湿度在 90%以上停止作业。

2) 低温焊接中预热、层间温度控制、连续施焊后热消氢处理及保温措施均按焊接工艺执行。

- 预热： 预热温度为 80-150℃； 预热范围为焊缝坡口两侧 100mm 范围；
 - 层间温度控制： 要求焊前预热的焊道， 层间温度不应低于预热温度的下限值；
 - 后热： 后热温度为 200-250℃， 保温时间为 0.5-1.0h；
 - 保温措施： 采用石棉布包裹。
- 3) 接头低温焊接后或后热消氢处理结束后应采取适当缓冷措施， 防止因冷却速度过快， 造成冷裂纹。
 - 4) 焊接翻修中碳弧气刨及用氧、 乙炔切割时飞溅火花及铁水应用薄钢板防护。 上、 下层作业严防伤人。 预热、 后热， 用火时要开引火证。 设专人看火。 焊后均须防范火种， 检查无误后， 方可离开现场。
 - 5) 不得随意在钢管上焊接， 引弧， 必要时按规定预热。
 - 6) 遇有雨、 雪、 冰霜天施焊时， 应加设防雪措施后方可施焊， 如打伞或加编制袋遮挡。

9.3.1. 仪器使用要求

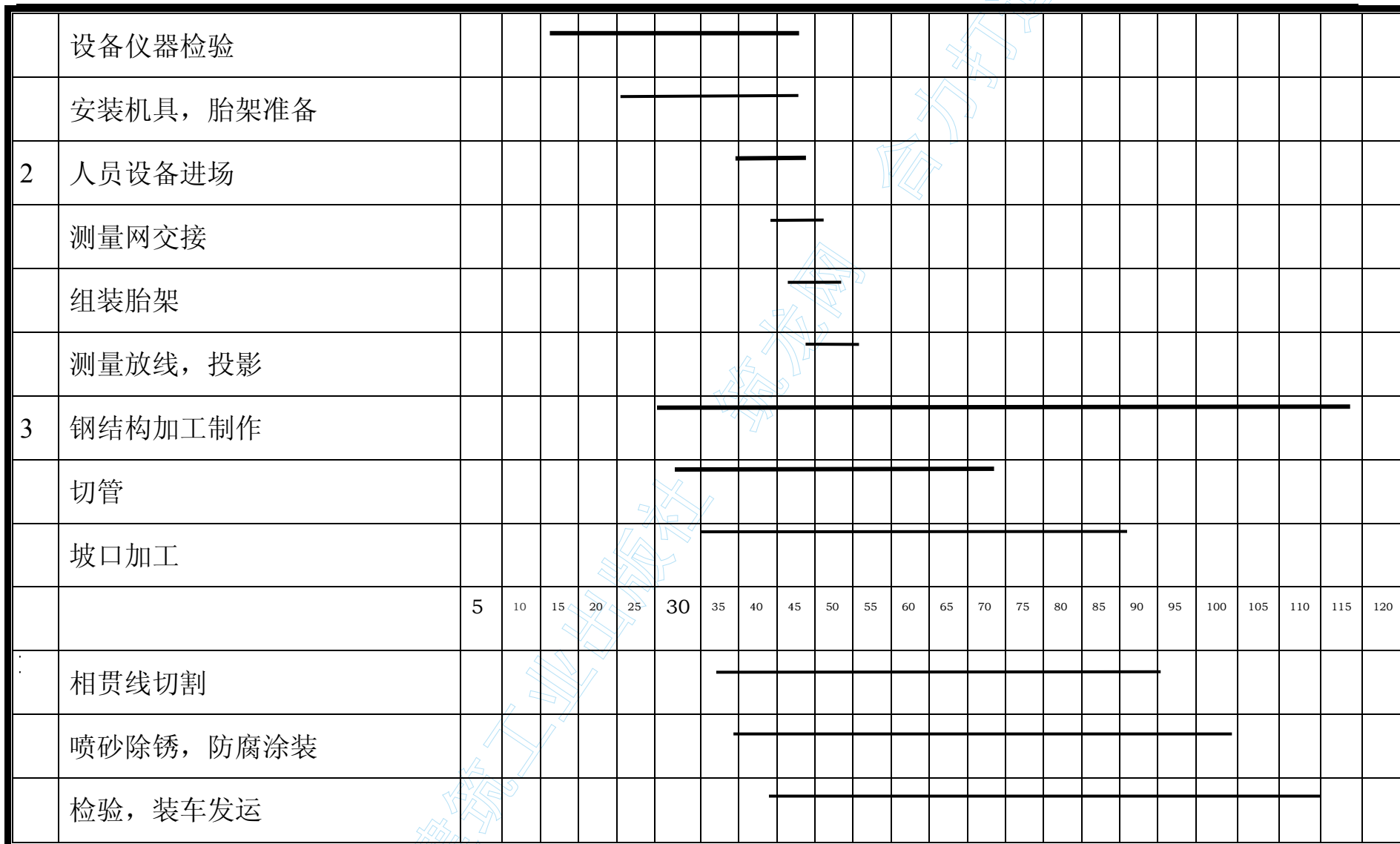
- 1) 仪器从室内提至室外 10min 后方可使用， 以免速冷， 影响仪器精度； 仪器回收室内， 一定要将仪器上水珠擦净后再装入箱内。 探伤器室外作业控制在-5℃ 以上。
- 2) 对钢尺及测量使用的工具要经常检查和保养。
- 3) 对光电仪器， 光电池使用后要取出， 以防电池腐蚀仪器零件。
- 4) 为提高测量精度， 对仪器测站和后视点都要采取防风措施。

9.3.4 塔式起重机

- 1) 冬期风大，塔吊作业要求有明确分工及确定停车位置、大臂停置位置，并采用各种限位器等安全设备，严防发生碰臂等事故。
- 2) 塔吊严格控制五级风以上使用
- 3) 塔吊顶部，风速不大于四级进行吊装。
- 4) 塔吊锚固后，经安全、技术、机械部门联合检查合格后方可使用。
- 5) 因塔臂未设蜗轮制动设施，由于特殊情况，需用塔时，必须有相应措施并经过有关领导批准后，方可使用。

10. 安全保证措施

- 10.1 拼装胎架前须经严格受力计算，确保拼装过程中的安全使用。
- 10.2 提升桅杆安装前编制详实可行的专项施工方案，并经现场技术总负责人审核。桅杆提升前作压载试验，确保安装和使用过程中安全可靠。
- 10.3 提升拱架时在接头部位搭设安全操作平台，并满挂安全密目网。
- 10.4 进入施工现场的施工人员一律进行安全教育培训，特种作业人员或有特殊技术要求的工种须经考试合格，持证上岗。
- 10.5 坚持“安全第一，预防为主”的方针，高度重视工地三件宝。
- 10.6 吊装机械设备应经常保养维修，坚持每日检查制度，确保设备正常运行。
- 10.7 建立每周一安全例会制度，班前安排生产任务时随即向作业人员进行安全交底。
- 10.8 本工程焊接工程量大，施工中应配备专职电工配合操作。
- 10.9 焊接工程施焊前到当地主管部门开具引火证。



4	主拱架现场拼装																					
	拼装拱架中段、WJ1~4 中段、 檩条吊装																					
	场外拼装屋架、运现场吊装																					
	分段拼装																					
	组合拼装																					
	吊杆拼装																					
	横向支撑桁架拼装																					
	检验合格																					
5	提升装备安装																					
6	第一次整体提升																					
7	主拱架现场二次拼装																					

11. 附录：技术规范书

本工程采用圆钢管相贯焊接的空间桁架结构。

11.1 本工程设计采用的规范与规程

- 11.1.1 《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001)
- 11.1.2 《建筑抗震设计规范》(GB50011-2001)
- 11.1.3 《冷弯薄壁形钢结构技术规范》(GB50018-2002)
- 11.1.4 《钢结构设计规范》(GBJ17-88)
- 11.1.5 《混凝土结构设计规范》(GB50010-2001)
- 11.1.6 《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2001)
- 11.1.7 《压形金属板设计施工规程》(YBJ216-88)
- 11.1.8 《钢结构高强螺栓连接的设计、施工及验收规程》(JGJ82-91)

11.2 本工程施工及材料应依据的规范、规程与标准

- 11.2.1 《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205-2001)
- 11.2.2 《建筑钢结构焊接技术规程》(JGJ81-2002)
- 11.2.3 《网架结构与施工规程》(JGJ7-91)
- 11.2.4 《碳素结构钢》(GB700-88)
- 11.2.5 《焊接结构用碳素钢铸件》(GB7659-87)
- 11.2.6 《高层建筑结构用钢板》(YB 4104-2000)
- 11.2.7 《低合金高强度结构钢》(GB/T1591-94)
- 11.2.8 《结构用无缝钢管》(GB8162-87)
- 11.2.9 《热轧 H 形钢和剖分 T 形钢》(GB/T 11263-1998)
- 11.2.10 《普通焊接 H 形钢》(YB3301)

- 11.2.11 《碳钢焊条》(GB/T 5117-95)《低合金钢焊条》(GB/T 5118-95)
- 11.2.12 《熔化焊用钢丝》(GB/T14957-94)
- 11.2.13 《气体保护焊用钢丝》(GB/T14958-94)
- 11.2.14 《碳素钢埋弧焊用碳钢焊丝与焊剂》(GB95293)
- 11.2.15 《低合金钢埋弧焊剂》(GB12470)
- 11.2.16 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈形式尺寸与技术条件》(GB1231-91)
- 11.2.17 《钢结构用扭剪形高强度连接副形式尺寸与技术条件》(GB3633-83)
- 11.2.18 《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB8923-88)
- 11.2.19 《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》(GB11345-89)

11.3 钢结构材料要求

11.3.1 钢材

- 1) 圆钢管采用国产 Q345B 热轧无缝钢管。尺寸允许误差为:
- 2) 外直径: $\pm 1\%$, 且最小值 $\pm 0.5\text{mm}$ 、最大值 $\pm 10\text{mm}$
- 3) 壁厚: $- 10\%$, 但圆周长的 25%范围内容许为 $- 12.5\%$
- 4) 重量: $\pm 6\%$ (单根)
- 5) 平直度: 0.2%
- 6) 长度: $+150\text{mm} - 0$
- 7) 热轧 H 钢、热轧工字钢、热轧槽钢角钢采用国产 Q235B;
- 8) 焊接 H 钢梁, 钢板用 Q345, 按 YB3301—92 制作;
- 9) 对于板厚 t 为 $t \geq 40\text{mm}$ 的国产钢板, 均应做厚度方向拉力试验。

其厚度方向的断面收缩率当 $40 < t \leq 60\text{mm}$ 时应满足 GB 5313 之 Z15 级要
版权所有 不得进行刻录和网络上传

求，当 $60 < t \leq 125\text{mm}$ 时应满足 Z25 级要求。钢板还应按 GB/T2970—91 进行超声波检查；

10) 钢板厚度 $t < 40\text{mm}$ 时，采用国产 Q235-B 及 Q345-B 钢；当 $40 \leq t < 60$ 时，采用国产 Q235-C-Z15 及 Q345-C-Z15 钢；当 $\geq 60\text{mm}$ 时，采用 YB4104-2000 标准中的 Q345-C-GJ-Z25 钢；

11) 花纹钢板采用满足 GB/T3277-91 的 Q235 热轧菱形或扁豆形花纹钢板；

12) 支座及部分节点连接用的销轴，采用 45 号钢；

13) 所有钢材均为焊接结构用钢，均应按照设计要求的标准满足拉伸试验、弯曲试验、夏比 V 形缺口冲击试验和熔炼分析等性能要求，对 $t \geq 50\text{mm}$ 的钢板，还应满足碳当量或焊接裂纹敏感性指数的要求；

11.1.1. 1

1) 高强度连接螺栓采用 10.9S 级高强度螺栓，需满足 GB/T 1228 ~ 1231—91；

2) 电焊条（手工焊）：对于 Q235 钢，用 E4315、E4316；对于 Q345 钢，用 E5015、E5016。电焊条需满足 GB5117 或 GB5118；

3) 焊剂和焊丝（自动焊）：对于 Q235，用 F4A0—H08A、H08Mn₂Si；对于 Q345 钢，用 F5024—H10Mn₂；

11.4 钢结构施工详图

11.4.1 依据钢结构施工设计图编制钢结构施工详图并获得原设计单位审查确认后，方可进行加工制作。

11.4.2 编制钢结构施工详图时，必须遵照钢结构施工图的技术条件和图纸。

11.4.3 若因制造、安装、运输或其他原因需对施工图作修改或材料代用时，
版权所有 不得进行刻录和网络上传

必须经原设计单位确认后方可进行修改。

11.4.4 钢结构的预拼装及现场吊装、安装节点应与设计院及建设单位、监理单位协商确认。

11.5 钢结构的制作要求

11.5.1 钢结构的放样、号料、切割、矫正、成形、边缘加工、管节点加工、制轧、组装均应满足 GB 50205-2001 标准。宽翼缘形钢、管材等的下料，必须采用锯切。

11.5.2 高强度螺栓的制孔、材料复验、抗滑移系数检验、验收等均应符合 JGJ82-92 标准；对于 Q235 钢摩擦面的抗滑移系数不低于 0.35；对于 Q345 钢摩擦面的抗滑移系数不低于 0.45。

11.5.3 钢管相贯线的切割应根据各节点的几何尺寸自动切割成带变化剖口的与节点完全吻合的空间曲线形状，剖口的尺寸焊接应符合节点焊缝的设计要求。

11.5.4 在钢结构中首次采用的钢种，焊接材料、接头形式、坡口形式及工艺方法，应进行焊接工艺评定，其评定结果应符合设计要求。

11.5.5 对于板厚不小于 50mm 的碳素结构钢和板厚不小于 36mm 的低合金结构钢的焊接，应采取施焊前预热及焊后缓冷的措施，并在焊接时采取措施防止厚度方向出现层状撕裂。

11.5.6 焊接 H 形钢的翼缘板和腹板应采用锯切。切割面质量及制作要求应符合 GB50205 - 2001 的要求。

11.5.7 构件制作、组装、安装时应制定合理的焊接顺序，必要时应采取有效措施，减少焊接变形及焊接应力。

11.5.8 圆管节点的焊接：在趾部、侧面，采用带坡口的角焊缝，且应保证

焊口夹角为 45° ；在根部采用角焊缝。各处焊缝尺寸均应满足设计要求，详见焊缝大样图。

11.5.9 部需要压扁以便进行连接时，可将管材加热到 $540 \sim 650^{\circ}\text{C}$ ，然后立即用高速锻锤压扁。由于压扁而出现的少量裂纹应予焊补。压扁的端部应予焊接封闭。

11.5.10 钢管等空心构件要用连续焊缝密闭，使内外空气隔绝，并确保组装、安装过程中构件内不得积水。

11.5.11 重要的熔透焊缝（圆管对接）质量等级为一级，一般熔透焊缝质量等级为二级，角焊缝质量等级为三级（外观检查二级），按照 GB50205—2001 的要求由具备资质并经招标人、设计单位、监理单位、总包单位和安装单位认可的第三方检测单位对工厂及现场焊缝进行内部缺陷超声波探伤和外观缺陷检查。焊缝需返修时，在同一处返修次数不得超过 2 次；

11.5.12 钢构件涂层完毕，应在明显部位印制构件编号。编号应与施工详图的构件编号一致，重大构件还应标明重量、重心位置和定位标记，现场焊接部分的涂层处理由投标人负责。

11.5.13 每榀桁架吊装前，应进行现场预拼装。预拼装的偏差应符合 GB50205—2001 的要求，由总包、安装、设计、监理单位共同验收，验收合格后才能吊装。

11.5.14 根据施工图要求和构件的外形尺寸、发运数量及运输情况，编制包装工艺，采取措施防止构件变形。钢结构的包装和发运，按吊装顺序配套进行。钢结构构件发运时，必须与定货单位有严格的交接手续。

11.5.15 结构制作、安装、验收及土建施工用的量具，应统一进行鉴定，并

应具有相同的精度；

11.5.16 本工程钢结构外形容许误差(相对值与绝对值,后者以 mm 为单位):

拼装单元节点中心偏移	± 2.0
分块分条单元长度 > 20m	± 10.0
≤ 20m	± 5.0
主桁架的侧向弯曲矢高(a 为弦长)	$\pm a/1000$, 且不大于 10.0
主桁架长度	$\pm L/2000$, 且不大于 30.0
主桁架垂直度(跨中)	$\pm h/250$, 且不大于 10.0
主桁架间距	± 10.0
主桁架上弦顶面标高	± 10.0
支座偏移 (跨向)	$\pm L/3000$, 且不大于 30.0
支座偏移 (开间向)	$\pm L/1000$, 且不大于 10.0
相邻支座高差 (距离为 L2)	$\pm L2/800$, 且不大于 30.0
节点处杆件轴线交点错位	± 3.0

11.6 管材的下料、弯曲及焊接

11.6.1 采取措施、控制工艺,实施对材料无损伤的弯杆加工。并在弯杆前后取样测试以证实弯杆的无损伤特性。采用中频弯管机弯管,弯管成形后应符合如下技术要求:

- (1) 曲杆表面平滑过渡,不得出现折痕、表面凹凸不平等现象;
- (2) 弯管成形后材料性质不得有明显的改变;
- (3) 成形后两轴外径与设计外径的差值不得大于 $\pm 3\text{mm}$ 或外径的 1% 中的较小值,壁厚的差值不得大于 $\pm 1\text{mm}$ 或设计壁厚的 10% 中的较小值。

11.6.2 支管与主管直接焊接。管材采用计算机辅助下料和三维切割，采用五维自动切割机进行钢管切割。支管管端壁厚 $\geq 6\text{mm}$ 时应开坡口。支管切割时应考虑主杆为曲杆及主管外径不均匀等因素对切割轨迹的影响。

11.7 钢结构的除锈与防腐

11.7.1 所有钢材表面的原始腐蚀等级不得低于 B 级；

11.7.2 室内钢构件的除锈、防腐做法：喷砂除锈等级不低于 Sa2.5 级，且需满足 GB 8923-88，无机富锌底漆 $100\mu\text{m}$ （2 道）；环氧云铁中间漆 $60\mu\text{m}$ （1 道）。

11.7.3 所有暴露室外钢构件的除锈、防腐做法：喷砂除锈等级不低于 Sa2.5 级，且需满足 GB 8923-88，无机富锌底漆 $100\mu\text{m}$ （2 道）；环氧云铁中间漆 $80\mu\text{m}$ （2 道）；

11.7.4 在室内外交界处的室内 1m （沿杆件长度）区段为按照室外处理；

11.7.5 其他结构钢的除锈等级 Sa2.5 级，且需满足 GB 8923-88。

11.8 其他

11.8.1 所有杆件应尽最大长度下料， 6m 以内杆件不得拼接；需拼接的杆件，应符合设计要求。钢管杆件节点间内至多可有一个拼接接头。拼接位置应留在内力较小处，图上无注明时，一般可留在杆长 $1/3$ 附近；

11.8.2 焊缝标注、焊缝形式、焊缝施工均按《建筑钢结构焊接规程》（JGJ81—2002）。除图上注明外，所有角焊缝均为凸面焊缝。

11.9 钢结构材料用量及说明

11.9.1 所附的钢材用量的统计系根据本工程钢结构的招标图纸计算，仅供投标报价统一参照用，如发生调整，以审定后的施工图为准。

11.9.2 钢杆件长度取节点间中到中的理论长度，钢材的质量密度按照 7850kg/m^3 。

1) 表 11-1 中的钢材用量包括文体中心屋盖系统的桁架杆件、支柱、纵向连接桁架、屋盖斜撑、屋面梁的形钢用量。

2) 本工程中的钢材用量计算时不包括：节点板、支座板、拼接板、拼接衬管、螺栓及螺帽、地脚锚栓及螺帽、轴销的用钢量。亦未包括连接焊缝重量及加工损耗。如施工图发生变化时，用钢量再作调整。

3) 本工程钢结构用量见表 11-1

北京理工大学文体中心钢材用量表

表 11-1

北京理工大学体育文化综合馆钢结构构件表			
构件名称编号	构件单重(kg)	构件数量	总重 kg
屋面拱架	137103.9	2	274207.8
拱架支撑	75659.3	1	75659.3
吊杆	21320.4	1	21320.4
中屋架 WJ1	37793.3	2	75586.6
中屋架 WJ2	36376.3	2	72752.6
中屋架 WJ3	24052.3	2	48104.6
中屋架 WJ4	21616.8	2	43233.6
中屋架 WJ5	17767	2	35534
屋架 WJ6	2545	4	10180
屋架 WJ7	1144	4	4576
屋架 WJ8	851	4	3404
屋架 WJ9	1050	4	4200
屋架 WJ10	1452	4	5808
挑檐梁	74.4	90	6696
挑檐环梁	64	92	5888
合计			687150.9