

Air Conditioning の自動制御実施状況

KK朝日工業社* 技術部 木 谷 利 之

繊維工場といつても、ここでは化繊や合繊の紡糸に関する工場のことには触れないこととする。

繊維工場は些細なことでも、例えそれが何かの完全な模倣であつても秘密を重じ、一般に公開しないのみならず、合繊関係は未だ試作の範囲内にあるといえるほどのもあつて air conditioning 関係でも automatic control の実施状況を分類的にかつ統計的に記載したものは現状では出ていないし、また求める可くもない。

間接に機械的に制御する装置（例えばガス体の膨脹圧力を利用した温度調節や減圧弁等）は以前からいろいろ利用されてはいたが電氣的に温度及び湿度を検出して直接操作して制御する方式が本格的に採用されたのは繊維工業が高速にかつ高度の技術を要するようになった極く最近のことである。

Air Conditioning の技術の方では温湿度の検出系や制御装置が信頼に足る製品が出だし、一方冷却機構に必要な冷凍機の能力制御が確実にこなされるようになった。すなわち冷媒ガスF-12 F-11, F-22 F21等が出現して高速多気筒のアンローダー、ターボ冷凍機のダンパーコントロール、がもう一般的になつたのである。すなわち Air conditioning においては何の困難なしに Automatic Control が行われる万全の用意が出来ていたのである。或る意味においては繊維工業の要求がむしろ遅れていたともいえる。

繊維工業において Automatic control はいろいろな機会から進められた、第一がこの方面の工業のみならず一般的なことであるが或る特定の工場や特定の部門のみが尖端を進んでいて進歩の段階として採用する必要が生じた。そして或る場合は試験的に小さな室を或る場合には大きな工場一つがテストケースとして利用された場合もある。第二に合繊関係では輸入された機械が性能を正しく発揮するために air conditioning の automatic control を附加条件としている場合があつて採用されたこともある。第三にこれが一番多かつた、すなわち戦後の経済で工場建設が容易でなかつたので air conditioning の必要は認めるが充分な装置ではなかつた、それが目下正しく改造されつつあり一方新設工場はも早や安易な妥協ですまされることが判つて本格的に設置するよ

うになつた。それに新設工場では井水の豊富なしかも温度の充分低い立地条件が他の条件のため犠牲にされ他に近年夏が特に高温多湿となり機械の動力も生産上昇のため増加しつつある理由にもよつて冷凍機設置が事新しいことではなくなつた、そして本格的の装置を設置する折に自動制御それ自身は大した負担にもならないので附加されることになつた。

これ等の機会とは異つてはいたが各々ある目的をもつていた。そして

- (1) 生産量の増大
- (2) 品質の向上
- (3) 人件費の節約

は必ず検討されたしかつ今後も検討されるであろう。由来繊維工業において air conditioning が必要欠くべからざるものであることはつきりしている。ただ、automatic control にするや否やは第一の問題ではないのである。問題は air conditioning がどの程度までの装置で行なわれているかにかかつている。換言すれば Automatic Control System の装置は例えそれ自身 Manual であつても基本の確然たる装置でなければならない。よい加減の装置を自動制御しても何の意味もないからである。したがつてこの本格的な基本装置を設置することにおいてのみ上記3つの項目が検討されるべきで、いたづらに自動制御のみを附加しても無意味である。基本的装置が確然として自動制御が附加される二次的に次の結果が現れる。

- (A) 人間による誤差がなく正確である。
- (B) 操作に関しての経験者がいなくてもよい。
- (C) 無駄な動力が不要の場合が多い。

等の利点である。この項に期待せずしていきなり(1)(2)(3)項を期待しても直接効果は現れない、特に(3)項は間接に工場内の人間は減つても装置の取扱者はかえつて知識の豊富な者でなければならない。

繊維工業として全部立派な Air Conditioning を必要とすると限らないし、ある種類の繊維のある種の行程には不要とまで行かなくとも単なる機構のみでもよいものもある。そして温度、湿度の範囲も広いものもある。現状では綿及び化繊は大体はつきりしているが合繊関係ははつきりしていないので特に範囲を狭くして機械並に繊維の

* 大阪市北区中之島4丁目39番地

生産と技術

不均一を補ふよう要求されている。

automatic control となると必ず精度が問題とされる。実験室の data をそのまま工場に適用しようとして要求されたり、恒温、恒湿が理想的であるという先入感から厳格な状態を要求される。

恒温、恒湿とは比較的溫度及び湿度の可変範囲が狭い場合をいうので確實なる範囲定義はない、自動制御はどれほどまで範囲を狭くできるかという概念的問題を討論するより、実際の工程が本当にどれほどまでの範囲を許容し得るかによつて方法を解決して行くのが現実的である。

現在各繊維の試験規格に $\pm\alpha^{\circ}\text{C}$ $\pm\beta\%$ の溫度の誤差を明示してあるがこれは如何なる測定器でいかなる方法で計測するかを明示したのはあまり見かけないようであり各工場が所有している標準も同様である、この問題は特に関係湿度において討議されるべきである。一方 air conditioning の装置 それ自身は実験室はともかく工場においては精密級なものは実用的でないので測定器を精密級にしてもこれは小刀で削つた木材の厚みをマイクロメーターで測定すると等しい結果になり兼ねない。われわれは工場側より既設の装置を Automatic 化した場合誤差が如何ほどに出来るかの問合せをよく受ける、この答は簡単である「現在用いられている装置が出している即ち室内各部の分布的な誤差と同じ誤差が出ます。貴方の工場では ventilation も完全に均一ではなく負荷の分布状態も均一とは限らないと思います。Control 検出部の不感動範囲や respons はそれ等の誤差に比べて問題にならぬ位の少いものです。或る一点では恐くべき状態を保持することが可能の場合があります」次にまたわれわれはこんな質問を受ける「では平均値で制御すれば」これは一見良さそうに見えるがかえつて悪い場合もあります。「 20°C にする場合ある 1カ所が 15°C で他の 1カ所が 25°C でも算術平均は 20°C となります。勿論検出部を 2カ所またはそれ以上の設置も可能です。空気全体の平均値なら Veirn air はダクト内で検出しても出ますが室内と還気ダクトでは異なる場合もあります平均値の制御はよくない場合(使用目的で異なります)が多い筈です」「では一体どうすればよいのか」「工場ではビルと異りあくまで分布誤差が少い方すなわち出来る限り少い方がよいと思います、ですから ventilation は充分吟味して代表的、そうですあらゆる意味において代表的と云える最も重要な点に検出部を設置致します」。

自動制御器具は air conditioning を完全にするものではなく完全な air conditioning に附加されるべきであるが、現状では多少目標がはづれている感がないでもない。

× × ×

air conditioning は Ventilation を主体として(1)加熱機構(2)冷却機構(3)増湿機構(4)減湿機構の 4つしかない、一方その昔ウイリス・キヤリヤーによつて始められた空気洗滌機型式は dew point control の一種に過ぎない、この型式が古くからわが國の繊維工場で採用されていたのと繊維工場の除塵が未だ本格的に解決していないのでこの型式が採用され勝である。この Dew point control system と冷媒の直接膨脹の型式の利害得失は目下盛に検討されている。大体は後者の方が running cost が少いの完全な利点であるが、これが必ずしも賢明であるとは限らない一般的には増湿保持の作動時間が長いと思われる比較的高温多湿の場合に前者が採用される。直膨のワラーは作動が連続的でないとはいえない、E. P. R. を採用し得る場合はこの心配はない。

繊維工場では溫度はともかく関係湿度が重要であるとして関係湿度のみ control することが考えられるがこれはあくまである程度溫度を基準にしなければ関係湿度は制御されない場合が多い、また damper control は普通の air conditioning ではよい control 方法とは云えないと同様繊維工場でも期待される結果によつて異なるがやはりよい結果は得られないと思われる。単に溫度或は関係湿度のみの制御であつても danper 制御は Weathermaker の by-patl 比率の制御以外に送風量を増減すると Ventilation の割合が變つてよくないのとこの方法では復効力が弱いかまたは全然ない場合がある。一番の問題は damper の開閉の action 同じ signal でも逆にせねばならぬ場合が生ずる。その正逆の signal を求める point 及び set point が問題になる場合が多い、そして年間休みなく働いている工場で温湿度の許容範囲の狭い場合不可能となることが生じてくる。

検出部から操作部への伝送に電気式がよいか空気圧力式がよいかの相対的利害得失は過去において討論されてきた、然し他の工業における制御と同じく繊維工場の air conditioning は目下の処電気式が圧倒的に採用されている。

制御方式は断続制御か連続制御の比例制御が多く採用されている、敢えて floating control や uset adjust は採用されていない。繊維工場は近年特に単位面積または単位容積当りの動力が増加し建物も吟味されて負荷変動が急激に変化する場合が少いからである。また採入される空気は全部新鮮空気のことと殆んどなく大多数が循環空気であるから比例制御で操作流体を四季に応じて適当な大きさに変えるだけで(これは手動 reset で充分である)初期の目的に到達し得る、そして compensation 回路を附加することによつてより完全に制御し得るからで

ある。

どの型式の *contorler* が、そしてどの方式が一番有効であるかは一般の場合と同じで特別な目的や興味がない限り選定の最終はやはり経験が決定する。

用いられている検出部は諸種の型がある。(勿論検出部と操作部とは一つの組合せになつている) 室内の温度の検知によつて操作させる比較的距離の長い制御では伝達時間の遅れのある機構を持つた金属ベローの中のガスの圧力変化を直接操作部には連結させない。

断続制御では金属の膨脹を利用したもの、ガス体の膨脹を利用したものがあるが、いずれもこれは履歴現象の少ない *snap action* であつて金属接点か水銀封入継電器である。

連続制御の方は温度でも湿度でも *potentiometer* か *bridge* の一部が検出系にあり他の一部は操作部が有している。指示計または記録計であれば偏光のみでよいが操作をさせる調節計ではこれの検出部と操作部が常に設定点で安定するよう自己平衡型である。空気圧作動の場合にはこれが間接的になつているだけである。以前に使用された偏差によつて作動する水銀継電器付の調節計の型式は皆自己平衡型に変つてしまつた。*potentiometer* や *bridge* は交流、直流両方が使用される。交流の場合には簡単な抵抗のみの *Wheatston Bride* が *Cpacitance* も考慮せねばならず厄介である。直流はその点大部分がよいと云えるが偏差を増幅するには工業的には一度交流に変換する厄介な機構をいろいろと考慮されていた。現在かかる程度の増幅は *response* の早い増幅も可能となつたから近日中には採用されて直流が専ら採用されるのではなからうか。

偏差によつて操作部の進行方向を求め自己平衡させるのみなら平衡電動機は不要である場合がある。現在はかかる実用的なものの方が盛に採用されるようになった。

ところでこの偏差を増幅することは *response* が他に比べて優れている。増幅の真空管回路と特別に興味のあるほどのものではない。これが世にいう電子管式であつて高級品の如く思われ勝ちでこれを採用するといかなる期待をも満足されるかの如き誤解を受けてとんでもない処に採用されている場合がある。

温度の方も断続制御及び連続制御可能である近年温度補償が巧妙に可能となつたので湿度制御の検出部は満足されるに足る状態である。使用される一つに毛髪がある、これは古からあつて過去において記録計にも利用されていた。そして一方的に常に毛髪に力をかけていたので短時日の内に使用出来なくなつた理由もあつて嫌われているが現在では断続制御にも連続制御にも応答速度は遅いが負荷変動の急激でない場合は立派に実用に供されてい

る。勿論機構は全然異つている。*dry bulb* と *wet bulb* の差によつて関係湿度を求めるこの原理も使用されている。比較的新しいものにリチウムクロライドでつづんだ合成樹脂に金箔のグリッドを張り湿度変化による検出系も実用に供されている。不飽和空気の露点を自動連続に測定する記録計も出現したから困難であつた室内の露点によつて制御される新しい装置も生れてくるであろう。

検出系は室内のみについて述べたが原理としては同じであるが風道内、外気、操作流体等各種の部分を検出しこれ等が直接または間接に装置と結合される、したがつて現状では単独の制御用よりも他の部門の縮合連結される制御器具が採用されるのは当然のことである。

加熱機構は熱源として蒸気が最も採用されている勿論電熱器も使用されないことはないが大きな装置では使用されていない。繊維は引火しやすいものであり、新に電源装置を設置せずとも蒸気は大抵の場合各工場にあるからである。電熱は *step control* せねばならないし、他に求めるとすれば電圧を変えるパワースタットを用意されるべきで大型になると何かと不都合が多いからである。暖房と冷房の切替が時期によつて明白な場合または減湿負荷が冷却負荷より常に多い場合はヒートポンプが採用される場合もある。同様に減湿負荷が多い場合は *weat hermaker* バイパス *air* が採用されるがこれは室内に発生熱量が多い場合である。

冷却機構は冷媒ガスの直膨膨脹またはブライニユール内に冷却されたブラインが通されるか冷水が通される場合があつて検出部からの *signal* によつて流体の流量制御かまたはコイルの面、列が制御される。先に述べた *dewpoint control* は噴霧の匣内を *air* を通過させることによつて関係湿度 100%の空気を作つてこれを送ることによつて *air conditining* されている。この装置は希望の室内空気状態に *macth* した *dewpoint* の空気(室内に減湿及び増湿の負荷がある場合は自動的に設定点に変化しなければならぬ) を常に送つている装置で冷却負荷に *match* した送風量である場合は乾燥のために加熱機構は付かない。*dewpoint* によつて普通 *3-way valve* が操作される。すなわち噴霧水量は大体一定でありバルブの一方は循環水で一方は冷水または温水が入るようになって、これの混合比を制御する。冷水の方は冷凍機によつて常に一定の水温に保たれるが、温度変化のない井水ならそのままである。冷凍機を使用して水温を一定にする場合と他には混合比を一定にして検出部から水温変化させる方法も、ある場合は可能であるが使用範囲が限定されるのと *lag* が大きいので採用はされていない。冷凍機を使用した場合の冷凍機の *control* もいろいろある。直接膨脹のクーラーを採用して室内の検出部または他の代表

生産と技術

的検出部から冷凍機のアンローダーに伝送するものもある。後者の場合には二次的に圧縮ガスの低圧側の圧力によりアンローダー機構に伝送される。ターボ冷凍機の場合は吸込側にベーンまたはダンパーを設けて操作させる。勿論冷凍機は1台とは限らないので順序起動が行われ、1台の冷凍機でも全負荷で妨げないように順序起動が行われている。dewpoint control で冷水温度が一定に保れるべき場合でも上記と大差はないが水温変化によつてターボの場合はベーン又はダンパーを制御し、多気筒の場合はアンローダーを振動させる、アンローダーが連続的でないで工合の悪い場合ウォーターチラーのコイルやパイプの数を変化されることは困難であるし特に湿式では不可能のことがあり冷凍機の台数を増加し得ない折はE. P. R. を使用する。

減湿機構は冷却機構と兼用されている。特に低湿の場合は化学薬品の中を空気を通過させる場合があるがこれは理論的にも実験的にも data が少いし取扱いが面倒である。

増湿機構は dewpoint 設定点が上昇するか噴霧をして空気中に加湿してやればよい。但し冷却機構が全面的に働いて空気が100%の湿度を持つている場合は加湿の方法がないのでかかる場合は送風空気の des point を上げこのような signal が来ないよう風量を増大しなければならない。

高級な自動温度調整装置は充分な大体一定の (seasonによつては変る場合もあるが) 送風量に基いている。自動制御の key point は各相反する機構が同時に働いたり不要の動力が不必要に要求されないようにし、しかも

(14頁より続く)

誤差があつて正確な時単位の運動が行われなかつた場合は直ちにフィードバック回路が働いて補正を行う。

小数以下の4桁によつては電磁ヘッドがマイクロメータネジによつて、その数字に応じた量だけ移動するようになっている。電磁ヘッドが移動すれば再びフィードバック回路が働き結局テーブルが小数点以下の数字に相当するだけ移動することとなる。

以上と同じ機構が2組あつて、これが同時に作動して座標決めを自動的に行う。この機械では座標決め以外に切削作業も全部自動的に行うので加工時間は在来のものに比べて約 $\frac{1}{2}$ に短縮せられる。加工精度は ± 0.0002 吋 (5μ) であるが ± 0.0001 吋 (2.5μ) とすることもできると称している。

(18頁より続く)

化に到つては織機における自動化等、実用的段階にあるもの、研究途上のものを含むと数限りなく筆者の寡聞に

与えられた条件に smooth に対応することである。

× × ×

繊維工業では極めて狭い温湿度範囲内で生産を行わなければ不可能ということは少い。われわれの経験での現状の様子は次の如くなつている。

精度の点ではナイロン靴下の編立室、これは温度が急激に変化したり、ある範囲を越えると針が折れ湿度が変わるとナイロンの伸縮に影響する。15デニール60ゲージの編立室約150坪が年間24時間運転で $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 湿度 $\pm 3\%$ 程度で全自動で働いている。但しこれは低抗式温湿度記録計に表れている誤差であり $\frac{1}{4}$ 0目盛のアスマンでは全室の分布も同上範囲内の誤差に入っている。但し特別の発熱のある motor や蛍光灯の附近は勿論別である。かかる害は機械の組立中もその湿度範囲でなければならぬ。

大きさの点で、3万錘や4万錘の綿、化繊の精紡室や前紡を含めた工場60~150HP の冷凍機の幾台もが室内の検出部よりの signal で作動し、230HP ターボ冷凍機の2台がやはり定められた温湿度で自動発停している。

繊維工業の発達している国で日本の如く夏期の高温多湿はあまり類がないと思われる。したがつて温湿度調整も特色があり自動制御もそれに伴っている。外国誌の題目は内容も討議されつくし。然し正直にいつて目下自動制御は訓練の最中でありいろいろな方法や考え方の結果が集計され整理され系統立てられるのも極く近い将来とされ、高級な生産工場に各室の温湿度を制御する中央制御室が設けられることも近いと考える。その頃はもうグラフィックパネル等には誰も興味はもたなくなるであろう。

してその総てを挙げる事が出来ない。このように一見立遅れ気味と思われる紡績工業のオートメーション化も最近の計測技術、制御技術の進歩と並行して進みつつあり、古い伝統と相まつてここ数年内にはいわゆるオートメーションの土台が礎かれるものと思う。

参考文献

- (1) パッチ式から連続式へ：角田勝郎；オートメーション, Vol 2, No. 1 (1957) pp 16
- (2) コントロール・エンジニア (自動制御の実際資料第1集) pp 59 (誠文堂新光社)
- (3) 同上, (第2集) pp 75
- (4) 静電気検出による水分管理 (Skinner's Silk & Rayon Record; Feb. 1956)
- (5) 最近の混打綿機の自動制御装置に就て：尾崎一義；繊維機械学会誌, Vol 7, No. 11 (昭29) pp 43
- (6) Der Raper-Autolveler, Textile Praxis 1956, Dec. プリンズ・スミス社レーパー・ドローイング方式及びレーパオートレベラに就て 繊維機械学会誌, Vol. 8, No. 6, 昭30 pp 61
- (7) オート・ドラフタ：豊田自動研究報告 (No. 6 1956) pp 3 02