



第十七届中国IDC产业年度大典
The 17th China IDC Industry Annual Ceremony

IDCC 2022

INTERNET
DATA
CENTER
CONFERENCE

[解码]

DECODING
SUSTAINABLE
DEVELOPMENT

可持续发展

第十七届中国IDC产业年度大典
The 17th China IDC Industry Annual Ceremony

绿证绿电与碳市场衔接下的数据 中心运营探讨

张达

清华大学能源环境经济研究所



全国碳市场的交易情况

◆截至2023年2月21日，全国碳市场碳排放配额（CEA）累计成交量2.307亿吨，累计成交金额105.37亿元



数据来源：上海环交所

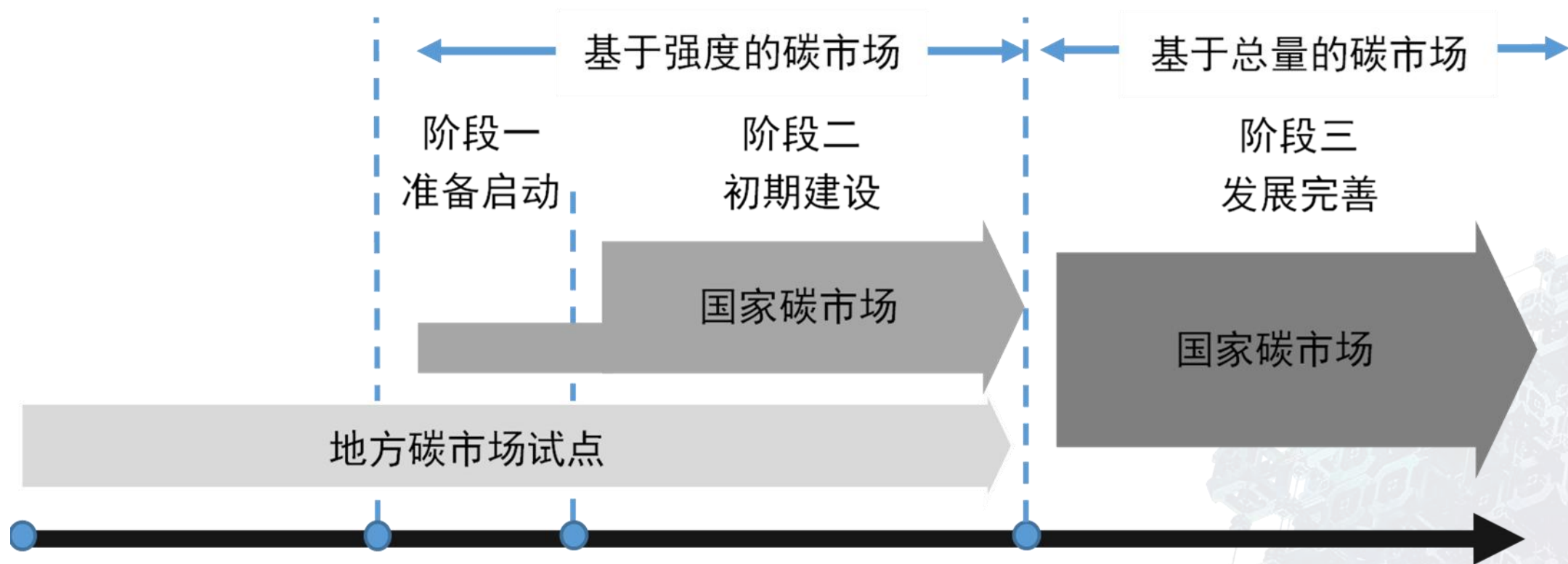
◇覆盖范围

- 8大行业（石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、电力、航空） 20个主要子行业
- 温室气体类型：CO₂
- 排放类型：现场直接排放和使用电力热力引起的间接排放
- 年10000吨标准煤及以上（2.6万吨CO₂排放及以上）
- 企业数量：约7500家左右
- 碳市场控制的碳排放总量：约67亿吨

◇总量设定

- 是有一定灵活性的总量，而非固定总量
- 行业配额总量根据行业碳排放基准和实际产品产量调整





◇相关政策

- 2021年9月，发改委、能源局批复《绿色电力交易试点工作方案》
- 2022年1月，发改委等部门发布《促进绿色消费实施方案》
- 2022年8月，发改委、统计局、能源局发布《关于进一步做好新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制有关工作的通知》
- 2023年2月，国家发改委、财政部、能源局发布《国家发展改革委财政部国家能源局关于享受中央财政补贴的绿电项目参与绿电交易有关事项的通知》

◇制度特点

- 绿证：“证电分离”；绿电：“证电合一”

◇实施情况

- 截至2022年9月，绿电成交电量超过200亿千瓦时
- 截至2022年底，全国累计核发绿色电力证书约5954万个，累计交易数量1031万个

◇ 绿证与绿电的联系

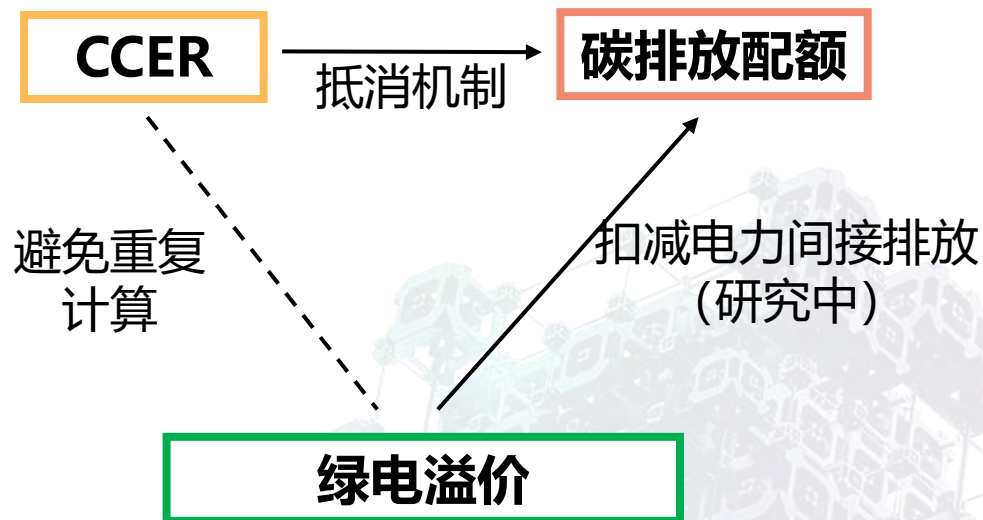
- 绿证为绿电交易提供了交易凭据，绿电交易时会获得相应的绿证；绿证也可以单独认购

◇ 绿证与绿电的覆盖范围

- 目前绿电覆盖风电、光伏项目
- 绿证将覆盖范围扩展到全部可再生能源项目

◇ 做好CCER与绿电绿证的衔接工作，避免双重计算

绿证交易与碳市场衔接思路



数据中心各组成部分能耗情况

◆数据中心由IT设备、温控设备、供配电设备、照明设备以及其他设施等部分组成

- IT设备主要由计算单元、存储单元以及通信单元三个部分组成
- 温控设备主要包括制冷系统，如空调、液冷等
- 其他设施包括安防设备、灭火、防水、传感器以及辅助服务管理类设施
- 不同用途的数据中心在以上组成部分中侧重不同

◆IT设备与温控设备能耗占据了数据中心能耗的绝大比例，占数据中心总耗能的80~85%¹

- 平均来看，IT设备中计算单元耗能约占50%，存储单元耗能约占35%，通信单元耗能约占15%¹

[1]黄翔，屈名勋.“双碳”目标下绿色数据中心冷却关键技术路径的探讨[J]. 制冷与空调, 2022, 22(03): 1-10

北京试点碳市场数据中心碳排放配额分配和碳排放核算

- ◆ 重点控制非IT设备的排放，间接对PUE（数据中心总能耗/◆◆设备能耗）提出了要求
 - 采用“基准线法”进行配额免费分配，以IT设备耗电总量给定免费配额T， $T=Q \times B$ ，其中Q为IT设备耗电量（MWh），B为数据中心二氧化碳排放基准值
 - 按照数据中心总耗电量计算间接排放（采用的电力间接排放因子为 $0.602\text{tCO}_2/\text{MWh}$ ）
 - 内在逻辑是，对于采用同一基准线、IT设备耗电量相同的两个数据中心，PUE较低的数据中心将获得竞争优势
- ◆ 随着国家各部委与地方政府逐渐加强对数据中心PUE的要求，仅使用PUE带来的减排效果逐渐降低。需要更加合理的机制，通过控制IT设备的能效，进一步激发减排潜力。

碳市场背景下的数据中心碳排放配额分配和碳排放核算

◇ 基于主体企业的**活动水平**和**单位活动水平排放基准**确定**配额量**

- 根据数据中心IT设备的三个主要单元（**计算单元、存储单元与通信单元**）分别产生的服务量来表征数据中心的**活动水平**
- 在此基础上，将活动水平分别乘以对应基准线，并加总得到IT设备配额量，再乘以设定的PUE先进值，得到数据中心可获得的**总配额量**

◇ 根据行业碳排放核算方法确定数据中心的**排放量**

- 数据中心在活动期内碳排放量为 $E_{DC} = \lambda \times q_e + e$
- 其中 q_e （单位：MWh）为其在活动期内所消耗的电量， λ （单位：tCO₂/MWh）为电力间接排放因子， e 为直接排放和其他间接排放量

碳排放配额分配——IT设备：计算单元 (Computation)

◆ 数据中心IT设备中的计算单元产生的服务量可以用处理器执行的指令总数来表征，在统计意义下，处理器执行的指令总数与计算量、耗电量呈现明确的正相关关系

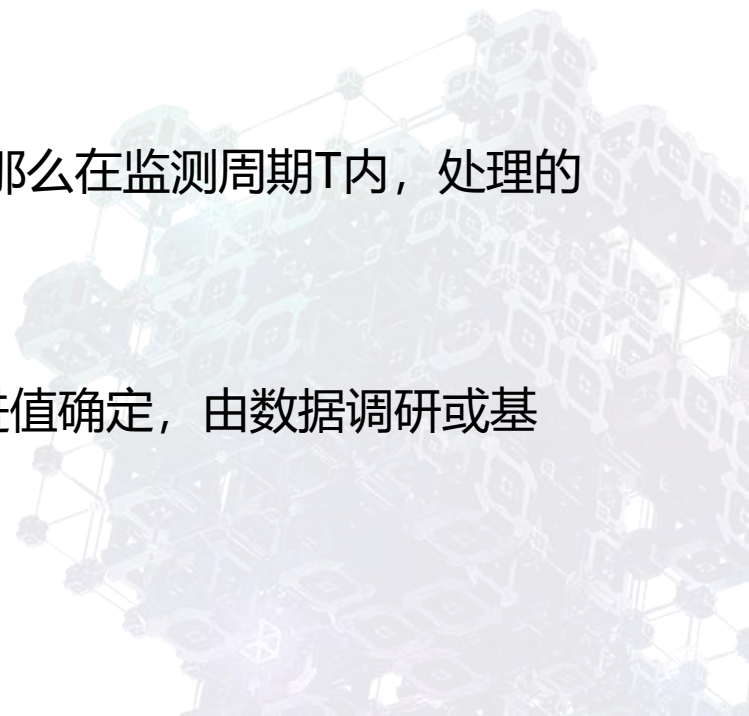
◆ $\rho_{\text{comp}} = N_{\text{comp}} \times B_{\text{comp}}$

■ ρ_{comp} 表示计算单元可获得的配额量 (单位：tCO₂)

■ 若 I_t 表示某数据中心计算单元在 t 时间步（一分钟）内执行的总指令数目，那么在监测周期 T 内，处理的

总指令数目 $N_{\text{comp}} = \sum_{t \in T} I_t$

■ B_{comp} 为计算单元的基准线 (单位：tCO₂/Pi，根据处理1Pi指令的排放先进值确定，由数据调研或基准实验获得)



碳排放配额分配——IT设备：通信单元（Communication）

◇通信设备一般由路由器与交换机组成，现有的关于数据中心通信设备能耗评估模型多采用I/O

读取速度来评估²

◇ $\rho_{net} = N_{net} \times B_{net}$

■ ρ_{net} 表示通信单元可获得的配额量（单位为tCO₂）

■ 有文献提出³，可以通过SNMP简单网络管理协议采集网络设备的相关指标。记网络设备在某时间步t

内的上传速度为 $S_{net,u,t}$ ，下载速度为 $S_{net,d,t}$ ，单位均为GB/min，则监测周期内有效数据交互量为：

$$N_{net} = \sum_{t \in T} (S_{net,u,t} + S_{net,d,t})$$

■ B_{net} 为通信单元的基准线（单位：tCO₂/GB，由数据调研或基准实验获得）

[2]丁肇豪, 曹雨洁, 张素芳, 等. 能源互联网背景下数据中心与电力系统协同优化(一): 数据中心能耗模型[J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(09): 3161-3177

[3]李凌, 张徐东, 钱声攀, 等. 数据中心能耗数据实时采集机制的研究与设计[J]. 电力信息与通信技术, 2021, 19(03): 26-33.

基于活动水平的配额分配

◆ 记某数据中心在一个活动期内计算单元实际执行的指令总数为 N_{comp}^0 、硬盘吞吐量为 N_{hdd}^0 ，以及通信数据量为 N_{net}^0 ，那么，该数据中心IT设备在活动期内的免费配额量（tCO₂）为：

$$B_{IT} = N_{comp}^0 \times B_{comp} + N_{hdd}^0 \times B_{hdd} + N_{net}^0 \times B_{net}$$

◆ 利用设定的先进PUE值（ γ_{pue} ）得到该数据中心在活动期内的总免费配额量（tCO₂）为：

$$B_{DC} = \gamma_{pue} \times B_{IT}$$



数据中心在碳排放核算中抵扣绿色电力消费对应的排放

- ◆ 通过采购绿电或相应的环境权证（如绿证），数据中心可以减少电力间接排放
- ◆ 假设某数据中心在活动期内总耗电量为 q_e ，采购的绿电量为 q_e^g ，那么考虑绿电后的碳排放量

E'_{DC} 为：

$$E'_{DC} = \lambda \times (q_e - q_e^g) + e$$



主要清洁能源采购方式

方案	启动时间	监管机构	组织机构	开展范围	企业实例	主要挑战
分布式可再生能源	无具体时间	发改委、能源局	通常由企业自行建设	全国	GM, Schneider	受配电站容量和当地规则的影响；如果不是完全自行投资且发自自用，可能造成清洁能源权益归属的模糊性
绿证	2017年	发改委、财政部、能源局	国家可再生能源信息中心	全国	Luxshare, RMI	目前只纳入陆上风电和非分布式光伏项目；缺乏广泛的国际认可；
I-REC	2014年	I-REC Standard	Green Certificate Company	全国	Bridgestone, ECOHZ	缺乏中国政府的背书；不能用于实现配额制下的消纳目标
直购电	无具体时间	各地情况不同	电网企业，电力交易中心	部分省份，但受各地政策或规则的约束	L'Oréal, LG Chem, P&G	缺乏配套的可再生能源消费认证体系；没有得到地方政府的一致支持；有一定的参与门槛
绿电交易	2021年	发改委、能源局	电网企业，电力交易中心	大多数省份，但受电力交易机制约束	BASF, Covestro, Shell	目前只纳入风电和光伏项目；现有的交易规模无法满足快速增长的绿电需求
直接投资	无具体时间	发改委	通常由企业自行决策	全国	Apple, Foxconn	开发者和投资者之间对清洁能源环境权益归属不明确；缺乏明确的政策支持，合同的履约存在风险

◇ 推荐使用绿电、绿证进行抵扣

- 体现在 q_e^g 一项中（仅能抵扣电力间接排放）
- 绿电、绿证均有政策文件支持
- 鼓励绿色电力消费和可再生能源的利用和消纳

◇ 分布式可再生能源、直购电

- 直接在总耗电量 q_e 中体现

数据中心使用国家核证自愿减排量（CCER）抵销碳排放

◇ CCER基本情况

- 2017年国家暂停CCER项目的备案审批和减排量签发，有望重启
- 项目范围主要为可再生能源发电、自然碳汇、工业过程减排等
- 未来CCER将主要支持造林、CCUS、非二温室气体减排等尚未有明确商业模式支持的减排项目

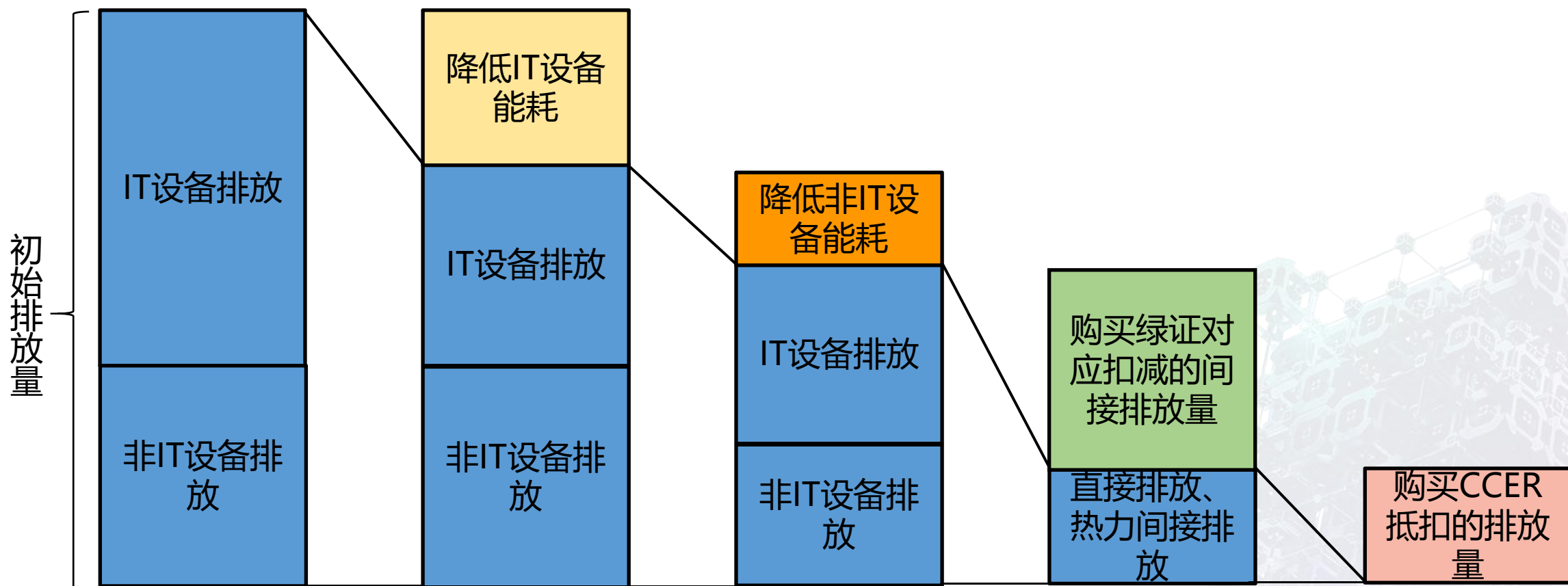
◇ 需要注意的问题

- CCER在碳市场中存在5%的抵销上限，数据中心在抵销时可参考这一机制设置上限
- CCER可用于抵销电力间接排放之外的直接排放和热力间接排放



数据中心碳减排方式

◆ 四种减排方式：降低IT设备能耗、降低非IT设备能耗、绿证绿电抵扣、CCER抵销





第十七届中国IDC产业年度大典
The 17th China IDC Industry Annual Ceremony

IDCC 2022

INTERNET
DATA
CENTER
CONFERENCE

[解码]

DECODING
SUSTAINABLE
DEVELOPMENT

可持续发展

第十七届中国IDC产业年度大典
The 17th China IDC Industry Annual Ceremony

THANKS

