



中国火力発電所省工ネ・消費量削減技術

西安熱工研究院有限公司

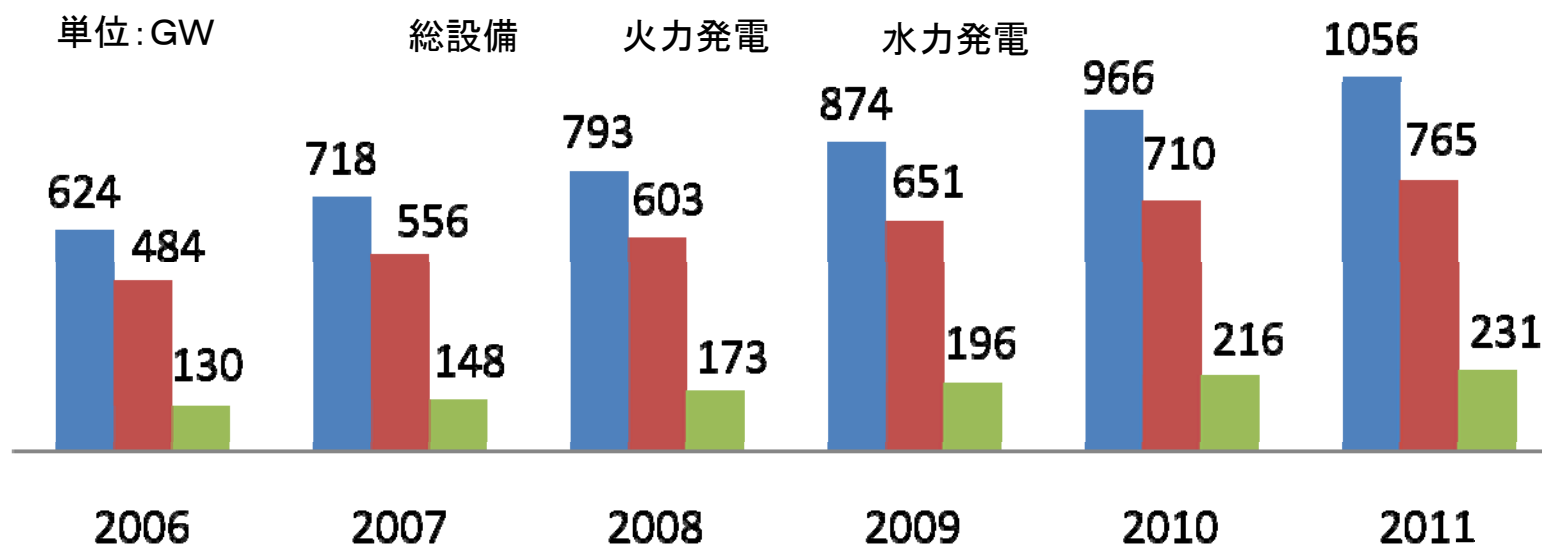
楊壽敏

2012年 8 月 6 日

一. 中国電力業界の発展現状

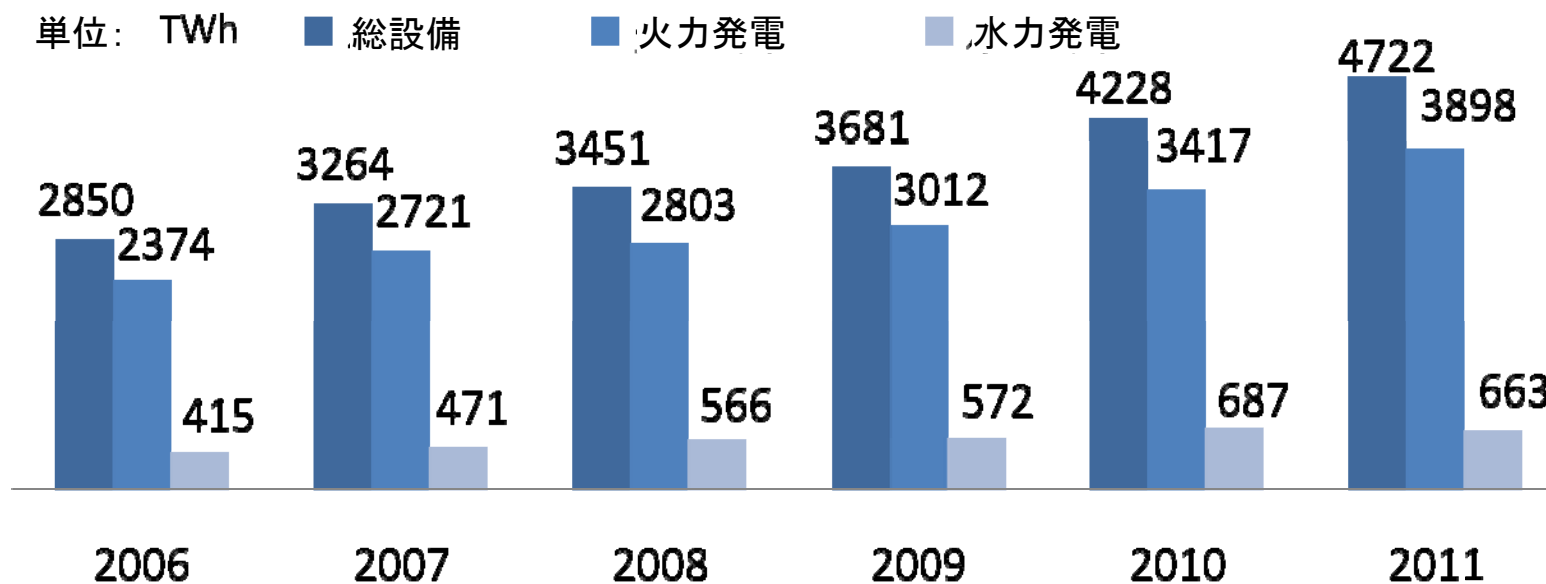
1. 発電設備容量の構成

- 2011年末の時点で、全国の発電設備容量は、2010年より9.25%増加し、10.56億kwであった。このうち、火力発電が7.65億kwで72.5%、水力発電が2.30億kwで21.8%、原子力発電が1257万kwで1.2%、送電網接続風力発電が4505万kwで4.3%、太陽光発電が214万kwで0.2%である。



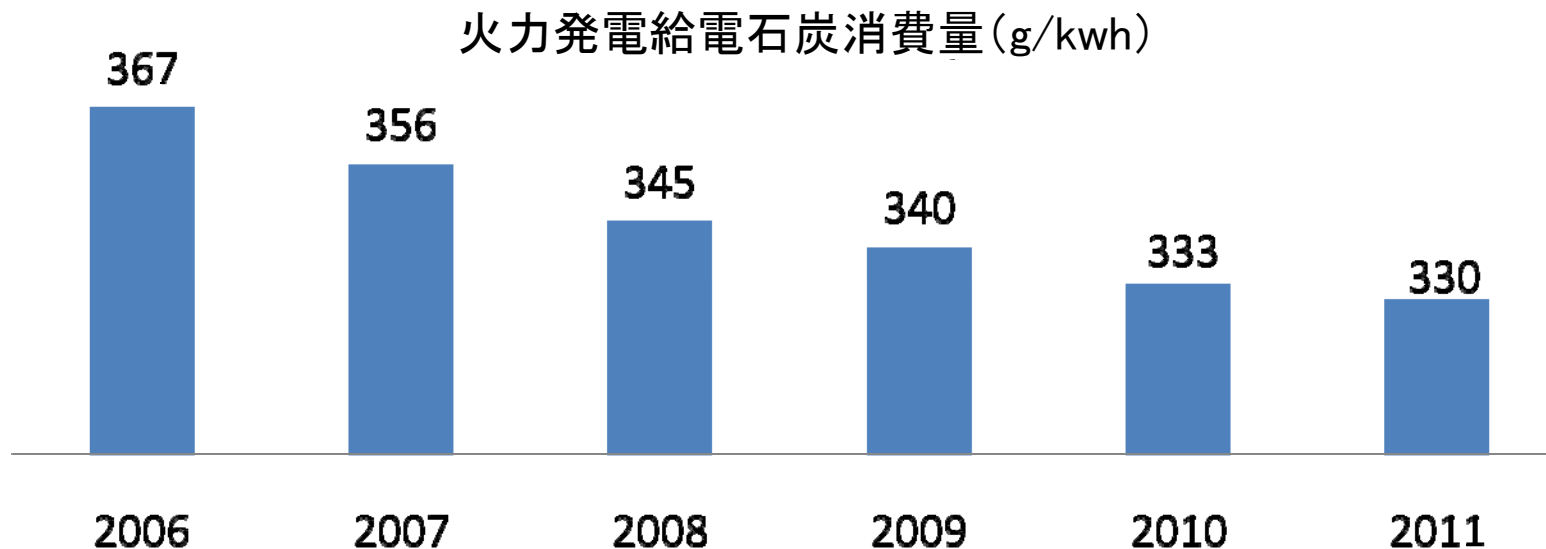
2. 発電量の構成

- 2011年の全国の発電量は2010年より11.68%増加し 4.72万億kwhであった。このうち、火力発電が3.90万億kwhで82.5%、水力発電が6625億kwhで14.0%、原子力発電が874億kwhで1.9%、送電網接続風力発電が732億kwhで1.6%、太陽光発電が9億kwhである。



3. 火力発電ユニットのエネルギー消費量の現状

- 大容量のユニットの持続的な増加、小型火力発電ユニット稼働停止及び省エネ管理と技術改造など各種の措置の強化に伴い、全国の火力発電のエネルギー消費量は大幅に減少している。
- 2011年の全国の6000kw以上の火力発電給電石炭消費量は、2006年より37g/kwh減少し、330g/kwhであった。
- 現在、中国の石炭燃焼発電所の給電標準炭消費量の平均水準は世界の先進水準に達しており、継続的に減少する余地は縮小しつつある。



二. 主な省エネ・消費量削減技術と措置

1. 蒸気タービン通流改造

- 亜臨界圧300MW蒸気タービンは、THA運転モードでの熱消費率が8200kJ/kWhを超え、亜臨界圧600MW蒸気タービンは、THA運転モードでの熱消費率が8100kJ/kWhを超える。蒸気タービンの通流部分の改造を考慮できる。
- 蒸気タービンの通流改造は、先進かつ高効率の翼型を採用する。一般の圧力クラスではねじれ翼、薄い出口側エッジを採用し、調速段の最適化設計を行い、シール技術に合わせて改造する。条件が整えば、排気室と調節バルブの最適化をはかる。導入型蒸気タービンは、調速段の順流改造プランを推奨する。
- 蒸気タービン通流改造後、経年変化修正と軸封蒸気漏出量修正を除いて、300MW蒸気タービンの熱消費率が7950kJ/kWhに、600MW蒸気タービン熱消費率が7900kJ/kWhとならなければならない。

上海300MWユニット蒸気タービン通流改造技術：

- 調速段は順流配置プランを採用。
- 高中圧通流は高効率のねじれ翼を採用し、低圧前三段はねじれ湾曲型反動度変動翼型を採用。
- 高圧内部車室とホルダを一体化し、低圧内部車室は二層車室を単層車室に変える。

北京全四維動力科技有限公司300MWユニット蒸気タービン通流改造技術：

- 導入型ユニット調速段は順流配置プランを採用。
- 先進の翼型設計技術を採用：翼型のライン、調速段翼列性能、翼のねじれ特性、通流構造を最適化。最下段のロングブレード設計を改善。

東方300MWユニット蒸気タービン通流改造技術：

- 高圧車室に10段を採用。
- 静翼にSCH層流翼型を採用し、動翼にHV翼型を採用し、高中圧通流に高効率の全ねじれ翼を採用。
- 低圧車室の翼根径、速度比、迎え角を最適化。

2012年8月16日

2. 蒸気タービンシール改造

弾性可変蒸気シール

- 利用要求: シーリングが速く、内外の差圧が充分にある。蒸気の流れる方向が変わらない。シール歯が全部摩損していない。
- 某発電所の1台300MWユニットで、高・中圧車室に弾性可変蒸気シールを採用し改造を行ったところ、ユニットの発電石炭消費量が2.15g/kWh減少した。

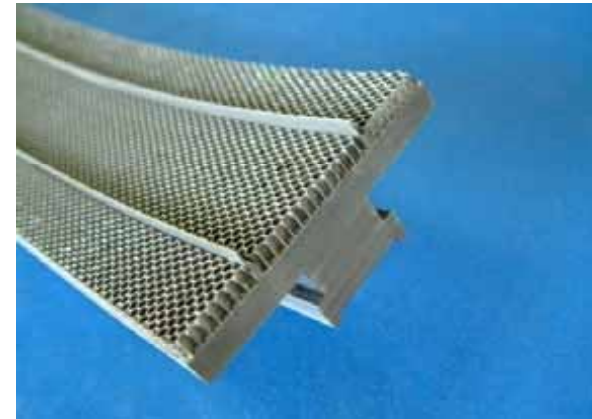
ブラシシール

- 動翼ブレードチップシールの隙間の設計値を0.75mmから0.45mmに小さくすると、スペーサシールの設計値を0.75mmから0.051mmに縮小できる。
- 華能の某発電所は2009年に2号蒸気タービンに、弾性調節可能シールと米国TurboCare社のブラシシール技術を採用し、シール改造を行ったところ、蒸気タービンの熱消費率が78kJ/kWh低下した。



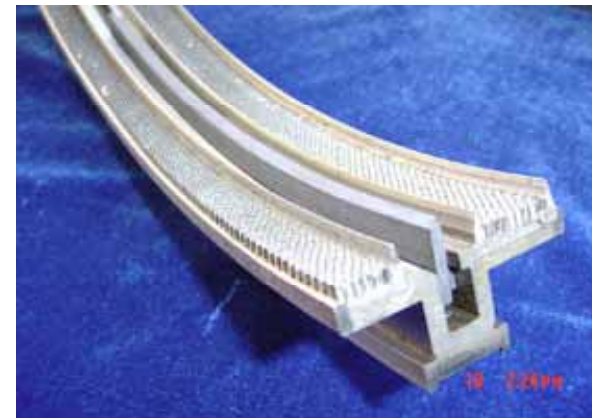
セルラーシール

- 現在多くの300MW以上の蒸気タービンでは、セルラーシールで改造を行っている。哈爾濱汽輪機廠公司、上海汽輪機公司などのメーカーでは、一部の新たに操業するユニットでセルラーシールを装備している。



接触式シール

- 主に低圧車室の軸端シール、ブレードチップシール、スパーサシールとして使用され、中国国内の数十台のユニットで利用されている。



3. 吸込ファンとブースタファンの合体改造

- 吸込ファンとブースタファンを個別に設置すると、ユニットを実際に運転する際に、吸込ファンとブースタファンのパラメータを排煙システムと完全に整合させることが難しい場合が多く、ファンの運転効率が低くなり、電力消費率が高くなる。
- 吸込ファンとブースタファンの合体改造を行い、ブースタファンをなくせば、吸込ファンの運転効率を高め、所内率を下げ、卸電力量を増やすことができる。同時に吸込ファンの出口から脱硫塔入口までの煙道の配置を簡素化し、排煙システムの抵抗を小さくすれば、吸込ファンの電力消費率をさらに下げることができる。
- 大部分のユニットでは合体改造を行うと、所内率を0.15～0.25ポイント下げられる。華能の某発電所2号1036MWユニットに2台の静翼可変軸流式吸込ファンと2台の静翼可変軸流式ブースタファンを装備すると、改造後のユニットの年平均所内率が約0.2ポイント低下し、毎年卸電力量が約1200万kwh増加した。

4. 蒸気駆動吸込ファンの節電技術

- 直接復水形蒸気タービン駆動吸込ファンは、凝縮器、復水ポンプ、循環水ポンプ(直流冷却システム)を個別に設置する必要があり、システムが比較的複雑である。例: 某発電所3、4号ユニットの設計時には、直接復水形蒸気タービン駆動吸込ファンを採用し、蒸気源を中圧車室の排気としていたが、初期の推計では、毎年の純収益は約800万元であった。
- 背圧式蒸気タービン駆動吸込ファンは、蒸気タービンの給気が高圧車室の排気または高圧車室の排気と第一段再熱器後の混合蒸気であり、小型蒸気タービンの給気量は約142t/hである。排気は酸素除去装置に入り、システムが簡単で、投資を節約でき、給電石炭消費量はほぼ同じである。国電北侖1000MWユニットが改造を済ませている。
- 新たに設計のユニットについては、ユニット容量を変えなくて済むよう、蒸気タービン設計時に、高圧車室の給気量の増加が要求され、ボイラ再熱器の面積を設計・調整しなければならない。
- 上海シーメンスの技術で生産された超々臨界圧ユニットは、高圧車室の排気パラメータが高いため、要求を満たすことができるが、その他のタイプの蒸気タービンでは通常は要求を満たせない。

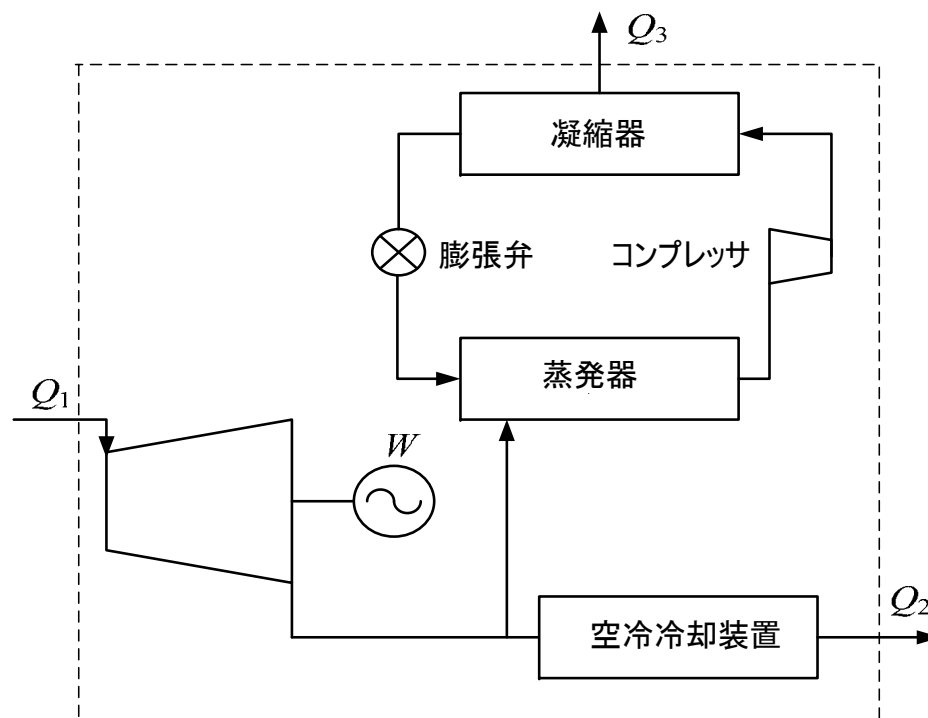
5. 蒸気タービン低圧車室ダブルロータ互換低真空給熱技術

- 現在、湿冷ユニット蒸気タービンの設計排気圧力は多くが4.9kPaで、排気温度は約33°Cである。一方、凝縮器の許容最高排気温度は80°Cである。冬季には、蒸気タービンの排気温度と排気圧力を上げることにより、循環水の温度を上げ(約70°C~80°C)、熱の使用者の暖房需要を満たすことができる。
- 蒸気タービンの運転の経済性を保証するために、1本の新しい低圧ロータを交換し、低圧ロータの最下段または下二段のブレードを取り外し、蒸気タービンの排気温度と排気圧力を高めることができる。同時に、中低圧クロスオーバー管で抽気し、暖房網の加熱機により、環水の吸水温度を高めることができる。
- 低真空給熱は、大唐吉林の某50MWユニットで利用されたことがある。最近では、華電山東の某発電所135MWユニット低圧車室ダブル背圧ダブルロータ互換循環水給熱改造のプランが審査を通過した。暖房期の凝縮器設計圧力が43.65kPa、凝縮器の入・出水温度がそれぞれ65°C、75°C、設計循環水流量が7240t/h、中低圧クロスオーバー管の抽気量が125t/h、循環水が暖房網加熱機の二次加熱を経た後の出水温度が85°Cとなっている。

6. 熱ポンプ排気給熱技術

- 火力発電所の中熱ポンプ給熱技術は、蒸気タービンで凝縮器に入った一部または全部の低温熱エネルギーを熱ポンプを通じて適温の熱エネルギーに変換し、その後ユーザに熱量を供給する。これにより、低温熱源の熱エネルギーから高温熱源の熱エネルギーへの変換が実現する。

某発電所135MW空冷ユニット
熱ポンプ給熱システム原理図



三.「第12次五カ年計画」電力業界の発展展望と省エネ措置

1.「第12次五カ年計画」電力工業の発展展望

- 予測によると:

- 2015年の中国の電力需要は5.99～6.57万億kwh、年平均増加率は約8.5%となり、設備容量は約14.37億kw、年平均増加率は8.5%となる。(このうち、石炭発電が9.33億kw、水力発電が2.84億kw、原子力発電が4300万kw、ガス発電が3000万kw、風力発電が1億kw、太陽光発電が200万kw、その他300万kw)。

- 2015年と2020年に、中国の石炭燃焼ユニットの平均発電石炭消費量は310g/kWh、304g/kWhに減少する。

- 2015年に中国の石炭燃焼発電所の煙塵排出量は2010年より約25.0%減少し、二酸化硫黄排出量は約34.6%減少し、窒素酸化物排出量は約34.4%減少する。

- 2015年の全国焼却飛灰総合利用率は75%となり、脱硫副産物総合利用率は60%となる。

2. 「第12次五カ年計画」の主な省エネ措置

- 引き続き旧式の生産設備を廃止し、大容量、高パラメータ、高効率のユニットの積極的な発展に努める
- 給熱実施地域では、コージェネレーションを優先的に発展させる
- 送電網の運転管理方式の改善を図り、省エネ・消費量削減を促進する
- 引き続き現役の火力発電ユニットの省エネ・消費量削減技術の改善に力を入れる

全国現役石炭火力発電ユニット省エネポテンシャル予測

パラメータ名称	発電石炭消費量	所内率	給電石炭消費量
1000MW級超々臨界圧湿冷ユニット	2.06	0.19	2.73
660MW級超々臨界圧湿冷ユニット	3.17	0.28	4.2
600MW級超臨界圧湿冷ユニット	3.37	0.2	4.17
300MW～600MW級亜臨界圧ユニット	4	0.3	5.26
全国300MW以上ユニット	3.55	0.26	4.6

ありがとうございました！