**基站机柜抗震加固设计的评估及应用**

Evaluation and application of base station cabinet seismic strengthening design

**作者姓名：**鲍毅（重庆信科设计有限公司）

**Author：**BaoYi（CHONGQING INFORMATION TECHNOLOGY DESIGNING CO.,LTD）

**摘要：**无线基站的抗震设计具有特殊重要的地位和要求。本文主要计算论证基站机柜在地震作用下各构件刚度比，验算在分配地震力作用时各构件的强度、稳定性、刚度，提出基站设备及设施在设计安装时加固工艺，最后对抗震加固的构件及节点进行计算论证，得出评估结论。

**关键词：**基站机柜；加固措施；设计计算；加固工艺；评估论证

**Abstract:**

The seismic design of wireless base station has special important status and requirements. This paper mainly calculates and proves the stiffness ratio of each component of base station cabinet under the earthquake action, checks and calculates the strength, stability and stiffness of each component when the earthquake force is distributed, puts forward the reinforcement technology of base station equipment and facilities in the design and installation, and finally calculates and proves the components and nodes of seismic reinforcement, and draws the evaluation conclusion.

**Keywords:**

Base station cabinet; reinforcement measures; design calculation; reinforcement technology; evaluation and demonstration

# 0.前言

在实际的工程建设、维护中，还是有相当数量的站点该做抗震加固的设备没有做抗震加固，即便做了抗震加固的，加固构件及关键节点没有进行必要的计算论证，缺乏在地震力作用下的数据依据，因此所用材料和安装结构，大多未必能达到预期的效果。本文进行必要的理论分析和推导验算流程，提出科学合理的抗震加固工艺，提高通信网络中主要设备及设施的抗震性能，才能有效提高在遭受相应设防烈度的地震作用时通信网络的安全性、可靠性。

# 1.基站机柜抗震加固慨述

## 1.1 目前基站机柜抗震加固情况

自2009年开展通信工程建设领域专项治理活动以来，基站内设备的抗震加固仍是不容忽视的问题。目前，还是有相当数量的站点该做抗震加固的设备没有做抗震加固，即便做了抗震加固的，其形式五花八门，由于所用材料或安装的方式原因，大多未必能达到预期的效果。

## 1.2基站机柜抗震加固措施

按YD 5059-2005《电信设备安装抗震设计规范》第5.1.2及第5.1.3中的安装抗震加固措施主要采用两点：一、电信设备顶部应与列架上梁加固。对于8 度及8 度以上的抗震设防，必须用抗震夹板或螺栓加固；二、电信设备底部应与地面加固。对于8 度及8 度以上的抗震设防，设备应与楼板可靠联结。

基站机柜抗震加固措施主要是：

一、对已安装的基站机柜进行顶部抗震加固，即设备机柜顶部两侧通过L型大三角铁(或平面大三角铁)与垂直爬梯下部螺栓固定，垂直爬梯上部通过三角夹板与上横梁固定，上横梁固定通过L型拉钩螺栓与上走线架横档夹板固定，这样组成的联结架成为一个整体。由于设备机柜顶部两侧与垂直爬梯之间，采取的是利用三角形的稳定性，通过L型大三角铁(或平面大三角铁)连接固定，较好地解决了设备机柜与垂直爬梯之间的相对变形摆动，使设备机柜非常稳固的与上走线架安装连接成一个整体，真正达到了抗震防灾的要求。

二、由于该抗震加固的方案采取的是通过爬梯将设备机柜与上走线架固定，因此也较好的解决了设备机柜到上走线架间，各种缆线规范布放和固定的问题，避免因缆线的摆动导致机柜设备侧连接端头松动的隐患。从而使得机房内的总体布局显得更加整齐划一、规范美观。

针对以上的加固措施，本文以西南地区在抗震设防烈度为8度条件下的室外基站机柜的抗震加固工艺方法进行评估论证，主要针对使用的各连接件进行应力计算和部件结构联接是否满足相关通信行业标准规范进行评估。如图1所示，各主要连接件所用材料为：

1、L型大三角铁(或平面大三角铁)、三角夹板采用2毫米厚的镀锌板材加工；

2、垂直爬梯、上横梁采用2毫米厚的镀锌板材加工；

3、受拉螺栓φ4为钢制商品自攻螺丝；

4、L型拉钩螺栓为标准件，属成品配件；

注：L型拉钩螺栓是成品配件，属于走线架安装的标准紧固件。 图1 基站机柜里面效果图

# 2.加固效果评估

## 2.1抗震加固计算论证

垂直爬架与上走线架的质量和刚度沿高度分布均匀，在水平力作用下，变形以剪切型为主，按照规范规定办法计算其水平地震作用，即：

设备重力荷载G

G＝∑G＝396.56＋576.563＝1807.30N

计算水平地震影响系数

由抗震规范附录A查得抗震设防烈度为8度，设计基本地震加速度值为0.20g，由表3.2查得＝0.05。



结构总水平地震作用标准值FH



质点i的水平地震作用标准值为：

各质点的水平地震作用标准值设备架剪力的计算过程见下表：

表5.1 设备架各层剪力

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层次 | Gi(N) | Hi(mm) | GiHi | ΣGiHi | Fi(N) | Vi(N) |
| 4 | 396.56 | 1400 | 555184 | 555184 | 284.1 | 284.1 |
| 3 | 576.56 | 1070 | 616919.2 | 1172103 | 309.8 | 593.9 |
| 2 | 576.56 | 740 | 426654.4 | 1598758 | 206.5 | 800.4 |
| 1 | 576.56 | 410 | 236389.6 | 1835147 | 103.3 | 903.7 |

根据《建筑结构荷载设计规范》GB50009-2012规范第3.2条规定，对爬架承受的各类荷载进行荷载组合。

基本组合的荷载分项系数，应按下列规定采用：

1.永久荷载的分项系数：

1)当其效应对结构不利时

—对由可变荷载效应控制的组合，应取1.2；

—对由永久荷载效应控制的组合，应取1.35；

2)当其效应对结构有利时

—一般情况下应取1.0；

—对结构的倾覆、滑移或漂浮验算，应取0.9。

2.可变荷载的分项系数：

　　—一般情况下应取1.4；

荷载组合：1.2恒荷载＋1.4活荷载＋1.3地震作用

四层：S=1.3284.1+1.4(31.9+34.7)=462.5N

三层：S=1.3309.8+1.4(56.8+32.6)=526.8N

二层：S=1.3206.5+1.4(46.4+28.4)=373.2N

一层：S=1.3103.3+1.4(39.5+24.3)=223.6N

在求得端弯距以后由节点的弯距平衡条件，即可求得上横梁端弯距。

表5.2 地震组合下各构件的弯矩

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 层 | M(N.mm) | M(N.mm) | M(N.mm) | M(N.mm) |
| 4 | 17.57 | 4.95 | 17.57 | 17.57 |
| 3 | 32.72 | 17.62 | 37.67 | 37.67 |
| 2 | 33.30 | 36.08 | 50.92 | 50.92 |
| 1 | 28.54 | 71.73 | 64.62 | 64.62 |

## 2.2构件加固效果评估

表5.3 各构件地震应力验算结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 构件类别 | 地震作用产生强度应力（MPa） | 地震作用产生稳定应力（MPa） | 最大承载应力（MPa） |
| 垂直爬梯 | 138 | 183 | 215 |
| L型大三角铁 | 129 | 149 | 215 |
| 三角夹板 | 118 | 172 | 215 |
| 小三角铁 | 107 | 161 | 215 |

由表5.5可知，加固中采用的各构件受力均满足抗震的设计要求，加固方案中垂直爬梯及连接三角铁等构件受力安全。

## 2.3节点加固效果评估

表5.4 各螺栓地震应力验算结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 螺栓类别 | 地震作用产生应力（MPa） | 最大承载应力（MPa） |
| 受拉螺栓φ4 | 92 | 170 |
| 受剪螺栓φ4 | 87 | 140 |
| 受拉剪螺栓φ4 |  | |

由表5.6可知，加固中各节点联结的螺栓受力均满足抗震的设计要求，加固方案中节点设计安全。

## 2.4加固抗震构造措施评估

此加固方案安装采取由上走线架、L型拉钩螺栓（走线架安装的标准紧固件）、垂直爬梯、三角夹板、L型大三角铁、机柜顶部组成的加固联结架，构件之间采用螺栓联结牢固。这样机柜顶部和上走线架成为一个整体，符合《电信设备安装抗震设计规范》（YD5059-2005）的要求。

走线架终端固定在承重墙上，有效地使得设备和机房在地震作用下可以同步位移，不致发生错动而导致倾倒，此符合《电信设备安装抗震设计规范》（YD5059-2005）5.1.8条的要求。

敷设在走线架上的电缆绑扎在垂直走线架横铁上，井然有序，此符合《电信设备安装抗震设计规范》（YD5059-2005）6.6.1条的要求。

综上可知，此类构造措施满足规范要求的“当遭受本地区设防烈度预估的罕遇地震作用时，电信设备安装的铁架及相关的加固点，允许有局部损坏，但不应产生列架倾倒的现象”的抗震要求，该加固方案抗震措施安全。

参考依据：

[1]《中国国家地理》2008年第6期

[2] GB 50011-2010《建筑抗震设计规范》

[3] GB 50009-2012《建筑结构荷载设计规范》

[4] GB50017-2017《钢结构设计规范》

[5] YD5083-2005《电信设备抗地震性能检测规范》

[6] YD5096-2016《通信用电源设备抗地震检测规范》

[7] YD5100-2014《移动通信基站设备抗地震检测规范》

[8] YD5059-2005《电信设备安装抗震设计规范》

[9] YD5054-2010《通信建筑抗震设防分类标准》