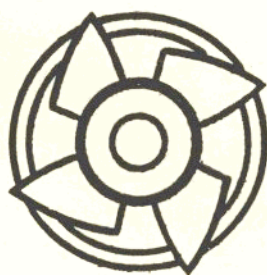


第三次 国际小水电会议 论文集 (包括大水电)



**Hydro
'88**

亚太地区小水电研究培训中心

编者按

第三次国际小水电会议由英国国际水力发电与大坝建设杂志于1988年5月4~8日在墨西哥坎昆(Cacun)举行(第一次在新加坡,第二次在中国)来自中国、墨西哥、英、美、法、德、加拿大、意大利、挪威、瑞士、丹麦、埃及、新西兰、玻利维亚、厄瓜多尔、赞比亚等近40个国家250名专家参加,在八次专题会议上宣读了有关大、小水电各个技术领域中从规划设计、施工、运行及整修方面的论文40篇。

我国水电部农电司司长邓秉礼与亚太地区小水电研究培训中心主任朱效章参加了这次会议并担任了第五次专题会议主席。会议内容广泛包括:小型与微型水电站的能量计算方法、投资估价,机组最近发展、标准化、更新与整修、防损方法,联合风力与水力发电系统等,其中大水电有抽水蓄能技术经济评价方法,用电子计算机优化水电系统的设计与运行,多种自动化电站的管理及电站投资估算方法以及世界上最大水电的规划与施工等,可供我国大中小水电站的设计、施工、运行、及整修的参考,为此我们编译了这本文集给我国大中小水电站建设与管理工作者及学校师生们参考。

第四次国际小水电会议将于1990年第四季度在马来西亚召开,我们将继续出版该会议的论文集,以交流世界各国水电方面的经验。

在编译本文集过程中得到水电专家马君寿,我中心(所)领导郑乃柏、沈纶章、童建栋等大力支持,以及一批专家承担了翻译与校审工作,特此致谢。

本文集由宣乃鼎高级工程师担任责任编辑，并由珠江能源技术开发所孙荷珍工程师协助本文集出版工作。

由于编译水平有限，不妥之处请予指正。

编 者

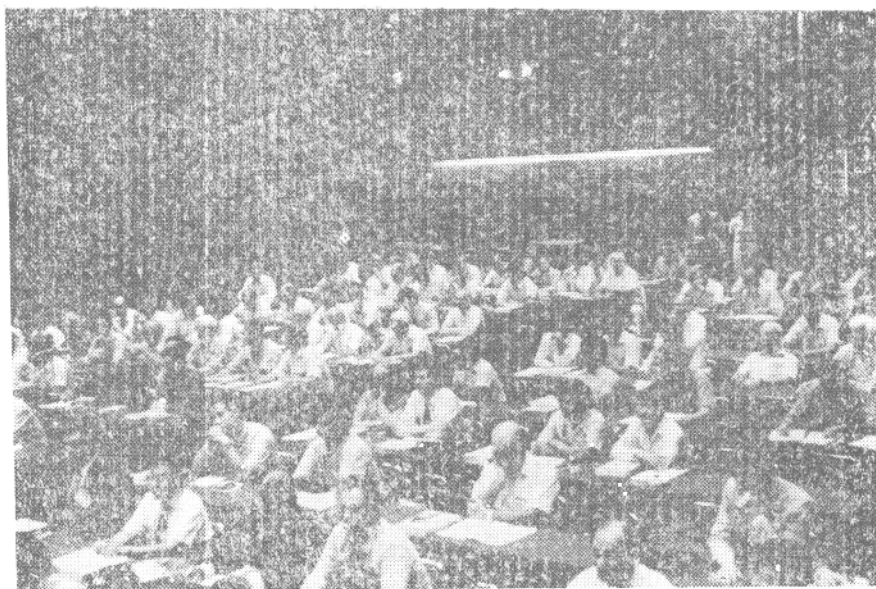
一九九〇年三月于杭州

全国政协副主席，著名水利专家

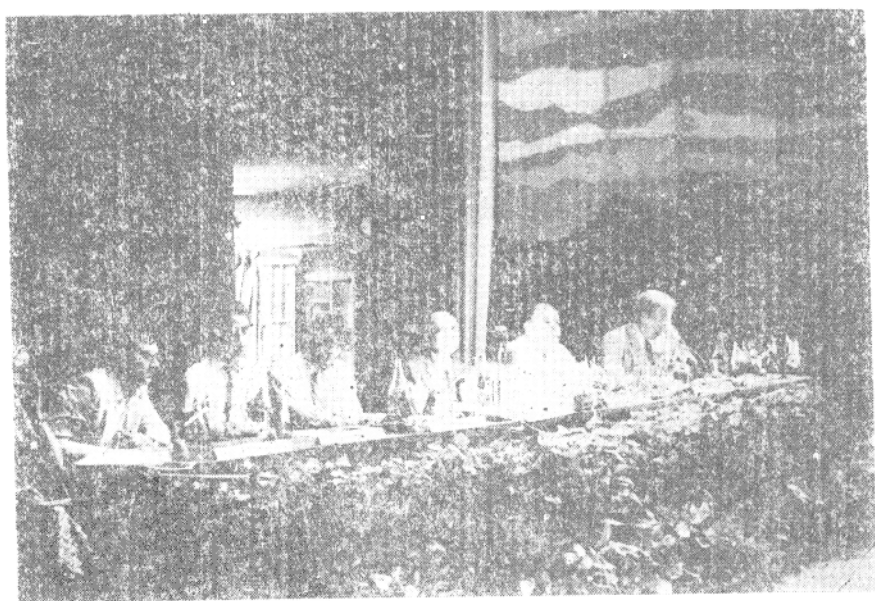
钱正英同志对小水电建设的鼓励

中国的小水电是中国
农村电气化的重要组成
部份，是一件伟大的事业。

钱正英



第三次国际小水电会议各国代表全景



第五次专题会议——小水电机组

照片中右三为主席(中国代表朱效章),其余为论文宣读者



我国出席会议的同志与会议组织者合影

右一 水利电力部农电司邓秉礼司长

右二 英国《国际水力发电与大坝建设》杂志顾问艾克。

左一 亚太地区小水电研究培训中心主任朱效章

左二 英国《国际水力发电与大坝建设》杂志主编。爱丽申·白脱尔

前 言

(英文版)

1988年水电会议论文集从规划设计到施工运行及整修,回顾了水电发展的实际概况,它是继1982年在蒙的卡罗、1984年在新加坡及1986年在中国举办的一系列小水电会议论文集而出版的。一半以上的论文涉及到小水电领域,反映了在全世界范围内对小水电与日俱增的兴趣。

1988年水电会议论文集范围很广,包括大水电及蓄能电站的规划,经济评估以及水力发电对环境生态的影响。还就拉丁美洲的水电发展举行特别研讨会。在拉美,世界上一些最大的水电项目正在规划或施工。

这40篇论文凝聚着北美、南美、欧洲、亚洲、澳大利亚和非洲等18个国家工程师的智慧结晶。

付印的这些会议论文由原作者提供文稿并按我们的规格印发。因而,编者对印刷错误概不负责。

《国际水力发电与大坝建设》杂志社出版
(国际书刊号: ISBN0617012075)

序 言 (一)

七十年代后期开始的国际小水电热，迄今仍为世界水电界注目。与此相适应，不仅联合国等官方机构出面组织了一系列国际小水电技术交流与合作项目，而且不少民间学术团体也纷纷组织了许多有关活动。英国《国际水力发电与大坝建设》杂志是有数十年历史，享有盛誉的水电刊物，也对小水电给予很大重视。在他们每年组织的各种国际学术会议中，专门安排了一个小水电国际会议系列。第一次于1982年在欧洲蒙的卡罗(Monte Carlo)举行，因当时参加人员是以欧洲为主的，故以后未列入国际会议系列。后来的正式系列排列是：第一次，1984年在新加坡，第二次，1986年在中国杭州，第三次，1988年在墨西哥坎昆，第四次，1990年在马来西亚吉隆坡。本论文集是坎昆会议的文集。

这次会议的全名是“88水力—第三次国际小水电会议。”会议目的是以小水电为主要内容的，但因在墨西哥举行，考虑拉美地区大型水电发达，故列入了一些大水电专题，交流、讨论在中、美洲规划或施工中的大型水电问题以及在拉美地区尚未开发的巨大水能资源的规划问题。在小水电方面则是想使拉美的代表听取北美、欧洲、亚洲以及澳洲的具体经验。会议参加者的面很广，包括了咨询工程师、规划、研究人员、工厂主、运行人员、政府代表、制造厂商以及经济学家等，来自40个国家。

40篇论文中，涉及小水电的有25篇。会议安排，除第一次是按地区分，着重宣读拉美国家水电情况外，其余均按专题分，其中：规划、经济、自动化以及实例讨论四个专题是大、小水电混合的，环境

保护和更新改造是以大水电为主，小型机组和研究、开发是以小水电为主。为保持这一次会议论文集的完整性，全部译出收入本集。

亚太小水电中心成立将近10年来，与亚太国家有着较多的交流与合作，但与拉美国家关系仍较少，情况了解也少。这次会议在拉美举行，促进了拉美国家的同行和我们的互相了解和联系，对我们在国际上吸取更广泛的经验并在了解情况的基础上进一步作好对外交流经验的工作是有好处的，这也是我们编译本书的目的之一。

通过多次合作，我们和英国《国际水力发电与大坝建设》杂志建立了很好的关系，这不仅对我们中心有利，而且对加强和扩大我国小水电界与国际学术界的联系也有利。该杂志编辑白脱尔女士(Bartle)对本论文集中文版发行也很重视，专门写来了中文版序言。这也是双方友好的象征，在水利部的直接领导和支持下，我们今后还将继续与该杂志合作，为促进小水电国际交流与合作，不断做出贡献。

中 国

亚 太 地 区 小 水 电 研 究 培 训 中 心

主 任 朱 汝 章

一九九〇年三月于杭州

序 言 (二)

来自40个国家约250名代表在墨西哥坎昆市举行88年水电会议,讨论水电站规划和建设的论文。这5天的会议是由《国际水力发电和大坝建设》杂志社组织的,并编为第三次国际小水电会议。作为这个会议系列,1984年是在新加坡,1986年在中国杭州举行的。

坎昆会议上宣读和讨论的重点仍是在小水电方面,拉美地区对此主题的兴趣的提高是明显的。几篇论文均谈到欧洲一些公司和中、南美小水电开发者之间的国际合作问题。

会议的范围也扩大到大水电,特别考虑到在拉丁美洲有许多规划中与在建和已运行的大水电项目,故用一个专题会议专门讨论该地区的大水电方面。

世界各国专家在8项专题会议上涉及的题目是:经济、环境、机械(包括科研与开发,技术改革设计、控制和自动化)以及更新改造。

大会组织者很高兴欢迎中国代表——水利电力部和杭州小水电中心代表,并听到一个在小水电领域具有如此长期持久经验的国家的最新发展情况。这也是1986年建立起来的合作关系的更新和继续。

经版权所有里德商业出版集团(Reed Business Publishing Group)同意出版的这本会议论文集对水电工程的技术水平提供了一个全面的论述,我们希望它将对小水电设计、建设和运行的工程师们有所帮助。

英 国

《国际水力发电和大坝建设》杂志

主编 爱丽申·白脱尔

Alison Bartle

论 文 目 录

第一次会议——拉丁美洲水力发电

墨西哥的水力发电蕴藏量.....	(1)
中美洲危地马拉博博斯河水力发电工程.....	(9)
玻利维亚的水电开发.....	(14)
巴西小水电技术.....	(21)

第二次会议——规 划

一、大水电

水力发电对国际电力交换的作用.....	(29)
用计算机模型优化水电系统的设计与运行.....	(36)
水电站保证容量确定.....	(43)

二、小水电

中国小水电及农村电气化.....	(51)
英国小水电资源的地区性评估.....	(58)
在给定区域确定小水电发电量的方法.....	(62)
南太平洋西萨摩亚群岛——乌波卢岛的水力发电开发.....	(70)

第三次会议——经 济

一、大水电与小水电

用电子计算机进行小型及大型水电工程的投资估算.....	(85)
抽水蓄能电站的经济评价方法.....	(106)

二、小水电与微型水电

微型水电站投资费用的经济分析.....	(115)
海地的小水电.....	(125)
小水电工程决策.....	(136)

第四次会议——环境保护

作为水电规划一种手段的区域河流资源评估

——太平洋沿岸西北地区河流研究.....	(141)
最新自净化进水口筛网——保护水生动物及水轮机设备.....	(151)

第五次会议——小水电机组

拉丁美洲能源组织的经验——小型水电站设备标准化	(157)
小水电机组最新发展	(169)
北美洲小水电七年现场经验	(177)
当作水轮机使用的水泵的选择与应用	(188)
极低水头站址的水轮机发展——竖井式机组	(192)

第六次会议——自动化运行管理及研究开发

一、自动化运行管理

孤立小水电站的调速与电压控制	(203)
双调压井水电厂的调节和涌浪分析	(210)
集中数据库系统在多个自动化水力发电站管理 与运行分析中的开发和使用	(213)

二、研究与开发

风力水力柴油联合发电系统	(228)
振荡水柱设备在低水头水力发电上的应用	(237)
加拿小型和低水头电站的研究发展和示范经验	(243)

第七次会议——翻新与整修

阿斯旺高坝工程水轮机的更新改造和现代化	(257)
利克希姆河的水力发电	(268)
用10台全贯流机组提高瑞士与德国利费堡电站的出力	(276)
墨西哥阿克泼列泰水力发电工程	(290)
法国电力公司水电厂运行水轮机转轮的修复	(296)
灌区发电	(305)

第八次会议——实 例

阿克密尔泊水力发电工程	(313)
高程3690米处的龙腾水力发电方案	(319)
小型水电工程进水口结构设计的准则	(329)
赞比亚勒瓦乌微型水电站实例	(337)
埃塞俄比亚径流式小水电方案	(341)

墨西哥的水力发电蕴藏量

L. 阿塞俄·推那* (Arceo Tena)

墨西哥 J. S. 阿柯斯达·乐得里给斯** (Acosta Rodriguez)

S. 勒班斯·拉兰*** (Lopez de Lara)

朱效章 译

墨西哥从1898年开始开发其水力资源用于发电,当时主要是由一些私营公司自发自用。以后,其他一些公司也陆续开发了一些火电和水电向城镇供电。

在1905—1957年间,共建造了46座水力发电站,总装机容量53万kW,其逐年安装容量如图1所示。

1937年,墨西哥政府设立了联邦电力委员会负责全国电力系统发、输、配电的规划、可行性研究、设计、施工以及运行。

两年后,联邦电力委员会开始了伊克斯他班汤哥水电站的建设。这是该委员会负责的第一座重要电厂,于1944投入运行供电。由于在建设中大量采用了墨西哥的技术措施,对全国的技术进步起了重要作用。

联邦电力委员会设立以来,迄今已建造了54座水电站,总装机容量741万kW。图2为这些电站逐年建设情况。

联邦电力委员会建立以来,全国电力系统总容量的发展情况可从图3看出,图中还可看到水力发电容量发展的比较曲线。在最后二十年中,水电的比重有所下降,这是由于火电初期投资低以及墨西哥石油大发展导致火电加速发展的原因。必须强调提出,最重要的这部份资源(水电)尚未被充分利用,这也可以看作是今后发展的重要支柱。

对于墨西哥这样的国家,为估算这部份资源(水电蕴藏量),进行一次区域性调研是必要的。考虑到全国各地不同的自然与气候特性,水力资源分布不利以及各流域不同自然条件等,故将全国分为27个水力系统,并组合为5个大区,如图4与图5所示。

虽然缺乏地图等有关资料,1964年仍开始了水电资源的评估研究工作,由于政府负责该项工作部门的努力,还是完成了全国性的可靠的地图,并在最后几年依靠这些资料作出可靠的估算,提出水电发展规划,由联邦电力委员会基本按三个阶段实施。估算的水力资源如下:

	进行研究的资源
规划	
	立项开发的资源
设计—施工	
	已开发的资源
运行	

在规划阶段完成的研究除确定开发站址外,还对技术、经济和社会的可行性作出结论。

在设计施工阶段,进行项目实施,施工。

经过以上各步骤并根据已获得的资料估计,水力发电平均年电量为1596亿kW小时,分布在570个项目,每个项目平均年电能

表1(图) 私营公司建造的水电站

电 站 名 称	总装机(kW)	完 成 年 限	州
Portezuelo 1	2 800	1898	Puebla
Ixtaczoquitlan	1 650	1899	Veracruz
Texcapa (1)	4 957	1902	Puebla
San Simonito	2 540	1903	Mexico
La Luz	396	1903	Oaxaca
Zepayutla	664	1905	Mexico
Temascaltepec	2 336	1905	Mexico
San Pedro Poruas	2 864	1905	Michoacan
Tirio	1 292	1905	Michoacan
Necaxa (1)	115 000	1905	Puebla
Las Rosas	2 800	1906	Guerrero
Platanal	9 200	1906	Michoacan
Portezuelo 11	2 120	1908	Puebla
La Trinidad	1 800	1908	Hidalgo
San Sebastian	1 200	1908	Hidalgo
Zictepec (1)	384	1908	Mexico
El Sabino	2 800	1909	Michoacan
Las Fuentes (1)	464	1909	Morelos
Botello	8 100	1910	Michoacan
Soledad	288	1910	Oaxaca
Canada (1)	1 215	1910	Hidalgo
Juando (1)	3 600	1910	Hidalgo
Puente Grande	23 400	1912	Jalisco
El Olimpo	1 370	1912	Chiapas
Tuxpango	36 000	1914	Veracruz
La Boquilla	25 000	1915	Chihuahua
Tepexic (1)	45 200	1923	Puebla
Las Junta,	15 000	1923	Jalisco
Alameda (1)	8 800	1923	Mexico
Regla	720	1924	Hidalgo
Coacoyunga	2 200	1927	Hidalgo
La Colina	3 000	1928	Chihuahua
Villada (1)	1 280	1928	Mexico
Fernandez Leal (1)	1 280	1928	Mexico
Tlilan (1)	680	1928	Mexico
Itzicuaro	592	1929	Michoacan
Rosetilla	10 250	1930	Chihuahua
Lerma (Tepuxtepec)	79 945	1931	Michoacan
Tzimol	258	1932	Chiapas
Barranca Honda	3 120	1937	Morelos
Colimilla	51 200	1950	Jalisco
Electrcquinna	1 400	1952	S.L. Potosi
Patla (1)	45 600	1954	Puebla
Schpoina	2 240	1954	Chiapas
Excame	624	1957	Zacatecas
Piedrecitas	80	1957	Chiapas
	527 509		

表2(图) 联邦电力委员会建造的水电站

电 站 名 称	总装机(kW)	完 成 年 限	州
Xia	170	1939	Oaxaca
Bartolinas	750	1940	Michoacan
Jumatán	2 130	1941	Nayarit
Caracuaro	120	1942	Michoacan
Cranados	940	1942	Michoacan
Cointzio	840	1943	Michoacan
Ixtapantongo	106 000	1944	Mexico
Zumpimito	6 400	1944	Michoacan
Rio Micos	1 052	1945	S. L. Potosi
Colotlipa	8 000	1946	Guerrero
Sta. Barbara	67 575	1950	Mexico
San Juan Viejo	228	1950	Michoacan
Las Minas	14 400	1951	Veracruz
Bombana	5 240	1951	Chiapas
El Encanto	10 000	1951	Veracruz
Texolo 11	1 600	1951	Veracruz
Tepazolco	10 880	1953	Puebla
La Planta (El Punto)	960	1954	Nayarit
Falcon	31 500	1954	Tamaulipas
Cobano	52 020	1955	Michoacan
Durazno	18 000	1955	Mexico
Ing Hector Mtz de Meza	25 200	1955	Mexico
Coalcoman	488	1957	Michoacan
Oviachic	19 200	1957	Sonora
Tingambato	135 000	1957	Mexico
Mucuzari	9 600	1959	Sonora
Temascal	154 080	1959	Oaxaca
El Salto	2 975	1959	Jalisco
27 de Sept. (El Fuerte)	59 400	1960	Sinaloa
Chilapan	26 000	1960	Veracruz
Tetela de Ocampo	100	1960	Puebla
Guazuntlan	1 600	1962	Veracruz
Mazatepec	208 800	1962	Puebla
Cupatitzio	72 430	1962	Michoacan
Tamazulapan	2 480	1962	Oaxaca
Salvador Alvarado	14 000	1963	Sinaloa
Luis M. Rojas	5 320	1963	Jalisco
El Chique	624	1964	Zacatecas
Cral. Manuel M. Dieguez (Santa Rosa)	61 200	1964	Jalisco
Cral. Plutarco Elias Calles (El Novillo)	135 000	1964	Sonora
Cral. Ambrosio Figueroa (La Venta)	30 000	1964	Cuerrero
Intiernillo	312 000	1965	Cuerrero
Agustin Ramos Millan	18 900	1965	Mexico
Camilo Arriaga	18 000	1966	S. L. Potosi

续表

电 站 名 称	总装机(kW)	完 成 年 限	州
Jose Cecilio Valle	21 000	1967	Chiapas
Malpazo	720 000	1969	Chiapas
La Villita	300 000	1973	Michoacan
Belisario Dominguez (La Angostura)	540 000	1975	Chiapas
Humaya	85 500	1976	Sinaloa
Ampliacion Angostura	360 000	1978	Chiapas
Ampliacion Malpazo	360 000	1978	Chiapas
Chicoasen	1 500 000	1980	Chiapas
Caracol	593 000	1987	Cuerrero
Penitas	420 000	1987	Chiapas
Bacurato	93 000	1987	Sinaloa
Amistad	67 000	1987	Cahuila
TOTAL	7 410 692		

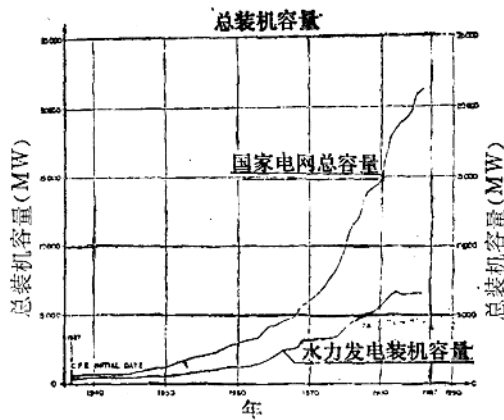


图 3 总装机容量



图 5 区域划分及水系图

地 区	水 力 系 统
北太平洋	1 Baja California
	2 Sonora
	3 Yaqui
	4 Fuerte Mayo
	5 San Lorenzo Sinaloa
	6 Baluarte-Elora
	7 San Pedro Acaponeta
	8 Lerma
	9 Santiago
	10 Costa de Jalisco
南太平洋	11 Costa de Michoacan
	12 Balsas
	13 Costa de Cuerrero
	14 Costa de Oaxacz
海 湾	15 San Fernando Soto la Marina
	16 Panuco
	17 Costa de Veracruz
	18 Papeloapan
	19 Coatzacoalcos
东南方	20 Grijalva
	21 Usumacinta
	22 Tcnala
	23 Tacotalpa
	24 Costa de Chiapas
北 方	25 Conchos
	26 Bravo
	27 Naza

图 4 区域划分及水系面

约为4000万千瓦小时或稍大。

我们将水电资源的分布按三个阶段予以简化说明, 该三阶段为: 研究阶段, 立项阶段, 开发运行阶段。图6为三阶段开发的水平。

水电资源的地理分布比其总藏量意义要大, 这可从图7中的各水力系统分析看出。如,

图6(表) 不同研究阶段的水电蕴藏量

资 源	规 划		% (国家)	装机容量 MW	% (国家)	平均电能量 百万kwh	% (国家)
研究 中		494	87	38881	69	104948	66
		26	5	7443	13	21028	13
立 项	总 数	520	91	46324	82	125976	79
	设计—施工	8	1	2559	5	7173	4
已 开 发	运 行	42*	7	7606*	13	26475*	17
	总 数	50	9	10165	18	33648	21
总 计		570	100	56489	100	159624	100

* 只考虑4003万千瓦小时发电量的电厂

图7(表) 不同研究阶段各水系的水电蕴藏量

地 区	水 力 系 统	研究 中		立 项		已 开 发		总 蕴 藏 量		
		项目	百万kwh	项目	百万kwh	项目	百万kwh	项目	百万kwh	%
北 太 平 洋 区	BAJA CALIFORNIA	1	103	0	0	0	0	1	153	0.1
	SONORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	YAQUI	11	3378	0	0	2	592	13	3970	2.0
	FUERTE-MAYO	21	4230	1	794	2	340	24	5364	3.4
	SAN LORENZO-SINALOA	21	4206	0	0	4	891	25	5097	3.2
	BALUARTE-ELOTA	16	3816	0	0	0	0	16	3816	2.4
	SAN PEDRO-ACAPONETA	14	3505	0	0	0	0	14	3505	2.2
	LERMA	6	660	0	0	3	317	9	997	0.6
	SANTIAGO	14	2591	6	5138	6	3664	26	11413	7.1
	COSTA DE JALISCO	30	3796	0	0	0	0	30	3796	2.4
	地区总计	134	26355	7	5932	17	5824	158	38111	23.9
南太平洋区	COSTA DE MICHOACAN	9	1506	0	0	0	0	9	1506	0.9
	BALSAS	43	6148	7	3605	11	8086	61	17839	11.2
	COSTA DE GUERRERO	33	6181	1	1464	1	140	35	7785	4.9
	COSTA DE OAXACA	38	10041	0	0	0	0	38	10041	6.3
	地区总计	123	23876	8	5069	12	8226	143	37171	28.3
海 湾 区	SAN FDO SOTO LAMARINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PANUCO	35	6235	0	0	2	1386	37	7621	4.8
	COSTA DE VERACRUZ	49	7404	1	345	6	1638	56	9387	5.9
	PAPALOAPAN	42	11222	2	1624	4	1479	48	14323	9.0
	COATZACOALCOS	11	3084	0	0	0	0	11	3084	1.9
	地区总计	137	27945	3	1969	12	4503	152	34417	2.16