

文章编号: 0451-0712(2006)03-0172-06

中图分类号: U445.33

文献标识码: B

重庆云阳长江大桥后支点挂篮设计

闫王虎, 田连民, 凌 四

(路桥集团国际建设股份有限公司北京工程处 北京市 100025)

摘 要: 介绍重庆云阳长江公路大桥后支点式菱形挂篮的结构设计。该挂篮具有刚度大、变形小、受力明确等特点, 对同类型斜拉桥、刚构桥主梁悬浇施工具有较高的应用价值。

关键词: 挂篮设计; 菱形; 后支点

目前, 国内斜拉桥主梁悬浇施工多采用牵索(前支点)式挂篮。如重庆大佛寺长江大桥、武汉长江二桥、利津黄河公路大桥等。但是重庆云阳长江大桥设计要求必须采用后支点挂篮。斜拉桥用后支点挂篮进行主梁悬浇施工, 这在国内斜拉桥悬浇施工中还十分少见, 因此, 增加了挂篮的设计难度。

1 挂篮各部位的构造设计

1.1 挂篮设计要求及特点

主梁悬臂浇注的设备主要是挂篮。挂篮的性能、技术指标直接影响到主梁悬臂施工的安全、质量、进度、操作人员的劳动强度以及工程成本等。本桥挂篮设计应满足以下要求:

(1) 挂篮重量应满足桥梁设计者对挂篮重量的限制要求, 云阳长江公路大桥主桥挂篮的限制重量为 1 200 kN;

(2) 所施工的主梁标准节段长为 6.0 m, 顶板宽为 20.5 m, 翼缘板宽 1.2 m, 梁高 2.3 m, 标准节段主梁重量为 2 310 kN;

(3) 挂篮施工操作工艺尽量简单, 挂篮做到结构简单、受力明确, 能够满足多种类型悬浇块段施工;

(4) 挂篮应经济实用, 杆件型材易于购买, 易于工地加工、安装, 并利于周转使用;

(5) 挂篮设计以刚度控制为主, 在重力作用下的变形均在弹性变形范围内;

(6) 挂篮控制荷载为 3 000 kN。

1.2 挂篮技术性能指标

根据挂篮设计要求, 研制的挂篮具有主桁杆件

能够反复拆卸, 同时能够满足顺桥向长度在 6.0 m 以内, 横断面宽在 20.5 m 范围内的悬浇块段的施工。本挂篮具有以下技术指标:

(1) 挂篮设计荷载 3 000 kN(不含挂篮自重);

(2) 挂篮主桁前端臂长 7 m;

(3) 挂篮主桁后端臂长 6 m;

(4) 挂篮主桁高度 5 m;

(5) 挂篮两主桁片间宽度 15.3 m;

(6) 挂篮自身重量 1 150 kN(包括模板、小型施工用具);

(7) 在最大受力情况下, 主桁前端最大挠度 19.0 mm;

(8) 挂篮行走方式, 千斤顶顶推或导链牵引。

挂篮设计参数 $\lambda = \text{挂篮重量(包括模板、小型机具)} / \text{梁段重量} = 1\ 160 / 2\ 310 = 0.50$, 基本满足规范要求。

1.3 挂篮总体构造设计

挂篮由主桁系统、底篮系统、悬吊系统、后锚系统、模板系统、牵引系统等部分组成。挂篮总体长度为 13.0 m, 悬臂段长 7.0 m, 简支段长 6.0 m。挂篮主要受力构件由两片菱形桁架组成, 而每片桁架由 5 根特制杆件组拼而成。两片主桁的间距为 15.3 m; 底篮前、后横梁长为 23.0 m, 由 2 根 I 45 a 工字钢对接焊组成; 底篮纵梁长为 7.0 m, 由 I 32 a 工字钢组成。为了满足云阳长江公路大桥的施工需要, 我们设计一种专用挂腿, 挂腿为桁架式。从梁底外侧“反向包上桥面”, 挂腿采用 [36a 槽钢加工制作。挂篮总体布置如图 1 所示。

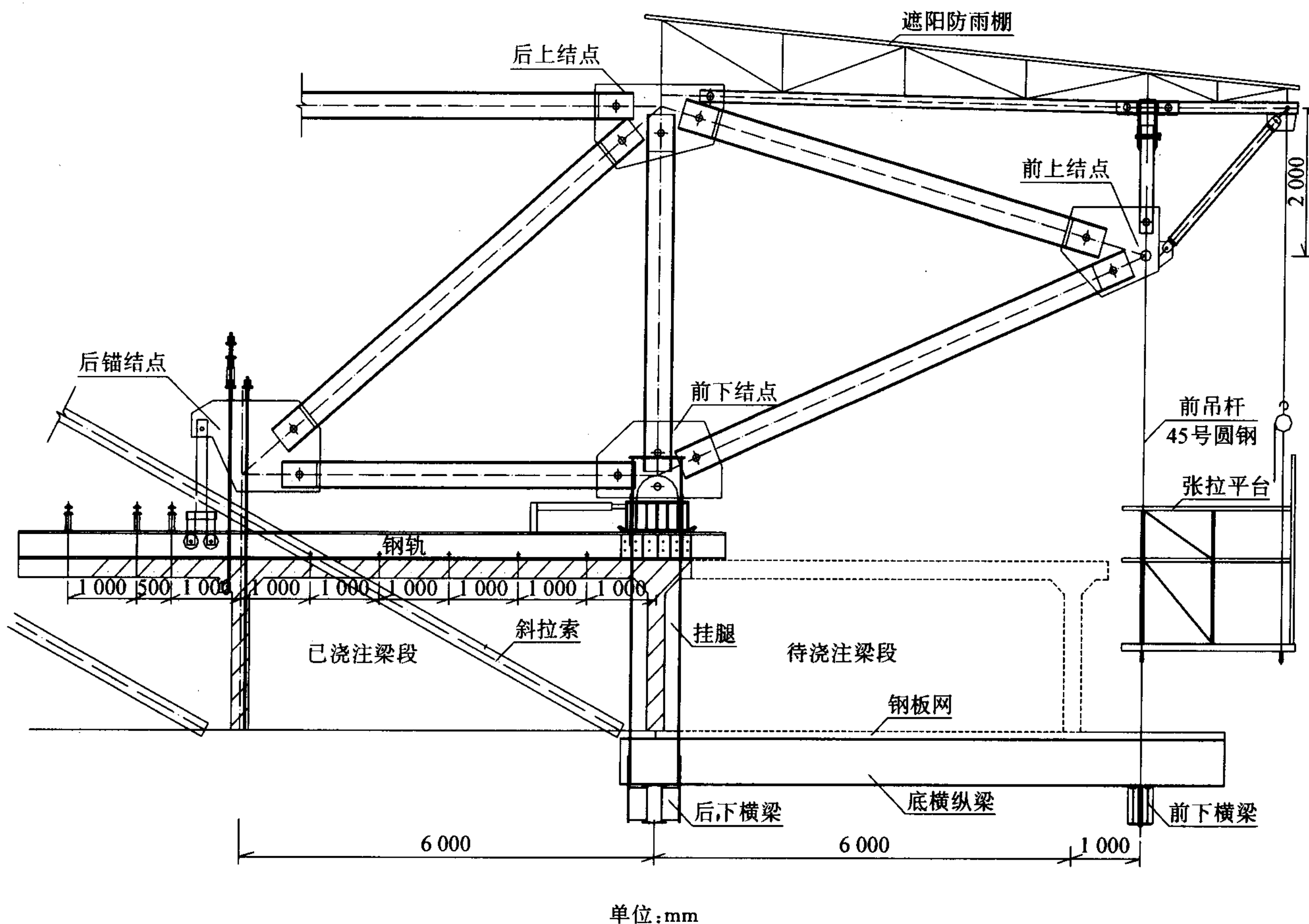


图 1 挂篮总体布置

1.4 挂篮主桁构造设计

挂篮主桁架由两片呈菱形的桁片在其横向设置前、后横梁连接组成一空间桁架,并在前后横梁上设置上下两层平面连结杆件。

挂篮主桁架片由 5 根特制杆件组成,每根主桁杆件由 2 根[36a 槽钢通过 10 mm 厚的钢板连接组成,它是挂篮的主要承重结构。挂篮两片主桁桁架片

之间加设了横向联系,以减少主桁架片受荷后的侧向变形,以增加整体稳定性。为改善露天施工条件,桁架顶部设置防雨遮阳棚。

挂篮主桁前横梁由型钢连接组成,每根杆件由 2 根[18a 槽钢通过厚为 10 mm 的钢板连接组成,杆件间采用销子连接。挂篮前横梁布置如图 2 所示。

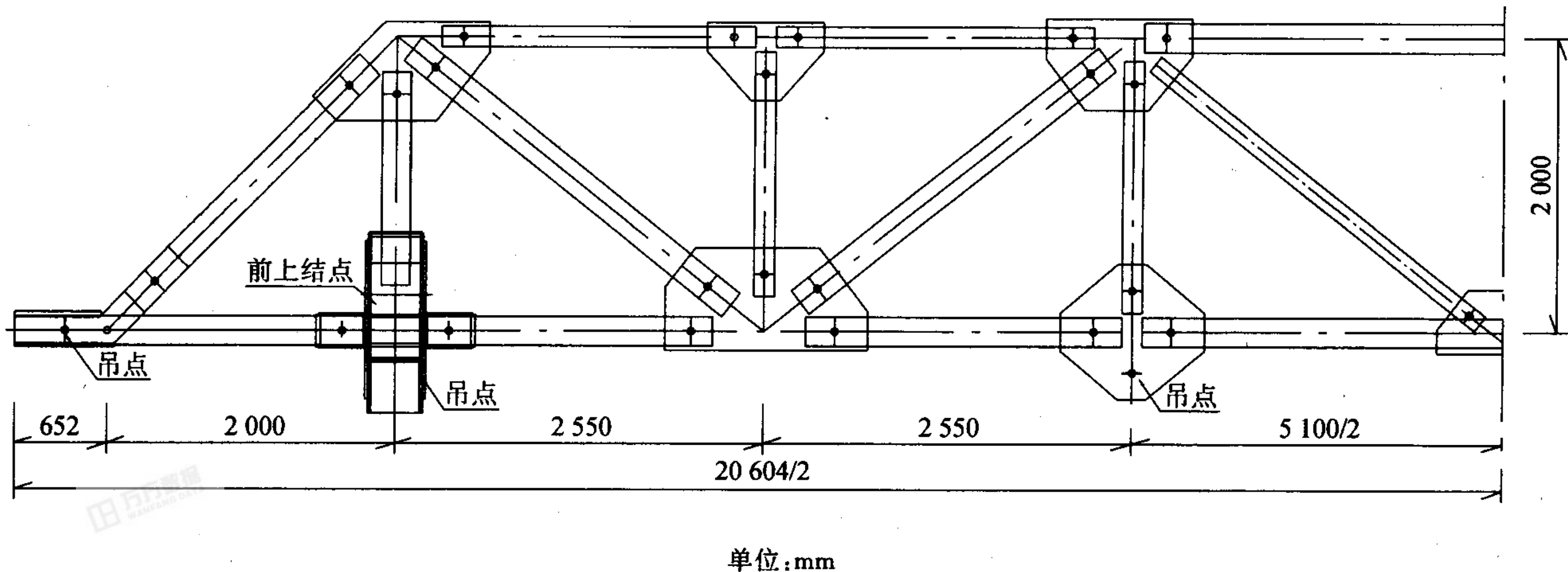
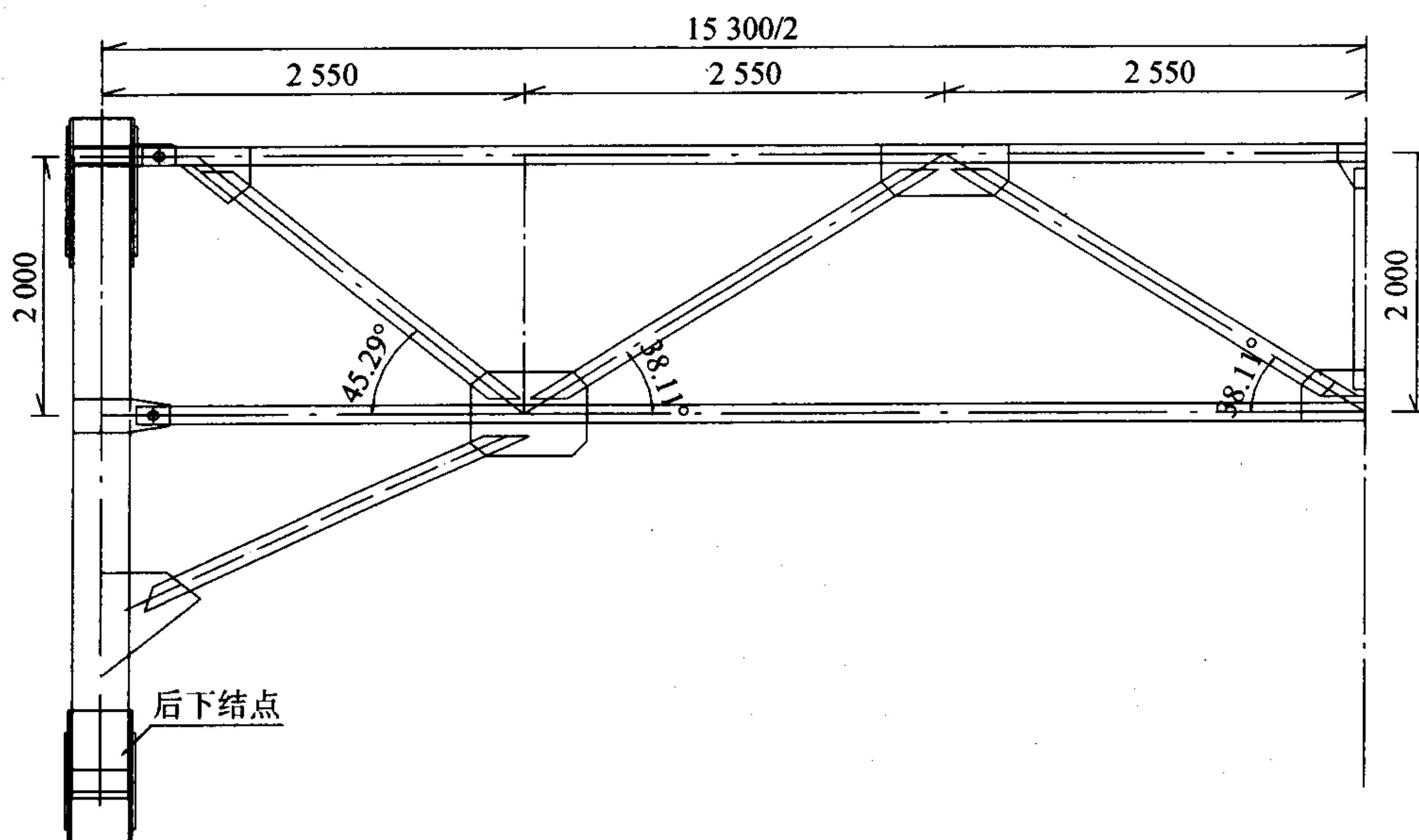


图 2 挂篮前横梁布置

挂篮主桁后横梁由型钢连接组成,每根杆件由 2[14a 槽钢通过厚为 10 mm 的钢板连接组成,杆件

间采用节点板焊接连接。挂篮后横梁布置如图 3 所示。



单位: mm

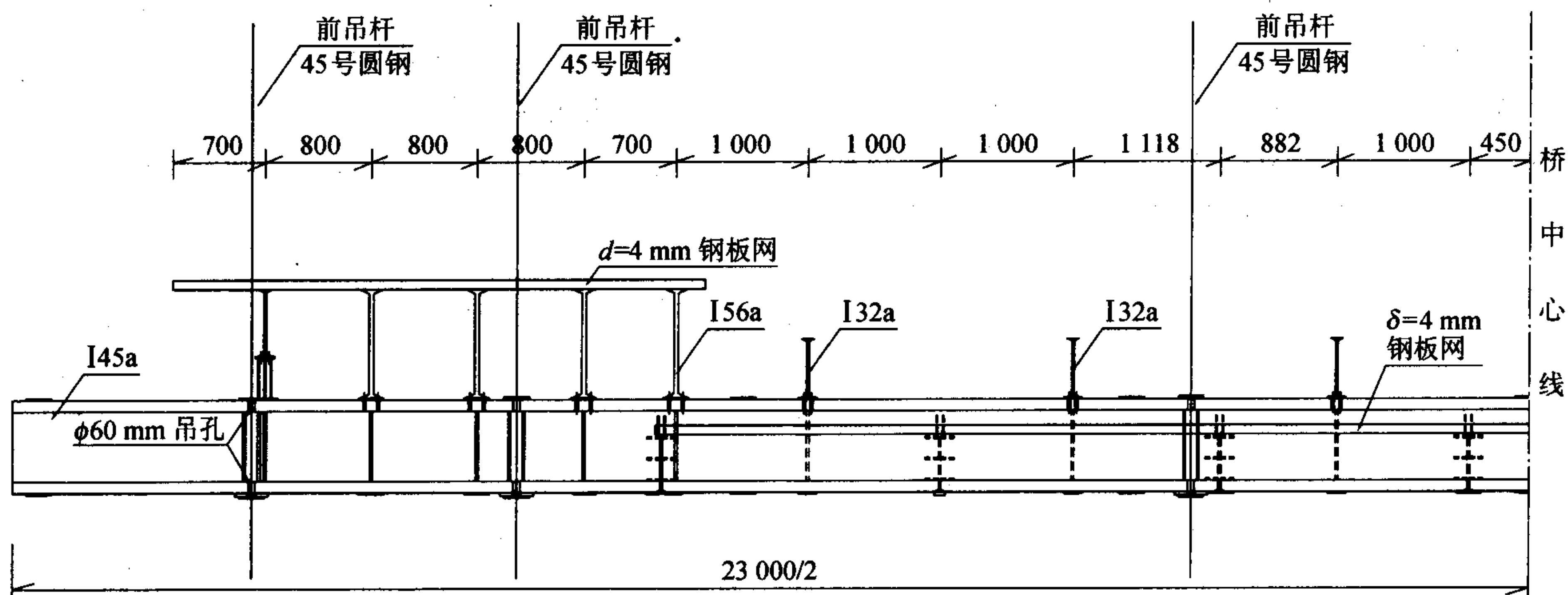
图 3 挂篮后横梁布置

1.5 底篮系统构造设计

底篮系统由前横梁、后横梁、纵梁、挂腿等组成,模板直接铺于底篮平台上。底篮前、后横梁通过纵梁连接在一起,纵梁与底篮前、后横梁的连接采用销接或焊接结构,后横梁锚固于前段已完成的主梁横隔板上。这样混凝土及施工荷载通过纵梁传递到底篮

前、后横梁的力就比较明确。

(1)底篮前横梁、后横梁均采用 2 根 I 45 a 工字钢通过厚为 16 mm 的节点板连接而成,吊点位置通过焊接厚为 20 mm 的钢板进行局部加强。横梁长为 23.0 m,高为 0.45 m。挂篮底篮前横梁布置如图 4 所示。

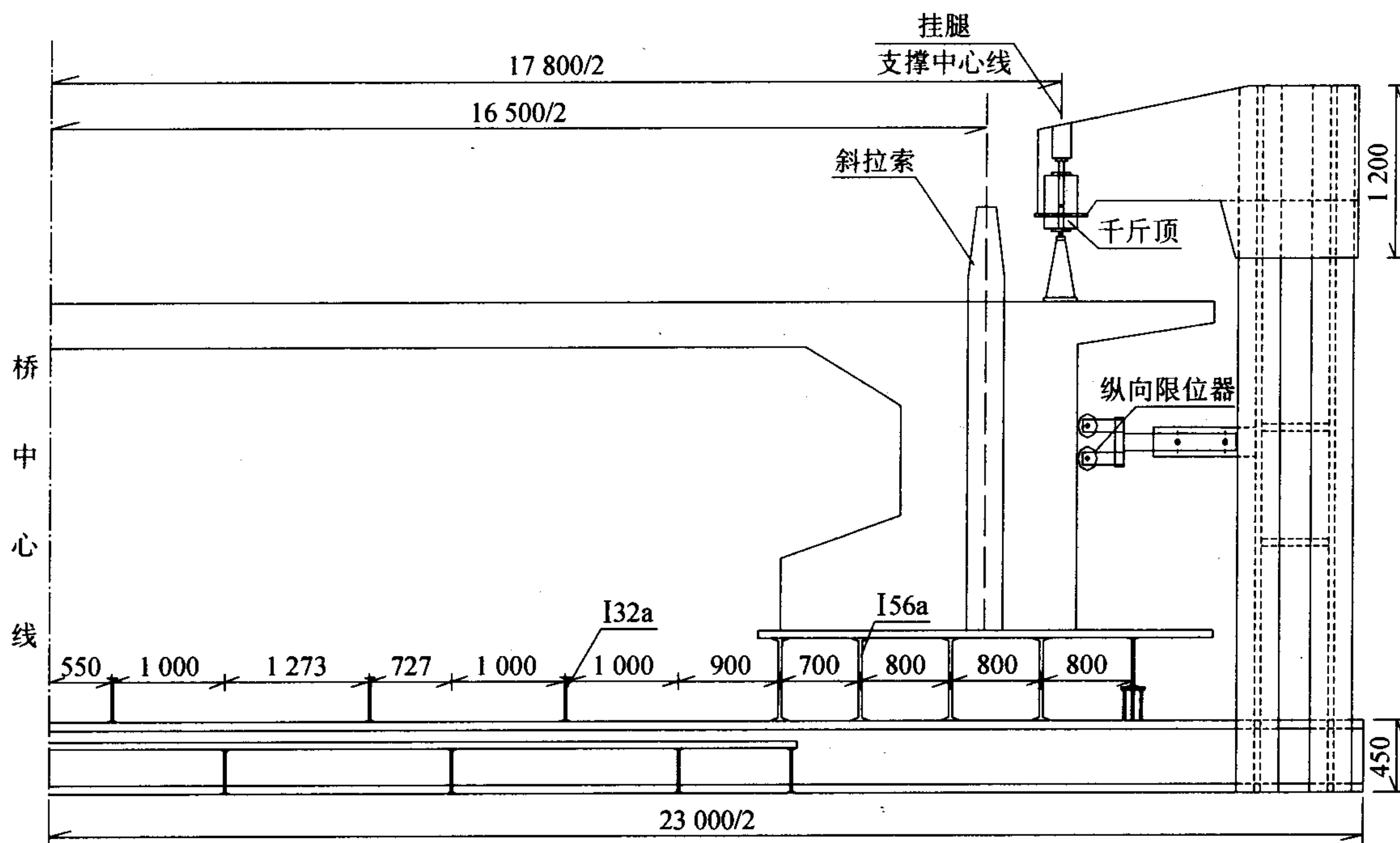


单位: mm

图 4 挂篮底篮前横梁布置

(2)由于斜拉索影响,在挂篮行走时,底篮后横梁与挂篮上横梁不能连接同时前移,因此,设计一种专用挂腿。

挂腿为桁架式。从梁底外侧“反向包上桥面”。挂腿采用 [36a 槽钢加工制作,槽钢用千斤顶调节其高程。挂篮挂腿布置如图 5 所示。



单位:mm

图 5 挂篮挂腿布置

1.6 悬挂系统构造设计

悬挂系统主要是由钢吊带及升降动力机械组成。钢吊带用来联接挂篮主桁架和底篮平台,升降动力机械用来升降底篮系统,调整底篮系统标高,使悬臂浇注的块段顶面标高达到设计要求。

(1)钢吊带:前、后吊带均采用 45 号钢带加工组成,吊带截面为 $\phi 50$ 、 $\phi 80$ 两种规格,下端与底篮平台紧固连接,上端在主桁架的横梁上固定,用液压提升装置来调节底篮平台标高。

(2)升降动力:每根前吊杆提升装置为 1 台 YCW-60 穿心式千斤顶、每根后锚杆提升装置为 2 台 LD-32 螺旋千斤顶。

1.7 后锚系统构造设计

后锚系统由锚固扁担梁、支撑扁担梁、锚杆及千斤顶组成,扁担梁置于主桁后结点板尾部,锚杆通过预埋在梁段内的竖向预应力筋进行锚固。挂篮后锚系统布置如图 6 所示。

在浇注混凝土之前,通过后锚梁反力系统使行走小车脱离轨道上翼缘,靠锚杆来平衡浇注混凝土产生的倾覆力矩。

本挂篮设计的后锚系统的锚固扁担梁、支撑扁担梁均采用 [36a 槽钢加工而成,长度为 1.0 m。当千斤顶起顶长为 1.0 m 的支撑槽钢时,通过调整锚杆上的螺母使主桁桁架片尾端的标高达到要调整的

位置。

1.8 行走系统构造设计

行走系统包括前行走轮、行走小车、轨道。前行走轮下面设置聚四氟乙烯滑板,通过千斤顶的牵引来使挂篮前移。在挂篮行走之前,拆除主桁后锚系统的锚杆,此时,挂篮尾端所受到的上拔力完全由行走小车承担,行走小车的轮子紧贴在轨道翼缘;挂篮中部由聚四氟乙烯滑板组合滑板支撑。挂篮前移时,通过千斤顶的牵引使挂篮前进。为增加挂篮主桁架的横向稳定,分别在主桁片之间、挂腿部位设置了限位装置。

行走轨道采用 16Mn 钢加工制作而成,长度为 12.0 m,通过预埋筋锚固于已浇注的主梁上。挂篮开始前移时,通过轨道反扣梁来平衡行走小车传来的上拔力。挂篮行走轨道布置如图 7 所示。

2 挂篮内力及变形计算

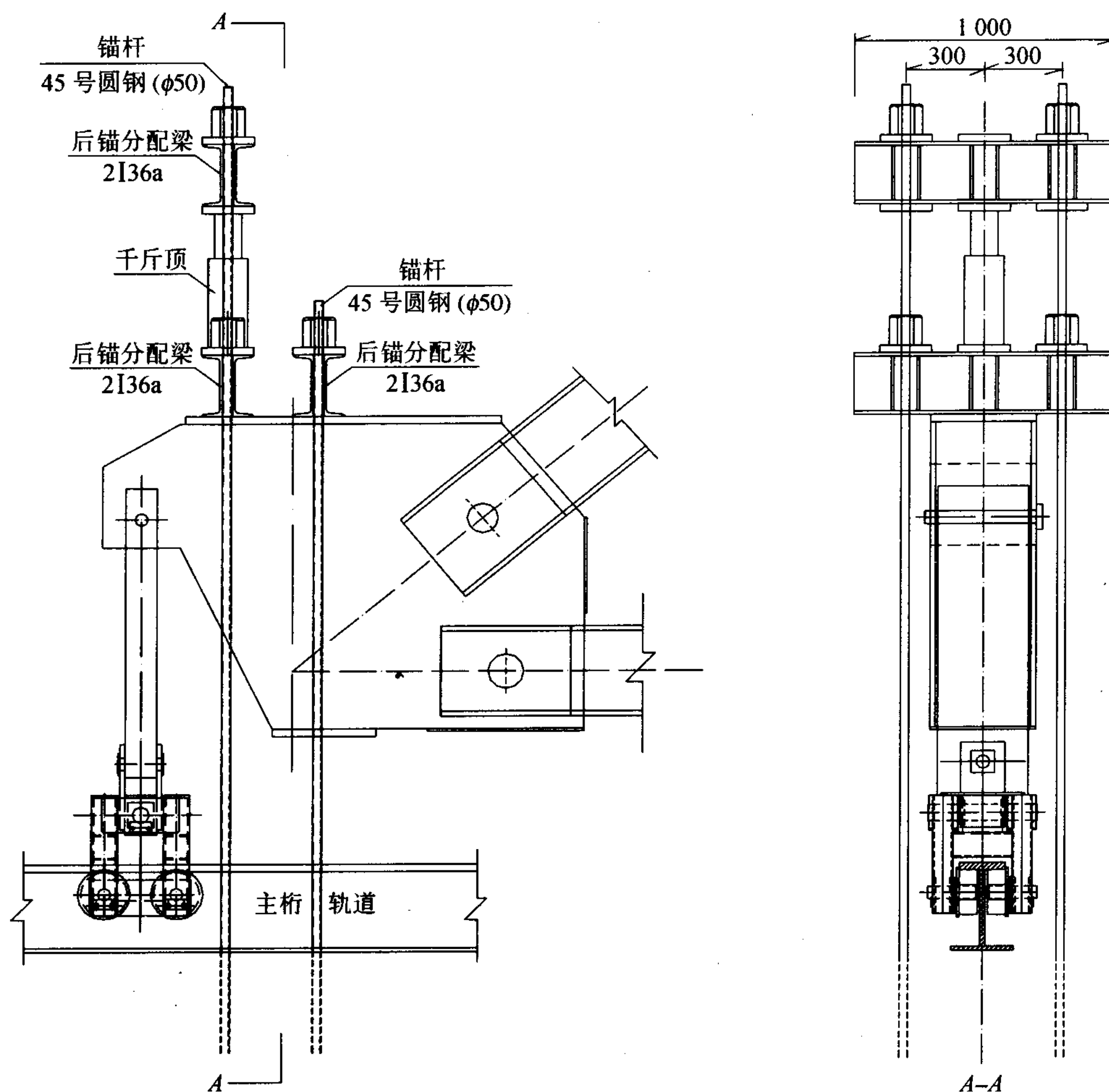
2.1 挂篮设计参数取值

为了使挂篮的构造设计达到经济合理,首先要确定合理的设计参数,根据相关规范和标准,确定挂篮的设计参数如下:

钢材轴向容许应力 140 MPa;

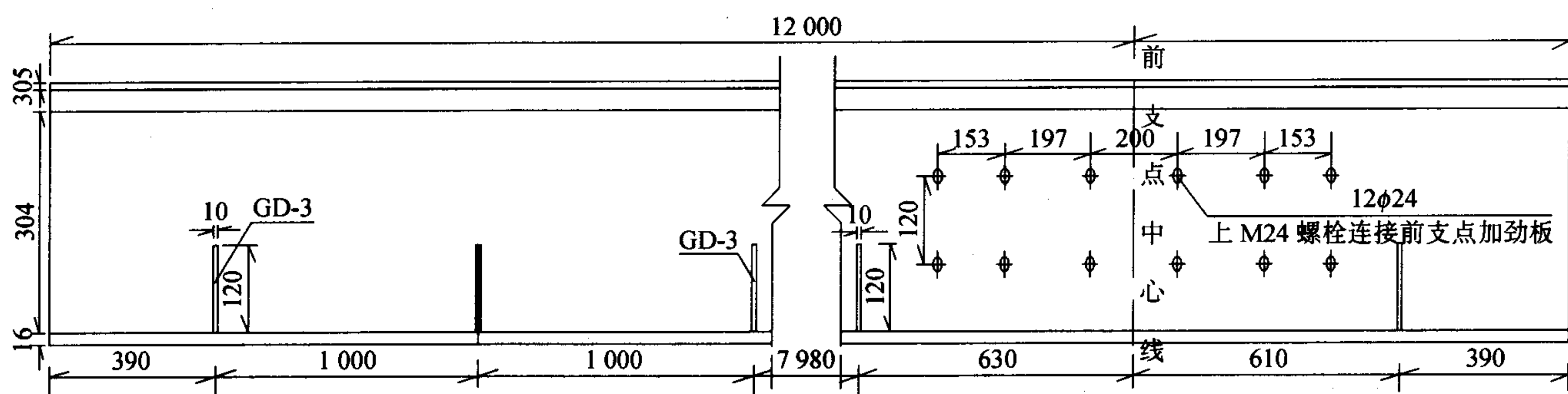
钢材弯曲容许应力 145 MPa;

钢材容许剪应力 85 MPa;



单位: mm

图 6 挂篮后锚固系统布置



单位: mm

图 7 挂篮行走轨道布置

挂篮允许最大变形 ≤ 20 mm;施工及行走时的抗倾覆安全系数 ≥ 2.0 ;自锚固系统安全系数 ≥ 2.0 ;混凝土的容重 26.0 kN/m^3 ;振捣对模板产生的荷载 4.0 kN/m ;施工机具及人群荷载 2.5 kN/m^2 。

挂篮底模、侧模、堵头模板的重量按实际确定。

2.2 挂篮设计计算假设

(1) 所用材料符合虎克定律;

(2) 吊带只承受拉力, 不承受弯矩;

(3) 混凝土重量由纵梁均匀承受, 再通过重量传到底篮前、后横梁上;

(4)前横梁系统是由主桁前横梁、底篮前横梁通过钢棒连成整体,支点作用在主桁前端;

(5)后横梁系统是由主桁后横梁、底篮后横梁通过钢棒连成整体和挂腿共同组成,在浇注混凝土时,支点分别为主桁片立柱、后锚固点及挂腿支点;

(6)在挂篮前移时,支点作用在主桁片立柱、挂腿支点;

(7)挂篮主桁计算时,后锚点为铰接,不承受弯矩,不产生顺桥向位移;前支点为铰接,产生顺桥向位移,但不承受弯矩。

2.3 主桁架控制计算

挂篮有两片主桁架片,每片桁架片承受从前横梁系统上传来的荷载,当挂篮在浇注混凝土时,其主桁架前端受到的荷载最大,为最不利荷载。主桁计算简图如图8所示。

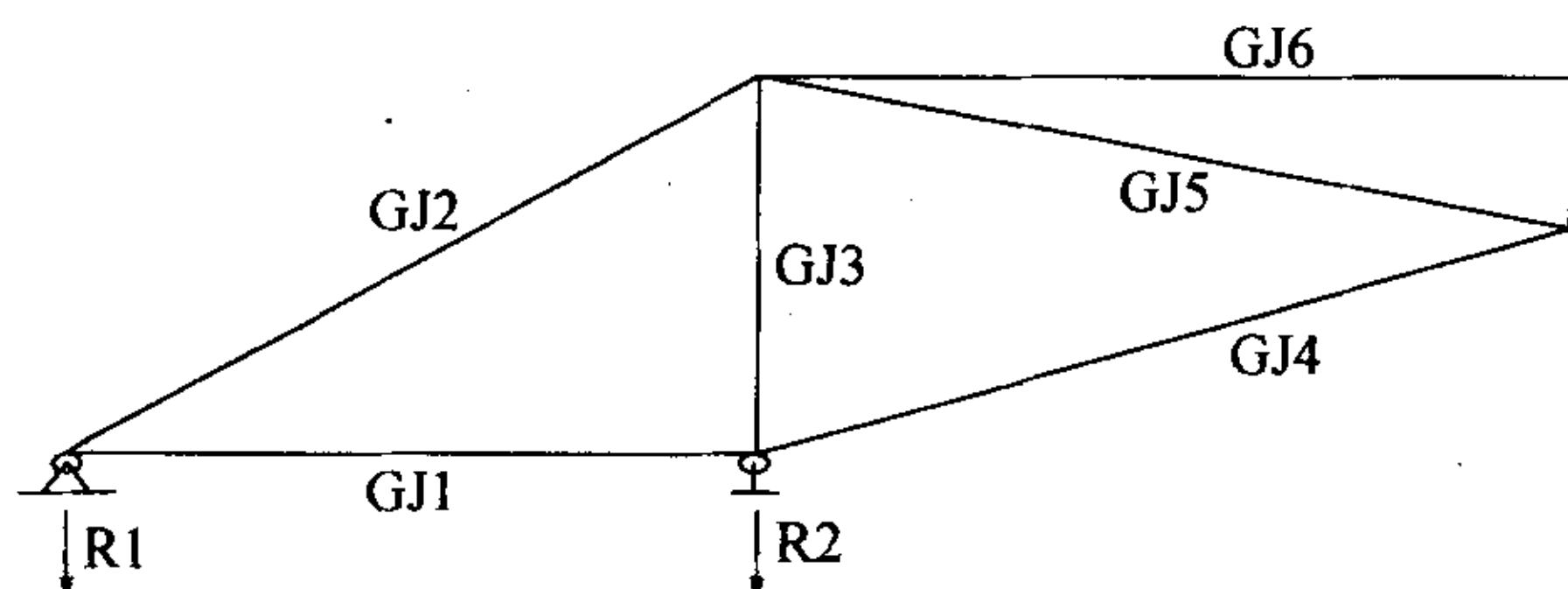


图8 主桁计算简图

在最不利荷载作用下,主桁杆件应力及最大挠度计算结果为;

主桁桁架片最大应力 $51.26 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

主桁桁架片最小应力 $2.21 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

主桁桁架片最大挠度 $11.6 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$ 。

满足规范要求。

2.4 前横梁控制计算

前横梁系统主要包括底篮前横梁、主桁前横梁及前吊带组成。前横梁系统所受到的荷载主要是从纵梁上传来的,验算前横梁系统主要有两种工况:一是浇注最重块段,前横梁系统受到从纵梁上传来的荷载值总和达到最大(最不利荷载)时;二是在挂篮前移时。在这里仅就最不利荷载状况进行计算,计算简图如图9所示。

主桁前横梁最大应力 $52.99 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

主桁前横梁最小应力 $0.66 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

主桁前横梁最大挠度 $19.0 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$;

吊带最大应力 $87.84 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

吊带最小应力 $70.01 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

底篮前横梁最大应力 $31.5 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

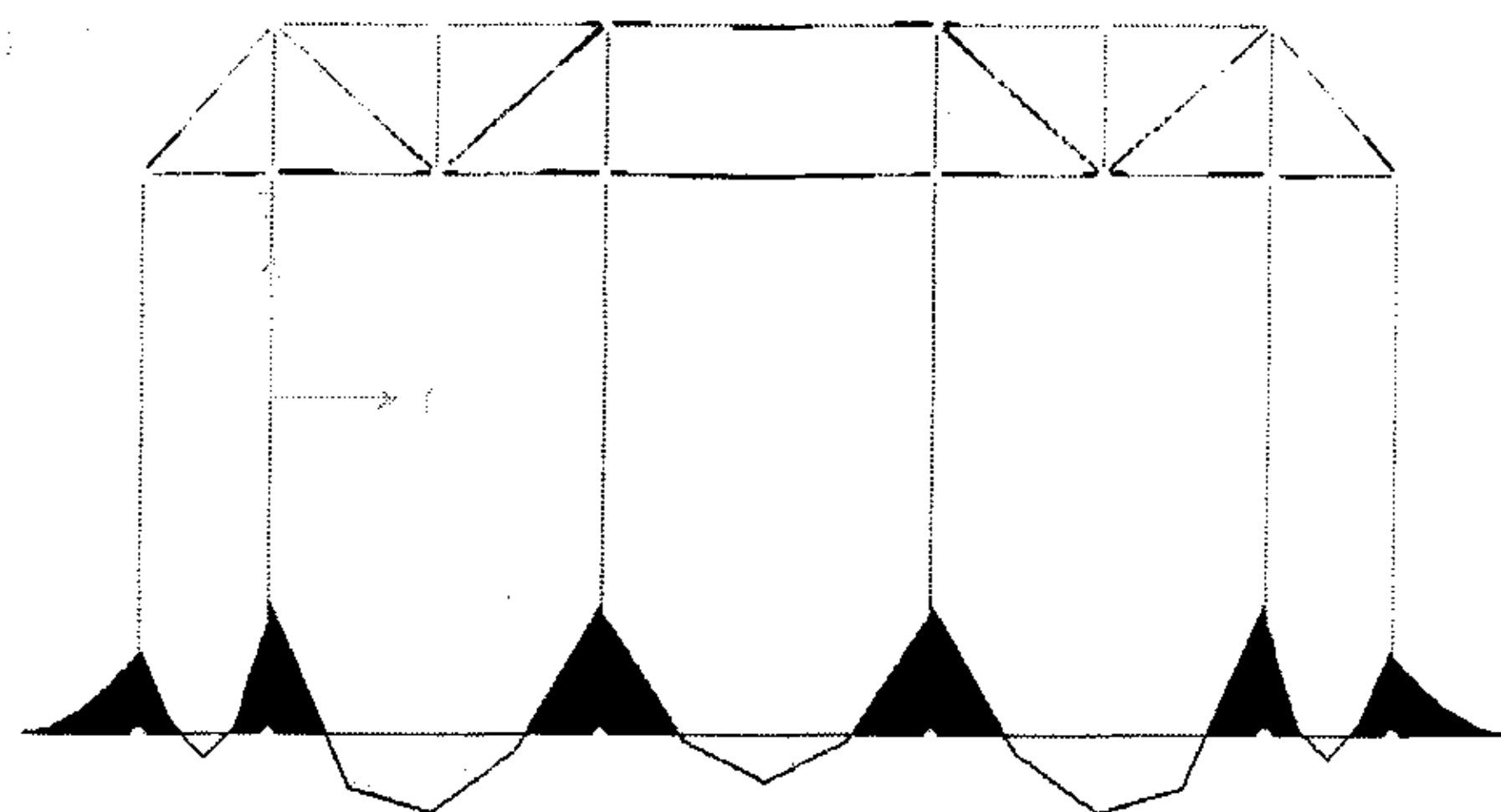


图9 前横梁计算简图

底篮前横梁最大挠度 0.015 mm 。

2.5 后横梁控制计算

后横梁系统所受到的荷载主要是从纵梁上传来的,验算后横梁系统主要有两种工况:一是浇注最重的块段,后横梁系统受到从纵梁上传来的荷载值总和达到最大(最不利荷载)时;二是在挂篮前移时。在这里仅就最不利荷载状况进行计算,计算简图如图10所示,计算结果为:

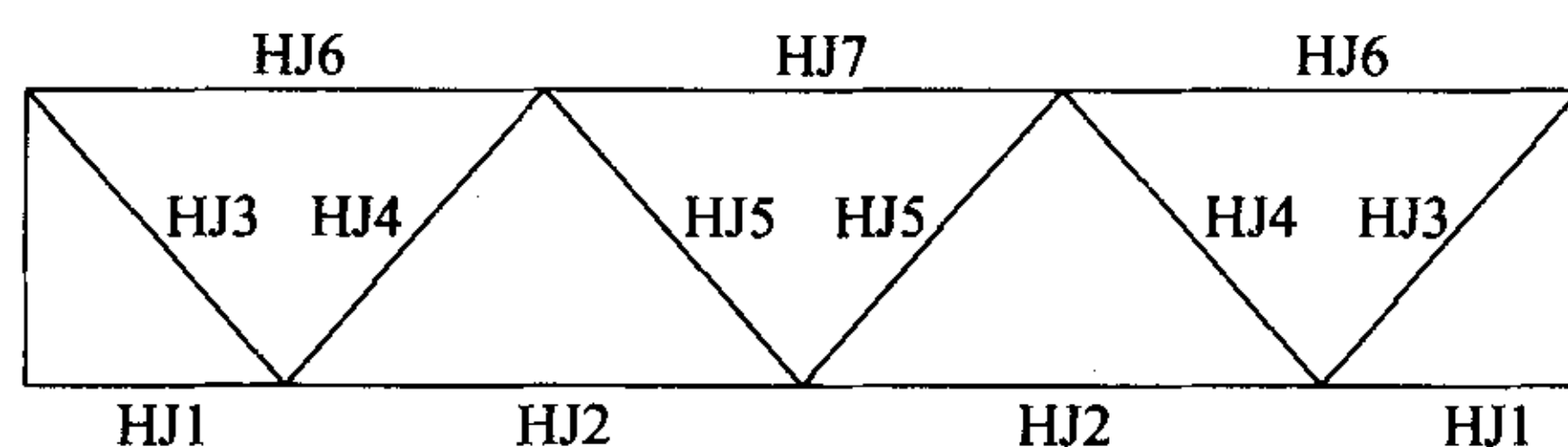


图10 后横梁计算简图

主桁后横梁最大应力 $12.25 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

主桁后横梁最小应力 $2.30 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

主桁后横梁最大挠度 $2.3 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$ 。

2.6 1号块施工控制计算

由于0号块长度仅为8m,无法在顺桥向布置两个挂篮,因此浇注1号块时需将杆件GJ2水平放置,并在两挂篮间设置杆件GJ8、GJ9,使挂篮呈整体式结构。待1号块达到混凝土设计强度后,开始拆分整体式挂篮,分离成两个独立的挂篮结构。为保证拆分过程中挂篮的稳定性,必须采用临时挂索将挂篮锚固在主塔上,直到挂篮前移完成,后锚系统锚固后,方可解除临时挂索。计算简图如图11所示。

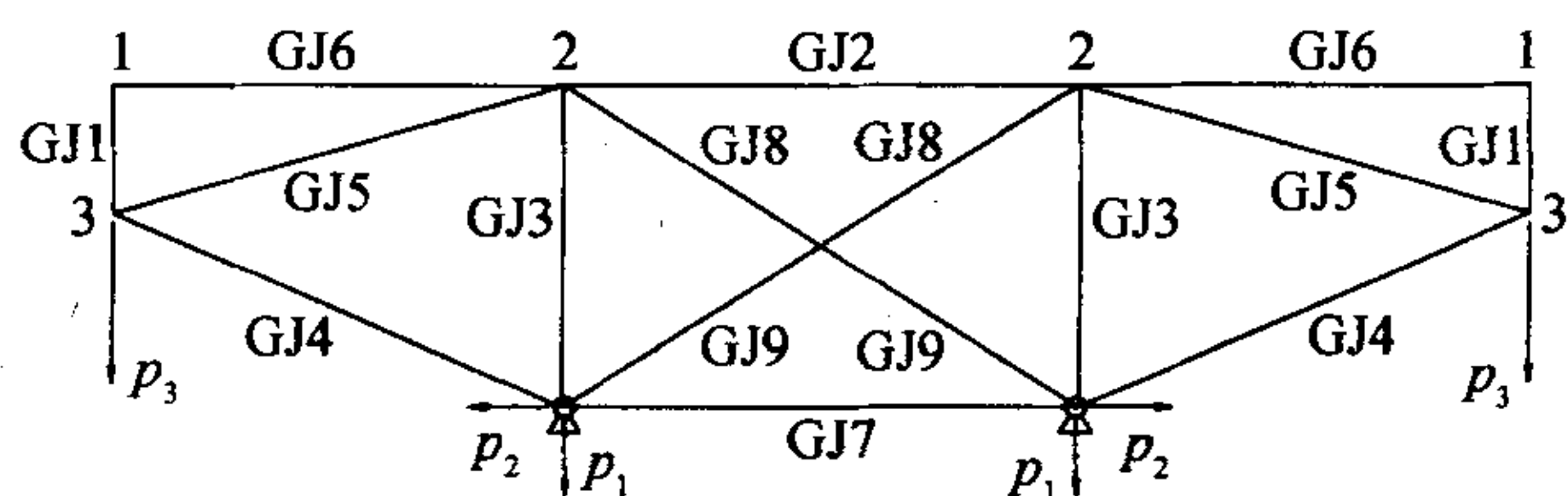


图11 1号块施工控制计算简图

文章编号: 0451-0712(2006)03-0178-04

中图分类号: U445.33

文献标识码: B

复合式牵索挂篮设计

彭立志, 吴正安, 袁志宏

(路桥华南工程有限公司 中山市 528403)

摘 要: 广东顺德高赞大桥主桥为跨径 280 m 的单索面斜拉桥, 其主梁采用倒三角形断面箱梁, 设计要求采用前支点挂篮施工, 施工难度大, 重点介绍该挂篮的设计思路及主要设计过程。

关键词: 高赞大桥; 复合式牵索挂篮; 设计

1 工程概况

高赞大桥及引道工程是佛山市“四纵九横”中“横九”主干线的一部分, 也是连接杏坛镇和容桂镇的重要通道, 路线全长 3 300 m, 主桥高赞大桥全长 1 727.8 m, 桥跨组合为 $14 \times 30 \text{ m} + 5 \times 31 \text{ m} + (61 + 89 + 280 + 89 + 61) \text{ m} + 3 \times 40 \text{ m} + 15 \times 30 \text{ m}$ 。高赞大桥主桥采用双塔单索面, 墩、塔、梁固结的预应力混凝土斜拉桥, 跨径组合为 $61 \text{ m} + 89 \text{ m} + 280 \text{ m} + 89 \text{ m} + 61 \text{ m}$, 全长 580 m。主塔高 70 m, 断面采用矩形空心断面, 断面尺寸为 320 cm (横桥向) \times ($650 \sim$

850) cm (纵桥向)。主梁采用近似三角形断面, 单箱三室结构, 梁高 3.5 m, 箱宽 30.5 m。主梁 0 号块长 13 m, 0~1 号块长 6 m, 标准节段长 6 m (横隔板间距也为 6 m), 共 21 对块件。标准梁段断面尺寸为: 顶板全宽 30.5 m, 底板宽 4 m, 悬臂长 4 m。根据设计要求, 高赞大桥主梁需采用前支点挂篮悬浇施工。主梁断面见图 1 所示。

2 挂篮设计思路

2.1 设计前期研究

收稿日期: 2006-01-12

主桁杆件最大应力 $42.35 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

主桁杆件最小应力 $2.17 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa}$;

主桁杆件最大挠度 $6.0 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$ 。

期净值至少增加 35 万元。

4 结语

后支点菱形挂篮已顺利通过由重庆交通学院、四川省勘测设计院、万州区交委组成的专家组的评审, 专家组对挂篮的构造设计给予了充分肯定。

本挂篮吊带在原设计中, 主要考虑到用直径为 32 mm 的精轧螺纹粗钢筋作为吊带, 由于业主、监理单位考虑到施工中的安全因素, 建议改用钢板制作吊带, 这使挂篮吊带的重量有所增加。

本挂篮适用性强, 稍加改装即可适用于同等类型斜拉桥、连续刚构桥和连续箱梁的主梁悬浇施工。

追求科技创新, 力求达到施工设备的标准化、模块化, 是施工企业努力发展的方向。挂篮设计将向轻型高效方向发展, 以满足将来大跨径桥梁悬臂施工要求。

由于笔者水平有限, 挂篮设计中肯定存在有疏漏或不足之处, 敬请各位专家、同仁不吝赐教, 以便在日后工作中不断改进。

3 经济分析

3.1 设计与加工直接费

(1) 委托专业设计费用: 12 万元;

(2) 自主设计费用: 咨询费 2 万元;

(3) 自主加工费用: 38.41 万元 (1 670 元/t);

(4) 委托加工费用: 94.3 万元 (4 100 元/t)。

节约的总费用约: $(12 - 2) + (94.3 - 38.41) = 65.89$ 万元。

3.2 远期效益

(1) 掌握了设计技术, 培养了设计人员。为今后我公司类似的结构设计, 提供了一定的保证。可以说, 创造了培训费用 (节约) 约 20 万元。

(2) 挂篮结构形式, 适宜于今后的连续刚构桥的施工, 挂篮的后期净值达 85 万元。比常规施工的后