

中国水利百科全书



水力发电分册

主 编 董毓新
副主编 马震岳 李彦硕



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



中国水利百科全书

水力发电分册

主 编 董毓新

副主编 马震岳 李彦硕



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《中国水利百科全书》的 21 个分册之一。它以条目的形式将该学科的知识内容分为：水能资源、水能规划、水能经济、水电站建筑物、水轮机、水轮发电机、水轮发电机组、水电站电气回路及变电设备、水电站运行管理、小水电、抽水蓄能电站、潮汐电站、中国水电建设、世界水电开发等 14 部分，列出条目 345 个，对其相关的基本概念、基本理论、基本方法、基本事实进行介绍。内容深入浅出，资料准确翔实，语言通俗易懂。

本书可供从事水利水电工作的工程技术人员、研究人员、管理人员和相关专业的大专院校师生查阅，也可供关心水力发电事业、期待了解水力发电知识的广大读者释疑解惑。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国水利百科全书. 水力发电分册/董毓新主编.

北京: 中国水利水电出版社, 2004

ISBN 7-5084-1073-4

I. 中… II. 董… III. ①水利建设—中国—百科全书②水力发电—中国—百科全书 IV. TV-61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 109107 号

书 名	中国水利百科全书 水力发电分册
作 者	主编 董毓新 副主编 马震岳 李彦硕
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京密云红光印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 28.5 印张 676 千字
版 次	2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001—3300 册
定 价	82.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编辑出版人员

总 编 辑	史梦熊	
副 总 编 辑	孔令文	彭志豪
编辑部主任	史梦熊	谢良华
编辑部副主任	牛慧兰	
责 任 编 辑	杜丙照	孔令文
特 约 编 辑	刘凤桐	
索 引 编 辑	杜丙照	
封 面 设 计	曲大鹏	王 鹏
版 式 设 计	王国华	
描 图 设 计	樊启玲	
责 任 校 对	张 莉	黄淑娜
出 版 印 制	黄勇忠	刘 萍 赵兰英
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心	

《中国水利百科全书》第二版

编辑委员会

名誉主任 钱正英 杨振怀

特邀顾问 张含英 严 恺 张光斗 林秉南 陈廉仪 潘家铮 陆佑楣

主任 汪恕诚

副主任 徐乾清 高安泽 顾 浩 董哲仁 朱尔明 戴定忠 周大兵

汤鑫华

委员 (按姓名笔画排序)

王学鲁 王晓东 邓 坚 朱尔明 任建华 刘 杨 刘 震

刘鸿志 刘雅鸣 汤鑫华 许新宜 孙继昌 严大考 李东序

李代鑫 李永安 李宏男 李国英 李菊根 吴 斌 吴季松

汪 洪 汪恕诚 张 野 张长宽 张红兵 张志彤 张瑞凯

陆承吉 陈云华 周 英 周大兵 周学文 练继建 姜建军

贺 平 袁 驹 顾 浩 党连文 钱 敏 徐乾清 高 波

高而坤 高安泽 高季章 郭建堂 谈广鸣 矫 勇 董哲仁

蒋旭光 程回洲 童建栋 蔡其华 蔡焕杰 薛建枫 戴定忠

全书主编 徐乾清

全书副主编 郑连第 史梦熊 吴以鳌 左东启 窦以松 任光照

常务副主编 郑连第 史梦熊

水力发电分册人员名单

主 编 董毓新

副主编 马震岳 李彦硕

学术秘书 陈 婧

撰 稿 人 (按姓名笔画排序)

丁国强	卜华仁	万学军	马震岳	王 波	王以任	王树人
牛巨山	孔昭年	邓毅国	甘良玉	石瑞芳	冉懋鸽	白 林
朱成章	刘文雪	刘兰桂	刘连希	关志诚	安盛勳	孙荣博
苏加林	李大成	李庆元	李彦硕	李浩钧	李惕先	李维藩
李景堂	杨光煦	吴培豪	邱彬如	谷兆祺	沈 磊	沈纶章
沈佩君	宋宏启	张 超	张兆祺	张克钊	张秀丽	张尚信
张铁坚	张博庭	张超然	陆钦侃	陆德超	陈 婧	陈永灿
陈其煊	陈叔康	陈昌林	陈道周	范素兰	林可冀	林旭新
林璧君	季 云	金灿鎬	周 鹏	郑 治	孟祥沛	胡德祥
施熙灿	姜树德	姚抚城	夏季华	徐恭禄	徐麟祥	高安泽
高官堂	郭 潇	唐国进	谈昌莉	黄涛珍	曹征齐	梁文浩
彭才德	董述春	董毓新	蒋水心	蒋光明	程学敏	程夏蕾
傅树红	廖仁强	谭伟民	谭培伦			

审 稿 人 (按姓名笔画排序)

丁学琦	卜华仁	马震岳	王小润	白 林	白广仁	任光照
朱成章	朱经祥	刘瑛珍	李彦硕	邴凤山	吴培豪	邱彬如
谷兆祺	沈 磊	张铁坚	陆钦侃	陈 婧	陈宗梁	范素兰
季 云	金国庆	郑连第	赵毓崑	施熙灿	黄贤鉴	程夏蕾
董毓新						

第一版序

水利在人类发展史中占有显著的地位，在中国的发展史中更起着特殊的作用。中国拥有 960 万 km^2 的国土面积，她幅员辽阔、物产富饶，为中华各族人民提供了繁衍生息的空间。但是，由于水土资源分布不均，只有在除水害兴水利的条件下，中国的土地资源才能得到开发利用。在中国历史上，兴修水利是中华民族生存发展的首要条件。五千年来，正是依靠水土资源的不断开发，中华民族才得以持续发展，并成为世界上人口最多的国家。不论是江河中下游的辽阔平原，还是山峦沟壑间的层层梯田，以至荒漠戈壁中的片片绿洲，在这广袤的大地上处处屹立着我们历代祖先艰苦创业的水利丰碑。

兴修水利，与水旱灾害作斗争，历来是安邦治国的重要措施。《管子》一书中说：“善为国者，必先除其五害”，“除五害之说，以水为始”。因此，水利的兴衰与社会的治乱相互影响。到鸦片战争以后，由于国势衰败，不但不能发展水利，甚至原有的水利设施都残破失修，水旱灾害日趋严重，江河洪水泛滥，旱时赤地千里。到 1949 年中华人民共和国成立前夕，兴修水利、整治江河，已成为广大人民的迫切要求。

中华人民共和国成立后，广泛兴修水利，大力整治江河，取得了举世瞩目的成就。截至 1988 年，全国共整修和新建了江河湖海堤防 20 万 km ；建成大、中、小型水库 82 937 座，总库容 4 504 亿 m^3 ；建成万亩以上灌区 5 302 处，机电排灌能力 6 437 万 kW ；水电装机 3 270 万 kW ；内河通航里程 11 万 km 。通过以上设施，初步

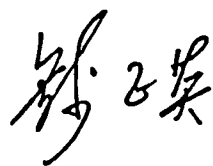
控制了水旱灾害，开始了水资源的综合利用，主要江河初步形成了防洪体系。全国的灌溉面积从1949年的2.4亿亩增加到7.2亿亩，并改造了低洼易涝耕地2.8亿亩。全国粮食产量从1949年的11 320万t增加到40 745万t。中国以占世界7%的耕地，养活了世界22%的人口。在大力兴修水利中，勘测、水文、规划、设计、施工、管理、科研、教育等方面都得到了相应发展，培养了大批水利人才，建设了一支有相当水平的水利队伍。水利建设为中国40年来的社会经济发展做出了应有的贡献。

但是，由于人口膨胀、对水土资源过度和不合理的开发，经济发展和江河的自然演变，中国水利的未来形势仍很严峻，水利工作任重道远。中国的人口已超过11亿，估计到本世纪末将超过12亿，在今后半个世纪内，将超过15亿。为此，中国的粮食生产必须再上两个台阶，到本世纪末达到5亿t，今后半个世纪内达到6亿t。由于耕地资源有限，必须大力提高现有耕地的产量，辅以合理地开发荒地，这些都要求有相应的水利措施。中国的江河治理虽取得初步成就，但防洪标准不高，江河湖海的自然演变又产生许多新的问题。中国人均占有的水资源，仅为世界人均的1/4。如何合理地开发利用和保护水资源，满足日益增长的需水要求，创造最大的经济、社会和生态效益，是摆在水利工作者面前的重大课题。总之，随着社会主义建设的深入发展，对水利工作的要求将越来越高。我们必须坚定不移地坚持改革开放，吸收国内外的先进经验，检查和调整水利工作的方针政策，提高科学技术和经营管理的水平，努力开拓水利事业的新局面。

《中国水利百科全书》是全面总结中国和世界各国水利事业经验和水利科学技术成果的重要文献，本书的出版是中国水利界的一件大事。中国历来重视水利文献的编辑出版，为后人留下了丰富的水利典籍。从汉代的《史记·河渠书》到清代的《行水金鉴》，记

载了中国历代的治水学说、重大事件和主要成就，起到了中国古代水利百科全书的作用。现在，中国的水利建设已经大大向前发展。人们早就希望，中国的水利界能发扬古代重视编纂水利文献的传统，吸取各国编纂近代百科全书的经验，编纂出版一部当代中国的大型水利百科全书，本书正是这方面可贵的成果。从1985年7月开始，历时5年，本书编委会和编辑部组织了全国有关专家、教授和工程师、经济师700多人参加撰稿、审稿，完成了这部600多万字的巨著。全书内容以中国为主，面向世界，全面地介绍了水利事业的历史和现状，汇集了有关专业的基本知识，反映了当代水利科学技术的水平。这是一部集水利精英的集体创作，不仅对水利专业人员有阅读参考的价值，而且将有助于社会各界对水利的了解和研究。当然，编纂这样一部巨著，毕竟还是一个新的尝试，大家还缺乏经验，不足之处在所难免。

我相信，随着水利事业和水利科学技术的不断进展，《中国水利百科全书》一定会在大家的关心下，继续修订，日臻完善，更好地为水利部门和全社会服务，发挥它更大的作用。

A handwritten signature in black ink, consisting of the characters '陈子强' (Chen Zhiqiang) in a cursive style.

1990年11月15日

第二版序

《中国水利百科全书》经过十年积累、探索和实践，在新世纪之初，全新面貌的第二版适时地出版了。这是中国水利界和出版界的一件大事，我表示由衷的祝贺，并有幸为之作序。

历史告诉我们，水资源和水环境支撑着人类的文明。纵观人类开发利用水资源的水利活动，大致经历了三个不同的阶段：在原始水利阶段，主要解决人类的生存问题，以人适应水的自然状况为特征；在传统水利阶段，人类积极开展水利工程建设，体现以人改造和利用水资源和水环境为特征；在现代水利阶段，进行水资源的优化配置，实现水与经济、社会、环境持续协调发展，人与水的关系以改造和适应相结合。在上一个世纪里，科学技术取得长足进步，水利科技的理性认识也日趋成熟，水利工程建设取得了空前的辉煌成绩。但是，毋庸讳言，以往在人类创造巨大财富的同时，人类赖以生存的自然资源和生态环境却遭到了十分严重的破坏。在 20 世纪里，世界半数湿地消失了，一半河流被污染，水灾害造成的损失显著增加，水行业面临普遍的危机。面对日益严峻的水环境态势，人类终于为水而忧起来。有远见卓识的科学家们聚会论道，集思广益，于是在我们共同的地球上，出现了一系列亘古未有的议题和命题。从成立国际水资源协会，到第 1 次世界水会议；从联合国全球环境与发展大会通过《21 世纪议程》，到世界水论坛和部长级会议发表《海牙宣言》；1993 年以来，每年还增加了一个节日——“世界水日”（3 月 22 日）。20 年的呼喊，告诉人们：人类是从属于自然界的，应当与自然相和谐，终于引发出一个根本的变革，人类认

识到应当一改以往的经济社会发展模式，立即实施“可持续发展”。

中国幅员辽阔，江河纵横，水旱灾害频繁，历代皆以治水兴邦立国，产生过一系列科学先进的治水理论，先民创造了无数充满智慧的造福千秋的水利业绩。中华人民共和国成立以来，水利建设也取得了无愧古人、光照世界的成就。50年来，累计修建加固堤防27万 km，治理水土流失面积78万 km²，建成大中小型水库8万多座，初步控制了大江大河的常遇洪水（小于20年一遇），形成了5 600多亿 m³的年供水能力，灌溉面积从1 600万 hm²扩大到近5 400万 hm²（包括农、林、牧），并为城市和工业的发展提供了水源。全国用水量从1949年的1 000多亿 m³增加到2002年的5 497亿 m³，其中城镇生活用水占5.8%，农村生活用水占5.4%，工业用水占20.8%，农田灌溉用水占61.4%，林牧渔用水占6.6%。全国人均综合用水量从不足200m³，增加到428m³。这些进步，为保障中国经济迅速发展和社会长期稳定创造了条件。但是，中国水利仍面临着多方面复杂的问题：防洪安全缺乏保障，水资源紧缺和用水浪费并存，水土资源过度开发造成了生态环境的恶化，水污染到了极为严重的程度，水危机已成为中国可持续发展的重要制约因素。

针对中国水资源面临的洪涝灾害、干旱缺水、水环境恶化三大问题以及其他诸多问题，中国水利发展总的战略应当是以水资源的可持续利用支持中国社会经济的可持续发展。为此，须要水利工作实现多方面战略性的转变，包括防洪减灾方面人与洪水协调共处，农业用水方面建设节水高效的现代灌溉农业和现代旱地农业，城市用水方面节流优先、治污为本、多渠道开源，防污减灾方面以源头控制为主，水资源配置方面要保证生态环境用水，水资源的供需平衡方面要以需水管理为基础，有步骤地推进南水北调解决北方水资源短缺，开发利用西部水资源要与生态环境建设相协调。

《水百》第一版面世十年来，世界和中国的水利形势都发生了巨大的变化。中国在所有国家中率先制定了国家级的可持续发展的纲领——《中国 21 世纪议程》，提出了中国可持续发展的总体战略、对策和行动方案，其中重要的一个部分是有关水资源的。中国明确了水利作为国民经济和社会发展的基础设施的地位，以三峡水利枢纽、南水北调工程为代表的一批大型水利工程开工兴建，《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国防洪法》等一批重要法律法规颁布实施，以法治水的法律体系已经初步形成，水利科学技术大发展，水利投资体制有了根本改变，水资源一体化管理改革正在逐步推开。与此同时，中国经受了 1991 年淮河和太湖洪水、1998 年长江和嫩江、松花江洪水等一系列特大洪水的考验，也遭遇持续干旱、黄河断流等危难与尴尬。人们从现实中深切地认识到，水是人类生存的生命线，是经济发展和社会进步的生命线，是实现可持续发展的重要物质基础。当代中国水利正面临着最好的机遇，全社会对生态和环境建设空前重视，水利已成为人们关注的焦点；国家对水利的投入加大，达到了新的高度；西部大开发，水利是先行，任重道远；中国加入 WTO 后，为提高经济竞争能力，也迫切要求加大水利基础设施建设。水利形势喜人。

在新世纪伊始，《中国水利百科全书》与时俱进，及时以新的版本面世。一如既往，《中国水利百科全书》是全面总结中国和世界各国水利事业经验和水利科学技术成果的重要文献。与第一版比较，第二版在许多方面有了较大的改进补充和提高。第一，扩充了内容。增加了“著名水利工程”和“地方水利”两个突出实用性的分支。各原有分支适时适量地补充了新的条目，弥补了第一版的一些疏漏。第二，更新了资料。对原有的条目尽可能更新资料和数据，以全面反映近十年来水利科技的新发展、新知识。第三，增加了载体。除了出版传统的纸质印刷本外，还出版电子版光盘。第

四，出版了分册。总知识容量的增加，使全书达到全字顺编排六卷本。为了专业读者使用的方便，按照学科专业出版了众多的分册。第五，全面提高质量。在吸收读者的意见和建议，总结第一版编纂经验和吸收国内外百科全书编纂经验的基础上，以及电子计算机等新科技在编辑、校对、排版、印刷等环节的普遍应用，使全书质量得到了很大提高。

编纂《中国水利百科全书》是中国水利系统的一项艰巨的大型文化工程，是一项功在当代、利及千秋的浩大活动。参加撰稿、审稿工作的专家、教授、学者千余人，集中了水利系统的许多精英，其中包括中国科学院和中国工程院的院士，他们多数年逾花甲，不乏耄耋长者，殚思极虑，孜孜以求，历时数载，可敬可佩；也有许多颇有造诣、思想新进的青年学者参与，埋头苦干，精益求精，体现了水利事业的活力和希望。我们应该感谢他们。

《中国水利百科全书》第二版的出版，为水利工作者和一切关心水利的读者提供了又一新的知识和信息宝库，相信它会给水利的教学、生产、科研、管理等工作带来帮助。鉴于水利是很广泛的一个学科领域，也是既大众又很特殊的一个行业，编纂水利百科全书具有首创性，本版还会有许多不足和疏漏，希望广大读者多多支持关心它，使之不断总结经验，不断修订再版，发挥应有的作用。

汪恕诚

2003年9月10日

前 言

随着可持续发展水利的实施和环境保护意识的加强,中国对水电这一可再生清洁能源的需求与认识有了新的提高。尤其是《中国水利百科全书》第一版出版后的10多年,中国水电建设成绩斐然,水力发电科学技术日新月异,在规划、勘测、设计、建设和管理等方面均取得了很大发展。到2001年底,中国水电装机总容量达8270万kW,高居世界第二位。新建成和开工兴建了多座世界级的巨型水电站,如三峡、二滩、龙滩、小湾、李家峡、天生桥一级等;为改善电源结构,中国开始兴建了大型抽水蓄能电站,广州、天荒坪、十三陵等相继建成,其中广州抽水蓄能电站总装机容量位居世界第一。这些工程的建设充分体现了中国水电建设的能力和水平。可以预见,在未来4年~5年中国水电总装机将跃居世界第一位,水利水电科学技术和建设管理水平等也将达到世界前列。

《中国水利百科全书·水力发电分册》的编纂可以说非常及时,其重要性和必要性不言而喻。分册编纂工作于2000年初启动,经过了框架设计、初稿撰写、初审、复审和终审等多个环节,到2002年最终定稿。

首先,分册主编在第一版的基础上,根据科学技术和建设实践的要求,本着体系完整、全面均衡、繁简适度的原则,提出了第二版的框架设计方案,经全书编委会讨论修改后最终确定。对保留或修改的稿件,原则上由原作者修改;新增条目和原作者不能继续撰写的稿件,聘请了新的撰稿人。主编和副主编对所有稿件逐条研读。编委会又组织近10位专家进行会议评审,部分稿件再次返回作者修改或委托其他专家帮助修改。终审由编委会委任的主审人和辅审人负责,并邀请专家审阅。

该分册条目涵盖了从水能规划、经济分析、建筑物设计、机电设备到运行管理的完整体系,主要表现为:既有梯级水电站和独立水电站,又有潮汐电站、抽水蓄能电站;重点突出大型巨型水电站,兼顾中小型水电

站；跨越整个中国水电建设历史，也包容了国际水电开发；既有稳定的技术性条目，又有大量建设管理方面的新模式、新手段条目。该分册体系完整，内容丰富，用词经过反复推敲，数据经过多次核对查实。可以说，分册编纂工作深入细致，精雕细琢，凝聚了百余位水力发电专家、学者的心血与智慧。

与第一版比较，第二版主要的变化和特点表现为：第一，框架体系更加完整科学。如：增设“水轮发电机组”牵头条目，将与机组系统有关的条目归列其下；将“水电站经济分析”和“水电站财务分析”充填内容，反映了以发电为主的工程与其他水利工程的区别；将“潮汐水能资源”扩展为“海洋水能资源”，以使其涵盖潮汐之外的波浪、海流、温差等发电形式。第二，内容大量扩充。其中有新建成和在建的大型水电站与抽水蓄能电站 30 余座；增补了中国台湾省的水电建设内容。条目增加了 75 个，总字数增加超过 1/3。第三，数据资料全面更新，采用大量的最新数据资料。第四，着重反映科学技术的进步水平。如新的水电站经济与财务分析方法，以信息技术和计算机技术为依托的水电站自动化监测和运行控制，以及气体绝缘金属封闭开关设备、变转速、高电压、海水抽水蓄能等大型机电设备的新技术成果等。

在编纂过程中，水利部给予了充分的资金保障和咨询指导；大连理工大学、中国水利水电出版社及其他建设管理、勘测设计、科研、教育等单位给予大力支持。全书副主编郑连第、任光照对本分册全部条目进行了审查把关；责任编辑杜丙照、孔令文自始至终参与了框架制订、撰稿审稿、编辑出版等工作，付出了艰辛的劳动；参与撰稿人近 90 人，审稿人近 30 人，他们大多是经验丰富、造诣深厚、态度严谨的专家教授，也有一些年富力强、善于钻研的年轻学者；也不应忘记在修订工作中担任资料收集、录入校对等工作的同志们。在此，谨向所有尽职尽责、求真求美的撰稿人、评审专家和责任编辑致以诚挚谢意。

2003 年 4 月 19 日

凡 例

一、《中国水利百科全书》按学科内容分 21 个分册。本书为其中的一个分册，内容包括本分册学科的核心知识领域。为了知识的完整性，也适当引进了与其他分册相关学科交叉的边缘领域。

二、本书以条目作为基本知识单元和基本寻检单元。每个条目主要由条题和释文组成。条题包括汉字标题及其汉语拼音和外文译称（除原苏联、朝鲜专有名称分别沿用俄文、朝鲜文外，其他外文译称均采用英文。个别条目难以给出外文译称的暂不附）。释文中包含必要的图表，篇幅较大的条目设置有释文内的层次标题。部分条目的释文后附有参考书目，是供读者深入学习知识主题、开阔眼界的图书。

三、本书条目按学科体系分类，顺序排列。正文前的“条目分类目录”给出了本分册学科体系的脉络层次及条目所在页次。对无释文的条目，在其后夹注被参见条目的名称及其所在的页次。

四、本书设有少量没有具体释文的条目。当两个条目的含义完全相同时，其中一条作为“参见条”，在参见条的条题后注明“见××××（指被参见条的条题，用楷体字排印）”，例如：“岩溶 见喀斯特”。当一个条目的知识内容基本包含在另一条目释文中时，也作为参见条，在参见条的条题后注明“参见××××（指被参见条的条题，用楷体字排印）”，例如：“正常蓄水位 参见水库特征水位”。

五、一个条目的释文内容涉及其他条目，需由本书或其他分册的相关条目补充的，作出“参见”标示。当被参见的条题在本条释文中出现时，该条题用楷体字排印，例如：“在山丘区有山洪、泥石流、山体坍滑灾害”；当被参见的条题未在本条释文中出现时，另加括号注明，该条题用楷体字排印，例如：“金开始筑堤，至清康熙、乾隆年间，堤防逐渐完善（参见北京市防洪）。”

六、本书编制有“内容索引”，包括全部条目的条题及其释文内隐含的概念和重要资料的主题。按简式索引设计，条题和主题词按汉语拼音字母顺序排列，其中条题用黑体字排印。

七、本书采用规范化的现代汉语文体（引文内的文体不受此限制，但引文过于深奥的，则在条目释文中释俗）。本书所用汉字，除必须使用繁体字的场合外，一律使用 1986 年重新发表的《简化字总表》中规范的简化字。

八、本书所用科学技术名词术语，以行业标准和全国科学技术名词审定委员会公布的名词为准。

九、本书一般使用公元纪年，年代以 0～9 作为起讫。凡述及历史使用旧纪年的，在其后夹注公元纪年。

十、本书数字的使用遵照 GB/T 15835—1995《出版物上数字用法的规定》。

十一、本书计量单位的使用遵照 GB 3100～3102—93《量和单位》和行业标准 SL 2.1～2.3—98《水利水电量和单位》。在表达量值时，一律使用单位符号。

十二、本书统计数字一般截止到 2000 年底。统计数字采用国家统计局和国务院有关部委正式公布的数字。