

盘扣式支撑架搭建施工技术

文 / 杨鹏飞 中铁十五局集团第一工程有限公司

摘要：盘扣式脚手架是一种新型脚手架，是继扣件式、碗扣式脚手架之后的升级换代产品。盘扣式脚手架采用Q355高强度钢材，其强度显著高于传统脚手架常用的普碳钢管（Q235），能够满足更高承载力的施工需求。其独特的圆盘插销连接方式不仅使搭建和拆卸更加便捷，还大幅提高了整体结构的稳定性和安全性。此外，盘扣式脚手架通过模数化制造，实现了构件的标准化和通用化，能够灵活适应不同的施工场景，显著提升了施工效率。同时，其表面采用镀锌工艺，增强了耐腐蚀性，延长了使用寿命，降低了长期使用成本。本文结合五都源石门村分洪箱涵渐变段顶板施工支模体系搭建实例，详细介绍了盘扣式支撑架的设计及受力计算，为后续箱涵施工提供了安全技术保障。

关键词：盘扣式；脚手架；安全；技术保障

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.15.015

引言

随着建筑行业的快速发展和施工技术的不断进步，脚手架作为建筑施工中的重要支撑工具，其安全性、效率和经济性受到了越来越多的关注。传统的扣件式、碗扣式脚手架虽然在一定程度上满足了施工需求，但在承载能力、搭建效率和安全性方面仍存在一定的局限性。近年来，盘扣式脚手架作为一种新型脚手架，凭借其高强度、模数化设计、快速组装、经济高效等显著优势，逐渐成为脚手架领域的升级换代产品，并在各类建筑工程中得到了广泛应用。

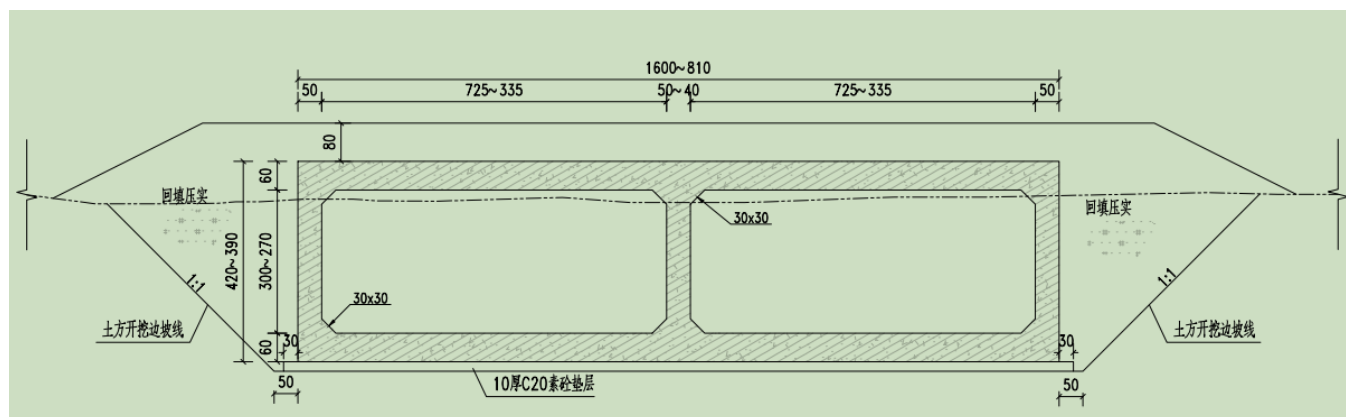
本文结合五都源石门村分洪箱涵渐变段顶板施工支模体系搭建实例，详细介绍了盘扣式支撑架的设计方法及受力计算过程，旨在为类似工程提供可靠的技术支持和安全保障。

一、工程概况

五都源石门村分洪箱涵位于浙江省丽水市松阳县石门村南侧，进口中心线桩号位于河道桩号“五河0+902.00”处，出口中心线位于河道桩号“五河1+639.89”处，箱涵总长710.66m。箱涵设置为2孔，进口涵底高程129.08，出口涵底高程123.51，涵底纵坡8.0%，设计分洪流量 $80\text{m}^3/\text{s}$ ，设计使用年限：50年，设计洪水频率：20年一遇。整座箱涵主要有进口渐变段、标准段、出口渐变段构成，是连接五都源河道与松阴溪的枢纽工程，旨在提升五都源河道与松阴溪流域区域防洪排涝能力，改善水环境，恢复水生态。

二、箱涵顶板支撑体系设计

箱涵进口渐变段断面尺寸最大，底板宽度16m，涵身高度4.2m，净空高度3m，底板厚60cm、顶板厚60cm、两侧外墙及中隔墙厚50cm。以渐变段为对象进行支撑体系设计及验算。



渐变段断面图

支撑架采用承插型盘扣式支架，立杆、水平杆及斜杆均采用Q355Φ48.3*3.2mm钢管，立杆纵向间距0.6m，横向间距0.9m，标准步距1.0m，顶层步距0.5m；主龙骨采用Q235I12工字钢置于可调顶托上，沿箱涵轴

线纵向布置；次龙骨采用10*10方木，间距0.3m，垂直于箱涵中线；面板采用1.8cm覆面竹胶合板面板，剪切强度 $1.4\text{N}/\text{mm}^2$ ，抗弯强度 $15.0\text{N}/\text{mm}^2$ ，弹性模量 $6000.0\text{N}/\text{mm}^2$ 。

三、施工工艺

(一) 盘扣式支撑架搭设流程

测量放样→安装立杆垫板→安装立杆、水平杆、斜杆→依次安装第二层、第三层、第四层水平杆、斜杆→安装顶托→调整高程→铺设主、次龙骨→安装箱涵顶板底模→验收。

(二) 工艺要求

1. 支撑架搭设应根据立杆放置可调底座，应按先立杆后水平杆再斜杆的顺序搭设，形成基本的架体单元，应以此扩展搭设成整体脚手架体系，脚手架搭设步距不应超过 2m。

2. 水平杆及斜杆插销安装完成后，应采用锤击方法抽查插销，连续下沉量不应大于 3mm。

3. 可调底座和可调托撑安装完成后，立杆外表面应与可调螺母吻合，立杆外径与螺母台阶内径差不应大于 2mm。

4. 支撑架可调底座丝杆插入立杆长度不得小于 150mm，丝杆外露长度不宜大于 300mm，作为扫地杆的最底层水平杆中心线高度离可调底座的底板高度不应大于 550mm。

5. 支撑架可调托撑伸出顶层水平杆的悬臂长度不应超过 650mm，且丝杆外露长度不应超过 400mm，可调托撑插入立杆长度不得小于 150mm。

6. 脚手架搭设完成后，立杆的垂直偏差不应大于支撑架总高度的 1/500，且不得大于 50mm。

四、支撑架体验算

(一) 荷载参数

架体自重 G_1 标准值取 0.35kN/m^2 ；模板自重 G_2 标准值取 0.3kN/m^2 ；钢筋混凝土自重 G_3 取值 25.1kN/m^3 ；作用在支撑架上的施工人员及设备荷载 Q_1 取值 2.5kN/m^2 。

(二) 面板受力验算

面板按照三跨连续梁进行计算，跨度取次龙骨间距 30cm。

静荷载标准值 $q_1=25.1*0.6*1+0.3=15.36\text{kN/m}$ ，活荷载标准值 $q_2=2.5*1=2.5\text{kN/m}$ 。面板截面抵抗矩 $W=bh^2/6=100*1.8*1.8/6=54.00\text{cm}^3$ ；截面惯性矩 $I=bh^3/12=100*1.83/12=48.6\text{cm}^4$ ，式中 b 为板截面宽度， h 为板截面高度。

1. 面板抗弯强度计算

抗弯强度 $f=M/W=0.1q_1^2/W=0.1*(1.3*15.36+1.5*2.5)*0.3^2*10^6/54000=3.953\text{N/mm}^2<[f]=15\text{N/mm}^2$ ，满足要求。

2. 面板抗剪强度验算

$T=3Q/2bh<[T]$ ；

最大剪力 $Q=0.6*(1.3*15.36+1.5*2.5)*0.3=4.27$

kN ，抗剪强度计算值 $T=3*4.27/(2*100*18)=0.356\text{N/mm}^2<[T]=1.4\text{N/mm}^2$ ，满足要求。

3. 面板挠度验算

最大挠度计算值 $v=0.677q_1^4/100EI=0.677*15.36*300^4/(100*6000*486000)=0.289\text{mm}<[v]=1/250=300/250\text{mm}=1.2\text{mm}$ ，满足要求。

(三) 次龙骨验算

木方按照均布荷载验算。

1. 荷载的计算

(1) 钢筋混凝土顶板自重

$q_{11}=25.1*0.6*0.3=4.518\text{kN/m}$ 。

(2) 模板的自重线荷载

$q_{12}=0.3*0.3=0.09\text{kN/m}$ 。

(3) 箱涵顶板可变荷载主要为作用在支撑架结构顶部模板面上的施工作业人员、施工设备、超过浇筑构件厚度的混凝土料堆放荷载 (kN/m)

可变标准值 $q_{k1}=2.5*0.3=0.75\text{kN/m}$ ；

静荷载 $q_1=1.3*4.518+1.3*0.09=5.99\text{kN/m}$ ；

活荷载 $q_2=1.5*0.75=1.125\text{kN/m}$ ；

计算单元内的木方集中力 P 为 $(5.99+1.125)*1=7.115\text{kN}$ 。

木方的计算按照三跨连续梁进行：

均布荷载 $q=P/1=7.115/1=7.115\text{kN/m}$ ；

最大弯矩 $M=0.1q_1^2=0.1*7.115*1=0.7115\text{kN}\cdot\text{m}$ ；

最大剪力 $Q=0.6q_1=0.6*7.115*1=4.269\text{kN}$ ；

最大支座力 $N=1.1q_1=1.1*7.115*1=7.827\text{kN}$ 。

木方的截面力学参数为：

截面抵抗矩 $W=bh^2/6=10*10*10/6=166.67\text{cm}^3$ ；

截面惯性矩 $I=bh^3/12=10*10*10*10/12=833.33\text{cm}^4$ 。

2. 木方抗弯强度验算

抗弯计算强度 $f=M/W=0.7115*10^6/166670\text{N/mm}^2=4.27\text{N/mm}^2<15.0\text{N/mm}^2$ ，满足要求。

3. 木方抗剪强度验算

截面抗剪强度 $T=3Q/2bh=3*4.269/(2*100*100)=0.64\text{N/mm}^2<[T]=1.30\text{N/mm}^2$ ，满足要求。

4. 木方挠度验算

最大变形 $v=0.677q_1^4/100EI=0.677*7.115*900^4/(100*9000*833333)=0.042\text{mm}<900/250=3.6\text{mm}$ ，满足要求。

(四) 主龙骨计算

1. 主龙骨抗弯强度验算

抗弯计算强度 $f=M/W=0.1q_1^2/W=0.1*(1.3*(25.1*0.6*0.9+0.3*0.9)+1.5*2.5*0.9)*0.6*0.6*10^6/54000=14.35\text{N/mm}^2<205\text{N/mm}^2$ ，满足要求。

2. 主龙骨抗剪强度验算

抗剪强度 $T=q_l/2bh=21.528*0.6*10^3/(2*120*5)=10.764\text{N/mm}^2 < [T]=125\text{N/mm}^2$ ，满足要求。

3. 主龙骨挠度验算

最大变形 $v=0.677q_l^4/100EI=0.677*21.528*600^4/(100*206000*4360000)=0.021\text{mm} < 600/250=2.4\text{mm}$ ，满足要求。

(五) 立杆稳定性验算

立杆轴向力设计值设计值根据公式 JGJ/T231-2021 5.3.1-1, $N=rG_N G_k+r_Q \sum N_{Qk}$ (不组合风荷载);

根据表 4.3.1 和表 4.4.4, $N=1.3*(G_1+G_2+G_3)+1.5*Q_1=1.3*(0.35*0.6*0.9+0.3*0.6*0.9+25.1*0.6*0.6*0.9)+1.5*2.5*0.6*0.9=13.05\text{KN}$;

立杆计算长度根据 JGJ/T231-2021 公式 5.3.2-1 和 5.3.2-2 分别计算取较大

值: $l_0 = \beta_H \eta h = 1*1.5*1\text{m}=1.5\text{m}$ 、 $l_0 = \beta_H \gamma h' + 2ka = 1*1.5*0.5+2*0.6*0=0.75\text{m}$ ，故立杆计算长度取 1.5m;

不组合风荷载时，根据 JGJ/T231-2021 公式 5.3.3-1, $\frac{N}{\varphi A} \leq f$ ，其中轴心受压构件稳定系数 φ ，根据立杆长细比 $\lambda = \frac{l_0}{i} = 1500/16 = 93.75$ ，查 JGJ/T231-2021 附表 C.0.2，采用线性插入 $\varphi = 0.521$ ；截面面积 A 查 JGJ/T231-2021 附表 B.0.2 取 453mm^2 ；钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值 f 查 JGJ/T231-2021 附表 B.0.1 取 300N/mm^2 ，可得 $13.05*1000/(0.521*453) = 55.29\text{N/mm}^2 < f = 300\text{N/mm}^2$ ，满足要求。

(六) 独立支撑架超出规定高宽比时的抗倾覆验算

因支撑架高宽比为 $3/7.25 < 3$ ，根据 JGJ/T231-2021 第 6.2.1 条不再进行抗倾覆验算。

(七) 纵横向水平杆承载力验算

1. 纵向水平杆弯曲强度验算

水平杆弯曲强度 $\sigma = \frac{M}{W} \leq (\sigma)$ ，其中 W 根据 JGJ/T231-2021 附录 B 表 B.0.2 取值为 4797mm^3 ， (σ) 按表 B.0.1 取值为 300N/mm^2 ；

$M=q_l^2/10=(1.3*(0.35*0.9+0.3*0.9+25.1*0.6*0.9)+1.5*2.5)*0.6*0.6/10=0.796\text{kN}\cdot\text{m}$ ； $\sigma = 0.796*10^6/4797=165.94\text{N/mm}^2 < (\sigma) = 300\text{N/mm}^2$ ；符合要求。

2. 纵向水平杆抗弯刚度验算

水平杆抗弯强度 $f = 0.677 \frac{q_l^4}{100EI} \leq (f)$ ，其中 E 根据 JGJ/T231-2021 附录 B 表 B.0.1 及表 B.0.2 查得弹性模量 $E=2.06*10^5\text{N/mm}^2$ 、惯性矩 $I=115857\text{mm}^4$ ，容许挠度 (f) 根据 JGJ/T231-2021 表 5.1.5 取 $L/150=600/150=4\text{mm}$ 与 10mm 的较小值，取 4mm ；

$f=0.677*(1.0*(0.35*0.9+0.3*0.9+25.1*0.6*0.9)+1.0*2.5)*0.64*10^{12}/(100*2.06*10^5*115857) = 0.612\text{mm} < (f) = 4\text{mm}$ ，符合要求。

3. 横向水平杆弯曲强度验算

水平杆弯曲强度验算 $\sigma = \frac{M}{W} \leq (\sigma)$ ，其中 W 根据 JGJ/T231-2021 附录 B 表 B.0.2 取值为 4797mm^3 ， (σ) 按表 B.0.1 取值为 300N/mm^2 ；

$M=q_l^2/10=(1.3*(0.35*0.6+0.3*0.6+25.1*0.6*0.6)+1.5*2.5)*0.9*0.9/10=1.296\text{kN}\cdot\text{m}$ ；

$\sigma = 1.296*10^6/4797=270.17 \leq (\sigma) = 300\text{N/mm}^2$ ，符合要求。

4. 横向水平杆抗弯刚度验算

水平杆抗弯刚度 $f = 0.677 \frac{q_l^4}{100EI} \leq (f)$ ，其中 E 根据 JGJ/T231-2021 附录 B 表 B.0.1 及表 B.0.2 查得弹性模量 $E=2.06*10^5\text{N/mm}^2$ 、惯性矩 $I=115857\text{mm}^4$ ，容许挠度 (f) 根据 JGJ/T231-2021 表 5.1.5 取 $L/150=900/150=6\text{mm}$ 与 10mm 的较小值，取 6mm ；

$f=0.677*(1.0*(0.35*0.6+0.3*0.6+25.1*0.6*0.6)+1.0*2.5)*0.94*10^{12}/(100*2.06*10^5*115857) = 2.22\text{mm} < (f) = 6\text{mm}$ ，符合要求。

(八) 立杆地基承载力验算

立杆地基承载力验算应满足 JGJ/T231-2021 第 5.2.1 条，即 $P_k \leq f_a$ ，其中 $P_k=N_k/A_g$ ，立杆传至基础顶面的轴向力标准组合值 $N_k=1.0*(G_1+G_2+G_3)+1.0*Q_1=1.0*(0.35*0.6*0.9+0.3*0.6*0.9+25.1*0.6*0.6*0.9)+1.0*2.5*0.6*0.9=9.833\text{KN}$ ；

可调底座对应的基础底面面积 $A_g=0.15*0.15\text{m}^2 = 0.0225\text{m}^2$ ，由于支撑架立杆垫板 ($15\text{cm}*15\text{cm}$) 位于已浇筑完成的箱涵 C25W4F50 砼底板上，故承载力特征值 f_a 取 25MPa ，可得 $P_k=9833/22500\text{MPa}=0.437\text{MPa} < 25\text{MPa}$ ，符合要求。

经以上验算，本工程支撑体系满足结构使用安全要求。

结语

本文通过对盘扣式支撑架各项技术指标的验算，证明了该方案的可行性，同时也保证了工程安全、质量和进度。通过实际工程应用，进一步验证了盘扣式脚手架在承载能力、施工效率和安全性等方面的优越性，为后续箱涵施工及其他建筑工程提供了宝贵的参考经验。

参考文献

- [1] JGJ/T 231-2021 建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准。
- [2] JG/T 503-2016 承插型盘扣式钢管支架构件。
- [3] GB 50009-2012 建筑结构荷载规范。
- [4] 周水兴, 何兆益, 邹毅松. 路桥施工计算手册 [M] 北京: 人民交通出版社, 2001.