

## 中国における窒素酸化物の汚染特性及び抑制現状評価

「十一五」の間に、中国は、SO<sub>2</sub>を国家高速的指標に入れ、顕著な総量削減効果を収めた。2010年のSO<sub>2</sub>排出総量は、2005年より14.29%減らし、「十一五」計画で提出された10%の削減目標より、109.4万トン多く削減し、「十一五」削減目標を超過達成した。しかし、NO<sub>x</sub>の排出総量は、始終上昇している趨勢であり、NO<sub>x</sub>を主な誘因とする4つの環境問題(オゾン、NO<sub>2</sub>、酸性雨及び微粒子物質)の中で、酸性雨汚染がまだ有効に抑制されておらず、オゾン・靄など新しい環境汚染問題が日に日に深刻になり、NO<sub>x</sub>は、すでに中国における複合型大気汚染を引き起こす主な汚染物質になっている。この背景の下で、「国民经济和社会发展『十二五』計画」ではまずNO<sub>x</sub>排出総量を経済社会発展の拘束的指標に入れ、2015年までNO<sub>x</sub>排出総量を10%を削減する目標を提出した。中国全国で凄まじい勢いで排出削減行動を展開し、各級党委員会・政府が直接指導、各部門共同で管理、環境保護部門が統一して監督管理、国民が多く参与する環境保全の新しい局面を形成した。工程減排・構造減排・管理減排(設備設置による排出削減・企業構造調整による排出削減・管理による排出削減)の推進強化により、NO<sub>x</sub>排出削減作業が初歩的進展を見せた。2012年に、全国のNO<sub>x</sub>排出総量が2338万トンであり、前年同期より2.8%下がり、初めて「転換点」が出た。しかし、2010年の2.8%の成長と比べて、「十二五」の目標完成比率が-28.2%であり、残りの三年の排出削減のプレッシャーが大きい。

### 1. 中国におけるNO<sub>x</sub>全体排出動向

#### 1.1 2012年に排出量が初めて転換点が出た

ここ十年来、中国の経済の継続的成長及びエネルギー消費量の迅速な上昇が大気中のNO<sub>x</sub>排出レベルが顕著に上がった主な原因である。「十一五」以来、中国のエネルギー消費総量が継続的に増え、石炭がエネルギー消費総量に占める比率が下がり、「十一五」に2.8パーセント下がったとは雖も、「十二五」の間に石炭を主とするエネルギー消費構造に根本的な変化がなく、石炭消費量が占める

比率が基本的に68%前後にとどまっている。「2012年国民经济・社会発展統計公報」の初歩的統計により、2012年に全国のエネルギー消費総量が36.2億トン標準炭であり、前年より3.9%、2010年より11.4%増えた。そのうち、石炭消費量は約35.2億トンであり、前年より2.5%、2010年より10.4%増えた。「十一五」と「十二五」の石炭消費量の年平均増加速度を比較して、「十一五」期間に中国の石炭消費量の年平均増加速度が5.8%、「十二五」初期の平均年増加速度が5.1%であり、「十一五」と比べて増加速度が緩やかになったことが分かった。

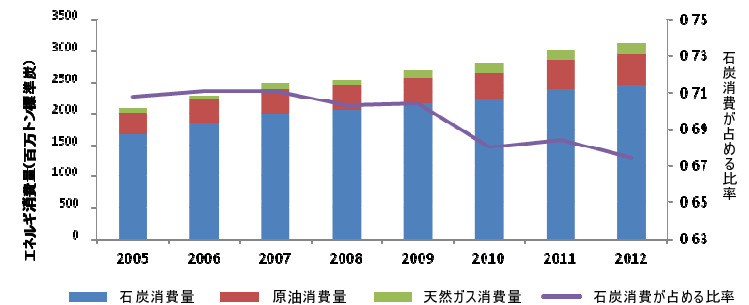


図 1.1-1 2005-2012年中国のエネルギー消費状況

中国におけるNO<sub>x</sub>の排出量は、2012年までに高速増加してきていたが、エネルギー消費量の増加速度が緩やかになってきており、排出削減プロジェクトが進めているにつれ、2012年全国NO<sub>x</sub>排出総量が初めて転換点が出て、前年同期より2.8%下がった。「十二五」期間内に、中国のNO<sub>x</sub>排出量の増加速度が明らかに緩やかになり、2007~2010年のNO<sub>x</sub>の平均年増加率が8.2%であり、「十二五」前の2年間の年平均増加速度が1.3%であった。

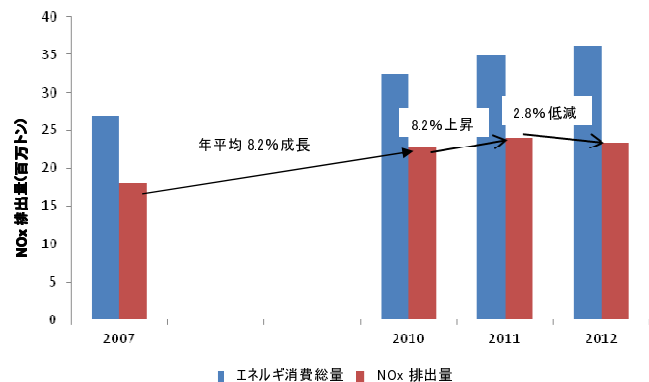


図 1.1-2 2007-2012 年中国における NOx 排出量・エネルギー消費量の変化状況

### 1.2 東部地域の NOx 排出強度が比較的高い

中国における NOx 排出量の地域分布がきわめて不平衡であり、主に人口密度が高い、工業が集中している、及び経済発展が比較的速い中東部地域に集中している。中東部地域の面積が 273.67 万 km<sup>2</sup> で、国土面積の 28% を占めているが、NOx の排出量が 70% 以上占めている。2010 年に、中東部地域の NOx 排出強度が 6.04 トン/km<sup>2</sup> であり、西部の 6.7 倍である。そのうち、京津冀の 2 市 1 省、長江デルタの 2 省 1 市、広東、山東などの 8 省と直轄市の工業活動が比較的集中しており、汚染物質の排出強度が比較的大きい。全国 8% の国土面積が全国 34% の NOx を排出しており、単位面積の排出強度が全国平均レベルの 3.5 倍である。上海市が、面積が狭く、工業が集中しているため、NOx の排出強度は 8 省の中で一番高い。

中国の NOx 排出削減状況の地域分布 (図 1.2-1) から見れば、2010 年と比べて、2012 年には、東部地域だけが NOx の排出量が少し下がったが、ほかの地域は、依然として上昇している趨勢である。特に西北地域は、2012 年末現在、NOx 排出総量が 10.1% 上昇した。「十二五」目標の -473% を完成し、排出削減のプレッシャーが極めて大きい。

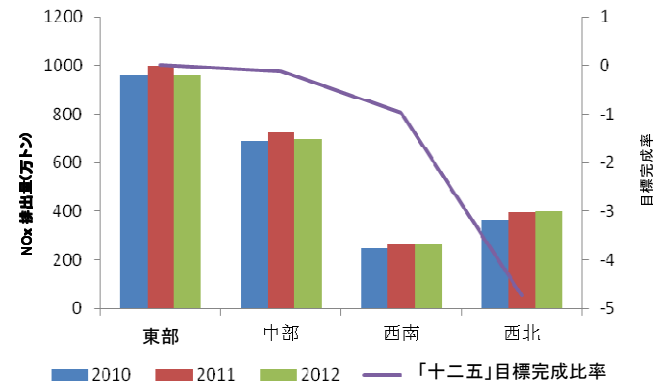


図 1.2-1 各地域 NOx 排出削減目標完成状況

### 1.3 電力業が率先して排出削減を実現

電力業、自動車排出及びセメント業は、中国の NOx 排出の 3 大重点発生源であり、電力業は排出量の一番多い業界である。2010-2012 年、電力業の NOx 排出量は、すべて総排出量の 46% 以上を占めた。次は自動車で、約排出総量の 30% 前後を占める。セメント業は、電力業と自動車に次ぐ主な NOx 工業排出源であり、約電力業を除くその他の工業源排出量の 35% を占める。

2012 年に中国における NOx 排出量が初めて下がった主な原因は、電力業が NOx の削減を実現できた。2012 年末現在、全国電力業の排出量は 1082.35 万トンであり、明かな減勢を示し、2010 年に 1.5%、2011 年に 7.1% 下がり、全国の NOx 排出削減に巨大な貢献をした。

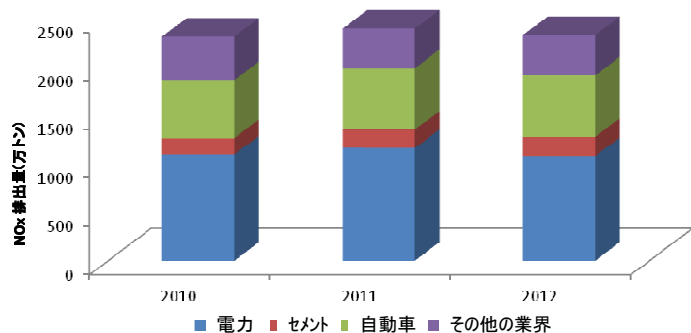


図 1.3-1 2010-2012 年我国 NO<sub>x</sub> 排放源的分布情况

## 2. 重点業界の NO<sub>x</sub> 排出特長分析

### 2.1 電力業

#### 2.1.1 2012 年排出削減作業が画期的な進展を取得

電力業は、NO<sub>x</sub> 総量削減の重点分野である。「十二五」初期に、中国の電力行の NO<sub>x</sub> 排出量が削減を実現し、エミッション性能（排放绩效、emission performance？）が継続的に遞減してき、2012 年に 2.79g/kWh まで下がり、2010 年と比べて 134.%下がった。これは、一方では、電力工業技術レベルの顕著な向上により、給電による石炭消費が 2012 年に 326g 標準炭/kWh まで下がり、2010 年と比べて 2 パーセント下がった。他方では、石炭ユニットの脱硝及び小規模火力発電ユニットの閉鎖などの排出削減措置の効果が出た。

中国の NO<sub>x</sub> 総排出量の地域分布特長と一致しており、東部各省も電力業の NO<sub>x</sub> 主要排出地域であり、2010 年は年間 466 万吨排出し、全国総排出量の 42.4%を占めた。各地域の排出削減の進展から見れば、2012 年に中国の東部・中部地域の電力業の NO<sub>x</sub> 排出削減は、それぞれ平均 5.0%と 4.9%を実現した。西南地域はやや増え、増加幅は 2.1%であるが、西北地域の増加が顕著であり、増加幅は 10%近くとなっている。

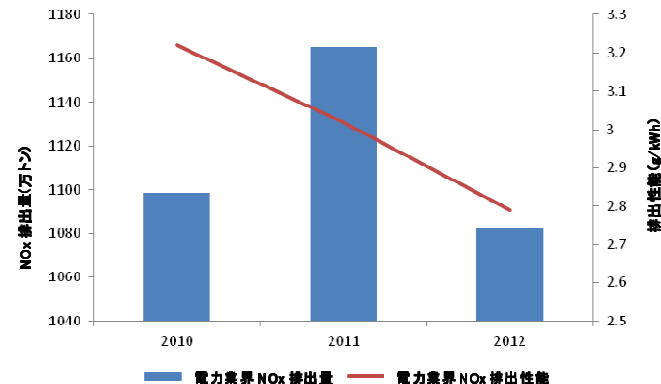


図 2.1-1 電力業 NO<sub>x</sub> 排出量と排出性能の変化趨勢

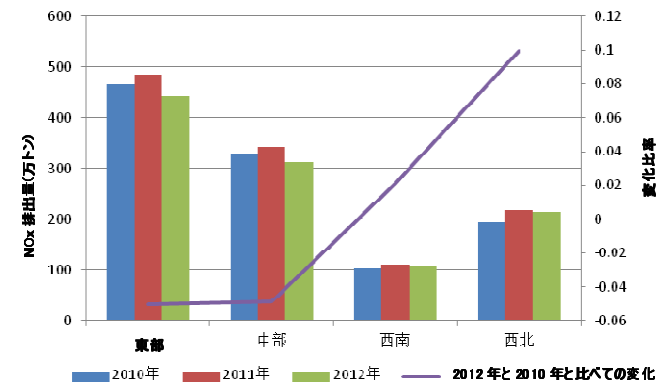


図 2.1-2 各地域の電力業 NO<sub>x</sub> 排出量の変化趨勢

#### 2.1.2 中西部地域の排出削減プレッシャーが比較的大きい

「十二五」の最初の 2 年間の各地域の火力発電ユニットの分布状況から見れば、現在中国の火力発電ユニットは、依然として主に中東部地域に集中しているが、各地域の新設ユニットの増加比率から見れば、「十二五」初期に、中部地域の火力発電ユニットの建設スピードが一番速く、新設火力発電ユニットの容量が 2010 年のユニットの 1/4 以上を占め、これにより生じた NO<sub>x</sub> の増加量が大きく、排出削減のプレッシャーが比較的大きい。その次は西部地域で、東

部のプレッシャーが一番小さい。

表 2.1-1 「十二五」初期中国の火力発電ユニット容量増加状況

	2010年(万kW)	「十二五」最初の2年間新設(万kW)	新設規模が2010年に占める比率(%)
東部	34135	4264	12.49
中部	19444	5034	25.89
西南	5857	1136	19.40
西北	11499	1947	16.93
合計	70935	12381	17.45

## 2.2 セメント業

2012年に全国のセメントクリンカの生産量は12.79億トンで、2010年より11%近く成長した。セメント生産量の継続的成長及び新型乾式キルンの普及について、2011年と2012年のセメント業のNOx排出量がかえって上昇した。2012年は198.74万トンに上がり、2010年の170.00万トンと比べて17.5%増えた。

安徽、山東、四川、広東、河南、浙江、江蘇、広西、湖南等の省は、中国のセメントクリンカ生産量の大きい省であり、特に新型乾式クリンカの生産量は、全国生産量の52.7%を占めている。これに相応して、安徽、山東、河南、浙江、四川、広東、広西も中国の最大のセメント業NOx排出省であり、排出量は、総排出量の44.3%を占めている。

## 2.3 鉄鋼

鉄鋼業は、中国の3つ目の大きな工業NOx発生源であり、その主な排出工程は、コークス、製鉄、製鋼、圧延及び焼結である。そのうち、焼結工程は最もNOx排出の多い工程である。中国の鉄鋼業NOx排出には次の特徴がある。①発生源が多様；②排出総量が多い；③排ガス中のNox濃度が低い；④焼結機の排ガス及びコークス炉で生じたNOxの濃度が高い；⑤焼結工程での

排出量が最も多い等。鉄鋼業専門家会合で、環境統計のデータによると、ここ3年来、鉄鋼業のNOx排出量が上昇していく勢いにあり、2011年の排出量が95万トンで、2009年と比べて10.5%上昇した。そのうち、鉄鋼焼結が最も大きなNOx排出廠であり、2011年に焼結のNOx排出量が約48～57万トンあり、鉄鋼工場の総排出量の約50%～60%を占めていたことが分かった。

## 2.4 自動車

近年来、中国の自動車生産・販売量は高速に成長している。2012年に全国の自動車生産・販売量はそれぞれ1927.2万台と1930.6万台に達し、生産・販売量は、4年連続して世界1位になっている。

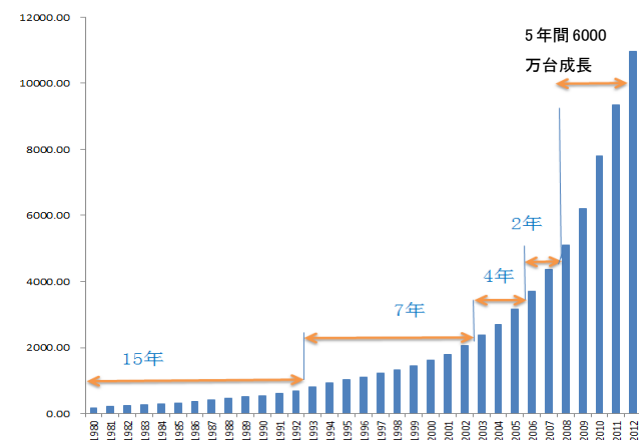


図 2.3-1 中国自動車保有量の経年変化趨勢

自動車保有量の急速増加について、NOx排出量も顕著に上昇してきた。2010～2012年自動車の保有量はそれぞれ1.86億台、2.07億台と2.24億台、NOx排出量はそれぞれ599.4万トン、637.5万トンと639.7万トンであった。2011～2012年自動車の保有量増加率はそれぞれ10.1%と10.2%で、NOxの年増加率はそれぞれ6.4%と0.3%であって、「十二五」最初の2年間の自動車を対象とするNOx総量削減措置に効果が出てきて、自動車NOx増加の趨勢が有効に制御されたことが分かった。自動車保有量が継続的に急速に増加している環境の

下で、2012年自動車のNOx排出量が2.2万トン増加し、2011年の排出量と比べてやや増えた。

各省の状況から見れば、北京、河北、山西、内モンゴル、遼寧、吉林、黒竜江、上海、安徽、山東及び陝西などの11省が自動車のNOx総量削減を実現し、合計6.8万トン削減し、その他の省が全部で9.0万トン増えたことが分かった。

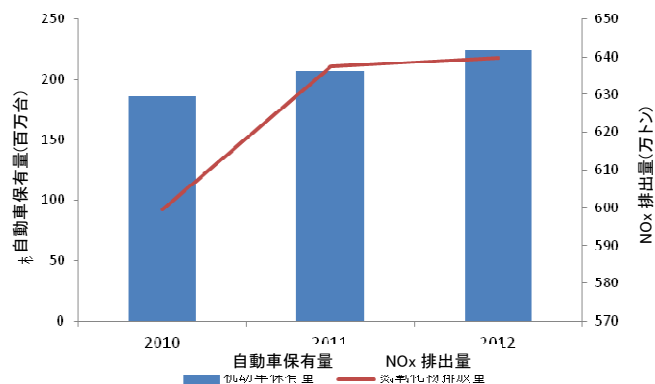


図 2.3-2 2010~2012年自動車保有量及びそのNOx排出量の変化状況

### 3. 重点業種のNOx抑制要求及び抑制技術の応用現状

#### 3.1 電力業

##### 3.1.1 西部地域の脱硝プロジェクトの推進及び運転管理の強化が差し迫っている

「十二五」では、石炭ユニットの低NOx燃焼技術改造及び排ガス脱硝施設の建設を速め、シングルユニットの容量が30万kW以上(含む)の石炭ユニットにはすべて脱硝施設を設置し、2015年末まですべて電力脱硝ユニットの設備容量が4億kWに達することが要求された。2012年末現在、石炭ユニットの脱硝施設容量がすでに2.25億kWに達しており、脱硝ユニットの施設容量が

火力発電の施設容量に占める比率が2010年の11.2%から27.5%に増加した。平均脱硝効率は48%であり、前年同期より18パーセント高くなった。2012年末に脱硝改造の施設容量が724.87億Wの予定であったが、実際361.45億Wの規模を完成し、完成比率は49.9%であった。

各省の電力脱硝ユニット施設容量の比率から見れば、現在電力脱硝プロジェクトの進展が比較的速い省は主に北京、福建、天津、山西、浙江、広東と江蘇を含む東部地域に集中しており、その脱硝ユニットが占める比率は平均30%以上あるが、西部地域の脱硝プロジェクトの推進及び運転管理は遅れており、早急に強化する必要がある。脱硝施設の運転状況から見れば、上海、黒竜江、江蘇、四川、浙江、山東などの省の運転効果は比較的良好で、総合脱硝効率は平均40%以上に達している。

##### 3.1.2 東部地域が「構造減排」(企業構造調整による排出削減)に力を入れている。

「十二五」の最初の2年間に、中国は全国で小規模火力発電ユニットを6969兆W淘汰した。そのうち、東部地域が構造減排に一番力を入れており、淘汰された小規模火力発電ユニットの容量が4143兆Wに達し、全国淘汰総規模の60%を占めており、東部地域電力業NOx排出量削減を実現させる重要な原因の1つである。中部、西安地域の淘汰規模はその次である。西北地域で淘汰された小規模火力発電の規模がわずかに344.5兆Wで、全国淘汰総規模の5%を占めている。

表 3.1-1 「十二五」の最初の2年間に各省の淘汰小規模火力発電規模一覧表

	省份	淘汰施設の容量 (MW)	
東部	北京		4143
	天津	200	
	遼寧	648	
	河北	515	
	山東	514	
	上海	275	

	江蘇	1628	
	浙江	300	
	福建	56	
	広東	7	
	海南		
中部	黒竜江	69.5	1475
	吉林	48	
	山西	713.5	
	河南	18	
	湖北		
	湖南	24	
	安徽	177	
	江西	425	
西南	重慶		1006
	四川	127	
	貴州	800	
	雲南	5	
	広西	74	
西北	内モンゴル	200	344.5
	陝西	6	
	甘肅		
	寧夏		
	青海	4.5	
	新疆	134	

### 3.1.3 六大電力グループのNOx 排出削減効果が顕著

“十二五”期間、六大電力集團全面落实各項環保政策措斡，加大脱硝設施建設和淘汰小火電機組，2012 年整體實現減排。六大電力集團 2012 年 NOx 排放總量為 645.92 萬噸，相比於 2011 年的 705.5 萬噸減少了 9.2%，高於全國電力行業 NOx 排放量的平均下降比例。NOx 排放績效也由 2011 年的 3.01 克/kW 時降低到 2012 年的 2.8 克/kW。

六大電力集團作為大型國有企業，在電力行業脱硝工程建設中發揮了中堅作

用，對全國電力行業 NOx 減排做出了巨大貢獻。截至 2012 年底，六大電力集團燃煤機組脱硝裝機容量達到 1.48 億 kW，佔全國火電機組脱硝裝機容量的 65.8%。

表 3.1-1 2012 年六大電力集團公司 NOx 排放情況

	中國華能集團	中國大唐集團	中國華電集團	中國國電集團	中電投集團	神華集團	合計
NOx 排放量 (萬 t)	139.92	128.18	100.23	131.03	77.29	69.27	645.92
目標責任書要求	90.56	82.7	69.49	80.55	49.84	47.62	420.76
累計目標完成率	11.08%	14.70%	1.13%	-1.82%	4.59%	15.56%	

### 3.2 セメント業

「十二五」では、2015 年末までセメント業の NOx 排出量は 150 萬トンに抑制し、削減比率が 12%に達し、遅れたセメントの生産能力を 3.7 億トン淘汰し、セメント業で新型乾式キルンによる脱硝・NOx 低減を実施し、新築・改築・増築のセメント生産ラインの総合脱硝効率が 60%を下回らないことを要求している。各地のセメント企業が次から次へと大量のセメント脱硝モデルプロジェクトを作ること企画し、すでに 100 本余りのラインを完成し、運転しているにも関わらず、現状から見れば、中国のセメント脱硝がスタートしたばかりで、多段燃焼や SNCR などの技術応用にはまだ安定した長期運転経験が欠けており、SCR 技術がまだ熟しておらず、セメント業の全体排出削減の進展が比較的遅い。

2012 年末現在、中国ではすでに 117 本のセメントクリンカ生産ラインの低 NOx 燃焼改造を完成し、126 本の新型乾式セメント生産ラインは脱硝プロジェクトを完了し、43.7 萬トン/日のクリンカ生産規模に達しており、目標責任書の 28.1%を完成した。また、「十二五」の最初の 2 年間に全部で生産能力の遅れた企業を 1835 社淘汰し、遅れた生産能力を 3.72 億トン淘汰した。

しかし、現在すでに建設したセメント脱硝施設の大部分は試運転段階にあり、有効な評価が欠けており、実質的な排出削減の役割を果たしていない。

### 3.3 鉄鋼

「国家環境保護『十二五』計画」には、鉄鋼の焼結機に低 NOx 燃焼改造又は脱硝装置の設置、新規焼結機に脱硝装置の設置を要求した。ここ数年来、中国は鉄鋼業の SO2 及び煤じん・粉じんの対策に取り込み、SO2 と煤じん・粉じんの排出量が著しい低減してきた。しかし、NOx が鉄鋼業で重視されて来なかった。一部の省エネ技術にも一定の NOx の排出削減効果があるが、重点排出工程でほとんど対策措置を講じておらず、関連技術の研究も欠けている。企業に対する NOx 排出濃度測定及び排出量統計も展開されていない。したがって、日本鉄鋼業の省エネ措置及び各発生源生成工程を対象とする NOx 抑制技術を受けることが是非必要である。世界の脱硝技術の選定、脱硝技術の運転及び企業の監督管理等の面の成功経験も勉強する必要がある。

### 3.3 自動車

2011～2012 年の間に、全国各地が次から次へと主により厳しい自動車排出基準の実施、「黄標車」淘汰の加速、自動車用燃料品質の向上、自動車に関する環境保全の監督管理強化、都市自動車保有総量の調整制御などを含む自動車の NOx 総量削減作業を進めていた。

2012 年に、各省(直轄市、自治区)は、自動車 NOx 総量排出削減作業を次第に展開してき、詳しい状況は下表のとおりである。

表 3.3-1 各省の自動車 NOx 排出削減措置一覧表 机动车 NOx 减排措施一览表

措置	実施地域
環境保護・公安・交通等他部門共同メカニズムを構築	北京市、天津市、河北省、山西省、内モンゴル、遼寧省、吉林省、黒竜江省、上海市、江蘇省、浙江省、福建省、江西省、山東省、湖北省、湖南省、広東省、重慶市、四川省、雲南省、陝西省
より厳しい自動車排出基準を繰り上げて実	北京市、上海市、南京市、珠江デルタ地域

施	
都市自動車保有総量を調整・制御	北京市、上海市、広州市、貴陽市
排出量の高い車両の転入を規制	北京市、天津市、河北省、山西省、内モンゴル自治区、遼寧省、吉林省、黒竜江省、上海市、江蘇省、浙江省、江西省、山東省、湖南省、広東省、重慶市、四川省、雲南省、陝西省
「黄標車」淘汰奨励政策を公布	北京市、上海市、江蘇省、浙江省
国IV車用燃料を供給	北京市、上海市、広州市、深圳市、東莞市、南京市、蘇州市、無錫市、常州市、南通市、鎮江市、泰州市、揚州市
「黄標車」走行区間制限又はプレートナンバーの末尾数字による運転制限政策を公布・実施	石家庄市、太原市、フホホト市、ハルビン市、南京市、蘇州市、塩城市、泰州市、杭州市、紹興市、南昌市、青島市、臨沂市、武漢市、広州市、深圳市、佛山市、東莞市、成都市、西安市、蘭州市、銀川市

上記措置の実施により、2011～2012 年に全国で黄標車を累計 188.7 万台を淘汰し、自動車の NOx 排出を 45.5 万トンを減少させ、自動車の環境保全に関する定期検査合格標識を 5123.2 万枚発行し、自動車総量排出削減台帳を基本的にできた。北京・上海及び江蘇・広東の一部の都市では、国IV車用燃料を繰り上げて実施し、燃料による排出削減を 1.64 万トン実現した。区間走行制限/プレートナンバーの末尾数字による運転制限、環境保全標識管理の強化、自動車の環境保全に関する定期検査の強化等の措置を通じて、排出削減を累計 1.94 万トン実現した。

2010 年に比べて、各省の 2012 年の自動車保有量の増加率及び黄標車の淘汰数量から見れば、北京、上海、江蘇、海南、広東、吉林などの省の自動車保有量に対する制御に明らかな効果を取め、2010 年に比べて、2012 年の保有量の増加率が 15%以下である。山東、河北、安徽、河南、遼寧、山西などの省の黄標車淘汰により、全部で 21.88 万トンの NOx 排出削減量が生じ、全国総削減量の半分近くを占めた。

### 4. NOx 総量制御管理と政策の展望

現在の NOx 排出削減状況から見れば、「十二五」の 40%が過ぎた期間内に、中国の NOx 排出量がすでに通減し始めている。「十二五」の後半に、末端防止

をさらに強化すると同時に、主要大気汚染物質排出削減策略の重点を源からの制御に転じ、エネルギーと環境の二重制約メカニズムを十分利用して、中国経済発展方式の転換を促進する強制的メカニズムの構築を速め、以って発展方式の転換により源における増量段階で「引き算」を行い、汚染物質の継続的大幅削減の実現に条件を作る。

#### 4.1 重点協会の汚染物質排出総量の抑制を強化し、地域工業配布を最適化する。

「十二五」の最初の2年間の排出削減情勢からみれば、中東部地域のNOx排出増加趨勢が一応抑えられたが、西部地域の排出量が引き続き増加していく趨勢である。しかし、中東部の単位面積の汚染物質排出量は依然として西部の6倍であり、石炭消費量増加の70%、及び電力業の75%の新規プロジェクトがすべて中東部地域に集中しており、産業配布の調整効果が微かである。「十二五」後半において、中国は地域環境荷重能力及び資源賦存を統一して計画案配し、「主体機能区計画」（主体功能区規劃）の要求に合わせて、資源・エネルギー消費区域の配布調整を速め、総量抑制をすでに実施している電力と鉄鋼とセメントの3業種に対して生産能力の拡張を厳しく制御し、京津冀(北京・天津・河北)と長江デルタと珠江デルタの3つの地域で今後新しいプロジェクトを建設しない。新築・改築・増築プロジェクトについて、区域にまたがって調整し、環境容量を超えた地域から環境容量が余る地域に配置する原則を堅持し、中東部地域の単位面積の資源エネルギー消費強度及び単位面積の汚染物質排出負荷を次第に軽減するものとする。

#### 4.2 石炭消費総量制御モデル作業を大いに推進し、源から総量削減を促進する。

石炭への総量制御の実施は、中国においてすでに大勢の赴くところになっており、現在中国ではまだ初歩的な探究段階にあり、試行を実施している省も文書の制定及び初歩的な実施段階にあるものであり、その経済発展段階によって、制御技術方法及び手段も異なり、制御効果に有効な評価が欠けている。

「十二五」後半において、既存のモデル省へのフォローアップ評価対応を踏

まえ、石炭消費総量抑制技術手法と関連政策システムを深く掘り下げて研究し、国家レベルの『重点地域石炭消費総量抑制モデル活動プラン』を早期に策定・導入すべきであり、適切な、操業・区別化可能な石炭総量抑制法システムを構築する。また、環境の地域影響特質に基づき、モデル活動範囲を区分する。石炭消費モデル、クリーン利用、再生可能エネルギー開発という三つの面から地域石炭消費総量モデル活動を展開し、地域の特徴に合わせた石炭消費総量抑制活動を各地に対し指導・規範を行う。

#### 4.3 汚染物排出総量指標を環境評価審査・許可の前提条件とし、新規排出量を厳しく抑制する。

汚染物排出総量指標を環境評価審査・許可の前提条件とすることは、新規汚染物排出量を厳しく抑制し、建設プロジェクト主要汚染物排出総量管理活動の規範化や環境資源の効率的配置の実現を図るための重要手段である。「十二五」後半において、総量指標管理と環境評価審査・許可のマッチングメカニズムを深く研究し、国家レベルの『新規プロジェクト総量指標管理弁法』の早期策定・導入を図る。『「十二五」省エネ排出削減計画』による総量指標を環境評価審査・許可の前提条件とすること、又は『重点地域大気汚染予防「十二五」計画』による重点地域1.5倍削減量代替或いは2倍削減量代替を実施に移し、新規プロジェクト総量指標審議手順、指標入手先、査定手法・監督管理措置を明確させる。同時に、総量予算管理制度を段階別地域別に推進し、新規汚染物の総量抑制不能な状況を逆転させる。

#### 4.4 インセンティブ策の更なる改善を図り、市場メカニズムを活かし、総量削減を進める。

一、段階式電気料金制度の補助策を策定する。排出濃度に合わせた補助基準を定め、刺激度の強いメッセージを発信し、一律な電気料金補助策による不足を補う。排出基準を達成した上、業界全体の抑制レベルの向上を図るために、企業努力を促す。二、セメント企業の技術革新、技術普及・導入を財政面から重点的支援する。同時にセメント企業向けの脱硝補助策を作成し、削減できた



企業への経済的リターンを確保させ、様々な対策措置を導入する意欲を引出・  
増強させる。三. 財政部は、「黄標車」(排ガス基準をクリアしていない古い車  
両. 黄色いシールが張ってあることからこう呼ばれる) 廃車向けの補助策を関  
連部門と協力作成する。運営用大型車両・都市公共交通機関・タクシーを重点  
対象として補助基準を高め、運営中「黄標車」の期限前廃棄を励ます。



## 中国 NOxファクトシート

### 一、名古屋市における大気汚染規制について

名古屋市の5講義に関する所感は、主に下記5点。

1、大気環境に関する法規が整備されている。日本の大気汚染規制は、法律体系の整備に基づいており、大気汚染問題の発生を契機に、繰り返し改訂を行っている。国の法律を基礎とし、地方の条例を主体に、共通の目標を前提に、地方の主導権を存分に発揮している。

2、品質のコントロールと総量規制を結びつけている。日本は、国の品質コントロールと地方の総量規制を効果的に結びつけ、国は大気質の指標のみを管理し、最大限権限を地方へゆだねている。同時に、地方自治体は市民の積極性を十分に引き出し、世論の影響力を強めている。

3、環境の質を管理するのは、自治体の長(市長)の責任としている。大気環境の質と排出源のモニタリングを結びつけ、情報公開のプラットフォームを築き、市長の日常業務として浸透している。また、有効的な汚染防止対策を行うと同時に、その責務は(実務)担当者が担っている。

4、自動車の地域規制。自動車対策エリアを定め、自動車、交通、道路、運転の仕方等多方面から管理・監督を行っている。

5、基準と目標を結びつけている。大気環境基準でチェックすると同時に、環境目標値を定め、更なる環境の質の改善を目指している。また、関連する予測ソフトや換算方法の開発や応用にも努めている。

参考となる点：地方の役割を果たす。市民参加。

### 二、CCS 炭焚ボイラーによる汚染防止

ニチハは、木材資源を有効的に活用することを理念とした外壁材、屋根材を製造販売する企業である。発電出力 10750kwのコジェネレーションシステムの自家発電ボイラーを有し、そのボイラーの蒸発量は 100t/h、低 NOx の微粉炭を燃料とし、低窒素の多段式燃焼を採用している。

自家発電ボイラーの規模は小さいものの、優れた管理で、見学時の SO2 濃度は 14PPM、NOx はわ

ずか 33PPM であり、汚染防止運転レベルが高く、中国の小型ボイラーにおいても、大変参考になるものだった。VOC 抑制のための水性塗料を採用していることは、中国の VOC 対策に方向性を示している。

### 三、日本の大気汚染規制の理念

講義は、資源の利用や環境問題、石炭の総合利用や環境保全、窒素酸化物防止技術、技術の現地化など、多岐にわたった。

参考すべき点：

1、燃焼値の低い石炭の利用方法には、褐炭の液化、CBC 高分散微粉炭技術の応用等先進的な石炭使用技術。

#### 2、バイオマスエネルギーの利用

主に一部のバイオマスエネルギー技術で、日本のこの分野の研究や応用は中国の呼応する業界の参考となるものであるため、中国の国情に合致したバイオマスエネルギーの利用モデルを模索していく。これはエネルギー問題の解決につながるだけでなく、我が国の廃棄物処理問題(もみ殻)の解決につながるものである。

#### 3、日本技術の中国での応用

日本と中国の技術基準の互換性において、限界があるため、日本から提供される技術や環境政策を中国版に応用する必要があり、日本の先進的な環境技術を中国で合理的に活用することを推し進めていく。

所感：整備よりも予防することが重要である。

### 四、HORIBA での研修

HORIBA グループでは、会社概要、発展してきた歴史及び、環境モニタリング設備などについて、一応の理解を得ることができた。視察を通じて、参考になると感じた点は以下の通り。

1、商品の研究開発は、環境管理の要求と密接につながっている。商品は、環境管理目標や基準に対応させるため、何度もモデルチェンジを繰り返し、研究開発は実用性を重視している。

2、きめ細やかな技術処理。具体的には、サンプル方法の改善、連続モニタリングシステムによる光

学調整不要としている。

3、厳しい商品の品質への追及。

## 五、太平洋セメントの大気汚染防止対策

1、藤原工場のクリンカ製造ラインには、SNCR 式脱硝装置が設置されているが、通常は窒素酸化物の抑制は前段階で処理され、低 NO<sub>x</sub> 技術で、国の基準値を守っている。コストを抑えるため、通常 SNCR は稼働していない。日本のセメント企業の NO<sub>x</sub> 排出基準と中国の現在の基準はほぼ同じだが、中国が策定しようとしている新基準とは大差がある。中国の巨大なセメント生産能力を考えると、緩い基準は中国に適するものではないが、長期安定の効果的に抑制する低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術は、国内企業の NO<sub>x</sub> 濃度抑制や、プロセス後半部分での脱硝装置におけるアンモニア使用料の削減に役立つものであることから、生産コスト削減面で大変参考になった。

2、藤原工場でのセメント生産工程において、廃棄物が燃料や原材料として大量に使用されていた。廃棄物の利用料は、セメント 1t につき廃棄物 474 kg 利用されている。これは、生産コストが節約でき、廃棄物処理から利益をもたらすだけでなく、廃タイヤや廃プラ、煤塵、汚泥等を無害化処理することができ、環境負荷を大幅に減らしている。これらの廃棄物の分別回収や、前処理及び処理技術は、どれも中国の都市や企業の参考になる。

## 六、自動車分野において

日本の自動車には、厳しい排出規制や燃料基準があると同時に、車検による自動車排ガス基準超えを効果的に防止している。中国との自動車管理手段は異なり、日本では自動車保有量の規制もないが、減税措置などの経済的手段で、エコカーの研究開発や PR を推し進めていることから、自動車排ガスの有効的な抑制を実現している。この点は、将来的に中国も学び、参考にできるものである。

## 七、低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術

日本ファーンズでは、ボイラー、鉄鋼及びセメント工場のロータリーキルン用バーナーの低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術の開発について説明を受けた。多段式燃焼、燃料濃度の抑制、排ガス再循環の改善、水蒸気噴射を採用、火炎の形状変更などの様々な方法で、ボイラーの高温エリアの NO 濃度や火炎温度を下げ

たり、気体(ガス)の高温エリアにおける滞留時間を減らすことで、低 NO<sub>x</sub> の役割を果たしている。

所感:1. 工程の前段階における NO<sub>x</sub> 抑制技術に基づき、クリーン生産方式を実現。

2. 末端の抑制作業を軽減できる。

3. 総体的にコスト面で有効的な汚染抑制方法である。

参考になる点:

1. ボイラー用バーナーは全て油燃焼やガス燃焼用であったが、中国ではほとんどが石炭燃焼用のボイラーであるため、現段階での技術導入の条件は十分ではない。今後石炭燃焼用ボイラーに適した低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術の開発を希望する。

2. セメント工場のロータリーキルンのバーナー技術は、条件を満たしていることから、中国への導入を検討する。

3. COG を鉄鋼用バーナーの燃料とする技術も、一定の参考価値がある。

## 八、日本の NO<sub>x</sub> 政策策定

鳥取大学の岡崎教授は、日本近代以来面していた大気汚染問題、及び対応する汚染防止対策策定について、特に異なる歴史段階における日本が面していた大気汚染及び防止対策策定の変遷について詳しく紹介してくれた。

岡崎教授の講義を聞いて、環境政策が社会発展と密に関わっており、汚染防止が再発するが、継続的に進む過程であり、社会が発展するにつれ、整備され、合理化されてくることが切に感じた。日本は、汚染防止対策を策定するときに、政策の実施性を重んじている。政策の実施対象のレベルによって面する問題が異なることを十分考慮し、国家補助機構の設置、必要な金融・税金政策等の一連の政策の策定によって補選対策事業の全面的推進を確保し、以って汚染防止対策の着実な実施を確保する。

日本が汚染防止対策を策定するときに、汚染被害者の権益保護に非常に重視していることを特に印象深いである。日本は、政策・法規改正後に、しばらくたったら、対応する被害補償法/救済法を制定する。例えば、1969 年に制定した公害健康被害救済法、1987 年に改正した公害健康被害補償

法、2006年の石綿健康被害救済法等。このような法律法規の公布により、国民の健康権益を保護するとともに、ある程度国民の環境品質監督管理の意欲性及び能動性も保護した。

#### 九、低 NOx 燃焼技術

礮子火力発電所における NOx 抑制措置には、主に次の 2 特長がある。

1. 前部制御を主とし、後部対策を補助的である。礮子火力発電所には SCR 脱硝装置を設置したが、通常主に前部制御を通じて NOx の発生を抑制している。低 NOx 燃焼技術だけで国家基準を達成することができるため、コスト削減のために、通常排ガス脱硝装置を稼働させない。

2. 先進的な触媒性能維持技術。礮子火力発電所が 2002 年から使用し始めた脱硝触媒は、今でも効力があり、実際の使用寿命がすでに 11 年間を超えている。一方、中国国内で使用されている脱硝触媒の設計使用寿命は、わずか 24000 時間であり、礮子の耐用年数よりはるかに短い。中国は、現在脱硝装置の設置及び改造が普及されており、ほとんど SCR 法を採用しているため、脱硝触媒の使用量が膨大である。礮子の脱硝触媒の使用及び維持経験は、中国の国内機構及び使用者が学ぶに値する。



### 活動 1.5 中国の NO<sub>x</sub> 抑制技術のニーズ

「国家環境保護『十二五』計画」では、2015 年まで全国の NO<sub>x</sub> 排出総量が 10%下がることが要求されている。NO<sub>x</sub> 排出削減目標を着実に実行するために、国務院は「省エネ排出削減『十二五』計画」を公布し、それぞれ電力、セメント、鉄鋼等の重点業界の NO<sub>x</sub> 排出に対して明確な抑制目標及び対策措置に関する要求を出した。

#### (1) 電力業

新規石炭火力発電ユニットについて、同時に脱硝装置の設置も要求されている。石炭火力発電ユニットの低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術改造及び排ガス脱硝施設の建設を推進し、シングルユニットの容量が 30 万 kW 以上（含む）の石炭火力発電ユニット、東部地域及びその他の地域の省都のシングルユニットの容量が 20 万 kW 及びそれ以上の現役石炭火力発電ユニットに対して、すべて脱硝改造を行い、総合脱硝効率が 75%以上達し、2015 年末まで火力発電業の NO<sub>x</sub> 排出量が 750 万トンに抑え、新增削減能力が 305 万トンに達することが要求されている。

#### (2) セメント業

新型乾式キルンの脱硝、新築・改築・増築のセメントラインの総合脱硝率が 60%以上であることが要求されている。長江デルタ・珠江デルタ・京津冀魯等の重点地域の NO<sub>x</sub> 排出量が 1000 トン以上又はクリンカの生産規模が 2000 トン/日以上以上の現役新型乾式キルンに対して脱硝改造を実施する。2015 年まで、セメント業の NO<sub>x</sub> 排出量が 150 万トンに抑え、新增削減能力が 20 万トンに達することが要求されている。

#### (3) 鉄鋼業

焼結機に低 NO<sub>x</sub> 燃焼改造及び脱硝装置の設置、新規焼結機に脱硝装置の設置が要求されている。

また、2012 年に公布された一連の鉄鋼業に関する大気汚染物質排出基準では、段階を分けて NO<sub>x</sub> 排出規制値が規定されている。2013 年にセメント業の大気汚染物質排出基準に対して 3 回目の改訂が行われ、新しい排出基準では、セメントキルンの NO<sub>x</sub> 排出濃度規制値が厳しくなり、重点地域のセメント企業に対して特別排出規制値が制定されることとなった。

「十二五」の NO<sub>x</sub> に対する管理抑制要求及びより厳しい排出基準は、重点企

業の NOx 対策施設の建設及び運転管理水準の向上を大いに促進する。現在、セメント及び鉄鋼業の脱硝プロジェクト建設が始まったばかりであり、国の抑制目標及び要求が更に厳しくなるにしたがい、中国における将来 NOx 抑制技術の応用範囲が広がると考えられる。



## 大気中の窒素酸化物総量抑制 PROJECT

### セメント製造業における現地確認報告書

2014年3月3日

JICA 専門家

#### 1. 本現地確認の目的

本活動は標記 PROJECT における「活動 1.6 中国における窒素酸化物排出抑制技術の導入に係わる実行可能性の検討」及び「活動 1.10 中国国内における選定された企業に対し、窒素酸化物削減に係わるエンジニアリング＝EPC（計画・設計・製作・調達・建設施工・検収・運用等）業務に資する助言指導を行う」ことを目的としたものである。

実行した現地確認は、環境保護部、環境规划院及び湘潭市環境保護局において選定されたセメント製造業—中材湘潭水泥有限公司を対象に実施した。本報の技術情報は、当該水泥工場に限定されたものではなく、広く全国的水泥製造業に適用できる工学的情報である。あわせて本 PROJECT が係わるガイドライン作成の情報としても貴重なものとする。なお、本現地確認に際し、中材湘潭水泥有限公司の誠意あるご協力と情報公開のご厚意に対し深謝致します。

#### 2. 実施の内容

実施対象企業	中国中材湘潭水泥有限公司
対象企業選定	環境保護部、環境规划院及び湘潭市環境保護局
実施時期	第1期 2013年11月25日～29日 第2期 2014年2月24日～27日

現地確認の項目及び担当専門家

- 焼成工程における窒素酸化物の発生実態の確認
 

濃度計測担当	澤木夏二 (JICA 専門家) 越智俊治 (JICA 専門家)
工程担当	藤井重雄 (JICA 専門家) 王 文玲 (通訳)
- 窒素酸化物総量排出抑制に関する対策等の確認及び検討  
藤井重雄 (JICA 専門家)
- 窒素酸化物総量排出抑制に係わる製造施設の省電・省動力等の確認  
藤井重雄 (JICA 専門家)
- 窒素酸化物排出低減対策に係わる総合的診断

湘潭中材水泥有限公司 殿 診断協力者

劉 明偉 総工務師  
劉 炎桃 生産部長  
左 志紅 焼成部部門長  
徐 軍 電気部門長

### 3. 現地確認結果

#### 3.1 焼成工程における窒素酸化物 (NOx) 発生実態の確認

セメント製造における窒素酸化物の発生は、焼成工程における Kiln 炉内及び仮焼炉における石炭燃焼と両炉内におけるクリンカの高温焼成過程からの発生である。中材湘潭水泥有限公司における実際の操業における定常状態時の窒素酸化物の排出状況を試験的な状況において確認した。

規制対象となる煙突出口における窒素酸化物 (NOx) 排出平均濃度は、

NH<sub>3</sub> 吹込みによる排煙脱硝を実施した時 440 mg/m<sup>3</sup>N · O<sub>2</sub>=10%vol 換算値、

NH<sub>3</sub> 吹込みを停止して脱硝を行わない時 780 mg/m<sup>3</sup>N · O<sub>2</sub>=10%vol 換算値、

が確認された。(表 3.1.3 参照)

この濃度は予想規制値 400mg/m<sup>3</sup>N · O<sub>2</sub>=10%vol 換算値 を超えており、低減対策が求められる。考えられる対策としては以下の方策がある。

##### ①NH<sub>3</sub> の効果的な噴霧

- ・噴霧特性の向上・・・噴霧圧力、噴霧粒径、接触反応時間の検討
- ・吹込み量の増加・・・適正当量比の検討

##### ②生産量の調整

- ・生産量に比例する Kiln 火炉熱負荷の増減は、NOx 排出量の増減に影響する。発生抑制を図る目的で規制値を満足する生産量を焼成試験を通じて確認する必要がある。

##### ③仮焼炉 / Kiln 火炉熱負荷配分の調整

- ・原料質、設備設計条件等から現在の熱負荷配分は変更不可と考えられるが Kiln 出口温度(仮焼炉下部温度)が 1187℃(制御室 CRT 1150~1160℃)が確認されており、Thermal NOx 生成領域にある。NOx 規制時代に順応した焼成条件の検討を推奨する。

##### ④Kiln における NOx 生成抑制

Kiln 出口 NOx 平均濃度は 1200 mg/m<sup>3</sup>N · O<sub>2</sub>=10%vol 換算値が記録された。

Kiln における NOx 生成量が支配的な点として、二つの原因が考えられる。

一燃焼による Thermal NOx 生成

対策：

- ・低 NOx パーナーの装備
- ・低空気比燃焼・低空気燃焼のため、空気比制御(自動燃焼制御 ACC)等の導入を推奨する。現在 O<sub>2</sub> % は平均 8%vol が記録されたがこの濃度は異常な数値ではない。しかし、リーク空気もあり燃焼用空気比の制御は必要であるが今回は確認できなかった。
- ・火炎形状の調整  
噴霧特性(噴霧圧力、微粉粒径、揮発分/固定炭素、旋回度)により、火炎形状 / NOx 生成量への相関を、試焚き等で確認し再調整することを推奨する。

一石炭中の N 分による Fuel NOx の生成

確認の目的で N 分分析を推奨する。推奨値 N<0.1~0.2%bd.

表 3.1.1 焼成工程 運転記録 (2014.2. 25 中央 CRT より読取) \*<sup>2</sup>

時間	C1A °C	C1B °C	C2AB °C	C3AB °C
10:00	330/351	355/356	556/564	564/699
10:30	332/352	353/335	558/560	701/702
11:00	330/351	347/334	554/559	699/703
11:30	336/358	357/336	563/565	706/710
12:00	336/358	339/339	563/567	706/712
12:45	337/356	361/341	563/572	706/715
13:15	339/368	359/339	562/564	706/711
14:00	336/356	359/339	561/565	703/713
14:30	336/356	358/338	559/566	703/711
15:30	328/350	350/336	554/560	698/705

時間	C4AB °C	C5AB °C	O <sub>2</sub> °C	NOx mg/m <sup>3</sup>	Kiln 出口温度 °C
10:00	811/812	903/	7.7 * <sup>1</sup>	—	1154
10:30	814/812	938/	7.4	—	1151
11:00	811/813	932/	7.3	—	1167
11:30	815/813	967/	7.6	410	1136
12:00	814/813	934/	7.6	419	1141
12:45	814/814	934/	7.4	415	1107
13:45	814/812	945/	7.8	435 * <sup>3</sup>	1122
14:00	816/813	964	7.6	685 * <sup>3</sup>	1146
14:30	816/813	959	7.3	662 * <sup>3</sup>	1149
15:30	812/812	916	7.6	373	1163

「備考」

\*<sup>1</sup> : CRT 表示の O<sub>2</sub> 濃度は表 3.1.3 の今回の確認値と同一試料・同一時間でありながら 1 %vol の相違が認められた。

\*<sup>2</sup> : 本計測値は JICA 確認のため試験的な操業状況において測定したものである。

\*<sup>3</sup> : 本測定値は NH<sub>3</sub> 吹込効果の確認のため、短時間 NH<sub>3</sub> 吹込みを停止して濃度の変化を計測したものである。

表 3.1.2 仮焼炉 炉内温度分布 (2014.2.25 中央制御 CRT より読取) °C

時間	11:30	12:00	12:45	13:15	14:00	14:30	15:30
上部	923	916	925	950	934	931	913
中部	871	874	867	860	860	864	818
下部	1013	1037	1058	1007	1050	1065	1029
入口	1136	1141	1107	1122	1146	1149	1163

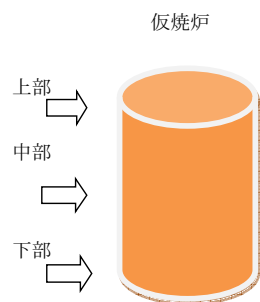


表 3.1.3 NOx/SO<sub>2</sub>/CO/CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>測定結果 (測定方法 HJ/T 76-2007)

試料吸引場所		煙突入口		仮焼炉
排ガス脱硝処理		NH <sub>3</sub> 吹込	NH <sub>3</sub> 吹込無	
項目		単位	平均	平均
NOx 濃度	実測値	g/m <sup>3</sup> N	520	890
	換算値	g/m <sup>3</sup> N	440	780
SO <sub>2</sub> 濃度	実測値	g/m <sup>3</sup> N	0.0	0.0
	換算値	g/m <sup>3</sup> N	0.0	0.0
CO 濃度	実測値	g/m <sup>3</sup> N	600	600
	換算値	g/m <sup>3</sup> N	510	520
CO <sub>2</sub> 濃度	実測値	g/m <sup>3</sup> N	23	23
残存 O <sub>2</sub> 濃度		%	8.1	8.4

\* 本計測値は JICA 確認のため試験的な操業状況において測定したものである。

表 3.1.4 排ガス量/排ガス温度 (測定方法 GB/T 16157-1996)

	NH <sub>3</sub> 吹込	NH <sub>3</sub> 吹込無	仮焼炉
湿り排ガス量 m <sup>3</sup> N/h	300,000 *		
乾き排ガス量 m <sup>3</sup> N/h	280,000		
排ガス温度 °C	105	109	1,187
流速 m/s	8.6		
静圧 mmH <sub>2</sub> O	-19		
水分量 %	6.3		

注：\*流速測定において、煙道内の流速分布を全 16 点のうち 3 点しか測定できなかったことから参考データとする

O<sub>2</sub>換算濃度 10% (GB 4915 -2013 による)

排ガス測定実施者 JICA 専門家 越智俊治 澤木夏二

図 3.1.1 NH<sub>3</sub>脱硝時測定値トレンド

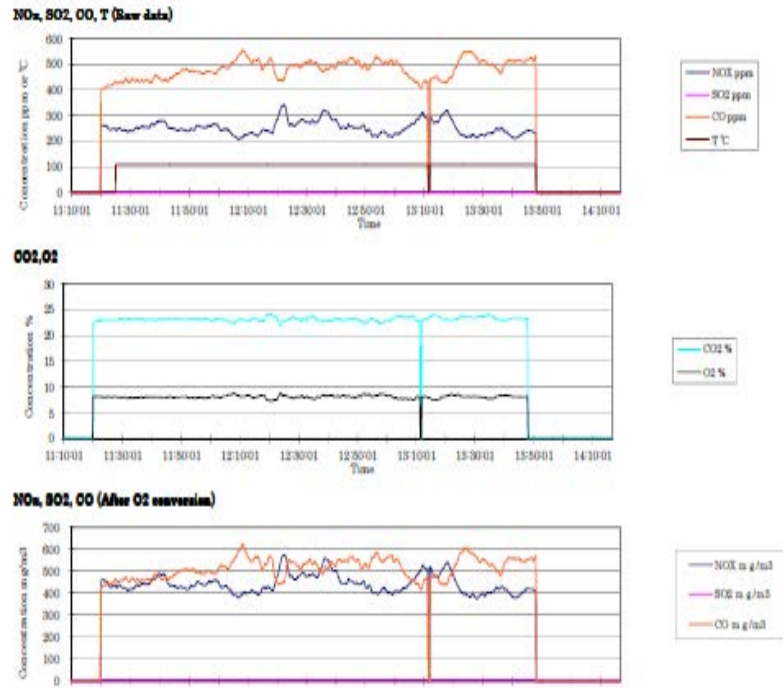


図 3.1.2 煙突出口ガス温度

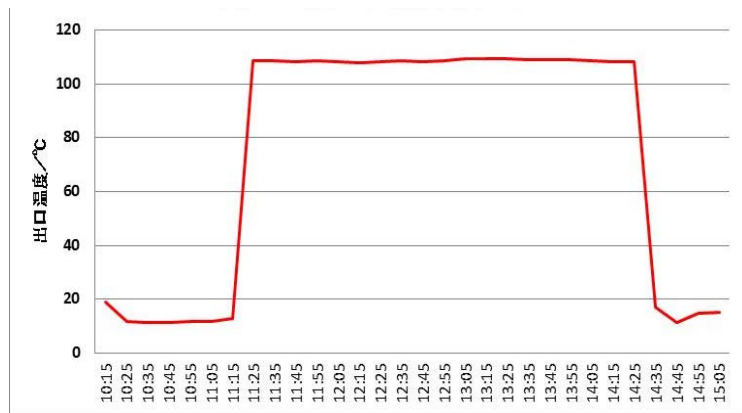
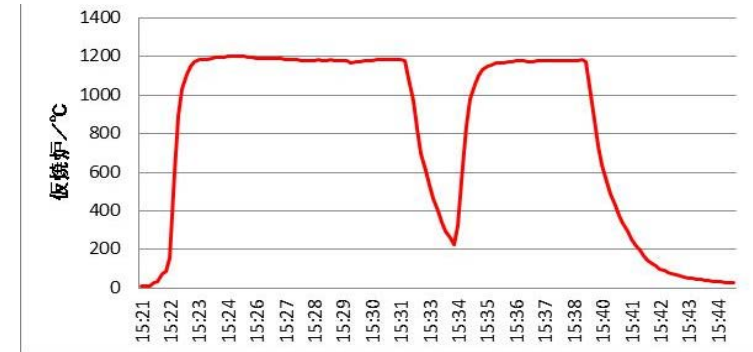


図 3.1.3 仮焼炉入口ガス温度



「参考」測定機器 LIST

排ガス濃度測定 — Portable Gas Analyzer

Maker	堀場製作所
Model	PG-350
測定成分 /測定原理 /測定範囲	NOx/常圧化学発光法/0~2500 ppm SO <sub>2</sub> /非分散赤外線吸収法/0-3000 ppm CO <sub>2</sub> /非分散赤外線吸収法/0-30ppm CO/非分散赤外線吸収法/0~5000ppm O <sub>2</sub> /ガルバニ電池式/0-25vol%
外部出力	アナログ 0-IV、イーサネット、又は内臓 SD カードで データ収集
データ保存	データサンプリング間隔設定：10sec/1Data 内臓 SD カード、後に PC で Excel 計算
重量	本体 15kg 前処理部 12kg
その他	濃度の経時変動をグラフとして画面上に表示

表示言語： 7ヶ国語（中国語含む）
排ガス前処理内容：除塵、除湿及びSO <sub>3</sub> ミストの除去

排ガス温度測定

熱電対

	K 熱電対	S 熱電対
Maker	ASONE	理化工業
Model	I-3945-03	HT-85
測定範囲	0~1000℃	0~1400℃

データ収集用ロガー：熱電対専用

Maker	T&D
Model	Recorder TR-55i
データ保存	データサンプリング間隔設定：10sec/1Data 内臓メモリ、後にPCでExcel計算

水分測定（吸湿管法）

Maker	中国 青島崂山应用技术研究所
Model	崂应 302
その他	採気流量 1L/min 内臓流速センサにより低速吸引し、設定時間採取した後、自動停止

### 3.2 総量規制に対する対応

窒素酸化物排出濃度に関する対策に関しては、改善策数点について推奨した。今後総量規制が施行されることを想定した場合、事業者側で排出総量を管理すべき指標や定量的な確認法が無い。その方策として次項を推奨する。

#### ① 排ガス流量の測定

方法： 連続又は定期的測定

管理法： [ガス流量]×[NO<sub>x</sub>濃度]×[時間] ⇒ 排出総量

#### ② 燃焼、火炉特性、燃料の標準管理指標の設定

セメント製造工程における動特性は時定数が大きく、本来、制御管理し易い製造業である。中材湘潭水泥有限公司では、安定した操業が確認されたが、更に将来の環境保全に対する規制強化に対応するため、標準管理手法の適用強化を推奨する。

NO<sub>x</sub> 排出削減に係わる事項としては次の指標項目が求められる。

- －石炭燃料の炭質管理指標 → N分、低位発熱量、揮発分/固定炭素、灰分
- －バーナー燃焼 → 燃焼量、風圧
- －キルン出口温度

－SP 出口温度

－NH<sub>3</sub> 吹込量・吹込圧力・NH<sub>3</sub> 純度・NH<sub>3</sub> 吹込点ガス温度

－O<sub>2</sub> 濃度

## 4. セメント製造工程における省エネルギー対策

### 4.1 対象施設

セメント製造業はエネルギー多消費産業の代表的産業であり、中材湘潭水泥有限公司においても、熱電エネルギーの節約はセメント生産コストの削減効果があり、エネルギー原単位の低減は生産活動より排出される窒素酸化物量の低減効果をもたらす。省エネルギー診断の対象施設を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 省エネルギー診断の対象施設

分野	診断	対象施設&機器
熱系	燃料の燃焼の合理化	Kiln 石炭燃焼バーナー 仮焼炉 石炭バーナー
	放熱	Kiln 炉体 熱風ダクト
	排熱回収	SP 排ガス 排熱発電 AQC 排ガス 排熱発電
空気系	圧縮空気	空気圧縮機 空気系統
用水系		復水器用冷却水 その他用水
電気系	配電無効電力	変圧器 抵抗器 回転アイドリングロス 起動電流
	動力（回転機械）	破砕機、粉碎機、送風機、ポンプ
	照明	照明機器 照明方法等

### 4.2 熱系の省エネルギー

#### 1) 石炭燃焼について

Kiln 及び仮焼炉における微粉炭燃焼は以下の通り、なおこの燃焼量比率はほぼ一定である。

Kiln 燃焼量	20,800 kg/h	66.3 %
仮焼炉燃焼量	10,600 kg/h	33.7 %

(2013. 11.26 15:00 & 2014. 2. 28 11:00 計測値)

適正燃焼の度合は空気比率 (O<sub>2</sub> 濃度) から判定出来るが、NO<sub>x</sub> 濃度計測時における O<sub>2</sub> 濃度は平均 8.2%vol.であり、両炉を合わせた条件では、概ね良好な空気比で燃焼されているとみられる。

## 2) 放熱損失

セメント製造工程における放熱喪失は、焼成工程の高温部における Kiln、仮焼炉及び、熱風ダクトからの放熱が殆どを占める。

### ①Kiln 外周の放熱損失：Q

Kiln の外周は 125～350℃でこの部分からの放熱損失は次式で試算出来る。

$$Q = 4.88 \cdot \varepsilon \cdot A \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$$

放射率  $\varepsilon$  : 0.74 (鉄表面 200℃ 仮定)

外周表面温度  $T_1 = t_1 + 273$  K

外気温度  $T_2 = t_2 + 5^\circ\text{C}$  K

外周面積  $A$  m<sup>2</sup>

表 4.1.2 Kiln の放熱損失

m	0-5	5-10	10-25	25-30	30-35	35-50	50-55	55-72
℃	300	330	340	310	250	225	200	125
外周面積 m <sup>2</sup>	76.55	76.55	229.6	76.55	76.55	229.6	76.55	260.2
放熱量 kcal/h	280,000	347,800	1,117,500	301,600	205,400	456,800	120,600	174,700

Kiln 外周の放熱損失  $Q = 2,594,400$  kcal/h

放熱量の石炭燃料量

石炭 @6800 元/Ton

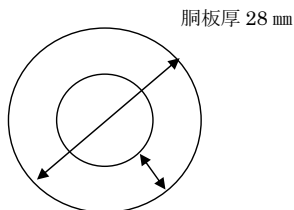
LHV=5,500kcal/kg (Ash=26-28%、V/M=8-10%、水分=5-8%)

年間稼働時間 330 日×24hr

$Q/5500 \times @ \text{Coal}/1000 = 3,207$  元/h

$= 3,207 \text{ 元/h} \times 330 \text{ 日} \times 24\text{hr} = 25,399,000$  元/年

Kiln 断面図



4820 mm i φ

220 mm耐火物

胴外周径 4,876 mm φ

回転数 3.57 rpm

Kiln 長さ 72 m

胴外周速度  $\pi \cdot 4.876 \cdot 3.57 / 60 = 0.91$  m/sec

放散面における平均風速は周速度および自然対流風速と合わせ約 1 m/sec とする。

### ② 熱風ダクトの放熱量

	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>
平均外周 mm φ	250	1000
相当長さ m	100	100
表面平均温度 ℃	200	200
外気 5℃ 風速 < 1 m/sec		
単位当放熱量 kcal/m.h	3,000	12,000

対流+輻射熱損失  $Q = q_1 + q_2$

$q_1 = 3,000 \text{ kcal/m.h} \times 100\text{m} = 300,000 \text{ kcal/h}$

$q_2 = 12,000 \text{ kcal/m.h} \times 100\text{m} = 1,200,000 \text{ kcal/h}$

$\therefore Q = 1,500,000 \text{ kcal/h}$

同様に石炭消費量換算すれば 14,640,000 元/年

### ③ Kiln 胴周放熱防止対策

(i) 炉内耐火材の内張材質の変更

炉内温度分布により耐火物材質を変更し、高温部には耐火断熱の熱伝導率の小さい内張を施工する。(例：JIS R2611 A7種 0.22W/m・K、等)

熱管理上、表面温度を周風速<1 m/sec 時で<150℃を目標とする。

(ii) 外周の熱風をフード吸引し、石炭・鉍石用の乾燥用熱源とする。

乾燥用熱風 100℃、10m<sup>3</sup>/sec 以上が可能である。

(iii) 外周の保温施工は禁止

炉内部断熱を変更せず外周を保温すれば、胴部鉄板の焼損が発生する。

### ④ 熱風ダクトの保温施工

熱風ダクトの保温施工

珪酸カルシウム (耐用温度~650℃、 $\gamma$  : 0.062W/mK) パーライト保温材 (~650℃  $\gamma$  : 0.056W/mK) 等の保温施工を推奨する。(保温厚 25mm)

### 3) 排熱回収

SP 排ガス及び AQC 排熱とも排熱回収ボイラで回収されており、復水発電で定格出力 9MW が発電されている。実際稼働の温度勾配からみて、十分に熱回収・発電されており運転条件等改善の必要はない。

(2014.2.27 13:30 指示値)

排熱回収ボイラ	ガス温度 In/out	蒸発量 T/h	蒸気温度	蒸気圧力
AQC 用	349 / 101 °C	20.5	345 °C	1.04 MPa
SP 用	345 / 202	24.3	300	0.98



≒ 46 t/h 311°C 0.925MPa



Gen 端発電出力=8,030 kW

STG

C/W temp. 30.7/39.4 °C

#### 4.3 空気系統

工場内空気源は泰克機械製造(有)公司(安徽省)製 Screw 型空気圧縮機 5 基(2 基常用)で供給している。アイドリングロスのない Screw 型高効率機を設置済みで、改善の必要はない。空気槽(0.29 m<sup>3</sup>)が設置されているが、空気圧変動も少ない。

圧縮機型番 SA 200A モーター 200 kW/基  
空気圧 1.4 MPa 空気温度 150°C

#### 4.4 用水系統

最大の用水量は STG 復水器用冷却水であるが、軸流冷却塔 4 基、冷却水循環ポンプ 3 基(220kW×1748m<sup>3</sup>/h×17mH)が稼働、循環ポンプの定格軸動力値に対してモーター出力 220kW は軸動力の 145%以上あり、負荷率 68%となり効率の低下となる。可能なら 185 kW(負荷率>80%以上)を装備すれば効率向上が望めて経済的である。冷却塔は回転数制御方式導入済み

#### 4.5 空調・照明設備

今回の確認項目から省略

#### 4.6 電気系統

電気系統の合理化は、送風機等に生じる大容量回転機械の無効電力の改善と、破碎機、粉碎機の高効率機種種の採用である。中材湘潭水泥(有)公司におけるこれらの省エネルギー対策は、当工場の建設が 2008 年と比較的新しく、セメント業界で世界的に採用されている最新方式の機種導入が見られて、改善点はない。

大容量送風機・・・回転数制御方式導入済み

原料粉碎機・・・F.L.Smith 製堅型ミル、Atox #50 3800 kW 10 kV. 263A

原料破碎機・・・横型ハンマーミル、中国製 顎型

微粉炭機・・・横型チューブミル、試験結果 炭質上 本形式が最適と確認し採用  
一般的にはローラミルが高効率であるが粒径等試験結果優先

搬送設備・・・重負荷容量搬送は全てベルトコンベアを採用、省電力方式となっている。

搬送乗移中継部集塵・・・バッグフィルター完備

#### 配電系統

10 kV 母線系統の平均力率  $\phi = 0.92 \sim 0.93$  で安定している。系統内に 2000kVa、1200 kVa の抵抗器が設置されており、破碎機や送風機など負荷変動の大きい機器が多いことから母線系統全体としては、力率修正の必要が無い程安定している。大容量機器に低速減速機が装備されている関係から起動電流の影響も殆どない。改善の余地としては、小容量送風機があるが経済性評価の必要がある。

以上

## 大気中の窒素酸化物総量抑制 PROJECT

### セメント製造業における現地確認報告書（第2報）

対象企業：中材湘潭水泥有限公司 殿

確認活動：クリンカー焼成工程 省エネルギー対策

2014年6月27日

JICA 専門家 藤井重雄

#### 1. 序

本報は2014年3月付 既報「セメント製造業における現地確認報告書」の続報として、主にクリンカー焼成分野の高温部位の省エネルギーに関する現地確認結果を報告するものである。

モデル対象企業は3月期同様に、環境保護部、環境规划院および湘潭市環境保護局の選定を受けた「中材湘潭水泥有限公司」におけるクリンカー定格生産能力5000t/日におけるNSP・焼成工程の高温部位の表面温度を測定し、熱損失の実態を確認して、省エネルギー効果の評価を行い、対策を提案するものである。

既報4.1で報告の通り、セメント製造業における省エネルギー対策は、窒素酸化物排出削減に間接的に影響して大きな相乗効果が得られる。

セメント製造業の焼成工程は、高温ガスや原料・クリンカーを取り扱う高温部位が多い。国際的に、先進的な高効率生産工程を擁する工場では、クリンカー生成コストに大きく影響する省エネルギー策として、高温ガスを廃熱回収発電や乾燥熱源として回収利用している。中材湘潭工場においては、既にSP廃熱及びAC排熱を発電や乾燥用熱源として利用されており、廃熱発電に関しては、概ね適切な運用がされていることは既報で確認の通りである。

一方、高温部位を有するKiln炉、仮焼炉、高温ガスダクトにおける外壁表面からの放熱・対流熱損失の低減対策に関して、多くの改善点が確認されている。本報では既報で解析した温度モニタリングされているKiln外周部位と同様に、その他の高温部位に関して、今回、定常操業時における実際外壁表面を測定により、現状の放散熱量を算定し、部位単位毎の技術的かつ経済的評価を行い、エネルギー使用の合理化の提案を行うものである。

セメント製造業は、通年操業、定期修理期間の制約等の課題はあるが、可能な限り定期修理期を利用して、茲で推奨する省エネルギー合理化を講じられることを提案する。

#### 2. 現地確認の実施内容

対象企業	中材湘潭水泥有限公司
実施時期	2014年6月3日～5日
確認担当者	
ガス流速及び温度測定担当	越智 俊治 (JICA 専門家) 藤井 重雄 (JICA 専門家) 劉 磊夫 (通訳)
中材湘潭水泥有限公司殿協力者	
	劉 明偉 総工務師 左 志紅 焼成部門長

#### 3. 各部の放散熱量及び対策

##### 3.1 Kiln

既報4.2項の通り、外周平均温度は125～330℃(5月期 max 380℃)と高く、通常時における外周壁放熱量は、石炭換算470kg/hと大きい。対流伝熱量や放射量が増える外気温の低い冬季、強風時や蒸発潜熱損失がある雨気では、更に増えることとなる。

日本では、セメントキルンの特殊性(回転体、耐火断熱層厚の制限など)に配慮して、管理すべき高温部位の温度は、表1に示す一般の工業炉などの熱利用施設における断熱の基準(基準炉壁外面温度)から除外されている。しかし、Kiln部は放熱損失が大きい部位のため、省エネルギー対策の目標値として留意すべき温度である。JIS(日本工業標準規格)では、内壁耐火断熱



瓦、または、これに準じるライニングの品質が規定されている。参考-1~3 に示す日本の断熱材品質の規格事例を参考に、中国で入手可能な同等な品質の断熱材を選定して十分な断熱対策を実施されることを推奨する。

参考-1 JIS R 2611 耐火断熱煉瓦規格

種類	温度 °C *	嵩比重	圧縮強 MPa	熱伝導率 350±10°C
B7	1500	1.00>	3.0	0.36 W/m K
C3	1500	1.25>	9.8	0.52 W/m K

\* 再加熱収縮率2%を超えない温度

参考-2 高温用各種耐火断熱煉瓦の品質例

材質	アルミナ質	プラスチック耐火物粘土質
化学成分 (mass)		
SiO <sub>2</sub>	0.5	52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	99	42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1	
嵩比重	1.6	2.25
熱伝導率 W/mK	0.90	0.96 at 1,000°C
最高温度 °C	1,800	1,600

(出所：財)省エネルギーセンター、特別研修TEXT等 2010)

参考-3 Cement Kiln 用煉瓦の品質例

品質特性	マグネシア・スピネル質煉瓦	マグネシア・クロム質煉瓦
化学成分(mass)		
MgO	79.0	60.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.0	9.0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	19.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3	7.0
嵩比重	3.00	3.20
見かけ気孔率 %	13.8	15.0
圧縮強さ MPa	68.9	52.0
曲げ強さ MPa	7.7	5.1
熱間曲げ強さ MPa at1400°C	7.4	8.3
熱伝導率 常温 W/mK	7.7	3.8

(出所：財)省エネルギーセンター、特別研修TEXT等 2010)

表2 熱利用設備の断熱の基準(基準炉壁外面温度)

炉内温度 °C	天井 外面温度°C	側壁 外面温度 °C
>1300	140	120
1100~1300	125	110
900~1100	110	95
<900	90	80

(出所：日本国 省エネルギー法、事業者の判断基準)4

### 3.2 仮焼炉

#### (1) 温度計測条件

気温	29°C
風速	1.0m/sec
原料供給量	388t/h
石炭燃焼量	仮焼炉：22.3t/h Kiln 炉：11.2t/h
炭質	低位発熱量：5,500kcal 水分：8%

#### (2) 計測結果

・外壁表面温度

上段	<116°C
中段	116°C
下段	116~127°C
測定法	① Heat Label #H10021 (大都製) ② 熱電対 K型 Data Recorder (D&I 製)

・炉内温度 (中央監視室モニタリング)

上段	920°C
中段	860°C
下段	1,050°C

#### (3) その他解析根拠

平均表面温度 (算術平均値)	約 120°C
熱放散表面積	下記①-③より総熱放散面積 (HS) $\pi \times 8 \times 21.44 = 538.5\text{m}^2$ $\pi \times 5.5 \times 2 = 34.5\text{m}^2$ $\pi \times 5.4 \times 6.17 = 104.6\text{m}^2$ $\Sigma \text{HS} \quad \quad \quad 677.6 \text{ m}^2$
① 外周径	直胴部：7.6m φ+0.2m×2=8 m φ 絞部：5.1m+0.2m×2=5.5 m φ
③ 外周縦方向長	直胴部：7.1+7.1+7.24= 21.440 m 絞部：2 m
④ 円推部	絞部：平均径 5.4 m 全周長：6.17 m

(4) 熱損失

表面からの外気への熱伝達率	$\alpha = 12 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$
温度差	$\Delta t = 120 - 29 = 91 \text{ }^\circ\text{C}$
放散熱量	$Q = \alpha \times HS \times \Delta t = 12 \times 677 \times 91 = 73,928 \text{ kcal/h}$
年間石炭消費量換算の熱損失	年間稼働時間：330日×24hr = 7,920 hr 石炭低位発熱量(LHV)：5,500 kcal/kg 単価：6,800 元/t
年間石炭消費量換算=	$[(73,928 \times 7,920) / 5,500 \times 1000] \times 6,800 = 723,900 \text{ 元/年}$

(5) 対策

表 1 に示す断熱基準に比較して、炉内温度が低いのに断熱不良のため外表温度が高い。現在の熱損失量を半減させる対策として次の対策を推奨する。

- ① 定期補修時における炉内耐火ライニング施工において、断熱効果を改善するには次の 2 つの方法がある。
  - a. 内張断熱層厚さの増加
  - b. 断熱炉材の熱伝導率の改善

内張断熱層厚の変更は、炉内有効容積の減少となり仮焼炉機能への影響があり、適用できない。内張耐火断熱材の品質選定の向上を図ることである。>1200℃の耐火性を有する熱伝導率の小さい材質を選定して断熱効果の向上を図ること。

(断熱材料費は増加するが、強度が強化するため耐用度は向上する。施工費は同額→地元築炉業者に品質を指定して見積らせ責任施工方式を推奨する。)

- ② 内張耐火断熱施工後、外壁の 5mm 厚の珪酸カルシウム保温板で保温断熱する。  
(同等品：熱伝導率  $0.0407 + 1.28 \times 10^{-4} \text{ t}$ )
- ③ 外面保温施工後、亜鉛薄鉄板で外装し風雨対策を施工すれば表面放散熱量は更に削減できる。

(6) 対策の評価

対策が講じられた場合現状より約 30%の削減が図られる。

3.3 AQC 煙道 BOX・Kiln 火炉

(1) 温度計測条件

仮焼炉と同様に外壁表面温度を測定した。気温、風速、測定法等条件については 3.2 仮焼炉と同じ。

(2) 計測結果及び解析条件

高温部位	AQC 煙道 BOX	Kiln 火炉
熱放散面積	約 55m <sup>2</sup>	約 45 m <sup>2</sup>
平均表面温度	154℃	231℃

外壁の状況	鋼版張 裸面 上屋有	鋼版張 裸面 上屋有
放散熱量	82,500 kcal/h	約 109,000 kcal/h

(3) 熱損失

表面からの外気への熱伝達率	$\alpha = 12 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$
温度差	$\Delta t = 120 - 29 = 91 \text{ }^\circ\text{C}$
年間石炭消費量換算の熱損失	年間稼働時間：330日×24hr = 7,920 hr 石炭低位発熱量(LHV)：5,500 kcal/kg 単価：6,800 元/t
年間石炭消費量換算=	$[(191,500 \times 7,920) / 5,500 \times 1000] \times 6,800 = 1,875,000 \text{ 元/年}$

(4) 対策

表 1 に示す断熱基準に比較して内部ガス温度が低いのに、外表温度が非常に高い状況にある。断熱施工して、表 1 の基準値にするだけでエネルギー消費は半減できる状況にある。

対策として次の対策を推奨する。

- ① 定期補修における炉内張耐火断熱材の品質選定の上で、熱伝導率が小さく、かつ摩耗強度が高い材質を選定すること。  
耐火度選定の目安 AQC：>1000℃ Kiln 火炉：>1600℃  
(断熱材料費は増加するが、強度が強化するため耐用度は向上する。施工費はほぼ同額→仮焼炉同様に責任施工方式を推奨する)
- ② 内張耐火断熱施工後、外壁の 150 mm 厚の珪酸カルシウム保温板で保温断熱する。  
(同等品；熱伝導率  $0.0407 + 1.28 \times 10^{-4} \text{ t}$ )
- ③ 外面保温施工後、亜鉛薄鉄板で外装し風雨対策を施工すれば表面放散熱量は更に削減できる。

(5) 対策の評価

現状の放熱損失の約 50%の削減が可能となる。

3.4 ガスダクト

(1) 温度計測条件

代表的な以下の高温ダクトについて温度測定し試算した。気温、風速、測定法等条件については 3.2 仮焼炉と同じ。

(2) 計測結果及び解析条件

高温部位	AQC 循環ダクト	SP 5 級
平均表面温度	143~154℃	127~162℃
ダクト外径	2900mm φ	700 mm φ
熱放散面積	約 655 m <sup>2</sup>	約 16 m <sup>2</sup>
外壁の状況	鋼版製 屋外	鋼板製
内面の断熱	平均 150mm 耐火材 *	平均 100 mm 耐火材 *

放散熱量	1,167,000 kcal/h	27,700 kcal/h
------	------------------	---------------

\*現状は 摩耗や脱落があり薄層が多く鉄板部に焼損の現象もみられる。

### (3) 熱損失

表面からの外気への熱伝達率	$\alpha = 12 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$
温度差	$\Delta t = 120 - 29 = 91 \text{ } ^\circ\text{C}$
年間石炭消費量換算の熱損失	年間稼働時間：330日×24hr=7,920hr 石炭低位発熱量(LHV)：5,500 kcal/kg 単価：6,800 元/t
年間石炭消費量換算=	$[(1,194,700 \times 7,920) / 5,500 \times 1000] \times 6,800 = 11,698,000 \text{ 元/年}$

### (4) 対策

煙道や高温空気ダクトの断熱対策は全般的に十分ではないため、外表温度が非常に高く放散熱損失が大きい。表1に示す断熱基準を目標にした抜本的な対策が望まれ、経済的にも施工費が安価な湘潭地域では十分評価できる改善策となる。

対策として次の対策を推奨する。

① 改善工事は定期補修における期間を利用して改善施工する点は炉設備と同様である。ダクト内内張断熱材の品質選定の上で、熱伝導率が小さく、かつ摩耗強度が高い材質を選定すること。脱落防止やスラグ付着による劣化対策として、適切なアンカーの強度を十分取ること。

(断熱材料費は増加するが、強度が強化するため耐用度は向上する。施工費はほぼ同額→仮焼炉同様に責任施工方式を推奨する)

② 内張耐火断熱施工後、外壁の10mm厚の珪酸カルシウム保温板で保温断熱する。

(同等品：熱伝導率  $0.0407 + 1.28 \times 10^{-4} t$ )

③ 外面保温施工後、亜鉛薄鉄板で外装し風雨対策を施工すれば表面放散熱量は更に削減できる。

### (5) 対策評価

対策後 表1の示す基準温度で操業された場合、現状より約60%の熱損失の削減が期待される。

この場合、改善効果の評価として

単年間でベース評価

$$11,698,000 \times 0.6 \approx 7,000,000 \text{ 元/年} > \text{断熱改善費増加分}$$

定期修理ベース評価

$$11,698,000 \times 0.6 \times n > \text{断熱改善費増加分}$$

( n: 定期修理の間隔(年) )

## 4. AQC 冷却空気循環ダクト流速の測定と考察

### (1) 測定結果

ガス流速の測定結果は次表の通り

計測点	①	②	③	平均流速
流速 m/sec	30.5	42.2	36.5	36.4

### (2) 測定条件

ガス温度	917°C 熱電対 (K型 Data Recorder(D&I 製)) にて測定
ガス流速測定法	ピトー管
測点 (内壁からの距離)	① 110mm ②380mm ③770mm
ダクト実質内径	約2600mm 但し、磨耗による減肉あり (左部門長談)
静圧	-430 Pa
石炭燃焼量	仮焼炉：22.3 t/h Kiln 炉：11.2 t/h
炭質	水分：8% 灰分：28% 低位発熱量：5,500 kcal/kg *1
原料供給量	389 t/h (中央監視室モニター)

\*1 実際は熱量計で計測された HHV と想定され水分蒸発潜熱を考慮した燃焼時ベースで考慮すべきであるが日常定期的な炭質分析が実施されていないためこの値で試算する)

### (3) ガス量の算定

・ダクト内

ダクト内径断面積	$\pi \times 2.6^2 / 4 = 5.3 \text{ m}^2$
平均ガス流速	36.4 m/s
ガス量	$5.3 \times 36.4 \times 3600 \approx 694,500 \text{ m}^3/\text{h}$ $= 158,500 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$

・焼成工程

Kiln 燃焼ガス量	$11,200 \times 9.9 = 110,800 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$
仮焼炉燃焼ガス量	$22,300 \times 9.9 = 220,800 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$
ガス量算定条件	空気過剰率 1.5 (想定値) 燃焼ガス $10.5 - 0.6 = 9.9 \text{ m}^3\text{N}/\text{kgf}$ (灰分補正 0.6) (灰分補正 0.6)

### (4) 考察

高温ガス系統における循環系統は、Kiln・仮焼炉・クーラー・乾燥系施設で構成されているが、3月期の測定結果で、O<sub>2</sub>濃度はSP出口にて8.1~8.4%vol、仮焼炉にて6.9%volが確認されており、この記録からはAQC系の影響が少ないことが証査される。しかし、上記の試算では、燃料による燃焼ガス量に比較して、AQC熱ガス量が非常に多い現象が確認された。

このような解析結果から、AQC系の空気やガス量の挙動は、Kilnや仮焼炉などにおいて、効率的な熱管理対策への影響や、NO<sub>x</sub>生成抑制上、可能な限り低空気比で燃焼を図りたいKilnや仮焼炉の燃焼条件に大きな影響を及ぼすと想定される。

今後、詳細に検討されることを推奨する。仮焼炉における高温過剰空気の挿入は **Thermal NOx** 生成を生む要因ともなり、**AQC** 熱風量の制御 (**AQC** 廃熱回収ボイラ+原料熱分解+乾燥用) は焼成工程と **NOx** 排出濃度の関係において、実際操業における試行で検証してみる価値がある。

## 5. 最後に

本報では、実際操業状態において、焼成工程の各部の温度を測定して、熱損失量等を試算した。セメント業は、施設が他産業に比して巨大、且つ、熱需要量が大きいため、気温や施設表面温度が数℃変化するだけで熱損失は大きなものとなる。実際の操業上の改善効果を上げるには、施設のハード面の改善に加え「管理組織の整備確立」、「管理目標の設定」、「適正な制御」、「炭質やガス組成の定期的分析」等が挙げられ、これらの全てが省エネルギーに関与する項目である。

**NSP** 生産方式を導入したモデル企業である中材湘潭水泥有限公司におかれても、更に中国の模範となる省エネルギー推進のモデル企業として取り組まれることを切望する。

NOx 排出マップ作成の作業計画 (案)

2013.11.29 (2014.2.25 更新)

JICA 専門家チーム

1. 事前準備

1.1 測定孔設置方法

附件 1 のとおり。

1.2 測定孔の設置場所

附件 2 に示す位置。

2. NOx 排出マップ作成

2.1 測定時期

- ・3月3日(月)、3月4日(火)、3月5日(水)
- ・1ヵ所あたり20分間の測定時間を予定する。26箇所を2日間で測定する。
- ・他、2#の煙道において、24時間連続測定(ガス成分のみ、無人で自動測定)する。これを数ヶ所で行なうかは、データを取ってみてから検討する。
- ・3月4日、3月5日は排ガス分析計の使用トレーニングのため、湘潭市観測站も同行する予定。

2.2 測定機材

2月の本測定で、下記機材を用いる。

測定項目	使用機器	測定時期
SO2、NOx、O2、CO、CO2	排ガス分析計(連続測定機:日本製)	2月 本測定
動圧、静圧 (流速測定用)	ピトー管(湘鋼所有のプロープ) 差圧計(日本側準備機材)	
水分	U字管+CaCl2による重量測定	

注) 排ガス温度: 既設温度計からの読み取り値を採用する。

湘鋼側でご用意いただく機材

機材名	数量	備考
天秤	1	0.01gを秤量可能、現場に近いところで使いたい
延長コード	3本	現場のコンセントから
30m電工ドラム	2つ	-
脚立	1	-

ヘルメット	5	人数分
ピトー管	1	長さ1m程度の短いものでOK

3. 作業工程

2013年12月	2014年1月	2014年2月	2014年3月
	フランジ施工(14ヶ所)予備測定 (実施済み)	定期点検(フランジ施工) (~1月末)	測定結果に基づくディスカッション
	↔	↔	↔
		測定作業、	

12月と1月の施設定期点検において、フランジの取り付けを行う。12月に全てのフランジを設置せずに、個数を絞って(例えば、半分だけ)取り付けられるかどうか、検討すること。

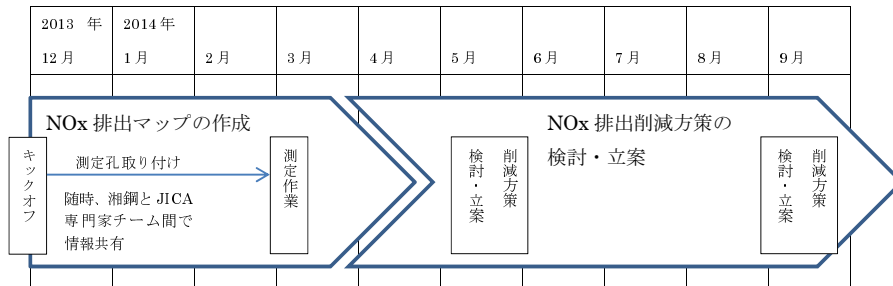
4. 3月実測工程案

3月3号	8:30	湘鋼正門到着・入構
	8:40	2号煙道(煙突側)での測定場所に到着
3月4号  (焼結機のNo.2煙道側を測定)	8:40~10:00	電源確保、機材設置、暖機、感度校正、流速測定
	10:00~ ~0:00	★24時間連続測定開始(濃度・温度を同時に開始) (途中で、水分測定を実施) 夜間は無人で自動測定
	00:00~ (9:20)	24時間測定_続き(無人自動測定) 測定班入構、機器稼働状況確認
	~10:00	★24時間連続測定終了
	10:00~10:30	データ回収、機材撤収、焼結機へ移動(第2煙道・風箱3号へ)
	10:30~11:30	機材設置(第2煙道・風箱3号で)、暖機、感度確認
	11:30~12:30	★実測: 風箱3,4号(濃度、温度)、データ回収
	12:30~13:30	(昼休み)
	13:30~17:00	★実測: 風箱5~11号、20~22号、データ回収
	17:00~17:30	機材撤収、湘鋼の保管室に運搬(2日目終了)、退去
3月5号  (焼結機のNo.1煙道側を測定)	8:30	測定班入構
	8:50~10:00	機材設置(第1煙道1号で)、暖機、感度確認
	10:00~12:00	★実測: 第1煙道の風箱1,2,10,12~14号、データ回収
	12:00~13:30	(昼休み)
	13:30~16:30	★実測: 第1煙道の風箱15~19,21,23,24号、データ回収(実測終了)
16:30~17:00	機材撤収、後片付け、退去	

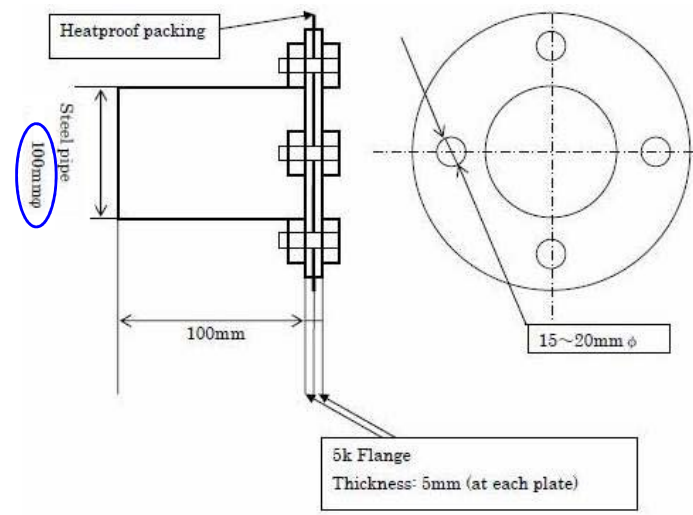
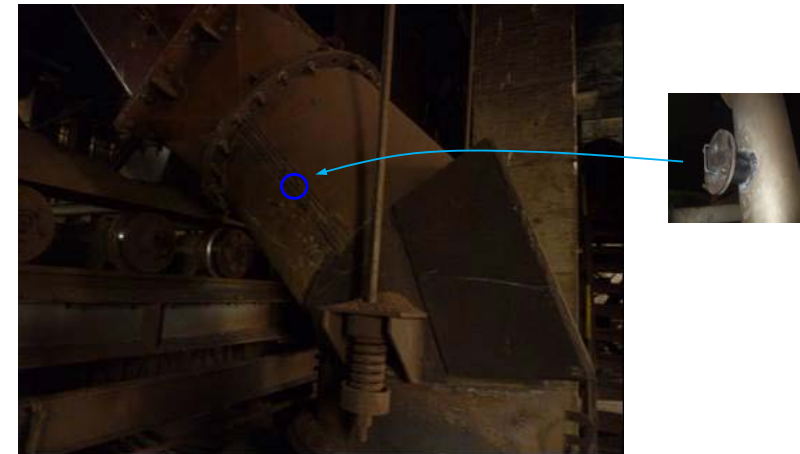
5. 測定作業体制

	中国側	日本側
測定作業責任者		越智
測定者		越智、澤木
連絡窓口		出口

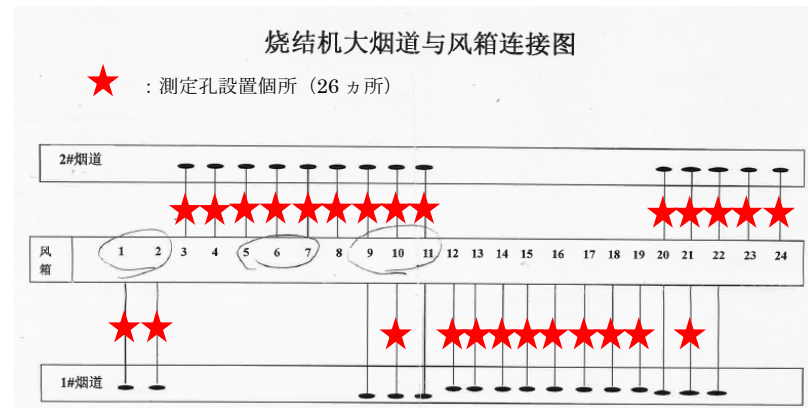
6. 今後の作業計画



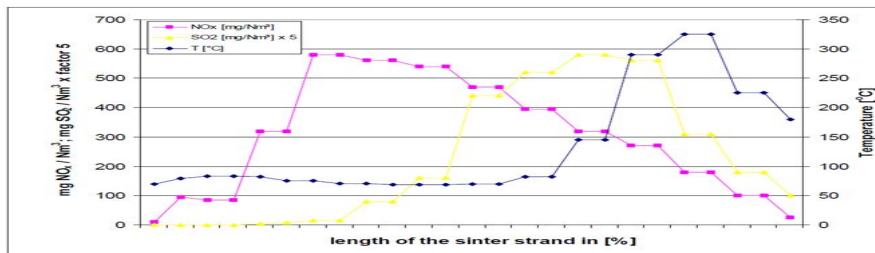
附件 1 測定孔設置方法



附件 2 測定孔の設置場所



(参考) 烧结機 NO<sub>x</sub> 排出マップの一例



測定孔設置個所の選定の考え方

・湘鋼から NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> の排出マップの作成希望に基づいて設定しているが、NO<sub>x</sub> のみの排出マップであれば 6 段目以降は 2 段に 1 カ所で差支えないと考える。(この場合、18 カ所程度)

・風箱 No.1~No.8、No.12~No.19、No.23~No.24 については、南北のダクトが同一煙道に集合することから、同一流量、同一 NO<sub>x</sub> 濃度であると考えられることから、各風箱ごとに 1 カ所の設定としている。

・風箱 No.9~No.11、No.20~No.22 については、南北のダクトが 1#煙道、2#煙道に分かれていることから、流量、NO<sub>x</sub> 濃度検証のため、風箱 No.10、No.21 では南北 2 カ所の設定としている。





## 湖南華菱鋼鐵有限公司—新 2 号焼結機 NO<sub>x</sub> 低減技術検討報告

JICA 専門家チーム

### 【目的】

新 2 号焼結機の NO<sub>x</sub> 低減対策を検討し技術対策を提案する。

先ず、既存の実用化技術及び開発技術の適用可能性について検討する。

次に適用可能性の高い技術に絞り、より詳細に新粘結 2 号機への適用を検討する。検討に際しては 2014 年 3 月及び 6 月に実施した排ガ斯特性の測定データを活用する。現状の設備状況、操業状況を踏まえて目標の NO<sub>x</sub> 排ガス濃度を達成するための効果的な技術対策を示す。

### 1. 既存技術及び開発技術の適用性について

主要な既存技術及び開発技術についてその適用可能性は次のとおりである。

#### 1) POSCO System: 乾式脱硫+SCR

2007 年 Full Scale 設備完 in Kwangyan Works

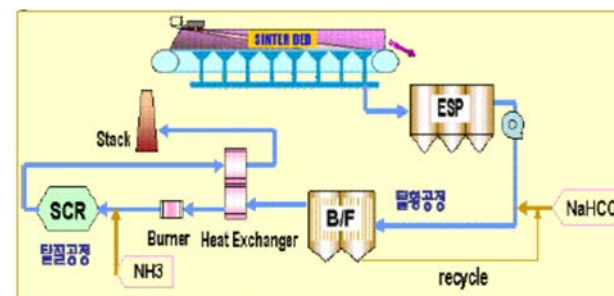
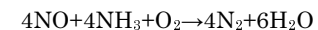


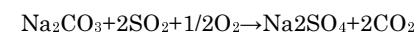
Figure 1.5: NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> removal using selective catalytic reduction

《メカニズム》

De-NO<sub>x</sub> : SCR T=200~450°C NH<sub>3</sub> 注入



De-SO<sub>x</sub> : NaHCO<sub>3</sub> 吹き込み



DXI : Lignite 吹き込み

《効果》

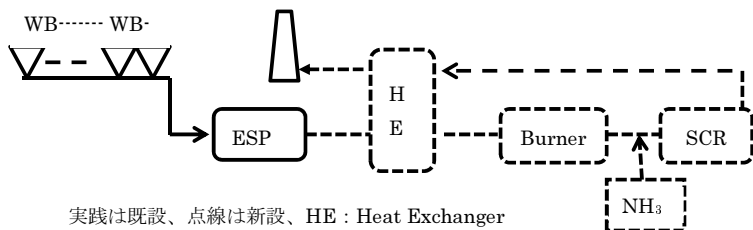
High De-NO<sub>x</sub>、De-SO<sub>x</sub>、DIX < 0.2ng-TEQ/Nm

【Comment】

湘鋼では既に#1の排ガスラインには湿式脱硫設備設置済み。従って、本システムの

導入メリットはなし。但し、#2 の排ガスの NOx ガスを SCR プロセスで処理する可能性はあり。

— 適用可能プロセス —



【確認・検証事項】

- (1) POSCO の De-SOx の除去率を確認。
- (2) #2ラインの SO<sub>2</sub>濃度の確認とその濃度での SCR の前段に脱硫処理なしで、NOx の除去効率、酸露点温度、酸による触媒劣化の影響の確認、検証が必要。  
これらに問題がないこと検証できれば、#2 ラインの NOx 濃度の高いガスを効果的に処理できることが可能となる。
- (3) 2007 年設備完了後の運転状況を確認する。

2) POSCO System by Low-Temperature Plasma : Plasma Reactor + ESP

2010 年 Pohang Works Sinter Plant へ採用

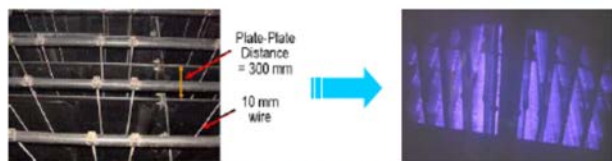
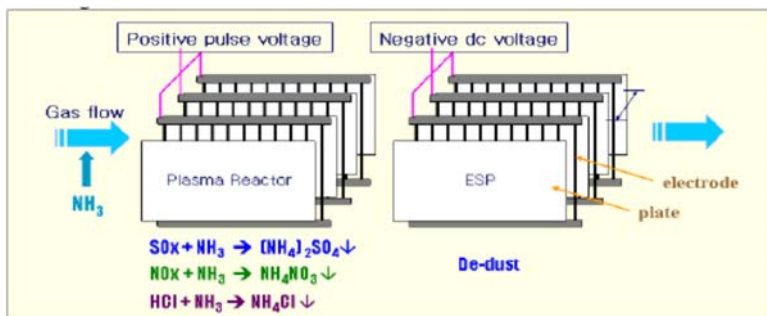


Figure 1.6: NOx and SOx removal using low-temperature plasma

《メカニズム》

Low-Temperature-Plasma Reactor の上流に NH<sub>3</sub> を注入し、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、HCl を NH<sub>3</sub> と反応させ、(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>、NH<sub>4</sub>Cl として捕集除去する。

《効果》

NO<sub>x</sub>>95%、SO<sub>x</sub>>70%、HCl>99%、DIX<0.2ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>

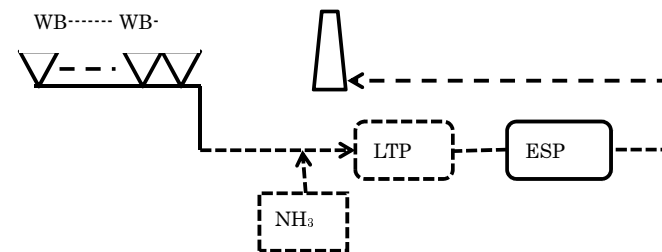
【Comment】

設備構造的には ESP(電気集塵機)と同様であり問題はない。  
高除去性能が得られているが、Plasma 利用の技術は実機、大型設備への導入への実績は報告されていないが、ESP 技術の応用で実用技術化を図っている段階であると思われる。

【確認・検証事項】

- (1) Plasma 発生電源装置の信頼性 (長期間の安定性)
- (2) Low-Temperature Plasma の設備コスト
- (3) 安定したプラズマ発生が得られているか。ダスト濃度、反応生成物の電極への付着、再飛散の影響
- (4) 低 SO<sub>x</sub> ガスの時の NO<sub>x</sub> 除去効果
- (5) 処理ガス中の NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 濃度と NH<sub>3</sub> 注入量と除去効率の関係
- (6) 反応生成物の回収後の処理/再資源化
- (7) 2010 年運転開始後の状況確認

— 適用可能プロセス —



実線は既設、点線は新設、HE : Heat Exchanger

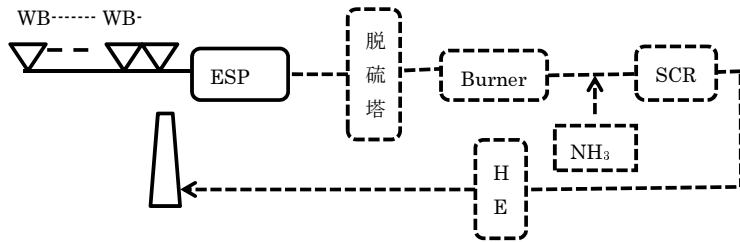
3) SCR 法

#2 ライン排ガスを SCR 処理するプロセスが可能である。

3)-1 従来型構成（実績あり）＝ 除塵+脱硫+昇温+SCR

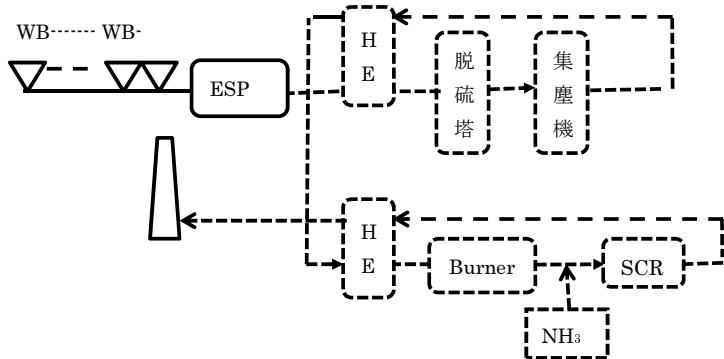
#2 ライン排ガスを SCR 処理するプロセスが可能である。

—適用可能プロセス (1)—



実線は既設、点線は新設、HE : Heat Exchanger (スチーム利用、発電)

—適用可能プロセス (2)— JFE 型式



実線は既設、点線は新設、HE : Heat Exchanger

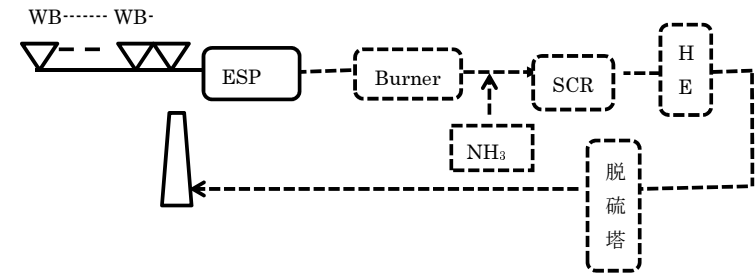
【Comment】

実績があり問題はないが、ダクトワーク、脱硫装置、集塵機、HE、Burner など付加設備を設置できるスペースの確保が課題となる。既設の#1 ラインの排ガス処理より構成装置が多くなる。→設備費、ランニングコストが増大

3)-2 除塵+昇温+SCR+脱硫方式（実績不明）

3)-1 の従来型に比して脱硝装置を脱硫装置の前段に置くことで温度低下を小さくでき、昇温用燃料の低減が可能となる利点がある。

—適用可能プロセス (1)—



実線は既設、点線は新設、HE:Heat Exchanger (スチーム利用、発電)

【Comment】

SOx・NH<sub>3</sub>化合物による SCR 触媒劣化への影響が懸念される。

→ 確認、検証必要。

4) 活性炭脱硫・脱硝同時除去装置

既に#1 排ガスラインで脱硫処理を行っており、本装置の適用はイニシャル、ランニングコストの面からも#2 排ガスラインの NO<sub>x</sub> 処理には不向きである。但し、高度 De-NO<sub>x</sub>、有害物質 (DIX、水銀、フッ素他) の高度除去が求められる場合は検討対象となる。

5) SNCR 法

焼結機排ガス温度が適用温度範囲 800~1000℃よりかなり低い(110~150℃)ことより不向きである。

6) 排ガス循環方法

実用技術として世界的に広く(欧州、アジア(中国、日本、韓国))で導入され省エネ、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、粉塵他の有害物質の低減に顕著な成果を得ており、改造設備の対策コストも SCR 法や活性炭法に比較して低コストの優位性を有している。

次の Process が実機に導入されている。

(1)EOS 法 (Emission Optimised Sintering Process)

(2)Eposie 法(Enviromentally Optimised Sintering Process)

(3)LEEP法(Low Emission Energy optimized Sinter process)

(4)新日鉄戸畑第3焼結機法

(5)宝鋼寧波鉄鋼1号焼結機法

これらの技術特徴は次表“焼結排ガス循環による排出削減効果”に示される通りでありである。

個々のプロセスについては、次章の“2. 排出ガス循環法(Flue Gas Recirculation Process)の実用化技術”に示すとおりである。

NO.	技術名称	開発業者	排ガス量及び汚染物質発生量低減状況					省エネ効果
			排ガス量	TSP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	ダイオキシン	
1	EOS	オランダ Ijumuiden	煙突部分の粉塵・NO <sub>x</sub> 量の45%近く削減	45%近く		45%近く	約70%削減	
2	Eposint	オーストリア Voestalpine	トン当たり焼結鉱の排ガス量の25～28%を削減	30～35%削減	25～30%削減	25～30%削減	約30%削減	コークス粉原単位焼結鉱2～5t低減
3	LEEP	ドイツ HKM	トン当たり焼結鉱の排ガス量の45%を削減	50～55%削減	27～35%削減	25～50%削減	75～80%削減	固体燃料7kg/t焼結鉱低減
4	特定ゾーンでの排ガス循環技術	日本 新日鉄	28%削減	40%削減	46%削減	3%削減		トン当たりの焼結鉱順エネルギー消費量の6%低減
5	焼結排ガス排熱循環利用技術	中国 宝鋼寧波鉄鋼	30～40%削減	最大50%削減	45%削減	最大約40%削減可能	最大60～70%削減可能	焼結行程のエネルギー消費5%以上低減

【適合可能性の評価】

上記の検討より、現状の新2号焼結機の抑制対策としては、設備の改造、コスト、技術的信頼性から総合的に判断して、排ガス循環にNO<sub>x</sub>低減対策に優位性があると評価できる。

出典：“鉄鋼業におけるNO<sub>x</sub>対策技術の導入状況及び主要課題” 劉文権 冶金工業規劃企画研究院 2014年5月 JICA 中華人民共和國 大気中の窒素酸化物総量抑制プロジェクトセミナー 2014年5月16日北京

## 2. 排出ガス循環法(Flue Gas Recirculation Process)の実用技術

新焼結2号機への各プロセスの適用を検討するに際して、各プロセスをレビューする。

### 1) EOS法(Emission Optimised Sintering process)

1994年オランダ Ijumuiden の焼結機(焼結面積 132m<sup>2</sup>)に採用。

焼結排ガス全体の一部を循環する方法。

排ガス循環率：37~47%でNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、粉塵の排出量が大幅に低減。

—低減率—

NO<sub>x</sub>：28~40%、SO<sub>x</sub>：24~41%、粉塵：約66%

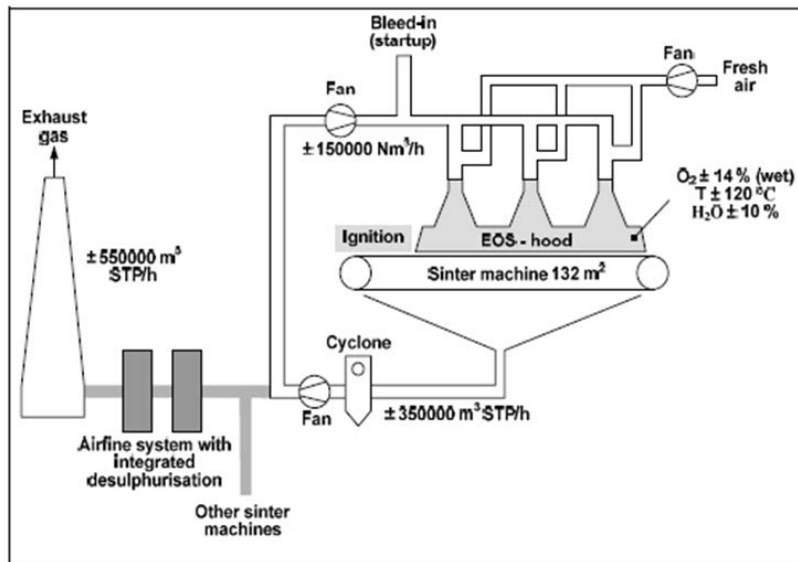


Figure 3.22: Schematic diagram of the emission optimised sintering (EOS) process

### 2) Eposint法(Environmentally Optimized Sintering Process)

2005年オーストリア Ling, Voestalpine No.5 焼結機

(粘結面積 250m<sup>2</sup>、WB19 個)

WB 毎に選択的に排ガスを吸引排出することができる。

排ガス特性による選択的循環対応が可能

WB No.11~16 の温度の比較的高いガスを選択し循環

排ガス循環率：25~28% NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、粉塵の排出量が大幅に低減

—低減率—

NO<sub>x</sub>：25~30% SO<sub>x</sub>：25~30% 粉塵：85~90%

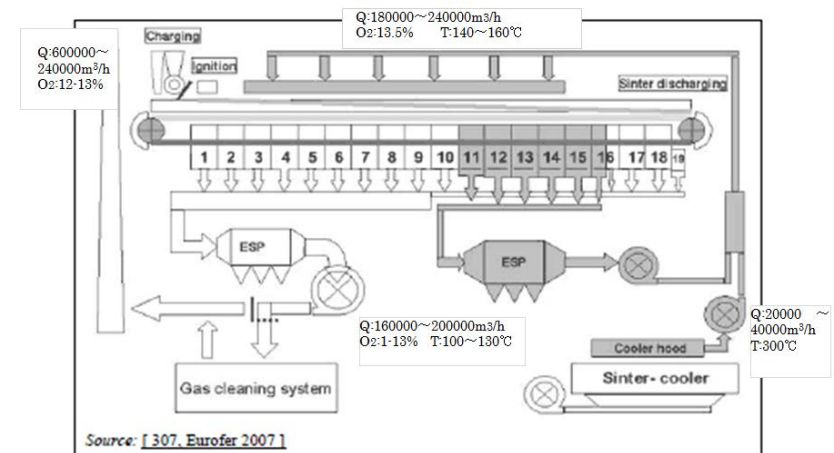


Figure 3.24: Schematic diagram of the EPOSINT gas recycling technique installed at sinter strand No 5 of Voestalpine, Linz, Austria

### 3) LEEP 法(Low Emission &Energy Optimized Process)

2001年ドイツ Duisburg–Hucking 工場の焼結機(焼結面積 420m<sup>2</sup>)に導入、焼結機の後半部(SO<sub>x</sub>、ダイオキシンの高発生ゾーン)の排ガスを循環、前半部は循環せず煙室より放出。

排ガス循環率：約 50%

— 低減率 —

NO<sub>x</sub> : 25~50% SO<sub>x</sub> : 27~35% 粉塵 : 50~55%

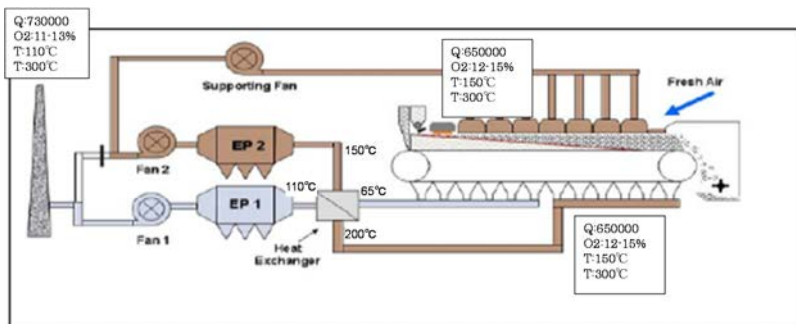


Figure 3.23: Low emission and energy optimised sintering process(LEEP) developed by Hüttenwerke Krupp Mannesmann

### 4) 新日鉄戸畑第3焼結

1992年日本新日鉄戸畑第3焼結機(焼結面積 480m<sup>2</sup>)に導入。

低温、高酸素濃度、低水分の原料予熱部分の焼結機先端部の排ガスを循環し、後半部の高温排ガスと合わせて排ガスを循環

排ガス循環率：28%

— 低減率 —

NO<sub>x</sub> : 3% SO<sub>x</sub> : 63% 粉塵 : 50%

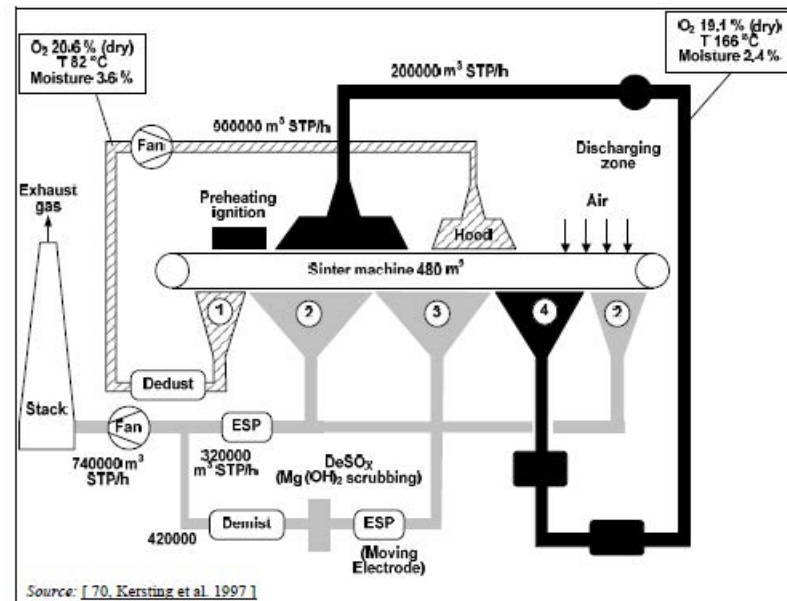


Figure 3.25: Schematic diagram of selective waste gas recirculation in sinter plant No 3 of Nippon Steel Corporation, Yawata Works, Tobata, Japan

### 5) 宝鋼寧波鉄鋼公司 1号焼結

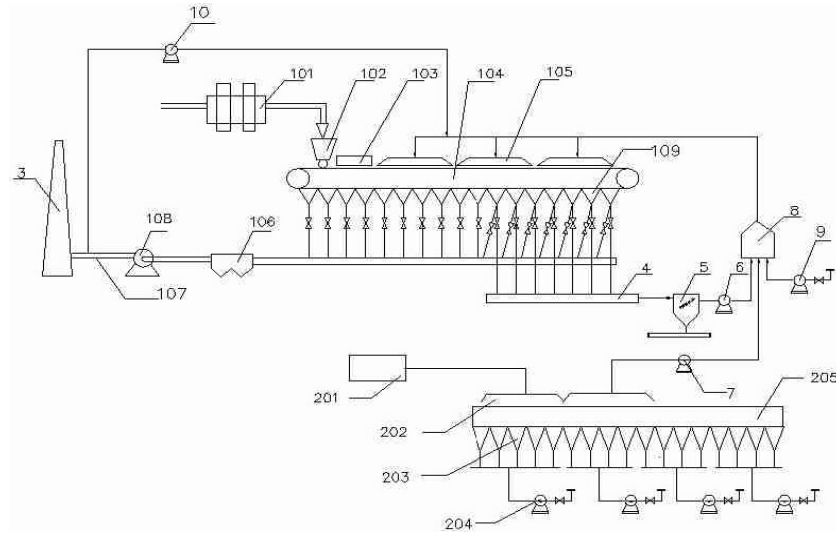
2012年1号焼結機(面積430m<sup>2</sup>)に導入、2013年5月運転開始非選択と選択循環が併存し、主煙道および冷却床の排ガスを利用している。

排ガス循環率 30~40%

— 低減率 —

NOx : 最大 40% SOx : 46% 粉塵 : 最大 50%

## 焼結排ガス排熱循環利



独自の知的財産権を持っている。宝鋼寧波鉄鋼公司の1号焼結機(430m<sup>2</sup>)に導入された効果は次の通りである。

- (1) 非選択と選択循環が併存し、主煙道及び冷却床の排ガスを総合利用する。
- (2) 固体燃料は6%低減、粉じん及びSOx排出量は大幅に低減、NOx排出総量は最大約40%程度低減できる。

### 3. 焼結機の排ガス測定結果について

新2号焼結機の排ガス特性を2014年3月3~5日及び6月9~10日の測定データから把握する。また、他社のデータとの比較により特性を検証する。

#### 1) 排ガス特性について

排ガス特性としてはWBにおいて測定されたNOx、SOx、CO、CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、温度の各項目のWBのプロファイルで検証した。(添付資料1：“排ガス測定 結果報告書”測定データの加工と作図 (シート1~4)”含む参照)

#### 1)-1 他社事例との比較

排ガス特性は焼結機の設備、原料、操業条件により異なるが、代表的な事例は次の図3-1、図3-2に示される。

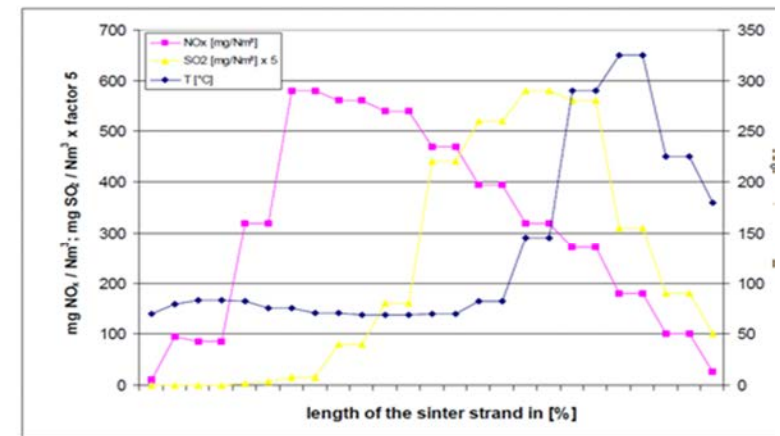


Figure 4.8: Typical emission profile of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> in the waste gas (individual wind-boxes) and the temperature curve along the sinter strand - based on [Neuschütz, 1996]

図 3-1

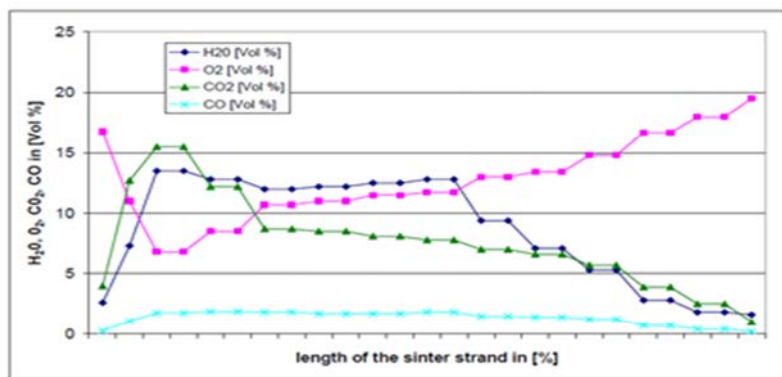


Figure 4.5 : Typical emission profile of CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O in the waste gas (single windboxes) along the sinter strand - based on [Neuschütz, 1996]

図 3-2

他方、新2号焼結機の排ガスプロファイルは次の図 3-3、図 3-4 のとおりである。

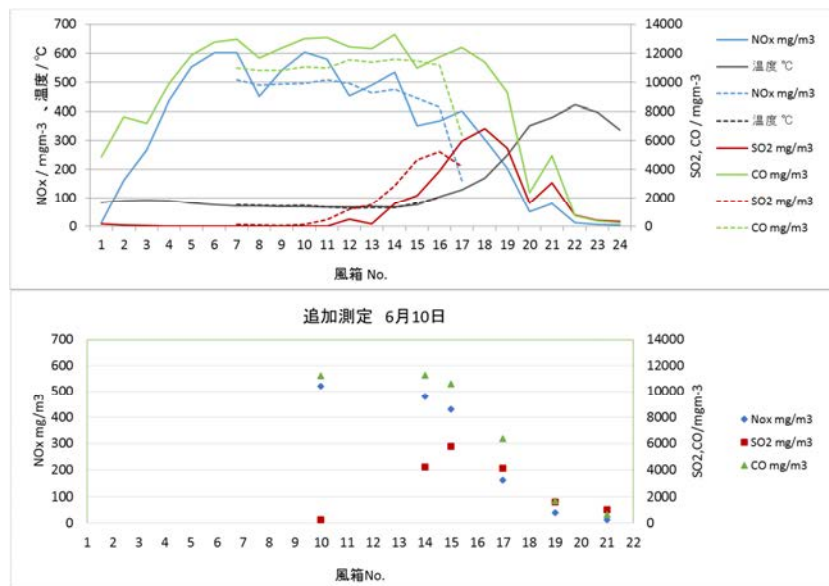


図 3-3

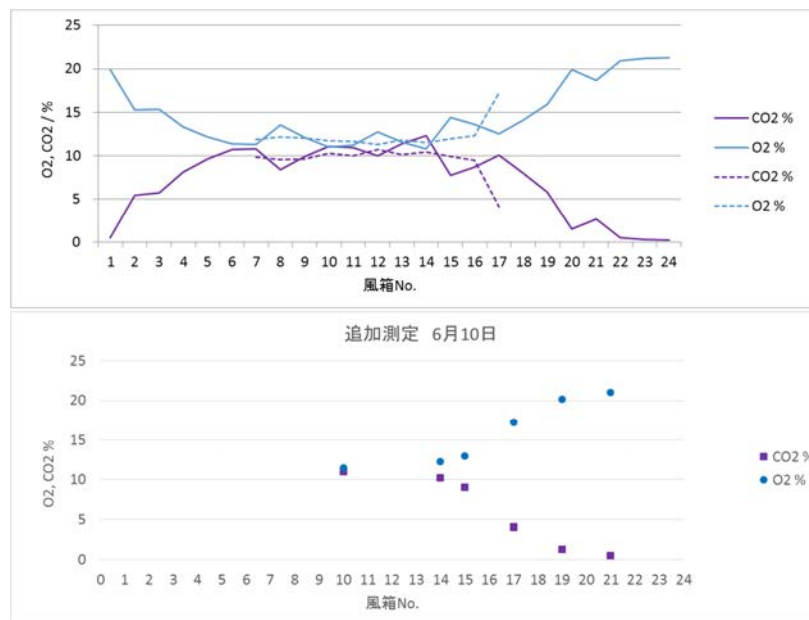


図 3-4

新2号焼結機の排ガス特性は一般的な排ガス特性のプロファイルを示している。

1)-2 SOx、NOx に関しての他社事例との比較

【SOx について】

新日鉄戸畑第3焼結 (WL:1~32) のSO<sub>2</sub>とのパターンで比較すると図 3-5 に示されるように中間あたりの WL(Wind Leg)No.18 より SO<sub>2</sub>が発生しており、湘鋼の WB 中間あたりの No.12 より発生している傾向と同じである。但し SO<sub>2</sub>の排ガス中の濃度は全体的に湘鋼の濃度が高く新日鉄の濃度は低い。ピークで比較すると次のとおりである。

新2号焼結機	新日鉄
WB No.18 6,806 mg/m <sup>3</sup> (全体の75%の位置)	WL No.25 1,419mg/m <sup>3</sup> (図2よりの推定値)

湘鋼新2号焼結機が新日鉄の約 4.8 倍の高いピーク濃度となっている。この要因は主として次のように推察される。

SO<sub>2</sub>の発生は鉱石中及び燃料中の S に起因している。

鉱石中の S の形態： 硫化物—FeS<sub>2</sub>、CuFeS<sub>2</sub>



硫酸塩—CaSO<sub>4</sub>、MgSO<sub>4</sub>他

燃焼中のSの形態： 元素S、有機化合物S

これらのSが焼結過程で約90%以上がSO<sub>2</sub>へ転化し排ガス中へと放出される。従って排ガス中のSO<sub>2</sub>の濃度の違いは鉄鉱石と燃料のSの含有量に起因していると推察される。

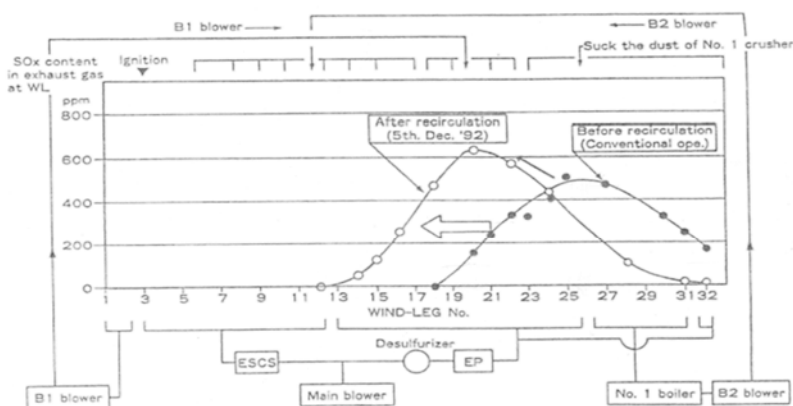


Fig. 5. Results of SOx content in exhaust gas at wind-leg.

図 2

図 3-5

【NOx について】

湘鋼の発生パターンは着火部分の後段のWBより発生しWB No.6~7でピーク値600~601mg/m<sup>3</sup> (3月3日測定)を示している。

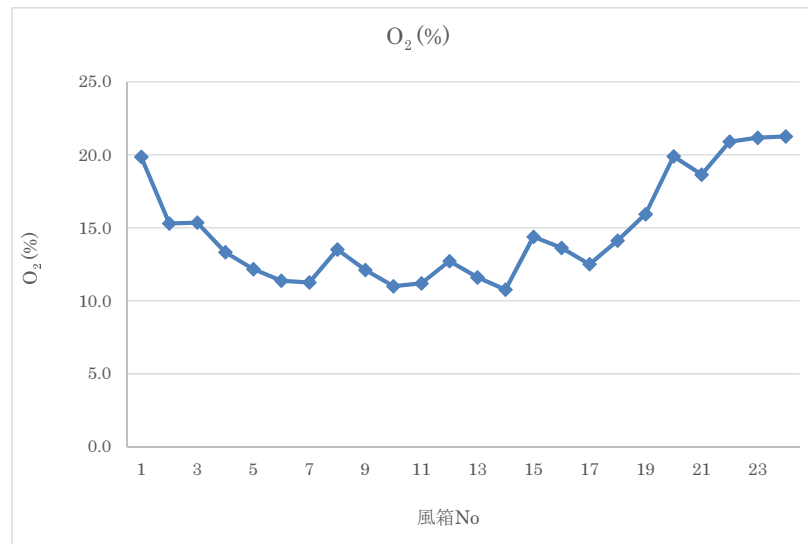
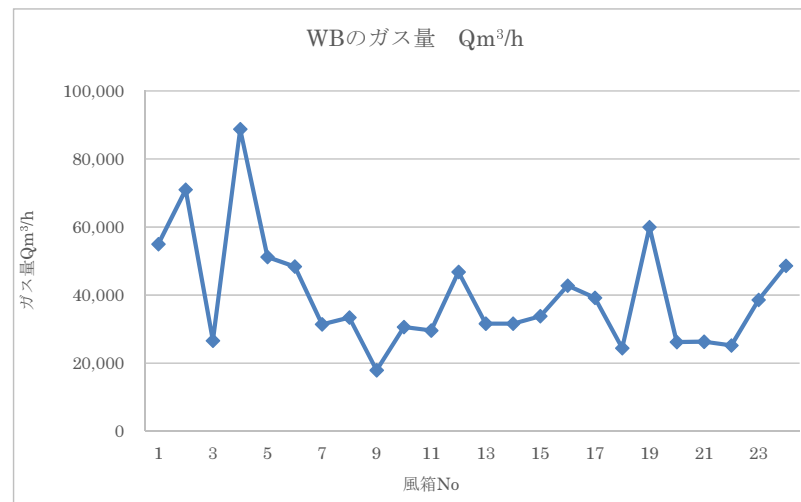
図 3-1 (Neuschutg1996) のWB No.7で約580mg/m<sup>3</sup>と同レベルのNOx濃度を示している。大気放出の濃度について新日鉄戸畑第3焼結と比較すると次のとおりである。

新2号焼結機	新日鉄
(3月3日~3月5日)	大気放出 平均 408mg/m <sup>3</sup> *
#1Esp 出口平均約 280mg/m <sup>3</sup> (270~310)	
(3月3日~4日)	
#2Esp 出口平均約 270mg/m <sup>3</sup> (246~287)	
*)新日鉄技報第360号1996“戸畑第3焼結機における主排ガス循環の適用 pp50 表2より大気放出 NOx199ppm(=408mg/m <sup>3</sup> )	

焼結のNOxはFuel NOxが主因であり、Fuel NOx発生の低減には、原料中の低NOx化、操業条件の適正化など対策が講じられることが求められるが、新2号焼結機の排出管理は新日鉄戸畑3号焼結機に比べて良好な結果となっている。

【その他の排ガス特性について】

排ガス温度、O濃度、水分濃度についても図3-6示されるとおりであり、他社事例の図3-7と同様のパターンを示している。



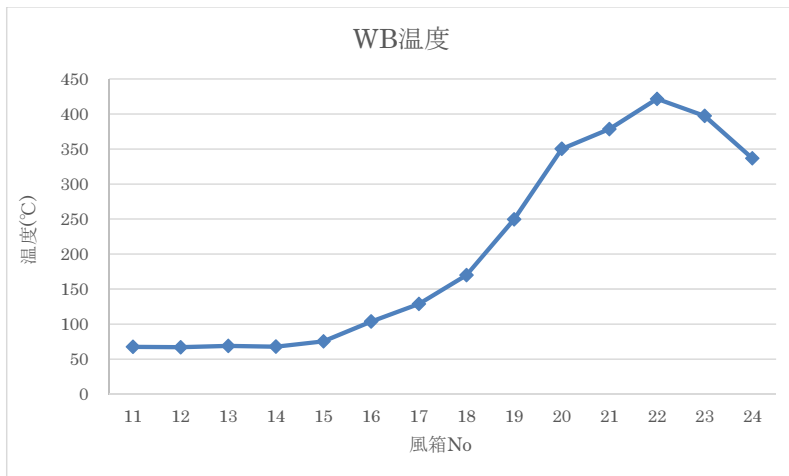
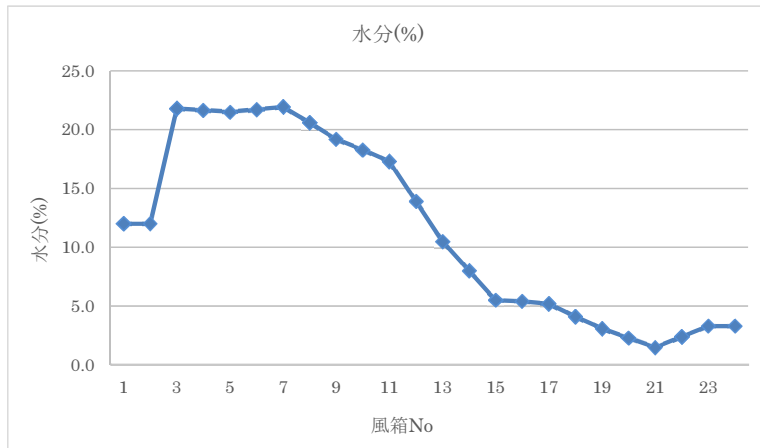


図 3-6

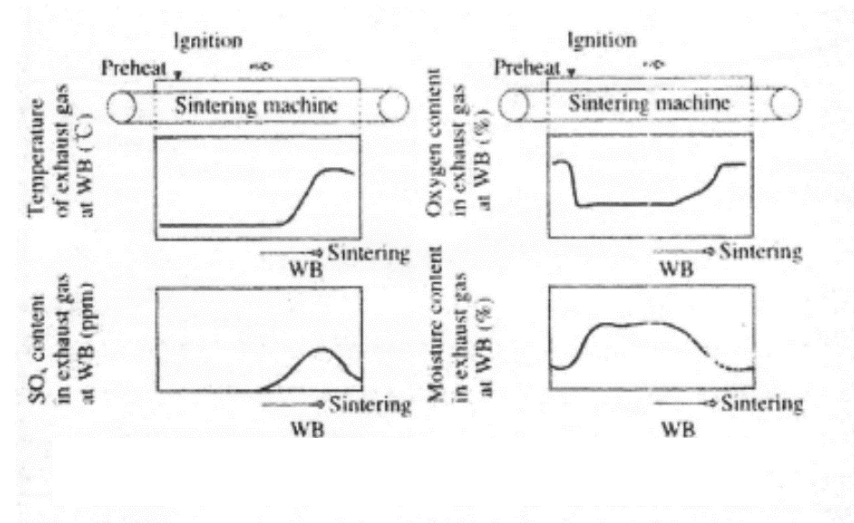


図 3-7 新日鉄戸畑第3 焼結機 排ガス特性の変化

1)-3 新2号機焼結機#2ラインの排ガス特性

#2ラインのESP出口の排ガス中のNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CO濃度および温度を図3-8に示す。

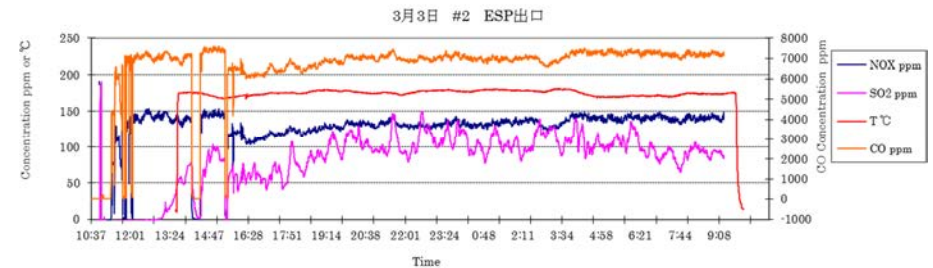


図 3-8 #2ライン排ガス特性

1)-4 #1と#2ラインの比較 (3月4~5日のデータに基づく)

(添付資料1“排ガス測定 結果報告書”を参照)

- ① 排ガス量：#1：525,000m<sup>3</sup>/h #2：451,900 m<sup>3</sup>/h #1/#2=1.16:1
- ② NO<sub>x</sub>濃度：#1：300 mg/m<sup>3</sup> #2：369 mg/m<sup>3</sup>
- ③ SO<sub>x</sub>濃度：#1：2,163 mg/m<sup>3</sup> #2：平均 216 mg/m<sup>3</sup>

- ④ 温度: #1: 144℃ #2: 155℃
- ⑤ 酸素濃度: #1: 14.7% #2: 12.7%

**1)-5 3月5日と6月9日のNOx濃度の比較**

#1ラインのガス量とNOx濃度の変化 (ESP出口)

○6月9日 (9:00~18:00) のガス量  
 平均 581,117m<sup>3</sup>/h Max 601,515 m<sup>3</sup>/h ~Min557,340 m<sup>3</sup>/h  
 平均 NOx 濃度 231mg/m<sup>3</sup> (脱硫装置出口)

○6月10日 (9:00~18:00) のガス量  
 平均 557,678m<sup>3</sup>/h Max 616,558m<sup>3</sup>/h~Min498,995m<sup>3</sup>/h  
 平均 NOx 濃度 232mg/m<sup>3</sup>

○3月5日 (10:00~17:00) のガス量  
 平均 618,882m<sup>3</sup>/h Max 784,926m<sup>3</sup>/h~Min505,521m<sup>3</sup>/h  
 平均 NOx 濃度 280mg/m<sup>3</sup>

○6月9日と3月5日のNOx濃度の比較=0.77  
 (581,117m<sup>3</sup>/h ×231mg/m<sup>3</sup>/618,882m<sup>3</sup>/h ×280mg/m<sup>3</sup>=0.77)  
 約 23%低減されている。

吸引空気量とNOx発生量の相関はデータから認められるか?

→3月4日、5日のデータからは相関有りの感あり。ガス量低減により、NOx濃度の低減の可能性あり。

**4. 排ガス循環(FGR:Flue Gas Recirculation)によるNOx低減対策検討**

新2号焼結機の排ガス特性及び現状の設備状況を考慮して、具体的対策フローを検討する。

前提条件は以下のとおり。

- (1) 使用データは測定データを用いる。
- (2) 規制値及び目標値、

	NOx mg/m <sup>3</sup>	SOx mg/m <sup>3</sup>
規制値	300	200
目標値	200	200

NOx 目標値は湘鋼提示値、SOx 目標値は規制値と同一とした。

- (3) 現状値

	#1	#2
NOx mg/m <sup>3</sup>	300	369
SOx mg/m <sup>3</sup>	<200	228(80ppmを採用した*1)
ガス量 (比)	1.16	1

\*1) 2014年3月3~4日 #2ESP出口での測定 “図3-10 #2ライン排ガス特性” より

**1) CASE 1**

現状の設備、#1、#2ラインを活用し、排ガス循環ラインを増設することで対応できるプロセス。(図4-1参照)

**1)-1 排ガス循環による対策: #1、#2、共に25~30%循環**

NOx低減:25~30% (これまでのFGRの実績低減率を採用)

#1: NOx 300→211~227 #2: 369→258~277

$$\text{全体 NOx 濃度} = \frac{(211 \sim 227) \times 1.16 + (258 \sim 277) \times 1}{1.16 + 1} = 233 \sim 250$$

目標値 200 < 233~250 < 規制値 300

目標値はクリア出来ない。

**1)-2 目標値達成のための追加対策として、排ガス量の低減によるNOx低減策を講じる。**

排ガス量の低減によるNOx低減: 15% (3月5日のデータと6月9日のデータで排ガス低減効果でNOx低減23%、やや低めの本数値を設定)

#1: NOx 300→ガス量低減により (×0.85) 255

→FGRにより (×0.75~0.70) 179~191

#2 : NOx 369→ガス量低減により (×0.85) 314  
 →FGR により (×0.75~0.70) 220~236

$$\text{全体 NOx 濃度} = \frac{(179\sim191)\times 1.16 + (220\sim236)\times 1}{1.16 + 1} = 198\sim212$$

目標値 200 ≒ 198~212 < 規制値 300

【CASE1 結論】

排ガス量の低減化による効果 15%+FGR による効果 25~30%は現状に合致した有効な対策と評価できる。

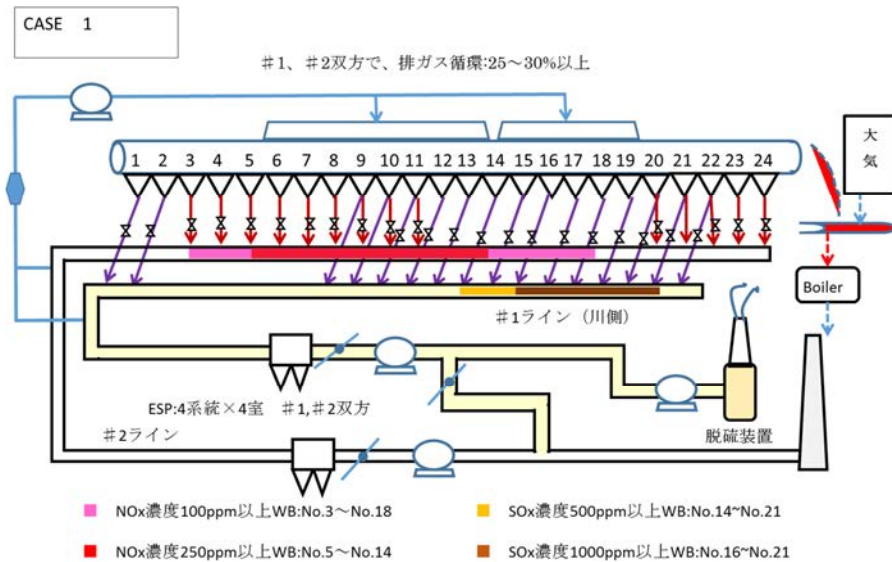


図 4-1

2) CASE 2

#2 ラインは 30%排ガス循環、#1 ラインの WB.No.12~16 の部分循環により、NOx 低減効果と合わせて脱硫効果を向上させる方法 (一部部分選択+非選択方式)

2)-1 #1 : WBNo.12-16 の排ガス (約 36%相当) を循環

#2 排ガス循環:30~40%

NOx 低減 30~40% (宝鋼寧波鉄鋼の報告データを採用)

#1 : NOx WBNo.12~16 の NOx の 30%が除去されるとすると、全体の除去率は 15%となる(\*)。

(\*)WBNo.12~16 のガス量:186,600m<sup>3</sup>/h、その NOx 量は 81,021,721mg/h、その 30%、24,306,516 mg/h が除去されるとすると、  
 #1 ラインの NOx 全量 : 157,718,261mg/h - 24,306,516 mg/h = 133,411,745 mg/h となり、15%低減になる。

#1 : NOx 300→部分ガス循環による効果(×0.85)15%→ 255

#2 : 369→221~258 (NOx 低減 : 25~30%、FGR の実績低減率を採用)

排ガス量比 : #1(1.16×0.64)/#2(1×0.6~0.7)=1.06~1.23

$$\text{全体 NOx 濃度} : \frac{257 \times (1.06 \sim 1.23) + (221 \sim 258) \times 1}{1.16 + 1} = 228 \sim 266$$

目標値 200 < 228~266 < 規制値 300

規制値はクリアできるが目標値はクリア出来ない。

2)-2 目標値達成のための追加対策として、排ガス量の低減による NOx 低減策を講じる

排ガス量の低減による NOx 低減 : 15%

(3月5日のデータと6月9日のデータで23%よりやや低めの本数値を設定)

#1 : NOx 300→ガス量低減により (×0.85) 255→FGR により (×0.85) 217

#2 : NOx 369→ガス量低減により (×0.85) 314→FGR により (×0.7~0.6)

188~220

$$\text{全体 NOx 濃度} : \frac{217 \times (1.06 \sim 1.23) + (188 \sim 220) \times 1}{1.16 + 1} = 194 \sim 225$$

目標値 200 ≒ < 194~225 < 規制値 300

【CASE2 結論】

CASE1 に比較して低減効果が劣る。

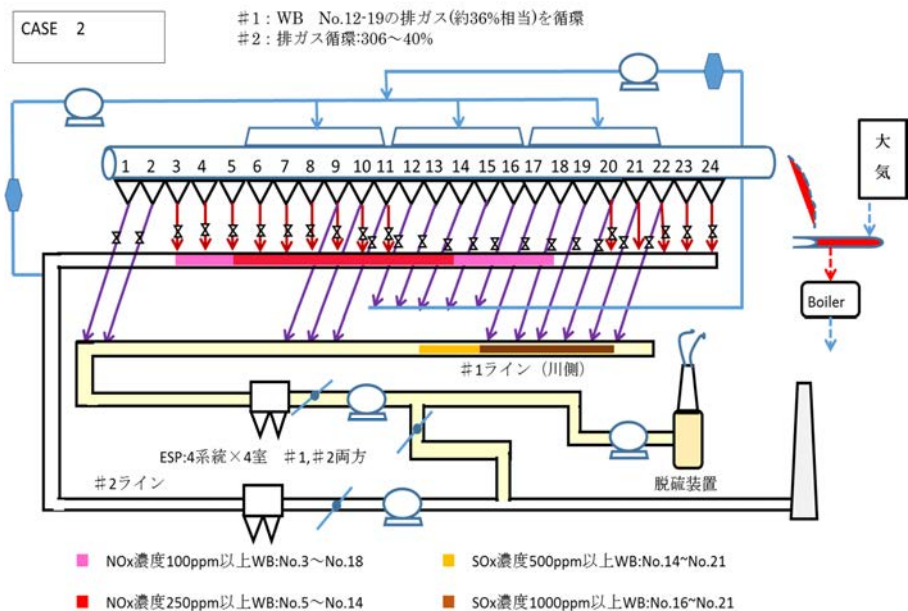


図 4-2

**【結論】**

CASE1 がプロセス的にもシンプルであり、目標の 200mg/m<sup>3</sup> 達成のより効果的、有効な対策と評価できる。

但し、現状の排出 NOx 濃度を原料管理、操業管理 (排ガス低減による NOx 低減他) で約 15%以上低減することが必要である。

以上

**5. 湿式法の脱硫・脱硝 CASE 3**

→実機への導入実績、技術信頼性、経済性の確認必要

湿式法の脱硫、脱硝が可能な“イスラエルの Lextran 社の“有機触媒排ガス総合クリーンテック (脱硫脱硝一体化) を現状のプロセスに追加し、脱硝性能他を向上させる (NOx 低減の適用幅を拡大する高い排ガス NOx 濃度への対応を可能にする)。

**1) CASE 3-1**

現状の #2 のラインの排ガスを有機触媒排ガス総合クリーンテックで全量処理する。  
#1 ラインは現状通りとする。

NOx 除去率: 80%以上、SOx 排ガス処理濃度:50mg/m<sup>3</sup> 以下とすると、  
#1: NOx 300 mg/m<sup>3</sup>→300 mg/m<sup>3</sup> SOx 約 120mg/m<sup>3</sup> 以下\*  
#2: NOx 369→74mg/m<sup>3</sup>(=0.2×369)以下 SOx 50mg/m<sup>3</sup> 以下

$$\text{全体 NOx 濃度} = \frac{300 \times 1.16 + 74 \times 1}{1.16 + 1} = 195$$

195 < 目標値 200 < 規制値 300

目標値をほぼクリア可能

操業管理による低減が上積みされれば更に余裕が生じる。

$$\text{全体 SOx 濃度} = \frac{120 \times 1.16 + 50 \times 1}{1.16 + 1} = 88$$

88 < 規制値 200

目標値は大幅にクリア可能

CASE 3-1  
3-2

CASE 3-1 #1: 現状設備通りとする。  
#2: Lextran社“有機触媒排ガス総合クリーンテック”脱硝脱硫設備を新たに設置する。  
CASE 3-2 #1: 排ガス量の30%を#2ラインへ流し、#2ラインに設置の脱硝脱硫装置で処理する。  
#2: CASE 3-1と同じ

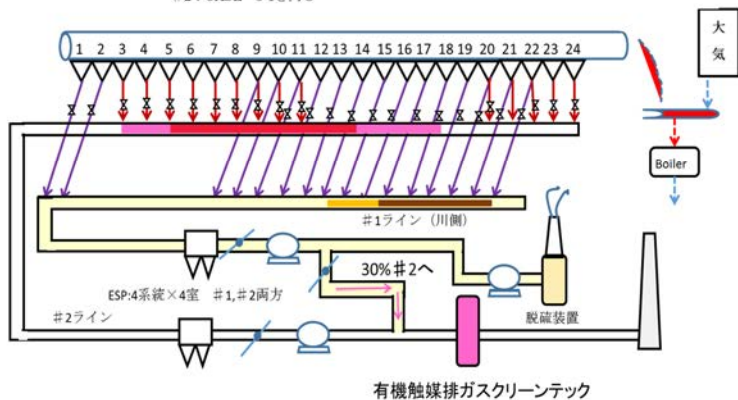


図 4-3

## 2) CASE 3-2

CASE 3-1 よりさらに NOx 削減を促進するため #1 ラインより約 30% を #2 ラインへ導入し #2 ラインと合流させて有機触媒排ガス総合クリーンテックで脱硝・脱硫処理する。

#1 流量を Q1、#2 流量を Q2 とする。

#1:

NOx 量  $300 \times Q1 \rightarrow 30\%$

#2 へバイパスにより ( $\times 0.7$ )  $210 \times Q1$  (大気放出量) となる。

(#2 へ  $91 \times Q1$  流入)

SOx 量  $120 \text{mg/m}^3 \times Q1 \rightarrow 30\%$

#2 へバイパスにより ( $\times 0.7$ )  $84 \times Q1$  (大気放出量) となる。

(#2 へ  $36 \times Q1$  流入)

#2:

NOx 量  $(369 \times Q2 + 91 \times Q1) \times 0.2$

SOx 量  $228 \times Q2 + 36 \times Q1$

(228 は図 3-10 #2 ライン排ガス特性より  $80 \text{ppm} = 228 \text{mg/m}^3$  を用いた)

$$\text{NOx 全体濃度} : \frac{210 \times Q1 + (369 \times Q2 + 91 \times Q1) \times 0.2}{Q1 + Q2} = 157$$

↑ (Q1/Q2=1.16 より)

157 < 目標値 200 < 規制値 300

目標値はクリア可能

$$\text{SOx 全体濃度} : \frac{84 \times Q1 + (Q2 + 0.3 \times Q1) \times 50}{Q1 + Q2} = 76$$

76 < 目標値 200

目標値は大幅にクリア可能

### 【結論】

#2 ラインに有機触媒排ガス総合クリーンテックを設置することで排ガス中の NOx、SOx 濃度変化への対応が可能であり、目標値 200mg/m<sup>3</sup> のクリアが可能となる効果的対策となる可能性がある。

### 【排ガス循環法の総括】

#### 本法は現状への対策として有効な対策である

一般的に焼結排ガス中の NOx 濃度は 308~615mg/m<sup>3</sup> (150ppm~300ppm) である。新 2 号焼結機の排ガス中の濃度は #1 ライン 300mg/m<sup>3</sup>、#2 ライン 369mg/m<sup>3</sup> となっており、#1、#2 全体の平均濃度は 333mg/m<sup>3</sup> となる。非常に良好な運転、原料管理がなされていると推察する。因みに日本の規制値は 451mg/Nm<sup>3</sup> (=220ppm) である。

#1、#2 全体の平均濃度 333mg/m<sup>3</sup> の現状から、目標値の 200mg/m<sup>3</sup> へさらに低減するには、現状より約 40% の低減が求められている。現状より排ガス中の濃度が増加した場合は、安定して目標値を達成するためには、FGR+操業管理による低減では、目標値の達成は厳しい。CASE 3-1、3-2 のような NOx 排ガス処理対策が求められる。なお、現状レベルの排ガス NOx 濃度管理が可能であれば FGR+操業管理での対応が可能であろう。

## 6. 目標値達成のための効果的アプローチ

将来、規制値が更に厳格化することを想定して、既存の設備を最大限に利用しながら、投資の最小化を目指して、目標値を達成するための適切な対策を講じることが重要である。

### ステップ1：排ガス循環によるNO<sub>x</sub>低減効果の把握

従来の排ガス循環の事例では、新日鉄住金（株）戸畑製鉄所に見られるように焼結原料の層厚が500～620及びそれ以下である。

新2号焼結機の層厚は750mmであり、これまでの排ガス循環実績事例より高いNO<sub>x</sub>低減率が期待できる。この技術が確立できれば、目標値200mg/m<sup>3</sup>達成可能な画期的技術となる。

### ステップ2：排煙脱硝装置の追加

ステップ1にて目標値を達成が困難な場合、#2ラインに排煙脱硝装置を設置する。国内外で多く導入実績がある選択触媒還元脱硝装置（SCR）を導入する場合のプロセス例を図6-1に示す。

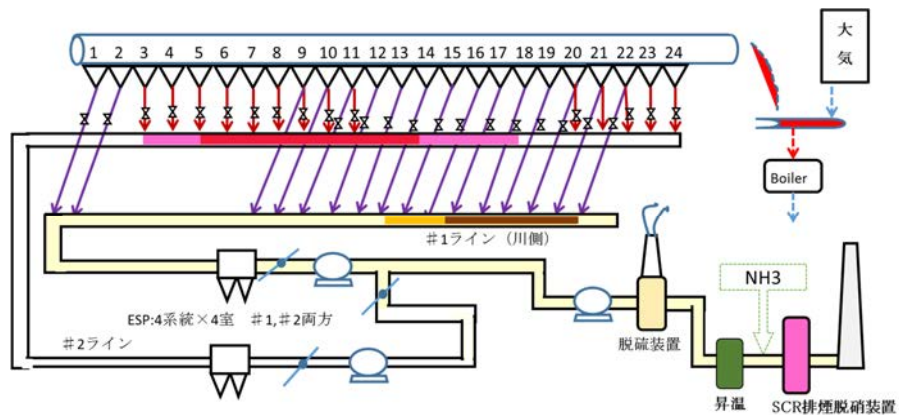


図 6-1 SCR の導入例

### ステップ3：新1号機焼結炉および新2号焼結機の排ガス統合

各焼結機が短距離に配置されている場合には、各々でガス量低減化運転及び、排ガス循環による大気放出ガス量を大幅に低減することで脱硫装置および脱硝装置を共有することも可能となる。

以上





Vol.40  
**4**  
**2015**

ISSN1000-8764  
CN43-1133/TF

# 烧结球团

**SINTERING AND PELLETIZING**

中冶长天国际工程有限责任公司 主办  
(原长沙冶金设计研究院)

全国中文核心期刊 • 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊 • 中国期刊网入网期刊 • 中国学术期刊(光盘版)入编期刊



## 河北省张家口市 科达有限公司

河北省张家口市科达有限公司，座落在张家口市高新技术开发区内，公司占地六万平方米，建筑面积5000平方米。它的前身是张家口市稀土尼龙研究所，承担张家口市科委重大科技攻关项目。1987年曾获河北省重大科技项目攻关奖。公司现有员工196人，其中各类中高级技术人员62人。

公司已通过ISO9001质量体系认证，拥有同行业一流的生产设备、生产工艺、检测设备和检测手段，更有高素质的专业技术人员。

公司广泛与各大科研院所、国内知名高科技公司合作，不断致力于新材料、新技术的应用研究和生产，曾获得过多项国家级、部级荣誉证书，已经拥有三十余项自主知识产权。

公司产品覆盖石油、造纸、纺织、钢铁、冶金、矿山、化工、机械、电力等十几个行业。公司用户遍及全国，并出口至美国、意大利、西班牙、日本、韩国、印度、巴基斯坦、俄罗斯、南非等国家。

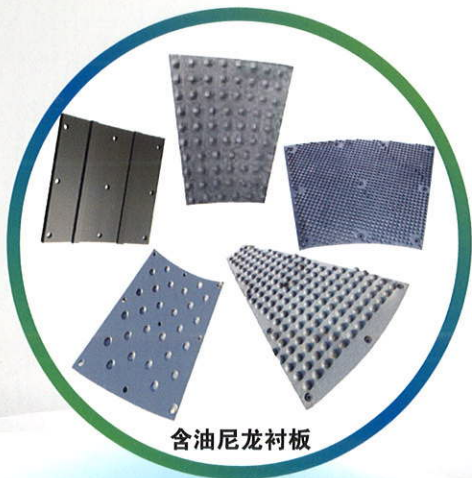
“真诚面对客户”是公司的理念；“客户第一”是公司的原则。

## 多年好友再握手 冶金技术上层楼

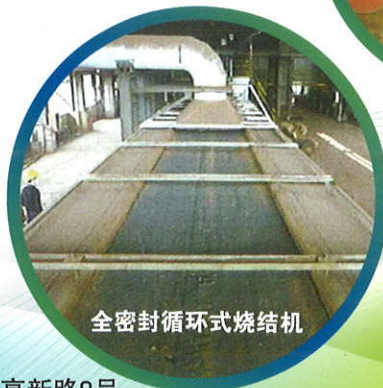


### 公司主营产品

- “稀土含油耐磨尼龙衬板”系列产品
- 耐磨陶瓷系列产品
- 超高分子聚乙烯系列产品
- 铸石衬板系列产品
- 全金属柔磁性冷却机
- 无滑道的全密封烧结机
- 锥形逆流圆筒混合造球机
- 无衬板混合机自动清料系统
- 全自动化烧结、球团实验室



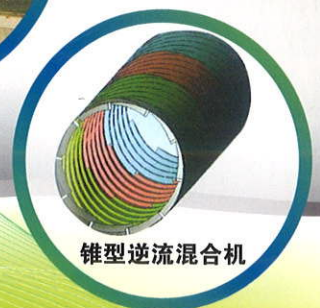
含油尼龙衬板



全密封循环式烧结机



环冷机密封



锥形逆流混合机

名称：河北省张家口市科达有限公司  
地址：河北省张家口市纬一路开发区高新路8号  
电话：0313-4030158 传真：0313-4030158  
邮编：075000  
法人代表：朱双跃 (13803137598)  
技术支持：秦皇岛新特科技集团

ISSN 1000-8764



9 771000 876155

# CIE 湖南中冶长天重工科技有限公司

中冶长天国际工程有限责任公司（中文简称中冶长天，英文简称CIE，前身为中冶集团长沙冶金设计研究总院），是集工程咨询、工程设计、技术研发、装备制造、工程总承包和项目管理为一体的综合性国际工程公司，拥有采矿、选矿、烧结、球团和直接还原等方面的核心技术，是中国冶金工程建设领域具有领先优势的工程建设总承包商和设备供应商。

50多年来，中冶长天凭借不断创新的技术装备、雄厚的研发实力、先进的项目管理和诚信的服务理念为百余家国内外客户提供了上千项工程咨询、工程设计、工程总承包、设备成套等工程技术服务，在中国冶金工程建设领域取得了骄人的业绩。

湖南中冶长天重工科技有限公司（简称长天重工）是中冶长天（CIE）为保护自主知识产权、发展技术装备制造而设立的全资子公司，是中冶长天的科研中试基地、科技成果转化基地，同时也是行业内重大冶金烧结、氧化球团、金属化球团重大核心装备和环保设备的研制、集成和服务的基地。长天重工坐落于长沙麓谷国家级高新区，总占地面积220亩，其中厂房规划面积6万m<sup>2</sup>（一期3万m<sup>2</sup>已建成使用，二期3万m<sup>2</sup>即将建设），办公区域面积约1万m<sup>2</sup>。

长天重工设有铆焊、机加、装配、表面处理等生产车间及大型室外预装场地，拥有数百台（套）各类精良设备及相关检验、计量仪器。其中，铆焊车间配有钢材预处理设备、数控火焰及等离子切割机、剪板机、折弯机、卷板机、刨边机、油压机等大型设备；机加车间配备CK6063×12000/63大型数控落地式车床、TX160/2-7.5m×2m×1m数控镗铣台车加工专用机床及立车、龙门、落地镗铣床、悬臂刨床、大型卧车、深孔钻等大型数控、数显加工设备；另配有退火炉、喷丸喷砂、喷漆烤漆等各类相关设备，此外检验室还配备激光绝对跟踪仪、多功能里氏硬度计、全数字智能超声波探伤仪等完善的检测设备，能满足烧结、球团、直还等大型主机设备及环保产品的制造加工与成套。

长天重工依托中冶长天拥有的人才队伍和核心技术，大力发展先进装备制造，已实现年产值5亿元。长天重工生产的烧结核心设备及成套设备、氧化球团核心设备及成套设备、金属化球团（直还）核心设备及成套设备、环保设备、振动设备，已遍布国内冶金行业，并向日本、巴西、乌克兰、印度、越南、伊朗等国出口，深受好评。由我公司成套提供的球团三大主机设备（链篦机、回转窑、环冷机/冷却器）在珠海裕嘉矿产品公司、安徽铜陵有色金属（集团）公司、新疆富蕴金山矿冶有限公司、池州铜化润丰材料科技有限公司顺利投产。由我公司制造的液密封环冷机已先后在济钢、涟钢、龙钢、攀钢、南京钢、方大特钢、攀钢（西昌）、攀成钢、安钢、燕钢、汉钢、包钢、宝钢、日钢、日钢（营口）、新兴铸管、龙钢顺利投产。越南广联钢铁公司、宝钢湛江、本钢等10余台液密封环冷机正在设计制造中。

此外，由我公司制造的烧结机已先后在梅钢、山西通才、南钢、宝钢、本钢、日照顺利投产，越南广联钢铁公司、宝钢湛江等数台套烧结机也正在制造中。另外，我公司在多点除尘及管网设计方面独具专长，通过对管网进行阻力平衡计算，根据计算结果设置阻力平衡器，实现风量分配的最优化，有效的节省系统投资并降低运营成本。现我公司改造的议钢、龙钢、宁波钢等烧结、炼铁厂的除尘系统，分别采用了“袋改袋”“电袋”“电袋改”等多种形式的除尘设备，岗位含尘浓度符合国家标准要求，各除尘系统排放浓度均低于国家现行排放标准和要求，运行效果良好，并深受业主好评。长天重工承担研制的活性炭脱硫脱硝主体设备将于2015年8月在宝钢湛江钢铁基地应用。

长天重工严格按照ISO9001/ISO14001/T28001三标体系运行，恪守“精益求精，不断创新，提供顾客满意的优质服务”的管理方针，竭诚为您提供优质的产品和满意的服务。



新产品预装测试调试场地



电袋复合除尘器



链篦机



上振式三轴驱动椭圆等厚振动筛



柔性传动装置



液密封环冷机



装配车间



铆焊车间



机加车间



回转窑



烧结机



地址：湖南省长沙市高新技术产业开发区麓松路480号 邮编：410205  
 联系人：蒋大年 电话：13874968659 传真：0731-82737989  
 E-mail: zyctzg@163.com



# 湖南中冶长天节能环保技术有限公司

Hunan Zhongyue Changtian Energy Conservation and Environmental Protection Technology Co., Ltd

湖南中冶长天节能环保技术有限公司（简称长天能环）是中冶长天国际工程有限责任公司（简称中冶长天）的全资子公司，由原来的分公司中冶长天环保能源工程技术公司改制而成。

长天能环专门从事工业余热利用、固体废物处理处置、大气污染防治、水污染防治、物理污染防治、污染修复等环境保护与资源再生利用工作，是集研发、设计、咨询、总承包、工程运营管理、合同能源管理、环境服务、能源审计、环境影响评价及节能评估于一体的高新技术企业。长天能环现已拥有电力行业（火力发电[含核电站常规岛设计]、新能源发电、变电工程和送电工程）专业乙级资质，环境工程（固体废物处理处置工程、水污染防治工程、大气污染防治工程、物理污染防治工程、污染修复工程）专项乙级资质，建筑业企业环保工程专业承包叁级资质，设计水平及技术实力处国内领先地位，是湖南省环境服务试点单位、湖南省环保产业协会常务副会长单位、湖南省环保产业学会副理事长单位、长沙市环保产业联盟副理事长单位，同时是国家发改委、财政部审核备案的节能服务公司。多年来，长天能环已累计完成400多项设计、研究和总承包任务（EPC、BT、BOT、BOO、EMC等），其中多项工程获国家、部级及省级优秀工程设计奖。公司环保业务和产品随中冶长天主业已发展和出口到印度、印尼、巴西、日本、澳大利亚等10多个国家和地区。

长天能环坚持“人力资源是第一资源”的观念，按照公司发展战略的要求，优化专业配置和人员结构，积极贯彻“用好现有人才，引进急需人才，储备未来人才”的人才理念，建立了有利于人才健康成长的人力资源管理体系。公司现有员工110人，其中教授级高级工程师7人，高级工程师32人，工程师43人，各类注册工程师38人。

长天能环是国家烧结团装系统工程技术研究中心环保能源研究所的依托单位。研究所拥有博士3人，硕士6人。长天能环还与国内众多高校有紧密的战略合作关系，如清华大学、中南大学等，具有坚强的学术、技术后盾。

长天能环将秉承“为人类家园水净天蓝而不断创新”的宗旨，遵循“严谨敬业，实现自我；学习创新，追求卓越；诚信责任，回报社会”的价值观，努力成长为国内一流的高科技节能环保企业。

## 经营范围

- 1、工业余热利用及发电工程建设和运营
- 2、工业废气脱硫脱硝治理工程建设和运营
- 3、工业危险废物（含医疗危险废物）处理处置工程建设
- 4、重金属污染治理工程
- 5、城市生活垃圾分类、填埋、焚烧及综合利用
- 6、城市生活污水和各类工业废水的物理、化学、生物处理
- 7、污泥处理
- 8、含铁粉尘利用、水泥厂除尘
- 9、电厂粉煤灰综合利用
- 10、有机废气及厨房油烟治理
- 11、噪声治理及道路隔声屏设计
- 12、建设项目环境影响评价
- 13、节能工程设计和节能服务咨询
- 14、环保设施设备的成套、运营与管理

## 烟气脱硫脱硝工程

公司致力于烧结烟气脱硫脱硝技术的研究、开发和利用，掌握了国内通用和先进的脱硫脱硝工艺及技术，已建成投产的示范工程运行稳定，脱硫脱硝效率高。目前正在与清华大学、宝钢合作研究开发活性炭脱硫脱硝技术，此技术现已正式应用到宝钢湛江烟气脱硫项目中。活性炭烟气净化技术是当前烧结烟气净化领域最先进的烟气净化技术，该技术能同时脱除二氧化硫、氮氧化物、二噁英、重金属及粉尘等多种污染物，且能回收硫资源并制成浓硫酸产品，是一种资源回收型综合烟气治理技术。



攀成钢210m<sup>2</sup>烧结机烟气脱硫总承包工程，采用氨-硫酸铵法工艺治理，烟尘排放浓度：≤50mg/Nm<sup>3</sup>，SO<sub>2</sub>排放浓度：≤200mg/Nm<sup>3</sup>。



孟加拉国达卡市污水处理厂工程，处理规模10万m<sup>3</sup>/d。

石岩河污水处理厂工程，处理规模4万m<sup>3</sup>/d。

## 固废处理工程

经过多年的专业技术沉淀、创新与工程经验积累，公司现已成为固废处理行业领先的全方位环境服务商，先后独立完成数十项工程的设计与总承包，其中不少工程获得省、部级优秀设计奖，部分承建项目成为地区乃至全国的示范项目。



## 余热发电工程

公司专注于烧结余热发电技术的研究，通过不断创新，独立开发出冷却机余热利用梯级给风技术、直联炉罩式余热锅炉发电系统及技术等，大大降低了能耗，提高发电量7%以上。公司通过EPC、EMC、BT、BOT等多种模式为客户提供余热发电工程建设服务。

1	2
3	4

1. 湘钢2×360m<sup>2</sup>烧结机余热发电EPC工程，装机容量20MW。
2. 包钢新体系2×500m<sup>2</sup>烧结余热利用EPC工程，装机容量30MW。
3. 昆钢安宁公司新区300m<sup>2</sup>烧结机低温余热发电EPC工程，装机容量12MW。
4. 本钢2×265m<sup>2</sup>烧结机余热发电EMC工程，装机容量15MW。

## 水处理工程

公司有一批经验丰富的给水和水污染防治工程技术人员，掌握并拥有生物除磷、脱氮、化学除磷、两级硝化-反硝化、膜生物处理、膜分离、高效垂直流人工湿地等多项水处理技术，致力于新一代城市污水处理、工业废水处理、垃圾渗滤液处理和给水处理的工程设计、工程总承包、运营管理及技术咨询，先后完成了数十项工程，业绩覆盖国内多个省份和城市。

1. 广东省危险废物处理示范中心工程，获2010年度冶金行业优秀工程设计二等奖，获湖南省优秀工程咨询成果一等奖。
2. 宁波北仑工业固体废物处置站工程，获2009年度冶金行业优秀工程设计一等奖。
3. 深圳危险废物焚烧处置EPC工程。该项目在我国率先使用大气污染物欧盟排放标准进行设计，被国家环境保护部列为“全国危险废物处置工程建设的焚烧示范工程项目”。

1	2	3
---	---	---



地址：长沙市劳动中路1号 邮编：410007  
电话：0731-82762350, 0731-82760603

Web: <http://www.zyctnh.com>  
传真：0731-82760334, 0731-82760603

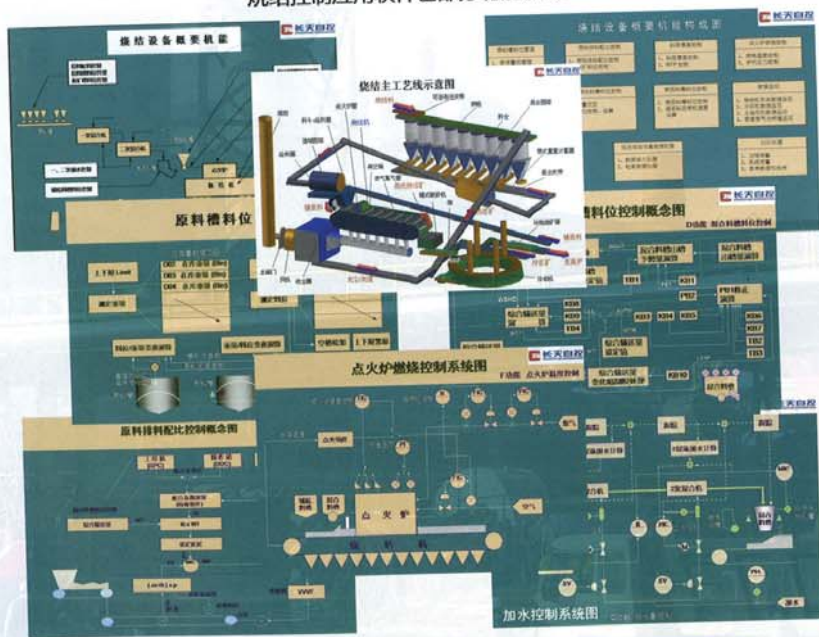
湖南长天自控工程有限公司是中冶长天国际工程有限责任公司(原长沙冶金设计研究总院)为拓展和延伸其三电控制系统的设备和软件服务市场,与原长沙博越自控工程有限公司强强联手合资组建,并由中冶长天国际工程有限责任公司控股的股份制企业,是一家以自动化工程设计、软件设计和调试、系统集成、工厂三电系统总承包、仪表及机电产品设计制造为主要经营范围的专业自动化工程公司。

公司成立以来,在工厂配电、变频调速传动、PLC和DCS控制、仪表自动化、工厂控制管理网及控制和检测元件等业务方面,先后承接的工程项目数百项,是湖南省乃至中南地区最大的专业自动化工程公司。公司拥有一批具有自主知识产权的自动化控制软件和相关产品,为湖南省信息产业厅认证的软件企业,在冶金行业的原料、烧结、球团、焦炉和高炉等工艺控制方面有独到的技术和良好的业绩。

公司作为多年服务于冶金行业的专业自动化工程公司,经过多年的应用技术积累和大量的研发投入,开发了“长天烧结控制应用软件包”、“长天烧结点火炉控制应用软件”及众多烧结专用产品,已在全国多个钢铁厂大量使用。



烧结控制应用软件包部分功能模块



软件著作权

长天烧结控制应用软件包最近部分工程案例



鄂钢烧结 中天钢铁1期烧结 长强钢铁烧结 中天钢铁2期烧结 燕山钢铁烧结 新余钢铁烧结



新余钢铁中控 宝钢不锈钢中控 南钢烧结中控1期 南钢烧结中控2期

公司环境及荣誉



公司部分烧结专用产品



配料皮带秤 计量皮带秤 烧结机主辅门 仪表柜 PLC控制柜 低压成套盘柜 高低压变频控制系统



CTA100系列配料控制器 CTA106系列称重控制器 CTA-BS系列称重信号变送器 CTA-S908系列数据光端机 CTA-BTP系列专用热电偶

**湖南长天自控工程有限公司**  
HUNAN CHANGTIAN AUTOMATION ENGINEERING CO.,LTD

湖南长沙韶山北路505号冶金科技楼六楼 (邮编: 410007)  
0731-85489666 85489661 85489663 85792533 (TEL) 0731-85489777 (FAX)  
公司主页: WWW.CTZK.NET  
E-mail: changtian2005@vip.163.com

# 强化烧结烟气 SO<sub>2</sub> 富集的工业试验

何峰<sup>1</sup>, 杜力<sup>1</sup>, 富田武<sup>2</sup>

(1. 华菱湘潭钢铁有限公司, 湖南湘潭 411101;

2. JICA 中日技术合作大气氮氧化物总量控制项目, 北京 100012)

**摘要:** 湘钢新二烧在维持生产参数基本不变的条件下, 利用烧结机尾部可切换风箱改变烟气导向, 在烧结终点前 SO<sub>2</sub> 浓度仍较高的风箱段增加导入脱硫烟道的风量, 实现了烧结烟气 SO<sub>2</sub> 进一步向脱硫烟道富集, 从而有效降低了非脱硫烟道中 SO<sub>2</sub> 的浓度, 得到了非脱硫烟道烟气 SO<sub>2</sub> 浓度低于新排放限值的有益结果, 对于目前在役的主流大型烧结机为应对新排放标准面对非脱硫烟道追加脱硫设施提供了新的低成本的技术思路。

**关键词:** 烧结烟气脱硫; 选择性脱硫; 强化富集; 新排放标准

**中图分类号:** X701.3, TF046.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8764(2015)04-0048-03

**doi:** 10.13403/j.sjqt.2015.04.056

## Industrial experiment on intensifying concentration of SO<sub>2</sub> in sintering gas

He Feng<sup>1</sup>, Du Li<sup>1</sup>, Fu Tianwu<sup>2</sup>

(1. Valin Xiangtan Iron and Steel Co., Ltd., Xiangtan 411101, Hunan; 2. China-Japan Cooperated

"Project for Total Emission Control of Nitrogen Oxide in Atmosphere", Beijing 100012)

**Abstract** In the condition that the production parameters of the new No. 2 sintering plant of Xiangsteel were mainly kept unchanged, and by utilizing the switchable wind boxes at the discharge end of sinter machine to change the flow direction of the exhaust gas, the volume of air leading to desulfurization duct was increased at the windbox section with still high SO<sub>2</sub> concentration just before sintering burnt-through point, thus the SO<sub>2</sub> of sintering gas concentrated in the desulfurization duct, and then the SO<sub>2</sub> concentration of the sintering gas in non-desulfurization duct was correspondingly reduced effectively, and a useful result was obtained that the SO<sub>2</sub> concentration of flue gas in non-desulfurization duct was below the new emission limit. However, a new technological low cost choice is provided for adding desulfurization facilities for non-desulfurization duct to deal with the new emission standard in all current mainstream large sized sinter machines.

**Key words** sintering flue gas; selective desulfurization; intensified concentration; new emission standard

## 1 前言

随着《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》(GB28662-2012)从2015年元旦开始正式实施,要求 SO<sub>2</sub> 排放浓度小于 200 mg/m<sup>3</sup>, 特别排放标准更要求小于 180 mg/m<sup>3</sup>, 而湘钢新一烧和新二烧大型烧结机非脱硫烟道现 SO<sub>2</sub> 排放浓度为 200~300 mg/m<sup>3</sup>, 因此均面临对非脱硫烟道追加建设脱硫设施并相应增加生产成本

收稿日期: 2015-06-09

作者简介: 杜力(1960-),男,高级工程师,从事烧结生产节能环保管理。

的问题。

鉴于烧结非脱硫烟道 SO<sub>2</sub> 实际超标不多, 湘钢能环部在与中日合作“大气氮氧化物总量控制项目”日方专家交流中探讨了将烧结烟气中的 SO<sub>2</sub> 进一步向脱硫烟道中富集, 从而降低非脱硫烟道 SO<sub>2</sub> 浓度, 达到避免对非脱硫烟道追加建设脱硫设施的可能性, 并联合炼铁厂在新二烧 405 m<sup>2</sup> 烧结机上进行了试验。试验得到了中日合作“大气氮氧化物总量控制项目”及其

日方专家的技术支持。

## 2 烧结机抽风系统

湘钢新二烧烧结机面积 405 m<sup>2</sup>, 台车宽度 4.5 m, 有效烧结长度 90 m, 烧结料层厚度 750 mm, 利用系数约 1.3 t/(m<sup>2</sup>·h)。新二烧采用选择性脱硫方式, 烧结抽风系统如图 1 所示。1<sup>#</sup>、

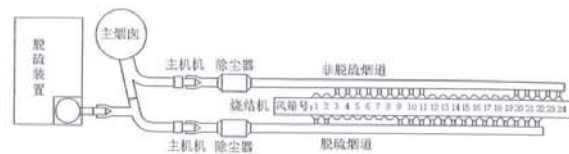


图1 烧结机抽风系统示意图

## 3 原始条件

2014年3月, 中日合作“大气氮氧化物总量控制项目”对湘钢新二烧 405 m<sup>2</sup> 烧结机烟气理化性能进行了实测, 沿烧结机长度方向各风箱烟气 SO<sub>2</sub> 浓度分布规律如图 2 所示。

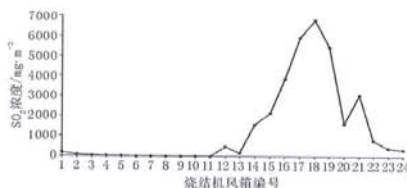


图2 烟气 SO<sub>2</sub> 浓度沿风箱分布曲线

经抽风系统的选择性导向, SO<sub>2</sub> 浓度较高的烟气被导入脱硫烟道, 经后续脱硫处理后达标排放; SO<sub>2</sub> 浓度较低的烟气则被导入非脱硫烟道自然排放。两个烟道的 SO<sub>2</sub> 浓度等主要指标(采自湘潭市环保局的“湘潭市污染源自动监测系统”在线监测数据)列于表 1。

表1 烟道总管烟气主要理化指标

烧结烟气	SO <sub>2</sub> 浓度/mg·m <sup>-3</sup>		温度/℃	负压/MPa
	脱硫前	脱硫后		
脱硫烟道	2 188	153.16	133	16.9
非脱硫烟道	235.56	—	166	16.5

2<sup>#</sup>以及 12<sup>#</sup>~19<sup>#</sup>风箱烟气导入脱硫烟道, 3<sup>#</sup>~8<sup>#</sup>和 22<sup>#</sup>~24<sup>#</sup>风箱烟气导入非脱硫烟道, 9<sup>#</sup>~11<sup>#</sup>和 20<sup>#</sup>~22<sup>#</sup>风箱为可切换风箱。可切换风箱通过翻板式切换阀连通至两个烟道, 切换阀平常置于双通位置, 烟气对称导入两个烟道, 必要时, 可通过调节切换阀将烟气全部导入脱硫烟道或非脱硫烟道。

## 4 试验方法

利用靠近烧结机尾部的 20<sup>#</sup>、21<sup>#</sup>、22<sup>#</sup>三个风箱的可切换特性, 将其收集的 SO<sub>2</sub> 浓度仍较高的烟气由平常的对称导入双烟道逐个改为全导入脱硫烟道, 实现烧结烟气中的 SO<sub>2</sub> 进一步向脱硫烟道富集。试验分以下四组进行:

(1) 基准: 基准期不调整任何风箱导向, 采集正常生产实测数据作为对比基准;

(2) 条件一: 将 21<sup>#</sup>风箱的烟气全部导入脱硫烟道;

(3) 条件二: 将 20<sup>#</sup>、21<sup>#</sup>风箱的烟气全部导入脱硫烟道;

(4) 条件三: 将 20<sup>#</sup>、21<sup>#</sup>、22<sup>#</sup>风箱的烟气全部导入脱硫烟道。

每次调整风箱导向后观察 24 h, 非脱硫烟道 SO<sub>2</sub> 排放浓度采用湘潭市环保局的“湘潭市污染源自动监测系统”在线监测数据, 生产参数力求正常。

## 5 试验结果

试验期间, 烧结混合料含硫量为 0.07%, 新二烧非脱硫烟道 SO<sub>2</sub> 浓度随时间变化曲线见图 3, 各实验条件下脱硫烟道原烟气和非脱硫烟道 SO<sub>2</sub> 平均浓度见图 4。其中条件三由于另一个

节能项目“大烟道余热回收项目”的施工影响而提前5个小时结束。

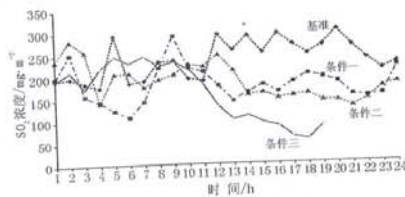


图3 各试验条件下非脱硫烟道SO<sub>2</sub>浓度随时间变化曲线

从图3可以看到,在每组试验开始后的前期,各组试验数据相互交织,没有规律,但约12个小时过后,各组试验SO<sub>2</sub>浓度出现明显的高低分层:基准组SO<sub>2</sub>浓度平均值为256.35 mg/m<sup>3</sup>,条件一试验组SO<sub>2</sub>浓度平均值降为171.03 mg/m<sup>3</sup>,条件二试验组降为155.39 mg/m<sup>3</sup>,条件三试验组降为82.90 mg/m<sup>3</sup>,后三组试验SO<sub>2</sub>浓度均低于新排放限值,如图4所示。

各组试验前期约12个小时数据交织的原因尚不清楚,有待下一步试验深入研究。

## 6 结束语

华菱湘钢在新二烧405 m<sup>2</sup>烧结机上进行的

(上接第47页)

试验期较基准期烟气SO<sub>2</sub>浓度变化幅度:  
710 ÷ 3 276 = 21.67%

## 5 结论

1) 提钒尾渣中TFe含量较低,仅26%左右,MnO含量较高,达到4%左右,对环境有害的铬和钒分别达到了1%和2%左右,硫含量更是高达5%,这些元素的存在使提钒尾渣难以处理,如果处理不当,将直接影响企业的可持续发展。将提钒尾渣返回烧结,促进了部分元素的回收与利用,具有较大的环保效益和推广应用前景。

2) 提钒尾渣加入烧结后,烧结矿转鼓强度降低了0.59个百分点,成产率提高了0.85

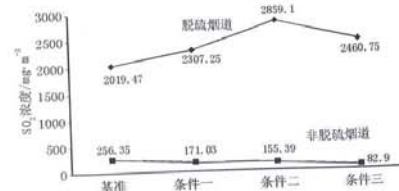


图4 各试验条件下脱硫烟道和非脱硫烟道SO<sub>2</sub>平均浓度

“强化烧结烟气SO<sub>2</sub>富集的生产试验”结果表明,对于采用选择性脱硫抽风系统的烧结机,通过在烧结终点前SO<sub>2</sub>浓度仍较高的风箱段增加导入脱硫烟道的风量,可以实现烧结烟气SO<sub>2</sub>进一步向脱硫烟道富集,从而有效降低非脱硫烟道中SO<sub>2</sub>浓度,进而有可能实现非脱硫烟道烟气SO<sub>2</sub>浓度低于新排放限值。这个试验结果,对于目前在役的主流大型烧结机为应对新排放标准而对非脱硫烟道追加脱硫设施,提供了新的低成本的技术思路。

## 参考文献

- [1] 林金柱. 三钢2<sup>#</sup>烧结机烟气脱硫系统及运行状况[J]. 烧结球团, 2008, 33(5): 33-36.
- [2] 陈凯华. 铁矿石烧结过程中二氧化硫的生成机理及控制[J]. 烧结球团, 2007, 32(4): 13-17.

个百分点,烧结矿化学成分变化不大,混合料中硫含量增加约19%,烧结过程脱硫率提高,达到90.22%,说明尾渣中的硫在烧结过程中能大部分脱除。

## 参考文献

- [1] 翁庆强. 高炉消化提钒二次尾渣可行性分析[J]. 矿产综合利用, 2012, (3): 59-61.
- [2] 邓志敏. 钒钛磁铁矿提钒尾渣浸取[J]. 中过有色金属学报, 2012, 22(6): 1 770-1 776.
- [3] 吴恩辉. 提钒尾渣内配碳球团直接还原试验[J]. 有色金属, 2011, (11): 17-20.
- [4] 王猛成. 提钒尾渣综合利用研究[C]. 第二届钒产业先进技术交流会论文集. 2013. 72-75.
- [5] 张雪梅. 硫酸钙的还原热分解特性研究[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(12): 144-148.

# 宁钢烧结烟气循环系统的节能减排效果

贾秀凤, 喻波

(宁波钢铁有限公司炼铁厂, 浙江 宁波 315807)

**摘要:** 宁钢烧结烟气循环系统是大陆第一套投入工业化应用的烟气循环利用系统, 借鉴国外烟气循环系统的经验, 结合宁钢自身的工艺布局特点, 形成了具有自身特色的烟气循环工艺。为验证该系统满负荷生产下的节能减排效果, 宁波钢铁邀请第三方检测评估单位, 对该系统进行了试验。结果表明, 满负荷生产时, 该系统在降低能耗、减少污染物排放方面都有明显的效果。

**关键词:** 烟气循环烧结; 固体燃料; 污染物排放总量

**中图分类号:** TFD46.4, X7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8764(2015)04-0051-04

**doi:** 10.13403/j.sjqt.2015.04.057

## Energy saving and emission reduction effect of Ningsteel sintering flue gas recirculation system

Jia Xiufeng, Yu Bo

(Ironmaking Plant of Ningbo Iron and Steel Co., Ltd., Ningbo 315807, Zhejiang)

**Abstract** The Ningbo Steel sintering flue gas recirculation system is the first set of flue gas recirculation utilization system put into industrial application in mainland China, by referring the experience of overseas flue gas recirculation system and in combination with the Ningsteel self process layout characteristics, the self-characteristics flue gas recirculation process is formed. In order to verify the energy saving and emission reduction effect of the system in full load production, Ningbo Steel invited the third party evaluation unit to test the system. The result shows that, while in full load production, the system indicates obvious effect in terms of reducing energy consumption and reducing pollutants emission.

**Key words** flue gas recirculation sintering; solid fuel consumption; total pollutant emission amount

## 1 前言

烧结作为长流程钢铁制造不可或缺的一道工序,其工序能耗占整个钢铁生产总能耗的10%左右,SO<sub>2</sub>排放占钢铁厂总排放的40%~60%,NO<sub>x</sub>排放占钢铁厂总排放量的50%~55%(含球团),粉尘排放占钢铁厂总排放量的13%左右,CO<sub>2</sub>排放占钢铁厂的12%以上。在能耗高、污染高的同时,由于烧结废气具有温度偏低且波动大、粉尘浓度高的特点,目前我国基本上只有冷却机的热废气得到了较为全面的利用,作为烟气量更大的烧结机产生的热废气回

收利用在国内还是空白。

近年来,以烟气循环的形式利用烧结机热废气来实现节能、降低污染物排放的做法成为了国内外的热点。通过将部分风箱支管的热废气或大烟道总管上一部分热废气引至烧结机点火炉后的一段台车上部,用密封罩罩住,在主抽风机的作用下通过台车料床往风箱下抽取使用的工艺逐渐兴起,欧洲、日本等国以及中国台湾地区有多种烟气循环的技术在烧结机上得到成功应用。具有代表性的有荷兰 Hoogoven 的 EOS 工艺、德国 Duisburg 的 LEEP 工艺、奥地利 Linz、韩国 POSCO 和台湾中龙钢铁的 Eposint 工艺。

收稿日期:2015-06-24

作者简介:贾秀凤(1969-),女,高级工程师,学士学位,从事炼铁厂技术管理工作。

**ボイラ移転に伴う留意点 (移転工事業者選定資料・指示書)****1. 序**

本資料は 湘潭電化科技股份公司 工場の既設缶を新工場に移設し、現在の性能・出力仕様と同格の状況で利用するものである。移設に要する、解体、保管、輸送、組立、及びボイラ移設に付帯する送風機等補機類、配管、保温、ダクト、築炉工事、配線、計装工事等に関わる一切の必要な工事を施工するものとする。

なお工事履行に伴う法的な責務に関わる詳細な EPC : Engineering, Purchasing, Construction 等の条件については契約書に準拠する。

**2. 基本事項****2.1 移設要領計画書の作成**

ボイラ移転に先立ち、円滑で効率的なボイラ解体工事、梱包、保管、運搬、据付組立、試運転検収を図る為、請負業者は事前に移設計画を策定し、発注者の確認を得るものとする。

要領計画書は少なくとも次項の施工内容について検討し計画書を作成すること。

**1) 解体前の既設缶の状況確認を行うこと**

①次の設計図書の確認を行い、性能、機能、構造、材質、重量、寸法、個数等の確認を行い、移設後の性能に支障が無いように、劣化、破損、焼損、個数不足、又は設計変更の有無等を確認すること。

- ・仕様書
- ・設計書（熱計算書、ボイラ本体・過熱器・節炭器・空気予熱器の伝熱面積設計計算書及び強度計算書）
- ・構造設計図（ボイラ本体、燃焼室、空気予熱器、節炭器）
- ・補機類の構造図（送風機、集塵機、灰出装置、助燃装置、塔槽類など）
- ・炉体施工図（炉材材質、寸法、アンカー施工図、築炉図）
- ・計装系統図（制御、計器類）
- ・配管系統図（あれば配管施工図）
- ・動力系統 単線結線図
- ・移転機器の性能試験結果または性能図（P・Q 曲線など）
- ・改造または設計変更等の履歴記録など

**2) 解体作業手順書の作成****3) 解体・運搬作業要領（指示書）の作成****4) 組立工事作業要領及び手配書の作成****5) 性能試験または検収要領の策定****6) 移設工事工程表****7) 移設工事 従事者工数表****8) 安全対策、保険等の取扱****9) 解体・移設工事請負業者の組織表****2.2 移設後の施設に関する計画図書**

新工場における移設後の設備計画を、既設ボイラの状況を把握した上で、改善点、改造点、新設機器を盛り込んだ計画図書を修正すること。

内容は 2.1 1) ①に準じる。

**3. 解体工事**

解体工事は着工前準備工事、付帯機器設備取外し工事、ボイラ本体解体工事、後仕舞工事がある。各々次項について留意すること。

**3.1 着工前準備工事****● 着工前に確認すべきこと**

- ・解体機器の Tag または表示管理表の用意⇔構造図、機器図と照合すること
- ・解体物の部位 No または名称は予め用意しておくこと
- ・解体部の最適解体度の徹底確認（不要の過解体の回避のため、指示の徹底を図る）
- ・解体部位の保管場所、保管方法の指示（屋外/屋内、雨天対策など）
- ・解体要領の再確認→解体物の順序、効率、切断箇所など

**● 仮設工事の設営計画**

足場、防塵対策、使用機材の設営計画との照合確認、労働安全対策

**● 使用機械器具の計画と動線等の確認**

クレーン（重量・アーム・形式）、切断機の仕様、フォークリフト、運搬車両、基礎、場所、空間、資格者など

**3.2 仮設工事**

仮設工事要領計画に準拠して、設営のこと。

工事責任者、安全対策等の要領は解体工事に準じる。

**3.3 付帯機器設備取外し工事**

・移設工事は新設工事と異なり、ボイラ本体に既に配管、弁類、歩廊、配線、計器類が付設しており、且つ耐火物、煤、熔融付着物がある。またポンプ、送風機、集塵機、電気盤、槽類等が敷地内に設置されている。取り外し、解体作業にはこの機器が輻輳する関係を整理して、最も効率よく、破損や損失の少ない方法を計画すること。

例) 「下から 上に」

「配線・配管」→弁類・計器類→大型補機類→ダクト→

・部品・機器には Tag を付けて個数等記録管理し紛失を防止すること。

**3.4 ボイラ本体解体工事****・ 燃焼室耐火物撤去工事****・ 火床 Element の解体****・ 保温材・ケーシング解体工事****・ 本体、燃焼室、SH 管群、節炭器群、GAH 解体工事****・ 鋼体骨躯体部取り外し（切断部）**

「留意事項」

\* 鋼部の切断解体は再現を考慮して最小限に留めること。ボルト等の切断によるスクラップ品損失品は直ちに手配すること。

\*圧力部の解体時、各部位に水側、火炎接触側にピンホール、腐食、摩耗、変形等の劣化現象が無いか確認記録すること。

\*水管部、ドラム部、管寄部など

拡張継部は再使用材となることを考慮して、取り外すこと。

溶接継部は組立て時、開先代の加工まで考慮のこと

管寄 (Header) や Manhole 部の Packing (Gasket, Sheet) は再利用不可でも  
工事完了まで保管のこと (仕様不明時の対策)

\*流動層部機器 (ノズルなど)

焼損が激しく再利用の可否は Scrap とせず、関係者の指示を待つこと

\*ダンパー類、空気吹込ノズル、煤吹落機器エレメント

最小限の解体に留めること。Element に損傷がある場合関係者の指示を待つこと

\*ボイラや機器に付属している圧力計、水面計、センサー部位は本体解体前に先立ち取り外すこと。導管には栓をして異物や水が入らないよう対策すること。

### 3.5 後仕舞工事

建屋、敷地整備、Scrap 処理、仮設物撤去等、契約仕様書で指示した通り履行すること。

## 4. 保管及び輸送

1) 組立までの保管は計器類、弁類、小型機器類、大型塔槽類、素材形状品、圧力部等に分類保管し輸送すること。特に耐火物や灰類が付着した機器類との混載や積上保管は避けること。

2) 輸送時の破損が予想される計器類等は簡易梱包で保護すること

## 5. 組立工事 (据付・Casing・炉体架炉・配管・配線・保温・塗装・計装等)

1) 手順書に準じて一次組立、二次組立を行うこと。クレーンの機能や開口部の事前点検を行い、配管工事、保温工事、Casing 工事、炉体工事との調整に留意すること。

2) 鉄工事、煉瓦工事等 工事を並行して施工を行う必要があるが、工事の調整確認を毎日実施すること。監理指揮する権限を有する総合管理者を専任して、その下位に、各現場責任者を指名し、監督させること

3) 計装工事、配線工事の完成は、静動作確認、通電確認、作動確認を実施したことで完成を認める。

4) 塗装仕様は別途指示する。

5) 新設機器 (脱硫装置、脱硝装置等) については、取り合い、Space、配線配管施工の際、工事上の調整を必要とする、綿密な協議を行い確認して施工のこと

## 6 工事完成検収

1) 移設姿完成は、発注側責任者の検査を合格することを条件とする。

2) 姿完成後、行政上の完成検査を受検し運転の許可を得ること。

## 7. 試運転・性能検査

1) 使用許可後 次の工程で試運転・性能検査を実施すること

乾燥焼き→酸洗浄 (油・汚物の除去) →暖機 (低負荷運転) →計装作動確認→TG 通気  
2) 発電機系統の接続は、電気負荷との調整が困難で定格出力確認や条件設定が困難と予想されるため、放蒸用の By-pass 管を準備することを推奨する。

(可能なら 5~10 分間でも定格出力、計画石炭による運転を実施してプラントの動的特性や制御機能の確認を実施することを推奨する。

・正常運転の確認「燃烧、蒸発、作動、Amp、振動騒音・・・」

・大気汚染物質 排出濃度 (煤塵、SOx、NOx、O<sub>2</sub>・・・)

Turbine Generator 移設工事要領は別途要領参考のこと



## 火力発電所移設工事 入札条件に係わる技術的コメント —NOx 排出抑制に関係する視点から—

ご開示戴きました入札公告に係わる技術情報に付き、ボイラ移設等に関わる適正かつ効率的な施工を目的として、Engineering、手配業務等に視点を当て精査した結果を報告致します。

### 1. 移設工事の履行責任に係わる事項

#### 1.1 工事範囲

済南鍋炉 Grp 製 75t/h 及び 35t/h の 2 基の既設缶及び付帯設備の移設工事に関する請負者の責任所掌は、竣工検収を責任施工の最終限界とする方式と一部の除き機器資材等の全ての責任を請負業者の責任施工とすることを明記されており、請負者に対し、電化科技殿がこの履行を監理出来れば問題はない。

今後の対応として、本入札公告範囲において、電化科技殿が、既設機器の範囲の見落とし及び追加必要機器の記述不足等の確認を推奨する。

#### 1.2 工程等に関して

50t/h 缶の移転工事期間は短期間であり、JICA 6 月 4 日付「ボイラ移転に伴う留意点」で推奨した工事の円滑な進捗の基幹となる移転工事要領（仮設工事、解体要領、作業手順等）、工程表、移設後の改造要領等を確認すること。

業者請負一任方式でも、工事中あるいは竣工後、機能等が適正でない事項が出現された時点では、操業停止や不可による経済的損失や改善不可なケースが生じるリスクがある。

### 2. 50 t/h 缶の出力 up について

#### 2.1 技術的要件の確認はどうなっているのか？

出力 up 率 50/35=1.41 倍である。ドラム胴及びフレームのみを移設利用し伝熱面積やその他の圧力パートは取替の計画である。請負業者に下記の点を確認すべきである。

- ① 伝熱面積 火炉部水管群、接触伝熱水管群、過熱蒸気管群、再熱管群、ECO 部 等伝熱面構造（水管仕様、材質、溶接構造・・・）
- ② 火炉構造 ライザー高さなどは NOx 生成や燃焼効率に直接影響する特性である。
- ③ 熱効率 火炉空塔速度、火炉ガス温度、火炉熱負荷、流動媒体量
- ④ ドラム （既設 35t/h の諸元の数値比較も要求すること）
  - 気水負荷は余裕があるのか？
  - 気水分離器性能は問題ないのか(保証されている蒸気純度はどの程度か?)
- ⑤ 50t/h 缶 改造後の性能仕様の要求をすること
  - 空気比、負荷追従性などは NOx 生成抑制に直接関係する因子である。

#### 2.2 現場組の缶における圧力部位の溶接構造部

熱応力除去（焼鈍処理）、探傷検査等は施工しないのか？ 実施する業者は公的認定された第三者機関か、社内者なのか？

### 3. 75 t/h 缶 移転について

#### 3.1 全ての部材が再使用される計画であるが以下の点が不明である。

- ・水管の切断—現地溶接部はないのか？（あれば 2.2 同様に検査、応力除去が必要）
- ・圧力部位（管寄等）の損傷が発券された場合の措置（例：肉盛り修復、溶接、取換えなど）

#### 3.2 当面 1 缶の先行稼働が予定されているが、2 缶 1 塔の脱硫装置の機能は保証できるのか？ ガス量/アルカリ洗浄量 比に対する対策・制御法が不明である。

### 4. その他

#### 4.1 新設通風機の風量/圧力/動力/効率の計画予想線図又は Data の提出を求めること

#### 4.2 既設の制御機、計装機器を全て移転するのか？

- ・制御系統も同様なのか？
- ・新設マイコン 保護 System の内容は確認又は指示しているのか？

#### 4.3 移転先の原水水質は、現在の水質との相違は確認済みなのか？

#### 4.4 脱硝系統における石灰閉鎖や故障時の Bypass の考慮が無い。

石灰粒径、品質は検討されているのか？

#### 4.5 新設機器に、納入業者責任、請負業者責任、築炉保温業者責任と分散した発注形態が見られるが、動的特性や挙動が避けられない燃焼分野との調整、技術分界を誰が Engineering するのか？

「湘潭電化科技殿 開示情報」

1. 公告
2. 火力発電所移設入札プロジェクト範囲
3. 同 上 計画施設図面、機器図面



移設 50t/h 流動層ボイラ完成に伴う NO<sub>x</sub> 排出抑制等に関するチェックリスト  
(案)

1. 本確認の趣旨と目的

JICA 活動の一環として実施中の標記活動に係わり、貴事業所は湘潭市よりモデル事業所として選定されている。

今般、貴事業所において移設された CFBC 石炭焼きボイラに係わり、NO<sub>x</sub> 総量抑制の観点から、技術的事項に関して確認を計画しております。

については、次項に示すボイラ諸機能に関する確認事項について可能な範囲で開示を希望する。なお開示された技術事項は標記の活動目的以外には他に公表はしないことを約する。

2. ボイラ性能に関する事項

NO<sub>x</sub> の生成は燃焼により生成するため下記の完成前の計画諸元について確認する。

項目	設計条件 (移動前)	常用条件 (移設後)
蒸気圧力 MPa	3.82	
蒸気温度 °C	450	
蒸気温度 °C	450	
蒸発量 t/h	30	50
給水温度 °C	105	
熱効率 %	88	
計画排ガス量 Nm <sup>3</sup> /h	10400	
伝熱面積 (m <sup>2</sup> ) 燃焼室 接触部 SH 部 空気予熱部		
燃料種類 低位発熱量 kcal/kg 窒素分 % 灰分 %	無煙炭 4720	

3. 流動層燃焼では石炭中に含む窒素分の影響が大きい。試運転に供する購入石炭の炭質について、以下のような炭質項目は確認しているか

- ・発熱量 kcal/kg
- ・灰分 %
- ・揮発分 %
- ・固定炭素 %
- ・硫黄分 %
- ・水分 %

⇒ 燃焼時ベースの水分測定は実施できるのか？

- ・粒径 mm

- ・分析データが無い場合、どのような方法で納入者⇄電気科技との検収を実施するのか？  
ボイラ熱精算等の方法は何を根拠にして実施するのか？

4. ボイラの燃焼機能に関する下記の仕様について

- ① 燃焼量の確認：給炭器の計量能力は 10t/h と聴いているが、当面 1 缶のみ運転である。  
計量の感度、精度はどの程度か？

- ② 空気量に係わる下記の仕様について

- 一次空気ファン (新設) 220kW 風量 ● m<sup>3</sup>/h 風圧 ● mmPa
- 二次空気ファン (新設) 132kW 風量 26827m<sup>3</sup>/h 風圧 11470 Pa
- 誘因ファン (新設) 400kW 風量 110177m<sup>3</sup>/h 風圧 6567Pa

- ・各ファンの性能検査実施結果の Data 及び風量・風圧 (P-Q) 特性図はありますか？

5. 炉内脱硫 炉外脱硫について、各々の計画数値について

- ・計画諸元 設計ガス量  
ガス温度  
SO<sub>x</sub> 濃度 {規定 O<sub>2</sub> 換算値}

- ・これらの性能確認の方法はどのように実施するのか？

6. 脱硝装置について

- ・計画諸元 設計ガス量 ● m<sup>3</sup>/h  
ガス温度 ● mmWC  
NO<sub>x</sub> 濃度 (規定脱硝後, O<sub>2</sub> 換算値)  
脱硝剤注入量

- ・これらの性能確認乃方法はどのように実施するのか？

#### 7. NO<sub>x</sub>計測時のボイラ運転状況の確認

- ・ 計画条件の蒸発量 50t/hの時のみの試験なのか？  
35t/h(70%)も実施するのか？  
{実施しない場合の予測値は？}
- ・ 測定者
- ・ 石炭分析の実施
- ・ もし中央監視室の計測値の場合、関係する計器の調整結果の開示をお願いする  
(感度調整、スケール確認、標準計測値との較正検査記録など)

## 移設流動層ボイラの脱硝技術の検討

### 1. 流動層ボイラと NO<sub>x</sub> の排出特性

石炭燃料・流動層ボイラの NO<sub>x</sub> 生成は、Fuel NO<sub>x</sub> の占める影響が大きく、微粉炭や火格子燃焼方式に比較して、空気比が小さく、燃焼室の燃焼ガス温度が低く、火炎燃焼でないため Thermal NO<sub>x</sub> の生成量は少ない。従って生成抑制法では、石炭中の N 分を低くすることで規制値を満足するケースが多い。石炭中の N 分の NO<sub>x</sub> 転換率は通常 15～30%程度と想定されている。茲に御社から検討用に開示された Data を根拠にして、設置すべき脱硝技術の検討結果を報告する。

### 2. 試算検討結果

現状の解析の 5 月 28 日提供の Data を根拠にして以下に定格蒸発量時における NO<sub>x</sub> 排出量を確認する

蒸発量	定格	G = 75000	kg/hr	
蒸気圧力		P ≒ 38	MPa	
蒸気温度		t = 450	℃	
Enthalpy		hs ≒ 800	kcal/kg	
給水の Enthalpy		hw ≒ 105	kcal/kg at 105℃	ECO 入口
石炭低位発熱量		LHV = 4720	kcal/kg	
計画ボイラ熱効率		η = 88	%based on LHV	

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{定格燃料消費量 } F1 &= G (hs - hw) / \eta \cdot LHV \\
 &= 75000 (800 - 105) / 0.88 \cdot 4720 \\
 &= 12550 \text{ kg/h}
 \end{aligned}$$

茲で流動層の空気過剰率 m = 1.3 と仮定すると

$$\text{理論燃焼空気量 } A_o = 5.26 \text{ m}^3\text{N} / \text{kg f}$$

$$\begin{aligned}
 \text{実際ガス量 } G_a &= [ 0.89 \cdot LHV / 1000 + 1.65 ] + (m - 1) A_o \\
 &= 5.85 + 0.3 \cdot 5.26 \\
 &= 7.428 \text{ m}^3\text{N}/\text{kg f}
 \end{aligned}$$

$$\text{計画ガス量 } 100,400 \text{ m}^3\text{N}/\text{h} > \text{試算ガス量 } 7.428 \cdot 12550 = 93,220 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$$

仕様値と試算値に 8%程度の誤差がある。この誤差の原因を想定すると、各蒸気仕様は TG 送気条件の関係から正しいと想定されることから、他の要因として

- ①ボイラ熱効率が実際は 88%より低いケース
- ②石炭低位発熱量が計画値より低いケース（又は水分 < 8%）
- ③空気過剰率 m = 1.35 ぐらいで運転されているケース  
(O<sub>2</sub>濃度測定である程度確認は可能である)

ここで現在使用石炭の品質から、N分5%、石炭水分<8%と試算すると

N=5%bd の実際ベースのN含量は

$$(1-0.08) 0.05 = 0.049\% \text{ wb. となり}$$

NO生成量は、転換率15%で試算するとNOx生成量は

$$\div 180\text{kg/hr} \rightarrow \text{濃度} \div 180\text{mg/m}^3\text{N となり、新工場規制値 } 100\text{mg/m}^3\text{N を}$$

Fuel NOxのみで超える結果となる。

これに Thermal NOx 量も 50~100mg/m<sup>3</sup>N 相当を加えると 230~280mg/m<sup>3</sup>N となる。

この解析結果から以下のことが原因として指摘できる。

- ①現在の御社の排出実績値を信頼して、実際使用されている定常の出力蒸気負荷 60/75=0.8 時、炉内燃焼温度が低いため、実際の Thermal NOx 発生が抑制されている。
- ②実際使用の石炭 N 分が 2~3%域にあることも想定出来ること(水分が多い場合も同様)
- ③NOx の Monitoring の計測値が Zero 調整、Span 調整などの原因で、低く測定されていること、(O<sub>2</sub>濃度も同じ現象)

### 3. 推奨する対策

流動層ボイラの利点は低公害型のボイラと言う特徴を有して普及している優れたボイラである。炭種に低N質、高熱量炭を選択すれば、本来、脱硝装置は付帯しなくてよい。しかし御社のケースは、環境評価認可の条件として付帯することになっている関係上、以下の対策を推奨する。

- ①使用石炭： 石炭中のN分 < 2%db.以下を使用する。

ボイラ供給時水分< 8% (到着ベース水分<9%)

Ash < 35%db. 可能な限り少ない方がよい

- ②NH<sub>3</sub>吹込み方式 乾式無触媒脱硝方式(SNCR)の装置を装備する。

使用法として、炭質、ボイラ負荷、空気比等が原因で規制基準値 100mg/m<sup>3</sup>N (O<sub>2</sub>=6%Vol) を超えた時使用する。

設置装置：NH<sub>3</sub>受入装置、貯槽、送液ポンプ、流量計、吹込ノズル、ノズル部冷却管等  
制御装置、配管、弁類、歩廊

吹込み場所等：ボイラ構造図、熱計算書を確認後、指示は可能である。

→反応時間、噴霧 Nozzle 配列、ガス流れ、温度等の検討を必要とする

→現状のボイラ構造、ガスダクト形状の変更が必要である。

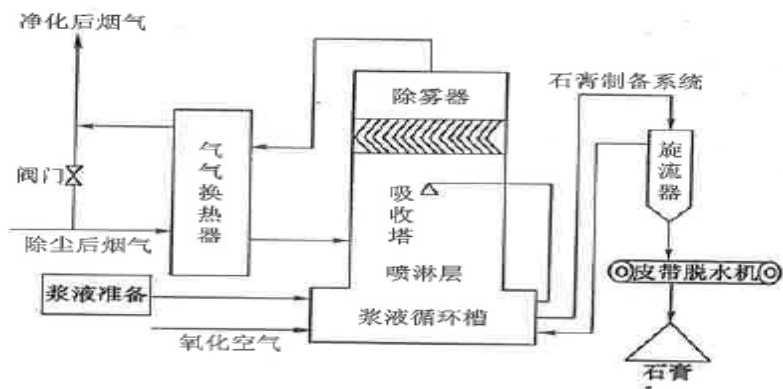
- ③炉内脱硝法

炉内に直接還元剤を吹き込む方式もあるが燃焼室改造が必要なうえ、Nozzle の焼損、Slag の付着、反応時間等の技術的リスクが大きく推奨できない。

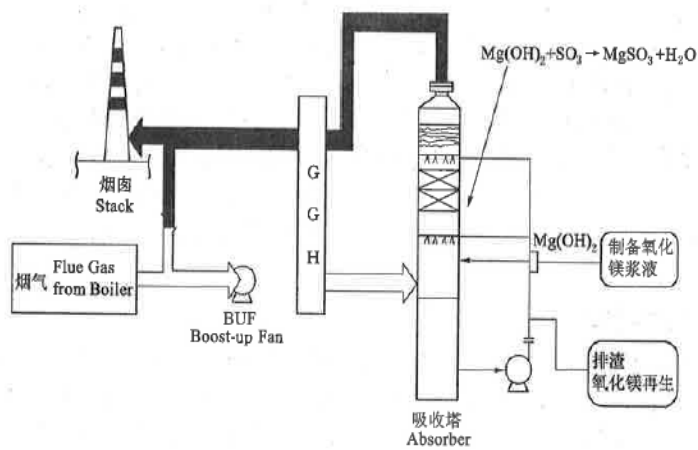
以上

### 脱硫方式の種類と特徴

No.	脱硫方式	区分	System	技術的課題	経済性	脱硫剤	副生物
1	湿式石灰石-石膏法	湿式	石灰石粉を水と混合したスラリーを排ガス中に噴霧する	普及率最大 脱硫効率>90% 水の使用量が多い	設備建設費大 脱硫剤安価 除去S 当り処理コストは安い	石灰石 安価、入手が容易、 微粉砕が必要	石膏  建材、セメント原料化
2	水酸化マグネシウム法	湿式	脱硫剤に水酸化マグネシウムを使用、スラリーを排ガス中に噴霧する	排水処理が必要	脱硫剤コストが高い	水酸化マグネシウム 安価だが入手が困難	硫酸マグネシウムは 有効利用実績が無い
3	スプレードライヤ法	半乾式	生石灰を水と水和反応させ得られた消石灰スラリーを水と共に排ガス中に噴霧する	脱硫効率≒70% 噴霧技術が必要	設備費は安い 除去S 当り処理コストは割高	生石灰 高価、保管法に注意が必要	亜硫酸石膏は有効利用実績が無い
4	活性炭吸着法	乾式	排ガスを活性炭層を通し SO <sub>2</sub> を表面上に一旦吸着して、活性炭を加熱脱離する 水不要	活性炭の消耗抑制に排ガス中 NH <sub>3</sub> ガスを混合させる	高脱硫率、活性炭が高価のため処理コストは高い	活性炭 高価 管理も難しい	回収高濃度 SO <sub>2</sub> →硫酸、硫黄回収
5	炉内脱硫法	乾式	流動層ボイラで石灰石と石灰石を同時に投入、燃焼と同時に脱硫する、排水なし	脱硫効率は燃焼温度で変化 脱硫効率 ≒85~90% 最適温度 ≒850℃	設備は炉内投入系統を設備するのみで安価、高脱硫効率には多量の石灰石が必要	石灰石→安価  適切な Size 粉砕が必要	亜硫酸石膏+石灰灰+未反応石灰 (混合)  利用価値は低い
6	石灰石炉内吹込・散水法	乾式+半乾式	石灰石粉を炉内に噴霧すると共に、後段で排ガス中に水スプレーを噴霧する	効率は低い ボイラ改造が必要	ボイラ効率低下 石灰石の利用が困難	石灰石→安価 微粉化が必要	利用価値はない



石灰石-石膏法脱硫装置



水酸化マグネシウム 法脱硫装置



セメント

相当箇所	中国側コメント・要望	日本側コメント	修正対応
	中国のセメントプラントでは脱硝装置が導入されており、3年前であればガイドラインは有用であっただろう。96%の工場でNSPが導入されている。	専門家により統計数字が異なる。正しい統計データを追記すべき。	データ提出があれば対応する。 →統計データが提出されなかったため未修正。
	NOx発生原理等は企業にとっては有用のため、現状から変更する必要はない。		全てのガイドラインにおいて原理や一般的な技術について説明した部分の削除等の変更は行わない。
	立て窯のNOx濃度が低い点について追記する。	立て窯は日本では使用されていないためデータがない。	日本では事例がないため、修正なし。
	統計データが古い箇所については更新してほしい。	最新データが発表されていない。一部の国で最新データがある場合もあるが、他国との統制を図るため、古い統計データを記載している。	中国の最新データがあれば、一部最新と注意書きを併記の上で修正は可能。 →データの提供がなかったため未修正。
	中国の法令ではSOx対策とNOx対策に大きな矛盾がある場合がある。	生成箇所が異なるため、致し方ない。	
	日本での対策事例を追記してほしい	日本ではセメント生産量が少なく、廃棄物処理によって収入を得ている。	日本のセメント工場においては中国と同様にNSPが導入されており、ガイドラインに記載の管理手法に基づき運転が行われており、排出基準を超過することはほとんどない。突発的に発生する基準超過の場合にのみNH3の吹込み等で対応している。
セメント製造業が排出する大気汚染物質の法的規制対象物とその定義（粉じん）	国営企業では厳しい基準に対応するため、バグフィルタが導入されている。電気集塵機では基準達成が困難である。廃棄物を使用する場合にはバグフィルタを装着しなければならない法令がある。	中国国内の現況を記載するのであれば、信頼性のあるデータとともに記載すべきである。湿度の調整などにより、電気集塵機に変更も可能（バグフィルタは動力消費が大きい）	中国側より法令文書を提出の上、追記を行う。 →資料の提供がなかったため未修正。
同上（その他）	ダイオキシンが排出されないことについて、詳細を追記する。		修正済み
熱管理の徹底	日本の基準の方が緩いため、中国にとって指導的な意味が無いのではないか。項目が異なるので日中比較は困難。	日本では工場の立地が居住区から離れていることが多く、他の産業に比べて基準が緩い。中国の基準を併記すると分かり易いのではないか。	日本側からは追記なし。
エコセメント	汚泥には有機物が多いため、揮発物質が排気中に混入するため、原料として投入するのは禁止されている。	日本では脱水汚泥、RDF等の固形燃料として活用されている。汚泥の状況(生成物、水分等)が異なるため、各工場でモニタリング結果に適合しながら配合を調整している。含水率は60%以下となるよう脱水する。法令で禁止されているのは、成分と投入場所の管理が不足しているからであろう。中国内のセメント企業が廃棄物利用に興味を示しているため、今後管理が強化され、禁止が解かれる可能性もある。	中国側より法令文書(汚泥の原料投入禁止)を提出し、2015年現在では禁止されている旨を追記する。 →資料の提供がないため修正なし
セメント製造工程	日本でのキルンのクーラ熱の利用方法はどのようなものがあるか。	発電への利用(AQC発電)、原料乾燥、燃焼空気への利用、仮焼炉への再循環など。燃焼への再利用により、NOx量に大きな影響がある。	

## 鉄鋼

相当箇所	中国側コメント・要望	修正対応
コークス	NOx抑制技術に関する部分の内容をさらに充実させ、各NOx抑制技術の日本鉄鋼業における応用実例及び実際の抑制効果、すなわち、対策実施前と実施後の実際排出濃度、その比較結果を紹介することを提案する。	「1. はじめに」で記述があるように、日本の製鉄所においては、コークス炉の排ガス単独でのNOx対策はなされておらず、高炉や所内の他の窯炉等を含める鉄鋼生産施設全体で循環・混合され、燃料化や熱利用化が図られている。生産施設全体で利用された後の排ガスについては下記焼結の脱硝技術に示すような技術にて適切に脱硝処理が行われている。また、コークス炉の関連技術について、日本では多数の特許を有しており、これらに抵触する関係から情報の開示が行われていない。従って本報は、日本の高炉コークス炉の概要を紹介するに留めた。
焼結	中国の鉄鋼業NOx総量抑制に適する焼結排ガスNOx抑制技術ロードマップをさらに提出することを希望する。  活性炭乾式脱硫脱硝技術により80%脱硝効率を実現した方法をさらに説明していた だ きたい。	焼結の脱硝技術については ・排ガス循環 ・SCR方法 ・活性炭方式 が実用技術として世界的に適用されている。 各適用については各工場の状況やその地域の法令、予算に応じて書く企業が適用技術を選択する。  ロードマップとは？ 中国がとるべき対策という意味とすれば、各工場における排ガスの排出状況を測定分析し、現状のガイドラインに示した技術の導入を検討することを推奨する。  ジェイパワーエンテック(株)による導入事例のうち、日本国内の焼結炉において80%以上の脱硝効率を達成した事例はあるが、詳細の手法については記載不可。 興味がある場合には個別に問い合わせしてほしいとの回答を得た。

石炭火力

相当箇所	中国側コメント・要望	修正対応
表紙	内容から見れば、「火力発電」のほうがより適切ではないか。	本プロジェクトの対象分野が石炭火力であるため、名称の変更はしない
背景	次の表現にミスがある。 「石炭をボイラで直接燃焼して、熱エネルギーを蒸気に伝えて蒸気タービン発電機で発電する気力発電方式と、燃焼ガスを直接、ガスタービンに導入して発電した後、その排熱を蒸気に伝えて発電する複合発電方式がある。」	ガイドラインでは石炭直接燃焼のみについて紹介しているが、石炭を使用した火力発電にはガスタービンを使用した方式もある。 →未修正
石炭火力発電所に対する行政機構と適用法規等	「電気工作物の区分」「電気工作物の系統区分」の内容が項目タイトル「石炭火力発電所に対する行政機構と適用法規等」に一致しない。	各区分は火力発電に関連する電力事業法の一部であるため、現状維持とした。 →修正なし
火力発電所のボイラの蒸気条件の変遷	「1974年には超臨界圧1000MWが建設されている」→100MWでは？	修正済み
同上	図のデータが古い	2000年以降は石炭火力の新設がないため、石炭火力に関しては仕様の変更はない。その他燃料についても新たなデータが公開されていない。 →修正無し
自家発電用ボイラの状況	表中の単位が間違っているのではないか？	修正済み(kW→万kW)
環境基本法	SPMではなくPMの方が適切ではないか。	修正無し(日本の法律の説明であり、法律上ではSPMと定義されている)
規制・基準	規制、基準、対策、総量規制について更に詳細に紹介する	後述で説明があるため追記無し
ボイラ形式・蒸気仕様・機器構成	内容が多すぎて、総量規制という主題との関係が密接ではない。	NOx対策を検討する上で、企業担当者には設備の種類や原理など基本情報を確認することが必要と考える。
全体	PPMを単位とする場合には、mg/m3も併記する方がよい。	未修正

工業用ボイラ

相当箇所	中国側コメント・要望	日本側コメント	修正対応
目次構成	<p>1)日本の工業用ボイラの基本状況(発展、燃料、形式) 2)日本の工業用ボイラに係る法令、政策、対策 3)対策技術の分布 4)日本の典型的な応用事例 5)中国への適用技術:中国の対策に関する提案程度のものでよい。</p> <p>===== (2)排出基準、中国は設計基準(排出濃度等)を定めているが、日本に同様のものがあれば記載 経済性を考慮した政策(モニタリングや小規模ボイラの淘汰など) 日本の政策効果(コストや成果量) ガス化や燃料転換に対する補助や政策があるか。 技術内容は世界共通、詳細な説明は不要、応用例が必要 (4)導入事例、専門家の立場からの評価やコスト分析</p>	<p>日本の情報を纏めただけの資料となっているため、中国のガイドラインとなるように修正が必要である。排出基準等や規制方法について中国のものと比較できるように併記するとより分かり易いが、中国側で追記しては如何か。 行政措置や管轄等が異なるため、あまり詳細に記入するとガイドラインユーザーが混乱する恐れもある。 適用技術:各規模、形式別のボイラ統計を提供してもらえれば、適用技術について助言は可能。石炭火力発電のガイドラインに記載しているものが流用できると思う。</p>	<p>目次案を中国側より提供する。 対応可能な箇所については対応する。 →すべての分野において対応済み</p>
作成根拠	最新版に更新すべき、若しくは文書番号を省略する。		目次構成の変更により作成根拠が削除となったため、未修正。
最近の工業用ボイラの設置基数	<p>設置数は2011年度新たに設置された数か、若しくは2011年現在の登録数か。 中国には全国で約50万台(日本では2011年現在で186台)</p> <p>日本の石炭の消費量はどの程度か。</p>	<p>大型工場(製紙工場など)のみで、コスト低減のために石炭を使用している。</p> <p>エネルギー全体消費の約10%が石炭由来</p>	登録数:2011年度→2011年度現在に変更
NOx排出基準	<p>日本の暖房は集中ボイラか。</p> <p>日本では伝熱面積毎で基準を決めるが、中国は蒸気量毎で基準を決める。</p>	<p>各家庭毎に設置しているボイラ(届出のみ)もあるが、大型ボイラ以外は石炭は使用していない。</p> <p>換算するのは難しい。</p>	
燃料	<p>使用燃料を石炭からガスへと段階的に転換を行っている。 使用年数の長いガス燃料ボイラはNOx量が多いとの調査結果がある。 30-50mg以下に抑制したいが何か方法はあるのか。</p> <p>バイオマスボイラのNOx対策はどのような手法を採用しているか。 中国では2015年末までに1000tバイオマス燃焼を計画している。(現在500t/年)</p> <p>中国ではバイオマスと石炭の混焼は、燃料の管理が行き届かないため禁止されているが、地域によっては許可される場所もある。 バイオマスについては排出基準は現在策定中である。</p>	<p>石炭をガス化したものでは基準を達成できないため、日本のボイラにて使用している都市ガスは石油系ガスが主である。 ガスへの転換を図るためにはボイラの改造も必要である。 NOx対策には守るべき基準や地域の政策に合わせて、低NOxバーナの導入のみならず伝熱面積の変更などボイラ形式を変更する等の対策もある。</p> <p>図3-7～図3-9のような循環流動層ボイラにて低温燃焼を図っている。 ダイオキシン除去のための排ガス処理(脱酸性物質)にて同時に処理されることも多い。</p> <p>バイオマスのみを特だして緩い基準を設ける必要はない。</p>	
煤塵の排出基準	煤塵に関する記載は必要ないのではないか	中国側が必要ないと判断すれば削除するのは可能だが、煤塵とNOxは密接に関連している。	左記の理由により現状変更なし
工業用ボイラにおける窒素酸化物の排出削減対策技術	<p>SCRやSNCR、燃焼改善など世界共通の基本的な技術については簡単な記述で良い。</p> <p>活性炭吸着法によるNOx抑制について詳細を知りたい。 事例があれば追記してほしい。</p> <p>粉状の活性炭を吹き込む手法もある。</p>	<p>企業には一般的な技術やNOx発生原理に詳しくない担当者もいるため、記載があった方がよい。</p> <p>特殊な産業でNOx以外の物質も含む場合の手法の一つとして記載している。他の物質も同時に処理できるという観点から考えると経済的利点もあるが、劣化や消耗により活性炭を交換・追加する必要もあるため、経済的な評価はガスの濃度に左右される。</p> <p>集塵機の付加が増加するため、コストの増減にも左右する。導入の際はシミュレーションによるコスト分析が必要。</p>	<p>左記の理由により現状変更なし</p> <p>詳細な事例は記載不可。個別にジェイパワーエンテックに問い合わせは可能。</p>

# 日中技術協力 大気中窒素炭化物総量規制プロジェクト 研修成果（第一年度）

2013年12月13日

日本・東京



一 今回研修の成果

二 研修から得たヒント

三 参考と利用



## 今回研修の成果

### （一）総量規制法律法規体系の充実

- ◆環境基本法、自動車NOx規制などの法律を定め、絶えず修正、充実
- ◆総量規制標準を実施、全面的に固定/移動発生源規制を強化

### （二）総量規制目標と環境改善目標が同時進行

- ◆環境改善目標を決め、大気汚染物拡散シミュレーションを利用して、各地域及び特定発生源総量規制目標を定める。

### （三）データ解析及び応用成果が顕著

- ◆測定データ解析により、総量規制の重点地域、分野と特定企業を明確にし、目的性が強い。

## 今回研修の成果

### （四）環境測定及び警報体制が充実

- ◆大気環境測定局は機能が明確、配置が合理的、カバー面積が広い。
- ◆大気質データがリアルタイムに公開、タイムリーに警告情報を発する。

### （五）社会全体の共同参加及び総量規制

- ◆政府により指導的政策措置を定め、企業に対する指導を強化
- ◆環境に関する宣伝を強化、大衆と社会団体の環境管理の参入へ誘導
- ◆企業が良質燃料、低排出設備を使用、対策設備を充実。

## 二 研修から得たヒント

### (一) 総量規制の実施は大気質改善の重要な手段

- ◆日本の大気汚染防止の歴史では汚染物の排出規制こそ、根本から環境品質を改善できることを証明している。中国では全面的に排出総量規制を実施、中央政府と各地政府は逐一責任書を結び、SO<sub>2</sub>排出を累計20%以上減少する。
- ◆日本の経験を参考に、確実に総量規制を普及させる。

### (二) 段階ごとの重点強調は総量規制の重要な手段

- ◆産業対策から自動車排ガス規制、SO<sub>2</sub>規制からNO<sub>x</sub>・SPMまでの一連規制により、大気質に影響する要因を始終に把握して制限を実施

## 二 研修から得たヒント

### (三) 目標、職責の明確な管理体制は総量規制の決め手

- ◆中央政府が規制政策と総量基準を制定、測定ネットワークを充実
- ◆重点地域政府（川崎、東京都など）より上乘せ基準と総量目標を定め、企業の総量目標を分散。

### (四) 技術と政策の持続的革新が総量規制の強力なサポート

- ◆企業総量目標推算、低硫黄燃料供給などの技術政策を実施
- ◆大気汚染拡散シミュレーションモデルなどの進んだ技術を研究、利用
- ◆排ガス脱硝、自動車排ガス排出削減などの先進的設備を開発・普及

## 三 参考と利用

- 全国その他の地域における導入・普及に参考例を提供するために、湖南省湘潭市のモデル導入を早期に完了。
- 日本の先進技術と経験が十分に利用されるように国内企業を誘導する。
- 国内総量規制制度を健全、充実化させ、総量規制と環境改善の同期進行を実現。

ありがとうございました。



# 大気質状況及び汚染特性

発表者：楚希  
所属：湘潭市環境保護局

## 1 大気質現状

### 1.1 レビュー方法

《大気質品質基準》(GB3095-2012)  
《大気質評価技術規範(試行)》(HJ663-2013)  
《大気質指数(AQI)技術規定(試行)》(HJ633-2012)

### 1.2 レビュー結果

#### 1.2.1 各汚染物質の濃度レベル

## 1 大気質現状

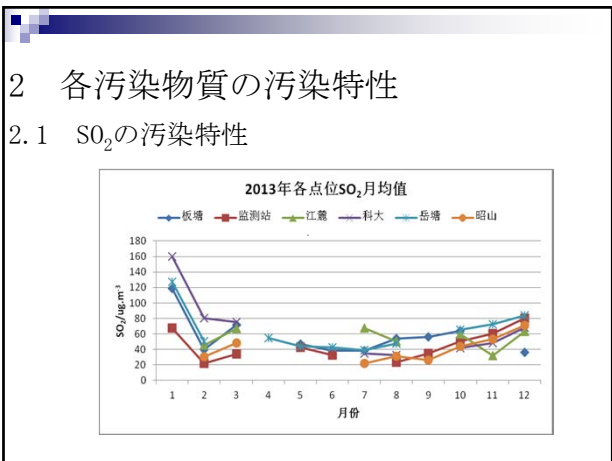
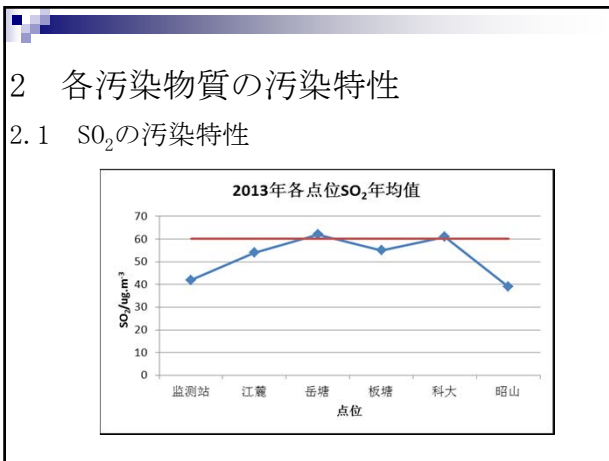
### 1.1 レビュー方法

旧項目	SO <sub>2</sub>				CO <sub>2</sub>				PM10			
	年平均値	日平均濃度範囲	基準超過率(%)	基準超過倍数	年平均値	日平均濃度範囲	基準超過率(%)	基準超過倍数	年平均値	日平均濃度範囲	基準超過率(%)	基準超過倍数
	52	6-183	1.1	/	43	13-118	6.6	0.08	131	21-547	35.2	0.87
	60	150	/	/								
新項目	CO				O <sub>3</sub> 八時間				PM2.5			
	特定パーセントイル濃度	日平均濃度範囲	基準超過率(%)	基準超過倍数	特定パーセントイル濃度	日最大八時間セントイル濃度	基準超過率(%)	基準超過倍数	年間平均値	日平均濃度範囲	基準超過率(%)	基準超過倍数
	2.58	0.4-4.2	0.3	/	1.56	12-229	7.4	/	82	12-419	44.5	1.34
	4	4	/	/	160	160	/	/	35	75	/	/

### 1.2.2 大気質の等級分布

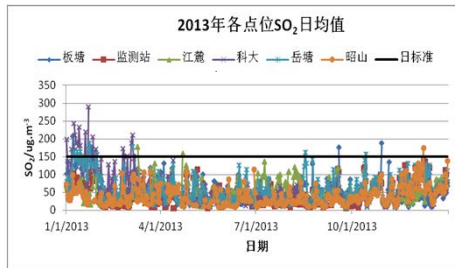
### 1.2.3 大気質総合指数

測定項目	単一項目の大気質指数						総合指数
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM10	CO	O <sub>3</sub> 日最大八時間平均	PM2.5	
2013	0.87	1.08	1.87	0.64	0.98	2.34	7.78



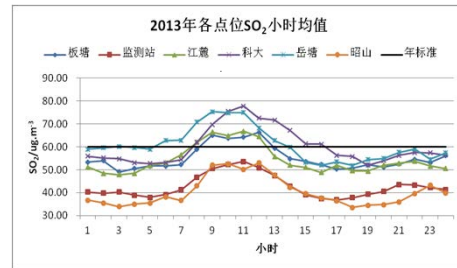
## 2 各汚染物質の汚染特性

### 2.1 SO<sub>2</sub>の汚染特性



## 2 各汚染物質の汚染特性

### 2.1 SO<sub>2</sub>の汚染特性

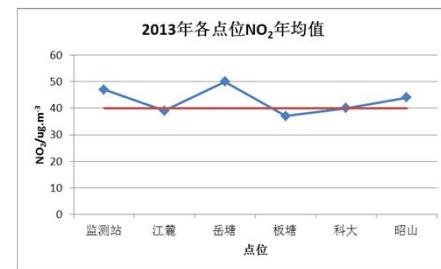


## 2 各汚染物質の汚染特性

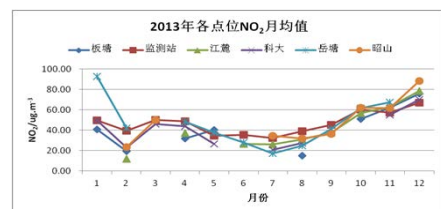
### 2.1 SO<sub>2</sub>の汚染特性



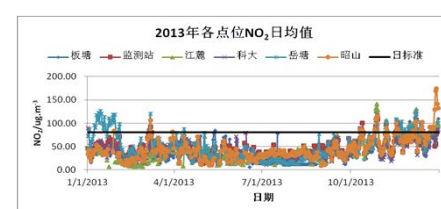
## 2.2 NO<sub>2</sub>の汚染特性



## 2.2 NO<sub>2</sub>の汚染特性

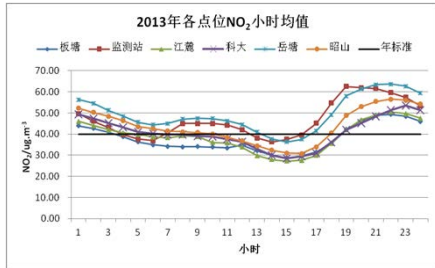


## 2.2 NO<sub>2</sub>の汚染特性

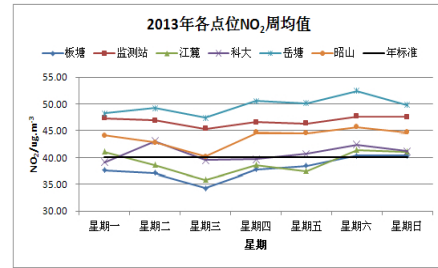




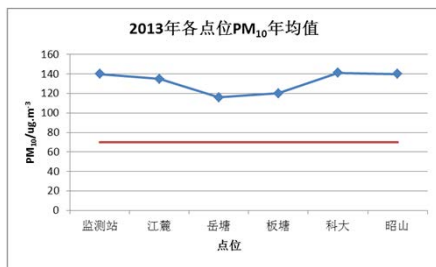
## 2.2 NO<sub>2</sub>の汚染特性



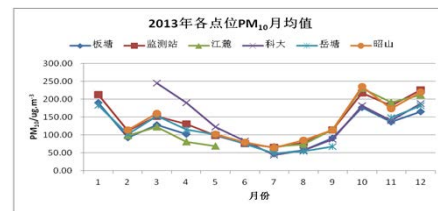
## 2.2 NO<sub>2</sub>の汚染特性



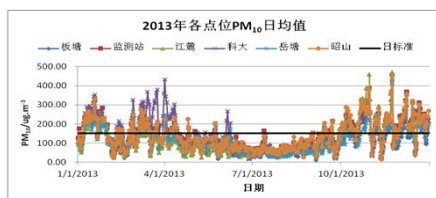
## 2.3 PM<sub>10</sub>の汚染特性



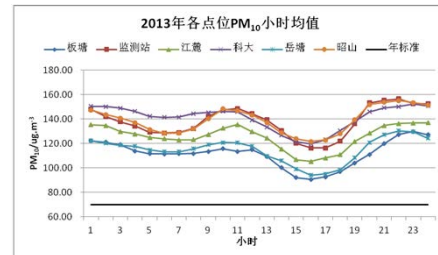
## 2.3 PM<sub>10</sub>の汚染特性



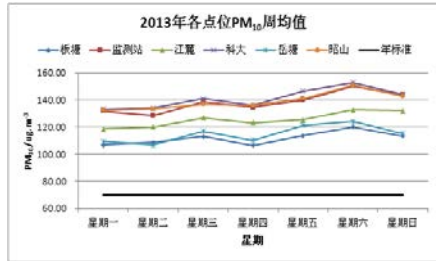
## 2.3 PM<sub>10</sub>の汚染特性



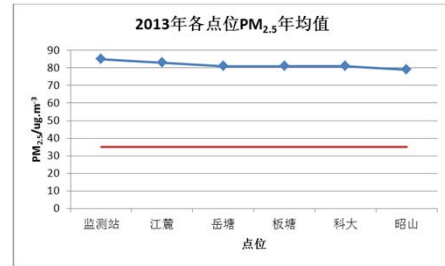
## 2.3 PM<sub>10</sub>の汚染特性



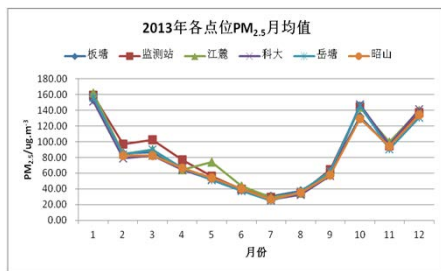
### 2.3 PM<sub>10</sub>の汚染特性



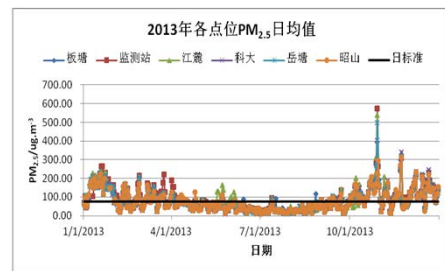
### 2.4 PM<sub>2.5</sub>の汚染特性



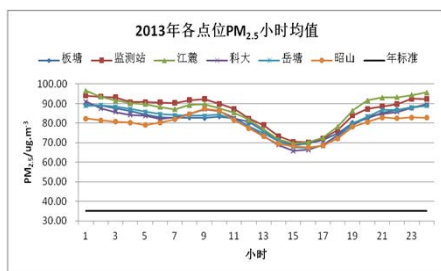
### 2.4 PM<sub>2.5</sub>の汚染特性



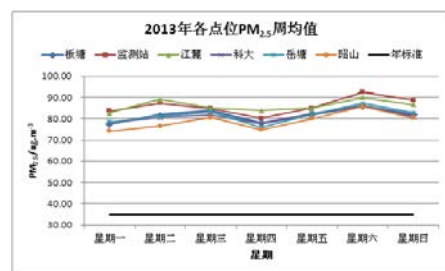
### 2.4 PM<sub>2.5</sub>の汚染特性



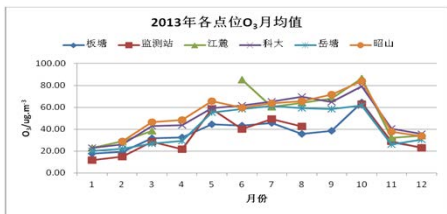
### 2.4 PM<sub>2.5</sub>の汚染特性



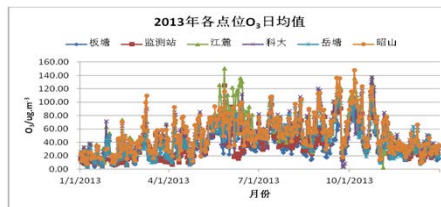
### 2.4 PM<sub>2.5</sub>の汚染特性



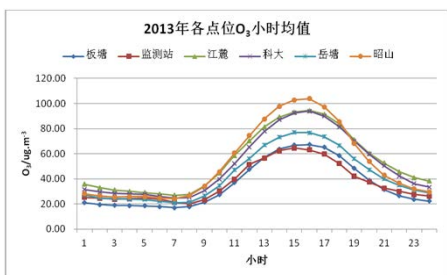
## 2.5 O<sub>3</sub>の汚染特性



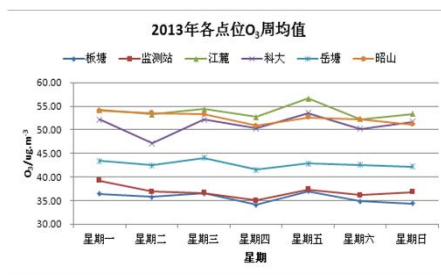
## 2.5 O<sub>3</sub>の汚染特性



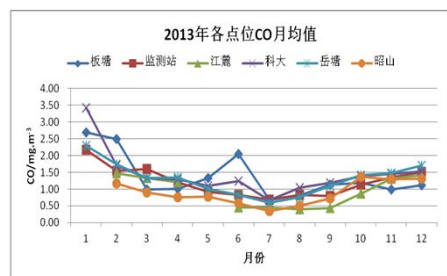
## 2.5 O<sub>3</sub>の汚染特性



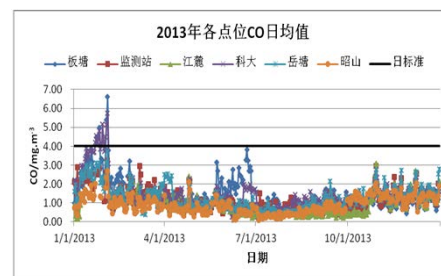
## 2.5 O<sub>3</sub>の汚染特性



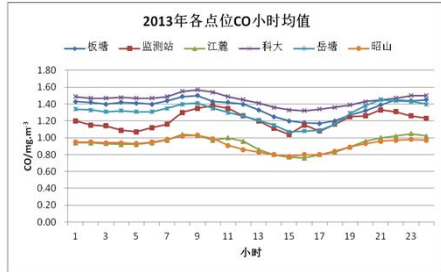
## 2.6 COの汚染特性



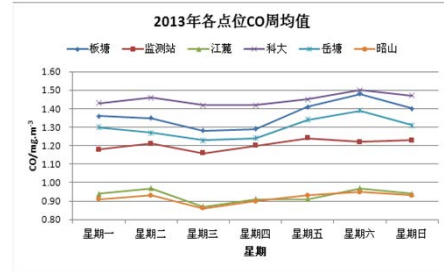
## 2.6 COの汚染特性



## 2.6 COの汚染特性



## 2.6 COの汚染特性



## 3 結論

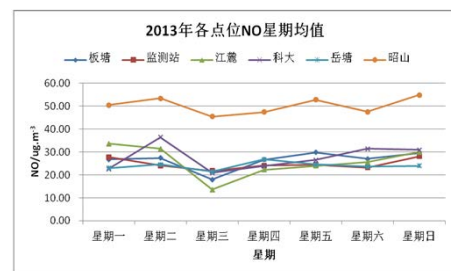
- 3.1 2013年湘潭市の主要汚染物質はPM10とPM2.5である。
- 3.2 各測定地点のPM10とPM2.5の濃度の差はそれほど大きくなく、PM10は観測站と昭山のほうがやや高く、岳塘と板塘のほうはやや低い。PM2.5の濃度は観測站のほうが一番高い。
- 3.3 大気質と地理環境、気象要素、工業汚染、自動車排ガス及び工業ダスト等と関係がある。

## 4、解決する必要がある課題

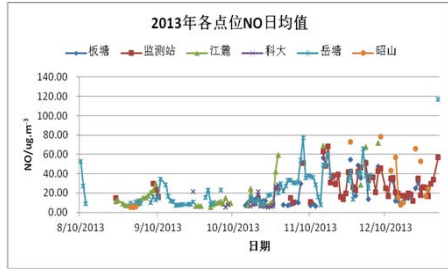
- 4.1 各汚染物質の各汚染物年次変化
- 4.2 大気安定性分析
- 4.3 気象要素と各汚染物質濃度との関係

Thank you !

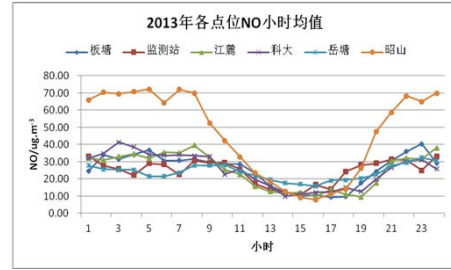
## 付属書類：



付属書類：



付属書類：





## 2013 年大气监测数据分析报告

湘潭市环保局 JICA 项目负责人 2014 年 12 月

### 前言

近年来随着我国经济的飞速发展以及工业化程度不断加快，能源消耗带来的大气环境污染问题日趋严峻，对人体健康构成了严重的威胁，成为了人类目前面临的重要环境问题之一。可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）、细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）、二氧化硫（SO<sub>2</sub>）、氮氧化物（NO<sub>x</sub>）、一氧化碳（CO）、臭氧（O<sub>3</sub>）等是影响大气环境质量的重要污染物，其中可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）和细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）污染近期尤其严重，并得到了公众的广泛关注。

湘潭市地处湖南省中部偏东地区，是我国重要的工业基地之一，由于数量众多的工业企业、日益增多的机动车和能源消耗，导致大量的污染物排放到大气中，使该地区空气污染问题突显。研究表明，湘潭市地区大气污染呈现出区域性和复合型特征，传统的煤烟型污染仍较严重，渐增的机动车和电厂导致 O<sub>3</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的二次污染接踵而来，污染物通过大气运输造成湘潭市各区域大气污染相互影响，形成了湘潭市地区区域性大气复合污染。因此选择位于湘潭市区的六个国控站点主要大气污染物进行 24 小时连续监测的数据以及气象数据，分析该地区的污染特征以及气象因素对空气质量的影响，为项目后期的大气扩散模型模拟以及湘潭市大气污染防治提供科学依据。

### 1. 分析准备

#### 1.1. 开展工作

主要学习使用软件 Access 和 Excel 来统计处理监测数据，并对数据进行简要的分析，并提出治理建议。

#### 1.2. 资料来源

1) 监测项目包括 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 等六项参数的空气质量数据取自湘潭市 2013 年 1 月 1 日-12 月 31 日全年监测数据，其中监测点位包括市监测站、江麓、板塘、昭山、岳塘、科大等六个点位。另外由于之前无须报送和记录 NO 数据，所以 2013 年 NO 数据只有 8 月 7 日-12 月 31 日各点位的监测数据。

2) 气象数据一方面取自湘潭市 2013 年 1 月 1 日-12 月 31 日全年监测站点位监测数据，其中监测项目包括大气温度、大气湿度、风向、风速、大气压等五项参数。另一方面取自湘潭市气象局 2013 年 1 月 1 日-12 月 31 日全年监测数据，其中监测项目包括气温、降水量、气压、相对湿度、风向、风速、云量、云高、能见度。

#### 1.3. 异常值情况

##### 1) 空气质量数据判断为异常值的条件

SO<sub>2</sub>: 异常值条件为 <5ug/m<sup>3</sup> 或者 >450ug/m<sup>3</sup>。

NO<sub>2</sub>: 异常值条件为 <5ug/m<sup>3</sup> 或者 >450ug/m<sup>3</sup>。

NO: 异常值条件为 $<5 \text{ ug/m}^3$ 或者 $>200 \text{ ug/m}^3$ 。

O<sub>3</sub>: 异常值条件为岳塘点 2013/5/31 20:00:00 到 2013/6/3 11:00:00 以及江麓点 2013/4/21 20:00:00 到 2013/5/7 12:00:00。

CO: 异常值条件为江麓点 2013/1/8 13:00:00 到 2013/2/1 9:00:00, 科大点 2013/6/5 2:00:00 到 2013/6/6 17:00:00, 岳塘点 2013/6/8 11:00:00 到 2013/6/8 15:00:00, 昭山点 2013/6/8 11:00:00 到 2013/6/8 23:00:00, 昭山点 $>5 \text{ mg/m}^3$ ,其他五个点位 $>8 \text{ mg/m}^3$ 。

PM<sub>2.5</sub>: 异常值条件为监测站点等于  $0 \text{ ug/m}^3$  以及昭山站点等于  $0 \text{ ug/m}^3$ 。

PM<sub>10</sub>: 异常值条件为 $<5 \text{ ug/m}^3$ 或者 $>650 \text{ ug/m}^3$ 。

另外,六项参数全为0的定为异常值,江麓点位 2013/5/11 17:00:0 到 2013/5/11 22:00:00 以及 2013/5/13 11:00:00 到 2013/5/14 9:00:00 时间段 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO 四项参数全部删除。

### 2) 空气质量数据统计

数据统计	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	O <sub>3</sub>	NO
获取总数据	51649	51650	51650	51650	51629	51649	19773
异常值删除数据	1963	1637	1137	162	793	616	9669
剩余数据	49686	50013	50513	51488	50836	51033	10104

### 3) 监测站和气象局的风向频率图对比

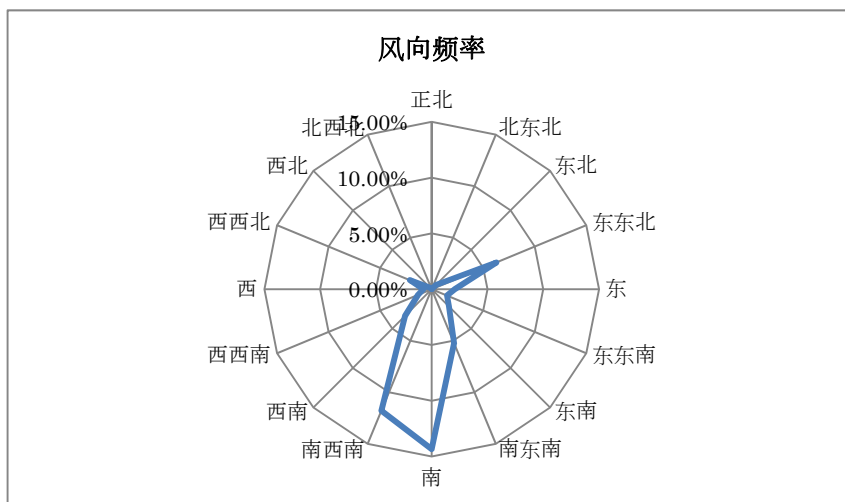


图1 监测站风向频率



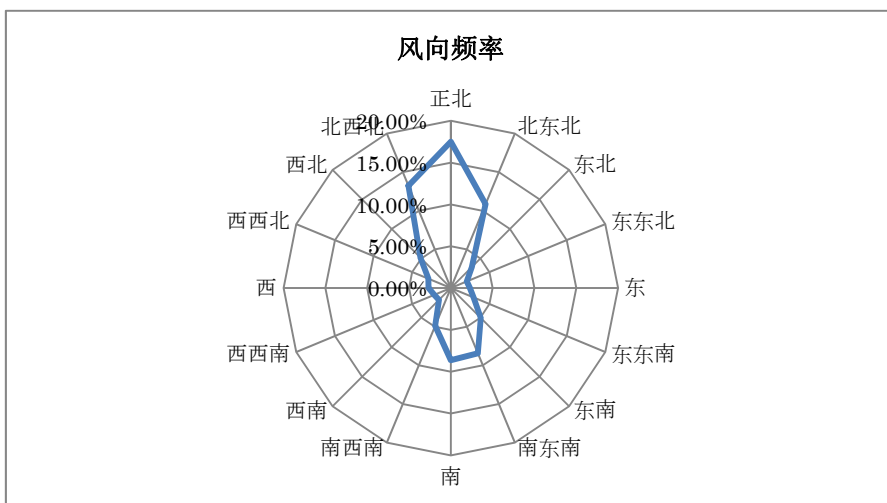


图 2 气象局风向频率

通过比较监测站和气象局的风向频率图可知，图 1 显示全年主导风向是偏南风，北风出现的频率甚少，几乎不存在，而图 2 显示全年的主导风向是偏北风。调查得知两者存在不同是由于监测站旁存在市环保局办公大楼，高楼挡住了北风，风只能从两侧吹过，所以判定监测站的风向风速数据无效，不适合项目所用，最终选取气象局的气象数据。

## 2. 监测点位信息

表 1 监测点位信息

		监测点位信息					
		市监测站	江麓	岳塘	板塘	科大	昭山
经度		112.911667	112.8936111	112.922778	112.94333	112.9075	113.0047
纬度		27.8402778	27.87305556	27.8158333	27.861389	27.9119444	27.91528
大唐	方位	99	116	80	124	137	184
	距离(公里)	8.58	11.41	7.42	6.44	12.98	11.56
湘钢	方位		170	264	216	182	217
	距离(公里)	3	6.76	1.77	6.48	11.26	16.62
中材	方位	338	339	338	326	323	290
	距离(公里)	17.2	13	20.09	16.84	10.03	16.67
南方	方位	260	257	263	259	254	255
	距离(公里)	69.28	68.75	70.43	73.18	71.02	80.84
大型柴油车日常行驶的道路、停车场名		建设中路		书院路			
	方位	74		180			
	距离(公里)	0.04		0.02			
离地面高度							
影响风向风速的周围建筑物的情况							

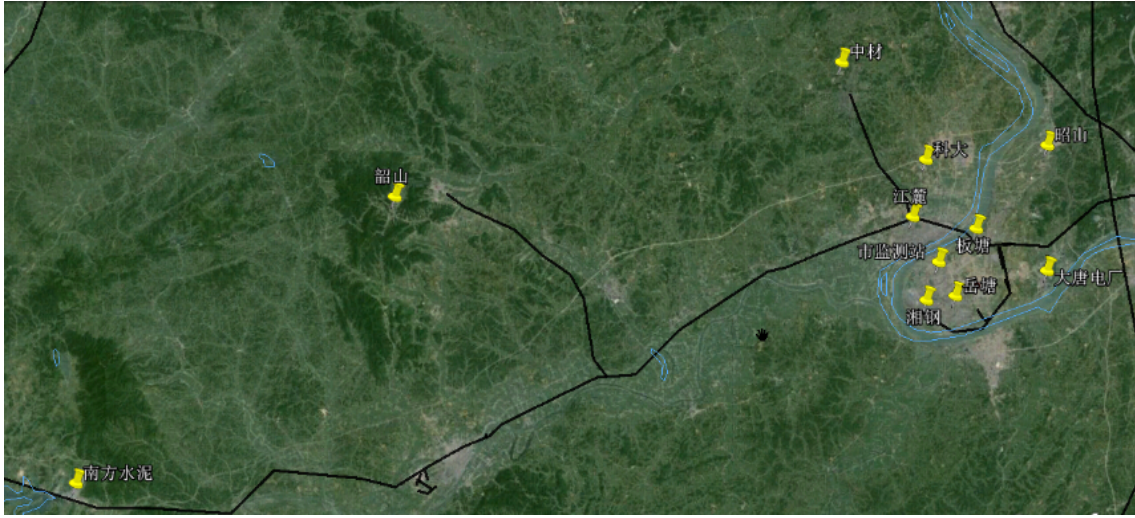


图 3 监测点位分布图

湘潭市范围内分布 6 个监测点位，包括市监测站、江麓、岳塘、板塘、科大、昭山，24 小时连续采样自动监测，实时发布湘潭市空气质量数据，反应实时空气情况。6 个监测点位的选址、配置及系统日常维护管理按照《环境空气质量自动监测技术规范》(HJ/T193-2005) 标准进行。大唐、湘钢、中材和南方水泥是湘潭市范围内的重点污染源，它们相对监测点位所处的位置如表 1 所示，其中湘钢离岳塘较近，位于其西方向；大唐离板塘较近，位于其东南方向；中材离科大较近，位于其西北方向；南方水泥远离湘潭市区，位于其西西南方向。由于重点污染源工业废气的排放，再加上有利的气象因素，将对各个点位的空气质量产生一定的影响，需重点关注。

### 3. 环境空气质量超标情况

表 2 环境空气质量超标情况

环境空气质量超标情况									
				板塘	市监测站	江麓	科大	岳塘	昭山
SO <sub>2</sub>	年平均值	平均值	ug/m <sup>3</sup>	55.05	42.11	54.15	60.05	60.12	39.36
		有效性		无效	无效	无效	无效	无效	无效
		标准	ug/m <sup>3</sup>	60	60	60	60	60	60
		超标情况		达标	达标	达标	超标	超标	达标
		超标倍数					0.0008	0.0020	
	24 小时平均值	标准	ug/m <sup>3</sup>	150	150	150	150	150	150
		超标频率	%	2.10%	0.00%	0.62%	6.21%	3.25%	0.31%
		最高值	ug/m <sup>3</sup>	207.67	143.17	177.96	289.25	187.46	174.74
		最大超标倍数		0.38		0.19	0.93	0.25	0.16
	1 小时平均值	标准	ug/m <sup>3</sup>	500	500	500	500	500	500
		超标频率	%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

		最高值	ug/m <sup>3</sup>	450	433	445	450	450	435
		最大超标倍数							
NO <sub>2</sub>	年平均值	平均值	ug/m <sup>3</sup>	37.88	47.00	38.62	40.92	49.62	43.02
		有效性		无效	有效	无效	无效	无效	无效
		标准	ug/m <sup>3</sup>	40	40	40	40	40	40
		超标情况	%	达标	超标	达标	超标	超标	超标
		超标倍数			0.17		0.02	0.24	0.08
	24 小时平均值	标准	ug/m <sup>3</sup>	80	80	80	80	80	80
		超标频率	%	8.90%	4.27%	8.23%	6.31%	17.54%	9.04%
		最高值	ug/m <sup>3</sup>	126.04	109.63	140.79	119.29	126.25	173.96
		最大超标倍数		0.58	0.37	0.76	0.49	0.58	1.17
	1 小时平均值	标准	ug/m <sup>3</sup>	200	200	200	200	200	200
		超标频率	%	0.20%	0.00%	0.23%	0.04%	0.23%	0.12%
		最高值	ug/m <sup>3</sup>	418.00	193.00	246.00	254.00	390.00	228.00
最大超标倍数			1.09		0.23	0.27	0.95	0.14	
CO	24 小时平均值	标准	mg/m <sup>3</sup>	4	4	4	4	4	4
		超标频率	%	1.72%	0.00%	0.00%	3.13%	0.00%	0.00%
		最高值	mg/m <sup>3</sup>	6.61	3.25	3.26	5.74	3.72	2.71
		最大超标倍数		0.65			0.43		
	1 小时平均值	标准	mg/m <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10
		超标频率	%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
		最高值	mg/m <sup>3</sup>	7.60	7.47	7.82	6.37	7.36	4.25
		最大超标倍数							
O <sub>3</sub>	最大 8 小时平均值	标准	ug/m <sup>3</sup>	160	160	160	160	160	160
		超标频率	%	0.27%	1.93%	10.63%	8.22%	1.38%	12.67%
		最高值	ug/m <sup>3</sup>	163.88	216.25	229.13	209.13	188.13	226.50
		超标倍数		1.02	1.35	1.43	1.31	1.18	1.42
	1 小时平均值	标准	ug/m <sup>3</sup>	200	200	200	200	200	200
		超标频率	%	0.00%	0.17%	0.96%	0.85%	0.06%	1.70%
		最高值	ug/m <sup>3</sup>	199.00	1184.00	415.00	261.00	718.00	381.00
		最大超标倍数			4.92	1.08	0.31	2.59	0.91
PM <sub>10</sub>	年平均值	平均值	ug/m <sup>3</sup>	111.08	138.44	125.54	142.33	115.07	139.42
		有效性		无效	有效	无效	无效	无效	无效
		标准	ug/m <sup>3</sup>	70	70	70	70	70	70
		超标情况	%	超标	超标	超标	超标	超标	超标

		超标倍数		0.59	0.98	0.79	1.03	0.64	0.99
	24 小时平均值	标准	ug/m <sup>3</sup>	150	150	150	150	150	150
		超标频率	%	25.37%	37.46%	31.76%	38.05%	29.82%	40.12%
		最高值	ug/m <sup>3</sup>	430.25	456.79	469.50	433.04	409.17	447.92
		最大超标倍数		1.87	2.05	2.13	1.89	1.73	1.99
PM <sub>2.5</sub>	年平均值	平均值	ug/m <sup>3</sup>	81.81	86.51	86.48	81.16	81.29	79.54
		有效性		有效	有效	有效	有效	有效	无效
		标准	ug/m <sup>3</sup>	35	35	35	35	35	35
		超标情况	%	超标	超标	超标	超标	超标	超标
		超标倍数		1.34	1.47	1.47	1.32	1.32	1.27
	24 小时平均值	标准	ug/m <sup>3</sup>	75	75	75	75	75	75
		超标频率	%	44.35%	47.32%	43.79%	41.88%	43.02%	42.20%
		最高值	ug/m <sup>3</sup>	394.21	572.38	540.04	403.46	497.08	313.00
最大超标倍数			4.26	6.63	6.20	4.38	5.63	3.17	

表 2 统计了 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>、PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 六项参数的环境质量超标情况，包括年平均值、24 小时平均值以及 1 小时平均值。SO<sub>2</sub> 年平均值最大值出现在岳塘，为 60.12 ug/m<sup>3</sup>，科大和岳塘均存在超标情况，超标倍数分别为 0.0008 和 0.0020。SO<sub>2</sub>-24 小时平均值超标频率最高出现在科大，为 6.21%，其次是岳塘、板塘、江麓和昭山，分别为 3.25%、2.10%、0.62% 和 0.31%。全市 SO<sub>2</sub>-24 小时平均值最高值出现在科大，为 289.25 ug/m<sup>3</sup>，超标倍数为 0.93。SO<sub>2</sub>-1 小时平均值不存在超标情况；NO<sub>2</sub> 年平均值最大值出现在岳塘，为 49.62 ug/m<sup>3</sup>，岳塘、市监测站、科大和昭山均存在超标情况，超标倍数分别为 0.24、0.17、0.02 和 0.08。NO<sub>2</sub>-24 小时平均值各点位均超标，超标频率最高出现在岳塘，为 17.54%，其次是昭山、板塘、江麓、科大和市监测站，分别为 9.04%、8.90%、8.23%、6.31% 和 4.27%。全市 NO<sub>2</sub>-24 小时平均值最高值出现在昭山，为 173.96 ug/m<sup>3</sup>，超标倍数为 1.17。NO<sub>2</sub>-1 小时平均值超标频率最高出现在江麓，为 0.233%，其次是岳塘、板塘、昭山和科大，为 0.225%、0.20%、0.12% 和 0.04%，市监测站 NO<sub>2</sub>-1 小时平均值不存在超标现象。全市 NO<sub>2</sub>-1 小时平均值最高值出现在岳塘，为 418.00 ug/m<sup>3</sup>，超标倍数为 1.09；CO-24 小时平均值超标频率最高出现在科大，为 3.13%，其次是板塘，为 1.72%。全市 CO-24 小时平均值最高值出现在板塘，为 6.61 mg/m<sup>3</sup>，超标倍数为 0.65。CO-1 小时平均值不存在超标情况；O<sub>3</sub>-8 小时平均值各点位均超标，超标频率最高出现在昭山，为 12.67%，其次是江麓、科大、市监测站、岳塘和板塘，分别为 10.63%、8.22%、1.93%、1.38% 和 0.27%。全市 O<sub>3</sub>-8 小时最大平均值出现在江麓，为 229.13 ug/m<sup>3</sup>，超标倍数为 1.43。O<sub>3</sub>-1 小时平均值超标频率最高出现在昭山，为 1.70%，其次是江麓、科大、市监测站和岳塘，为 0.96%、0.85%、0.17% 和 0.06%，板塘不存在超标现象。全市 O<sub>3</sub>-1 小时平均值最高值出现在市监测站，为 1184.00 ug/m<sup>3</sup>，超标倍数为 4.92；PM<sub>10</sub> 年平均值各站点均超标，最大值出现在科大，为 142.33 ug/m<sup>3</sup>，超标倍数为 1.03，其次是昭山、市监测站、江麓、岳塘和板塘，超标倍数分别为 0.99、0.98、

0.79、0.64 和 0.59。PM<sub>10</sub>-24 小时平均值各站点均超标，超标频率最高出现在昭山，为 40.12%，其次是科大、市监测站、江麓、岳塘和板塘，分别为 38.05%、37.46%、31.76%、29.82%和 25.37%。全市 PM<sub>10</sub>-24 小时平均值最高值出现在江麓，为 469.50 ug/m<sup>3</sup>，超标倍数为 2.13；PM<sub>2.5</sub> 年平均值各站点均超标，最大值出现在市监测站，为 86.51 ug/m<sup>3</sup>，超标倍数为 1.472，其次是江麓、板塘、岳塘、科大和昭山，超标倍数分别为 1.471、1.34、1.322、1.319 和 1.27。PM<sub>2.5</sub>-24 小时平均值各站点均超标，超标频率最高出现在市监测站，为 47.32%，其次是板塘、江麓、岳塘、昭山和科大，分别为 44.35%、43.79%、43.02%、42.20%和 41.88%。全市 PM<sub>2.5</sub>-24 小时平均值最高值出现在市监测站，为 572.38 ug/m<sup>3</sup>，超标倍数为 6.63。

#### 4. 时间变化统计分析

##### 4.1. 日平均浓度

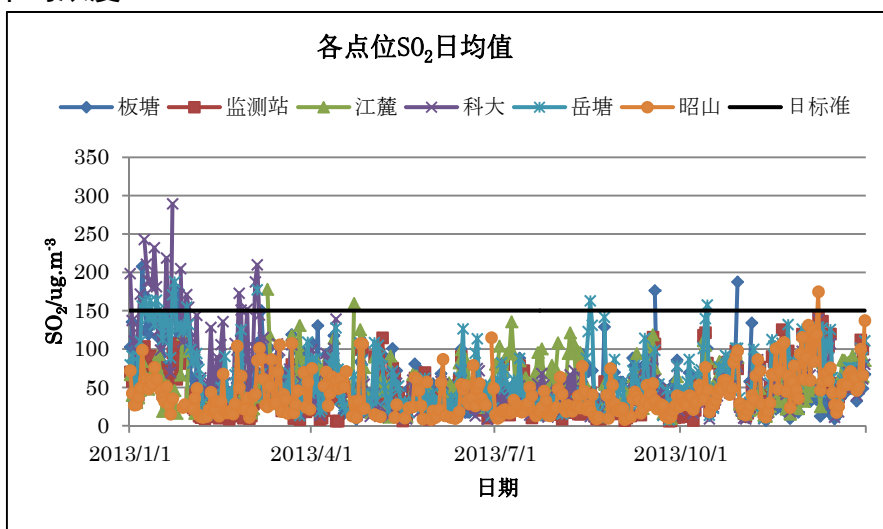


图 4

从全年数据来看，SO<sub>2</sub> 污染程度不大，各点位日均值数据大部分均处于日均值二级标准限值之下，只有科大、岳塘和板塘在 1 月份左右出现超标情况，且科大较为严重。不同点位 SO<sub>2</sub> 日均值整体走势基本一致，季节变化表现为冬高夏低。

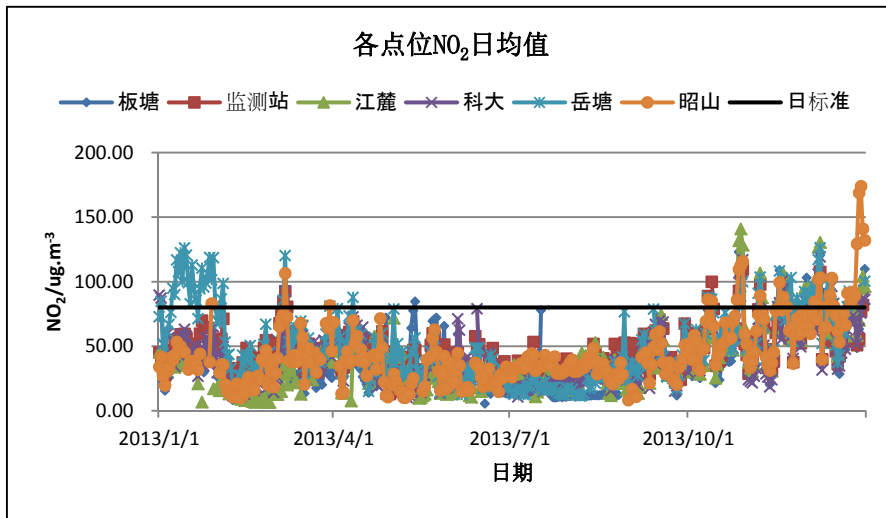


图 5

从图 5 中可看出，各点位  $\text{NO}_2$  日均值变化存在差异，秋冬季节出现超标现象，其中岳塘点超标较为严重，季节变化表现为冬高夏低。

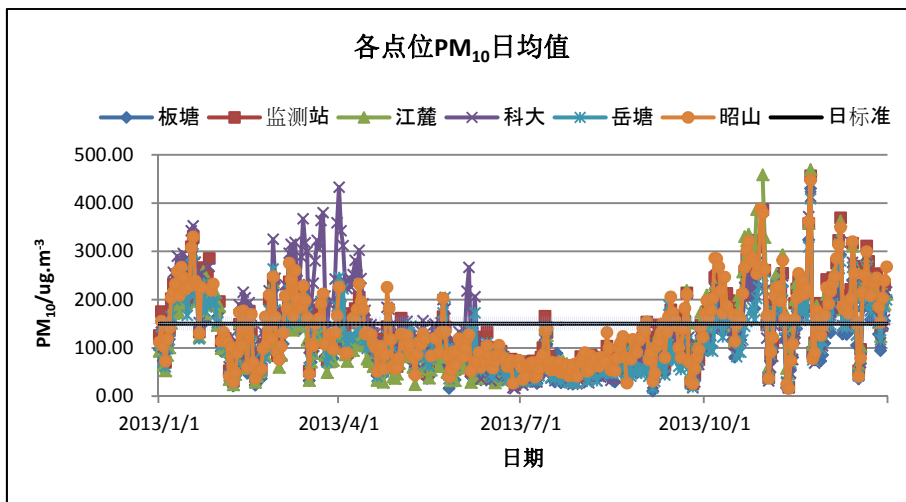


图 6

从整体上看，各点位  $\text{PM}_{10}$  日均值走势基本一致，且存在明显的波动。从数值上看，2013 年湘潭市范围内  $\text{PM}_{10}$  污染较为严重，各点位普遍存在超标现象，秋冬季节超标天数明显多于春夏季节，其中科大、昭山和监测站超标较为严重。

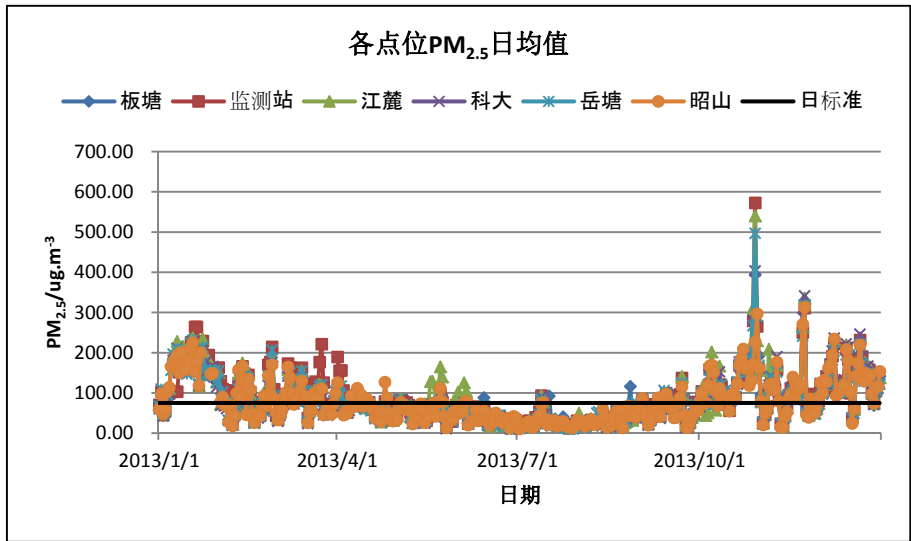


图 7

由图 7 可知，2013 年各点位  $PM_{2.5}$  日均值变化趋势与  $PM_{10}$  相似，两者之间存在一定的相关性。全年  $PM_{2.5}$  日均值超标严重，且在秋冬季节普遍超标，其中监测站最为严重。另在 10 月 29 日左右，各点位  $PM_{2.5}$  日均值浓度达到全年的峰值。

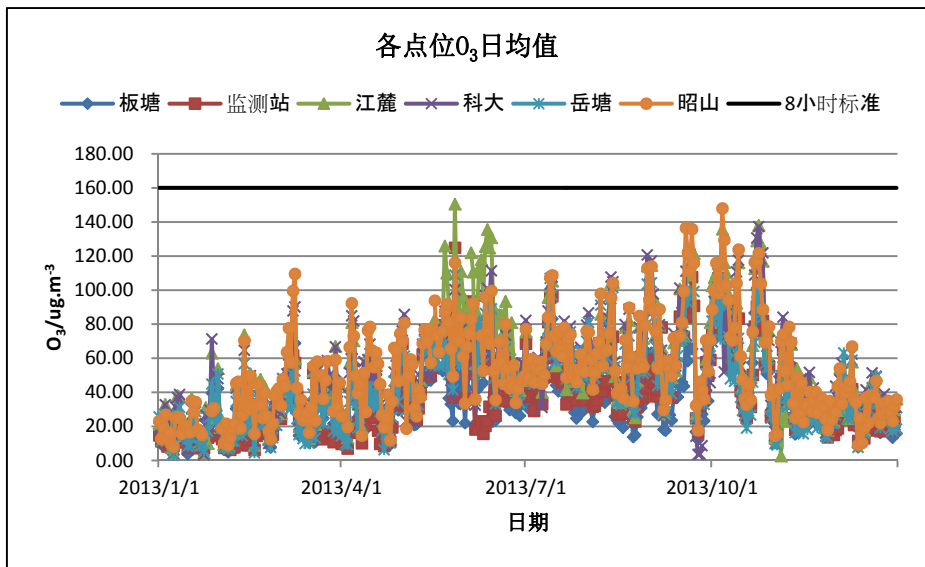


图 8

如图所示，各点  $O_3$  日均值波动较大，不存在超标现象，6 月份  $O_3$  浓度普遍偏高，7 月份有所下降，8 月初又开始呈上升趋势，一直持续到 10 月底，这段时间内  $O_3$  变化幅度较大，之后开始逐渐降低，一直到 1 月初达到一年中的最低值，全年呈现明显的冬春低，夏秋高的季节变化，其中昭山点的  $O_3$  浓度普遍高于其他点位。

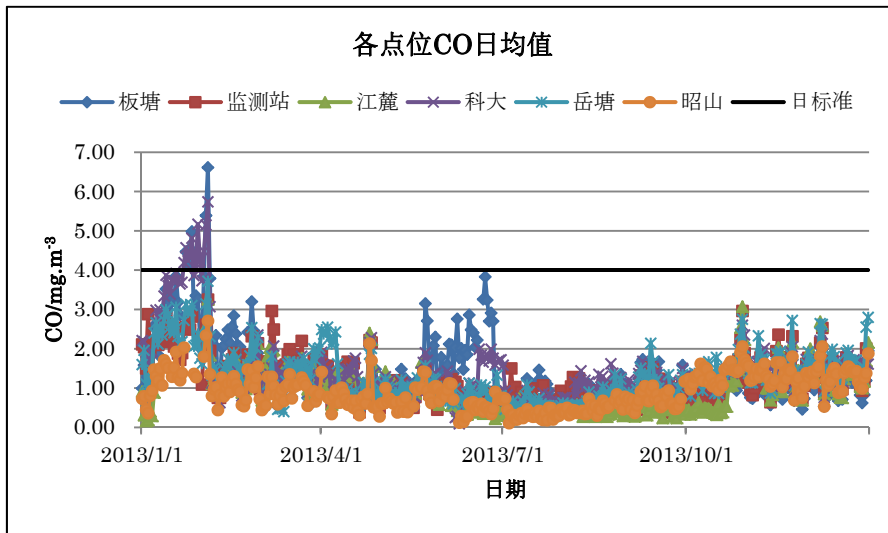


图 9

由图可知，2013 年湘潭市范围内 CO 浓度基本呈现冬高夏低的趋势，大部分都处于日均值标准限值之下，污染程度较小，只有 1 月份板塘和科大出现超标现象。

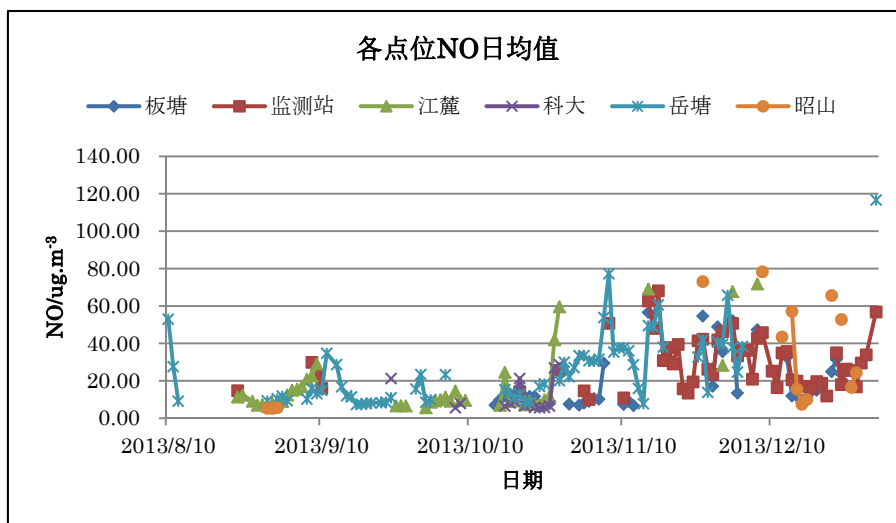


图 10

从图上可以看出，各点位 NO 日均值数据不全，无法总结其中的变化规律，因此等数据收录齐全之后再进行分析。

#### 4.2. 月平均浓度

以下各点位六参数空气质量月均值走势图由于断电、仪器故障等原因导致个别月份有效数据不足出现中断现象。



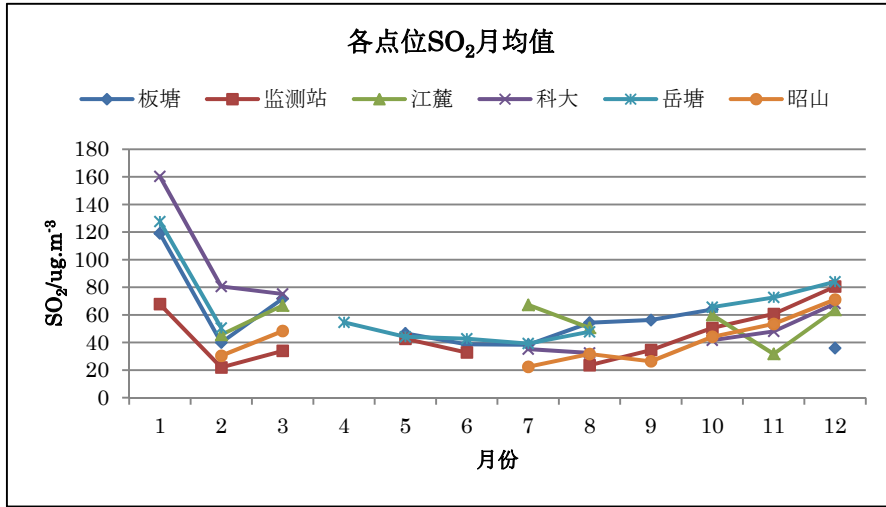


图 11

如图所示，全年湘潭市范围内 SO<sub>2</sub> 月均值变化幅度不大，只有冬季出现明显波动，且在 1 月份左右达到一年中的峰值。

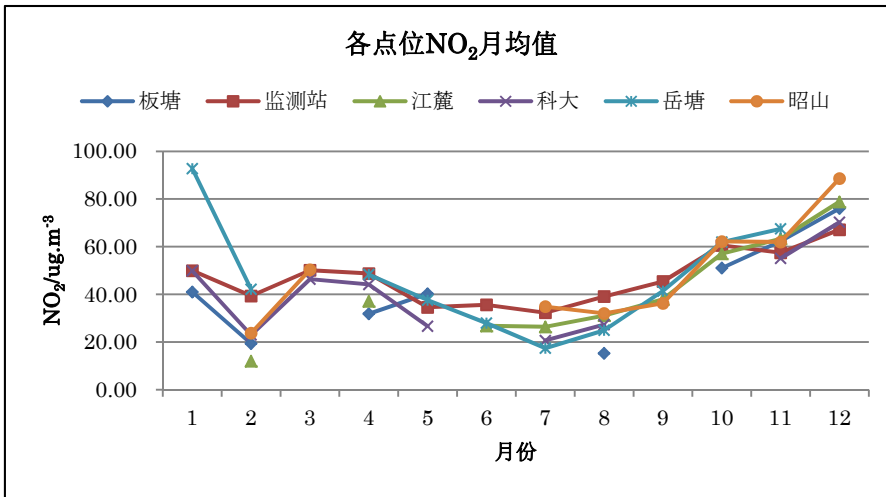


图 12

由图可知，各点位 NO<sub>2</sub> 月均值变化趋势基本一致，冬季浓度普遍偏高，除了岳塘点最大值出现在 1 月份，其他点位最大值均出现在 12 月份，季节变化表现为冬高夏低。

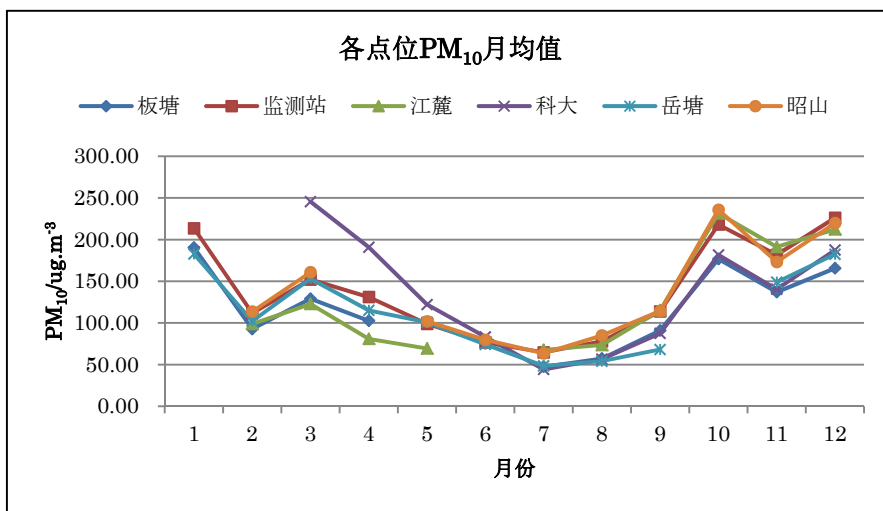


图 13

从整体来看，除了科大，其他点位 PM<sub>10</sub>月均值走势相似，呈双峰型，两峰值分别出现在秋季的 10 月和冬季的 12 月，最小值出现在夏季的 7 月，呈秋冬高春夏低变化。

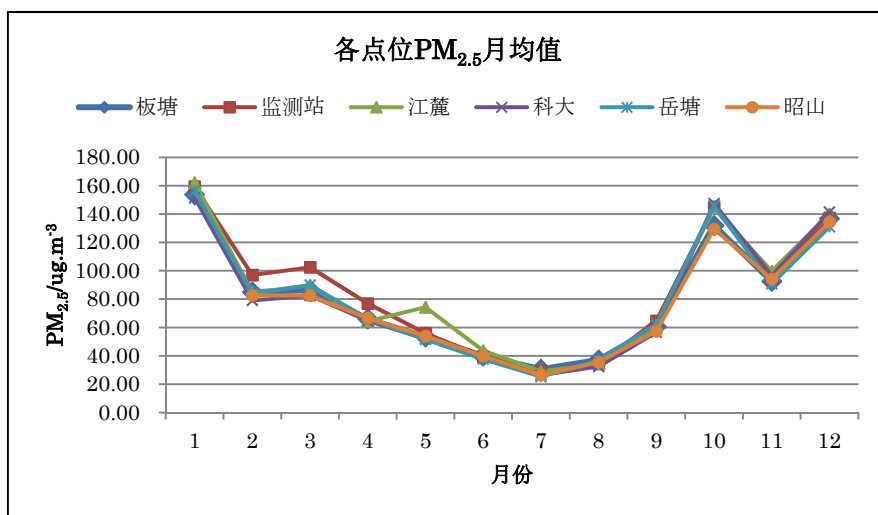


图 14

从图中可以看出全年 PM<sub>2.5</sub>月均值数据齐全，且各点位变化趋势相似程度较大，呈双峰型，两峰值分别出现在秋季的 10 月和冬季的 1 月，最小值出现在夏季的 7 月，呈秋冬高春夏低变化。

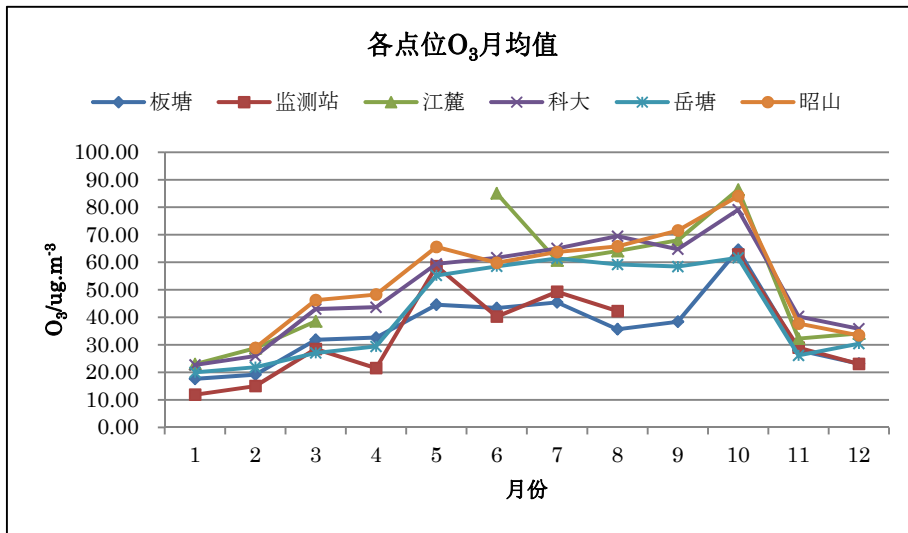


图 15

如图所示，全年各点位 O<sub>3</sub> 月均值存在明显的波动，整体呈单峰型，最大值出现在 10 月份，最小值出现在 1 月份。

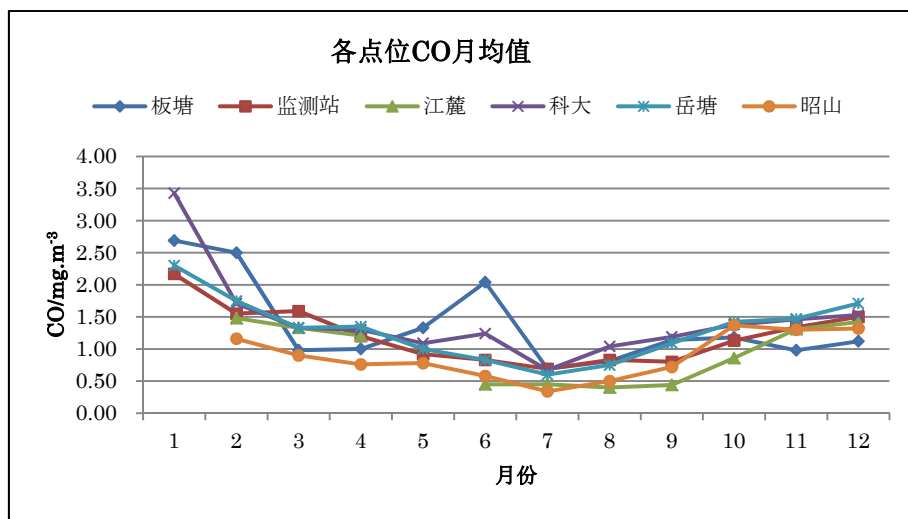


图 16

由图可知，除了板塘，其他点位变化趋势基本一致，变化幅度不大，最大值出现均在冬季的 1 月，最小值出现在夏季的 7 月。

### 4.3. 小时平均浓度

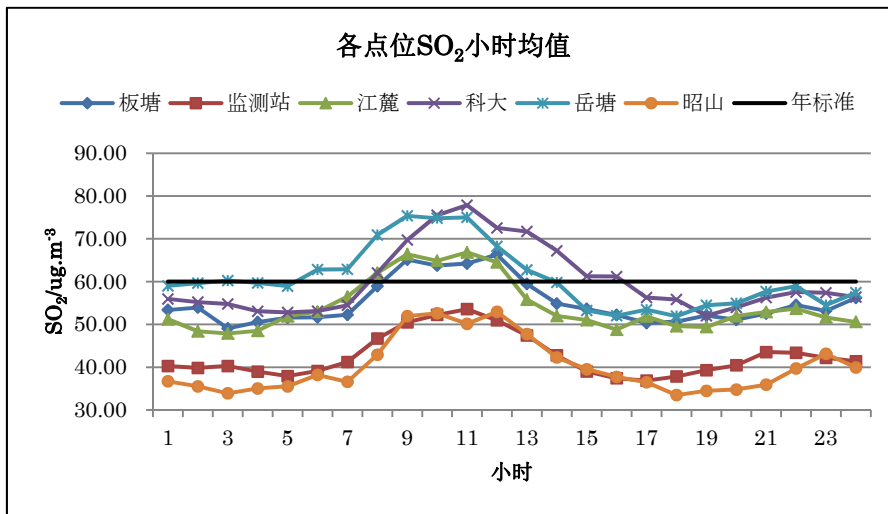


图 17

从图中可以看出，湘潭市范围内  $\text{SO}_2$  小时均值变化呈双峰型，峰值出现在上午 11:00 和晚上 22:00 左右，最低值出现在下午 18:00 左右，其中监测站和昭山两个点位各小时均值都在二级年均标准限值之下，而江麓、岳塘、板塘和科大在 8:00-14:00 左右存在超标现象。

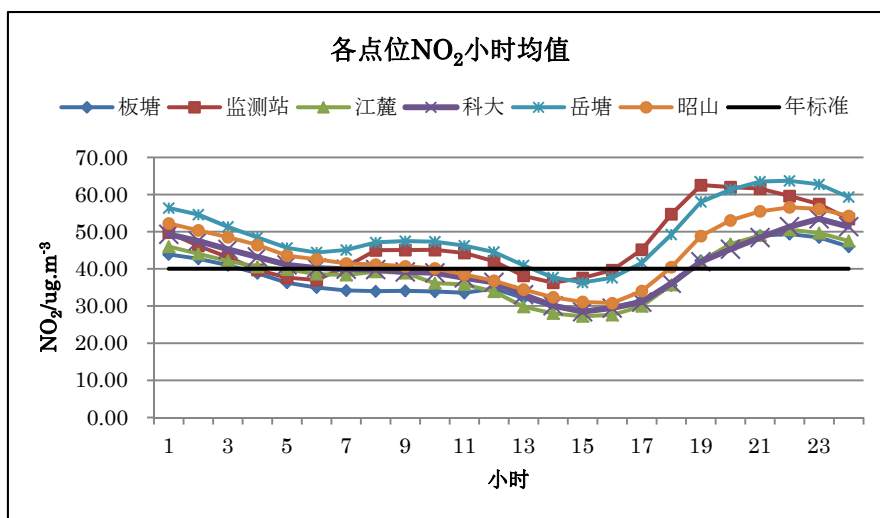


图 18

如图所示，各点位  $\text{NO}_2$  小时均值变化大体呈双峰型，早晨 6:00-09:00  $\text{NO}_2$  浓度呈现上升趋势，并在上午 9:00 左右达到峰值，之后逐渐下降在午后 15:00 左右达到最低值，在晚上 22:00 左右又达到一个峰值。另从晚上 19 点开始一直持续到凌晨 3 点各点位小时均值都处于二级年标准限值之上，其中岳塘点超标最为严重。

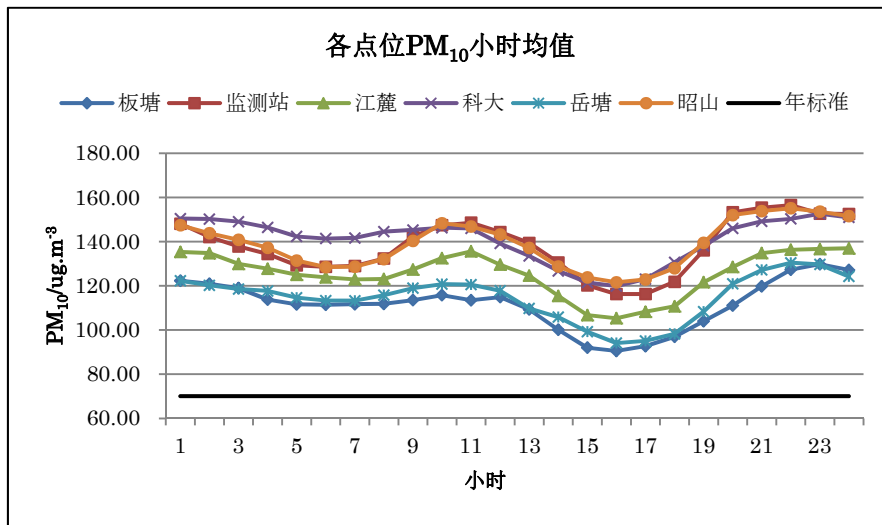


图 19

由图可知，湘潭市范围内  $PM_{10}$  小时均值整体超过年标准限值且科大点最严重，全天  $PM_{10}$  小时均值呈双峰型变化，峰值分别出现在上午 11:00 和晚上 22:00 左右，最低值出现在午后 16:00 左右。

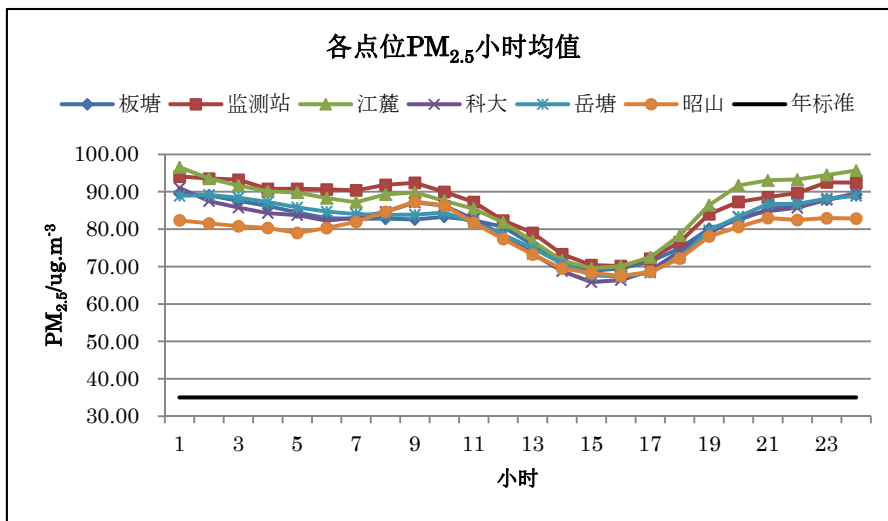


图 20

从图中可以看出，湘潭市范围内  $PM_{2.5}$  整体超标，且各点位的走势基本吻合，呈双峰型。上午 7:00 之前  $PM_{2.5}$  小时均值维持在一个相对稳定的状态，随后缓慢上升，并在上午 9:00 左右达到一天中第一个峰值，接着  $PM_{2.5}$  浓度逐渐下降，于下午 16:00 左右出现最低值，晚上在 24:00 左右达到第二个峰值，其中监测站点  $PM_{2.5}$  小时均值相对其他点位偏高。

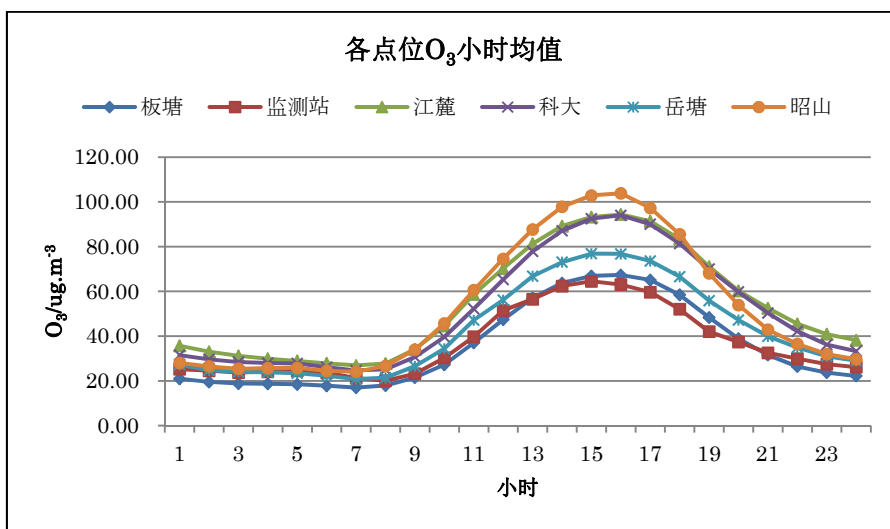


图 21

从图上可以看出，其小时均值变化呈明显的单峰型，且各点位走势一致。在上午 8:00 之前维持在相对稳定的低浓度，日出后  $O_3$  浓度逐渐升高，在午后 15:00 左右达到峰值，此后  $O_3$  浓度逐渐降低，在凌晨达到最低值，其中昭山点  $O_3$  浓度普遍高于其他点位。

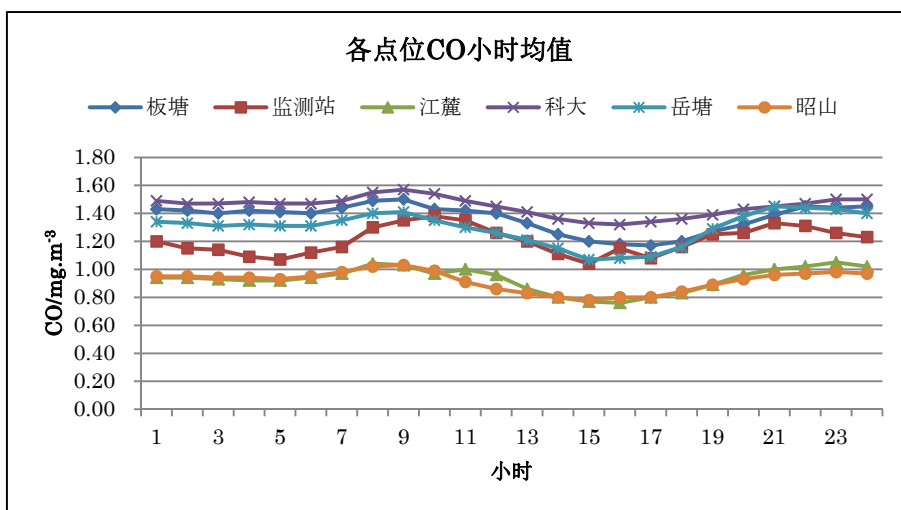


图 22

如图所示，湘潭市范围内 CO 浓度全天变化起伏不大，呈微弱的双峰型，峰值分别出现在上午 9:00 和晚上 23:00 左右，最低值出现在下午 16:00 左右。其中科大点相对其他点位偏高，监测站点走势存在偏离。

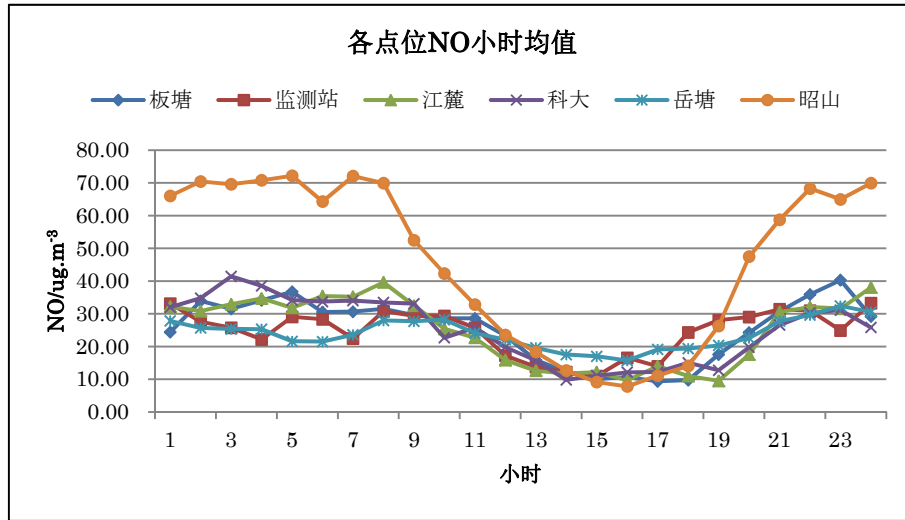


图 23

由图可知，各点位之间 NO 小时均值变化趋势差异较大，波动明显，特别是昭山点 NO 小时均值普遍偏高。全天从凌晨 1:00 到上午 8:00 各点位 NO 小时均值都维持在相对稳定的高浓度状态，日出后 NO 浓度不断下降，并于午后 15:00 左右出现最低值，之后 NO 浓度不断上升。

#### 4.4. 星期平均浓度

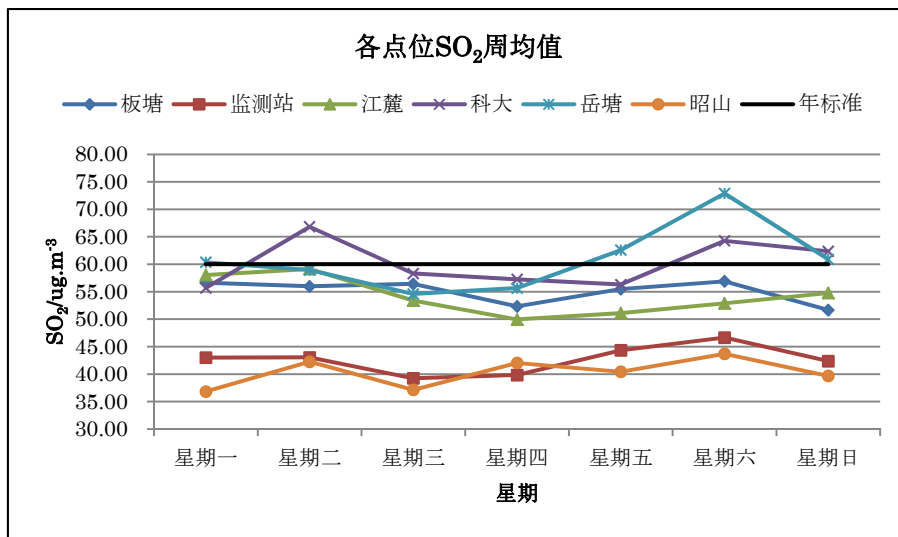


图 24

由图可知，相对二级年标准限值，只有科大和岳塘点存在超标情况，其他点位都在标准限值之下。各点位 SO<sub>2</sub> 周均值基本呈双峰型变化，峰值分别出现在星期二和星期六。

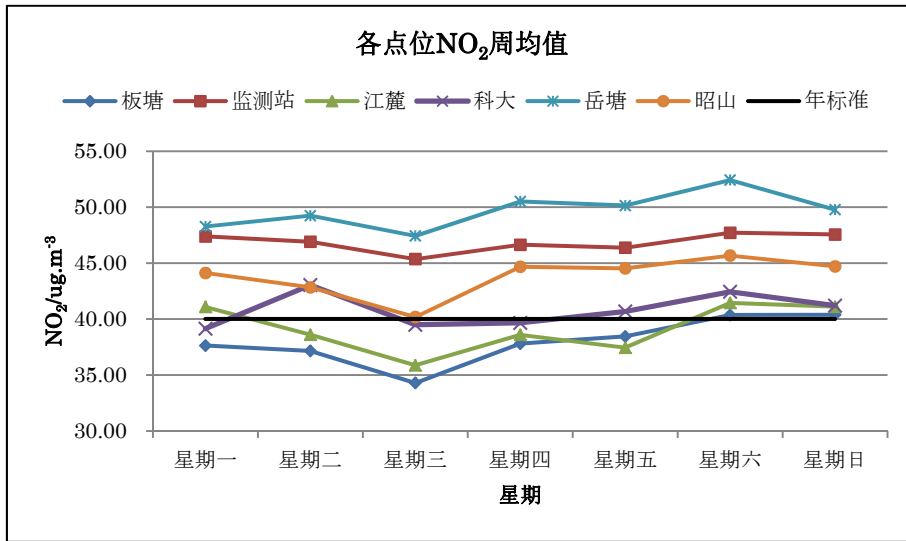


图 25

如图所示，湘潭市范围内 NO<sub>2</sub> 污染较严重，各点位都存在超标现象，特别是岳塘、监测站和昭山整体超过年标准限值，一周中星期二、星期四和星期六出现峰值。

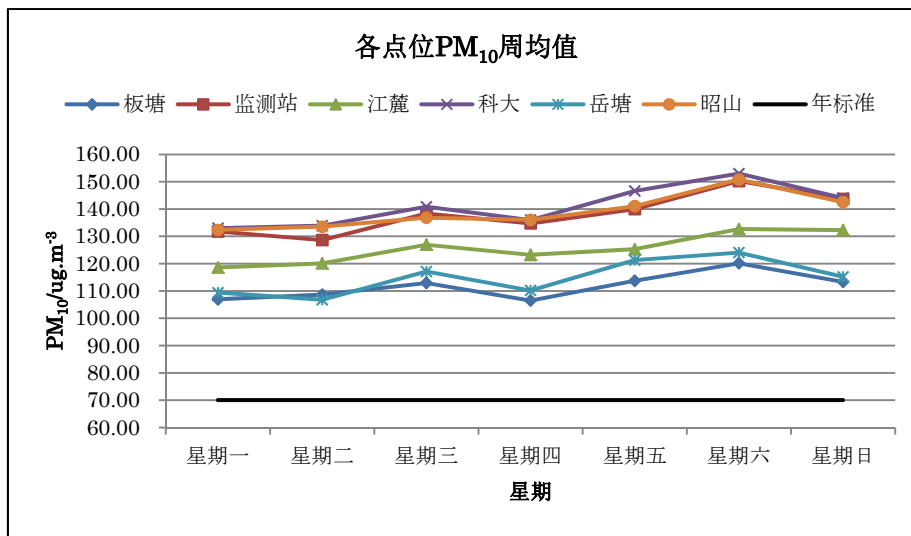


图 26

由图可知，各点位 PM<sub>10</sub> 周均值走势相似，且均在年标准限值之上，其中科大点相对其他点位偏高，各点位一周之中在星期三和星期六出现峰值。



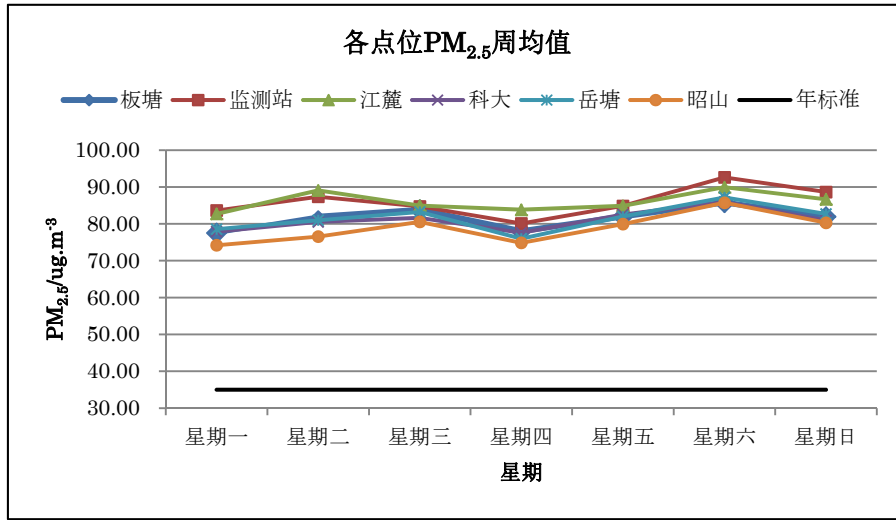


图 27

由图可知，各点位 PM<sub>2.5</sub> 周均值出现一定的波动，且都在标准限值之上，其中监测站超标最为严重，各点位峰值基本上都在星期三和星期六。

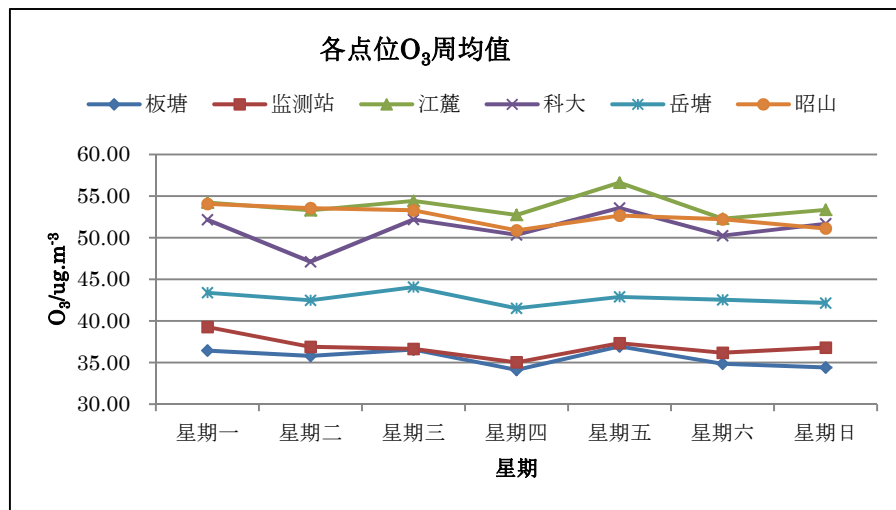


图 28

由图可知，一周之中各点位除了科大点 O<sub>3</sub> 浓度变化不大，峰值分别出现在星期三和星期五，其中江麓点 O<sub>3</sub> 周均值相对偏高。

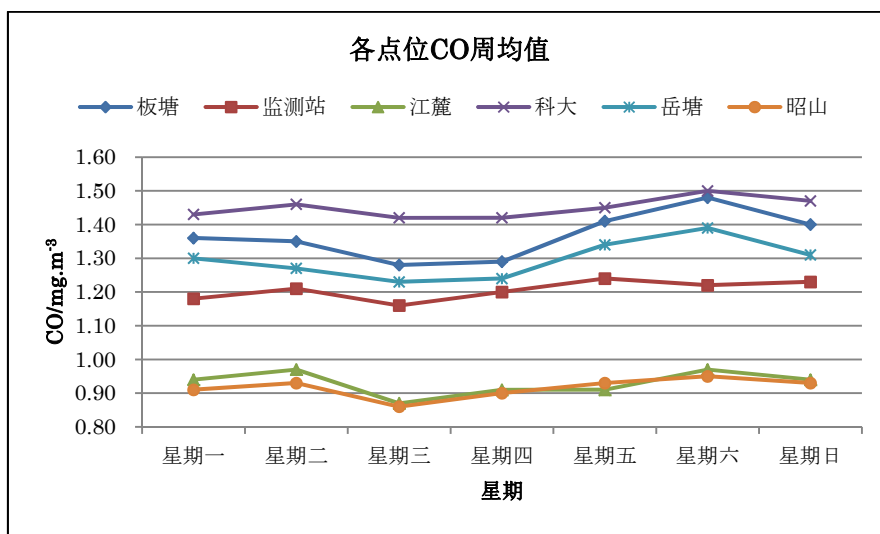


图 29

如图所示，各点位 CO 浓度在一周中没有明显变化，波动不大，只有板塘和岳塘点在星期六 CO 浓度上升幅度较大，且科大点 CO 浓度普遍高于其他点位。

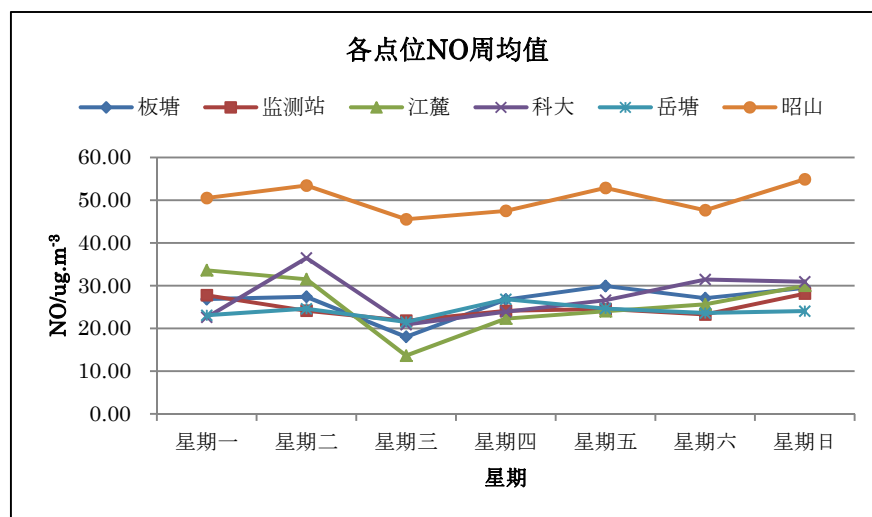


图 30

由图可知，NO 周均值除了科大点变化存在差异，其他点位变化趋势基本一致，一周之内在星期二和星期五出现峰值，其中昭山点 NO 周均值相对其他点位偏高幅度较大。

#### 4.5. 年度变化

由于湘潭市六项参数空气自动监测数据从 2013 年 1 月份才开始有效记录，至今所得数据不够进行年度变化分析，因此希望有足够数据后再做分析。

## 5. 气象相关数据分析

### 5.1. 各风向频率

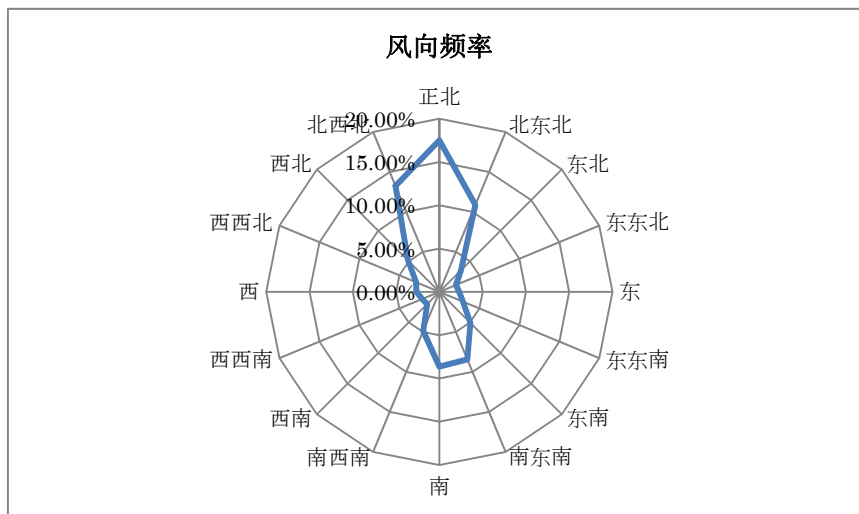


图 31

由图可知，湘潭市的主导风向以北、北西北和北东北频率较高，且有明显的季节变化，冬季盛行偏北方，夏季盛行偏南方。

### 5.2. 各风向风力等级频率

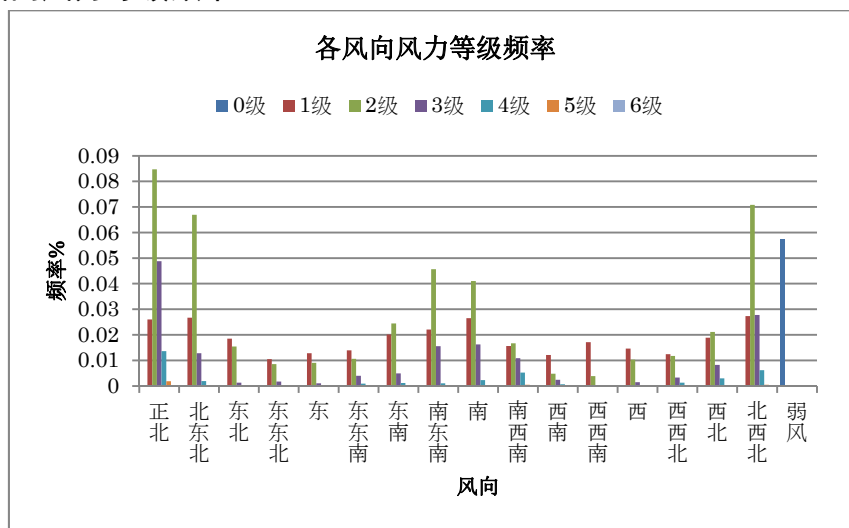


图 32

如图所示，湘潭市全年正北方向 2 级风力的频率最高，为 8.47%，且正北方向各风力等级都曾出现，存在最高风力等级。1 级、2 级和 3 级风力出现频率较多，在各个风向都存在，尤其是 2 级风力，几乎在每个风向出现的频率都为最高。另外全年弱风出现的频率也较多，为 5.71%。

### 5.3. 不同风向的大气环境质量浓度

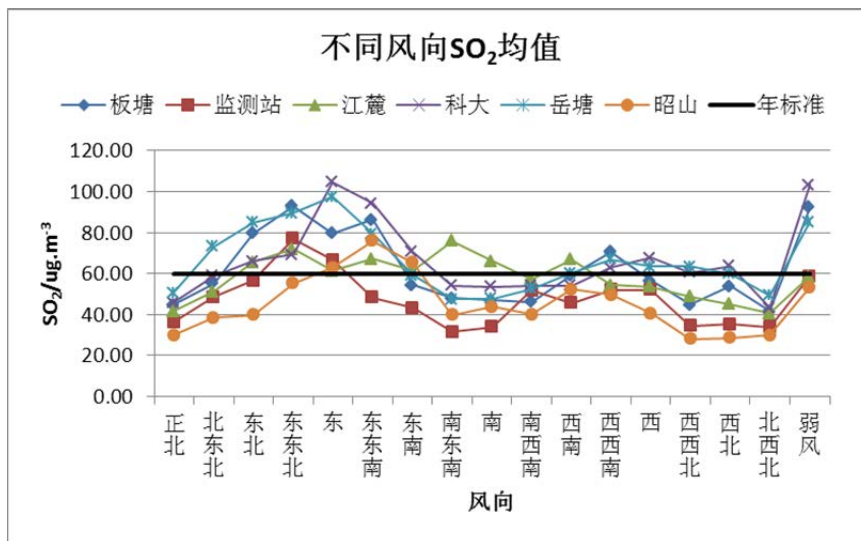


图 33

如图所示，SO<sub>2</sub>浓度随风向不断变化，各点位不同风向空气污染物浓度差别较大。除了弱风外，板塘点在东东北风向出现最大值，在北西北风向出现最小值；监测站点在东东北风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；江麓点在南东南风向出现最大值，在北西北风向出现最小值；科大点在东风向出现最大值，在北西北风向出现最小值；岳塘点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；昭山点在东东南风向出现最大值，在西西北风向出现最小值。

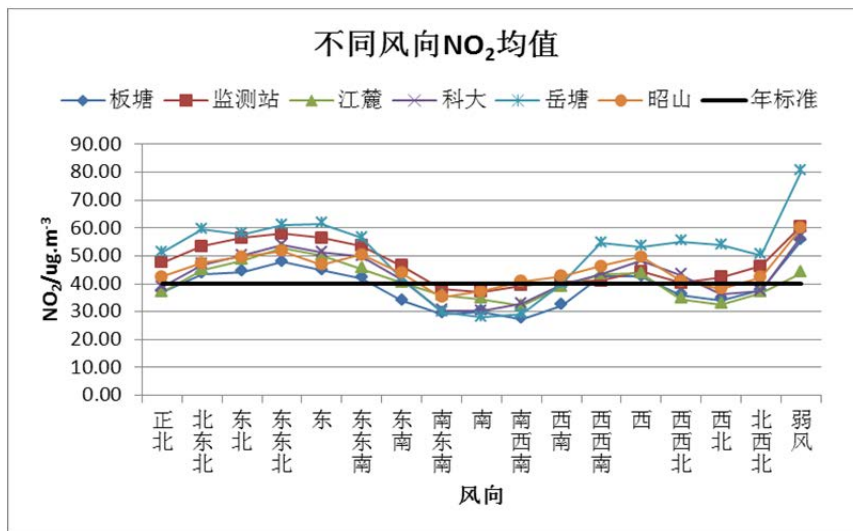


图 34

如图所示，NO<sub>2</sub>浓度随风向不断变化，各点位不同风向空气污染物浓度变化趋势基本一致，

与年标准相比，超标较为严重。除了弱风外，板塘点在东东北风向出现最大值，在南西南风向出现最小值；监测站点在东东北风向出现最大值，在南风向出现最小值；江麓点在东东北风向出现最大值，在南西南风向出现最小值；科大点在东东北风向出现最大值，在南风向出现最小值；岳塘点在东风向出现最大值，在南风向出现最小值；昭山点在东东北风向出现最大值，在南东南风向出现最小值。

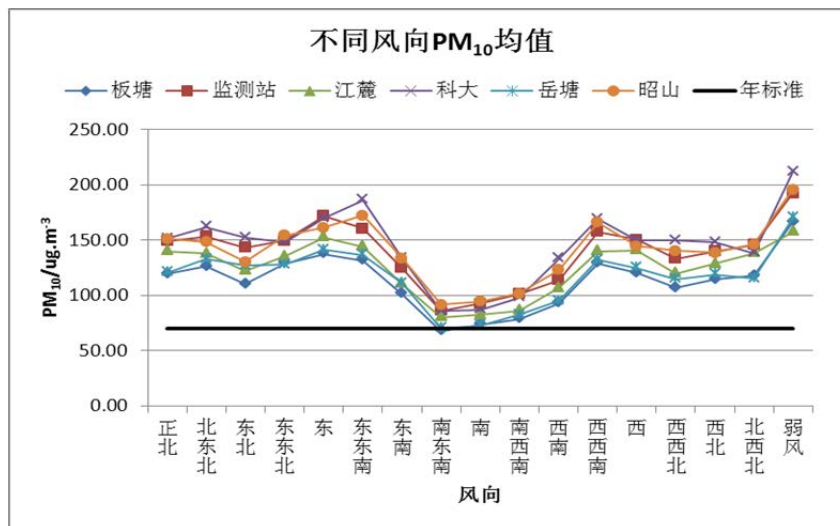


图 35

如图所示，PM<sub>10</sub>浓度随风向不断变化，各点位不同风向空气污染物浓度变化趋势基本一致，且均超过年标准限值，污染严重。除了弱风外，板塘点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；监测站点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；江麓点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；科大点在东东南风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；岳塘点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；昭山点在东东南风向出现最大值，在南东南风向出现最小值。

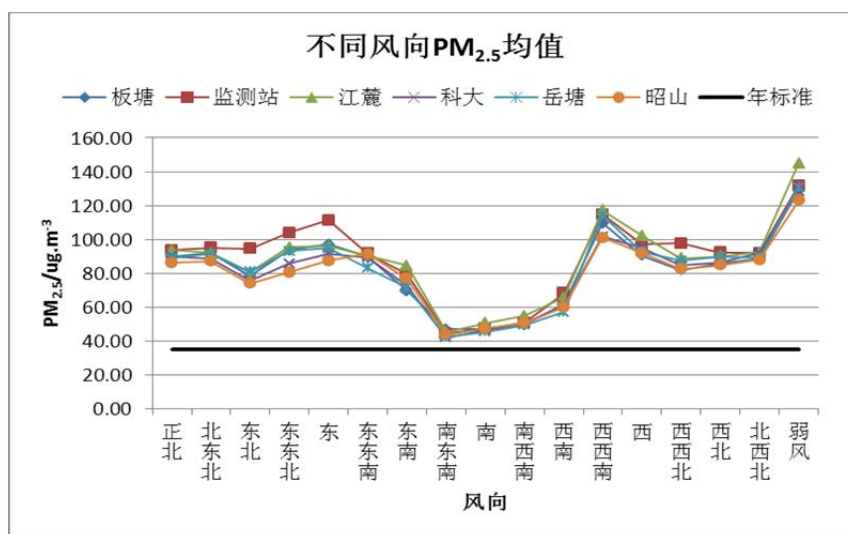


图 36

如图所示，PM<sub>2.5</sub>浓度随风向不断变化，各点位不同风向空气污染物浓度变化趋势基本一致，且均超过年标准限值，污染严重。除了弱风外，各点位均在西西南风向出现最大值，在南东南风向出现最小值。

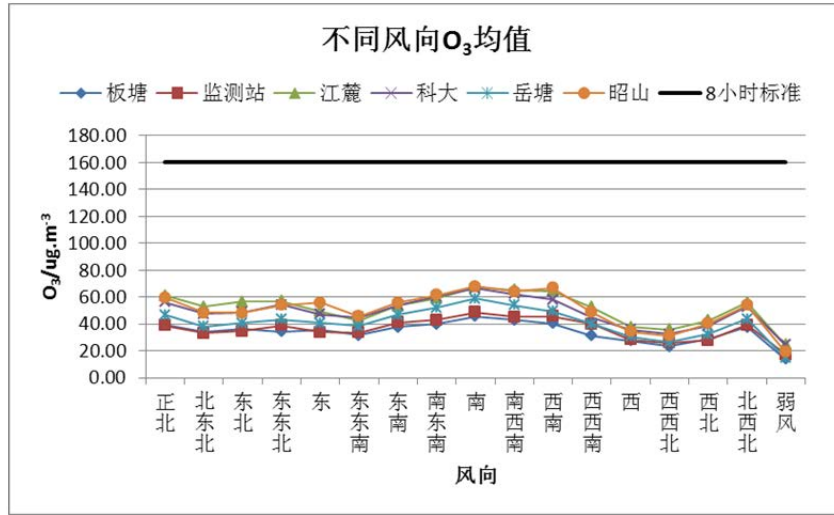


图 37

如图所示，O<sub>3</sub>浓度随风向不断变化，各点位不同风向空气污染物浓度变化趋势基本一致，且均处于8小时标准限值之下，不存在污染。除了弱风外，各点位均在南风向出现最大值，在西西北风向出现最小值。

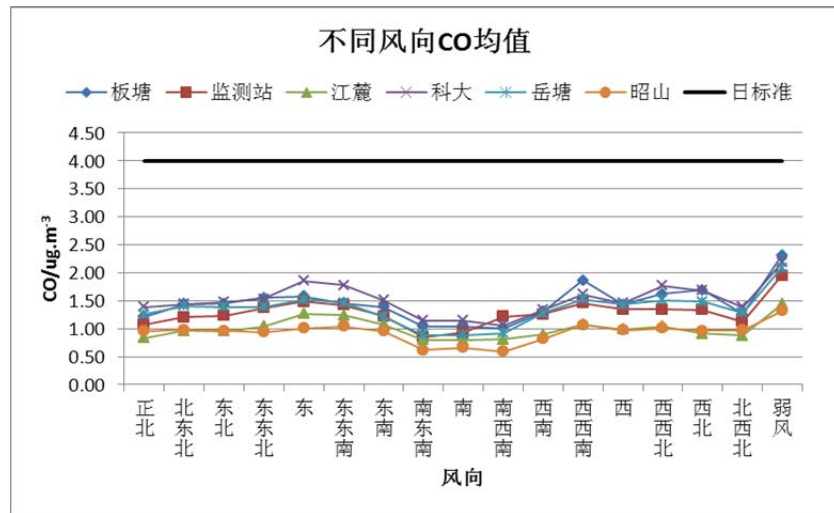


图 38

如图所示，CO 浓度随风向不断变化，各点位不同风向空气污染物浓度变化趋势基本一致，且均处于日标准限值之下，不存在污染。除了弱风外，板塘点在西西南风向出现最大值，在南西南风向出现最小值；监测站点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；江麓点在东风向出现最大值，在南风向出现最小值；科大点在东风向出现最大

值，在南西南风向出现最小值；岳塘点在西西南风向出现最大值，在南风向出现最小值；昭山点西西南风向出现最大值，在南西南风向出现最小值。

#### 5.4. 计算大气稳定度

本次研究大气稳定度等级的划分采用 GB/T13201-1991 附录 B 中规定的帕斯奎尔 (Pasquill) 稳定度分类法，按风速、总云量、低云量、太阳辐射等级将稳定度分为强不稳定、不稳定、弱不稳定、中性、较稳定和稳定六级。它们分别由 A、B、C、D、E 和 F 表示。利用气象站 2013 年地面 10m 高度 10min 平均风速，日照量、总云量和低云量进行逐时稳定度计算分类。具体分类步骤如下：

(1) 太阳倾角的计算：

$$\delta = \left[ \begin{array}{l} 0.006918 - 0.399912 \cos \theta_0 + 0.070257 \sin \theta_0 \\ -0.006758 \cos 2\theta_0 + 0.000907 \sin 2\theta_0 - \\ 0.002697 \cos 3\theta_0 + 0.001480 \sin 3\theta_0 \end{array} \right] \times 180 / \pi \quad (B1)$$

式中：  $\theta_0 = 360dn/365$ , deg;

$\delta$  ----太阳倾角, deg;

dn----一年中日期序数, 0, 1, 2, ……., 365。

(2) 太阳高度角的计算：

$$h_0 = \arcsin \{ \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos (15t + \lambda - 300) \} \quad (B2)$$

式中：  $h_0$  ----太阳高度角, deg;

$\phi$  ----当地纬度, deg;

$t$  ----北京时间, h;

$\lambda$  ----当地经度, deg。

(3) 太阳辐射等级的确定：根据表 3 由太阳高度角和运量确定太阳辐射等级。

表 3 太阳辐射等级

总云量1)/低云量	夜间	$h_0$			
		$h_0 \leq 15^\circ$	$15^\circ < h_0 \leq 35^\circ$	$35^\circ < h_0 \leq 65^\circ$	$h_0 > 65^\circ$
$\leq 4 / \leq 4$	-2	-1	+1	+2	+3
$5 \sim 7 / \leq 4$	-1	0	+1	+2	+3
$\geq 8 / \leq 4$	-1	0	0	+1	+1
$\geq 5 / 5 \sim 7$	0	0	0	0	+1
$\geq 8 / \geq 8$	0	0	0	0	0

(4) 大气稳定度分类：根据表 4 由地面风速和太阳辐射等级划分大气稳定度，“A-B”“B-C”、“C-D”表示介于两类稳定度之间。为了表示不同稳定度等级出现频，将稳定度级别分成 3 个档次，即稳定度在 A 级和 C 级之间为不稳定类，在 C-D 级和 D 级之间为中性类，在 E 级和 F 级之间为稳定类。

表 4 大气稳定度的等级

地面风速 (m. s <sup>-1</sup> )	太阳辐射等级					
	+3	+2	+1	0	-1	-2
≤1.9	A	A~B	B	D	E	F
2~2.9	A~B	B	C	D	E	F
3~4.9	B	B~C	C	D	D	E
5~5.9	C	C~D	D	D	D	D
≥6	D	D	D	D	D	D

### 5.5. 大气稳定度频率

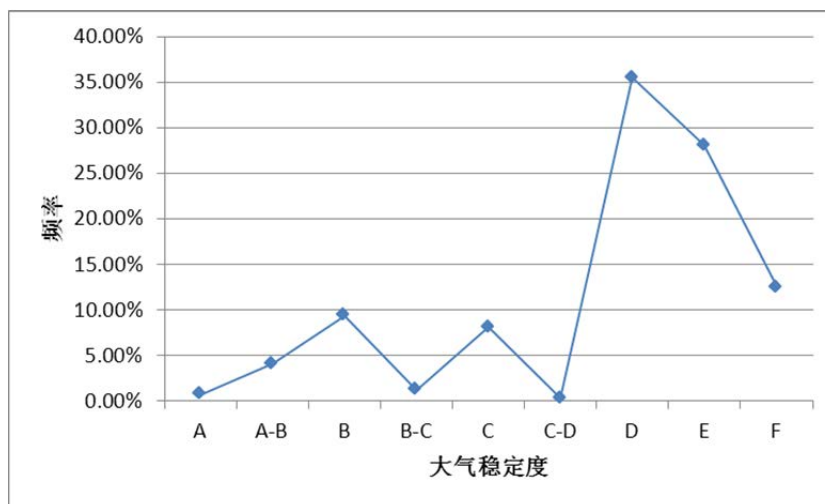


图 39

2013年不同大气稳定度出现的频率如图 39 所示，全年 D 类和 E 类稳定度出现频率较高，其次是 F 类、B 类和 C 类，A-B 类、B-C 类、A 类和 C-D 类出现较少。全年以稳定类为主，出现频率达 40.54%；中性类次之，出现频率为 35.82%；不稳定类出现较少，频率为 23.63%。



## 5.6. 不同大气稳定度的大气环境质量浓度

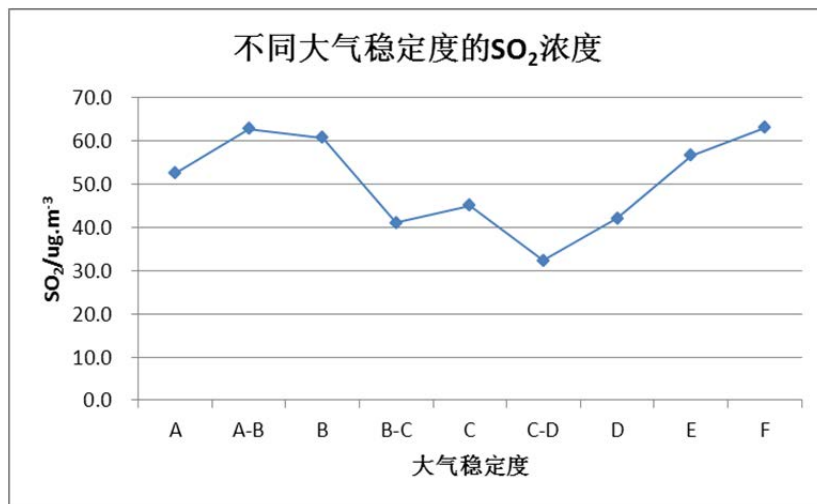


图 40

2013年不同大气稳定度的SO<sub>2</sub>浓度如图所示，全年SO<sub>2</sub>浓度波动明显，最大值为63.11ug/m<sup>3</sup>，出现在F稳定类大气稳定度，最小值为32.37 ug/m<sup>3</sup>，出现在C-D中性类大气稳定度。

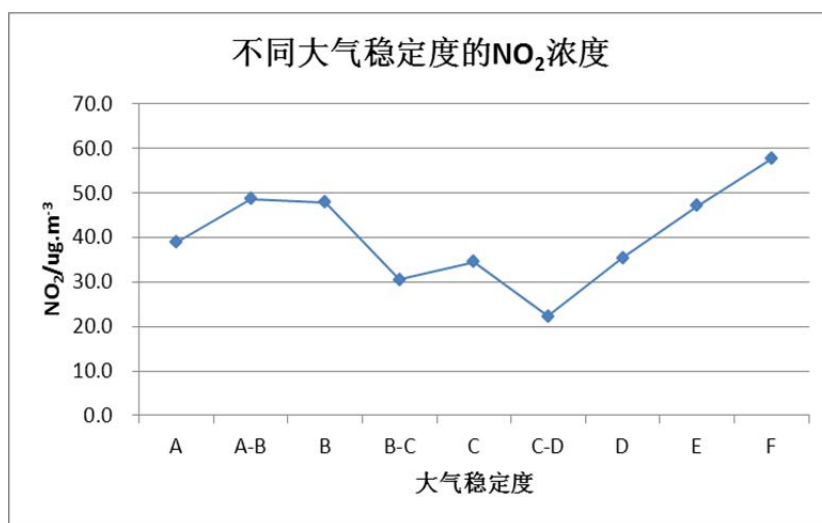


图 41

2013年不同大气稳定度的NO<sub>2</sub>浓度如图所示，全年NO<sub>2</sub>浓度最大值为57.68ug/m<sup>3</sup>，出现在F稳定类大气稳定度，最小值为22.30 ug/m<sup>3</sup>，出现在C-D中性类大气稳定度。

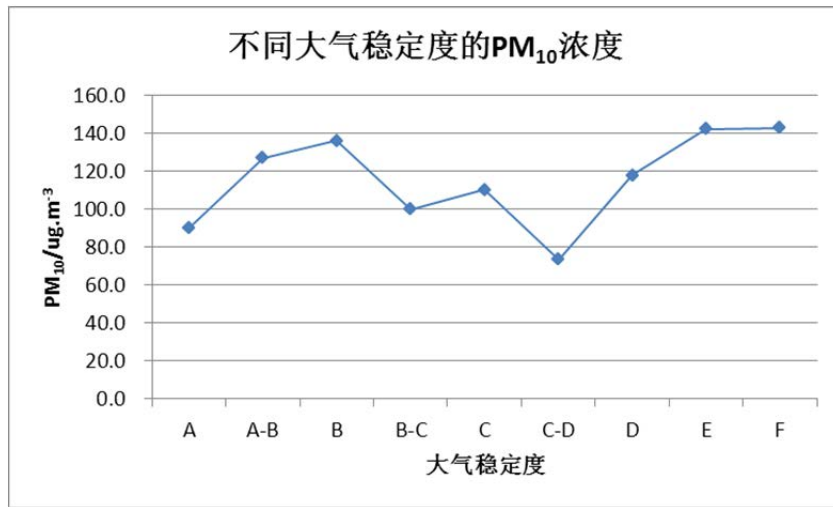


图 42

2013年不同大气稳定度的 PM<sub>10</sub>浓度如图所示，全年 PM<sub>10</sub>浓度最大值为142.94ug/m<sup>3</sup>，出现在 F 稳定类大气稳定度，最小值为73.66 ug/m<sup>3</sup>，出现在 C-D 中性类大气稳定度。

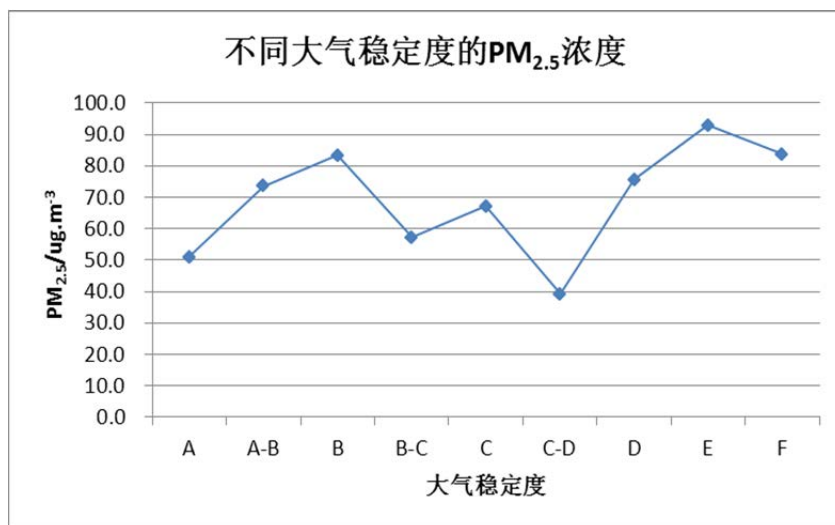


图 43

2013年不同大气稳定度的 PM<sub>2.5</sub>浓度如图所示，全年 PM<sub>2.5</sub>浓度最大值为92.85ug/m<sup>3</sup>，出现在 F 稳定类大气稳定度，最小值为39.15 ug/m<sup>3</sup>，出现在 C-D 中性类大气稳定度。

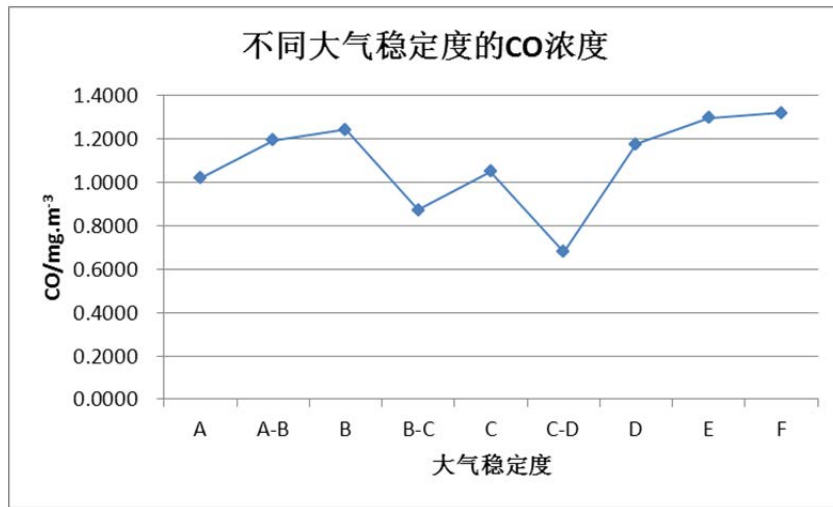


图 44

2013年不同大气稳定度的CO浓度如图所示，全年CO浓度最大值为1.32mg/m<sup>3</sup>，出现在F稳定类大气稳定度，最小值为0.68mg/m<sup>3</sup>，出现在C-D中性类大气稳定度。

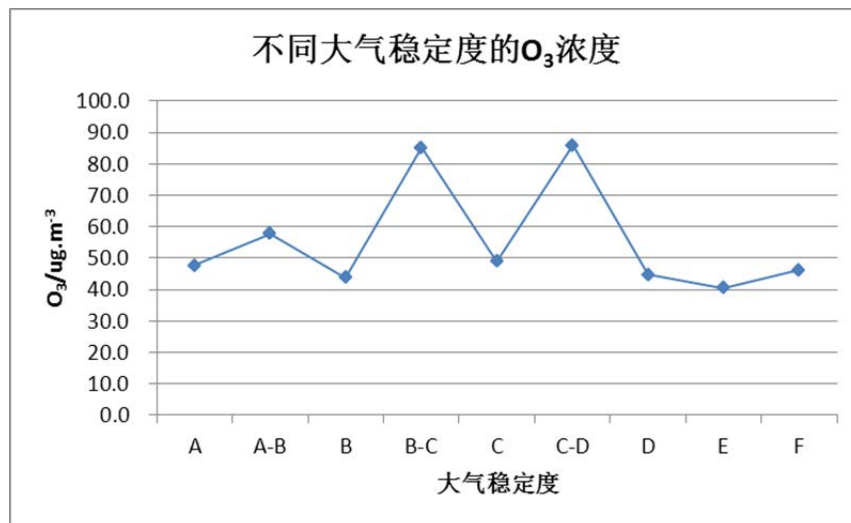


图 45

2013年不同大气稳定度的O<sub>3</sub>浓度如图所示，全年O<sub>3</sub>浓度波动明显，且变化趋势不同于其他监测项目，最大值为85.88ug/m<sup>3</sup>，出现在C-D中性类大气稳定度，最小值为40.58 ug/m<sup>3</sup>，出现在E稳定类大气稳定度。

## 6. 扩散模型评估用统计值的计算

计算年平均值一方面是因为大气污染概要报告中需要对各参数的年均值进行分析，了解湘潭市的污染状况；另一方面用于扩散模型评估，使用实测的年均值数据与扩散模型模拟出的年均值数据进行对比分析，从而验证扩散模型的性能。年平均值的计算采用对全年的有效日均值求平均值的方法，并用有效数据比例表明可靠性，计算结果如下表所示。

		年平均值						
			板塘	监测站	江麓	科大	岳塘	昭山
SO <sub>2</sub>	年平均值	ug/m <sup>3</sup>	55.05	42.11	54.15	60.05	60.12	39.36
	有效数据数	%	91.51%	93.70%	88.22%	88.22%	92.60%	87.40%
NO <sub>2</sub>	年平均值	ug/m <sup>3</sup>	37.88	47.00	38.62	40.92	49.62	43.02
	有效数据数	%	89.32%	96.16%	89.86%	91.23%	93.70%	90.96%
CO	年平均值	ug/m <sup>3</sup>	1.37	1.21	0.93	1.45	1.30	0.92
	有效数据数	%	95.34%	97.26%	90.14%	96.16%	96.99%	93.97%
O <sub>3</sub>	年平均值	ug/m <sup>3</sup>	35.41	36.73	53.78	51.01	42.80	52.15
	有效数据数	%	95.07%	95.89%	91.78%	96.71%	95.89%	94.79%
PM <sub>10</sub>	年平均值	ug/m <sup>3</sup>	111.08	138.44	125.54	142.33	115.07	139.42
	有效数据数	%	91.78%	95.07%	93.15%	92.88%	93.70%	92.88%
PM <sub>2.5</sub>	年平均值	ug/m <sup>3</sup>	81.81	86.51	86.48	81.16	81.29	79.54
	有效数据数	%	94.52%	97.26%	96.99%	96.16%	96.16%	94.79%

## 7. 探讨

### 7.1. 各污染物污染特征分析

#### 1) SO<sub>2</sub>污染特征

SO<sub>2</sub>浓度季节变化表现为冬高夏低，这是由于夏季气温高且大气对流强烈，在气-粒转化以及降水湿清除的共同作用下，SO<sub>2</sub>浓度低于其他季节；而冬季燃煤取暖排放大量SO<sub>2</sub>，再加上冬天天气主要以稳定型居多，大气对流差，不利于污染扩散，致使SO<sub>2</sub>浓度达到四季中最大值，至于科大和岳塘冬季出现超标现象，这可能与科大点旁边随意焚烧垃圾以及岳塘湘钢企业作业有关。SO<sub>2</sub>小时均值呈双峰型变化，这是随着上午7:00左右上班高峰期的兴起，SO<sub>2</sub>浓度逐渐上升并于11:00左右达到第一个峰值，之后随着混合层高度抬升，大气扩散能力增强，SO<sub>2</sub>逐渐降低，在下午18:00左右出现最低值，接着由于生消演变规律的存在，SO<sub>2</sub>浓度略有上升在晚上22:00左右出现一个微弱的峰值。SO<sub>2</sub>周均值变化规律表明SO<sub>2</sub>周均值变化可能与人类活动密切相关。自星期一开始，人们的工作强度或人类活动逐渐加强，因此，由人类活动（基建、交通、工业等）产生的SO<sub>2</sub>逐渐增加，但自星期二以后，人们的工作强度又有一定程度的松懈，从而导致由这些人工源产生的SO<sub>2</sub>逐渐降低。周末第一天周六，人们的户外活动（购物、交通等）明显加强，导致SO<sub>2</sub>浓度达到一周内的最大值，而星期日大多数人选择休息，为下周一工作做准备，活动明显减少，交通密度减弱，SO<sub>2</sub>浓度也随之下降。

#### 2) NO<sub>2</sub>污染特征

NO<sub>2</sub>浓度季节变化表现为冬高夏低，冬季NO<sub>2</sub>浓度明显升高，这与燃煤取暖排放NO<sub>x</sub>增加有直接关系；春季停暖后NO<sub>x</sub>排放源减少，温度逐渐回升，NO向NO<sub>2</sub>的转化率提高，致使春季NO<sub>2</sub>浓度有小幅上升；夏季随着太阳辐射的增加，NO<sub>2</sub>光解参与O<sub>3</sub>生成的光化学反应，使得NO<sub>2</sub>浓度降低；秋季受农作物收获引起的秸秆、荒草等生物质燃烧使得NO<sub>2</sub>浓度上升，其中岳塘点NO<sub>2</sub>浓度超标较为严重，这是由于受到当地湘钢产业的影响。NO<sub>2</sub>小时均值呈双峰型变化，早晨6:00-09:00NO<sub>2</sub>浓度呈现上升趋势，并在上午9:00左右达到峰值，此时段是上班早高峰，城市中机动车等交通工具排放的污染物较多，之后随着太阳辐射的增加，NO<sub>2</sub>光解参与O<sub>3</sub>生成的

光化学反应,使得 $\text{NO}_2$ 浓度降低,在午后 15:00 左右达到最低值。午后随着 $\text{NO}_2$ 消耗速率的降低,同时 $\text{NO}$ 与 $\text{O}_3$ 反应产生 $\text{NO}_2$ , $\text{NO}_2$ 浓度又逐渐上升,在晚上 22:00 左右又达到一个峰值。

### 3) $\text{PM}_{10}$ 污染特征

$\text{PM}_{10}$ 浓度季节变化表现为秋冬高春夏低,且秋冬季节超标天数明显多于春夏季节,这与季节性污染源和气象因素有关。由于秋冬季节天气比较寒冷,居民家庭及公共建筑为满足生活热水及供暖需要燃煤较多,而燃煤产物明显加重了颗粒物污染;另一方面,由于秋冬季温度较低,有利于新颗粒物的生成和堆积,使得颗粒物浓度高于春夏季。 $\text{PM}_{10}$ 小时均值呈双峰型变化,峰值分别出现在上午 11:00 和晚上 22:00 左右。上午 11:00 出现峰值之后,随着扩散条件好转,污染物浓度逐渐下降,并于午后 16:00 左右达到最低值。晚上由于发生逆温,使地面上产生的颗粒物不易扩散持续累积,最终导致污染物浓度不断上升,在晚上 22:00 左右出现峰值。

### 4) $\text{PM}_{2.5}$ 污染特征

在秋冬季节全市范围内 $\text{PM}_{2.5}$ 超标严重,其中监测站最为严重,这可能是与监测站处于繁华的商业中心地带,来往车辆较多有关。另在 10 月 29 日左右,各点位 $\text{PM}_{2.5}$ 日均值浓度达到全年的峰值,经调查此期间为湘潭市郊区农民收割的季节,收割产生的秸秆现今还没有采取规范的处理措施,仍然采用传统的焚烧方式,而焚烧产生的灰烬对细颗粒物污染贡献较大,再加上当时主导风向为偏北风,风速较小,变化范围为 0-3.0m/s,全天稳定类 E 级大气稳定度所占比例较大,为 54.17%,大气基本处于相对稳定状态,不利于污染物扩散,最终导致空气重污染事故的发生。 $\text{PM}_{2.5}$ 小时均值变化呈双峰型,上午 7:00 之前 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度维持在一个相对稳定的状态,之后随着上班高峰期的到来缓慢上升,并在上午 9:00 左右达到一天中第一个峰值,接着太阳出来,温度上升,扩散条件逐渐转好, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度逐渐下降,于下午 16:00 左右出现最低值,晚上由于大气较稳定,存在逆温现象,致使 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度不断上升,并在 24:00 左右达到第二个峰值。

### 5) $\text{O}_3$ 污染特征

$\text{O}_3$ 浓度季节变化表现为夏秋高,冬春低,这是由于受太阳辐射强弱和温度变化的影响,6、7、8、9、10 月份 $\text{O}_3$ 浓度普遍偏高,之后随着寒冬的来临开始逐渐降低。其中昭山点的 $\text{O}_3$ 浓度高于其他点位,这是由于昭山地处湘潭市边缘城郊地带,植被覆盖率较大,树木排放的挥发性有机物在紫外光作用下进行光化学反应生成大量的 $\text{O}_3$ 。 $\text{O}_3$ 小时均值变化呈明显的单峰型,上午 8:00 之前维持在相对稳定的低浓度,日出后,随着太阳辐射的增加和温度的升高, $\text{O}_3$ 浓度逐渐升高,在午后 15:00 左右达到峰值,此后又由于太阳辐射减弱,温度降低, $\text{O}_3$ 浓度逐渐降低,在凌晨达到最低值。结合 $\text{NO}_2$ 数据分析,在 $\text{NO}_2$ 出现最低值时,对应的 $\text{O}_3$ 出现最大值,两者表现出很好的负相关性。

### 6) CO 污染特征

全年 CO 污染程度较小,只有 1 月份板塘和科大出现超标现象,这可能与当地燃煤取暖燃烧不充分有关。CO 小时均值变化呈微弱的双峰型,其中监测站点午后走势存在偏离,经过调查这可能是由于监测站点布在食堂烟道附近,受燃料燃烧不充分的影响。

## 7) 气象特征

湘潭市主城区地处湘乡-湘潭盆地，北、西、南三面环山，中部、东部地势低平。主导风向以北、北西北和北东北频率较高，且有明显的季节变化，冬季盛行偏北方，夏季盛行偏南方。受北面及南面山地的阻拦，大气污染物难以扩散，易造成污染物堆积加重主城区大气污染。

根据各点位风向以及风向与  $O_3$ 、 $SO_2$ 、 $NO_2$ 、 $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  和  $CO$  污染物浓度的关系可以找到相应的污染源，并对其实施治理措施，同时还能为城市规划，创造美好的城市环境提供依据。

全年稳定型天气显著，不利于大气污染物的扩散，致使其浓度易堆积。分析不同大气稳定度下空气质量浓度变化特征，可知除了  $O_3$ 、 $SO_2$ 、 $NO_2$ 、 $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $CO$  质量浓度随大气稳定度的变化趋势基本一致，整体呈上升趋势，均在稳定类大气稳定度 E 类或 F 类出现最大值；在 C-D 类大气稳定度出现最小值。偶尔出现不稳定类大气稳定度下的空气质量浓度大于稳定类，这是由于不稳定类大气稳定度出现的时段与污染物排放量增加的时段吻合，致使空气质量浓度在不稳定型天气也存在高值；E 和 F 稳定类大气稳定度通常在夜间出现，不利于污染物的扩散，侧面反映了夜间大气稳定度对污染的贡献较大，因此建议城市主要工业污染源在夜间适当减排，并加强夜间排污监督管理，严防偷排、漏排。

## 8. 结论

### 8.1. 环境标准超标情况

湘潭市环境空气中主要污染物为  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$ ，其中  $PM_{2.5}$  最大值年均值为  $86.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 1.472， $PM_{2.5}$  日均值超标频率最高为 47.32%， $PM_{2.5}$  日均值最高值为  $572.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 6.63； $PM_{10}$  年均值最大值为  $142.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 1.03， $PM_{10}$  日均值超标频率最高为 40.12%， $PM_{10}$  日均值最高值为  $469.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 2.13。其次是  $O_3$ -8h、 $NO_2$  和  $SO_2$ ，其中  $O_3$ -8 小时最大均值为  $229.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 1.43。 $O_3$  小时均值超标频率最高为 1.70%， $O_3$ -1 小时平均值最高值为  $1184.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 4.92； $NO_2$  年均值最大值为  $49.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 0.24， $NO_2$  日均值超标频率最高为 17.54%， $NO_2$  日均值最高值为  $173.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 1.17， $NO_2$  小时均值超标频率最高为 0.233%， $NO_2$  小时均值最高值为  $418.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 1.09； $SO_2$  年均值最大值为  $60.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数 0.0020。 $SO_2$  日均值超标频率最高为 6.21%， $SO_2$  日均值最高值为  $289.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超标倍数为 0.93。 $CO$  在全年很少出现超标的现象。六个监测点位中，科大点  $SO_2$  超标严重，年均值超标倍数为 0.0008，日均值超标频率为 6.21%；岳塘点  $NO_2$  超标严重，年均值超标倍数为 0.24，日均值超标频率为 17.54%；昭山点  $PM_{10}$  和  $O_3$ -8 小时平均值超标严重，其中  $PM_{10}$  年均值超标倍数为 0.99， $PM_{10}$  日均值超标频率为 40.12%。 $O_3$ -8 小时平均值超标频率为 12.67%， $O_3$ -1 小时平均值超标频率为 1.70%；监测站  $PM_{2.5}$  超标严重， $PM_{2.5}$  年均值超标倍数为 1.472， $PM_{2.5}$  日均值超标频率为 47.32%。

### 8.2. 环境空气质量的特征

$SO_2$  污染程度不大，各点位日均值数据大部分均处于二级标准限值之下，只有科大、岳塘和板塘在1月份出现超标情况，这可能与科大点旁边随意焚烧垃圾以及岳塘点湘钢企业作业有关。 $SO_2$  季节变化表现为冬高夏低，小时均值呈双峰型变化，峰值出现在上午11:00和晚上22:00

左右，最低值出现在下午18:00左右。SO<sub>2</sub>周均值基本呈双峰型变化，峰值分别出现在星期二和星期六，这可能与人类活动密切相关。SO<sub>2</sub>浓度随风向不断变化，除了弱风外，板塘点在东东北风向出现最大值，在北西北风向出现最小值；监测站点在东东北风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；江麓点在南东南风向出现最大值，在北西北风向出现最小值；科大点在东风向出现最大值，在北西北风向出现最小值；岳塘点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；昭山点在东东南风向出现最大值，在西西北风向出现最小值。SO<sub>2</sub>浓度也受大气稳定度的影响，且在F稳定类大气稳定度出现最大值，在C-D中性类大气稳定度出现最小值。

各点位NO<sub>2</sub>日均值变化存在差异，秋冬季节出现超标现象，其中岳塘点超标较为严重，这是受岳塘点附近湘钢产业的影响，季节变化表现为冬高夏低。NO<sub>2</sub>小时均值变化大体呈双峰型，在上午9:00和晚上22:00左右达到峰值，在午后15:00左右达到最低值。NO<sub>2</sub>周均值基本呈双峰型变化，在星期二、星期四和星期六出现峰值。NO<sub>2</sub>浓度随风向不断变化，除了弱风外，板塘点在东东北风向出现最大值，在南西南风向出现最小值；监测站点在东东北风向出现最大值，在南风向出现最小值；江麓点在东东北风向出现最大值，在南西南风向出现最小值；科大点在东东北风向出现最大值，在南风向出现最小值；岳塘点在东风向出现最大值，在南风向出现最小值；昭山点在东东北风向出现最大值，在南东南风向出现最小值。NO<sub>2</sub>浓度也受大气稳定度的影响，且在F稳定类大气稳定度出现最大值，在C-D中性类大气稳定度出现最小值。

湘潭市各点位PM<sub>10</sub>日均值普遍存在超标现象，其中科大、昭山和监测站超标较为严重。PM<sub>10</sub>月均值呈双峰型，两峰值分别出现在秋季的10月和冬季的12月，最小值出现在夏季的7月。PM<sub>10</sub>小时均值整体超过年标准限值，且呈双峰型变化，峰值分别出现在上午11:00和晚上22:00左右，最低值出现在午后16:00左右。PM<sub>10</sub>周均值均在年标准限值之上，一周之中在星期三和星期六出现峰值。湘潭市范围内PM<sub>10</sub>污染严重且科大点最为严重，这可能与科大点周围的建筑扬尘有关。PM<sub>10</sub>浓度随风向不断变化，除了弱风外，板塘点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；监测站点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；江麓点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；科大点在东东南风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；岳塘点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；昭山点在东东南风向出现最大值，在南东南风向出现最小值。PM<sub>10</sub>浓度也受大气稳定度的影响，且在F稳定类大气稳定度出现最大值，在C-D中性类大气稳定度出现最小值。

全年PM<sub>2.5</sub>日均值超标严重，且在秋冬季节普遍超标，其中监测站最为严重。另在10月29日左右，各点位PM<sub>2.5</sub>日均值浓度达到全年的峰值。PM<sub>2.5</sub>月均值变化呈双峰型，两峰值分别出现在秋季的10月和冬季的1月，最小值出现在夏季的7月。PM<sub>2.5</sub>小时均值整体超标，呈双峰型，峰值出现在上午9:00和晚上24:00左右，最低值出现在下午16:00左右。PM<sub>2.5</sub>周均值都在标准限值之上，一周之内峰值基本上出现在星期三和星期六。湘潭市范围内PM<sub>2.5</sub>污染严重，且监测站最为严重，这可能是与监测站处于繁华的商业中心地带，来往车辆较多有关。PM<sub>2.5</sub>浓度随风向不断变化，除了弱风外，各点位均在西西南风向出现最大值，在南东南风向出现最小值。PM<sub>2.5</sub>浓度也受大气稳定度的影响，且在F稳定类大气稳定度出现最大值，在C-D中性

类大气稳定度出现最小值。

各点位  $O_3$  日均值不存在超标现象，6月份  $O_3$  浓度普遍偏高，7月份有所下降，8月初又开始呈上升趋势，一直持续到10月底出现最大值，这段时间内  $O_3$  变化幅度较大，之后开始逐渐降低，一直到1月初达到一年中的最低值，全年呈现明显的冬春低，夏秋高的季节变化。 $O_3$  小时均值变化呈明显的单峰型，在上午8:00之前维持在相对稳定的低浓度，日出后  $O_3$  浓度逐渐升高，在午后15:00左右达到峰值，此后  $O_3$  浓度逐渐降低，在凌晨达到最低值。一周之内  $O_3$  周均值峰值分别出现在星期三和星期五。各点位中昭山点  $O_3$  浓度普遍高于其他点位，这是由于昭山地处湘潭市边缘城郊地带，植被覆盖率较大，树木排放的挥发性有机物在紫外光作用下进行光化学反应生成大量的  $O_3$ 。 $O_3$  浓度随风向不断变化，除了弱风外，各点位均在南风向出现最大值，在西西北风向出现最小值。 $O_3$  浓度也受大气稳定度的影响，且在 E 稳定类大气稳定度出现最大值，在 C-D 中性类大气稳定度出现最小值。

湘潭市范围内 CO 日均值大部分都处于标准限值之下，污染程度较小，只有1月份板塘和科大出现超标现象，这可能与当地燃煤取暖燃烧不充分有关。CO 季节变化表现为冬高夏低，最大值出现均在冬季的1月，最小值出现在夏季的7月。CO 小时均值呈微弱的双峰型，峰值分别出现在上午9:00和晚上23:00左右，最低值出现在下午16:00左右，其中监测站点午后走势存在偏离，经过调查这可能是由于监测站点布在食堂烟道附近，受燃料燃烧不充分的影响。CO 浓度随风向不断变化，除了弱风外，板塘点在西西南风向出现最大值，在南西南风向出现最小值；监测站点在东风向出现最大值，在南东南风向出现最小值；江麓点在东风向出现最大值，在南风向出现最小值；科大点在东风向出现最大值，在南西南风向出现最小值；岳塘点在西西南风向出现最大值，在南风向出现最小值；昭山点西西南风向出现最大值，在南西南风向出现最小值。CO 浓度也受大气稳定度的影响，且在 F 稳定类大气稳定度出现最大值，在 C-D 中性类大气稳定度出现最小值。

### 8.3. 有待解决的课题

- 1) 各参数不同年份进行对比分析
- 2) 由于 NO 数据不全，缺乏 NO 的相关分析

### 9. 参加人员及分担部分

姓名	部门	工作岗位	分担部分
何立志	环保监测站自动室	室主任	指导
楚希	环保监测站自动室	实习生	整理编写报告



別添資料2.2-4

													烟囪位置	
NO.	企業名	企業番号	企業業種	行政区画番号	所在地域	企業規模	業種名称	業種番号	主要生产産品生産状況	生産量	単位	煙突番号	経度_X	緯度_Y
NO.	企業名称	企业代码	行业类别	行政区划代码	所属区域	企业规模	行业名称	行业代码	主要产品生产情况	生产量	计量单位	烟囱编号	经度_X	纬度_Y
1	XXX钢铁有限公司	02345678-101	钢铁	340105	AAA区	1	製鉄	2323	鋼鉄	70000	万t	1	112° 53.23	27° 49.44
1	XXX钢铁有限公司	02345678-101	钢铁	340105	AAA区	1	製鉄	2323	鋼鉄	70000	万t	1	112° 53.23	27° 49.44
1	XXX钢铁有限公司	02345678-101	钢铁	340105	AAA区	1	製鉄	2323	スラグ	4500	千t	2	112° 53.45	27° 49.45
2	YYY发电有限公司	23456789-011	火电	340107	BBB県	1	発電	2134	電気	8000000	MWh	1	112° 55.60	28° 23.44
2	YYY发电有限公司	23456789-011	火电	340107	BBB県	1	発電	2134	衣料	250	万着	2	112° 56.12	28° 44.12
2	YYY发电有限公司	23456789-011	火电	340107	BBB県	1	発電	2134	衣料用繊維	5000	t	3	112° 57.34	28° 59.34
3	ZZZ棉业有限公司	45678912-204	纺织	340105	AAA区	2	繊維	3012	工業用繊維	2000	t	1	115° 54.34	28° 20.34
4	WWW水泥有限公司	64392740-614	水泥	340111	CCC市	1	セメント	1232	セメント	5000	t	1	116° 57.11	27° 30.33
													运行方法	
NO.	企業名	煙突高さ (m)	煙突出口内径 (m)	煙突出口温度 (°C)	煙突出口排ガス量(m3/h)	煙突出口排ガス流速(m/s)	煙突番号	施設名称	種類	生産品	生産能力	単位	操業方法 (ABC)	操業開始時間
NO.	企業名称	烟囱高度 (m)	烟囱出口内径 (m)	烟囱出口温度 (°C)	烟囱出口烟气流速(m3/h)	烟囱出口烟气流速(m/s)	烟囱编号	设备名称	种类	产品	生产能力	计量单位	运行方法	运行开始时间
1	XXX钢铁有限公司	80	2.5	180		21.5	1	焼結機1	焼結機	焼結鉍	1000	t	A	
1	XXX钢铁有限公司	80	2.5	180		21.5	1	焼結機2	焼結機	焼結鉍	1000	t	A	
1	XXX钢铁有限公司	100	2	130		20.3	2	高炉	高炉		2000	t	A	
2	YYY发电有限公司	200	4.7	200		15.5	1	ボイラー1	ボイラー	蒸気	300	MWh	A	
2	YYY发电有限公司	180	3.1	200		25.7	2	ボイラー2	ボイラー	蒸気	300	MWh	A	
2	YYY发电有限公司	210	5.6	300		18.8	3	ボイラー3	ボイラー	蒸気	300	MWh	A	
3	ZZZ棉业有限公司	60	1.5	80	50000		1	ボイラー1	ボイラー	蒸気	150	t	B	9:00
4	WWW水泥有限公司	100	2	100	200000		1	キルン1	ロータリーキ	セメント	2500	t	A	
													削減施設	
NO.	企業名	操業終了時間	バッチ所要時間	1日のバッチ回数	削減施設	脱硫施設名称	脱硫施設脱硫効率	脱硫施設稼働率	脱硝施設名称	脱硝施設脱硝効率	脱硝施設稼働率	煤塵施設名称	煤塵除去率	煤塵施設稼働率
NO.	企業名称	运行结束数据	批运行所需时间	1天的批运行次数	减排措施	脱硫工艺名称	脱硫设施脱硫效率	脱硫设施投运率	脱硝工艺名称	脱硝设施脱硝效率	脱硝设施投运率	除尘工艺名称	除尘设施除尘效率	除尘设施投运率
1	XXX钢铁有限公司				TRUE	FGD	95	100	SCR	90	100	EP	99.9	100
1	XXX钢铁有限公司				TRUE	FGD	95	100	SCR	90	100	EP	99.9	100
1	XXX钢铁有限公司				TRUE	FGD	95	100	SCR	90	100	EP	99.9	100
2	YYY发电有限公司				TRUE	FGD	95	100	SCR	90	100	EP	99.9	100
2	YYY发电有限公司				TRUE	FGD	95	100	SCR	90	100	EP	99.9	100
2	YYY发电有限公司				TRUE	FGD	95	100	SCR	90	100	EP	99.9	100
3	ZZZ棉业有限公司	18:00	9	1	FALSE							Scrubber	80	100
4	WWW水泥有限公司				TRUE		99.9	100	SNCR	70	100	EP	99.9	100

NO.	企業名	放出量				燃料				燃料消費量 Jan	Feb	Mar	Apr	May
		S02発生量	S02放出量	NOx発生量	NOx放出量	煤塵発生量	煤塵放出量	煙突番号	燃料種類					
NO.	企業名称	二氧化硫產生量	二氧化硫排放量	氮氧化物產生量	氮氧化物排放量	烟(粉)尘產生量	烟(粉)尘排放量	烟囱编号	燃料种类	燃料消費量 Jan	Feb	Mar	Apr	May
1	XXX钢铁有限公司	201,304	10,065	98,748	9,875	234,567	235	1	石炭	23356.134	19005.93	23955.26	23445.405	22785.825
1	XXX钢铁有限公司	201,304	10,065	98,748	9,875	234,567	235	1	石炭	23356.134	19005.93	23955.26	23445.405	22785.825
1	XXX钢铁有限公司	878,234	43,912	123,456	12,346	987,572	988	2	コークス	8540	8212	8511	8340	8102
2	YYY发电有限公司	567,489	28,374	654,728	65,473	222,222	222	1	石炭	49601	41031	48526	46527	50257
2	YYY发电有限公司	876,679	43,834	786,879	78,688	123,456	123	2	石炭	49601	41031	48526	46527	50257
2	YYY发电有限公司	876,679	43,834	786,879	78,688	123,456	123	3	石炭	0	0	0	0	33505
3	ZZZ棉业有限公司	1,234	1,234	3,245	3,245	700	140	1	重油	3000	2000	2700	2400	2550
4	WWW水泥有限公司	786,728	787	999,999	300,000	767,287	767	1	石炭	5176.52	11655.57	13858.36	12983.8	12898.74
NO.	企業名	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	年間燃料消費量	単位	比重	比重単位	石炭の低位 発熱量	単位
NO.	企業名称	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	燃料消費量	計量単位	比重	比重_単位	燃料煤平均 低位发热量	計量単位
1	XXX钢铁有限公司	23977.725	23302.9125	21480.75	22920.5895	23130.36	22762.8525	18368.2995	268492.0455	ton			6575	Kcal/kg
1	XXX钢铁有限公司	23977.725	23302.9125	21480.75	22920.5895	23130.36	22762.8525	18368.2995	268492.0455	ton			6575	Kcal/kg
1	XXX钢铁有限公司	8324	8389	6699	8387	8345	8104	8501	98454	ton			7000	kcal/kg
2	YYY发电有限公司	47796	51685	44069	46390	52419	48210	50348	576859	ton			10020	cal/g
2	YYY发电有限公司	47796	51685	44069	46390	52419	48210	50348	576859	ton			6575	Kcal/kg
2	YYY发电有限公司	31864	34457	29379	30927	34946	32140	33565	260783	ton			6575	Kcal/kg
3	ZZZ棉业有限公司	2350	2430	2430	2450	2430	2430	2430	29600	L	0.9902	g/cm3	10148	cal/g
4	WWW水泥有限公司	12886.84	12021.96	11874.05	13492.93	11301.98	12464.91	12903.55	143519.21	ton			6467	kcal/kg
NO.	企業名	燃料含有硫黄率	燃料含有灰分	运行时间 操業形式 (ABCD)	运行時間Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
NO.	企業名称	燃料煤平均含硫量	燃料煤平均灰分	运行形式	运行時間Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
1	XXX钢铁有限公司	0.8	16.5	C	744	672	744	720	744	336	720	744	720	744
1	XXX钢铁有限公司	0.8	16.5	C	744	672	744	0	720	744	336	720	744	720
1	XXX钢铁有限公司	0.5	11	C	744	672	744	720	744	336	720	744	720	744
2	YYY发电有限公司	2.5	0.03	C	744	672	0	720	744	720	720	744	720	744
2	YYY发电有限公司	0.92	6.4	C	744	672	744	720	0	720	720	744	720	744
2	YYY发电有限公司	0.92	6.4	C	744	672	744	0	744	720	720	744	720	744
3	ZZZ棉业有限公司	0.5	0.05	A	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189
4	WWW水泥有限公司	3.5	0.15	C	744	672	744	0	0	720	720	744	720	744

NO.	企業名	Nov	Dec	年間製造時間	排ガス測定結果		将来計画	将来計画
					NO2_mg/Nm3	SO2_mg/Nm3		
NO.	企業名称	Nov	Dec	年正常生产时间	NO2_mg/Nm3	SO2_mg/Nm3	未来规划	未来规划
1	XXX钢铁有限公司	0	672	7560	600	200	TRUE	
1	XXX钢铁有限公司	720	672	7536	600	200	FALSE	
1	XXX钢铁有限公司	720	672	8280	520	200	FALSE	
2	YYY发电有限公司	720	744	7992	540	200	FALSE	
2	YYY发电有限公司	720	744	7992	540	200	TRUE	
2	YYY发电有限公司	720	744	8016	540	200	TRUE	
3	ZZZ棉业有限公司	189	189	2268	100	21	FALSE	
4	WWW水泥有限公司	720	744	7272	700	0	TRUE	



別添資料2.2-5

NO.	企業名	企業業種	所属区域番号	業種番号	煙突番号	経度_X	緯度_Y	煙突高さ(m)	煙突出口内径(m)	煙突出口温度(℃)	煙突出口排ガス流速流速(m/s)	S02発生量	S02放出量	NOx発生量	NOx放出量
NO.	企業名称	行业类别	所属区域编号	行业代码	烟囱编号	经度_X	纬度_Y	烟囱高度(m)	烟囱出口内径(m)	烟囱出口温度(℃)	烟囱出口烟气流速(m/s)	二氧化硫产生量	二氧化硫排放量	氮氧化物产生量	氮氧化物排放量
1	XXX钢铁有限公司	钢铁	1	2323	1	109.887167	27.82400	80	2.5	180	21.5	201,304	10,065	98,748	9,875
1	XXX钢铁有限公司	钢铁	1	2323	1	109.887167	27.82400	80	2.5	180	21.5	201,304	10,065	98,748	9,875
1	XXX钢铁有限公司	钢铁	1	2323	2	109.887167	27.82417	100	2	130	20.3	878,234	43,912	123,456	12,346
2	YYY发电有限公司	火电	1	2134	1	111.926667	28.39067	200	4.7	200	15.5	567,489	28,374	654,728	65,473
2	YYY发电有限公司	火电	1	2134	2	111.935333	28.73533	180	3.1	200	25.7	876,679	43,834	786,879	78,688
2	YYY发电有限公司	火电	1	2134	3	111.955667	28.98900	210	5.6	300	18.8	876,679	43,834	786,879	78,688
3	ZZZ棉业有限公司	纺织	2	3012	1	113.905667	28.33900	60	1.5	80	7.86	1,234	1,234	3,245	3,245
4	WWW水泥有限公司	水泥	3	1232	1	110.951833	27.50550	100	2	100	17.6	786,728	787	999,999	300,000

NO.	企業名	Jan_Ptn	Feb_Ptn	Mar_Ptn	Apr_Ptn	May_Ptn	Jun_Ptn	Jul_Ptn	Aug_Ptn	Sep_Ptn	Oct_Ptn	Nov_Ptn	Dec_Ptn	年間製造時間
NO.	企業名称	Jan_Ptn	Feb_Ptn	Mar_Ptn	Apr_Ptn	May_Ptn	Jun_Ptn	Jul_Ptn	Aug_Ptn	Sep_Ptn	Oct_Ptn	Nov_Ptn	Dec_Ptn	年正常生产时间
1	XXX钢铁有限公司	0.098413	0.088889	0.098413	0.095238	0.098413	0.044444	0.095238	0.098413	0.095238	0.098413	0.000000	0.088889	7560
1	XXX钢铁有限公司	0.098726	0.089172	0.000000	0.095541	0.098726	0.044586	0.095541	0.098726	0.095541	0.098726	0.095541	0.089172	7536
1	XXX钢铁有限公司	0.089855	0.081159	0.089855	0.086957	0.089855	0.040580	0.086957	0.089855	0.086957	0.089855	0.086957	0.081159	8280
2	YYY发电有限公司	0.093093	0.084084	0.000000	0.090090	0.093093	0.090090	0.090090	0.093093	0.090090	0.093093	0.090090	0.093093	7992
2	YYY发电有限公司	0.093093	0.084084	0.093093	0.090090	0.000000	0.090090	0.090090	0.093093	0.090090	0.093093	0.090090	0.093093	7992
2	YYY发电有限公司	0.092814	0.083832	0.092814	0.000000	0.092814	0.089820	0.089820	0.092814	0.089820	0.092814	0.089820	0.092814	8016
3	ZZZ棉业有限公司	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	0.083333	2268
4	WWW水泥有限公司	0.102310	0.092409	0.102310	0.000000	0.000000	0.099010	0.099010	0.102310	0.099010	0.102310	0.099010	0.102310	7272

NO.	企業名	燃料消費量Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	年間燃料消費量	単位
NO.	企業名称	燃料消費量Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	燃料消費量	计量单位
1	XXX钢铁有限公司	23356.134	19005.93	23955.2625	23445.405	22785.825	23977.725	23302.9125	21480.75	22920.5895	23130.36	22762.853	18368.3	268492.05	Kcal/kg
1	XXX钢铁有限公司	23356.134	19005.93	23955.2625	23445.405	22785.825	23977.725	23302.9125	21480.75	22920.5895	23130.36	22762.853	18368.3	268492.05	Kcal/kg
1	XXX钢铁有限公司	8540	8212	8511	8340	8102	8324	8389	6699	8387	8345	8104	8501	98454	kcal/kg
2	YYY发电有限公司	49601	41031	48526	46527	50257	47796	51685	44069	46390	52419	48210	50348	576859	cal/g
2	YYY发电有限公司	49601	41031	48526	46527	50257	47796	51685	44069	46390	52419	48210	50348	576859	Kcal/kg
2	YYY发电有限公司	0	0	0	0	33505	31864	34457	29379	30927	34946	32140	33565	260783	Kcal/kg
3	ZZZ棉业有限公司	3000	2000	2700	2400	2550	2350	2430	2430	2450	2430	2430	2430	29600	cal/g
4	WWW水泥有限公司	5176.52	11655.57	13858.36	12983.8	12898.74	12886.84	12021.96	11874.05	13492.93	11301.98	12464.91	12903.55	143519.21	kcal/kg

