

中国现代公路桥梁技术丛书

桥梁转体施工

张联燕 程懋方 编著
谭邦明 陈俊卿

(桥梁施工机具设备)



人民交通出版社

中国现代公路桥梁技术丛书

QIAOLIANG ZHUANTI SHIGONG

桥梁转体施工

(桥梁施工机具设备)

张联燕 程懋方
谭邦明 陈俊卿 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书对桥梁转体施工方法的设计、施工及实验研究做了系统的论述。其主要内容包括 平衡转动体系桥梁的转体施工、拱桥无平衡重转体施工、拱桥双箱对称同步转体施工、拱桥竖转施工、拱桥竖转加平转施工以及其它桥型的转体施工。该书汇集了大量不同桥型、不同转体施工方法的实例,可供工程技术人员从事桥梁转体施工的设计、施工参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁转体施工 / 张联燕等编著. —北京: 人民交通出版社, 2001. 8
ISBN 7-114-04034-2

I. 桥... II. 张... III. 桥梁架设—施工技术, 转体 IV U445.465

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 056964 号

中国现代公路桥梁技术丛书

桥梁转体施工

(桥梁施工机具设备)

张联燕 程懋方
谭邦明 陈俊卿 编著

责任印制 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.75 插页: 1 字数: 390 千

2002 年 3 月 第 1 版

2002 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册 定价 36.00 元

ISBN 7-114-04034-2
U · 02944

前 言

桥梁转体施工，这一种施工方法是利用桥梁结构本身及结构用钢做施工设施，利用摩擦系数很小的滑道及合理的转盘结构，以简单的设备，将两岸利用地形和简单支架预制拼装的庞大桥梁结构，整体旋转安装到位。因其具有节约施工用材，减少施工设备，施工快速安全，且不影响通航、不中断通车的特点，转体施工从其诞生的那一天起就成为桥梁工程师有兴趣探索的问题。

从1977年建成第一座转体施工的遂宁建设桥至今，全国采用转体施工方法已建成近100余座桥梁。转体施工已由最初在山区发展到了平原；转体重量由千吨级上升到万吨级；转体施工工艺由平衡转体施工发展到无平衡重转体施工、竖转施工、竖转加平转施工；其桥型包括了箱形拱、双曲拱、桁架拱、刚架拱、斜腿刚构、斜拉桥、T形刚构、板拉桥、连续梁及中承式拱等，取得了较好的技术经济效益。

为适应我国交通事业飞速发展的需要，促进桥梁转体施工方法的推广应用，我们将我们从事这一研究与实践20多年的经验教训及同行的成果汇集整理成书。为增强本书的适用性，本书收集整理了不同地形、不同地质、不同环境、采用不同转体施工方法的实例资料，对桥梁转体施工方法的设计、施工及实验研究做了系统的论述。其主要内容包括：平衡转动体系的转体施工、拱桥无平衡重转体施工、拱桥双箱对称同步转体施工、拱桥竖转施工、拱桥竖转加平转施工以及其它桥型的转体施工。

为使本书能反映桥梁转体施工在我国的发展全貌及最新进展，本书汇集了25年来从事桥梁转体施工同行的共同成果及最新进展。在此我们对促进桥梁转体施工在我国迅速发展的同仁所付出的辛勤劳动表示深深的敬意，对他们提供的宝贵资料表示衷心的感谢。根据人民交通出版社的有关规定，非正式出版单位出版的资料不列入参考文献目录。本书中我们删除了许多引用资料的来源单位，在此深表歉意。

由于作者水平有限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者
2001年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 我国桥梁转体施工发展历程	1
第二节 转体施工基本方法	5
第三节 转体施工发展前景	9
第二章 平衡转动体系转体施工综述	12
第一节 转体施工设计基本原则	12
第二节 平衡转动体系转体施工主要设计计算项目	14
第三节 润滑材料的选择	14
第四节 平衡转动体系的转盘结构	18
第五节 平衡转动体系转体施工工艺	23
第三章 平衡转动体系转体桥的设计与施工	25
第一节 概述	25
第二节 需要专门配平衡重的转体桥设计	32
第三节 需要专门配平衡重的转体桥施工	49
第四节 结构本身自平衡的转体桥	55
第五节 桥梁转体施工中的经验教训与体会	68
本章主要参考文献	72
第四章 拱桥无平衡重转体施工	73
第一节 拱桥无平衡重转体施工的实践与研究	73
第二节 双箱对称同步转体施工的实践与研究	81
第五章 竖转施工	90
第一节 概述	90
第二节 南昌体育馆竖转施工	100
第三节 广元三滩沟桥竖转施工	111
第四节 国外桥梁竖转施工简介	115
本章主要参考文献	124
第六章 竖转与平转相结合的施工	125
第一节 概述	125
第二节 丫髻沙大桥转体施工构思	125
第三节 丫髻沙大桥转体施工结构计算	131
第四节 丫髻沙大桥转体施工构造设计	153
第五节 丫髻沙大桥转体施工保障措施	171
第六节 丫髻沙大桥转体施工概况	222
本章主要参考文献	229

第七章 转体施工阶段结构轻型化·····	230
第一节 材料选择·····	230
第二节 结构形成程序的选择·····	236
第三节 结构选择·····	237
本章主要参考文献·····	243
后记·····	244

第一章 绪 论

第一节 我国桥梁转体施工发展历程

在山区典型的“V”形河套上，谷深流急，建桥十分困难，采用常用的施工方法，施工设备与施工用钢量剧增，施工费用昂贵，施工安装也愈加困难。

为适应山区建桥，1975 年我们进行了“拱桥转体施工工艺”的研究，并于 1977 年完成了第一座跨径为 70m 的钢筋混凝土箱形肋拱转体施工试验桥（见图 1-1）。其后，转体施工工艺在全国范围内得到推广应用，先后采用这一工艺建成了近 100 座桥。桥型包括箱形拱、双曲桥（见图 1-2）、桁架拱（见图 1-3）、刚架拱（见图 1-4）、斜腿刚架（见图 1-5）、



图 1-1



图 1-2

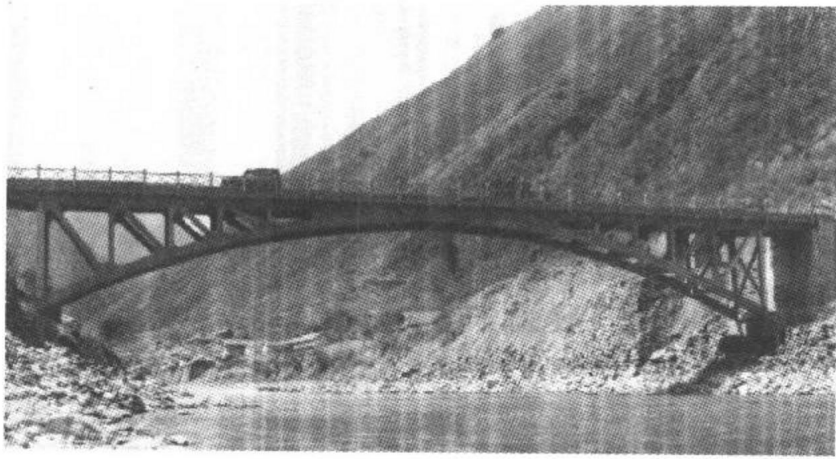


图 1-3

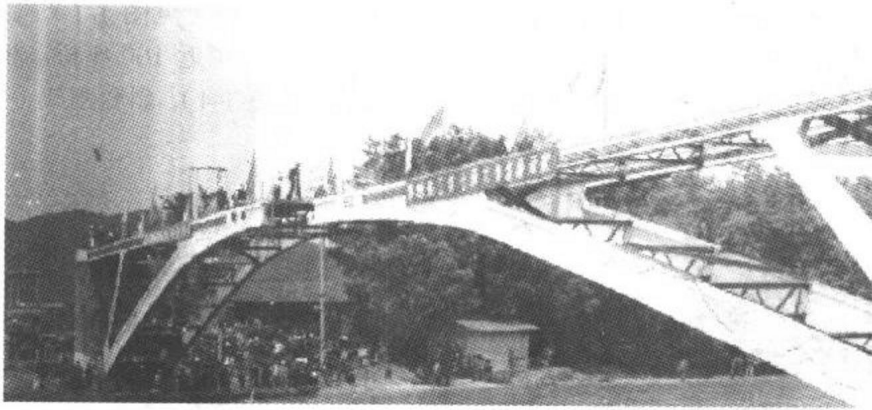


图 1-4

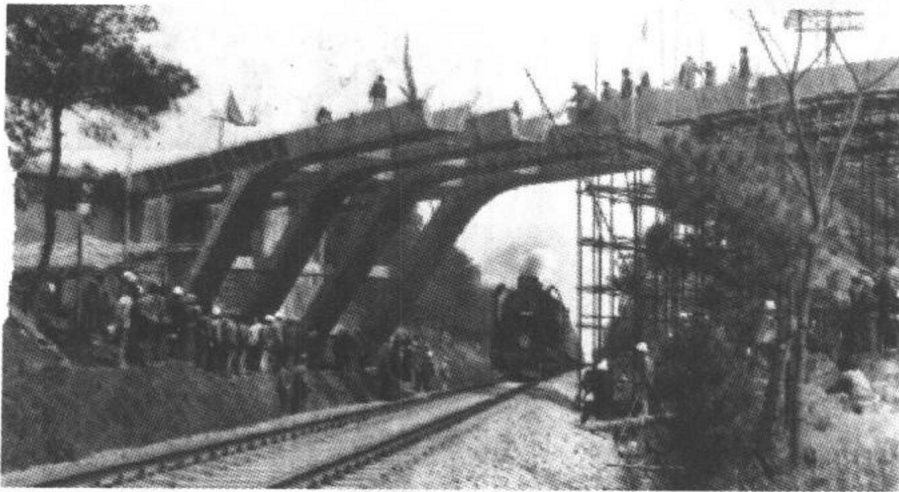


图 1-5

斜拉桥（见图 1-6）、T 形刚构（见图 1-7）、板拉桥、连续梁及中承式拱桥等。分别用于跨越河流、铁路、公路以及大型馆堂建筑物。这一工艺对地形的适应也由山区进入了平原，取得了较好的技术经济效益，且施工时不影响通航，不中断通车。

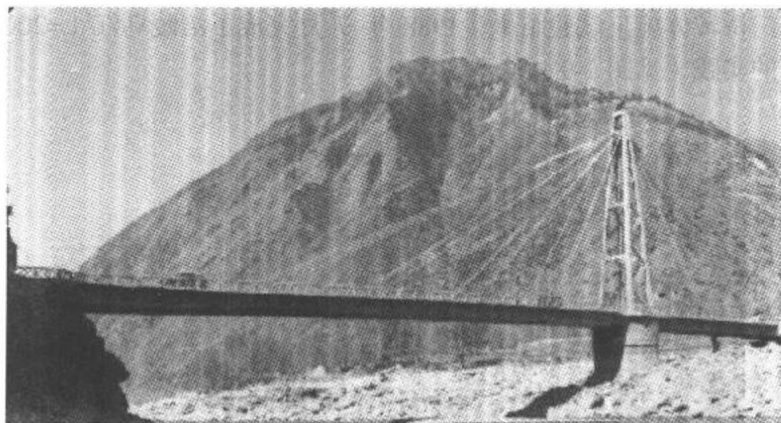


图 1-6



图 1-7

为解决大跨拱桥转体施工问题，从 1979 年以来，我们进行了“拱桥双箱对称同步转体施工工艺”的研究。1984 年结合巫山县龙门桥地形特点，进行了“拱桥无平衡重转体施工工艺”的研究，并于 1986 年完成了巫山龙门桥 $L=122\text{m}$ 箱形拱无平衡重转体施工试验桥（见图 1-8）。



图 1-8

根据巫山龙门桥转体施工试验结果，1988 年 7 月完成了涪陵乌江 $L=200\text{m}$ 拱桥双箱对称同步转体施工的实践（见图 1-9）。

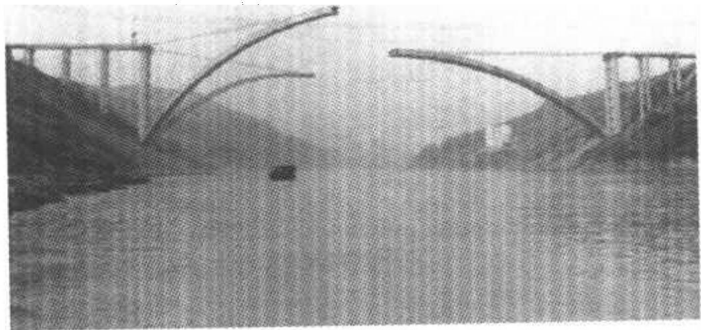


图 1-9

在这一时期，自贡市水电局于 1984 年完成了 $L=100\text{m}$ 桁架渡槽的竖转施工，1985 年南昌体育馆完成 $L=88\text{m}$ 拱竖转施工（见图 1-10），1990 年广元完成 $L=70\text{m}$ 三滩沟刚架拱竖转施工（见图 1-11），1999 年 7 月广西梧州完成 $L=170\text{m}$ 钢管混凝土拱桥竖转施工（见图 1-12）。



图 1-10

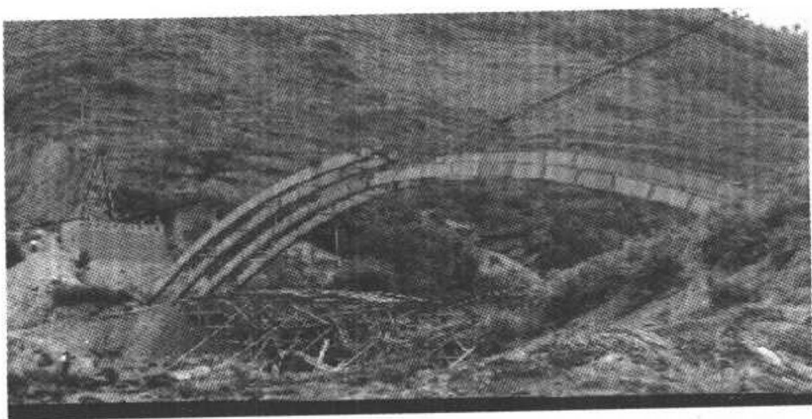


图 1-11



图 1-12

1993 年，郑州铁路局为适应跨越铁路编组站，不影响通车的需要，采用竖转与平转相结合的转体施工工艺，建成了 $L=150\text{m}$ 的安阳钢管混凝土拱桥。

1999 年，为不影响珠江口通航，广州丫髻沙大桥采用竖转与平转相结合的转体施工工艺，建成跨径达 344m 钢管混凝土中承式系杆拱，转体质量达 $13\,685\text{t}$ （见图 1-13）。在平原区修建大跨径拱桥取得了突破性的进展，为我国桥梁建设创造了新纪录。



图 1-13

第二节 转体施工基本方法

1. 平衡转动体系转体施工的基本方法

将拱圈分为两个半跨，分别在两岸利用地形做简单支架预制拱箱（或拼装桁架），利用

结构本身及结构用钢组成扣锚体系，张拉扣索使拱箱（或主桁）脱架，拱箱(或主桁)、平衡重、转盘上板及扣索组成转动体系（其重心通过转轴中心），借助于预先设置的具有摩擦系数很小的环形滑道，用卷扬机（或千斤顶）牵引，将拱箱转至河心桥轴线就位合拢（见图 1-14）。

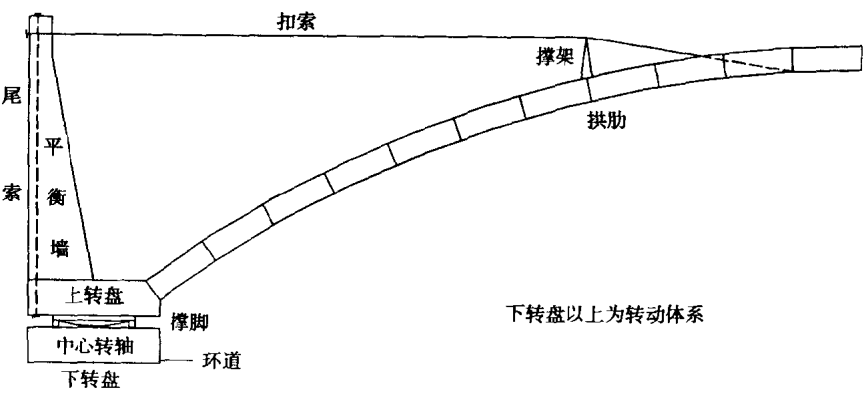


图 1 14

2. 无平衡重转体施工的基本方法

无平衡重转体施工工艺,具有三大体系,即锚固体系、转动体系及位控体系。

(1)锚固体系 （见图 1-15、图 1-16）

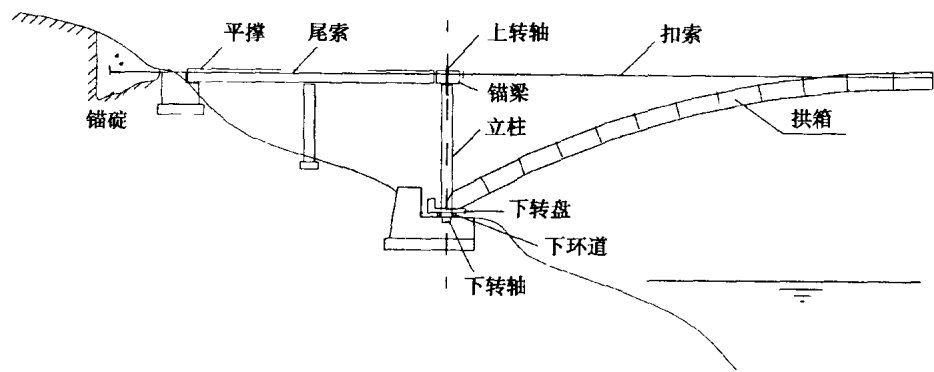


图 1 15

锚固体系由锚碇、尾索、平撑、锚梁及立柱组成。锚碇设于引道及边坡岩层中，锚梁支承于立柱上，两个方向的平撑及尾索形成三角形稳定机构，使上转轴为一确定的固定点拱箱转至任一角度，则锚固体系平衡拱箱扣索力，从而可省去平衡转动体系的庞大平衡圬工。

(2)转动体系（见图 1-15）

转动体系由上转轴、下转盘、拱箱及扣索组成。

上转轴由埋于锚梁中的轴套、转轴和环套组成。扣索一端与环套相连，另一端与拱箱顶端连接。转轴轴套与环套间均可转动（见图 1-17）。



下转盘为一马蹄形钢环，马蹄形两端各有一走板，两个走板在固定的滑道上滑动。两走板上方各做一铰座，拱箱拱脚两侧各做一铰，支承于铰座上，马蹄转盘卡于下转轴外，下转盘与滑道、下转轴与环道之间均有摩阻系数很小的滑道材料，可以转动（见图 1-18）。

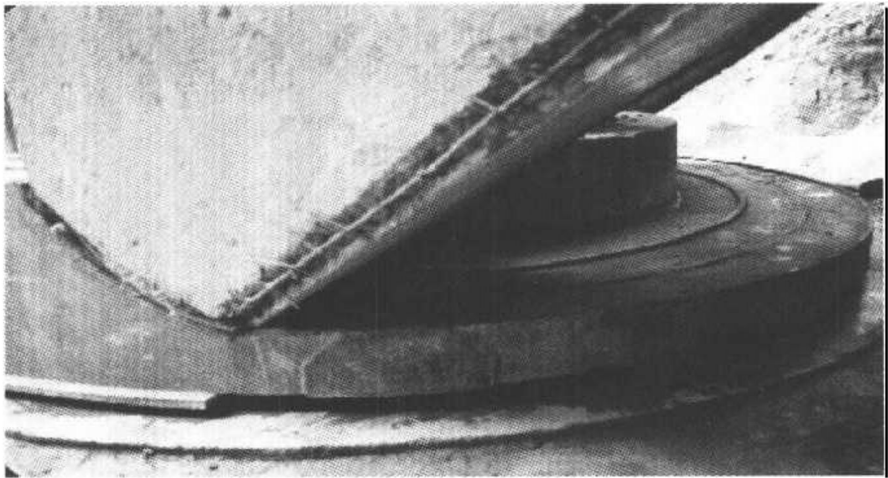


图 1-18

(3)位控体系（见图 1-19）

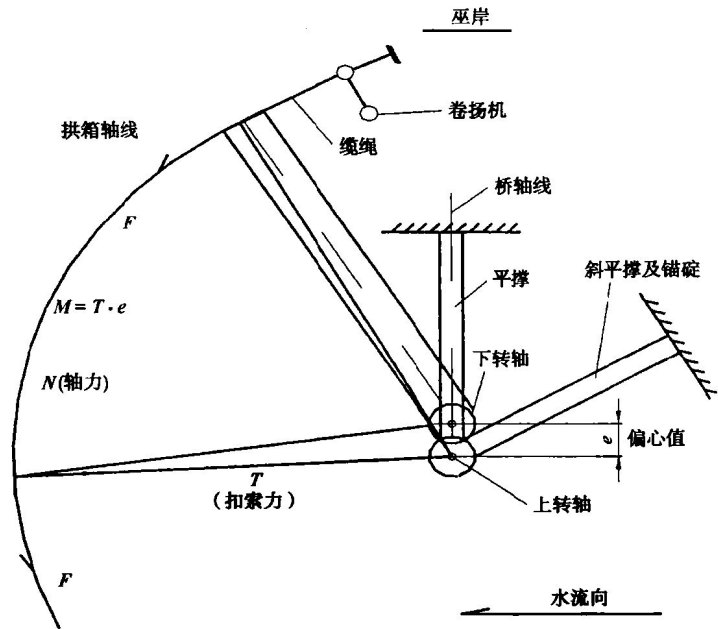


图 1-19

上转轴与下转轴间设有一偏心值 e ，扣索张拉到设计吨位 (T) 后，拱箱离架，扣索力 (T) 产生一个向外的分力 (F)，即形成一个向外自转的力矩 ($M_{\max}=Te$)。因此，必须在拱箱顶端用一缆风索将拱顶拉住。用一台卷扬机放缆风索，拱箱即可自动向外转体就位。缆风索完全控制了拱箱转体速度与位置，这就是位控体系。

3. 竖转施工工艺的基本方法

为解决平原区宽坦河流上建桥及拱式馆堂建筑的需要，将拱体结构在地面上预制拼装，利用桥梁转体施工方法，在我国尚属试验研究与推广应用阶段。就已建成的近 100 座桥的资料用地形及简单塔架及锚碇提机系统（或采用吊机），将结构向上竖转到设计高程，完成主体结构施工，省去庞大的拱架。从而达到节约施工用材，大幅度地减少工程造价（见图 1-10、图 1-11）。除此之外，法国采用了滑模施工，竖直浇注主体结构，安装机锚系统，将结构向下竖转至设计高程，完成主体结构施工，亦可取得较好的技术经济效益。

第三节 转体施工发展前景

1. 采用竖转与平转相结合，可用于平原区的拱桥、大型馆堂工程及其它跨越结构，可望取得较好的技术经济效益。

2. 随着新材料研究的进展以及施工阶段结构轻型化研究的不断深入，我国拱式结构分期形成拱圈的丰富经验，以及转体施工工艺的日渐成熟，将有可能利用简单的设备修建 300~500m 的特大拱桥或其它桥型的桥梁，从而省去大型施工运输设备，取得显著的技术经济效益。

现将我国用转体法施工的部分桥梁列于表 1-1。

我国采用转体法施工的部分桥梁

表 1-1

序号	桥 名	地 点	桥 型	桥 跨 (m)	桥体质量 (t)	转体角度 (°)	转体合拢历 时 (min)	转 体 方 法	建 成 时 间
1	建设桥	四川遂宁	箱肋拱	70	1 200	143	240~270	平 转	1977.3
2	新桥	四川小金县	桁架拱	46.8	365	90	90	平 转	1978.10
3	宋科桥	四川壤塘县	桁架拱	50	526	98~112	150	平 转	1979.11
4	松树坳渡槽	四川键为县	桁架拱	51.73	347			平 转	1979.11
5	曾达桥	四川金川县	独塔斜拉桥	71+40	1 344	约 90	150	平 转	1980.5
6	枣科桥	四川壤塘县	桁架拱	50	526	87~92	250	平 转	1980.11
7	鲁班水库桥	四川三台县	钢桁架	35	50	90	30	平 转	1980.
8	鲤鱼塘桥	贵州瓮安县	箱肋双曲拱	80	1 630	100~180	360~480	平 转	1981.4
9	穿洞子桥	四川黑水县	双曲拱	35	260		120	平 转	1981.11
10	渔巴渡桥	四川黑水县	双曲拱	30	274	95	120	平 转	1981.11
11	核桃坪桥	四川卧龙区	桁架拱	40	292	124	90	平 转	1982.10
12	洪溪桥	湖南洞口县	刚架拱	40	322	119~135	90~110	平 转	1983.8
13	安定桥	四川木里县	桁架拱	45	460	130	59	平 转	1983.12
14	绕腊桥	四川南坪县	刚架拱	30	192		61	平 转	1983.12
15	镇江关桥	四川松潘县	桁架拱	35	382	80~90	60	平 转	1984
16	杨村流槽桥	江西庆平县	刚架拱	67	440	100	150	平 转	1984
17	前进桥	山东济南	刚架拱	40	836	90, 180		平 转	1985.5
18	大田口渡槽	四川自贡	桁架拱	100	320	22, 30		竖 转	1985

续表 1-1

序号	桥 名	地 点	桥 型	桥 跨 (m)	桥体质量 (t)	转体角度 (°)	转体合拢时 (min)	转 体 方 法	建 成 时 间
19	跨线桥	江西贵溪	斜腿刚构	38.6	1 100	46	70	平 转	1985.5
20	石背桥	湖南洞口	箱形拱	90	1 666	93~105	150~255	平 转	1986
21	幸福桥	四川壤塘县	桁架拱	24				平 转	1986.9
22	友谊桥	四川壤塘县	桁架拱	29				平 转	1986.9
23	团结桥	四川壤塘县	桁架拱	44				平 转	1986.9
24	龙门桥	四川巫山县	箱形拱	122	424	29	1440	无平衡 重转体	1987
25	游龙桥	湖南资兴县	双曲拱	60	38	110~133	45~90	无平衡 重转体	1987
26	抚边桥	四川小金县	斜腿刚构	31	750			平 转	1987
27	涪江桥	广西崇左县	箱形拱	65	1 800	101~127	210	平 转	1987
28	水厂人行桥	江西南昌	肋拱	50				平 转	1987
29	古榄桥	广东罗定县	刚架拱	60	640	110~111.5	2×180	平 转	1987.12
30	饮江大桥	广西	箱形拱	100	3 003			平 转	
31	仙人桥	湖南保靖县	刚架拱	80	1 570			平 转	1988
32	乌江桥	四川涪陵县	箱形拱	200	750	180~300		双箱对 称同步 平转	1988
33	南昌体育馆	江西南昌	X 形拱	88				竖 转	1989
34	何东大桥	四川阿坝金川	桁架拱	75	950			平 转	1989
35	木学堡桥	四川茂县	桁架拱					平 转	1989
36	烟灯坡桥	四川茂县	桁架拱					平 转	1990
37	绵阳桥	四川绵阳市	T 形刚构	70	2 350	49	48	平 转	1990.5
38	三滩沟桥	四川广元	刚架拱	60		26		平 转	1990.6
39	三道沟桥	湖北巴东县	刚架拱	35	850	80		平 转	1990
40	红水河桥	广西天峨县	箱肋拱	120				平 转	1990.6
41	杨家沟桥	四川广元	箱肋拱	60		28		竖 转	1991.5
42	小港桥	江西德兴	斜腿刚架	62	1 300			平 转	1991.10
43	消水河桥	湖南江华县	独塔斜拉桥	95+60				平 转	1991.10
44	漠沙桥	云南新平县	双曲拱	65+65	3 000			先竖转 后平转	1992
45	西安亭桥	广东顺德县	T 形刚构	128	3 000			平 转	1992
46	景阳桥	湖北	箱形拱		830			平 转	1992
47	阿拉伯桥	四川马尔康	桁架拱	85				平 转	1993.5
48	太白桥	江西德兴	刚架拱	130	1 810			平 转	1993.5
49	樟树岭桥	江西高安	桁架拱	70	290			平 转	1993.10
50	白勉峡桥	陕西石泉	箱肋拱	105	1 643			平 转	1994.6
51	雅瑶桥	广东南海	T 形刚构	95	4 200			平 转	1994.8
52	谢叠桥	广东南海	T 形刚构	68	3 505			平 转	1994.9
53	汪家寨桥	湖北恩施	刚架拱	75	1 300			平 转	1996.11
54	三岔沟桥	湖北秭归	箱肋拱	105	1 700			平 转	1998.3

续表 1-1

序号	桥 名	地 点	桥 型	桥 跨 (m)	桥体质量 (t)	转体角度 (°)	转体合拢历 时 (min)	转 体 方 法	建 成 时 间
55	北津桥		箱梁刚构	65				平 转	
56	屯浦桥		单悬臂梁拱	72				平 转	
57	云梨桥	吴江市	连续梁拱	75		90		平 转	1995 9
58	坛丘桥		连续梁拱	85				平 转	
59	奔牛东桥	常州武进	单悬臂梁拱	80				平 转	1996
60	友联桥	苏州运河	连续梁	88				偏心 转体	
61	火炉子沟桥	湖北秭归	箱肋拱	100	1 520			平 转	1998 4
62	杉木溪桥	湖北秭归	箱肋拱	100	2 000			平 转	1998 8
63	大车铺桥	湖北恩施	刚架拱	76	2 200			平 转	1998 10
64	下牢溪桥	湖北三峡	肋拱	160	3 600			平 转	1998
65	都拉营桥	贵阳市	连续刚构	90	7 100	73		平 转	1998
66	丫髻沙大桥	广州市	钢管混凝土拱	360	13 850	117 ~ 92		竖 转 加 平 转	1999 10
67	李家沟桥	湖北兴山	刚架拱	130	1 630			平 转	2000 8
68	新二号桥	江西柘林	刚架拱	62	1 320			平 转	2000 10
69	肖儿河桥	湖北清江	刚架拱	84	1 500			平 转	2000 11
70	北盘江桥	贵州六盘水	钢管拱	236	10 400	135 ~ 180		平 转	2001 1
71	京杭运河桥	江苏	钢管拱	235		26 ~ 20		竖 转	2001