

---

# 移動基站防雷方案



# 目 錄

一、前言

二、基站基本防雷簡介

三、設計依據

四、基站整體防雷總述

五、電源系統的避雷與過壓保護

六、天饋線系統的過壓保護

七、中繼傳輸系統的過壓保護

八、接地系統的改造

## 一、前言

廣西是雷暴日較高的地區，爲了防止移動通信基站遭受雷害，確保基站內設備的安全和正常工作，確保建築物、站內工作人員的安全，提高網路運行的安全係數，實施移動通信基站的整體防雷與接地工作是十分重要的。

## 二、基站基本防雷簡介

勘察了相當部分有代表性的基站現場，並結合區移動公司提供的資料和現場勘察調研的情況，將基站的防雷基本現狀總結如下：

### 1、外部防雷系統和接地系統

全部基站建有外部防雷系統，包括佛蘭克林接閃體和引下線，符合規範要求並處在正常工作狀態。接地系統大多數符合郵電行業標準，有個別基站接地電阻值偏高。

### 2、機房內的接地線路基本符合規範

在機房內設立了接地彙集排，分別連接到開關電源的直流參考地、設備及走線架保護地、交流地和饋線遮罩接地。

### 3、電源系統

高山站和郊區站的電力線多爲架空引入，交流屏和整流器經常被雷擊。少量開關電源已配套國產或進口電源避雷器。

### 4、天饋系統和數位中繼系統

基站依照行業規範要求應作好饋線遮罩層三點接地，一般基站只作了首末兩端接地。幾乎所有的饋線均未安裝饋線避雷器。

基站的數位中繼系統分爲光纖傳輸、微波傳輸、PCM 同軸電纜傳輸三種方式，除新建站通信系統的 DF 架部分已安裝了信號避雷器，其餘均無保護裝置。

### 5、基站情況總結

移動下屬基站的外部防雷和接地系統已較爲規範，應根據實際情況進行綜合治理，相應增加對感應雷的防護措施。

### 三、設計依據

移動基站的整體防雷工程是一項要求高、難度大的綜合工程，涉及多方面的因素，需要針對不同的系統分別加以保護，又要考慮多個系統的協調工作，在工程中不能造成對系統的任何影響。因此，在遵守國家和資訊產業部有關規範的基礎上，引入國際電工委員會的先進防雷技術和標準要求，以達到更好的防護效果。

國際電工委員會過電壓技術委員會（IEC/TC-81）是權威的國際性標準組織，其防雷技術綜合了各國防雷技術的精華，制訂的防雷規範對世界各國具有指導意義。本方案參考 IEC-61024（建築物防雷）和 IEC-61312（雷電電磁脈衝的防護）的核心內容而制定。標準中，重點提出了防雷分區和等電位連接的概念，根據雷擊在不同區域的電磁脈衝強度劃分防雷區，並在不同的防雷區介面上進行等電位連接，能直接連接的金屬物就直接連接，不能直接連接的如電力線和通信線等，通過不同的避雷器進行等電位連接。實踐證明這種分區分級等電位連接的防雷方案是最好的解決問題方法。

IEC-61312 指出，防雷區是指閃電電磁環境需要限定和控制的區域。各區以在其交界處的電磁環境有無明顯改變作為劃分不同防雷區 (LPZ)的特徵。

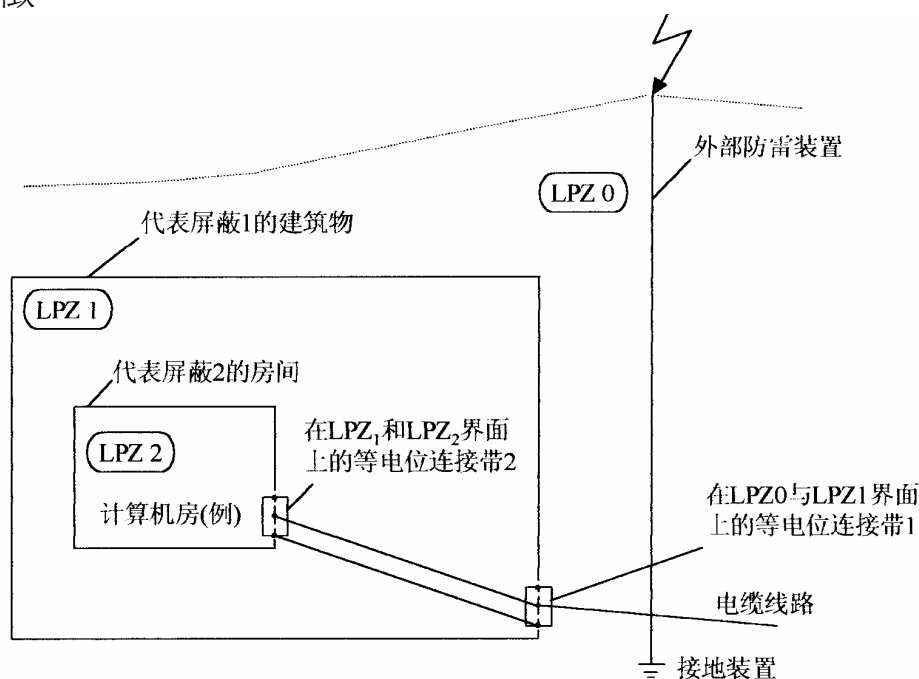


图 1

LPZ 0-A 區：本區內的各個物體都可能遭到直接雷擊，因此各物體都可能到導走全部電流。本區內的電磁場沒有衰減。

LPZ 0-B 區：本區內的各物體不可能遭到直接雷擊，但本區內電磁場沒有衰減。

LPZ 1 區：本區內的各物體不可能遭到直接雷擊，流往各導體的電流比 0-B 區進一步減小，本區內的電磁場也可能衰減，這取決於遮罩措施。

LPZ 2 區：根據需要進一步的減小所導引的電流和電磁場，就應引入後續防雷區 LPZ 2。

根據防雷分區的概念，結合基站的基本情況，基站的電源系統和信號中繼系統都處在 LPZ 0-A 和 LPZ 0-B 之間，天饋系統處於 LPZ0-B 和 LPZ 2 之間，根據基站防雷區的劃分情況，應在分區介面上選擇安裝符合 IEC 規範要求的避雷器，以將雷電電磁強度逐級降至最低。

**設計依據以下標準和規範：**

- 3.1 GB50057-94 《建築物防雷設計規範》
- 3.2 GB9361-88 《電子電腦機房設計規範》
- 3.3 GB2887-89 《計算站場地技術檔》
- 3.4 GB9361-88 《計算站場地安全要求》
- 3.5 JGJ/T16-92 《民用建築電氣設計規範》
- 3.6 GA173-2002 《電腦資訊系統防雷保安器》
- 3.7 IEC61312 《LEMP 雷電電磁脈衝的防護》
- 3.8 IEC61643 《SPD 電源及通訊網絡防雷器》

## 四、基站整體防雷總述

移動基站是由電源系統、接收發射系統、天饋線系統、中繼傳輸系統等構成的一個綜合系統，防雷的目的是保證各系統都能正常工作，不受雷電的干擾和破壞。基站所處環境的不同，雷擊的季節和強度都不一樣，所以將需保護的基站作為一個整體，堵塞所有的雷擊入侵渠道，實行分區和等電位連接的原則，在工程實施中按規範執行，才能起到全面的保護效果。

根據防雷分區的概念可以知道，不同防雷區之間的電磁強度不同，除直擊區外，內部防雷區因電磁衰減而與外部防雷區的雷擊電磁強度不一樣。因此，作好遮罩措施，在一定程度上可以防止雷電電磁脈衝的進入。那麼，穿越防雷區介面的線路就成了雷擊的主要通道。作好穿越防雷區的線路上的防雷，無疑是整體防雷的重點。

外部接閃體承擔大部分的雷電電磁的能量，是整個防雷系統中的最重要一環，表面看起來其同內部防雷區沒有關聯，但是，強大的下地電流產生的電磁場能在進入內部防雷區的線路上感生出強電勢，破壞內部設備。當然，閃電在空中直接接閃時，更會線上路上直接感應到電勢差，產生瞬間過電壓和過電流。

除了線路入侵和電磁感應之外，雷電電磁脈衝進入內部防雷區的渠道還可通過接地系統。當雷擊在地網附近，雷電流通過接地線下地，地網瞬間的高電位可能通過接地線反擊設備，造成破壞。由此可以得出，防雷不僅僅包括避雷針和避雷器，還包括遮罩與接地等其他有助於減少電磁強度的措施。

IEC /TC-81 將整體防雷總結為：DBSE 技術—即分流（Dividing）、均壓（Bonding）、接地（Earthing）、遮罩（Shielding）四項技術的綜合。如果從設計階段開始綜合考慮四項措施，嚴格符合基站防雷接地規範，就能起到理想的防護效果。

在工程實施中，四項核心技術必須貫穿始終。而有的基站為非標準機房，為租借的普通建築，遮罩措施無法達到要求，再整改加強遮罩不大現實，只有從合理安裝避雷器、改善接地系統等角度入手解決問題。

## 五、電源系統的避雷與過壓保護

由於電力線大多架空鋪設，受雷擊或感應的機會相當大，基站電源系統發生的雷電事故也較多。除此之外，位於郊外的基站供電屬於 TT 系統，電網電壓波動大，易造成過壓損害用電設備。因此電源系統避雷及過壓保護是首要解決的問題。但國家對高壓系統的避雷保護有專門規定，歸屬電力部門負責，因此本方案只針對拉入基站機房內的低壓電力線進行保護設計。

YD5068-98 規範中第 3.1.9 明文規定要求在低壓電力線進入交流屏前，安裝可靠的防雷器件，但並未涉及具體需防護雷電的級別和能量的配合。而國際電工委員會防雷技術組織（IEC/TC81）的國際通行規範 IEC61312-1 給出了防雷保護區概念，並對各級避雷器提出具體技術要求。

根據 IEC 的統計，自然界中首次雷擊電流幅值超過 200KA 的機率不到 1%，首次雷擊電流波形為 10/350  $\mu$ s（分別指波頭和半值時間）。由於外部防雷的接閃和電磁的衰減，約有 50%的雷電能量入地，因此 IEC-61312 規定了作為處在 LPZ 0-A 和 LPZ 0-B 防雷區之間的首級避雷器的放電流，應達到 100KA（10/350  $\mu$ s）。考慮到符合電氣安全的設備，其耐過壓能力一般是工作電壓的 2-3 倍，因此作為最內部的防雷器的殘壓要求在 600V 左右，對精細的電子設備要求更低。由於雷擊的強度與設備的耐壓水平懸殊，IEC 經過實踐證明只有分級保護才能達到這一要求。根據設備的不同位置和耐壓水平，可將保護級別分為三級或更多。

根據多數基站配電的情況——未經遮罩的供電線路穿越各級防雷區，結合設備耐過壓能力，採取符合國內和國際規範通行的兩級防雷能夠達到保護目的。對於部分雷擊頻繁強烈的地區，可適當增加分級分區的數量。

5.1 第一級採用電源避雷器：用開關箱固定安裝在基站電源總進線開關處，對地並聯在三根相線和中線上，直接用  $25\text{mm}^2$  銅纜接地至總接地線，並不通過交流配電屏接地。這樣可防範  $8/80\ \mu\text{s}$ 、 $100\text{KA}$  的雷電波，達到最大感應雷防護標準。避雷器具有遙控監測觸點和損壞報警指示，配合雷擊計數器，具備了移動基站防雷技術規範所有功能要求。

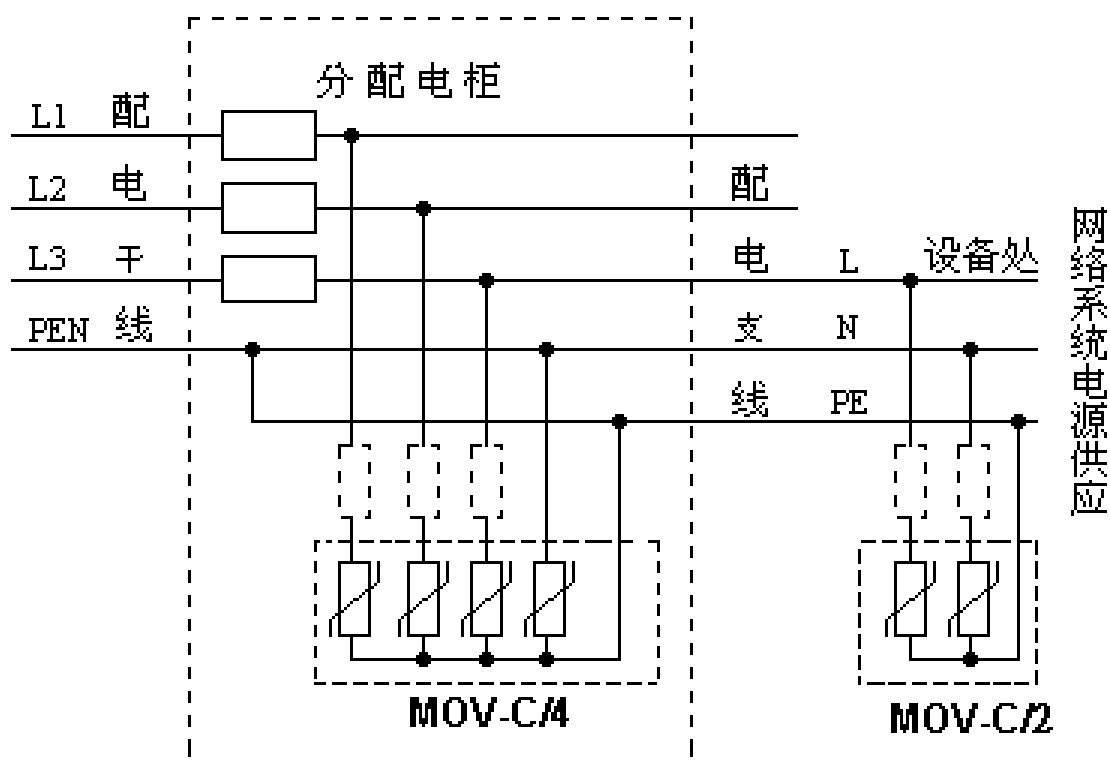
5.2 根據 IEC 364-4-442，為防止變壓器高壓側某一相對變壓器殼短路，造成用戶側相線對地產生持續高電勢差，建議第二級採用“3+1”系統，即 3 個 C 類保護器分別由三根相線對中線安裝，再加上一個 NPE 保護器，連接中線和地線。這樣可以進行相-相、相-中、相-地、中-地的全面保護

電源第二級避雷器安裝在交流配電屏處，通過交流配電屏可靠接地，同時具有遙控監測觸點和損壞指示視窗，插拔模組結構可以進行不斷電的更換操作，標準 DIN 導軌安裝，也可直接在交流屏內安裝。

5.3 現場第一級避雷器與第二級過壓保護器的安裝點達到技術要求的 10 米距離，作為退耦器件，在基站不具備線路施工條件時，可考慮安裝專用退耦器。為配合避雷器工作，可選用耦合器來協調兩級保護器的能量分配。

5.4 在部分內部遮罩措施不得力，或基站設備距離開關電源距離較長的基站，可以選擇安裝電源第三級直流避雷器，抑制前級較高的殘壓對後端弱電設備的干擾。安裝在開關電源直流輸出處，通過直流配電屏接地，或者直接安裝在基站設備和傳輸設備的電源輸入端。

5.5 在雷擊較為頻繁的高山和沿海基站，部分低壓配電電纜為架空引入，由於預期的雷擊較為強烈，而且基站內只有一處配電，因此需要選用通流量大、少維護的複合性電源避雷器。



圖三、組合式電源避雷器原理圖

## 六、天饋線系統的過壓保護

YD5068-98 規範第 3.3 條規定，基站天線必須在接閃體的保護範圍內，同時依照第 3.3.2 條規定作好饋線遮罩層的三點接地。同軸饋線電纜與天線相連，從鐵塔或支撐架上引入機房，注意接閃體的引下線要與饋線相隔一定距離。饋線作為雷擊感應的主要通道，應在饋線進入室內的防雷區 L<sub>ZP</sub> 0-1 介面處，安裝同軸饋線保護器。

6.1 由於移動基站的工作環境比較惡劣，大多數是無人值守機房，根據基站設備的實際情況，選擇饋線避雷器，安裝在走線架上、主饋線與下跳線之間的 7/16 DIN 介面處，通過遮罩層可靠接地。此類避雷器具有壽命長、損耗低、免維護、高功率等特點，有別于傳統的氣體放電式避雷器。

6.2 良好的饋線遮罩層接地是保證避雷器工作的基礎。郵電行業規範對接地作了嚴格的三點接地的規定，即饋線上部（饋線頂端與天線介面處）、下部（饋線在鐵塔下部折彎前）和經走線架進機房處都要可靠接地。對於超過 30 米長的饋線或鐵塔高度  $\geq 60$  米時，依據規範要在鐵塔中部增加接地點。

6.3 出於工程安裝的快捷性，符合規範的防滲、防潮、防洩漏的要求，建議使用專用饋線遮罩層接地設備。

## 七、中繼傳輸系統的過壓保護

基站的中繼系統的傳輸有三種形式，光纖、微波和 PCM 電纜，其傳輸的通道處於 LPZ 0 和 LPZ 1 防雷區之間，也是引入雷電波的通道，因此中繼傳輸線路的防雷是整體防雷中不可缺少的部分。YD5068-98 規範第 3.4 條規定在信號電纜進站處加裝信號避雷器。

7.1 光纖由於其傳輸信號的特殊性，不受雷電干擾，光端機電源得到保護後，做好遮罩鎧甲的接地就可以達到良好的防護效果。

7.2 PCM 電纜中繼線是雷擊感應的重點，根據基站地處環境差別大，信號電壓低、易干擾等因素，選用尤其能適合於惡劣環境、性能優越的信號避雷器，安裝在中繼線入戶處、DF 架的介面前，並就近接地到接地彙集排。

7.3 微波中繼設備採用了比較特殊的介面方式，由於微波的傳輸頻率較高，具有一定的對雷電衰減的能力，在規範中未涉及此項內容，根據實際經驗，將微波饋線（信號電纜）全遮罩並根據介面不同情況安裝信號或饋線避雷器即可。

## 八、接地系統改造

所有避雷器的保護原理是在雷擊瞬間保證設備、大地、建築物及其附屬設備之間構成等電位體，從而避免過電壓的損害，其中最關鍵的就是接地系統。從防雷保護的原理不難理解，等電位的構成需要各系統共同接地，否則可能因為地電位反擊而形成二次破壞效應。YD5068-98 規範中第 4.1 條明確指出：基站使用聯合接地網。

8.1 理想的接地裝置（包括從接閃器、接地線到接地體）是沒有電阻的，當雷擊時，不論雷電流有多大，接地裝置上任何一點對大地的電勢差為零，這樣對人和設備是絕對的安全。事實上這樣的接地裝置是不存在的，而在實際工程中，就要求接地阻值應盡可能地小，規

範 YD5068-98 要求，基站地接地電阻值一般應小於 5 歐姆。

8.2 爲了保證移動通信基站穩定可靠的工作，防止寄生電容耦合干擾，保護設備及人身的安全，解決環境電磁干擾及靜電危害，都必須有良好地接地系統。在共用地網時，各種功能地接地既相互聯繫，又相互排斥，暫態干擾及接觸部分產生電磁波會給信號線帶來輻射雜訊，引起誤碼和記憶體資訊丟失，所以要注意信號電路、電源電路、高電平電路、低電平電路地應採用並聯式直接接地，而避免接在同一點上。

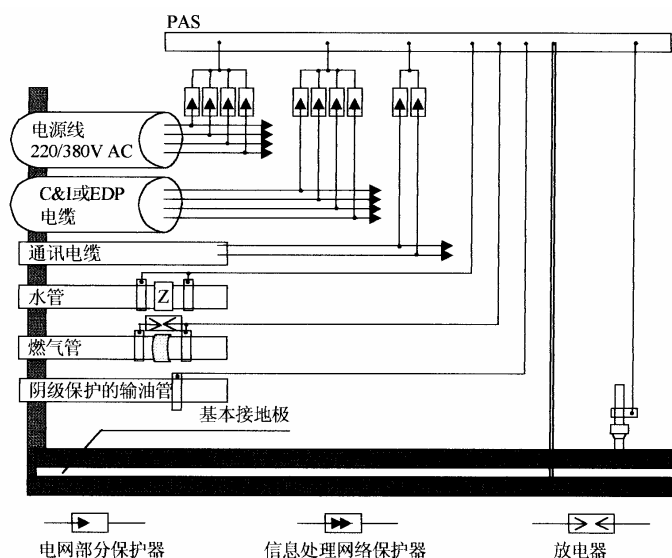


图 3

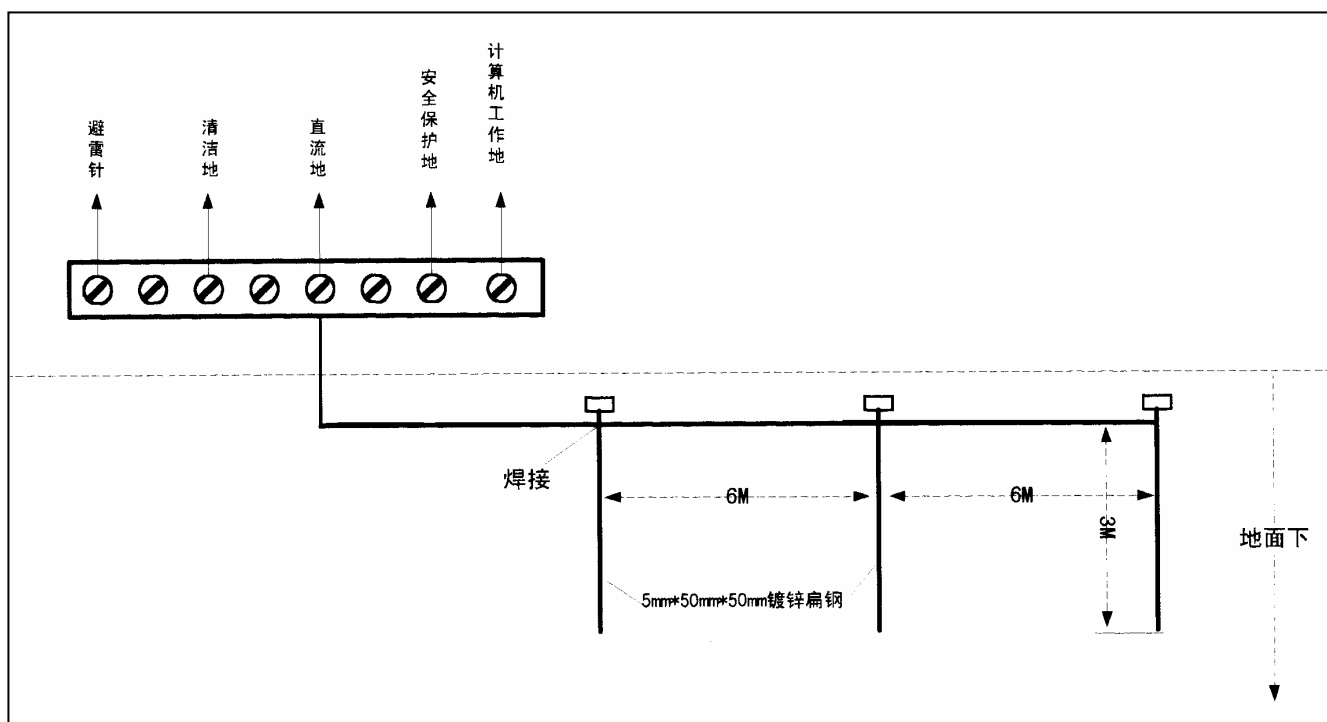
各設備地接點電位只與本設備地工作電流和接點電阻有關，各點間的電位差小，並且消除了公共接地線的阻抗，各設備間的參考點也不易改變。

8.3 按照 IEC 整體防雷技術的接地要求，保證設備在雷擊瞬間應處在等電位狀態。

由於部分基站的信號地、保護地相對獨立，從“節約、實效”的原則考慮，將各地網簡單相連。在地網施工中，接地體應依照 YD5068-98 規範第 4.2 條要求採用熱鍍鋅鋼材，連接使用銅纜。在地網改造的施工中，不僅要將地阻值降低，而且要注意合理地設計地網結構，以保證大電流下地時均勻快速地向大地分散。

### 8.4 接地和等電位連接的工作原理。

在雷擊瞬間由於避雷器件的快速導通和大電流的泄放，使設備內部線路器件、機殼、鐵塔和建築牆體金屬構件以及金屬遮罩物等都與地網同時連通。這樣在雷電發生的瞬間，機房內部和外部各個物體處在與地網相等的電位上，避免了因物件之間的電勢差而使設備損壞。



接地系統標準施工圖

8.5 避雷器在極短的時間內(ns 級)回應，電流快速泄放，地網能否快速發散電流，是整個系統建立等電位的關鍵。因此要根據地理環境和土壤電阻率的不同而設計地網的結構，使電流合理快速的發散。

8.6 接地電阻偏高的基站必須進行整改。由於基站屬聯合接地，外部防雷系統接閃電流大，防止互擾的角度考慮，接地體的鋪設應以封閉環行為佳。對環行接地體所包圍的面積的等效半徑  $(A/\pi)^{1/2}$  小於 5m 的情況下，每一引下線應增加水平或垂直接地體。其總長度 L 按如下公式確定：

$$L=[(11\rho-3600)/380]- (A/\pi)^{1/2}$$

(A：地網等效圓的面積     $\rho$ ：土壤電阻率)

8.7 降低接地電阻可適當增加地網面積、改善接地體埋設結構。在土壤電阻率較高的環境，一般的地極埋設難以達到理想的結果時，可採取多種措施來降低接地電阻值。如採取換土、深埋地極、添加長效降阻劑、深井壓力灌漿法。

8.8 機房內接地彙集排與接地裝置的連接引下線一般不應少於兩處，並沿機房四周均勻對稱佈置，其間距不應小於 10m。當利用建築物的鋼柱或牆體鋼筋作為引下線時，可按跨度設引下線，但引下線的平均跨度不應小於 10m。在機房內部應設立接地均壓環，可以利用利用電氣設備與接地幹線環路。