

清华大学土木工程系 组织编写

丛书主编/崔京浩

简明土木工程新技术专题丛书

水库及其环境影响

徐礼华 刘素梅 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

清华大学土木工程系 组织编写

丛书主编/崔京浩

简明土木工程新技术专题丛书

水库及其环境影响

徐礼华 刘素梅 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书从国内外水库建设现状出发,研究了水库建设对环境的影响。主要内容包括绪论、水库的作用、水库建设对周围自然环境的影响、水库建设对库区社会环境的影响、水库诱发地震、水库滑坡与防治、库区其他地质灾害。

本书可供水利水电工程设计、施工、运行管理、环境保护科研人员使用,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

水库及其环境影响 / 徐礼华, 刘素梅编著. -- 北京:
中国水利水电出版社, 2012.11
(简明土木工程新技术专题丛书 / 崔京浩主编)
ISBN 978-7-5170-0347-2

I. ①水… II. ①徐… ②刘… III. ①水库—环境影
响—研究 IV. ①TV697.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第273523号

书 名	简明土木工程新技术专题丛书 水库及其环境影响
作 者	清华大学土木工程系 组织编写 丛书主编 崔京浩 徐礼华 刘素梅 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	145mm×210mm 32开本 4.875印张 132千字
版 次	2012年11月第1版 2012年11月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	18.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

目 录

总序

前言

第 1 章 绪论	1
第 1 节 水库的定义及其分类	1
第 2 节 修建水库的利弊	2
2.1 修建水库的作用	2
2.2 修建水库带来的问题	3
第 3 节 水库的发展及现状	4
3.1 世界水资源的分布特点及开发状况	4
3.2 水库建设的发展历史及现状	7
第 4 节 水库建设的发展趋势	9
第 2 章 水库的作用	13
第 1 节 防洪作用	13
1.1 概述	13
1.2 水库防洪作用	15
1.3 我国防洪水库建设的现状及发展趋势	17
第 2 节 灌溉作用	18
2.1 概述	18
2.2 我国水库灌溉现状	19
第 3 节 渔业作用	20
3.1 水库渔业的发展历史及现状	20
3.2 水库渔业的特点	21
3.3 水库渔业的发展趋势	21
第 4 节 供水作用	22

第5节 动力作用	24
第3章 水库建设对周围自然环境的影响	29
第1节 对地下水位的影响	29
第2节 对土壤的影响	30
2.1 土壤浸润及沼泽化	30
2.2 土壤盐碱化	31
第3节 对生态环境的影响	32
3.1 对陆生植物和动物的影响	32
3.2 对水生生物的影响	32
3.3 对库区生物多样性的影响	33
第4节 对气候的影响	34
4.1 对降水的影响	34
4.2 对气温的影响	35
4.3 对库水温度的影响	36
第5节 对水质的影响	36
5.1 有利影响	37
5.2 不利影响	37
第6节 泥沙淤积	39
6.1 泥沙淤积现状	39
6.2 泥沙淤积的危害	41
6.3 泥沙淤积的防治措施	42
第4章 水库建设对库区社会环境的影响	43
第1节 库区移民问题	43
1.1 世界银行关于库区移民的政策和原则	43
1.2 国外库区移民安置政策	44
1.3 我国库区移民政策	46
1.4 我国水库移民工作中存在的问题及其解决对策	51
第2节 水库建设对库区人民的影响	55
第3节 水库淹没对文物古迹的影响	57

第 5 章 水库诱发地震	59
第 1 节 概述	59
第 2 节 水库诱发地震分类	64
2.1 依据释放能量类型的分类	64
2.2 依据构造特征及水文地质条件的分类	65
2.3 依据时间分布特征的分类	66
第 3 节 水库诱发地震特点	68
3.1 空间分布特点	68
3.2 地震与水位的密切关系	68
3.3 水库诱发地震强度特点	70
3.4 水库诱发地震与库容、坝高的关系	71
3.5 水库诱发地震与库区岩石、断层性质的关系	72
第 4 节 水库诱发地震机理研究	73
4.1 库水重力作用	73
4.2 孔隙水压力作用	78
4.3 库水的物理化学作用	81
第 5 节 水库诱发地震评价	82
5.1 水库诱发地震可能性和危险性评价	83
5.2 水库诱发地震强度评估	83
5.3 水库诱发地震监测	90
第 6 章 水库滑坡与防治	96
第 1 节 概述	96
1.1 水库滑坡的定义	96
1.2 水库滑坡的危害	96
第 2 节 水库滑坡的研究现状	101
2.1 影响因素研究	101
2.2 渗流与边坡稳定的研究	102
第 3 节 水库滑坡的分类	104
3.1 直接诱发型	106

3.2 间接诱发型	107
第4节 水库滑坡的防治	107
4.1 水库滑坡的防治原则	107
4.2 水库滑坡防治方法	109
第7章 库区其他地质灾害	117
第1节 水库渗漏	117
1.1 水库渗漏的分类	117
1.2 水库渗漏的防治	120
第2节 水库塌岸	121
2.1 水库塌岸的定义	121
2.2 水库塌岸的危害	122
2.3 塌岸的影响因素	123
2.4 水库塌岸的防治	124
第3节 水库溃坝	125
3.1 水库溃坝事故实例	125
3.2 水库溃坝事故原因及防治方法	130
参考文献	135

第 1 章 绪 论

第 1 节 水库的定义及其分类

水是人类赖以生存的重要物质，水的利用以及保护也是 21 世纪的重要课题。修建水库是有效利用水资源的重要手段。所谓水库是指在山沟或河流的狭口处建造拦河坝形成的人工湖泊。水库建成后，可起到防洪、灌溉、供水、发电、养鱼等作用。

水库可以从两个方面进行分类。一方面是按照水库的位置和形态分成山谷水库和平原水库两类：山谷水库是由拦河坝横断河谷，拦截天然河道径流，抬高水位而形成的，绝大部分水库属于这一类型；平原水库是在平原地区的河道、湖泊等处修建闸、坝，抬高水位而形成的，必要时还在库周围筑围堤，如当地水源不足还可以从邻近的河流引水入库。另一方面是按照水库的规模（库容大小）分成小型水库、中型水库和大型水库（见表 1.1）。

表 1.1 按规模划分的水库的类型

水库类型	分 类	总库容 (万 m ³)
小型水库	小 (2) 型水库	10~10 ²
	小 (1) 型水库	10 ² ~10 ³
中型水库		10 ³ ~10 ⁴
大型水库	大 (2) 型水库	10 ⁴ ~10 ⁵
	大 (1) 型水库	>10 ⁵

按水库面积排名的世界著名的十大水库（见表 1.2），按总装机容量排名的世界八大水电站如表 1.3 所示。

表 1.2 按水库面积排名的世界十大水库

国 家	水 库	水库面积 (亿 m ²)
加纳	Lake Volta	84.82
俄罗斯	Samara Reservoir	64.50
加拿大	Smallwood Reservoir	56.98
赞比亚	Kariba Reservoir	55.80
哈萨克斯坦	Bukhtarma Reservoir	54.90
俄罗斯	Bratsk Reservoir	54.26
苏丹	Lake Nasser	52.48
俄罗斯	Rybinsk Reservoir	45.80
加拿大	Caniapiscau Reservoir	43.18
委内瑞拉	Lake Guri	42.50

表 1.3 按总装机容量排名的世界八大型水电站

国 家	水电站名称	河 流	总装机容量 (万 kW)	年平均发电量 (亿 kW·h)
中国	三峡	长江	2450	846.8
巴西、巴拉圭合建	伊泰普	巴拉那河	1260	710
美国	大古力	哥伦比亚河	1083	203 (初期)
委内瑞拉	古里	卡罗尼河	1030	510
巴西	图库鲁伊	托坎廷斯河	800	324 (初期)
加拿大	拉格兰德二级	拉格兰德河	732.6	358
俄罗斯	萨扬舒申斯克	叶尼塞河	640	237
俄罗斯	克拉斯 诺亚尔斯克	叶尼塞河	600	204

第 2 节 修建水库的利弊

2.1 修建水库的作用

水库的修建在很大程度上是为了防洪。水库对洪水的调节方

式有两种：一种是滞洪，即使洪水在库中暂时停留；另一种是蓄洪，即水库通过改变闸门的开启度调节下泄水量的大小，起到防洪作用。利用水库的库容可以有效地拦蓄洪水，如美国的密西西比河，洪水经常泛滥，经过修建一系列防治工程，使1973年和1983年发生的大洪水造成的损失均减少百亿美元以上。

此外，水库一般都是多功能的水利工程，除了防洪以外，它还可以起到灌溉、水力发电、航运等作用。第二次世界大战后，水库在灌溉方面发展较快，1950年世界的灌溉面积为14.4亿亩，占世界耕地总面积的7%，到1986年世界的灌溉面积已增至35亿亩，占耕地总面积的17%，其粮食产量占全世界粮食总产量的40%，其产值达全世界农业总产值的一半。水力发电在20世纪初仍为新兴事业。1950年全世界水电总装机容量约为7120万kW，到1986年已增至5.67亿kW，占世界可能开发的水能资源总数的25%。

2.2 修建水库带来的问题

尽管修建水库有诸多益处，但也给库区带来了一系列的环境问题，主要包括以下几个方面：

(1) 水库淤积：由于流域内的水土流失，大坝的拦截，会使大坝附近和库尾淤积大量泥沙。

(2) 下游土地的土壤盐碱化：由于地下水位提高，加之地下水排水不畅和蒸发作用，使得深层土体里的盐分被带到地表，导致土壤盐碱化。

(3) 水质的富营养化和水质恶化：由于库水的流速低，藻类活动频繁，其大量生长导致水体富营养化。同时，低流速的水体水，气界面交换的速率与污染物的迁移扩散能力差，复氧能力减弱，水库水体自净能力弱于河流，从而造成水质恶化。

(4) 气候的影响：库区由陆面变为水面后，与空气间的能量交换方式和强度均发生了变化，从而导致气温、降雨的分布发生变化。一般来说，蓄水后的库区年平均气温增高，库区及其附近地区的气温年、日温差变小。库区冬季平均气温较建库前升高，

夏季则下降,昼夜温差缩小,极端最高气温下降,极端最低气温升高。

(5) 水库移民:水利水电工程建设将不可避免地淹没部分耕地,引起库区居民的搬迁安置。这给当地的经济和生态环境造成重要影响,并且库水的淹没也造成文物古迹的破坏。

(6) 水库滑坡:水库开始蓄水以后,造成地下水的补给、渗流和排泄条件发生变化,同时地下水与岩土体之间发生复杂的物理化学作用,这些改变了地下水与岩土体的力学特性和力学状态,使得库岸边坡的稳定性趋于恶化,因而造成水库库岸局部失去稳定而发生滑动。

(7) 水库诱发地震:水库蓄水后,由于库水作用,改变了库区原有地震活动的频度和强度,从而诱发地震。

除此以外,蓄水还有可能会造成水库渗漏、塌岸,甚至引起漫坝和溃坝。总之,修建水库同时会带来有利的和不利的影晌,如何平衡这些问题,使得环境能够可持续发展,已经成为当前社会共同关注的焦点。

第3节 水库的发展及现状

3.1 世界水资源的分布特点及开发状况

世界各国因地理位置不同和气候差异造成的降雨和径流量有很大区别,所面临的水利问题也不尽相同。

(1) 非洲。非洲属于高温干旱大陆,在各大洲中其平均面积内的水资源最少,不到亚洲的50%,沙漠面积占陆地的1/3。雨量主要沿赤道分布,集中在西部的扎伊尔河等流域,缺水问题非常严重。因此,非洲大部分水库具有多种功能,用于灌溉、水力发电、防洪、供水、航运和渔业等,世界上有些著名的水库就在非洲。如阿斯旺水库和麦洛维水库。阿斯旺大坝位于尼罗河上,坝长3830m,高111m,它使40万 hm^2 沙漠变成良田,并控制了尼罗河千百年来周而复始泛滥。麦洛维水库在2003年7月正式

开工,历时5年半建设完成,被誉为苏丹的“三峡工程”。

(2) 亚洲。亚洲幅员辽阔,人口众多,雨量分布极不平衡。东南亚及沿海地区水量较多,汛期连续降雨常造成江河泛滥,因此防洪成为这些地区的重要问题;而中亚、西亚及内陆地区干旱少雨,必须采取各种措施开辟水源。水库建设的目的是灌溉、防洪及发电。按拥有水库数量由多到少进行分类:第一类国家包括中国、印度和俄罗斯;第二类国家包括哈萨克斯坦、伊拉克和土耳其、泰国;第三类国家包括巴基斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、叙利亚、越南和日本。

(3) 北美洲。除了加拿大中部、美国西部及墨西哥北部为干旱地区外,北美洲大部分地区雨量均匀。如美国水资源特点可以概括为,东多西少,河流大都为南北走向。主要水系为:墨西哥湾水系、大西洋水系、白令海水系。根据降水量的自然分布,美国水资源总量为29702亿 m^3 ,人均水资源量接近12000 m^3 ,是水资源较为丰富的国家之一,开发程度也较高。其中水资源开发的著名工程为北水南调工程,它是为解决南部加州用水的配置性工程,整个工程建有28座大坝,22座抽水站和一些发电站,年调水量52亿 m^3 ,供加州2000万人使用。加拿大和美国水能资源丰富,开发程度也较高。美国拥有大型水库数目最多,加拿大的总库容和地表水面积居世界首位。

(4) 南美洲。南美洲降雨量丰富,其径流为亚洲的两倍多。其北部的亚马孙河是世界第一大河流,流域面积及径流量均为世界河流之首,但水资源开发程度很低。水库主要用于灌溉和水力发电,在航运、渔业、娱乐方面的作用受到限制。大中型水库主要位于圭亚那高原、大平原、亚热带的西北部、安第斯山脉等。修建在巴拉那河上的伊泰普水电站,装机容量为1260万kW,是除中国三峡水电站以外的世界最大水电站。

(5) 欧洲。欧洲绝大部分地区气候温和,降雨丰富,河网稠密。用于水力发电、航运、供水、灌溉、娱乐及防洪的大量水库一般都建在东欧,相对较大地利用湖泊建成的水库大都在北欧国

家，而西欧 1/5 的水库建在西班牙和葡萄牙。

(6) 大洋洲。大洋洲水能资源是各大洲中水能资源最少的洲。其中澳大利亚占据了该洲 85.6% 的面积，其西部大部分为沙漠和半沙漠地区，气候干旱，水能资源不丰富。新几内亚和新西兰虽然面积仅占全洲 13%，由于地形高差大和降水丰富，水能资源相对较丰富，两地区水能资源理论蕴藏量占全洲 50% 以上。澳大利亚和新西兰已开发水能资源占经济可开发资源均已超过 50%，新几内亚岛则仅为 0.5%。

目前，全球河流年径流量约为 55 万亿 m^3 ，可利用的水资源总量约有 9 万亿 m^3 ，至 2007 年，全球水库总库容接近 7 万亿 m^3 。我国河流年径流量为 2.8 万亿 m^3 ，占世界河流年径流量的 5%，已建成各类水库总库容 6924 亿 m^3 。表 1.4 列出了部分国家的水电资源开发情况。

表 1.4 2007~2008 年部分国家的水电资源开发情况

国家	水电经济可 开发年发电量 (亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$)	2007~2008 年水 电年发电量 (亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$)	2007~2008 年水电发电量占水电 经济可开发年发电量的 比例 (%)
意大利	540	513	95.00
法国	720	646	89.72
日本	1143	924.64	80.90
美国	3760	2700	71.81
加拿大	5360	3500	65.30
西班牙	370	232.9	62.95
挪威	2051	1218	59.39
巴西	7635	3316.8	43.44
印度	4420	1216.5	27.52
中国	24740	5655	22.86
俄罗斯	8520	1700	19.95

根据中国大坝协会统计资料分析，2008 年全球水电经济可

开发总量为 87280 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，年发电总量为 30450 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，各国平均开发度为 39.5%，其中发达国家开发度较高，发展中国家开发水平较低。我国水电经济可开发年发电量为 24740 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，居世界首位，其次为俄罗斯、巴西、加拿大和美国（见表 1.4）。但是，我国的水电年发电量只有 5655 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，占水电经济可开发量的 22.86%。

3.2 水库建设的发展历史及现状

原始社会生产力低下，人类无力改变自然环境，只能消极适应。进入奴隶社会和封建社会后，铁器的出现带动了农业的发展，推动了社会的进步，也对防洪、灌溉等提出了要求。18 世纪开始的产业革命带来了科技的发展，加之水文学、水力学等基础学科的进步，为水利工程建设提供了可能。19 世纪末，人们开始建造水电站和大型水库以及综合利用的水利枢纽。第二次世界大战以后，随着各国经济的恢复和发展，以及系统论、控制论、信息论等新理论和电子计算机、遥感、微波通信等新技术的出现，使得世界范围内的水库建设得到了迅速发展，水库的数目和库容成倍增长。第一批大型水库的修建始于 20 世纪二三十年代。从建库的数目和库容这个角度来看，建库的高峰期是在 20 世纪 60 年代，当时投入运行的大型水库总库容是 20 世纪 90 年代所建水库总库容的 5.6 倍。在各大洲（除了南极洲），各个国家以及所有地区（除了北极和南极地区）的各个高程，包括冰川地带都有水库。到了 70 年代初，水库建设曾出现过一段时间的小的低谷。此后，最大型水库在库容上呈减小趋势，在欧洲和北美洲，水库建设速度基本上放缓。

我国水库建设历史悠久，如建于公元前 598～前 591 年间的安徽省寿县的安丰塘水库，库容达 9070 万 m^3 ，水库面积达 34 km^2 ，历史上曾进行了多次修复和改建，至今仍在运行。但是水库建设前期发展较慢，根据 1950 年国际大坝委员会统计资料，当时全球 5268 座水库中，我国仅有 22 座。1950 年之后，我国的水库建设和坝工技术迅速发展。截至 2008 年，我国已建成各

类水库 86353 座，水库总库容 6924 亿 m^3 。其中，大型水库 529 座，总库容 5386 亿 m^3 ，占全部总库容的 77.8%；中型水库 3181 座，总库容 910 亿 m^3 ，占全部总库容的 13.1%。

我国现代化的大坝建设以三峡、二滩和小浪底工程为代表。三峡水利枢纽具有防洪、发电、航运等巨大综合利用效益，最大坝高 181m，总装机容量 2250 万 kW（含地下厂房），多年平均年发电量 847 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，2009 年 8 月竣工验收。二滩水电站是我国 20 世纪建成的仅次于三峡大型水电站，其混凝土双曲拱坝是 20 世纪亚洲第一、世界第三的高拱坝，它以发电为主，总装机容量 330 万 kW，多年平均年发电量 170 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。小浪底水利枢纽是黄河干流的控制性工程，可以有效控制洪水，拦截上游泥沙，它与三门峡、陆浑和故县水库联合运用，可以使黄河下游防洪标准从不足百年一遇提高到千年一遇。小浪底工程于 1991 年 9 月开始前期工程建设，2001 年底主体工程全面完工，历时 11 年，安置移民 20 万人。

根据中国大坝协会 2003 年统计资料（国际大坝委员会 2003 年出版统计报告后，至今未有新的统计报告），截至 2003 年，世界上已经修建了 15m 以上的大坝 49697 座（见表 1.5），分布于 140 多个国家，其中，中国大坝 25800 座。截至 2002 年底，美国有大小坝 82704 座，多建于 20 世纪 50~80 年代，其中坝高 15~30m 之间的坝 6975 座，30m 以上的大坝 1749 座，总装机容量为 7550 万 kW，多年平均年发电量为 3000 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。水库总库容为 13.5 万亿 m^3 ，为世界之最。加拿大有 804 座大坝，其中 596 座大坝以发电为主，占 64%，水库总库容为 6500 亿 m^3 ，总

表 1.5 截至 2003 年世界和中国建坝情况

地区	15m 以上 大坝总数	30m 以上 大坝总数	100m 以上 大坝总数	150m 以上 大坝总数	2002 年 在建 60m 以上大坝总数
世界	49697	12600	670	155	349
中国	25800	4694	108	24	88

装机容量为 6712.1 万 kW，多年平均年发电量为 3530 亿 kW·h。

表 1.6 给出了截至 2008 年部分国家水库建设情况。

表 1.6 截至 2008 年部分国家水库建设情况

国 家	水库总库容 (亿 m ³)	已建和在建 30m 以上大坝总数	2007 年在建 60m 以上大坝总数
美国	135000	1533	2
俄罗斯	7930	60	5
中国	6924	4685	55
加拿大	6500	183	1
巴西	5680	248	2
印度	2130	515	16
挪威	620	115	—
西班牙	455	517	11
日本	204	1075	27
意大利	130	322	4
法国	75	198	—

第4节 水库建设的发展趋势

随着人们环境保护意识的加强，以及对水库引起的生态环境的重视，是否修建水库引起了巨大的争议。发达国家反对修建水库，而发展中国家则建议修建。各国的水库建设也都不同程度地受到了反建运动的影响。最引人注目的反建风潮应该算是中国的长江三峡水电站。因为水库建设的各种环境问题都在三峡工程中有所体现，因此三峡工程几乎成为世界各国反建舆论的焦点。在反建和对水库深刻反思的思想影响下，1997 年 4 月，在瑞士格兰德 39 名来自不同国家和阶层的人士和绿色和平组织成员，在讨论“世界银行”的一份关于水库建造问题的报告后，提议成立“世界水坝委员会”。1998 年 5 月，世界水坝委员会在争取到有

关国家的组织和部门同意后，开始对世界不同国家的 125 座水库进行了调查，建立了水库数据库。2000 年 11 月正式提出“水坝与发展新的决策框架”的报告。

上述问题的产生主要是由于人们受到片面宣传的误导。许多文献、报道仅仅强调水电站、大坝产生的环境、生态问题，而忽略了水电替代火电之后产生的巨大环境效益。实际上水电作为一种绿色能源缓解了煤炭、石油的燃烧造成的环境压力，许多发达国家在 20 世纪通过兴修水利，发展水电，使得社会及生态环境有了很大的改善。他们的水能资源开发程度已经较高（见表 1.4），例如，美国水电资源已开发约 72%，日本约 81%，加拿大约 65%，法国约 90%。因此美国目前很少修建水库（坝），主要是对现有水坝进行维修、改造。美国部分大坝拆除是因为水库功能已经消失。例如，有些为纺织、矿业供水的水库因为这些工业迁移和停工失去意义，导致大坝退役。而发展中国家的水能资源开发水平极低，一般在 10% 左右，我国的开发程度是 22.9%，印度的约为 26%。因此，发展中国家要进一步发展，要解决电力能源问题，必须修建水库。根据我国规划，2020 年要实现国内生产总值比 2000 年翻两番的目标，届时我国水电装机需要增加到 2.5 亿 kW。这意味着今后平均每年要新增水电装机容量 1000 多万 kW，才能满足翻两番的能源需求。那时我国水电能源的开发率将基本达到 50%。

有统计资料表明，整个 20 世纪，人类消耗了 1420 亿 t 石油、2650 亿 t 煤。目前，全球已探明的石油剩余可采储量仅为 1400 多亿 t，按目前产量，静态保障年限仅为 40 年；天然气剩余可采储量为 150 亿 m^3 ，静态保障年限仅为 60 年。世界煤炭的储量虽然多一些，但如果按目前的消费速度，100 多年以后也将枯竭。所以，要实现人类社会的可持续发展，必须将世界能源结构尽快地转变到以可再生能源为主。虽然风能、太阳能发电技术具有更广阔的发展前景，但限于目前的技术水平无法大规模开发利用，水电是目前唯一一种技术比较成熟、可以进行大规模开发