



中国核能行业协会
CHINA NUCLEAR ENERGY ASSOCIATION

我国自主三代核电工程限额设计 方法和路径研究

二〇二一年五月



目录 CONTENTS

一 研究背景与目的

二 核电工程限额设计建立的必要性

三 核电工程限额设计具备的基础条件

四 核电工程限额设计方法和路径

五 几点建议



01

作为零碳排放的清洁能源，自主三代核电是我国中长期能源电力发展的重要选项，将在保障我国能源安全、推动电力结构转型、助力碳中和目标实现等方面发挥重要作用。



02

随着电力市场改革不断深入，市场交易电量比例扩大，核电公司经营和运行成本控制压力增大，我国三代核电经济性及市场竞争力面临更大的挑战。



03

本课题研究的目的是：对自主三代核电工程限额设计的方法和路径进行研究，提出核电工程限额设计工作的总体思路及实施方案和路径，为下一步编制《核电工程限额设计参考造价指标》奠定基础，为更有效和更精准的控制核电工程造价提供参考性依据，促进核电经济性提升和可持续发展。



一 研究背景与目的

二 核电工程限额设计建立的必要性

三 核电工程限额设计具备的基础条件

四 核电工程限额设计方法和路径

五 几点建议



1. 合理控制自主三代核电工程造价的需要

- 提高经济竞争力是核电生存和发展的必由之路，体现之一是较其他类型发电具有电价优势，成本对电价有直接影响。
- 为了满足安全标准和设计寿命要求，三代核电工程造价（建成价约16000元/kW）明显高于二代改（建成价约13000元/kW）。
- 核电成本中，投资成本占比最大，管控投资将对提高经济效益有事半功倍的效果。

成本分项	三代核电		二代改核电	
	成本	占比	成本	占比
投资成本	106	43%	86	38%
燃料成本	78	31%	80	35%
运行维护成本	57	23%	55	24%
退役成本	8	3%	6	3%
总成本	249	100%	227	100%

成本差异（元/兆瓦时）

注：采用2020年价格指数

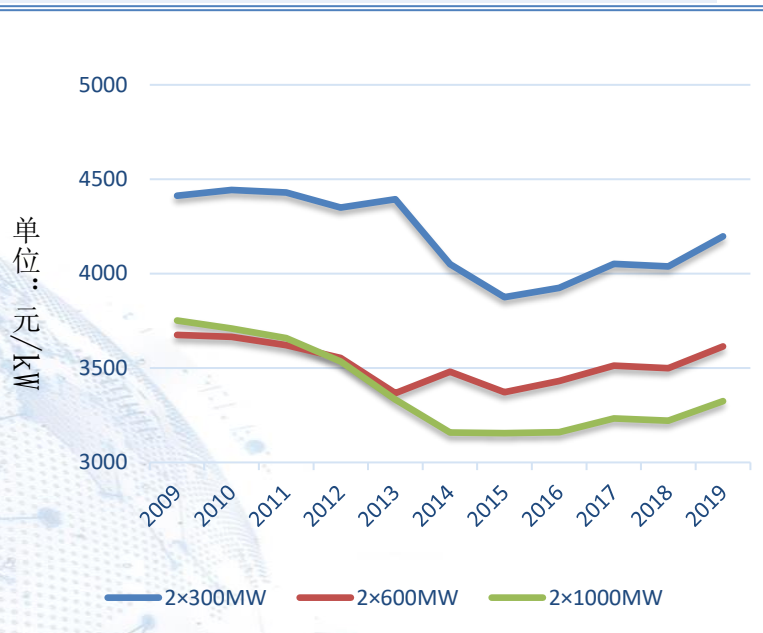


1. 合理控制自主三代核电工程造价的需要

1 限额设计是建设项目投资控制中的重要环节和关键措施，在火电工程、电网工程投资控制方面发挥了重要作用。

2 限额设计是一种成熟的管理方法，指引和协助设计与技术经济密切配合，做到技术与经济的协调统一，体现了设计标准、规模、原则的合理确定。

3 进行限额设计，精细管理，降低投资，是合理控制自主三代核电造价的需要。



2009~2019年期间火电项目单位投资变化图



2. 提高核电市场竞争力的需要

- 我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，社会对降低电价还存在普遍预期，国家也连续几年出台了降低一般工商业电价的文件，电力中长期交易市场、电力现货市场也逐渐完善。
- 核电参与电力市场交易的程度逐渐加深。

市场交易	2016	2017	2018	2019	2020
市场交易比例 (%)	9.88	21.08	27.06	33.71	38
市场交易电价 (元/kWh)	0.3538	0.3767	0.3655	0.3674	0.3636

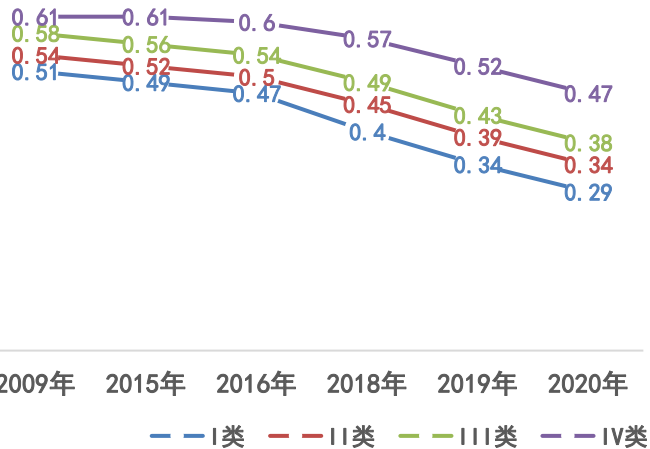
核电参与市场交易情况



2. 提高核电市场竞争力的需要

- 风电、光伏等清洁能源上网电价持续下降。
- 在面临诸多竞争和上网电价水平降低的情况下，核电电价竞争力弱的情况将对后续发展产生影响。
- 合理控制工程造价、提高核电与其他电源竞争的优势，是核电工程限额设计的现实需求，是提高核电市场竞争力的需要。

陆上风电标杆电价/指导价（元/kWh）



自2021年1月1日开始，新核准的陆上风电项目全面实现平价上网。



3. 核电批量化、规模化发展的需要

- “在确保安全的前提下积极有序发展核电”
- 预期“十四五”期间核电将会有较大的发展
 - ✓ 火电发展逐渐放缓
 - ✓ 水电可开发资源总量有限
 - ✓ 风电和太阳能负荷不稳定
 - ✓ 自主三代核电顺利建设

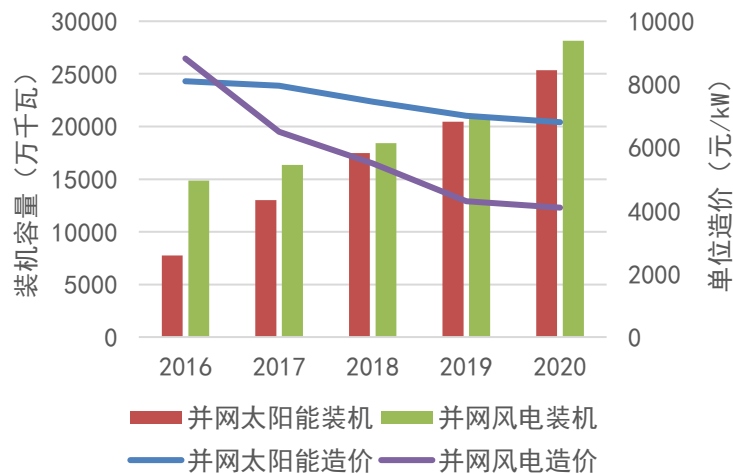




3. 核电批量化、规模化发展的需要

- 投资的降低与批量化、规模化是相辅相成的关系；
- 以风电、光伏为例，合理的电价设定促进了行业的规模化发展，规模化发展又加速了行业的整体投资降低，风电、光伏达到平价上网；
- 投资降低与批量化、规模化互相促进。

并网风电和太阳能装机容量及单位造价





一 研究背景与目的

二 核电工程限额设计建立的必要性

三 核电工程限额设计具备的基本条件

四 核电工程限额设计方法和路径

五 几点建议



1. 火电工程经验为核电工程限额设计提供了参考

- 火电工程限额设计在项目建设中成效显著。经过近40年的探索和实践，编制和实施了30版参考造价水平（及参考造价指标），为火电设计和造价管理提供了重要工具：
 - ✓ 建立高效的限额设计管理体系；
 - ✓ 搞好限额设计动态管理；
 - ✓ 推行示范电厂设计优化；
 - ✓ 推进限额设计造价指标。



部分近年来火电工程限额设计参考造价指标



1. 火电工程经验为核电工程限额设计提供了参考



PART.1

核电和火电在管理体系和管理流程上有一定的相似性，核电工程现在遇到的一些问题曾经同样出现在火电工程中，理论上可以通过参考火电限额设计经验得到解决。



PART.2

在保证安全的前提下，核电工程可结合核电自身特点，着重于限额设计管理体系、标准体系建立及动态管理、设计的标准化管理等方面提炼出适合于自身的限额设计经验。



PART.3

核电与火电的差异主要是核安全要求及由此导致的设计、建造标准。但在管理体系方面，立足于核电标准体系现状，构建统筹兼顾技术和经济的限额设计体系，核电工程参考火电工程实行限额设计是可行的。



2. 丰富的设计建设经验为限额设计提供了数据基础

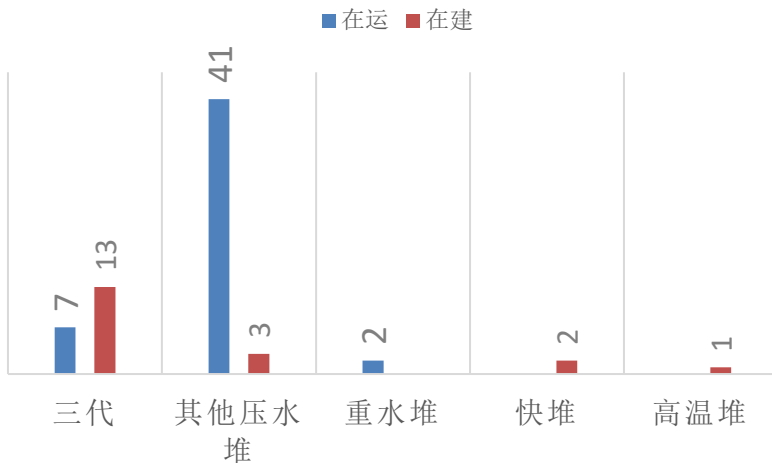
壹

截至2020年底，我国大陆核电商运机组49台，已核准在建19台，处于规模化可持续发展的状态，三代核电发展迅速。

贰

考虑到常规岛、BOP工程技术上的联系性和互通性，现阶段三代核岛数据及大量常规岛、BOP资料可以满足先期开展限额设计的数据累计、经验总结和反馈等需求。

在运和在建机组机型统计





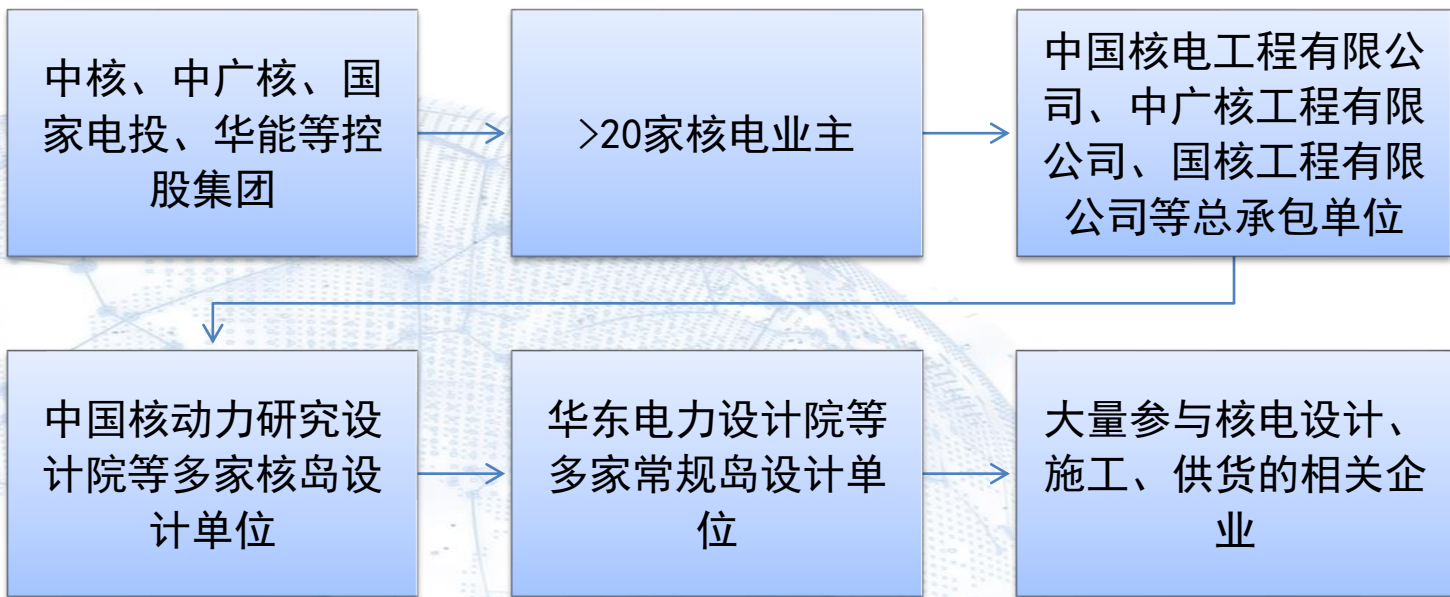
3. 相对完善的标准体系为限额设计提供了依托

- 2010年，能源行业核电标准化技术委员会成立，标委会下各专业组已经建立起了相对完善的标准体系。技术经济领域标准体系初步形成，具有规范设计和造价的基本条件。

技术经济标准名称	册数	发布时间
《核电厂建设项目费用性质及项目划分导则》	1	2010年
《核电厂建设项目建设预算编制方法》	1	2010年
《核电厂建设项目工程其他费用编制规定》	1	2010年
《核电厂建设项目经济评价方法》	1	2010年
核电厂建设项目工程量清单计价规范	6	2014年
核电厂建设项目预算定额	16	2015年/2018年升版



4. 人才队伍为建立限额设计提供了保障





一 研究背景与目的

二 核电工程限额设计建立的必要性

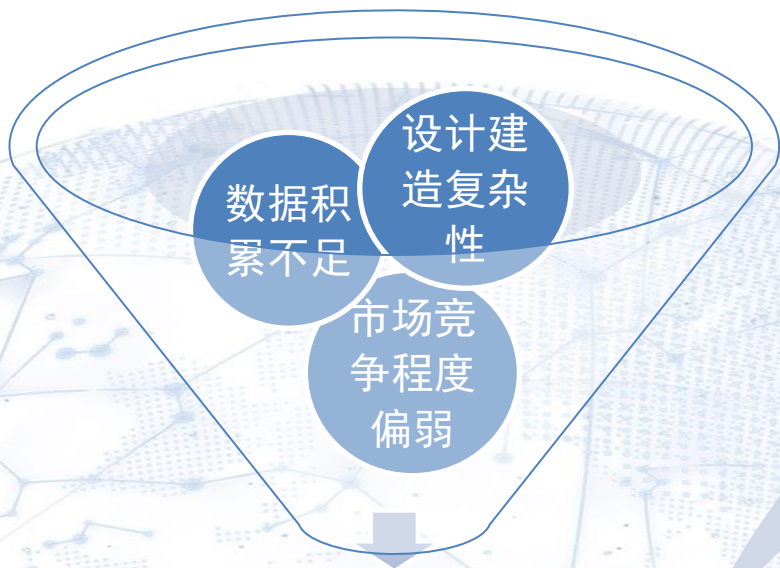
三 核电工程限额设计具备的基础条件

四 核电工程限额设计方法和路径

五 几点建议



1. 总体思路



逐步推进、逐步细化。

限额设计体系

- 管理体系、技术体系
- 包括：各项限额设计管理控制的方法、技术体系指标化确定、定型方案和调整模块设计等内容。

限额设计参考造价指标

- 以限额设计体系为基础
- 包括：工程数据统计、设备材料价格选取、调整机制建立等内容。



2. 编制方法

以研究报告为先导

- 在限额设计造价指标编制前，先行进行研究报告的编制，降低造价指标编制过程中的难度和重复工作。

以充分调研为基石

- 通过充分的调研，归纳总结当前核电造价管控的问题，提出解决思路，完善造价指标体系。

以广泛参与为基础

- 各方提供资料、参与编制。
- 提供资料各方也是使用者，在管控造价的驱动下，建立合适的共享机制。

以先易后难为顺序

- 采用先易后难的原则进行编制。
- 先编制常规岛、BOP部分，后续再编制核岛等。



2. 编制方法

以逐层推进为策略

- 先简后繁，成果逐步推进。
- 先行编制适用于估算的指标，或一些总指标项目；
- 后期逐步加深工作深度。

以求同存异为原则

- 对具体项目进行研究，求同存异。
- 不同技术引起费用差异。
- 附属建筑面积指标不同引起造价差异。

实施模块化管理

- 按照变和不变的原则设计出不同的模块。
- 有利于不同工程间的对标，也有利于不同方案的对比。

建立调整机制

- 通过对数据的不断积累，建立设备、材料价格和工程量数据库。
- 对造价指标适时进行修正和改进。



3. 编制路径



主体路径

先：厂前区、前期准备工程、常规岛及BOP；
后：核岛及核岛BOP。



限额设计体系

核电工程与火电工程编制基础、管理体系有差异，但可以互通。参照火电体系是可行的。



参考造价指标

施工图工程量保证数据的准确，是重要数据基础。
设备材料价格、工程量等理论上可获得



预期成果

建立高质量指标体系和落实调整措施
在适用面的广度层面、各年调整的时间层面均得到认可。



4. 编制要素

基本条件—标准化设计

- 梳理标准化方案；
- 出现不同标准化方案时，将该子项的方案边界进行描述，做成可替代的技术方案。

基本依据—稳定的工程量

- 按照参考工程的工程量进行投资测算；
- 在参考造价指标使用过程中，对因外部条件变化引起的投资进行投资修正。

核心要素—价格水平

- 价格随市场时刻波动，材料、人工和机械的价格在不同价格水平年不尽相同：
- 参考造价指标基于编制时确定的基准日期价格。
- 后续指标根据价格水平调整。



5. 编制方案

限额设计参考造价指标的编制依据，与可研投资估算、初步设计概算编制依据保持一致，包括编制方法、定额水平、地方法规、企业标准。

- 编制方法类标准
- 费用定额类标准

标准类



- 国家相关部门颁布的涉及技术经济专业投资确定的政策、法规和规定

其他有关政策、法规和规定



- 企业标准要求严于国家行业标准时，也应该适当考虑

企业标准和管理规定





5. 编制方案

参考工程及修正工程的选择

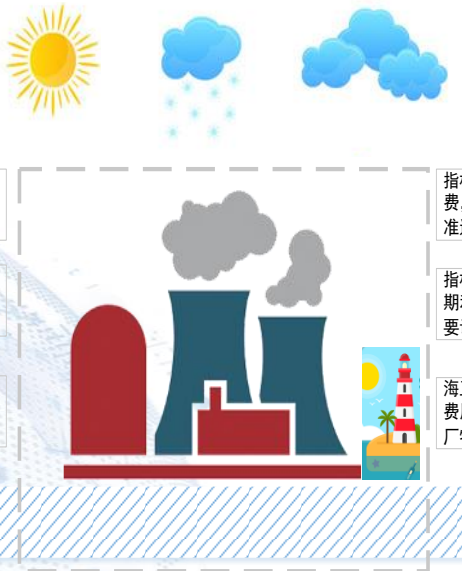
- 参考工程应该具备较强的共性，能够同口径指导和控制后续工程造价投资。
- 尽量按照标准化设计方案作为参考工程。
- 考虑区别新建和扩建，提高适用性。

指标按照特定时点的价格水平编制，当市场价格发生变化时需根据价格波动进行费用调整

指标按照基本技术方案测算费用，技术方案不同需要进行费用调整

BOP子项按照中核企业标准计费，指标使用时根据不同电厂特征调整

按照标准厂址条件考虑地基处理费用

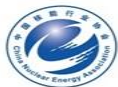


不考虑气候因素造成的特殊措施费用

指标按照北京社保费率标准取费，取费需要根据不同省份标准进行修订

指标按照正常资金流测算建设期利息，当资金流发生变化需要调整建设期利息

海工按照参考电站工程量计费，指标使用时根据不同电厂特征调整



5. 编制方案

形成三代核电限额设计造价指标的初稿。

编制顺序：常规岛、BOP工程、核岛工程。

根据实际情况和条件，考虑每年滚动出版核电限额设计造价指标。



修改并完善三代核电限额设计造价指标。

攻克遗留的重难点问题，形成完善的三代核电限额设计造价指标。



一 研究背景与目的

二 核电工程限额设计建立的必要性

三 核电工程限额设计具备的基本条件

四 核电工程限额设计方法和路径

五 几点建议



1. 建立阶段性目标体系

1

限额设计的基础是定型设计方案，根据初步分析，受到资料的限制，不是所有的路径目标完全满足编制条件。

2

1. 先行研究常规岛、BOP等与二代核电有技术互通性的项目，建立常规岛和BOP限额设计基本定型设计方案和标准设计模块；
2. 并根据厂址条件开展适应性设计模块；
3. 进行核岛限额设计研究。



2. 华龙项目A/B限额设计方案



华龙一号存在明显的技术差异，对造价有较大影响。



对华龙一号设计差异进行分析，首先确认合并编制或分开编制。从现阶段掌握资料情况来看，华龙一号按照A版和B版个性化内容分别编制是一种可行和稳妥的方法。



3. 编制工作的费用渠道

▶ 核电工程限额设计参考造价指标的编制需要投入大量的人力和物力，需要社会各界的支持；

▶ 能源行业标准《核电厂建设项目工程其他费用编制规定》（NB/T 20025-2010）规定了工程项目可计取核电标准编制费。



4. 编制工作的组织方式



核电工程限额设计参考造价指标的编制需要实现对设计和管理经验的高度凝聚、对未来发展趋势的准确判断、对技术和经济的有效平衡等。这一工作在核电业界尚无先例。需要广泛参与、有力组织和健全管理。



构建合理的编制组

由核电业主委托，中国核能行业协会牵头、电力规划设计总院为技术支撑单位、各核电相关设计单位参与，共同形成编制组。

THANKS

感谢批评指正