

中国土木工程学会第四届年会

论文集



1988. 11. 22—24 北京

中国铁道出版社

86.083

8907488

中国土木工程学会第四届年会

论 文 集

1988.11.22—24 北京

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国土木工程学会

中国土木工程学会第四届年会

论文集

主编 王 德 明

中国土木工程学会第四届年会

论文集

中国铁道出版社出版、发行

北京华东印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：31.25 字数：787千

1988年11月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2,000册 定价：16.00元

ISBN 7-113-00403-3/TU-58

中国土木工程学会第四届年会

1988.11.22—24 北京

组织委员会: 李国豪 (主任委员) 肖 桐 张辛泰 子 刚 李承刚 石 衡
陈明绍 刘圣化 卢肇钧 徐正忠 王业俊 佟泽霖 唐本善
蔡君时

学术委员会: 何广乾 (主任委员) 程庆国 戴 竞 卢肇钧 陈肇元 祝慕高
徐 渭

秘 书 长: 李承刚

副 秘 书 长: 杜希斌 汪森华 范立础

论文编辑组: (清华大学土木工程系) 陈肇元 陈金凤 王传志 王娴明 陈志鹏

前 言

中国土木工程学会第四届年会于1988年11月22日至24日在北京召开。这届年会，旨在总结近年来土木工程建设及各专业领域的重大成就与成果，提出今后的发展方向和重大课题，交流土木工程各学科之间带有共性的学术问题，提高土木工程的科技水平。

中国土木工程学会自1953年成立以来（其前身是1912年创建的中华工程师学会），曾先后召开过两次大型综合性年会。为了更有效地开展学术交流，自1986年起建立年会制度，并认定1986年11月召开的以大城市交通工程建设为主题的那次年会为第三届年会。本届年会为第四届年会，与学会的第五届理事会同时举行。本届年会主题更为广泛，遍及土木工程的各个专业领域，是全国土木工程界的一次重要的学术活动。

提交本届年会的论文是由我会的下属十个分科学会（专业委员会）分别征集、遴选并向学会的学术工作委员会推荐的。清华大学土木工程系受学会的委托，组成编辑组负责论文集的编辑工作，经学术工作委员会审定后共收入论文71篇。这些论文在本文集中按照各自推荐的分科学会的名称分成九个部分，其中将市政工程和城市公共交通这两个专业合成一个部分。由于学科之间的交叉，列在某一部分的论文有不少是与其他部分相通的。论文排列的先后顺序与论文的水平 and 重要性无关。

限于论文集的篇幅，对论文的字数作了严格的限制，有的不得不作出一些删节，并略去提要的内容。由于交稿时间有限制，有些4月底才送来的论文未能收入论文集。

本论文集的英文提要将另行装订成册发行。

中国铁道出版社及总编辑丁益民同志，工务工程编辑室全体同志对本论文集的出版给予了热情的支持和帮助，谨致谢意。

中国土木工程学会
1988年11月

目 录

桥梁与结构工程

1. 国内外大跨桥梁发展概略.....李国豪 (1)
2. 我国张拉屋盖结构的成就与展望.....蓝 天 (9)
3. 大跨空间结构的应用发展动向和技术问题.....董石麟 (15)
4. 中国塔桅结构发展与展望.....王肇民 (21)
5. 现有钢筋混凝土结构的倒塌分析和评定.....冯世平、沈聚敏 (27)
6. 全装配式壁板式建筑的地震破坏机理及结构体系改进研究那向谦、张良铎 (34)
7. 红水河预应力混凝土铁路斜拉桥结构系统
可靠度的研究.....孙宁、姚明初 (41)
8. 雄山大桥设计与施工.....孟庆浩、朱华民 (48)
9. 近十年来广东长大公路桥梁的桥型发展概况.....黄小洛 (55)
10. 钢筋混凝土烟囱抗震概率分析.....韩雪明、赵文欽 (62)
11. 结构顺风向和横风向的风振理论及其应用.....张相庭 (69)

土力学与基础工程

12. 土力学及基础工程在我国的发展.....卢肇钧 (77)
13. 从事砂井理论研究与实践三十年.....曾国熙、潘秋元、谢康和 (83)
14. 南海采油平台地基基础中的土工问题.....钱寿易、李涛 (92)
15. 土动力学在我国水利工程中发展的部分情况...汪闻韶、沈珠江、俞培基 (100)
16. 动荷载作用下饱和轻亚粘土的残留变形和
孔隙水压力.....周景星、刘立、尤志贤 (106)
17. 覆盖层厚度对饱和砂土液化势的影响.....滕延京 (114)
18. 高层建筑地下室基础研究.....侯学渊、巢斯 (122)
19. 裂隙粘土(膨胀土)强度衰减及对边坡
稳定性的影响.....朱梅生、吴肖茗、马骥 (129)
20. 单向压剪模型用于载荷与静探分析.....张国霞、张乃瑞、张凤林 (137)
21. 大直径桩垂直承载力的动力测定方法.....赵学勤、李达祥 (144)

隧道与地下工程

22. 我国隧道与地下工程现状与展望.....高渠清、刘启琛、张弥 (150)
23. 地下抗爆结构工程研究进展.....陈肇元、修学纯、王双进 (158)
24. 膨胀性围岩力学机制及其隧洞支护效应的数值
模拟分析.....孙钧、李成江 (164)
25. 有压水工隧洞衬砌的限裂设计.....张有天 (172)
26. 地下空间开发利用效益分析.....高伯扬、耿永常等 (181)
27. 浅埋暗挖技术在北京地铁复兴门折返线施工中的运用.....刘昌用 (188)
28. 上海首座地铁车站土建工程的特色.....王振信、薛绍祖 (194)
29. 上海延安东路越江隧道施工.....钱达仁、刘立礼 (199)

30. 浅埋松散土体中大断面隧道双侧壁导坑法的设计与施工.....史玉新 (206)
31. 鲁布革水电站引水隧洞设计.....李师贤 (213)

混凝土与预应力混凝土

32. 我国混凝土科技的发展和任务.....陈长熊 (221)
33. 预应力混凝土发展新趋向.....杜拱辰 (227)
34. 流变学与高强混凝土技术的发展.....黄大能 (234)
35. 铁路预应力混凝土结构的未来.....张琳 (240)
36. 改善骨料——水泥石界面结构配制高强混凝土.....赵若鹏 (246)
37. 硅粉高强混凝土——配制、性能、机理
和应用技术.....宣怀平、傅雁、施钟毅 (255)
38. 钢管混凝土框架柱的极限分析.....蔡绍怀、顾维平 (263)
39. 预应力度法的结构设计应用.....陈惠玲 (269)
40. 预应力钢绞线群锚张拉锚固体体系(QM体系)裴骥、慕朝英、张清洁等 (277)
41. XM型预应力张拉锚固体体系的研究和应用.....丁方儒、陈中、郭晓民等 (285)
42. 岩体加固大吨位无粘结柔性张拉锚索与氯丁胶囊止浆技术.....刘俊柏 (291)

计算机应用

43. 我国土木工程中计算机应用的现状和发展.....赵超燮、陈际明、缪兆杰 (295)
44. 发展土木工程中的专家系统.....刘恢先、刘西拉 (301)
45. 结构优化设计的几个问题.....朱伯芳 (308)
46. 钢筋混凝土构件的计算机模拟试验.....江见鲸、王际芝、沈赤、王玉庭 (315)
47. 主横梁式弧形闸门CAD集成系统.....刘世康、张家瑞、丁玉章 (322)
48. 城市混合交通流的计算机随机模拟模型.....杨俊孟、K·C·辛哈 (329)
49. 浅桩座底式海洋平台考虑结构与桩基共同
作用的地震响应.....余师和、李跃东、黄金枝 (335)
50. 非线性时变系统的动力计算方法及其在轮轨动力
分析中的应用.....陈道兴、谢天辅 (340)

港口工程

51. 八十年代的中国港口建设.....袁一虹 (348)
52. 海工钢筋混凝土结构的耐久性.....洪定海 (354)
53. 钢管桩在港口建设中的应用.....王炳煌、王明华 (362)
54. 大直径预应力混凝土管桩制造与应用.....李华 (369)

市政工程与城市公共交通

55. 市政工程建设成就与展望.....沈波、果有刚、卢英方 (375)
56. 车行立交收费所合理布局的探讨.....张海龙 (382)
57. 高等级沥青路面的平整度和防滑.....周凤瑛、梁伟光、卢铭伊 (387)
58. 广东省西樵大桥主桥设计.....黎宝松、程为和 (393)
59. 上海恒丰路独塔单索面斜拉桥设计与施工.....何灏基、王静梅、林元培 (399)
60. 北京市居民出行规律调查.....王巨铮 (405)

61. 中国城市燃气的现状与展望.....于麟、王云龙 (415)

城市煤气工程

62. 连续直立式碳化炉在中国的应用与发展.....丁 铮 (420)

63. 燃气输配系统工况最优化的研究.....刘书贞、顾剑刚、姜庆汶 (426)

给水排水工程

64. 给水排水三十多年建设和科技成就.....吴正淮 (436)

65. 发展我国城市污水处理厂的技术经济政策研究.....郭扬善 (442)

66. 混凝理论研究及工程技术开发.....高志强 (448)

67. 三种新型滤料及其过滤技术和理论研究.....姚雨霖 (455)

68. 城市污水生物除磷脱氮(A/A/O)技术的中试研究.....李成江、郑兴灿 (464)

69. 城市污水回用技术与政策.....周 桐 (470)

70. 深圳国际贸易大厦给水设计构思及剖析.....王克强 (477)

71. 计算机优化控制混凝剂投加.....王大志、柳秉洁 (485)

国内外大跨桥梁发展概略

李 国 豪*

大跨桥梁,近百年来尤其是 30 年代以来,发展迅速。1889年建成的Forth铁路桁梁桥($l=521\text{m}$)和1931年建成的George Washington公路悬索桥($l=1067\text{m}$)分别首次超过500m和1000m的跨度。

影响大跨桥梁发展的主要因素为:(1)结构材料,如高强度钢材和高强度混凝土;(2)结构形式或者说体系,如悬吊式,梁式,拱式;(3)对荷载特别是风力和地震作用的认识;(4)分析方法和工具(电子计算机)的发展;(5)制造与架设方法的发展和质量的提高。

一、悬 索 桥

采用高强度钢索于悬吊体系——悬索桥和斜拉桥——充分发挥钢索承受拉力的优越性,能达到最大的跨度。表1—1列出了主跨 $l>1000\text{m}$ 的世界大跨悬索桥。

世界大跨悬索桥

表1—1

桥 名	主跨(m)	建 成 年	地 点	细 节
Humber	1410	1981	英 国	4车道,混凝土塔,钢箱梁,斜吊索
Verrazana Narrows	1298	1964	美国纽约市	上下两层共12车道
Golden Gate	1280	1937	美国三藩市	6车道,1954年增设下纵联,加强了梁的抗扭刚度
Mackinac	1158	1958	美国密执安	4车道
南备赞瀬户大桥	1100	1987	日 本	本四连络线上桥梁之一,上层4车道,下层4线铁路
Bosporus	1074	1973	土耳其伊斯坦布尔	6车道,钢板梁,斜吊索
George Washington	1067	1931	美国纽约市	双层共14车道,其中一层建于1962年
Tagus	1013	1966	葡萄牙里斯本	上层4车道,下层双轨铁路
Forth Road	1006	1964	苏 格 兰	4车道,钢板桥道

悬索桥可能达到的最大跨度可粗略估算如下:设缆索截面为 A ,其允许应力为 σ ,倾角为 θ ,桥梁的恒载加活载 q 为缆索自重的 m 倍,则有:

$$A\sigma = H \sec \theta = \frac{ql^2}{8f} \sec \theta \quad (1)$$

代入 $q = mA\gamma$ (γ 为容重)和 $n = \frac{l}{f}$

则得

$$\max l = \frac{8\sigma \cos \theta}{m n \gamma} \quad (2)$$

设 $m = 1.5$, $n = 10$, $\theta = 30^\circ$, $\sigma = 6 \times 10^5 \text{ kPa}$, $\gamma = 77 \text{ kN/m}^2$, 上式给出悬索桥的可能最大跨度为

$$\max l = 3600 \text{ m}$$

目前跨度最大的Humber桥, $l = 1410 \text{ m} = 0.39 \max l$; 日本本四连络线上拟建的明石大桥 $l = 1990 \text{ m}$ 。

从式(2)可以清楚看出, 材料的高强(σ)轻质(m, γ)对 $\max l$ 有决定性影响。

大跨悬索桥碰到的主要问题为风力作用, 1940年美国Tacoma悬索桥($l = 854 \text{ m}$ 加劲板梁高 2 m) 在七级风($13.9 \sim 17.1 \text{ m/s}$) 作用下产生强烈颤振, 加劲梁继吊索断裂之后毁坠水中(1950年重建时采用钢桁加劲梁)。此后, 从几方面采取对策: (1) 增大加劲梁抗扭刚度, 例如Golden Gate桥于1954年增设下纵联; (2) 桥面设通风洞孔以破坏风力作用; (3) 加劲梁采用流线形箱截面, 以减少激振风力; (4) 吊索倾斜布置, 作为以缆索和加劲梁为弦杆的桁梁斜腹杆系, 以增加桥的刚度。(3)、(4)两项首先用于英国Severn桥($l = 988 \text{ m}$, 1966年建), 其后推广于Bosporus桥和Humber桥。

我国目前跨度最大的悬索桥为西藏的达孜拉萨河桥, 主跨 500 m , 1984年建成, 为单车道公路桥。

二、斜拉桥

斜拉桥自第二次世界大战后迅速发展, 它比悬索桥有几个优点: (1) 不需要缆索两端的巨大锚墩结构; (2) 它的缆索应力基本上是沿长度不变的, 能充分利用材料, 而在悬索桥则不然($\sec \theta$ 变化!); (3) 斜拉缆索在桥道结构中产生的压力对钢筋混凝土桥道有利。

表1—2列出了世界大跨斜拉桥, 其中(甲)采用钢梁的限于 $l > 350 \text{ m}$; (乙)采用预应力混凝土梁的限于 $l > 300 \text{ m}$ 。

斜拉桥的最大跨度主要视缆索的刚度, 或者说它的有效弹性模量 E_e 而定。由于缆索自重产生缆索垂度, E_e 与缆索的应力、长度水平投影 L 、容重 γ 和直索的弹性模量 E_c 有关:

$$E_e = \frac{E_c}{1 + \frac{\gamma^2 L^2 E_c}{12 \sigma^3}} \quad (3)$$

令 $E_e = e E_c$, 可由上式得出斜拉桥最大跨度:

$$\max l \approx 2L = \frac{4}{\gamma} \sqrt{\frac{3\sigma^3(1-e)}{E_e}} \quad (4)$$

取 $E_c = 1.5 \times 10^5 \text{ MPa}$, $\sigma = 680 \text{ MPa}$, $\gamma = 77 \text{ kN/m}^3$, 则得到当 $e = 0.567$ 时和悬索桥相同的最大跨度 $\max l \approx 3600 \text{ m}$ 。所以, F. Leonhardt 对意大利 Messina 海峡铁路桥提出 1500 m 跨度的斜拉桥设计方案是现实的。

大跨斜拉桥也有风振问题。但是, 一些风洞试验和我最近的理论分析表明, 情况比悬索桥好些, 因为缆索的有效弹性模量 E_e 随着缆索的应力 σ 增长, 桥梁不会出现颤振风速时随即发生的强烈的破坏性自激振动。

世界大跨斜拉桥

表1-2

	桥 名	主 跨 (m)	建 成 年	地 点	细 节
(甲) 钢 桥	Annacis	465	1986	加拿大温哥华市	组合梁, 混凝土塔
	Hooghly	457	1987	印度加尔各答	6车道, 组合梁
	湄南河	450	1987	泰国曼谷	单索面, 双室钢箱梁
	岩黑岛桥	420	1987	日 本	本四连络线上两座相邻同类
	石岛桥	420	1987	日 本	桥梁, 上层多车道, 下层四线铁路
	西明高桥	045	1985	日本名古屋	
	Saint Nazaire	404	1975	法 国	4车道
	Stretto di Rande	400	1978	西 班 牙	4车道
	Luling	376	1982	美 国	4车道
	Dusseldorf-Flehe	367	1979	联邦德国	
	New Tjorn	366	1981	瑞 典	3车道, 箱梁, 钢管拱桥撞毁后重建
	大和川桥	355	1982	日本大阪	6车道
	Duisburg Neue-nkap	350	1971	联邦德国	桥道宽36.3m
(乙) 预应力混凝土桥	Barrios de Luna	440	1983	巴 西	4车道, 双索面
	Sunshine Skyway	366	1987	美国佛罗里达	单索面, 箱梁
	Posdas	330	1984	巴 拉 圭	2车道, 1铁道
	Encarnacion			阿 根 廷	
	Brotonne	320	1977	法 国	4车道, 单箱, 单索面

在我国,斜拉桥的发展方兴未艾。1987年建成的胜利黄河桥采用钢箱梁, $l = 288\text{m}$, 同年建成的天津永河桥采用预应力混凝土梁, $l = 260\text{m}$ 。近五年来,我国建成的主跨大于200m的斜拉桥有三座,正在建设的有六座。更大跨度的斜拉桥(上海黄浦江大桥可行性方案, $l = 400\text{m}$)正在计划修建中。

三、拱 桥

拱桥的拱是悬索桥的缆索的倒置,它的截面基本上承受压力,材料的利用也是充分的。但是拱所用的钢材的允许压应力远低于缆索的允许拉应力,约为后者的三分之一弱。按照式(2),所以钢拱桥的可能最大跨度约为悬索桥的三分之一,即 $\max l = 1200\text{m}$ 。

表1-3列出了世界大跨拱桥,其中(甲)钢拱桥 $l > 350\text{m}$; (乙)混凝土拱桥 $l > 250\text{m}$ 。从表中可以看出,目前钢拱桥达到的最大跨度为 $l = 518\text{m}$,仅为 $0.43\max l$;混凝土拱桥达到的最大跨度为 $l = 390\text{m}$,也还大有发展余地。

我国目前钢桁拱最大跨度为180m(川西3号桥),钢箱拱也为180m(川西2号桥),钢筋混凝土箱拱的最大跨度为170m(四川渡口3007号桥)。我国石拱桥的最大跨度为116m(四川九溪沟桥),至今仍保持世界纪录。预应力混凝土悬臂桁架拱最大跨度为150m的

贵州剑河桥和正在设计的主跨为300m的江界河桥。

世界大跨拱桥

表1—3

	桥 名	主 跨 (m)	建 成 年	地 点	细 节
钢 拱	(甲) New River Geoge	518	1977	美国西弗吉尼亚	4车道, 桁拱
	Bayonne	510	1931	美国新泽西	4车道, 2行人道, 桁拱
	Sydney	509	1932	澳大利亚悉尼港	宽48.8m, 桁拱
	ST. Marco- I	390	1929	南斯拉夫萨格勒布	桥宽10.4m
	Fremont	383	1971	美国俄勒冈	4车道, 系杆拱, 钢板桥道, 焊箱梁
	Zdakor	380	1967	捷 克	双铰拱
	Port Mann	366	1964	加拿大温哥华	系杆拱
乙) 混 凝 土 拱	Krk- II	390	1979	南斯拉夫	车道宽10.4m, 箱拱
	Cladesville	305	1964	澳大利亚悉尼	4根预制拱肋, 车道宽22m
	Amizade	290	1964	巴 西	车道宽13.5m, 三室箱拱
	Arradida	270	1963	葡 萄 牙	车道宽26.5m
	Sando	264	1943	瑞 典	车道宽9.5m, 三室箱拱

在此, 要提出我国在80年代建成的铁路钢斜腿刚构架桥, 主跨176m, 为同类型桥的世界纪录。

四、梁 式 桥

梁式桥采用桁梁也能使主要受轴力的杆件充分发挥材料的作用。一些特大跨度的桁梁桥几乎都采用悬臂梁, 如表1—4所列的 $l > 500\text{m}$ 的大跨钢桁梁桥。主要原因为: (1) 便于整孔浮运装设吊孔; (2) 静定体系对基础不均匀沉降不甚敏感。

钢桁梁的可能最大跨度也可参照式(2)估算。近似假设: 桥墩处的负弯矩 $M = ql^2/8$ (实际上与悬臂长度有关), 此处的梁跨高比 $n = l/h = 6$, 弦杆截面积在桥孔的平均值为 A , 在墩上为 $1.25A$, 总载重为 $q = 1.5 \times 2A \times \gamma$, 即 $m = 3$, $\sigma = 170\text{MPa}$ (考虑压屈和连接折减), 则按式(2) (其中 $\cos\theta = 1$) 得出在钢桁梁桥:

$$\max l = \frac{8 \times 170000 \times 1.25}{3 \times 6 \times 77} \approx 1200\text{m}$$

它和钢桁拱桥的 $\max l$ 基本上相同, 都约为悬索桥和斜拉桥的 $\max l$ 的 $1/3$ 。这主要是因为钢材的容许应力比钢缆索的低。由于这个缘故, 在四五百米跨度这个主要采用钢桁梁, 钢桁拱和斜拉的范围, 后者在用钢量上比前者省。例如表1—4中所列的日本南港大桥 (全长 $235 + 510 + 235\text{m}$), 它的用钢量与钢斜拉桥比较方案的对比约为 $1:0.8$ (32700t : 26400t)。

实腹梁桥 (板梁和箱梁), 由于靠近中和轴的弯应力小, 利用材料的效率比较差, 因而可能达到的最大跨度小于桁梁桥。目前这种钢梁桥和预应力混凝土梁桥的最大跨度分别达到300m和260m, 详见表1—5。但是, 在美观上和维修保养上, 一般实腹梁 (拱) 桥优于桁梁 (拱) 桥。

世界大跨钢桁梁桥

表1—4

桥 名	主跨 (m)	建 成 年	地 点	细 节
Quebec	549	1918	加 拿 大	铁路桥, 悬臂梁, 1907年架设失事
Forth	521	1889	英国苏格兰	铁路桥, 悬臂梁
南港大桥	510	1974	日本大阪	4车道公路桥, 悬臂梁, 吊孔180m
Commodore J. J.	501	1974	美国法尼亚	6车道, 吊孔250m
OrleanGreaterNew	480	1958	美国路易斯安那	
Howrah	457	1943	印度加尔各答	
Mississippi	446		美国路易斯安那	4车道
East Bay	427	1936	美国奥克兰	双层公路桥

世界大跨板梁和箱梁桥

表1—5

(甲)	桥 名	主 跨 (m)	建 成 年	地 点	细 节
钢 梁	Costa e Silva	300	1974	巴西里约热内卢	6车道, 钢板桥道, 多跨连续箱梁
	Sava	261	1956	南斯拉夫贝尔格莱德	车道宽12m, 多跨连续板梁
	Zoo	259	1966	西德科隆	车道宽26.8m, 多跨连续箱梁
	Gazelle	250	1970	南斯拉夫贝尔格莱德	连续箱梁, 斜腿刚架
(乙) 预应力混凝土梁	Gateway	260	1986	澳大利亚	6车道, 宽22m, 单箱梁 $b/h=12.2/15.2$ m, 三跨连续, 箱顶
				布里斯班	长伸臂
	滨名大桥	240	1976	日 本	五跨带铰连续梁
	Koror-Babelthuap	241	1978	关托管岛	2车道, 现浇箱梁

建国30余年来, 我国钢桁梁桥得到了迅速的发展, 从50年代的武汉大桥到60年代的南京大桥和成昆线上各种桁梁式钢桥, 都标志着我国的建设水平, 现有钢桁桥的跨度纪录为:

铁路简支钢桁桥: 四川宜宾金沙江桥, $l=192$ m;

铁路连续钢桁桥: 南京长江大桥, $l=160$ m;

公路连续钢桁桥: 山东北镇黄河大桥, $l=120$ m, 为栓焊结构。

预应力混凝土梁式桥从70年代以来发展也很快。主跨已达174m的悬臂式的T构桥为1980年建成的重庆长江桥; 目前正在建造的连续刚构桥是主跨为180m的广东洛溪桥; 公路桁式下承式桥, 为正在建造的福建洪塘桥, 主跨120m。

五、小 结

随着现代化陆上交通运输的迅速发展, 人们日益要求建造安全、经济、美观的大跨, 更大跨的桥梁, 以跨越深阔的江河, 海峡和山谷。就增大跨度而言, 主要在于提高钢材和混凝土的强度和发展新的高强轻质材料, 其次为改进设计计算理论与方法和制造、架设的技术。我国在这些方面都须作出极大的努力, 以达到世界先进水平并有所创造。

参 考 文 献

- 〔1〕 Chang F K and Cohen E(1981) Long-Span Bridges, State-of-the-art. Proc. ASCE 107(ST17): 1146-1160
- 〔2〕 Leonhardt F(1982) Brücken ästhetik und gestaltung, Bridges aesthetics and design. Deutxhe Verlags-Anstalt
- 〔3〕 Thul H(1984) Bauen gestaltet die Zukunft. Beton-Verlag, Düsseldorf
- 〔4〕 Wittfoht W(1972) Tiunmph der Spannweiten. Beton-Verlag, Düsseldorf
- 〔5〕 《国外桥梁》1984年第三期, 1985年第二期: “储存在计算机中的世界大桥资料”
- 〔6〕 《国外桥梁》1987年第一期: “世界斜拉桥一览表”
- 〔7〕 李国豪 范立础: “桥梁工程的现状与展望”, 《土木工程学报》, 第18卷第2期, 1985

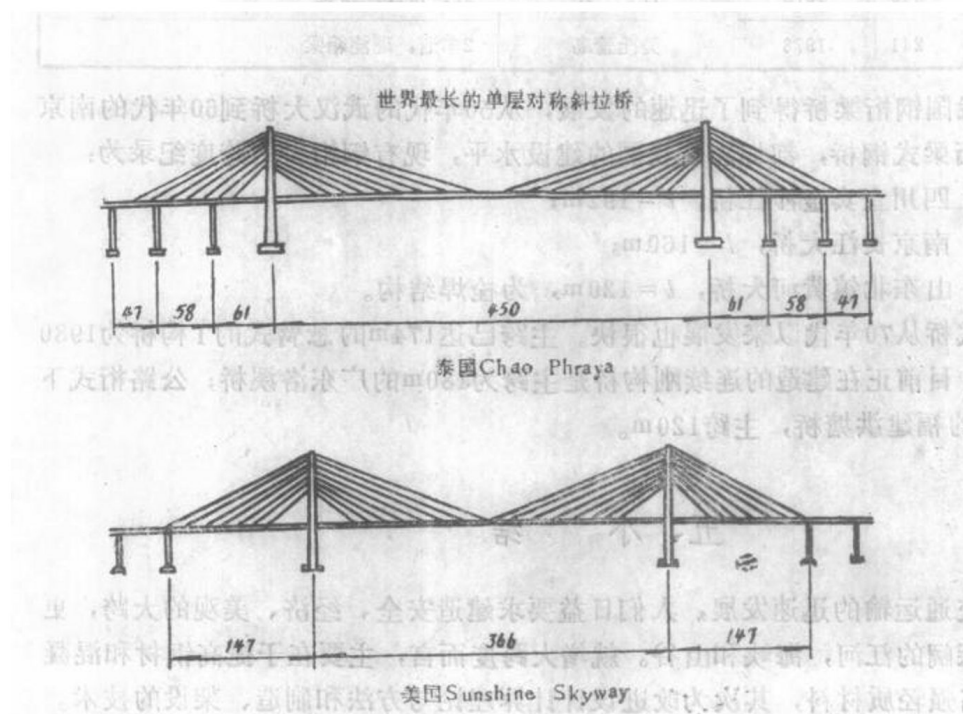


图1—2 湄南河钢斜拉桥型(泰国)和Sunshine Skyway混凝土斜拉桥型(美国)

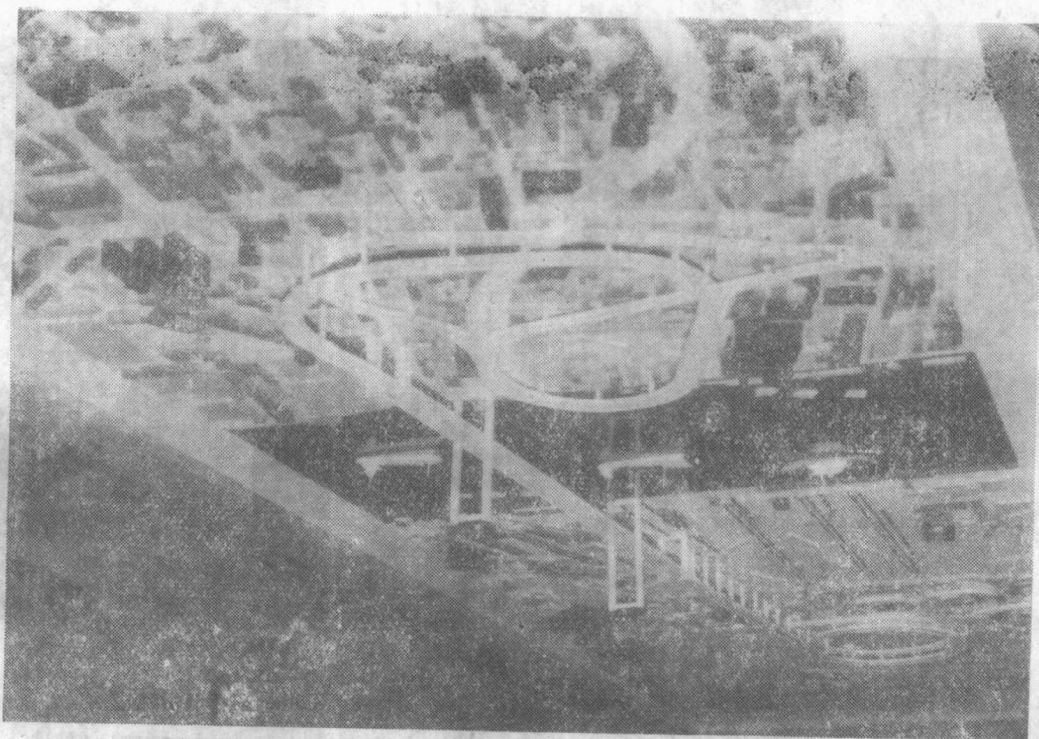


图1-3 上海黄浦江大桥可行性方案之一



图1-4 New River桥(美国)

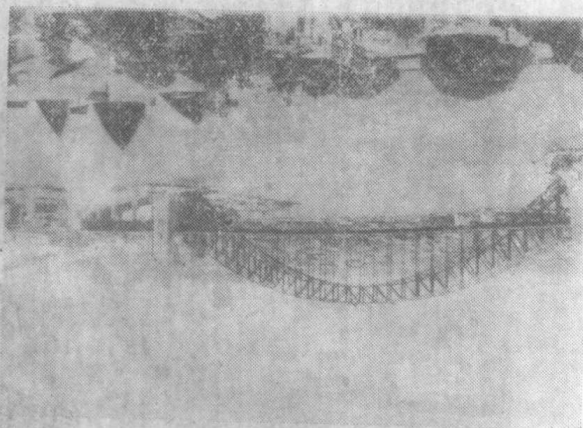


图1-5 Sydney桥(澳大利亚)

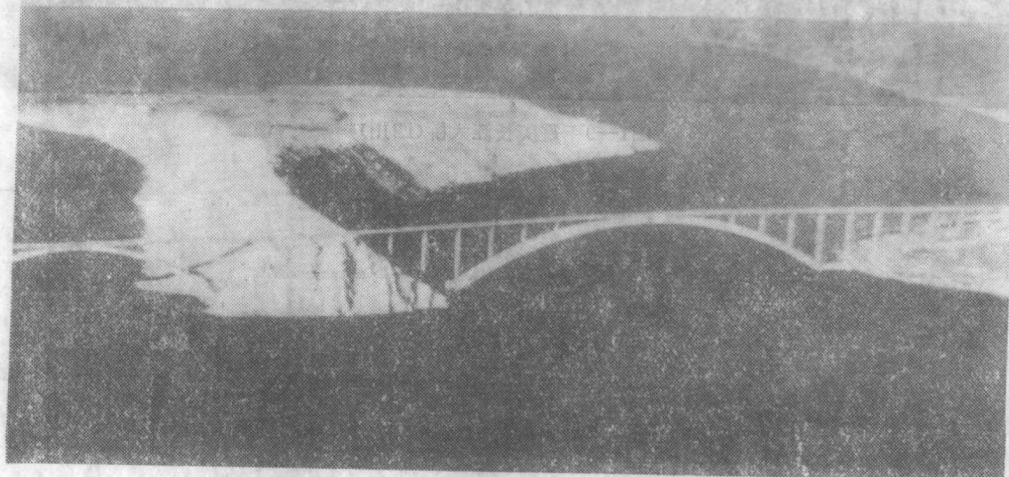


图1-6 Krk- II 桥(南斯拉夫)

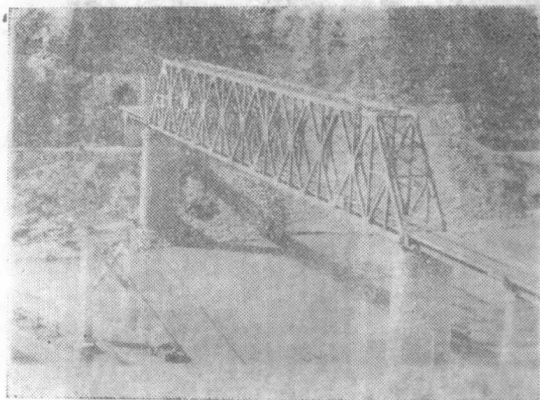


图1-7 宜宾金沙江桥(四川)



图1-8 Kohertal桥(联邦德国)

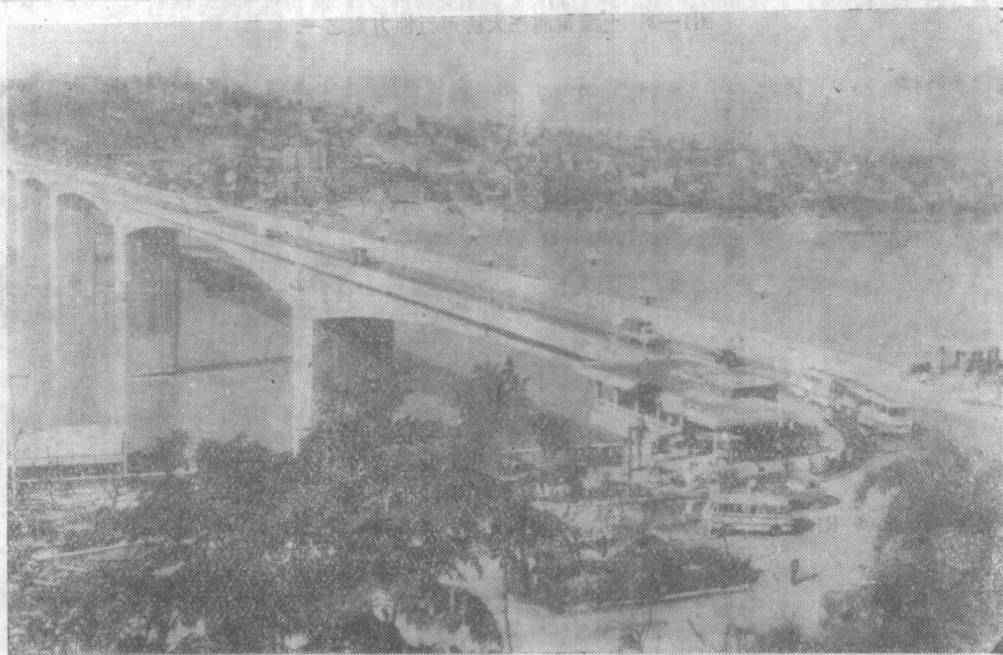


图1-9 重庆长江大桥(四川)

我国张拉屋盖结构的成就与展望

蓝 天*

一、发展概况

作为结构工程中的一种受力体系,张拉结构最适于跨越大跨度的桥梁或者覆盖大跨度的建筑。以承受拉力为主的构件可以是钢索(包括钢丝、钢丝绳及钢绞线)钢带、钢梁以及铝或织物构成的膜。最简单的张拉结构就是悬挂的索(图2—1a),这在工程中的应用已有悠久的历史,在我国古代就知道以藤、竹或铁等材料制成索桥^[1],当时大多是将桥面直接铺在多根主索上。与此类似,也可将多根索平行排列,在其上铺设屋面,从而形成了建筑的屋盖(图2—1b),但这已是二千多年以后的事了。为了行车方便,使桥面平坦,近代索桥进而将桥面悬吊在主索下(图2—1c)。上述悬索体系的缺点是刚度比较差,特别是在不对称荷载与动荷载下会产生较大的变形与振动。虽然利用重屋盖或者有加劲桁、箱形梁的桥面会提高体系的刚度,但这又加大了结构自重。因此,又出现了斜拉桥,拉索与桥面共同形成一个自平衡体系(图2—1d),这样就有助于提高刚度。如果将图2—1c或2—1d中的桥面换作屋面,则可有效地也用作建筑的屋盖。此外,在建筑方面又另辟途径,除了将主索作为承重索外,另设置与此曲率相反的稳定索,通过预应力而形成刚度很好的“拉索桁架”体系(图2—1e)。由于建筑屋盖需要覆盖的是一个面,进一步还可将相交的承重索与稳定索组成负高斯曲率的曲面,这就是“索网”体系(图2—1f)。

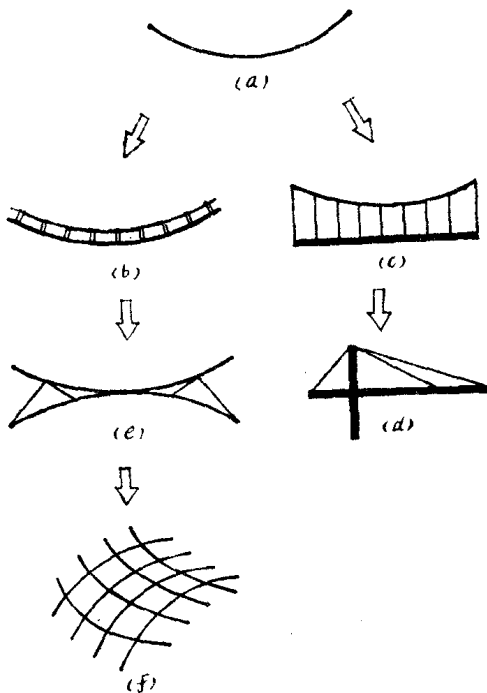


图2—1 悬索体系的演变

*蓝 天 中国建筑科学研究院

近年来,由于建筑织物的出现,在张拉结构中出现了新的分支——膜结构^[2]。这种织物是以合成纤维或玻璃纤维为基层,涂以某种橡胶或树脂为覆面层,不但具有较大的抗拉强度,而且还有较好的耐久性、耐火性、透光性与自洁性,从而使膜结构由临时性一跃而为永久性的覆盖物。它与悬索结构不同,作为围护材料的织物是与索共同受力。它与传统的帐篷也不同,织物是张紧的,在所有荷载下整个结构体系始终保持静力平衡。为使织物受拉,膜结构又可分为二类:一类是空气支承膜,这时利用空气对织物施加拉力,即在建筑物内部保持比大气压稍高的压力(图2—2)。另一类是结构支承膜,即利用某种机械手段来张拉织物,这时要设置支撑构件与拉索,以便在膜中建立预应力(图2—3)。因此,膜结构在风、雪等外荷载作用下,结构的变形就可保持在最小限度内。