

## 地铁车站满堂碗扣式支架门洞设计与施工

祁海

武汉市市政建设集团有限公司, 湖北 武汉 430000

[摘要] 武汉书轨道交通 11 号线三期葛店段工程土建工程在施工过程中, 需对中板预留洞口进行封堵, 但不能影响区间隧道掘进电瓶车出土施工, 需要在中板下方预留出盾构出土车运行空间, 设计并搭设了满堂碗扣式支架门洞支架, 支架立杆采用双钢管进行搭设, 提高其刚度及稳定性, 达到浇筑的目的, 从而保证了盾构施工进度和主体结构施工进度。该项目运用此方案成功浇筑完混凝土, 取得了预期的目的。根据施工现场实践, 就该门洞式支撑体系的设计结构、设计应用和应用情况进行阐述, 可为相似工程提供借鉴和参考。

[关键词] 地铁车站; 预留洞口; 盾构施工; 满堂碗扣式门洞支架; 双钢管立杆; 设计运用

DOI: 10.33142/sca.v5i5.7321

中图分类号: TU731.2

文献标识码: A

### Design and Construction of Full Hall Bowl Buckle Support Door Openings in Metro Stations

QI Hai

Wuhan Municipal Construction Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

**Abstract:** During the construction of the civil engineering of Gedian Section of Wuhan Rail Transit Line 11 Phase III, it is necessary to block the reserved hole in the middle plate, but it should not affect the excavation of the battery car for tunnel excavation in the section. It is necessary to reserve the operation space of the shield excavator under the middle plate. It is designed and erected a full hall bowl shaped bracket for the door opening. The vertical pole of the bracket is erected with double steel pipes to improve its stiffness and stability and achieve the purpose of pouring, so as to ensure the construction progress of shield machine and main structure. The project has successfully poured concrete with this scheme and achieved the expected purpose. According to the construction site practice, the design structure, design application and application of the portal support system are described, which can provide reference for similar projects.

**Keywords:** metro station; reserved hole; shield construction; full hall bowl buckle type door opening bracket; double steel pipe pole; design and application

### 引言

随着城市地铁车站的不断发展, 施工中作业环境越来越复杂, 作业条件越来越苛刻, 工期也越来越紧张, 时间便是收益; 为提前主体结构及盾构施工的节点工期目标, 缩短整体土建施工总工期, 本工程运用了门式支架施工技术, 优化施工方案, 在满足主体结构施工要求的同时保证盾构区间隧道掘进电瓶车正常出土空间, 实现了交叉施工的作业断面, 提高了施工效率。

### 1 工艺原理

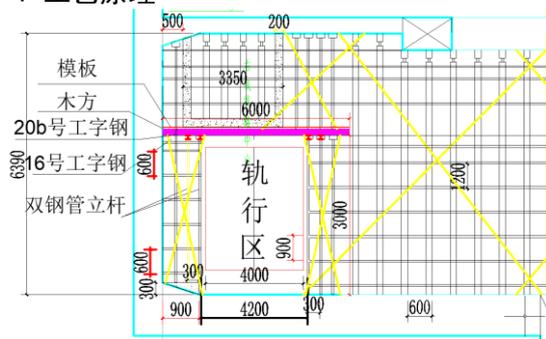


图 1 满堂碗扣式门式支架搭设正立图

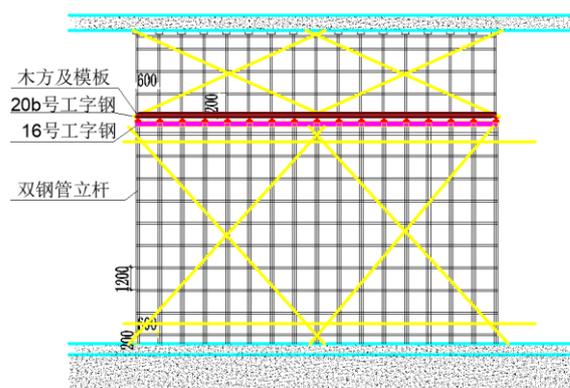


图 2 满堂碗扣式门式支架搭设侧立图

满堂碗扣式支架门洞设计分为两个部分, 门洞下部两侧为钢管立杆、纵杆、横杆、剪刀撑组成的碗扣式钢管支架支撑体系, 其中门洞左侧 900mm 处采用  $\Phi 48 \times 3.0$ mm 双排钢管立杆; 上部为纵向 16 号工字钢、20b 工字钢横梁、50×100mm 木方及模板 (2440×1220×15mm) 组成的平台体系, 共同提供提供承载力、刚度、稳定性, 满足现场施工安全。具体搭设示意图参见图 1-2。

### 1.1 满堂碗扣式支架门洞支架设计

以车站中心线左侧为例,门洞顶横梁采用 20b 号工字钢,单根长度 6000mm,横向 20b 号工字钢下方采用纵向的 16 号工字钢连接于钢管支架顶托上,16 号工字钢与 20b 工字钢及下方钢管顶托进行焊接加固处理;横向 20b 工字钢下方采用 300(横)×600(纵)×600(步距)双钢管立杆,确保横梁下轨行区左右两侧均有两根双钢管立杆,间距为 300mm,20b 工字钢上方采用纵向加密间距为 100mm 木方及模板作为平台,模板上方采用与 20b 工字钢下方双钢管立杆位置相同的单根立杆,保证上下立杆通长;轨行区以外部分采用 600(横)×600(纵)×1200(步距)的满堂支架体系。车站中心线右侧同上施工。

20b 号工字钢下方 3m 内设置 2 道水平剪刀撑,间距 1500mm。其它部位水平剪刀撑 3000mm 设置一道,共三道,横纵向剪刀撑跨度为 5-6m,与地面夹角控制在 45°-60°。

## 2 工艺流程与操作要点

### 2.1 工艺流程

满堂碗扣式门式支架搭设工艺流程图如图 3。

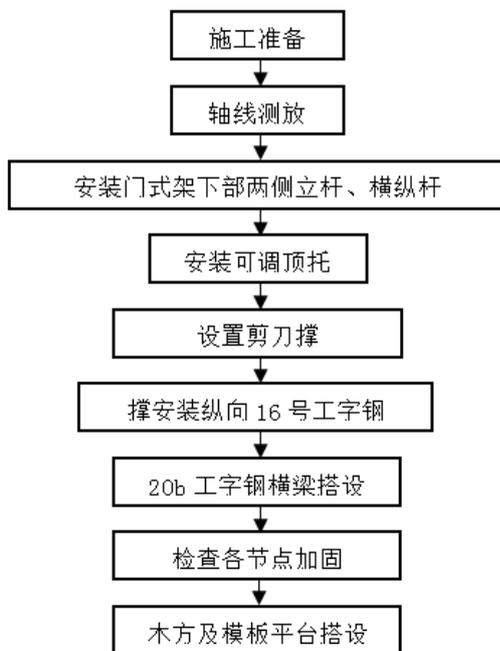


图 3 满堂碗扣式门式支架搭设工艺流程图

### 2.2 操作要点

#### 2.2.1 施工准备

(1)材料充足,设备就位。施工所用材料检验合格,设备检验合格,安全可靠。

(2)组织工人进行培训和学习,进行技术交底,编制作业指导书。

#### 2.2.2 轴线测放

现场测量出立杆位置,上部横梁高度,并做好标记。

#### 2.2.3 安装门式架下部两侧立杆、横纵杆

按照标记位置进行立杆搭设,第一层横纵杆安装,第

二层、第三层...安装。

#### 2.2.5 安装可调顶托

安装可调顶托,并进行旋转,以保证 16 号工字钢的安装。并确保可调顶托伸出立杆长度小于 200mm。

#### 2.2.6 设置剪刀撑

剪刀撑严格按照设计进行设置。

#### 2.2.7 安装纵向 16 号工字钢

纵向 16 号工字钢可进行吊装放置于顶托上。

#### 2.2.8 20b 工字钢横梁搭设

20b 工字钢横梁同样采用吊装的方式进行搭设,置于纵向 16 号工字钢上,间距同下部纵向立杆间距。

#### 2.2.9 检查各节点加固

检查下部立杆、横纵杆扣件是否连接牢固;扫地杆、顶部顶托是否满足规范要求;20b 横梁放置间距是否与下部立杆同距。

#### 2.2.10 木方及模板平台搭设

人工铺设 50×100mm 木方及 15mm 厚木胶合板,木方纵向布置,间距 200mm。

## 3 质量控制标准与要点

### 3.1 验收依据

《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011); 2)《建筑施工碗扣式脚手架安全技术规范》(JGJ166-2016); 3)《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012); 4)《建筑施工模板安全技术规范》(JGJ162-2008); 5)《钢管脚手架扣件》(GB15831-2006); 6)《建筑施工模板安全技术规范》(JGJ162-2008); 7)《钢结构设计规范》(GB50017-2014); 8)《木结构设计规范》(GB50005-2003); 9)《建筑高空作业安全技术规程》(JGJ80-2011); 10)《建筑施工作业用电规范》(JGJ46-2012); 11)《建筑安全检查标准》(JGJ59-2011); 12)《混凝土结构工程施工质量验收规范》(2011 年版)(GB50204-2015); 13)《竹胶模板模板》(JG/T156-2004); 14)《简明施工计算手册(第三版)》; 15)《建筑施工手册(第五版)》。其它现行规范

### 3.2 计算复合(先施工轨顶风道在施工中板)

#### 3.2.1 基本参数

表 1 基本参数

门洞净宽 b(m)	4.2	门洞立柱高 H(m)	3
-----------	-----	------------	---

#### 3.2.2 荷载参数

均布荷载:

表 2 均布荷载

荷载标准值(kN/m)	10.2	荷载设计值(kN/m)	16.2
-------------	------	-------------	------

荷载计算:

轨顶风道底板厚 200mm,中板厚 400mm

(1)分项荷载及荷载组合分项系数

在中板支架模板体系施工过程中,要考虑以下荷载:模板及支架自重(G1k)、新浇筑混凝土自重(G2k)、钢筋

自重 (G3k)、施工人员及施工设备荷载 (Q1k) 以及振捣混凝土时产生的荷载 (Q2k)。

结构中板施工荷载如下表:

表 3 结构中板施工荷载

荷载类型	荷载大小	荷载分项系数
模板自重 G1k	0.35 KN/m <sup>2</sup>	1.35
新浇混凝土自重 G2k	24KN/m <sup>2</sup>	1.35
板钢筋自重 G3k	1.1 KN/m <sup>2</sup>	1.35
梁钢筋自重 G3k'	1.5KN/m <sup>2</sup>	1.35
施工人员及施工设备荷载 Q1k	1.0KN/m <sup>2</sup>	1.4
振捣混凝土时产生的荷载 Q2k	2.0KN/m <sup>2</sup>	1.4

(2) 荷载计算

①验算中板支架模板体系承载力时,浇筑混凝土过程中引起模板上施工荷载设计值为:

$$P=1.35 \times (G1k+G2k+G3k+G3k') + 1.4 \times (Q1k+Q2k)$$

$$=1.35 \times (0.35+24 \times 0.4+24 \times 0.2+1.1+1.5) + 1.4 \times (1+2) = 27.6225kPa, \text{ 即 } 16.2kN/m。$$

②验算中板支架模板体系承载力时,浇筑混凝土过程中引起模板上施工荷载标准值为:

$$P = G1k + G2k + G3k + G3k' = 17.35kPa, \text{ 跨步 } 0.6m, \text{ 即 } 10.2kN/m。$$

3.2.3 立柱搭设参数

表 4 立柱搭设参数

脚手架钢管类型	扣件式	立柱纵向间距 1a (mm)	600
门洞每侧立柱横距 1b (mm)	300	门洞每侧立柱横向排数 n	3

3.2.4 横梁计算

表 5 横梁计算

横梁类型	型钢横梁	横梁材质及类型	工字钢
截面类型	20b 号工字钢	横梁合并根数	1
横梁受力不均匀系数 k1	1	横梁抗弯强度设计值 [f] (N/mm <sup>2</sup> )	205
横梁抗剪强度设计值 [τ] (N/mm <sup>2</sup> )	125	横梁弹性模量 E (N/mm <sup>2</sup> )	206000
横梁截面抵抗矩 W (cm <sup>3</sup> )	250	横梁截面惯性矩 I (cm <sup>4</sup> )	2500
横梁允许挠度 [v]	1/250	横梁自重线荷载标准值 (kN/m)	0.311

均布荷载标准值 q' = 0.311+1×10.2=10.511kN/m

均布荷载设计值 q=1.2 × 0.311+1 × 16.2=16.573kN/m

计算简图如下:

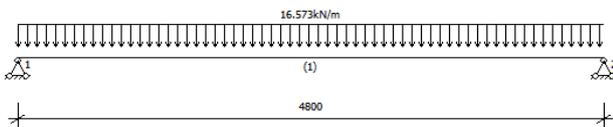


图 4 计算简图

3.2.5 抗弯验算



图 5 横梁弯矩图

横梁弯矩图 (kN·m)

$$\sigma = M_{max}/W = 47.73 \times 106/250000 = 190.921N/mm^2 \leq [f] = 205N/mm^2$$

满足要求!

3.2.6 挠度验算

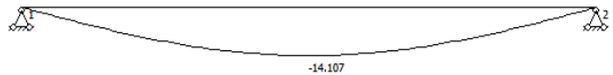


图 6 横梁变形图

$$v_{max} = 14.107mm [v] = 1/250 = 4800/250 = 19.2mm$$

满足要求!

3.2.7 抗剪验算



图 7 横梁剪力图

横梁剪力图 (kN)

$$V_{max} = 39.775kN$$

$$\tau_{max} = V_{max}/(8Iz \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 39.775 \times 1000 \times [102 \times 2002 - (102 - 9) \times 177.22] / (8 \times 25000000 \times 9) = 25.629N/mm^2 \leq [\tau] = 125N/mm^2 \text{ 满足要求!}$$

3.2.8 支座反力计算

承载能力极限状态

$$R1 = 39.775kN, R2 = 39.775kN$$

正常使用极限状态

$$R'1 = 25.226kN, R'2 = 25.226kN$$

3.2.9 纵向转换梁计算

表 6 纵向转换梁计算

纵向转换梁材质及类型	工字钢	截面类型	16 号工字钢
门洞每侧纵向转换梁根数 n	3		

纵向转换梁跨中不受力, 仅作为力传递构造作用, 此处不计算。

3.2.10 横向转换梁验算

表 7 横向转换梁验算

横向转换梁材质类型	钢管	截面类型	Φ48×3
可调托座允许承载力设计值 [N] (kN)	30		

横向转换梁起到荷载均匀分布到立杆上, 此处不计算。

3.2.11 立柱验算

架体结构参数:

**表 8 架体结构参数**

立柱结构类型	脚手架钢管立柱	脚手架钢管类型	扣件式
立柱纵向间距 $1a$ (mm)	600	门洞每侧立柱横距 $1b$ (mm)	300
门洞每侧立柱横向排数 $n$	3	每排立杆受力不均匀系数 $k_0$	1.3
脚手架步距 $h$ (mm)	900	可调托座允许承载力设计值 $[N]$ (kN)	30
剪刀撑设置	普通型	立柱顶部步距 $hd$ (mm)	1000
立柱伸出顶层水平杆中心线至支撑点的长度 $a$ (mm)	200	顶部立柱计算长度系数 $\mu_1$	1.5
非顶部立柱计算长度系数 $\mu_2$	2		

钢管参数:

**表 9 钢管参数**

钢管截面类型 (mm)	$\Phi 48 \times 3$	钢管计算截面类型 (mm)	$\Phi 48 \times 3$
钢材等级	Q235	立杆截面面积 $A$ (mm <sup>2</sup> )	424
立杆截面回转半径 $i$ (mm)	15.9	立杆截面抵抗矩 $W$ (cm <sup>3</sup> )	4.49
立杆抗压强度设计值 $[f]$ (N/mm <sup>2</sup> )	205	支架自重标准值 $q$ (kN/m)	0.15

立柱长细比验算

 顶部立柱段:  $101 = k \mu_1 (hd + 2a) = 1 \times 1.5 \times (1000 + 2 \times 200) = 2100 \text{mm}$ 

 非顶部立柱段:  $10 = k \mu_2 h = 1 \times 2 \times 900 = 1800 \text{mm}$ 
 $\lambda = \max[101, 10] / i = 2100 / 15.9 = 132.075 \leq [\lambda] = 210$ 

满足要求!

立柱稳定性验算:

 单根立柱所受轴力  $N = k_0 [\max(R_1, R_2) / k_1] / n = 1.3 \times [\max(39.775, 39.775) / 1] / 3 = 17.236 \text{kN}$ 

顶部立柱段:

 $101 = k \mu_1 (hd + 2a) = 1.155 \times 1.5 \times (1000 + 2 \times 200) = 2425.5 \text{mm}$ 
 $\lambda_1 = 101 / i = 2425.5 / 15.9 = 152.547$ 

 查表得,  $\phi = 0.387$ 
 $f = N / (\phi A) = 17.236 \times 103 / (0.387 \times 424) = 135.052 \text{N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{N/mm}^2$ 

满足要求!

非顶部立柱段:

 $10 = k \mu_2 h = 1.155 \times 2 \times 900 = 2079 \text{mm}$ 
 $\lambda = 10 / i = 2079 / 15.9 = 130.755$ 

 查表得,  $\phi_1 = 0.401$ 
 $N_1 = 18.068 + \gamma G \times q \times H = 18.068 + 1.2 \times 0.15 \times 3 = 18.608 \text{kN}$ 
 $f = N_1 / (\phi_1 A) = 18.608 \times 103 / (0.401 \times 424) = 196.7 \text{N/mm}^2 \leq [f] = 205 \text{N/mm}^2$ 

满足要求!

 可调托座验算:  $N = 17.236 \text{kN} \leq [N] = 30 \text{kN}$ 

满足要求!

### 3.2.12 立柱基础验算

 立柱传给基础荷载  $F = 17.776 \text{kN}$ 
**表 10 立柱基础验算**

立柱基础设置	混凝土基础梁板	混凝土强度等级	C35
单根立柱对应的混凝土基础面积 $A$ (m <sup>2</sup> )	3	混凝土抗压强度 $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	16.7
地基土类型	岩石	地基承载力特征值 $f_{ak}$ (kPa)	300
地基土承载力折减系数 $mf$	0.5		

 混凝土基础抗压强度验算  $\sigma = F/A = 17.776 \times 103 / (3 \times 106) = 0.006 \text{N/mm}^2 \leq f_c = 16.7 \text{N/mm}^2$ 

满足要求!

 立柱底面平均压力  $p = F / (mfA) = 17.776 / (0.5 \times 3) = 11.851 \text{kPa} \leq f_{ak} = 300 \text{kPa}$ 

满足要求!

## 3 实施效果


**图 8 施工效果图**

武汉市轨道交通 11 号线三期葛店段工程土建工程按照方案搭建了满堂式门洞支架顺利浇筑完厚度 400mm 中板及 200mm 轨顶风道混凝土,克服了满堂支架法对盾构施工的影响;在确保安全和质量的前提下,确保了盾构整体始发与车站主体结构同步施工,提高了施工工效,缩短了盾构区间工期,节省了盾构施工成本,获得了成功,可为相似工程提供借鉴和参考。

### [参考文献]

- [1]徐林有,龚杰. 地铁车站满堂碗扣式脚手架门洞的设计与施工[J]. 建筑施工,2018,40(3):377-379.
  - [2]朱昭海. 高大模板支撑体系施工例析[J]. 黑龙江交通科技,2020,43(9):101-102.
  - [3]夏国庭. 碗扣式钢管支架体系节点受力性能与稳定承载力分析[D]. 湖南:长沙理工大学,2018.
  - [4]孙秋月. 碗扣式钢管满堂支架力学性能及稳定性试验研究[D]. 陕西:长安大学,2018.
  - [5]邱道德. 碗扣式模板支撑架的性能研究[D]. 安徽:安徽建筑大学,2017.
- 作者简介: 祁海(1989.8-),男,毕业院校:武昌理工学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:武汉市市政建设集团隧道工程公司,职务:一分公司副书记,职称级别中级。