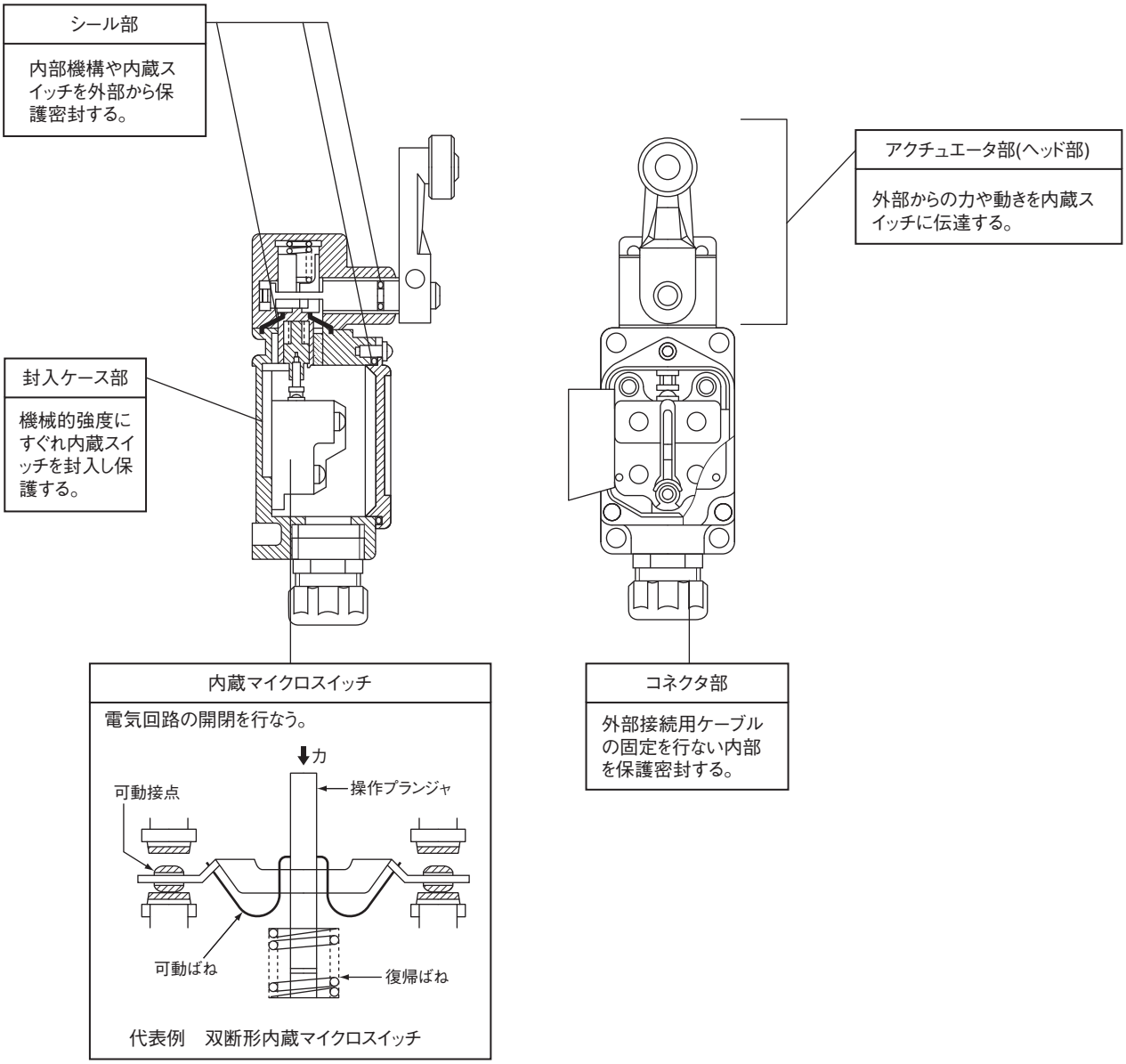
概要

リミットスイッチとは

リミットスイッチとは内蔵マイクロスイッチを外力、水、油、ガス、塵埃などから保護する目的で封入ケースに組み込んだものであり、特に機械的強度や耐環境性を要求されるところに適用できるように作られたスイッチをいいます。
形状は横形、縦形、マルチプル形に大別され、一例として下図に代表的な縦形リミットスイッチの構造を示します。リミットスイッチは大別して5つの構成要素から成り立っています。



代表的な縦形リミットスイッチの構造図

構造と原理

リミットスイッチ駆動機構

リミットスイッチの駆動機構はリミットスイッチにとってシール性能や動作特性に直結した重要な部分です。この構造はつぎの表に示すように3つに分類されます。

(1) プランジャタイプ

シール方法の違いにより表のAタイプとBタイプの2種類あります。AタイプはOリングやゴムダイヤフラムでシールするものであり、シールゴムが外部に露出していないため工作機械の切屑などに対して強い反面、砂、切粉などをプランジャ摺動面にかみ込む恐れがあります。Bタイプは砂、切粉などのかみ込みはなくシール性能はAタイプより優れていますが、熱い切屑の飛来でゴムキャップが破れる恐れがあります。使用場所によってAタイプとBタイプの使い分けが必要になります。

プランジャタイプはまたプランジャのピストン運動による空気の圧縮・吸引が行われます

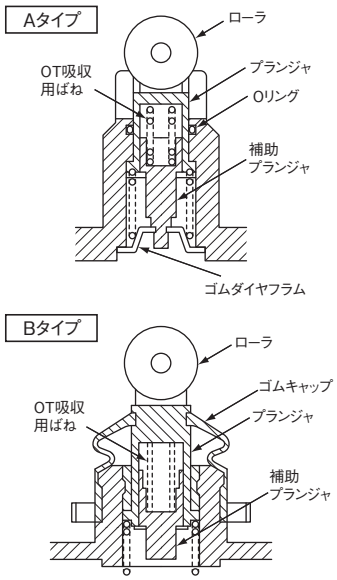
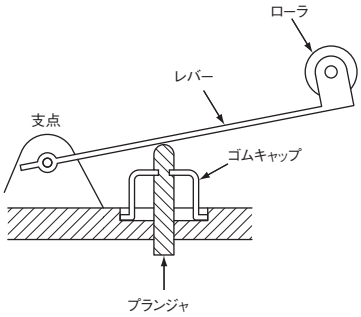
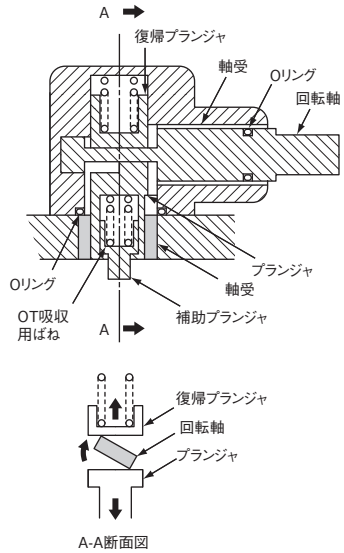
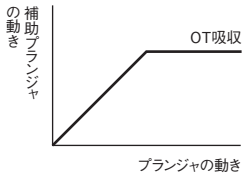
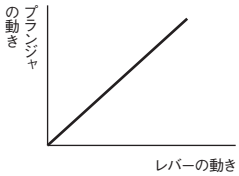
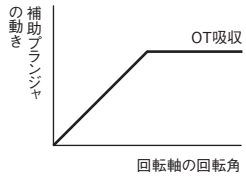
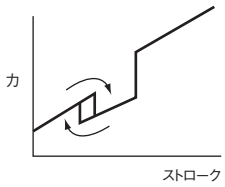
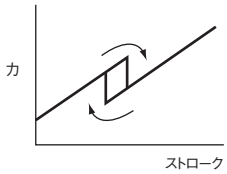
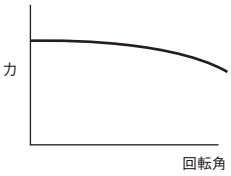
このため長時間プランジャを押し込んだままにしておくとリミットスイッチ内の空気が逃げ内圧は大気圧と同じになり、急にプランジャを復帰させようとしてもプランジャはゆっくり復帰する傾向があります。この不具合を引き起こさないためにプランジャの押し込みによる空気の圧縮量をリミットスイッチ内全空気量の20%以内に設計しています。また、この構造にはリミットスイッチの寿命を伸ばすため、プランジャの動きに対して内蔵スイッチを押す補助プランジャの動きを途中で止め、OT吸収ばねを用い残りのプランジャの動きを吸収するようにしたOT吸収機構を設けています。

(2) ヒンジレバータイプ

プランジャの動き量がレバーの先端部(ローラ)ではレバー比分拡大されるためOT吸収機構は一般には用いません。

(3) 回転レバータイプ

代表例として形WLの構造を示しましたが、これ以外に、復帰プランジャの機能をプランジャにもたせたもの、コイルばねで復帰力をとり、カムで補助プランジャを動かすようにしたものがあります。

	(1) プランジャタイプ	(2) ヒンジレバータイプ	(3) 回転レバー(ローラレバー)タイプ
マイクロスイッチ駆動構造			
補助プランジャの動き			
カ・ストロークの特性			
精度	高い	普通	低い～普通

スイッチの構成材料

スイッチの主要部分はつぎのような材料で構成されています。

部品	材料	材料記号	特徴
接点	金	Au	耐食性に極めて優れ、微小負荷用として用いられる。柔らかい（ビッカース硬度HV25～65）ので粘着（接点同士がくっつく）を起こし易く、また接点接触力が大きい場合接点が凹み易い。
	金・銀合金	AuAg	90%Au、10%Ag合金は耐食性に極めて優れ、硬度もHV30～90と金よりも高いので微小負荷用スイッチに多く用いられる。
	白金・金・銀合金	PGS	69%Au、25%Ag、6%Pt合金は耐食性に極めて優れ、硬度もHV60とAuAgと同程度であり、微小負荷用スイッチに用いられる。1号合金と呼ぶ。
	銀パラジウム合金	AgPd	耐食性が良いが、有機ガスを吸着してポリマーを生成しやすい。 硬度は50%Ag、50%PdでHV100～200。
	銀	Ag	導電率、熱伝導率は金属中最大。低い接触抵抗を示すが、欠点としては硫化ガス雰囲気で硫化被膜を生成しやすく微小負荷領域では接触不良を生じやすい。 硬度はHV25～45。一般負荷用スイッチのほとんどに用いられる。
	銀ニッケル合金	AgNi	90%Ag10%Niは導電率はAgに近く、耐アーク・耐溶着性に優れている。 硬度はHV65～115。
	銀・インジュウム・錫合金	AgInSn	硬度、融点は高く、耐アーク性に優れ、溶着や転移を生じにくい。
可動ばね、可動片	ばね用りん青銅	C5210	展延性・耐疲労性・耐食性がよい。低温焼なましが施してある。ばね限界値（Kb0.075）はC5210-Hが390N/mm²以上、C5210-EHが460N/mm²以上とやや低いが、小形マイクロスイッチの可動片に多く用いられる。
	ばね用ベリリウム銅用 （時効硬化処理形）	C1700 C1720	プレス加工後に時効硬化処理する。導電率が高く、かつ時効硬化処理後のばね限界値（Kb0.075）がC1700-Hで885N/mm²以上、C1720-Hで930N/mm²以上と非常に高くばね限界値の高いことが必要なマイクロスイッチに用いられる。
	ばね用ベリリウム銅 （ミルハードン材）	C1700-□M C1720-□M	材料メーカで時効硬化して出荷されるもの（ミルハード材という）で、部品加工（プレス）後の時効硬化処理は不要です。ばね限界値Kb（0.075）がC1700-HMで635N/mm²以上（参考値）、C1720-HMで635N/mm²以上とばね用りん青銅より高く、マイクロスイッチの可動ばねに多く用いられる。
	ばね用ステンレス （オーステナイト系）	SUS301-CSP SUS304-CSP	耐食性が優れている。 ばね限界値（Kb0.075）はSUS301-CSP-Hが490N/mm²以上、SUS304-CSP-Hが390N/mm²以上。
ケース、カバー	フェノール樹脂	PF	熱硬化性樹脂。マイクロスイッチのケース材として多く用いられる。 UL温度指数150℃、UL難然グレード94V-1以上、吸水率0.1～0.3%。マイクロスイッチはアンモニアレスの材料を用いる。
	ポリブチレンテレフタレート樹脂	PBTP	熱可塑性樹脂。ガラス繊維強化タイプはマイクロスイッチのケース材として多く用いられる。 UL温度指数130℃、UL難然グレード94V-1以上、吸水率0.07～0.1。
	ポリエチレンテレフタレート樹脂	PETP	熱可塑性樹脂。ガラス繊維強化タイプはマイクロスイッチのケース材として用いられる。 UL温度指数130℃、UL難然グレード94V-1以上、吸水率0.07～0.1。
	ポリアミド（ナイロン）樹脂	PA	熱可塑性樹脂。ガラス繊維強化タイプは耐熱性がPBTやPETより優れる。吸水率が大きいのでできるだけ吸水率の低いグレードを選定して用いる。 UL温度指数180℃、UL難然グレード94V-1以上、吸水率0.2～1.2。
	ポリフェニレンサルファイド	PPS	熱可塑性樹脂。PAよりさらに優れた耐熱性を有している。 UL温度指数200℃、UL難然グレード94V-1以上、吸水率0.1。
スイッチボックス	アルミ（ダイカスト）	ADC	リミットスイッチのスイッチボックス（ケース）の材料として多く用いられる。 JIS H5302に規格がある。
	亜鉛（ダイカスト）	ZDC	ADCより薄肉物に適し、耐食性もADCより優れている。 JIS H5301に規格がある。
シールゴム	ニトリルブタジエンゴム	NBR	耐油性が優れており、リミットスイッチに多く使用されている。結合ニトリル量によって極高（43%以上）、高（36～42%）、中高（31～35%）、中（25～30%）、低（24%以下）ニトリルの5段階に分類され、耐油性・耐熱性・耐寒性が少しずつ異なる。使用温度範囲は－40～130℃。
	シリコンゴム	SIR	耐熱性、耐寒性が優れており、使用温度範囲は－70～280℃であるが、耐油性は劣る。
	フッ素ゴム	FRM	NBR、SIRよりも優れた耐熱性・耐寒性・耐油性を有している。ただし、耐油性で油の成分によってはNBRより劣ることがある。
	クロロプレンゴム	CR	耐オゾン性、耐候性がよい。耐候性の要求されるマイクロスイッチに多く用いられる。

用語解説

一般的な用語

リミットスイッチ

内蔵スイッチを、外力、水、油、塵埃などから保護する目的で、金属ケースや樹脂ケースに組み込んだものをいいます。（以下スイッチという。）

定格値

一般にスイッチの特性および性能の保証基準となる量、たとえば定格電流、定格電圧などをいい、特定の条件が前提になります。

有接点

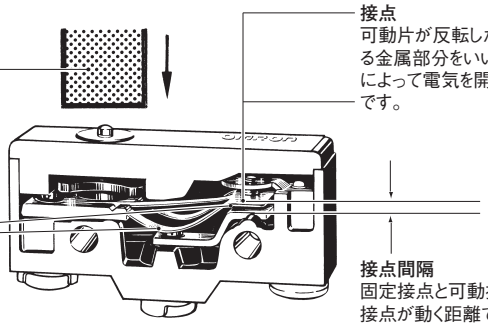
接点の機械的開閉によってスイッチ機能を果たすものをいいます。

接触形式

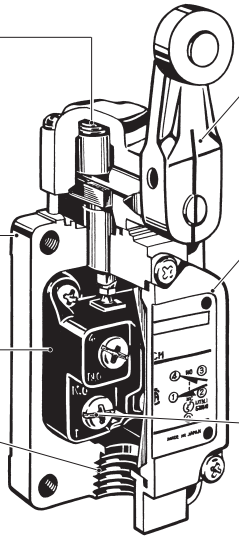
各種の用途にしたがって接点の電気的入出力回路を構成したものです。

樹脂固め（モールド端子）

端子部をリード線で配線後、樹脂の充てんによりこの部分を固定化、露出充電部をなくしシール性を高めたものをいいます。



構成・構造に関する用語



耐久性に関する用語

機械的耐久性

動作後の動き（OT）を規格値に設定し、無通電状態における開閉耐久性のことをいいます。

電気的耐久性

動作後の動き（OT）を規格値に設定し、定格負荷（抵抗負荷）における開閉耐久性のことをいいます。

特性に関する用語

FP（自由位置）

外部から力が加えられていないときのアクチュエータの位置のことです。

OP（動作位置）

アクチュエータに外力が加えられ、可動接点が自由位置の状態からちょうど反転したときの位置のことです。

TTP（動作限度位置）

アクチュエータがアクチュエータ止めに到達したときのアクチュエータの位置のことです。

RP（もどりの位置）

アクチュエータの外力を減少させ、可動接点が動作位置の状態から自由位置の状態にちょうど反転したときのアクチュエータの位置のことです。

OF（動作に必要な力）

自由位置から動作位置へ動かすのに必要なアクチュエータに加える力をいいます。

RF（もどりの力）

動作限度位置からもどりの位置まで動かすのに必要なアクチュエータに加える力をいいます。

PT（動作までの動き）

アクチュエータの自由位置から動作位置までの移動距離、または移動角度をいいます。

OT（動作後の動き）

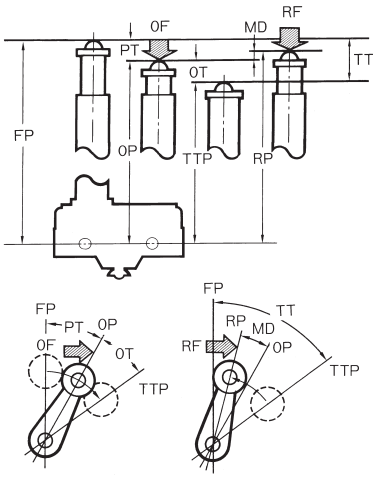
アクチュエータの動作位置から動作限度位置までの移動距離、または移動角度をいいます。

MD（応差の動き）

アクチュエータの動作位置からもどりの位置までの移動距離、または移動角度をいいます。

TT（全体の動き）

アクチュエータの自由位置から動作限度位置までの移動距離、または移動角度をいいます。



EN60947-5-1規格に関する用語

カタログ内に使用されている上記規格の用語を下記に説明します。

EN60947-5-1

「電気機械制御回路機器」のEN規格。IEC60947-5-1と内容は同じです。

使用カテゴリ

スイッチの用途別の分類。下記の例を参照してください。

電流の種類	カテゴリ	典型的な用途
AC	AC-15	72VA（ボルトアンペア）を超える電磁負荷の制御
	AC-14	72VA（ボルトアンペア）以下の電磁負荷の制御
DC	DC-12	抵抗負荷および半導体負荷の制御

定格作動電流（Ie）

スイッチが動作するための定格電流値です。

定格作動電圧（Ue）

スイッチが作動するための定格電圧値。定格絶縁電圧（Ui）を超えてはなりません。

定格絶縁電圧（Ui）

スイッチが絶縁性を保てる最大の定格電圧値。耐電圧値と沿面距離のパラメータとなります。

定格密閉熱電流（I the）

スイッチ充電部が密閉されているタイプのスイッチにおいて、常時通電しておいても規格の定める限界温度上昇値を超えない電流値。材質がしんちゅうの端子部の規格が定める限界温度上昇値は65℃です。

定格インパルス耐電圧（Uimp）

スイッチが絶縁破壊することなく耐え得るインパルス電圧のピーク値です。

条件付短絡電流

短絡保護装置が作動するまで、スイッチが耐え得る電流値です。

短絡保護装置（SCPD）

遮断により、短絡からスイッチを保護するための装置のことです。（ブレーカ、ヒューズなど）

汚染度

スイッチが使用される環境。

下記の4レベルがあり、リミットスイッチは汚染度3に該当します。

レベル	内容
汚染度1	汚染がないか、または乾燥した、非導電性の汚染のみ生ずる。
汚染度2	通常、非導電性の汚染のみが生ずる。ただし、結露による一時的な導電性が予期される。
汚染度3	導電性汚染が生じる。あるいは予期される結露によって導電性となる乾燥した非導電性の汚染が生じる。
汚染度4	導電性のほこりまたは雨か雪などの原因により持続的な導電性を発生させる汚染が生じる。

感電保護クラス

感電防止レベルのことで、以下の4レベルがあります。

レベル	内容
Class 0	感電防止として基礎絶縁だけで保護するもの。
Class Ⅰ	感電防止として基本絶縁に加えて、アースでも保護するもの。
Class Ⅱ	感電防止として二重絶縁あるいは強化絶縁で保護し、アースを必要としないもの。
Class Ⅲ	感電防止として超低電圧回路使用のため、感電対策の必要がないもの。

閉路時逆起電圧

閉路時瞬間的に発生する過電圧。Uimpの値以下となる必要があります。

空間距離

2つの充電部門の空間を通じての最小距離のことです。

沿面距離

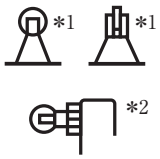
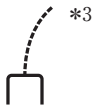
2つの充電部間の絶縁材の表面を沿った最小距離のことです。

絶縁層（Distance through Insulation）

充電部とスイッチハウジング（非充電金属部）間の絶縁物（空気を含む）を通じての最小直線距離のことです。

参考資料

アクチュエータの種類と選び方

形状	分類	動作までの動き（PT）	動作後の動き（OT）	動作に必要な力（OF）	繰り返し精度	振動/衝撃	説明
	ローラ・レバー形	小～大	大	中	★★★／★★	★★★	回転方向へのストロークが45°～90°と大きく（機種毎に異なる）、またレバーは360°任意の角度にセットができ、使いやすい。高感度形（高精度、PT小）、広角度形（OT大）がある。位置決めからワーク検出まで広範囲に使用できる。
	可変ローラ・レバー形	小～大	大	中	★★★／★★	★★	ローラ・レバー形の特長を生かしてラフに操作体の検出ができるようにしたものでレバーの長さが変えられる。（テレグラフィング（＊4）に対して配慮が必要です）
	可変ロッド・レバー形	大	大	中	★★	★★	ワーク幅が広く、また形状の不均一なときなどに便利。回転動作形のリミットスイッチのなかでは最も軽動作である。ロッドの長さ調節、曲げ加工も容易にできる。（テレグラフィング（＊4）に対して配慮が必要です）
	フォーク・レバー・ロック形	大	中	中	★★	★★★	55°の位置まで操作すると自回転し、90°位置でその状態を保持する。単一ドッグによる往復動作もしくは、ローラ位置にズレを持たせたものは、2個のドッグによる操作ができる。
	プランジャ形	小	中	大	★★★	★★★	油圧、エアシリングなどによる操作で、位置検出に高い精度を有する。（プランジャには、偏荷重がかからないよう、操作体の動きにそって取りつける）
	ローラ・プランジャ形	小	中	大	★★★	★★★	カム、ドッグ、シリンダその他、補助アクチュエータを装着して広範囲の操作ができる。位置検出に高い精度を有する。
	ボール・プランジャ形	小	中	大	★★	★★★	プランジャ先端がスチール・ボールであるため、操作方向の制限がない。 取りつけ面と操作の方向がずれる場合や直交2軸の操作がある場合に便利。
	ベベル・プランジャ形	小	中	大	★★★	★★★	ローラ、ローラ軸などアクチュエータの摩耗要素をのぞき、ナイフエッジ（120°）の硬化プランジャで高精度、高耐久性化したもの。主としてマルチ・リミットに採用、工作機械の多段制御に使われる。
	コイル・スプリング形	中	大	小	★	★	軸芯方向をのぞき、360°どの方向からも操作可能。 動作力はリミットスイッチ中最も低く、方向や形状の不均一な場合の検出に有効である。 動作後の動きをアクチュエータ部で吸収するためワークのブレに対する許容度も大きい。
	ヒンジ・レバー形	大	中	小	★	★	低速・低トルクのカムに用いられ、レバーは操作体に合わせて種々の形状がとれる。
	ヒンジ・ローラ・レバー形	大	中	小	★	★	ヒンジ・レバーにローラをつけたもので、高速カムにも適する。（ただし許容操作速度内にて）
	ローラ・アーム形	中	中	中	★	★	ローラの位置を変えることができる。

注. 表中の「繰り返し精度」・「振動／衝撃」の★マークは、優：★★★、良：★★、可：★を表しています。
＊1. パネル取りつけタイプもあります（形D4E-□N、形SHL、形ZC-□55、形D4MC）。
＊2. 水平ローラ・タイプもあります（形D4A-□N）。
＊3. スチール・ワイヤ形もあります（形WL）。プラスチック・ロッド形およびワイヤ・ロッド形もあります（形D4C、形D4CC、形HL-5000、形D4A-□N）。
＊4. テレグラフィングとはアクチュエータが動作し、ドッグの通過後アクチュエータがはねかえり反対側の動作点まで移動し、誤動作してしまう現象です。

トラブルシューティング

故障		故障に対する主原因	対策
機械的な故障	アクチュエータが 1)動作しない 2)復帰しない 3)変形する 4)摩耗する 5)破損する	ドッグ、カムの形状不適	・ドッグ、カムの再検討、仕上面円滑にする ・アクチュエータの適否を再検討 （急激なアクチュエータのはねかえりがないようにする）
		ドッグ、カムの仕上面粗	
		アクチュエータの選択不適	
		アクチュエータの加圧方向不適	
		操作速度が許容値を超えている	・減速装置を取りつける、取りつけ位置変更
		ストロークのとりすぎ	・ストローク再設定
		低温によるゴム材、グリス硬化	・耐寒仕様品の採用
		泥状異物、切削屑、塵埃のたい積	・防滴形、保護等級の高いものに変更する ・保護カバーの設置、溶剤の変更、材料変更
		駆動部ゴム材の溶解、収縮、膨潤	
	動作位置が大きくずれる（誤動作する）	内部可動ばねのヘタリ、折損	・定期的な予防保全を行う ・スイッチの性能が1ランク上のものを使う ・増締めを行う、補強板の使用
		内部機構の摩耗・劣化	
		本体取りつけねじのゆるみ、不安定	
	端子部品にガタがある（モールド品にひずみが生じた）	はんだ作業の長時間加熱	・はんだ作業をすばやく ・通電電流と定格に合わせたリード線の仕様
		大径リード線の接続による過大な引っ張り力	
		高温、熱衝撃によるもの	・高温用スイッチの採用、取りつけ場所の変更
化学的・物理的な故障	チャタリングがある	振動、衝撃が規定値を超えている	・防振装置の取りつけ ・衝撃源となるソレノイドの緩衝 ・操作速度を上げる（加速装置）
		他の機構部品に衝撃発生源がある	
		操作スピードが遅すぎる	
	油、水の浸入	シール部の締結があまい	・防滴形、水密形の採用 ・コネクタとケーブルの適切な選定
		コネクタの選択ミスかケーブルとの不一致	
		スイッチの選択が適切でない	
		端子部分をモールドしていない	
		塵埃オイルの浸入→炭化による焼損	
	ゴム材の劣化	溶剤、切削油による膨潤溶解	・耐油性ゴム材やフッ素樹脂ベローズなどの使用 ・耐候性ゴム材や保護カバーの取りつけ ・金属ベローズ保護カバーつきのスイッチに変更
		直射日光、オゾンによる亀裂	
		高熱の切削屑塵埃の飛散によるやぶれ	
	腐食（サビ）（置割れ）	腐食性液剤（切削油も含む）による酸化	・切削油の変更、取りつけ部分の変更 ・耐置割れ材への変更
		腐食性雰囲気、海岸、船舶中の使用	
		冷却水・切削油のイオン化による電蝕	
		温度サイクルが高く（高湿）銅合金の置割れ	
電気的な故障	投入できない しゃ断できない 溶着する	直流回路で誘導分が多い	・消去回路の付加
		開閉によるブラウンパウダーの生成	・特殊合金接点の使用、気密形スイッチの使用
		接点移転による短絡、溶着	・開閉ひん度を低下させる（容量の大きいスイッチを使用）
		異種電源で使われた溶着	・回路設計変更
		接点部への異物、オイル浸入	・保護ボックスの設置