

燃气管道随桥敷设施工移动式操作平台设计*

刘瑛¹ 周向阳¹ 郑明华² 方旭彬²

摘要: 吊装设备不仅租赁成本高、受水文条件影响大,而且施工期间还会影响江面通航。为此,研制1种燃气管道随桥敷设施工专用工艺装备,该装置现场可组装并设置可移动的配重推车机构,同时安装桅杆式起重装置,利用起重装置吊装挂架及底部操作平台、护栏等部件,并与路面推车机构组成1套完整的移动式操作平台。应用Solidworks软件建模进行结构设计,完成机械结构的抗倾覆配重计算与强度校核。

关键词: 随桥敷设施工;移动式操作平台;配重计算;结构设计

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.1.012

Design of Mobile Operating Platform Applied in Gas Pipeline Along Bridge Laying

Liu Ying, Zhou Xiangyang, Zheng Minghua, Fang Xubin

Abstract: A special used process equipment is developed in the gas pipeline laying construction installed with bridge. And this equipment can be assembled on the site and set the mobile counterweight trolley mechanism, it can also install the mast type lifting device, lift rack and install the bottom operating platform, fence and other components by using the lifting device, which furthermore to compromise a complete set of mobile operation platform with the road trolley mechanism. Modeling by application of the Solidworks software, and by taking advantage of which, carry out the structural designing, finish the overturning resistance counterweight calculation and check strength to finish mechanical structure.

Key words: laying construction installed with bridge; mobile operation platform; counterweight calculation; construction design

城镇燃气管道跨越江河方式主要有大开挖沟埋穿越、定向钻穿越、桁架敷设、拱管敷设、自行跨越及随桥跨越敷设六种。其中,桁架敷设及拱管敷设因影响城市景观,现已基本不用。大开挖沟埋穿越及定向钻穿越因安全检修有难度不作为首选。跨越大型河涌首选随桥跨越方式,当没有随桥跨越条件时,采用定向钻穿越方式。对于众多的小型河流的穿越,首选随桥跨越方式或自跨越方式,对少数水上交通不频繁的河流,视具体情况可采用大开挖沟埋穿越方式施工。因而,随桥跨越敷设已经成为设计首选^[1-3]。

随桥跨越方式在新建桥梁同步施工时具有一定的优势。而对于已建成通车的桥梁,如果仅预留管位,要在桥梁下施工,且没有专用施工操作平台,则需搭设大面积脚手架或者通过在江面固定锚船吊

装方式进行施工。吊装设备不仅租赁成本高、受水文条件影响大,而且施工期间还会影响江面通航。为此,浙江国联设备工程有限公司与杭州职业技术学院共同研制了1种移动式下挂操作平台,以解决这一施工装备的难题。

1 工作原理

移动式下挂操作平台由可移动配重推车机构、桅杆式起重装置、挂架和施工操作平台组成。其中,挂架及施工操作平台由起重装置吊装进行现场组装。操作平台为挑空式钢结构平台,通过挂架与桥面车身连接,可以承载1~3人体重,也可同时承载焊接设备、焊接材料的载荷。推车车架由钢结构焊接而成,施工中,在行进方向铺设槽钢轨道,车架底部安装滚轮置于轨道上。车架上安装有桅杆式启重装置,以协助运送工机具。配重块安放在车架

*基金论文:2013年度浙江省住房和城乡建设厅科研和推广项目(2013Z073)。

¹杭州职业技术学院友嘉机电学院 ²浙江国联设备工程有限公司

内部。推车的行进动力可采用人工和机械动力2种方式，当桥面工况复杂时，应采用人工动力。图1为移动式下挂操作平台施工及结构示意图。

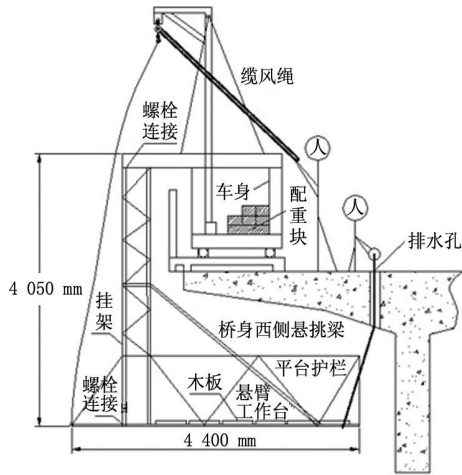
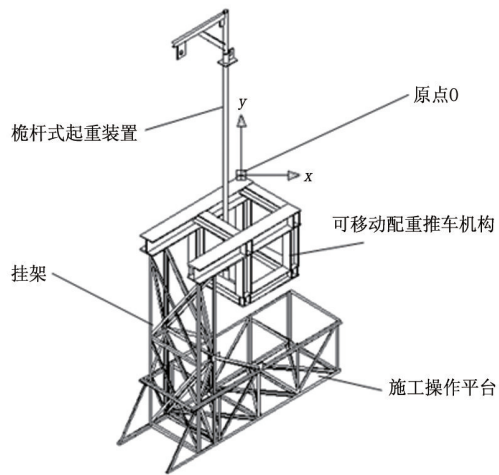


图1 移动式下挂操作平台施工及结构示意图

2 机械结构设计

三维建模原点位于O点，挂架与平台由规格



为50 mm × 50 mm × 6 mm的角钢焊接而成，推车由300 mm × 300 mm × 10 mm × 15 mm与200 mm × 200 mm × 8 mm × 12 mm两种规格的型钢焊接而成，材质均选择Q235B。

2.1 建模及配重计算

配重计算按以下3种极限工况分析：

(1) 工况1。安装挂架和平台，2位作业人员站立于挂架上，此时未作业。该装置为前后对称，受力平面取前后对称平面，并以H钢及挂架对称中心平面简化为杆，作受力简图，如图2所示。

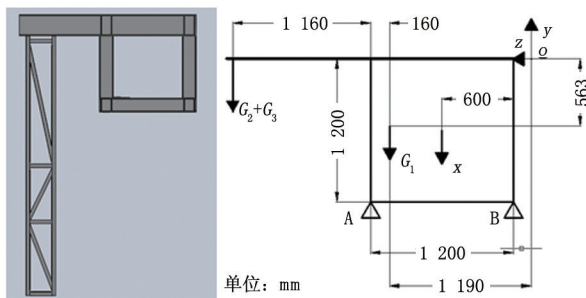


图2 工况1受力简图

图2中，A、B为车轮支点。 $G_2 + G_3$ 会引起装置逆时针翻转，对A点作力矩平衡方程

$$\sum M_{(A)} F = 0 \quad (1)$$

$$(G_2 + G_3) \times 1160 - G_1 \times 160 - X \times 600 = 0$$

$$X = 268 \text{ kg}$$

G_1 为装置在工况1（不含操作平台）中的质量， $G_1 = 1350 \text{ kg}$ ，位置在距离原点z方向1190 mm，y方向563 mm； G_2 为2位作业人员体重，合计200 kg； G_3 为施工操作平台质量， $G_3 = 250 \text{ kg}$ ，取一半质量为

125 kg。 X 为配重质量，位置简化为A、B支点中间，推车中心平面。

(2) 工况2。操作平台已安装，2位作业人员站立于操作平台最左端，同时携带作业工具工作。装置的重心向A、B支点中间移动， $G_2 + G_5$ 会引起装置逆时针翻转，见图3。

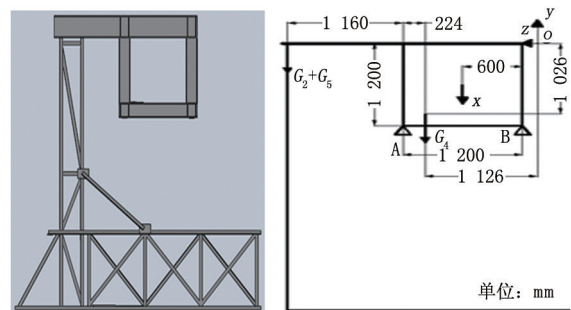


图3 工况2受力简图

对A点作力矩平衡方程

$$\sum M_{(A)} F = 0 \quad (2)$$

$$(G_2 + G_5) \times 1160 - G_4 \times 224 - X \times 600 = 0$$

$$X = -17.3 \text{ kg}$$

G_4 为装置在工况2（含操作平台）中的质量， $G_4 = 1600 \text{ kg}$ ，位置在距离原点z方向1126 mm，y方向1026 mm； G_2 为2位作业人员体重，合计200 kg； G_5 为作业工具质量， $G_5 = 100 \text{ kg}$ 。 X 为配重质量。

(3) 工况3。操作平台已安装，2位作业人员站立于操作平台最右端，同时携带作业工具工作。工况3中，装置的质量和重心位置与工况2相同， $G_2 + G_5$ 会引起装置顺时针翻转，见图4。

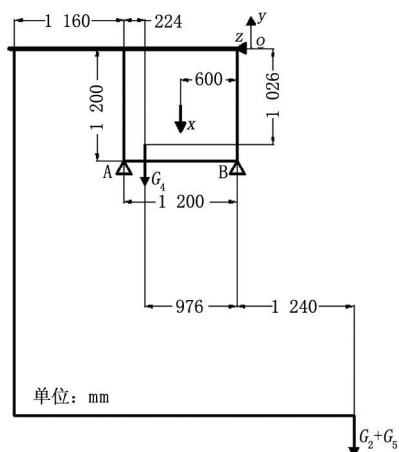


图4 工况3受力简图

对B点作力矩平衡方程

$$\sum M_{(B)} F = 0 \quad (3)$$

$$G_4 \times 976 + X \times 600 - (G_2 + G_3) \times 1240 = 0$$

$$X = -1982 \text{ kg}$$

从上述计算结果可以看出：①工况1为装置最容易倾覆状态，因而需要配重，按照载人设备设计要求，安全系数为3~5，因而配重质量在804~1340 kg范围；②工况2与工况3配重为负值，即

无需配重；③结合3种工况，本装置实际采用1500 kg配重较为安全^[4-5]。

2.2 应力分析及强度校核

(1) 约束与载荷。选择四个车轮工作面为约束面，配重和站人位置为加载面，且载荷方向垂直于加载面。已知配重取1500 kg；工况1：2位作业人员体重与所载零部件总重取325 kg；工况2和工况3：2位作业人员体重与工具总重取300 kg。

(2) 应力计算结果及分析。工况1最大应力为40.5 MPa，最小安全系数为5.81，危险位置出现在配重放置面；工况2最大应力为43 MPa，最小安全系数为5.45，危险位置出现在配重放置面，见图5。工况3最大应力为96 MPa，最小安全系数为2.45，危险位置出现在挂架与推车机构H钢连接处及挂架部分角钢。工况3为最危险的工况，其变形图为放大100倍的状况见图6。由于塑性材料的设计安全系数一般为1.5~2，上述3种工况，理论上都符合设计安全要求，平台装置强度足够。

(3) 螺栓强度计算。由于工况3危险位置出现在挂架与推车机构H钢连接处，因此，对此处螺栓

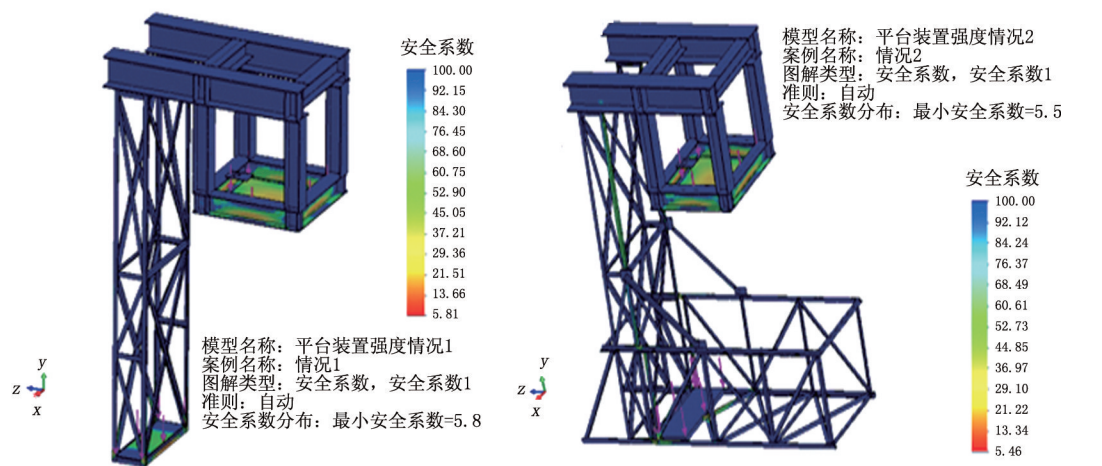


图5 工况1、工况2分析结果

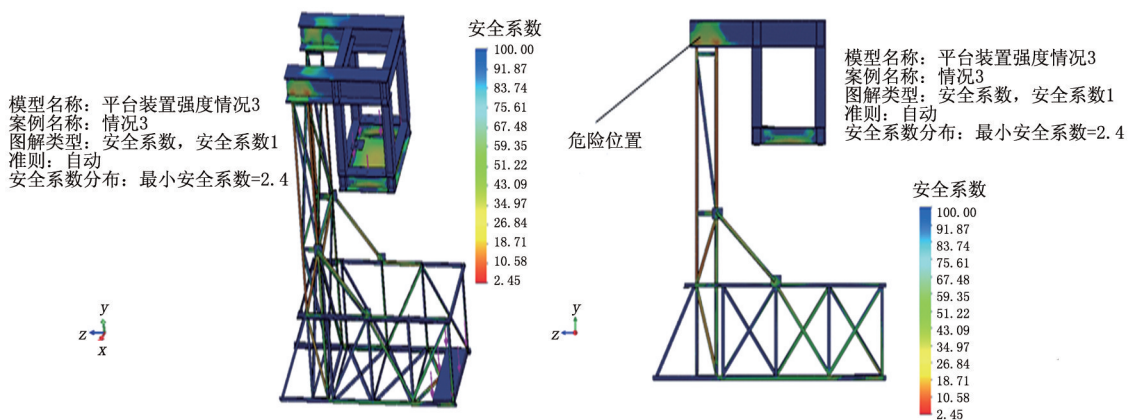


图6 工况3分析结果

强度独立计算。

从应力分析结果知，工况3时，危险位置在挂架与操作平台联接处，此处螺栓受拉力 F 作用，见图7。

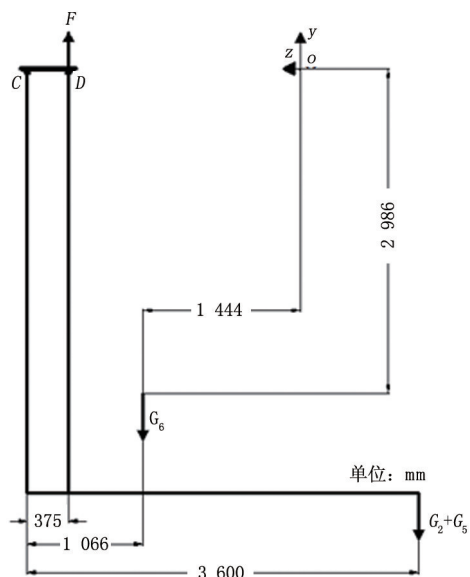


图7 挂架联接螺栓受力简图

对C点作力矩平衡方程

$$\sum M_{(C)} F = 0 \quad (4)$$

$$F \times 375 - G_6 \times 1066 - (G_2 + G_5) \times 3600 = 0$$

$$F = 4170 \text{ kg}$$

G_6 为挂架和操作平台质量， $G_6 = 454 \text{ kg}$ ，位置在距离原点 z 方向 1444 mm ， y 方向 2986 mm 。

F-D处螺栓所受拉力

$$\sigma_1 = \frac{5.2F}{Z\pi d_1^2} \leq [\sigma]$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{5.2F}{Z\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{5.2 \times 41700}{8 \times 3.14 \times 128}} = 8.2 \text{ mm}$$

式中： F 取 41700 N ； $[\sigma]$ 为螺栓许用应力，已知螺栓强度等级8.8级，屈服应力 640 MPa ，按照载人设备设计要求，安全系数 s 取 $3 \sim 5$ ，此处取 $s = 5$ ， $[\sigma] = \sigma_s / s = 128 \text{ MPa}$ ； z 为螺栓个数，实际 D 处共设置8个螺栓； d_1 为螺栓直径，即危险截面直径。

本装置在该位置实际采用8个M16螺栓，其危险截面直径为 13.835 mm ，强度足够，即选择M10以上螺栓均为合格^[6]。

3 应用实例

施工用移动式下挂操作平台已申报实用新型专利，随桥敷设燃气管道安装施工方法申报了国家发明专利。本工法与装备已经成功应用于桐庐富春江大桥的燃气管道敷设施工中。其优点在于：可减少大型吊装设备租赁，减少工程措施费30%以上；实现多次组装利用，提高辅助设施的利用效率；设置安全保护装置，降低工人施工时的安全风险，提高作业安全性；在已建成的大桥应用本装置，无需在桥身进行打深孔，不会对大桥主体结构造成二次损伤；在公路应用本装置，无需封路、封航等，无需考虑交通因素对工程的影响，提高敷设进度，在工况条件允许下，还可采用机械动力，以提高工作效率。

若本装置能大面积应用在市政燃气、路桥施工行业，淘汰落后的“竹片式”吊篮，不仅能降低成本，亦可提高安全性。

参考文献

- [1] 杨青. 城镇燃气管道跨越设计的探讨[J]. 科技经济市场, 2007(1): 234-235.
- [2] 程喜兵, 袁耀辉, 王忠平. 城市燃气管道随桥敷设的探讨[J]. 燃气与热力, 2012(3): 9-11.
- [3] 王晋曦, 陈刚, 王荣军. 城镇燃气管道随桥敷设设计的探讨[J]. 燃气与热力, 2013(6): 56-57.
- [4] 卜晓侠, 杨新洲, 徐恺, 等. 广州PZB1401项目扣件式钢管大悬挑操作平台设计与应用[J]. 施工技术, 2013(17): 17-20.
- [5] 尤盛志, 裴裕成, 郭建辉, 等. 深圳创业投资大厦斜交网格结构操作平台设计及应用[J]. 施工技术, 2014(8): 24-27.
- [6] 成大先. 机械设计手册(联接与紧固)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 4-14, 61-64.

作者简介

刘瑛：副教授，毕业于杭州应用工程技术学院（现浙江科技学院）机械工程专业，从事机械产品设计与应用研究，0571-56700121, yliu617@hotmail.com, 浙江省杭州市下沙高教园区学源街68号, 310018。

收稿日期 2015-02-17

(栏目编辑 李娜)