



地球科学·

DIQIU 水 与 城市 KEXUE SHUI YU CHENGSHI

王恒礼 程 新 李复兴 毕孔彰 主编

地质出版社

地球科学·水与城市

王恒礼 程 新 李复兴 毕孔彰 主编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书为首届“地球科学·水与城市”高峰论坛的论文集,分5个部分:地球科学与水、城市与水、水与城市案例分析、历史上的水与城市、水文化,共收录了论文36篇。

本书可供关心城市发展与水资源、水环境关系等问题的相关专业的管理者、研究人员、高校师生及普通读者参阅。

图书在版编目(CIP)数据

地球科学·水与城市 / 王恒礼等主编. —北京:
地质出版社, 2011. 10

ISBN 978-7-116-07412-5

I. ①地… II. ①王… III. ①水资源 - 学术会议 - 文集 IV. ①TV211 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 205244 号

责任编辑: 柳 青

责任校对: 王 瑛

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324573 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 850mm × 1168mm 1/32

印 张: 13.125

字 数: 350 千字

印 数: 1—800 册

版 次: 2011 年 10 月北京第 1 版

印 次: 2011 年 10 月北京第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-07412-5

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

目 录

地球科学与水

中国的淡水资源问题	张宏仁 (3)
关于水、水资源学科的几点论说	
——学习《中共中央、国务院关于加强	
水利改革发展的决定》的点滴启示	吴凤鸣 (17)
以科学发展观认识世界城市的水资源与人口	吴季松 (35)
水是城市的生命线与水是生命	余谋昌 (44)
水土与地球	
——几项水土保持非常规技术	哈秋龄 (54)
水观：“构建节水型社会”的哲学思考	王 维 (63)
大旱和缺水是地球深部排气排热造成的	杜乐天 (72)
搞好水土保持生态建设 促进城市协调持续发展	
.....	焦居仁 (75)

城市与水

饮水安全与城市可持续发展	赵飞虹 李复兴 (89)
“水元素”是现代城市发展的核心要素	董 琦 (115)
水与城市规划和发展的	李复兴 李贵宝 (121)
我国水资源及对城市发展的制约	赵仑山 (133)
关于生态城水资源的思考	张文波 吴 晶 (147)

镇江市生态城市建设的可行性研究	金晓媚 李洪文 (164)
城市水系规划编制探索	
——以杭州市为例	徐承华 (171)
城市群规划中的水环境承载力评价研究	
..... 张发旺 陈 立 程彦培 董 华 (183)	

水与城市案例分析

水活滨州城	王少青 (199)
建设现代宜居城市 树立水环境设计新理念	
..... 顾 辉 王维凤 (208)	
河道景观工程助推水资源配置以城市为中心	孙景亮 (217)
北京水故事五则	孔令文 (228)
SPR 技术系统将城市生活污水变成城市的第二水源	
——SPR 污水再生回用高新技术为解决城市缺水和	
水污染危机提供技术支撑	廖泰泉 汤丽华 (242)

历史上的水与城市

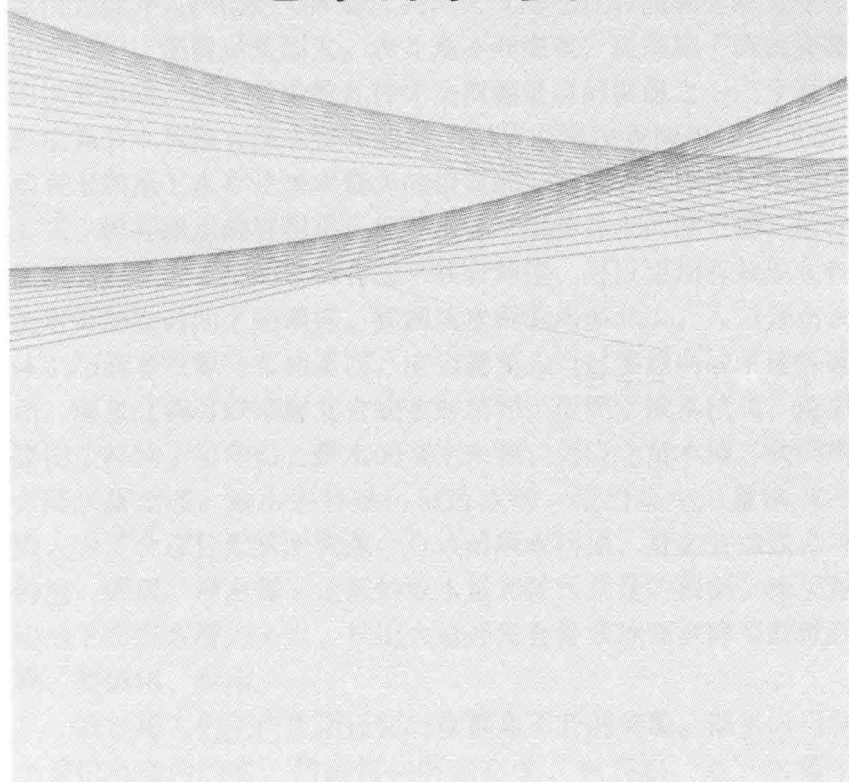
中国历史上的水与城市	郑连第 (263)
中国古代的城市供水	何寿平 (286)
中国最早自来水工程的经典	
——皖南宏村水系	薛福存 (294)

水文化

从大禹治水到中华民族的精神聚合	徐日辉 (303)
论城市水文化建设的必要性和意义	陈兴茹 (314)

丽江水文化初探	耿鸿江	(326)
浅谈现代京城水文化	李振海	(330)
中国古代典型水城水域景观及文化内涵初探	陈兴茹	(342)
从中外比较视角看当前中国水文化		
建设存在的问题与对策	尉天骄 孙佩锋	(356)
水文化遗产现状及保护的思考	刘延恺 谭徐明	(365)
问水欧洲	耿鸿江	(372)
幸福,请从关爱河流开始	汪永晨	(386)
智慧之基 文明之源	成 凯	(389)
非物质文化遗产保护与水	杜 洋	(396)
水育人杰 灵动潇湘		
——浅谈湖湘水文化	刘 璐	(403)
后 记		(410)

地球科学与水



中国的淡水资源问题

张宏仁

(原地质矿产部副部长、国际地科联主席)

淡水是可再生资源，靠大气降水补给。静态库容只是调节空间，不能解决长期供水需要。我国单位面积淡水资源并不少，接近全球平均值，但由于人口密度比世界平均高3倍，人均淡水资源仅为世界人均值的1/3弱。我国大气降水在时间和空间上分布极不均匀，使蒸发量加大。农业离不开灌溉，更加剧了淡水资源的供需矛盾。淡水是少数几种无法依赖进口的资源之一。今后只能依靠节水和现有淡水资源的科学调节来解决我国的用水问题。地表水和地下水都是淡水资源的组成部分。地表水体传导水的能力强，但存储水的容积小；地下水含水层传导水的能力弱，但存储水的容积大。把两者结合起来联合调度，可以更加有效地实现淡水资源在时间上的调控。我国淡水资源南多北少，人口分布大体上与淡水资源分布相适应，应当避免人口过多地向缺水地区流动。南水北调可以缓解北方缺水的局面，但调水成本较高，应主要用于特殊干旱年份，供水的基本来源，仍应立足本地。我国南方降水量充沛，缺水主要是污染造成的，应当集中力量治理污染。为了合理分配淡水资源，有效治理水污染，有必要加强流域的统一管理。规定每一地区的取水量和排污总量的限额。深层封闭地下水资源潜力不大，长期大量开发会导致地面沉降等严重后果，要慎用、少用。

淡水是人们生产生活任何时候都离不开的资源。似乎应当属于常识范围内的事。然而每当听到有关“地表水、地下水哪个

更重要”的争论，好心人关于“地球上最后一滴水”的警告，某某地方“地下大水库的发现”，以及一方面惊呼中国出现了“世界上最大的漏斗”，另一方面又把希望寄托于寻找新的深层地下水源，就感到人们对淡水资源的认识并不一致。而认识是否符合淡水资源的客观规律，对正确决策有很大影响。

一、淡水资源的主体靠自然再生，静态库容的作用是以丰补歉

各种自然资源均可划分为两大类：可再生资源 and 不可再生资源。这种划分的含义可以用一个家庭的经济收支平衡账来形象地说明。

大多数家庭每月都有经常性的收入。如果支出小于收入则把多余的钱存入银行。如果支出大于收入，就要动用银行存款。可以用公式简单表述如下：

$$\text{银行存款的增量} = \text{收入} - \text{支出}$$

为了保证家庭可持续的生活，总是力图量入为出，每个月都略有节余。于是银行存款逐月增加。然而一旦有额外的消费需求，比如购买大件商品、假日旅游等，就可以用平时多月乃至多年积攒的存款。对这一类家庭来说，平时生活主要靠经常性的工资收入，银行存款的功能只是调节余缺。我们可以说，这样的家庭所依靠的财政资源是可再生的。

然而，社会上还有极少数人，他们没有经常性的工资收入，但祖先给他们留下了一大笔遗产存在银行里，如果不任意挥霍足够用 100 年。对这些人来说，上述公式中的收入项等于零，银行存款每个月都是负增长。直到花光为止。这些人的财政资源显然是不可再生的。用一点就会少一点。

矿产资源显然属于不可再生资源。以煤为例，其是在漫长的地质历史中形成的。现在地球上某些地方由植物变为煤炭的过程

仍在进行，但进行得极为缓慢。每年新生成的煤炭与全球每年消费的煤炭相比微乎其微，可以忽略不计。我们今天所开采的煤炭，实质上是大自然留给人类的遗产。由于地球上煤炭的储量很大，足够满足几百年的需要，目前可以不必为今后发愁。再过100年，人类总能找到别的替代能源。

森林资源则属于可再生资源。因为林木不断地新生，只要合理规划，就可以保证每年砍伐量不大于再生量。如果砍伐量大于再生量，林木积蓄量就要减少，反之则会增加。

淡水资源的情况略为复杂一点，它的主体属于可再生资源。但在极特殊情况下，出于无奈，也有把地下地质历史上储存的水当做不可再生资源使用的例子。

地球的大气层是一个庞大的、以太阳能为动力的蒸馏水工厂。它不断地从海洋和地面把水蒸发上天，再以降水的形式向人们居住的陆地提供淡水。平均每年陆地上的大气降水约为119万亿立方米。扣除蒸发蒸腾损失，每年仍有42.7万亿立方米可转化为人类有可能利用的淡水资源。远远超过目前全人类每年约4万亿立方米的用水量。在可以预见的未来，淡水资源是永续不断的。不可能出现“最后一滴水”的危机。因此，从总体上讲，人类完全可以依赖可再生的淡水资源满足可持续发展的需要。

然而，淡水资源在地球上的分布很不均匀。有一些干旱地区降雨量极少，可再生淡水资源接近于零。如果这些地区人口稀少，又有地质历史上埋藏的、水质符合需要且存储量能满足当地不多的人口上百年需要的地下水，就可以在相当长一段时期靠“吃老本”过日子。例如在非洲北部的撒哈拉沙漠就有地质历史上埋藏的淡水，为埃及、利比亚等国提供了可供当地人口上百年需要的淡水。类似的条件，在地球其他地方极为罕见。

地下含水层储存的地下水可以和银行存款相类比。它能应付短时间入不敷出的紧急情况，但不能满足长期可持续发展的需要。

此外，地下水的储存量也有不同于存款的地方。提取第一笔存款与提取后一笔存款在手续上没有区别。而随着地下水储存量的减少，地下水位随之下降。超过一定限度，即使有水也难以利用。

二、我国地均淡水资源并不贫乏，人均淡水资源少是人口多的结果

我国一些地区淡水资源供需矛盾日趋严重的状况，给人造成一种印象：好像中国是淡水资源特别贫乏的国家。这种印象并不符合实际。一个地区淡水资源的丰富程度可以用单位面积平均淡水资源来评价。全世界可再生淡水资源每年为 42.7 万亿立方米，全球陆地面积为 1.34 亿平方千米，或者 134 万亿平方米。于是：
全球单位面积淡水资源 = 全球淡水资源 ÷ 全球陆地面积 = $42.7 \text{ 万亿立方米} \div 134 \text{ 万亿平方米/年} = 319 \text{ 毫米/年}$

我国可再生淡水资源每年为 2.8 万亿立方米，国土面积为 960 万平方千米，单位面积淡水资源为 292 毫米/年。相当于全球平均值的 91.5%。由此可见我国并不是淡水资源特别贫乏的国家。国土面积和我国差不多的美国，单位面积淡水资源为 317 毫米/年，差别也不大。然而，由于我国人口众多，单位面积人口密度是全世界平均值的 3 倍。因此，人均淡水资源仅为全世界的 1/3 弱。目前广泛引用的数字是 1/4，实际上更接近 1/3。美国则由于人口密度仅为中国的近 1/5，人均淡水资源因此约相当于我国的 5 倍。总之，我国淡水资源紧张，并不是由于资源贫乏，而是由于人口众多。

三、淡水资源不能依赖进口，只能立足于国内

在各种自然资源中，淡水资源是用量最大的资源。所有其他

自然资源用量的总和也抵不上淡水资源的一个零头。淡水又是最廉价的资源，经不起大量长距离运输。我国地势较高，大部分国际河流是出境河，只有新疆有少数入境河流。这一状况排除了淡水资源依赖进口的任何可能性。除非全球气候有重大变化，今后淡水资源总量预计不会有实质性的改变，而人口还将有所增长，不论今后国民经济如何发展，经济规模翻几番，都只能立足在现有每年 2.8 万亿立方米淡水资源的基础之上。在这一点上，有的人仍抱有开辟新来源的希望。以下本文将证明：开源虽有一定前景，但不可能对我国淡水资源总量有重大影响。

四、我国淡水资源时空分布极不均匀，加剧了供需矛盾

尽管我国人均淡水资源仅为全球平均值的 $1/3$ 弱，每人每年仍有 2300 立方米。按目前的消费水平是够用的。然而我国的淡水资源无论在空间上还是在时间上的分布都极不均匀。这就进一步加剧了供需矛盾。

淡水资源的更新主要靠大气降水。我国大部分国土处于北半球中纬度干旱带，本应比较干旱。幸好来自太平洋和印度洋的东南亚季风带来了水汽。但也导致降水量分布的极度不均匀性。我国南部和东部降水量较多，而西北干旱。大体上，昆仑山、秦岭、淮河一线以南，总体上不缺水。如果有缺水问题，一般也主要是由污染造成的。而西北地区则干旱少雨，淡水资源因而比较贫乏。

应当指出，我国几千年来一直以农业为主。农业又与淡水资源紧密相连。由于千百年随机流动的结果，我国的人口分布大体上与淡水资源的分布相适应。一般不宜轻易改变。随着我国生产

力的发展，依附于耕地的农业人口的比重将逐渐减少。人口按耕地分布的前提将逐渐弱化。向干旱地区迁移人口将不再具有很大的必要性，任何向干旱、半干旱地区的移民，必然增加该地区对淡水的需求，进一步扩大淡水资源的供需矛盾，一定要慎之又慎。

淡水资源在时间上分布的不均匀性是导致我国北方供需矛盾紧张的重要原因。从多年平均降水量来看，我国华北许多地方虽不算很丰富，但也不能算太少。以北京为例，年降水量平均为 630 毫米，和法国巴黎、俄罗斯莫斯科、奥地利维也纳、匈牙利布达佩斯等差不多，比英国伦敦、德国柏林还要略多一些。那么为什么欧洲比较湿润，而我国华北比较干旱呢？这是由于欧洲许多地方降水量随时间的分布，无论是年内还是年际都出奇的均匀。这是一直生活在亚洲大陆的人所难以想象的。

欧洲大部分地区空气湿度大，蒸发量远小于降水量。我国北方地区与欧洲相比反差极为强烈。以北京地区为例，6、7、8 月 3 个月的降水量，占年总降水量的 $\frac{3}{4}$ 以上，而从 11 月到次年 4 月的半年时间的降水量不到全年降水量的 $\frac{1}{10}$ 。由于旱季延续时间很长，年蒸发量大多在 1000 毫米以上，远远超过年降水量。不仅年内，而且年际降水量变化也很大，连续 3 年的干旱时有发生。大气降水只有一小部分能转化为有效的淡水资源，大部分被重新蒸发上天。此外，由于雨季降水过于集中，经常有一部分水库装不下的降水以洪水的形式入海，无法加以利用，有时甚至造成洪灾。欧洲降水均匀带来的另一个好处是农田灌溉用水不多，大气降水能满足农作物生长对水的大部分需要，许多地方甚至完全不需要灌溉；留给工业及生活用的水资源就比较多了。而我国，特别是北方地区，农业离不开灌溉。农田灌溉用水占用了淡水资源的绝大部分，能留给生活和工业生产用的水资源很有限。

总之，降水量随时间分布的不均匀性，一方面使有效淡水资源减少；另一方面使农业用水量增多。这大大加剧了淡水资源的供需矛盾。

五、找矿与“找水”

我国的淡水资源是否还有未被发现的潜力。有人把希望寄托在“找水”上。

地表水不存在“找”的问题，一切都摆在光天化日之下，比较清楚。“找水”实际上指的是找地下水。“找水”的提出显然是受“找矿”的影响，特别是“找油”的影响。石油是含油层中的流体，地下水也是地层中的流体。可以找油，为什么不能找水呢。当然，石油天然气和地下水的流动都遵循渗流力学的基本规律。有许多可以相互借鉴的东西。但是有一点根本不同：石油天然气是不可再生资源，地下水的主体只能是可再生资源。

作为不可再生资源的矿产，开采一点，已探明的资源量就会少一点，早晚会枯竭。为了保证可持续发展，必须努力寻找接替资源。而且大多数情况下确实有矿可找。因为，由于人们认识的局限性，远不是所有的矿产都被查明。整个找矿的历史可以归结为：露头矿找完了找隐伏矿；浅部矿找完了找深部矿。这种经验推广到淡水资源领域里来就成了：地表水不够了找地下水；浅层地下水不够了找深层地下水。

然而，地下水完全是另外一回事。前面已经讨论过，地下水的储量只能用于调节丰枯，而不能依靠它长期生活。人类可以依赖的主要是不断更新的可再生淡水资源。而这种资源就在我们眼皮子底下，并不需要专门去“寻找”。从宏观战略的大账着眼，“找水”并不能解决淡水资源的“开源”问题。

但在某些既缺乏地表水、浅部地下水含盐量又高的干旱地

区，有的地方地下深部有水质较好的含水层。于是就提出了深部含水层“找水”的问题。深部含水层绝大多数属于封闭的承压含水层，由于极难得到大气降水的补给，所含的淡水资源属于不可再生资源。大量长期开采这种深层地下水会导致地下水位迅速下降和地面沉降。只有在人少地广、单位面积取水量很小的条件下，如为边防哨所和牧区人畜饮用供水，或者在极端干旱年份短期用水，可以适度开采这种资源。

还有一种情况可以被称为“找水”，那就是在缺乏有效含水层的地区，如大片花岗岩或变质岩分布的地区。在这些地区需要用地质、地球物理的方法，寻找隐伏的构造破碎带。因为只有在岩石破碎的地段，才有足够的孔隙存储和传导地下水，简单地说，只有这种情况才能使水井或其他集水工程出水。

不管是哪种情况，“找水”并不能解决淡水资源的战略性大账，而是主要着眼于人口不多的缺水居民点人畜用水问题。

那么，淡水资源开源的潜力何在？淡水资源潜力不在于“找水”，但也不是没有潜力可挖。可以从减少我国大气降水在时间上分布不均匀性造成的损失方面，想办法挖掘潜力。主要有两个方面：一是夺取蒸发量。我国，特别是干旱地区，大气降水的大部分被蒸发上天。这里面潜力是很大的。二是夺取入海弃水。由于汛期降雨量集中，地表水库没有足够的库容拦蓄洪水，有一部分水白白跑到海里去了。这部分水如果被拦蓄起来，水量也是很可观的。

然而，这两条说起来容易，实际上做起来却很难。要夺取蒸发量，就要设法让大气降水更多地渗入地下，减少太阳的暴晒。要夺取入海弃水，就要设法把汛期的洪水存储起来。为此就需要有足够的调节库容，地表水库就是为此而修建的。北京潮白河上的密云水库多年平均来水量 10 多亿立方米，而库容有 40 亿立方

米，是一个可以实现多年调节的好水库。可惜，在大多数别的流域，现有的地表水库和预计可以修建的地表水库加在一起，总库容仍远不足以满足这一要求。而地下水含水层则具有比地表水库大得多的调节库容。

因此，无论是夺取蒸发量还是夺取弃水，地下水含水层都具有极其重要的作用。

六、地表水体与地下水含水层的关系

在许多人的心目中，地表水和地下水是两种不同的水源。这是一种片面的看法，不利于对整个淡水资源的科学、合理的利用。从作为可再生资源的角度看，地表水和地下水都来自大气降水，而且，它们还相互转化。以新疆、甘肃的内流河盆地为例。盆地底部的极少量降水几乎全部被蒸发而形不成任何有效的淡水资源。当地的淡水资源主要来自盆地周围山区的降水以及随后的积雪融化。这些水汇集到山区的河流中奔向山麓，有很大一部分渗入到由砾石、粗沙组成的山前洪积扇中，转化为地下水。洪积扇的碎屑物质从上游向下游逐渐变细，传输地下水的能力也逐渐减弱。最后地下水被臃阻在洪积扇的边缘而以泉水的形式溢出地表，又转化为地表水。在那些地区，人为地划分地表水和地下水资源，没有实质性的意义。

从更广泛的意义上讲，河流的流量在一年的很长时间要靠地下水维持。河流具有很高的传输地表水的能力。雨季的大气降水汇入河川以后，会在很短时间内被排放入海。雨季以后许多河流河水常流不断要归功于地下水含水层。地下水含水层能存储大量由降水入渗形成的淡水。由于地下水含水层传输水的能力远低于地表水体，雨季存储在含水层中的地下水只能缓慢地释放出来。所有这些涓涓细流，最后汇集到河川中，形成可观的流量，保持