

印制板的设计

——元件布局与孔连接

Reference to IPC-2221A & IPC-2222A

目录

1、目的 错误！未定义书签。

2、范围 1

3、术语和定义 1

4、规范内容 1

 4.1 元件布局要求总则 1

 4.1.1 自动组装 1

 4.1.1.1 板的尺寸 1

 4.1.1.2 混合组装 1

 4.1.1.3 表面安装 1

 4.1.2 布局要求 1

 4.1.3 方位 3

 4.1.4 可接近性 3

 4.1.5 设计包容 3

 4.1.6 元件主体居中 4

 4.1.7 导电区上的安装 4

 4.1.8 间隔 5

 4.1.9 经受冲击和振动的元件安装技术 5

 4.1.10 散热 7

 4.1.11 应力释放 8

 4.2 贴装要求总则 9

 4.2.1 表面安装 10

 4.2.2 混合装配 10

 4.2.3 焊接事项 10

 4.2.4 连接器与互连 10

 4.2.4.1 单件式连接器 10

 4.2.4.2 双列直插式连接器 11

 4.2.4.3 板边连接器 11

 4.2.4.4 两件式多点连接器 13

 4.2.4.5 两件式分立触点连接器 13

4.2.4.6	板边附加连接器	13
4.2.5	紧固件	14
4.2.6	增强板	14
4.2.7	扁圆引线用焊盘	15
4.2.8	焊接端子	15
4.2.8.1	焊接柱的机械安装	16
4.2.8.2	焊接柱的电气安装	16
4.2.8.3	焊接柱与导线 / 引线的连接	17
4.2.8.4	与端子连接的导线 / 引线	17
4.2.9	特殊金属线	17
4.2.9.1	跨接线	17
4.2.9.2	跨接线规则	18
4.2.10	热收缩器件	18
4.2.11	汇流排	18
4.3	通孔要求	18
4.3.1	通孔安装的引线	18
4.3.1.1	直引线	19
4.3.1.2	折弯引线	19
4.3.1.3	双列直插封装	19
4.3.1.4	轴向引线元件	20
4.3.1.5	径向引线元件	20
4.3.1.6	直立（垂直）安装	23
4.3.1.7	扁平封装	23
4.3.1.8	金属电源封装	25
4.4	标准表面安装要求	26
4.4.1	表面安装用引线元件	27
4.4.2	扁平封装	28
4.5	孔连接	29
4.5.1	带孔焊盘的通用要求	29
4.5.1.1	焊盘要求	30
4.5.1.2	孔的要求	31
4.5.1.3	导体层的隔热	32
4.5.1.3.1	导体层的热隔离	33

4.5.1.3.2 层中的隔离区 33

4.5.1.3.3 导体层中小节距隔离区 34

4.5.2 孔 35

4.5.2.1 非支撑孔 35

4.5.2.1.1 定位孔 36

4.5.2.1.2 安装孔 36

4.5.2.2 镀覆孔 36

4.5.2.2.1 孔和埋盲孔 37

4.5.2.2.2 散热孔 38

4.5.2.3 公差 38

4.5.2.3.1 孔位公差 39

4.5.2.3.2 非支撑孔公差 39

4.5.2.3.3 非支撑孔直径 39

4.5.2.3.4 空心铆钉孔直径 39

4.5.2.4 相邻孔的间距 39

4.5.2.5 厚径比 40

4.5.2.6 导通孔孔径 40

5、相关记录 40

6、附录 40

本规范的建立是为了给 PCB设计者在元件布局和孔连接方面提供相应的指导，以及为 PCB设计者提供必须遵循的规约。

1、范围

适用于所有 PCB设计人员。

2、术语和定义

3、规范内容

4.1 元件布局要求总则 (IPC-2221A 8.1 布局要求总则, P56)

4.1.1 自动组装 (IPC-2221A 8.1.1 自动组装, P56)

当使用元件自动插装和贴装技术时，有几个印制板设计参数一定要注意，这些参数在使用手工组装技术时是不适用的。

4.1.1.1 板的尺寸 (IPC-2221A 8.1.1.1 板的尺寸, P56)

用于自动组装印制板，可以有许多不同尺寸。因此，制造商对设备的技术要求宜以成品印制板的要求来评价。

自动装配操作的标准化，可以通过使用适应板的尺寸变化的标准夹具，或以在制板形式的组装板来达到。使用在制板的装配，原则上要求与印制板制造商密切合作以确立定位意图，定位孔定位，板定位，附连板及基准标记定位。

4.1.1.2 混合组装 (IPC-2221A 8.1.1.2 混合组装, P56)

既用于表面安装元件，又用于通孔直插元件的自动处理，在设计上需要专门考虑，使元件第一阶段装配不影响第二阶段插入引脚。

元件布局应考虑装在板上的插件设备对板的应力，尽可能将部件隔离在特定的区域，以便于第二阶段插入 / 布局的应力不对先前焊接点产生影响。

4.1.1.3 表面安装 (IPC-2221A 8.1.1.3 表面安装, P56)

表面安装元件的自动组装，考虑包括用于安装 / 定位片状元件、分立芯片载板、小外形封装及扁平封装的拾放设备。设计中宜设置特殊的定向符号，以便于表面安装器件的检验。方法可包括特殊符号，或特殊焊盘的外形，以识别集成电路封装的引线。

4.1.2 布局要求 (IPC-2221A 8.1.2 元件布局, P56)

如果印制板采用机器焊接，只要可能，通孔直插器件与元件宜安装在与印制板焊锡接触的背面。使用表面安装与通孔安装元件混合安装，或在印制板两面都装有元器件，要求充分了解组装和贴装工艺。

如果把元器件引线插进孔里，只要有可能，轴向和非轴向引线的元件，只在印制板组件的一面安装。

除非一个元器件被明确地设计成允许另一元件进入其构造内，不应有元器件互相叠装（重叠）。元件引线应当为表面安装、通孔安装、或在接线柱上安装。引线与导线末端应被焊接或导线键合。

元件的引线插入镀覆孔中或接线端区域上，实际位置的变异加上元件的外壳（主体和引脚）的允许偏差，会引起元件主体从预定的安装位置移动。这种错位应考虑这类最差情况的元件布局问题，不应减少至邻近印制导线或其他元件的间距小于要求的电间隔。

如果元件利用黏合剂（结构型或导热型）与印制板表面黏合，这个元件的放置就应该顾及黏合剂覆盖区域上黏合剂是否流到接线端区域上面，或是使之变得模糊。零件连接工艺应规定控制黏结材料的数量和类型，使零件可被拆除，而不损坏印制板组件。黏合剂的使用应与印制板材料，元件以及或与黏合剂接触的部件材料相容。一些胶黏剂与相邻的元件接触可能是不接受的。与焊接端点或相邻元件的应力释放区接触是否在另外的区域，取决于材料。

散热问题、功能的分隔、电气问题、封装密度、贴装机械的限制、波峰焊托架问题、振动问题、部件相互干扰问题、制造和测试的难易程度等等，都会影响零件的布局。

只要可能，零件宜以 0.5mm[0.020in] 布局网格放置。若 0.5mm[0.020in] 网格不合适，宜使用 0.05mm[0.00197in] 布局网格。某些零件（例如一些继电器）的引脚不在标准网格但在其他网格上，零件的放置宜使通孔在标准网格上。

有些元件，比如“贴着”外壳、引脚不在网格上。这种情况下，建议将部件的中心置于网格上。如果设备或其它限制不允许使用米制网格，零件可按 2.54mm[0.100in] 布局网格放置。元件散热器的考虑和板散热器的要求都必须在零件布局中提及。

设计者宜充分保证元件与板边缘的间隔为测试和装配作准备。如果这做不到，设计者应考虑添加可拆卸板（也就是可分离边条），元件边缘定义为从元件没有引线伸出那一面的边缘，以及元件有引线伸出的那一面，其焊盘结构的表面边缘。元件最好应该距板和导板或安装硬件的边缘最小为 1.5mm[0.0591in]，以便于元件的布局、焊接和测试夹具准备。

在焊接期间元件不宜以一个遮盖另一个的方式组合在一起。元件的排列不要与行进方向垂直，要交错。

在一项设计中，元件极性宜布向一致（同一方向）。对于波峰焊表面贴装片状元件，宜在自动焊接之前，使用特制配方的胶粘剂黏接在印制板上。

零件安装的专门要求包括该类型元件的功能、印制板组件选用的安装技术、元件引线的弯曲要求、减轻引线应力的方法选择以及元件的布局（或者安装在没有裸露的线路表面上，在被保护的表面上，或者在线路之上）。附加要求则取决于诸如散热需求（操作环境温度、最大节点温度要求以及元件的散热

能量），以及机械支撑要求（基于元件的重量）等。

印制板组装元件安装方法的选择，应使得成品组装件符合适用的振动、机械冲击、潮湿以及其它的环境条件中。元件安装时，其操作温度的选择应不使元件的使用寿命低于设计极限。元件安装技术的选择，应确保板的材料在操作条件下不高于允许的最大温度值。

4.1.3 方位（ IPC-2221A 8.1.3 方位， P57）

元件的安装宜与印制板边缘平行。为使外观显得整齐划一，元件相互之间也宜保持平行或垂直。当可能时，元件的安装方式宜使冷却通风尽可能达到完善。

组件通常是流动焊接，以板的顶部边缘（垂直于波的传送方向）在前，安装凸缘及其硬件对着固定装置或运送装置的机械抓手、板边连接器在后。表面贴元件宜以有利于波峰上焊料流动的方式放置。矩形元件（带有末端焊接帽）的方位宜与板的引导端的长轴线平行，且垂直于传送方向。这就避免了“阴影”效应，即元件的主体以别的方式防止焊料自由流动到焊接点拖痕。 见图 4-1。

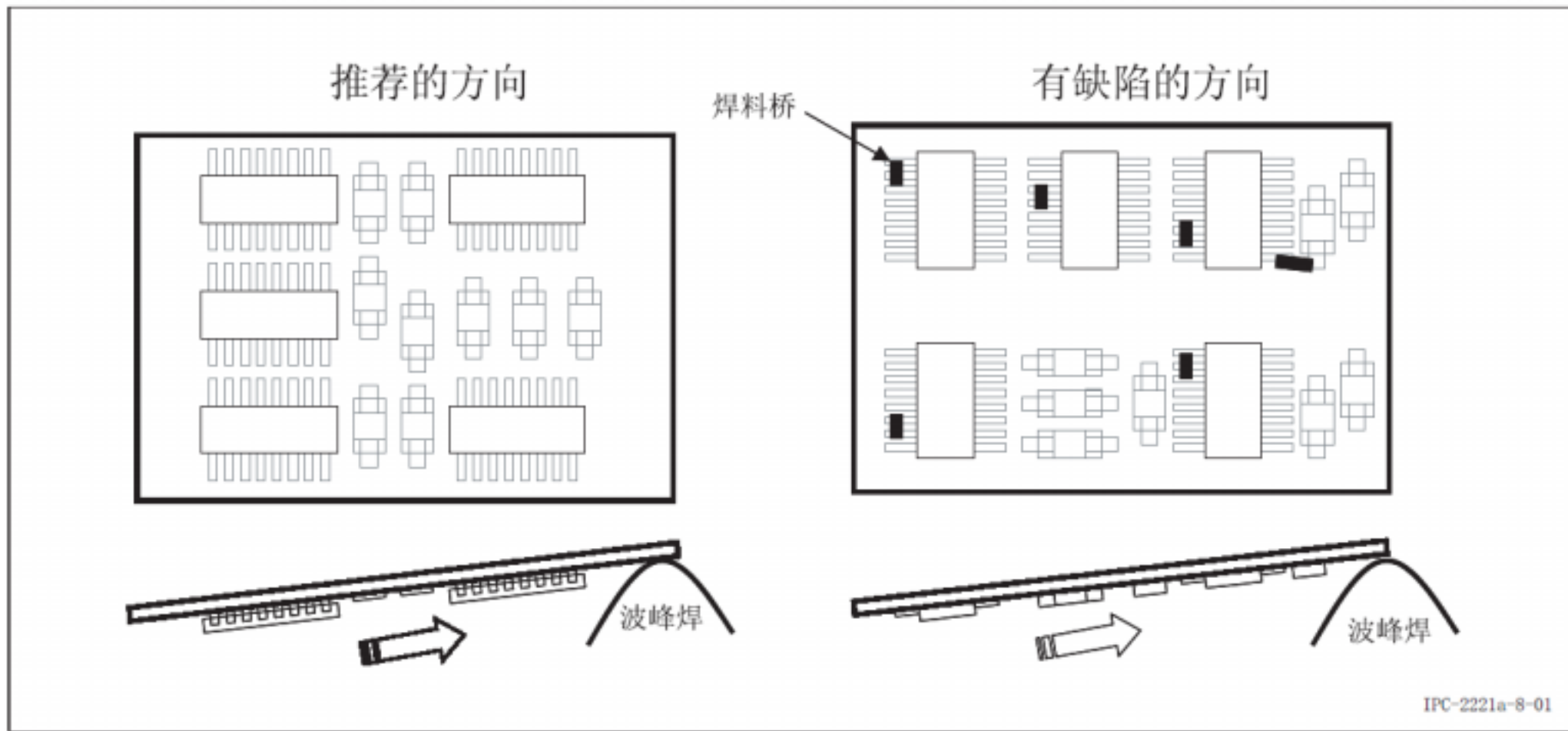


图 4-1 边界和（或）波峰焊应用的元件方位（ IPC-2221A 图 8-1 边界和（或）波峰焊应用的元件方位， P58）

4.1.4 可接近性（ IPC-2221A 8.1.4 可接近性， P57）

应将电子元件定位和隔开，使得每个元件的焊盘不被别的元件或别的固定安装件所妨碍。每个元件应可以从组装件里移走，而不必移动任何其它元件。这些要求不适用于不准备修理（抛弃型组件）的组装件制造。

4.1.5 设计包容（ IPC-2221A 8.1.5 设计包容， P57）

除板上的连接器外，元件的突出部分不宜超出板的边缘或妨碍板的安装。除非组装图有另外的详细

说明，板的边缘视为组件周边尺度的极限。除连接器外，印制板所有元件部分都是不允许扩展的。对于最大零件主体的尺度，以及由印制板和装配文件要求的安装设备，设计者要给予应有的注意，以便规定周边尺度。

4.1.6 元件主体居中 (IPC-2221A 8.1.6 元件主体居中, P58)

除非另有规定，水平安装轴向引线元件的主体（包括末端密封或熔焊缝），宜横跨在安装孔之间近似居中位置，如图 4-2 所示。

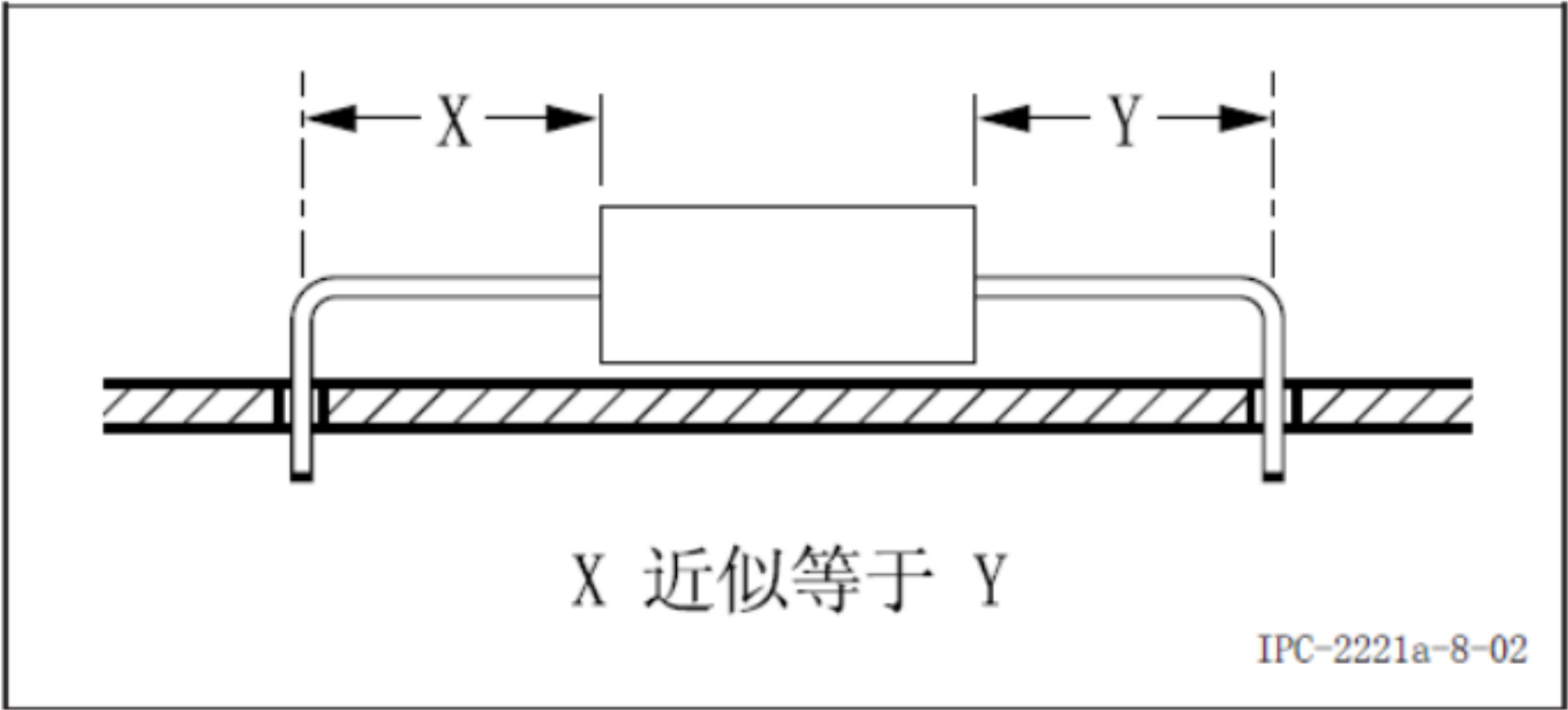


图 4-2 元件主体居中 (IPC-2221A 图8-2 元件主体居中, P58)

4.1.7 导电区上的安装 (IPC-2221A 8.1.7 导电区上的安装, P58)

安装带金属壳体的元件，应与邻近导电的部分互相绝缘。绝缘材料应与电路和印制板材料相匹配。零件下的导电区应以下列方法之一进行保护，以防潮湿：

- ？ 使用敷形涂层材料；
- ？ 使用低流动度的预浸材料作固化树脂涂层；
- ？ 施加永久性聚合涂层（阻焊剂）；
- ？ 无论元件外面是否有套管，这个要求都适用（见图 4-3 ）。

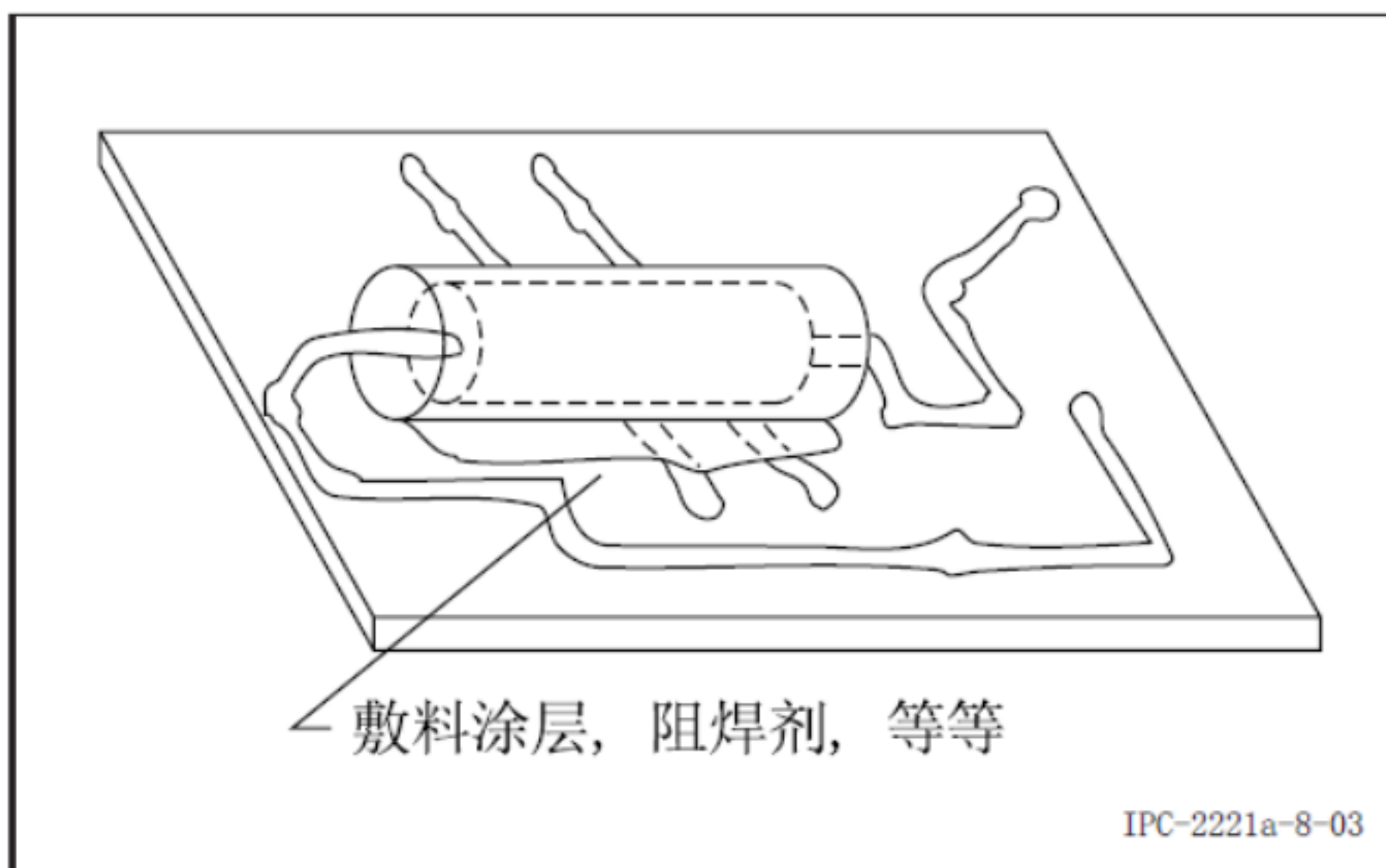


图 4-3 安装在导线上的轴向引线元件 (IPC-2221A 图8-3 安装在导线上的轴向引线元件, P58)

4.1.8 间隔 (IPC-2221A 8.1.8 间隔, P58)

元件引脚或带金属壳的元件, 与任何导体通路之间的最小间隔应为 0.13mm[0.00512in]。通常, 没有涂层的导体区域宜规定大约 0.75mm[0.0295in] 的间距, 如图 4-4 所示。

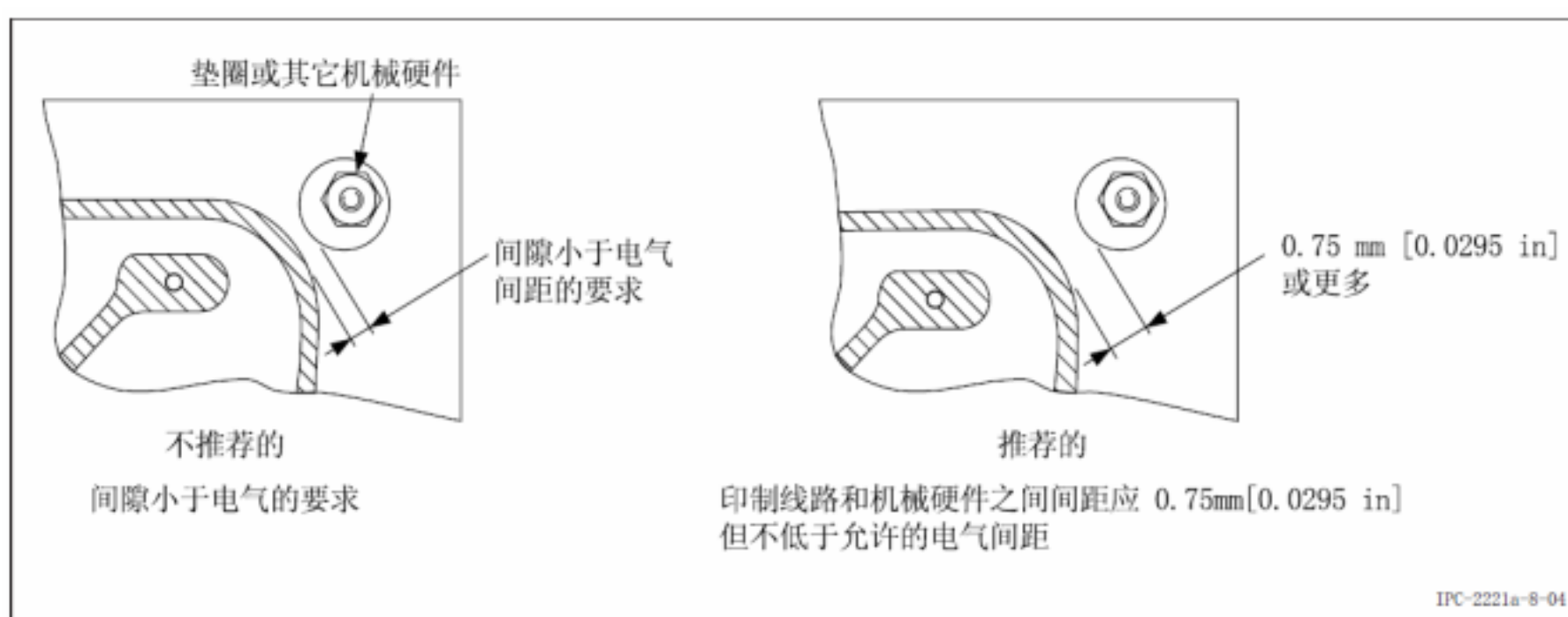


图 4-4 未涂覆板的间隔 (IPC-2221A 图 8-4 未涂覆板的间隔, P59)

4.1.9 经受冲击和振动的元件安装技术 (IPC-2221A 8.1.9.1 经受冲击和振动的元件安装技术, P59)

轴向引线元件每条引线重量小于 5克的, 应使其主体部分与印制板紧密接触。引线弯曲和间距的尺寸

标准应 按图 4-9 中的 规定。轴向引线元件每根引线重量大于等于 5克、宜利用安装夹固定在板上。如果由于元件的密度而不便使用夹具、宜采用别的方法、使焊接点不是唯一机械支撑。这些技术对于在有高振动要求的条件下、元件重量大于 5克的时候、是有用的 见图 4-5 和图 4-6。

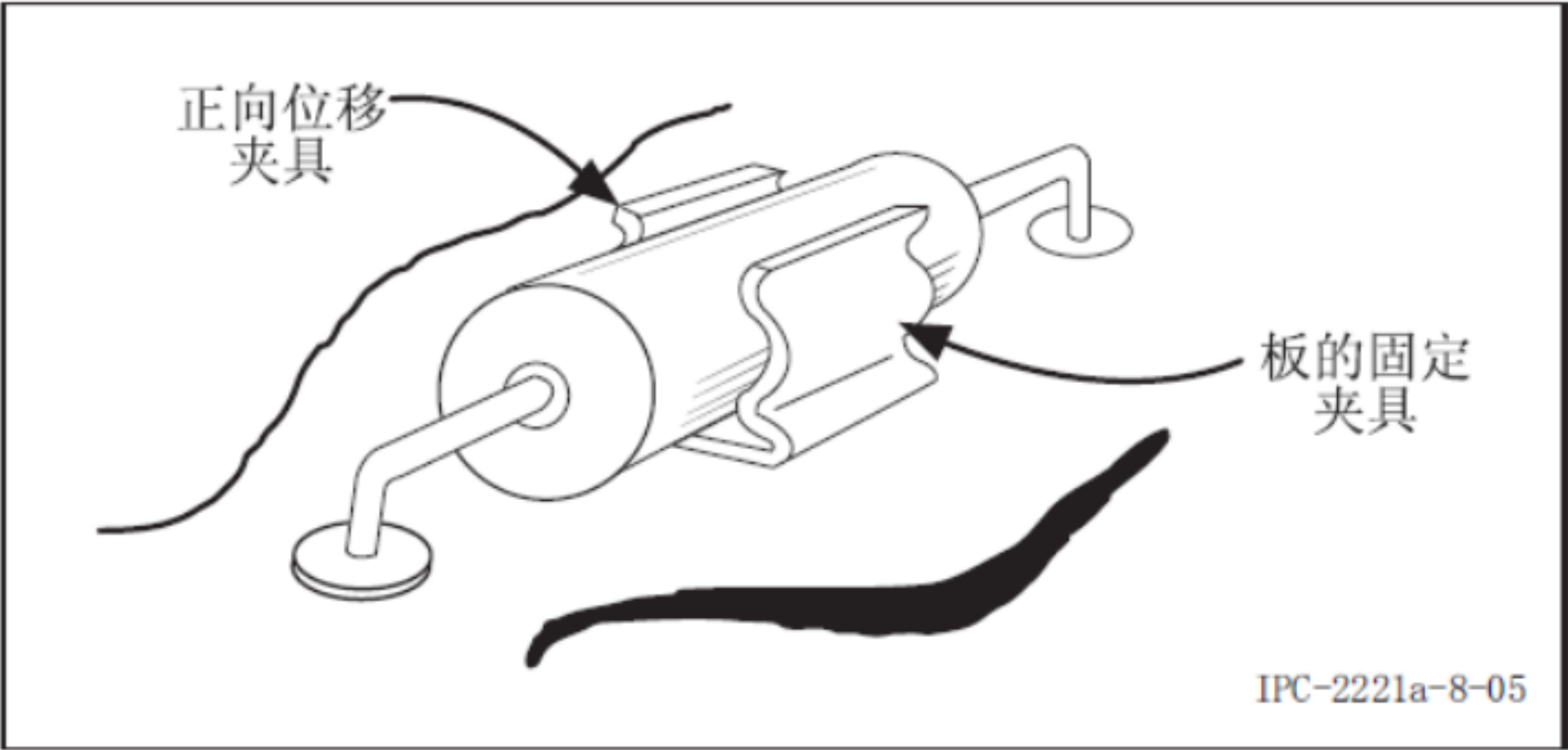


图4-5 夹具安装的轴向引线元件 (IPC-2221A 图 8-5 夹具安装的轴向引线元件 , P59)

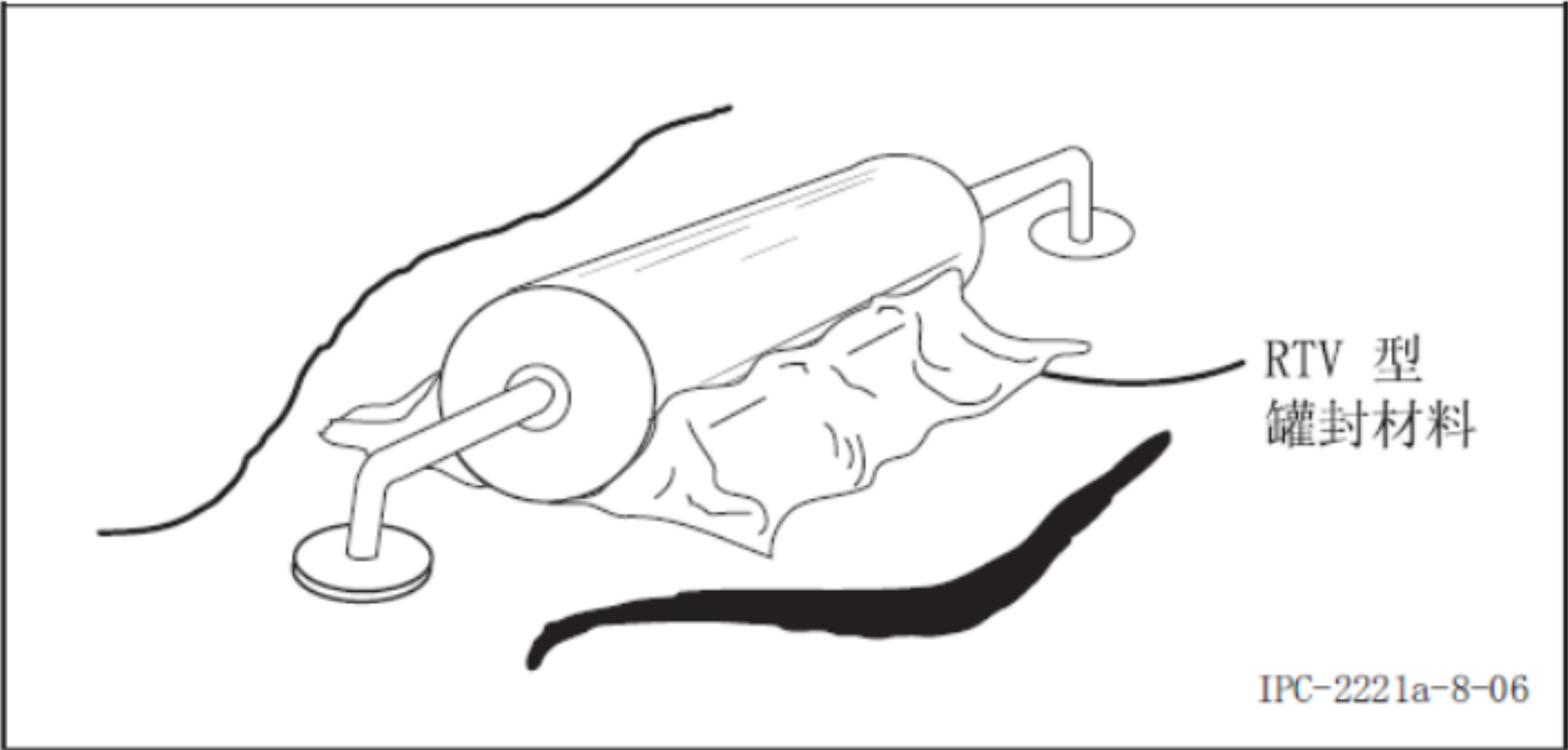


图4-6 粘合剂粘合的轴向引线元件 (IPC-2221A 图 8-6 粘合剂粘合的轴向引线元件 , P59)

以边缘安装片状元件时，如果垂直尺寸大于厚度尺寸，则不宜在有高度振动或冲击负荷的装配件上使用芯片元件。直立安装应使用于：

- a) 位于单面安装带回流终端焊盘的低和高外形的 SMDs;
- b) 从器件两面或者更多面有外出引线的非轴向引线的器件；

c) 从单面安装元件有外出引线的非轴向引线的器件。

对于具有三个或者更多引线的径向引线的元件，例如晶体管，要求在直立安装的基座和板表面之间使用衬垫，特别要注意确保振动时衬垫不会移动，以致使表面导电层可能招致损害。当使基座表面平行于板的表面见图 4-7。元件的支撑应如下任一种情况：

- ？ 元件主体有完整的基脚或者支座见图 4-7A 和 4-7B；
- ？ 具有特别结构的无弹性基脚支座的器件见图 4-7C；
- ？ 既不阻塞镀覆孔、也不在板的元件面上隐蔽连线的分开的无基脚的支座；
- ？ 带有基脚或无基脚固定支座的器件，是用于齐平安装到板表面。如图 4-7B 中所示那样按钮式的支座，可以当作是基脚。有基脚的支座，如图 4-7C 和图 4-7D 所示，应有一个最小的基脚高度 0.25mm[0.00984in]；
- ？ 当一个分开的有基脚支座的元器件，或者一个分开的底部无基脚支座的元器件在使用，而且元件底部平行于板表面的时候，安装宜使元件底部平坦地与有基脚，或无基脚的支座的紧密接触。安装也应使有基脚支座的元器件基脚完全保持与板表面紧密接触。不应将有支座的元器件倒置、翘起、倾斜，并不宜使它的基脚（或底部表面）落于与板接触之外，或置于导电层之上。不应将元件翘起、倾斜，也不应从有弹性支座的配合面分开。

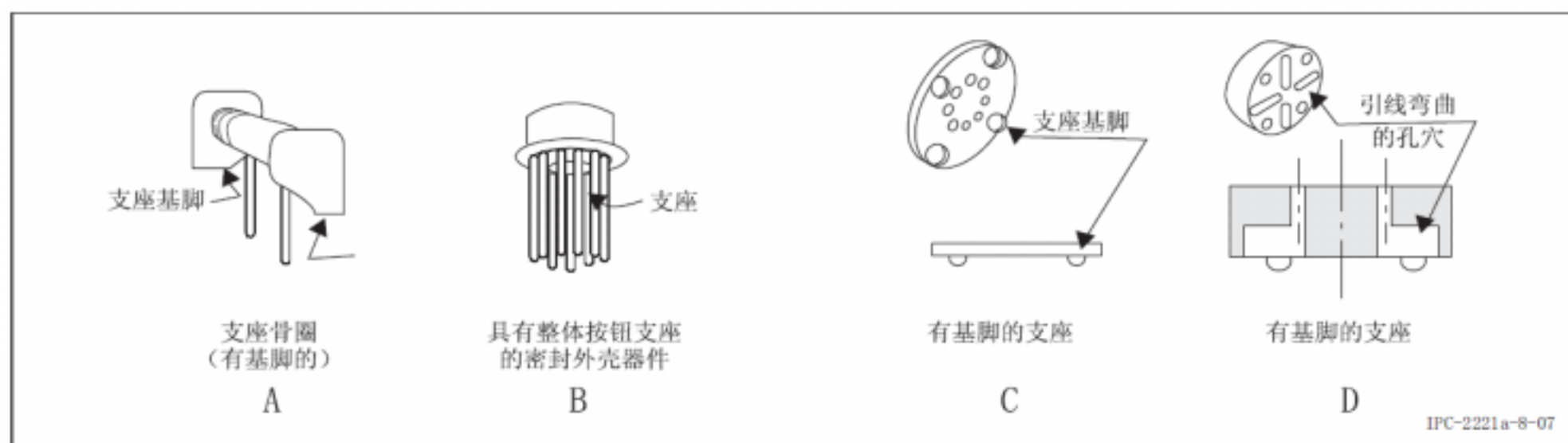


图 4-7 有基脚或支座的安装 (IPC-2221A 图 8-7 有基脚或支座的安装, P60)

4.1.10 散热 (IPC-2221A 8.1.10 散热, P60)

对于元件散热的设计，应达到确保板材和元件在操作条件下，不超过最高允许温度。实现散热的方法可以是：板和元件之间留出一定的缝隙，使用夹具或散热安装盘，或连接上合适的热传导材料，与元件热平面结合使用示例见图 4-8。任何散热技术或者散热器件，应该允许进行清洗以便从组件中清除污染物。用于部件和散热器之间转移热量的导热材料，应与装配和清洗过程相匹配。

3级组装件上的元件，由于散热要求与印制板表面大面积接触或者板上安装散热器，应对导电层介面进行保护防止工艺溶液侵入。为防止夹带风险，应规定适合的材料和方法，以封堵腐蚀性或导电性的污染物侵入介面。

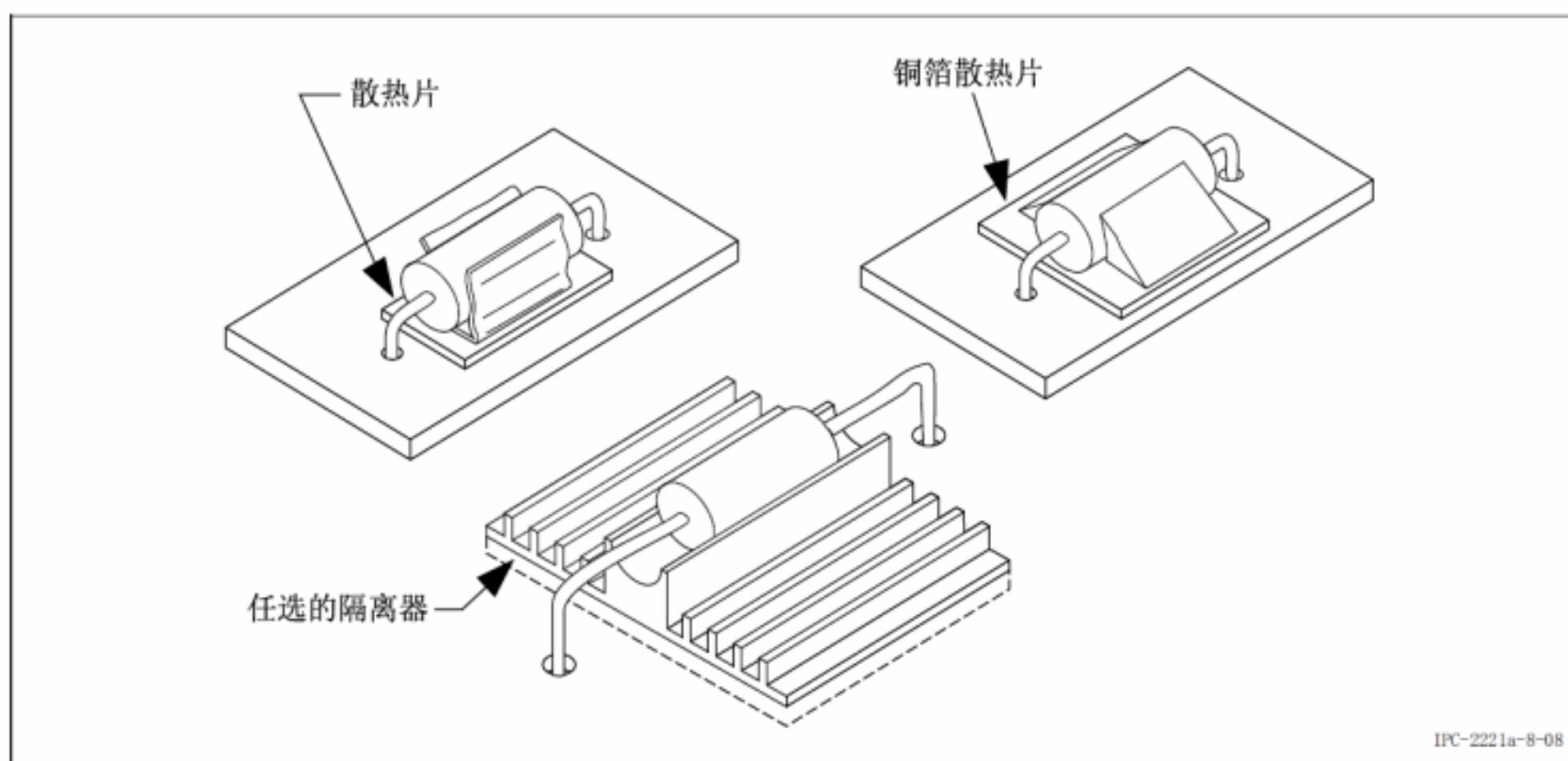


图 4-8 散热的例子 (IPC-2221A 图 8-8 散热的例子, P61)

4.1.11 应力释放 (IPC-2221A 8.1.11 应力释放, P60)

当设计应力释放时,焊盘和端点应由设计定位,以便元件可以安装或提供弯曲的应力释放,使遭受能预料到的环境温度,以及振动和冲击时,不会使部件引线与接触面应力过大。为了达到设计目标,引线弯曲半径可能 与图 4-9 不一致时, 弯曲应在装配图上详述。

以其主体直接密切接触的印制板水平安装元件的引线,安装方法应确保不减弱应力释放,或因在引线弯曲处焊料填充而失效。引线弯曲不应在元件主体,或者元件主体与任何引线熔焊之间形成。引线在弯曲半径之前开始,从主体密封或引线熔焊处应直伸,如图 4-9 所示。宜采用图 4-9 和 4-10 中所示的要求,以防止对元件,特别是玻璃部件可能的损害。选择引线结构时,应当考虑引线弯曲设备的能力。

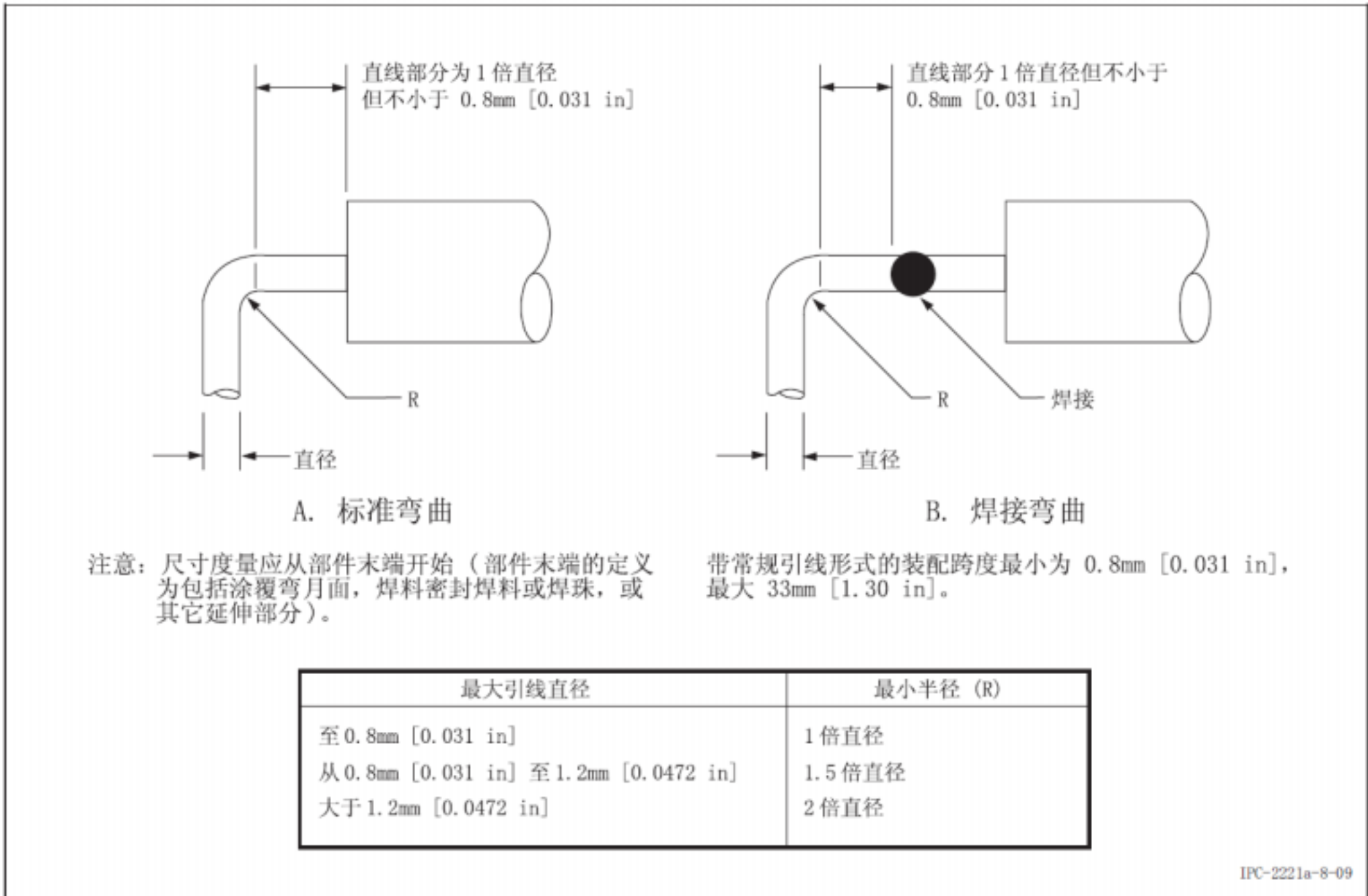


图 4-9 引线的弯曲（ IPC-2221A 图 8-9 引线的弯曲， P61）

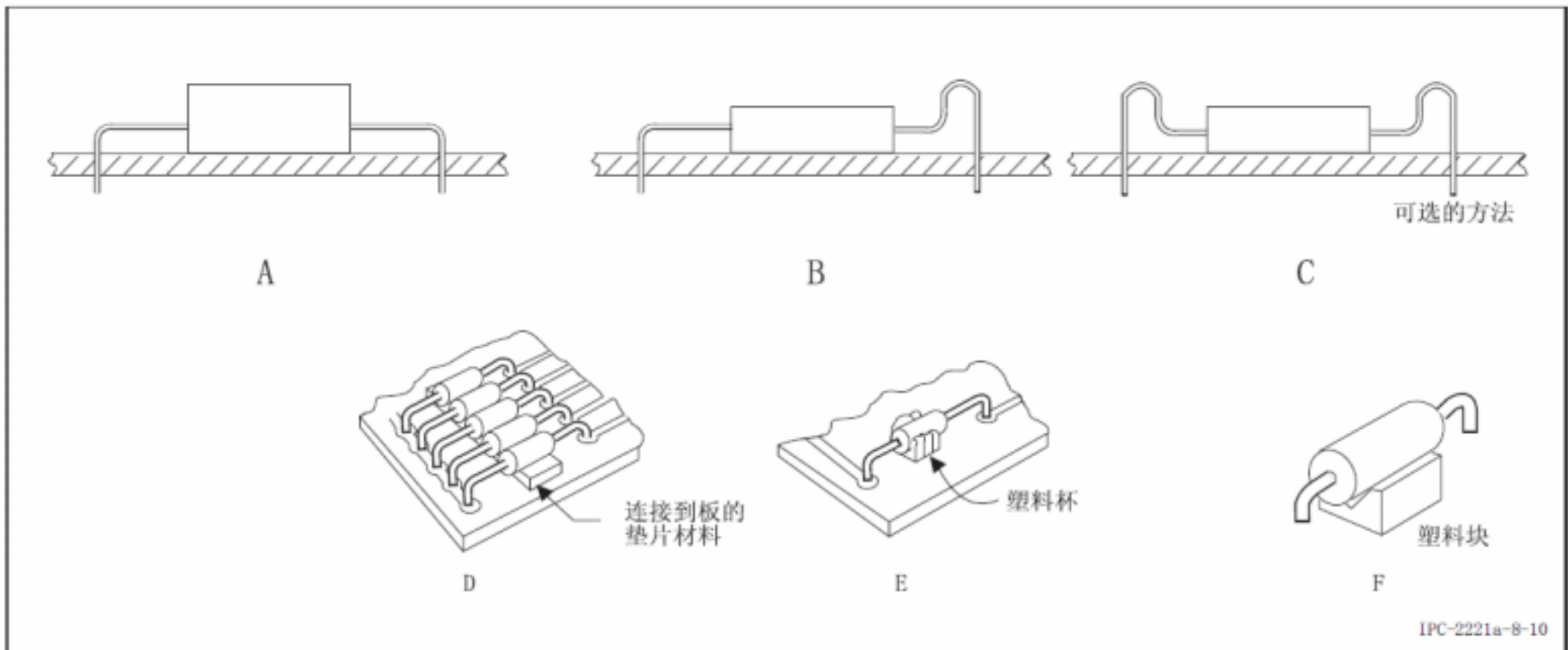


图 4-10 典型的引线结构（ IPC-2221A 图 8-10 典型的引线结构， P62）

4.2 贴装要求总则（ IPC-2221A 8.2 ，贴片要求总则， P62）

4.2.1 表面安装 (IPC-2221A 8.2.2 表面安装, P62)

设计应当为自动拾放设备保留适当的间隙,使部件以适当的方位,并为贴装头提供有足够的间距。当可能时,宜为焊点检查提供间隙。

4.2.2 混合装配 (IPC-2221A 8.2.3 混合装配, P62)

用于表面安装和通孔板安装元件的自动工艺,需要专门设计考虑,目的是在第一阶段组装的元件,不妨碍装配第二阶段的插装头。

4.2.3 焊接事项 (IPC-2221A 8.2.4 焊接事项, P62)

设计者宜保证所采用的元件应能承受装配过程中焊接的温度。尽管元件曝露在这种温度的时间较短,但由于印制板组件的热容量,元件外壳附近较长时间保持热度。因此避免下面通孔安装元件时无法承受的例子:

1. 波峰焊的环境 (260+ [500 °F]、1min);
2. 在气相环境中表面安装元件 (216 [421 °F]、4min);
3. 在其它工艺中表面安装元件 (225 [437 °F]、最长 1min)。

当设计限定要求的安装元件不能承受焊接温度时,这些元件应当以单独过程安装并用手工焊接,或者应采用一个经批准的局部回流技术。安装到组装件底部以备采用波峰焊表面安装元件,必须具有在 260 [500 °F] 的熔融焊料中耐浸没 5秒的能力。另外,由于板基材潜在的敏感性所致预热的限制,所以当元件送入波峰焊时,预期热冲击可高达 120 [248 °F]。

4.2.4 连接器与互连 (IPC-2221A 8.2.5 连接器和互连, P63)

相对于别的元件安装类型和互连方法来说,使用印制板组件的主要优势之一是它们具有容易维护的能力。已开发的器件(连接器)为在印制板组件之间,或者印制板组件与分立互连线路之间提供理想的机械/电气界面。板的尺寸和重量,对于选择连接器硬件,以及决定板子是以水平,或者垂直的安装方式中是重要的因素。一般惯例是把连接器安装到一块母板,板的支架,或者框架上,然后把元件板用合适的导轨和支架插进连接器。通常说来,如果组件将遇到大量的振动,宜把板子连在连接器上,或由机械装置支撑,而不是依靠接触点摩擦力提供机械界面。连接器可以通过焊接、熔接、卷边、压配合或其它方法安装到印制板上。引线可以通过孔或者板上提供的焊盘接触连接。孔可以是镀覆孔或只简单地钻孔。确切的方法将取决于连接器设计。

4.2.4.1 单件式连接器 (IPC-2221A 8.2.5.1 单件式连接器, P63)

单件式连接器为印制板和板边连接器及其周边之间的通讯提供凹形插座。如果信号太弱,或者拆卸

频繁，或者预期环境条件恶劣，则连接器的接触面宜镀金。当有可能以两种不同方式在印制板上安装一个连接器，或者在有错误的板上安装一个连接器时，在接触区域应提供一个键（见图 4-11）。

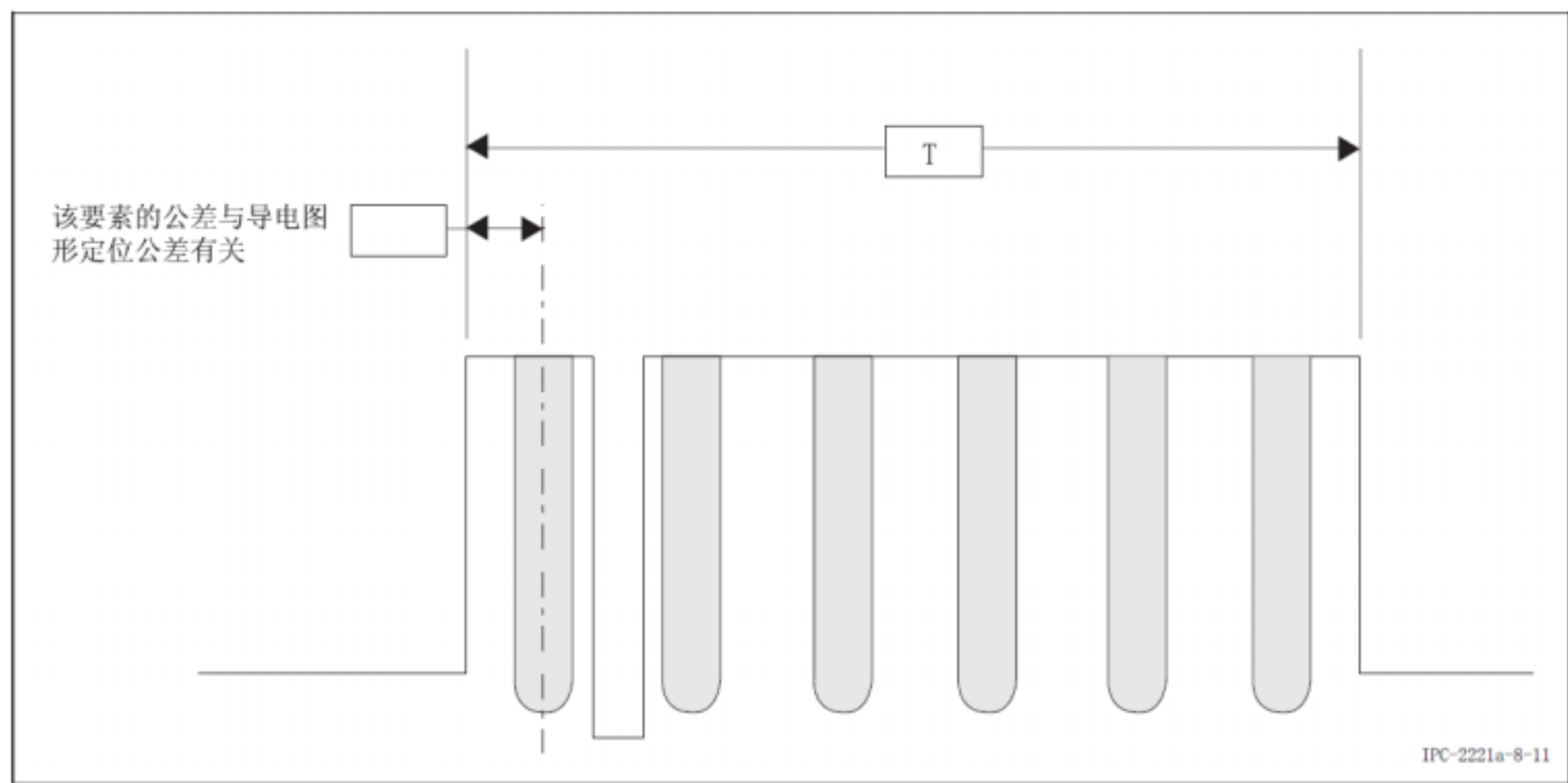


图4-11 板边缘的公差（ IPC-2221A 图 8-11 板边缘的公差， P63）

4.2.4.2 双列直插式连接器（ IPC-2221A 8.2.5.2 双列直插式连接器， P63）

直插式印制板连接器应与印制线路板以完全紧密的接触方式安装。与印刷线路板之间完全紧密的接触安装的连接器，应设计成连接器主体内部具有减轻应力的措施，并有预防阻塞镀覆孔的空穴（或可见或隐藏）。

4.2.4.3 板边连接器（ IPC-2221A 8.2.5.3 板边连接器， P63）

板边连接器使用印制板的一边作为插头绝缘体、印制 / 电镀导体作为插头接触点。

与单件连接器配对的印制板板边（插舌）的宽度（图 4-11）中的“ T ”），应当达到最大尺寸（MMQ，插舌尺寸不大于单件连接器最小口子。另外，对板边插舌应专门加工，使板边插头与单件连接器相匹配，方便以匹配，并防止对板子的不适当的磨损或损坏。这包括在板的前沿及拐角上倒斜角（倒角）（见图 4-12）。图 4-12 所示的不规则插舌外形可使一些连接能够在其它连接之前接通，或者断开。例如，在信号连接之前先 施加电源。

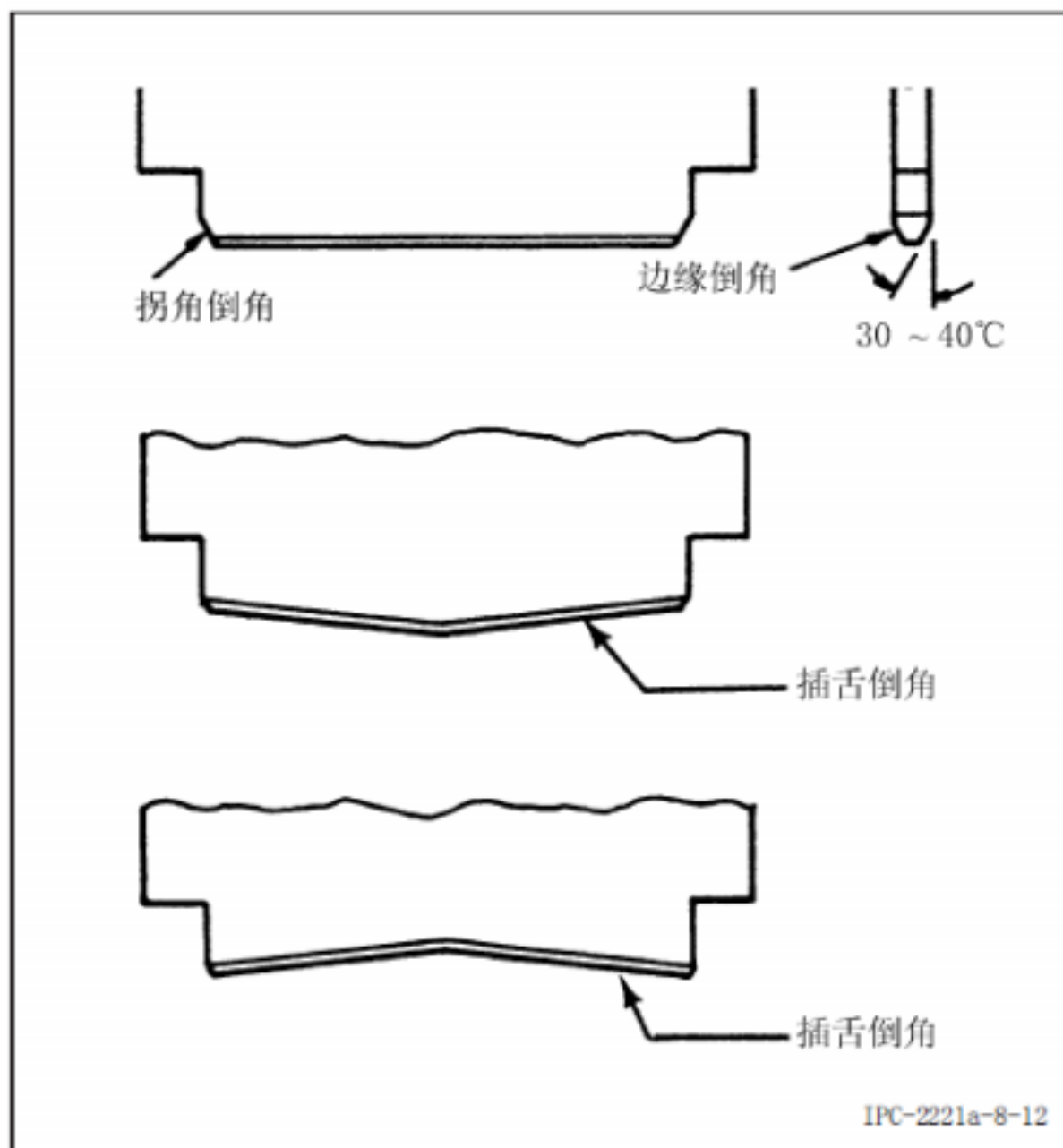


图 4-12 引入倒角结构图 (IPC-2221A 图 8-12 引入倒角结构图 , P64)

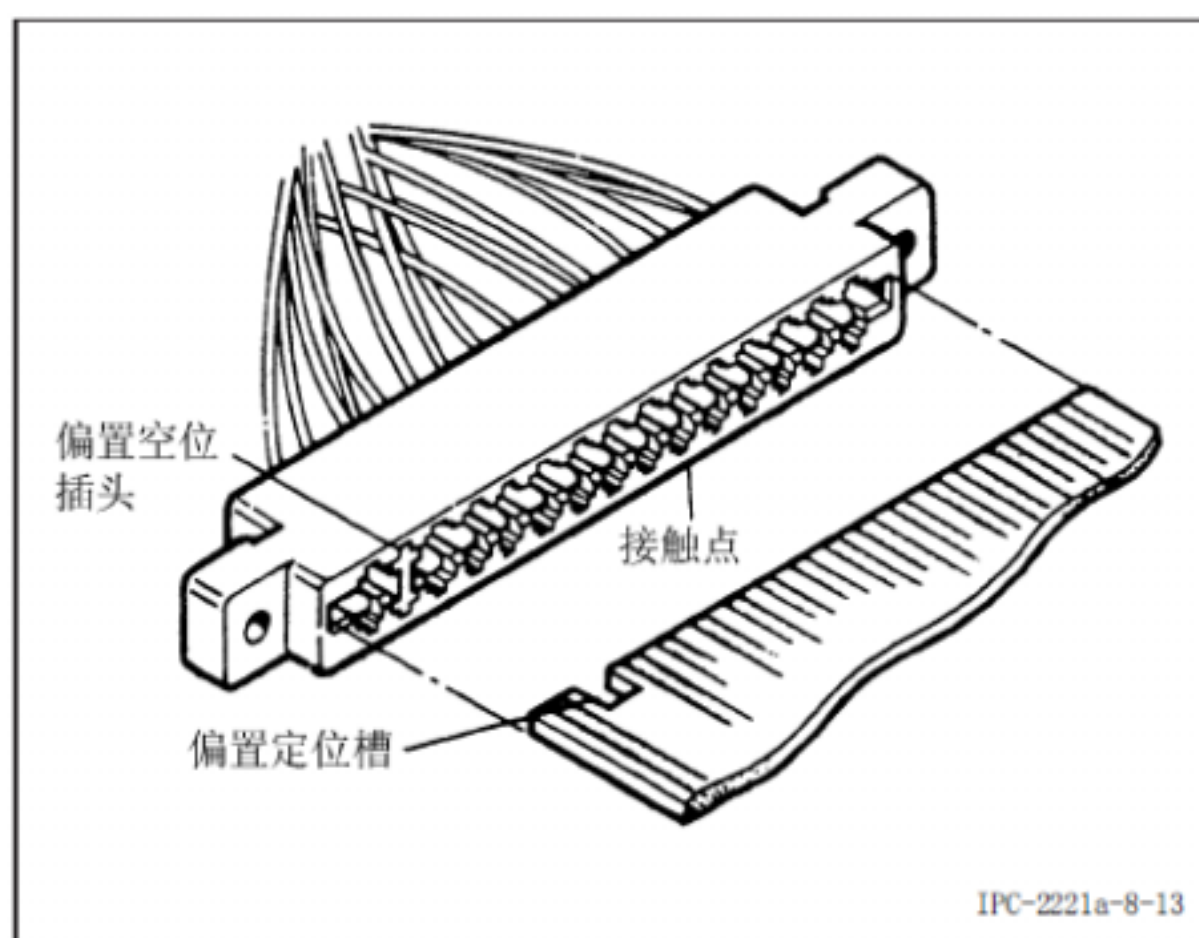


图 4-13 典型的键排列 (IPC-2221A 图 8-13 典型的键排列 , P64)

当有可能在印制板上以两种不同的方式安装连接器、或者在错误的板上安装连接器时，应在板上切

割槽与连接器的键配合使用、以确保它正确安装（见图 4-13）。

4.2.4.4 两件式多点连接器（ IPC-2221 8.2.5.4 两件式多点连接器， P64）

两件式多点连接器，由自含的多触点插头和插座集合组成。通常，但并不一定是，插座为不可移动的连接器组件，它安装到一个有互连线路的背板（母板）或机壳（见图 4-14）。每个连接器接触的那一半可以是凸状，也可以是凹状。为了安全起见，插座通常采纳凹状的电源接触点。

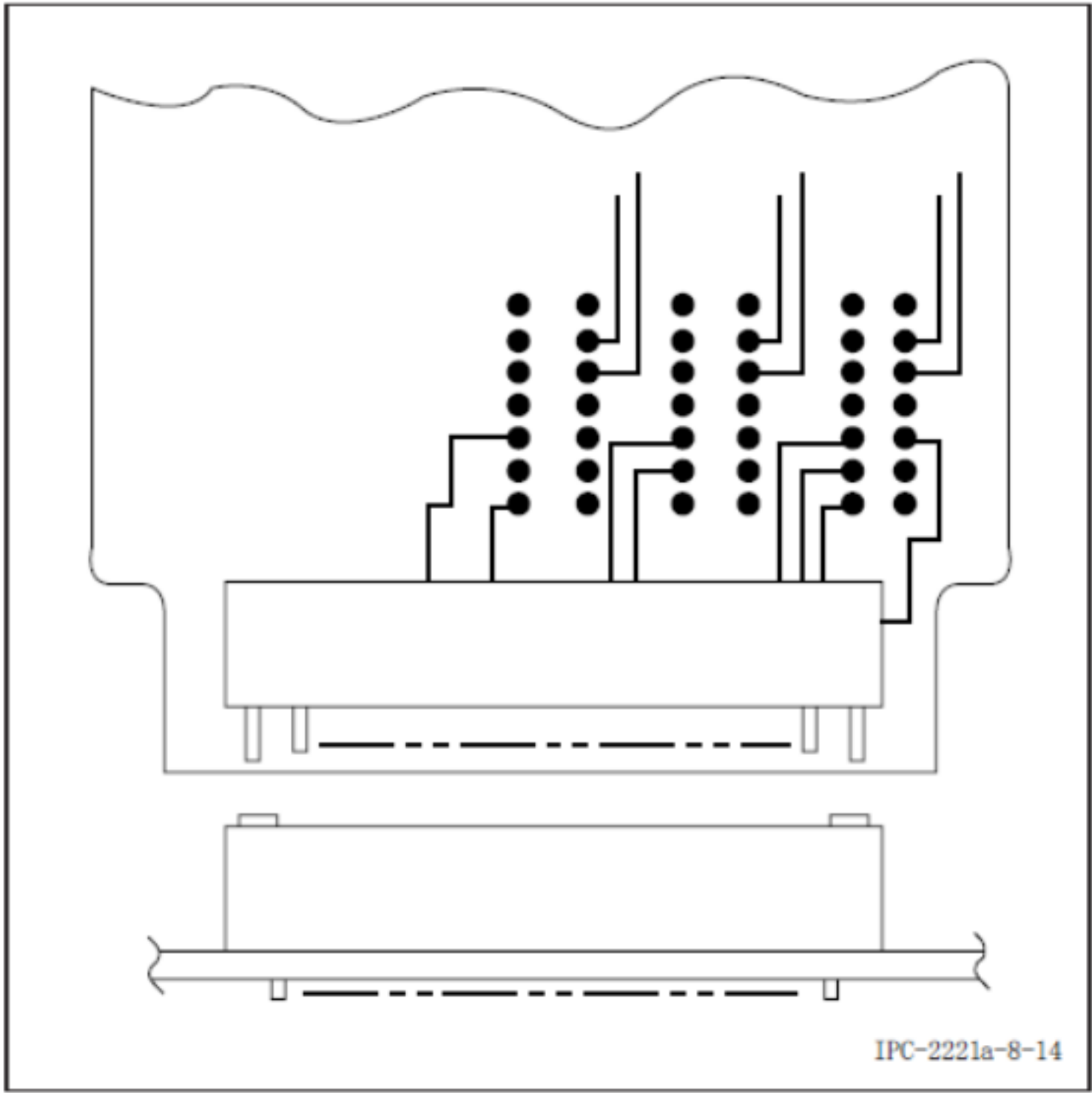


图4-14 两件式连接器（ IPC-2221A 图 8-14 两件式连接器， P64）

4.2.4.5 两件式分立触点连接器（ IPC-2221A 8.2.5.5 两件式分立触点连接器， P64）

两件式分立触点连接器由直接安装到印制板的单个插头（凸状），和插座（凹状）接触点组成，通常不作为模压绝缘材料的组件的部件。

4.2.4.6 板边附加连接器（ IPC-2221A 8.2.5.6 板边附加连接器， P64）

板边附加连接器可以作为凸状接触（见图 4-15）那样，代替印制 / 电镀导体。这些连接器消除了许多与板边连接器有关的问题，例如不同板厚度和板翘曲的问题。使用这些连接器不要求特别的印制板加工，例如，接触片镀金或者印制板上的插舌倒角。安装方式一定要经得起紧合力和拔出力，这一点很重

要。

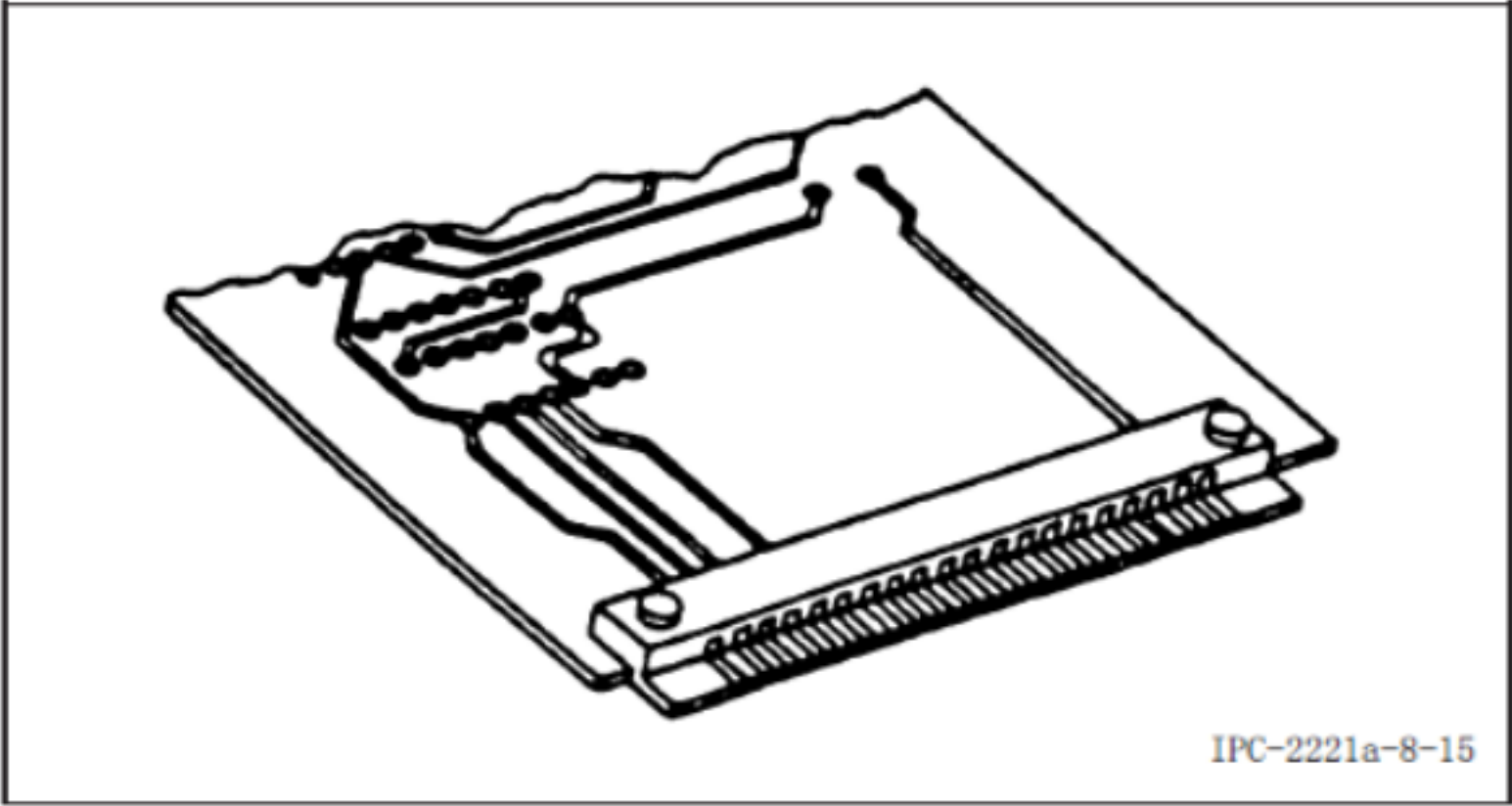


图 4-15 板边附加连接器 (IPC-2221A 图 8-15 板边附加连接器 , P65)

4.2.5 紧固件 (IPC-2221A 8.2.6 紧固件 , P65)

下列紧固件的安装位置和安装方向，应在布设总图中规定：例如铆钉、机械螺钉、垫圈、插入物、螺帽和托架等。当一般的装配惯例可能对于装配的结构和功能不适当或者有害时，应提供上紧扭转力矩的规格和预防措施。这种硬件的使用宜与本章节要求的间距一致。

4.2.6 增强板 (IPC-2221A 8.2.7 增强板 , P65)

印制板内设计增强板可以给组装件提供刚性，并防止会由于机械应力可能引起的焊料和铜箔断裂的线路弯曲。

增强板可以由铝，有适当保护涂层的钢，塑料或者纤维增强材料制成。增强板通过采用焊接或者采用紧固件（铆钉、螺帽和螺栓）的方式与印制板连接。如果增强板采用流动焊接处理，则板子一般必须使用流动焊接夹具以保持平坦。

在增强板、导线以及元件之间必须提供足够的物理和电气的间隙。当线路不能足够的间隙提供时，宜增加纤维或塑料绝缘制品。

在大印制板制作加工期间，偶而会有板子的物理弓曲及 / 或扭曲的发生。通常这种现象的幅度可用平衡多层印制板里的金属平面来控制，并且坚持规定的制作过程。可是，往往会有这样的事例，在流动焊接组件的过程中，大尺寸未支撑的印制板可能需要特殊增强措施，以减少弯曲的程度。以下是建立增强件的机械参数的一般设计指导。

$$E = \frac{E^1 h^3}{I} \frac{W_o (a + 5)}{300Z}$$

E = 增强板材料的杨氏系数 (lb/in²)

I = 惯性矩 (lb · in²)

E^1 = 印制板基材的弯曲弹性模量 (lb/in²)

h = 印制板的厚度 (in)

W = 印制板由于弓曲的初始偏移量 (in)

a = 印制板在弓曲方向的尺寸 (in)

Z = 印制板在添加增强板件之后可允许的偏移量 (in)

对于增强板成分的规定，宜由其它无增强板支持的印制板 (沿着印制板连接器那一边测量，一般是大于 230mm[9.055in]) 提供。为使印制板连接器正确配合，增强板应当与印制板连接器相邻近。

4.2.7 扁圆引线用焊盘 (IPC-2221A 8.2.8 扁圆引线用焊盘， P65)

扁圆 (压扁) 引线的焊盘应具有可使跟部和接线端的关系满足图 4-16 要求的底座。引线和焊盘的大小设计，宜使板边偏移尽可能最小。(3级产品允许制造加工偏移最大为引线直径的 1/4 。) 如果不违反设计最小导线间距，趾部偏移的制作允差是可接受的。如果使用扁圆引线，则引线扁平的厚度应不小于原始直径的 40%。

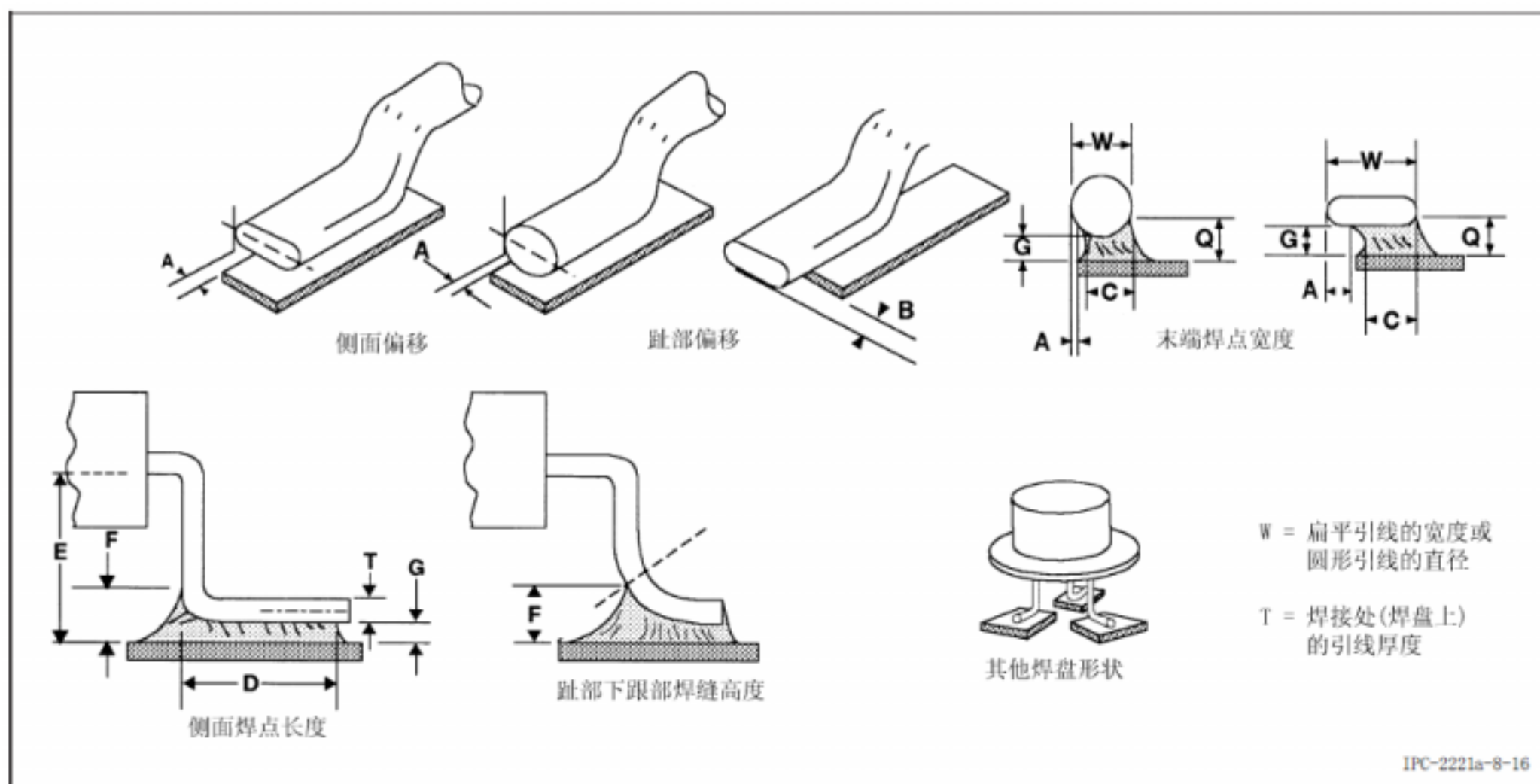


图 4-16 圆形或扁圆 (压扁) 引线的连接 (IPC-2221A 图 8-16 圆形或扁圆 (压扁) 引线的连接， P66)

4.2.8 焊接端子 (IPC-2221A 8.2.9 焊接端子， P65)

单 / 双头，或者单 / 多段转台焊接端子，可用于使元件、跨接线、输入 / 输出线等便于安装。元件的引线或导线应焊接到焊接柱的端子上。空心铆钉和焊接柱均视为元件并在印制板制作的装配图，或者分装

配图中规定。

4.2.8.1 焊接柱的机械安装 (IPC-2221A 8.2.9.1 焊接柱的机械安装 , P65)

对于未被连接到导电图形或者铜层的焊接柱应采用卷边凸缘结构 (见图 4-17)。

4.2.8.2 焊接柱的电气安装 (IPC-2221A 8.2.9.2 焊接柱的电气安装 , P65)

对于印制板或印制板组装件来说，焊接柱应具 有如图 4-17B所示的凸缘 结构。焊接柱应近似垂直于板 子的表面，并且可以自由旋转。

平面体的凸缘应座落于印制板的基材上，且不在接地层或焊盘上。扩口凸缘应形成一个 35°到 120°的 角度，并且在焊盘表面外伸 0.4mm[0.016in]-1.5mm[0.0591in] ，如能维持的最小电气 间距 (见图 4-17B)，且扩口的直径不大于焊盘的直径。焊接柱宜仅安装在非支撑孔中或在 2型板的元件面带有非功能 焊盘的镀通孔中 (见图 4-17B)。如在面间连接必需使用焊接柱，在 3型至 6型 (包括) 板上，应采用在印 制板焊接面上通过焊盘与端子孔互连相结合的带镀覆孔的双孔结构 (见图 4-18)。

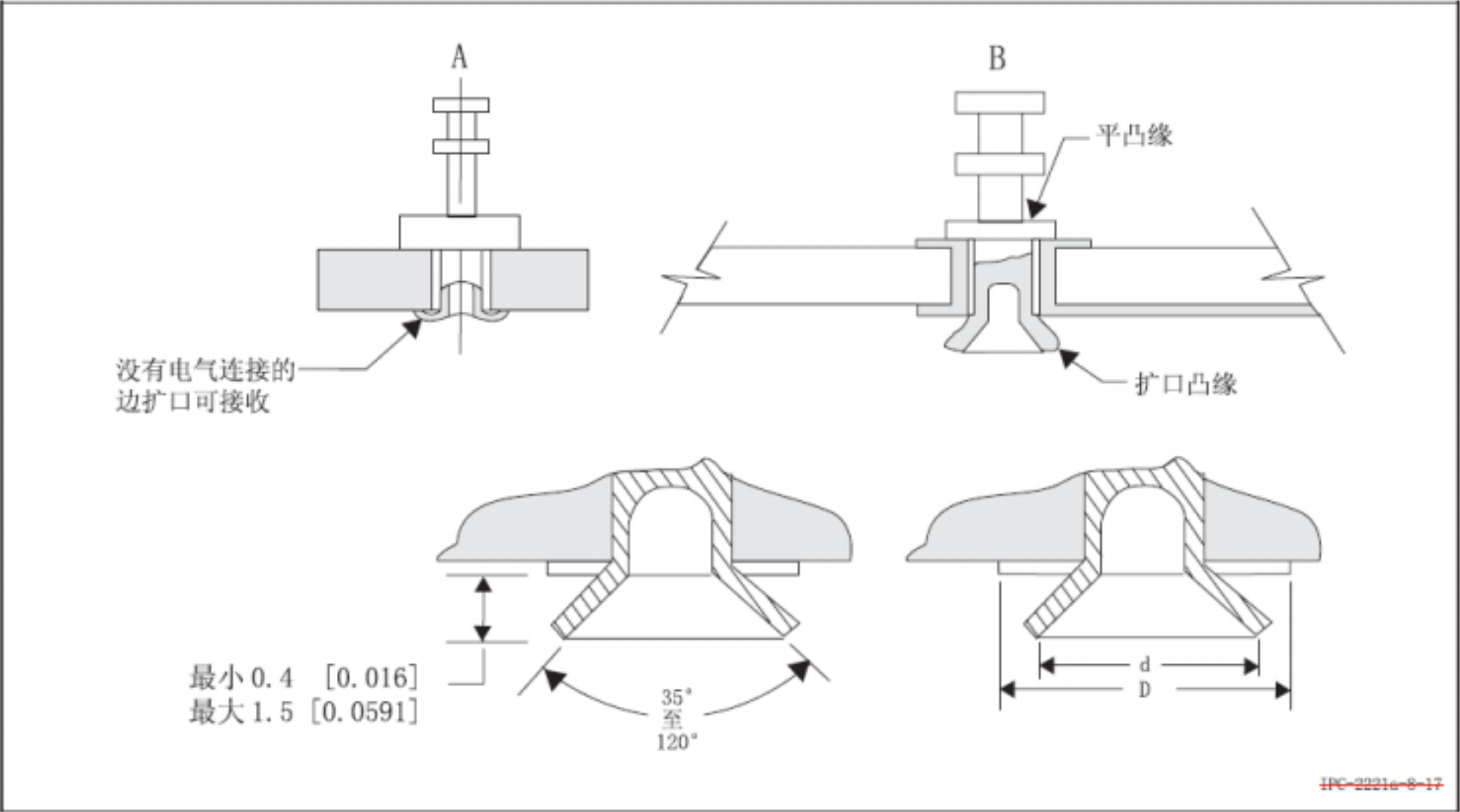


图 4-17 有支架的焊接柱组装、 mm[in] (IPC-2221A 图 8-17 有支架的焊接柱组装、 mm[in] , P67)

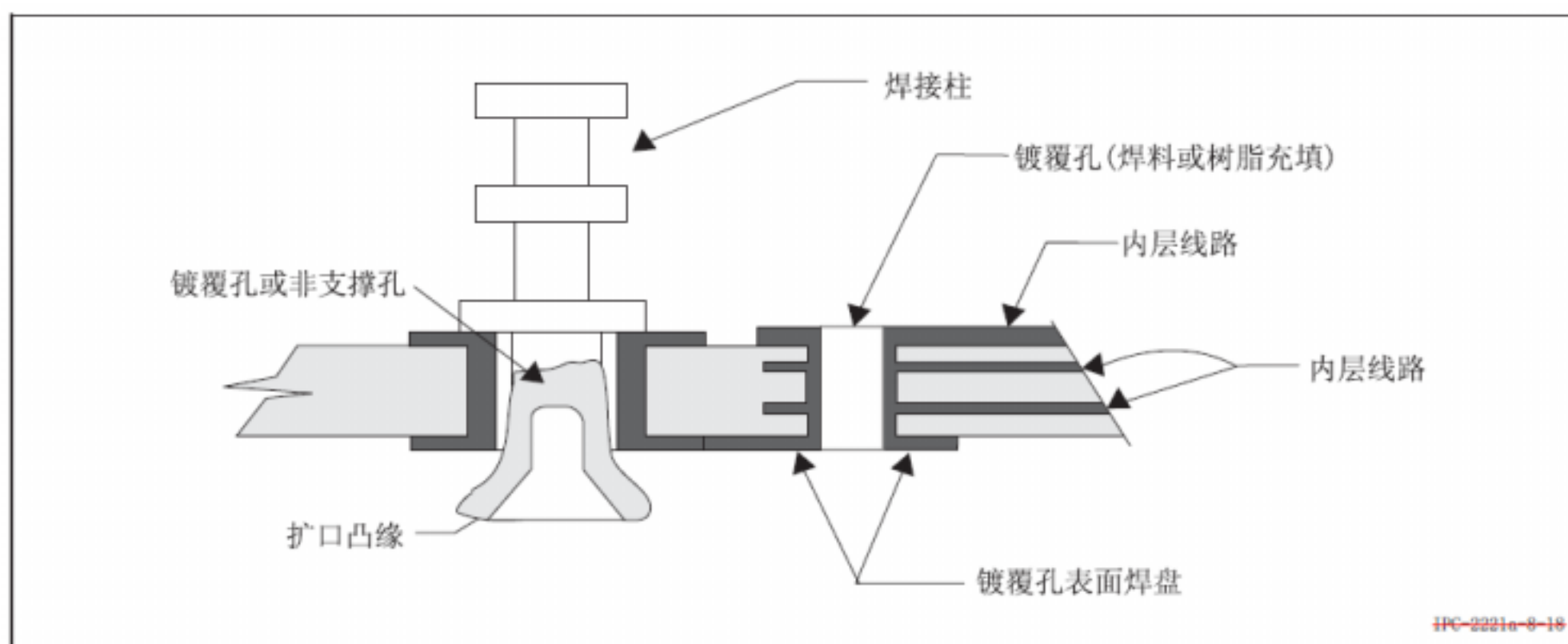


图 4-18 界面和内层焊接柱安装的双孔结构 (IPC-2221A 图 8-18 界面和内层焊接柱安装的双孔结构, P67)

4.2.8.3 焊接柱与导线 / 引线的连接 (IPC-2221A 8.2.9.3 焊接柱与导线 / 引线的连接, P66)

如果有一根以上导线与焊接柱相连接，直径最大的导线宜安装在最底部焊接柱上，以便于返工和维修。塔式分叉端子的每部分的连接不宜超过三个。但是专门设计成可以支持更多时，汇流条端子每个部分可以支持三根以上的导线或者引线。

4.2.8.4 与端子连接的导线 / 引线 (IPC-2222A 8.1.1 与端子连接的导线 / 引线, P21)

当有多于一根的导线与端子相连时，为便于拆下和维修，最大直径的导线应该安装在最底部的位置。通常，塔形或双叉端子的每个部分不应该超过 3 个连接。作为特例，当特殊设计要求连接更多导线 / 引线时，可采用汇流排端子，其每一部分可连接三条或以上。

4.2.9 特殊金属线 (IPC-2221A 8.2.11 特殊金属线, P66)

4.2.9.1 跨接线 (IPC-2221A 8.2.11.1 跨接线, P66)

作为最初设计的一部分，印制板可能需要包括点到点的连线。这种连线不应考虑为印制板的一部分，但作为板子组装工艺的一部分，且被当作元件。因此，它们的使用在印制板组装配图上以文件的形式注明。跨接线应端接在孔内、焊盘上或者固定支座上。跨接线不应加在其它可替换元件（包括非绝缘的跨接线）之上或之下。跨接线应永久固定到印制板上，每段跨距不超过 25mm[0.984in]。跨接线长度小于 25mm[0.984in] 且不通过导电区，并不违反间距要求的可以不绝缘。当需要在跨接线上绝缘时，应与使用的敷形涂层相匹配。当使用非密封的导线绝缘时，需考虑组件的清洁处理。

4.2.9.2 跨接线规则 (IPC-2221A 8.2.11.3 应用, P67)

跨接线的使用应符合以下规则：

- ？裸总线不宜长于 25mm；
- ？裸总线不应跨越板子的导电层；
- ？跨接线的弯曲半径宜符合常规元件的弯曲要求；
- ？除非板子设计另有规定、否则跨接线宜使用最短的 X-Y 路径。

总线所装的套管应有足够的长度，以确保它在任何一端的滑移不会在绝缘体和焊料连接或者线的弯曲之间导致违反最小电气间距的缝隙。

同样，总线套管选择应能承受住跨接线或印制板的焊接操作。

4.2.10 热收缩器件 (IPC-2221A 8.2.12 热收缩器件, P68)

热收缩焊接器件常用于电缆上端接的防护罩。这种器件是由封闭在绝缘套管中的一个焊接环构成。这个器件放置在要覆盖在焊接末端之上，并用热风装置加热。热量使焊锡熔化形成一焊接点，同时将连接点埋入绝缘体中。热收缩器件可以自动封口而且可以包封整个焊接点。

焊接套管组成一个独特的类别，因为它们形成设计的一部分，而不是印制线路板的整体。

4.2.11 汇流排 (IPC-2221A 8.2.13 汇流排, P68)

汇流排通常为以预成形元件形式的印制板组装件的一部分，它在板的表面提供电源和接地的全部或大部分分配服务功能。它们的使用主要在于减小板电路的电源和接地的分配，及或提供一部分由电源和接地的分配，由印制板提供是不划算的。

汇流排中导电层的数量，和以及接线端的数量，以及导线的尺寸和涂层和绝缘体的介电强度，都取决于应用。然而，这些参数宜在这些零部件采购文件中规定清楚。在符合常规引线尺寸与孔关系和引线的弯曲要求的同时，只要可能，它们和印制板的界面宜是镀覆孔。同样，对于最佳的板设计效率来说，总线条接线端宜与板在均匀的端接图形上对接，可以相同的孔作为整体电路共享，并可置于整体电路之下。

4.3 通孔要求 (IPC-2221A 8.3 通孔要求, P68)

对于元件引脚贯穿通过板子的自动组装板来说，元件引线的插入和折弯所允许的间距，应给予特殊的考虑。

4.3.1 通孔安装的引线 (IPC-2221A 8.3.1 通孔安装的引线, P68)

部件连接应按下述方法，在组装图上详细说明。

元件的引线、跨接线以及其它引线应当这样设置，任何一个孔中仅有一个引线，应要求非支撑孔中

元件的引线从电镀层或金属箔上延伸出最小 0.5mm[0.020in] 、最大 1.5mm[0.0591in] 。支撑孔的元件引线至少在完成的焊接连接点中应是可辨别的。引线从印制板表面的延伸不宜超过 1.5mm[0.0591in] （垂直测量）、而且引线必须不违反电气间距要求。

4.3.1.1 直引线（ IPC-2221A 8.3.1.1 通孔安装的直引线， P68）

如果不存在电气机械干扰，在连接器或者其它的带有退火引线的器件上，通孔安装的直引线可以延伸出 0.25mm[0.0984in] 到 2.0mm[0.0787in] 之间。

4.3.1.2 折弯引线（ IPC-2221A 8.3.1.3 折弯引线， P68）

当设计要求一个引线或者接线端保持最大机械牢固性时，引线或者接线端子应当折弯。元件孔可以是镀覆孔、非支撑孔或者空心铆钉。折弯要求应在装配图上规定。引线末端不应超出其焊盘边缘，或如果它违反最小电气间距要求的话不超过其电气连接层导电图形。零件部分折弯引线的固定（见图 4-19）。

折弯引线是不适用于退火的管脚，或直径超过 1.3mm[0.0512in] 的引线。

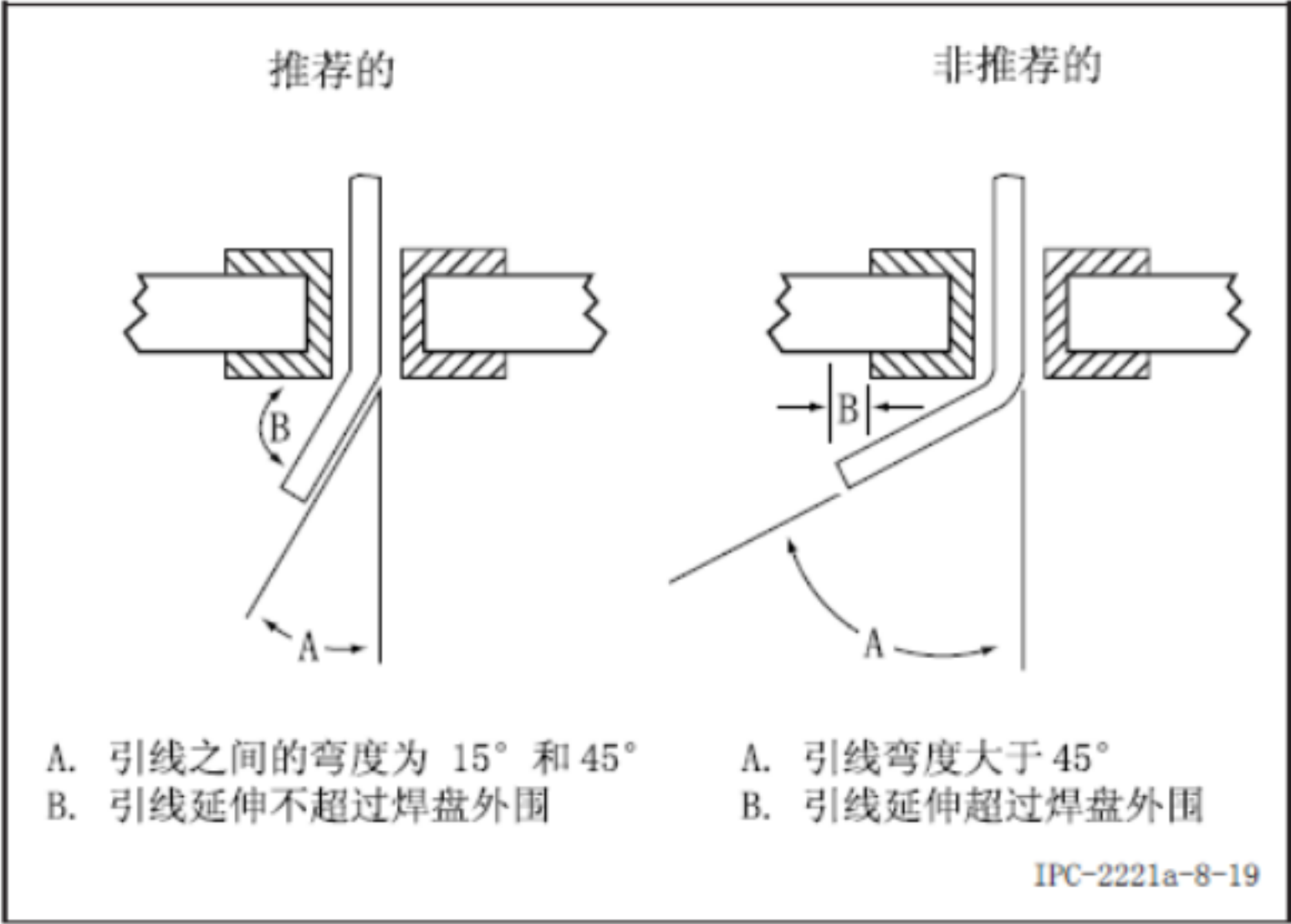


图4-19 部分折弯的通孔引线（ IPC-2221A 图 8-19 部分折弯的通孔引线， P69）

4.3.1.3 双列直插封装（ IPC-2221A 8.3.1.5 双列直插封装， P69）

DIPs的引线可以向任一方向折弯以使部件固定。折弯角度宜限制为从引线的初始中心线 30度。折弯可以限制为每边两个引线（每个部件四个引线）（见图 4-20）。

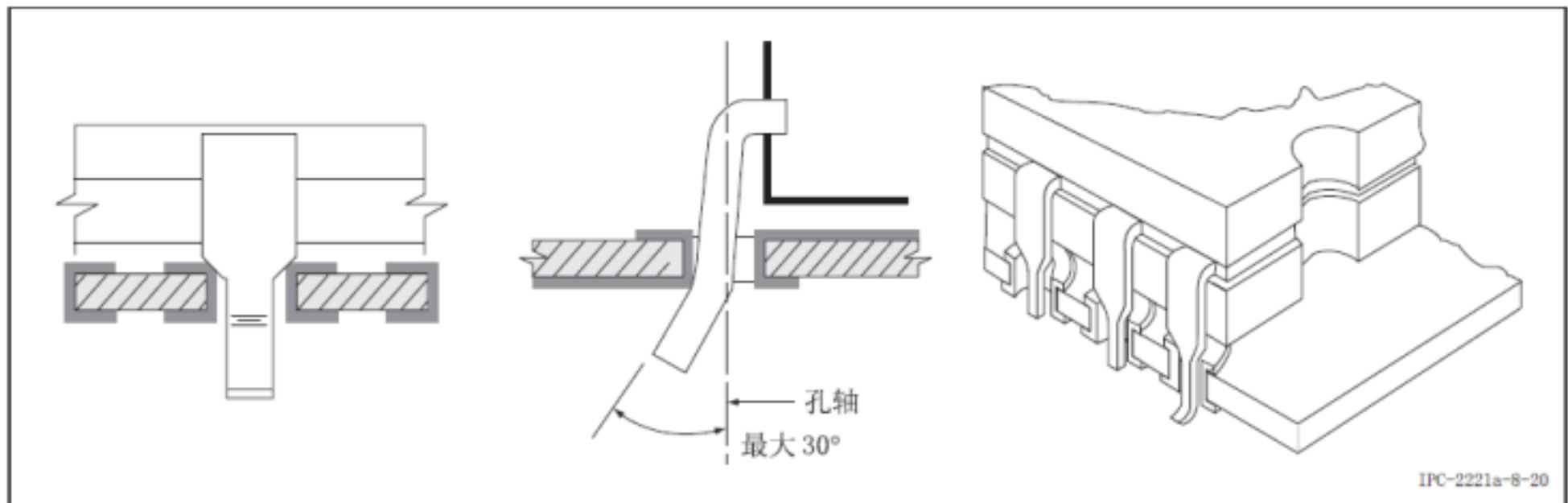


图4-20 双列直插封装（DIP）引线弯度（IPC-2221A 图 8-20 双列直插封装（DIP）引线弯度，P69）

4.3.1.4 轴向引线元件（IPC-2221A 8.3.1.6 轴向引线元件，P69）

主体直接与印制板接触水平安装的元件引线的成型，应确保过多焊料不出现在元件引线弯曲处（见图 4-21）。焊料可以出现在轴向引线元件弯曲处，只要它是正常引线界面湿润的结果，而且最上面弯曲半径是可辨别的。焊料不应延伸至接触到元件主体。

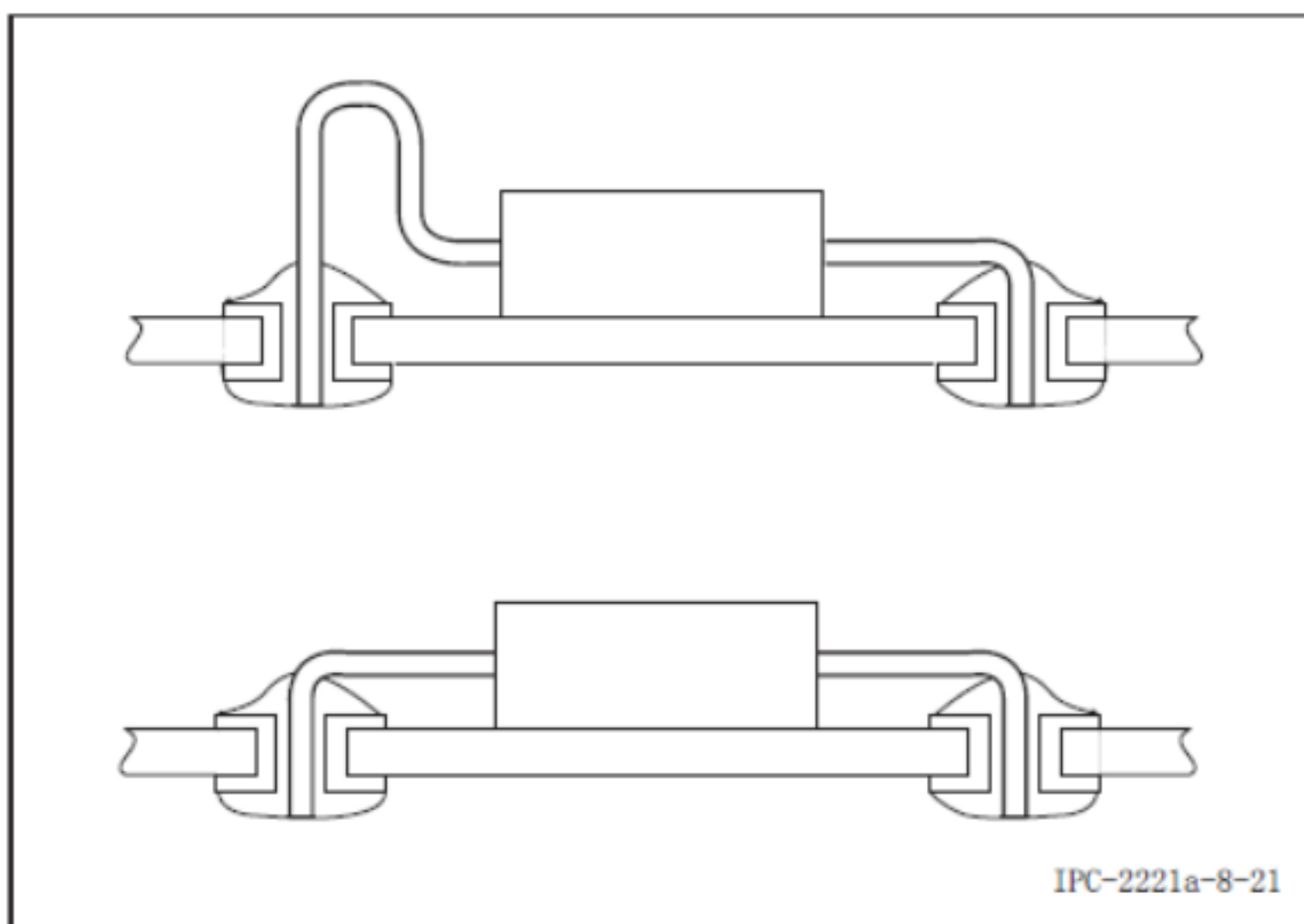


图 4-21 引线弯曲半径中的焊料（IPC-2221A 图 8-21 引线弯曲半径中的焊料，P69）

4.3.1.5 径向引线元件（IPC-2221A 8.3.1.7 径向引线元件，P70）

A. 径向引线元件（双引线）径向引线元件的引线有不同间距。引线设计间距一般是以引线脱离元件

主体的间距（见图 4-22）和最 近的网格交叉点的间距的函数 。图 4-22 双引线 元件结构 A-E 宜不依靠支撑物安装。当下列情况时，其较大的一面宜与板表面垂直方向相差 15°以下。如图 4-23 所示。

？ 与邻近较高组件间应有间距需倾斜 ；

？主体靠近板子表面的边缘与板表面平行，相差 10°以内，并且与板表面的间距不小于 1.0mm[0.0394in] 和不大于 2.3mm[0.0906in] 。图 4-22 元件结构 F至J不包括在倾斜度例外之内。

在一个或多个引线具有弯月形涂覆面的径向引线元件，安装时宜使弯月形表面和焊接区之间有可见的间隙。弯月形表面的修整应予禁止。（见图 4-24）

B. 径向引线元件（ 3个引线或者多引线）径向引线元件带有 3个或者多个不同间距的引线 。设计引线间隔一般是引线从元件主体（见图 4-25）引出的间距，与提供适合于布线最靠近网格交叉点的函数。

C. 3 级高可靠性要求对于 3级高可靠性应用，如果元件的重量仅仅是每个引线 3.5 克或更少，元件应不依靠支撑物安装（也就是除了引线之外该元件底部表面与印制板表面分开）。当元件有一个整体的基座平面时，基座平面可以与板接触。当元件的安装不需依靠支撑物时，元件表面与印制板表面的间距应最小为 0.25mm[0.00984in] 及最大为 2.5mm[0.0984in] 。在任何情况下，不平行都不应导致不符合最小或最大间距的限制。

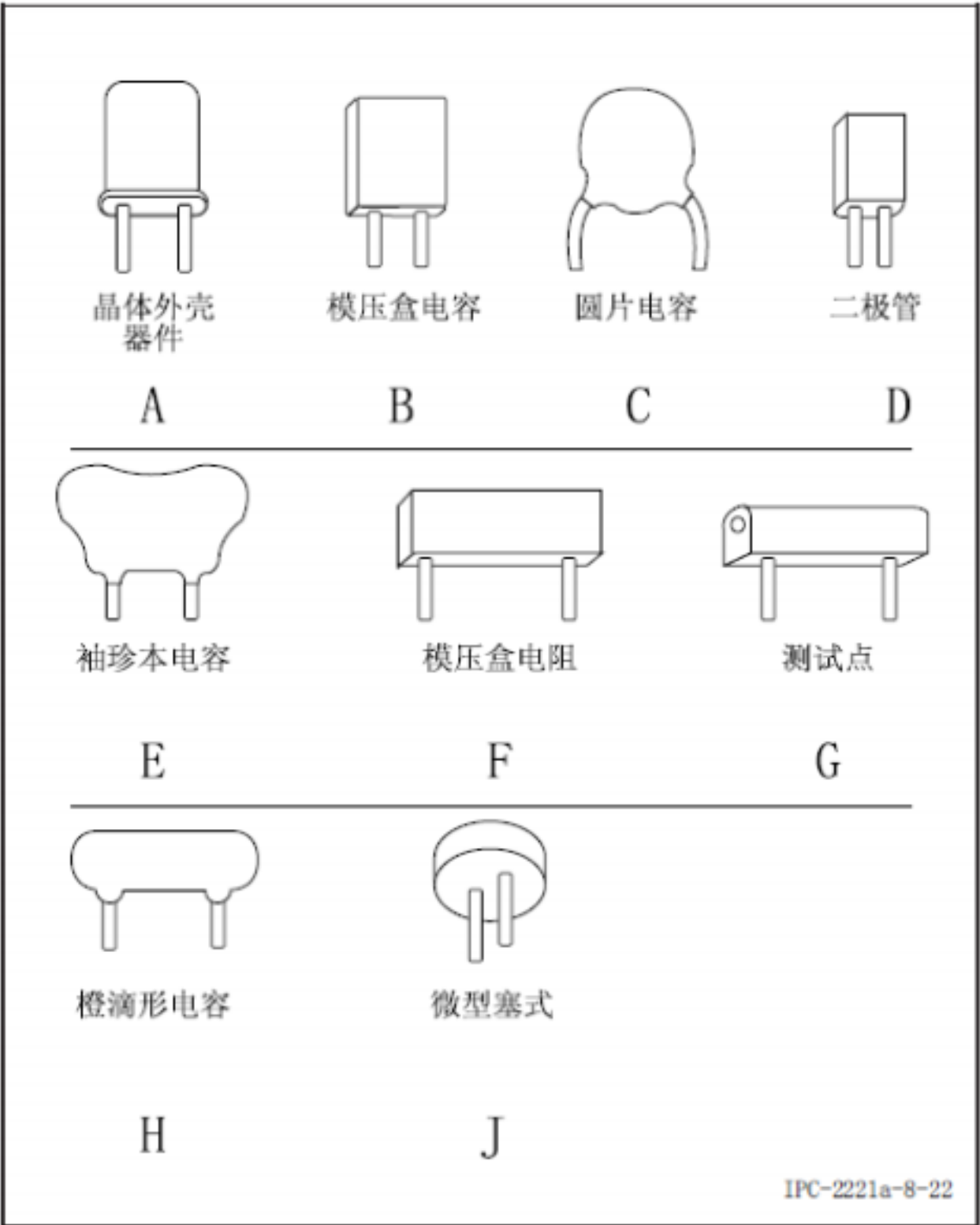


图 4-22 双径向引线元件（ IPC-2221A 图 8-22 双径向引线元件， P70）

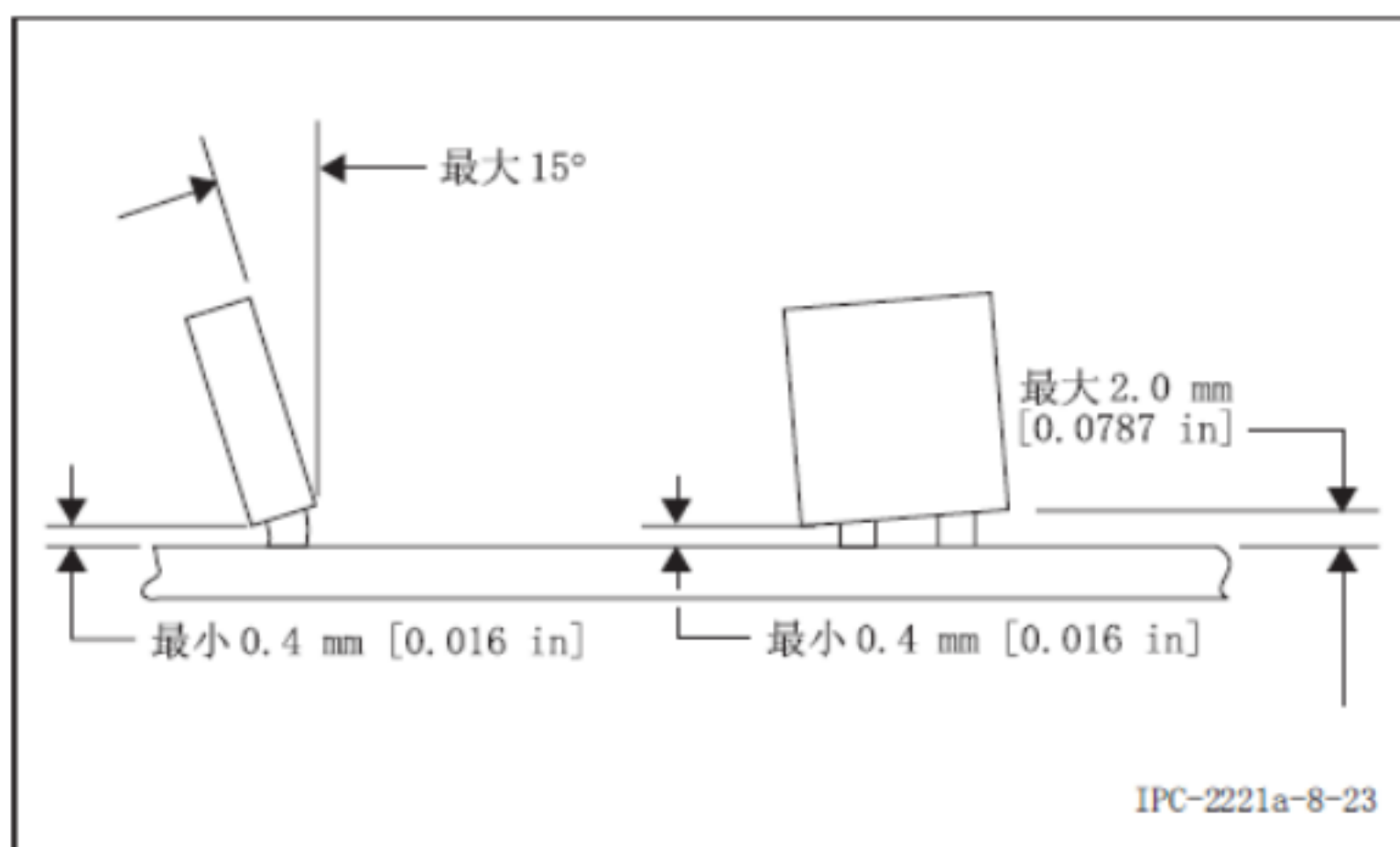


图4-23 径向双引线元件安装 (IPC-2221A 图8-23 径向双引线元件安装 , P70)

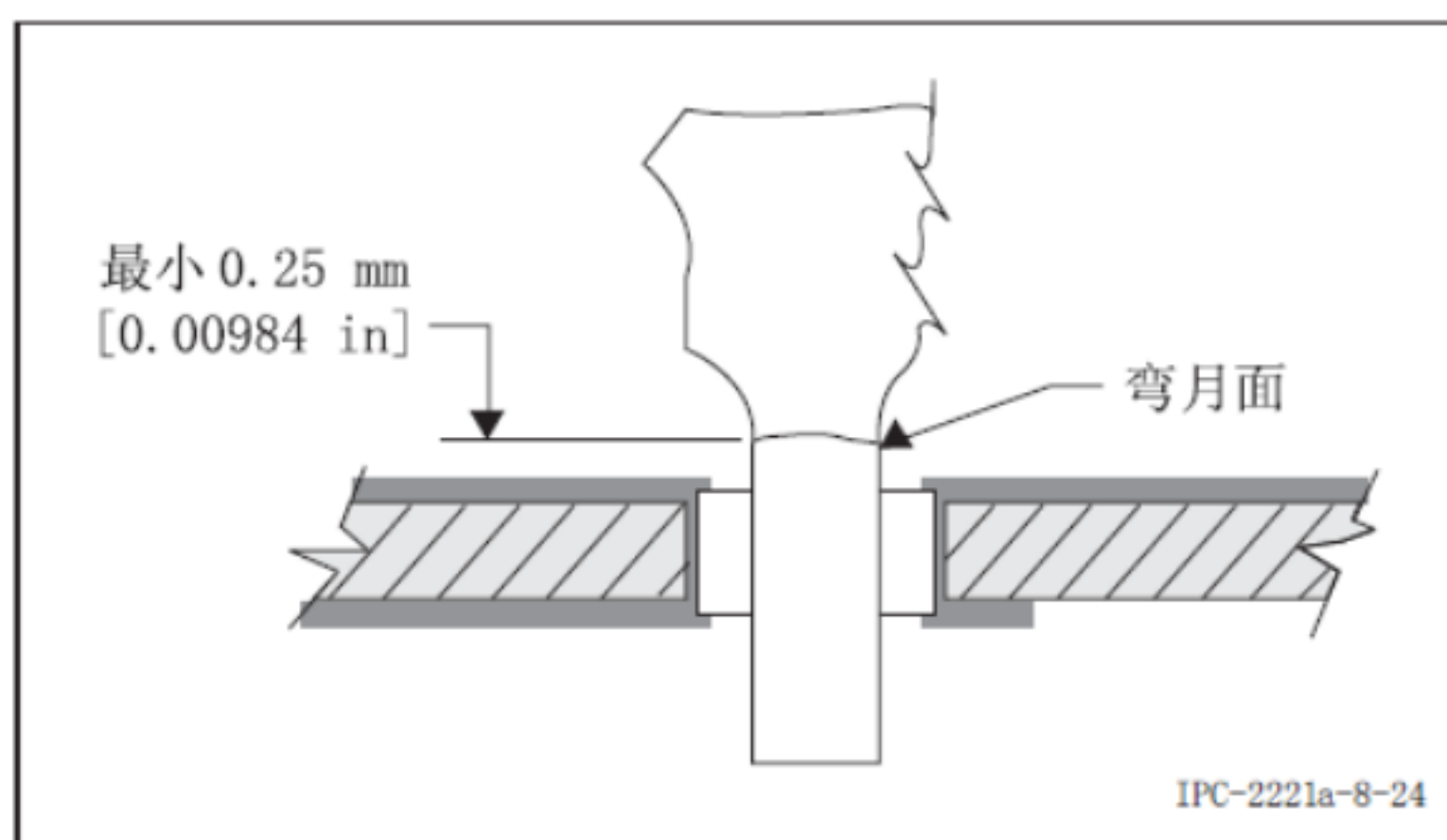


图4-24 弯月面间隔、 mm[in] (IPC-2221A , 图8-24 弯月面间隔、 mm[in] , P70)

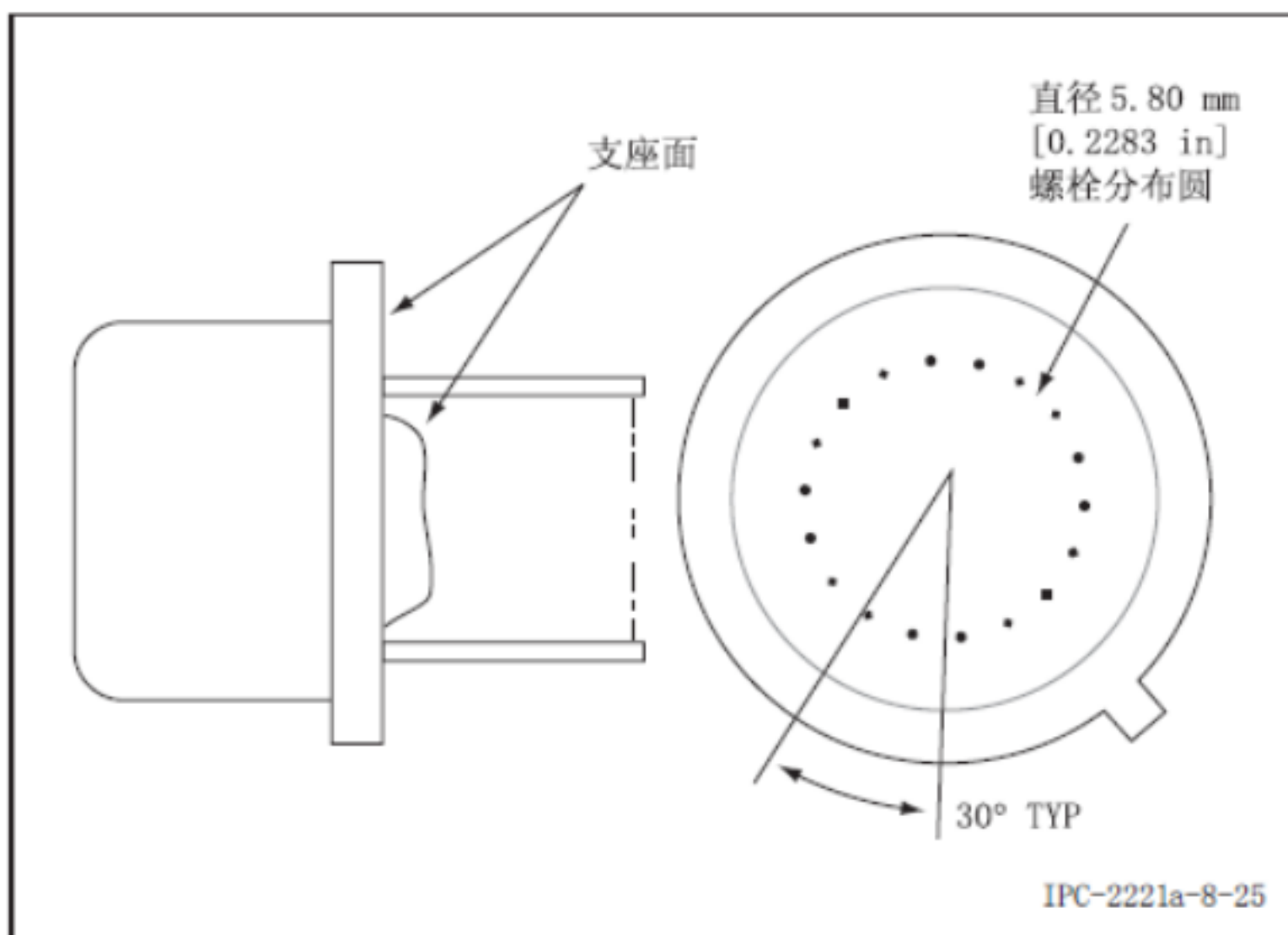


图 4-25 “贴着”外壳的径向引线元件、 mm(IPC-2221A 图 8-25 “贴着”外壳的径向引线元件、 mm, P70)

4.3.1.6 直立（垂直）安装（ IPC-2221A 8.3.1.8 直立（垂直）安装， P71)

可以垂直（元件的主轴垂直于板表面）标准安装。元件主体（或引线熔焊）末端与印制板之间的间隔最应为 0.25mm[0.00984in] 。一般元件安装的高度限制，适合于轴向引线元件的垂直安装。一般而言，元件的外形与印制板表面之间应该尽可能地低。从板的安装表面最大允许垂直高度宜为 15mm[0.591in] 。见图 4-26 。

4.3.1.7 扁平封装（ IPC-2221A 8.3.1.9 扁平封装， P71)

扁平封装元件一般有从元件主体引出的扁平带状引线，引线的中心间距为 1.27mm(见图 4-27)。为防止元件主体的引线产生应力，可能需要对引线成型，对于在通孔上安装的元件来说尤其如此（见图 4-28）。为便于清洁，与板子的间隔最小值为 0.25mm [0.00984] 。

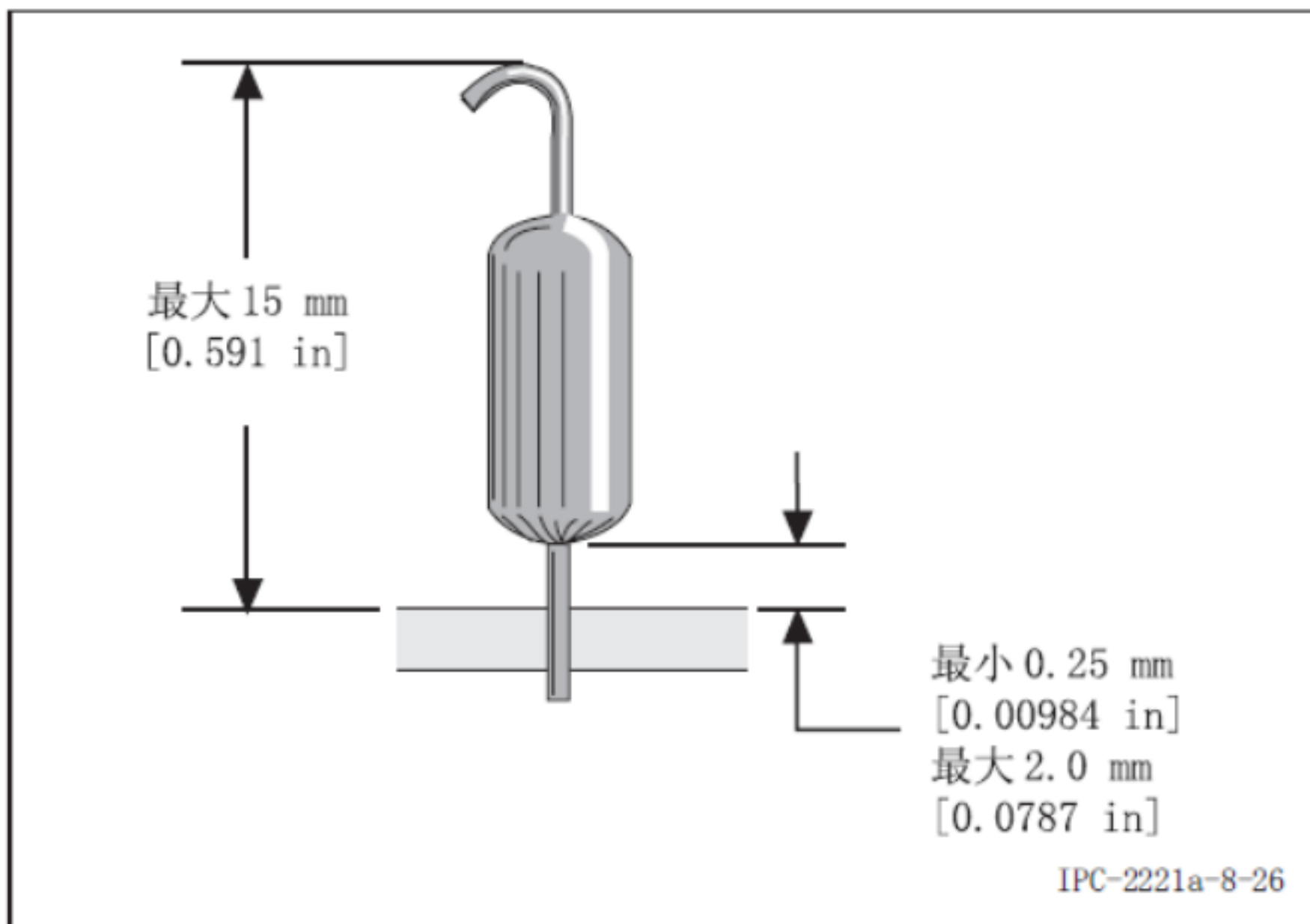


图 4-26 直立元件安装、 mm [in] (IPC-2221A 图 8-26 直立元件安装、 mm [in] , P71)

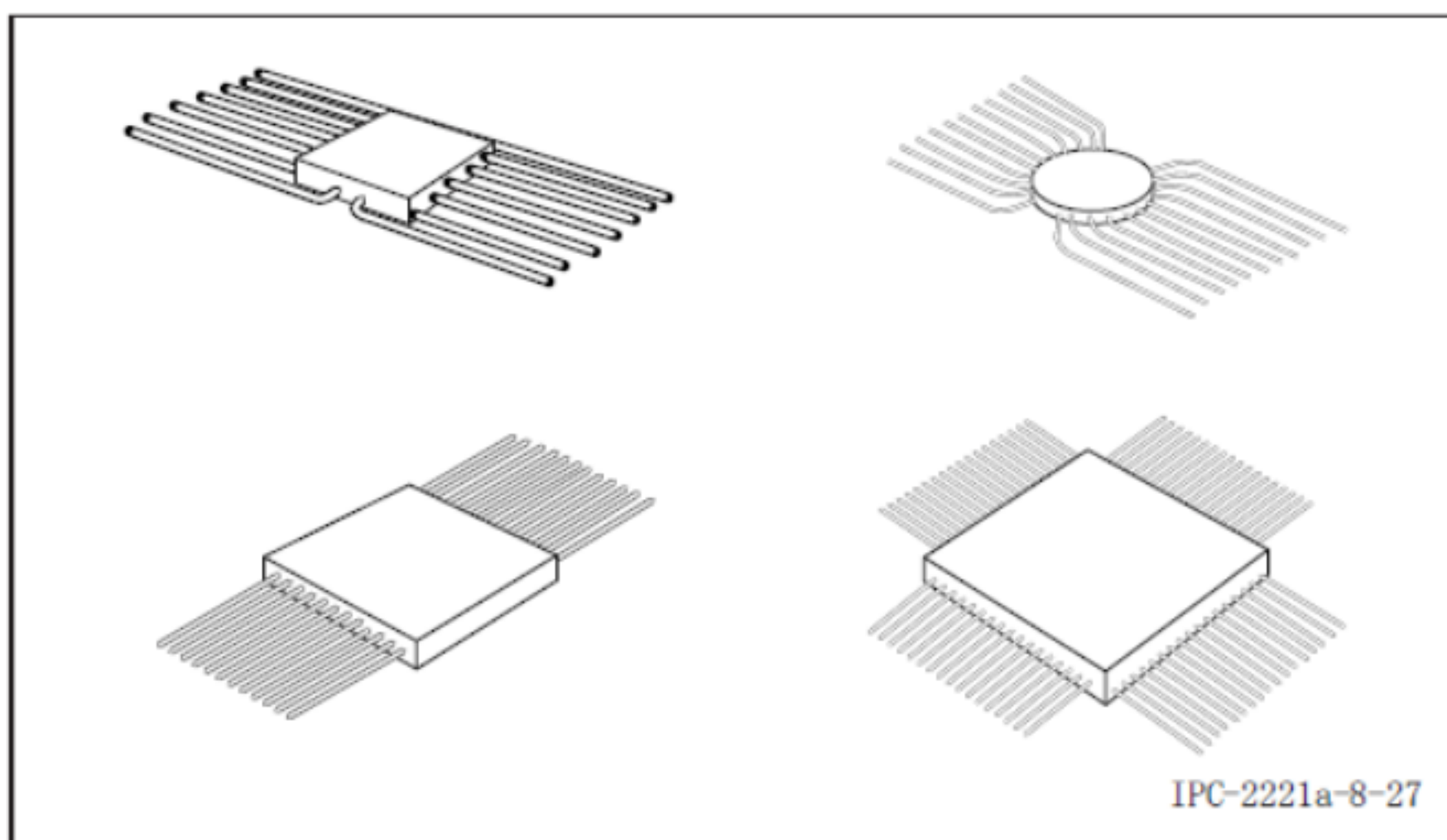


图 4-27 扁平封装及四边扁平封装 (IPC-2221A 图 8-27 扁平封装及四边扁平封装 , P71)

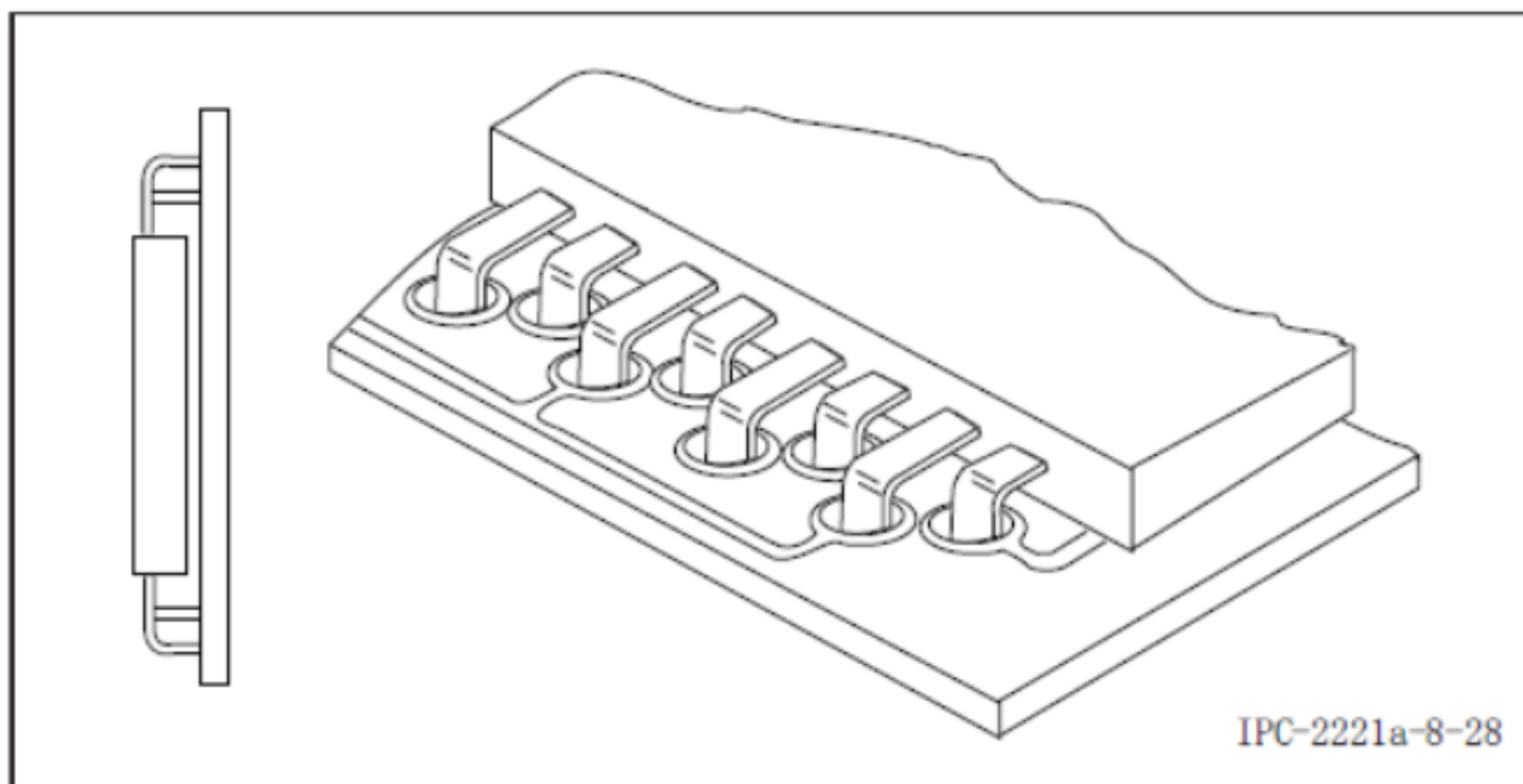


图 4-28 通孔扁平封装带状引线结构的例子 (IPC-2221A 图 8-28 通孔扁平封装带状引线结构的例子, P71)

4.3.1.8 金属电源封装 (IPC-2221A 8.3.1.10 金属电源封装, P71)

金属电源封装结构 (TO-3到TO-66等) 不应采用自立式安装。可以利用增强板、散热器、框架和垫片提供必要的支撑。

带有既未退火也不大于 1.25mm引线 (柔性引线) 的金属电源封装, 可以在镀覆孔中进行端接, 或贯穿板后端接。贯穿板后端接的引线应带有应力消除。见图 4-29 带有镀覆孔端接的封装, 须脱离开板子安装, 且使用垫片为引线消除应力 (见图 4-30)。也可以使用侧面安装。带有非柔性引线的金属电源封装, 可以在镀覆孔中端接引线, 或使用通孔端接法进行安装。镀覆孔端接的要求应与带柔性封装引线相同 (见图 4-29)。

对于贯穿板子的端接法, 其引线应当由跨线连接到板 (见图 4-31)。板的跨线端接, 应当端接至镀覆孔, 或者端接到焊盘上。

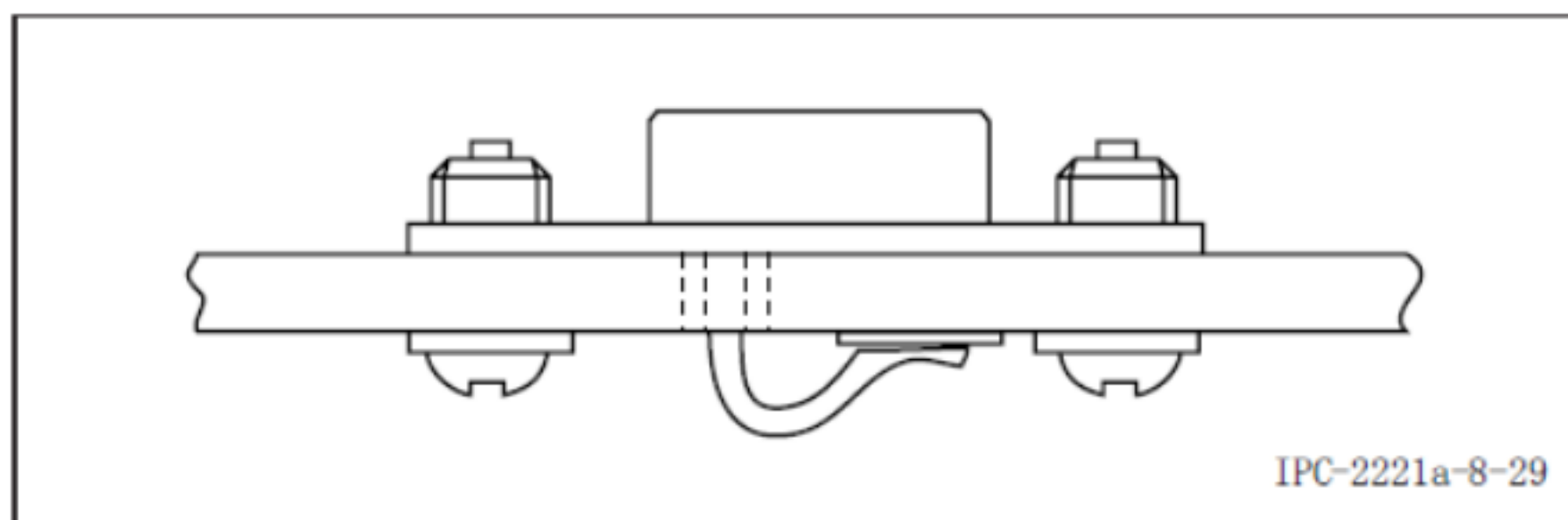


图 4-29 带柔性引线的金属电源封装 (IPC-2221A 图 8-29 带柔性引线的金属电源封装, P71)

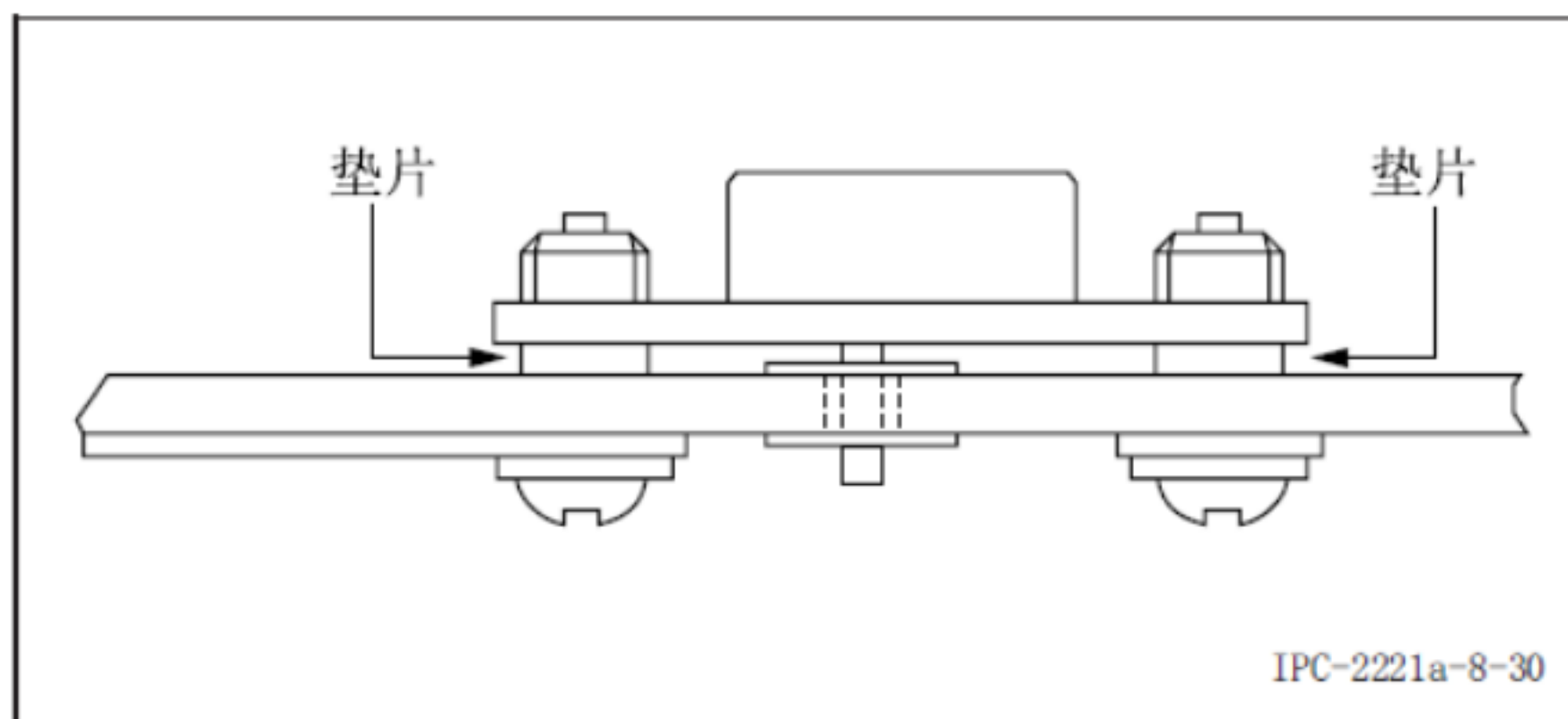


图 4-30 带弹性垫圈的金属电源封装 (IPC-2221A 图 8-30 带弹性垫圈的金属电源封装, P72)

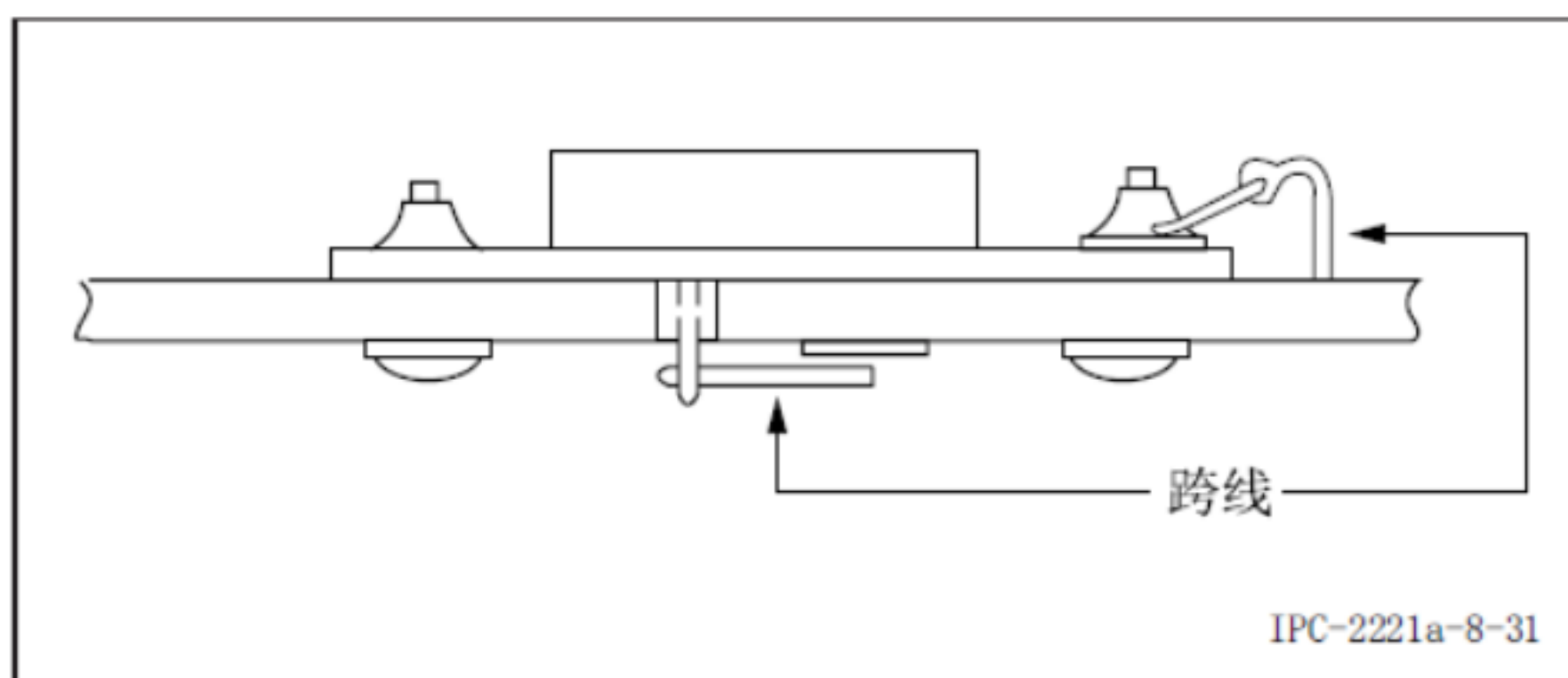


图 4-31 带非柔性引线的金属电源封装 (IPC-2221A 图 8-31 带非柔性引线的金属电源封装, P72)

4.4 标准表面安装要求 (IPC-2221A 8.4 标准表面安装要求, P72)

自动装配对表面安装元件的考虑，包括贴装机器来放置 / 定位片状元件、离散芯片载体、小外形封装以及扁平封装元件。印制板设计应为自动贴装设备保留合适的间距，以给零件提供合适的定向，并允许贴装头有足够的间隙。

一般地，自动贴装用的精细节距元件大小可在 250 mm^2 到 775 mm^2 之间不需光学定位。一般来说，可用光学定位的最大的元件从元件引线外面测量是 $1300 \text{ mm}^2 [51.181 \text{ in}^2]$ 。大封装件扩大元件和基体之间膨胀的不相配。通常，可以用自动装置放置的无引线元件，最小尺寸一般为长 $1.5 \text{ mm} [0.0591 \text{ in}]$ ，宽 $0.75 \text{ mm} [0.0295 \text{ in}]$ 。较小的元件，则要求高度精确的贴装。用常规设备进行真空拾取也有困难。

应避免使用非常小的无源元件。无引线的无源元件的长度比应大于 1 小于 3。高长宽比的元件在焊接期间易破裂。正方形器件（长宽比 =1）难于定向。

较小的元件较易焊接，但焊盘一定要足够大，使胶粘剂布设可靠，而不沾污导电层。应避免使用安装焊盘间距小于 0.75mm[0.0295in]（涉及同一元件）的元件，这是由于应用上的过程限制（芯片粘结或者热粘合剂）。高轮廓的 SM 元件（高度大于 2.5mm[0.0984in]）妨碍波峰焊流动到邻近的元件，宜加避免。专门的定位符号宜与设计结合，以便于表面安装元件的检查。技术上可以包括专门的定位符号，或者专门的焊盘结构，以识别作为集成电路封装的第一脚特征。

4.4.1 表面安装用引线元件（ IPC-2221A 8.4.1 表面安装用引线元件， P72）

引线的形式是一个主要的设计考虑。定制的引线形式宜在装配图上描述，以提供引线的应力消除，确保焊盘结构合主体底部间隔的清洗，并提供所有传热设计措施（见图 4-32）。如 引线经压扁，则轴向引线元件可以是表面安装 的（见图 4-33）。然而，它们不能以垂直方向进行表面安装见 图4-26）。

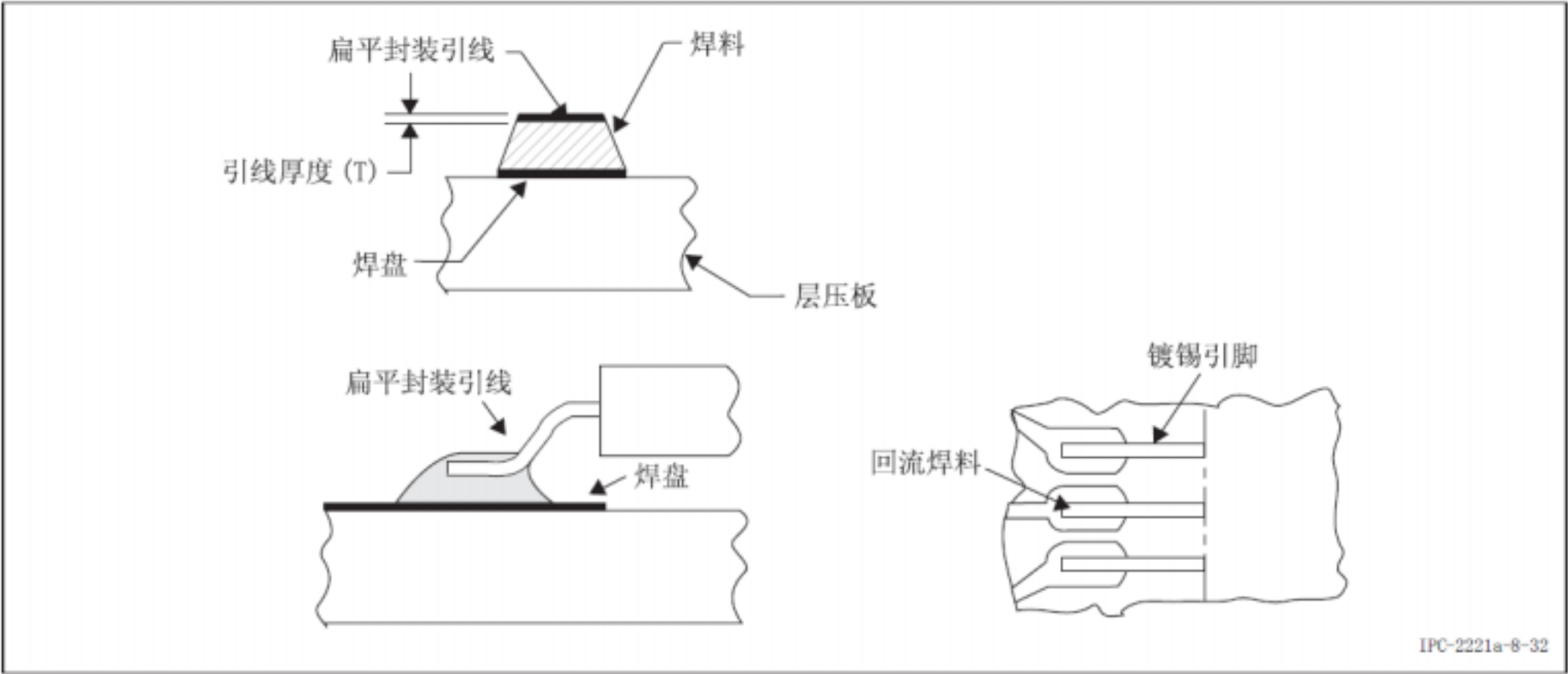


图 4-32 扁平封装表面安装示例（ IPC-2221A 图 8-32 扁平封装表面安装示例， P73）

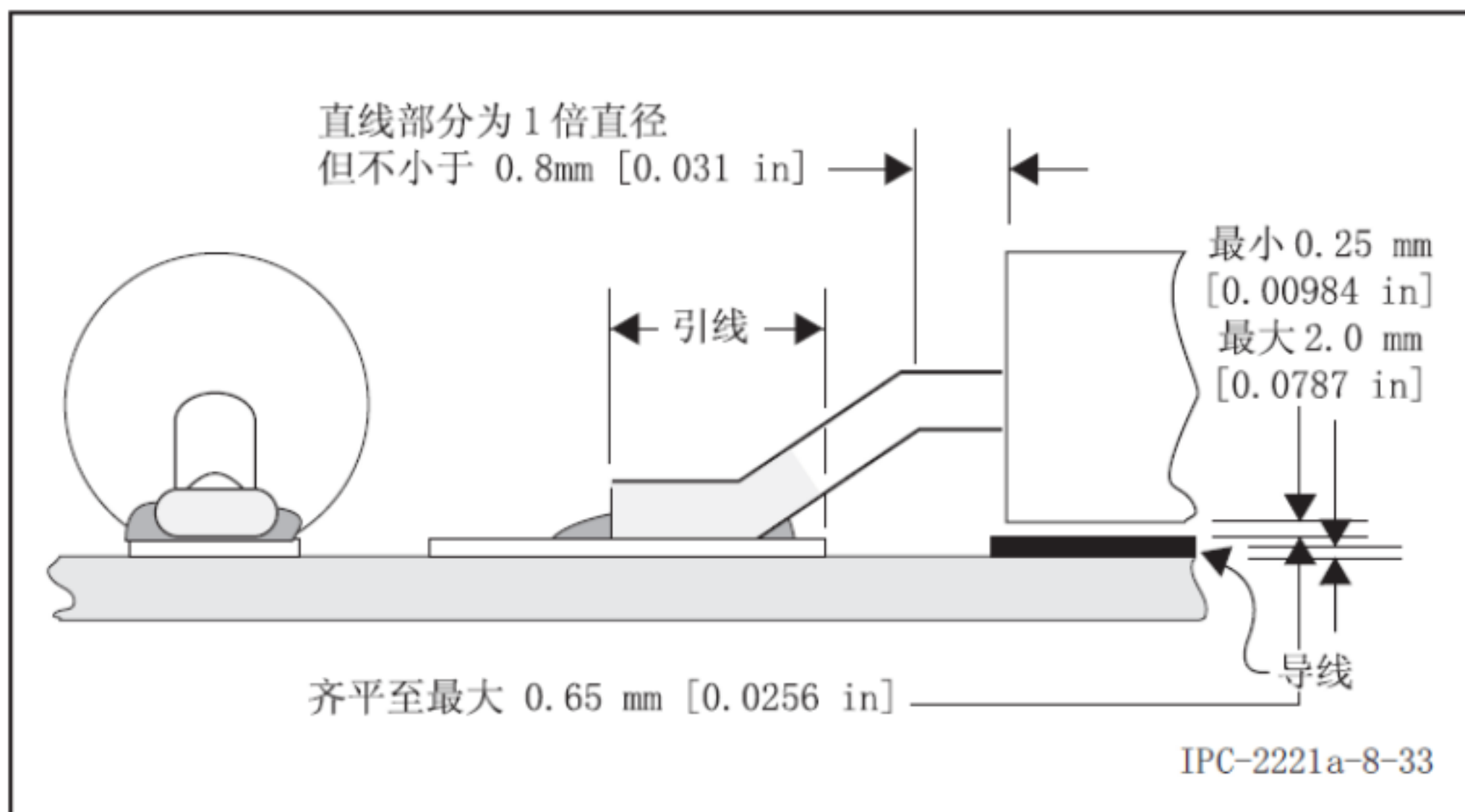


图 4-33 圆形或压扁引线 (IPC-2221A 图 8-33 圆形或压扁引线 , P73)

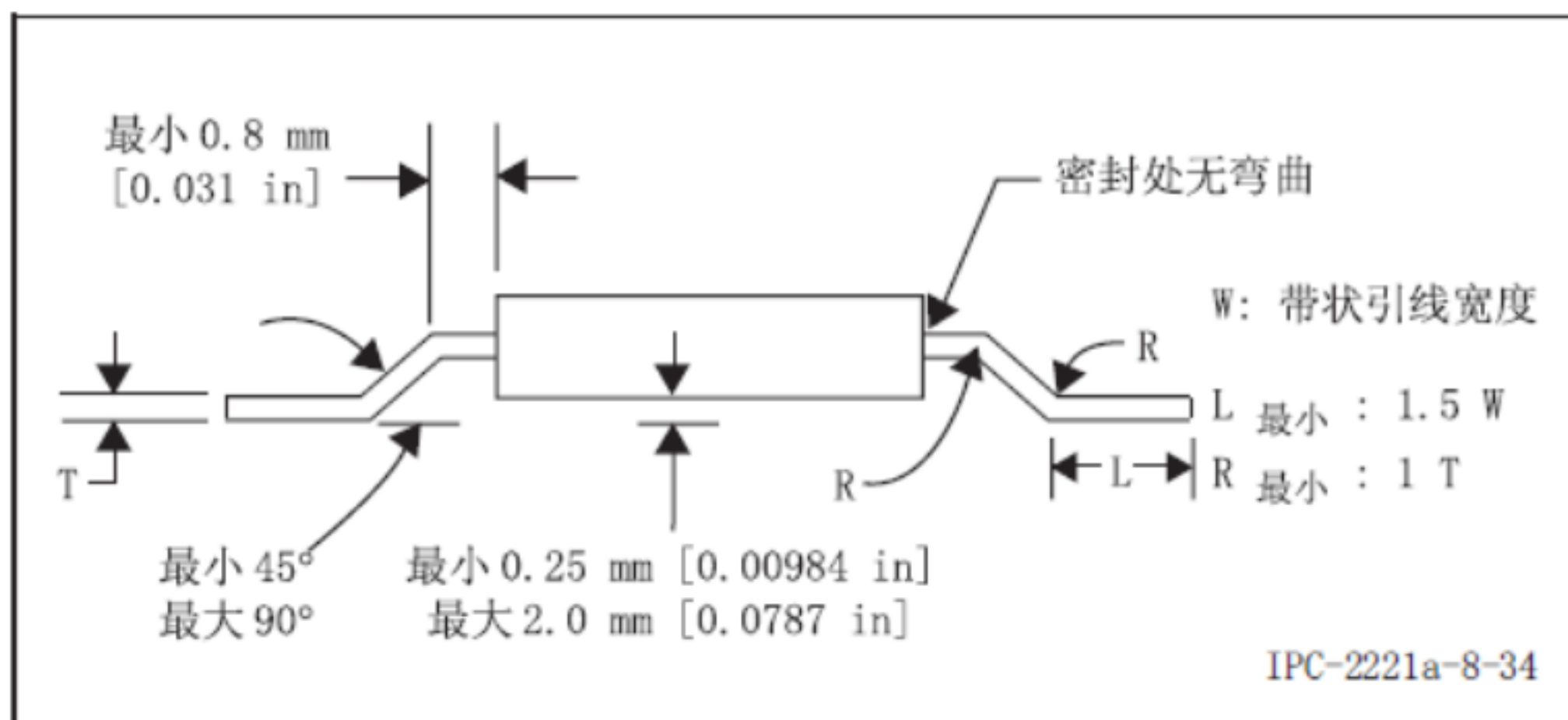


图 4-34 平坦安装的扁平封装带状引线结构 (IPC-2221A 图 8-34 平坦安装的扁平封装带状引线结构 , P73)

4.4.2 扁平封装 (IPC-2221A 8.4.2 扁平封装元件 , P73)

扁平封装元件通常具有从元件主体伸出的扁平带状引线，引线的中心间距为 1.27mm[0.05in] (见图 4-34)。虽然一般具有 14到1条引脚，扁平封装元件引线数目可高达 50。

在安装平坦的扁平封装元件，要求引线成形时，引线结构应当如图 4-34 所示。安装在暴露的线路上非绝缘零件，引线的成形应保证元件主体底部和暴露的线路之间最少有 0.25mm[0.00984in] 的间隙。引线元件主体的底部和印制线路表面之间的最大间隙宜为 2.0mm[0.0787in]。与线路绝缘的零件或者越过未暴露的线路的零件可以直接安装。如果元件需要将热量转移到板上，宜专门考虑清洁问题。

扁平金属线带状引线可以连到印制板的焊盘上（见图 4-35）。连接应使用焊接，或者仅仅以金属线键合。

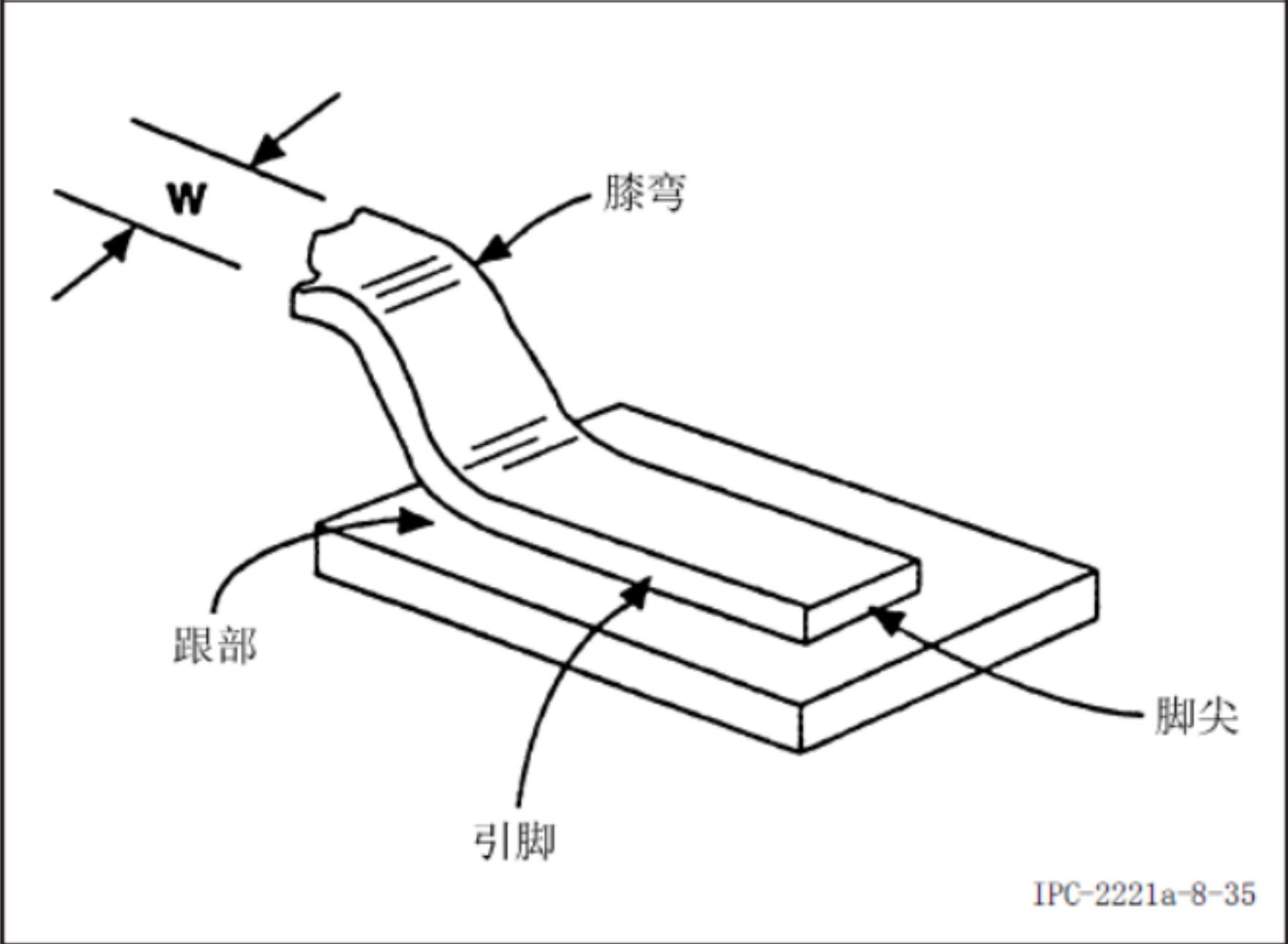


图 4-35 跟部安装的要求（ IPC-2221A 图 8-35 跟部安装的要求， P73）

4.5 孔连接（ IPC-2221A 9 孔/ 互连， P74）

4.5.1 带孔焊盘的通用要求（ IPC-2221A 9.1 带孔焊盘的通用要求， P74）

焊盘应为零件的引线或者印制板其它电气连接提供连接点。圆形的焊盘是最普通的，但为了提高可生产性，也可以使用其它形状的焊盘。如果不允许破盘，应使用改进的焊盘形状。这些措施包括例如在导线连接处加边线以产生附加的焊盘区域，在矩形焊盘上使用拐角入口或者锁眼使得沿轴向引入引线产生附加的焊盘区域（见图 4-36）。改进的焊盘形状应为电路设计提供载流量。

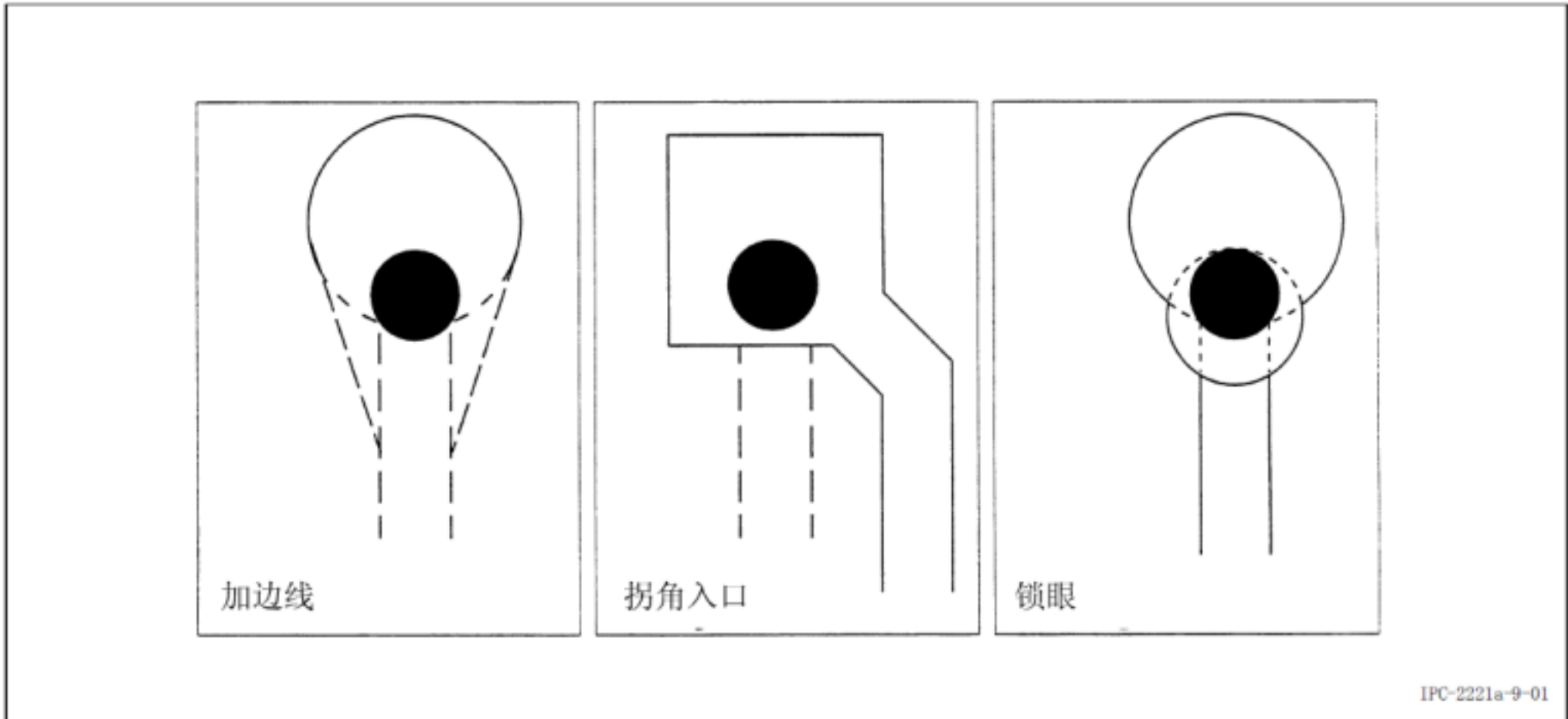


图 4-36 改进焊盘形状的示例 (IPC-2221A 图 9-1 改进焊盘形状的示例)

A水平	B水平	C水平
0.4mm [0.016in]	0.25mm [0.00984in]	0.2mm [0.0079in]

表 4-1 互连焊盘标准最小制作公差 (IPC-2221A 表 9-1 互连焊盘标准最小制作公差 , P75)

4.5.1.1 焊盘要求 (IPC-2221A 9.1.1 焊盘要求 , P74)

所有焊盘和环宽应尽可能地扩大，与优良设计惯例和电气间距要求一致。为了满足孔环要求，支撑孔与非支撑孔的最小连接盘应由下述内容决定。最差情况的焊盘 - 孔的相互关系由下式确定：

最小焊盘尺寸 = a + 2b + c

其中：

a = 成品孔直径的最大值；

注：对于外层、此要求为成品孔的最大直径。对于内层、钻孔直径；

b = 孔环要求的最小值；

注：计算时必须包括凹蚀；

c = 标准制作公差，详见表 4-1，要考虑产品主要的加工和制作板的各种工艺变异。

注：指的是其它工艺允许的具体的设计标准分规范；

* 当需要时，凹蚀将减少支撑内层焊盘的绝缘区域。在设计中考虑的环境最小值应不小于蚀刻允许的最大值。

4.5.1.2 孔的要求 (IPC-2221A 9.1.2 孔环的要求, P74)

在3级板的设计中，所有镀覆孔均应有孔环。对于 1级和 2级产品的性能规范允许局部破盘。所有产品的设计宜考虑到破坏是不希望的，设计时孔和焊盘尺寸，宜足够大以保证成品中无破盘。无焊盘的孔或偏心受限焊盘孔，在设计过程开始前取得采购机构批准后方可使用，而且要求一致性试样能反映实际的使用。

外层最小孔环，是成品孔电镀后孔的边缘与焊盘边缘之间 (见图 4-37) 铜 最少的部分 (最狭窄之处)。内层最小孔环是钻孔的边缘与钻孔之后的焊盘边缘之间铜最少的部分 (最狭窄之处) (见图 4-38)。

A. 外层孔环 - (IPC-2221A A. 外层孔环, P75)

支撑孔与非支撑孔的最小孔环应 符合图 4-37 和表 4-2 的要求。

B. 内层孔环 - (IPC-2221A B. 内层孔环, P75)

多层板和金属芯制板板上内层焊盘的最小孔环要求应符合表 4-2 和图 4-38。需要进行的凹蚀时，将减少内层焊盘孔环的绝缘支撑部分。设计中考虑最小 孔环应不小于允许的大凹蚀值。

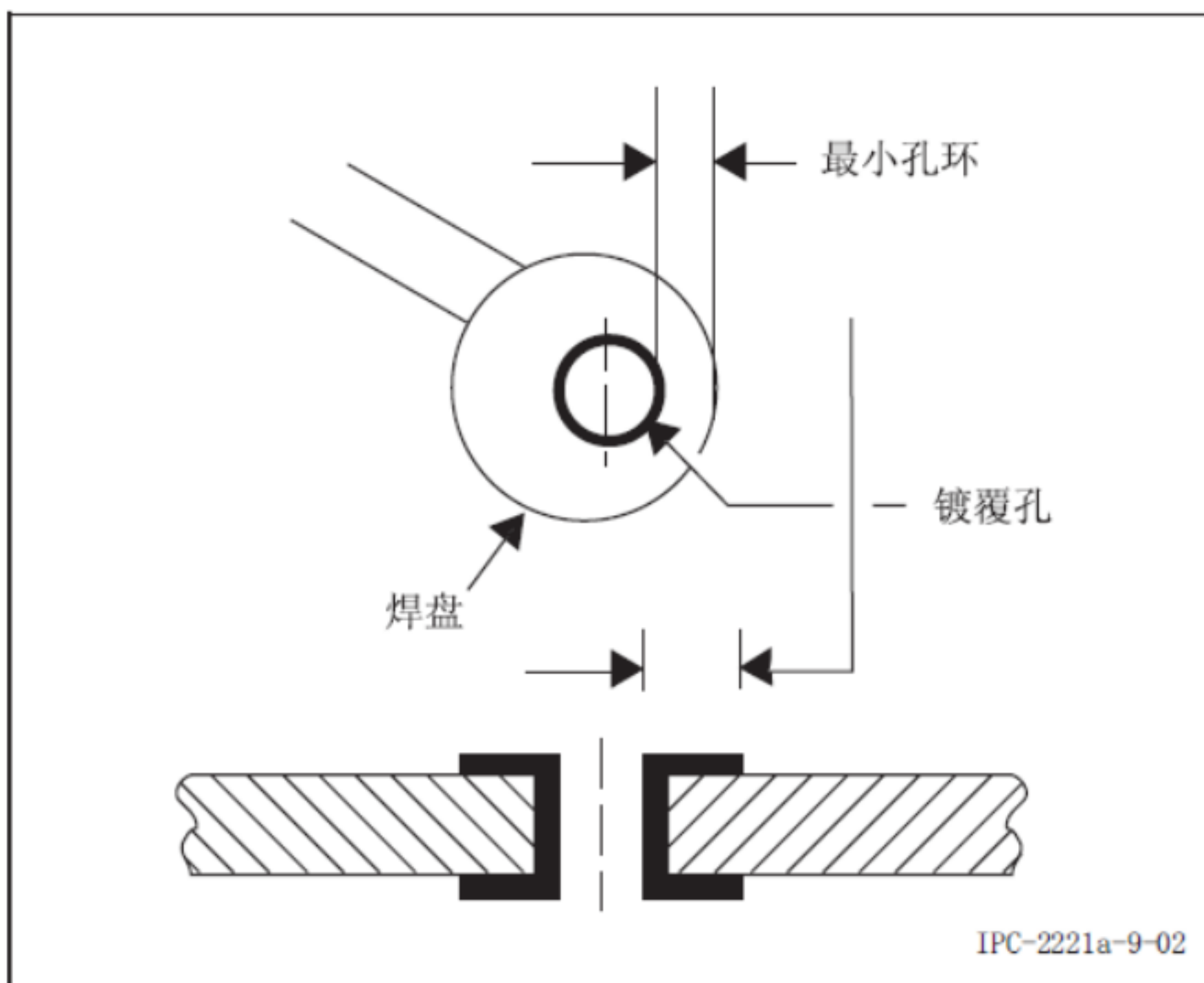


图4-37 外层孔环 (IPC-2221A 图 9-2 外层孔环, P75)

孔环	1、2和3级
内层支撑孔	0.025mm[0.00098in]
外层支撑孔	0.050mm[0.00197in]
外层非支撑孔	0.150mm[0.00591in]

表4-2 最小孔环（ IPC-2221A 表 9-2 （最小）孔环， P75）

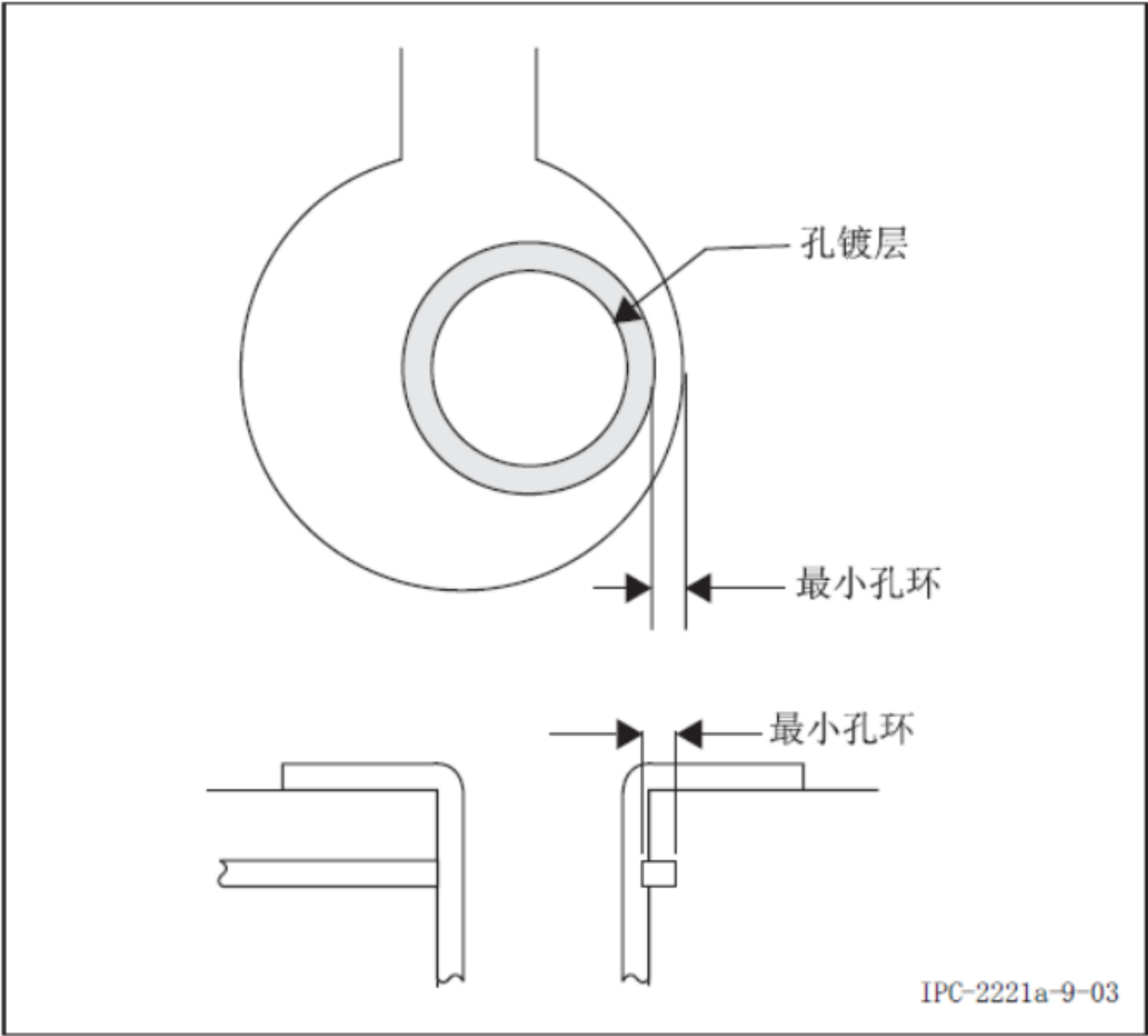


图 4-38 内层孔环（ IPC-2221A 图 9-3 内层孔环， P75）

4.5.1.3 导体层的隔热（ IPC-2221A 9.1.3 导体层的隔热， P76）

隔热仅对需焊接的大面积的导体层（接地层、电源层、导热层等）才需要。隔热为了在焊接过程中

提供热阻以减少焊接停留时间。

4.5.1.3.1 导体层的热隔离 (IPC-2222A 9.1.2 导体层的热隔离, P23)

为了在印制板组装过程中能提供良好的热隔离,孔尺寸、连接盘和辐条区域之间的关系非常重要。对于一个给定的网络,总的热连接(包括多个层上的连接)的截面积,应当满足最小载流能力的要求。如果单个辐宽违反了规定的最小导体宽度,其应当规定在布设总图中。

A. 计算连接盘尺寸, mm[in]

$$\text{最大孔直径} = 1.0[0.0394]$$

$$\text{孔环} = 2 \times 0.05[0.00197] = 0.10[0.00394]$$

$$\text{制作余量} = 0.25[0.00984]$$

$$\text{最小连接盘尺寸} = 1.0 + 0.10 + 0.25[0.0394 + 0.00394 + 0.00984] = 1.35[0.0531] \text{ 直径}$$

B. 热隔离计算, mm[in]

$$\text{总的热宽度} = \text{连接盘尺寸的 } 60\% = 0.6 \times 1.35[0.0531] = 0.80[0.0315]$$

C. 初始辐条尺寸计算

$$\text{有2条辐条的宽度} = 1/2 \text{ 总热宽度} = 0.50 \times 0.80[0.0197 \times 0.0315] = 0.40[0.0157]$$

$$\text{有3条辐条的宽度} = 1/3 \text{ 总热宽度} = 0.33 \times 0.80[0.0130 \times 0.0315] = 0.27[0.0106]$$

$$\text{有4条辐条的宽度} = 1/4 \text{ 总热宽度} = 0.25 \times 0.80[0.00984 \times 0.0315] = 0.20[0.00789]$$

如果实际选择的连接盘直径大于计算出的最小值,则连接盘直径间的百分比差值应当从总辐宽计算值中减去。例如:

$$\text{最小连接盘直径} = 1.35[0.0531]$$

$$\text{实际连接盘直径} = 1.70[0.0670]$$

$$\text{百分比差值} = (1.70 - 1.35) / 1.35 [(0.0670 - 0.0531) / 0.0531] = 25\%$$

$$\text{新的总辐宽度} = \text{总辐宽百分比差值} = 0.80 - 25\% (0.80) [0.0315 - 25\% (0.0315)] = 0.60[0.0236]$$

D. 调整后的辐条尺寸计算, mm[in]

$$\text{有2条辐条的宽度} = 1/2 \text{ 新的总辐宽} = 0.50 \times 0.60[0.0197 \times 0.0236] = 0.30[0.0118]$$

$$\text{有3条辐条的宽度} = 1/3 \text{ 新的总辐宽} = 0.33 \times 0.60[0.0130 \times 0.0236] = 0.20[0.00789]$$

$$\text{有4条辐条的宽度} = 1/4 \text{ 新的总辐宽} = 0.25 \times 0.60[0.00984 \times 0.0236] = 0.15[0.0060]$$

由于热量会通过盘栈内所有连接进行扩散,任何镀覆孔内所有层的全部累积铜辐宽,对于铜厚为 34.80 μm [1oz] 的累积铜辐宽不应该超过 4.0mm[0.157in];对于铜厚为 68.6 μm [2oz] 的累积铜辐宽不应该超过 2.0mm[0.0787in]。

4.5.1.3.2 层中的隔离区 (IPC-2222A 9.1.3 层中的隔离区, P24)

层中的隔离区应当基于如下电气间隙、钻孔尺寸、生产余量和连接盘尺寸(见图 4-39):

与（功能或非功能）连接盘相关联的隔离尺寸是：

隔离直径 =最小连接盘尺寸 +2 连接盘间隙（见表 4-3）

与镀覆孔（无连接盘）相关联的隔离尺寸是：

隔离直径 =最小连接盘尺寸 -2 最小孔环 +2 连接盘间隙（见表 4-3）

与非支撑孔相关联的隔离尺寸是：

隔离直径 =钻孔直径 +生产余量 +2 连接盘间隙（见表 4-3）

如允许连接盘破坏，则需在上述隔离直径的基础上增加破出允许量。

当删除非功能连接盘时，隔离区内只有孔环减少，因此，如没有连接盘则不适用。

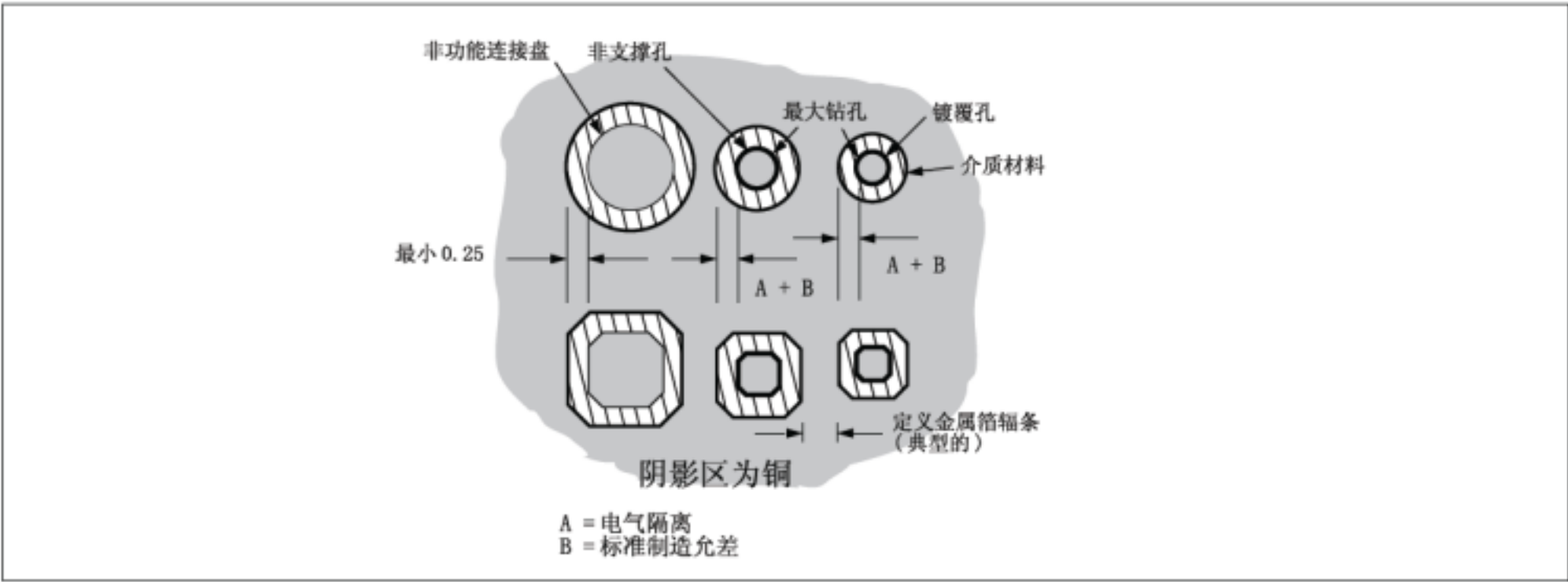


图4-39 层中的隔离区（ IPC-2222A 图 9-1 层中的隔离区， P24）

A水平	B水平	C水平
0.51[0.020]或最小电气间隙， 取两者中的较大者	0.25[0.010]或最小电气间隙， 取两者中的较大者	0.13[0.005]或最小电气间隙， 取两者中的较大者

表4-3 连接盘到层的间隙， mm[in]（ IPC-2222A 表 9-1 连接盘到层的间隙， mm[in] ， P25）

4.5.1.3.3 导体层中小节距隔离区（ IPC-2222A 9.1.3.1 导体层中小节距隔离区， P25）

当布局高速电路和 / 或微小节距的器件时应当特别小心。当在小栅格上布置小节距器件和 / 或导通孔时，设计人员应当充分考虑电源层 / 接地层的隔离区。当节距非常小，设计者应当非常了解隔离空隙间的窄箔辐条（见图 4-40）。随着隔离区（直径）越大，隔离区之间的箔辐条就越小。不提倡设计太小的箔辐条，因为这会降低载流能力，提高电压降和的潜在可能，更高的电磁干扰发射，和降低散热特性。发热器件的热量最好通过导通孔散热并从消散在内层导体层表面。由于这些原因，箔辐条应该尽可能的大，且应该避免层中隔离区重叠。当在非常小的栅格上布线时，采用下列公式处理小节距器件和 / 或导通孔：

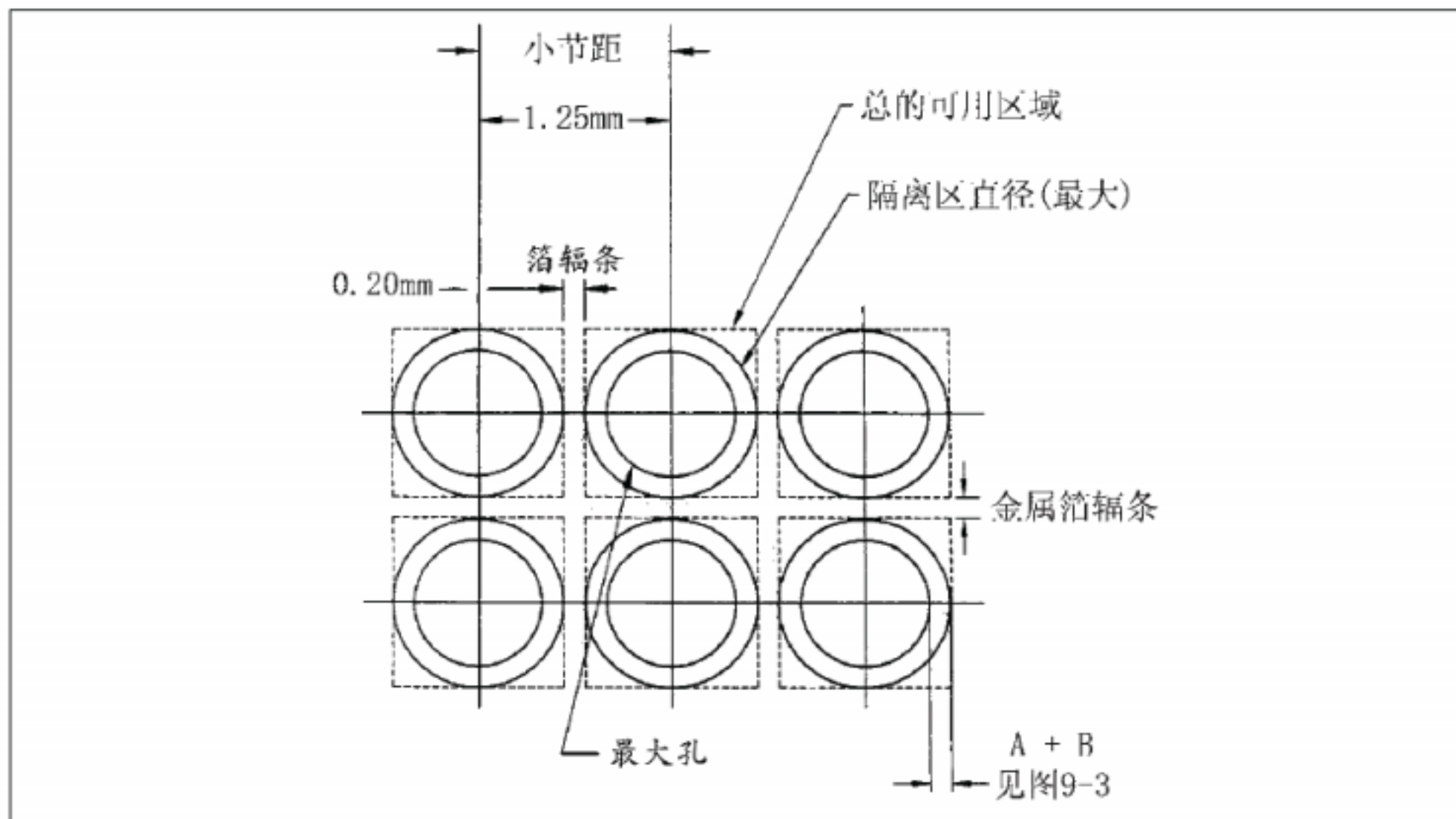


图 4-40 箔辐条尺寸 (IPC-2222A 9-2 箔辐条尺寸, P25)

典型示例：

确定要求的箔辐条宽度。

例：0.20mm[0.0079in] 宽的辐条

$$\begin{aligned}
 \text{总的可用面积} &= \text{节距} - \text{箔辐条} \\
 &= 1.25 - 0.20\text{mm}[0.0492 - 0.0079\text{in}] \\
 &= 1.05\text{mm}[0.0413\text{in}]
 \end{aligned}$$

$$B = 0.25\text{mm}[0.0098\text{in}]$$

$$\begin{aligned}
 \text{隔离区 (直径)} &= \text{孔径 (最大)} + 2B \\
 &= 0.35\text{mm} + 2 (0.25\text{mm}) [0.0138\text{in} + 2 (0.0098\text{in})] \\
 &= 0.35\text{mm} + 0.50\text{mm}[0.0138 + 0.0197\text{in}] \\
 &= 0.85\text{mm}[0.0335\text{in}]
 \end{aligned}$$

注：层中的最大隔离区（直径）采用以上公式计算得来，且不应超过大于总的可用面积。

4.5.2 孔 (IPC-2221A 9.2 孔, P76)

4.5.2.1 非支撑孔 (IPC-2221A 9.2.1 非支撑孔, P76)

这些孔穿过整个板厚。它们不含有镀层或其它类型的增强材料。它们可用作定位、安装或元件附件。

4.5.2.1.1 定位孔 (IPC-2221A 9.2.1.1 定位孔 , P76)

该类型孔是在制印制板或在制组装件上以孔或槽的形式作为物理特征的。定位特征是在印制板或组装件在制造、组装和测试过程中专门用来定位的。它们包括 :

- a) 照相底版的重合度 ;
- b) 层压时的芯板层定位 ;
- c) 钻孔时的在制板 ;
- d) 裸板测试时的印制板 ;
- e) 自动组装时的印制板拼板 ;
- f) 功能测试。

设计者有责任说明印制板或在制板上的定位孔。板的制造者应确定印制板制造所需的定位孔。

4.5.2.1.2 安装孔 (IPC-2221A 9.2.1.2 安装孔 , P76)

这些孔用作印制板的机械支撑或元件到印制板的机械附加装置。

4.5.2.2 镀覆孔 (IPC-2221A 9.2.2 镀覆孔 , P76)

该类型孔的孔壁有镀层 , 用来使印制板的内层之间或外层之间或两者之间的导电图形间进行电气连接。

这些孔也可以用作元件贴装、安装、电气互连或传热。

(IPC-2222A 9.2.2 镀覆孔) 用于连接元器件引线或插针到印制板上的最大和最小镀覆孔的直径应当按表 4-6 进行评价。评价成品镀覆孔要求时应当考虑最小和最大引线。如果引线是带状的 , 应当考虑扁平带状引线的最小和最大对角线。表 4-6 给出了镀覆孔的限值。

这些限值应当尽量充分利用 , 可提高可制造性 , 从而提供最宽松的公差允许值 (见图 4-41)

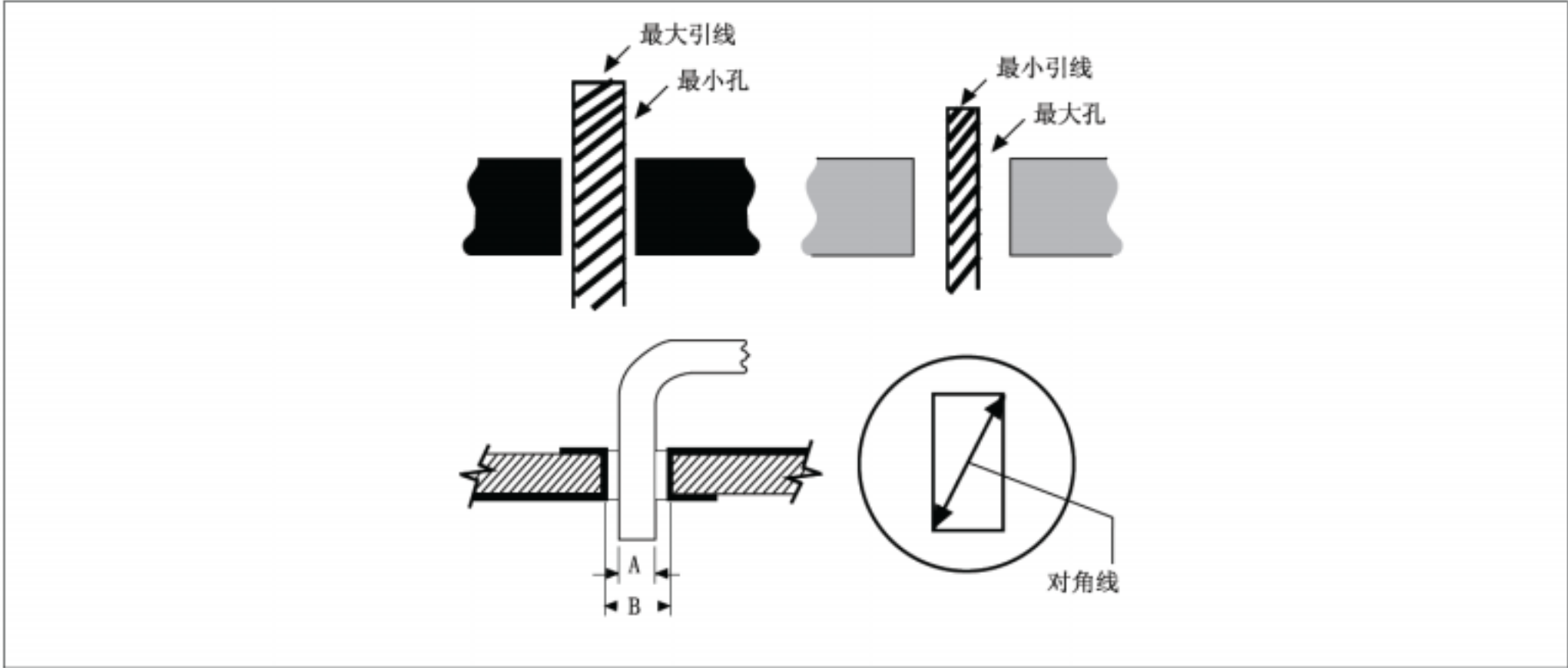


图 4-41 引线到孔的间隔（ IPC-2222A 图 9-3 引线到孔的间隔， P28）

除非另有规定，如要求，孔尺寸应当是焊料涂覆或最终电镀和热熔后的成品电镀尺寸。孔尺寸应当规定在布设总图中。用于功能界面连接的镀覆孔不应当用于使镀覆孔受压的器件安装。用于功能界面连接的镀覆孔不应当用于空心铆钉、焊接端子、或铆钉的安装。镀覆孔应当用于 3型至 6型（含）多层印制板的所有界面连接。

4.5.2.2.1 孔和埋盲孔（ IPC-2221A 9.2.2.1 孔和埋盲孔， P76）

连接多层板的两层或更多导电层，但没有完全通过由组成印制板基材全部层的镀覆孔，称作盲孔和埋孔。

A) 盲孔（ IPC-2221A A 盲孔， P76）

盲孔镀覆孔从表面延伸并使一层或更多内层与表面层连接。盲孔可以由两种方法产生：

（1）多层板层压后从表面钻孔到所需的内层上，在电镀处理时，通过对盲孔电镀，使这些孔具有电气的互连。

（2）在多层板层压前，采用从表面层到第一层或者到最后层的埋孔层钻孔。之后电镀成像并且蚀刻内层，然后在多层粘结处理中层压。对于第二种处理方法，如果希望在表面层和一层以上内层之间互连，在最终需要的多层板层压以前，须按须序蚀刻、层压、钻孔并且把这些层电镀。盲孔应该用聚合材料或者阻焊剂填满或堵塞，以防止焊料进入其内，因为在小孔中的焊料会降低可靠性。

B) 埋孔（ IPC-2221A B 埋孔， P89）

埋孔镀覆孔不扩展到表面，而仅仅将内层互连。通常这种互连是在两个相邻的内层之间。埋孔是在多层板层压前，先在薄层压材料上钻孔，之后电镀，接着蚀刻内层图形。在非相邻层之间的埋孔，要求

按顺序蚀刻内层，把它们层压在一起，在层压的在制板上钻孔、电镀、蚀刻外层图形，并且把该在制层压成最终的多层在制板。

C) 盲埋孔的孔径 (IPC-2221A C 盲埋孔的孔径， P77)

小孔通常用于盲孔或埋孔中并可以利用激光或等离子体技术进行机械制造。埋孔的最小钻孔尺寸如表 4-4 所示，盲孔的最小钻孔尺寸如表 4-5 所示。无论哪种 情况都必须考虑电镀的厚径比；小而深的盲孔最难电镀，因为分散力低和孔内电镀溶液交换差。盲埋孔可以被电镀堵塞。因此，其布设总图宜与通孔相似。更多内容见分标准。

层厚	一级	二级	三级
<0.25mm [<0.00984in]	0.10mm [0.00393in]	0.10mm [0.00393in]	0.15mm [0.00591in]
0.25 – 0.5mm [0.020in]	0.15mm [0.00591in]	0.15mm [0.00591in]	0.20mm [0.00787in]
0.5mm [0.020in]	0.15mm [0.00591in]	0.20mm [0.00787in]	0.25mm [0.00984in]

表 4-4 埋孔的最小钻孔尺寸 (IPC-2221A 表 9-3 埋孔的最小钻孔尺寸， P77)

层厚	一级	二级	三级
<0.10mm [<0.00393in]	0.10mm [0.00393in]	0.10mm [0.00393in]	0.20mm [0.00787in]
0.10 – 0.25mm [0.00984in]	0.15mm [0.00591in]	0.20mm [0.00787in]	0.30mm [0.0118in]
0.25mm [0.00984in]	0.20mm [0.00787in]	0.30mm [0.0118in]	0.4mm [0.016in]

表 4-5 盲孔的最小钻孔尺寸 (IPC-2221A 表 9-4 盲孔的最小钻孔尺寸， P77)

4.5.2.2.2 散热孔 (IPC-2221A 9.2.2.2 散热孔， P77)

散热孔通常是位于底层上高功率器件处的镀覆孔，形成到器件组装件的连接，或直接或通过—散热导电介质。它们到内平面层和 / 或外平面层的连接是用作将热量从器件组装件传出去。热导通孔通常比埋盲孔大，且不象其它的元件孔和导通孔一样具有完整性要求。

4.5.2.3 公差 (IPC-2221A 9.2.5 公差， P77)

4.5.2.3.1 孔位公差 (IPC-2221A 9.2.5.1 孔位公差 , P77)

以玻璃布 / 环氧材料为基础 , 表 4-6 给出了适用于基本孔位的孔位公差值。所有公差都以围绕准确位置的直径表示。这些公差只是考虑钻孔位置和钻孔漂移。基本孔位也进一步受材料的厚度、类型和铜密度的影响。其作用通常是一种基本孔位之间的缩小 (收缩)。

A水平	B水平	C水平
0.25mm[0.00984in]	0.2mm[0.0079in]	0.15mm[0.00591in]

表4-6 孔的最小定位公差 , dtp (IPC-2221A 表 9-5 孔的最小定位公差 , dtp , P77)

4.5.2.3.2 非支撑孔公差 (IPC-2221A 9.2.5.2 非支撑孔 , P78)

A) 定位孔 (IPC-2221A A 定位孔 , P78)

定位孔的公差严格 , 以避免定位销钉与板之间的位移。当孔是用作重合定位时尤其重要。定位销钉通常非常精确。

4.5.2.3.3 非支撑孔直径 (IPC-2222A 9.2.1.1 非支撑孔直径 , P27)

非支撑孔的主要应用之一是为硬件安装提供间隙。该硬件对于将电子组件对齐到其他组件或外壳可能是非常关键的。当选择一个孔径尺寸和公差时 , 设计者应该对公差进行分析 , 考虑硬件安装的孔径公差和要求的非支撑孔的位置公差 , 以保证下次组装的对准精度。非支撑孔的标称孔径尺寸应该为一个容易获得的钻头尺寸。

当使用基本尺寸标注系统时 , 应当以最大材料条件 (MMQ 和最小材料条件 (LMC) 的限值来表述孔尺寸。采用表 4-7 中规定的公差范围来确定 MMC-LMC的限值。

A水平	B水平	C水平
0.20[0.008]	0.15[0.006]	0.10[0.004]

表4-7 非支撑孔直径公差范围 , mm[in](IPC-2222A 9-4 非支撑孔直径公差范围 , mm[in] , P27)

4.5.2.3.4 空心铆钉孔直径 (IPC-2222A 9.2.1.2 空心铆钉孔直径)

当使用空心铆钉时 , 插入空心铆钉的孔的直径不应当超过空心铆钉管壁外径 0.15mm[0.0060in] 以上。最大和最小管壁直径和引线直径之间的关系应当如表 4-8 所示。

引线直径	A水平	B水平	C水平
4.5.2.4最小孔与最小引线直径	不超过最小引线直径 0.7[0.028]	不超过最小引线直径 0.7[0.028]	不超过最小引线直径 0.6[0.024]
最小孔与最大引线直径	不小于最大引线直径 0.25[0.0098]	不小于最大引线直径 0.20[0.0079]	不小于最大引线直径 0.15[0.006]

表4-8 镀覆孔直径与引线直径的关系 , mm[in](IPC-2222A 表 9-5 镀覆孔直径与引线直径的关系 , P27)

4.5.2.5 厚径比 (IPC-2221A 9.2.8 厚径比 , P78)

镀覆孔的厚径比，在对镀覆孔内部供给充分的镀层的制造加工能力中起着重要的作用。

厚径比是标称印制板厚度（包括外层箔）与最小镀覆孔的最大钻孔直径的比值。随着印制板厚度的增加，在钻孔操作中钻头偏移的可能性也会增大；随着镀覆孔孔径的减小，镀覆孔孔壁与电镀溶液的接触也变得更加困难。镀覆孔的厚径比在制造商为镀覆孔内提供足够镀层的能力和 PTH/PTV结构的可靠性均起到重要作用。表 4-9 为不同复杂性水平提供了厚径比的可生产性信息。对于直径小于 0.25mm[0.010in] 的孔，不建议其厚径比大于或等于 9：1。

	A水平	B水平	C水平
厚径比	<6：1	6：1~8：1	>8：1

表 4-9 镀覆孔厚径比 (IPC-2222A 表 9- 6 镀覆孔厚径比 , P28)

4.5.2.6 导通孔孔径 (IPC-2222A 9.2.2.3 导通孔孔径 , P28)

成品导通孔孔径应该在布设总图中表述为最大导通孔尺寸，不应该规定最小导通孔尺寸，因为导通孔内不插入元器件引线或插针，理论上在最终涂覆后可以堵塞。如果考虑将导通孔应用于恶劣的环境中，应该控制钻孔后的最小导通孔尺寸，以维持一个已知可靠的厚径比。允许导通孔镀塞解决了可加工性的问题；这将允许供应商使用更小的钻头以改善对位精度，但会增加厚径比。对于高可靠性产品，更好的方法是规定最小钻头直径以控制厚径比。

5、相关记录

6、附录

End of Document