



件名

基本設計演習「用役プロセス設計指針」

作成年月日

2011年1月10日

comtecQuest

1. 用役（ユーティリティー）と用役設備	3
1.1 用役（ユーティリティー）の種類.....	3
1.2 用役（ユーティリティー）の起動手順.....	3
2. 電力供給設備	4
2.1 電力の種類と電圧.....	4
2.2 電力供給設備とは.....	4
2.3 発電設備	4
3. 冷却水設備	6
3.1 冷却水循環システムと冷却塔.....	6

1. 用役（ユーティリティー）と用役設備

1.1 用役（ユーティリティー）の種類

ユーティリティーは用役と訳され、プロセスプラントの運転に必要な電気、水、空気や燃料で、人間の生活に無くてはならないライフラインと同義です。これらのユーティリティーを供給する設備をユーティリティー設備あるいは用役設備（Utility facility）と呼んでいます。このユーティリティーには以下のようなものが含まれます。

- (1) 電力
- (2) 工業用水
- (3) 冷却水や冷水などの冷媒
- (4) 純水（プラント水やボイラ供給水）
- (5) プラント空気や計装空気
- (6) 窒素
- (7) 燃料（燃料ガス、重油など）
- (8) スチームや温水、熱媒油などの熱媒

すべてのプラントが上記のユーティリティーを全て必要とするわけではなく、プラントの種類や特性により違ってきます。

1.2 用役（ユーティリティー）の起動手順

プラントの建設後の試運転では、各ユーティリティーはある順番に従ってスタートされる必要があります。この手順を守らないと、プラントの運転を行うことが出来なくなります。その手順は周辺環境により多少異なりますが、おおむね以下の順番となります。

- (1) 電力
- (2) 冷却水
- (3) 計装空気
- (4) 純水（プラント水やボイラ供給水）
- (5) 窒素
- (6) 燃料
- (7) スチーム

なぜ、この順番にしなければならないかは、それぞれのユーティリティーを作る設備や機械の仕様と運転方法が密接に関係しています。

2. 電力供給設備

2.1 電力の種類と電圧

電力は回転機用モーター電源や計装用電源あるいは照明用電源として使用されます。電力の種類は交流か直流か、そして電圧により以下のように分類されることが多いようです。

種類	電圧	相	用途
高圧	3.3kV ,6.6kV, 11kV	3	高圧モーター用電源 (1500kW 以上)
中圧	400～415V	3	中圧モーター用電源 (150～1500kW)
低圧 1	200～240V	1 or 3	低負荷モーター用電源、照明用電源
低圧 2	100～110V	1	緊急遮断装置、火災警報、DCS、計器盤
直流	24V,100～110V	1	電磁弁、計装回路など

2.2 電力供給設備とは

電力供給設備は発電設備、送電設備、変電設備および配電設備から構成されています。

発電設備は電力を作り出す設備で、国内では水力、火力、原子力発電所がこれに相当します。送電設備は発電設備からプラントまでに電力を送電する設備で、配電用変電所や送電線路から構成されています。国内では500～1000kVの超高压送電網が出来ており、お互いに融通し合っています。

変電設備は電力会社から受電するために必要な設備で、国内では電圧が22～77kVの高压で受電する設備を特別高压受変電設備、契約電力が50kWを超える工場やビルでは高压受変電設備が必要となります。

配電設備は受変電設備にて受け入れた電気を工場内に配分する設備です。国内では電力会社からの22kVを6kVに変電し、工場内に再配分しています。

2.3 発電設備

電力はプラント内の設備や機械の駆動源で、計装制御回路や照明などの電源としても使用されます。

必要な電力をどのように手当てするかで、プラントの設備仕様や保守内容が大きく変わるので、十分に検討して電力設備の仕様を決めなければなりません。電力供給方法を検討するに当たっては、以下の項目を考慮して決定します。

- (1) 近くに工場などがすでに稼動している場合には、外部電力の安定性を調査確認します。もし、安定供給が望めるならば外部電力を主電源に設定します。
- (2) 外部電力に不安があるが、他の外部電源を頼る事が出来るのであれば、受電ラインを二系統にして供給の信頼性を高めるか、次項で説明している自家発電設備の並置を考慮します。
- (3) 外部電力に不安があり、全く信頼性がないと考えた場合には自家発電からの電力供給を優先します。特に、インフラが十分でない発展途上国では是非とも自家発電を考えるべきです。ただし、初期の建設時期やユーティリティー確保にまず電力を必要とする場合には、外部からの電力供給も必須となりますので注意してください。

最後に述べた自家発電設備は、発電機と駆動機（ドライバ）そして電力供給ケーブル、および駆動機（ドライバ）とその付帯設備から構成されています。自家発電設備はその駆動機（ドライバ）の形式から、以下の4つに分離できます。

- (1) ガスタービン発電設備
- (2) ガスエンジン発電設備
- (3) スチームタービン発電設備
- (4) ディーゼルエンジン発電設備

産業プラント以外の民生用小型設備では、効率の良いガスエンジン発電設備が多用されています。また、ディーゼルエンジン発電設備は常用設備というよりは非常用設備として捉えることが多く、外部電力を主電源としているプラントでも、停電時などの電力バックアップ用として常設されています。

3. 冷却水設備

3.1 冷却水循環システムと冷却塔

冷却水は最も重要なユーティリティーの一つで、プラントのスタートアップにおいて電力に次に確保しなければならないユーティリティーです。

§2の“電力供給設備”で電力は回転機用モーター電源などに使用されると説明しましたが、モーターを通して回転機に伝えられた電力は最終的には熱に変換されます。例えば、ポンプは流体を低いところから高いところへ移送しますが、その際に流体はエネルギーを得て流体温度が上昇します。

筆者が経験した事例では、*高压のボイラ給水ポンプ（吐出圧 13MPa）を約半日間、全循環運転させることで水温が常温から 130℃に上昇した例があります。*

つまり、電力受け入れの次に必要なユーティリティーは冷却水ということになります。

この冷却水の使用量の大小はそのプラントの熱効率を反映するもので、少なければプラントのエネルギー消費量が少ない CO2 排出量の少ない環境に優しいプラントと言えます。

エネルギー消費量が多いか少ないかを見極める方法には二つあり、一つは投入した燃料や電力の量を比較する方法ですが、エネルギーの種類が多いために単位がまちまちで合計量を算出するのが繁雑です。

そこで筆者が推薦する方法は、プラントから排出される冷却水を比較する方法です。投入されたエネルギーは最終的に冷却水として外部に廃棄されますので、冷却水量と入口出口の温度差をもとにして逆に投入したエネルギー量を計算します。

ただし、冷却水以外に排ガスやエアークーラーからの排空気などの占める割合が多い場合には要注意ですが・・・。

この冷却水はプロセス熱交換器（冷却器や凝縮器など）や回転機本体および潤滑油の冷却に使用されています。プラントの規模にもよりますが、必要な冷却水流量は数百 ton/h～数万 ton/h の規模になります。この冷却水は設備や機器を通過する間に熱を奪い取り自らは温められて再び戻るので、直接河川や海に放出すると周辺環境を著しく悪化させることになります。

そこで、冷却水を循環させて再使用する方法が考えられます。また、冷却水の温度が次第に上昇していくので、何らかの方法により冷却水自体を冷やす必要があります。

この循環水の循環システムの一例を下図に示します。

この方式は“開放系冷却水循環システム”と言われるもので、この循環システムを構成する機器は、以下の4アイテムです。

- (1) 熱交換器類（冷却器や凝縮器：Coolers & Condensers)
- (2) 冷却水循環ポンプ（Cooling Water Circulation Pump)
- (3) 冷却水補給ポンプ（Cooling Water Makeup Pump)
- (4) 冷却塔（Cooling Tower)

この冷却塔には開放式と密閉式の二つの型式があり、それぞれ特徴を冷却水循環システムと合わせて下表で比較します。

冷却塔型式	冷却塔の特徴	対応する冷却水循環システム
開放式	循環水と外気の直接接触により、蒸発潜熱により循環水を冷却する。密閉式に比べ構造が簡単でメンテナンスも容易なので低コスト。しかし、蒸発水量が多くなり補給水量が増加する。	冷却水として工業用水を使用し、補給水量制限が緩い地域で採用される
密閉式	循環水は外部配管系と接続されている密閉コイル内を流れ、空気と直接接触することがない。そのため、循環水の濃縮や大気汚染物質による水質の悪化が無く、循環水管理が容易。	冷却水として純水を使用し、補給水量の制限が厳しい場合に多く採用される

