

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2024.08.061

# 地铁通信设备与综合支吊架结合设置的研究与应用

杨 勇<sup>1</sup>, 张 伟<sup>1</sup>, 李永乐<sup>1</sup>, 高 羽<sup>1</sup>, 王孝辉<sup>2</sup>

(1.上海轨道交通十四号线发展有限公司,上海市 2001103; 2.中铁十四局集团电气化工程有限公司,山东 济南 250101)

**摘 要:**以地铁车站公共区综合支吊架受力分析与模数化安装为例,介绍了当今轨道交通管线综合系统的发展趋势、整体布局的优化设计和安装适用性。通过分析管线综合系统的构成,研究其系统内受力分析以及对公共区进行空间优化的效果,为实现地铁车站的地铁通信设备与管线综合系统在施工期间的结合安装、应用提供了可参照的方法。

**关键词:** 地铁站; 管线综合; 综合支吊架; 受力分析; 通信设备

中图分类号: U231.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)08-0268-03

## 0 引言

本文所涉内容属于地铁车站综合支吊架安装与管线综合调试的领域。城市轨道交通建设是一项综合性的工程,地铁站集成了多种先进的设备,对降低设备空间占有率、增加安装美感与节约安装成本的要求极高,因此对地下车站综合支吊架的安装及其各关联系统的安装固定的协同研究极其重要。传统的地下车站公共区支吊架仅承担风管、水管和桥架部分荷载,而普通系统单位设备,如通信设备等的安装方案往往采用常规通丝吊杆,需同时配备锚栓连接件等,安装完成后会导致公共区管线系统冗杂、立杆根数大量增加,在效果上忽略了空间与观感两大要素,因而使现场增加了许多隐形成本。部分车站站厅属于超高站厅,高度达 6~8 m,在满足安装标准的条件下,合理地规划安装通信外围的终端设备非常重要。

地铁站涉及大量专业管线安装,各专业独立施工,工序协调复杂,相互交叉干涉容易导致返工率增大。为协调好与系统承包商之间的管线安装,前期在设计深化阶段应合理安排安装空间和工序,由总包承包商牵头,负责对进入车站的所有专业的管线进行统筹设计;再根据设计院提供的综合管线图,结

合现场实际情况和装修要求,通过受力分析保证通信设备等系统纳入综合管线的统一布置,满足装修效果的需要,达到管线敷设的整齐、统一、美观,并兼顾成本的节约。

## 1 传统安装方式

在地铁车站公共区的综合支吊架的传统安装方式,通常为结合支吊架做吊顶龙骨转换层,实际安装节点如图 1 所示。按此方案安装后顶部将会留有密密麻麻的吊杆和轻钢龙骨,无法结合系统单位安装弱电设备,且装修效果差,给后期维修也带来不便。经济效果上,该传统安装方式未结合通信设备各专业如综合监控、火灾报警、通信广播与导向等需求,仅进行风水电支架的单独安装,仅提供龙骨转换层的安装空间与连接方式,因此仅从工程造价角度,其支吊架的人工和材料费用也均大大增加。

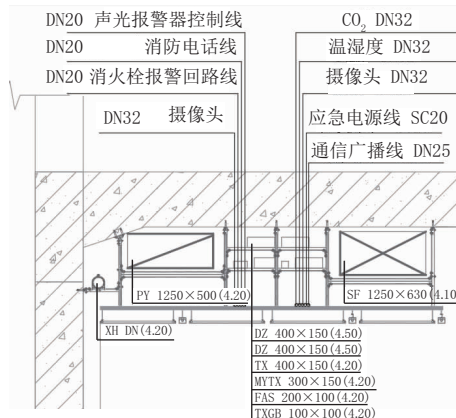


图 1 传统安装方式节点图(单位:cm)

收稿日期: 2023-09-02

基金项目: 上海申通地铁集团有限公司科研计划项目(JS-KY19R059)

作者简介: 杨勇(1988—),男,硕士,副总工程师,从事工程设计技术管理工作。

## 2 综合支吊架安装的优化改进

经过前期设计图纸的优化,结合厂家提供的综合支吊架等材料可进行以下改进:现场取消掉传统装修方式中的龙骨转换层,改为吊杆或吊丝与综合支吊架结合施工。深化设计后的安装节点图如图2所示,施工现场基本无切割、无焊接作业,各节点采用栓接或铆接工艺,避免了传统施工工艺的焊接施工。

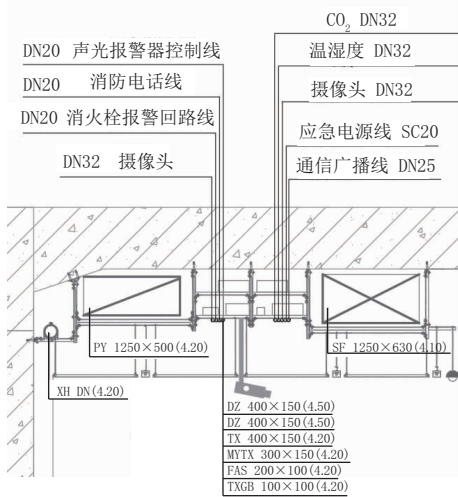


图2 深化后节点图(单位:cm)

此外,导向、广播、监控和5G等设备的安装亦可利用螺母、垫片、吊丝与机电管综合支架的横担进行连接,或利用综合支吊架自身的孔洞,用与之匹配的弹簧螺栓与底部和侧向综合支吊架横担结合,再将所有通信设备等末端设备隐藏到集成设备带中,实现末端设备与综合支吊架的结合安装。优化方案与传统安装方式的对比见表1。此外,从表中登高作业的高度可以明确看出新型安装方式降低了施工高度,这是确保施工和维修人员登高作业安全性的一项重要指标。因此可以看出采用结合综合支吊架安装的方式,无论从施工成本还是从安全、工作效率等方面都要比非结合安装的方式有所改善。

## 3 管线综合的受力分析

在通信设备结合管线的综合安装中,一般要对综合支吊架进行受力分析,因为它是除形式外一切管线综合优化、改进和提升的基础。以下是受力分析的一般过程。

### 3.1 设计荷载

竖向荷载:支吊架的竖向荷载设计值按标准值乘以1.4的荷载为分项系数,再乘以1.1的安全系数。

水平荷载:支吊架的水平荷载按竖向荷载的0.1倍计算。

表1 综合对比表

安装方式	机械锚栓打孔	固定吊杆安装	登高作业高度	焊接切割	备注说明
传统安装方式	机电及系统单位均需要	机电及系统单位均需要	机电4.8 m, 系统单位4.8 m	大量焊接切割	—
通信设备结合管线综合安装方式	系统单位不需要	系统单位不需要	机电4.8 m, 系统单位3.2 m	基本无焊接切割,可加工预制	材料节省、安全性增强、美观度提高

### 3.2 材料力学性能参数

C型槽钢及配件材料Q235的弹性模量 $E=2.06 \times 10^5$  MPa,屈服强度 $f_y=235$  MPa,抗拉、抗压和抗弯强度设计值 $f=215$  MPa,抗剪强度设计值 $f_v=100$  MPa<sup>[1]</sup>。

### 3.3 强度计算公式

#### 3.3.1 横担的抗弯强度计算

横担的抗弯强度按式(1)计算:

$$\frac{M_x}{\gamma_x W_x} + \frac{M_y}{\gamma_y W_y} \leq f \quad (1)$$

式中: $\gamma_x$ 、 $\gamma_y$ 为对主轴 $x$ 、 $y$ 的截面塑性发展系数; $M_x$ 、 $M_y$ 为所验算截面分别绕 $x$ 轴和绕 $y$ 轴的弯矩设计值, $N \cdot mm$ ;  $W_x$ 、 $W_y$ 为所验算截面分别对 $x$ 轴和对 $y$ 轴的净截面模量, $mm^3$ ;  $f$ 为钢材的抗弯强度设计值,MPa<sup>[2]</sup>。

#### 3.3.2 横担的抗剪强度计算

横担的抗剪强度按式(2)计算:

$$\tau = \frac{VS}{I t_w} \leq f_v \quad (2)$$

式中: $\tau$ 为抗剪强度, $N/mm^2$ ;  $V$ 为计算截面沿腹板平面作用的剪力, $N$ ;  $S$ 为计算剪应力点以上的毛截面对中和轴的面积矩, $mm^3$ ;  $I$ 为毛截面惯性矩, $mm^4$ ;  $t_w$ 为腹板厚度, $mm$ ;  $f_v$ 为钢材的抗剪强度设计值,MPa<sup>[3]</sup>。

#### 3.3.3 立柱抗拉、抗弯强度计算

抗拉弯构件的强度按式(3)计算:

$$\frac{N_t}{A_n} \pm \frac{M_x}{\gamma_x W_x} \pm \frac{M_y}{\gamma_y W_y} \leq f \quad (3)$$

式中: $N_t$ 为立柱所受拉力设计值, $N$ ;  $A_n$ 为立柱净截面面积, $mm^2$ ;  $\gamma_x$ 、 $\gamma_y$ 为主轴 $x$ 、 $y$ 的截面塑性发展系数; $M_x$ 、 $M_y$ 为所验算截面分别绕 $x$ 轴和绕 $y$ 轴的弯矩设计值, $N \cdot mm$ ;  $W_x$ 、 $W_y$ 为所验算截面对 $x$ 轴和对 $y$ 轴的净截面模量, $mm^3$ ;  $f$ 为钢材的抗弯强度设计值,MPa。

### 3.4 计算模型与荷载

#### 3.4.1 支吊架模型

受力分析模型如图3所示。

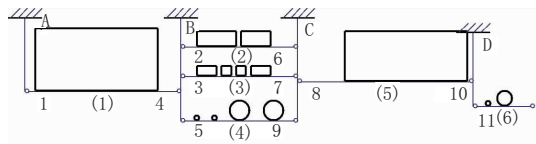


图3 受力分析模型图

### 3.4.2 荷载

荷载计算以 100 m × 100 m 的弱电桥架为例:每米重量为 25 kg,重力荷载 = 25.0 × 1.4 × 1.1 × 9.8 × 2.0 = 754.6 N, 则横担所承受的分布荷载为 754.6/0.1 = 7 546.0 N/m。

### 3.5 验算

#### 3.5.1 横担验算

##### (1) 抗弯强度实例计算

因涉及的重力荷载项过多,均以举例计算。以 41 槽钢(壁厚 2.0)为例,槽钢参数:截面积  $A=288.22 \text{ mm}^2$ , 惯性矩  $I_x=6.52 \text{ cm}^4$ , 截面模量  $W_x=2.93 \text{ cm}^3$ , 截面模量  $W_y=3.71 \text{ cm}^3$ , 面积矩  $S=1978.1 \text{ mm}^3$ 。因此横担承受的最大弯矩为 445.9 N·m, 如图 4 所示(图中 2—6)。最大弯曲正应力  $\sigma=445.9 \times 1000 / (2.93 \times 1000) + 44.6 \times 1000 / (3.71 \times 1000) = 164.2 \text{ MPa}$ , 小于抗弯强度设计值 172 MPa, 故抗弯强度满足要求。

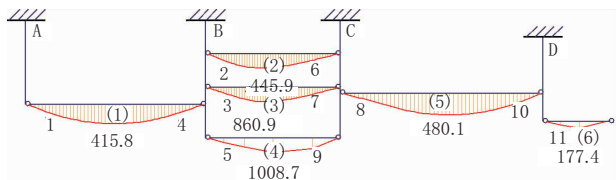


图4 支吊架弯矩图(单位:N·m)

##### (2) 抗剪强度实例计算

横担承受的最大剪力为 1 462.0 N, 如图 5 所示(图中 2—6)。最大剪应力  $\tau=1462.0 \times 1978.1 / (6.52 \times 10000 \times 2.00) = 22.2 \text{ MPa}$ , 小于抗剪强度设计值 100 MPa, 故抗剪强度满足要求。

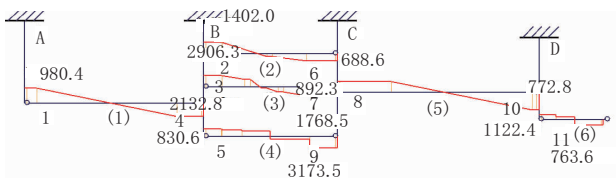


图5 支吊架剪力图(单位:N)

#### 3.5.2 立杆及支座反力的实例计算

对图 4 中横担 1—2 段垂直拐点 2 取矩,按式(4)计算:

$$G_1 X_1 + G_i X_1 - A_1 \times X_{1-2} = 0 \quad (4)$$

式中: $G_1$  为管线重量,kg;  $X_1$  为横担 1—2 之间长度的一半,m; $G_i$  为型钢重量(按照均布载荷计算),kg; $A_1$  为 A 立柱所受最大拉力,kN; $X_{1-2}$  为横担 1—2 之间长度,m。

可求出在点 1 立柱的最大值  $A_1$ , 得出垂直荷载值:支座 A,垂直承载为 1.0 kN。同理可计算出支座 B,垂直承载为 6.8 kN;支座 C,垂直承载为 6.6 kN;支座 D,垂直承载为 1.9 kN。

根据 4.3 节式(3),算得立柱的最大应力 =  $6.8 \times 1000 / 298.4 = 22.8 \text{ MPa}$ , 小于抗拉抗弯强度设计值 172 MPa, 因此立柱满足抗拉弯要求;立柱底座承受的最大荷载为 6.8 kN, 小于承载力设计值 13.5 kN, 因此满足强度要求;每底座配备两根高强度锚栓,单根锚栓的最大受力 =  $6.8 \text{ kN} / 2 = 3.4 \text{ kN}$ , 小于承载力设计值 13.3 kN, 满足强度要求;立杆与横担角钢连接件所承受的最大荷载见图 5 中节点 9 处,约为 3.2 kN, 小于承载力设计值 5kN, 满足强度要求。

综上所述,经优化后的综合支吊架模型各节点均满足受力要求,且留有 20% 以上的安全载荷,满足系统单位末端设备使用要求。

## 4 结语

通过以上分析阐述,得到了地铁车站管线综合系统在结合现场通信设备安装的实际情况和需求后的应用,可以将此项成果转化到导向、广播、监控、5G 设备及各类传感器的安装上。通过布置深化、取消龙骨转换层和受力分析后可以做到在保证受力安全的情况下,将声光报警器、消防电话线、摄像头、CO<sub>2</sub> 探测器、温湿度传感器与通信广播等末端设备纳入综合管线要求下进行统一布置,且能满足装修效果,达到了管线敷设的整齐、统一、美观以及成本的经济性要求,创造了良好的经济与社会效益。

#### 参考文献:

- [1] 冯蕾,刘宝力.T型管节点的力学性能分析对比[J].内蒙古工业大学学报(自然科学版),2014,33(4):309-314.
- [2] 潘艳,程智永.制冷机房综合支吊架选型[J].中国科技投资,2016(28):22-23.
- [3] 胡豪华,李果.地铁车站机电安装管线优化与综合吊架的合理利用[J].建筑工程技术与设计,2015(16):1615,1831.