

# 浅议盘扣式支架在高速公路现浇箱梁施工中的应用

罗文广, 张元兵, 陈亮, 刘潇瑜

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川成都 610066)

**摘要:** 盘扣式支架由于其可以方便、快捷地进行搭设, 在现浇箱梁施工中被广泛应用。以某山区高速公路现浇箱梁盘扣式支架施工为例, 介绍了盘扣式支架施工具有的优势和特点, 可为类似山区高速公路现浇箱梁施工提供借鉴。

**关键词:** 盘扣式支架; 现浇箱梁; 高速公路建设

中图分类号: U415; U414

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2018)04-0133-05

## 1 概述

近年来, 越来越多的高速公路正在建设中。然而, 在其建设过程中, 由于支架坍塌造成重大人员伤亡与财产损失的事故屡有发生。因此, 现浇箱梁满堂支架施工的安全问题应该引起高度的重视。笔者所参与施工的某公路项目高度 40 m 以下的现浇箱梁全部采用盘扣式支架现浇施工, 笔者从盘扣式支架施工的基础处理、支架搭设、受力验算、预压等方面分析了盘扣式支架在山区高速公路建设中的安全性、经济性、适用性, 可为类似工程施工提供借鉴。

## 2 盘扣式支架搭设的参数及其具有的优点

### 2.1 盘扣式支架参数

某公司生产的 M60 型承插型盘扣式支架由立杆、横杆、斜拉杆、可调底座、标准底座、竖向斜杆、U 形可调顶托等系列产品组成。焊接在横杆上的插头与焊接在立杆上的圆盘通过有斜度的楔形销将横杆与立杆紧密连接, 销板采用销钉固定限位, 其连接方式见图 1。

盘扣式支架立杆采用  $\phi 60 \times 3.25$  mm 的普通镀锌钢管, 材质为 Q345B 钢, 横杆采用  $\phi 48 \times 2.75$  mm 的普通钢管, 材质为 Q345B 钢, 斜杆采用  $\phi 48 \times 2.5$  mm 的普通钢管, 材质为 Q345B 钢。水平剪刀采用  $\phi 48$ 、壁厚 3.5 mm 的普通镀锌钢管(扣件式)。井子架采用  $\phi 48$ 、壁厚 3.5 mm 的普通镀锌钢管(扣件式)。

### 2.2 盘扣式支架具有的优点

#### (1) 承载力。

碗扣式与扣件式支架的立杆、横杆、斜杆规格



图1 盘扣式支架连接方式示意图

均为  $\phi 48 \times 3$  mm 的普通镀锌钢管, 材质为 Q235B 钢, 而盘扣式支架的主要承重构件为  $\phi 60 \times 3.25$  mm 的普通镀锌钢管, 材质为 Q345B 钢, 其单根承载力为碗扣式支架立杆的两倍, 承载能力明显增强。

#### (2) 安全性及稳定性。

盘扣式支架采用自锁式连接盘和销子, 销子插接后靠自重即可锁紧, 且其横向和竖向斜杆使每个单元均为固定的三角形格构式结构, 架体受到横向和纵向的力之后均不会发生变形, 且盘扣支架是一个完整的体系, 每个单元均为格构式, 安全性高。

#### (3) 使用寿命长。

盘扣式支架采用统一的热镀锌表面处理方式(即彻底刷漆和喷漆的表面处理), 这种不掉漆、不生锈的表面处理方式不仅减少了高额的人工保养成本, 而且外观精致, 镀锌的表面处理方法亦延长了钢管寿命 15 ~ 20 a。

#### (4) 材料用量少。

在传统的桥梁支撑施工中,大部分碗扣支架的间距均在1.2 m以下,甚至达到0.6 m和0.9 m,材料使用量大;而盘扣式支架立杆采用Q345b低合金结构钢,提高了承载力,立杆的间距为1.5 m、1.8 m,横杆的步距为1.5 m,最大间距可以达到3 m,步距达到2 m。故在相同支撑体积下的用量会比传统产品减少1/2,重量会减少1/2~1/3,极大地减少了材料的使用量。

### (5) 综合效益。

碗扣式支架、盘扣式支架的施工费用组成主要为:运费、搭设费及租赁费。

#### ① 运费。

与碗扣式支架相比,盘扣式支架每 $m^3$ 搭设

的用量为14.6 kg,而碗扣式支架每 $m^3$ 搭设的用量为25 kg,施工中盘扣式支架的用量只有碗扣式支架的58.4%,运费较低。

#### ② 搭设费。

盘扣式支架用量小,搭拆快捷,施工效率是碗扣式支架的4~5倍,机械费、人工费较为节省。

#### ③ 租赁费用。

根据市场调查,按照每联现浇箱梁支架租赁期在85 d内完成的盘扣式支架为1 917元/t,碗扣式支架为1 120元/t。该工程箱梁浇筑周期大约为1.5 a,盘扣式支架的租赁费用基本与碗扣式支架相差不大。不同型号支架性能比较情况见表1。

表1 不同型号支架性能比较表

项 目	扣件式钢管支架	碗扣式支架	盘扣式支架
支架杆件形式	钢管、扣件	立杆、横杆	立杆、横杆
受力方式	摩擦力、剪切力	轴心受力	轴心受力
节点可靠性	节点性能不均匀、差异性较大、可靠性低	各节点性能相对均匀,抗扭能力较低,可靠性一般	各节点性能相对均匀,抗扭能力较高,可靠性较高
灵活性	形式和尺寸比较灵活	受定型构件和节点性能限制,灵活性低	节点性能较好,可组成独立的塔架形式,灵活性好
承载能力	横距×纵距×步距	0.9 m×0.9 m×1.5 m	0.9 m×0.9 m×1.2 m
	立杆荷载	1.2 t	2.4 t
施工功效	搭设	25~35 $m^3$ /工日	40~55 $m^3$ /工日
	拆除	35~45 $m^3$ /工日	55~70 $m^3$ /工日
每 $m^3$ 搭设用量	21 kg	25 kg	14.6 kg
材料损耗	10%	5%	1%
结 论	架体灵活性强,节点稳定性差,架体承载能力受节点影响,整体可靠性低,损耗大,施工功效低	架体灵活性低,节点稳定性一般,架体承载力受节点影响大,整体可靠性一般,损耗较大,施工功效低	架体灵活性较好,节点稳定性好,架体承载能力受节点影响小,整体可靠性高,损耗小,施工功效高

综上所述,盘扣式支架承载力强,稳定性与安全性高,寿命周期长,经济效益好,可广泛应用于各种工程。

## 3 实际工程应用

### 3.1 工程概况

重庆江习高速四面山互通为枢纽式互通,位于江津区四面山景区东北约6 km处,采用迂回式方案。互通主线范围为K50+700~K52+135,总长1 435 m,其中含A~D四条桥总长3 244.538 m。互通匝道设置预应力混凝土箱梁桥7座,长1 681.5 m,其中最大现浇箱梁支架高度超过40

m。互通区构造属中低山地地貌区,位于一单面斜坡地形,整个斜坡坡向为 $45^\circ\sim 60^\circ$ ,梁立体交叉施工及支架搭设施工难度大。

### 3.2 施工工序

施工工序见图2。

### 3.3 基础处理

不同于平原高速公路建设,山区高速公路多穿越崇山峻岭,桥位区多为陡坡地形,支架搭设时需进行基础整平处理。为减少开挖量,对于坡度大于 $45^\circ$ 的地形设置台阶,台阶高度及跨度按照立杆间距1.5 m的倍数设置。基础整平后,利用

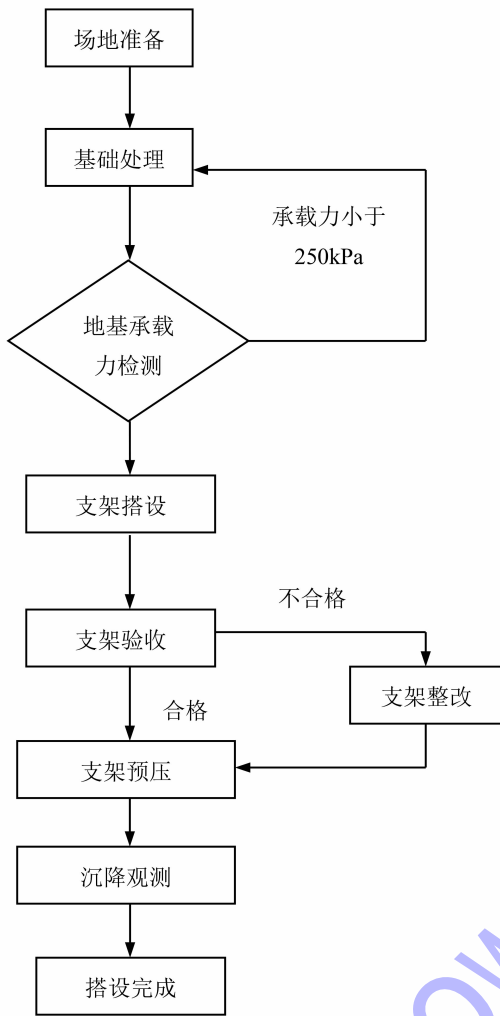


图 2 盘扣式支架搭设施工工序图

18 t 压路机碾压,对压路机不能碾压到的部位采用蛙式打夯机补强夯实并检测地基承载力,并保证承载力不小于 0.25 MPa,最后采用 20 cm 厚 C20 混凝土硬化。

### 3.4 支架搭设

四面山互通 C 匝道 2 号桥箱梁为单箱多室截面,箱梁等高,梁高 1.8 m,悬臂长 1.75 m;箱梁顶板厚度为 25 cm,底板厚 22 cm,边腹板厚 50 cm,中腹板厚 50 cm,腹板在支点附近增大为 90 cm。箱梁端横梁厚 1.5 m,中横梁厚 2 m,桥面净宽 10.5 m。

箱梁底板位置横向采用间距 1.2 m(用于横桥向实体位置)和 1.5 m(用于横桥向翼板位置),纵向间距采用 1.5 m,高度方向步距 1.5 m。架体顶托上方铺设主龙骨,主龙骨采用 14 号工字钢,

次龙骨采用 100 mm × 100 mm 方木,上铺 15 mm 厚的竹胶合板。纵横向分别设置剪刀撑,沿线路方向每隔 6 m 在横截面上设置一道,剪刀撑与地面的夹角为 45°。钢管上下均采用可调节支撑,所有支架均依据搭设高度每隔 6 m 设置水平剪刀撑。支架横断面见图 3。

### 3.5 结构受力计算

考虑结构自重、模板自重、混凝土荷载、施工荷载后的箱梁断面尺寸见图 4。通过模型简化,对四面山互通 C 匝道 2 号桥箱梁各部位支架进行了承载力、抗弯强度及地基承载力等方面的验算。

(1) 支架的主要计算参数。

计算参数见表 2 与表 3。

表 2 架体各配件力学性能表

材料规格	力学性能	
立杆 $\phi 60.3 \times 3.25$ mm Q345b	截面积(A)	$5.74 \times 10^2$ mm <sup>2</sup>
	抗弯强度设计值	$f = 300$ N/mm <sup>2</sup>

表 3 设计荷载集合及荷载组合取值表

序号	荷载名称	计算部位	单位	标准值	分项系数
1	模板自重	支撑系统	kN/m <sup>2</sup>	0.75	1.2
2	新浇筑钢筋混凝土自重	支撑系统	kN/m <sup>3</sup>	26	1.2
3	施工人员及设备荷载	次龙骨	kN/m <sup>2</sup>	4.5	1.4
4	振捣荷载	支撑系统	kN/m <sup>2</sup>	2	1.4
5	新浇筑混凝土对模板侧面的压力	模板	kN/m <sup>2</sup>	计算值	1.4
6	倾倒混凝土时产生的荷载	模板	kN/m <sup>2</sup>	计算值	1.4

(2) 支架受力验算。

利用 Midas 2015 结构计算软件建立三维空间模型进行分析计算,按空间整体结构建模,包括顶层支撑模板层(其中包括木板、方木)和满堂支架,其中将受压面为 0.04 m 厚的钢面板作为加载单元,其自重相当于模板自重 2 kN/m<sup>2</sup>,其余均采用梁单元。斜杆较密集,考虑到斜撑的作用,未考虑剪刀撑的作用。

坐标轴按照右手规则确定。由分区压力面荷载模拟箱梁自重,支架、工字钢、木枋、角钢、钢管等采用梁单元模拟,模板采用板单元模拟,立杆底部约束 6 个方向的自由度。考虑到节点间变形的协调性,立杆顶部与工字钢分配梁、工字钢分配梁与纵向木方均采用弹性连接方式。为防止发生位

移,对上部模板支撑层释放 Z 方向的位移约束, 束 6 个自由度。支架受力验算结果见表 4~7。  
 对其他 5 个自由度进行约束处理,对底部节点约 3.6 支架预压

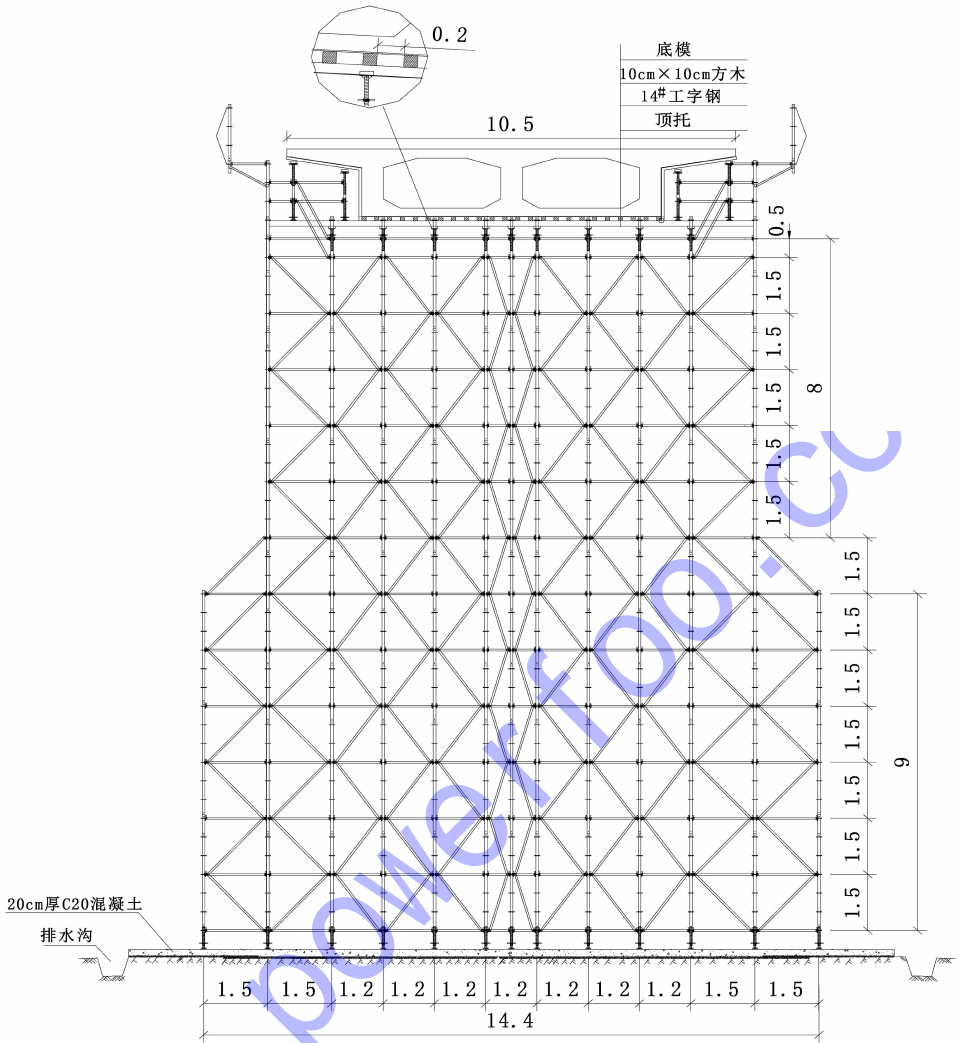


图3 支架横断面图(单位:m)

表4 箱梁翼缘板位置受力验算表

序号	构件名称	荷载名称	计算值	设计值(安全值)	安全状态评价
1	单根立杆	承载力	49.74 kN	180 kN	满足
2	单根立杆	抗弯强度	127.4 MPa	300 MPa	满足

表5 箱梁底板位置受力验算表

序号	构件名称	荷载名称	计算值	设计值(安全值)	安全状态评价
1	单根立杆	承载力	52.3 kN	180 kN	满足
2	单根立杆	抗弯强度	134 MPa	300 MPa	满足

表6 箱梁实体位置受力验算表

序号	构件名称	荷载名称	计算值	设计值(安全值)	安全状态评价
1	单根立杆	承载力	52.71 kN	180 kN	满足
2	单根立杆	抗弯强度	135 MPa	300 MPa	满足

表 7 地基计算承载力验算表

序号	构件名称	荷载名称	计算值	设计值(安全值)	安全状态评价
1	地基	承载力	0.173 MPa	0.25 MPa	满足
2	混凝土垫层	受压承载力	2.32 MPa	8.2 MPa	满足
3	混凝土垫层	受冲切承载力	8.45 kN	119.6 kN	满足

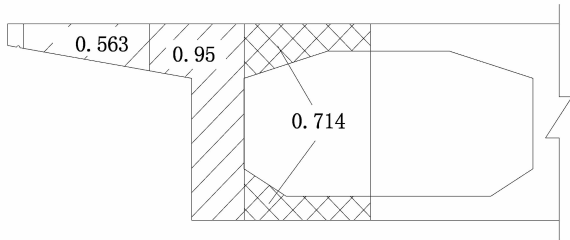


图 4 箱梁荷载分配断面图

为进一步保证施工安全、检验支架的安全性和施工沉降数据,消除地基和支架的非弹性变形,为支架的合理起拱提供依据,对盘扣式支架采用 1.1 的荷载系数进行了单跨预压和一联预压处理。预压分三级加载,单跨箱梁预压重量见表 8,一联箱梁预压重力分配情况见表 9。

表 8 单跨箱梁预压重量表 /t

理论预压 60%	理论预压 80%	理论预压 100%	理论预压 110%
234.55	312.73	390.91	430

表 9 一联箱梁预压重力分配表 /t

理论预压 60%	理论预压 80%	理论预压 100%	理论预压 110%
703.65	938.19	1 172.73	1 290

预压结果表明:通过支架预压前的沉降观测,随后按照加载顺序分别对预压 60%、80%、100%、110% 的重量进行沉降观测记录,全部加载完成后的观测结果显示:最初 24 h 各监测点的平均沉降为 0.8 mm,最初 72 h 各监测点的平均沉降为 3 mm,小于规范要求的 5 mm,说明支架安全有保证,搭建结果满足设计要求。

### 3.7 结果分析

以上 5 个表格中的验算结果表明:盘扣式脚手架采用的立杆、胶合板、支架强度、14#工字钢整体稳定性及基础承载力完全满足要求。根据预压检验验算结果与实测数据可知:所采取的基础处理方式及支架搭设方案完全满足承载力及稳定性要求。

### 4 结语

根据上述分析,笔者得出以下结论:

(1) 盘扣式支架采用 Q345B 低碳合金结构钢,比传统支架所用的 Q235 普通钢管材质有大幅度的提升,承载能力高。

(2) 盘扣式支架采用斜拉杆设计,形成了稳定的格构柱结构,增强了支架的整体稳定性。

(3) 盘扣式支架采用热镀锌工艺,有效防止了构件在施工过程中因材料腐蚀造成的立杆承载力下降问题,保证了施工安全。

盘扣式支架在现浇箱梁施工中,其施工安全性高,施工速度快,施工工艺简单,可以在工程中广泛使用。该项目盘扣式支架搭设方量高达 60 多万  $m^3$ ,现浇箱梁全部浇筑完成,支架施工安全可靠,箱梁浇筑高程得到了精确控制,误差小。

#### 作者简介:

罗文广(1978-),男,江西丰城人,项目常务副经理,高级工程师,学士,从事项目管理工作;

张元兵(1989-),男,贵州仁怀人,助理工程师,学士,从事项目管理工作;

陈亮(1986-),男,湖北红安人,项目副经理,工程师,学士,从事项目施工技术与管理工作;

刘潇瑜(1992-),男,山西襄汾人,项目质量部副主任,助理工程师,学士,从事项目管理工作。(责任编辑:李燕辉)

## 云南外送电力创历史新高

8月14日高峰段,云南送出的8回直流(含鲁西背靠背直流)全部满功率运行,最大外送电力达3115万千瓦,创历史新高,比南方电网公司成立之初增长了约30倍。近年来,南方电网公司践行西电东送国家战略,不断升级电力输送的高速路。随着滇西北至广东±800千伏特高压直流输电工程于5月18日全面投产运行,南方电网西电东送已形成“八条交流、十一条直流”共19条500千伏及以上西电东送大通道,硬件得到升级。与此同时,公司全面升级“软件”工程,全力落实清洁能源消纳措施。今年年初,公司出台了全力促进清洁能源消纳24项措施,在全国首次发布清洁能源调度操作规则,制定云贵水火置换指引,为云南最大能力送出完善了配套机制。截至8月上旬,云南水电发电量达1256亿千瓦时,较年度计划多168亿千瓦时,同比多93亿千瓦时。公司系统部负责人表示,现在仍处于迎峰度夏的关键时期,南方区域来水存在较大的不确定性,公司各单位、各级调度、交易机构将继续坚持全网一盘棋,充分发挥小湾、糯扎渡、龙滩等主力水库调蓄作用,做好西电东送通道运行及方式安排,坚决完成全年清洁能源消纳任务,为南方区域“蓝天保卫战”作出新的贡献。