

産業用ロボットの特別規制について

分担研究者 藤森和幸 中央労働災害防止協会 東京安全衛生教育センター

要旨

産業用ロボットに関する規制は、労働安全衛生法(昭和47年法律第57号。以下「安衛法」という。)を具体化した労働安全衛生規則(昭和47・9・30労働省令第32号。以下「安衛則」という。)の制定当初には存在していなかったものであり、1983年(昭和58年)に追加改正された。

本稿では、この産業用ロボットに係る法令・通達等を一つの例として、労働安全衛生法令の体系・構造、適用関係等について、以下の観点から言及することとする。

- (1) 法令改正の背景・必要性
- (2) 法令における定義及び適用の範囲
- (3) 産業用ロボットにおける規制の具体化—適用関係
- (4) 産業用ロボットにおけるこれからの安全管理

引用文献等

(参考文献)

- 1 実務に役立つ労働安全衛生規則の逐条詳解(第1巻、第2巻)(1993・4中央労働災害防止協会)
 - 2 安全衛生運動史(安全専一から100年)(2011・10中央労働災害防止協会)
 - 3 労働安全衛生法の詳解(改訂第4版)(2015・3労働調査会)
 - 4 機能安全活用実践マニュアル(産業用ロボットシステム編)(2017・2中央労働災害防止協会)
 - 5 労働安全衛生法(労働法コンメンタール10)(労務行政研究所編)(2017・5労務行政)
 - 6 産業用ロボットの安全管理—理論と実際—(第4版)(2019・12中央労働災害防止協会)
 - 7 改訂労働安全衛生規則の解説(産業用ロボット関係(第10版)(2020・5中央労働災害防止協会)
- (関連する告示・指針・通達)
- 1 労働安全衛生規則第36条第31号の規定に基づき労働大臣が定める機械を定める告示(昭和58年6月25日労働省令第51号 改正平成27年3月25日厚生労働省告示第114号))

- 2 労働安全衛生規則の一部を改正する省令の施行等について(昭和 58 年 6 月 28 日基発第 339 号 改正平成 25 年 12 月 24 日基発 1224 第 2)
- 3 労働安全衛生規則第 36 条第 31 号の規定に基づき、労働大臣が定める機械を定める件((昭和 58 年 6 月 25 日労働省告示第 51 号)本則第 3 号の機械について(昭和 58 年 6 月 28 日基発第 340 号)
- 4 産業用ロボットの使用等の安全基準に関する技術上の指針(昭和 58 年 9 月 1 日技術上の指針公示第 13 号)
- 5 危険性又は有害性等の調査等に関する指針(平成 18 年 3 月 10 日公示第 1 号、平成 18 年 3 月 10 日基発第 0310001 号)
- 6 機械の包括的な安全基準に関する指針(平成 19 年 7 月 31 日基発 0731001 号)
- 7 機能安全による機械等に係る安全確保に関する技術上の指針(平成 28 年告示第 353 号)

1 法令改正の背景・必要性について

産業用ロボットは、1970年代(昭和50年代)に入り、産業現場において、その進出には目覚ましいものがあった。こうした状況の中、1981年(昭和56年)7月に、国内の輸送用機械製造工場において産業用ロボットに係る死亡事故が発生した(「ウラダケース」と呼ばれている)。

被災者は、異常が認められた産業用ロボットの周辺機器を点検、整備作業中に、産業用ロボットのマニプレータ(人間の「腕」に当たる部分)に背中を押しえつけられ内臓破裂により死亡した。なお、昭和57年7月に労働省(現厚生労働省)が実施した産業用ロボットに関する全国における実態調査結果(調査対象190件)によると、昭和56年には上記ウラダケースを含め6件の産業用ロボットによる労働災害が発生しており、このうち5件は、マニプレータとの接触によるものであった。

労働安全衛生法(昭和47年法律第57号。以下「安衛法」という。)は、積み重ねられてきた数多くの災害事例を貴重な教訓として1972年(昭和47年)に制定され、具体的には労働安全衛生規則(昭和47年9月30日労働省令第32号。以下「安衛則」という。)をはじめとするいくつかの労働省令(現厚生労働省令)等により、労働災害防止のための規定が設けられている。特に、大きなエネルギーを持ち、種類も数多く、また仕組みも複雑である機械による労働災害が多いことから、安衛法は、制定当初から機械による労働災害防止のために事業者が講ずべき措置として、「機械、器具その他の設備(以下、「機械等」という。)による危険」(第20条第1号)を掲げ、同法第27条第1項によりその具体的な省令の一つである安衛則においては、「第2編 安全基準」の冒頭に「第1章 機械による危険の防止」の規定を設けており、その他、「ボイラー及び圧力容器安全規則」(昭和47年9月30日労働省令第33号)やクレーン等安全規則(昭和47年9月30日労働省令第34号)等の機械に係る省令においても具体化されている。

機械といっても、その種類あるいは範囲は大変広く、製造業、建設業の現場をはじめとして、ほとんどあらゆる現場において存在しており、安衛則は、まずこれらのうち一般に工場等において使用される機械を対象として、事業者が講ずべき措置を類型化している。すなわち主に製造業における①工作機械、②木材加工用機械、③食料加工用機械、④プレス機械及びシャー、⑤遠心機械、⑥粉碎機及び混合機、⑦ロール機等、⑧高速回転体、⑨産業用ロボットが規定されている(第113条から第151条まで)。

この安衛則における産業用ロボットに関する規制は、前記のウラダケースの発生までは存在しなかった。産業用ロボットは、従来からの機械設備にはみられない特有の危険を伴うものであり、それまでの機械についての一般基準(第101条から第111条まで)を適用するのみでは、ウラダケース以降も発生しうる産業用ロボットに係る労働災害を防止することは難しく、新たに安衛則に産業用ロボットについての規定を盛り込む必要性が生じた。

そうして昭和58年、同規則に新たに産業用ロボットに関して事業者の講ずべき措置(法第20条第1号)の具体的な規定として、以下の4つの条文が追加された(昭和58年6月20日

労働省令第 18 号) (表 1)。

第 2 編 安全基準

第 1 章 機械による危険の防止

第 9 節 産業用ロボット

第 150 条の 3 教示等

第 150 条の 4 運転中の危険の防止

第 150 条の 5 検査等

第 151 条 点検

また、産業用ロボットに対する教示等の業務及び検査等の業務については、特に危険な業務として安衛法第 59 第 3 項に定める特別教育の対象業務として、以下の条文が追加された(表 1)。

第 1 編 通則

第 4 章 安全衛生教育

第 36 条 特別教育を必要とする業務

第 31 号 (産業用ロボットの教示等の業務に係る特別教育)

第 32 号 (産業用ロボットの検査等の業務に係る特別教育)

この特別教育については、「安全衛生特別教育規程」(昭和 47 年 9 月 30 日労働省告示第 92 号)により具体的内容が定められており、それぞれ学科教育及び実技教育により実施される。

なお、安衛法は、ボイラー、クレーン等の特に危険な作業を必要とする一定の機械等(「特定機械等」)については、その安全性能を確保するために、設計・製造の段階から一定の基準を満たす必要があることとしている。すなわち、これらの機械等については、製造の許可(第 37 条)、製造時等の検査(第 38 条)が必要であり、また、これらの機械等以外のうちで一定のものについては、一定の構造規格又は安全装置を具備していない場合の譲渡・貸与・設置することの制限(第 42 条)、機械等の検定(第 44 条、第 44 条の 2)といった設計・製造段階における事前の規制の対象となるものとされているが、産業用ロボットはこの対象としていない。

産業用ロボットに対する設計・製造の段階における事前の規制については、前記昭和 58 年安衛則改正時に発出された「産業用ロボットの使用等の安全基準に関する技術上の指針」(昭和 58 年 9 月 1 日技術上の指針公示第 13 号)により、産業ロボットの選定、設置、使用、定期検査等及び教育等に関する留意事項が示されている。

この技術上の指針は、事業者が労働災害の防止のために講ずべき措置(安衛法第 20 条から第 25 条の 2 まで)の適切かつ有効な実施を図るために必要な業種あるいは作業ごとに厚生労働大臣が公表して(安衛法第 28 条)、一般的、画一的にならざるを得ない法定事項をさらにできるだけ具体化して現場に即応した内容の対策を示したものである。

なお、これらの設計・製造の段階における事前の規制については、後記4において述べることとする。

ところで、安衛法は、労働災害を防止するための管理を必要とする作業で政令(労働安全衛生法施行令第6条)で定めるものについては、「作業主任者」の選任を義務づけている(第14条)。

この作業主任者は、労働災害防止のための事業者の管理を必要とする危険又は有害な作業について選任されるものであり、その主な職務は、当該危険又は有害作業に従事する労働者を指揮することとされている(同第14条)が、産業用ロボットについては、他の機械に比べてその種類が多く、それにより作業の内容も多様化しており、また、本来の作業自体はロボットが行い作業者は主に巡視の業務に従事していることが多いこと等から、作業主任者による方法は適切ではなく、事業者が行うべき作業の管理は、産業用ロボットの種類、性能等に見合った「作業規程」を定めて、これに基づき労働者に作業を行わせることが適切であるとされ、安衛則第150条の3及び150条の5並びに上記の技術上の指針に定められた。

表1

産業用ロボットにおける危険防止措置 (法第20条第1項)

- ① 教示等の作業を行うときの危険防止措置 (安衛則第150条の3)
- ② 運転中の危険防止措置 (安衛則第150条の4)
- ③ 検査等の作業を行うときの危険防止措置 (安衛則第150条の5)
- ④ 点検 (安衛則第151条)

特別教育の実施 (法第59条第3項)

- ① 教示等の業務に係る特別教育 (安衛則第36条第31号)
- ② 検査等の業務に係る特別教育 (安衛則第36条第32号)

「産業用ロボットの使用等の安全基準に関する技術上の指針」(昭和58年9月1日 技術上の指針公示第13号)

2 法令における定義及び適用の範囲について

ロボットという言葉は、1920年に当時のチェコスロバキアの作家カレル・チャペックの戯曲において作り出されたもので、人間の労働を肩代わりしたロボットたちが団結して反乱を起こす物語に初めて登場した(「ロボット」岩波文庫1989年)。

また、産業用ロボットの定義は、安衛則に追加改正された当時、例えば広辞苑(第3版・1983年(昭和58年))では、「人間の四肢に似た機構をもち、プログラムあるいは計算機からの指令によって多様な作業をすることのできる機械。視覚を備え、また移動できるもの

もある。物体の移動、工作機械の操作、組立・塗装・溶接などに用いる。」と定義され、最近の第7版(2019年(令和元年)によると、「プログラムあるいはコンピューターからの指令によって多様な作業を行う産業用機械。視覚を備え、また移動できるものもある。物体の移動、工作機械の操作、組立・塗装・溶接などに用いる。」と定義されている。

これに対して、法令における「産業用ロボット」は、「マニプレータ及び記憶装置(可変シーケンス制御装置及び固定シーケンス制御装置を含む。)を有し、記憶装置の情報に基づきマニプレータの伸縮、屈伸、上下移動、左右移動若しくは旋回の動作又はこれらの複合動作を自動的に行うことのできる機械(研究開発中のものその他厚生労働大臣が定めるものを除く。)」と定義されている(安衛則第36条第31号)。なお、「マニプレータ」とは、人間の四肢に類似した機能を有し、「腕」に相当するもの(アーム)をいい、「記憶装置」とは、マニプレータの動作の順序、位置、速度等の情報を記憶する装置をいう。また、「シーケンス制御装置」とは、あらかじめ設定された順序、条件及び位置にしたがって動作の制御を行う装置をいう(昭和58年6月28日基発第339号。末尾の図1、図2)。

安衛法は、事業者に対して職場における労働者の安全と健康を確保することを目的とし(第1条)、この目的を達成するために危害防止基準を確立し、事業者に一定の措置を講じることを要求している法規であり、原則として罰則で実効性を確保しているものもあり、措置・規制の対象としての観点から罪刑法定主義に則り定義や適用の範囲が定められている。

産業用ロボットは、予測しがたいマニプレータの動き、ノイズ等によるマニプレータの誤作動等、これまでの機械には見られなかった産業用ロボットに特有の危険性が存在し、それまでの安衛則の「機械」に対する措置のみでは対応できないものとなった。

このような観点からすれば、上記により産業用ロボットの定義に該当するとしても、例えば定格出力が80ワット以下の駆動用原動機を有するもの、機械が小さくて接触しても災害に結びつく危険性が極めて少ないもの、マニプレータが1つの動作の単調な繰り返しのみを行うため、動作が容易に予測できるもの、マニプレータの可動範囲が狭く当該マニプレータに挟まれる危険が少ないもの等は、いずれも労働者に危険が生ずるおそれのないものとして規制の対象から除外しても差し支えないと考えられ、告示及びこれに基づく通達により産業用ロボットから除外されている(昭和58年6月25日労働省告示第51号(改正平成12年12月25日労働省告示第120号、昭和58年6月28日基発第340号)。

ちなみに、上述した法令における定義の相対性は、労働衛生の分野においても広く同様であって、例えば「有機溶剤」については、一般的には、物を溶かす性質を持つ液体の有機化合物で、数百種類以上の種類があるものと定義されているが、「有機溶剤中毒予防規則」(昭和47年9月30日労働省令第36号)では、労働者の健康障害防止の観点から、相対的に、人体に有害であることが明らかであり、現に広い範囲において使用されている44種類の物質を同規則の対象となる有機溶剤としている。

3 産業用ロボットにおける規制の具体化について―適用関係

産業用ロボットは、上記の定義で定められるように、一定の動作を自動的に行うことのできる機械であり、かつその用途について汎用性が認められる機械である。

(1) 産業用ロボットは「機械」であることから、各々の機械について共通する一般規定である安衛則「第1節 一般基準」の第101条から第111条までの規定が、その一部を除いて(下記(2))適用される。特に、産業用ロボットによる労働災害は、産業用ロボットの運転を開始するときに合図を行わなかったことが原因となって発生しているものもあるため、この合図について事業者に必要な措置を講じさせるロボットに特別の規定はないので、合図についての一般規定である第104条が適用されることとなる(昭和58.6.28基発339、改正平成25年12月24日基発1224号第2)。

(2) 産業用ロボットによる労働災害を見てみると、産業用ロボットの作動における異常、関連機器との連動に不都合が生じたりした場合に、労働者が産業用ロボットの可動範囲内―記憶装置に基づきマニプレータその他の産業用ロボットの動くことのできる最大の範囲内―に立ち入って、応急措置を講じているときに産業用ロボットが突然に正常に再作動して、マニプレータ等にはさまれるという災害(前述の「ウラダケース」はこの場合の事例である。)が多いことから、機械の一般基準に規定のある安衛則第107条(掃除等の場合の運転停止等)と産業用ロボットの規定である第150条の5は、ともに掃除、給油、検査、修理又は調整の作業を行うときは、運転を停止しなければならないとしているので、一般規定である前者(第107条)の規定の適用は排除され、特別規定である後(第150条の5)の規定が適用される。

なお、作業の現場において、機械一般に係る安衛則107条違反の事案は多く見られるところであり、機械の掃除、給油、検査、修理又は調整の作業を行うときに運転を停止(同条第1項)せずに災害が発生した場合及び運転は停止したものの、そのまま掃除等の作業を行い第三者が機械を動かすことを防止する措置(同条第2項)を怠ったことにより災害が発生するケースが多く見られる。

(3) 改正条文の作成を行う過程においては、産業用ロボットは、「汎用性」を持つ機械であることから、対象となる産業用ロボットの用途、特に、産業用機械が工作機械であれば、安衛則第2編第1章の「第2節 工作機械」(第113条から121条まで)、また、木材加工用機械であれば、「第3節 木材加工用機械」(第122条から130条まで)、食品加工用機械であれば「第3節の2 食品加工用機械」(第130条の2から130条の9まで)に該当する場合もありうるが、産業用ロボットに特有な危険性があることから、第9節として独立して節を設けることが適切であるとされた。

4 産業用ロボットにおけるこれからの安全管理について

産業用ロボットの運転中に、労働者がその可動範囲内に立ち入ることがあれば、接触による労働災害が発生するおそれが生じることとなることから、次のように定められている。

「事業者は、産業用ロボットを運転する場合(教示等のために産業用ロボットを運転する場合及び産業用ロボットの運転中に次条に規定する作業を行わなければならない場合において産業用ロボットを運転するときを除く。)において、産業用ロボットに接触することにより労働者に危険が生じるおそれのあるときは、さく又は囲いを設ける等当該危険を防止するために必要な措置を講じなければならない。」(安衛則第 150 条の 4)

なお、教示等—産業用ロボットについて行うマニプレータの動作の順序、位置若しくは速度の設定、変更若しくは確認—のため産業用ロボットを運転する場合及び産業用ロボットの運転中に検査等の業務を行わなければならない場合を除いているのは、作業の性質上、産業用ロボットを運転しながらその可動範囲内においてこれらの作業を行わなければならない場合があり、その場合には第 150 条の 3(教示等の規定)及び第 150 条の 5(検査等の規定)により必要な措置を講ずべきこととされているからである。

表 2

産業用ロボットの「運転中」で、「接触することにより労働者に危険が生じるおそれがあるとき」



「危険を防止するため必要な措置」(安衛則 150 条の 4←安衛法第 20 条第 1 号)
＝「接触防止措置(さく、囲いの設置等)」を講じること

(1) 立入禁止の措置—さく又は囲いの設置

産業用ロボットは、可動範囲内、すなわちマニプレータその他の産業用ロボットの各部の動くことができる最大可動範囲内に労働者が立ち入るとすれば、接触による危険が生じることとなるので、事業者は、「さく又は囲い」を設けることによる具体的な立入禁止措置を義務づけている。

(2) さく又は囲いの設置「等」

「さく又は囲い」という立入禁止措置に限定せず、「産業用ロボットに接触することにより労働者に危険が生じるおそれ」のない場合になるものとして、通達(昭和 58. 6. 28 基発 339)(表 3)により以下のように具体化されている。なお、安衛法令においては、本条のほかにも「労働者に危険が生じるおそれがあるとき(ないとき)」、「労働者に危険を及ぼすおそれのあるとき(ないとき)」あるいは「労働者に危険を及ぼすおそれのある箇所」といった規定を置き、その具体的内容を省令の条文自らのほか、通達等で明らかにしているものが数多く存在する。

表 3

- ①光線式安全装置、超音波センサー等を利用した安全装置、安全マット等
- ②「ロープ、鎖等の設置」＋「運転中立入禁止」の表示＋「労働者への周知徹底」
- ③監視人の配置による立入禁止措置
- ④監視装置(モニターTV)の設置　＋　接近時運転停止措置等

(3) 機械の包括的な安全基準に関する指針(平成 19 年 7 月 31 日基発第 0731001 号)

安衛法は、「機械、器具その他の設備を設計し、製造し、若しくは輸入する者、原材料を製造し、若しくは輸入する者又は建設物を建設し、若しくは設計する者は、これらの物の設計、製造、輸入又は建設に際して、これらの物が使用されることによる労働災害の発生の防止に資するよう努めなければならない。」(第 3 条第 2 項)と定めている。この条文の趣旨は、労働災害を防止するには、機械、設備等を使用する事業者が労働災害防止のための措置(同法第 20 条以下)を講ずることが必要であるが、それのみでは十分な措置を講じることが難しい場合があることから、努力規定ではあるが、事業者が機械、設備等を使用する前の段階において、設計者、製造者等に労働災害を防止するための措置を講じることを要求しているものである。

ロボットを含む機械については、設計・製造段階において安全対策を講じることにより、危険性を低減させることができ、また、機械の検査、保守点検、掃除、給油やトラブル時の修理、調整等のいわゆる非定常作業時に災害が多く発生してことに鑑みると、機械メーカー、ユーザー双方が、製造段階及び使用段階において機械の本質安全化を進めることが重要である。そうしたことから、ロボットを含むすべての機械に適用できる包括的な安全対策に関する基準として「機械の包括的な安全基準に関する指針」が平成 13 年 6 月に公表され、その後、安衛法の改正により危険性又は有害性の調査(リスクアセスメント)及びその結果に基づく措置の実施(同法第 28 条の 2)、また、国際的な機械安全規格の動向などを踏まえて、同指針は、平成 19 年 7 月に全面的に改正された。この指針に基づく機械の安全化の手順を表 4 に示す。

表 4

＜機械の設計・製造等を行う者＞

- ① リスクアセスメントの実施

機械の危険性・有害性の特定 → リスクの見積り



- ② リスクの低減－保護方策の実施

本質安全設計方策の実施

安全防護・付加防護方策の実施



- ③ 残留リスクの検討



使用上の情報の提供

＜機械を使用する事業者＞

- ① 「使用上の情報」の活用によるリスクアセスメントの実施



- ② リスクの低減－保護方策の実施

本質安全設計方策のうち可能なものの実施

安全防護・付加防護方策の実施

作業手順の整備、労働者教育の実施、個人用保護具の使用等



- ③ 残留リスクの検討



- ④ 作業手順の整備、労働者教育の実施、個人用保護具の使用



機械の安全な使用

(4) 人とロボットの「協働作業」

技術の進歩に伴って、前記3(1)の通達改正(平成25年12月24日基発第1224第2号)により、人と産業用ロボットのいわゆる「協働作業」が可能となる基準が示され、産業用ロボットの設計に当たっての安全要求事項を規定する国内外の安全規格も整備されてきて

いる。その概要は、表5のとおりである。

表5

1 リスクアセスメントに基づく措置を講じた場合、すなわち「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」(平18・3・10指針公示1号)に基づく措置を実施し、労働者に危険の生ずるおそれが無くなったと評価できるとき。

なお、産業用ロボットによるはさまれ等の危険性による「負傷の重篤度」及び「発生の可能性」の度合いの見積りに当たっては、特に次の事項に留意すること。

i) マニプレータ等の力及び運動エネルギー

国際標準化機構(ISO)の産業用ロボットの規格の技術仕様書(TS15066)において、人に危害を加えないと判断される数値

ii) マニプレータ等と周辺構造物に拘束される可能性

ア マニプレータ等と周辺構造物との間隔(最接近距離)を500mm以上

イ マニプレータ等と周辺構造物との間に拘束された場合、駆動用動力なしで人力により解放できる場合 等

iii) マニプレータ等の形状や作業の状況

突起のあるマニプレータ等が眼などに激突するおそれがある場合、マニプレータ等の一部が鋭利である場合、関節のあるマニプレータ間に挟まれる可能性のある場合等

2 ISO規格に定める措置を実施した場合

ISOによる産業用ロボットの規格(ISO10218-1:2011及びISO10218-2:2011)によりそれぞれ設計、製造及び設置された産業用ロボットを、その使用条件に基づき適切に使用すること。

(5) 機能安全の導入等

機械は、人に危害を及ぼす危険そのものを除去あるいは低減することが重要であるが、機械自体を安全なものとして設計・製造することが困難な場合に、近年の制御機能の高度化・複雑化によって安全のために主として付加的に導入されたコンピュータ等の電子機器を含んだ装置が正しく働くことによって、人と産業用ロボットが作業空間において協働することが可能となる安全(機能安全)の方法が指針として示されている(機能安全による機械等に係る安全確保に関する技術上の指針(平成28年厚生労働省告示第353号))。

また、産業用ロボット本体以外のロボットハンド(マニプレータ(腕)の先の手の部分)の制御や産業用ロボットの周辺機器設備といった産業用ロボットシステムに対する機能安全制御がメーカー以外のシステム統合者(インテグレーダ)に求められ、産業用ロボットにおけるリスクアセスメントは、ロボット本体の仕様等だけではなく、産業用ロボットの周辺機器設備やエンドエフェクタ(ロボットハンド)を含めたロボットシステムとしての仕様確認が重要となる。

おわりに

産業用ロボットは、その機能の汎用性・多様性から、今後も生産工程において、「人との協働」という新しい形態をも含めた業務の効率化・品質の良質化が図られることが期待される。

しかしながら、従来では有効な対策が講じにくかった危険有害因子からのばく露の場面において、「人の代わり」としてその除去・低減を図る役割を担う産業用ロボットにより、人が労働災害を被ってはならないということを、設計・製造→据え付け・配置→使用のそれぞれの段階においてあらためて銘記することが重要である。

图-1

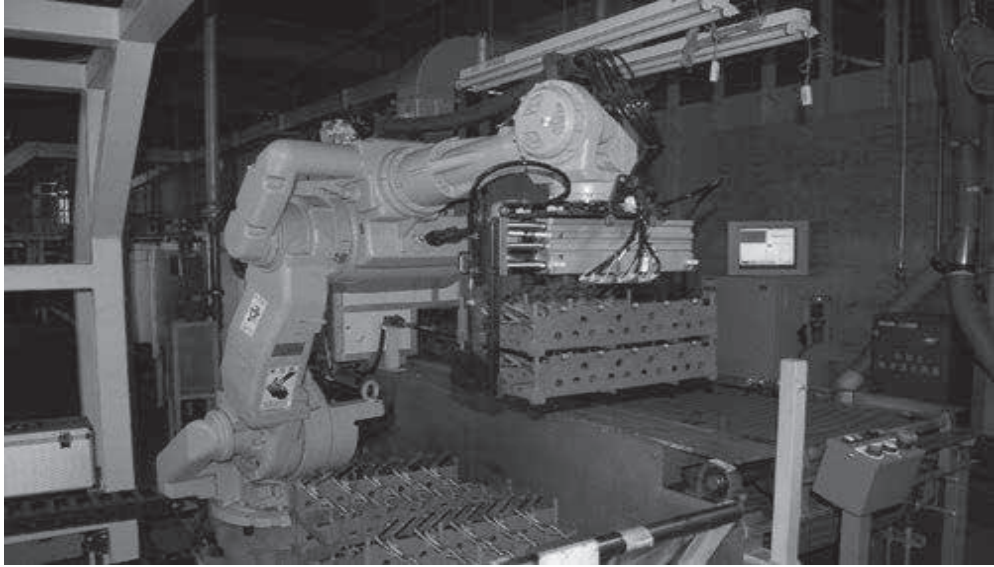


图-2

