

省エネルギー改修の要素技術(4)

空気搬送系の省エネルギー

小田 久人 新晃工業(株)技術研究所 正会員

キーワード: 搬送動力(Conveyance Power), 省エネルギー(Energy Conservation), 可変風量システム(Variable Air Volume System), 低温送風(Cold Air Distribution System), 送風機(Fan, Blower)



はじめに

一般的な事務所ビルでは、ポンプや送風機の搬送エネルギーは、エネルギー消費量の30%近くを占める。さらにそのなかの70~80%は空気搬送動力であるといわれている。建物用途によって、この比率は大きく変化するものではあるが、送風機を中心とした空気搬送系動力の低減は、建築物の省エネルギーに大きく貢献する。

省エネルギー改修工事では、事前に行われる改修計画によって、単に高効率な機器への更新から空調システムの抜本的な変更までさまざまな状況が考えられるが、空気搬送系の省エネルギー化の基本的な考え方としては、次のとおりである。

- 1) 送風機と風量制御装置に効率のよいものを選定する。
- 2) ダクト抵抗や組込み機器抵抗を低減する。
- 3) 送風量を減らす。
- 4) 運転時間の短縮(不在時の送風停止など)。

例えば1)の高効率機器の選定としては、後述のインバータによる回転数制御を採用することもあてはまる。しかし、既存システムにおいて、全負荷での運転時間が長い場合には動力節減は小さく、コスト回収に時間がかかりすぎることもある。また、全負荷時にはインバータの損失分により、消費電力が増加することも考慮する必要がある。改修工事では既設の運用状況を十分調査・検討したうえで、省エネルギー設備を導入しないと期待した効果が得られない。

基本的な事項として、空気搬送の動力源である送風機の種類と特性について概要を説明した後、風量調節方法の比較や搬送動力低減につながるシステムや機器に関して述べる。

1. 主な送風機の種類と特性

空調機に組み込まれる送風機を単に“ファン”とも呼ぶが、吐出し圧力約10 kPaを境界に、10 kPa未満の送風機を“ファン”、それ以上を“ブロア”という。空調用としては吐出し圧力約1500 Pa以下のファンが多く使用される¹⁾。

一般的な分類としては、羽根車に対する気流方向によっ

て、遠心式、軸流式や斜流式などに分類できる。空調用では主に遠心式が多く使用される。そのなかでも代表的な多翼型と後向き型について軸流式とあわせて表-1に特性を示している。

多翼型はシロッコファンとも呼ばれ、大風量に適し音響的にも低騒音であるため、効率が低いにもかかわらず空調用に数多く採用されている。送風機の選定には、騒音や設置スペースなどの制約を受けるが、省エネルギー性を重視するのであれば、後向き型を検討すべきである。特に大風量機で、多翼型のほうが後向き型より電動機容量が大きくなる場合、消費電力に大きな差が出る。

後向き送風機は遠心式のなかでも効率がよく、リミットロード特性を有している。リミットロード特性とは軸動力曲線にピークを持ち、それ以上の風量では動力が低下する。したがって、最大動力にあわせた電動機を選定すれば、過負荷運転の心配がない。

換気扇やダクト中にコンパクトに納めることができる軸流型送風機の特徴は、風量ゼロの締切り状態で軸動力が最も大きくなる。

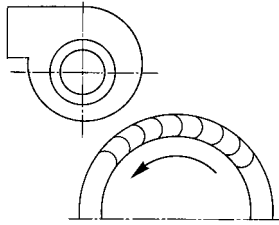
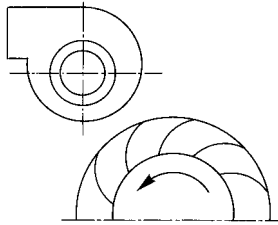
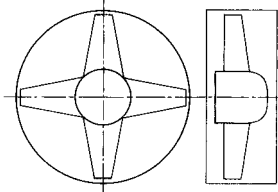
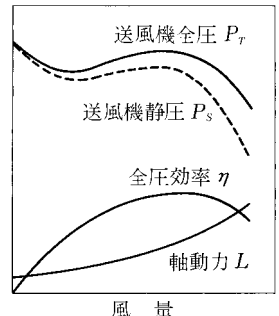
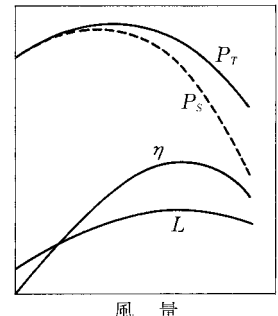
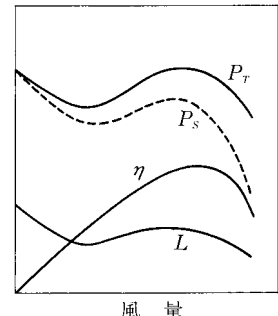
2. 運転ポイントと装置抵抗曲線

ダクトや装置に送風するとき、それらには固有の空気抵抗が生じ、送風機はそれに打ち勝つ圧力を持たないと空気量は低下する。装置やダクト固有の風量-圧力曲線は図-1に示す R_0 で表され、装置抵抗曲線という。この抵抗曲線と送風機の圧力曲線 P との交点が、運転ポイントである。

装置抵抗 R_0 で定格風量 Q_0 が得られるように設計されている場合に、実際の抵抗が R_1 であるときには $Q_1 > Q_0$ と風量はすぎる。図の場合は軸動力曲線ピークの右側に運転ポイントが移るため軸動力は小さくなるが、多翼型では風量ですぎは表-1に示す特性上軸動力は増加する。

圧力曲線には送風機全圧と送風機静圧の2種類の特性がある。送風機の動圧を有効に利用することが困難であるという理由と、動圧分を設計上の余裕とみなすことから圧力曲線には送風機静圧を用いる場合が多い。全圧基準でダクトの圧力損失を計算する場合には、送風機全圧で設計する

表-1 遠心送風機と軸流送風機の特長

遠心送風機		軸流送風機
多翼型(シロッコファン)	後向き型(リミットロードファン)	
		
		
遠心式のなかで効率が最も低い、高効率の範囲が広く、選定が容易である。風量増加とともに軸動力は増加する。	遠心式のなかでは効率高い。軸動力にピークを持つ(リミットロード特性)。	締切り運転時に最も軸動力が大きい。風量が大きいポイントで効率高い。

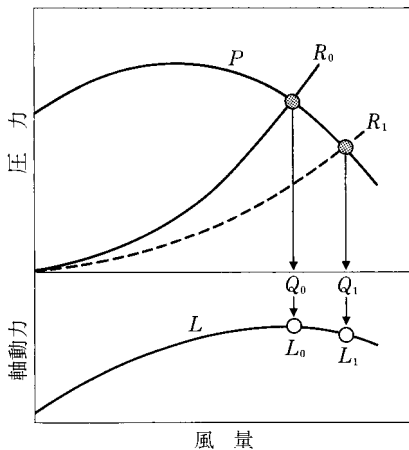


図-1 送風機の運転ポイントと装置抵抗曲線

必要がある²⁾。

ダクト設計の際に、安全率のみすぎは過剰な送風機を選定することになり、結果的にダンパによって風量調整する必要があり、余計に動力を消耗することになる。圧力損失を計算する際には、動圧を有効に利用できるような計算法を取り入れ、適正な送風機選定をして省エネルギーを図りたい。

3. 風量制御³⁾

送風機の風量を調節する方法は数多くあるが、代表的な次の四つの制御方法について、軸動力の変化が異なる仕組

みについて説明する。

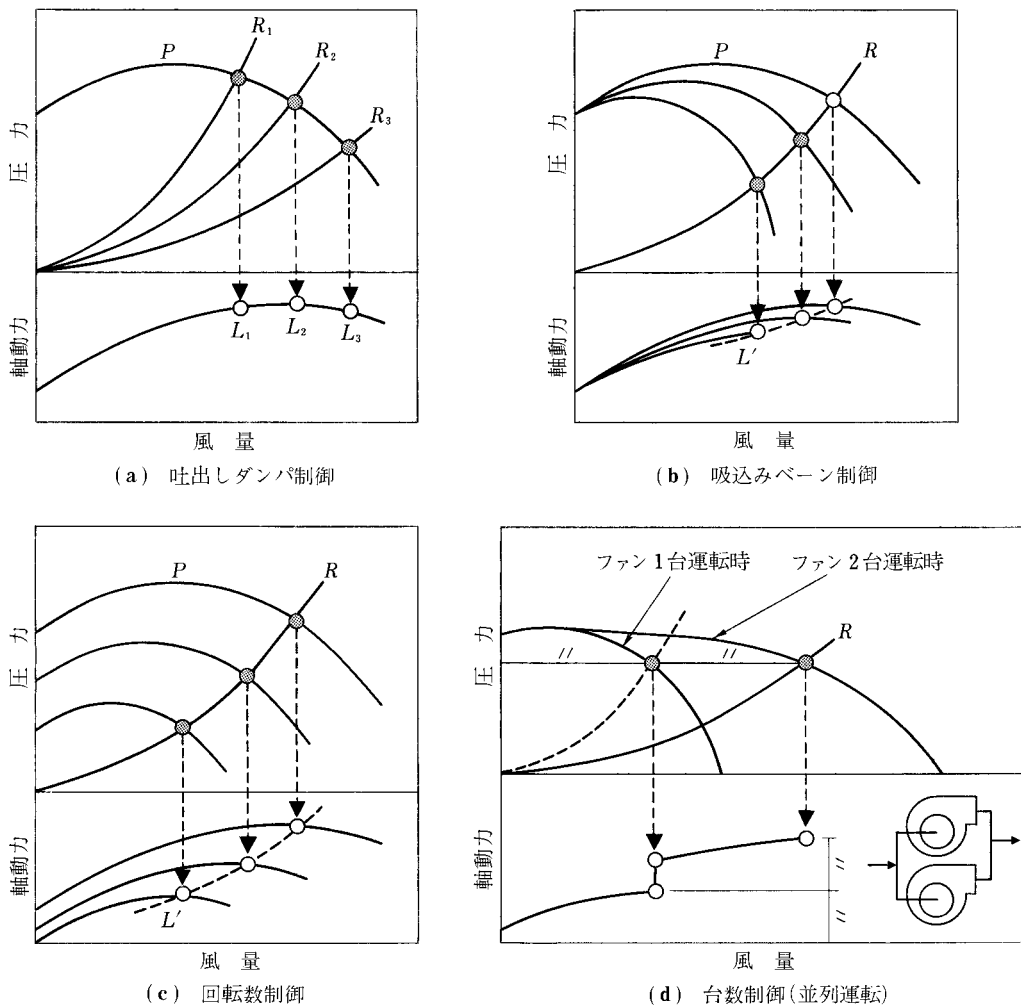
- 1) 吐出しダンパ制御
- 2) 吸込みベーン制御
- 3) 回転数制御
- 4) 台数制御

吐出しダンパ制御は、ダンパ開閉によって装置抵抗を変化させるもので、図-2 a)に示すように送風機の圧力曲線上で風量を制御する。軸動力も動力曲線上を変化し、ダンパ抵抗を損失とするため、動力的には最も不経済である。

図-2 b)の吸込みベーン制御は、羽根車に流入する気流方向を変化させることで、圧力曲線の山が小さくなっていき、抵抗曲線上で風量が制御される。動力的には吐出しダンパ制御に比べると有利である。ただし、ベーン自身の抵抗を加算しなければならない。

図-2 c)に示すインバータ駆動に代表される回転数制御は、必要な風量に応じた回転数に設定することで、風量を調節する。効率低下がなく、理論的には回転数の比の3乗に比例して動力低減ができ、省エネルギー性に最も優れている。実際にはインバータやVベルトを使用して調整するので、それらの損失分を考慮する必要がある。

上記3種類は所要風量を送風機1台で満たす場合である。台数制御とは1台で賅っていた送風機を容量の小さいもの複数台に分割して、必要風量に応じて運転する。広範囲な風量制御に有効である。図-2 d)に示すように、同じ



注 (d)の台数制御は、吐出しダンパ制御と台数制御を組み合わせた例。2台運転時の圧力曲線と抵抗曲線Rとの交点での風量を100%として、50%までは2台運転+吐出しダンパ制御をして、それ以下では1台運転に切り替えるものとする。

図-2 風量制御方法による運転ポイントの変化

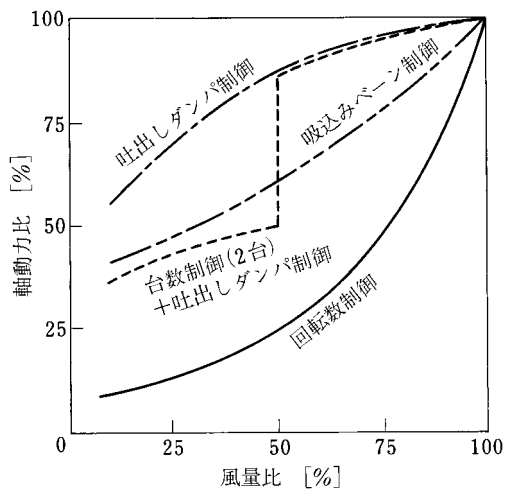


図-3 風量制御方法による軸動力比

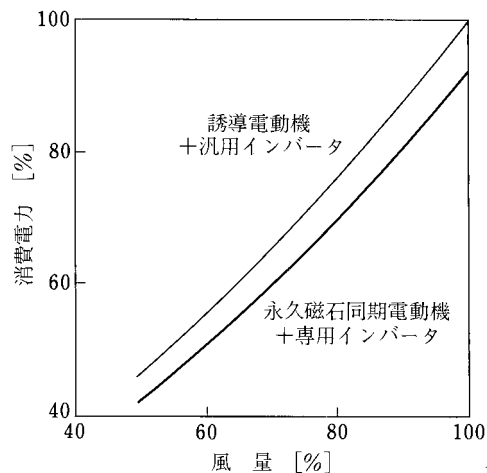


図-4 永久磁石同期電動機による消費電力削減 (多翼型送風機での例)

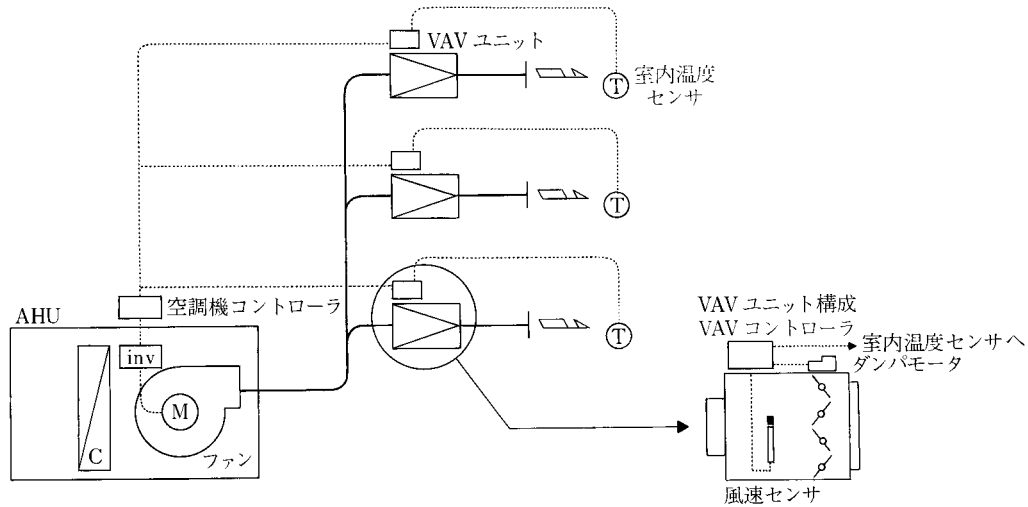


図-5 VAVシステムの構成

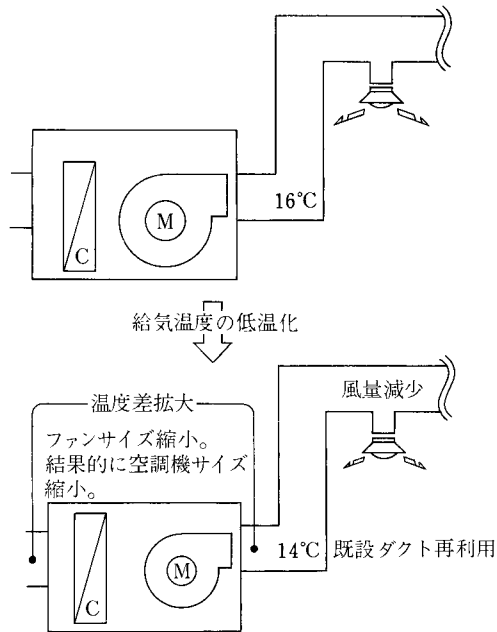


図-6 低温送風による低風量化

送風機を2台組み合わせたときは、同じ圧力であれば2倍の風量がでると考えて、1台分の圧力曲線にもう1台分を足しあわせて圧力曲線を得る。ただし、送風機を並列に接続した場合である。

1)~4)の4種類の制御方法についてまとめて示したのが図-3である。制御方法による軸動力の比較では、回転数制御が最も省エネルギー性の高い風量調節方法である。

4. インバータによる送風機の回転数制御

回転数制御はほかの制御方法に比べ省エネルギーの観点から有効であり、インバータ制御が主流である。しかし、安易にインバータ化しても、コスト回収に時間がかかりすぎることもあるため、改修前の診断調査で、運転状況の確

認とインバータ導入による省エネルギー効果を十分検討する必要がある。定格風量での運転時間が長い場合には、インバータの電氣的損失が動力に加算されるため省エネルギー効果が小さい。

また、インバータ方式を採用する際には、ノイズ・高調波による障害についても配慮する必要がある。インバータ内部では周波数を可変にするため、高速スイッチング処理をしており、出力電流には高調波電流が多く含まれ、力率低下やノイズ発生の要因となる。力率改善には直流リアクトルや交流リアクトルの回路中への組み込み、ノイズについてはノイズ低減リアクトルやノイズ防止フィルタを取り付けることで対処する。また、インバータに内蔵されている冷却ファンやコンデンサなど保守管理が必要であり、費用対効果の検討の際、考慮しなければならない。

最近では、従来の誘導電動機と汎用インバータという組合せに替わって、永久磁石同期電動機と専用インバータという、さらに効率の優れた製品が登場している。専用インバータとあるが、従来の誘導電動機用インバータに永久磁石同期電動機も駆動できる機能を持つ製品も販売されている。また、高効率であるうえに、同じ出力では小型であるというメリットもあり、永久磁石同期電動機への移行が進むことが予想される。

効率的には図-4に示すように、永久磁石同期電動機と専用インバータの組合せは従来の誘導電動機のインバータ駆動に比べ、10%程度消費電力が低減されている。

5. VAVシステム(可変風量システム)

図-5に示すVAVシステムでは、細分化したゾーンのダクト系統ごとに風量制御ができるようにVAVユニットを設置することで、個別制御を実現している。

複数ゾーンで低負荷の場合、VAVユニットが小風量で

運転されているならば、必要量だけ空調機から給気すればよい。各 VAV ユニットのダンパ開度信号や風量状態などを空調機に内蔵されたコントローラに集めて、インバータを必要な風量に応じた回転数に制御することで、省エネルギーに結び付く。

VAV ユニットの圧力損失やインバータ損失があるので、回転数の3乗に比例した理論的な動力低減とはならないが、負荷の時間変動が大きい場合やゾーンごとの負荷に大きな差があるときには、省エネルギー効果の高い合理的なシステムである。

6. 低温送風

冷房能力を維持したまま、送風量を減らす手段としては、供給空気をさらに低温化することである。例えば、図-6 に示すように、既設で 16℃ 送風していたところを 14℃ で送風することで低風量運転が可能である。

熱交換コイルへの供給冷水温度の低温化、あるいは熱交換コイルの列数を増やすなどして、空調機給気温度を低くする。

改修工事では、熱源機や蓄熱槽など熱源に関しては新規導入あるいは改造の検討を要するが、既設ダクトや配管は気密性・断熱性が万全であれば流用可能であり、工期や費用の面で有利である。空調機に関しては、システムに対応した熱交換コイルを内蔵した機器に変更する必要があるが、送風機サイズは小さくなり、結果としてコンパクトにできる。あるいは送風機を流用しても、風量が減少した分だけ送風機の回転数を低下させることで、動力削減が可能である。

低温送風による室内環境への影響として、吹出し口の表面・近傍での結露、室内温度分布の悪化、コールドドラフトの発生がある。送風温度が 12℃ 以下になると、上記問題が懸念される。室内環境を快適に保ち、結露を防止するため、室内空気を誘引・混合する誘引吹出しシステムとす

る必要がある。また、高温多湿の空気の侵入を防ぐことは、結露防止になり、外気負荷が減少するため省エネルギーにつながる。

おわりに

省エネルギー法でも対象となる事業場の空気調和設備新設にあたって、負荷変動の大きい状態での使用には変風量 (VAV) システムの採用が義務づけられている。理論的にも省エネルギー性の高い風量制御の主流ともいえるインバータ制御について、詳述した。インバータを採用する際には単にその効率のよさだけでなく、高調波・ノイズ問題また保守管理についても注意を要する。

機械として歴史の古い送風機であるが、送風機メーカーにはさらに高効率化、あるいは最適ポイントでの稼働ができるよう選定機種幅を広げる努力が求められる。送風機効率の飛躍的な進歩が望めない現状では、使用者側での運用状況調査とその負荷状況にあったきめ細かな運転することが、省エネルギー化を進めるうえで重要である。

参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧，第 13 版，2 巻(2001)，空気調和・衛生工学会，p.35
- 2) 新版空気機械工学便覧編集委員会：新版空気機械工学便覧応用編(1980)コロナ社，p.54
- 3) 中原信生：新版ビル・建築設備の省エネルギー(2001)，(財)省エネルギーセンター，pp.128～129

(2004/3/19 原稿受理)



小田久人 おだひさと

出身地 静岡県 / 生年月日 昭和 45 年 11 月 18 日 / 最終学歴 富山大学大学院 / 専門 機械工学

SHASE-S 006-1999 金属製変位吸収管継手

主要目次

適用範囲 / 継手の種類 / 流体の状態と最高許容圧力との関係 / 材料 / 継手の構造 / 継手の最大変位吸収量と継手の最小長さ / 検査 / 解説

A4判 28頁 定価1,271円 会員価格1,145円 送料350円(消費税込)

FAX:03-3363-8266 あてお申し込みください。	配	会社名	所属	担当者名	注文部数	冊
	送	〒	TEL	FAX		