《火电行业（燃煤发电企业） 循环经济实践技术指南》

（征求意见稿）

编制说明

**标准编制组**

**2018年9月**

# 1.项目背景

## 1.1任务由来

为总结火电行业大型龙头企业循环经济先进技术、实践经验和典型模式，向中小企业推广先进经验模式的循环经济实践技术在“国家质量基础的共性技术研究与应用”专项中的“典型产业链资源循环利用关键技术标准研究”项目的课题2“重点行业循环链接关键技术标准研究”中开展 “火电行业（燃煤发电企业） 循环经济实践技术指南”标准研究。

《火电行业（燃煤发电企业） 循环经济实践技术指南》项目编号为20182143-T-469，技术归口单位为全国产品回收利用基础与管理标准化技术委员会，起草单位为中国循环经济协会、中国标准化研究院、中国电力企业联合会等。

## 1.2立项的目的和意义

针对我国火电行业循环经济发展的先进技术、经验和模式，亟需通过标准向全行业、全领域推广的问题，根据火电行业循环产业链，开展物料、水资源、能量及废物高效循环利用的技术集成研究，形成火电行业循环经济实践技术指南标准，为火力发电企业降低能耗、减少污染物排放、提高固体废弃物综合利用水平的技术依据，推动火力发电企业健康、绿色、可持续发展。

# 2.火电行业发展及循环经济绩效评价现状

## 2.1火电行业发展现状

改革开放以来，中国经济得到了快速发展，与此同时，能源消费总量也持续增加，2015年中国的能源消费总量43亿吨标准煤[1]，其中煤炭占64%，水电、风电、核电、天然气等清洁能源占17.9%。尽管我国能源消费总量世界第一，但能源资源储量却非常有限。2014年我国煤炭、石油、天然气的探明储量占世界总储量的比例分别为12.8%、1.1%和1.8%，我国人口占到世界总数的18.7%，因此我国煤炭、石油、天然气的人均储量仅是世界平均水平的68.4%、5.9%和9.6%[2]，可见，我国严重缺少石油与天然气资源，我国的石油天然气资源仅占化石能源的5.78%。2014年我国石油进口依存度已经突破60%，超过了50%的警戒线，天然气进口依存度也高达32.7%。中国能源资源禀赋与能源消费世界第一的特点，决定了中国以煤为主的能源格局短期内难以改变。燃煤发电是煤炭利用最为集中、高效、清洁的方式。

《中国电力行业年度发展报告2017》指出，截至2016年底，全国全口径发电装机容量165051万千瓦，比上年增长8.2%，增速比上年降低2.4个百分点。火电装机容量为106094万千瓦，占全国的64.28%，增长5.5%，其中，煤电装机容量94624万千瓦、增长5.1%，占全国的57.3%，占火电的装机比重92.5%；全国人均装机规模1.19千瓦，比上年增加0.08千瓦。新增发电装机中火电新增5048万千瓦，较上年下降1630万千瓦，新增规模下降明显。

我国各省电力结构不均衡，火电机组主要分布在华东地区的江苏省、浙江省、山东省、安徽省和上海市，华北的内蒙古、山西省和河北省，华南地区的广东省和华中地区的河南省、湖北省。青海、海南和西藏火电机组容量相对较少。截至2014年底，全国有7个省份的火电装机容量超过5000万千瓦，装机容量排名前三位的是江苏省7727万千瓦、山东省7203万千瓦、广东省6963万千瓦。

2014年6月7日国务院以国办发[2014]31号文印发了《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》，首次在政府文件中明确：提高煤电机组准入标准，新建燃煤发电机组污染物排放接近燃气机组排放水平。2014年6月13日习近平同志在中央财经领导小组第六次会议上提出：提高煤电机组准入标准，对达不到节能减排标准的现役机组限期实施改造升级。这些政策的发布对火电行业的发展提出了更高的要求，火电行业必须节能降耗、降低排放、发展循环经济才能真正实现绿色、低碳发展。

## 2.2火电行业循环经济发展现状

2016年，全国6000千瓦及以上火电厂供电煤耗312克/千瓦时，比上年降低3克/千瓦时，煤电机组的供电煤耗继续保持世界先进水平；在电力供应放缓以及脱硫、脱硝等环保设施大规模进行超低排放改造的情况下，6000千瓦及以上火电厂厂用电率6.04%，比上年提高0.20个百分点。输电线路损失率6.47%，比上年降低0.17个百分点，处于同类国家先进水平。全国电力烟尘排放量约为35万吨，排放下降12.5%。

## 2.3 火电行业标准现状

目前我国现行火电行业相关标准以行业标准居多，主要集中在火电厂脱硫脱硝技术、工业固废综合利用技术与相关装备等方面。现行国家标准主要涉及到用于建材生产的利用方法和技术要求等。关于砖、砌块、水泥、混凝土、墙板等建筑材料的标准主要是地方标准，暂缺系统的行业实践技术和绩效评标标准体系。共整理出火电行业循环经济发展相关标准214项，其中包括国家、地方循环经济相关法律法规17项，国家、地方、行业循环经济相关政策规划50项，基础通用标准92项，固体废弃物及副产物利用及处置标准41项，水处理标准13项，余热循环利用技术1项。

## 2.4火电行业发展趋势

火电机组平均单机容量13.19万千瓦，比上年增加0.30万千瓦；全国100万千瓦级火电机组达到96台，60万千瓦及以上火电机组容量所占比例达到43.4%，比上年提高0.50个百分点，大容量、高参数的火电机组比重进一步提高。为有效控制火电厂大气污染物排放，我国采取了发展清洁发电技术，降低发电煤耗，淘汰落后产能，强化节能减排，关停小火电机组，推进电力工业结构调整等一系列重要措施，并取得了显著成效。但我国人均装机容量却远低于发达国家平均水平，我国的能源结构决定了在今后相当长的时间内火电机组装机容量还将不断增长。

所以，在将来相当长时期内，火电行业发展一方面需要加强电力结构调整，注重发展清洁能源；另一方面着重开展火电行业循环经济的发展思路，不断开发节能降耗、污染减排及废弃物综合利用技术，从而提高火电行业循环经济发展水平。因此开展火电行业循环经济评价工作，可以全面评估火电企业循环经济发展水平，为火电行业更长远的发展提供方向。

# 3主要起草过程

## 3.1成立标准编制工作组

2016年7月项目立项后，根据项目组、课题组统一安排，由中国循环经济协会（以下简称协会）组织成立了国家标准编制起草工作组，包括中国标准化研究院、山东省标准化研究院、中国电力企业联合会、大唐火力发电技术研究院 、大唐环境产业集团股份有限公司、天津国投津能发电有限公司等单位，明确工作组成员分工及计划安排，制定编制工作总体方案等重要事宜。

## 3.2确定工作计划和标准制定原则

按照工作任务要求，工作组对任务进行了分解，制定了标准起草工作计划和任务分工表。

为保证标准的先进性和适用性，标准起草工作组在充分讨论和研究的基础上，明确了以下原则：

1.系统性原则。以国家现行标准为基础，结合调研结果梳理火电行业循环经济发展相关技术目录，系统分析，得出火电行业循环经济发展的途径。

2.科学性原则。面向行业的循环经济实践技术指南，从火电行业的经济效益、社会效益、环境效益多方面出发，全面反映企业开展循环经济的技术水平。

3.可行性和可操作性原则。实践技术指南从源头减排到固体废弃物处理的全生命周期反应企业发展循环经济的实践技术组合，简单实用，易于选择。

## 3.3形成标准草案

按照工作计划要求，标准起草工作组首先收集和整理了国内外有关研究进展和相关标准、法规等文献资料，掌握了有关标准现状；并对我国现有火电行业相关标准当中的术语，节能节水以及综合利用技术目录进行了归纳和总结，为标准文本的编制奠定理论基础。2016年7月，工作组完成了《火电行业（燃煤发电企业） 循环经济实践技术指南》（草案）的编写。

2017年3月14日和2017年9月13日召开了两次专家研讨会，邀请行业内相关专家对《火电行业（燃煤发电企业） 循环经济实践技术指南》国家标准草案进行讨论，与会专家建议先明确标准编制的框架及如何确定实践技术，便于后续标准的修改完善。

## 3.4 开展循环经济途径资料整理及调研

为保证行业循环经济途径的合理性，中国循环经济协会赴山西省、山东省、天津市、浙江省、河北省、辽宁省等多地进行燃煤发电企业循环经济现状的调研工作；2018年1月，分别向大唐集团、华能集团进行了书面调研，通过书面和现场收集，共收到34份数据反馈；为全面反映燃煤发电企业循环经济途径的，2018年4月，分别向浙能集团、北疆电厂等进行了书面调研，对除大型电力企业外的其他火电企业及综合利用电厂进行资料收集，共收到5份反馈材料。

2018年6月在中国循环经济协会第一会议室召开了《火电行业（燃煤发电企业） 循环经济实践技术指南》（工作组讨论稿）工作会议，对标准的框架、主要内容的确定进行讨论、修改完善，建议该标准主要围绕提高资源产出率和资源循环利用率为目标开展。

## 3.5 形成标准征求意见稿和编制说明

经过多次专家研讨会，并根据收集材料的整理，对火电行业循环经济要素及循环经济途径进行深入讨论和研究，最终确定燃煤发电企业降低煤耗、水耗以及提高废弃物循环利用率的主要途径，并形成燃煤发电企业发展循环经济的时间技术组合，形成《火电行业（燃煤发电企业） 循环经济实践技术指南》的征求意见稿和编制说明。

# 4.标准的主要内容

该标准共包括六个部分内容：

第一部分为标准的适用范围。本标准规定了燃煤发电企业循环经济发展实践技术的基本要求、循环经济要素、循环经济途径以及实践技术等。适用于以煤、煤矸石、煤泥等为原料的燃煤发电企业（含企业自备发电厂）。其他火电企业可参考。

第二部分为规范性引用文件。主要引用对本国家标准的引用必不可少的文件，凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

第三部分为术语和定义。该标准给出了循环经济和实践技术的定义。

第四部分为基本原则。一是应运用循环经济发展理论，采用清洁生产、资源综合利用等措施构建行业发展循环经济的模式。二是应符合国家和地方相关产业政策，未使用国家明令禁止或淘汰的生产工艺和设备，所用技术和设备应符合火电行业节能、节水等技术目录要求。三是污染物排放应符合国家及地方排放标准、排污许可等强制性要求，各类重点污染物排放总量均不超过国家及地方的总量控制要求。四是应通过产品流和废物流链接，在生产单元之间进行能源梯级利用、水资源循环利用，实现行业或企业内部资源、能源最大化利用。五是应与相关产业、社会进行物质代谢循环，产生的副产品（粉煤灰、脱硫副产物、废旧除尘布袋、废旧催化剂等）应尽量符合下游企业利用标准，积极消纳社会废弃物（煤泥、煤矸石等），形成循环经济产业链。

第五部分为循环经济要素。火电行业循环经济要素主要由资源产出率和资源循环利用率两大类构成。根据火电行业的特点，资源产出率要素包括供电煤耗、单位发电量耗水量、脱除单位摩尔的硫与消耗钙的摩尔量（**Ca/S）** 和单位发电量脱硝还原剂消耗量4个具体指标，资源循环利用率要素包括机组复用水率、粉煤灰资源化利用率、脱硫副产品资源化利用率、废旧除尘布袋回收利用率、废旧催化剂回收利用率和废水回收利用率6个具体指标。

第六部分为行业循环经济途径。主要从降低供电煤耗、降低单位发电量耗水量、降低Ca/S摩尔比、降低单位发电量脱硝还原剂消耗量、提高固体废物资源循环利用率和提高废水回收利用率等几个方面提出燃煤发电企业循环经济途径。

# 5.燃煤发电企业循环经济要素

按照循环经济的理论，从资源产出率及资源循环利用率的角度出发，针对火电行业发展的特点，分析了几类循环经济相关指标数据，见表1，确定燃煤发电企业的循环经济要素主要有供电煤耗、单位发电量耗水量、脱除单位摩尔的硫与消耗钙的摩尔量（**Ca/S）** 、单位发电量脱硝还原剂消耗量、机组复用水率、粉煤灰资源化利用率、脱硫副产品资源化利用率、废旧除尘布袋回收利用率、废旧催化剂回收利用率和废水回收利用10个。

表1 循环经济指标分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **指标类别** | **循环经济绩效评价技术导则** | **电力行业（燃煤发电企业）清洁生产评价指标体系** | **循环经济发展评价指标体系（2017年版）** |
| 资源产出率指标 | 能源产出率 | 供电煤耗 | 主要资源产出率 |
| 能源产出率 |
| 水资源产出率 | 单位发电量耗水量 | 水资源产出率 |
|  |  | 建设用地产出率 |
| 资源循环利用率指标 | 工业固体废弃物综合利用率 | 粉煤灰综合利用率 | 主要废弃物循环利用率 |
| 工业用水重复利用率 | 脱硫副产品综合利用率 | 一般工业固体废弃物循环利用率 |
| 中水回用率 | 废水回收利用率 | 规模以上企业冲复用水率 |

5.1供电煤耗是指发电机组提供单位供电量所耗用的各种能源总量折算的标准煤量。

5.2单位发电量耗水量是指火力发电企业生产每单位发电量需要从各种常规水资源提取的水量。

注：取水量，包括取自地表水(以净水厂供水计量)、地下水、城镇供水工程，以及企业从市场购得的其他水或水的产品(如蒸汽、热水、地热水等)，取用城市污水的企业，取水量按城市污水（一级A标）\*0.65系数，外排标准\*0.5系数折算。不包括企业自取的海水、苦咸水以及取水用于生活区和外供水产品(如蒸汽、热水、地热水等)的水量。采用直流冷却系统的企业取水量不包括从江、河、湖等水体取水用于凝汽器及其他换热器开式冷却并排回原水体的水量；企业从直流冷却水(不包括海水)系统中取水用做其他用途，则该部分应计入企业取水范围。

5.3脱除单位摩尔的硫与消耗钙的摩尔量（Ca/S）是指脱除燃煤中单位摩尔的硫与所耗的Ca的摩尔比。

5.4单位发电量脱硝还原剂消耗量是指火力发电企业生产每单位发电量需要消耗的脱硝还原剂。

5.5机组复用水率是指全厂复用水量与全厂总用水量之比的百分数。

5.6粉煤灰资源化利用率是指燃煤发电企业粉煤灰年资源化利用量与年产生总量（包括资源化利用往年贮存量）的百分比。

5.7脱硫副产品资源化利用率是指燃煤发电企业脱硫副产品年资源化利用量与年产生总量（包括资源化利用往年贮存量）的百分比。

5.8废旧除尘布袋回收利用率是指燃煤发电企业废旧除尘布袋实际更换数量与到期应更换数量的百分比。

5.9废旧催化剂回收利用率是指燃煤发电企业失活催化剂实际回收数量与到期失活数量的百分比。

5.10废水回收利用率是指废水重复利用量与工业废水产生量之比的百分数。

# 6.燃煤发电企业循环经济途径

通过对燃煤发电企业相关文献、标准的分析整理，得出燃煤发电企业循环经济的途径主要有：

## 6.1降低供电煤耗途径

从产品的生命周期分析生产过程，宜采用新工艺、新技术，减少生产过程中资源的消耗。

在燃煤发电企业设计时引进尽量采取节能工艺。

在可选择的情况下，尽量采用先进有效的节能技术进行设备升级改造，降低燃煤发电企业能耗。应最大限度的利用煤矸石、煤泥等，减少煤炭资源的使用，实现废弃物的资源化利用。

应采用资源、能源利用效率最大化、工业废物利用高效化、“三废”产生最小化的节能降耗措施，实现废弃物减量化和无害化。

## 6.2 降低Ca/S摩尔比的途径

在可选择的情况下，尽量选取低硫煤作为燃料；

设计阶段根据当地情况，根据经济和环保综合比较，合理选取脱硫剂；

应尽量选取有效成分纯度高、细度符合要求、活性高的脱硫剂；

合理控制脱硫运行参数，确保脱硫效率控制在最优水平；

 制定合理的管理制度，保证脱硫系统的有效运行。

## 6.3 降低单位发电量脱硝还原剂消耗量的途径

在可选择的情况下，尽量选取氮氧化物生成量低的先进技术；

设计阶段根据当地情况，根据经济和环保综合比较，合理选取脱硝还原剂；

应根据企业实际运行情况开展喷氨、流场等优化试验，在保证脱硝效率的基础上尽可能减少还原剂的消耗量。

## 6.4 降低单位发电量耗水量途径

燃煤发电企业应依靠科技进步采用可靠的节水新工艺、新技术和新设备，努力降低各系统的用水总量；同时应积极开发废水的重复利用技术，改进和优化废水处理工艺，不断提高复用水率和废水回收率，提高废水资源化程度。

燃煤发电企业的用水设计应尽量采用节水工艺，符合DL/T5513的相关要求。

缺少淡水资源时，滨海发电厂宜采用海水淡化工艺制取淡水；扩建工程宜利用已建机组的排水。

燃煤发电企业水源的选择和利用应符合GB50660、DL/T5339的相关规定。

燃煤发电厂企业各工艺系统用水应满足各自系统用水的水质要求。

燃煤发电企业应按照DL/T 1337建立并完善水务管理体系，实现全厂用水全过程的监督管理。

燃煤发电企业应依据DL/T 606.5进行全厂水平衡试验，通过对各种取水、用水、耗水和排水水量及水质的测定，评价全厂用水情况，提出节水改进措施。

燃煤发电企业应按照GB/T 31329、DL/T 5046、DL 5068、DL/T 5513规定要求，在设计阶段考虑各种取水、用水优化的技术和措施，配置完备的废水回收利用系统，装设完善的在线水量计量和水质监测仪器，实现取水、用水、排水实时监测管控。

燃煤发电企业应遵循雨污分流、梯级利用、分类处理、充分回用的原则，因地制宜、因厂制宜地选择成熟可靠、经济合理、设施便于维护的节水技术，不能回用的废水应处理达标后集中对外排放；排放的水质应符合GB8978的有关规定和地方综合排放标准的要求。

## 6.5提高固体废物资源循环利用率途径

粉煤灰、脱硫副产物、废旧布袋和废烟气脱硝催化剂等固体废物，应遵循优先资源化利用的原则。

粉煤灰资源化利用应优先生产普通硅酸盐水泥、粉煤灰水泥及混凝土等，其指标应满足《用于水泥和混凝土的粉煤灰》（GB/T1596）的要求。

燃煤电厂石灰石-石膏法烟气脱硫工艺产生的脱硫石膏的技术指标应满足《烟气脱硫石膏》（JC/T2074）的相关要求。

脱硫副产物应优先用于石膏建材产品或水泥调凝剂的生产。

袋式或电袋式复合除尘器产生的废旧布袋应进行无害化处理。

失活烟气脱硝催化剂（钒钛系）应优先进行再生，不可再生且无法利用的废烟气脱硝催化剂（钒钛系）在贮存、转移及处置等过程中应按危险废物进行管理。

## 6.6提高废水回收利用率途径

应根据各生产工序水处理系统及其排水量、水质建立相应的循环水系统，并应建设集中污水处理厂，最大限度回收利用废水资源。

对各类非经常性的废水、污水排会，应设置废水贮存池，废水贮存池的有效容积应满足现行国家标准《室外排水设计规范》GB50014的规定。

煤泥废水、空预器及省煤器冲洗废水等宜采用混凝、沉淀或过滤等方法处理后循环使用。

含油废水宜采用隔油或气浮等方式进行处理；化学清洗废水宜采用氧化、混凝、澄清等方法进行处理，应避免与其他废水混合处理。

脱硫废水宜经石灰处理、混凝、澄清、中和等工艺处理后回用。鼓励采用蒸发干燥或蒸发结晶等处理工艺，实现脱硫废水不外排。

生活污水经收集后，宜采用二级生化处理，经消毒后可采用绿化、冲洗等方式回用。

# 7.标准的实施建议

本评价指南为推荐性标准，可供燃煤发电企业节能改造、开展资源综合利用时选取合适的途径时应用。

[1]《中国能源发展报告2016》, 电力规划设计总院,2016年9；

[2]《我国实施超低排放三大原因及前景分析》，中国环境报，朱法华，2016年6月

[3]《中国电力行业年度发展报告》, 中国电力企业联合会

[4]循环经济绩效评价技术导则，GB/T 34345-2017

[5]电力行业（燃煤发电企业）清洁生产评价指标体系，国家发展改革委

[6]循环经济发展评价指标体系（2017年版）,国家发展改革委