

# 拱桥支架拼装与拆卸技术

罗克卿

(中铁十一局集团第一工程有限公司 襄樊市 441104)

**摘 要:** 大跨度钢筋混凝土箱形拱桥采用支架施工, 支架的拼装与安全拆卸是施工的一大技术难点。本文简要介绍了洛(阳)三(门峡)高速公路许沟大桥单孔 220 m 现浇箱形拱中支架的施工技术及有关注意事项。

**关键词:** 现浇钢筋混凝土拱桥; 支架; 拼装; 拆卸

许沟大桥位于河南省义马市近郊, 洛阳至三门峡高速公路 K49+750 处。该桥桥孔布置为:  $9 \times 20 \text{ m} + 220 \text{ m} + 4 \times 220 \text{ m}$ , 全长 493.14 m。主孔为等截面悬链线箱型无铰拱, 主要技术参数为: 拱轴系数  $m=1.543$ , 净跨径  $L_0=220 \text{ m}$ , 净矢高  $f_0=40 \text{ m}$ , 矢跨比  $f_0/L_0=1/5.5$ 。采用有支架现浇拱箱施工。

220 m 大跨度钢筋混凝土箱形拱桥采用有支架施工在我国目前尚属首例。该桥支架采用军用制式

器材、万能杆件、碗扣式支架并辅以方木、可调托撑等拼装成拱形支架(图 1), 多点卸架进行主拱圈脱架。主桥共需军用制式器材 2 000 t; 万能杆件 1 800 t; 碗扣式支架 500 t; 方木 650  $\text{m}^3$ 。可调托撑 5 600 个。杆件型号达 300 余种。支架的拼装拆卸工艺复杂, 技术含量高, 施工难度大, 其质量的好坏直接关系到支架的稳定性, 拱圈的线形控制, 乃至该桥建设的成败。

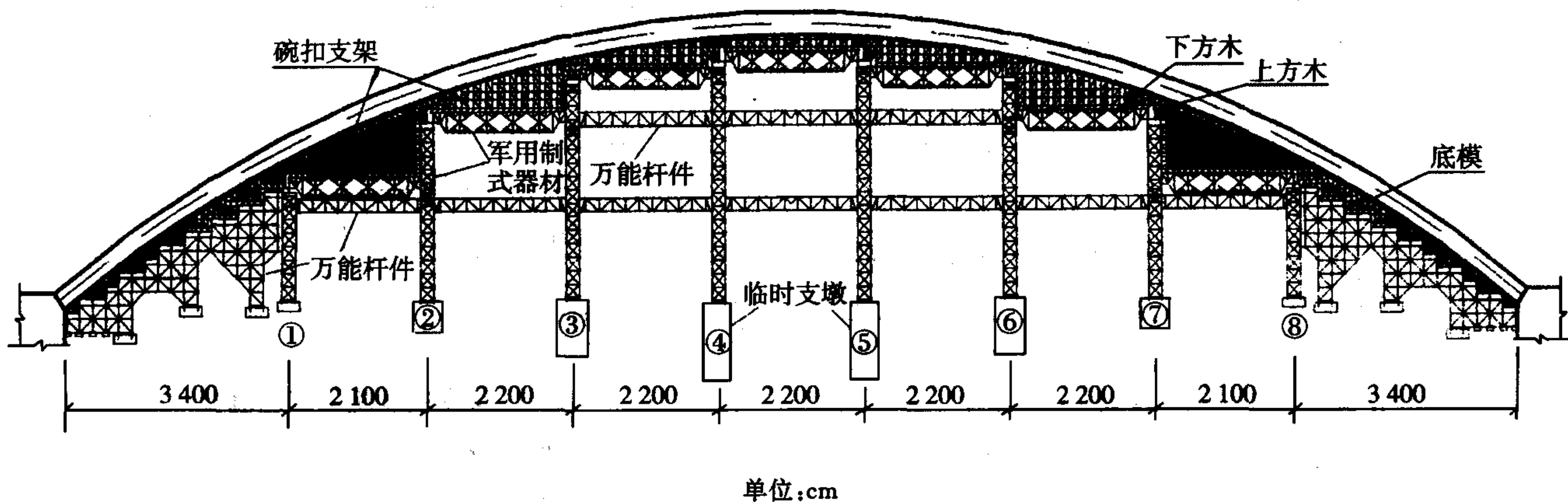


图 1 支架总体布置

## 1 支架的拼装

支架拼装就是将各类杆件按设计要求进行联结, 最后形成刚性受力整体, 顶端形成拱形。施工中要加强杆件之间的联结, 确保支架的稳定性和安全性, 避免支架非弹性变形过大。

### 1.1 临时支墩

为了避免地基变形影响支架稳定, 该桥共设有

8 个片石混凝土浇筑而成的临时支墩来支撑支架。临时支墩的地基承载力要求  $\geq 600 \text{ kPa}$ , 片石混凝土施工时要严格控制混凝土的质量。相邻墩之间标高误差要求  $\leq 5 \text{ mm}$ , 以防横梁偏载; 用于临时支墩和支架连接的 U 型螺栓, 预埋位置偏差要求  $\leq 3 \text{ mm}$ , 预埋时采用钢框架固定, 顶面混凝土的平整度偏差要求  $\leq 3 \text{ mm}$ , 以防支架支墩竖向偏移。



## 1.2 支架拼装

支架拼装前应对所有杆件进行质量检查,清除锈蚀、损坏、变形和尺寸不符的杆件。支墩、万能杆件、碗扣式杆件采用 4 台 1.5 t 卷场机和 6 套倒链配套起吊、定位和联结,军用梁、纵桥向联结系在地面上拼装,用 2 台 50 t 起重机配合起吊,整体安装;螺栓、螺母等小型物件采用 2 台独脚拔杆运输。具体拼装步骤如下。

(1) 垫梁安装完毕后,测量各处中心是否正确,顶面是否平整,上、下两层垫梁要正交,矩形对角线长度差 $\leq 5$  mm。

(2) 为避免高空作业多,拼装立柱前即上满接头板。

(3) 立柱与垫梁间的螺栓连接,每个立柱 8 个螺栓,立柱与立柱间的螺栓每个连接处不得少于 8 个。螺栓要均匀涂抹黄油防止螺栓锈蚀呈脆性断裂,每个螺栓派专人用力矩扳手检测扭矩是否达到 200~250 kN·m,并做好每个螺栓的检测记录。

(4) 为保证立柱水平与垂直,下垫梁与立柱之间,立柱与立柱之间以及最下两个节间的拉撑联结时,均应过冲,安装过程中应随时检查立柱的垂直与水平。

(5) 立柱安装完后要紧接着安装拉撑。

(6) 安装最后一层的水平拉撑时,要注意保证立柱的垂直度和间距的准确,以免安装上垫梁时出现偏差。

(7) 安装过程中,如遇杆件错孔而不能安装联结螺栓时,可用过冲纠正,如过冲纠正也不行,则应松开附近杆件若干螺栓,调整附近杆件的相对位置。

(8) 上、下方木的尺寸严格按设计施工,上方木的接头应位于可调托撑内,上方木可按设计锯成楔形,亦可用方木加上三角垫,严禁采用方木代替,以免模板处方木应力过大,下沉量大。

(9) 碗扣式支架应尽量放开可调托撑,以防落架量不足,如受尺寸限制,可调节杆件配置,利用可调底座调节。

## 1.3 拱弧的形成

### 1.3.1 拱弧标高的确定

拱弧标高由公式: $Hl = HS + \Delta y + \Delta e + \Delta ue + \Delta f$  来确定。

式中: $Hl$  为拱架的立模标高(拱弧标高); $HS$  为拱腹的设计标高; $\Delta y$  为设计预拱度; $\Delta e$  为拱架的弹性变形; $\Delta ue$  为拱架的非弹性变形; $\Delta f$  为地基的

弹性变形。

拱架的弹性变形由拱架结构计算得到,拱架的非弹性变形,由预压试验获得,地基弹性变形由地基计算获得。

### 1.3.2 形成拱弧

根据各个部位拱弧标高的计算结果,逐个调整支架顶端的可调托撑直到标高符合计算要求,然后再拼装拱圈模板并进行拱圈施工。

## 1.4 支架拼装施工工艺流程

支架拼装施工工艺流程见图 2。

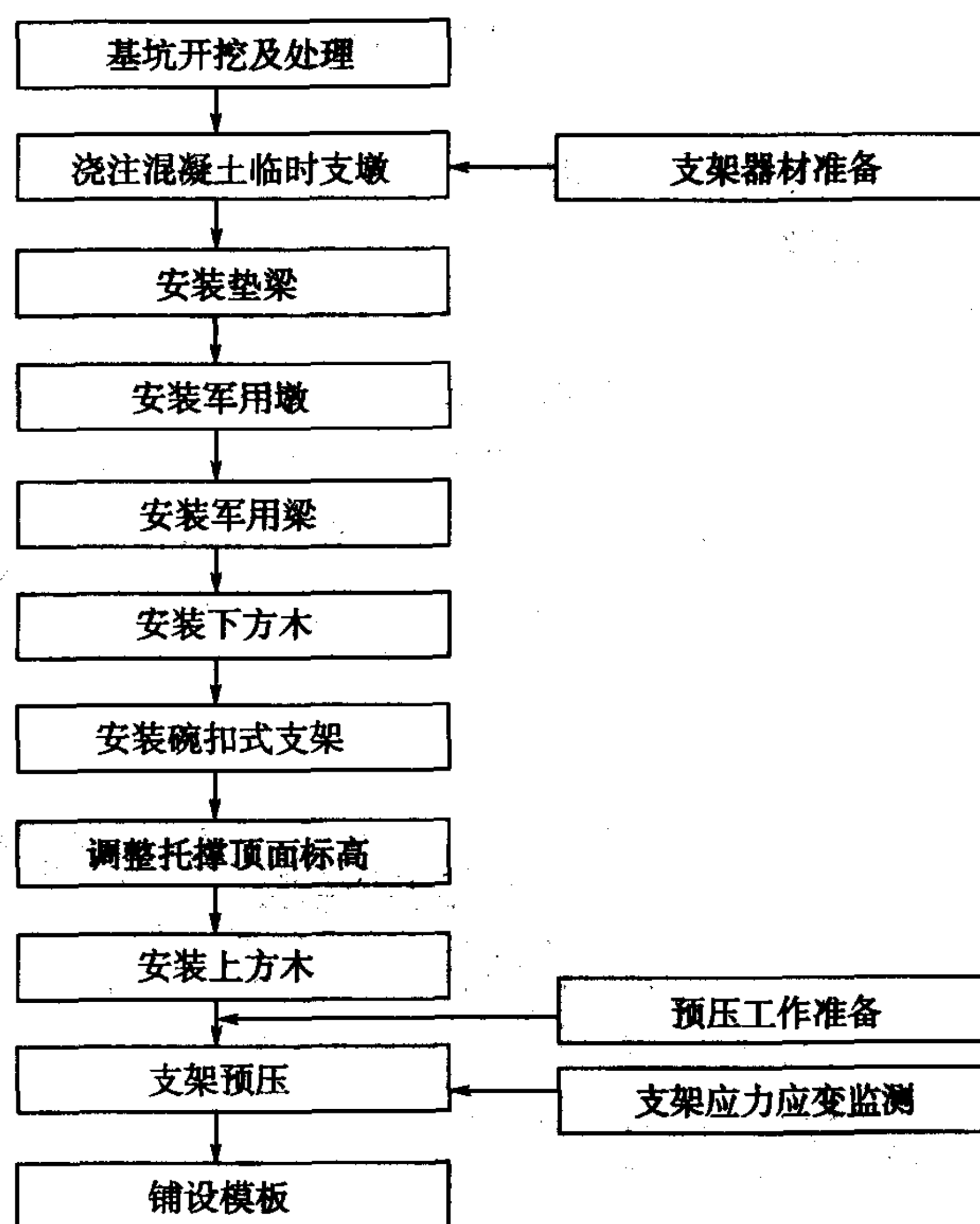


图 2 支架拼装施工工艺流程

## 1.5 支架的试压、预压试验

### 1.5.1 碗扣式支架试压试验

在拱圈的施工过程中,整个支架中的碗扣式支架部分属于薄弱环节,即在水平力作用下容易失稳。为了验证支架拼装方案是否合理,检查碗扣式支架的安全、稳定性能,在地面上模拟拱架上碗扣式支架搭设平台,施加主拱圈混凝土相同荷载,通过检测试验来考查其稳定性。

#### (1) 碗扣式支架试压平台设计。

模拟碗扣式支架由纵、横向水平杆、竖杆及斜杆形成空间刚性体系,竖杆纵向间距为 120 cm,横向间距为 120 cm;水平杆竖向间距为 120 cm,顶端设可调托撑。考虑加载方便,横拟支架设计为平台,长



10.8 m,宽 4.8 m,高 9.0 m,见图 3。

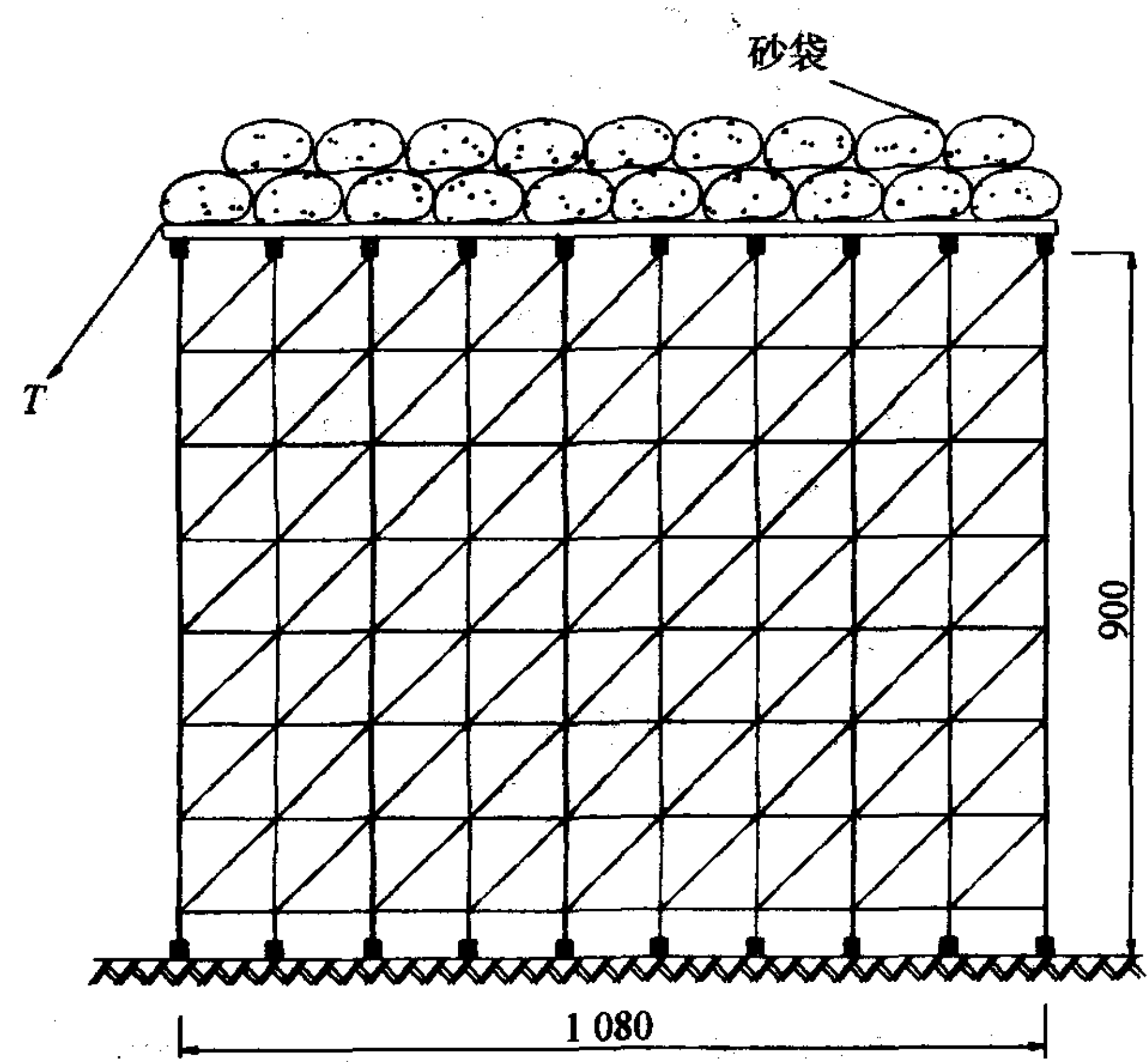


图 3 试压平台示意

(2) 预压试验。

采用砂袋均布加载,最大荷载为 1 080 kN,预压持续 2 d;第 3 d 施加斜力,拉力与水平夹角为 36°,当斜拉力达到 246 kN 时,支架外侧一排竖杆脱离方木支撑,试验结束。

(3) 试验结果分析。

竖杆受力不均,中间竖杆单根最大压力为 23.1 kN,边竖杆最大压力只有 14.0 kN;水平横杆与斜杆主要起力的传递作用,斜杆较水平横杆压力大;当水平力达 200 kN 时,支架外侧竖杆悬空,但通过计算,拱上碗扣式支架实际水平力不到 100 kN。通过试验说明:支架设计方案是合理可行的;碗扣杆件的内力储备较大;支架是安全稳定的。

1.5.2 拱顶支架预压试验

支架拼装完成后,为了验证其整体受力性能,消除非弹性变形,掌握支架受力后弹性变形规律,在拱顶 122 排和 133 排立杆之间,利用堆放砂袋仿真拱圈混凝土施工加载过程对支架进行预压试验。

(1) 测点布置。

用表面钢弦式传感器作为测试元件。在军用墩、军用梁,上、下系梁上,共布设 12 个测点。

(2) 预压。

用砂袋对支架均布加载,每天加载约 800~1 000 kN,加载总重为 5 700 kN,按荷载 2 900 kN、3 940 kN、5 030 kN、5 700 kN 分 4 个阶段进行测试。

(3) 测试结果及分析。

预压过程中应力测试结果见表 1 所示:

表 1 应力监测结果 MPa

预压荷载		加载 2 900 kN	加载 3 940 kN	加载 5 030 kN	加载 5 700kN
1	2 号梁上弦	-13.1	-22.8	-29.1	-37.7
2	2 号梁上弦	42.7	59.1	74.7	92.6
3	2 号梁上弦	-2.7	-12.5	-17.8	-24.8
4	2 号梁上弦	56.4	73.0	93.5	113.8
5	上系梁上弦	4.6	4.6	5.9	11.1
6	上系梁上弦	17.5	17.9	18.7	24.6
7	上系梁上弦	-10.3	-10.7	-10.5	-6.8
8	上系梁上弦	13.1	13.1	13.3	15.4
9	支墩	-19.5	-26.3	-31.0	-35.5
10	支墩	-22.7	-29.1	-34.4	-41.5
11	支墩	-25.2	-30.2	-36.3	-43.2
12	支墩	-7.0	-11.3	-14.5	-20.2

注:负值为压应力,正值为拉应力。

测量结果表明:随着荷载增加,各杆件内力逐渐增大,增大幅度规律性较强;各杆件内力储备较大,支架结构是稳定安全的;最大加载时,拱顶支架最大竖向位移达 5.6 cm,卸载后的剩余竖向位移为 3.1 cm,由此可以推算出支架各部位在荷载作用下的变形规律。

2 支架卸落

主拱圈混凝土强度达到设计值的 90%后,即进行主拱圈脱架。

由于支架设计中采用可调托撑来调整标高和落架,其落架点多达 5 600 个,因此,落架施工技术难



(3)成功地运用支架技术对大跨度拱桥进行现浇施工,证明所选用的支架施工方案是合理可行的,同时比原设计方案节约设备投资 200 余万元;此施工方案既开创了我国大跨度混凝土拱桥有支架施工的先例,同时还为同类型桥梁、大跨度厂房、特殊仓储、体育馆的建设积累了丰富的施工经验。