中国可持续能源项目
The China Sustainable Energy Program

能源基金会
The Energy Foundation

项目成果
Research Report

青海省能源发展战略与规划研究

Strategy and Planning of Energy Development in Qinghai Province

中国科学院科技政策与管理科学研究所

中国可再生能源学会

2013-10

项 目 信 息

项目概述:

项目资助号：G-1009-13333
项目期：2011.12.1-2012.11.30

所属领域:可再生能源

摘　要：本课题旨在将能源发展置于青海省生态立省与“四个发展”的总体发展战略中，全方位有针对性地开展青海省能源发展的总体战略研究。首先，采用 SWOT 分析法理清了青海省能源发展的关键性问题，明确给出了青海省未来工业化发展进程中能源发展的总体战略判断；其次，采用定性与定量相结合的研究方法，对青海省 2015 年、2020 年、2030 年的能源需求与结构、电力需求与结构进行多情景模拟，遴选出最优的发展路径；进而，凝练出青海省未来能源发展的指导思想、基本原则、发展目标和主要任务，识别出青海省能源发展的重点领域，积极探索新能源与常规能源的协调发展模式；最后，从管理与监管体制、专项研究部署等方面提出青海省能源发展的对策建议。

关键词: 能源发展，可再生能源，能源科技，战略与规划

项目组成员：

项目负责人：

石定寰，中国可再生能源学会

王　毅，中国科学院科技政策与管理科学研究所

项目执行人：

李建平，中国科学院科技政策与管理科学研究所

李　军，中国可再生能源学会国际合作中心

研究成员（按字母拼音排序）：

陈志龙，中国科学院工程教育学院

李琼慧，国网能源研究院新能源与统计研究所

梁昌之，中国科学院科技政策与管理科学研究所

罗海珍，北京太阳能电力研究院

沙亦强，中国电机工程学会能源与信息中心

孙晓蕾，中国科学院科技政策与管理科学研究所

陶光远，中国可再生能源学会国际合作中心

张阿玲，清华大学

汪　飞，中国科学院工程教育学院

吴达成，中国可再生能源学会光伏专业委员会

吴登生，中国科学院科技政策与管理科学研究所

谢永佳，中国科学院科技政策与管理科学研究所

杨　爽，中国科学院工程教育学院

杨玉英，中国科学院科技政策与管理科学研究所

姚晓阳，中国科学院科技政策与管理科学研究所

张　玮，中国可再生能源学会

朱晓谦，中国科学院科技政策与管理科学研究所

邹乐乐，中国科学院科技政策与管理科学研究所

内 容 提 要

青海省作为地处青藏高原和三江源头、环境资源丰富、生态地位极端重要且极端脆弱的西部欠发达地区，其生态地位居全国之首要。青藏高原的生态系统极其脆弱，而且一旦遭到破坏，恢复将非常困难和缓慢，这使得青海省的资源开发面临着更高的科技水平和适度发展规模制约。青海省不但有着丰富的传统能源资源，如水能、石油天然气、煤炭，近期又发现储量可观的可燃冰。而且，太阳能等非化石能源资源十分丰富，已具备能源资源组合发展的优势，相关新能源产业已见雏形，具有发展新能源经济得天独厚的资源优势。

对于青海省而言，如何统筹兼顾资源环境的保护利用与经济社会的快速发展，实施生态立省战略，扶持绿色产业，发展绿色经济，实现绿色发展，是摆在青海省能源发展面前最重大的发展课题。

本课题旨在将能源发展置于青海省生态立省与“四个发展”的总体发展战略中，全方位有针对性地开展青海省能源发展的总体战略研究。首先，采用 SWOT 分析法理清了青海省能源发展的关键性问题，明确给出了青海省未来工业化发展进程中能源发展的总体战略判断；其次，采用定性与定量相结合的研究方法，对青海省 2015 年、2020 年、2030 年的能源需求与结构、电力需求与结构进行多情景模拟，遴选出最优的发展路径；进而，凝练出青海省未来能源发展的指导思想、基本原则、发展目标和主要任务，识别出青海省能源发展的重点领域，积极探索新能源与常规能源的协调发展模式；从管理与监管体制、专项研究部署等方面提出青海省能源发展的对策建议。

一、以青海省现有能源生产能力和探明储量为基础，将能源发展置于青海省生态立省与“四个发展”的总体发展战略中，分析了青海省能源发展的优势与各种直接和间接制约因素。课题组采用SWOT 分析法从内外部环境状况变化对能源发展影响的维度分析青海省能源发展面临的机遇与挑战，理清青海省能源发展的关键性问题，给出了青海省未来能源发展的总体战略判断：

——应全面利用丰富的水能、太阳能、风能等可再生能源资源，优先发展新能源经济；更充分地可持续利用可再生资源，发展生态经济；更系统地综合开发利用不可再生资源，发展循环经济。

二、结合青海省“十二五”发展规划的实际情况，在满足全面建设小康社会目标的新要求下，本课题首次构建了基于经济-能源-环境协调发展的多因素研究框架，并且科学系统性地给出了基于情景模拟的量化预测结果。主要创新性工作包括：

1、以“经济-能源-环境协调发展”为核心理念，在青海省能源发展规划研究中，构建了包含经济发展、能源需求、能源结构和电力结构四个模块在内的研究框架。以往规划制定过程中，对于未来能源发展规模多是基于专家判断或是基于项目匡算，缺少对经济-能源-环境协调发展的系统性考虑，预测结果难以客观准确得反映出未来经济发展的内在规律与外生要求。本课题提出的研究框架，为地区能源发展规划制定，提供了一个可操作的研究范式，使得能源发展的量化预测结果更具合理性和科学性。

2、提出了“能源发展服务于青海小康社会建设”的预测准则，即青海省未来的能源发展不仅要满足十八大报告中对小康社会国民生产总值发展的要求，而且还应满足到 2020 年青海省人均生产总值达到全国平均水平的小康社会建设目标。以此为基础，课题组通过对经济发展速度、人均生产总值以及单位生产总值能耗设定不同发展水平，实现了对 2015 年、2020 年和 2030 年能源总需求与电力需求

的多情景量化模拟，为最优发展路径的选择提供了方案基础。

3、对于西部地区，在保障经济快速发展的同时，仍然面临着严峻的节能降耗压力。因此，在对能源需求预测过程中，课题组将节能减排政策对能源发展的影响考虑在内。而且，考虑到青海省丰富的水电资源及大型光伏发电基地建设，实现了对青海省不同发电方式的投资成本、发电成本、环境影响等因素的经济性分析。

4、《青海省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》明确给出了青海省“十二五”期间各领域的发展目标，这也是青海省经济-能源-环境协调发展的根本依据。因此，本课题对“十二五”规划中的经济发展、产业结构调整、能源发展、节能减排等发展目标进行了量化模拟，对青海省“十二五”规划纲要中提出的发展目标的可实现程度进行了预测分析。

5、课题组在定性分析与定量模拟的基础上，通过对不同情景中能源结构、能源效率、资源约束、经济发展等因素的控制，实现了对青海省未来能源发展最优路径选择判断，即：青海省未来将保持相对较高的经济发展速度，电力需求占终端能源需求的比例将维持在高占比的水平上，即不低于 70%，而且应强化节能减排政策的执行落实力度。

以 2010 年青海省实际能源需求总量为预测基准，通过对比多种模型的预测结果，研究认为：

——2015 年青海省能源需求总量达到 4072.1~4208.9 万吨标准煤，2020 年能源需求总量达到 5313.5~6264.5 万吨标准煤，2030 年能源需求总量达到 8520.0~11834.0 万吨标准煤。一次能源消费中可再生电力占比到 2020 年将达到 54.67%，到 2030 年将达到 60.06%；煤炭在一次能源需求中的占比到 2020 年将达到 28.67%，到 2030 年将下降到 25.21%。

——相比 2010 年青海省电力需求，2015 年新增电力需求约 157~258 亿千瓦时，2020 年新增电力需求将达到 341~562 亿千瓦时，2030 年新增电力需求将达到 814~1323 亿千瓦时。2020 年可再生电力占总电力需求的比重将显著高于 2015 年，达到 81.27%，而且到 2030 年可再生电力占总电力的比重将达到 89.32%左右。

综上，考虑到水电发展空间有限及煤电对环境污染严重的条件制约，为满足 2015-2030 年间的新增电力需求，青海省应该在“十二五”和“十三五”期间加快发展新能源电力，发展路径可归结为：

青海应充分利用其新能源资源优势，建立以水电、太阳能发电等可再生能源为主、天然气发电为辅的能源发展战略。2015 年前，可大力发展抽水储能电站，并积极发展燃气电站，配以太阳能、风电等可再生能源。随着可再生能源发电成本的降低和消纳能力的提高，2015-2020 年可进一步加大可再生能源电站发展力度，并适量发展燃气电站。2020 年以后主要发展可再生能源发电，以抽水储能电站和燃气电站调峰。

三、本着坚持能源协调社会经济、能源服务民生改善和能源促进绿色发展的原则，贯彻能源发展的指导思想，围绕能源生产与需求、电力装机、节能减排和能源结构调整等发展目标，明确给出青海省能源发展的主要任务。

1、指导思想：坚持以新能源为主，其他能源为辅的发展政策，优先发展水电，大力开发太阳能、风能等新能源，配套发展煤电，增强水煤电及太阳能风能调峰互补能力，积极开发油气、煤炭资源，构建安全、稳定、经济、清洁的现代能源体系，为实现青海省“跨越发展、绿色发展、和谐发展、统筹发展”提供能源保障。

2、主要任务：

（1）优先发展可再生能源，加快可再生能源发电基地建设，构

建以可再生能源为中心的新型能源发展战略区；

（2）加强传统能源清洁利用，积极开拓常规能源与矿产资源循环开发利用模式，构建资源综合利用为特色的能源发展示范区；

（3）提升能源科技与装备的研发水平；

（4）加快构建西北电网水火风光互济平台；

（5）将青海能源发展提高到国家综合能源基地的高度来进行规划与部属。

四、结合青海省能源发展现状、战略判断以及发展路径的模拟结果，课题组对青海省能源发展的重点领域进行识别，旨在积极探索新能源与常规能源的发展模式，从而推动形成节约资源，保护生态环境的产业结构、增长方式和消费模式，增强可持续发展的能力。

1、未来青海省能源产业将以新能源发电利用为重点，以太阳能发电利用为牵引，应大力发展以新能源发电利用为核心的智能电网、长距离输电和储能产业，培育新能源服务产业，将青海省建成集新能源高端制造、服务及应用为一体，辐射全国的新能源产业高地。

2、坚持“因地制宜、鼓励利用、重点突破、全面推广”的方针，以优势资源为依托，以提高资源利用效率和效益为目标，应继续坚持以矿产资源综合利用为核心发展循环经济，构建以盐湖、石油天然气、有色金属和煤炭等特色优势资源为主导的区域循环经济产业体系。

3、稳步推进节能减排与低碳发展。重点围绕余热余压利用、建筑节能、城市污水处理、工业废水处理资源化等节能减排重点领域，着力攻克节能减排的关键共性技术；加强废弃物资源化利用及

节能减排关键技术的研究；加强治污减排关键共性技术研究及技术集成、示范与推广。重点扶持节能减排科技创新示范企业，健全体系，提高污染减排的科技含量。

4、从空间布局上来看，应加快建设柴达木太阳能大型并网发电项目、青南牧区光伏电源项目，把青海省建成国家重要的太阳能光伏产业基地和太阳能发电基地；以西宁国家级经济技术开发区和柴达木循环经济试验区为载体，围绕资源开采和加工推动和发展支柱产业和优势产业的升级壮大。

五、根据青海省能源发展的基本思路、任务布局和重点领域，结合能源科技创新需求，课题组提出针对青海省能源发展的若干对策建议，具体包括：

1、提升青海省能源发展的战略定位，加强各能源发展的规划协调能力；

2、积极筹建西部地区新能源检测认证机构，完善青海省新能源发展监管、监测与认证机制；

3、加快新能源装机建设，重点解决新能源并网发电关键技术及其与智能电网协调优化问题；

4、优先发展分布式光伏，解决青海省农牧区用能体系建设问题；

5、探索“绿色载能产业”发展模式，争取 2030 年将青海建成中国第一零碳省；

6、尽快部署并启动若干专项研究建议。

课题研究成果不仅可为产业发展的实体经济部门提供清晰的产业发展趋势，并引导企业对能源科技的关注，辅助其以科技创新加快产业转型、提升企业竞争力；还能够从能源发展的综合需求出发，提供可参考的政策建议并对各相关部门的协调合作提供可行性方案。

目　　录

第一章 青海省能源发展的战略定位 1

第一节 青海省能源发展的外部环境 1

第二节 青海省能源发展的内在需求 5

第三节 青海省能源发展现状与问题分析 7

一、青海省能源结构现状与问题 7

二、青海省能源产业现状与问题 9

第四节 青海省能源发展的战略定位 13

第二章 青海省中长期能源发展需求 16

第一节 青海中长期能源发展的情景设置 17

一、研究框架 17

二、情景设置 19

三、经济总量预测 21

第二节 能源需求总量及结构 23

一、能源需求总量 23

二、电力需求总量 25

第三节 青海省能源发展最优路径选择 27

一、青海省电力发展方式的经济性评估 27

二、青海省 2020 年电力发展方案评价 29

三、青海省能源发展最优路径选择 34

第三章 青海省能源发展的指导思想 38

第一节 青海省能源发展指导思想 38

第二节 青海省能源发展基本原则 38

一、坚持能源协调社会经济 38

二、坚持能源服务民生改善 38
三、坚持能源促进绿色发展 39
第四章 青海省能源发展的主要任务 40
第一节 青海省能源发展目标 40
第二节 青海省能源发展任务布局 41
一、优先发展可再生能源，构建可再生能源为中心的新型能源发展战略区 41
二、加强传统能源清洁利用，构建资源综合利用为特色的能源发展示范区 44
三、提升能源科技与装备的研发水平 45
四、加快构建西北电网水火风光互济平台 45
五、提高到国家综合能源基地的高度来进行规划与部属 ...46
第五章 青海省能源发展的重点领域 47
第一节 优先发展新能源 47
一、太阳能产业发展的领域和方向 47
二、风力发电产业的的领域和方向 49
三、电网安全保障领域和方向 50
四、关键科学技术及路线图 51
第二节 加强常规能源与其他矿产资源循环开发利用 51
一、煤炭产业发展循环经济的领域和方向 52
二、石油天然气发展循环经济的领域和方向 53
三、水电发展循环经济的领域和方向 54
四、关键科学技术及路线图 55
第三节 稳步推进节能减排 55
第六章 青海省能源发展的对策建议 57

第一节 能源发展的战略定位 57
一、提升青海省能源发展的战略定位，加强各能源发展的规划协调能力.....57
二、积极筹建西部地区新能源检测认证机构，完善青海省新能源发展监管、监测与认证机制 58
三、加快新能源装机建设，重点解决新能源并网发电关键技术及其与智能电网协调优化问题 59
四、优先发展分布式光伏，解决青海省农牧区用能体系建设问题.....60
五、探索“绿色载能产业”发展模式，争取2030年将青海建成中国第一零碳省.....60
第二节 尽快部署并启动若干专项研究建议 61
一、优化电源结构提高调峰能力的可行性研究 61
二、柴黄鄂亿千瓦级巨型电源走廊可行性研究 61
三、青海省农牧区用能体系建设研究 61
四、开展海西州太阳能热发电示范试验基地可行性研究 ...61
五、采用智能用电方法补偿光伏电波动的可行性研究 62
六、可使用大幅度波动电力的高载能产业的可行性研究 ...62

第一章 青海省能源发展的战略定位

重点关注在国家能源发展战略中青海省的特殊地位，以能源现有生产能力和探明能源储量为基础，将能源置于整个经济社会发展的大框架下，分析在青海省生态立省与“四个发展”的总体发展战略中，青海省能源发展的优势与各种直接和间接制约因素，兼顾与其他领域的和谐发展，理清青海省能源发展的关键性问题，给出青海省能源发展的战略判断。

第一节 青海省能源发展的外部环境

上世纪七十年代石油危机以来，为保障能源安全，应对气候变化，新能源日益受到国际社会的重视。2008 年以来的全球金融危机为新能源发展赋予了新的使命，进一步促进了新能源的发展。日本福岛核事故后，不少国家能源战略选择“弃核”或延缓核电建设，发展清洁能源和减少温室气体排放的任务更多地转向新能源。加快开发利用新能源已成为国际社会的共识和共同行动。

新能源已成为能源发展的重要领域。目前，新能源已成为许多国家能源发展的重要领域，一些国家新增新能源发电装机占全部新增发电装机的三分之二以上。2010 年全球新能源领域的投资超过 2000 亿美元，风电在欧盟新增发电装机中，已连续多年保持第一。德国实施 2022 年前不再使用核电的能源转型战略，通过大规模开发海上风电和加快建设分布式太阳能发电解决核电退出后的电力供应问题。2010 年德国光伏发电新增装机 740 万千瓦，成为该国新增发电装机规模最大的电源。新能源已成为这些国家能源投资的重点领域。

新能源已在能源体系中发挥重要作用。新能源在许多国家能源

和电力消费中的比重不断扩大，2010 年丹麦风电占全部电力消费的 20%，西班牙和德国的风电也分别占到全部电力消费的 15%和 7%，风电已满足欧盟 5.3%的电力消费量;2010 年丹麦的新能源占到全部能源消费量的 19%，德国占到近 11%，西班牙出现过多次风电出力满足全部用电负荷 50%的情况，新能源已在这些地区的能源体系中发挥重要作用。

新能源已成为竞争激烈的战略性新兴产业。新能源开发利用产业链长，配套和支撑产业多，对经济发展的拉动作用显著，许多国家都投入大量资金支持新能源技术研发，抢占技术制高点。特别是在全球经济危机中，美欧日等发达国家和印度、巴西等发展中国家都把发展新能源作为刺激经济发展、走出经济危机的战略性新兴产业加以扶持，围绕新能源技术、产品的国际贸易纠纷不断加剧，市场竞争日益激烈。新能源发展水平将成为衡量国家未来发展竞争力的一个新的标志。

新能源在未来能源中的地位日益明确。为实现能源转型，走低碳发展道路，许多国家制定了清晰的新能源发展战略。欧盟提出了到 2020 年新能源达到欧盟全部能源消费量 20%的发展目标，其中德国、法国、英国的目标分别是 18%、23%和 15%。日本在福岛核事故后，提出 2020 年前新能源发电要满足 20%电力需求的目标。丹麦还提出了到 2050 年完全摆脱对化石能源依赖的宏伟战略，英国也提出到 2050 年在 1990 年基础上二氧化碳减排 80%的战略目标，确立了新能源在未来能源体系中的地位和作用。

当前，各国的能源政策均反映了两个明显的导向：一是节能降耗，致力于节能技术和节能产品的研发；二是开发利用替代化石能源的新能源，使能源消费结构在完成由煤炭向石油的转化后向着高效、清洁、可再生、低碳或者无碳的天然气、核能、太阳能和风能等方向发展。

改革开放 30 多年来，我国能源供应持续增长，为经济社会的高速发展提供了重要的支撑。我国目前已跃居成为世界最大的能源生产国和消费国。2011 年，中国一次能源消费总量达到 34.8 亿吨标煤，较 2010 年增长 7.1%。经济的较快增长促进能源消费，以至于部分地区在部分时段发生了电力、煤炭和柴油供需紧张的状况。受我国能源资源赋存条件约束，煤炭在中国能源消费结构中继续占据主导地位，受能源生产总量快速增长的影响，原油比重呈下降趋势。天然气、非化石能源比重稳步上升，但所占比重较小。从 2005 年到 2011 年，我国可再生能源利用的规模不断扩大，可再生能源对能源消费总量的贡献日益显著，可再生能源在一次能源消费中比例不断提高。

尽管我国能源消费增长较快，但整体仍未摆脱高投入、高污染、低效益的传统工业化模式，人均能源消费水平还很低，远远落后于世界发达国家水平。在一次能源构成中，化石能源仍然占据了我国一次能源消费的 90%，是我国能源消费的主体。随着国际能源石油价格的不断攀升，我国粗放式的经济增长方式遇到了严峻挑战，与发达国家工业化时的情景相比，我国已经没有了廉价利用国际资源的条件。为了以资源和能源的可持续开发利用来支撑整个社会经济的全面发展，应建立多元化的能源供应，建立稳定、安全和经济的能源供应体系，实施节能减排、增强气候变化应对能力和实现绿色发展转型的积极行动。

我国应和当前主要能源消费国和资源国对能源发展战略和政策保持一致，开发利用新能源既是我国当前调整能源结构、节能减排、合理控制能源消费总量的迫切需要，也是我国未来能源可持续利用和转变经济发展方式的必然选择。

开发利用新能源是落实科学发展观、建设资源节约型和环境友好型社会的基本要求。建立充足、安全、清洁的能源供应体系是促

进经济社会可持续发展的基本保障。当前，我国正处在工业化和城镇化发展阶段，能源需求快速增长，能源供应以煤为主，进一步发展受资源和环境约束的压力不断加大。为从根本上解决我国的能源供应问题，实现经济和社会的可持续发展，加快开发利用新能源是重要的战略选择，也是推进能源科学发展、建设资源节约型和环境友好型社会的基本要求。

开发利用新能源是保护环境、应对气候变化的重要措施。当前，我国能源开发利用的环境污染问题突出，生态系统承载空间十分有限，依靠开采和使用化石能源难以持续。面对全球气候变化的严峻形势，我国已将大规模开发利用新能源作为应对气候变化的重大举措。我国已明确提出，到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年降低 40%～45%、非化石能源在能源消费中的比重达到 15%，大力发展新能源是实现这一战略目标的主要措施。

开发利用新能源是促进农村地区经济发展的重要途径。农村是我国经济社会发展最薄弱的地区，大多数农村地区基础设施落后。目前全国还有约 400 万人没有电力供应，许多农村地区生活能源仍主要依靠秸秆、薪柴等直接燃烧的传统低效生物质能源。但是，农村地区新能源资源十分丰富，加快农村地区新能源资源的开发，一方面可利用当地资源，因地制宜解决偏远地区电力供应和农村居民生活用能问题，另一方面可将农村的生物质资源转换为商品能源，使新能源成为农村特色产业，增加农民收入，改善农村环境，促进农村地区经济和社会的可持续发展。

开发利用新能源是发展战略性新兴产业、推动经济发展方式转变的重要选择。大规模开发利用新能源将显著降低经济发展对化石能源资源的消耗，减少对环境的损害，使我国严重依赖资源消耗的发展模式逐渐转变为资源消耗少、环境污染低的科学发展方式。同时，新能源是快速增长的战略性新兴产业，发展新能源对拉动高端

装备制造相关产业发展的作用显著，对促进产业结构升级意义重大。此外，新能源已是国际产业竞争的新领域，培育和发展新能源产业是增强我国经济发展国际竞争力的重要内容。

综上，加快开发利用新能源已成为国际社会的共识，也是我国实现能源可持续发展的必然选择。

第二节 青海省能源发展的内在需求

伴随经济的迅速发展，青海省能源需求大幅增加。从主要能源消费品种构成看，2005 年主要以煤、水电消费为主，煤、水电、油及天然气消费量占能源消费总量比重分别为 43.34%、38.27%、9.45%、8.77%；到 2012 年，煤、水电、油及天然气消费量所占比重分别为 31%、45.33%、9.27%、14.40%。煤的消费量比重有所下降，以天然气为主导的高品质、低污染清洁能源的消费量比重上升，能源消费品种结构逐步优化。从总量上看，2012 年青海省能源消费总量达到 3524.06 万吨标准煤，比 2005 年增加了 1 倍。《青海省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》确立了“十二五”期间年均 12%的经济增长速度，伴随着经济的快速增长，青海省能源需求也在大幅增加，青海省未来要大幅度增加能源生产以满足经济发展需要。

为满足经济发展的电力需求，需大力开发利用新能源。2011 年，青海省总电力消费比 2005 年增加了 1.6 倍，随着经济的快速发展，青海省电力需求也必将大幅度增加。青海省目前用电以水电为主，2010 年青海省水电占总发电量的 79%，虽然青海省具有丰富的水力资源，但中国水资源复查成果显示，青海省水力资源经济可开发量为 1548 万千瓦，年发电量可达到 555 亿千瓦时，青海省“十二五”规划提出到“十二五”末水电装机达到 1400 万千瓦，但是继续扩

大的能力有限。随着青海省经济的发展，电力的需求必将大幅度增加，而青海省煤炭资源以焦煤为主，但是保有资源量在全国所处地位不高，开采难度大，且动力煤严重不足。青海省委、省政府已明确提出了生态立省战略，青海作为地处青藏高原和三江源头、环境资源丰富、生态地位极端重要且极端脆弱的西部欠发达地区，其生态地位居全国之首要。青藏高原的生态系统极其脆弱，而且一旦遭到破坏，恢复将非常困难和缓慢，这使得青海省的资源开发面临着更高的科技水平和适度发展规模制约。大力发展煤电将会对环境不利，青海省未来必然需要通过大力发展太阳能、风能等新能源满足全省对电力的需求。

青海省可再生能源储量丰富，且具有开发的优势条件。青海省拥有发展太阳能光伏电站最需要的太阳能资源。青海省各地区太阳能资源全年日照时数为 2500-3650 小时，柴达木地区达 3550 小时以上，年均日照率达 60%-80%，年辐照总量 5860-7540 兆焦/平方米，是全国太阳能资源最丰富的地区。全省太阳能资源分布为西北部多，东南部少，特别丰富的地区为柴达木盆地，年辐射量平均 6800 兆焦/平方米。根据国家建设光伏电站发展要求，光伏电站只能建设在荒漠地区，不得占用农用和建设用地。而青海省拥有大片的戈壁与荒漠地区，全省面积的 51.8%为石山、雪山、冰川、沙漠、戈壁、盐湖等。其中太阳能资源最丰富的柴达木盆地，沙漠面积就达 3.49 万平方千米，占到柴达木盆地总面积的 1/3 左右。而且有不少荒漠靠近电力线路和负荷中心，并网条件优越，是建设大型荒漠光伏并网电站、建立太阳能电力输出基地的优选区域。要大规模发展太阳能光伏电站，必须依托大电网作为支撑。而青海省已经通过 750 千伏线路与西北电网联网。截至 2013 年 8 月 1 日，青海省光伏并网发电量突破 12 亿千瓦时，达到 12.74 亿千瓦时，同比增长 76.45%，发挥了巨大的绿色效益。目前，在青海电网并网运行的光

伏电站达 78 家，全省并网光伏发电总容量 188.8 万千瓦。仅在 2013 年上半年，包括国内首座 1 万千瓦太阳能光热发电项目在内，全省共有 30 个项目、68 万千瓦光伏发电容量并入国家电网。

经过西部大开发战略实施 10 年，特别是最近几年的快速发展，青海省经济社会发展出现了重大的新变化，呈现驶入快车道的良好势头。贯彻落实中央经济工作会议精神，加快转变经济发展方式，按照党的十八大要求，建设生态文明，实施资源转换战略，将特色资源转换成为青海的特色经济，其中循环经济、生态经济、新能源经济和民生经济这“四个经济”的建设是落实“四个发展”的关键。青海有丰富的能源科技资源，特别是新能源和可再生能源资源，市场潜力巨大，发展速度也比较迅速。因此，无论从青海省自身能源需求还是资源优势看，青海省未来必然要大力发展新能源。

第三节 青海省能源发展现状与问题分析

一、青海省能源结构现状与问题

青海地处青藏高原东北部，位于东经 89°35′~103°04′与北纬 31°39′~39°19′之间，全省东西长约 1200 公里，南北宽约 800 公里，总面积 72.23 万平方公里，约占全国总面积的 7.51％，居全国第 4 位。2011 年末，全省人口为 568.17 万人，占全国总人口的 0.42％，居全国第 30 位；全省国内生产总值 1670.44 亿元，占全国的比重为 0.35%，居全国第 30 位。

截至 2011 年底，青海省全省共发现矿产 132 种，占国内已发现 171 种矿产的 77.2%，其中 61 种储量居全国前 10 位，11 种居全国首位。特别是黄河上游的水电资源，柴达木盆地的石油天然气资源，开发前景广阔。

表 1 青海省能源储量及特点

能源类型	总储量	特点
煤炭	51.23 亿吨	保有资源量在全国所处地位不高，开采难度大； 以焦煤为主，动力煤严重不足
石油	3.7 亿吨以上	质量优良，含油率高
天然气	2900.4 亿立方米	蕴含量丰富，勘探前景广阔
水能	2337.64 万千瓦时	河流众多，水头集中，落差可观
太阳能	折合标准煤 1623 亿吨，电 360 万亿千瓦时	1、日照充足，太阳辐射能量高 2、分布均匀，开发前景广阔 3、用于建设太阳能发电系统的土地资源丰富
风能	4.12 亿千瓦时	蕴含量丰富，可利用区广

一次能源产品主要包括原煤、原油、天然气和水电。据统计，2012 年，全省原煤生产量达到 2826.24 万吨，比 2005 年增长了 3.52 倍；天然气 66.15 亿立方米，比 2005 年增长了 1.97 倍；水电 441 亿千瓦时，比 2005 年增长了 1.79 倍；原油 205 万吨，比 2005 年下降 7.4%。2005-2012 年，年平均生产原煤 1365 万吨、原油 271 万吨、天然气 44.43 亿立方米、水电 253.48 亿千瓦时。从一次能源生产量构成情况看，原煤、天然气生产构成比重上升，原油、水电构成下降。2012 年，原煤、原油、天然气和水电分别占 43.15%、6.26%、17.17%和 33.42%。

表 2 2005-2012 年青海省一次能源生产量及同比增速

年份	原煤		原油		天然气		水电	
	产量（万吨）	增速（%）	产量（万吨）	增速（%）	产量（亿立方米）	增速（%）	产量（亿千瓦时）	增速（%）
2005	624.85	--	221.49	--	22.26	--	157.52	--
2006	671.60	7.48	223.30	0.68	25.03	12.44	205.19	30.26
2007	986.11	46.83	220.66	-1.05	34.30	37.04	188.90	-7.94
2008	1293.64	31.19	220.35	-0.14	43.65	27.26	215.80	14.24
2009	1577.10	21.91	186.37	-15.42	43.06	-1.35	279.93	26.94
2010	1420.62	-9.92	186	-0.20	56	30.05	360	28.60
2011	1523.87	7.27	195	5.40	65	16.07	367	1.94
2012	2826.24	85.46	205	5.13	66.15	1.77	441	20.16

从主要能源消费品种构成看，2005 年主要以煤、电消费为主，煤、电、油及天然气消费量占能源消费总量比重分别为 43.34%、38.27%、9.45%、8.77%；2010 年，煤、电、油及天然气消费量所占

比重分别为 32.77%、47.14%、8.34%、11.75%，到 2012 年，煤、电、油及天然气消费量所占比重分别为 31.00%、45.33%、9.27%、14.40%。以天然气为主导的高品质、低污染清洁能源的消费量比重上升，能源消费品种结构逐步优化。

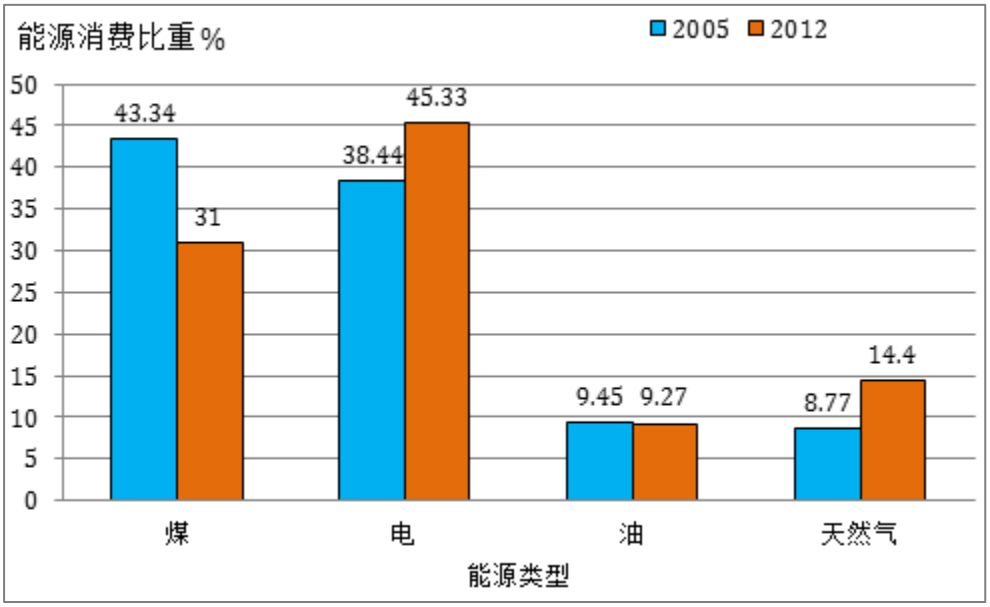

图 1 青海省能源消费结构 2005 年与 2012 年对比

二、青海省能源产业现状与问题

（一）新能源行业

青海省的太阳能产业是青海省能源建设之重，已经有很多重大科研专项论证取得实效，相当部分的重大科技攻关软课题研究取得明显进展。特别是硅材料生产工艺相关技术研究取得成果，使得企业创新能力和消化吸收再创新能力显著提升。经过近年的快速发展，青海省完成了光伏产业发展规划和产业布局，目前已形成相对完整的“多晶硅提纯—晶硅铸锭/切片—太阳能电池组件安装—太阳能光伏系统平衡部件制造—系统集成”产业链和具有一定规模优势的产业集群。

青海省在风能资源利用方面主要是围绕测风等前期工作展开，现已初步探明了青海省风力发电资源概况，规划了 29 个具备建场条

件、具有一定建设规模的风电场。青海省风能资源观测网建设项目已通过验收，标志着青海省风能变化将实现实时监测。这一系统投入使用后，为掌握青海省风能资源状况及分布特点、科学规划风电产业发展、做好风电运行和管理工作、提高风电资源的评价和风电场建设的设计水平提供科学服务，也为青海省今后风力资源大规模开发利用奠定了良好基础。

青海省太阳能发展的主要产业优势是：太阳能资源及区位优势；建设大型并网光伏电站综合优势；生产成本优势；产业基础优势；市场优势等。但目前太阳发展的主要问题有：配套政策环境亟待改善；光伏产业链建设资金严重短缺；太阳能产业科技支撑能力薄弱；太阳能推广应用进程较慢；科技引领与产业发展的结合还不够紧密。

青海省风能产业优势主要表现在自身具备未来大规模开发利用的潜力，市场的发展空间广阔，以及依托全国风电行业发展的整体环境优势。青海省风力发电存在的主要问题与光伏产业具有一定共性，表现在地方配套的政策环境、资金实力、科技引领与支撑能力等多方面。除此以外，在以下各方面更显突出:风电产业在青海省刚刚起步，风电市场尚未启动，风资源评估等前期工作不够完善，风电场建设尚未积累成功经验，产业基础十分薄弱。青海省风电专业研究机构至今尚未建立，研发平台和专业技术人才严重缺失，成为制约青海省风电产业技术创新和发展后劲的关键所在。实验证明，由于青藏高原特殊地理气候条件的制约，一些先进的风电技术在青海省推广应用存在较高难度的技术瓶颈。

（二）常规能源行业

——煤炭产业

“十一五”以来，青海省煤炭产业的发展稳步提升，并重点关注施工安全和能源的循环利用。青海省通过建设洗选加工及综合利用

项目产业园区，构建千万吨级煤焦化产业基地，并形成煤炭洗选-煤焦化-焦炉气制甲醇—煤焦油精深加工以及关联产业协同发展的煤化工循环经济产业链。青海省正积极利用自身优势并配合相关国家政策规划，将煤炭产业拉向一个更安全、更持续和更环保的层面。

青海省煤炭资源的开发利用正在逐步进入大规模实施阶段，目前存在的主要问题有：（1）煤炭资源勘探程度低，后备资源不足，难以实现青海省煤炭资源大规模开发的储备资源保障需要，增加后备精查储量的任务十分迫切和艰巨。（2）煤炭开采规模和能力不足。青海虽然煤炭储量较丰富，但至今全省没有千万吨级的煤矿。（3）煤炭资源利用率低，深加工和综合利用起步晚。煤炭深加工只局限在焦煤生产，综合利用也还处在规划阶段。（4）铁路运输制约煤炭发展。

发展需求：稳定大通矿区，重点开发热水矿区总体规划中的莫勒矿区和江仓矿区，积极开发海西柴北缘煤炭资源，加快焦煤和无烟煤优势资源的开发步伐。推广采煤机械化，加强地质勘探工作。改造煤矿安全技术设备，提高煤矿安全生产能力。

——石油产业

"十一五"以来，原油产量不断增长，能源自给率逐年增强。格尔木炼油厂是青藏高原目前唯一一座百万吨级的炼油厂，由于装备和设施的不断完善，实现了由燃料型炼油厂向燃料化工型炼油厂的转变。青海省石油化工的状况直接反映出青藏高原石油的整体供应和生产水平，并影响了很多在国家层面上对于石油的政策制定和战略部署，有着举足轻重的地位。

目前所存在的主要问题可归纳为：在勘探方面，地面和地下地质情况复杂，获取地质资料困难，勘探程度低；对盆地的性质、演化缺乏系统的研究和认识，在构造、沉积、油气生、排、运、聚等

基础方面的研究深度不够。在油田开发中，青海油田开发有五大主力油田，其它小油田基本均属于难采油田。对于主力油田而言，面临的是含水日益增高，开发已处于中、高含水阶段，地下能量亏空较大，开发层间、层内矛盾十分突出，分层开采技术不配套，“稳油控水”难度大。对于难采储量油田而言，面临的是产量低、成本高、效益差，采油速度与采收率达不到开发方案要求，开采工艺技术不过关。炼油化工方面，炼油装置负荷率低、生产周期短、能耗高，导致原油加工费用高，经济效益差，不具备生产清洁燃料的手段，加快汽、柴油质量升级换代的压力很大。炼油化工整体规模小，产品质量单一，缺乏特色产品和市场竞争能力。

发展需求：柴达木盆地具有丰富的石油天然气资源，但勘探程度低，实施油气并举是青海油田加快发展的必然选择。柴北缘地区以寻找生烃凹陷中的潜伏构造为主。柴西地区以寻找砂岩储层油藏为主。中东部地区的天然气勘探，在寻找构造气藏的同时，兼顾岩性气藏。

——天然气产业

柴达木盆地初步具备年产 12 亿立方米的天然气生产能力，具备试采生产能力的气井约 60 多口。已建成涩-宁-兰线、涩-格线等五条输气管道，年输气能力 73 亿立方米。“西气东输”工程为柴达木天然气开发事业的大发展带来了机遇，有望解决当前缺乏市场的问题。格尔木炼油厂早在几年前就储存大量的甲醇产能。2011 年，年产达 100 万吨的天然气制甲醇基地在青海省格尔木地区雏形渐现，格尔木地区因此成为亚洲最大天然气制甲醇基地。

柴东第四系天然气勘探主要技术问题：地震资料精度不够，低幅度构造识别困难；非构造圈闭的研究、勘探技术不成熟。随着气田开发工作不断深入和动、静态资料的丰富，暴露出的主要问题包

括：气藏地质描述不够精细，须采用新的技术理论进行深入的分析研究；在试采动态监测与分析方面，需提高测试及解释评价技术；在气田开采工艺方面，需开展矿场先导工艺试验。

——水能开发利用

青海省部分地区如长江和黄河干流地区水电开发态势较好，而中小型水电站开发由于经济和其他方面的影响，水利水电已处于步履维艰的境地。青海海西水资源现状还有一个特点，就是地下水利用率低，深层水情况不清。地下水对远离河道的草原治理及改良有重要的意义。在近河地区，有条件时应该加速地表水向地下水的转化，再加以利用。

对水资源的考虑应包括节水、防污和合理配置、合理利用等方面。大、中型工矿企业，不仅是水资源的经济效益回报最高的行业，也是青海省积累建设基金的重要来源和可持续性发展的支柱产业，在水资源配置上应该有优先的地位。“十二五”期间，青海省对于水资源利用不仅存在于水力发电领域，防污和合理配置于其他产业也应受到足够的重视，合理的水资源配置将是投入与收益率。水资源连接着社会生活生产的方方面面，合理利用水资源将成为青海省未来发展的重要支柱之一。

第四节 青海省能源发展的战略定位

青海省委、省政府已明确提出了生态立省战略，围绕青海“跨越发展、绿色发展、和谐发展、统筹发展”的总体目标，立足青海实际，充分发挥自然资源禀赋、政策保障和后发优势等比较优势，克服经济基础、市场化程度、科技水平和区位条件等比较劣势，顺应国内外能源经济发展潮流，抓住国家深入实施西部大开发的历史机遇，突破传统发展模式的惯性、生态约束和技术不确定性带来的挑

战，推动青海在新形势下的跨越式发展。研究采用 SWOT 分析法从内外部环境状况变化对能源发展影响的维度分析青海能源发展面临的机遇与挑战（图 2），明确给出了青海未来工业化发展进程中能源发展的战略判断：

——全面利用丰富的水能、太阳能、风能等可再生能源资源，发展新能源经济；

——更充分地可持续利用可再生资源，发展生态经济；

——更系统地综合开发利用不可再生资源，发展循环经济。

优势（Strengths）	劣势（Weaknesses）
（一）可再生能源储量丰富 太阳能风能资源 大量荒漠土地资源 电网资源 **（二）能源发展综合配套的优惠政策明显** 发展光伏产业已经做出了明确定位 科技资金投入不断加大 太阳能规模化利用创新战略联盟	**（一）区位优势薄弱，经济发展环境制约** 远离全国主要市场，基础设施薄弱 风能比较优势不突出 电网制约 **（二）幅员辽阔且发展不均衡，农牧区能源满足较为困难** **（三）管理体制问题导致的能源利用难点** 水资源统一调配问题 光伏发电并网技术标准和规范的建设。 太阳能光伏电站无并网技术标准和规范 石油天然气的开发与利用问题
机遇（Opportunities）	**挑战（Treats）**
（一）深入实施西部大开发战略机遇 **（二）“绿色经济”模式成为未来发展趋势** **（三）国际社会对发展新能源的共识**	**（一）传统发展模式的惯性** **（二）能源新技术应用的环境限制** **（三）工业化与城镇化对资源优势产品需求巨大**

图 2 青海省能源发展的 SWOT 分析

特别是，**大力发展新能源已成为青海省能源发展的必然选择。**优良的自然资源奠定了青海新能源发展的基础和条件，综合配套的国家西部发展战略举措为青海新能源的全面发展提供了政策保障。青海地处太阳能光照资源最富集区，为发展太阳能产业提供了有利的必要的物质条件。青海省发展风电产业自身具备未来大规模开发利用的潜力，市场的发展空间广阔。青海省土地面积广大，可开拓建设的土地资源、荒漠和戈壁相对比较集中、广阔平坦、无遮挡，地质地形等条件非常适合建设光伏电站。在光照资源尤其丰富的柴达木盆地和三江源地区，不少荒漠靠近电力线路和负荷中心，交通运输条件较好，由公路、铁路构成的交通运输网络覆盖全省，可以接纳光伏电力的大电网基本形成，是建设超大型荒漠光伏发电系统的首选之地。

随着新能源产业在青海省的迅速崛起，青海省已形成柴达木光伏电站群，海西地区良好的投资环境和丰富的光能、风能资源也被国内众多企业看好。青海省政府高度重视太阳能光伏产业的发展，从培育新的经济增长点、保护生态环境、改善民生的高度，着力推动光伏产业快速发展。对青海发展光伏产业明确定位，即“重点扶持的新兴支柱产业；国内重要的太阳能光伏产业基地；全国推广应用的试验、示范基地；国内最大的太阳能电力生产基地；清洁能源与循环经济结合的示范区”，并于 2009 年出台了《青海省太阳能产业发展及推广应用规划(2009～2015 年)》，着力把光伏产业打造成为继水电、冶金、石油天然气和盐化工之后的第五大支柱产业，并给予优惠政策扶持。

第二章 青海省中长期能源发展需求

2001 年至 2010 年，青海省经济一直保持着两位数的增长速度，“十五”期间实现了年均 12.0%的经济增速，“十一五”期间实现了年均 13.1%的经济增速，伴随着经济的快速增长，青海省能源需求也在大幅度增加。2010 年青海省一次能源总消耗达到 2568.26 万吨标准煤，“十一五”期间能源需求年均增长 9.04%。2010 年终端电力消费比 2005 年翻一番，达到 448.87 亿千瓦时，在终端能源消费中的比例上升到 73.48%。在能源需求快速增长的同时，青海省一次能源[1]结构逐步优化，节能降耗成效明显。与 2005 年相比，煤炭在一次能源需求中的比重下降了 15.57%，以水电为主导的高品质、低污染清洁能源的消费量比重则呈现稳步上升。与 2005 年相比，2010 年单位生产总值能耗降了 17.04%，“十一五”期间实现年均节能降耗 3.64%。但是，与全国相比，青海省能耗水平过高。2010 年青海省单位 GDP 能耗排名全国第二高（全国 30 个省市排名），仅次于宁夏，是全国平均能耗水平的 2.4 倍，未来青海省仍需要加大节能降耗力度。

对于青海而言，如何统筹兼顾资源环境的保护利用与经济社会的快速发展，实施生态立省战略，扶持绿色产业，发展绿色经济，实现绿色发展，是摆在青海省能源发展面前最重大的发展课题。根据国家“十二五”发展规划、能源中长期发展规划等基本要求，结合青海省“十二五”发展规划的实际情况，在满足全面建设小康社会目标的新要求[2]下，对青海省未来能源发展的若干情景进行识别，通过对不同情景中能源结构、能源效率、资源约束、经济发展等因素的

1 一次能源包括原煤、原油、天然气、水电、核能及其他动力能(如风能、地热能等)发电量，不包括由一次能源加工转换而成的二次能源产量。

2 胡锦涛总书记在《中国共产党第十八次全国代表大会报告》中指出：“根据我国经济社会发展实际，要在十六大、十七大确立的全面建设小康社会目标的基础上努力实现新的要求。……转变经济发展方式取得重大进展，在发展平衡性、协调性、可持续性明显增强的基础上，实现国内生产总值和城乡居民人均收入比二〇一〇年翻一番。……”

控制，对青海省未来能源发展的最优路径进行判断分析。以下三个问题的解决对于青海省中长期能源发展规划（2015 年、2020 年和 2030 年）而言，是极其关键的：

[1] 如何准确测算出青海省未来一次能源需求总量与结构?

[2] 如何准确测算出电力需求总量与结构?

[3] 基于发电方式的经济性对比，如何实现最优发电方案选择?

第一节 青海中长期能源发展的情景设置

一、研究框架

针对这三个重要能源发展议题，本课题以“经济-能源-环境协调发展”为核心理念，在青海省能源发展规划研究中，首次构建了包含经济发展、能源需求、能源结构和电力结构四个模块的研究框架，如图 3 所示。

在以往规划制定过程中，对于未来能源发展规模多是基于专家判断或是基于项目匡算，缺少对经济-能源-环境协调发展的系统性考虑，预测结果难以客观准确得反映出未来经济发展的内在规律与外生要求。本课题提出的研究框架，为地区能源发展规划制定，提供了一个可操作的研究范式，使得能源发展的量化预测结果更具合理性和科学性。

能源的需求总量主要取决于经济增速和单位产值能耗，此外产业结构调整及节能减排政策的实施也都会对能源结构调整产生很大的影响。该框架以“能源需求”和“能源结构”模块为核心，基于“能源发展服务于青海小康社会建设”的预测准则，构建了“经济发展”模块，为能源需求预测提供了可利用的经济模拟数据。同时，考虑到严峻的节能降耗压力，将节能减排政策对能源发展的影响考虑在

内。鉴于青海省终端能源消耗中电力占据很大的比重，2010 年已达到 73%，未来随着经济的快速增长，新增的电力缺口将如何填补直接关系到太阳能和风能等新能源的发展，这将对青海省能源结构调整带来重要影响。在“电力结构”模块中，主要考察在青海省电力需求、电力资源、电力装机能力约束下未来青海省电力结构变化。

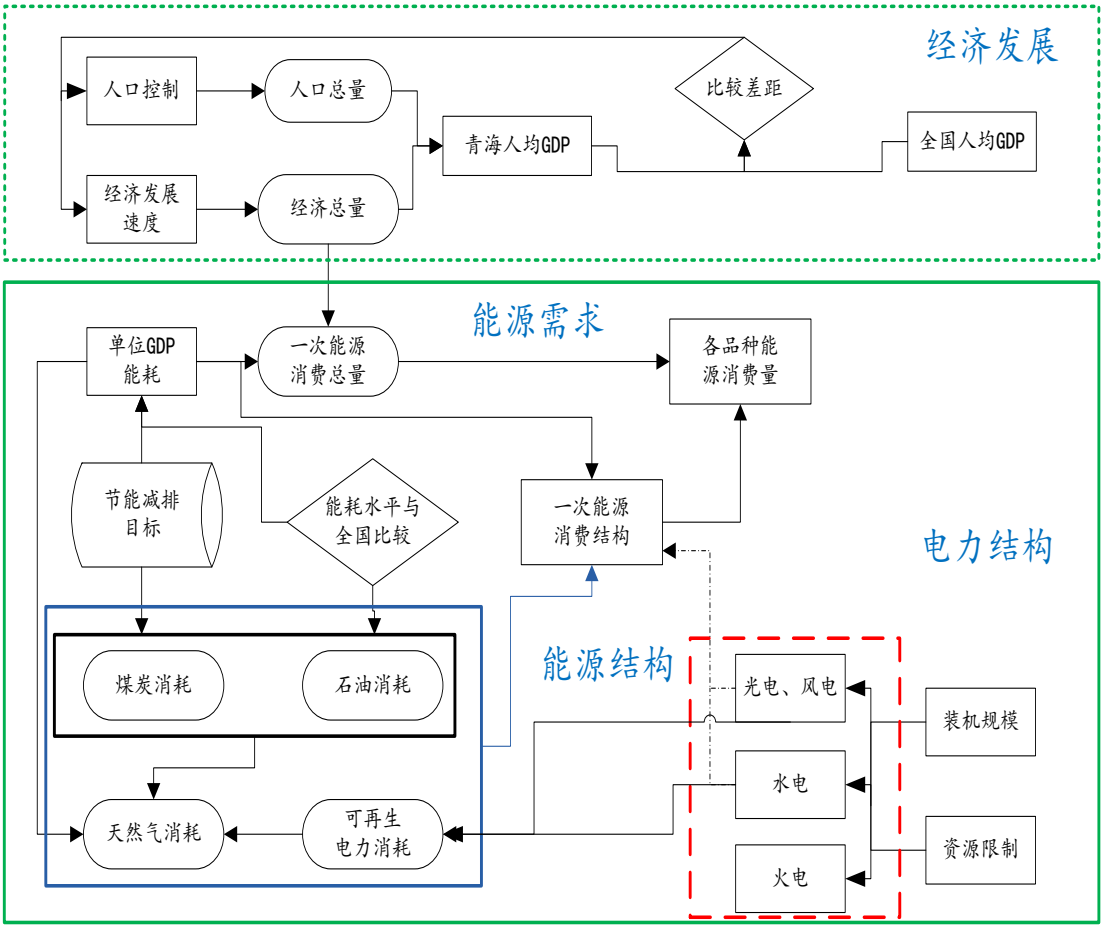

图 3　研究框架图

基于上述考虑，为了更为科学合理地实现青海省中长期能源需求的模拟测算，课题给出了如下前提假设：

[1] 所测算的中长期能源需求是以满足青海省经济发展的最低需求为模拟依据，不考虑因电力向外省输送所带来的外部能源需求。

[2] 经济增速：2015 年实现《青海省国民经济和社会发展第十

二个五年规划纲要》（以下简称《青海省十二五规划纲要》）中提出的经济发展目标；2020 年实现十八大报告中对小康社会国民生产总值发展的要求，人均生产总值达到全国平均水平，满足同步进入小康社会的建设目标。

[3] 节能减排：2015 年实现《青海省十二五规划纲要》提出的节能减排目标；持续实行相对严格但不影响经济增速的节能减排政策，以降低单位能耗。

二、情景设置

研究对经济发展速度和节能减排目标设置，是综合考虑了青海省经济发展现状及未来发展最理想的情景，其中 2011-2015 青海省经济发展速度本研究采用《青海省十二五规划纲要》中设定的目标值，如表 3：

表 3 2011-2015 经济发展和节能目标设置

目标	情境设置	2011-2015 年
年均经济增长速度	青海省“十二五”规划发展目标	12%
单位生产总值节能减排目标（相比 2010 年）	低约束	7%
	高约束	10%

2016-2020 年和 2021-2030 年本研究分别设定一个高的经济发展速度和一个低的经济发展速度，同样对节能减排也分别设定了一个高的目标和一个相对低的目标，如表 4：

表 4 2016-2030 经济发展和节能目标设置

目标	情景设置	2016-2020 年	2021-2030 年
年均经济增长速度	高增速	10%	8%
	低增速	8%	7%
单位生产总值节能减排目标（相比 2010 年）	高约束	20%	35%
	低约束	14%	25%

根据以上经济发展速度和节能减排目标的设定，青海省未来能源需求情景如表 5 所示：

表 5 青海省未来能源需求情景设置

年份	情景	经济发展	节能减排
2011-2015	情景 1	规划值	高约束
	情景 2	规划值	低约束
2016-2020	情景 1	高增速	高约束
	情景 2	高增速	低约束
	情景 3	低增速	高约束
	情景 4	低增速	低约束
2021-2030	情景 1	高增速	高约束
	情景 2	高增速	低约束
	情景 3	低增速	高约束
	情景 4	低增速	低约束

在不同能源需求情景的基础上，考虑终端能耗中电力占比在 60%和 70%下电力需求总量情景设置如下：

表 6 青海省未来电力需求情景设置

年份	情景	经济发展	节能减排	电力占比
2011-2015	情景 1-1	规划值	高约束	高占比
	情景 1-2	规划值	高约束	低占比
	情景 2-1	规划值	低约束	高占比
	情景 2-2	规划值	低约束	低占比
2016-2020	情景 1-1	高增速	高约束	高占比
	情景 1-2	高增速	高约束	低占比
	情景 2-1	高增速	低约束	高占比
	情景 2-2	高增速	低约束	低占比
	情景 3-1	低增速	高约束	高占比
	情景 3-2	低增速	高约束	低占比
	情景 4-1	低增速	低约束	高占比
	情景 4-2	低增速	低约束	低占比
2021-2030	情景 1-1	高增速	高约束	高占比
	情景 1-2	高增速	高约束	低占比
	情景 2-1	高增速	低约束	高占比
	情景 2-2	高增速	低约束	低占比
	情景 3-1	低增速	高约束	高占比
	情景 3-2	低增速	高约束	低占比
	情景 4-1	低增速	低约束	高占比
	情景 4-2	低增速	低约束	低占比

三、经济总量预测

青海省中长期能源发展三个主要问题是能源需求总量、电力需求总量及电力发展方案，但是能源发展的基础是经济水平的发展，经济的发展是驱动能源使用的主体，在对能源进行分析时必须先对中长期经济发展进行分析。因此本部分内容首先分析青海省中长期经济发展状况，然后对能源需求总量、电力需求总量、电力发展方案三个方面进行分析。

为便于经济总量与历史数据的可比性，研究对 GDP 计算统一采用采用 2000 年价格水平。在 2015 年实现了《青海省十二五规划纲要》中年均 12%的经济增长目标的基础上，2020 年和 2030 年分别给出了一个高的经济增速情景和一个低的经济增速情景，如表 7 所示。

表 7 青海中长期经济总量

年份	**2000 年**	**2005 年**		**2010 年**	
GDP(亿元)	（实际值）	（实际值）		（实际值）	
	263.68	465.2		862.17	
年份	**2000 年**	**2005 年**		**2010 年**	
情景	**（规划速度 12%）**	**低增速**	**高增速**	**低增速**	**高增速**
		（8%）	**（10%）**	**（7%）**	**（8%）**
GDP(亿元)	1519.44	2232.56	2447.07	4391.77	5283.05

在 2015 年实现了《青海省十二五规划纲要》中年均 12%的经济增长目标的基础上，2020 年高增速情景是“十三五”期间年均经济增长速度达到 10%，则 2020 年经济总量可达 2447.07 亿元；2020 年低增速情景是指“十三五”期间年均经济增长速度达到 8%，则到 2020 年经济总量可达 2232.56 亿元。2030 年高增速情景是在 2020 年高增速情景下青海省 2021-2030 年间的年均经济增长速度达到 8%，则 2030 年经济总量将达到 5283.05 亿元；2030 年低增速情景是指在 2020 年低增速情景下青海省 2021-2030 年间的年均经济增长速度达

到 7%，则 2030 年经济总量可达到 4391.77 亿元。研究发现，**青海省的 2020 年的国民生产总值即使在经济低增速情景下，也可达到 2010 年的 2.6 倍，远超《中国共产党第十八次全国代表大会报告》对小康社会国民生产总值发展的要求[3]。**

对于"2020 年青海省人均生产总值达到全国平均水平"这一发展目标而言，根据青海省发展改革委员会发布的《青海省中长期人口发展目标研究》[4]中对未来人口总量的高增长和低增长两种方案的预测结果，按照国家"十二五"规划和青海省"十二五"规划提出的经济发展速度，到 2015 年青海省的人口总量无论是呈现高增长还是低增长，其人均 GDP 都无法达到国家平均水平。

到 2020 年，若青海省"十三五"期间经济高速发展（10%），在高低两种人口增长方案下，其人均 GDP 将超过全国平均水平，将是青海省 2000 年人均 GDP 的 7-8 倍；但是，若青海省"十三五"期间经济发展呈现低增速达（8%），而人口增速较高，其人均 GDP 也将达到全国平均水平的 98%。

到 2030 年，青海省的人口总量无论是达到高增长方案下的 660.72 万人还是低增长方案下的 592.60 万人，其人均 GDP 都将超过全国平均水平，甚至在高经济发展速度和低人口增长方案下人均 GDP 将到达全国平均水平的 1.4 倍。

综上，课题组认为本研究中对青海省经济发展的情景设置是合情合理的，符合青海省经济发展的内在规律与外生要求。这也为能源需求预测提供了可利用的经济模拟数据。

---

3 十八大报告中首次提出 2020 年"实现国内生产总值和城乡居民人均收入比 2010 年翻一番"的新指标。

4 《21 世纪青海经济发展问题研究》一书分上下册，由罗朝阳主编，是青海省发改委所做的 2004 年度青海省经济发展研究报告，对青海省本年度的经济发展问题进行了深入细致的研究。《青海省中长期人口发展目标研究》收录在该书上册。

第二节 能源需求总量及结构

一、能源需求总量

能源，作为经济发展的核心动力与基础支撑，对其需求总量与结构的预测应以满足经济发展的最低需求为根本出发点。2010 年青海省实际能源需求总量为 2568.3 万吨标准煤，以此为基准，研究采用单位 GDP 能耗法、趋势外推法、弹性系数法和用能产业分析法分别对青海省能源需求总量进行预测，如下表所示。

表 8 四种方法能源需求预测结果汇总（万吨标准煤）

方法	2010 年	2015 年	2020 年	2030 年
弹性系数法	—	2936.8	4898.6 - 5665.4	8411.3 - 10535.2
趋势外推法	2626.1	3971.1	5647.4	9994.3
单位 GDP 能耗法	—	4072.1 - 4208.9	5313.5 - 6264.5	8520.0 - 11834.0
产业用能分析法	**—**	**4236.51**	**—**	**—**

注：弹性系数放和单位 GDP 能耗法计算结果根据经济增长的速度不同及节能降耗的目标不同预测出多个结果，表中选取这两种方法预测结果中的最大值和最小值给出一个能源需求总量的范围。

针对 2015 年的青海省能源需求总量预测，研究增加了更加详细的产业用能分析法，该方法的预测结果与单位 GDP 能耗法和趋势外推法预测结果具有很好的一致性。弹性系数法的预测结果则相对偏低。因此，研究认为青海省 2015 年能源需求总量将达到 4200 万吨标准煤左右。

考虑到趋势外推法仅仅是根据过去年份的能源需求量序列数据来预测未来的能力需求量，其中一个假设是影响能源需求的其他因素没有发生变化，但是从长期看，影响青海省能源需求变化的因素很多，趋势外推法给出的预测值还是相对比较粗略。能源消费弹性和单位 GDP 能耗法都与产业结构有很大的关系，但是青海省四大支

柱产业都是高能耗的，因此未来青海省能源消费弹性很难确定，根据青海省能源消费弹性历史数据也可以发现，青海省能源消费弹性变化很大，因此本研究认为单位 GDP 能耗法预测结果参考意义更大，一是这种方法是基于经济因素的，影响能源需求最大的就是经济的发展，二是该方法反映了节能降耗政策对未来能源需求的影响。

随着青海省经济的快速发展，青海省能源需求也在快速增加，2015 年青海省能源需求总量达到 4072.1~4208.9 万吨标准煤，2020 年能源需求总量达到 5313.5~6264.5 万吨标准煤，2030 年能源需求总量达到 8520.0~11834.0 万吨标准煤。相比 2010 年，青海省 2015 年新增能源需求 1503~1640 万吨标准煤，2020 年新增能源需求 2744~3695 万吨标准煤，2030 年新增能源需求 5951~9265 万吨标准煤。

表 9　单位 GDP 能耗法计算一次能源总需求

年份	情景	经济总量（亿元）		单位生产总值能耗（吨标准煤/万元）		能源需求总量（万吨标准煤）
2010	-	实际值	862.17	实际值	2.98	2569.3
2015	情景 1	规划值	1519.44	高约束	2.68	4072.1
	情景 2			低约束	2.77	4208.9
2020	情景 1	高增速	2447.07	高约束	2.38	5824.0
	情景 2			低约束	2.56	6264.5
	情景 3	低增速	2232.56	高约束	2.38	5313.5
	情景 4			低约束	2.56	5715.4
2030	情景 1	高增速	5283.05	高约束	1.94	10249.1
	情景 2			低约束	2.24	11834.0
	情景 3	低增速	4391.77	高约束	1.94	8520.0
	情景 4			低约束	2.24	9837.6

结合《青海省人民政府关于加强“十二五”期间节能工作的意见》中提出了“全省单位生产总值能耗强度下降 10%，规模以上工业单位增加值能耗下降 16%”的发展目标，模拟数据表明，相比于节能减排低约束，在高约束情景下 2015 年的能源需求总量可节约 126.7

万吨标准煤，2020 年最高可节约 440.5 万吨标准煤，2030 年则最高可节约 1584.9 万吨标准煤。这对于实现青海省的节能减排目标而言，是极为重要的。同时，研究发现，**随着青海省经济的发展，实行较严格的节能减排约束对节约能源效果也越发明显。**

二、电力需求总量

电力是青海省终端能源利用的主要形式，近年来青海省电力需求增加很快，2010 年青海省终端电力消耗占总能源消耗的 73.48%。考虑到青海省丰富的水电资源及大型光伏发电基地建设，研究设定青海省终端能源消费中电力高占比（70%）和低占比（60%）两种情景，以此模拟青海省未来电力的需求总量，如表 10 所示。

表 10　青海省电力需求预测（亿千瓦时）

年份	情景	经济发展	节能减排	电力占比	电力需求
2011-2015	情景 1-1	规划值	高约束	高占比	706.83
	情景 1-2	规划值	高约束	低占比	**605.85**
	情景 2-1	规划值	低约束	高占比	***728.75***
	情景 2-2	规划值	低约束	低占比	624.64
2016-2020	情景 1-1	高增速	高约束	高占比	1010.4
	情景 1-2	高增速	高约束	低占比	866.06
	情景 2-1	高增速	低约束	高占比	***1085.41***
	情景 2-2	高增速	低约束	低占比	930.35
	情景 3-1	低增速	高约束	高占比	921.83
	情景 3-2	低增速	高约束	低占比	**790.14**
	情景 4-1	低增速	低约束	高占比	990.26
	情景 4-2	低增速	低约束	低占比	848.79
2021-2030	情景 1-1	高增速	高约束	高占比	1771.77
	情景 1-2	高增速	高约束	低占比	1518.66
	情景 2-1	高增速	低约束	高占比	***2048.02***
	情景 2-2	高增速	低约束	低占比	1755.44
	情景 3-1	低增速	高约束	高占比	1472.87
	情景 3-2	低增速	高约束	低占比	**1262.46**
	情景 4-1	低增速	低约束	高占比	1702.51
	情景 4-2	低增速	低约束	低占比	1459.29

从表 10 可知，不同情景下，2015 年和 2020 年电力需求总量预测结果差别不是很大，但是到 2030 年的电力需求总量预测结果相差很大。特别是，在经济发展和电力占比相同设定的情景中，采用节

能减排高约束时，可以起到明显的节能效果。这与上一节中对能源需求总量预测中的发现是一致的。因此，课题组认为，**对于青海省能源发展以及电力发展而言，采用严格的节能减排高约束是最优策略。**

在节能减排高约束条件下，2020 年和 2030 年青海省电力需求由于不同的经济增速和电力需求占比对能源总量的需求有四种情况，其中低经济增长和低电力占比下、经济高增长和高电力占比两种情况分别代表了青海省对未来电力总量的最低需求和最高需求（表 11）。

表 11　青海省未来电力需求（亿千瓦时）

时间	最低电力需求 （低增速和低电力占比）	最高电力需求 （高增速和高电力占比）
2015 年	605.85	706.83
2020 年	790.14	1010.4
2030 年	1262.46	1771.77

综上，**青海省电力需求总量，到 2015 年将达到 605.85~706.83 亿千瓦时，2020 年将达到 790.14~1010.4 亿千瓦时，2030 年将达到 1262.46~1771.77 亿千瓦时。**2010 年青海省终端能源消耗中，电力消费达到 448.87 亿千瓦时，与此相比，2015 年新增电力需求 157~258 亿千瓦时，2020 年新增电力需求 341~562 亿千瓦时，2030 年新增电力需求 814~1323 亿千瓦时。

依据青海省“十二五”规划，青海省“十二五”末水电装机达到 1400 万千瓦，煤电装机达到 400 万千瓦。根据 2010 年水电和煤电发电效率及利用率，到“十二五”末，青海省水电和煤电发电量可以达到 654 亿千瓦时，基本可以满足青海省 2015 年最低电力需求，但是无法满足最高电力需求。**考虑到水电发展空间及煤电对环境破坏的影响，为满足 2015-2030 年间的新增电力需求，青海省应该在“十二五”和“十三五”期间加快发展新能源电力。**

第三节 青海省能源发展最优路径选择

随着青海省经济的发展，电力需求也迅速增加，青海省未来以何种方式供应电力需求主要取决于发电的投资成本、发电成本、环境影响等，即不同发电方式之间的经济性比较。研究通过对不同发电方式的经济性评估及 2020 年不同电力发展方案的评价为青海省未来电力发展最优路径提供决策支撑。

一、青海省电力发展方式的经济性评估

（一）青海省不同发电方式的经济性分析

对不同发电方式的经济性评估主要是装机成本和发电成本。综合考虑投资成本、运营维护成本、技术进步、资源状况等因素对不同发电方式装机成本和发电成本的影响，中国可再生能源学会给出了青海省 2015 年、2020 年、2030 年不同发电方式的平均装机成本和平均发电成本参数，如表 12 所示。

表 12　青海省能源发展的经济性参数

	2012		2015		2020		2030	
	平均装机成本	平均发电成本	平均装机成本	平均发电成本	平均装机成本	平均发电成本	平均装机成本	平均发电成本
水电	9000-14000	0.23-0.35	10000-15000	0.25 以上	14000-20000	0.35 以上	20000 以上	0.4 以上
煤电	4000	0.32	4100	0.35	4200	0.38	4500	0.42
天然气发电	3000	0.55	3100	0.6	3300	0.65	3500	0.7
风电	7500-7800	0.4-0.5	7125-7410	0.38-0.48	6975-7254	0.372-0.47	6750-7020	0.36-0.45
光伏	8500	0.8	6700	0.58	5000	0.45	3500	0.35
光热	37000	1.4	28000	1.1	20000	0.9	15000	0.55

注：平均装机成本 单位：元/千瓦；平均发电成本 单位：元/千瓦时

由表 12 可知，随着青海省可利用水能资源的减少、水电地理位置的影响和物价水平的上涨，水电装机成本将会越来越高，发电成本也相应增加。相比全国，青海省煤炭资源在全国所处地位不高，开采难度较大，且以焦煤为主，动力煤储量不大。若从省外调入煤炭，会增加运输成本，进而增加煤电的发电成本，未来青海省煤

电、天然气发电的装机成本和发电成本都会不断的增加。目前，青海省光伏、光热、风电三种新能源发电的装机成本和发电成本虽然都比常规煤电要高，但是随着技术的进步，根据目前青海光伏发电的装机成本、电站运营维护成本、未来光伏产品价格下降趋势，未来这三种方式的成本价会大幅度降低。

考虑到煤电燃烧化石能源排放的大气污染物和产生的温室气体会对环境造成损害，在分析煤电的经济性时，还需要计算环境外部成本。环境外部成本是综合考虑直接环境成本和温室气体排放成本两个指标的基础上给出的量化结果。在比较煤电发展与其他形式电力发展之间的经济性时，采用综合社会成本参数，包括煤电发电成本、环境外部成本和实际社会成本，如表 13 所示。

表 13 煤电综合社会成本（单位：元/千瓦时）

时间	发电成本	环境外部成本	社会成本
2012	0.32	0.08	0.40
2015	0.35	0.08	0.43
2020	0.38	0.15	0.53
2030	0.42	0.16	0.58

（二）青海省未来不同发电方式的经济性对比

下图是计入煤电和天然气发电外部环境成本的各种能源经济性对比，可见到 2015 年，水电、煤电与光伏、风电等新能源发电项目相比，具有一定的经济性优势；到 2020 年，煤电的综合社会发电成本已经超过光伏发电和风力发电，不再具有经济性优势；到 2030 年，水电与光伏发电和风力发电相比也不具有经济性优势。并且，此时所有新能源发电的成本都降到 0.5 元以下，经济性优势凸显。

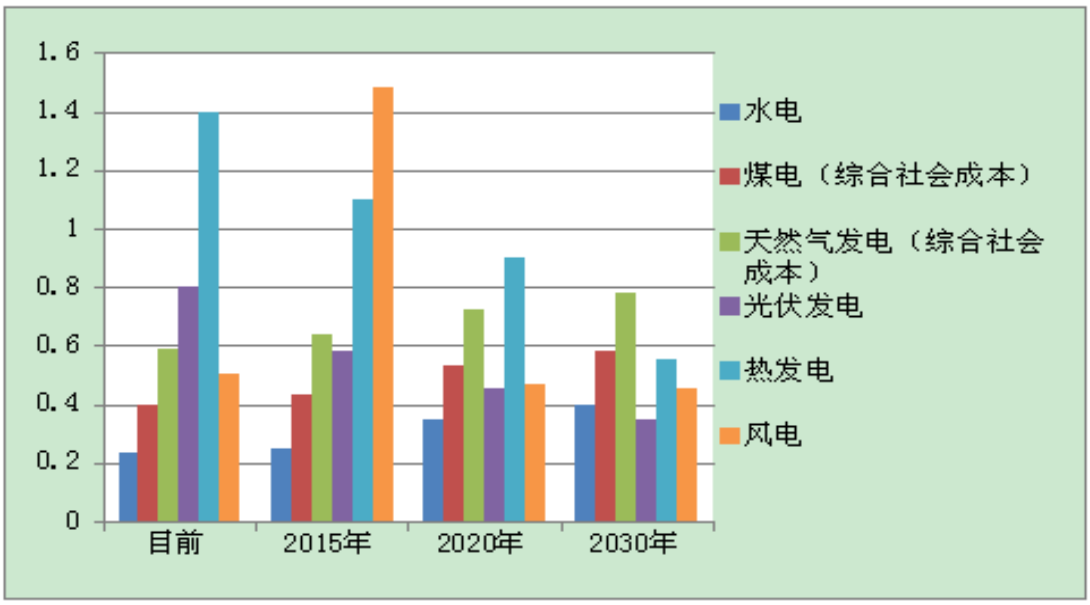

图 4 不同能源发展的经济性对比
（注：水电成本区间取小值，新能源发电成本取大值）

综上，青海煤炭资源贫乏，生态环境脆弱。如果从外地运煤进入青海发展燃煤发电，则经济、环境、社会效益都很差。**青海应充分利用其新能源资源优势，建立以水电、太阳能发电等可再生能源为主、天然气发电为辅的能源发展战略。**

——2015 年前，可大力发展抽水储能电站，并积极发展燃气电站，配以太阳能、风电等可再生能源。

——随着可再生能源发电成本的降低和消纳能力的提高，2015-2020 年可进一步加大可再生能源电站发展力度，并适量发展燃气电站。

——2020 年以后主要发展可再生能源发电，以抽水储能电站和燃气电站调峰。

二、青海省 2020 年电力发展方案评价

在 2015 年、2020 年 2030 年青海省不同电力发展方式的经济性评估的基础上，对青海省的电力需求方案进行比较遴选。考虑到

2020年电力发展方案的选取一方面可直接关系到2020年前的能源投资规划，另一方面也对2020年后的能源发展有着重要的影响，因此研究将重点针对2020年不同的电力发展方案进行比较分析。

青海省“十二五”规划中明确提出了到2015年水电装机能力达到1400万千瓦，而鉴于青海省水力经济可开发装机容量只有1548万千瓦[5]，课题组认为未来水电装机再进行扩展的难度较大，因此研究假设未来水电装机容量保持在1400万千瓦。在此基础上，研究针对2020年最高和最低电力需求设置五种方案。鉴于五种方案中水电装机规模和发电量都是相同的，不同的是煤电和新能源发展情况，因此研究只需针对煤电和新能源[6]的不同组合来评价方案间的优劣。其中2020年最低电力需求下给出了两种发展方案，2020年最高电力需求下给出了三种方案，如表14所示。

表14　青海省2020年电力发展方案

	发展方案	电力总需求	水电装机	水力发电	煤电装机	煤电	新能源发电	情景设置说明
2010	实际值	465	1085	360	205	97	0	实际装机能力
2020年最低电力需求	方案1	790.14	1400	464.52	400	189.27	136.35	“十二五”规划水电、煤电装机能力
	方案2	790.14	1400	464.52	500	236.59	89.03	“十三五”比“十二五”规划煤电装机增加100万千瓦
2020年最高电力需求	方案1	1010.40	1400	464.52	400	189.27	356.61	“十二五”规划水电、煤电装机能力
	方案2	1010.40	1400	464.52	600	283.9	261.98	“十三五”比“十二五”规划煤电装机增加200万千瓦
	方案3	1010.40	1400	464.52	1000	473.18	72.7	“十三五”比“十二五”规划煤电装机增加600万千瓦

单位说明：装机（万千瓦）；发电（亿千瓦时）

5 中国水力资源复查成果2003，能源数据手册2011,75页.

6 考虑到青海省未来风电、光伏电力、光热电力之间的比例很难确定，青海省新能源发电以光伏发电为主，本研究对新能源评价不再细分风电、光伏和光热，新能源数据统计采用光伏经济性评估参数。

进而，利用以下公式可以求得各电力发展方案的经济性评价：

发电成本[7]=水电发电量*水电发电成本+火电发电量*火电发电成本+新能源发电量*新能源发电成本

环境成本=火电发电量*火电环境成本

社会总成本=发电成本+环境成本

根据上文对 2020 年火电、风电、光伏发电的经济性评价，单位平均发电成本能够全面反映发电的投资成本和运行成本及可作为各种能源利用经济性比较的衡量指标，另考虑到火力发电需要考虑外部环境成本，则研究从单位平均发电成本和外部环境成本（见表 22）来对不同的电力发展方案进行评价对比，如表 15-16 所示。

表 15　青海省能源经济性数据

2020 年	煤电	新能源
平均发电成本（亿元/亿千瓦时）	0.38	0.5
外部环境成本（亿元/亿千瓦时）	0.15	0

在 2020 年经济性参数下，随着火电装机的增加，发电成本在逐渐降低，但是环境成本在提高，而综合社会成本也随煤电装机的增加而增加。最低电力需求下，方案 2 相比方案 1 增加了 100 万千瓦的火电装机规模，使得方案 2 的发电成本略高，但是由于外部环境成本的存在，使得其总成本略低。在最高电力需求下，方案 1 的总成本是最低的，而且随着煤电装机规模的大幅扩张，使得外部环境成本快速增长，也带来了总社会成本的增加。**考虑到青海省煤炭资源有限以及节能减排目标的实现，研究认为对于青海省而言未来大力发展煤电是相对不经济的，煤电装机规模应控制不超过 400 万千瓦，同时为满足新增电力需求，应大力发展新能源电力。**

7 2010 年水电发电成本按照 0.3 元/千瓦时计算；新能源发电成本按照光伏发电成本计算

表 16 青海省 2020 年电力发展方案评价

方案		电力总需求	水电装机	水力发电	煤电装机	煤电	新能源发电	发电成本	外部环境成本	总社会成本
2010	实际值	465	1085	360	205	97	0	139.04	7.76	146.8
2020年最低电力需求	方案1	790.14	1400	464.52	400	189.27	*136.35*	*295.86*	*28.39*	*324.25*
	方案2	790.14	1400	464.52	500	236.59	89.03	292.55	35.49	328.04
2020年最高电力需求	方案1	1010.40	1400	464.52	400	189.27	*356.61*	*394.98*	*28.39*	*423.37*
	方案2	1010.40	1400	464.52	600	283.9	261.98	388.36	42.59	430.94
	方案3	1010.40	1400	464.52	1000	473.18	72.70	375.11	70.98	446.09

单位说明：装机（万千瓦）；发电（亿千瓦时）

对于保证 2020 年最优电力发展方案的全面实现，应重点加强以下工作：

一是加强太阳能发电与其他电源及电网的统一规划，科学有序地进行太阳能资源的开发和利用。完善太阳能规划的出台与落实机制，切实推动太阳能发电与其他电源及电网的有序建设。加快抽水蓄能、燃气电站等调峰电源的建设，加快出台抽水蓄能电价政策，提高系统接纳新能源发电的能力。

二是采取各种措施，最大限度的挖掘区域电网内部的光伏消纳能力，优先光伏在区域电网内消纳。优化跨省跨区联络线及水电的调度运行方式，提高光伏发电功率预测的覆盖范围和准确度，在实时运行中提高光伏消纳利用；采用火电机组改造及供热机组在线监测等措施，提高火电的调节能力；采取峰谷电价、可中断负荷等需求侧管理和需求侧响应措施，改善系统负荷曲线。通过采取发电侧、电网侧、用电侧的各种措施，并协调光伏与其他电源的利益关

系，改变不合理的行政规章制度，促进光伏优先在西北电网内消纳利用。

三是加强跨省跨区电网建设，建设与西北新能源大规模集中发展模式相匹配的电网消纳平台。制定符合国情的光伏发电补贴政策，给投资者和用户明确的信息，不能为了消化产能而盲目大发展，也不能为了便于管理就集中连片开发。

四是根据电网渗透率指标确定不同地区电网接纳分布式电源上限和补贴额度，按照“先到先得”的原则控制发展节奏，引导相关各方的理性决策，实现分布式光伏的有序发展和合理布局。

类似地，可以实现2030年的电力发展方案评价，如下表所示。

表 17　青海省 2030 年电力发展方案评价

方案		电力总需求	水电装机	水力发电	煤电装机	煤电	新能源发电	发电成本	外部环境成本	总社会成本
2030最低电力需求	方案1	1262.46	1400	464.52	400	189.27	*608.67*	*478.34*	*30.28*	*508.62*
	方案2	1262.46	1400	464.52	600	236.59	561.35	481.65	37.85	519.50
	方案3	1262.46	1400	464.52	1200	473.18	324.76	498.21	75.71	573.92
2030最高电力需求	方案1	1771.77	1400	464.52	400	189.27	*1117.98*	*656.59*	*30.28*	*686.88*
	方案2	1771.77	1400	464.52	800	378.54	928.71	669.84	60.57	730.41
	方案3	1771.77	1400	464.52	1600	757.08	550.17	696.34	121.13	817.47

单位说明：装机（万千瓦）；发电（亿千瓦时）

应加快特高压外送电工程核准，加强跨区电网互联，扩大光伏的消纳范围，满足未来更大规模太阳能发电开发目标。为适应未来西北地区更大规模的太阳能发电开发规模，应提前研究光伏发电的跨区输送方式，探索风光火联合外送的新模式，在此基础上同步进行煤电基地和送电通道的核准。建议国家相关部门及早批准特高压

直流工程开展前期工作，实现西北新能源在全国范围内消纳利用。

三、青海省能源发展最优路径选择

考虑到青海省近年来电力占终端能源消耗的比重在逐渐上升，而且青海省的支柱产业“有色金属加工业”是主要的耗电行业，青海省未来的电力需求将会持续的增加，电力需求占终端能源需求的比例将维持在高占比的水平上，即不低于 70%。

根据上文的研究结果，即使 2016-2020 年在经济低增速（8%）情景下，2020 年的青海省国民生产总值也可达到 2010 年的 2.6 倍，远超《中国共产党第十八次全国代表大会报告》对小康社会国民生产总值发展的要求。2021-2030 年青海省在低速发展下，到 2030 年青海省人均 GDP 将超过全国平均水平。此外，从上文对能源需求和电力需求总量分析中，可以发现采用严格的节能减排高约束策略，将显著提升节能效果。这意味着青海省未来保持高速的经济发展同时应该坚持走高效的能源利用，加强节能减排的执行力度。

结合青海省经济发展，本研究认为青海省未来经济及电力需求最可能的发展途径如表 18 所示。

表 18　青海省经济与能源协调发展的最优途径

年份	经济增速	节能减排	电力占比
2011-2015 年	“十二五”规划	高约束	高占比
2016-2020 年	高增速	高约束	高占比
2021-2030 年	高增速	高约束	高占比

要保障青海省 2015-2030 年总节能降耗目标及煤炭等传统化石能源的节能降耗目标实现，煤电装机达到最大值 400 万千瓦，则 2015-2030 年青海省一次能源结构如图 5 所示。

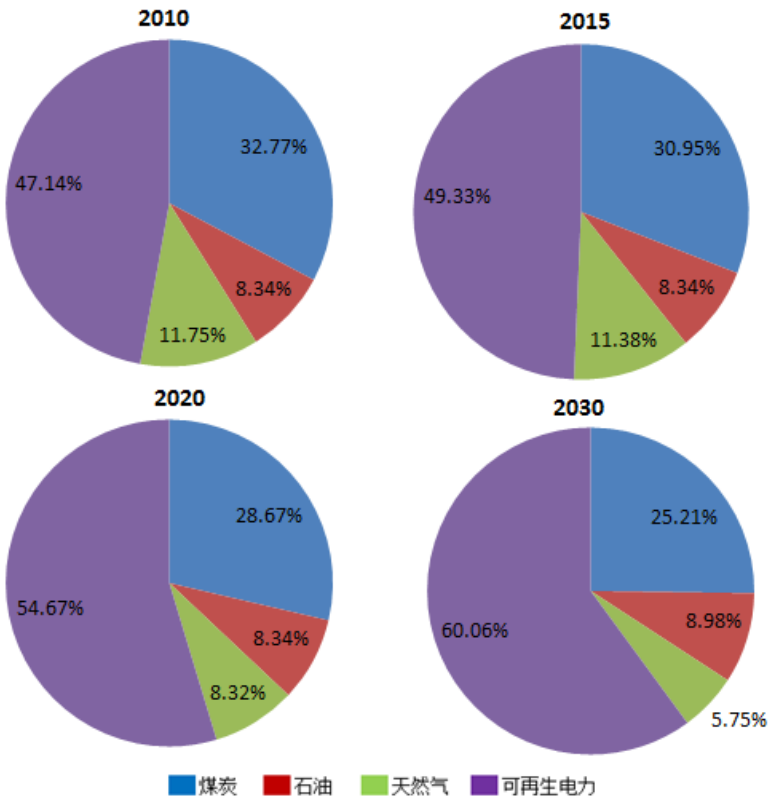

图 5 以可再生能源为中心的一次能源消耗结构

相比 2010 年，青海省一次能源消费中可再生电力占比在逐渐增加，到 2020 年将达到 54.67%，到 2030 年将达到 60.06%。与此同时，煤炭在一次能源需求中的占比到 2020 年将达到 28.67%，到 2030 年将下降到 25.21%。

随着“十二五”规划扩大煤电装机规模，2015 年煤电在电力中的占比将比 2010 年有所增加。假设到 2015 年青海省实现《青海省十二五规划纲要》提出的“到‘十二五’末，水电装机达到 1400 万千瓦，煤电装机达到 400 万千瓦”的发展目标，2015 年之后新增电力需求都可以通过发展新能源来满足，则 2015 年、2020 年、2030 年煤电和可再生电力（包括水电和新能源）的相对比重如图 6 所示。2020 年可再生电力占总电力的比重将显著高于 2015 年，达到 81.27%，而且到 2030 年可再生电力占总电力的比重将达到 89.32% 左右。

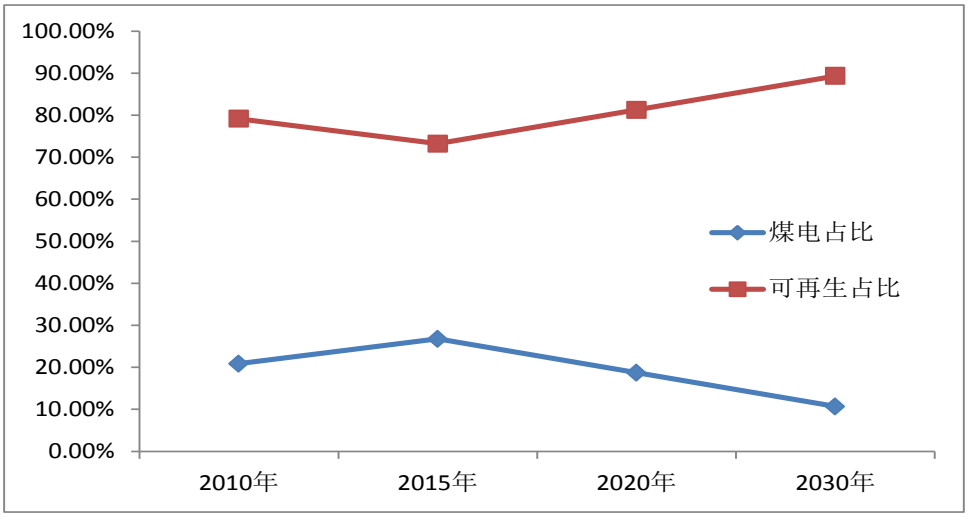

图 6 以可再生能源为中心的电力结构

结合上文发电方式的经济性评估及对 2020 年青海省不同电力发展方案的评价可以看出，**青海应充分利用其新能源资源优势，建立以水电、太阳能发电等可再生能源为主、天然气发电为辅的能源发展战略。**

[1]青海省应大力开发利用太阳能、风能等可再生能源，限制煤电的发展。

[2]青海省能源产业应以新能源发电利用为重点，以太阳能发电利用为牵引，大力发展以新能源发电利用为核心的智能电网、长距离输电和储能产业，培育新能源服务产业。

这种发展模式选择也符合全球发展趋势。从全球来看，不论是能源输出国还是输入国，都提出要将发展可再生能源作为保障国家能源安全的重要战略方向。全球主要国家的能源政策均反映了两个明显的导向：一是节能降耗，致力于节能技术和节能产品的研发；二是开发利用替代石化能源的新能源，使能源消费结构在完成由煤炭向石油的转化后向着高效、清洁、可再生、低碳或者无碳的天然气、核能、太阳能和风能等方向发展。

根据 2012 年 BP 年能源统计，2011 年世界上有 9 个国家非化石能源消费占一次能源消费的比重超过 20%，中国非化石能源消费占比还不到 10%，而能源消费总量超过美国成为世界第一能源消费大国。我国探明的石油、天然气资源贫乏，单纯依靠化石能源难以实现经济、社会和环境的协调发展。从 2005 年到 2011 年，可再生能源利用的规模不断扩大，可再生能源对能源消费总量的贡献日益显著，可再生能源在一次能源消费中比例不断提高。2009 年 9 月，我国政府向世界承诺“争取到 2020 年非化石能源占一次能源消费的比重达到 15%左右”。2011 年 3 月颁布的《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》提出：将坚持“节约优先、立足国内、多元发展、保护环境，调整优化能源结构，构建安全、稳定、经济、清洁的现代能源产业体系”，将通过“推进能源多元清洁发展”等措施，“推动能源生产和利用方式变革”。 全球未来能源发展的大趋势是优先发展可再生能源，中国综合自己的经济发展状况、资源状况和环境状况，未来必然要加大可再生能源发展的力度。《可再生能源中长期发展规划》明确提出“加快发展水电、生物质能、风能和太阳能，大力推广太阳能和地热能在建筑中的规模化应用，降低煤炭在能源消费中的比中国，是我国可再生能源发展的首要目标……力争到 2020 年使可再生能源消费量达到能源消费总量的 15%”。

需要强调的是，国家能源发展的目标要落实到各个省市才能实现，青海省目前发电以水电为主，2011 年水力发电占总发电量的 76%。新能源发电 1.4 亿千瓦时。青海省具有丰富的太阳能和风能资源，无论从资源禀赋上看还是成本优势上，青海省未来应加大对新能源的开发和利用。

第三章 青海省能源发展的指导思想

第一节 青海省能源发展指导思想

青海省能源发展的指导思想是：以邓小平理论和三个代表重要思想为指导，深入贯彻落实科学发展观，坚持多元发展、多能互补、保护环境、合理布局的能源发展方针，坚持以新能源为主，其他能源为辅的发展政策，优先大力开发太阳能、风能等新能源，积极发展水电，配套发展煤电，增强水火电及太阳能风能调峰互补能力，积极开发油气、煤炭资源，构建安全、稳定、经济、清洁的现代能源体系，为实现青海省“跨越发展、绿色发展、和谐发展、统筹发展”提供能源保障。

第二节 青海省能源发展基本原则

一、坚持能源协调社会经济

坚持能源和社会经济的协调发展。把提高能源系统综合保障能力作为能源发展的总体要求，正确认识和妥善处理能源开发利用过程中各个环节、各个方面的关系，努力实现总量与结构、开发与环保、生产与供应、常态与应急协调发展，提高资源配置效率，促进能源与经济社会发展的有机统一。

二、坚持能源服务民生改善

把改善人民群众生产生活用能条件作为能源发展的根本出发点和落脚点，发挥能源基础设施建设对经济增长和社会发展的带动作用，加大重要能源运输通道和基本能源保障建设力度，加快农村地区能源发展，提高安全应急保障能力，实现产业做强做大与人民群众用能条件改善的有机统一。

三、坚持能源促进绿色发展

把高能效、低污染、低排放作为能源发展的基本方向，在强化能源节约和环境保护的前提下，一方面加快低碳清洁能源资源的开发，另一方面大力推进传统能源的集约化、清洁化、低碳化开发利用，扩大可再生能源投资，引导可再生能源消费，实现能源发展与经济建设、生态建设的有机统一。

第四章 青海省能源发展的主要任务

第一节 青海省能源发展目标

——能源生产与需求

随着青海省经济的快速发展，青海省能源需求也在快速增加，2015 年青海省能源需求总量达到 4072~4209 万吨标准煤，2020 年能源需求总量达到 5314~6265 万吨标准煤，2030 年能源需求总量达到 8520~11834 万吨标准煤。相比 2010 年，青海省 2015 年新增能源需求 1503~1640 万吨标准煤，2020 年新增能源需求 2744~3695 万吨标准煤，2020 年新增能源需求 5951~9265 万吨标准煤。2015 年应争取完成青海省“十二五”规划提出的“‘十二五’末，煤炭生产量达到 2000 万吨，石油生产达到 300 万吨，天然气生产达到 90 亿立方米”的发展目标，该目标基本上能够满足青海省“十二五”经济发展的能源需求，但为支撑经济的持续增长，青海省 2020 年和 2030 年需继续扩大能源生产规模，尤其是煤炭生产和石油生产。

——电力装机

到 2015 年青海省电力需求达到 606~707 亿千瓦时，2020 年电力需求达到 790~1010 亿千瓦时，2030 年电力需求达到 1262~1772 亿千瓦时。与 2010 年相比，2015 年新增电力需求 157~258 亿千瓦时，2020 年新增电力需求 341~562 亿千瓦时，2030 年新增电力需求 814~1323 亿千瓦时。2015 年应争取完成青海省“十二五”规划提出的“‘十二五’末，水电装机达到 1400 万千瓦，煤电装机达到 400 万千瓦以上，新能源装机达到 200 万千瓦”的发展目标。但 2015 年之后这些电力装机能力无法满足经济发展对电力的需求，为满足青海省这些新增电力需求，考虑到水电的发展空间有限及煤电对环境的污染严重，青海省应该加快发展新能源电力。争取到 2020 年新能源装机

达到2000万千瓦左右。

——节能减排

“十二五”期间应争取完成《青海省政府加强“十二五”期间节能工作意见》中提出的“全省单位生产总值能耗强度下降10%，规模以上工业单位增加值能耗下降16%”的节能降耗目标。并争取2020年和2030年，万元GDP能耗（2005年不变价）比2010年下降20%和35%。

——能源结构调整

逐渐优化能耗结构，增加可再生能源比例，减少化石能源的使用，2015年煤炭、石油、天然气、可再生电力占一次能源的比重为30.95%、8.34%、11.38%、49.33%。争取到2020年和2030年可再生电力占一次能源的比重将达到55%和60%

第二节 青海省能源发展任务布局

一、优先发展可再生能源，构建可再生能源为中心的新型能源发展战略区

目前煤电在平均装机成本上比水电、光伏等要低，但是随着技术的进步和煤炭资源的限制，光伏发电装机成本大幅下降，平均发电成本也在逐渐下降，而煤电装机成本和平均发电成本都在不断的提高。从经济效益、社会效益和环境效益上新能源发电都优于煤电。

（一）加快可再生能源发电基地建设

加快黄河上游水电资源开发，建成羊曲等大中型水电站，开工建设茨哈峡、玛尔挡、宁木特、尔多等水电站，积极推进通天河、扎曲河水电资源开发前期工作，适时开工建设，建成全国重要的水电基地。到“十二五”末，全省水电装机达到1400万千瓦。加快推进

柴达木 2000 万千瓦级太阳能发电项目，把柴达木建成全国最大的太阳能发电基地，推进格尔木“光伏城”建设。建成东部太阳能光伏、光热可再生能源应用示范基地，加快实施海南光伏并网发电项目。

建设智能用电信息平台，积极推进智能用电设施建设，最大限度实现可再生能源就地高效利用。因地制宜发展分布式发电和微电网技术，推动青海可再生能源的开发利用，解决边远无电地区电力供应问题。

（二）着力发展太阳能相关产业

太阳能光伏产业发展应遵循技术为先、注重应用、稳步扩张、强化产业链的思路，着重提升光伏企业技术研发、终端应用的实力。光热领域应遵循创新提升、中高温应用、提升品牌的发展策略，着重提升本土太阳能热水器等光热利用企业技术研发、终端应用实力。支持太阳能建筑的研究、设计优化，以及材料、房屋部件结构的产品开发和应用，在风光互补领域、光伏与建筑一体化应用领域取得进展，形成完整的太阳能建筑产业化体系。

经过“十二五”期间的建设，太阳能产业成为新能源产业发展的主导产业，产业年收入超过 500 亿元，培育年产值过百亿元企业 1 家，过 50 亿元企业 1～2 家；培育上市企业 1～2 家。

（三）积极推进风电相关产业发展

风电产业发展应遵循以一体化应用为导向、离网与并网同步发展的思路。顺应国家发展可再生能源分布式利用的发展趋势，以市场应用为导向，发展离网型小型风力发电机和风光互补发电系统。支持风能资源精细化评估、风电场微观选址等工作。推广应用小型低速风力发电机组，解决无电地区用电问题。针对空气密度低、地形复杂、平均风速低、阵风性强等气候特点，进行大型风电机组在高原的适用性研究，以及风电有效进入电网的调度、储存与控制等问题的研究。

经过“十二五”期间的发展，培育或引进 2～3 家小型风力发电机和风光互补发电系统生产企业，产业年收入达 10 亿元。

（四）平稳推进智能电网建设

智能电网产业发展应遵循以优势产品为切入、以长距离输电和用电环节为重点的思路，重点培育青海大型智能电网装备制造企业，依托青海建设青藏联网工程的经验，以智能输变电设备和智能用电设备为切入点，重点发展智能电网输变电和用电设备的研发和制造，支持现有大企业积极推进输变电和用电智能化与新能源应用相关的技术研发，平稳推进青海智能电网产业发展。

经过“十二五”发展，到 2015 年，青海省重点培育和引进 3～5 家具备核心技术竞争力的大型智能电网企业，智能电网产业成为青海新能源产业发展的主导产业之一，智能电网产业年收入达到 200 亿元，培育上市公司 3 家。

（五）培育发展储能电池产业

储能电池产业发展应遵循立足本地产业、服务新能源发展、拓展产品应用、注重环保的思路。通过采用扶持本地企业和引进国内外龙头企业相结合，推动青海省储能电池生产技术逐步提高，规模化发展逐步扩大。重点开展新型大容量储能电池（如钠硫电池、镍氢电池等）产品和“风光储一体化”系统的研制与应用，同时注重储能电池生产过程中的环境问题，走循环经济发展路线。借助企业研发中心和国内外科研机构的力量，在国内外储能电池市场格局中取得竞争优势。

积极引进国内外先进储能电池生产技术与新兴储能电池厂商，经过 4～5 年的发展逐步扩大产品类型和产能，实现产值 20 亿元，培育或引进 2～3 家产值过 5 亿元的储能电池企业。

二、加强传统能源清洁利用，构建资源综合利用为特色的能源发展示范区

按照“集约、安全、高效、清洁”的原则，稳步推进煤炭生产储备基地建设，提高石油、天然气保障能力。加快煤炭等化石能源洁净化利用技术开发和推广步伐，推进化石能源清洁高效低碳化利用。结合青海省经济社会与能源发展的实际情况，主要涉及以下几个方面：

（一）煤炭清洁开发与利用

大力发展洁净煤技术，以煤炭洗选加工和清洁发电、现代煤化工为重点，减少煤炭运输和煤炭直接燃烧利用，促进煤炭清洁高效利用。采用先进技术和设备改造现有选煤厂，提高原煤入选量和分选效率，提高煤炭产品质量，为清洁发电、现代煤化工提供原料保障，适时推进煤制燃料示范工程。支持大型煤炭企业以煤炭主业为基础，通过合资合作方式，推进煤电、煤化工等一体化、多元化发展。

（二）合理开发利用石油天然气

柴达木盆地上覆盖着一些密切关联的资源类型，如油气、盐湖、有色金属、煤炭以及其他非金属资源等。其中，石油天然气资源是基础的资源。柴达木天然气作为国家的后备资源，开发力度要合理，要改变目前天然气行业上下游分离的状况，将其开发作为今后的重点，集中力量抓好重点天然气项目的建设，解决其进入市场的相关政策和体制问题。

开展中国内陆多年冻土区天然气水合物以及页岩气成藏机制和富集规律及开采理论研究，通过重大项目实施，将建立我国内陆多年冻土区天然气水合物以及页岩气成藏理论及更深层次的综合识别方法，研究其富集规律，探索与开发相关的技术机理，为我国天然气水合物以及页岩气资源勘探、评价提供深入有效的基础理论，为其开发利用做出技术支撑，最终为我国能源短缺问题做出贡献。

（三）发展常规能源与矿产资源循环发开利用模式

坚持“因地制宜、鼓励利用、重点突破、全面推广”的方针，以优势资源为依托，以提高资源利用效率和效益为目标，构建以盐湖、石油天然气、有色金属和煤炭等特色优势资源为主导的区域循环经济产业体系，推动青海省能源的循环经济建设。围绕资源开采和加工形成了支柱产业和优势产业，在空间上主要集聚在西宁国家级经济技术开发区和柴达木循环经济试验区。

三、提升能源科技与装备的研发水平

在新能源领域中，重点关注新能源并网技术、智能电网技术、新能源发电远距离输电技术以及储能技术的研发。组织实施一批重大科技专项研究，攻克一批关键技术瓶颈，以促进青海新能源产业发展和国家新能源基地建设。在矿产资源综合利用、新材料、新能源以及新农村建设和社会发展等领域的相关科技计划中加大对柴达木盐湖资源开发为核心的资源综合利用的产业体系建设中关键技术等方面的项目支持。开发先进制造业关键技术，提高青海省传统装备制造业技术水平，促进装备制造产业技术升级。

四、加快电网优化布局，构建西北电网水火风光互济平台

为更好的促进省内和省际电力调度，加快青海省电网的优化布局。实施青藏、青新电网联网和大电网覆盖全省工程，加快 750 千伏超高压骨干网架建设，加强与西北电网的多点联络，提高省际间电力输送能力，满足青海可再生能源的消纳的需要。“十二五”期间，西北 750 千伏电网延伸至海西地区，建设 750 千伏日月山-乌兰-格尔木双回线路，建设格尔木-鱼卡-敦煌-哈密南双回 750 千伏线路，实现青海电网经甘肃和新疆联网。“十三五”期间，甘青之间形成 8 回 750 千伏联络线，网架结构坚强，青海内部形成贯穿东西的双回链式结构。

青海 750 千伏链式电网与甘肃 750 千伏电网构成环网，构成东接宁夏、陕西电网，西联新疆电网的西北电网的电网枢纽，构建西北电网水火风光互济的平台。2015 年建成青海、甘肃 750 千伏环网，形成东接宁夏、陕西电网，西联新疆电网的西北电网的枢纽，黄河上游水电、格尔木的太阳能发电、河西风电，汇集后分别注入环网上的节点，构建西北电网水火风光互济的平台，使西北电网水火风光互济成为可能，为青海可再生能源的消纳创造条件。

对于青海省广袤的农牧区而言，优先发展分布式光伏，通过建立智能微网可以更好地解决当前青海省农牧区存在的用能体系与电网建设滞后的问题。

五、提高到国家综合能源基地的高度来进行规划与部属

提高青海省在国家电力供应中的地位，建议国家由建立青海光伏与水电结合的国家能源基地开始积极拟定太阳能基地的建设规划，大力促进青海基地作为重要先行部分带动全国的发展。从系统工程的角度实现国家能源发展战略与青海省能源发展战略的衔接，规划石油、天然气等能源资源储备目标，保证国家能源安全与供应。

鉴于可再生能源在青海省社会经济发展中重要地位，组织相关领域专家，形成相对稳定的战略研究队伍，制定适合青海省可再生能源发展的中长期战略与规划，持续跟踪并适时调整。

第五章 青海省能源发展的重点领域

重点领域的识别与分析将结合青海省实际情况及《纲要》的主体精神，积极探索新能源与常规能源的发展模式，提出青海省能源发展的重点领域，推动形成节约资源，保护生态环境的产业结构、增长方式和消费模式，增强可持续发展的能力。

第一节 优先发展新能源

着眼于青海省新能源领域资源优势和产业基础的发展实际，以及省委省政府对新能源领域不同产业的战略定位，研究认为未来青海省能源产业将以新能源发电利用为重点，以太阳能发电利用为牵引，大力发展以新能源发电利用为核心的智能电网、长距离输电和储能产业，培育新能源服务产业，将青海省建成集新能源高端制造、服务及应用为一体，辐射全国的新能源产业高地。

加快建设柴达木太阳能大型并网发电项目、青南牧区光伏电源项目，把青海建成国家重要的太阳能光伏产业基地和太阳能发电基地。加快发展储能技术及产品，加快通道建设以解决光伏发电远距离输送问题。重视微型电网的技术开发，通过电网智能化建设以提高电网吸纳包括光伏发电在内的可再生能源发电的能力。

一、太阳能产业发展的领域和方向

（一）光伏产业

重点支持利用太阳能级硅材料制作高转换率、低衰减率、高稳定性太阳能电池的研究开发及产业化。配套产业重点围绕硅料、单晶硅、硅锭、硅片、电池组件等环节的辅助材料和耗费材料进行项目开发，积极发展可与太阳能电池配套的大容量蓄电池以及太阳能发电上网的关键设备，成为光伏产业链中的重要补充。

全面试行光伏提水项目，采用最理想的方式之一—太阳光伏扬水系统解决无电地区的人畜饮水和灌溉问题。利用尽可能少的水量，最低的能耗，最实用的节水灌溉技术，最便捷的操控技术，使退化的草原生态逐步得以修复，同时提高广大牧区牧民群众的生产生活条件。

发展自主知识产权的光伏微网发电系统的设计集成、核心设备、运行控制等关键技术，将为青海省提高边远地区供电能力提供技术支撑和关键设备，并且极有可能促使我国在光伏微电网领域形成技术突破，达到世界领先水平。因此，急需开展大型及超大型并网光伏发电系统和光伏微网发电系统的关键技术研究。

编制 GW 级荒漠太阳能并网电站发展规划，促进 10MWp 级及以上荒漠光伏高压并网示范电站选址和建设，支持液流储能电池系统集成及在太阳能发电中的应用示范，太阳电池在不同季节不同工作环境下的输出特性、多种太阳电池在不同光伏发电系统中的输出特性及其他性能研究，多种形式太阳能光伏发电系统集成优化技术研究，光伏发电系统平衡部件开发，大型并网太阳能电站与电网关系研究。促进 10MWp 水/光互补微网示范电站、太阳能热发电示范电站、大规模城市公共设施太阳能照明系统建设等。

光伏发电以推动光伏大规模利用为目标，提高系统性能、降低发电成本，针对大型并网光伏电站、多能互补光伏微网发电系统、与建筑结合的光伏发电系统、独立光伏电站等不同领域，在系统集成设计技术、核心部件开发与生产、光伏系统运行控制与保护、接入电力系统关键技术等方面深入开展研究，加快光伏发电并网技术标准和规范的建设以及相关技术创新，以推进青海省科技示范项目建设和光伏市场发展，加快青海省光伏产业链进一步完善与整合，为提升产业链竞争能力提供强有力的技术支撑。

（二）光热产业

密切跟踪太阳能光热利用科技发展新趋势，加大与发达国家先进企业的科技合作力度，通过采用“引进→消化→吸收→再创新”的模式，积极开展太阳能热利用领域关键技术研究，加快百兆瓦级太阳能热发电和太阳能建筑的科技示范进程。考虑引进光热发电开发商，推进光热电站在青海乃至青藏高原地区的开发应用，提高青海光热产业的品牌和知名度。

配备储热系统，可更好的满足系统负荷需求。与煤电厂联合运行，提高技术经济性。将光热发电系统与煤电厂联合运行，既可高效利用太阳能光热系统提供中低温和中低压的水蒸汽，又具有很高的发电系统综合效率，将成为今后较长一个时期内开发利用光热发电技术的重要发展趋势之一。

利用青海丰富的石英、电力及太阳能资源建设硼硅玻璃管、全玻璃真空太阳集热管及太阳能热水器生产线。引进换热效率高的光热转换材料技术，建立全玻璃真空集热管产业化基地。加强与盐水化合物室温相变储能材料耦合的太阳房试验示范研究，缩短采暖周期。推动建立以太阳能建筑热利用技术为核心的建筑多能源混合供能领域的产品技术、质检等规范及标准，强化光伏产业链，提升产业规模。

二、风力发电产业的的领域和方向

在国家一定程度上给予的合理政策引导下，青海省应继续加大风力建设政策支持力度。根据《青海省风电场工程规划报告》，规划海西风电场项目 21 个，总装机容量 7700 兆瓦，项目总投资 770 亿元。规划到 2015 年建成装机容量达到 350 兆瓦；到 2020 年，建成装机容量达到 650 兆瓦。

全面掌握青海省风能资源状况及分布特点、科学规划风电产业

发展、做好风电运行和管理工作、提高风电资源的评价和为风电场建设的设计水平提供科学服务。开展高海拔地区风电机组技术要求和风电场设计、建设、运营等相关技术研究与开发，为逐步加快青海省风电产业发展及市场开发奠定坚实基础。柴达木盆地、青南高原的青藏公路以西以及青海湖周边地区，都具备建设风/光互补电站的资源条件，适合采用由光伏电池、小型风力发电机组、系统控制器、蓄电池组和逆变器等组成的风/光互补发电系统。

加快风电场设计、建设、运营相关技术的研究开发，合理利用我国风能资源，掌握风电场设计、建设、运营核心技术，提高风电并网技术水平。加快风力发电机组新技术研究开发，突破传统风电机组设计思想，以新的替代技术实现风电机组结构简化、运行控制简化、发电成本降低和可靠性提高。开展风电机组部件和配套设施关键技术的开发研究，掌握叶片翼型设计技术，掌握风电机组控制系统、轴承、变频器等关键部件的核心技术，具备自主研发关键部件的能力，有效提高大型齿轮箱的工艺水平和可靠性。以降低风电整体建设成本、提高适应性和拥有完全自主知识产权为目标，力争将相关电场建成我国乃至全球的垂直轴风电技术示范性工程，促进青海省低碳经济发展。

三、电网安全保障领域和方向

伴随新能源装机容量不断增加，大规模并网发电对现有电网的接纳能力、运行、监控等诸多关键技术环节提出了新的挑战和更高要求。青海电网保障能力建设主要通过传统电网增容与改造，解决光伏发电本地消纳和大规模外送问题，通过微型电网和智能电网的发展以及大规模存储技术的突破来解决光伏发电的不连续、不稳定和不可调度的问题，以实现规模化的应用。需加快研究提升常规机组快速调节、深度调峰和对电网的支撑等方面技术，研究提高发电

机组的自动化、互动化水平，大、中型机组实现重要运行参数在线实时监测、控制、预警，新能源功率预测及运行控制技术，机网协调技术，大容量储能技术等，整体提升电网安全稳定运行能力，最终建成坚强的智能电网，为今后青海省新能源发电大规模应用提供强有力的电力支撑。

四、关键科学技术及路线图

新能源开发利用关键科学技术及路线图，如下所示。

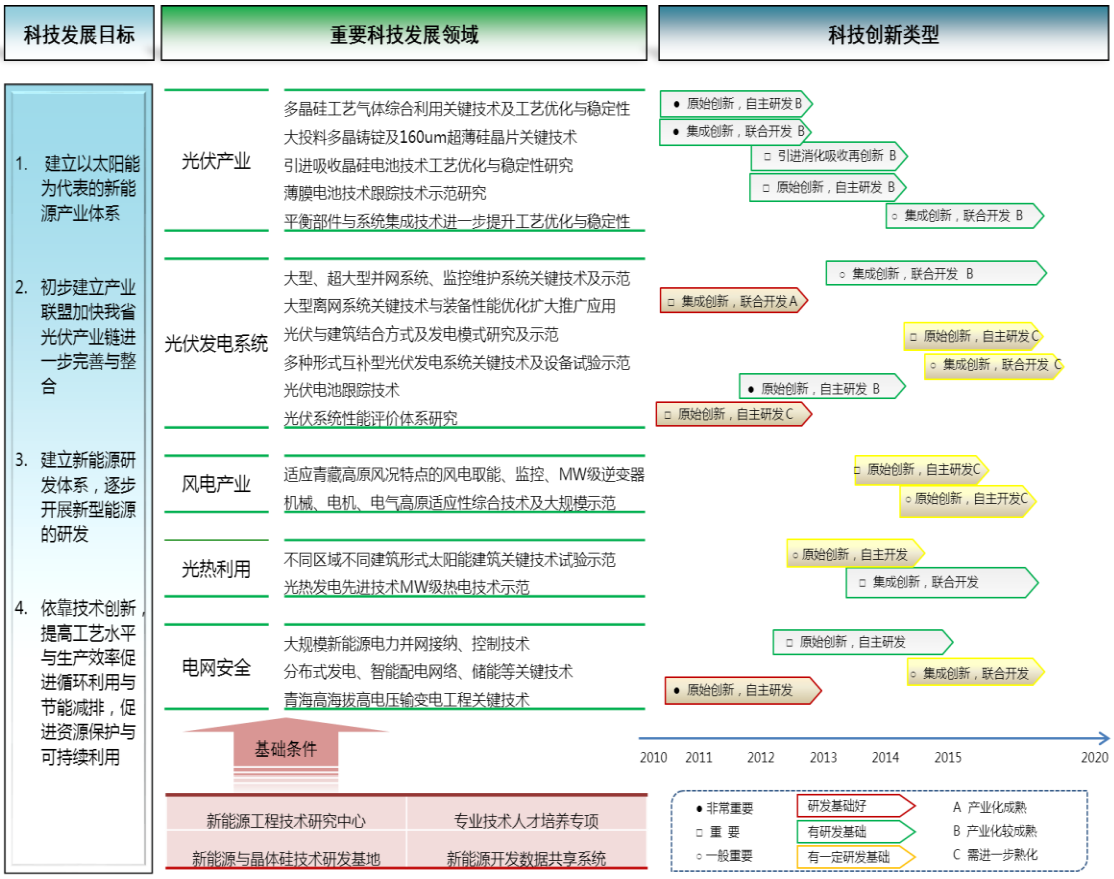

图 7 新能源与可再生能源开发利用关键科学技术及路线图

第二节 加强常规能源与其他矿产资源循环开发利用

继党的十七大提出的“建设生态文明，基本形成节约能源资源和保护生态环境的产业结构、增长方式、消费模式。循环经济形成较

大规模，可再生能源比重显著上升”，十八大进一步提出“加快建立生态文明制度，健全国土空间开发、资源节约、生态环境保护的体制机制，推动形成人与自然和谐发展现代化建设新格局”，并强调“坚持节约资源和保护环境的基本国策，坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针，着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展，形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式，从源头上扭转生态环境恶化趋势，为人民创造良好生产生活环境，为全球生态安全作出贡献”。“十二五”期间，不仅是我国妥善应对国内外发展环境重大变化、承诺实现联合国千年发展目标的重要时期，更是深入实践科学发展观和全面落实党的十八大精神的关键阶段。

青海省应认真贯彻落实节约资源基本国策，以科学发展观和循环经济相关理论为指导，坚持“因地制宜、鼓励利用、重点突破、全面推广”的方针，以优势资源为依托，以提高资源利用效率和效益为目标，推动青海省能源的循环经济建设。应继续坚持以矿产资源综合利用为核心发展循环经济。从青海省资源赋存条件看，资源富集，资源组合好，关联度强，具备构建以盐湖、石油天然气、有色金属和煤炭等特色优势资源为主导的区域循环经济产业体系条件。围绕资源开采和加工形成了支柱产业和优势产业，在空间上主要集聚在西宁国家级经济技术开发区和柴达木循环经济试验区。发展循环经济是青海省最大程度发挥资源比较优势，转变经济发展方式的必然选择。

一、煤炭产业发展循环经济的领域和方向

加大煤层气勘探开发利用力度。遏制煤矿瓦斯事故，增加清洁能源供应，减少温室气体排放。支持煤矿瓦斯民用和发电，加快煤矿区瓦斯管路联网，集中规模化利用。鼓励低浓度瓦斯利用，开展

乏风瓦斯利用试验及示范项目建设。支持大型煤炭企业参与煤层气勘探开采，鼓励外商和民营企业利用先进技术和资金投资煤层气开发，提高煤层气开发利用技术和管理水平。加快祁连山、柴北缘煤矿煤层气勘查与开发评价，建立煤层气产业基地，配套建设相应的集输管网。

依托柴达木优质的煤炭资源，构建煤化工循环产业链。以拉长加粗煤—电—化、煤—焦—化、煤－油—化等主产业链作为主线，建设和改造柴达木、西宁循环经济工业园区，使园区内不同企业之间形成资源共享和副产品互换的产业共生组合，上游生产过程中的废物成为下游生产过程的原材料，实现资源综合利用，达到相互间资源的最优化配置。延伸煤—电—化产业链，加速察尔汗盐湖镁资源的利用，发展无水氯化镁产业和与之配套的电解法生产金属镁和镁合金产业；延伸煤—焦—化产业链，回收制焦过程中的焦炉煤气，提制精细化工产品；延伸煤—油—化产业链，采用煤炭间接液化技术发展由煤向柴油、石脑油和 LPG 为主的合成油品转化，建立煤基合成油示范厂，促进青海省煤化工的发展。

二、石油天然气发展循环经济的领域和方向

柴达木盆地是目前国内唯一的无机、有机、有色、黑色等复合资源集中有机配置的地区，充分具备发展循环经济的有利条件。逐步提高原油加工能力，建设乙烯项目，配套建设一定规模的丙烯等烯烃生产能力，积极发展下游精细化工产品，并通过烯烃平衡盐湖化工产生的氯气发展 PVC 等产品，加强原油加工过程中副产物、废弃物的再生利用，实现资源的综合利用。天然气的利用与盐湖化工结合起来，以平衡盐湖化工生产过程中产生的氯气为目标，发展复合肥、甲醇、低碳烯烃、乙烯、丙烯等天然气下游加工产品及精细化工产品，实现资源的综合利用。

以平衡盐湖资源综合利用副产氯气、氯化氢气体为核心，利用天然气资源，积极推动石化与盐化产业融合，发展低碳烯烃、苯、聚氯乙烯、聚丙烯、环己酮等下游产品，构建区域性石油天然气化工基地。重点发展具产业特色的“一区四园”，即格尔木、德令哈、大柴旦、乌兰 4 个循环经济示范工业园区，形成和发展 5 大循环经济产业链，即“油气—盐化工”、“煤—焦—盐化工”、“煤化工—盐化工—建材”、“有色金属—天然气—盐化工”和“铁矿—焦炭—钢铁”产业链。构建结构合理、组合优化、配置高效的循环经济产业集群，实现专业集成、投资集中、资源集约、效益集聚、循环利用的工业经济发展模式。

三、水电发展循环经济的领域和方向

青海省水资源的利用继续以合理配置和水力发电为重点，做好各区域水资源的调查分配工作，节水与污水处理并重，坚持建设能源节约型社会，紧跟国家水资源政策统筹规划。

在国家水资源相关政策指引下，积极开发西部水电，实施“西电东送”，可满足经济发展对电力的依赖性，将潜在的资源优势变为现实的经济优势。针对青海省水资源的特点和基于现状的分析，加快抽水蓄能电站、中小型水电站开发及采用经济、适合青海省温控要求高的坝型，可满足水电可持续发展的战略。

加强区域水资源调查评价工作，着力突破水资源优化配置与综合开发利用关键技术。重点在于水资源优化配置与合理调控、节水型水资源利用体系建设、水资源及生态修复、水源地保护与生态修复、水资源与生态畜牧业发展、水土流失防治、农村牧区饮水安全、特色农业高效节水等方面的关键技术的研究。

加大对污水处理问题的重视。污水厂的规模、工艺等应该和污水处理后的利用方向挂钩，如利用污水作灌溉和利用污水回灌地下

水则其标准应有所不同。对工矿企业加大节水、污水排放和治理的监管力度，使水资源的调度回报率在收益和社会效益上都达到最大化。

四、关键科学技术及路线图

传统常规能源循环开发利用关键科学技术及路线图，如下所示。

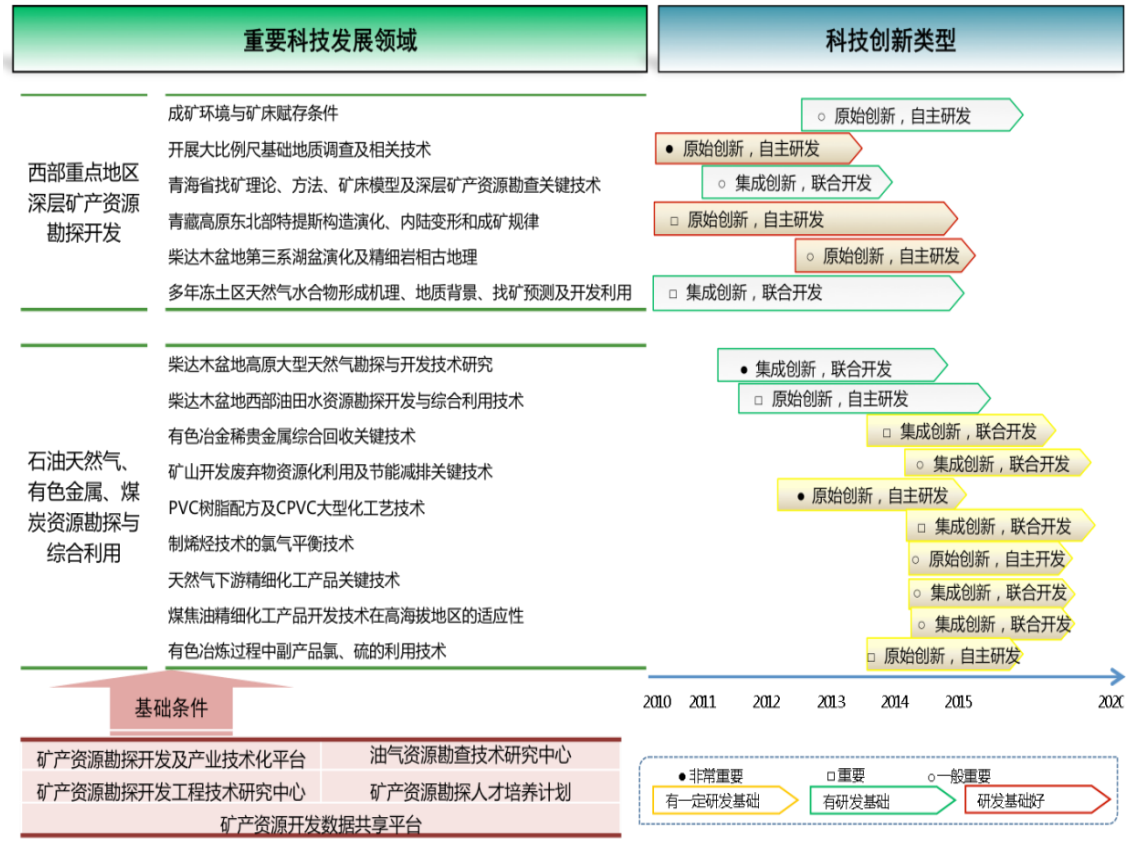

图 8 传统常规能源循环开发利用关键科学技术及路线图

第三节 稳步推进节能减排

随着青海省工业化发展规模和水平的进一步提升，污染物排放总量持续增高，环境问题可能出现爆发性增长。经济结构的不尽合理、经济增长方式的粗放的现实对资源的需求和环境容量提出新挑

战。

应重点围绕余热余压利用、高效机电节能、高效清洁燃烧、绿色照明、建筑节能、城市污水处理、工业废水处理资源化、烟气治理和控制、固体废弃物资源化、矿产资源深度开发和综合利用等节能减排重点领域，着力攻克节能减排的关键共性技术，开发推广潜力大、应用面广的节能减排先进实用技术，重点扶持节能减排科技创新示范企业。

加强废弃物资源化利用及节能减排关键技术的研究。在矿产资源深度开发和综合利用、高效清洁燃烧、余热余压利用、高效节能和建筑节能等方面加快节能降耗关键共性技术的研究及技术集成、示范与推广。在清洁生产节水技术、废水处理资源化、烟气控制与处理和固体废弃物资源化方面加强治污减排关键共性技术研究及技术集成、示范与椎广。

健全体系，提高污染减排的科技含量。结合青海地方实际，适应开展氮氧化物排放削减和控制的需要，尽快制订氮氧化物地方排放标准。要开展污染防治技术调查评估，筛选重大节能减排技术，重点开发钢铁、石化、有色、建材等高污染行业的污染物削减技术，攻克一批技术难题，为实现污染减排目标提供技术支持。

第六章 青海省能源发展的对策建议

第一节 能源发展的战略定位

一、提升青海省能源发展的战略定位，加快电网优化布局，加强各能源发展的规划协调能力

优先发展可再生能源，加快可再生能源发电基地建设，构建以可再生能源为中心的新型能源发展战略区，将青海能源发展提高到国家综合能源基地的高度来进行规划与部属。

青海省未来大力发展的太阳能主要集中在海西地区的柴达木盆地，而青海省经济发展主要的耗电行业是黑色金属冶炼和压延加工和有色金属冶炼和压延加工业企业主要集中在西宁市和海东地区。发电地区与用电地区的分离需要青海省未来做好电力的调度。通过优化电网布局，重点加快构建西北电网水火风光互济平台，实施青藏、青新电网联网和大电网覆盖全省工程，能够更好实现青海省电力的输出和输入。

青海省未来可以通过格尔木市将柴达木盆地光伏产业基地的多余太阳能电力输送到其他用电地区，并且配合新疆煤电更好的解决海西地区的用电问题。目前以格尔木市为中心建设和规划的电网有日月山～乌兰～格尔木双回 750 千伏线路、格尔木-拉萨±400 千伏、西宁-格尔木 750 千伏双回路、哈密-敦煌-格尔木 750 千伏、格尔木-玉树联网。目前青海省已经通过 750 千伏线路与西北电网联网，加快以格尔木为中心的电网建设，加强与西北电网的多点联络，提高省际间电力输送能力，更好的解决青海省电力的调度问题。

加强厅局间联动机制建设与能力提升，建立青海省能源发展统

筹管理联席会议制度以及重大能源项目独立领导小组，切实加强能源发展系统性管理，对青海省新能源发电与电网建设、新能源发电与煤电、太阳能发电与风能发电等新能源发展进行战略层面的规划协调与配合，统筹社会资源对重大能源项目实行跨部门统一管理。

二、积极筹建西部地区新能源检测认证机构，完善青海省新能源发展监管、监测与认证机制

建立和完善可实现在线监测、数据审核、统计分析、信息发布等功能强大的节能减制综合管理信息平台，进一步强化管理措施，实现资源优化配置和高效利用，为节能减排工作提供基础支撑，同时为节能减排新能力的持续积累提供保障。

设立青海省能源发展监管机构，搭建智能化的统一能源监测信息平台， 实现智能电网、煤炭、天然气、石油、太阳能等能源信息互联，动态监控新能源以及传统能源生产与消费信息监控。加强环境保护监控，对能源企业排放指标、资源开采实施即时环境监控，定期发布监测报告。

目前，我国只有河北张北地区的一个陆地试验风电场，仅仅能够满足部分风电机组的测试，在高原型风电机组的检测方面，现在国内还是空白。而在太阳能领域，现在尚未进入大规模的商业化阶段，标准、检测和认证体系非常不完成，也不存在大型的公共测试服务平台。急需通过建立检测中心，积累新能源行业的运行和故障数据库，为整个行业的技术进步提供全面的服务。

青海省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》明确提出，大力发展新能源产业，支持光伏产业、风力发电等重点项目，形成产学研相结合的光伏产业基地。国家风能太阳能重点试验室在青海省建立青海高原型风能太阳能检测中心，将为高原地区开发风能太阳能资源起到示范作用。青海省建立能源标准与体系认证机

构，形成标准化能源各项指标与认证流程，实现对能源企业与能源产品的权威认证。积极筹建西部地区新能源检测认证机构。完善相关检测认证体系，筹建“青海高原型风能太阳能试验检测中心”，辐射西部地区，推动风能、太阳能的产业进步和技术创新。

筹建西部地区新能源检测认证机构的重要性具体可参考《青海风能太阳能检测中心建设项目建议书》。

三、加快新能源装机建设，重点解决新能源并网发电关键技术及其与智能电网协调优化问题

加快新能源装机建设并扩大新能源发展规模，在 2030 年之前将太阳能电力为主的电力能源发展成为青海的支柱产业。太阳能发电具有出力不稳定和间歇性的特点，与风电类似，在发展中需要重视研究大型太阳能发电并网问题。坚强智能电网能够灵活接纳包括光伏发电等电源在内的各种发电技术，减少对传统电网冲击，与国家电网形成稳定持续的互动模式与合作机制，全面提高电网适应能力和应急保障能力。

为突破制约光伏系统规模化应用的技术瓶颈，青海省应重点开展大型高压并网光伏发电系统、城市区域性光伏微网系统、多能互补光伏发电系统和新型独立风/光互补系统关键技术研究，推动青海省乃至全国光伏发电规模化发展，促进城市区域性光伏微网在我国的推广应用。

四、加强电网建设，为青海新能源消纳提供保障

电网是支撑清洁能源规模化利用的基础。一方面清洁能源主要通过发电实现其利用，另一方面光伏等清洁能源发电具有波动性、随机性等特点，无法独立向用户供电，只有接入电网，并网运行才能实现发电利用。电网是现阶段支撑用户侧光伏发电系统规模化利用的基础。加强电网建设，为青海清洁能源的发展提供基础和保障。一是加强太阳能等新能源与电网的统一规划，科学有序地进行

太阳能等新能源的开发和利用。二是建议加强智能配电网建设，优化配电网结构和控制保护措施，提升信息化、自动化水平，满足分布式供电系统接入需求，保障电网安全稳定运行。以灵活、可靠、高效的配电网网架结构和高可靠性、高安全性的通信网络为基础，采用自愈技术、高级配电自动化、快速仿真和模拟技术，支持灵活自适应的故障处理和自愈，满足高渗透率分布式电源接入的要求，满足用户供电可靠性的要求。三是加强跨省电网建设，扩大光伏的消纳范围，建设与青海新能源开发规模相匹配的电网消纳平台。

分布式电源接入对电网的安全经济运行提出了诸多挑战，为适应大规模分布式电源发展的需求，保障电网安全经济运行，应加快推进智能电网的建设。智能配电网作为智能电网的一部分，以灵活、可靠、高效的配电网网架结构和高可靠性、高安全性的通信网络为基础，采用自愈技术、高级配电自动化、快速仿真和模拟技术，支持灵活自适应的故障处理和自愈，可满足高渗透率分布式电源接入的要求，满足用户供电可靠性的要求。建议加强智能配电网建设，优化配电网结构和控制保护措施，提升信息化、自动化水平，满足分布式供电系统接入需求，保障电网安全稳定运行。

五、优先发展分布式光伏，解决青海省农牧区用能体系建设问题

对于缓解太阳能发电与电网接纳的矛盾，应鼓励发展分布式电站，提高发电、输电、配电整体系统的效能，避免光伏发电装机规模扩容之后可能会出现的并网难题。对于青海省广袤的农牧区而言，优先发展分布式光伏，可以更好地解决当前青海省农牧区存在的用能体系与电网建设滞后的问题。研究和开发适合于高寒地区离网型光伏电源对提高农牧民的生活质量，维护社会稳定，保护三江源的生态环境都具有非常重要的意义。

六、探索“绿色载能产业”发展模式，争取 2030 年将青海建成中国第一零碳省

“绿色高载能产业”是指可使用大幅度波动的电力，特别是消化

昼夜间波动较大的光伏电，并且污染排放低的相关载能产业。利用青海省可再生电力优势，发展青海的“绿色高载能产业”，使其成为能源支柱产业的伴生支柱产业。在 2030 年之前，实现青海省绿色能源超过所使用的化石能源，成为中国第一个零碳省。

第二节 尽快部署并启动若干专项研究建议

一、优化电源结构提高调峰能力的可行性研究

旨在通过优化煤、水、油、核、新能源的比重，形成与负荷特性相适应的电源结构，并具备必需的调峰能力。重点研究现有水电站的装机容量的增加以及抽水蓄能电站的改造方案，以及燃气电站建设与地区天然气配额关系的研究，促使清洁能源发展与其他电源以及电网发展相协调。

二、柴黄鄂亿千瓦级巨型电源走廊可行性研究

旨在探索柴达木太阳能电力、黄河峡谷水电/抽水蓄能与鄂尔多斯的煤电基地间的协调发展模式，实现省际间电力的互补利用，向西北、华中、甚至华东电网供电。设计优化柴黄鄂电源走廊电力流向，调节电网间错峰容量，实现调峰互济，解决输电通道制约问题。

三、青海省农牧区用能体系建设研究

全面开展青海省农牧区用能体系发展的集中调研工作，出台《青海省农村牧区可再生能源条例》。

四、开展海西州太阳能热发电示范试验基地可行性研究

利用德令哈当前的塔式、槽式等热发电示范项目基础，开展将其打造成全国太阳能热发电示范试验基地的发展模式和建设方案研究。

五、围绕光伏电力消纳的可行性研究

青海省未来要打造光伏发电基地，新能源电力生产主要在海西地区，而青海省用电侧主要集中在东部地区，应着重开展未来光电的并网及消纳。开展关于电力补贴机制和电网布局对光伏电力消纳影响的研究。研究青海省海西地区未来经济结构变化对光伏电力的消纳能力，探讨在海西地区太阳能发电能否与耗能企业间形成“直供”模式，通过采用智能用电/用电侧管理方法，消纳和补偿光伏电波动。

六、可使用大幅度波动电力的高载能产业的可行性研究

重点研究当前青海省高载能产业向绿色载能产业发展的转型模式，以及在转型过程中所面临的制度因素、产业链重构等制约因素。

七、提升波动性电源就地消纳能力研究

开展综合措施研究，最大限度青海清洁能源就地消纳能力。一是开展太阳能等新能源及水电的优化调度研究，提高光伏发电功率预测的覆盖范围和准确度，在实时运行中提高太阳能等新能源消纳利用；二是研究峰谷电价、可中断负荷等需求侧管理和需求侧响应措施，改善系统负荷曲线；三是通过采取发电侧、电网侧、用电侧的各种措施，并协调太阳能与其他电源的利益关系，改变不合理的行政规章制度，促进太阳能等新能源优先在青海电网内消纳利用。