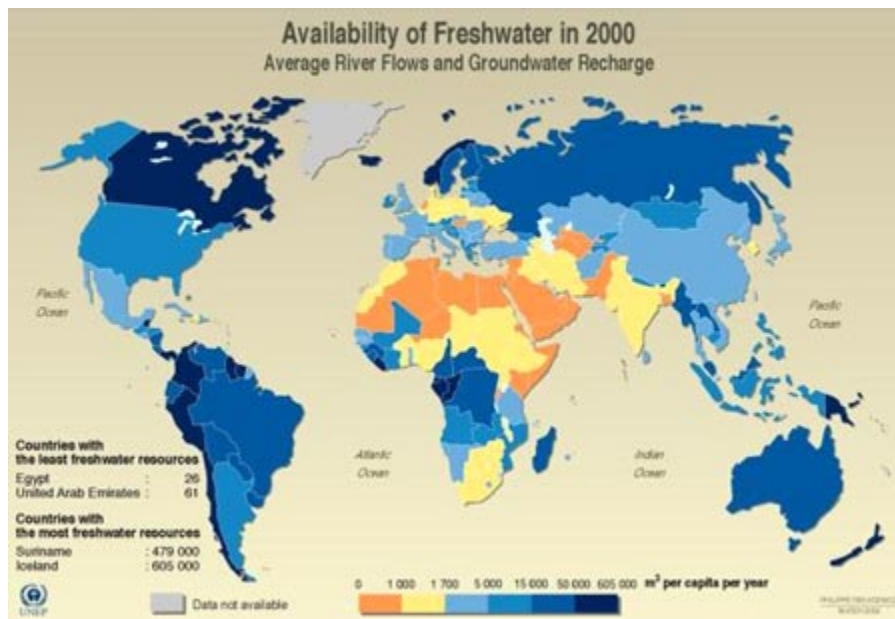


水

地球上绝大部分的水是咸水，淡水资源仅占总的水储量的2.5%。大约70%的可利用淡水资源又以冰川的形式冻结于南极和格陵兰岛，因此人类可利用的水仅为世界总的水储量的0.7%。而在这0.7%的可利用水中，大约87%被用于农业。

很显然，这些数据揭示了人类所面临的严重的缺水问题。目前世界人均水占有量不足1700立方米/年。



Source: World Resources 2000-2001: People and Ecosystems: The Fraying Web of Life. World Resources Institute, Washington DC (2000).

Figure 1: Freshwater availability: groundwater and river flow (2000). In [UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library](#). Retrieved 15:50, March 26, 2008.

2007年进行的世界农业水资源管理综合评估显示了平均每3个人中就有1个人面临缺水问题。大约12亿人，相当于世界1/5的人口居住在自然性缺水地区，同时有另外16亿人，即大概世界1/4的人口面临经济性缺水(国家缺乏必要的基础设施从河流和含水层中获取水)，而这些国家几乎都是发展中国家。

目前主要有四个因素加剧缺水问题。

人口增长：上个世纪，世界人口已增至过去的三倍。估计到2050年，人口可能从目前的65亿增至89亿。目前水资源的使用正已高于上世纪人口增长率两倍的速度增加。而且世界上越来越多的地区长期遭遇缺水。

加速的城市化进程将会导致人口愈加密集，从而更加强调水需求问题。在未来20年里，仅亚洲城市人口就有望增加10亿。

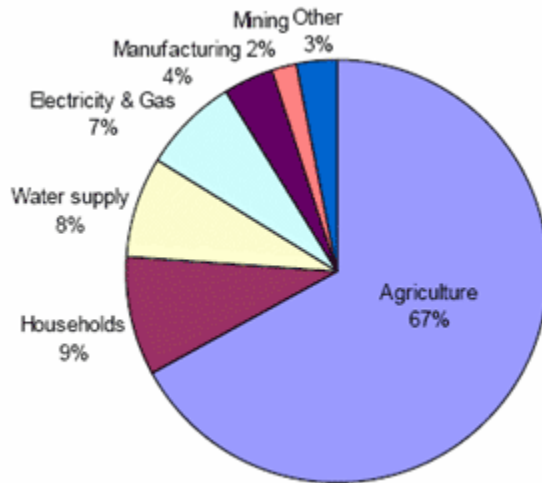


Figure 2: Water use in the world (2005)

高水平的水资源消费：随着世界各国日益发展,当地人均用水量将会大幅度增长。

全球气候变化将会缩减淡水资源储量。

水资源和气候变化

未来水资源缺乏会日益加剧。具体有如下几个原因:

首先，极不均衡的空间和时间上的降水分布导致了世界范围内水资源 短期内的显著变化 (Oki et al., 2006)。例如，智利的阿卡特马沙漠年均降雨量极少，而印度的 Mawsynram 和 Assam 地区年平均降水量可达450英寸。如果全球的淡水储量可以依照人口平均分配，每年每人将可享有5000至6000立方米的可利用淡水资源。

其次，由于温度和相对湿度的不同，水蒸发量变化很大，因此会影响地下水的再供给。

雨量大而周期短的降雨(意味多径流，少渗透)，伴随增加的蒸散量(由地表挥发到大气中总的水蒸发量和植物的蒸腾量)和灌溉将会导致地下水的溃乏。

水循环

水循环始于地表或海表的水蒸发，水蒸气随着空气上升直至形成云并最终以雨的形式降落。降雨被陆地吸收或流入海洋，进而再次开始进行无止境的水循环。地下水回灌所需要的时间因降雨量强度而异。

根据牛津大学的Pr. Andrew Goudie的研究，大气中增加的温室气体可导致的水循环和相应的气候变化主要包括：

- 降水的季节性分布和降水量的变化；
- 大多数情况下降雨强度增长；
- 雨雪平衡的变化；
- 蒸发和蒸腾总量增加，土壤水分减少；
- 温度和降水变化导致植被变化；
- 土地资源管理的相应变化；
- 加速的冰河融化；
- 许多地区火灾增加；
- 海平面上涨导致被淹没沿海区域增加和湿地损失；
- 二氧化碳作用影响植物生理，进而导致植物蒸腾降低，水利用率提高。

降雨量和干旱模式的变化

据预测的年降雨总量变化, 热带和高纬度地区降雨量有望增加，但是亚热带地区特别是其极地边缘降雨有可能减少。因此，纬度性变化有可能影响水资源分布。总体看来，从80年代以来在介于南纬10度和北纬30度地区降雨已经有所减少。缺水将会在许多地区变的更为严重，尤其随着全球变暖的加剧。

降雨强度的增加有可能导致一个地区对于多种因素的易感性增强，这些因素包括：

洪水

土壤侵蚀率

大规模土地运动

土壤水可利用度

这些因素会影响一些构成GDP的主要经济因子，如农业生产力，土地价值和地区的可居住性。另外，气候变暖加速了地表旱化，从而使可通过地表流入地下的水量减少。土壤水的减少降低了水的向下运动，因此降低了地下水的供给(IPCC)。在降雨和土壤水分都减少的地点，地表干旱加剧，而且相应区域对缺水更为敏感。

尽管对于降雨模式变化将如何影响径流的预测并不精确，参照历史记录，温度每升高1°C，全球径流将有可能增加4% (Labat,2004)。依照这个预测，未来水蒸发，蒸腾和降雨总量至本世纪末会导致全球径流量增加7.8%。这会在增加一个地区降雨量，径流量的同时增加洪水发生的可能性。

并且，在可利用地下水储量已经极为有限的地区，这种循环会随着暖化的气候和减少的水供给而加剧。在面临缺水压力的地区，多变的降雨模式可能进一步减弱地下水补给能力。同时，不健全的管理，高架水表，人口增加导致的过度用水及主要来自农业生产增长的用水需求都在加速消耗水供应(IPCC)。

根据Dai etal的一个最近的全球分析，PDSI的变化表明1970年以来，以干旱为显著特点的地区已增至两倍之多，而同时期内湿润地区却有少量的减少。在一些敏感地区，温度升高导致了水供应的减少。1900到2005年间，西亚和南亚地区的降水都降低减少了7.5%。

伴随着气候变暖，世界上大部分沙漠地区，如纳米布，卡拉哈里，澳大利亚，塔尔，阿拉伯，巴塔戈尼亚和北撒哈拉等都可能出现更少的降雨和径流量。另外，半干旱和干旱地区可能会出现流量减少以及降雨模式季节性转移。如果气温增加导致水循环加剧，有可能出现更多极端天气现象，如旱季延长，洪涝加重。

冰川融化

水供给也会受冬季气候变暖的影响。冬季变暖使冬天积雪减少，因而导致夏天水供给减少。这一供水途径在主要依靠冰川径流获得河流补水和地下水补给的中纬地区和山地尤为重要。冬季气温升高最初会导致冰川融化水量迅速上涨，继而随着冰川面积不断缩小，夏季融化水相应减少。据IPCC估计冰川径流量的降低会影响世界大约1/6的人口。

安第斯山脉的冰川径流已呈现降低趋势，过去冬季惯常的来自冰川的水补给已显不足。安第斯的居民如阿尔多部落的人有可能注意到了已经分散成诸多小块的冰川正是冰川径流减少的原因。这种逐渐分散的冰川也增加了未来冰川径流进一步减少的可能。在这些地区，大约三分之一的饮用水来自冰川供给。因此，如果冰川水持续融化，而水补给减少的趋势继续，未来的水储量预计不容乐观。

水质

来自城市，工业和农业生产用水的污水不断增长，然而淡水水体净化污染的能力有限。水质恶化也是导致水资源匮乏的一个原因。

尽管IPCC预计21世纪，全球变暖会在一定程度上增加全球平均降水量，但是这未必增加可饮用水的总量。

原因之一就是增长的径流和降水量携带更多的养分，病原体和污染物导致水质量的下降。这些污染成分最初储藏于地下水中，但是增加的降水把这些成分从排放水中冲刷出去。

类似地，当干旱持续，容易恢复储量的地下水被耗尽而剩余的通常是劣质水。这是由来自地表，周围土层的盐渍或污染水的渗漏所导致，也有可能是受含有某种大量高浓度元素的临近水源影响所致。

水质恶化的一个重要原因源自水温的升高。水温升高可导致水环境微生物的迅速滋生，这些微生物在其它载体中会对人类健康有不良影响。此外，由于生物对温度的敏感性，水温升高对水生态系统中的生物也有不利影响。一个水体，例如河流要依赖生存其中的生物降解帮助其进行自我净化。如果水中的溶氧量减少，此过程会受到阻碍。而水温升高会降低水体持氧能力。

另外，降水时污染物被冲进水道及饮用水储库，对健康有严重影响。

对沿海地区人口的影响

沿海地区的水质易受盐渍化或供应水中增加的含盐量所影响，由此而引起海平面上涨(预计到本世纪末，海平面会上涨14cm-44cm)。海平面上涨也会继而提升地下水和河口的含盐浓度。海平面升高不仅会扩张盐渍化区域面积，而且会弱化沿海区域的淡水可利用性。沿海城市人口的增长使得地下水更易遭受污染，不断增长的用水需求也使得水储备逐渐减少，这些也是导致盐水入侵的原因之一。

参考文献

Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K.L. Ebi, M. Hauengue, R.S. Kovats, B. Revich and A. Woodward, 2007: Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 391-431.

Goudie, AS (2006). Global Warming and Fluvial Geomorphology. **Geomorphology** [Volume 79, Issues 3-4](#), 30 September 2006, Pages 384-394 37th Binghamton Geomorphology Symposium - The Human Role in Changing Fluvial Systems.

Huntington, T. G. (2005). Evidence for Intensification of the Global Water Cycle: Review and Synthesis. *Journal of Hydrology*, 319, 83-95.

Konikow, Leonard et al. (2005). Groundwater Depletion: A Global Problem. *Hydrogeology* (13), 317-320.

Nearing, M.A. et al. (2005). Modeling Response of Soil Erosion and Runoff to Changes in Precipitation and Cover. *Catena*, 61, 131–154.

Oki, Taikan et al. (2006). Global Hydrological Cycles and World Water Resources. *Science*, 313.

Vorosmarty, Charles et al. (2000). [Global Water Resource: Vulnerability from Climate Change and Population Growth](#). *Science*, 289.

其它相关参考

World Water Assessment Programme. 2003. *Water for People, Water for Life: The United Nations World Water Development Report*. UNESCO: Paris.

Kabat, Pavel, Henk van Schaik, et al. 2003. Climate changes the water rules: How water managers can cope with today's climate variability and tomorrow's climate change. *Dialogue on Water and Climate: The Netherlands*.

FULL TEXT: <http://www.waterandclimate.org/report.htm>

Dialog on Water and Climate. 2002. *Coping with Impacts of Climate Variability and Climate Change in Water Management: A Scoping Paper*. *Dialogue on Water and Climate: The Netherlands*.

PDF: <http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/papers/dwc.pdf>

Nijssen, Bart, Greg M. O'Donnell, Alan F. Hamlet, and Dennis P. Lettenmaier. 2001. "Hydrologic Sensitivity of Global Rivers to Climate Change," *Climatic Change*, Vol. 50, No. 1-2, July, pp. 143-175.

Vörösmarty, Charles J., Pamela Green, Joseph Salisbury, and Richard B. Lammers. 2000. "Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth," *Science*, Vol. 289, 14 July, pp. 284-288.

PDF: <http://www.soils.wisc.edu/soils/courses/451/Science289%20-%20Global%20Water.pdf>

Arnell, Nigel W. 1999. "Climate change and global water resources," *Global Environmental Change*, Vol. 9, Suppl. 1, October, pp. S31-S49.

Frederick, Kenneth D., and David C. Major. 1997. "Climate Change and Water Resources," *Climatic Change*, Vol. 37, No. 1, September, pp. 7-23.

Major, David C., Kenneth D. Frederick. 1997. "Water Resources Planning and Climate Change Assessment Methods," *Climatic Change*, Vol. 37, No. 1, September, pp. 25-40.

Boorman, D. B., and C. E. M. Sefton. 1997. "Recognising the Uncertainty in the Quantification of the Effects of Climate Change on Hydrological Response," *Climatic Change*, Vol. 35, No. 4, April, pp. 415-434.

Frederick, Kenneth. 1997. "Water Resources and Climate Change," *Resources for the Future*: Washington, D.C.

PDF: http://www.rff.org/issue_briefs/PDF_files/ccbrf3.pdf

Rind, D., C. Rosenzweig, and R. Goldberg. 1992. "Modelling the hydrological cycle in assessments of climate change," *Nature*, 358, pp. 119-123.

Loáiciga, H.A. 2003. "Climate Change and Ground Water," *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 93, No. 1, March, pp. 30-41.

Stefan, H. G., X. Fang, and M. Hondzo. 1998. "Simulated Climate Change Effects on Year-Round Water Temperatures in Temperate Zone Lakes," *Climatic Change*, Vol. 40, No. 3-4, December, pp. 547-576.

Qin, Boqiang, and Qun Huang. 1998. "Evaluation of the Climatic Change Impacts on the Inland Lake - A Case Study of Lake Qinghai, China," *Climatic Change*, Vol. 39, No. 4, August, pp. 695-714.

Bonell, M. 1998. "Possible Impacts of Climate Variability and Change on Tropical Forest Hydrology," *Climatic Change*, Vol. 39, No. 2-3, July, pp. 215-272.

Translated by Yiming Zu