

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)

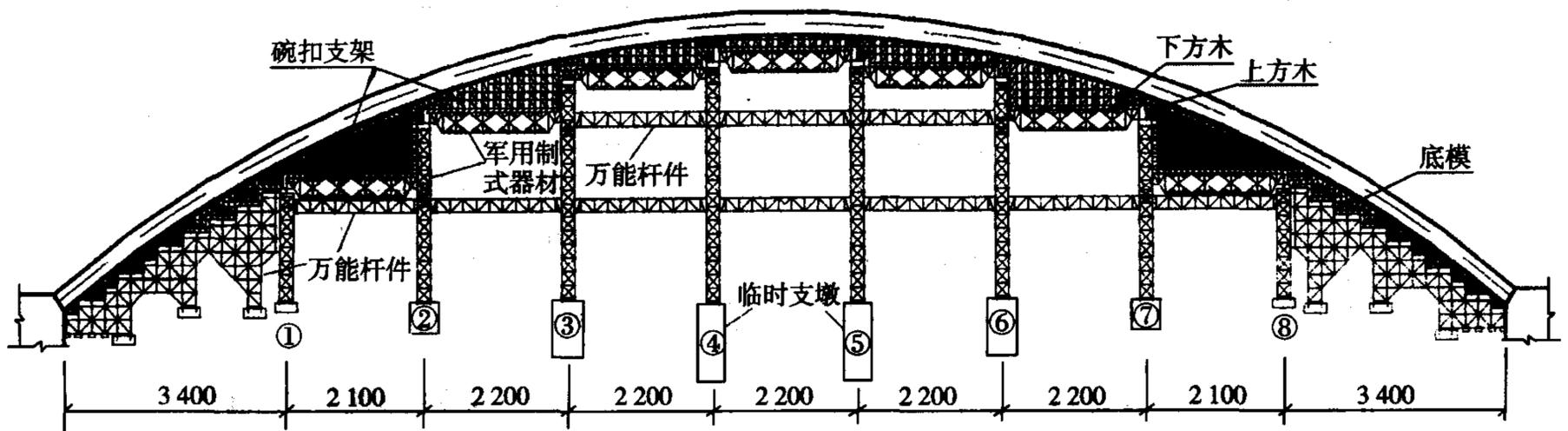
摘 要: 大跨度钢筋混凝土箱形拱桥采用支架施工, 支架的拼装与安全拆卸是施工的一大技术难点。本文简要介绍了洛(阳)三(门峡)高速公路许沟大桥单孔 220 m 现浇箱形拱中支架的施工技术及有关注意事项。

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 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。



单位: cm

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 ≤ 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) 立柱安装完毕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; Δy 为设计预拱度; Δe 为拱架的弹性变形; Δue 为拱架的非弹性变形; Δf 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

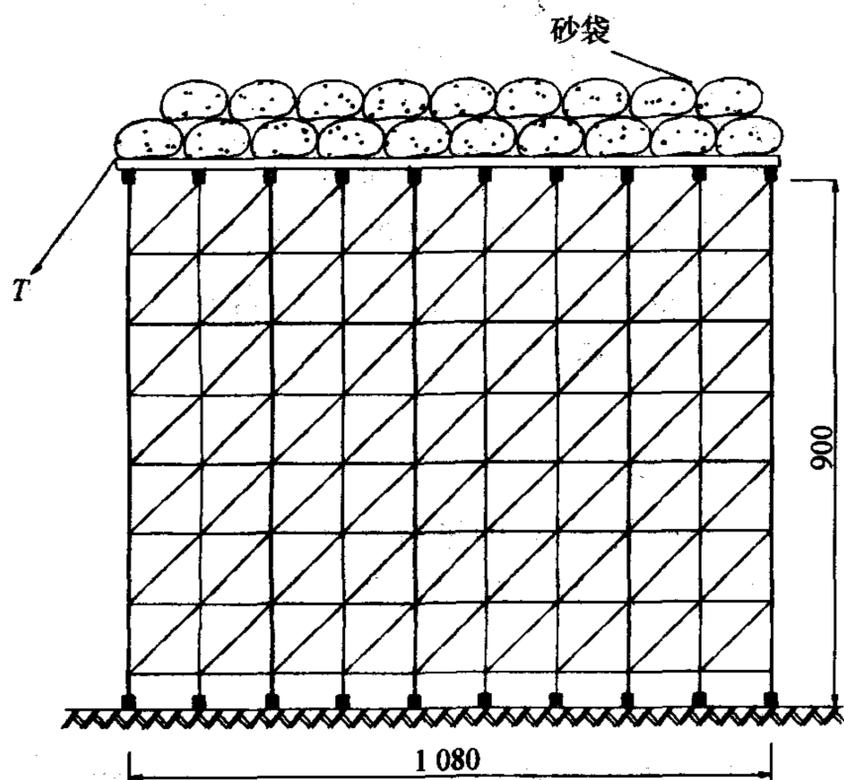
1.5.1 碗扣式支架试压试验

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,模拟支架设计为平台,长

10.8 m,宽 4.8 m,高 9.0 m,见图 3。



单位:cm

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

度大。根据计算分析,确定卸架原则为:横桥向必须同时均匀卸落,在纵桥向从拱顶向拱脚逐排卸落,并保持拱顶两侧对称同步进行。

2.1 各落架点卸落总量计算

各落架点卸落总量由两部分组成,即主拱圈裸拱的弹性变形 Δ_e 与拱架的弹性变形量 Δ 之和,由计算可得,拱顶最大卸落量达 9 cm。

2.2 落架步骤

许沟大桥支架设计中采用了碗扣式支架顶端设可调托撑,用以调整标高和落架。上、下半幅拱圈落架点各为 2 800 个点(每排横向 10 个可调托撑,纵向共 280 排),对于如此多的落架点,就不可能达到各点同步均匀地卸落。为了获得一种合理的卸架顺序,将拱架与主拱圈组成的复合体系用多种方法进行计算比较,以确定落架方案。

支架卸落首先要使支架与拱圈脱离接触,根据卸架原则制定支架卸落程序如下。

第一步:卸落拱顶第 4 号军用墩至第 5 号军用墩范围内的支架,125~133 号杆卸落量 3 cm。卸落第 3 号(第 5 号)军用墩至第 4 号(第 6 号)军用墩范围内的支架,110~124 号杆卸落量 2 cm,100~109 号杆卸落量 1 cm。

第二步:再次卸落拱顶第 4 号军用墩至第 5 号军用墩范围内的支架,125~133 号杆卸落量 3 cm。

再次卸落第 3 号(第 5 号)军用墩至第 4 号(第 6 号)军用墩范围内的支架,110~124 号杆卸落量 2 cm,卸落第 1 号(第 6 号)军用墩至第 3 号(第 8 号)军用墩范围内的支架,48~109 号杆卸落量 1 cm。

第三步:从拱顶开始到拱脚全部卸落各立杆,卸落量均大于 3 cm。要求模板与主拱圈完全脱离。

根据落架过程中的测量结果,理论分析与实测值比较接近。落架方案是可行的。

3 支架拆卸

主拱圈脱架后,即进行支架拆卸,支架拆卸与拼装过程逆向,所用方法和设备一致。

4 结语

(1)支架的拼装与拆卸施工,应制定完善的施工安全保护措施,确保施工人员人身安全。

(2)快速、优质地进行了大量军用制式器材的拼装和拆卸,具有深远的战备意义。

(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。



投 稿 须 知

《公路》月刊于 1956 年创刊,由中华人民共和国交通部主管,是中国公路行业出版最早的中央级技术类科学技术期刊,是公路运输类核心期刊,是交通部和全国优秀科技期刊。

1. 本刊刊登的内容以实用科学、实用技术为主,兼顾理论研究、科学实验与标准规范,还包括方针、政策、管理等内容,对技术水平领先、有创造性、适用推广价值较高的文章优先刊登。

2. 投寄本刊的稿件,可以是原稿,也可以是打印稿或 E-mail 文稿(作者必须与原稿核对无误,并签字认可),具体格式请参照本刊近期出版的《公路》杂志。稿件请作、译者自留备份,本刊概不退稿。若文章被采用,本刊即行寄样刊和稿酬,不再另发“用稿通知”。

3. 文稿应有“摘要”和“关键词”。“摘要”为全文的浓缩,以提供文章内容梗概为目的,不加评论和补充解释,简明、确切地记述文章重要内容。“关键词”为“摘要”的浓缩,可选 3~8 个。

4. 文章中科技术语和名词,请用规定的通用词语。文章内容应符合国家标准和各种行业标准要求,应使用法定计量单位。公式、图表应清晰准确,符合国家标准要求。各级标题应明确、清晰。

5. 文章中摘编、引用他人作品,请遵守《著作权法》规定在参考文献中写出。

6. 文章著作权,除《著作权法》另有规定外,属于作者。文责自负。署名作者的人数和顺序由作者自定。

7. 文章题目、摘要及关键词、作者的姓名和工作单位名称,要求作者翻译成英文。

8. 来稿请注明作者的真实姓名、工作单位和详细地址、电话。作者本人的详细信息,包括:学历、简历、身份证号码。请作、译者注意:来稿作者信息不详者,稿件一律不采用。

9. 所有来稿文责自负。

10. 投稿方式:

您可直接将稿件寄给本刊,地址见本刊“目次”页;

您还可通过 E-mail:paper@chn-highway.com 投稿。通过 E-mail 投稿的作者请注意留下详细联系地址及电话,否则本刊不接受投稿。

《公路》杂志社