

电气工程抗震设计说明

1. 工程概况
1.1 建筑机电工程设施与建筑结构的连接构件和部件的抗震措施应根据设防烈度、建筑使用功能、建筑高度、结构类型、变性特征设备设施所处位置和运行要求以及现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，经综合分析后确定，并应符合现行《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的有关规定。
本工程建筑抗震设防类别为二类，建筑结构安全等级为二级；建筑结构所在地区的抗震设防烈度为6度。

2. 电气工程抗震设计
2.1 建筑机电工程重要机房不应设置在抗震性能薄弱的部位；对于有防震装置的设备，当发生强烈震动不应破坏连接件，并应防止设备和建筑结构发生谐振现象。
2.2 建筑机电工程设施与建筑结构的支、吊架应具有足够的刚度和承载力，支、吊架与建筑结构应有可靠的连接和锚固。
2.3 建筑机电工程管道穿越墙体结构的洞口设置，避免穿越主要承重结构构件。管道和设备与建筑结构的连接，二者间有一定的相对位移。
2.4 建筑机电工程设施的底座或连接件应将设备承受的抗震作用全部传递到建筑的结构上。建筑结构中用以固定建筑机电工程设施的预埋件、锚固件，应能承受建筑机电工程设施传给主体结构的地震作用。
2.5 建筑机电工程设施抗震设计以建筑结构设计为基准，对与建筑结构的连接件应采取措施进行设防。对重力不大于1.8KN的设备或吊杆计算长度不大于300mm的吊杆悬挂管道，可不进行设防。
2.6 抗震支、吊架与钢筋混凝土结构应采用刚性连接，与钢结构应采用焊接或螺栓连接。
2.7 穿过抗震层的建筑机电工程管道应采用柔性连接或其他方式，并应在非抗震层两侧设置抗震支架。
2.8 建筑机电工程设施底部应与地面牢固固定。对于8度及8度以上的抗震设防，膨胀螺栓或螺栓应固定在结构层下的结构楼板上。对于无法用螺栓与地面连接的建筑机电工程设施，应用型钢抗震防滑角铁进行限位。
2.9 建筑场地为I类时，甲、乙类建筑的建筑机电工程应按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施；丙类建筑的有关规定选用，并可采用相应于地震设防烈度的设计基本地震加速度和设计特征周期。对已编制抗震设防区划的要求采取抗震构造措施。
2.10 建筑场地为III、IV类时，对设计基本地震加速度为0.15g和0.30g的地区，各类建筑机电工程分别按8度(0.20g)和9度(0.40g)的要求采取抗震构造措施。
2.11 建筑机电工程所在地区遭受的地震影响，其抗震设防烈度可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定选用，并可采用相应于地震设防烈度的设计基本地震加速度和设计特征周期。对已编制抗震设防区划的城市，可按批准的抗震设防烈度和对应的地震动参数进行抗震设防。
2.12 抗震设防烈度和设计基本地震加速度取值的对应关系，应符合表1.3.2的规定。设计基本地震加速度为0.15g和0.30g地区内的建筑机电工程，应分别按7度和8度的要求进行抗震设计。

表1.4.1 类别系数
表格包含：物件、部件所属系统、类别系数、甲类建筑、乙类建筑、丙类建筑。
系统包括：消防系统、燃气及其他气体系统、应急电源、弱电系统、空调系统、给排水系统、通风空调系统、电气系统、照明系统、防雷系统、其他灯具、柜式设备支吊架、水盘、冷却塔支吊架、锅炉、压力容器支吊架、公用天线支吊架。

2.17 当计算两个连接在一起、抗震措施要求不同的建筑机电设备时，应按较高要求进行抗震设计。建筑机电设备连接损坏时，不应引起与之相连的有较高要求的机电设备失效。
2.18 下列建筑机电设备应进行抗震验算：
2.18.1 7度~9度时，电梯提升设备的锚固件、高层建筑上的电梯构件及其锚固；
2.18.2 7度~9度时，建筑机电设备自重大于1.8KN或其体系自振周期大于0.1s的设备支架、底座及其锚固。
2.19 建筑机电高层的地震作用计算方法，应符合下列规定：
2.19.1 各构件和部件的地震力施加于其重心，水平地震力应沿任一水平方向；
2.19.2 建筑机电工程自身重力产生的地震作用可采用等效侧力法计算；对支承于不同楼层或防震缝两侧的建筑机电工程，除自身重力产生的地震作用外，尚应同时计算地震时支承点之间相对位移产生的作用效应；
2.19.3 建筑机电设备(含支架)的体系自振周期大于0.1s，且其重力大于所在楼层重力的1%，或建筑机电设备的重力大于所在楼层重力的10%时，宜进入整体结构模型进行抗震计算，也可采用楼面反应谱方法计算。其中，与楼盖非线性连接的设备，可直接将设备与楼盖作为一个质点计入整个结构的分析中得到设备所受的抗震作用。

2.19 当采用等效侧力法时，水平地震作用标准值按下式计算：
F = \gamma \eta \zeta \alpha_{max} G
式中：F—沿最不不利方向施加于机电工程设施重心处的水平地震作用标准值；
\gamma—非结构构件功能系数；
\eta—非结构构件功能系数；
\zeta—状态系数；对支承点位于质心的任何设备和柔性体系取2.0，其余情况可取1.0；
\alpha_{max}—位置系数，建筑的顶部宜取2.0，底部宜取1.0，沿高度线性分布；对结构要求采用时程分析法补充计算的建筑，应按计算结果调整；
G—地震影响系数最大值；可按规范中多遇地震的规定采用；
G—非结构构件重力，应包括运行时有人、家具、设备和管道中的介质及随管中介质重力。

2.20 建筑机电工程设施或构件因支承点相对水平位移产生的内力，可按该构件在位移方向的刚度乘以规定的支承点相对水平位移计算，并应符合下列规定：
2.20.1 建筑机电工程设施或构件在位移方向的刚度，应根据其端部的实际连接状态，分别采用刚性连接、铰接、弹性连接或滑动连接等简化的力学模型；
2.20.2 分段防震缝两侧的相对水平位移，应根据使用要求确定；相邻楼层的相对以息水平位移\Delta u，应按下式计算：

表1.3.2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度的对应关系
表格包含：抗震设防烈度(6, 7, 8, 9)和对应的设计基本地震加速度(0.05g, 0.10(0.15)g, 0.20(0.30)g, 0.40g)。

2.21 当采用楼面反应谱法时，建筑机电工程设施或构件的水平地震作用标准值按下式计算：
F = \gamma \eta \beta G
式中：\beta—建筑机电工程设施或构件的楼面反应谱值。
表1.4.6 弹性层间位移角限值
表格包含：结构类型(钢筋混凝土框架、钢筋混凝土框架-剪力墙、钢筋混凝土抗震墙-剪力墙、钢筋混凝土工程支多、高层钢结构)和对应的层间位移角限值(1/550, 1/800, 1/1000, 1/1000, 1/250)。

2.22 在设防烈度地震作用下需要连续工作的建筑机电工程设施，其支吊架应能保证设施正常工作，重量较大的设备设置在结构地震反应较小的部位，相关部位的结构构件应采取相应的加强措施。
2.22.3 需要设防的建筑机电工程设施所承受的不同方向的地震作用应由不同方向的抗震支吊架来承担，水平方向的地震作用应由两个不同方向的抗震支吊架来承担。
2.23 重要电力设施可按设防烈度提高1度进行抗震设计，但当设防烈度为8度及以上时则不再提高。
2.24 内径不小\phi 60mm的电气配管及重力不小\phi 150N/m的电缆桥架、电缆线槽、母线槽均应按抗震设防进行抗震设计。
2.25 地震时应保证正常人流疏散所需的应急照明及相关设备的供电。
2.26 地震时需要加长工作场所的照明设备应就近设置应急电源装置。
2.27 地震时应保证火灾自动报警及联动控制系统的正常工作。
2.28 应急广播系统宜设置地震广播模式。
2.29 地震时应保证通讯设备电源的供给、通讯设备正常工作。

2.30 电梯的设定应符合下列规定：
2.30.1 电梯和相关器械、控制器的连接、支承应满足水平地震作用及地震相对位移的要求；
2.30.2 垂直电梯应具有地震探测功能，地震是电梯应能够自动就近层并停运。

2.31 机房位置选择：
2.31.1 配电机房、通信机房、消防控制室、安防监控室和应急指挥中心宜布置在地震力或变位较小的场所，且应避开对抗震不利或危险场所。
2.31.2 电气设备间及电缆管井不应设置在易受震动破坏的场所。
2.32 柴油发电机组的安装，应符合下列规定：
2.32.1 应设置震动隔离装置；
2.32.2 与外部管道应采用柔性连接；
2.32.3 设备与基础之间、设备与减震装置之间的地脚螺栓应能承受水平地震力和垂直地震力。

2.33 变压器的安装，应符合下列规定：
2.33.1 安装就位后应连接牢固，内部线圈应牢固固定在变压器外壳的支承结构上；
2.33.2 变压器的支面适当加宽，并设置防止其移动和倾斜的限制器；
2.33.3 应对接入和接出的柔性导体留有足够的空间；
2.33.4 浸变压器上的油枕、油溢器、冷却器及其连接管道等附件以及集中布置的冷却器与本体间连接管道，应采用柔性连接。

2.34 蓄电池、电力电容器的安装设计应符合下列规定：
2.34.1 蓄电池应安装在抗震架上；
2.34.2 蓄电池间连接应采用柔性导体连接，端电缆宜采用电缆作为引出线；
2.34.3 蓄电池安装高度较高时，应采取防倾措施；
2.34.4 电力电容器宜固定在支架上，其引线应采用软导体，当采用硬导线连接时，应设置伸缩节装置。

2.35 配电箱(柜)、通信设备的安装设计应符合下列规定：
2.35.1 配电箱(柜)、通信设备的安装螺栓或焊接强度应满足抗震要求；
2.35.2 靠墙安装的配电箱、通信设备柜底部安装应牢固。当底部安装螺栓或焊接的强度不够时，应将顶部与墙壁进行连接；
2.35.3 当配电箱、通信设备柜等非靠墙落地安装时，根部应采用金属膨胀螺栓或焊接的固定方式，当8度或9度时，应将几个柜在重心位置以上连成整体；
2.35.4 壁式安装的配电箱与墙壁之间应采用金属膨胀螺栓连接；
2.35.5 壁配电箱(柜)、通信设备柜柜内的元器件应考虑与支承结构的相互作用，元器件之间采用软连接，连接处应做防震处理。

2.36 配电箱(柜)面上的仪表应与柜体组装牢固。
2.37 设在水平操作面上的消防、安防设备应采取防止滑动措施。
2.38 安装在吊顶上的灯具，应考虑地震时吊顶与楼板的相对位移。
2.39 配电导体应符合下列规定：
2.39.1 宜采用电缆或电线；
2.39.2 当采用硬导线敷设且直线段长度大于80m时，应每50m设置伸缩节；
2.39.3 在电缆桥架、电缆槽盒内敷设的线缆在引进、引出和转弯处，应在长度上留有冗余；
2.39.4 接地线应采取防止地震被切断的措施。

2.40 线缆穿管敷设时采用弹性和韧性较好的管材。
2.40.1 在进口处应采用挠性软管或采取其他抗震措施；
2.40.2 在进入户并贴邻建筑物设置时，线缆应在井中留有冗余；
2.40.3 进户套管与引入管之间的间隙应采用弹性防腐、防水材料密封。
2.41 电气管路不宜穿越抗震缝，当必须穿越时应符合下列规定：
2.41.1 采用金属导管、刚性塑料导管敷设时宜靠近建筑物下部穿越，且在抗震缝两侧应各设置一个柔性管接头；
2.41.2 电缆桥架、电缆槽盒、母线槽在抗震缝两侧应设置伸缩节；
2.41.3 抗震缝的两端应设置抗震支撑点并与结构可靠连接。

2.42 电气管路敷设应符合下列规定：
2.42.1 当线路采用金属导管、刚性塑料导管、电缆桥架或电缆槽盒敷设时，应使用刚性托架或支架固定，不宜使用吊架，当必须使用吊架时，应安装撞向防晃吊架；
2.42.2 当金属导管、刚性塑料导管、电缆桥架或电缆槽盒穿越防火分区时，其缝隙应采用柔性防火封堵材料封堵，并应在贯穿部位附近设置抗震支撑；
2.42.3 金属导管、刚性塑料导管的直线部分每隔30m应设置伸缩节。
2.43 配电装置至用电设备间连线应符合下列规定：
2.43.1 宜采用软导体；
2.43.2 当采用金属导管、刚性塑料导管敷设时，进口处应转为挠性软管过渡；
2.43.3 当采用电缆桥架或电缆槽盒敷设时，进口处应转为挠性软管过渡。

2.44 抗震支吊架在地震中应对建筑机电工程设施给予可靠保护，承受来自任意水平方向的地震作用。
2.45 组成抗震支吊架的所有构件应采用成品构件，连接紧固件的构造应便于安装。
2.46 保温管道的抗震支吊架应依据保温后的尺寸设计，且不应限制管道因热胀冷缩产生的位移。
2.47 抗震支吊架应根据其承受的荷载进行抗震验算。
2.48 抗震支吊架计算：
2.48.1 水平地震力应按额定负荷时的重力荷载计算。

2.48.2 干管的侧向抗震支撑应计入未设抗震支撑管道的纵向水平地震力
2.48.3 水平管线侧向及总线抗震支吊架间距按下式计算：
l = b / \alpha_{ex} \cdot k
式中：l—水平管线侧向及总线抗震支吊架间距(m)；
b—抗震支吊架的最大间距(m)，可按表3.2.3的规定确定；
\alpha_{ex}—水平地震力综合系数，该系数小于1.0时按1.0取值；
k—抗震侧倾角度调整系数，当斜撑垂直长度与水平长度比值为1.00时，调整系数取1.00；当斜撑垂直长度与水平长度比小于1.50时，调整系数取1.67；当斜撑垂直长度与水平长度比大于或等于2.00时，调整系数取2.33。

表3.2.3 抗震支吊架的最大间距
表格包含：管道类别(给水、热水及消防管道、燃气、热力管道、通风及排烟管道、电线套管及电缆桥架、电缆托架和电缆槽盒)和抗震支吊架最大间距(侧向、纵向)。

2.48.4 水平地震力综合系数可按下式计算：
\alpha_{ex} = 7 \eta \zeta \alpha_{max}

2.48.5 抗震支吊架应根据所承受荷载按规定进行抗震验算，并调整抗震支吊架间距，直至各点均满足抗震荷载要求。
2.49 抗震支吊架的设计
2.49.1 每段水平直管道应在两端设置侧向抗震支吊架。
2.49.2 当两个抗震侧向支吊架间距大于最大设计间距时，应在中间增设侧向抗震支吊架。
2.49.3 每段水平直管道应至少设置一个纵向抗震支吊架，当两个纵向抗震支吊架间距大于最大设计间距时应按规范的规定间距依次增设纵向抗震支吊架。
2.49.4 抗震支吊架的斜撑与吊架的距离不得大于0.1m。
2.49.5 刚性连接的水平管道，两个相邻的抗震支吊架间允许纵向偏移，应符合下列规定：
2.49.5.1 水管及电线套管不得大于最大侧向支吊架间向支吊架间距的1/16；
2.49.5.2 风管、电缆桥架、电缆托架和电缆槽盒不得大于其宽度的两倍；
2.49.6 水平管道应在力转弯\phi 0.6m范围内设置侧向抗震支吊架。当斜撑直接作用于管道时，可作为另一侧管道的侧向抗震支吊架。
L = (L_{2L} + L_{2R}) / 2 + 0.6
式中：L—距下一个纵向抗震支吊架间距(m)；
L_{2L}—纵向抗震支吊架间距(m)；
L_{2R}—侧向抗震支吊架间距(m)。

2.49.7 当水平管道通过垂直管道与地面设备连接时，管道与设备之间应采用柔性连接，水平管道距垂直管道0.6m范围内设置侧向支吊架，垂直管道底部距地面大于0.15m应设置抗震支撑。
2.49.8 当抗震支吊架吊杆长细比大于100或当斜撑杆长细比大于200时，应采取加固措施。
2.49.9 当抗震支吊架和结构主体可靠连接，当管道穿越建筑沉降缝时应考虑不均匀沉降的影响。
2.49.10 水平管道在安装柔性补偿器和伸缩节的两端应设置侧向及纵向抗震支吊架。
2.49.11 侧向、纵向抗震支吊架的斜撑安装，垂直角度宜为45°，且不得小于30°。
2.49.12 抗震架斜撑安装不应偏离其中心线2.5°。
2.49.13 沿墙敷设的管道当设有入墙的托架、支架且管卡能紧固四周时，可作为一个侧向抗震支撑。
2.49.14 单管(杆)抗震支吊架的设置应符合下列规定：
2.49.14.1 连接立管的水平管道应在靠近立管0.6m范围内设置第一个抗震吊架；
2.49.14.2 当立管长度大于1.8m时，应在其顶部及底部设置双向抗震支吊架。当立管长度大于7.6m时，应在中间加设抗震支吊架；
2.49.14.3 当立管通过套管穿越结构楼层时，可设置抗震支吊架；
2.49.14.4 当立管中安装的附件自身质量大于25kg时，应设置侧向及纵向抗震支吊架。

2.49.15 门型抗震支吊架的设置应符合下列规定：
2.49.15.1 门型抗震支吊架至少应有一个侧向抗震支撑或两个纵向抗震支撑；
2.49.15.2 同一承重吊架多层门型吊架，应对承重吊架分别独立加固并设置抗震斜撑；
2.49.15.3 门型抗震支吊架侧向及纵向斜撑应安装在上层楼梁或承重吊架连接处；
2.49.15.4 当管道上的附件质量大于25kg且与管道采用刚性连接时，或附件质量为9kg~25kg且与管道采用柔性连接时，应设置侧向及纵向抗震支撑。

2.50 建筑附属机电设备不应设置在可能致使其功能障碍等二次灾害的部位；设防地震下需要连续工作的附属设备，应设置在建筑结构地震反应较小的部位。
2.51 管道、电缆、通风管和设备等的洞口设置，应减少对主要承重结构构件的削弱；洞口边缘应有补强措施。管道和设备与建筑结构的连接，应具有足够的变形能力，以满足相对位移的需要。
2.52 建筑附属机电设备的底座或支架，以及相关连接件和锚固件应具有足够的刚度和强度，应将设备承受的抗震作用全部传递到建筑结构上。建筑结构中，用以固定建筑附属机电设备预埋件、锚固件的部位，应采取加强措施，以承受附属机电设备传给主体结构的地震作用。

3 其它
3.1 电气设备管道安装应按上述要求设置，施工单位应根据上述要求配合配件厂家设置。
3.2 其它未尽事宜，请参照现行有关规范、规程、标准图集或现场协商解决。

3.3 电气工程的抗震设计应由中标单位进行专项深化设计。

表1.3.2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度的对应关系
表格包含：抗震设防烈度(6, 7, 8, 9)和对应的设计基本地震加速度(0.05g, 0.10(0.15)g, 0.20(0.30)g, 0.40g)。

表1.3.2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度的对应关系
表格包含：设计地震分组(I, II, III)和场地类别(I, II, III, IV)对应的地震影响系数。

表1.3.2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度的对应关系
表格包含：地震影响(多遇地震、罕遇地震)和对应的设计基本地震加速度(0.04, 0.08(0.12), 0.16(0.24), 0.32)。

工程号 Pjt. No. - 图号 Dwg. No.
专业 Dept. 电气 - 阶段 Stage -
比例 Scale - 日期 Date -
版次 Ver. - 备注 Remark -