

核电行业

— 日核危机促进中国核电产业安全稳健发展

投资评级 中性

投资要点:

日本大地震引发福岛核电站大规模核事故,“核恐慌”正在全球蔓延,我国核电产业发展速度有望降温,从前期的非理性“大跃进”式发展走向稳健安全的“科学发展”,从长期看对我国核电行业的健康发展是有利的。

现阶段任何一个工业国不可能完全放弃煤炭和核能,利用太阳能光伏、风电、生物质能、氢能等可再生能源是最好然而也是非常昂贵的办法,我们认为未来较长时间里停止使用火电、核电只是一种幻想。目前世界核电技术处于第二代向第三代转变的过程,三代核电站相比于二代核电站对安全性、经济性等方面提出了更高的要求。日本的核电站是第二代核电技术的代表,美国的 AP1000 和欧洲的 EPR 系统是第三代核电技术的代表,我国在技术引进的过程中强调了国产化重要性,给国内的核电设备企业带来大量的投资机会。核辐射并非不可避免,人类实现核电的安全使用完全是可能的。

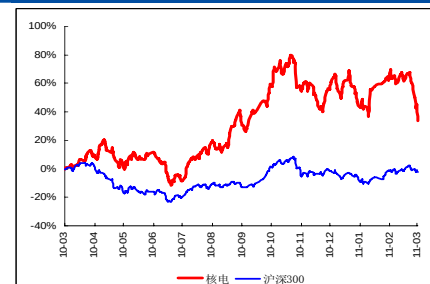
我国核电技术发展现状是:拥有比较完整的核工业体系,核电站建设速度加快,实验快中子增殖堆和高温气能试验堆等多项关键技术取得了重要进展等。存在的问题是:尚不具备独立自主规模化生产核心设备的能力;对第三、第四代先进堆的研究与国际先进水平差距仍较大等。

国内与核电相关的公司很多,核电的产业链通常包括:核原料的采集、核电站的建设(核电、常规岛、辅助设备建设)、核电站运营管理。目前国内直接和铀原料相关的上市公司还没有,但有与核电站材料相关的上市公司,比如作为反应堆冷却剂的钠,燃料包壳管锆管,以及反应堆缓和剂的石墨,可以重点关注相关上市公司:东方锆业、兰太实业、方大碳素。

根据核电投资的组成以及核电设备的投资组成,我们认为未来 10 年内我国的核电设备的市场投资总额超过 3000 亿元人民币,年均投资额度约为 300 亿元人民币;核岛设备的投资额约为 1500 亿元,常规岛 900 元,辅助设备 600 亿元。核电设备商市场机会巨大。核电设备涉及的上市公司主要以国内大型电力设备制造商为主。核电站的核岛设备和常规岛设备主要由上海电气、东方电气和哈动力三家负责消化。受日本核电危机的影响,东方电气等公司股价持续下跌,已经处于超跌区域,我们给予“推荐”的投资评级。

发布时间:2011 年 3 月 17 日

52 周行情图



相关上市公司行情

公司	收盘价	近期涨跌幅, %		投资评级
		1 周	6 月	
东方锆业	32.17	-19.7	-25.7	中性
中核科技	31.78	-18.2	-15.6	中性
东方电气	28.43	-17.5	-16.9	推荐
中国一重	5.78	-16.7	-4.93	推荐
沃尔核材	21.59	-15.0	-14.9	中性
科新机电	23.47	-14.6	-26.8	中性
海陆重工	35.63	-11.4	-25.7	中性
上海电气	7.95	-11.0	-8.62	中性
奥特迅	31.35	-7.69	-9.68	推荐
自仪股份	12.59	-5.12	-7.36	中性
哈空调	12.38	-1.04	-6.50	中性
上海电力	4.35	-0.91	7.67	中性
九龙电力	19.62	6.34	-2.49	推荐
盾安环境	33.85	13.14	25.37	推荐
兰太实业	17.44	26.29	18.40	推荐
沪深 300	3197.	-2.53	-0.88	—

相关研究报告

《国元证券行业研究—低碳经济与新能源:技术创新推动产业高速增长》,2010-11-15

联系方式

研究员: 周海鸥
执业证书编号: S0020208060732
电 话: 021-51097188-1803
电 邮: zhouhaiou@gyzq.com.cn
研究员: 常格非
执业证书编号: S0020210080002
电 话: 021-51097188-1925
电 邮: changgefei@gyzq.com.cn
联系人: 赵喜娟
电 话: 021-51097188-1952
电 邮: zhaoxijuan@gyzq.com.cn
地 址: 安徽省合肥市寿春路 179 号

目 录

第 1 部分 核电是低碳能源供应的重要组成部分	4
1.1 世界核电产业快速发展.....	4
1.2 核电是相对比较便宜的能源.....	5
第 2 部分 核电站安全性发展历程	8
2.1 核电站的工作原理.....	8
2.2 核辐射并非不可避免.....	11
2.3 安全度高的核电站国产化进程.....	12
第 3 部分 未来我国核电产业有望走向理性发展	14
3.1 中国核电发展力度和速度远远超出原先的预期.....	14
3.2 中国新型核电与核废料处理技术路线.....	16
3.3 中国核电设计系统发展前景.....	16
3.4 中国设备制造系统发展前景.....	17
第 4 部分 国内主要核电相关公司分析	18
4.1 国内外铀资源分布及使用.....	19
4.2 国内核材料上市公司分析.....	23
4.3 核电设备上市公司分析.....	24
图 1: 未来世界发电量的增长.....	4
图 2: 世界地区核电发电容量比较.....	4
图 3: 核电国家发电成本比较.....	7
图 4: 核电链式反应图.....	8
图 5: 核电站原理图.....	8
图 6: 核电站发展历程.....	9
图 7: 核电产业链.....	19
图 8: 主要国家已探明铀矿储量占比.....	19
图 9: 各大洲铀消耗占比.....	21
图 10: 主要铀消费国消耗占比.....	21
图 11: 中国铀矿分布.....	22
图 12: 核电站及主要设备投资占比.....	25
表 1: 世界核电技术发展前景.....	5
表 2: 全球现役及在建核电机组.....	5
表 3: 全球新能源发电技术现状及成本特点分析.....	5
表 4: 核电站投资回报分析.....	6
表 5: 核电站反应堆类型及对比.....	10
表 6: 三代核电站类型对比.....	11
表 7: AP1000 和 EPR 对比	12
表 8: AP1000 主要设备转让方	13
表 9: AP1000 不转让设备	13
表 10: AP1000 国内设备制造商	13
表 11: AP1000 国产化进程	14
表 12: 核电建设项目进度设想.....	14

表 13: 我国运行、在建核电站.....	15
表 14: 世界主要铀矿山产量.....	20
表 15: 世界前十大铀矿产量.....	20
表 16: 世界前十大铀矿开采企业.....	21
表 17: 各国核反应堆数量及耗铀量.....	22
表 18: 国内核电站铀用量.....	23
表 19: 核电设备国内外提供商.....	25

日本大地震引发福岛核电站大规模核事故后，“核恐慌”在全球蔓延。3月16日，中国国务院召开常务会议，会议决定：（一）立即组织对我国核设施进行全面安全检查。（二）切实加强正在运行核设施的安全管理。（三）全面审查在建核电站。（四）严格审批新上核电项目。抓紧编制核安全规划，调整完善核电发展中长期规划，核安全规划批准前，暂停审批核电项目包括开展前期工作的项目等等。我们认为：受日核电危机的影响，我国现阶段核电产业发展速度有望放缓，从非理性“大跃进”式发展走向稳健、安全的“科学发展”，从长期看这将有利于我国核电行业的健康发展。

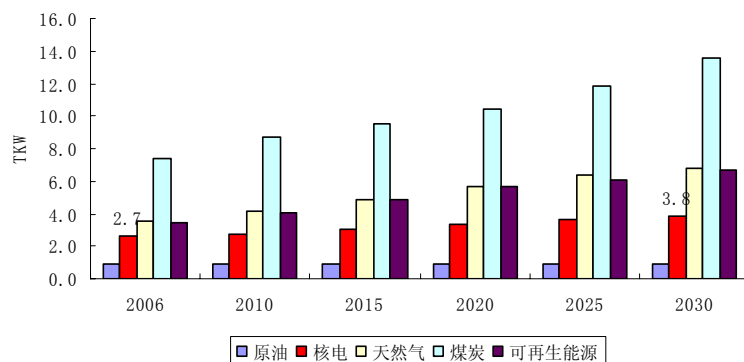
第1部分 核电是低碳能源供应的重要组成部分

核电是电力工业的重要组成部分，目前已成为与火电、水电并称的世界三大电力供应支柱。在人们越来越重视地球温室效应、气候变化的形势下，核电因为能够增加一国能源供应的多样性，提高能源安全，并提供一个替代化石燃料的低碳能源，正越来越引起许多国家的兴趣。

1.1 世界核电产业快速发展

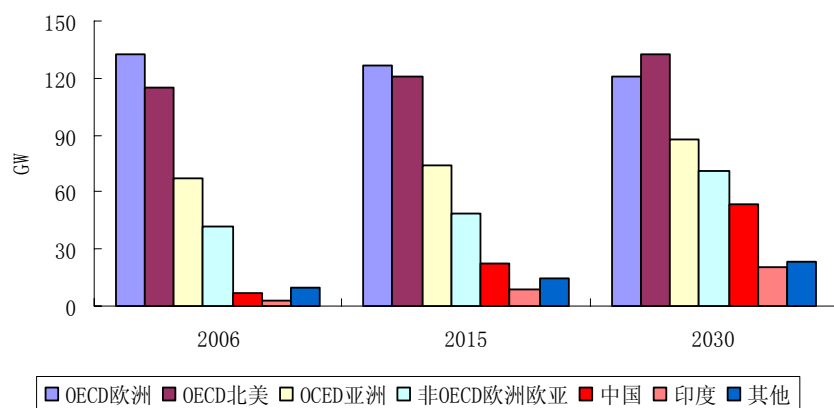
考虑到化石燃料价格上涨，能源安全和温室气体排放等因素，核电的装机容量未来将快速增长，2006年世界核电发电量约2.7万亿千瓦时，预计2030年将上升到3.8万亿千瓦时，2050年达到1000兆千瓦发电量的核电容量，将近3倍于目前的装机容量。按照正常情况预计，如果以核电代替煤电，可减少18亿吨/年的碳排放量；即可避免25%的全球碳排放增量，核电大致维持在目前全球电力市场中的份额（17%-19%）。目前核电在世界电力供应中占16%，在OECD国家中占23%。美国、法国和日本三国的核电装机容量占全世界的57%，有16个国家核能发电超过其总发电量的1/4。

图1：未来25年世界发电量的增长



资料来源：EIA，国元证券研究中心整理

图2：世界地区核电发电容量比较



资料来源: EIA, 国元证券研究中心整理

表 1: 世界核电技术发展前景

技术	到 2050 年的减排潜力 (GT 二氧化碳)	技术现状	推广途径	技术阶段	需要的总投资 (2005—2050, 十亿美元)
核电厂(III+IV)	2.80	2007 年总装机容量为 372GW	第III代 2025 年前商业化推广; 2050 年前装机容量达到 935GW。 第IV代 2045 年前商业化推广, 2050 年前装机容量 285GW	第III代: 商业化阶段, 第IV代: 研发阶段	2032.5

资料来源: The Climate Group, 国元证券研究中心整理

表 2: 全球现役及在建核电机组

国家/地区	运行机组容量 (MW)	在建机组 (MW)
美国	101119	1180
法国	63473	1630
日本	46236	2285
俄罗斯	21743	5980
德国	20339	—
韩国	17716	5350
乌克兰	13168	—
加拿大	12652	1500
中国大陆	8587	13250
全球	372203	38848

资料来源: EIA, 国元证券研究中心整理

1.2 核电是相对比较便宜的能源

现阶段一个工业国不可能完全放弃煤炭和核能, 利用太阳能光伏、风电、生物质能、氢能等可再生能源是最好然而也是非常昂贵的办法, 未来较长时间里停止使用火电、核电只是一种幻想。

表 3: 全球新能源发电技术现状及成本特点分析

技术名称	特点	成本（美分/kwh）	成本走向及降低可能
大水电	电站容量：10MW-18000MW	3—4	稳定
小水电	电站容量：1-10MW	4—7	稳定
陆地风能	风机功率：1—3MW 叶片 尺寸：60—100m	4—6	全球装机容量每翻一番，成本降低 12—18%，现已降至 1990 年的一半，风机功率相对于 10 年前的 600—800kw 亦有较大提升，未来将通过优选风场、改良叶片/电机设计和电子控制设备来降低成本。
近海风能	风机功率：1.5—5MW 叶 片尺寸：70—125m	6—10	市场依然较小，未来将通过培育市场及改良技术来降低成本。
生物质发电	电站容量：1—20mw	5—12	稳定
地热发电	电站容量：1—100mw 类型：双流式，单闪蒸式，双 闪蒸式，自然蒸汽式	4—7	成本从 19 世纪 70 年代开始降低，通过先进的勘探技术、低廉的钻井手段和高效的热利用，成本可进一步降低。
太阳能光伏（组件）	电池类型及效率产单晶硅：17% 多晶硅：15% 薄膜：10— 12%	—	全球装机容量每翻一番，成本降低 20%，每年约降低 5%，2004 年由于市场的影响，成本有所提高，未来将通过在材料、设计、工艺、效率和规模等方面做出改进来降低成本。
屋顶光伏	峰值功率：2—5kw	20—40	由于光伏组件价格降低，逆变器及系统平衡部件的改进，成本持续走低。
太阳能热发电	电站容量：1—100mw 类型：塔 式、碟式和槽式	12—18（槽式）	对于 19 世纪 80 年代第一座电站的 44 美分/kwh，成本已有所降低，通过扩大规模，改进技术，成本将进一步降低

资料来源：互联网，国元证券研究中心整理

核电站的投资大，初期投入及财务成本高；运行的寿期长、核电站的投资大，初期投入及财务成本高；运行的寿期长、成本低、可利用率高；核电站的经济性良好，大多数国家核电的上网价格低于用化石燃料的火电。我们以刚刚开始建设的浙江三门一期单机为例，对电站的投资价值进行分析。

- ① 由于采用 AP1000 技术，目前该种反应堆的单位造价在 2300USD/KW；
- ② 项目资金采用自有资金 70%，银行贷款 30%；贷款期限 20 年，年利率 5.94%
- ③ 年运行需要铀量约为 150 吨，目前国际铀矿价约为 46 USD/KG；
- ④ 单台机组年利用小时数约为 7000 小时；
- ⑤ 折旧年限 20 年，残值率 15%；
- ⑥ 核废料年处理成本 1.5 亿元，年运行维护费率 2%；设备更新率 0.5%
- ⑦ 核电上网电价 0.43 元/千瓦时；
- ⑧ 所得税 15%，增值税 17%；

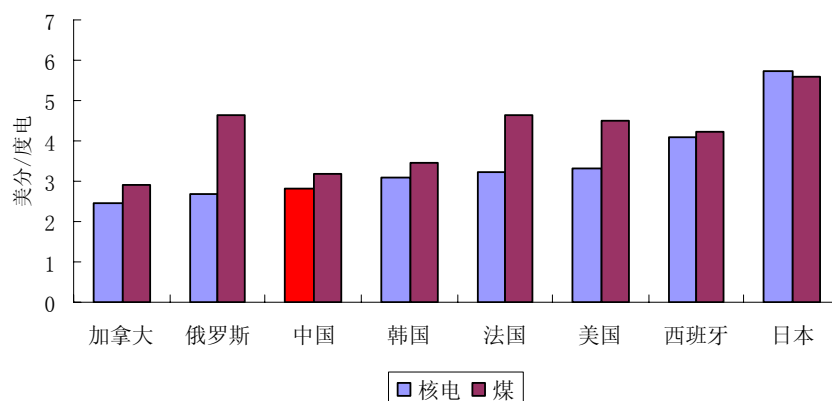
表 4：核电站投资回报分析

发电成本项目	金额
装机规模（万千瓦）	100
单位造价成本（元/千瓦）	15640
初始投资总额（百万元）	15640
资本金（百万元 30%）	4692
银行贷款（百万元 70%）	10948

年偿还本金（百万元）	547.4
年贷款利息（百万元 平均）	650.3
折旧期限(20 年)	664.7
冲减贷款本息额（百万元）	664.7
燃料费用(百万元)	46.92
核废料处理费用（百万元）	150
年维护及设备更新（百万元）	391
年发电量（百万千瓦时）	7000
年发电成本（元/千瓦时）	0.26
上网电价(元/千瓦时 含税)	0.43
自有资本金回报率	16.12%

资料来源：国元证券研究中心

图 3：核电国家发电成本比较



资料来源：EIA，国元证券研究中心整理

发展核电可改善我国的能源供应结构，有利于保障国家能源安全 and 经济安全。一次能源的多元化，是国家能源安全战略的重要保证。实践证明，核能是一种安全、清洁、可靠的能源。我国人均能源资源占有率较低，分布也不均匀，为保证我国能源的长期稳定供应，核能将成为必不可少的替代能源。

以核电替代部分煤电，是电力工业减排污染物的有效途径，也是减缓地球温室效应的重要措施。我国一次能源以煤炭为主，大量发展燃煤电厂给煤炭生产、交通运输和环境保护带来巨大压力，全国的大气状况不容乐观。核电是一种技术成熟的清洁能源。与火电相比，核电不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物和二氧化碳。

加快核电自主化建设，有利于推广应用高新技术，促进技术创新，对提高我国制造业整体工艺、材料和加工水平将发挥重要作用。核电工业属于高技术产业，其中核电设备设计与制造的技术含量高，质量要求严，产业关联度很高，涉及上下游几十个行业。

核电的优点：核能发电不排碳；核燃料（铀）的能源密度高，运输、储存安全、方便；铀资源有充足保证，燃料价格变化对发电成本的影响小，不受全球能源危机的影响；核能发生事故的风险低，综合安全度高；核能发电的排放对人类健康和环境核能发生事故的风险低，综合安全度高；核能发电的排放对人类健康和环境的影响远低于化石燃料，是清洁、环保能源。

第 2 部分 核电站安全性发展历程

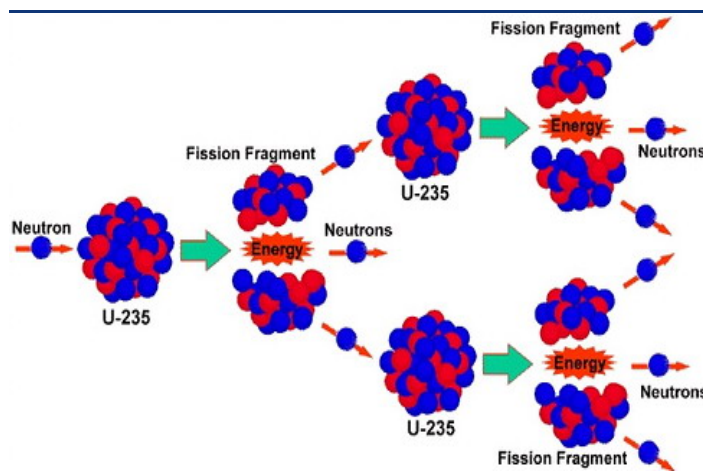
2.1 核电站的工作原理

核电本质上是对核能释放能量的反应过程发电，原子核释放核能的形式主要有核裂变和核聚变。一个重的原子核分裂成两个质量略为不同的较轻的原子核，同时放出大量能量，这种反应叫做裂变反应；两个较轻的原子聚合成一个较重的原子核，同时放出大量的能量，这种核反应叫聚变反应。相比较而言，核聚变产能的能量要远远大于核裂变，但这一过程很难控制，目前只是运用于核武器，而核裂变的可控性使其大规模的运用于民用发电领域，也就是我们通常意义上的核电。

核裂变的基本原理就是链式反应：当一个中子轰击 U235 原子核时，这个原子核能分裂成两个较轻的原子核，同时产生 2 到 3 个中子和射线，并放出能量。如果新产生的中子又打中另一个 U235 原子核，能引起新的裂变。在链式反应中，能量会源源不断地释放出来。1 千克 U235 全部裂变放出的能量相当于 2700 吨标准煤燃烧放出的能量。

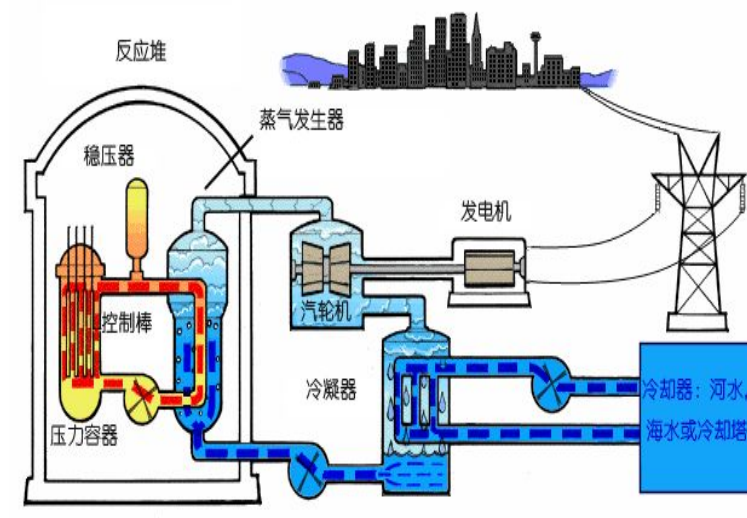
核电站的最基本工作原理就是利用核裂变在反应堆中进行，控制运营其产生的能量进行发电。目前运用最广泛的压水反应堆核电厂用的是燃料铀进行发电，核燃料反应堆中发生裂变而产生大量热能，用循环水(或其他物质)带走热量才能避免反应堆因过热烧毁，导出的热量可以使水变成水蒸气，推动气轮机发电，最后通过电网送到用电端。

图 4：核链式反应图



资料来源：国元证券研究中心

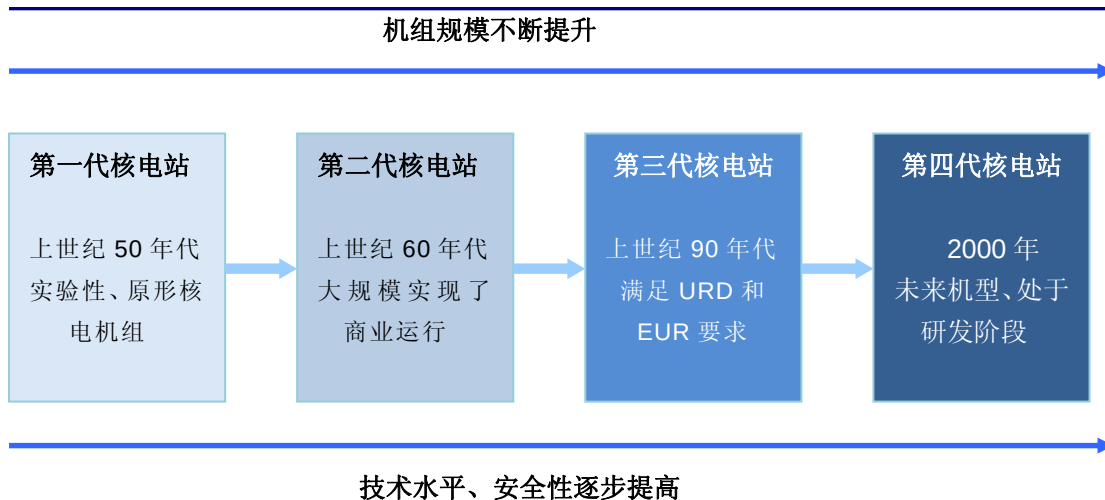
图 5：核电站原理图



资料来源：国元证券研究中心

世界的核电站发展历程一共经历了四代。

图 6：核电站发展历程



资料来源：国元证券研究中心

① **第一代核电站：**核电站的开发与建设开始于上世纪 50 年代。1954 年，前苏联建成电功率为 5 兆瓦的实验性核电站；1957 年，美国建成电功率为 9 万千瓦的 shipping port 原型核电站，这些成就证明了利用核能发电的技术可行性。国际上把上述实验性和原型核电机组称为第一代核电机组。

② **第二代核电站：**上世纪 60 年代后期，在实验性和原型核电机组基础上，陆续建成电功率在 30 万千瓦的压水堆、沸水堆、重水堆、石墨水冷堆等核电机组，在进一步证明核能发电技术可行性的同时，使核电的经济性也得以证明。目前世界上商业运行的四百多座核电机组绝大部分是在这段时期建成的属于第二代核电机组。

③ **第三代核电站：**上世纪 90 年代，为了解决三里岛和切尔诺贝利核电站的严重事故的负面影响，世界核电业界集中力量对严重事故的预防和缓解进行了研究和攻关，美国和欧洲先后出台了“先进轻水堆用户要求”文件，即 URD 文件（utility requirements document）和“欧洲用户对轻水堆核电站的要求”，即（EUR）文（European utility

requirements document), 进一步明确了预防与缓解严重事故、提高安全性和改善人因工程等方面的要求。国际上通常把满足 URD 文件或 EUR 文件的核电机组称为第三代核电机组。对第三代核电机组要求能在 2010 年前进行商用建造。

④ **第四代核电站**: 2000 年 1 月, 在美国能源部的倡议下, 美国、英国、瑞士、南非、日本、法国、加拿大、巴西、韩国和阿根廷等十个有意发展核能的国家, 联合组成了“第四代国际核能论坛”(GIF), 于 2001 年 7 月签署了合约, 约定共同合作研究开发第四代核能技术。根据设想, 第四代核能方案的安全性和经济性将更加优越, 废物量极少, 无需厂外应急, 并具备固有的防止核扩散的能力。第四代尚处于研发阶段。

核反应堆核电站的核心, 其主要作用就是用水、重水、或液态金属钠作为“冷却剂”, 当冷却剂流经核反应堆时被加热, 然后将被加热的冷却剂流到热交换器中, 将热交换器中的水变成高温高压蒸汽, 从而推动汽轮机转动发电。冷却剂交换热后通过泵重新流回反应堆中, 如此循环发电。核电站的分类很多, 通常是按照冷却剂的类型进行分类, 主要有: 压水堆、沸水堆、重水堆、气冷堆、快堆, 其中沸水堆和压水堆则同属于轻水堆。

表 5: 核电站反应堆类型及对比

反应堆类型	冷却剂	主要特点	优点	缺点	运行机组
压水堆 PWR	普通水	水在堆芯内不沸腾(330℃以上), 水保持高压状态, 燃料用的是二氧化铀陶瓷块; 整个堆芯放在内径为 4 米, 高为 13 米, 厚为 0.2 米的压力壳内。	体积小, 造价低, 技术成熟, 安全可靠	使用低浓铀, 对铀资源的利用率较低	世界主要机组秦山一期、秦山二期、大亚湾、岭澳
沸水堆 BWR	沸腾轻水	利用沸腾水并在反应堆压力容器内直接产生饱和蒸汽, 用富集铀作核燃料, 取消了蒸汽发生器, 核蒸汽直接在堆芯产生。	结构紧凑、安全可靠、建造费用低和负荷跟随能力强	使用低浓铀, 对铀资源的利用率较低	沸水堆核电站主要分布在美国和日本, 我国尚未建设
重水堆 HWR	重水	用天然铀而非浓缩铀作燃料, 重水堆核电站可以实现不停堆换燃料, 一年 365 天都可以发电, 实际发电量可以达到设计发电量的 85%, 设计年容量因子较高。	燃料成本相比压水堆低, 安全性高, 可产生大量同位素	重水价格高, 回路密封要求高, 发电成本高,	全世界总共 32 台压水堆, 我国只有秦山三期
气冷堆 HTGR	氦气, 二氧化碳	采用涂敷颗粒燃料, 以石墨作慢化剂, 堆芯出口温度为 850~1000℃, 核燃料采用高浓二氧化铀, 也有采用低浓二氧化铀	热效率高, 燃烧深, 转换比高, 安全性能好。	建造成本, 技术难度大	石岛湾核电厂
快堆 EFR	液态钠	既消耗裂变材料, 又生产新裂变材料, 而且所产可多于所耗, 能实现核裂变材料的增殖, 不需要慢化剂, 由快中子引发裂变, 发电的同时, 核燃料越烧越多。	大幅度提高铀利用率, 消耗贫铀实现增值, 发电成本优势	建设难度大, 技术要求高, 对安全性要求更高	集中于俄罗斯, 法国, 我国建成快堆实验中心

资料来源: 国元证券研究中心

前文所述, 目前国际上在运行的核电站大多属于第二代核电站, 主要是压水反应堆型。目前世界正在运行的 439 座核电站(2007 年 9 月统计数)主力机组, 总装机容量为 3.72 亿千瓦。还共有 34 台在建核电机组, 总装机容量为 0.278 亿千瓦。 在三里岛核电站和

切尔诺贝利核电站发生事故之后，各国对正在运行的核电站进行了不同程度的改进，在安全性和经济性都有了不同程度的提高，从而催收了第三代核电站的诞生。

第三代核电站的发展过程中有两个重要的文件，美国核电用户要求文件（URD）和欧洲核电用户要求文件（EUR），这两个文件对核电站的设计提出了新的要求。URD 和 EUR 规范了第三代核电站的设计技术基础。第三代压水堆核电站有两种类型：改进型电厂（如欧洲的 EPR）和非能动型电厂（如美国的 AP1000）。

表 6：三代核电站类型对比

第 3 代核电站	美国	欧洲	欧洲
能动核电站：	System 80 ⁺ , APWR1000, ABWR	EPR	EPR
非能动核电站：	AP1000	EP1000	EP1000

资料来源：国元证券研究中心

① **能动核电站**：更简化的专设安全系统；至少有两条隔离的和独立的交流电源与电网相连；至少三十分钟时间内，不考虑操纵员的干预；在丧失全部给水，至少在 2 小时内不应有燃料损坏；在丧失厂内外交流电源的 8 小时内，燃料没有损坏等。

② **非能动核电站**：不要求安全相关的交流电源；至少 72 小时内，不需要操作员干预；严重事故条件下，安全壳有足够的裕量；不需要厂外应急计划等。

我国国家引进的美国非能动 AP1000 核电站属于第三代非能动型核电厂，广东核电集团公司引进的法国 EPR 核电站属于第三代能动核电站。AP1000 和 EPR 基本上都满足了上述 URD 和 EUR 的相关要求。

2.2 核辐射并非不可避免

部分公众舆论仍然认为核能的风险超过了它的优点，他们的主要担心是：**核电站的安全性，核电的成本与经济性，环境保护与放射性废物的管理，防扩散和保安**。压水堆核电站保持了良好的安全纪录，反映了行业的成熟性和监管体系的有效性；核电和整个核工业的安全业绩不断提升，核电站的安全性和可靠性有了大幅度提高。工程质量和设备可靠性是核电安全的物质基础。

在安全方面全球增长前景实现的可能性将取决于能否在下一个五十年，**保持所有核燃料循环活动发生严重放射性泄漏的事故次数<1 的安全标准**。这意味着预期的严重反应堆堆芯事故发生频率应减少十倍。可以应用先进的轻水反应堆技术+其他设计。建造和运行中达到“最佳实践”是必不可少的。

历史上美国商业反应堆运行中，出现堆芯损毁事故的频率=每 3,000 反应堆年内 1 次。目前所有美国商业反应堆中，估计发生堆芯损毁事故的频率=每 10,000 反应堆年内 1 次。若将后者的估计应用于所研究的前景预测中，预计全世界在 2003 至 2050 年期间堆芯损坏事故次数=4。采用先进轻水反应堆设计，据称堆芯损毁事故频率=每 100,000 反应堆年内 1 次。若按此估计，则预计全世界在 2003 至 2050 年期间堆芯损毁事故次数=0.4。

日本福岛核电站发生爆炸的原因之一是其采用的第二代核电技术存在缺陷。第二代核电

技术使用的是单层循环沸水堆，引入海水作为冷却水，沸水产生的蒸汽直接用来推动涡轮，只有一条冷却回路。一旦发生故障，蒸汽就会带出放射性物质。而第三代核电技术则采用压水堆，其产生的不是蒸汽，而是高压状态下的热水，这些热水在蒸汽发生机里通过热量交换再产生蒸汽。也就是说，跟核燃料接触过的水完全被隔离在第一回路，蒸汽中不含放射性物质。因此，采用第三代核电技术发生核泄漏的几率很小。反应堆有 40 年寿命，最后 10 年是过渡期，如果超期服役，势必存在巨大的安全隐患。

2.3 安全度高的核电站国产化进程

AP1000 与 EPR 之争。目前国际上三代核电站技术主要以美国的 AP1000 和欧洲的 EPR 为代表，两者相比各有优势，目前世界上还没有正式商业运行的 AP1000 和 EPR 型核电站，在建的 EPR 堆型核电站有法国的弗拉芒维尔核电站，芬兰的奥尔基卢奥托核电站（Olkiluoto 3）。以及位于中国广东江门的台山核电站；我国目前在建的 AP1000 型核电站是浙江三门核电站，这也是世界单机规模最大的核电站。

表 7： AP1000 和 EPR 对比

类型	设计理念及主要特征	安全性	开发完成情况
EPR	1. 采用安全系统增加冗余度的设计理念； 2. 加大反应堆的热功率以及增加安全系统的冗余度和多样性。 3. EPR 长期运行（40 年）无需更换重型设备。 4. 四回路压水堆核能系统，反应堆功率是目前世界最高的（1550MWe） 5. 属压水堆技术，可使用各类压水堆燃料	1. 加强防范损坏堆芯的事件； 2. 安全壳具有非常高的密封性； 3. 事故后的堆芯损坏频率为 1.18×10^{-6}/堆年 4. 事故发生后可不干预时间高达 0.5 小时 5. 人因失误占堆熔频率的 7.74%，共因失效占堆熔频率的 57%	1. 1993 年 5 月，法国和德国的核安全当局提出在未来压水堆设计中采用共同的安全方法； 2. 1998 年，完成 EPR 基本设计。 3. 2000 年，法国和德国的核安全当局完成了 EPR 基本设计的评审工作，颁发技术导则； 4. 目前 ERP 项目已获批可发权
AP1000	1. 采用安全系统“非能动化”和简化系统的设计理念； 2. AP1000 为单堆布置两环路机组，设计寿命 60 年； 3. 反应堆冷却系统二环路设计； 4. 仪控系统采用了经验证的数字化安全系统； 5. 系统采用模块化设计，大大缩减了建设工期	1. 可以防止堆芯和混凝土相互反应，高压熔堆，氢气燃烧和爆炸，蒸汽爆炸，安全壳超压，安全壳旁路等事故 2. 事故后的堆芯损坏频率为 5.0894×10^{-7}/堆年 3. 事故发生后可不干预时间高达 72 小时； 4. 人因失误占堆熔频率的 29%，共因失效占堆熔频率的 94%；	1. 1985 年西屋公司开始了非能动先进压水堆 AP600 的开发研究工作； 2. 1998 年西屋公司在已开发的非能动先进压水堆 AP600 的基础上开发了 AP1000； 3. NRC 发布最终安全评估报告和最终设计批准书，公司获得 AP1000 的开发权。

资料来源： 国元证券研究中心

综合我国目前对核电的引进消化来看，为加速我国核电自主化进程，在高起点上实现自主创新，国家决定成立国家核电技术公司并引进国外先进的第三代核电技术，未来我国三代核电站的建设更多的倾向于运用 AP1000 系统。我国目前正在实行《AP1000 设备国产化实施方案》，通过引进技术的消化吸收以及依托目前四台机组的制造，全面掌握 AP1000 设备的设计和制造技术，从第五台机组开始，我国 AP1000 设备可以基本实现国产化。

目前 AP1000 的核岛工艺和系统设计、主设备的技术规格以及核蒸汽关于系统主设备基础设计都由西屋公司负责转让。国产化难度高的大锻件、主管道和关键核级阀门等不属转

让范围。其他设备根据西屋公司和国家核电技术公司之间的协议，由西屋公司的（分包方）打包提供相关的设备设计和技术。

表 8： AP1000 主要设备转让方

可以转让的 AP1000 主要设备	转让方	国家
反应堆压力容器	Doosan（南韩斗山）	韩国
蒸汽发生器	Doosan（南韩斗山）	韩国
堆内构件	NCMD 西屋公司核部件制造厂	美国
控制棒驱动机构	NCMD 西屋公司核部件制造厂	美国
燃料装卸料设备	ParNuclear	美国
一体化安全壳顶盖	Ansaldo（安莎多）	意大利
环形吊车	ParNuclear	美国
电控爆破阀	SPX	美国

资料来源： 国元证券研究中心

表 9： AP1000 不转让设备

不转让的主要设备	制造商	附注
RCP	EMD	关键部件和材料属于第三方制造，设备国产化和供货还受限制
环吊	WEC	出现不可抗原因时，由第三方机构向 SNPTC 提供资料
核级阀门	WEC	国内有部分合资企业，关键阀门如稳压器安全阀等，还需从国外购进
主管道	WEC 联合体外	列为 B 类供货，即由中方采购范围，不属于技术转让范围

资料来源： 国元证券研究中心

我国当前已经逐步对 AP1000 的制造工艺进行消化吸收，计划在第四台机组能够完全实现掌握主要设备的关键生产技术，从第五台机组开始可以实现完全国产化。每个机组的国产化比例分别为：30%、50%、60%和 70%，四台机组统计平均约为 50%。

表 10： AP1000 国内设备制造商

主设备	#1	#2	#3	#4	国内制造厂
蒸汽发生器	0	100%	100%	100%	哈锅，上海电气
反应堆压力容器	0	100%	100%	100%	一重、上海电气
堆内构件	0	100%	100%	100%	上海电气
控制棒驱动机构	0	0	100%	100%	上海电气
环形吊车	0	100%	100%	100%	大重—大起
燃料装卸料设备	0	100%	100%	100%	上海电气
主泵	10%	25%	40%	100%	哈电机+沈鼓（泵）
其他容器和储罐	100%	100%	100%	100%	
主管道	100%	100%	100%	100%	一重、二重
其他核级泵	100%	100%	100%	100%	
爆破阀	0	0	0	100%	航天总公司研究所
其他核级阀门	0	0	100%	100%	

资料来源：国元证券研究中心

近期我国已经在 AP1000 的国产化进程方面取得了很大的进展，很多国产设备的国产化已经进入实施过程。主泵、压力容器和蒸汽发生器、爆破阀、环吊与装卸料设备、安全壳、主管道、模块、锆材等生产有了较明显的突破。

表 11：AP1000 国产化进程

主要设备	国内厂商	国产化重要进展
主泵	沈阳鼓风机 哈尔滨电站	与 EMD 公司签订了 16 台主泵部分零部件国内分包制造，以及 2 台国产主泵分包制造合同； 标志着 AP1000 屏蔽主泵国产化进程已进入了实施阶段
压力容器 蒸汽发生器	上海电气 哈尔滨电站 一重	赴韩国斗山参加反应堆压力容器和蒸汽发生器的制造培训工作，国内但相关设备的制造还存在一定问题； 一重的蒸汽发生器管板试制已成功
爆破阀	中核苏阀	中核苏阀已制定 ASME N 和 NPT 认证，与 213 所联合开展爆破阀国产化工作并签订了联合研制协议
安全壳	山东核电设备制造公司	山东核电申请了 ASME N 和 NPT 证书；
主管道	上重、中船重工、 一重、二重	钢锭化学成份完全满足西屋公司的技术要求； 主管道冷弯核心技术取得突破，达到国际同步水平
模块	山东核电设备制造公司	4 个机组的重要模块已完成订货
锆材	国家核电技术公司	核级锆技术属于敏感技术，通过与西屋谈判为锆材技术的转让和有效实施打下了良好的基础

资料来源：国元证券研究中心

第 3 部分 未来我国核电产业有望走向理性发展

3.1 中国核电发展力度和速度远远超出原先的预期

国家发改委 2007 年 10 月通过了《核电中长期发展规划（2005-2020 年）》。提出我国核电发展目标，即根据保障能源供应安全，优化电源结构的需要，统筹考虑我国技术力量、建设周期、设备制造与自主化、核燃料供应等条件，到 2020 年，核电运行装机容量争取达到 4000 万千瓦；核电年发电量达到 2600-2800 亿千瓦时。在目前在建和运行核电容量 1696.8 万千瓦的基础上，新投产核电装机容量约 2300 万千瓦。同时，考虑核电的后续发展，2020 年末在建核电容量应保持 1800 万千瓦左右，从目前发展来看，即使按照前 5 年每年建设 3-4 台核电机组，后 8 年每年建设 4-6 台机组这种保守的建设速度估计，到 2020 年核电装机和在建容量也将达到 7800 万千瓦以上，远远超过“规划”提出的装机和在建 5800 万千瓦的目标。内陆正在规划的核电项目达数十座，江西、湖南、湖北、安徽、河南、四川、重庆等地都宣布了核电规划，中核、中广核、中电投等几大巨头也加快了在各地建设核电站的步伐。

表 12：核电建设项目进度设想

(单位: 万千瓦)	五年内新 开工规模	五年内投产 规模	结转下个五 年规模	五年末核电运行总 规模
2000				226.8
“十五”期间	346	468	558	694.8
“十一五”期间	1244	558	1244	1252.8
“十二五”期间	2000	1244	2000	2496.8
“十三五”期间	1800	2000	1800	4496.8

资料来源: 国元证券研究中心整理

表 13: 我国运行、在建核电站

核电机组	省份	堆型	设计装机容量	投产时间	主运营管理商
在运行核电站					
秦山核电	浙江	PWR	30 MW	1991 年	中核集团
秦山二期	浙江	PWR	2×650 MW	2002 年、2004 年	中核集团
秦山三期	浙江	PWR	2×728 MW	2002 年、2003 年	中核集团
大亚湾	广东	PWR	2×984MW	1994 年 5 月	中广核集团
岭澳一期	广东	PWR	2×990MW	2003 年 1 月	中广核集团
田湾一期	江苏	AES-91	2×1000MW	2007 年 5 月	中核集团
在建核电站					
岭澳二期	广东	CPR1000	2×1000MW	2010 年—2011 年	中广核集团
红沿河一期	辽宁	CPR1000	6×1000MW	1# 2012 年	中广核集团
福清一期	福建	CPR1000	6×1000MW	1# 2013 年	中核集团
宁德一期	福建	CPR1000	4×1000MW	1 2# 2013 年	中核集团
阳江	广东	CPR1000	6×1000MW	2017 年	中广核集团
秦山（方家山）	浙江	CPR1000	2×1100 MW	2013 年、2014 年	中核集团
三门一期	浙江	AP1000	2×1000MW	2013 年、2014 年	中核集团
台山一期	广东	AP1000	2×1700MW	2013 年	中广核集团
海阳一期	山东	AP1000	2×1000MW	2014 年	中电投
石岛湾	山东	HTR	200 MW	2013 年	中国华能

资料来源: 国元证券研究中心

日本正在发生的核泄漏事故让世人警醒，全球各国对于核电的安全性和整体的计划正在作出必要的反思和调整。美国、德国、法国等国都纷纷表示，将对目前运行和在建的核电项目，进行检查。虽然近日的日本大地震所引发的核电站爆炸和放射物泄漏事故对于中国的环境影响微乎其微，但却在中国引发了一场关于核能产业未来的激烈争论，促使中国重新审视其核能政策。3 月 16 日，国务院召开常务会议，会议指出，我国辐射环境监测未发现异常，国内所有运行核电机组处于安全状态。要充分认识核安全的重要性和紧迫性，核电发展要把安全放在第一位。会议决定，要立即组织对我国核设施进行全面安全检查。通过全面细致的安全评估，切实排查安全隐患，采取相关措施，确保绝对安全；将对我国的核设施作出全面检查，抓紧编制核安全规划，调整完善核电发展中长期规划。核安全规划批准前，暂停审批核电项目包括开展前期工作的项目。

3.2 中国新型核电与核废料处理技术路线

我国核电技术发展现状是：拥有比较完整的核工业体系，核电站建设速度加快，实验快中子增殖堆和高温气能试验堆等多项关键技术取得了重要进展。存在的问题是：尚不具备独立自主规模化生产核心设备的能力；对第三、第四代先进堆的研究与国际先进水平差距仍较大。下面我们参考中国科学院能源领域战略研究组的相关报告，谈谈未来我国核电技术发展路线图。

关键科技问题。核电的可持续发展涉及三个层次的关键技术：改进和提高热堆核能系统水平，从“第二代”向“第三”代技术发展；发展快堆核能系统及其燃料闭合循环技术，实现铀资源利用的最优化；发展次铀系核素和长寿命裂变产物焚烧（嬗变）技术，实现核废物最少化。三个层次的先进核能技术和核燃料循环技术的协调、配套发展，必须作为一个完整的系统工程统筹安排。

四代核电技术。第四代核能系统开发的目标是要在 2030 年左右创新地开发出新一代核能系统，使其在安全性、经济性、可持续发展性、防核扩散、防恐怖袭击等方面都有显著的先进性和竞争能力。它选定 6 种反应堆型作为优先研究开发对象，这 6 种核能系统包括两种高温气冷堆、两种液态金属堆、一种超临界水堆和一种熔盐堆。

加速器驱动次临界反应堆系统。从中国能源需求的压力和大规模发展核电带来资源压力来看，快堆应侧重于核燃料的增殖。加速器驱动次临界反应堆是目前嬗变核废料的强有力工具之一。国际原子能机构把它列入新型核能系统中，称之为“新出现的核废料嬗变及能量产生的核能系统”。研究成果将具有良好的资源效益、安全效益、环境效益，是中国核裂变能可持续发展值得探索的新技术途径。

不同时间节点的科技目标。到 2035 年前后中国快堆核能系统争取达到商用水平，应尽快建成相应的核燃料循环系统，实现铀闭合循环，迅速提高核电比重。

从现在起发展加速器驱动次临界反应堆系统技术到建成全尺度的示范装置总计需要经历小尺度技术集成，即原理论证、原型加速器驱动次临界反应堆系统建设、全尺度加速器驱动次临界反应堆系统工业化等 3 个阶段，大约需要 30 年的时间。最终建成并运行全能量、降低流强的 10MW 束功率的加速器驱动的 800MW 热功率的示范堆，在其后的 15 年（2036-2050 年）进行实验运行，对可靠性和系统经济性进行验证。

3.3 中国核电设计系统发展前景

《核电中长期发展规划（2005-2020 年）》提出在核电自主化方面，实现先进百万千瓦级压水堆核电站的自主设计、自主制造、自主建设和自主运营，全面建立与国际先进水平接轨的建设和运营管理模式，形成比较完整的自主化核电工业体系。

“十五”末及“十一五”初期，充分利用秦山二期和岭澳一期已有技术，并加以改进，建设秦山二期扩建和岭澳二期等核电工程，使国内企业具备自主设计第二代改进型 60 万千瓦和百万千瓦级压水堆核电站的能力。

“十一五”期间，通过对外合作，引进新一代先进核电技术，建设浙江三门一期和山东海阳一期核电工程，在消化吸收的基础上，进一步优化改进，提高核电的安全性和经济性。工程设计工作可以先从中外联合设计起步，逐步过渡到由国内企业自主完成设计，形成中国先进压水堆核电站品牌和批量化建设的设计能力。为尽快提高核电比重，广东台山采取引进国外技术设备建设三代核电机组。采用消化吸收的二代改进型技术，开工建设辽宁红沿河等核电站。

3.4 中国设备制造系统发展前景

核电主设备制造以国内三大设备制造厂家为骨干，同时发挥其它相关企业的专业优势，逐步实施技术改造和产业升级，共同建立起较完整的核电设备制造体系。“十一五”期间要形成不低于每年 200 万千瓦的核电成套设备生产能力，2010 年以后形成每年 400 万千瓦的生产能力。

有关核电关键设备生产的技术引进工作要按照国家总体部署，结合自主化依托项目的建设，统一组织对外招标，协调好国内各方力量，采取有效措施，做好消化吸收工作。对于我国目前尚不能生产的关键设备，要按照以我为主、引进技术、实现国产化的原则开展工作。对于已引进的技术，加快消化吸收进程，尽快转化为设备制造企业的生产能力。

在设备采购方式上，对于国内已经基本掌握制造技术的设备，原则上均在国内厂家中招标采购。对于少数没有掌握制造技术，且国际市场供应充足、稳定的非关键设备，经论证确定后，可对外招标采购。对于一些关键设备，要通过“市场换技术”方式，或者对外引进技术，或者与国外制造商成立合资、合作企业提供设备。

在国家核电自主化工作领导小组的统一组织下，国内制造企业协调一致，分工合作，引入竞争，提高效率，要以秦山二期扩建和岭澳二期、辽宁红沿河、浙江三门和山东海阳等核电项目为依托，不断提高设备制造自主化的比例，最大限度地掌握制造技术，努力实现核电设备制造业的战略升级。

核电装备产品主要包括核岛和常规岛的机械、电气和控制设备，辅助设施的机械、电气和控制设备，其中与安全直接相关的核级设备占一半强，与安全不直接相关的非核级设备占一半弱。核电装备制造并非一个独立的产业，核电装备产品的制造主要分布在装备制造业的以下几个行业中：金属材料与大型铸锻件制造业、重型容器与设备制造业、发电设备制造业、电气与控制设备制造业、通用机械（阀门，水泵等）制造业等。核电装备制造是以上这些装备制造业的有机组成部分之一，其发展依托于以上装备制造产业的发展。至今，我国核电装备制造业已得到较大发展，目前我国 30 万 KW、60 万 KW 及百万千瓦级核电站的国产化率水平分别在 90%、70%和 50%左右。预计 2012、2013 年前后，我国百万千瓦级核电的装备的自主化率将达到 75%以上。

我国三大装备制造基地目前已经改扩建，上海电气临港基地将于近年建成年产 2.5 套百万千瓦级机组能力，哈尔滨电站在秦皇岛和大连将建成年产 2 套百万千瓦级机组能力，东方电气在海南将建成年产 2 套机组能力，全国即将形成年产 6 套百万千瓦机组的能力，考虑 2008 年 5 月份四川大地震对东方电气设备制造业的影响，推迟一段时间形成装备制造的产能，迟至 2010 年初，我国的核电装备制造业将具备国产化率 50-70%的年产 6 台百万千瓦级机组的产能。考虑到未来核电发展的巨大市场需求和我国已具备的常规装备制

造业能力，只要政策及配套措施到位，2012-2013 年，我国有可能具备国产化水平达 75% 以上、年产 8 台百万千瓦级核电机组的能力。这一点也可以从我国大型水轮机制造、超超临界发电机组制造，以及每年上亿千瓦的发电装备制造和安装能力得到证明。目前，我国常规电力的装机增长速度已经达到每周 2 台百万千瓦机组的高速度，上述已知核电建设的装备约一半为常规的非核级装备，可以由我国常规电力装备产能稍加改进而替代，剩下的一半左右为核级装备，因此，每年生产 8 台百万千瓦级核电站的速度从设备生产能力上看并不难。

目前核电装备制造业的挑战与隐忧在于：1) 核电装备制造业标准化体系没有建立；2) 市场因素起作用，二代改进型技术的装备制造业产能将进一步挤兑三代核电技术的装备制造业的空间。3) 目前批量建设的二代改进型机组自主化率不高，有的核心技术缺乏，百万千瓦级核电装备国产化率仅 50% 左右。基于核电站安全第一考虑，发达国家现在已经不再将二代及二代改进型技术用于新建的核电站，并且还将逐步淘汰原有的二代核电机组。但我国目前批量建设（包括在建和拟建）的大部分机组仍为二代改进型机组，共 28 台、容量达 2852 万 KW，目前我国装备制造业产能以此为主导而建设的，跟不上未来国家核电发展对三代技术的配套装备的需求。

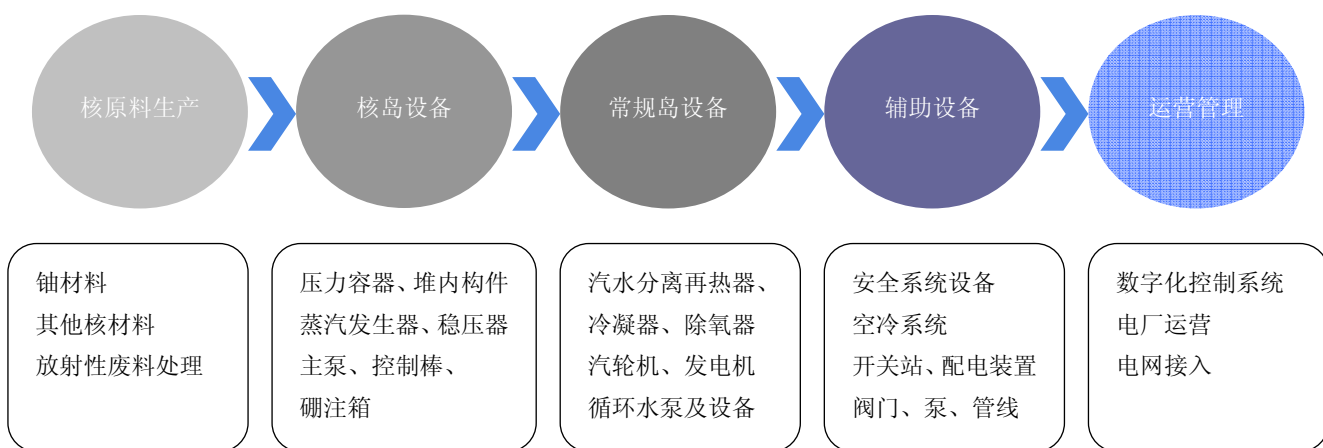
核电建设的一次性投资成本非常高，而其运行和燃料成本相对都很低，成本中唯一变量的铀矿资源，但铀的因素只占整个发电成本的 3%—5%，因此铀价的涨跌对整个核电成本影响不大。因此，目前规模化、批量化发展核电，必然考虑核电一次性投资成本的资金和企业自有资本金问题。按照 15 年内新开工建设和投产的核电建设规模大致估算，核电项目建设资金需求总量约为 4500 亿人民币，其中，15 年内项目资本金需求量为 900 亿元，平均每年要投入企业自有资金 54 多亿元。

核电自主化依托工程建设资金筹措以国内为主，原则上不使用国外商业贷款及出口信贷。国家根据可能，对自主化依托项目建设所需资金，从预算内资金(国债资金)中给予适当支持。支持符合条件的核电企业采用发行企业债券、股票上市等多种方式筹集建设资金。规范核电项目投资行为，对核电项目所需资本金，均以企业自有资金出资，按工程动态总投资不少于 20% 筹集。

第 4 部分 国内主要核电相关公司分析

国内与核电相关的公司很多，主要包括设备制造商和运营商，我们按照核电的产业链对相关公司以及投资机会进行分析。核电的产业链通常包括：核原料的采集、核电站的建设(核电、常规岛、辅助设备建设)、核电站运营管理。

图 7：核电产业链



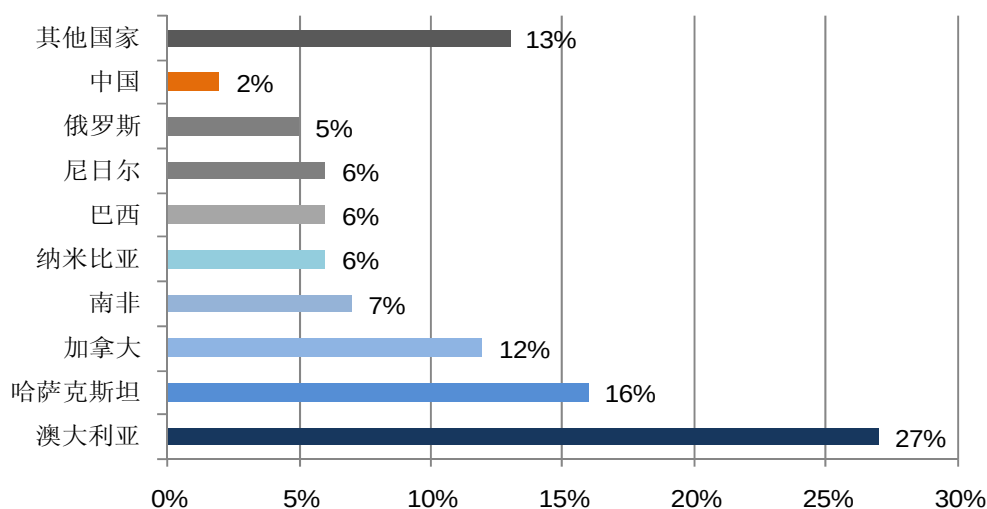
资料来源：国元证券研究中心

4.1 国内外铀资源分布及使用

◆ 目前世界上运用最广泛的核原料是铀金属，但铀资源极为稀有，在地壳中的含量仅有万分之二左右，同时以化合物的形式存在。2006 年，世界核电站使用了大约 7 万吨天然铀。根据预测，到 2015 年，世界核电站对铀的年需求量将达到 7.5 万~8.5 万吨，2025 年将为 8.5 万~10 万吨。长期来看，铀资源未来将是非常短缺的。

◆ 世界铀资源量较多的国家有澳大利亚、哈萨克斯坦、加拿大、南非、尼日尔、纳米比亚、俄罗斯、巴西等，铀资源量均在 10 万吨铀以上，合计占世界铀资源量的 88.1%；其次为乌兹别克斯坦、印度、中国、蒙古和约旦等。

图 8：主要国家已探明铀矿储量占比



资料来源：国元证券研究中心

◆ 2008 年共有 17 个国家开采铀矿。世界主要的铀生产国为加拿大、哈萨克斯坦和澳大利亚，铀产量分别占世界总产量的 20.6%、19.5%和 19.3%，合计占世界总产量的 59.4%；

其次为尼日尔、俄罗斯、纳米比亚和乌兹别克斯坦，矿山产量均在 2000 吨以上。近几年来，原主要产铀国澳大利亚、加拿大的产量较为稳定，一些新兴国家产量迅速上升，成为国际铀矿市场的重要力量，如哈萨克斯坦、纳米比亚、巴西等。

表 14：世界主要铀矿山产量

单位：吨

国家	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2008 比 2007 增减
加拿大	11628	9862	9476	9000	-5%
澳大利亚	9516	7593	8611	8430	-2.1%
哈萨克斯坦	4357	5279	6637	8521	28.4%
俄罗斯	3431	3262	3413	3521	3.2%
纳米比亚	3147	3067	2879	4366	51.6%
尼日尔	3093	3434	3153	3032	-3.8%
乌兹别克斯坦	2300	2260	2320	2338	0.8%
美国	1039	1692	1654	1430	-13.5%
乌克兰	800	800	846	800	-5.4%
中国	750	750	712	769	8.0%
南非	674	534	539	566	5.0%
捷克	408	359	306	263	-14.1%
印度	230	177	270	271	0.4%
巴西	110	190	299	330	10.4%
世界合计	41702	39429	41279	43764	6.0%

资料来源：国元证券研究中心

◆ 虽然铀矿资源在全球分布很广，但主要矿产的开采权仍然为少数发达国家所拥有，少数发达国家对全球铀矿拥有垄断开发权，其开采量占全球总开采量的 87%。从开发企业看，以法国、澳大利亚和加拿大等国公司为主，基本占据了全球绝大多数铀矿的开采量。长期看，作为稀缺性资源被少数国家的少数企业所垄断必然会推高国际市场铀资源的价格，更不利于全球对核能的开发利用。

表 15：世界前十大铀矿产量

矿场	国家	所有者	08 年产量（吨）
McArthur River	加拿大	Cameco	6383
Ranger	澳大利亚	力拓	4527
Rossing	纳米比亚	力拓	3449
Olympic Dam	澳大利亚	必和必拓	3344
Priargunsky	俄罗斯	ARMZ	3050
Somair	尼日尔	阿海珐	1743
Rabbit Lake	加拿大	Cameco	1368
Cominak	尼日尔	阿海珐	1289
McClellan	加拿大	阿海珐	1249
Akdala	哈萨克斯坦	Uranium One	1034

资料来源：国元证券研究中心

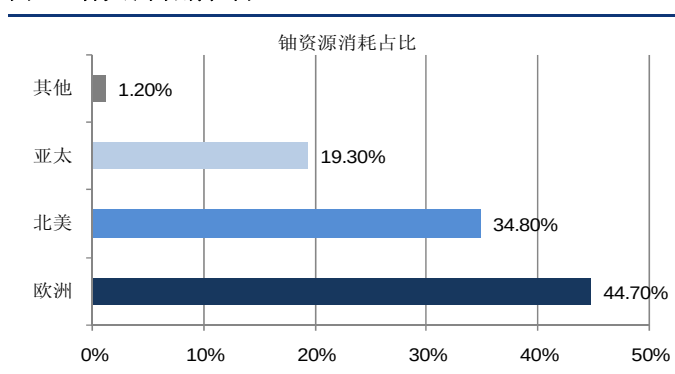
表 16：世界前十大铀矿开采企业

企业	年产量（吨）	全球份额
力拓	7975	18%
Cameco	6659	15%
阿海珐	6318	14%
哈萨克原子能	5328	12%
ARMZ	3688	8%
必和必拓	3344	8%
Navoi	2338	5%
Uranium One	1107	3%
帕拉丁	917	2%
美国通用原子	636	1%

资料来源：国元证券研究中心

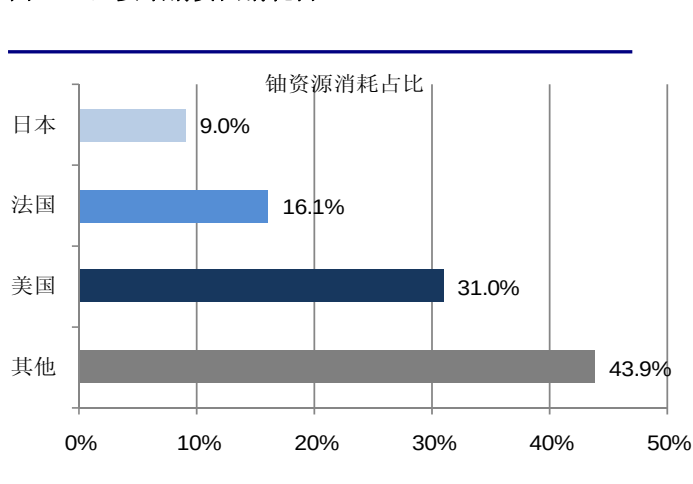
◆ 铀是全球核电消费的最主要方式。从全球对铀的消费来看，2008 年世界核能消费量为 6.20 亿吨油当量，较 2007 年下降 0.7%。欧洲是世界最大的核能消费地区，约占世界总量的 44.7%，为 2.77 亿吨油当量，较 2007 年下降 0.2%。北美地区是世界第二大核能消费地区，约占世界总消费量的 34.8%，2008 年核能消费量为 2.15 亿吨油当量，较 2007 年下降 0.3%。其次为亚太地区，约占世界总消费量的 19.3%，2008 年核能消费量为 1.20 亿吨油当量，较 2007 年下降 3.1%。

图 9：各大洲铀消耗占比



资料来源：国元证券研究中心

图 10：主要铀消费国消耗占比



资料来源：国元证券研究中心

- ◆ 美国为世界最大的核能消费国，为 1.92 亿吨油当量，约占世界总消费量的 31.0%；法国为世界第二大核能消费国，为 1.00 亿吨油当量，约占世界总消费量的 16.1%，其次日本为 0.57 亿吨油当量，约占世界总消费量的 9.0%。

表 17：各国核反应堆数量及耗铀量

国家或地区	核反应堆数	装机容量（亿千瓦时）	占总发电量比例（%）	铀年需求量（吨）
美国	104	8090	19.7	18867
法国	59	4183	76.2	10569
日本	53	2405	24.9	8388
俄罗斯	31	1521	16.9	3537
德国	17	1409	28.3	3398
韩国	20	1443	35.6	3444
乌克兰	15	643	47.4	1977
加拿大	18	886	14.8	1670
英国	19	525	13.5	2059
瑞典	10	613	42.0	1395
中国	11	653	2.2	2010
西班牙	7	434	53.8	1002
中国台湾				830
捷克	6	250	32.5	610
保加利亚	2	147	32.9	260
斯洛伐克	5	155	56.4	251
芬兰	4	220	29.7	446
巴西	2	140	3.1	308
印度	17	132	2.0	961

资料来源：国元证券研究中心

由于资源的稀缺性，国际市场的铀矿价格将随着开采成本的增加逐渐上涨。从近 10 年来国际市场价格走势看，铀价在 07 年中期达到历史最高点（接近 140 美元/磅），然后随着金融危机以及原油价格出现了明显回落，目前价格维持在 50 美元/磅的水平，长期看我们认为铀矿的价格将会明显提高，核电原材料成本逐渐增加。

我国属于铀矿资源不丰富的国家，在世界已探明储量的国家中排名 10 名以外，至今虽然已探明大小铀矿 200 多个，单矿石以中低品位为主，0.05%~0.3%品位的矿石量占总资源量的绝大部分。全国铀矿资源分布不均衡，已有 23 个省（区）发现铀矿床，但主要集中在赣、粤、黔、湘、桂、新、辽、滇、冀、蒙、浙、甘等省（区），尤以赣、湘、粤、桂四省（区）资源为富，占探明工业储量的 74%。

图 11：中国铀矿分布



资料来源：国元证券研究中心

根据最新的研究成果，我国目前的铀产量只能满足 2020 年前的需求，未来仍需要大量进口国外资源。近年来我国在铀矿勘探过程中取得了很大的进展，其中包括：①中核集团在新疆伊犁盆地南缘发现我国第一个万吨级地浸砂岩型铀矿床。②在鄂尔多斯地区，中核集团探明我国迄今为止最大的铀矿床。

4.2 国内核材料上市公司分析

目前国内直接和铀原料相关的上市公司还没有，但有与核电站材料相关的上市公司，比如作为反应堆冷却剂的钠，燃料包壳管锆管，以及反应堆缓和剂的石墨，可以重点关注相关上市公司：东方锆业、兰太实业、方大碳素。

※ 东方锆业（002167）有望成为未来核级锆材料制造商

① 锆是一种稀有金属，具有惊人的抗腐蚀性能、极高的熔点（1800 度以上）、超高的硬度和强度等特性，被广泛用在航空航天、军工、核反应、原子能领域。核级别锆可以反应堆的结构材料、铀燃料元件的包壳。金属锆是核电工业重要的消耗性金属材料，因此，锆作为核工业材料具有广阔的市场前景。

表 18：国内核电站锆用量

电站名称	装机容量	包壳管	规格	总用量（支）	总用量（吨）
秦山一期	300MW	锆-4	$\Phi 10 \times 0.7 \times 3200$	24684	11.5
秦山二期	1200MW	锆-4	$\Phi 9.5 \times 0.57 \times 3660$	64130	26
秦山三期	1440MW	锆-4	$\Phi 13 \times 0.4 \times 495$	337440	34
大亚湾	1800MW	锆-4	$\Phi 9.5 \times 0.57 \times 3800$	83210	34
田湾	2000MW	锆-4	$\Phi 9.5 \times 0.57 \times 3800$	83210	34
岭澳	2000MW	锆-1 铌	$\Phi 9.12 \times 0.63 \times 3800$	101712	44

资料来源：国元证券研究中心

② 国内尚无企业生产核级别的金属锆，基本依赖进口。公司十几年来都是世界最大的金属锆制造商的核用海绵锆原料供应商，凭借多年的技术积累，公司有望进入只有发达国家

家才能进入的核级金属锆的生产领域。公司已经有计划与中广核合资生产核级海绵锆。

③ 由于公司传统锆产品的毛利率水平出现明显下滑，公司目前致力于新型锆产品的开发研制（复合氧化锆和氧化锆结构陶瓷），新产品将成为公司未来利润的主要来源。

※ **兰太实业（600328）全球最大制钠企业，掌握核级钠制造技术**

① 公司以盐湖资源作原料，引进国际最先进的美国杜邦生产技术，生产出目前国内质量最好的金属钠产品，具有金属钠年产 4.5 万吨的生产规模，成为全球规模最大的制钠企业，而且是国内电耗最小、成本最低、质量最好的生产企业，金属钠国内市场占有率高达 42%，产品毛利率在 50%以上。

② 公司依靠吉兰太盐湖资源，原盐资源为金属钠的生产提供了基础，而当地干燥寒冷的气候更加适合金属钠的生产。公司与中国原子能研究院合作建设了“国家 863 计划”工业规模级大型核级钠厂，它的建成填补了我国在工业规模核级钠的净化技术领域的空白。通过原子能院技术输入，公司掌握了核级钠的生产技术，使公司成功切入高科技的核能源领域。

※ **方大碳素（600516）核石墨领域有望成为龙头**

① 核石墨主要是用作高温气冷堆中慢化和反射材料，又是结构材料。高温气冷堆是国际公认的新一代先进核反应堆，被世界原子能机构认定为未来核能发展的趋势，远期看市场空间巨大。

② 公司正在抓紧推进的核反应堆石墨 2010 年可以达产，预计增加产量 1500-2000 吨，贡献利润 1.5-2 亿元。

③ 公司与华能山东石岛湾核电有限公司和中核能源科技有限公司三方签订了首批《高气冷堆核电站示范工程碳堆内构件设备订货合同》，合同总金额 2800 万元，2011 年开始供货，2011 年 12 月 31 日前全部交货完毕。国内第一家自主研发，自主生产核电站堆内构件材料的生产企业，在此打破了国外同行在核反应堆石墨领域的垄断权。

4.3 核电设备上市公司分析

◆ **设备提供商成为核电发展的最大受益者**

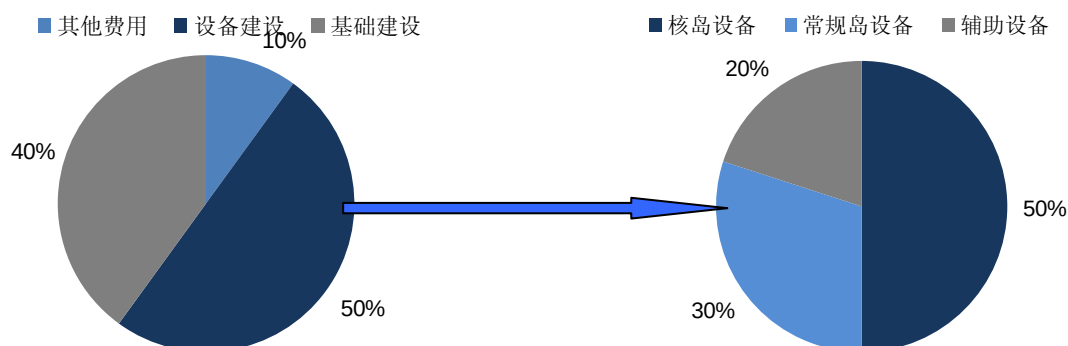
※ 我国将来核电机组倾向于引进 AP1000 技术，目前造价约为 2000 美元/千瓦，根据目前的国产化进程，预计 2020 年前国产化率可能达到 75%左右，届时单机造价可能降低到 1500 美元/千瓦--1600 美元/千瓦之间，核电总投资额保守估计约为 6120 亿元。

※ 根据核电投资的组成以及核电设备的投资组成，我们认为未来 10 年内我国的核电设备的市场投资总额超过 3000 亿元人民币，年均投资额度约为 300 亿元人民币；核岛设备的投资额约为 1500 亿元，常规岛 900 元，辅助设备 600 亿元。核电设备商市场机会巨大。

◆ 核电设备涉及的上市公司主要以国内大型电力设备制造商为主。核电站的核岛设备

和常规岛设备主要由上海电气、东方电气和哈动力三家负责消化；其余辅助设备的提供商则较多。

图 12：核电站及主要设备投资占比



资料来源：国元证券研究中心

表 19：核电设备国内外提供商

主要设备	所属部分	国产主要供应商	国外供应商
蒸汽发生器	核岛	上海电气、东方电气、哈动力	阿海珐、斗山、ENSA
压力容器	核岛	上海电气、东方电气、一重	阿海珐、斗山、三菱重工
稳压器	核岛	上海电气、东方电气、哈动力、一重、西安核设备	阿海珐
硼注箱、安注箱	核岛	上海电气、东方电气、西安核设备	阿海珐
堆内构件，控制棒	核岛	上海电气	阿海珐、NCMD
主泵	核岛	东方电气、哈动力、沈鼓	阿海珐、三菱重工、CW-EMD、KSB
阀门	核岛	中核科技	阿海珐
发电机	常规岛	上海电气、东方电气、哈动力	三菱重工、阿尔斯通
汽轮机	常规岛	上海电气、东方电气、哈动力	阿尔斯通
空冷设备	辅助设备	哈空调	阿海珐、三菱重工
吊篮	辅助设备	海陆重工	阿海珐
核电电源控制	辅助设备	奥特迅	—
核电仪表	辅助设备	自仪股份	—

资料来源：国元证券研究中心

※ 中核科技（000777）国内核电阀门最好生产企业

① 公司传统业务是工业级阀门，在核电阀门领域，中核科技是国内五具备设计生产核 I 级阀门的企业之一，产品具有核心竞争力。公司是中国阀门行业和核工业系统的首家上市公司，也是核工业集团唯一的上市公司，同时公司还是国防科工委在全国唯一立项的核级阀门研发生产基地，公司兼具各种身份，未来资产整合空间巨大。目前中核科技已成功研制出 38 个规格的核级阀门新品，覆盖了闸阀、截止阀、止回阀、控制阀、蝶阀、隔膜阀和仪表阀等核级阀门，这些核电阀门样机涵盖了百万千瓦核电站大部分的核级阀门，也具备了这些高参数高温高压的核级高端阀门设计、制造能力。

② 2008 年起中核科技将为秦山核电站提供 2211 套阀门，价值约 2300 万元，目前供货正在进行中；2009 年起为辽宁红沿河核电站、广东阳江核电站、福建宁德核电工程、分别提供 610 套阀门，共价值 8400 万元；2010 年起为福建福清核电厂、浙江方家山核电工程提供阀门，总价值约 1 亿元。

③ 09 年公司定向增发募集资金 3.43 亿元用于核电阀门的扩产和技改，资金投向包括核电关键阀门生产能力扩建项目、核化工专用阀门生产线技改项目和高端核级阀门锻件生产基地建设项目，其中关键阀门产能扩建项目投资额 2.31 亿元，占募资比例的 67%，项目建成后公司新增年核电关键阀门主营业务收入 20,000 万元的生产能力，占到 08 年收入 5.67 亿元的 35%，因此对业绩的促进作用较大，同时增强公司的核电阀门国内制造领域的领先地位。

※ 奥特迅（002227）国内唯一核电电源供应商

① 公司已获得核级电源操作系统的技术认证。2008 年公司的“核电站 1E 级高频开关直流充电装置、核电站 1E 级 220V 抽屉式交流配电柜、核电站 1E 级抽屉式直流配电柜”三个装置通过核电站 1E 级（核安全级）产品技术鉴定。三项装置拥有自主知识产权；其中核电站 1E 级高频开关直流充电装置和核电站 1E 级抽屉式直流配电柜填补了国内空白。

② 公司近期获得红沿河、阳江和宁德核电项目常规岛电源的订单，总额达到 3104 万元。由于公司相比于国外产品有较强的价格优势，未来在新建核电站的电源占比将逐步提高。

※ 上海电气（601727）核电设备产业链最齐全的提供商

① 上海电气作为我国大型的装备制造业企业在核电领域拥有最齐全的设备制造产业链。除了常规岛的发电机和汽轮机外，公司在核岛设备领域拥有较强研发制造能力，公司产品基本覆盖了核岛内的最主要的大型设备，包括：蒸汽发生器、压力容器、稳压器、堆内构件及控制棒、硼注箱、安注箱等。

② 09 年上海电气总投资 10 亿元的临港核电制造基地二期工程正式开工，预计到 2012 年上海电气核电主体设备的产能有望从目前的 2.5 套达到 4—6 套，通过该工程项目建设，上海电气将形成年产 4—6 套百万级“核岛”压力容器和蒸汽发生器、8—10 套堆内构件和控制棒驱动机构、4—6 套百万级“常规岛”主设备的制造能力。

③ 上海电气中标海南昌江 4 台主泵合同、总价 5000 万欧元，宝钢与东方电气集团签订 500 吨 690U 型管供货协议，标志着上海电气成功突破核一级主泵和蒸发器 U 型管这两个制约我国核电发展的关键瓶颈。

④ 目前，上海电气的核电设备相关订单已突破 200 亿元。而在国内“核岛”主设备领域，上海电气的订单占到了国内总订单的 50%，“常规岛”主设备订单占 30%，堆内构件和控制棒驱动机构为 100%。

※ 东方电气（600875）核电制造领域的领先者

① 东方电气是我国目前最大的核电设备制造商，已连续四年保持世界发电设备产量第

一，未来公司产品结构中核电比例将快速上升。目前，东方电气已成为目前国内唯一成功制造 1000MW 核电主要设备的企业，率先成为国内百万千瓦级核岛、常规岛等核电设备的主供货商。东方电气在二代半核电产品上的市场占有率远高于竞争对手（上海电气和哈动力），市场份额达到 70%，同时，公司将积极参与三代核电的技术转让和研发，以保持核电产业的优势。

② 08 年以来公司的订单保持高速增长，09 年中期公司已有核电订单 350 亿元，目前在手的核电订单包括红沿河一期、宁德一期、福清一期、方家山的核岛和常规岛设备、广东阳江一期核岛设备、山东海阳一期第三代技术 AP1000 核岛设备以及广东台山一期第三代技术 ERP 常规岛设备，预计 2011 年公司核岛产能将达到每年 6 至 7 套，常规岛产能将达到每年 8 套，销售额将 100 亿元。

③ 公司 09 年 11 月东方电气以 1.56 亿元的价格收购集团下属的东方重机 27.3% 的股权，完成后公司总共持有东方重机 57.3% 的股权。东方重机主营核能发电设备生产，截至 2009 年中期，东方重机仍然处于亏损状态，但随着公司逐步由基础建设阶段步入全面生产及扩大盈利能力阶段，已形成核电批量生产能力。根据收购协议，东方重机被收购后将着力进行第三代核电技术设备的研制生产，目前东方重已签订单总额约 160 亿元，其中 2009 年新增订单达 90 亿元。从长远看，此次收购将有利于东方电气强化其在核电领域内的优势。

④ 公司目前主营业务收入构成大致为：火电占 60.92%，风电占 20.26%，水电占 6.97%，核电占 8.64%。公司于 2010 年 12 月末签署了火电出口、风电出口及核电三项合同，合计总金额约为 204 亿元人民币，约占公司 2009 年营业收入的 61%。包括：1、公司与印度 Abhijeet Projects Limited 签署了 10 套 660MW 超临界燃煤电站机组授标函，项目合同金额约 25 亿美元；2、公司与印度 KSK Energy Limited 签订了 166 台 1.5MW 直驱式风电设备供货合同，项目合同金额约 2.03 亿美元；3、公司与中电投江西核电有限公司、中国电能成套设备有限公司签订了彭泽核电项目一期工程常规岛汽轮发电机组设备供货合同，合同金额合计约为 24 亿元人民币。从上可以看出，核电设备在公司主营业务中的比重仍然较小。我们预计公司 2010 年-2012 年每股收益分别为 1.30 元、1.63 元、2.10 元，按照 2011 年 3 月 17 日收盘价计算，对应的动态市盈率分别为倍、倍、倍。鉴于公司在火电、风电、水电领域的快速发展，短期内核电对公司业绩影响较小，受日本核电危机的影响，公司股价持续下跌，已经处于超跌领域，我们给予公司“推荐”的投资评级。

国元证券投资评级体系：

(1) 公司评级定义

	二级市场评级		公司质地评级
强烈推荐	预计未来 6 个月内，股价涨跌幅优于上证指数 20%” 以上	A	公司长期竞争力高于行业平均水平
推荐	预计未来 6 个月内，股价涨跌幅优于上证指数 5-20%” 之间	B	公司长期竞争力与行业平均水平一致
中性	预计未来 6 个月内，股价涨跌幅介于上证指数 ±5%” 之间	C	公司长期竞争力低于行业平均水平
回避	预计未来 6 个月内，股价涨跌幅劣于上证指数 5%” 以上		

(2) 行业评级定义

推荐	行业基本面向好，预计未来 6 个月内，行业指数将跑赢上证指数 10%以上
中性	行业基本面稳定，预计未来 6 个月内，行业指数与上证指数持平在正负 10%以内
回避	行业基本面向淡，预计未来 6 个月内，行业指数将跑输上证指数 10%以上

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本人承诺报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业操守和专业能力，本报告清晰准确地反映了本人的研究观点并通过合理判断得出结论，结论不受任何第三方的授意、影响。特此声明。

证券投资咨询业务的说明

根据中国证监会颁发的《经营证券业务许可证》（Z23834000），国元证券股份有限公司具有以下业务资质：证券经纪；证券投资咨询；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问；证券承销与保荐；证券自营；证券资产管理；融资融券；证券投资基金代销；为期货公司提供中间介绍业务。

证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。

证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

免责条款：

本报告是为特定客户和其它专业人士提供的参考资料。文中所有内容均代表个人观点。本公司力求报告内容的准确可靠，但并不对报告内容及所引用资料的准确性和完整性作出任何承诺和保证。本公司不会承担因使用本报告而产生的法律责任。本报告版权归国元证券所有，未经授权不得复印、转发或向特定读者群以外的人士传阅，如需引用或转载本报告，务必与本公司研究中心联系。 网址:www.gyzq.com.cn