

钢筋混凝土曲拱桥安全拆除的技术要点

薛海¹, 刘永兵², 万建银²

(1. 南京市公路管理处, 江苏南京 210008; 2. 淮阴水利建设集团有限公司, 江苏淮阴 223005)

摘 要: 该文通过对宁通公路马汉河大桥拆除过程的分析和总结, 初步探索了钢筋混凝土双曲拱桥安全拆除的技术要点。

关键词: 钢筋混凝土; 双曲拱桥; 拆除; 施工技术; 马汉河大桥

中图分类号: U445.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2007)01-0057-04

0 引言

钢筋混凝土双曲拱桥这种桥式的使用在我国始于上世纪 60 年代, 因为具有省材料、造价低、施工简便和外形美观等优点, 在公路上得到了广泛的应用和推广, 对推动我国 20 世纪六七十年代公路桥梁建设起了很大的作用。近年来, 随着我国社会经济的快速发展, 对公路桥梁建设也提出了更高的要求, 一些 20 世纪六七十年代建造的拱桥经过几十年的风风雨雨, 已经逐步老化破损, 加之当初设计建设的标准已经满足不了现代社会日益增加的通行能力要求, 有相当一部分拱桥需要拆除重建。由于拱桥特殊的结构形式和较为复杂的受力状况, 在一些老桥改造项目中, 拆除双曲拱桥时整体垮塌的事故时有发生。为了防止此类事故的再次发生, 在宁通公路马汉河大桥的拆除过程中, 我们研究制定了切实可行的拆除方案, 保证了整个拆除过程的安全。

1 原马汉河大桥工程概况

马汉河大桥位于宁通公路雍六段马汉河上, 老桥由东西两幅组成, 西幅为四肋三波一跨 75 m 双曲拱桥, 桥长 116 m, 桥面净宽 9 m, 建于 1973 年, 设计荷载为汽—15 级, 挂—80 级, 主拱肋为钢筋混凝土等截面悬链线无铰拱, 设计参数为: $f/l=1/7$, $m=1.756$, 拱肋截面尺寸为 40 cm × 50 cm, 混凝土标号为 30 号, 拱波为混凝土预制圆弧形构件, 该桥主拱中部 28 m 范围内为实腹式拱上结构, 两侧腹拱为立柱, 上设微弯板片拱 (见图 1); 东幅桥为 3 × 30 m 预应力 T 梁 + 2 × 10 m 空心板梁, 东西两幅桥桥面均为 9 cm 厚沥青混凝土。东幅简支梁桥的拆除较为

简单, 本文不作叙述。

2 拆除方案的分析和确定

2.1 拆除方案的分析

双曲拱桥的建造过程是将主拱圈的各个组成部分化整为零, 再集零为整, 施工次序是先拱肋、拱波, 后拱板, 再拱上结构, 各组成部分先后参与共同受力, 因此, 拱的压力线是随着恒载的增加而不断变化的。根据这一特点, 双曲拱桥的拆除应按施工的逆顺序进行, 严格按照一定的次序逐步拆除卸载, 控制不断变化的主拱压力线与拱轴线的偏离在允许范围之内, 这样才能保证拆除过程中主拱圈的稳定。

马汉河大桥主拱的矢跨比为 1/7, 拱轴系数为 1.756, 属坦拱, 因此, 在拆除过程中应重点考虑拱的纵向稳定, 特别是拱上结构的拆除对主拱圈压力线的影响很大, 若卸载方案不当, 则会影响拱的纵向稳定, 甚至导致整体垮塌。所以, 在拆除卸载过程中, 必须对主拱圈进行应力、应变监测, 根据监测数据来调整卸载的顺序和幅度, 从而控制主拱压力线的变化。

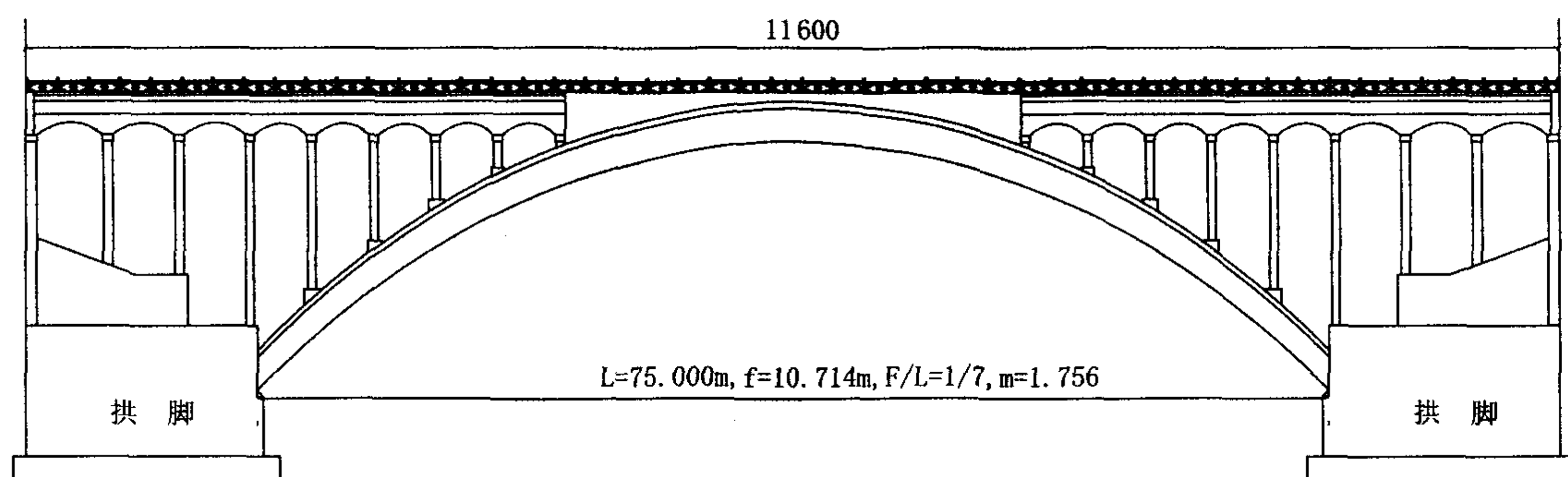
2.2 总体拆除方案

根据上述情况, 马汉河大桥的拆除采用支架法拆除, 分两个阶段, 即在拱下搭设满堂支架, 第一阶段拆除拱上结构, 第二阶段拆除主拱圈。两阶段共分为 4 个施工工况, 38 个拆除步骤 (见表 1)。整个拆除过程应遵循分层、分区、分阶段、对称卸载的原则, 并加以监控 (见图 2)。

支架设计按最不利情况考虑, 即桥面附属结构凿除清理后, 拱桥结构荷载完全由支架及拱脚承担, 根据拱桥的结构重量约为 1 710 t, 结合马汉河河床的地质情况, 经计算, 支架的两侧支点分别采用 4 只 $\Phi 2.5$ m 的钢护筒填砂后连成整体, 上设 15 排单层贝雷片组横梁, 在横梁上搭设满堂网络支架, 支架立杆间距 90 cm, 在拱肋部位立杆间距加密为 30 cm (见图 3)。

收稿日期: 2006-07-27

作者简介: 薛海 (1973-), 男, 江苏淮安人, 工程师, 从事公路工程建设施工管理工作。



(单位:cm)

图1 原马汉河大桥西幅拱桥立面图

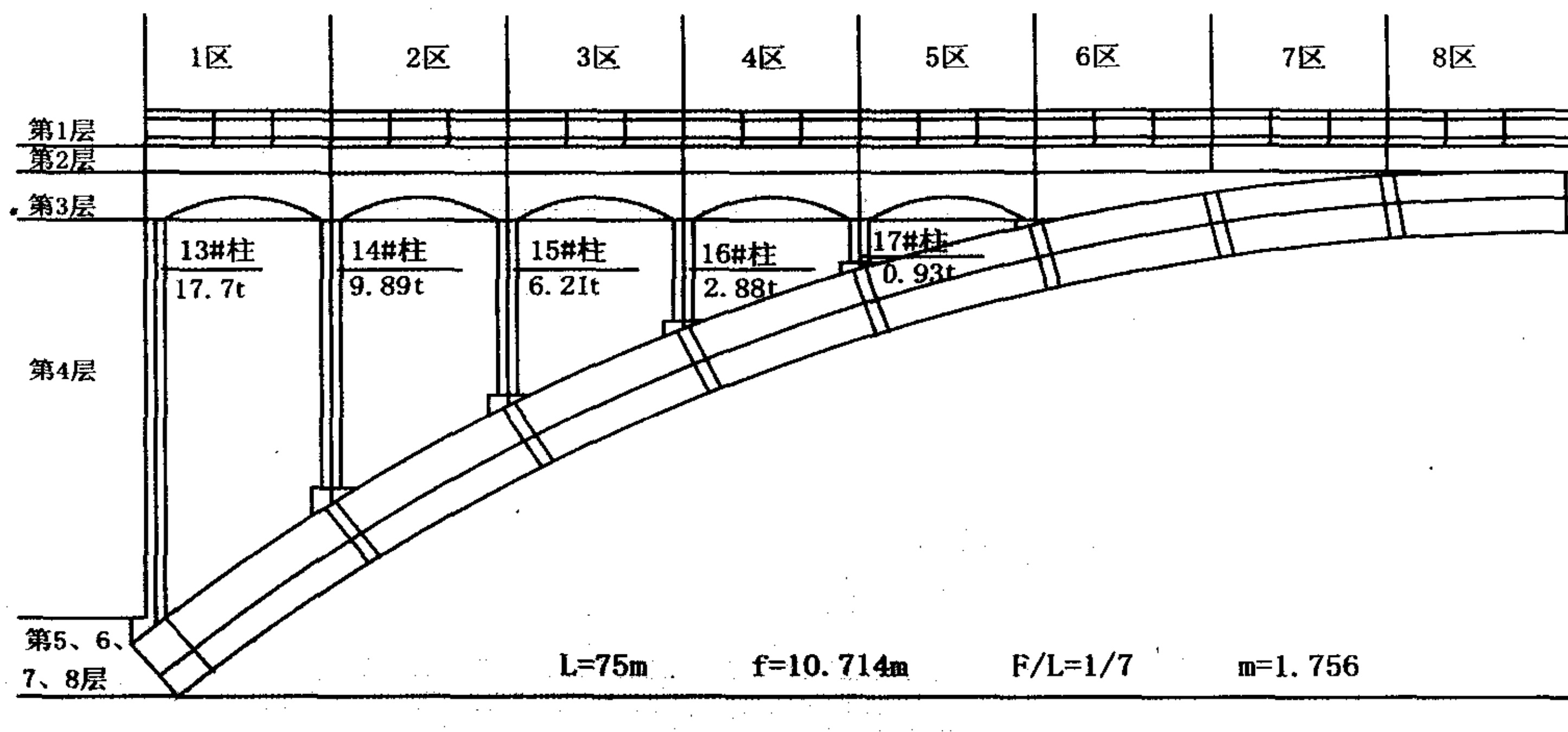
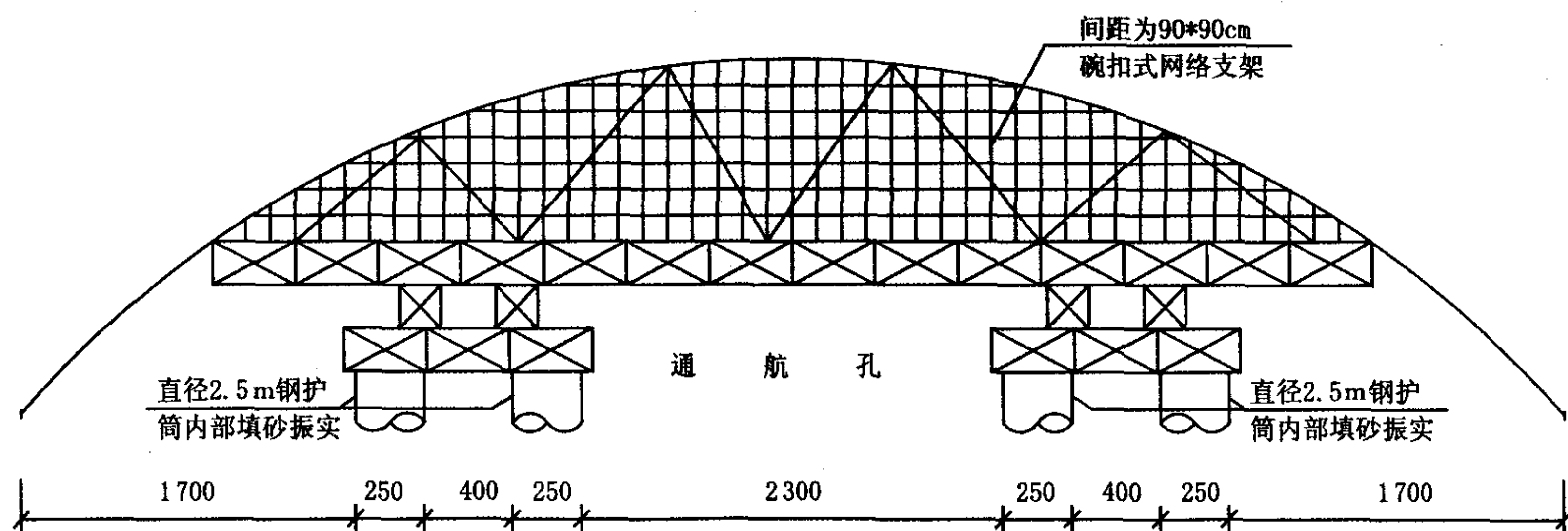


图2 分层、分区示意图



(单位:cm)

图3 拆除支架简图

3 拆除工况的监测

3.1 监测控制的原理

通过变形观测,可以从直观上掌握拱的变形和位移情况;通过对拱肋应变增量的测量,计算出每一拆除工况下拱肋内应力的变化,再与恒载作用下拱肋产生的内应力进行叠加,得出每一拆除工况下拱肋的内应力,通过与拱肋混凝土的强度设计值比较来验证或调整拆除卸载的方案,从

而达到将不断变化的主拱压力线与拱轴线的偏离控制在允许范围之内的目的。在马汉河大桥拆除过程中,我们对每一拆除工况下主拱肋的应力、应变情况进行了观测(见表1)。

3.2 监测部位及内容

变形监测:(1)观测拱肋 1/4(3/4)点、1/2 点的变形;(2)观测拱脚水平位移。

应变监测:观测拱脚和 1/2 点拱肋的上、下缘。

裂缝监测:观测拱脚、1/4(3/4)点、1/2 点拱肋

混凝土裂缝的产生情况。

3.3 监测情况及分析

从表 1 可以看出，在整个拆除过程中，拱肋 1/2 点产生的最大累计变形为 42.2 mm，1/4（3/4）点产生的最大累计变形为 21.1 mm，主拱肋未产生裂缝。

由原拱桥设计计算书查得：在恒载作用下拱脚下缘和拱顶上缘产生的初始应力分别为： $\sigma'_{jx}=3.45\text{ MPa}$ ； $\sigma'_{dx}=4.42\text{ MPa}$

根据表 1 应变增量推算：

在拱上结构卸载完成后，拱脚下缘拉应力增量最大：

$$\sigma_{jxz}=-40.4\times10^{-6}\times3.0\times10^6\text{ MPa}=-1.21\text{ MPa}$$

在第四拆除步骤完成后，拱顶上缘压应力增量最大：

$$\sigma_{dsz}=-66.0\times10^{-6}\times3.0\times10^6\text{ MPa}=1.98\text{ MPa}$$

与初始应力叠加：

$$\sigma_{jx}=\sigma'_{jx}+\sigma_{jxz}=3.45\text{ MPa}-1.21\text{ MPa}=2.34\text{ MPa},$$

未产生拉应力；

$$\sigma_{ds}=\sigma'_{ds}+\sigma_{dsz}=4.42\text{ MPa}+1.98\text{ MPa}=6.40\text{ MPa}<$$

表 1 马汉河大桥拆除工况及监测成果表

拆除阶段	拆除工况	拆除顺序	拆除内容	重量(t)	拱肋变形(mm)				拱肋应变(με)							
					1/4(3/4)点		1/2点		拱脚				拱顶			
									上缘		下缘		上缘		下缘	
					增量	累计	增量	累计	增量	累计	增量	累计	增量	累计	增量	累计
拆除拱上结构	拆除弯板及实腹段	1	1区微弯板	25.49	+0.45	+0.45	+0.30	+0.30	+2.00	+2.00	+6.25	+6.25	-3.00	-3.00	+1.00	+1.00
		2	实腹段现浇混凝土	84.10	+2.00	+2.45	+6.50	+6.80	-29.0	-27.0	-20.0	-13.8	+18.0	+15.0	-2.50	-1.50
		3	5区微弯板	25.49	-0.65	+1.80	-0.80	+6.00	+16.0	-11.0	+13.7	-0.10	+28.0	+43.0	+7.50	+6.00
		4	6区端横墙	13.51	+0.78	+2.60	+1.35	+7.30	-0.67	-11.7	+4.69	+4.59	+23.0	+66.0	+1.50	+7.50
		5	实腹段填料	15.62	+1.00	+3.60	+3.00	+10.3	-8.00	-19.7	-9.33	-4.74	-17.0	+49.0	-2.50	+5.00
		6	2区微弯板	25.49	+2.00	+5.60	+2.50	+12.8	+11.0	-8.70	+8.00	+3.26	+8.00	+57.0	+2.50	+7.50
		7	实腹段填料	26.22	-2.00	+3.60	-0.20	+12.6								
		8	实腹段填料	4.89	+3.50	+7.10	+3.00	+15.6	-3.0	-11.7	-11.3	-8.07	-19.0	+38.0	-9.00	-1.50
		9	3区微弯板	25.49	+2.10	+9.20	+2.10	+17.7								
		10	实腹段填料	2.44	-2.40	+6.80	+2.15	+19.8	-13.0	-24.7	-6.33	-14.4	-16.0	+22.0	+2.50	+1.00
		11	1区外微弯板	25.49	+4.00	+10.8	+5.50	+25.3	-5.00	-29.7	-7.67	-22.1	+3.00	+25.0	+1.00	+2.00
		12	实腹段填料	8.41												
		13	4区微弯板	25.49												
	拆除横系梁及曲梁	14	1区曲梁	20.70	-0.25	+10.5	-1.00	+24.3								
		15	5区曲梁	20.70												
		16	实腹段现浇混凝土	17.74	+1.75	+12.3	+3.00	+27.3	-7.50	-37.2	-6.33	-28.4			-9.50	-7.50
		17	2区曲梁	20.70												
		18	实腹段现浇混凝土	27.60												
		19	实腹段现浇混凝土	7.75	+2.25	+14.5	+1.00	+28.3	-1.50	-38.7	+1.00	-27.4			+2.00	-5.50
		20	3区曲梁	20.70												
		21	实腹段现浇混凝土	3.88												
		22	1区外曲梁	20.70												
		23	4区曲梁	20.70												
		24	实腹段现浇	11.04	+4.25	+18.8	+2.00	+30.3	+7.00	-31.7	-13.0	-40.4			+67.0	+61.5
拆除主拱圈	拆除立柱及盖梁	25	15#立柱及盖梁	9.21												
		26	16#立柱及盖梁	5.59												
		27	14#立柱及盖梁	12.89												
		28	17#立柱及盖梁	3.64	-2.15	+16.6	-4.70	+25.6								
		29	13#立柱及盖梁	21.32												
	拆除拱波、拱板及拱肋	30	8区拱板及拱波	2.25												
		31	4区拱板及拱波	4.30												
		32	6区拱板及拱波	3.36												
		33	2区拱板及拱波	4.63												
		34	7区拱板及拱波	4.15	+3.50	+21.1	+16.6	+42.2								
		35	3区拱板及拱波	5.21												
		36	5区拱板及拱波	1.66												
		37	1区拱板及拱波	5.86												
		38	拆除拱肋													

说明：①本次监测主要是对拱上结构拆除过程中对主拱圈影响比较大的拆除工况进行监测；
②应变监测采用 ZX-205T 表贴式结构应变计。

$f_{cm}=16.5$ MPa,拱肋混凝土不会破坏(f_{cm} 为 C30 混凝土弯曲抗压强度设计值)。

经观测,拱脚最大位移为内移 1 cm。

通过现场监测过程和结果来看,以理论分析的结果来控制拱桥拆除的过程是可行的,也是十分必要的。另外可以肯定,严格控制拱肋的变形是非常重要的,只要变形在允许范围内,拱桥的拆除就是相对安全的,在这个基础上再以应变的变化作为参考。

4 拱桥安全拆除的技术要点

4.1 合理制定方案

大跨径双曲拱桥的拆除具有一定的复杂性,因此,必须对拱桥的结构进行仔细的分析和研究,熟悉并掌握拱结构受力的特点和拱桥的施工程序,在此基础上制定一个切实可行的方案,是保证拆除安全顺利的前提。

4.2 严格过程控制

有了一个可行的方案,仅仅是解决了技术上的问题,而加强过程控制,确保严格按方案执行,是安全拆除的保证。为此,在总体拆除方案确定后,必须对拆除方案进行细化,制定详细的拆除顺序和步骤,最后形成分层分区拆除操作程序图,并对施工人员进行详细的技术交底,确保在拆除过程中的每一个步骤严格按方案实施,杜绝随意性和盲目性,

做到人人心中有数,方案明确,程序清楚,才能保证拆除过程安全、有序、稳妥、可靠。

4.3 加强拆除过程的监测

在拱桥拆除过程中,必须对主拱圈的应力、应变和裂缝情况进行监测,以便从直观上掌握拱圈的变形情况。同时,为从理论上对主拱圈压力线的变化进行分析提供依据,以便及时发现拆除过程中主拱圈受力结构上可能出现的安全隐患,从而合理地调整拆除步骤和方案,为拆除过程中的结构安全再增加一道保护措施。

4.4 加强安全管理

拆除施工的安全管理除了涉及桥梁本身的结构安全外,还包括水上航运、高空作业、交通管制等方面的安全管理,施工干扰因素多,安全管理难度大。因此,必须制定严格的安全管理规章制度,成立健全的安全管理组织,对拆除过程进行全员、全方位、全过程的管理和控制,特别要加强对施工现场的检查和监督,及时消除安全隐患。

5 结语

双曲拱桥的拆除极易发生事故,只有制定出切实可行的方案,通过加强过程控制和监测才能保证拆除过程的安全顺利,马汊河大桥的安全拆除为我们积累了宝贵而有益的经验。

佳木斯市首个民用污水处理厂试运营

设计能力为日处理 20 万 t 生活污水的污水处理厂近日在佳木斯投入试运营。日产 19 万 t 民用污水、并把污水直接排进松花江的历史宣告结束。

佳木斯市东区污水处理厂工程采用 BOT 方式,由同方股份有限公司和加拿大北美环境公司投资 3 亿元人民币建设。2006 年共完成日处理能力 6 万 m^3 污水处理厂 1 座,排水管渠中途泵站 3 座,铺设截流管渠 10 km,截流佳木斯市区排污口 8 个。经佳木斯市环保局测试,工程质量合格,出水水质达到国家污水处理排放标准,具备运营条件。东区污水处理厂设计能力为日处理 20 万 m^3 污水,分两期完工,它的建成投产,实现了佳木斯市生活污水处理设施零的突破。