

港珠澳大桥某预制场临时码头工程 提梁门架设计

周伟, 熊彪, 王孝兵

(中交武汉港湾工程设计研究院有限公司, 湖北 武汉 430040)

摘要: 大型临时工程受力构件主要采取钢结构形式, 便于重复利用。由于大型临时工程承担的荷载一般较大, 结构耗费钢材较多, 因此, 如何在保证结构安全的前提下尽可能减少钢材用量是摆在设计人员面前的一道难题。本文介绍港珠澳大桥香港接线高架桥工程预制场临时码头工程提梁门架的设计思路及特点。通过对不同结构形式进行比选, 并充分利用现场已有材料, 确定合理的门架结构形式。

关键词: 港珠澳大桥; 预制场; 临时码头; 提梁门架; 设计

中图分类号: U 656.1

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2015)08-0021-06

Design of girder upgrading gantry for a temporary dock project of HZMB

ZHOU Wei, XIONG Biao, WANG Xiao-bing

(CCCC Wuhan Harbor Engineering Design and Research Co., Ltd., Wuhan 430040, China)

Abstract: The current domestic large temporary works mainly adopt steel structures for the recycled use. As the load on the large temporary works become heavier, the steel structures would cost more. Therefore, it is a challenge to ensure the safety of the structure and reduce steel consumption as far as possible. This article describes the design of the girder upgrading gantry for a temporary dock project of HZMB. Adopting different structure forms and making full use of the existing materials, we finally determine the reasonable structure of the gantry.

Keywords: HZMB; precast yard; temporary pier; girder upgrading gantry; design

1 工程概况

港珠澳大桥香港接线段预制场位于中山市横门西水道左岸中山火炬开发区内, 循水路北距广州 94 n mile, 距香港 54 n mile, 距澳门 51 n mile, 距离港珠澳大桥桥址约 60 km (图 1)。

预制场平面呈矩形布置。占用岸线长度为 340 m, 占地面积约 153 306 m²。预制场共设置 6 条线: 长线法预制生产线 2 条, 短线法标准箱梁预制生产线 1 条, 另外 3 条线全部为存梁区域。

为满足节段梁出运需求, 在预制场对应水域,

沿岸堤布置 2 个 250 t 箱梁节段提升门架及 1 个材料码头, 靠泊船型为 1 000 DWT 船舶 (图 2)。

2 提梁门架设计

2.1 自然条件

2.1.1 设计水位及高程

根据当地水位条件, 提梁门架采用以下设计指标:

设计高水位: 1.904 m;

设计低水位: 0.014 m;

设计海底高程: -4.0 m。

收稿日期: 2015-05-20

作者简介: 周伟 (1977—), 男, 高级工程师, 从事水运工程设计工作。



图1 预制场平面布置

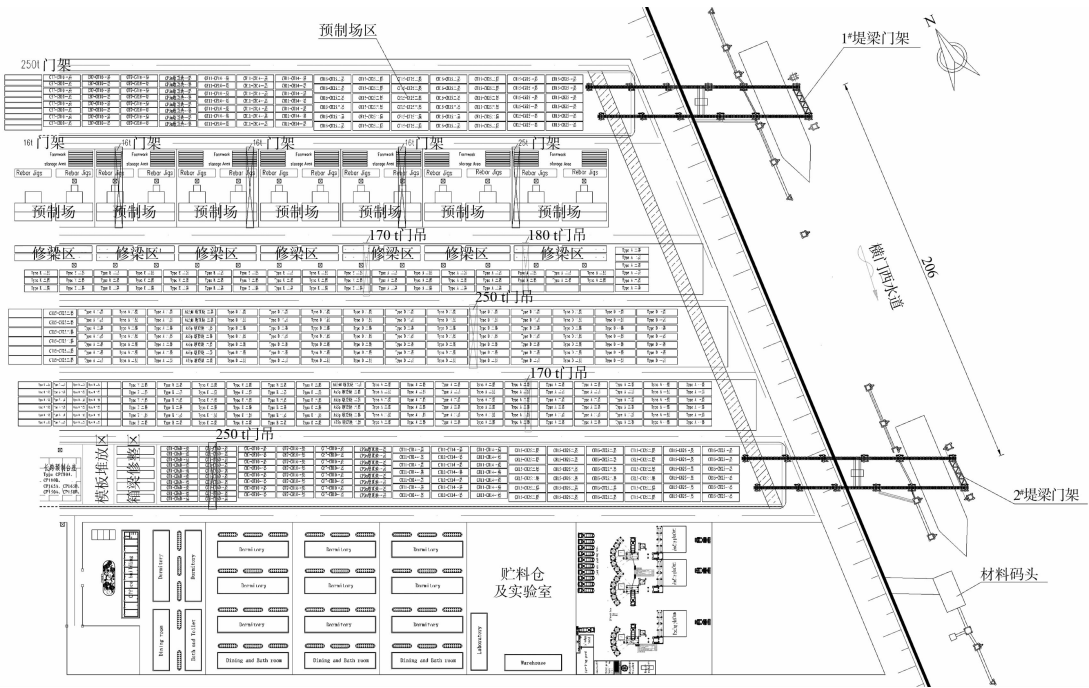


图2 预制场平面布置

2.1.2 工程地质

工程地质资料见表1。

表1 工程地质资料

| 地层代号 | 土层 | 厚度/m | 高程/m | 侧摩阻力/kPa | 端阻力/kPa |
|-----------------|------|------|-----------------|----------|---------|
| ② ₋₁ | 淤泥质土 | 12.0 | -1.43 ~ -13.43 | 18 | |
| ② ₋₂ | 淤泥 | 8.4 | -13.43 ~ -21.83 | 12 | |
| ② ₋₃ | 粉土 | 2.6 | -21.83 ~ -24.43 | 36 | 2 000 |
| ② ₋₄ | 中砂 | 3.8 | -24.43 ~ -28.23 | 60 | 7 000 |
| ② ₋₅ | 粉质黏土 | 4.2 | -28.23 ~ -32.43 | 50 | 2 400 |
| ② ₋₈ | 中粗砂 | 13.7 | -32.43 ~ -46.13 | 90 | 9 600 |

2.2 平面设计方案

2.2.1 平面位置的确定

根据预制场整体规划，需布置2个提梁门架。从图2可知，1#提梁门架位于场区北侧，与陆域最北边的生产线对应；2#提梁门架布置在1#提梁门架南侧，与陆域最南端的生产线对应。2座提梁门架中心距与预制场生产线布置一致，约为206m。

2.2.2 单座提梁门架尺度的确定

提梁门架的出运栈桥长度，在陆域范围需根

据场区横移区的位置确定。靠海侧根据水域自然条件确定前沿线位置。综合分析, 栈桥长度取 105.5 m, 其中堤外部分长约 65 m, 堤内及堤上部

分长约 30.5 m。由于大堤走向与预制场区存在斜向交角, 而提梁门架需与预制生产线平行, 故提梁门架与大堤形成约 66°斜交角度 (图 3)。

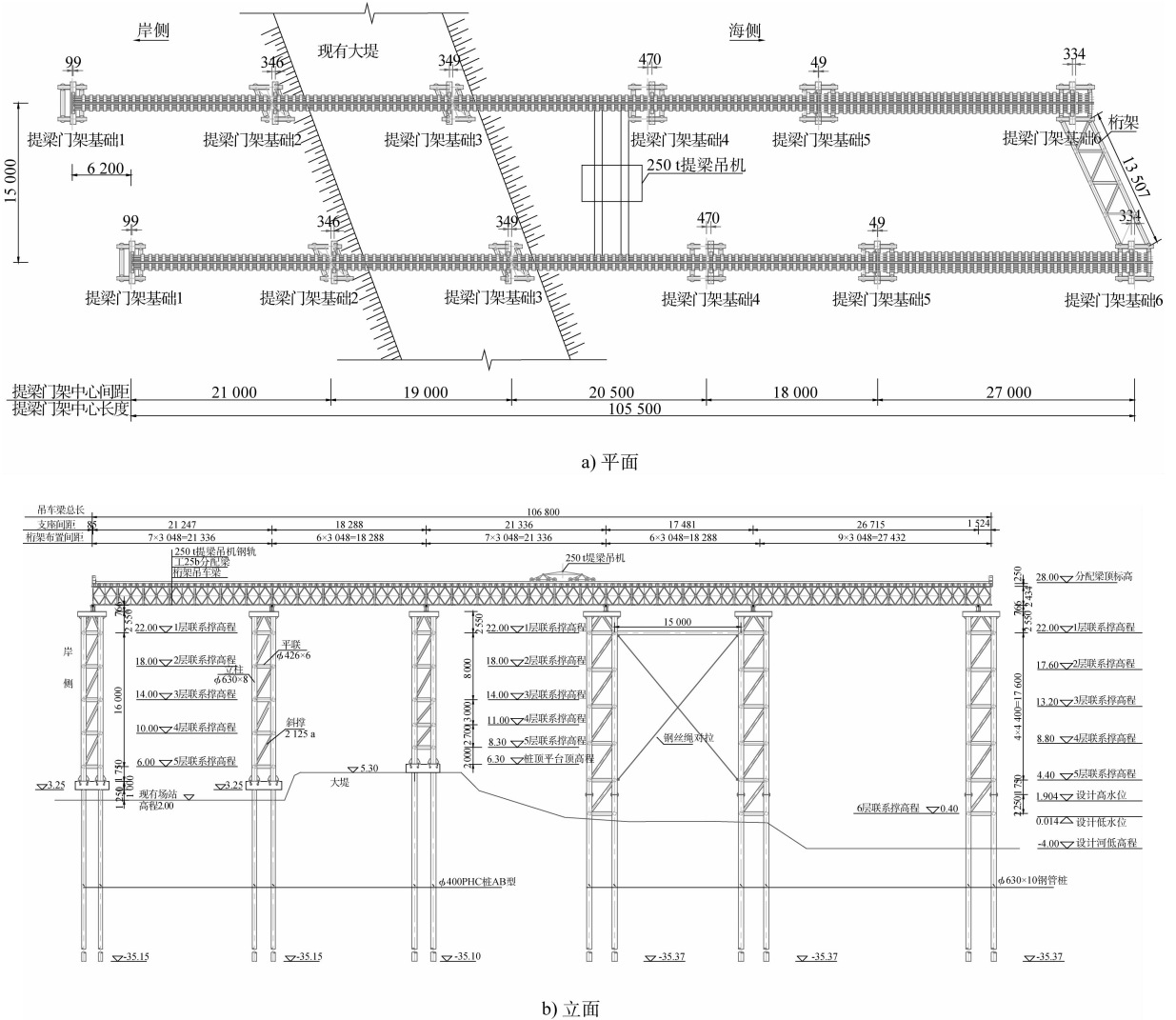


图 3 提梁门架平面布置 (高程: m; 尺寸: mm。下同)

考虑到出运箱梁节段宽度, 250 t 出运提梁吊机采用 15 m 跨度, 因此, 提梁门架 2 栈桥中心距确定为 15 m。由于提梁门架需跨过防洪大堤, 根据现场实际情况, 每座栈桥一共布置 4 跨, 由堤内到堤外跨度分别为 21、19、20.5、18、27 m, 其中第 2、3 跨支撑点布置在大堤上。综合考虑过堤净空要求以及前沿船舶停靠条件, 提梁门吊吊机轨道分配梁顶高程取 28.0 m。

2.3 结构方案

根据提梁门架的功能和使用要求, 其结构主要分为上部结构轨道梁和下部基础。

2.3.1 轨道梁结构设计

根据业主提供的 250 t 吊机参数, 吊机吊重 250 t, 最大轮压 230 kN, 共 16 个车轮 (图 4)。

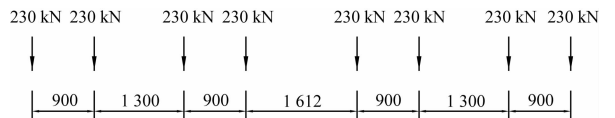


图 4 提梁门吊轮压分布

从提梁门吊栈桥跨度分布看, 最小跨度为 18 m, 最大跨度为 27 m。根据通常的吊车梁做法, 分别可采用钢箱梁结构、三角桁架结构及贝雷架结构。在轨道结构设计过程中, 分别对这 3 种方

案进行设计计算，最终确定采用6层单排贝雷架结构作为轨道基础。3种方案及其优缺点分述如下：

1) 钢箱梁结构。

根据不同跨度，采用不同的箱梁截面形式^[1]，考虑到除27 m跨跨度较大之外，其他跨度均在20 m左右，因此考虑2种截面形式（图5），可满足设计要求。

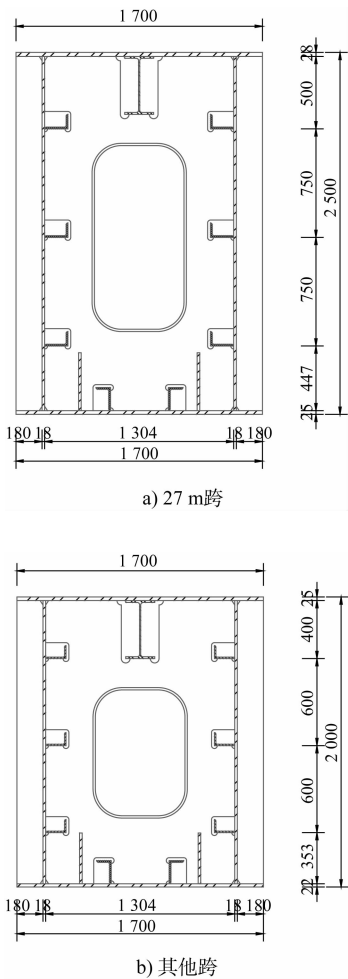


图5 钢箱梁截面

本方案的优点是：采用钢箱梁结构作为轨道梁^[1]，其可靠度高，易于现场加工且质量可控。但是作为临时工程，其缺点也同样明显：为满足强度、刚度要求，自重较大，导致成本增加（27 m跨自重为2 140 kg/m，其他跨约1 900 kg/m）；箱梁结构在本工程实施完后，回收利用受限制。

2) 三角桁架结构。

采用钢箱梁作为轨道梁方案虽然有很多优点，

但考虑到成本因素，且本工程为临时工程，使用时间不长，单独设置钢箱梁从性价比来说不高。因此，考虑了另外一种焊接三角桁架^[2]方案。设计阶段也采用了2种不同的断面形式（图6）。

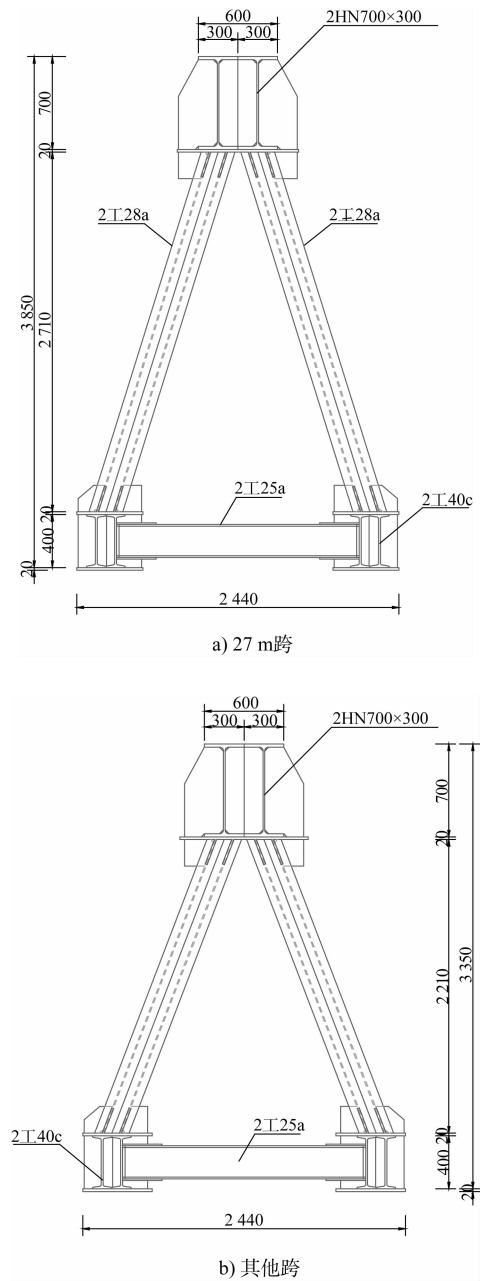


图6 三角桁架结构断面

三角桁架的优点是：结构受力合理，无需采用实腹梁结构，现场采用型钢及钢板即可焊接成型，能减少一定的自重（27 m跨为自质量1 620 kg/m，其他跨约1 765 kg/m），易于回收利用。缺点是梁相对钢箱梁更高，且焊接节点繁多，质量不易控制，制造时间较长。

对上述 2 种方案进行技术经济指标对比后, 认为这 2 种方案虽然均能满足吊车梁使用要求, 但成本均较高, 因此, 经反复论证后, 又实施了第 3 种贝雷架方案。

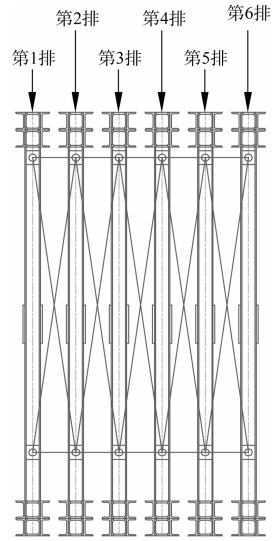
3) 贝雷架结构。

继钢箱梁及三角桁架方案之后, 又设计了贝雷架结构^[3]作为轨道梁的方案(图 7)。若采用普通 321 钢桥, 经计算, 采用单层结构难以满足弯矩剪力要求, 而采用双层结构又增加结构自重及高度, 经济性和稳定性均较差。因此, 决定采用 ZB200 加强型贝雷架作为轨道梁, 梁高 2 m, 采用 6 排单层结构进行计算。

分别取 21 m 跨和 27 m 跨按简支梁计算, 得:

21 m 跨: $M_{max} = 8\ 920\ \text{kN}\cdot\text{m}$; $Q_{max} = 1\ 750\ \text{kN}$ 。

27 m 跨: $M_{max} = 11\ 800\ \text{kN}\cdot\text{m}$; $Q_{max} = 1\ 860\ \text{kN}$ 。



c) 桁架排数

图 7 贝雷架断面布置

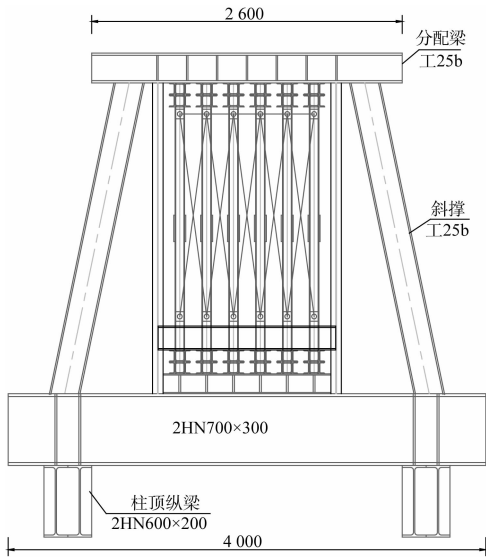
21 m 跨跨中采用 6 榀标准桁架, 容许弯矩为 $12\ 846\ \text{kN}\cdot\text{m} > 8\ 920\ \text{kN}\cdot\text{m}$, 支座处采用特高抗剪桁架和高抗剪桁架组合, 容许剪力为 $2\ 352\ \text{kN} (> 1\ 750\ \text{kN})$, 故贝雷梁抗弯抗剪均满足要求。

27 m 跨跨中采用 6 榀高抗弯桁架, 容许弯矩为 $15\ 960\ \text{kN}\cdot\text{m} > 11\ 800\ \text{kN}\cdot\text{m}$, 支座处采用特超高抗剪桁架和超高抗剪桁架组合, 容许剪力为 $3\ 024\ \text{kN} (> 1\ 860\ \text{kN})$, 故贝雷梁抗弯抗剪均满足要求。

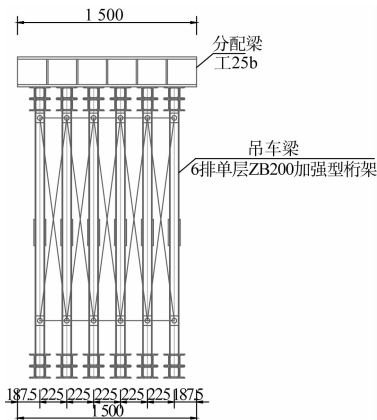
贝雷架方案优点是: 自重较小, 采购成本低; 产品类型多, 有标准桁架、高抗弯桁架、高弯高剪桁架、高抗剪桁架、超高抗剪桁架、特高抗剪桁架、特超高抗剪桁架等多种产品可选择, 在吊车梁不同部位根据弯剪值不同能采用不同桁架组合, 方便实用, 易于装拆, 采用此方案无明显缺点。经过综合分析比较, 最终本工程吊车梁采用 ZB200 加强型贝雷架组合方案。

2.3.2 基础结构设计

在进行提梁门架基础设计时, 考虑到现场已有大量 $\phi 600\ \text{mm}$ 钢管, 结合本工程特点, 确定提梁门架基础上部采用格构柱形式, 单个格构柱采用 4 根 $\phi 600\ \text{mm} \times 8\ \text{mm}$ 钢管, 间隔 4 m 设置钢管平联及型钢斜撑; 位于堤内的提梁门架基础采用墩台 + $\phi 400\ \text{mm}$ PHC 管桩结构, 堤外采用 $\phi 600\ \text{mm} \times 10\ \text{mm}$ 钢管桩(图 8)。



a) 吊车梁支座截面



b) 吊车梁跨中截面

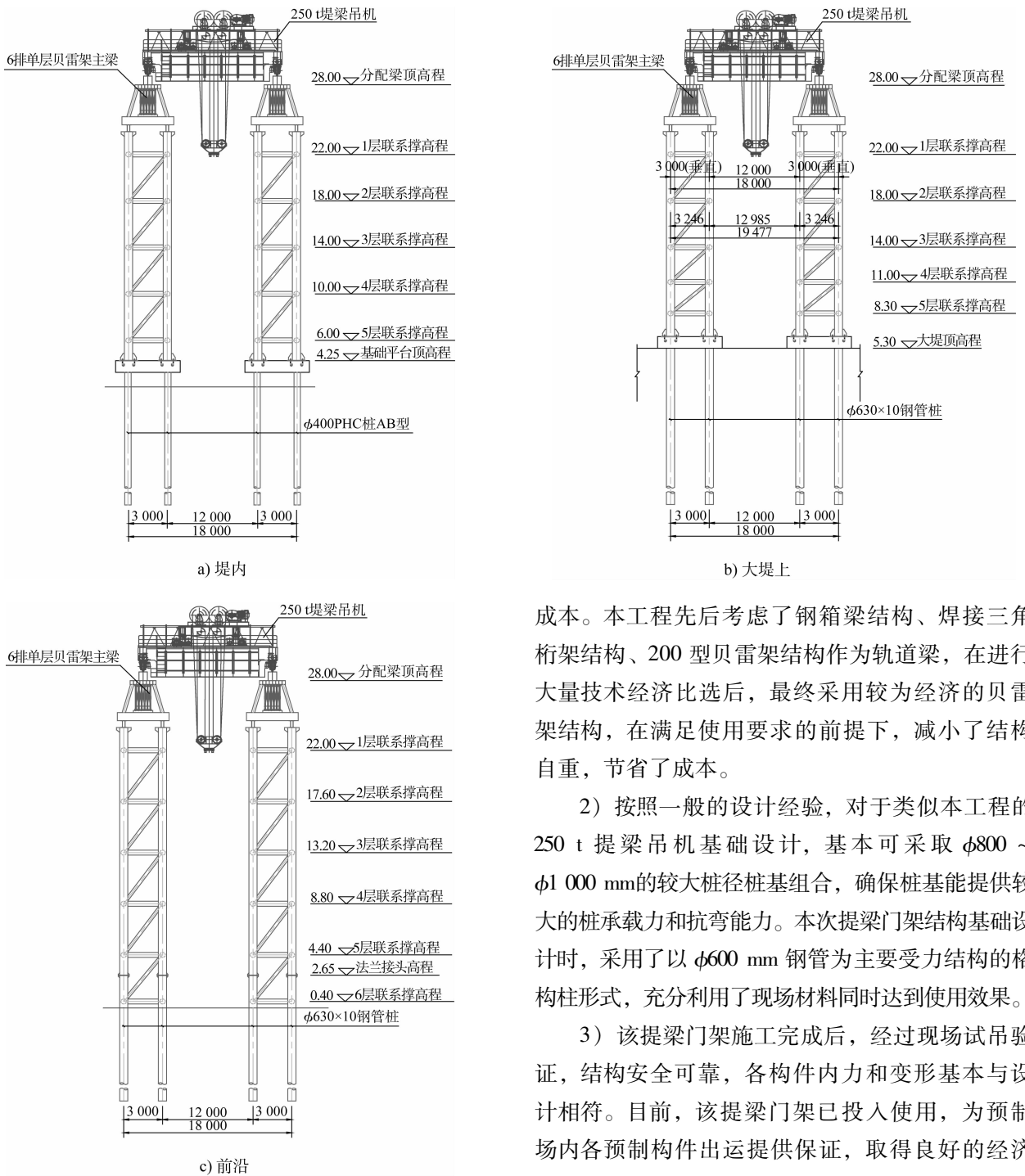


图8 提梁门架剖面

经 ANSYS 软件^[4]建模计算,各构件内力及变形均满足要求。桩承载力经核算后,陆域 PHC 管桩最大桩力为 14 601 kN,桩承载力为 1 780 kN;水域钢管桩最大桩力为 1 250 kN,桩承载力为 2 560 kN,均能满足要求。

3 结语

1) 轨道梁结构形式的选取,直接关系到施工

成本。本工程先后考虑了钢箱梁结构、焊接三角桁架结构、200 型贝雷架结构作为轨道梁,在进行大量技术经济比选后,最终采用较为经济的贝雷架结构,在满足使用要求的前提下,减小了结构自重,节省了成本。

2) 按照一般的设计经验,对于类似本工程的 250 t 提梁吊机基础设计,基本可采取 $\phi 800 \sim \phi 1\ 000$ mm 的较大桩径桩基组合,确保桩基能提供较大的桩承载力和抗弯能力。本次提梁门架结构基础设计时,采用了以 $\phi 600$ mm 钢管为主要受力结构的格构柱形式,充分利用了现场材料同时达到使用效果。

3) 该提梁门架施工完成后,经过现场试吊验证,结构安全可靠,各构件内力和变形基本与设计相符。目前,该提梁门架已投入使用,为预制场内各预制构件出运提供保证,取得良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 严正庭,晓栎,佳隆,等.最新钢结构实用设计手册[M].南宁:广西科学技术出版社,2003.
- [2] 李星荣,魏才昂.钢结构连接节点设计手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [3] 黄绍金,刘陌生.装配式公路钢桥多用途使用手册[M].广州:广州军区工程科研设计所,2002.
- [4] 王新敏.ANSYS工程结构数值分析[M].北京:人民交通出版社,2007.

(本文编辑 郭雪珍)