

# 中国 寧海発電所4号機排煙脱硝装置の完成

Completion of SCR System for Ninghai Power Plant Unit 4 in China

稲恒 芳郎 Yoshiro Inatsume

石崎 昌典 Masafumi Ishizaki

竹内 良之 Yoshiyuki Takeuchi



(a)



(b)

図1 北京国華電力責任有限公司 寧海発電所4号機 排煙脱硝装置

寧海発電所4号機排煙脱硝装置の全景(a)を示す。中国で国際入札となった最初の脱硝装置である。2006年11月に試運転を終了し、現在順調に稼働中である。(b)の最右側が、4号機用ボイラ(600 MW)であり、これに隣接予定の5、6号機(各1,000 MW)用脱硝触媒も日立製作所とパブコック日立株式会社が受注している。

中国の有力な電力会社である北京国華電力責任有限公司が所有する寧海発電所4号機排煙脱硝装置は、中国大陸における中国資本としては初の脱硝装置である。この脱硝装置は、日立製作所がメインコントラクターとなり、パブコック日立株式会社が浙江大学能源科技有限公司を現地パートナーとしてプロジェクトを遂行した。2005年1月に受注し、脱硝性能を含めたすべての契約事項を満足させ、2006年11月に試運転を終了した。

拡大する中国脱硝ビジネスに対応するため、パブコック日立は現在、中国メーカー3社に脱硝技術を供与している。日立グループはこの寧海発電所4号機を礎に、2007年11月末現在、脱硝装置および脱硝触媒を合わせて32基、総容量1万7,720 MWの受注を得て、中国脱硝市場をリードしている。

## 1.はじめに

日立製作所とパブコック日立株式会社は、1977年に関西電力株式会社海南発電所1号機へ事業用排煙脱硝装置を納入して以来、種々のボイラ型式、燃料に対応した脱硝装置、あるいは触媒を、国内外において合計600基以上納入してきた。

昨今、中国の環境汚染への対応が注目されている。世界的な大気環境規制の強化に伴い、中国では2002年にボイラ大気汚染物排出基準(GB 13271-2001)が、さらに2004年には火力発電所大気汚染物排出基準(GB 13223-2003)が発効されたことにより、排ガスの規制がますます強化されつつある。

このような状況の下、北京国華電力責任有限公司は、中

国国内の他の電力会社に先駆けてNO<sub>x</sub>対策を行うことを決め、寧海発電所4号機脱硝装置設置プロジェクトの国際入札を行った。これが中国資本による最初の脱硝案件である。国際入札での技術・商務面における厳正なる評価の結果、最終的に2005年1月に日立製作所とパブコック日立が受注した。

ここでは、北京国華電力責任有限公司所有の寧海発電所4号機排煙脱硝装置について述べる(図1参照)。

## 2. 寧海発電所4号機排煙脱硝装置の概要

脱硝装置の計画条件を表1に示す。未反応NH<sub>3</sub>が3 ppm以下と低い条件下で、脱硝率は80%以上の高い脱硝率を要求されている。

脱硝反応器とダクトを図2に示す。脱硝システムは、ボイラエコノマイザー出口に脱硝反応器を設置する高ダストシステムを採用している。

アンモニア注入装置はダクトの配置上の理由から脱硝反応器入口の立ち上がりダクト部に設置した。脱硝反応器はパブコック日立で標準的に採用している自立式の外部ケーシング方式とした。

脱硝反応器内にはパブコック日立で製造している独自の板状触媒を設置している。触媒層数は2層とし、初期触媒を各層に均等に配置した。将来用触媒は各初期触媒の上に直積みする方式とし、独立した将来用触媒層を省略して脱硝反応器の高さを低減した。

## 3. 主要設備の特徴

### 3.1 脱硝触媒

板状触媒の仕様を決定するにあたっては、設計炭となっている中国炭およびその燃焼灰のサンプルを取り寄せて、種々の試験を実施した。触媒は排ガス中に含まれる触媒劣化成分

表1 脱硝装置の計画条件

寧海発電所4号機用の脱硝装置の入口および出口における計画条件を示す。  
装置入口

項目	単位	計画値
排ガス量	m <sup>3</sup> N/h-wet	1,924,795
温度		365
O <sub>2</sub>	Vol%-dry	3.55
H <sub>2</sub> O	Vol%-wet	8.46
煤塵(ばいじん)	g/m <sup>3</sup> N-dry, actO <sub>2</sub>	14.0
NO <sub>x</sub>	ppmvd, 6%O <sub>2</sub>	251.5
SO <sub>2</sub>	ppmvd, 6%O <sub>2</sub>	659.9
SO <sub>3</sub>	ppmvd, 6%O <sub>2</sub>	15.3

装置出口

項目	単位	計画値
脱硝率	%	80
NO <sub>x</sub>	ppmvd, 6%O <sub>2</sub>	50.3
未反応NH <sub>3</sub>	ppmvd, 6%O <sub>2</sub>	3.0
SO <sub>2</sub> 酸化率	%	1.0
システム圧力損失	Pa	800

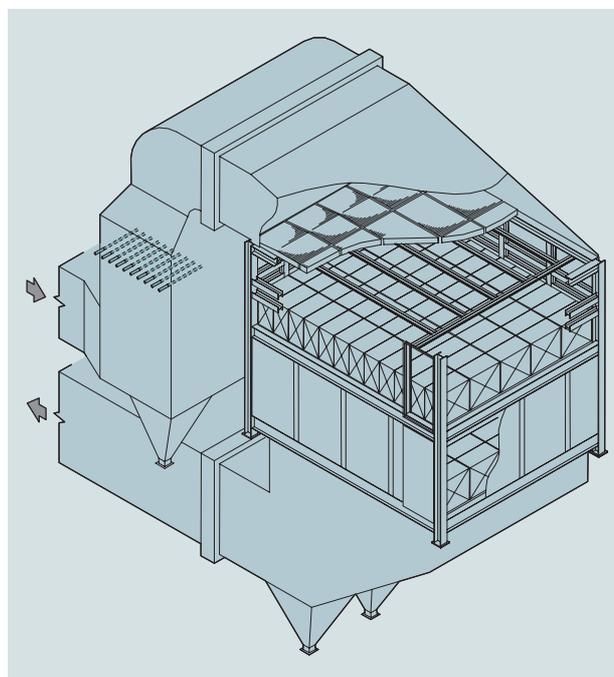


図2 脱硝反応器とダクト鳥瞰図

フローモデルテストおよび流動解析を実施して、塊状灰対策、排ガス整流化、コンパクト配置を実現した。

分により、経時的な性能が大きく影響される。特に、灰中成分による性能への影響が大きい。今回使用する石炭灰は、CaOとFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の濃度が非常に高い点の特徴である。CaOは、灰中の含有量が20%強と高く、カルシウムによる触媒表面のマスキングや触媒性能低下、あるいは灰の触媒流路閉塞(多くの懸念があった。また、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>はSO<sub>2</sub>酸化率を上昇させる要因となる。

そこで、触媒仕様の選定にあたっては、米国で類似した石炭の使用実績があることから、耐CaO性能および低SO<sub>2</sub>酸化率を実証されている新触媒を採用した。板状触媒は並行平板の形状で、灰閉塞に強い特徴を有しているが、このプロジェクトでは、さらに脱硝触媒の開孔ピッチについても、従来の6 mmより大きい17 mmピッチを採用して灰閉塞対策を強化した。後述するように、これらは灰の閉塞対策として効果があることが実証された。ピッチを広げたさらなる効果は圧損低減である。触媒の触媒層の圧損は、従来の触媒と比較して約30%低減することができ、排ガスファンの動力低減に貢献している。

### 3.2 脱硝反応器、排ガスダクト

ボイラ火炉内で発生した粒状の灰、いわゆる塊状灰が脱硝触媒に流入すると、触媒層上へ堆(たい)積し、脱硝性能の低下、圧力損失の増加、部分的なガス流速上昇による触媒の摩耗などが問題となる。このプロジェクトにおいては、塊状灰対策を実施した。入口立ち上がりダクト部の断面を拡大してガス流速を低下させ、ダクト底部のホッパーで塊状灰を捕

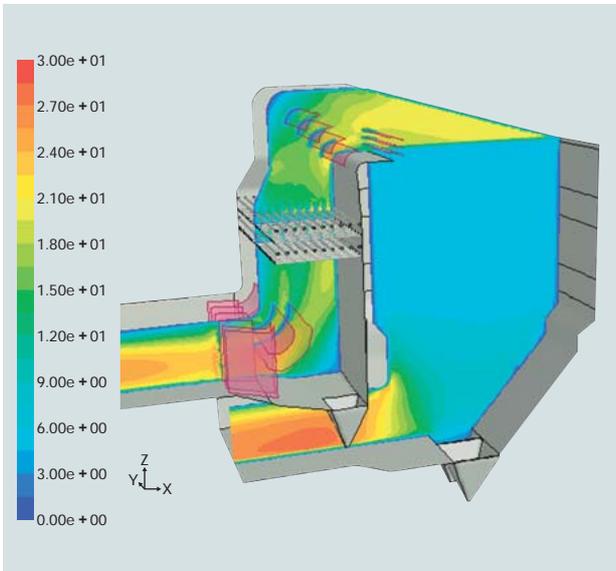


図3 CFD(流動解析)による脱硝反応器内の排ガス流れ分布  
この検討結果はフローモデル試験でも最終確認を行った。

集し、反応器への流入を防いだものである。

この効果の確認および脱硝装置全体の排ガス流れの均一化を検討するために、コンピュータによるCFD(Computational Fluid Dynamics:流動解析)を実施した。CFDの結果を図3に示す。この計算結果は最終的に物理モデルを用いたフローモデル試験でも確認した。

### 3.3 アンモニア装置

アンモニア装置については、中国ではアンモニア合成プラント、冷凍ステーションなどでの実績はあるが、脱硝装置用としての用途は今回が初めてであった。そこで日本での設計をベースにして、中国の設計基準に合わせて設計するように提案し、現地メーカーで製作した。

アンモニア装置は、受け入れ用コンプレッサ、貯蔵タンク、気化器、アキュムレータなどから構成され、顧客指定により2系統となっている(図4参照)。

## 4. 運転状況

### 4.1 性能試験結果

性能試験は168時間連続運転試験終了後の2007年5～6



図4 アンモニア装置の外観  
日本の設計をベースに中国規格に沿って設計した中国現地生産の装置である。

月に行われ、浙江省電力試験研究院が担当した。しかし、中国では脱硝装置の性能試験の実績を有する現地メーカーがないことから、日本から試運転指導員と設計者を派遣し、試験方法について確認しながら行った。

性能試験結果を表2にまとめて示す。条件的に厳しい石炭性状であったが、実績を重視した設計により、脱硝率、圧損、SO<sub>2</sub>酸化率などすべての保証値を満足することができた。

なお、性能試験時は脱硝率の初期保証値を83.0%としている。

### 4.2 内部点検結果

2007年5月にダクト・反応器内部の点検を行った。脱硝装置への通ガス開始は2006年10月であり、通ガス後約7か月後の時期である(図5参照)。

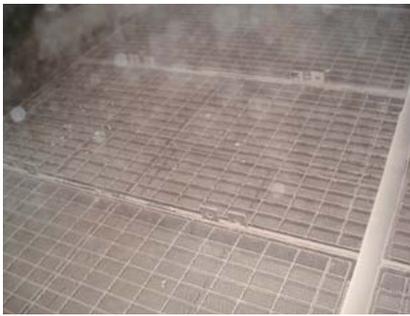
内部点検の結果、一般的にダクトや反応器の内部は他の同様のプラントと比較してもきわめてきれいな状態であった。特に触媒層については、問題となるような灰の堆積や閉塞などは確認されなかった。また、懸念していた塊状灰も確認されなかった。

この点検結果により、設計時意図した排ガス流れの均一化や灰の触媒層閉塞防止対策が有効であることを確認することができ、今後も安定した信頼性の高い運転が期待される。

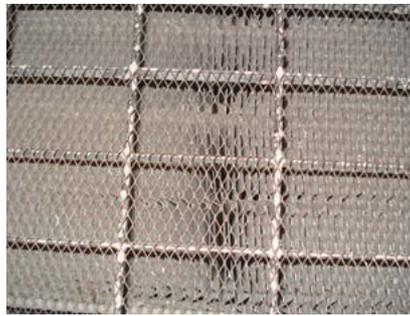
表2 脱硝性能試験結果

実績を重視した設計により、すべての条件を満足する結果が得られた。

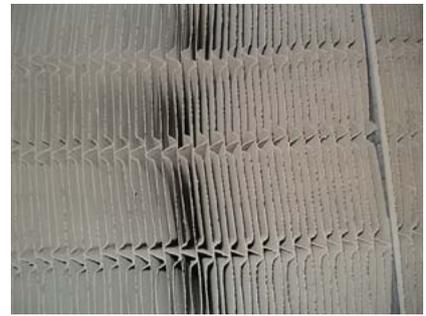
No.	項目	単位	保証値	試験結果A系	試験結果B系	結果
1	脱硝率	%	83.0	84.3	84.3	合格
2	スリップアンモニア	ppmvd, 6%O <sub>2</sub>	3.0	0.25	0.22	合格
3	システム圧損	Pa	800	640	700	合格
4	触媒圧損	Pa	360	340	350	合格
5	SO <sub>2</sub> 酸化率	%	1.0	0.68	0.56	合格
6	アンモニア消費量	kg/h	360	308		合格
7	電気消費量	kWh/h	37	20		合格



触媒層上面外観



触媒層上面拡大



触媒内部拡大

図5 7か月運転後の触媒点検結果  
閉塞性の高い灰にもかかわらず、触媒層上面、触媒の中にも灰の閉塞は見られず、きわめて良好な状態を保持している。

### 4.3 今後の中国脱硝市場への取り組み

この寧海発電所4号機を礎として、2007年11月末現在、日立グループは、脱硝装置および脱硝触媒を合わせてすでに32基、総容量1万7,720 MWの受注を得て、中国脱硝市場をリードしている。

「中華人民共和国第11次5か年計画」によると、中国の火力発電設備容量は、今後も急激に増加すると予測されている。2005年末の火力発電総容量実績3.9億kWに対して、2010年には7.31億kW、2020年には9.8億kWになると専門家は予想している。これらの設備の8～9割は石炭燃焼であり、また2010年以降さらに環境規制が強化されるとされており、脱硝市場は急激に拡大すると期待されている。

バブcock日立は、拡大する中国脱硝ビジネスに対応するため、現在、中国メーカー3社と脱硝技術提携を契約している。今後も現地パートナーとの連携により、信頼性の高い製品を納め、拡販に取り組んでいく所存である。

### 5 .おわりに

ここでは、北京国華電力責任有限公司の寧海発電所4号機排煙脱硝装置について述べた。

寧海発電所4号機排煙脱硝装置は、中国脱硝市場へ進出した初の脱硝装置である。日立製作所とバブcock日立が、現地パートナーである浙江大学能源科技有限公司とともにプロジェクトを遂行し、性能を含めたすべての契約事項を満足させ、顧客に引き渡すことができた。また、このプロジェクトの成功により、中国市場において日立グループの高い脱硝技術を実証することができた。今後も、中国メーカーと技術提携し、中国の脱硝市場をリードしていく考えである。

#### 参考文献

- 1) I.Morita:Recent Experience with Hitachi Plate Type SCR Catalyst, The Institute of Clean Air Companies Forum '02(2002.2)
- 2) A.Favalei:First Application of Babcock-Hitachi K.K. Low SO<sub>2</sub> to SO<sub>2</sub> Oxidation Catalyst the IPL Petersburg Generating Station, The Institute of Clean Air Companies Forum '05(2005.2)

#### 執筆者紹介



稲恒 芳郎  
1981年バブcock日立株式会社入社、呉事業所 プラント技術本部 環境システム設計部 所属  
現在、脱硝・脱硫装置を含む環境製品の取りまとめに従事



石崎 昌典  
1989年バブcock日立株式会社入社、呉事業所 プラント技術本部 環境システム設計部 触媒システム設計課 所属  
現在、日立(中国)有限公司にて脱硝触媒の拡販に従事



竹内 良之  
1975年バブcock日立株式会社入社、呉事業所 プラント技術本部 環境システム設計部 触媒システム設計課 所属  
現在、国内外の脱硝案件の取りまとめに従事