

保全性設計の留意点

橋本俊夫

Attend points of Maintainable Design

Toshio HASHIMOTO

保全性を考慮した保全性設計の主要な留意すべき個所についての対策を重点的に色々あげて論じたものである。

1. まえがき

工業化の進展にともない、設備機械は大型化し、機構は複雑となり、故障をおこした場合の損失はいちじるしい。生産量の減少、品質の低下、コストの増大、納期の遅延、労働意欲の低下、信用の減少、歩留りの低下等々の影響を受ける。このような故障をなくすることは、できないだろうか、これは誰しも考えるところであるが、機能と価値を規制する経済的原理により、価格をむやみにあげて、固有の信頼度を高めるより、固有の信頼度を少し下げておいて、保全度を高めて、その設備機械の総合保全度を高めた方が、経済的に有利な場合が多いので、その方法を採用する。元来固有の信頼度は、高めれば高めるほど、加速度的に経費がかかるからである。次に保全度を上げるには、どうしたらよいか、保全システムをつくる、保全作業標準をつくる、保全教育をする、保全設備をつくる等いろいろあるが、保全の効率をあげるには、むしろ設備機械の設計段階において、保全の効率のあがるよう考慮した設計とそが必要である。本論文は、以上の考え方にもとづいて、保全を頭に十分入れたんだ保全性設計の留意点について論ずるものである。

2. 設備と保全

設備計画は、設備の開発から、廃却に至るまでの総コストと、その設備により得られる総収益を考慮して、システムの設計をする、いわゆる“ライフ サイクル コスティング”が最近の考え方である。一方設備に対する性能要求が高まり、機能が複雑となるにともない、“インシアル コスト”が大となり、信頼性が問われるようになって来た。いうまでもなく、信頼性とは、系、機器または、部品などの機能の時間的安定性を表わす度合または性質をいい、信頼度とは、系、機器または部品などが規定の条件で意図する期間中、規定の機能を遂行する確率をいう。

いま R_1 = 使用状態において実現される信頼度

R_2 = 製造によって実現された信頼度

R_3 = 使用時の条件によって定まる係数で、運用条

件、保全条件、使用環境によって決まる

とすれば、 $R_1 = R_2 \times R_3$ の関係がある。

上式の R_1 を向上させるためには、 R_2 や R_3 をあげなければならぬ、 R_1 を向上させれば、それだけ故障が減るから、“コスト ダウン”となる。また信用が高まる。 R_3 を向上させれば、それだけ稼働時間がふえて利益を生み出す。 R_3 の中には、保全条件があり、保全条件をよくするためには、設備そのものが点検しやすいように、修理しやすいように、保全性設計が必要である。

3. 保全性を考慮した設計の着眼点

元来設備管理のねらいは、設備の信頼性と保全性を高めることである。理想目標は保全のいらぬ設備である。したがって、信頼性の点からいえば、点検頻度は少なければ少ないほどよく、そのためには、調整がクリティカルでなく、構造が簡単なことが要求される。保全の点からいえば、手間や時間が少ないほどよく、そのためにはすぐ取りかえられるよう、“プラグ イン”の構造、“コネクタ”の接触等の信頼度を高めるとか、作動中どこが悪いかわかりやすく判定できるような“チェックポイント”を設けることが必要である。設備が次第に大型化してゆく現在、設備を休止する損失は大きくなるばかりで、休止はできるだけ少なくしたい。一方資金の面から、出来るだけ予備品をもたないようにしたいという希望が多くなってきておる。一方保全の側では、とかく機械設備は少なく、労力は少ない。少ない人間で色々な作業なので余り専門化が出来ない。したがって、保全の側にあまり専門的技術が必要とするようなむづかしいことを期待するのは無理である。反対に、設計者の方では効率のよい、新材料、新技術を用いる方法を採用しようとするのは当然である。そこで両者は計画当初から相互協議が必要である。両者が相互にあらゆる情報を提供しあうことの啓発が必要である。新技術、新材料を取り入れた場合、保全関係の作業者がそれに対応できるようになるには、相当の努力と時間が必要である。人員、組織、設備、予備品、教育の問題が付随して来る。保全をするの

が自工場の場合はまづまづだが、全部外注の場合は一層困難なこともおこる。

4. 保全上の問題点

保全の作業を次のように分類する

- a “product” 生産管理
- b “quality” 品質管理
- c “cost” 原価管理
- d “delivery” 工程管理
- e “safety” 安全管理
- f “morale” 労務管理

以上 a)~f)までの6項目が考えられる。以下6項目について、保全性設計上考えなければならない点についてのべたい。

- a “product” 生産管理
- イ 設備機械の“lay out”

保全作業を考慮して間隔をあける。取り外し、分解、組立、調整、材料の搬出入を考慮しておく。改造、増設を考えておく。清掃や注油にも便利ようにしておく。機械の類似しておるもの、たとえば“ポンプ”、“モーター”などはなるべくまとめて区分しておく。安全上危険なものは単独配置を考える。設備機械の運転中、他の設備機械に影響をおよぼすようなもの、たとえば、回転衝撃などの振動、薬液の漏洩、危険物の取扱等は分離配置をする。

lay out を考える場合、外部と内部の“アクセシビリティ (accessibility)”を考える。“アクセシビリティ”とは、機器の中がよく見え、手や顔を近づけやすいことである。

外部“アクセシビリティ”には

1. “アクセシビリティ エンベロープ (accessibility envelope)”

保全員が、その機器についてすわりこみ、ひざつきで保全を行なうときの縦、横、高さの方向に測った長さの最大値の積

2. 体位 (body position)

保全員が、保全を実施するときの姿勢でかがみこみ、すわりこみ、しゃがみこみ、ひざつき、横ばいなどがある。

3. 接近時間 (access time)

保全員が保全作業を開始して目的の物を見たり、触れたり、できるまでの時間

内部“アクセシビリティ”には

4. 内部シャーシ構造

接近する位置(前面、側面、後面または底面)“カバー”のはづし方、蝶番つきの“パネル”構造、引出し式の“シャーシ”、“フラスナー”、“ラッチ”、“ネジ”などの種類

5. 部品配置

- 6. 交換単位の大きさと重量
- 7. “トラブル シューテイング”の容易さ
- 8. 目視の容易さ
- 9. 安全性

上記 上部、外部“アクセシビリティ”について十分な“チェック”が必要である、

ロ 設備機械の“Capacity”

多少の磨耗があっても、また一時的の過負荷でも運転できる融通性“flexibility”がほしい。“設備”、“機械”の破損、修理のため、運転が不具合な状態になることをできるかぎり少なくするように、“配管系統”、“電気系統”は、余分にのばしておくか、“ループ”配管にしておく。“配管接手”、特に、膨張、自在、撓み接手は、振動の伝達、軸心のずれ、熱膨張によりその性能を落さないよう、用途に適したものを設計する。これは、信頼性の点から考えれば、材料部品の“ストレス”の軽減(ダイレーティングまたは安全余裕の増加)と、環境のきびしさの緩和(冷却 防じん 緩衝など)をはかり信頼度の増大となるものである。

ハ “設備”、“機械”の保全作業を考える

設備、機械の点検は、出来るかぎり設備機械をとめないで、安全に出来るようにする。連続運転の必要な“設備”、“機械”は運転停止の必要を知らせる警報や、連続的指示、監視のできる“計器”や、“制御装置”を設ける。自動化を考える場合は、保全作業を複雑にしない配慮が必要である。注油または油とりかえは、手のとどきやすい安全な個所にするか、“パイプ”でひきだし注油や油とりかえができるようにする。集中給油方式はもっともよい。また、注油のむづかしいところには“オイルレス メタル”をつかう。本質的には、できるだけ保全個所を少くし、また簡単な構造機構とする。検査とか修理する場合、分解組立に便利な吊金具、“アイボルト”、“とめ金具”、“ハンドル”などをもうける。設備で、点検、修理の多い個所には、近くに“電源”、“空気”、“水配管”の“ソケット”、出口を設ける。配管する場合には故障の個所、点検修理の多い個所には、弁、“フランジ”を考えて、“バイパス”を設ける。“設備”、“機械”は、清掃具のとどかないところがないように、また塵埃が堆積しないように、角にはRをつけ、面には凹凸のないようにする。

b “quality” 品質管理

ニ 標準化

保全作業において、標準化ができていないため、在庫品の増加になやまされたり、工具の整理におわれたりすることが多い。一応標準化ができていても、細部では外注先によって部品がちがってくる。そこで、せめて保全の対象になる部品だけでも標準化したい。また設計上

は、多少性能は差があっても、その差が小範囲の場合には、“サイズ”を同じにする。特に配管および、それに付属する弁、“ボルト”あるいは電気の部品、計器の部品は標準化したい。保全材料、特に消耗材料は過去の経験、実績によって標準化する。設備、機械に使用する潤滑油の品種を決定するには、従来とかく、設計者と潤滑“メーカー”との間できめて、後で保全関係者との“トラブル”を生ずる例があるので、三者の間で十分協議して決めることが望ましい。不純物混入により製品品質を低下しないよう、汚染された流体をつかう場合、“ストレーナー”、“フィルター”をつかい、潤滑油の洩れを防ぐには、“メカニカル シール”、“グランド パッキング”の機能に留意する必要がある。

ホ 検査作業への配慮

第一 検査を必要とする部品を極力少くする。

第二 検査週期をできるだけのばすよう材質をよくする。

第三 検査になるべく時間がかからないよう配慮する。

第四 磨耗して“ガタ”、を生じつねに調整を必要とする“軸うけ”、“つぎ手”、“ピンなどの使用箇所をできる限り少くする。

第五 “機器”はもちろん“配管”においても、製造工程をとめることなく、個々の部品を検査できるよう、予備機器、あるいは“バイパス”配管を設けて定期検査が出来るようにしておく。

第六 特に“主要設備(メイン)”や“危険箇所”は、定期検査回数を減少し、その機能をチェックして、運転の不具合、故障の未然防止のできる“点検検査用機器”を設ける。

第七 運転状態の監視や検査に便利のように、近づきたい位置にある機器などには、作業者が通るのに便利な“通路”、“階段”、“梯子”、“足場”を設ける。

第八 保全作業の点検、組立、据付、修理の際に“レベル”、“クリヤランス”などの精度を測定するための“基準”となるべき“面”を当初から設けておく。

上記の検査作業については、“交換単位”を大きくしたり、“故障検知器”を設けて“予備機”との交換を自動化する。或は、“テスト ポイント”、“表示装置”、“警報器”などをつける。もっとすすめば、機器内に“試験器”をくみこむことなど考慮すべきである。

c ‘cost’ 原価管理

まづ耐用年数の大きいこと、老化のおこりにくいものが良い。当初の設備資金を低くしたため、僅かな負荷の変化や、一寸した不適当な運転操作により、すぐ故障が起らないものにしたい。“軸受”、“つぎ手”、“ピン”などは、前項でもふれたが、多少高価でも分解組立が容易

で磨耗破損の少ないものが良い。機械装置の部品は、出来るだけ市場性のある“規格品”を使用し、在庫金額の減少をはかること、同じような考えで、“蒸気”、“水”、“空気”、“電気”などの共通設備は一般“規格品”を使う。しかもできるだけ種類を少くする。

d ‘delivery’ 工程管理

設備機械は一度運転すると、容易に改造変更ができないので、特に保全に関係する機器は、設計当初から保全“engineer”と協議することが必要である。部品配管の取付け 取外しが簡単であること、部品予備品が“市場性”があって入手が楽なことが要望される。

e ‘safety’ 安全管理

各設備機械は、作業者が安心して取り扱いするよう十分安全性を考える。機械の破損、保全者への危害、あるいは突発事故などで大きな損害を与えることを、未然に防止する“安全装置”、すなわち“安全弁”、“安全ピン”、“インターロック”、“オーバーロードリレー”、“警報器”などをとりつける。運転上の誤りや安全性の考慮のない設備機械によって生ずる損害は、設備保全上の損害が大きく、管理が困難であるから、不完全な作業者の判断によって左右されないよう、“安全装置”、“制御装置”、“指示装置”を設ける。“振動”、“ハンマリング”などがつたわると、磨耗をはやめたり、破損したり、“基礎”や“架台”に亀裂が入るので、回転部分の“バランス”は十分とり、その上、“防振材”で振動を吸収する。設備機械の開口部分から“異物”の入る恐れのある処には、簡単な“カバー”、“当て枚”をあてておく。法規で指定されてなくとも、安心して運転点検ができるよう、必要な箇所には、“防爆壁”、“防火壁”、“防水防油壁”を設ける。“階段”、“梯子”、“手摺”、“防具”、“命綱”を必要とする箇所に設置する。爆発、火災などの危険性のある場所には、“消火配管”、“消火器具”、“防火砂”、“防火槽”、“非常警報器”、夜間の“赤色電灯”を設ける。建物、機器、配管、通路は設置される場所、機器、配管の種類、操作条件、美観などに適するような色彩管理を行う。危険な箇所、注意すべき箇所には、それぞれ、警戒色、注意色を塗る。それから、保全作業の危険性を考えると、次のような点への配慮が必要である。機械部品の角ばった箇所、“凹凸”の箇所、溶接後の“ビード”、“鑄ばり”、切断後の“かえり”は禁物、回転部には必ず“カバー”をつけて、切屑、磨石の破片が飛散しないことが必要である。設備機械の点検、分解、組立、取外しが便利のように、外部から順次作業ができ、一個の部品の重さが一人で取扱いが容易であることが望ましい。破損し易い部品や、危険な薬品等は、ものかけや入りくんだ場所、あるいは高いところにおかず、人目につき易い便利な場所に、色別するかして検査や修理に

便利にする。ここに“フェール セーフ”，すなわち故障が発生しても，機械が安全な状態を維持できるようにしたり，人間が運転方法を誤っても，機械が故障しない構造，すなわち“フル プルーフ”構造をとり入れたい。

f „morale” 労務管理

人間性というものを考えると，新しい設備，機械の場合，潜在的な保全上の問題があるし，操作“ふなれ”，予備在庫の不足等，色々のトラブルをおこし易いので，作業者にもわかり易い „明細図”，“取扱説明書”を与えて教育する必要がある。設計にあたっては，将来の生産保全作業計画，作業準備，設備標準を考慮して，設計，生産，保全技術者は十分打ち合せて検討することが大切である。

設備機械が製作完了したとき，あるいは工場据付が完了したとき試運転には，設計保全，生産技術者がともに立会って，それぞれの立場で検査する。試運転の成績，運転操作中のデータは，生産，保全技術者より設計技術者に“フィード バック”され，設計値と実測値との差

異分析を行ない，改造変更を行なうかどうか検討する。

以上色々重複した点が多いが，保全性設計を行なう場合，留意すべき点を要素別へのべたつもりである。

ま と め

以上のべたとおり，保全性設計には，いろいろの点から，留意すべき点が多いが，要は経済的に保全の効率を，どうしたら上げられるかという考えから，設計者は，自己の独断によらず，保全技術者と十分協議して設計することが必要である。

参考分献

- | | | | |
|-------|-------|------------|------------|
| 塩見 弘 | 1969年 | 信頼性入門 | 日科技連 |
| 市田 嵩 | 昭和45年 | 信頼性保全性工学 | 日本能率協会 |
| 中島 清一 | 昭和46年 | 設備保全の進め方 | 日本能率協会 |
| 有光 茂 | 昭和38年 | 設備保全ハンドブック | 工場管理7月号 6頁 |