

SEMI S22-0718^E

半導體製造設備的電氣設計安全基準

本安全基準之技術業經全球環境、衛生與安全委員會核准。本版本由全球稽核及審查小組委員會於 2015 年 12 月 4 日核准出版，並於 2018 年 7 月於 www.semiviews.org 與 www.semi.org 發行線上版本。

本基準原始版本於 2003 年 11 月發行，2017 年 4 月再版。

^E 標準於 2018 年 8 月經過編輯修改，以糾正格式錯誤。主要對 §§ 13.5, 13.3.4 和 13.7.3.1 進行修改。

NOTICE: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any other language, the English version is the official and authoritative version.

注意：這個翻譯是一個參考版本。如果您在使用上，發現中文翻譯版本與英文原文版本產生任何差異或是不確定之處，請務必參考英文原文版本，並以英文原文版本為主，英文原文版本屬於正式和權威的版本。

注意：本安全基準中以「註」為標題的段落並非正式內容，不得以此修改或取代正式的安全基準。委員會提供註解內容係為方便本安全基準的使用。

注意：符合本基準提及「應」字的內容規定始屬符合本文件之標準。符合本文件標準不代表亦需符合提及「可能」、「建議」、「偏好」、「推薦」或「註」及「相關資料」之內容規定。

目錄

1 目的	3
2 範圍	3
3 限制	3
4 參考標準與文件	3
5 詞彙	5
6 其他符合方法	9
7 設計原理	9
8 一般考量	10
9 設施電氣連接	11
10 預防觸電或電灼傷	14
11 預防電氣火災的危險	15
12 保護接地系統	18
13 安全電路	19
14 介面控制	22
15 電氣箱	23
16 導線與電纜	24
17 接線實務	25
18 電動馬達 186W (1/4 匹馬力) 或以上	29
19 配件及照明	30
20 標記	30

21 技術文件	31
22 測試	32
APPENDIX 1 安培容量表	39
APPENDIX 2 過電流保護裝置位置範例	44
APPENDIX 3 指示器及按鈕顏色表	45
APPENDIX 4 箱體開孔	47
RELATED INFORMATION 1 三相變壓器之額定電流	48
RELATED INFORMATION 2 決定短路電流值之方法	50
RELATED INFORMATION 3 在一典型設施中，不同標稱電壓及全載電流有用之故障電流	58
RELATED INFORMATION 4 爬電距離與電氣間隙	61
RELATED INFORMATION 5 導體尺寸	65

1 目的

1.1 本基準係在針對半導體產業使用的生產設備提供以設計為主的整套電氣安全考量。

1.2 符合本文件規定之設計、建構與設計原則或其他可用的電氣安全標準需求，便可符合基本的產品安全考量。

2 範圍

2.1 本安全基準適用於半導體製造設備。

2.2 本安全基準所含之考量可用於設計預防電氣及非電氣危險的電氣安全連鎖，以及預防電氣危險的非電氣連鎖。

2.3 除第3節「限制」中所排除的設備外，本文件的電氣設計考量適用於所有用來製造、測量、組裝及測試半導體產品的設備。

註1：本安全基準對於不存在相關產品安全標準的半導體製造設備最有用。

2.4 本安全基準適用於以危險性電壓或危險性電力發動的設備。

註2：本基準中的正式數值皆以國際單位制（SI）表示。下列數值並非正式數值，僅供參考：

- a) 以吋-磅（美規或英規）單位表示的數值，
- b) 括弧內的數值，及
- c) SI制數值後的數值

SI制經單位轉換後的數值可能與上述數值不同。

注意：本標準并非着重于处理使用方面的相关安全问题，本標準的使用者必須負責建立適當的安全與健康作法，并于使用前決定法規或其他限制的適用性。

3 限制

3.1 若設備、組件(subassemblies)與元件(components)業經合格的測試實驗室認證並在認證參數範圍內使用，或是可符合相關國際或國內產品安全標準指定範圍，則不適用本安全基準。

註3：獲得法律許可的標準有所不同，即使本文件範圍並無特別規定，仍應將此許可標準納入考量。

3.2 本安全基準之目的不包含針對任何有關爆炸性環境、危險場所及／或危險製程原料的需求之規定。

3.3 本安全基準不適用於整合在設施內的輔助設備，例如設施的空調設備、火災偵測或消防系統，或是設施的配電系統（包含馬達發電機組與變壓器）。

3.4 本安全基準不包含設備效能(functional)或功能(performance)特性的設計規範。

4 參考標準與文件

4.1 SEMI 標準和安全指引

SEMI E33 — 半導體製造設施電磁相容性的規範

SEMI S1 — 設備安全標籤的安全基準

SEMI S2 — 半導體製造設備的環境、衛生與安全基準

SEMI S3 — 高溫化學藥劑槽的安全基準

SEMI S8 — 半導體製造設備人體工學工程的安全基準

SEMI S10 — 風險評估與風險評量流程的安全基準

SEMI S13 — 半導體製造設備操作與保養手冊的安全基準

SEMI S14 — 評估與降低半導體製造設備火災危險的安全基準

4.2 ANSI 標準¹

ANSI/ISA 84.00.01 — 加工產業安全儀表系統的用途

4.3 CENELEC 標準²

EN 60204-33 — 機械安全－機器電氣設備－第 33 部分：半導體製造設備要求

EN 60529 — 電氣箱的保護等級

4.4 DIN 標準³

DIN V VDE 0801 — 安全相關系統中的計算機原理

4.5 European Commission 標準⁴

89/336/EEC — 電磁相容指令

4.6 IEC 標準⁵

IEC 60112 — 潮濕情況下判定固態絕緣材料相對電痕指數和耐漏電電痕指數的方法

IEC 60204-1 — 機器安全－機器內的電氣設備，第一部：一般需求

IEC 60204-33 — 機器安全－機器內的電氣設備，第 33 部：半導體製造設備要求

IEC 60417 — 設備上使用的圖形符

IEC 60529 — 電氣箱的保護等級

IEC 60707 — 接觸火源時固態非金屬材料的起火性－測試方法清單

IEC 60950-1 — 資訊科技設備的安全－第一部：一般要求

IEC 61010-1 — 測量、控制與實驗室用的電氣設備安全需求－第 1 部：一般要求

IEC 61346-1 — 工業系統、安裝、設備與產品－建構原則與參考編號

IEC 61508-1 — 電氣／電子／可程式電氣安全相關系統的功能性安全－第 1 部：一般要求

IEC 61508-4 — 電氣／電子／可程式電氣安全相關系統的功能性安全－第 4 部：定義和縮寫

4.7 ISO 標準⁶

ISO 13849-1 — 機械安全－控制系統的安全相關零件－第 1 部：設計的一般原理

4.8 NFPA 標準⁷

NFPA 70 — 國家電氣守則

¹ American National Standards Institute, 25 West 43rd Street, New York, NY 10036, USA; Telephone: +1.212.642.4900, Fax: +1.212.398.0023, <http://www.ansi.org>

² European Committee for Standardization, Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels; Telephone: +32.2.550.08.11, Fax: +32.2.550.08.19, <http://www.cen.eu>

³ Deutsches Institut für Normung e.V., Available from Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstrasse 4-10, D-10787 Berlin, Germany; <http://www.din.de>

⁴ European Commission; Avenue d'Auderghem 45, 1040 Etterbeek, B-1049 Brussels, Belgium; <http://ec.europa.eu>

⁵ International Electrotechnical Commission, 3 rue de Varembe, Case Postale 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland; Telephone: +41.22.919.02.11, Fax: +41.22.919.03.00, <http://www.iec.ch>

⁶ International Organization for Standardization, ISO Central Secretariat, BIBC II, Chemin de Blandonnet 8, CP 401, 1214 Vernier, Geneva, Switzerland; Telephone: +41.22.749.01.11, <http://www.iso.org>

⁷ National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269, USA; Telephone: +1.617.770.3000, Fax: +1.617.770.0700, <http://www.nfpa.org>

NFPA 79 — 工業機械電氣標準

4.9 UL 標準⁸

UL 94 — 裝置與電器內零件的塑膠材質起火性測試

UL 508A — 工業控制面板

UL 943 — 接地故障斷路器的標準

UL 2360 — 判定半導體設備建構中塑膠零組件燃火特性的測試方法標準

UL 60950-1 — 資訊科技設備的安全 – 第 1 部：一般要求

UL 61010-1 — 測量，控制和實驗室用電氣設備的安全要求 – 第 1 部：一般要求

4.10 其他標準

FM 4910 — 潔淨室材料可燃性測試協議⁹

IPC 2221 — 印刷電路板設計通用標準¹⁰

注意：除非另外說明，否則所有引用的文件必須是最新的版本。

5 詞彙

5.1 定義

5.1.1 接近路徑(*access*) — 接近或碰觸的方法或途徑。

5.1.2 可被接近(*accessible*) — 可以被接近或碰觸；請參閱「接近路徑」的定義。

5.1.3 合格的測試實驗室 — 由政府或規範管理機構認可專門從事零組件、裝置或系統測試的獨立機構，係依據已制訂的安全標準進行評量。

5.1.4 載流容量 — 導線在使用條件下可持續負載的電流（以安培為單位），此容量不可超過絕緣體、導線及電線端子的額定溫度設計極限。

5.1.5 基本絕緣 — 提供單層絕緣保護以防止觸電。

5.1.6 搭接 — 將金屬部分加以永久連接，形成導電路徑以確保任何可能出現的電流可被安全地傳導至大地。請參閱保護接地系統。

5.1.7 固緊零件 — 在鬆弛卻未移除的情況下可鎖緊及鬆開其他零件（如凸緣鏟式接線片）的螺絲或螺帽。

5.1.8 間隙距離 — 兩個帶電導體之間，或一個帶電導體與一個連接保護接地系統之導電零件之間，通過空氣量測的最短距離。

5.1.9 相對電痕指數 (*CTI*) — 依照 IEC 60112 方法 A 取得的數值，此方法可決定印刷電路板所屬的材質組。若相對電痕指數或材料組不明確，則應使用 IIIb 材料組。

5.1.10 導線槽 — 橫斷面為圓形或非圓形的封閉式佈線系統之一部分，用來佈設電氣設備內的絕緣導線及／或纜線，且導管內部可進行拖曳或更換。

5.1.11 (機器的) 控制裝置 — 連接控制電路的裝置，可用於控制機器操作（如定位感知器、手動控制開關、繼電器、磁控閥門等）。

⁸ Underwriters Laboratory, 2600 N.W. Lake Road, Camas, WA 98607-8542, USA; Telephone: +1.877.854.3577, Fax: +1.360.817.6278, <http://www.ul.com>

⁹ FM Global, 1151 Boston-Providence Turnpike, P.O. Box 9102, Norwood, MA 02062, USA; Telephone: +1.781.762.4300; Fax: +1.781.762.9375, <http://www.fmglobal.com>

¹⁰ IPC, 3000 Lakeside Drive, 105 N, Bannockburn, IL 60015, USA; Telephone: +1.847.615.7100; Fax: +1.847.615.7105; <http://www.ipc.org>

5.1.12 便利插座 — 設置在設備上的電源插座，在設備正常操作時不連接任何電源裝置。設備製造商提供此插座的用意在於提供保養或維修電源。

5.1.13 電源線連接設備 — 藉由撓性電源線和插頭連接電源供應器的設備。

5.1.14 爬電距離 — 兩個帶電導體之間，或一個帶電導體與一個連接保護接地系統之導電零件之間，沿著絕緣表面量測的最短距離。

5.1.15 斷電裝置 — 用來分離電路導線及其電源的一個或一組裝置或其他方法。

5.1.16 門 — 鉸鏈式圍板。

5.1.17 雙重絕緣 — 由基本絕緣搭配輔助絕緣所組成。

5.1.18 導管 — 設計用來佈設及保護電導線、纜線及母線的封閉式管線。導線管、線道和地下管線皆屬於導管。

5.1.19 接地 — 請參閱保護接地系統。

5.1.20 電氣箱 — 壁板、隔板或其他用來圍住電氣零組件的區域，可用來加強設備電氣零組件的安全。

5.1.21 饋電線 — (從設備觀察) 公用設施的電源供應線，可將電力傳輸送至設備。

註 4：若饋電線係隨設備提供，目的在供應電力給子系統，則即使是由公用設施在電氣箱與電氣箱之間接線，仍不被視為饋電線。

5.1.22 通電 — 與電壓源連接。

5.1.23 設備 — 用於執行操作的特定機器、儀器、製程模組或裝置。並非任何產品均適用「設備」一詞（如基板、半導體）。

5.1.24 暴露的（適用於已通電的零件） — 可能被人員不慎碰觸或逾越安全距離範圍。適用於未適當保護、隔離或絕緣的零件。

5.1.25 失效安全 — 此設計可在裝置發生失效時防止危險升高。

註 5：例如，失效安全溫度限制裝置會在即將失效時指出溫度失控。此設計雖可能導致製程中斷，但總比發生故障時無論實際溫度為何皆指出溫度在控制範圍內的裝置為佳。

5.1.26 失效安全設備控制系統 (FECS) — 控制電路的安全相關可程式系統，其設計及運用能依據認可的標準來發揮安全功能，如 ISO 13849-1 (EN 954-1) 或 IEC 61508、ANSI/ISA 84.00.01。這類系統（如安全可程式邏輯控制器(PLC)、安全相關輸入／輸出(I/O)模組）可診斷內部及外部的故障，並在偵測到故障時以受控方式產生回應，將設備回復至安全狀態。

註 6：根據 IEC 61508-4 標準之定義，FECS 是可程式電氣系統 (PES) 的子系統。

5.1.27 失效 — 無法繼續執行預定的功能。失效是一個事件，而「故障」是一種狀態，兩者有所不同。

5.1.28 故障 — 物件無法執行預定功能的狀態。但進行預防性保養、其他計畫性行動或是因缺乏外部資源而無法執行所需的功能等情況，則不視為故障。

5.1.29 容錯 — 容錯設計係為讓合理可預期的單點失效不致造成不安全的條件。

5.1.30 接地故障 — 帶電導線(不論接地與否)意外的與正常下不帶電的導線、金屬外殼、金屬線槽或金屬設備間發生電氣傳導連接。

5.1.31 接地故障斷路器 (GFCI) — 保護人員安全的裝置，可在對地電流大於 4 到 6 mA 時，在一定時間內中斷全部或部分電路的供電（請參閱 UL 943「接地故障斷路器」的詳細說明）。

5.1.32 接地 — 請參閱保護接地系統。

5.1.33 危險 — 造成不幸事故的先決條件。

5.1.34 危險電力 — 等於或大於 240 伏安的電力。

5.1.35 危險電壓 — 大於 30V 交流有效值(RMS)、42.4V 交流峰值(Peak)或 60V 直流(DC)的電壓。

5.1.36 絕緣體 — 導線外層表面的一層非導電性材料，可防止觸電。

5.1.37 連鎖 — 可在特定情況下預防或中斷設備子系統操作的機械、電氣或其他類型的裝置或系統。

5.1.38 遮斷容量 — 一個裝置可在額定電壓下中斷的最高電流。

註 7：通常亦稱為電流遮斷容量 (AIC)。

5.1.39 隔離的電力系統 — 透過隔離變壓器(或一次側與二次側之間沒有電氣連接之變壓器)所供應之電力系統。隔離的電力系統與公用設施接線之間具有高阻抗，高阻抗係指百萬歐姆或更高的電阻。

註 8：若隔離變壓器二次側有一個接腳接地，則不被視為隔離的電力系統。

5.1.40 主斷電裝置 — 阻斷公用設施供電給系統的裝置。

5.1.41 保養 — 將設備維持在正常運作狀態的計畫性活動（另請參閱「維修」的定義）。

5.1.42 變更管理 — 具有相關專業知識的跨職能團隊的文件化審核流程，評估建議的變更並確保其具有預期的安全效能。

5.1.43 材料組 — 絕緣體的相對電痕指數 (CTI) 分類，如下所示：

- 材料組 I: $600 \leq \text{CTI}$
- 材料組 II: $400 \leq \text{CTI} < 600$
- 材料組 IIIa: $175 \leq \text{CTI} < 400$
- 材料組 IIIb: $100 \leq \text{CTI} < 175$

5.1.44 最大標稱負載 — 電路在製造商規定的操作條件下會持續負載的最大功率。持續時間少於 1 秒鐘的非週期性功率變動不被視為持續。

5.1.45 多插座總成件 — 主要功能為提供電氣連接，且總成件上有多個電氣連接用的插座。

5.1.46 中性導線 — 接地的交流載流導線

註 9：此與保護接地的中性線定義不同。保護接地的中性線定義係指接地的無載流導線或未接地的載流導線。

5.1.47 正常操作條件 — 製造商合理可預期的設備條件。在設備無未經核准之改裝的情形下，正常條件包括使用、操作、保養以及設備在操作、保養及維修中依照製造商指示進行服務的特定條件。正常操作條件應將合理可預期的誤用納入考量。

5.1.48 操作員 — 與設備互動的人員，僅限執行必要的動作以讓設備發揮其原本的功能。

5.1.49 操作員進出場所 — 在一般操作條件下符合下列情況的區域：無需使用工具便可進入的場所，且謹慎地提供操作員進入場所的方法，或是無論該場所是否需使用工具才能進入，操作員都須接受指示進入該場所（若操作員接受此指示，則該區域可評量為操作員可進入之區域）。

5.1.50 過電流 — 超出設備額定電流值或導線額定載流容量的電流，可能會在超載、短路或接地故障時發生。

5.1.51 過載 — 設備操作超出滿載額定值，或導線超出額定載流容量的情況，持續此情況一段時間後可能導致損害或過熱危險。惟故障（如短路或接地故障）不算是過載（請參閱短路及接地故障）。

5.1.52 永久連接的設備 — 設備的電源連接必須使用工具才能拆卸。

5.1.53 污染 — 添加任何外來物質、固體、液體或氣體，而會導致介電強度降低或使表面接觸電阻增加。

5.1.54 污染度 — 為準確估算間隙，本文件承認下列兩種微環境中的污染度：

5.1.54.1 污染等級 1 — 無污染或僅發生乾性、非傳導性的污染。此污染不會造成任何影響。無塵室 Class 1000 等級或更低。

註 10：Class 1000 或以下的無塵室屬於 1 級污染，但即使設備安裝在 Class 1000 或以下的無塵室內，設備內部特定部位的污染度仍可能超過 1 級污染。

5.1.54.2 污染等級 2 — 一般僅發生非導電性污染，然而可預期偶爾會因水氣凝結(Condensation)而導致短暫導電。無塵室 Class 1000 等級以上。

註 11：Class 1000 或以上的無塵室屬於 2 級污染，但即使設備安裝在 Class 1000 以上的無塵室內，設備內部特定部位的污染度仍可能超過 2 級污染。

5.1.55 保護線 — 設備在正常操作下不應帶電的導電物質與保護接地端子間的連接線，用以提供電氣連接。

5.1.56 保護接地線 — 在正常操作條件下不載流的導線，用於連接電源的接地端與設備外殼上的保護接地端子。

5.1.57 保護接地線端子 — 為確保安全而聯結設備外殼導電零件的端子，此端子將接至外部保護接地線（保護接地線）。

5.1.58 保護接地系統 — 接地（及搭接）系統，將設備上可被接近導電零件接至電源的接地端。保護接地系統包括聯結的構件、聯結跳線、設備上的保護接地線端子，以及設備電源接入線的保護接地線。

5.1.59 線槽 — 金屬或非金屬材質的封閉通道，設計用來包覆電線、電纜或匯流排。

5.1.60 可隨時接近 — 無需攀爬、去除障礙物或使用可攜式階梯、椅子等工具便可直接快速接近以進行操作或檢驗。

5.1.61 強化絕緣 — 可提供與雙重隔離具相同防觸電效果的單層隔離。

5.1.62 風險 — 預期事故將導致的損失，以嚴重性和機率表示。

5.1.63 安全關機條件 — 所有危險能源及危險生產材料皆已移除或受到控制，且不會再引起其他危險的狀態。

5.1.64 安全電路 — 讓設備更加安全的電路。連鎖、EMO 電路以及其他保護電路皆屬於安全電路。

5.1.65 維修 — 使失效設備回復正常運作的非計畫性活動。請參閱保養。

5.1.66 嚴重性 — 由特定危險造成事故的最壞損失程度（損壞、受傷或釋放）。

5.1.67 最大短路容量 — 設備製造商預期設備電源電路在設備連接點會產生的最大短路電流。

註 12：電氣系統的最大短路容量通常是根據系統內零組件的額定短路電流分析而定。請參閱 UL 508A 與相關資料 2 瞭解判定額定最大短路容量的方法。相關資料 3 描述一個典型半導體設備，其連接點的最大短路容量。

5.1.68 輔助絕緣 — 搭配基本絕緣使用，以確保在基本絕緣失效時能防止觸電。

5.1.69 測試 — 用來驗證與記錄是否符合指定標準所進行的測量或觀察。

5.1.70 工具 — 協助人員執行機器功能的外部裝置。

5.1.71 電氣工作類型 — 依人員執行任務時所接觸的電能等級決定。須在系統上執行的電氣工作可分為以下四種類型：

5.1.71.1 類型 1 — 設備完全沒有通電。

5.1.71.2 類型 2 — 設備已經通電。帶電零件具有絕緣包覆，且無任何裸露的帶電零件。

註 13：類型 2 的工作包括使用探測器穿過護蓋或絕緣體上的開口來測量通電電路。

5.1.71.3 類型 3 — 設備已經通電。在乾燥場所內，有帶電元件外露，且有與其他未絕緣的帶電零件不小心接觸之可能性。電壓暴露值不超過 30 V 交流有效值(RMS)、42.4 V 交流峰值(Peak)或 60 V 直流(DC)，且電功率不超過 240 伏安(volt ampere)。

5.1.71.4 類型 4 — 設備已經通電。在乾燥場所內，有帶電元件外露，且有與其他未絕緣的帶電零件不小心接觸之可能性。電壓暴露值超過 30 V 交流有效值(RMS)、42.4 V 交流峰值(Peak)或 60 V 直流(DC)，或電功率超過 240 伏安，或是經感應或傳導的無線電頻率電流超過 SEMI S2 的限制。

5.1.72 電線導軌 — 將電線或電纜固定在限制路徑內的機械方法。

6 其他符合方法

6.1 本文件之標準係根據彼此相容的基本電氣安全考量項目而制訂，但不代表本文件為半導體製造設備用來展示符合電氣安全的唯一方法。

6.2 符合其他國內或國際電氣產品安全標準需求亦代表可符合本文件內容之標準。

7 設計原理

註 14：本節可為工程師提供一般設計基準，具體的設計考量將於第 8-22 節中說明。

7.1 本文件應使用於半導體製造設備的電氣設計、建構與評估階段。本安全基準的用意在於提供電氣設計之基準，以協助設計工程師與評估人員增進設備的電氣安全。

7.2 瞭解一般安全基準的工程師較有可能設計出安全的設備。本節內容並非本安全基準內具體工程考量的替代標準，但可幫助設計人員瞭解基本安全基準。

7.3 觸電的發生是由於電流穿過人體，1 毫安培的電流便足以使健康人體產生不良反應，且可能因非自主反應而導致間接事故。高電流具有較高的嚴重性風險。

7.4 設備在設計上應保護人員免受合理可預期之單一故障所造成的觸電或電弧閃光／爆炸之危險。

7.5 應保護維修及保養人員免因誤觸電氣而發生危險。

7.6 用電線連接的移動式設備會有較高的電擊及過熱危險，因為電源線拉緊時會導致接頭、絕緣體及保護接地線受損。可攜帶式設備的電源線絕緣特別容易磨損，若設備摔落地面可能引發更多危險。

7.7 大電流電路或高電容電路發生相間短路(Phase-to-Phase Short Circuit)或相對地短路(Phase-to-Ground Short Circuit)時，可能會產生電弧，或使融化的金屬彈出而造成燙傷。在此情況下，即使是低電壓的電路，也可能會造成危險。應利用足夠的間隔、護板或安全連鎖來預防發生此類危險。

7.8 當超載、零組件失效、絕緣損壞、高電阻或連接鬆脫會導致溫度失控而造成危險時，可利用下列一種以上的方法來降低起火風險：

- a) 執行所有合理步驟避免高溫導致起火；
- b) 控制可燃性物質的位置，避開可能的火源；
- c) 可燃物的使用數量應有所限制；
- d) 必要時應使用阻隔裝置，以免設備內部的火勢從起火點擴散；及／或
- e) 設備的防火外殼應使用適當的材質。

註 15：亦可依據 SEMI S14 基準來降低火災風險。

註 16：有些具有減緩火災特性的零組件或材料可能會受特定法規限制或禁用。

7.9 設備在設計上應要預防因過高或過低零件溫度所導致的傷害，並確保設備機械性穩定且結構完善；應避免操作員接觸尖銳邊緣與尖銳點，並提供足夠的保護措施或安全連鎖來預防危險的活動式零件。

7.10 應慎選並配置設備建構中使用的材料，藉以發揮其可靠性，而不致產生能源危險、引發觸電或直接造成嚴重的火災危險。

註 17：某些電氣零組件，如繼電器、電解電容器、電池、焊料、陰極光管、經處理的底盤、日光燈與接頭中的材質，均可能受特定法規限制或禁用。

8 一般考量

8.1 設備整體安全評估應納入有關電氣設計、建構及設備操作之風險的考量。此評估應包括故障分析，且包括但不限於觸電、火災以及零組件、子系統和系統失效的考量。

8.2 下列故障類型亦應納入考量：

- a) 設備電路的故障與失效，及
- b) 與操作員、保養與維修活動相關的可能人為失誤。

註 18：上述類型並非完整的故障類型清單。

8.3 解決已辨識的危險並符合設備安全考量的優先順序應如下所示：

- a) 透過設計解除危險，
- b) 搭配使用安全裝置，
- c) 提供危險警告或警告訊號，以及
- d) 發展管理程序及訓練（行政程序可包含使用個人保護設備）。

8.3.1 上述措施亦可混和使用。

註 19：請參閱 SEMI S2 瞭解詳細資訊。

8.4 電氣零組件

8.4.1 當零組件與總成件失效會導致觸電、火災或人員受傷的風險提高至無法接受的程度時，這些零組件與總成件應取得合格的測試實驗室認證，並依照製造商規範與認證條件或其他相關零組件的標準來使用。此需求適用於處理危險電壓或危險電力的零組件，或是使用在安全電路上的零組件。

註 20：請參閱 SEMI S2 有關可接受風險的詳細資訊。

8.4.2 零組件應依照第 11 節之規定備有過電流保護。

8.4.3 可行時，零組件應依認證條件及製造商的指示牢固裝載。

8.5 電源供應

8.5.1 設備的設計應可在連接指定電源供應器時安全地操作。

8.5.2 設備電源供應器中斷供電不可導致增加火災、觸電或其他危險情況發生的機率。

8.6 不斷電系統 (UPS) — 本小節適用於輸出大於 30 V 交流有效值(RMS)、42.4 V 交流峰值(Peak)或 60 V 直流(DC)，或電功率超過 240 伏安 30 的 UPS。當設備附有 UPS 時，製造商隨附的文件應清楚說明 UPS 的擺放位置與接線方法，且涵蓋安裝與保養說明。

8.6.1 當發生下列任一情況時，UPS 應停止供電：

- a) 按下緊急停止致動器 (EMO 按鈕)，或
- b) 啟動設備的主斷電裝置。

例外情形：啟動緊急停止 (EMO) 時，UPS 可以持續供電給 EMO 電路、安全相關裝置、以及資料／警報紀錄電腦系統，如第 13.3.3 節的例外條文所述。

8.6.2 UPS 除可設置在其本身的電氣箱內外，亦可設置在設備的安裝區域內。此電氣箱可能是 UPS 本身所提供，且可能為 UPS 認證中的一部分。UPS 電路可能是由設施的電源供電，而非 UPS 供電的設備，在此情況下，應納入第 9 節中設施主斷電裝置的所有考量，以含括供電給 UPS 電路的電源。

8.6.3 UPS 應取得合格測試實驗室認證。

8.6.4 UPS 電線與端子應標明‘UPS 電力輸出’，或是在 UPS 電線可能被拔除的每個接點上標示類似標語。

8.7 操作環境——電氣設備應可適應原本預定使用的環境。

8.8 電磁相容性 (EMC) ——在終端使用環境中可預期之電磁干擾所引發的系統故障不應導致無法接受的風險。產品符合 SEMI E33 或是 EMC 指令 (89/336/EEC) 便可視為符合此標準的規定。

8.9 污染物

8.9.1 電氣設備應有足夠的保護可防止固體與液體進入設備中，否則可能會因單點失效或合理可預期的操作失誤而增加觸電或起火的機率。

8.9.2 電氣絕緣應受到保護，以避免在化學環境中退化，或是應要有能力可抵擋置於化學環境中所會遭受的損壞。

8.10 游離化與非游離化輻射——人員應受到足夠的保護，以免遭受游離化與非游離化輻射相關的危險。符合 SEMI S2 的游離化與非游離化輻射章節之規定便可驗證為符合標準。

8.11 震動、衝擊與碰撞——應提供保護，防止在設備操作產生震動、衝擊與碰撞時可能產生的不安全後果，或是防止半導體製造、測試與組裝環境中存在的類似干擾。

註 21：請參閱 SEMI S2 的地震章節瞭解更多資訊。

8.12 運送與存放——運送所需的包裝應可防止濕氣、震動與衝擊造成的損壞，以免影響設備的安全性。

例外：在運送與存放時檢查可能受到衝擊的系統安全相關方面，可採用安裝考量來取代上述 8.12 節的包裝規範。

8.13 搬運規定——若在維修或保養時移動或舉起子系統可能會造成傷害，即應在系統手冊內詳加規定並紀錄。請參閱 SEMI S8 的詳細說明。

8.14 上鎖（電能隔離）——設備的設計上應具有可上鎖式能源隔離裝置，以在執行維修與保養任務時提供安全性。當可預期為必須或是有利於執行可個別操作的設備零件工作時，應在每個零件上提供個別的可上鎖式能源隔離裝置。

8.15 安全保護暫停——當安全保護措施有可能暫停時，應使用一般能源隔離、現場能源隔離或是安全工作程序。保養手冊中應具備這些程序的說明。

9 設施電氣連接

9.1 輸入端電源導線

9.1.1 設備在設計上應可讓公用設施輸送電力至終端在主斷電裝置上的單一饋電點，此主斷電裝置在開路時應能中斷該裝置負載端輸入設備的電力。

例外情形 1：若設備有一個以上的饋電點，每個饋電點都應配置電能隔離（上鎖）裝置，並在每個主斷電裝置上標示以下警語或類似警語：「警告：有觸電或燙傷危險！維修前務必關閉所有[饋電點數量]個電源。」

例外情形 2：若多個單元分別獨立安裝，彼此間無共同的危險且沒有以危險電壓、電功率或其他潛在危險條件互連的電路，則得分別使用獨立的電源和獨立的電源電路主斷電裝置。若上述各項獨立配置皆有清楚標示，亦可分別使用獨立的 EMO 電路。

註 22：若進行特定的保養或維修任務時無法使全系統上鎖，則應執行第 8.15 節的基準。

9.1.2 現場安裝的電源接頭應直接連接到主斷電裝置，中間不經過任何端子板或其他裝置。

例外情形：若電線插頭本身就是主斷電裝置，則不適用此規定。然而，若電線插頭不是主斷電裝置，現場安裝的電源接頭即應直接連接到主斷電裝置，中間不經過任何端子板或其他裝置。

9.1.3 若端子在主斷電裝置位於「斷開(Off)」隔離位置後仍存在危險電壓，此端子應標示適當的危險警告標籤。此標籤應貼於端子旁邊的電氣箱內。

9.1.4 電源的過電流保護應有足夠的額定，以保護連接到電源電路但不具備自我過電流保護的零組件。

9.1.5 設備上應具備主要過電流保護裝置。對於額定 240 VAC 或以下的電路，此裝置至少應具有 10,000 rms 對稱式安培遮斷容量 (AIC)；對於額定 240 VAC 以上的電路，此裝置則至少應具有 14,000 rms 對稱式安培遮斷容量 (AIC)。

例外情形 1：單相電源線連接設備 (Cord Connected Equipment) 若額定值不超過 2.4 kVA，其過電流保護裝置的額定遮斷容量可以使用至少為 5000 rms AIC 的裝置。當使用這種過電流保護裝置時，安裝手冊內應註明設備僅提供較低的 AIC 保護，以便使用者瞭解。

例外情形 2：若設備子系統（如微環境通風）額定值不超過 2.4 kVA，其過電流保護裝置的額定遮斷容量可以使用至少為 5000 rms AIC 的裝置。

9.1.6 辨識公用設施的連接

9.1.6.1 使用中性線時，應在設備示意圖上清楚標示，且公用設施的電源連接應標示「N」或「中性」標籤。

例外情形：若電線不架設在現場，電線連接的設備則無需為此標示。

9.1.6.2 在每個電源輸入點上，應以接地符號標示保護接地線的端子（請參閱 IEC 60417 內的符號 5019）。除了接地符號外，亦應使用其他適當的標示符號（如「PE」、「GND」）。

9.1.6.3 應提供安裝說明書，以便正確辨識與安裝三相系統中的每一相位，以免造成不正確的相位連接危險。

9.1.6.4 在設備示意圖中應清楚標示三相 AC 電路中每一未接地的相位導線，且公用設施的電源輸入點應在輸入端子旁使用下列一組符號來標示：

- a) 'L1,' 'L2,'和'L3,'
- b) 'R,' 'S,'和'T,'或
- c) 'A,' 'B,'和'C'。
- d) 'U,' 'V,'和'W'

註 23：為此目的使用'A','B'和'C'或'R','S'和'T'不符合 IEC 60204-33 的要求。

9.2 設備保護接地連接

9.2.1 保護接地線應與電源輸入導線一同接入設備。

9.2.2 保護接地線應為銅金屬。

9.2.3 保護接地線的大小應依據附錄 1 的表格來決定。請參閱附錄 1 表 A1-2 至表 A1-5 的保護接地線尺寸。

9.2.4 保護接地線端子應專門用來將保護接地線連接到設備的保護線和聯結系統。

9.2.5 保護接地線與保護接地線端子之間的連接亦需符合本安全基準內的保護聯結標準（請參閱第 12 節）。

9.2.6 保護接地線不可當成電力輸送電路的載流導線。可允許保護接地線負載來自於 EMC 電容濾波器的電流。保護接地線也可負載感應式及電容式意外耦合產生的電流。

9.2.7 不可以電氣設備內部做任何電源中性線與保護接地線或保護接地系統的連接。

9.3 斷電裝置

9.3.1 主要能源隔離裝置（設備的主斷電裝置）應設置在可隨時操作的位置，且只能在斷電狀態下才可上鎖。

9.3.2 若設備具有多個電源輸入饋電點，所有主斷電裝置應集中設置在同一個區域，或是在每個電源電路主斷電裝置的位置上標示所有其他電源電路主斷電裝置的數量。

註 24：建議將主斷電裝置集中安裝在同一區域。

9.3.3 應依照以下其中一項規定，將電源導線接至主斷電裝置：

- a) 接點應設置在設備上或其附近的一個獨立的主斷電裝置電氣箱內。設備內主斷電裝置電源側的零件若在主斷電裝置關閉時依舊通電，即應加以保護（防止手指碰觸），以避免維修人員意外接觸；或是
- b) 接點應設置在靠近頂端的主電氣箱內，並有足夠的彎曲空間用來佈設電源導線，且在電源端子上方不裝設任何設備。設備內主斷電裝置電源側的零件若在主斷電裝置關閉時依舊通電，即應加以保護（防止手指碰觸），以避免維修人員意外接觸；或是
- c) 接點應設置在主電氣箱內，且有其他設備裝設在電源端子上方。設備內主斷電裝置電源側的零件若在主斷電裝置關閉時依舊通電，即應加以保護（防止手指碰觸），以免維修人員意外接觸，或是避免工具由上方掉落而接觸。開口處應無法讓 1 mm (0.04 吋) 的木棍穿入而與通電的零件接觸。

例外情形：總耗電量為 1492 瓦 (2 HP) 或以下的機器可利用軟線、電纜或導管連接裝設在遠端的主斷電裝置，以方便機器操作員可在距離工作站 6 公尺 (20 呎) 範圍內看到並能隨時操作主斷電裝置。

9.3.4 應依照附錄 1 表 A1-2 至表 A1-5 之規定提供電線彎曲空間給主斷電裝置的公用設施電源導線。

例外情形：滿足 NFPA 70 電線彎曲空間需求的設備可視為符合此標準。

9.3.5 當主斷電裝置位於斷開(Off)位置時，應符合下列標準：

- a) 電源電路所有未接地的導線應立即斷開。
- b) 接地的導線（中性或接地線）不應被斷開。

例外情形：接地的導線（中性或接地線）可以被斷開，但前提是其必須和未接地的導線同時被斷開。

註 25：有些法律規定接地（中性）導線也必須斷電。

9.3.6 主斷電裝置最少需有兩個標記的位置「斷開 Off」（隔離）與「投入(On)」。這些位置應清楚標示 IEC 60417 符號 5008 的「Off」標記以及 IEC 60417 符號 5007「On」標記。

9.3.7 設備主斷電裝置的致動器應可隨時操作，其距離不得超出立面 2 公尺（由把手中央開始測量）。

9.3.8 公用設施電源輸入端的每個主斷電裝置應該以機械或電氣或此兩種之組合與斷電電氣箱門連鎖。

例外情形 1：在維修電氣箱內的照明電路時，才需要主斷電裝置不與電氣箱門一同連鎖。若在電氣箱門打開時主斷電電氣箱內的外暴零件可能通電，則應貼上危險警告標籤。

例外情形 2：使用插頭作為主斷電裝置時。

例外情形 3：若在遠端裝設主斷電裝置，即應以工具開啟設備的電氣箱門，並在電氣箱上貼示危險警告標籤，警告人員內有危險電壓，並提醒在開啟前應隔離電源。

例外情形 4：第 9.3.8 節內的考量不適用於額定小於 5kVA 的設備，因為本文件已規定此種設備須使用其他防止觸電的保護措施。

9.3.9 主斷電裝置（上鎖）的把手在電氣箱開啟時不可從主斷電裝置上脫落。

9.3.10 在主斷電裝置與相關電氣箱門之間應具有連鎖機制，以預防下列兩種情況：

- a) 在電氣箱門開啟時將主斷電裝置投入。但連鎖機制被其他指定的行動所覆蓋則不在此限（參閱第 13 節），
- b) 主斷電裝置投入一直到電氣箱門完全關閉。

註 26：相較於電氣式連鎖，以使用機械式連鎖為佳。

9.4 使用電線與插頭連接作為設施連接

9.4.1 電線與插頭連接預定用來當作主斷電裝置時，此連接應可獨立由工作人員控制或是應具有可上鎖的方法。請參閱第 16 節有關導線與電纜的說明。

9.4.2 若電源線為系統隨附，電源線及安裝指示均應符合安裝地的現行法令，否則設備即應利用線槽進行固定接線。

9.4.3 若採用固定接線，則不應使用電線與插頭來作為主斷電裝置。

9.4.4 If the cord and plug is used for the main disconnecting means the equipment should also have an on-off control.

註 27：建議在下列情況下使用電線與插頭連接公用設施：

- a) 設備採用隨附插頭並由電源插座供電，以便於經常移動式；
- b) 設備所採用的扣緊裝置與機械連接設計是為了方便在保養維修時拆卸。

註 28：第 16.3.1 節列有限制材質之規定。

9.4.5 如果電線與插頭用於主斷電裝置，它的斷路容量應至少為機器額定電壓下的額定電流。

例外情形：如果額定電流不超過 16 A 且額定功率不超過 3 kW，則不適用此斷路容量標準。

10 預防觸電或電灼傷

10.1 概述 — 電氣設備應提供保護，預防人員在正常操作情況與任何合理可預期的單一故障情況下遭到觸電危險。

10.2 預防正常操作時觸電

10.2.1 當使用非導電材質或經接地的導電材質來密封控制人員接近危險電壓時，該密封應符合下列任一條件：

- 1) 符合密封開啟(Opening)的適用標準(如：UL 508A, IEC 60204-1, IEC 60204-33, IEC 61010-1)，或者其他
在附錄 4 的密封開啟標準；亦或者
- 2) 要工具來開啟且貼有標籤，以防止人員遭受危險；或是
- 3) 具有安全連鎖。

註 29：亦可參閱 IEC 60529 「外殼提供的保護等級」。

10.2.2 未絕緣的帶電零件與導電材質密封的間隔距離應保持在符合爬電距離和電氣間隙標準的適用標準（如 IEC 61010-1, IEC 60950-1），或是依照第 22 節內容進行介電測試，以確定此間隔距離是否足夠。

註 30：相關資料 4 有爬電距離和電氣間隙的指引訊息。

10.2.3 有絕緣保護的帶電零件須滿足絕緣體的完全包覆且絕緣體僅能用破壞式方法才能移除。這種絕緣體應能承受在正常操作條件下可能遭受的機械、化學、電氣和溫度壓力。

10.2.4 預防故障條件導致的觸電危險 — 可利用下列一個以上的措施來預防危險接觸電壓的發生：

- a) 可使用雙重或強化絕緣，以預防在帶電零件基本絕緣失效時因與帶電導體接觸而導致危險的接觸電壓，
- b) 可使用電氣空間區隔（間隙或爬電），以預防在帶電零件基本絕緣失效時因與帶電導體接觸而導致危險的接觸電壓，
- c) 自動將任何因絕緣失效而導致接地故障的電路斷開以預防接觸危險電壓。

註 31：請參閱 GFCI 的定義。

10.3 保養與維修人員可能受到危險的暴露情況

10.3.1 活電作業 — 設備在設計上應降低設備通電時需要校正、修改、修理、測試、調整或維修的機會，同時降低需要在靠近外露帶電零件附近的工作機會。設備的設計應盡量將任務由類別 4 調整為類別 1、2 或 3。除了排除故障外，保養手冊內亦應具有針對常態性類別 4 任務的書面指示。保養手冊中應涵蓋針對排除故障（包含類別 4）工作的一般安全程序（如適當 PPE 與護欄）。

10.3.2 維修人員的保護 — 維修人員不應暴露於可能接觸到危險電壓或危險能源等級的情況。可採用安全端子，或在外露端子外使用額外的護欄以符合此規定。

10.3.3 手動調整 — 需要手動調整的設備在設計上應可讓調整工作不造成人員接觸到電氣或機械性危險。

10.3.4 檢修門 — 應為保養與維修設備的進出提供保養與維修檢修門。

10.3.5 內部護欄 — 在下列情況下，應提供非導體或已接地的導體護欄，或是類似的保護措施：

- a) 需穿越、穿過下方，或穿過附近危險或接近危險處，
- b) 掉落物件會造成短路或電弧，
- c) 設備內任何零件的液體承載處破裂會導致液體侵入電氣零件，
- d) 保養或維修任務可能造成意外接觸未絕緣的帶電零件，而此零件符合下列任一條件：在乾燥環境下運作，電壓大於 30 V 交流有效值(RMS)、42.4 V 交流峰值(Peak)或 60 V 直流(DC)，或電功率超過 240 伏安。

註 32：建議使用可拆除式的非導電性與防火性護蓋。

10.3.6 測試點 — 當具有測試點時，測試點須符合下列條件：

- a) 位於不造成檢修門阻礙的位置，
- b) 具有標記或文件紀錄中有標示，
- c) 可防止意外接觸，以及
- d) 提供足夠的空間讓測試探測器進入。

10.3.7 隔離電力系統 — 本小節僅適用於以危險電壓運轉的 50 至 60 Hz AC 應用。

註 33：使用隔離電力系統的常見用意在於藉由不將輸出電路導線接地來減少電氣干擾的來源。

註 34：自耦變壓器 (Auto Transformer)無法提供電氣隔離。

10.3.7.1 在故障情況下若可接觸的導電性零組件可能會通電，則應完善地與保護接地線聯結。

例外情形：若製程技術規定導電性零件在不可接觸時為未接地狀態，但在可接觸時為接地狀態，則確保此導電性零件在可接觸時為接地狀態便可符合第 10.3.7.2 節的標準。

10.3.7.2 隔離電路應符合下列要求：

- a) 隔離電源或變壓器以及連接到其輸出端的任何零組件（裝置）應在隔離電路旁或外殼上清楚標示其處於未接地狀態，以警告操作員與維修員注意安全，
- b) 應在輸出電路內安裝接地偵測燈、接地故障斷路器（GFI）或電線隔離監控器，以表示隔離導線接地故障的狀態。此要求將可協助偵測隔離電力系統內是否接故障。

10.3.8 預防殘留電壓 — 儲存的電力能源應將其放電到小於危險能源等級的程度。請參閱第 22 節的測試方法。

例外情形：可產生危險電力或危險電壓的電池不需要將其放電，但應具有可安全措施以確保維護時的安全並記載於系統文件中。

11 預防電氣火災的危險

11.1 設備設計上應具有保護措施，可預防在零組件失效或不正常操作條件下所致的任何合理可預期之單一故障的電氣火災危險。

11.2 安裝文件應提供選擇防止設施電源電流超載的保護裝置與設施電源導線之必要資訊。

11.3 所有導線應利用本節其他段落中選用的保護裝置類型來預防過電流，但保護接地線、保護線與接地的導線（例如中性線）除外。

例外情形：接地（中性）的導線可在安全與設計考量下由過電流保護裝置斷電，但未接地的導線也須同時斷電。

11.4 電路過電流保護裝置不應超出所有受保護導線的載流容量。

11.5 保護單一或群組導體的過電流保護裝置應位在導體接受電力供應端(如附錄 2)，除非滿足以下所有條件：

11.5.1 對於一個長度不超過 3 公尺(10 英尺)的導體：

- a) 導體的載流容量等於或大於負載電流。
- b) 導體密封在一個電氣箱或管件中。
- c) 導體的末端為一個過電流保護裝置。

11.5.2 對於一個長度超過 3 公尺但不超過 7.5 公尺(25 英尺)的導體：

- a) 導體的載流容量等於或大於負載電流。
- b) 導體長度超過 3 公尺（10 英尺），且該導體電流承載能力具有其上游導體或上游導體的過電流保護裝置跳脫值的至少有三分之一。
- c) 導體密封在一個電氣箱或管件中。
- d) 導體的末端為一個過電流保護裝置。

11.6 供電給個別元件的電路，其過電流保護設定值不應超過該個別元件額定安培數的 125%。見第 18 章有關馬達保護說明。

11.7 不可歸類成供電給個別元件的電路亦應提供過電流保護，過電流設定值應為該分路最大標稱負載安培數的 125%或是最接近但大於此數值的標準過電流保護設備的額定值，除非可以證明本分路即使發生故障也不至於造成電氣火災(例如:具有限流設計的負載)。

11.8 所有電源插座、接頭及供電給這些插座的電路都應具有符合各自額定值的過電流保護。

11.9 電燈負載分路 — 電燈負載分路的過電流保護不應超過 15 安培。

11.10 變壓器

11.10.1 工作頻率為 50/60 Hz、一次側額定電壓在 600 VAC 或以下且無內建過熱保護的變壓器，應依據表 1 的適用範圍提供過電流保護。

Table 1 無熱保護變壓器的過電流保護

變壓器一次側額定值	變壓器二次側額定值	一次側保護最大設定值 (額定值百分比) ^{#1}	二次側保護最大設定值 (額定值百分比) ^{#1}
任何額定值	9 A 或更多	250	125
任何額定值	小於 9 A	250	167
9 A 或更多	任何額定值	125	不要求
小於 9 A 或大於 2 A	任何額定值	167	不要求
2 A 或更小	任何額定值	300	不要求

^{#1} 當此額定值找不到可以符合的標準保護元件時，可採用最接近的次一級標準規格保護元件。

11.10.2 工作頻率為 50/60 Hz、一次側額定電壓在 600 VAC 或以下、配置了內建過熱保護，且會在過載時中斷一次側電流（Primary Current），應依據表 1 或表 2 的規定加以保護。

註 35：若製造商未說明額定電流，可參考相關資料 1、2 的計算方法來確定此電流值。

Table 2 有熱保護變壓器的過電流保護

變壓器交流阻抗	一次側保護最大設定值 (額定值百分比) ^{#1}	二次側保護最大設定值 (額定值百分比) ^{#1}
6%或更小	600	125
大於 6%或小於 10%	400	125

#1 當此額定值找不到可以符合的標準保護元件時，可採用最接近的次一級標準規格保護元件。

11.11 過電流保護裝置

11.11.1 過電流裝置——應依據下列考量選擇及採用過電流保護裝置：

- 最大短路容量，
- 裝置的啟斷容量，
- 額定電壓，
- 負載特性，
- 正常操作電流，以及
- 電路開機時的浪湧電流特性。

11.11.2 與保險絲相比，建議使用斷路器與電路保護器來作為過電流保護裝置，因其可重新設定。

11.11.3 保險絲座以及保險絲應使用可裝設在面板或零組件導軌上的設計類型。

註 36：一般俗稱的「Inline」保險絲並不符合此項標準。

11.11.4 面板裝設的保險絲座與保險絲應符合下列需求：

- 螺絲型保險絲座內的保險絲僅限在單相電路且使用中性導線時才能當作過電流保護使用；

例外情形：多相電路中若採用快速型保險絲可以增進安全性則可以採用。

- 若保養或維修人員的意外碰觸會導致觸電，應使用預防接觸式保險絲座；
- 拆除螺帽時，若保險絲座有外露的金屬零件（非防觸電型保險絲座），則線路導線(電源側)應連接到末端端子，而負載導線(負載側應連接到側面端子；
- 保險絲座不應在替換保險絲時發生電氣接頭鬆脫的情形。

11.11.5 斷路器與電路保護器應符合下列要求：

- 斷路器或電路保護器應可手動操作，且亦可在把手機制關閉時排除故障；
- 應清楚標示出「斷開(Off)」、「投入(On)」位置。應裝設把手，且把手推向上時為「投入(On)」位置；
- 若斷路器裝設在立面上，則斷路器裝設方向僅能採用垂直或水平安裝。若為垂直安裝，把手推向上時應為「投入(On)」位置。若為水平安裝，則把手推向右邊時為「投入(On)」位置。若斷路器採兩行水平裝設，則兩行斷路器均以將把手推向中間為「投入(On)」位置，否則應清楚標示出「投入(On)」 「斷開(Off)」位置；
- 若斷路器裝設在水平面，則把手向右推時應為「投入(On)」位置。若裝設成兩行，則兩行斷路器均以將把手推向中間為「投入(On)」位置，否則應清楚標示出「投入(On)」 「斷開(Off)」位置；
- 所有未接地的導線都應有過電流保護。

註 37：可行時，建議將電路的電源側導線接至斷路器或電路保護器上方。標記有「電源側」及「負載側」之斷路器或電路保護器其電源側及負載側導線不可錯接。

11.12 *Electrolytic Capacitors* 電解電容器

11.12.1 大型電容器通風建議 — 直徑大於 25.4 mm (1 吋) 或可儲存大於 4 焦耳的電容器應具備自行通風能力或是可用類似方法來防止破裂。電容器通風口不應受有阻礙，且最小直徑為 5.1 mm (0.2 吋)。水平方向裝設的電容器其上半段的上方應具備通風口 (9、12、3 點鐘方向位置)。

11.12.2 電容器內部應要有圍堵措施或是利用護蓋包起，以避免人員遭受蒸汽或碎片的危險。

11.12.3 電容器端子應絕緣或受到保護，以防止工具造成短路現象。不可光靠亮光漆與密封劑當作保護。

11.13 故障情形下的異常溫度 — 在任何合理可預期的單一故障條件下，若加熱器或其他電路可能會造成異常溫度而導致無法接受的危險等級，則應提供溫度保護來偵測溫度異常升高的情形，並中斷能源。亦可接受使用類似的方法來提供保護。

11.14 除符合本文件的標準外，可行時亦須符合 SEMI S3 的標準。

11.15 某些裝置的負載會受到操作條件與操作經驗 (如陶瓷抗熱式加熱零組件) 影響而有所不同。用來選擇過電流保護裝置的負載值應可包含最糟情況與正常操作條件下的全負載範圍。

12 保護接地系統

12.1 搭接 — 所有可接近的非帶電導體，若在合理可預期的單一故障情況下可能會發生通電情形，則應與保護接地系統搭接。

註 38：本章節不適用於與安全性無關的搭接導線 (如配合 EMC 考量的搭接導線)。

12.2 未與保護接地系統搭接的零件 — 若非帶電導體在單一故障情形下不具危險，則不需與保護接地系統搭接。

12.3 保護接地系統

12.3.1 概述 — 保護接地系統是由所有包括在保護接地線端子與未載流的框架、外殼或零組件間持續提供電氣連結的零組件所組成。這些未載流的框架、外殼或零組件依照規定必須在正常操作及單一故障條件下維持在地電位水平壓 (請參閱第 12.1 節)。

12.3.2 保護線 — 應使用銅導線或配備搭接跳線的構件來聯結保護接地系統。

例外情形：除了銅導線外，其他具有等效載流容量的導線亦可用作為保護線。

12.3.2.1 當保護線以此方式使用時，其尺寸應符合表 A1-2 至 A1-5 保護線載流容量的需求 (此載流容量為相關載流導線之載流容量的函數)。

12.3.2.2 母線及／或設備框架也可用作為保護線。使用母線或是設備框架時，其形體與材質應提供與表 A1-2 至表 A1-5 保護線相同的載流容量。

12.3.3 外殼上的鉸鏈式、滑動式或其他活動零件不可作為保護接地系統的一部分。

例外情形：若外殼與鉸鏈經由合格的測試實驗室證實適合用來聯結，則可使用此鉸鏈。

12.3.4 除非連接保護搭接電路 (如第 12.1 節所示)，否則線槽、線道、與電纜托架不可用來當作保護線。

12.3.5 可行時，建議將保護線與相關載流導線佈設在同一條路徑上。

12.3.6 除第 9.2.6 節規定的情況外，不可將保護接地系統用作為載流導線。

12.3.7 保護接地系統的連續性(Continuity) — 保護接地系統應為永久性設施，且具備良好的電氣連續性並可負載任何可能發生的接地故障電流。請參閱第 22.3 節「接地連續性與保護搭接電路的連續性」的相關測試方法。

12.3.8 搭接保護線的搭接與聯結點應經過設計，以防止載流能力受到機械、化學或其他干擾的影響而導致載流能力降低。

12.3.9 一般維修時會被移除的五金零件與護蓋螺絲不可用來作為保護導線和外殼零件／零組件的終端連接。

12.3.10 除配件或附件外，具有金屬對金屬支撐面的機器零件應視為已與保護接地系統搭接。由非導電液體或氣體分隔的零件不應視為已搭接。

12.3.11 拆卸一個零件後，其餘零件的保護接地系統的連續性不可因此受到影響。

12.3.12 保護搭接電路的開關裝置排除規定——保護接地系統不應有任何開關或是中斷裝置。

例外情形：進行操作時，若技術上需要隔離電壓（例如移除接地位準），可接受使用接地中斷裝置，但此裝置需能在相關零組件在進行檢修變成可接近時自動提供保護接地系統連續性，並具備容錯功能。

12.3.13 中斷保護接地系統——若在保護接地系統的持續性可能受到接頭（如插頭與插座連接）影響而中斷，進而導致觸電危險升高，則應符合下列考量：

- a) 通電導線的電力中斷後，保護接地系統才能中斷；且
- b) 保護接地系統的連續性必須先恢復才可以重新連接任何通電導線。

12.4 保護接地系統的聯結端子

12.4.1 保護線應聯結到一個不會受到其他導線端接干擾的端子（保護接地系統導線的端子）。

12.4.2 應清除保護線端接面上的所有非導電塗層，例如油漆或清漆。

12.4.3 聯結導線和保護接地系統的接線端子應為無緊固功能的環形端子，或是具緊固功能的凸緣叉式端子。

12.4.4 用來連接保護接地系統的端子接線片不需要絕緣。

12.5 使用電線與插頭連接的設備應依照第 22 節的測試方法通過漏電流測試。

13 安全電路

13.1 概述——應使用變壓器或電源供應器來供應電力給安全電路。此類型變壓器的一次側與二次側線圈之間應具備電氣隔離。安全電路在設計上應使用的非危險性電壓與功率位準並能滿足控制電路正確操作。

註 39：請參閱第 13.3.3 節例外情形 2 中特定的 EMO 功能例外。

13.2 啟動功能

13.2.1 啟動功能應在相關電路通電時才能操作。

13.2.2 預防意外啟動——工程設計上應預防意外啟動。

13.3 緊急停止

13.3.1 設備應具有「緊急停止」（EMO）電路。EMO 致動器（如按鈕）在啟動時，會讓設備進入安全關機狀態，且不會對人員或設施產生其他危險。

例外情形 1：對於電線與插頭連接的單相設備，若其額定值小於 240 V（線對線）／150 V（線對地）且不大於 2.4 kVA，且僅具有電氣性危險，則在操作員與保養人員具有可隨時操作主斷電裝置能力的前提下，不需要個別的緊急停止電路。

例外情形 2：若總成件並非單獨使用的設備，而是使用在整合式系統內且由終端使用者系統供電，則可無需安裝個別緊急停止電路。總成件的安裝手冊上應具有清楚的指示，以讓設備安裝人員將總成件連接到整合式的系統緊急停止電路上。

註 40：本文件建議，緊急關閉電路的功能不可降低安全裝置的有效性，且當裝置（如磁性或制動裝置）提供可讓設備進入安全關機狀態的必要安全功能時，此裝置的有效性亦不應被降低。

13.3.2 EMO 介面——當設備可能被整合，且可能與終端使用者公用設施內的其他總成件處於相同危險時，則應提供外部 EMO 介面。具有外部 EMO 介面時，供應商應提供連接此介面的指示。

13.3.3 EMO 功能 — 除了主電氣箱外，啟動緊急關閉電路時應中斷所有危險電壓以及設備內所有大於 240 V amp 的電源。

例外情形 1：非危險性電壓 EMO 電路（通常為 24 伏特）可以保持通電。

例外情形 2：安全相關裝置（如煙霧偵測器、漏氣／漏水偵測器、壓力測量裝置等）可以由非危險性電源持續供電。

例外情形 3：電腦系統、PLC 執行資料／警報紀錄功能以及錯誤回復功能也可能會持續通電，故斷路器與供電給電腦系統的插座上應標示清楚，告知人員在 EMO 啟動後還是會有通電的情況。

例外情形 4：多個裝置單獨安裝，而沒有共通危險，沒有危險性電壓，能量水平或其他危險條件的互連電路可具有：

- 單獨的電源和單獨的電源電路斷開裝置，假如可清楚地識別，或
- 單獨的 EMO 電路，假如可清楚地識別。

13.3.4 EMO 設計與性能

註 41：若設備預定使用在具有火災或爆炸潛在危險的場所，本文件建議考慮使用氣動式或 EMO 安全電路。

13.3.4.1 EMO 電路不應包含會造成 EMO 失效或忽略的控制元件。

13.3.4.2 EMO 電路應包含電機零組件。

例外情形 1：在系統或系統的相關零件經過評估且證實適用時，可使用固態裝置與零組件。零組件應經過評估並證實可適用於異常狀態，例如超載電壓、低電壓、電源中斷、瞬間超載電壓、斜坡電壓、電磁敏感性、釋放靜電、溫度循環、濕度、灰塵、震動及搖晃，評估組件並找到合適的組件。應透過機電組件去除最終的電力等。

例外情形 2：如果 FECS 符合第 13.7.3.1 節和第 13.7.3.2 節的標準，FECS 可與機電或固態設備和組件一起使用。應透過機電組件去除最終的電力。

13.3.4.3 EMO 致動器應可自行上鎖。

13.3.4.4 EMO 開關在重新設定後，不可重新接通會對人員或設施產生危險的電路、設備或子總成件。

13.3.4.5 EMO 電路關閉設備的方法應是中斷電源，而非導通控制元件

註 42：第 8.4.1 節規定了與安全相關的部件和組件的附加評估標準。

13.3.5 EMO 標示 — EMO 標示應考量下列事項：

- a) 緊急關閉致動器應為紅色且為蘑菇狀；
- b) 應在 EMO 處具有黃色背景；
- c) 所有緊急停止致動器應清楚標示出「EMO」、「緊急停止」或同等標示，且在可視區域內可清楚閱讀。標籤可貼在致動器上方或是黃色背景上；
- d) 緊急停止按鈕應放置在最不會受到意外啟動的位置，或應受到保護以防意外觸動。

13.3.6 EMO 的位置與尺寸 — 緊急停止按鈕的位置應可從進行操作及定期保養的位置隨時接觸到，且按鈕應可由手掌後端啟動，始屬適當之尺寸。

13.3.7 操作員或定期保養的位置與 EMO 位置之間不應超過 3 公尺（10 呎）以上。

13.3.8 啟動或檢查 EMO 開關人員不應暴露在 SEMI S10 風險等級中等或更高的危害，可能有相關風險的危害如下例子：

- 接觸帶電的電氣元件，

- 接觸移動的機械，
- 接觸極高溫或極低溫的表面，及
- 在緊急情況下快速移動時，局限空間的進出或大意的接近而造成撞擊、跳開或掉落。

13.4 **操作模式** — 當系統具有一個以上的操作模式，且操作模式的選擇可能會造成危險狀態時，則應僅限由經過訓練的維修或保養人員來選擇模式。

13.5 暫停安全保護措施的情況應符合第 8.15 節之規定。

13.6 安全控制器

13.6.1 **止動控制器** — 止動控制器僅能在經過危險分析後確定可用且可降低危險時才能使用。使用止動控制器時，止動控制器應可確保控制裝置會持續運作並完成操作。

13.6.2 **雙手控制器** — 當使用雙手串聯式控制器來預防操作員受到危險時，該控制器及／或控制電路應符合下列規定：

- a) 手動控制器應為瞬間接觸開關，且具有黑色或綠色的開關頭。每個手動控制器應受到保護，以防止意外操作；
- b) 每個手動控制器的陳設都應經過設計、建構及／或區隔，以確保需使用雙手才能啟動機器循環。本文件建議兩個控制器之間至少相距 610 mm (24 吋) 的高度；
- c) 雙手控制器應經過設計，在啟動機器循環時僅需不到一秒便可將兩個控制器減壓，且雙手控制器需持續保持減壓直到危險解除為止；及
- d) 控制器系統應配合防重複功能。此功能可限制機器在每一次手動控制器減壓時只會進行一次循環。控制器系統應配合防固鎖功能，以在每個循環間要求操作員釋放雙手控制器。

13.6.3 **啟動停止合併式控制器** — 只有在操作時不會發生危險的情況下，才能使用可交替啟動與停止機器動作的控制器。

13.7 安全連鎖電路

13.7.1 **預防故障情況** — 當單點失效會導致不可接受的危險時，應提供安全連鎖電路或其他適用措施來預防單點失效所造成的後果。

13.7.2 **安全連鎖功能** — 安全連鎖應經過設計，以在人員接觸危險點前自動讓設備進入安全狀態。每個安全連鎖在啟動時應立即發出警報來提醒操作員。

註 43: 風險與時間相關；所謂安全的狀態應包括在人員受到危害前便將設備置於安全的狀態。

例外情形：若安全連鎖會觸動緊急停止 (EMO) 電路，或是會中斷使用者界面的電源，則無需通知操作員。

註 44：安全連鎖啟動時最好能顯示出啟動的原因。

13.7.3 **安全連鎖設計** — 以使用電氣機械式裝置與零組件為佳，但安全連鎖系統相關系統零件經過適用性評估並符合適當標準時，亦可使用固態裝置與零組件。適用性評估應包含異常狀態的考量，例如超載電壓、低電壓、電源中斷、瞬間超載電壓、斜坡電壓、電磁敏感性、釋放靜電、溫度循環、濕度、灰塵、震動、搖晃或連接網路介面。

例外情形：當合理可預期的失誤嚴重性在 SEMI S10 的標準下判定為輕微等級時，可考慮使用軟體式安全連鎖。

13.7.3.1 **機電式或固態式的可程式安全控制系統**，若符合電氣安全系統應用之適當標準，FECS 便可與其結合應用。FECS 的零組件應依照適用標準的需求進行測試，並取得認證。認可的電氣安全系統標準範例包括 IEC 61508、ISO 13849-1 (EN 954-1)、ANSI/ISA 84.00.01。

註 45：第 8.4.1 節列有安全相關零組件與總成件的額外評估標準。