中华人民共和国国家标准

石油化工装置防雷设计规范

Code for design protection of petrochemical plant against lightning

GB 50650-2011

主编部门：中国石油化工集团公司
批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2011年12月1日

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第882号

关于发布国家标准《石油化工装置防雷设计规范》的公告

现批准《石油化工装置防雷设计规范》为国家标准，编号为GB 50650-2011，自2011年12月1日起实施。其中，第4．2．1、5．5．1条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
二0一0年十二月二十四日

前 言

根据原建设部《关于印发<2007年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)>的通知》(建标[2007]126号)的要求，由中国石化工程建设公司会同有关单位编制完成的。

本规范在编制过程中，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

本规范共分6章，主要技术内容是：总则、术语、防雷场所分类、基本规定、户外装置的防雷、防雷装置。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国石油化工集团公司负责日常管理，由中国石化工程建设公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国石化工程建设公司(地址：北京市朝阳区安慧北里安园21号，邮政编码：100101)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：中国石化工程建设公司

参编单位：中国石化集团上海工程有限公司
中国石化集团洛阳石油化工工程公司
中国寰球工程公司
中国天辰工程有限公司
中国五环工程有限公司

主要起草人：黄 旭　俞俊人　周 勇　杨光义　巴 涛　梁东光　甘家福　王宗景　马 坚　周 伟

主要审查人：罗志刚　周家祥　秦文杰　王财勇　黎德初　姜 琳　张 伟　吴敏青　仓亚军　张军梁
杨东明　陈河江　叶向东

1 总 则

1．0．1 为防止和减少雷击引起的设备损坏和人身伤亡，规范石油化工装置及其辅助设施的防雷设计，制定本规范。

1．0．2 本规范适用于新建、改建和扩建石油化工装置及其辅助生产设施的防雷设计；不适用于原油的采集、长距离输送、石油化工装置厂区外油品储存及销售设施的防雷设计。

1.0．3 石油化工装置的防雷设计，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2．0．1 石油化工装置 petrochemical plant
以石油、天然气及其产品作为原料，生产石油化工产品(或中间体)的生产装置。

2．0．2 辅助生产设施 support facilities
配合主要工艺装置完成其生产过程而必需的设施，包括罐区、中央化验室、污水处理厂、维修间、火炬等。

2．0．3 厂房房屋 industrial building(warehouse)
设有屋顶，建筑外围护结构全部采用封闭式墙体(含门、窗)构造的生产性(储存性)建筑物。

2．0．4 户外装置区 outdoor unit
露天或对大气敞开、空气畅通的场所。

2．0．5 半敞开式厂房 semi-enclosed industrial buildings
设有屋顶，建筑外围护结构局部采用墙体，所占面积不超过该建筑外围护体表面面积1／3(不含屋顶和地面的面积)的生产性建筑物。

2．0．6 敞开式厂房 opened industrial buildings
设有屋顶，不设建筑外围护结构的生产性建筑物。

2．0．7 雷击 lightning stroke
对地闪击中的一次电气放电。

2．0．8 直击雷 direct lightning flash
闪击直接打在建筑物、其他物体、大地或外部防雷装置上，产生电效应、热效应和机械力者。

2．0．9 雷电感应 lightning induction
闪电放电时，在附近导体上可能使金属部件之间产生火花放电的雷电静电感应和雷电电磁感应。

2．0．10 雷电波侵入 lightning surge on incoming services
由于雷电对架空线路、电缆线路或金属管道的作用，雷电波，即闪电电涌，可能沿着这些管线侵入屋内，危及人身安全或损坏设备。

2．0．11 防雷装置 lightning protection system(LPS)
用来减少雷击生产装置而造成的物质损害的一个完整系统，由外部防雷装置和内部防雷装置组成。

2．0．12 外部防雷装置 external lightning protection system
防雷装置的一个组成部分，由接闪器、引下线和接地装置组成。

2．0．13 内部防雷装置 internal lightning protection system
防雷装置的一个组成部分，由等电位连接和与外部防雷装置的电气绝缘组成。

2．0．14 接闪器 air-termination system
外部防雷装置的组成部分，由接闪杆(避雷针)、接闪线、接闪网等金属构件组成。

2．0．15 引下线 down-conductor system
外部防雷装置的组成部分，用于将雷电流从接闪器引至接地装置。

2．0．16 接地装置 earth-termination system
外部防雷装置的组成部分，用于传导雷电流并将其流散入大地。

2．0．17 接地体 earthing electrode
埋入土壤中或混凝土基础中作散流用的导体。

2．0．18 接地线 earthing conductor
从引下线断接卡或换线处至接地体的连接导体；或从接地端子、等电位连接排至接地体或接地装置的连接导体。

2．0．19 等电位连接网络 bonding network
将所有导电性物体(带电导体除外)互相连接到接地装置的一个系统。

2．0．20 接地系统 earthing system

将接地装置和等电位连接网络结合在一起的整个系统。

2．0．21 接地电阻 ground resistance
接地体或自然接地体的对地电阻和接地线电阻的总和。

2．0．22 工频接地电阻 power frequency ground resistance
按通过接地体流入地中工频交流电流求得的电阻。

2．0．23 冲击接地电阻 impulse earthing resistance
按通过接地体流入地中冲击电流求得的接地电阻。

3 防雷场所分类

3．0．1 石油化工装置的各种场所，应根据能形成爆炸性气体混合物的环境状况和空间气体的消散条件，划分为厂房房屋类或户外装置区。

3. 0．2 半敞开式和敞开式厂房应根据其敞开程度，划分为厂房房屋类或户外装置区。有屋顶而墙面敞开的大型压缩机厂房应划为厂房房屋类；设备管道布置稀疏的框架应划为户外装置区。

4 基本规定

4．1 厂房房屋类场所

4．1．1 石油化工装置厂房房屋类场所的防雷设计，应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的有关规定。

4．1．2 石油化工装置户外装置区的防雷设计应执行本规范第五章的有关规定。

4 基本规定

4．1 厂房房屋类场所

4．1．1 石油化工装置厂房房屋类场所的防雷设计，应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的有关规定。

4．1．2 石油化工装置户外装置区的防雷设计应执行本规范第五章的有关规定。

4．2 户外装置区场所

4．2．1 石油化工装置的户外装置区，遇下列情况之一时，应进行防雷设计：
1 安置在地面上高大、耸立的生产设备；
2 通过框架或支架安置在高处的生产设备和引向火炬的主管道等；
3 安置在地面上的大型压缩机、成群布置的机泵等转动设备；
4 在空旷地区的火炬、烟囱和排气筒；
5 安置在高处易遭受直击雷的照明设施。

4．2．2 石油化工装置的户外装置区，遇下列情况之一时，可不进行防直击雷的设计：
1 在空旷地区分散布置的水处理场所(重要设备除外)；
2 安置在地面上分散布置的少量机泵和小型金属设备；
3 地面管道和管架。

4．2．3 防直击雷的接闪器，宜利用生产设备的金属实体，但应符合下列规定：
1 用作接闪器的生产设备应为整体封闭、焊接结构的金属静设备；转动设备不应用作接闪器；
2 用作接闪器的生产设备应有金属外壳，其易受直击雷的顶部和外侧上部应有足够的厚度。钢制设备的壁厚应大于或等于4mm，其他金属设备的壁厚应符合本规范表6．1．5中的厚度t值。

4．2．4 易受直击雷击且在附近高大生产设备、框架和大型管架(已用作接闪器)等的防雷保护范围之外的下列设备，应另行设置接闪器：
1 转动设备；
2 不能作为接闪器的金属静设备；
3 非金属外壳的静设备。

4．2．5 接闪器的防雷保护范围应采用下列方法之一确定：
1 应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057滚球法的规定，滚球半径取45m；

2 接闪器顶部与被保护参考平面的高差和保护角应符合表4．2．5的规定或现行国家标准《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB／T 21714．3的有关规定。

表 4.2.5　接闪器顶部与被保护参考平面的高差和保护角

高差(m)	0～2	5	10	15	20	25	30	35	40	45
保护角(°)	77	70	61	54	48	43	37	33	28	23

4．2．6 防直击雷的引下线应符合下列规定：

1 安置在地面上高大、耸立的生产设备应利用其金属壳体作为引下线；

2 生产设备通过框架或支架安装时，宜利用金属框架作为引下线；

3 高大炉体、塔体、桶仓、大型设备、框架等应至少使用两根引下线，引下线的间距不应大于18m；

4 在高空布置、较长的卧式容器和管道(送往火炬的管道)应在两端设置引下线，间距超过18m时应增加引下线数量；

5 引下线应以尽量直的和最短的路径直接引到接地体去，应有足够的截面和厚度，并在地面以上加机械保护；

6 利用柱内纵向主钢筋作为引下线时，柱内纵向主钢筋应采用箍筋绑扎或焊接。

4．2．7 防雷电感应措施应符合下列规定：

1 在户外装置区场所，所有金属的设备、框架、管道、电缆保护层(铠装、钢管、槽板等)和放空管口等，均应连接到防雷电感应的接地装置上；设专用引下线时，钢筋混凝土柱子的钢筋，亦应在最高层顶和地面附近分别引出接到接地线(网)；

2 本条第1款所述的金属物体，与附近引下线之间的空间距离应按下式确定：

$$S \geq 0.075 k_c l_x \qquad (4.2.7)$$

式中：S——空间距离(m)；

k_c——分流系数；单根引下线取1，两根引下线及接闪器不成闭合环的多根引下线取0．66，接闪器成闭合环的或网状的多根引下线取0．44；

l_x——引下线计算点到接地连接点的长度(m)。

3 当本条第2款所要求的空间距离得不到满足时，应在高于连接点的地方增加接地连接线；

4 平行敷设的金属管道、框架和电缆金属保护层等，当其间净距小于100mm时应每隔30m进行金属连接，相交或相距处净距小于100mm时亦应连接。

4．2．8 防雷接地装置应符合下列规定：

1 利用金属外壳作为接闪器的生产设备，应在金属外壳底部不少于2处接至接地体；

2 本规范第4．2．4条规定另行设置的接闪器(杆状、线状和网状的)，均应有引下线直接接至接地体；

3 防直击雷用的每根引下线所直接连接的接地体，其冲击接地电阻不应大于10Ω，并应符合下列规定：

1)在接地电阻计算中，每处接地体各支线的长度应小于或等于接地体的有效长度l_e；

2)l_e的计算和冲击接地电阻的换算应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的有关规定执行；

4 防雷电感应的接地体，其工频接地电阻不应大于30Ω；

5 防直击雷的接地体宜与防雷电感应和电力设备用的接地体连接成一个整体的接地系统。但防直击雷的接地体，其接地电阻应满足本条第3款的要求。

4．3 户外装置区的排放设施

4．3．1 安装在生产设备易受直击雷的顶部和外侧上部并直接向大气排放的排放设施(如放散管、排风管、安全阀、呼吸阀、放料口、取样口、排污口等，以下称放空口)，应根据排放的物料和浓度、排放的频率或方式、正常或事故排放、手动或自动排放等生产操作性质和安装位置分别进行防雷保护。

4．3．2 属于下列情况之一的放空口，应设置接闪器加以保护。此时，放空口外的爆炸危险气体空间应处于接闪器的保护范围内，且接闪器的顶端应高出放空口3m，水平距离宜为4m～5m。

1 储存闪点低于或等于45℃的可燃液体的设备，在生产紧急停车时连续排放，其排放物达到爆炸危险浓度者(包括送火炬系统的管路上的临时放空口，但不包括火炬)；

2 储存闪点低于或等于45℃的可燃液体的储罐，其呼吸阀不带防爆阻火器者。

4.3．3 属于下列情况之一的放空口，宜利用金属放空管口作为接闪器。此时，放空管口的壁厚应大于或等于表6．1．5中的厚度t'值，且应在放空管口附近将放空管与最近的金属物体进行金属连接。

1 储存闪点低于或等于45℃的可燃液体的设备，在生产正常时连续排放的排放物可能短期或间断地达到爆炸危险浓度者；

2 储存闪点低于或等于45℃的可燃液体的设备，在生产波动时设备内部超压引起的自动或手动短时排放的排放物可能达到爆炸危险浓度的安全阀等；

3 储存闪点低于或等于45℃的可燃液体的设备，停工或维修时需短期排放的手动放料口等；

4 储存闪点低于或等于45℃的可燃液体储罐上带有防爆阻火器的呼吸阀；

5 在空旷地点孤立安装的排气塔和火炬。

4．4 其他措施

4．4．1 当厂房房屋和户外装置区两类场所混合布置时，应按下列原则进行防雷设计：

1 上部为框架下部为厂房布置时，应符合户外装置区相关要求；

2 上部为厂房下部为框架布置时，应符合厂房房屋类相关要求；

3 厂房和框架毗邻布置时，应符合各自相关要求。

4．4．2 装置控制室、户内装置变电所等，均应作为厂房房屋类按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的规定进行防雷设计。

5 户外装置的防雷

5．1 炉 区

5．1．1 金属框架支撑的炉体，其框架应用连接件与接地装置相连。

5．1．2 混凝土框架支撑的炉体，应在炉体的加强板(筋)类附件上焊接接地连接件，引下线应采用沿柱明敷的金属导体或直径不小于10mm的柱内主钢筋。

5．1．3 直接安装在地面上的小型炉子，应在炉体的加强板(筋)上焊接接地连接件，接地线与接地连接件连接后，沿框架引下与接地装置相连。

5．1．4 每台炉子应至少设两个接地点，且接地点间距不应大于18m，每根引下线的冲击接地电阻不应大于10Ω。

5．1．5 炉子上接地连接件应安装在框架柱子上高出地面不低于450mm的位置。

5．1．6 炉子上的金属构件均应与炉子的框架做等电位连接。

5 户外装置的防雷

5．1 炉 区

5．1．1 金属框架支撑的炉体，其框架应用连接件与接地装置相连。

5．1．2 混凝土框架支撑的炉体，应在炉体的加强板(筋)类附件上焊接接地连接件，引下线应采用沿柱明敷的金属导体或直径不小于10mm的柱内主钢筋。

5．1．3 直接安装在地面上的小型炉子，应在炉体的加强板(筋)上焊接接地连接件，接地线与接地连接件连接后，沿框架引下与接地装置相连。

5．1．4 每台炉子应至少设两个接地点，且接地点间距不应大于18m，每根引下线的冲击接地电阻不应大于10Ω。

5．1．5 炉子上接地连接件应安装在框架柱子上高出地面不低于450mm的位置。

5．1．6 炉子上的金属构件均应与炉子的框架做等电位连接。

5．2 塔 区

5．2．1 独立安装或安装在混凝土框架内、顶部高出框架的钢制塔体，其壁厚大于或等于4mm时，应以塔体本身作为接闪器。

5．2．2 安装在塔顶和外侧上部突出的放空管以及本规范第5．11．2条规定的管口外空间，均应处于接闪器的保护范围内。

5．2．3 塔体作为接闪器时，接地点不应少于2处，并应沿塔体周边均匀布置，引下线的间距不应大于18m。引下线应与塔体金属底座上预设的接地耳相连。与塔体相连的非金属物体或管道，当处于塔体本身保护范围之外时，应在合适的地点安装接闪器加以保护。

5．2．4 每根引下线的冲击接地电阻不应大于10Ω。接地装置宜围绕塔体敷设成环形接地体。

5．2．5 用于安装塔体的混凝土框架，每层平台金属栏杆应连接成良好的电气通路，并应通过引下线与塔体的接地装置相连。引下线应采用沿柱明敷的金属导体或直径不小于10mm的柱内主钢筋。利用柱内主钢筋作为引下线时，柱内主钢筋应采用箍筋绑扎或焊接，并在每层柱面预埋100mm×100mm钢板，作为引下线引出点，与金属栏杆或接地装置相连。

5．3 静设备区

5．3．1 独立安装或安装在混凝土框架顶层平面、位于其他物体的防雷保护范围之外的封闭式钢制静设备，其壁厚大于或等于4mm时，应利用设备本体作为接闪器。

5．3．2 非金属静设备、壁厚小于4mm的封闭式钢制静设备，当其位于其他物体的防雷保护范围之外时，应设置接闪器加以保护。

5．3．3 安装在静设备上突出的放空管以及本规范第5．11．2条规定的管口外空间，均应处于接闪器的保护范围内。

5．3．4 金属静设备本体作为接闪器时，接地点不应少于2处，并应沿静设备周边均匀布置，引下线的间距不应大于18m。引下线应与静设备底座预设的接地耳相连。

5．3．5 每根引下线的冲击接地电阻不应大于10Ω。接地装置宜围绕静设备敷设成环形接地体。

5．3．6 当金属静设备近旁有其他防雷引下线或金属塔体时，应将静设备的接地装置与后者的接地装置相连，且静设备与引下线或金属塔体的距离应满足本规范第4．2．7条第2款的要求。

5．3．7 安装有静设备的混凝土框架顶层平面，其平台金属栏杆应被连接成良好的电气通路，并应通过沿柱明敷的引下线或柱内主钢筋与接地装置相连。

5．4 机器设备区

5．4．1 机器设备和电气设备应位于防雷保护范围内以避免遭受直击雷。

5．4．2 机器设备和电动机安装在同一个金属底板上时，应将金属底板接地；安装在单独混凝土底座上或位于其他低导电材料制作的单独底板上时，应将二者用接地线连接在一起并接地。

5．5 罐 区

5．5．1 金属罐体应做防直击雷接地，接地点不应少于2处，并应沿罐体周边均匀布置，引下线的间距不应大于18m。每根引下线的冲击接地电阻不应大于10Ω。

5．5．2 储存可燃物质的储罐，其防雷设计应符合下列规定：

1 钢制储罐的罐壁厚度大于或等于4mm，在罐顶装有带阻火器的呼吸阀时，应利用罐体本身作为接闪器；

2 钢制储罐的罐壁厚度大于或等于4mm，在罐顶装有无阻火器的呼吸阀时，应在罐顶装设接闪器，且接闪器的保护范围应符合本规范第5．11．2条的规定；

3 钢制储罐的罐壁厚度小于4mm时，应在罐顶装设接闪器，使整个储罐在保护范围之内。罐顶装有呼吸阀(无阻火器)时，接闪器的保护范围应符合本规范第5．11．2条的规定；

4 非金属储罐应装设接闪器，使被保护储罐和突出罐顶的呼吸阀等均处于接闪器的保护范围之内，接闪器的保护范围应符合本规范第5．11．2条的规定；

5 覆土储罐当埋层大于或等于0．5m时，罐体可不考虑防雷设施。储罐的呼吸阀露出地面时，应采取局部防雷保护，接闪器的保护范围应符合本规范第5．11．2条的规定；

6 非钢制金属储罐的顶板厚度大于或等于本规范表6．1．5中的厚度t值时，应利用罐体本身作为接闪器；顶板厚度小于本规范表6．1．5中的厚度t值时，应在罐顶装设接闪器，使整个储罐在保护范围之内。

5．5．3 浮顶储罐(包括内浮顶储罐)应利用罐体本身作为接闪器，浮顶与罐体应有可靠的电气连接。浮顶储罐的防雷设计应按现行国家标准《石油库设计规范》GB 50074的有关规定执行。

5．6 可燃液体装卸站

5．6．1 露天装卸作业场所，可不装设接闪器，但应将金属构架接地。

5．6．2 棚内装卸作业场所，应在棚顶装设接闪器。

5．6．3 进入装卸站台的可燃液体输送管道应在进入点接地，冲击接地电阻不应大于10Ω。

5．7 粉、粒料桶仓

5．7．1 独立安装或成组安装在混凝土框架上，顶部高出框架的金属粉、粒料桶仓，当其壁厚满足本规范表6．1．5中的厚度t值的要求时，应利用粉、粒料桶仓本体作为接闪器，并应做良好接地。

5. 7. 2 独立安装或成组安装在混凝土框架上，顶部高出框架的非金属粉、粒料桶仓应装设接闪器，使粉、粒料桶仓和突出桶仓顶的呼

吸阀等均处于接闪器的保护范围之内，并应接地。接闪导线网格尺寸不应大于10m×10m或12m×8m。

5．7．3 每一金属桶仓接地点不应少于2处，并应沿粉、粒料桶仓周边均匀布置，引下线的间距不应大于18m。

5．8 框架、管架和管道

5．8．1 钢框架、管架应通过立柱与接地装置相连，其连接应采用接地连接件，连接件应焊接在立柱上高出地面不低于450mm的地方，接地点间距不应大于18m。每组框架、管架的接地点不应少于2处。

5．8．2 混凝土框架及管架上的爬梯、电缆支架、栏杆等钢制构件，应与接地装置直接连接或通过其他接地连接件进行连接，接地间距不应大于18m。

5．8．3 管道防雷设计应符合下列规定：

1 每根金属管道均应与已接地的管架做等电位连接，其连接应采用接地连接件；多根金属管道可互相连接后，应再与已接地的管架做等电位连接；

2 平行敷设的金属管道，其净间距小于100mm时，应每隔30m用金属线连接。管道交叉点净距小于100mm时，其交叉点应用金属线跨接；

3 管架上敷设输送可燃性介质的金属管道，在始端、末端、分支处，均应设置防雷电感应的接地装置，其工频接地电阻不应大于30Ω；

4 进、出生产装置的金属管道，在装置的外侧应接地，并应与电气设备的保护接地装置和防雷电感应的接地装置相连接。

5．9 冷 却 塔

5．9．1 不同型式的冷却塔，防雷设计应符合下列规定：

1 自然通风开放式冷却塔和机械鼓风逆流式冷却塔应将塔顶平台四周金属栏杆连接成良好电气通路，应在塔顶平面用接闪导线组成金属网格；在爆炸危险环境2区其网格尺寸不大于10m×10m或12m×8m，在非爆炸危险区域不大于20m×20m或24m×16m；

2 自然通风风筒式冷却塔(双曲线塔)应在塔檐上装设接闪器；

3 机械抽风逆流式或横流式冷却塔应在风筒檐口装设接闪器，塔顶平台四周金属栏杆连接成良好电气通路，每个风筒至少用2根引下线连至两侧金属栏杆；

4 建筑物顶附属的小型机械抽风逆流式冷却塔，如处在建筑物防雷保护范围之内，则不另装接闪器。

5．9．2 引下线应沿冷却塔建、构筑物四周均匀或对称布置，其间距不应大于18m。自然通风风筒式冷却塔宜利用塔体主筋作为引下线。其他型式冷却塔可以利用柱内钢筋作为引下线，也可沿柱面敷设引下线。

5．9．3 爆炸危险环境2区的冷却塔，每根引下线的冲击接地电阻不应大于10Ω。非爆炸危险环境的冷却塔，每根引下线的冲击接地电阻不应大于30Ω。接地装置宜围绕冷却塔建、构筑物敷设成环形接地体。

5．9．4 冷却塔钢楼梯，进、出水钢管应与冷却塔接地装置相连。

5．10 烟囱和火炬

5．10．1 钢筋混凝土烟囱，宜在烟囱上装设接闪器保护。多支接闪杆应连接在闭合环上。

5．10．2 当钢筋混凝土烟囱无法采用单支或双支接闪杆保护时，应在烟囱口装设环形接闪线，并应对称布置三支高出烟囱口不低于0．5m的接闪杆。

5．10．3 钢筋混凝土烟囱的钢筋应在其顶部和底部与引下线和贯通连接的金属爬梯相连。宜利用钢筋作为引下线，可不另设专用引下线。

5．10．4 高度不超过40m的烟囱，可只设1根引下线，超过40m时应设2根引下线。可利用螺栓连接或焊接的一座金属爬梯作为2根引下线用。

5．10．5 金属烟囱应作为接闪器和引下线。

5．10．6 金属火炬筒体应作为接闪器和引下线。

5．11 户外装置区的排放设施

5．11．1 安装在高空易受直击雷的放散管、呼吸阀、排风管和自然通风管等应采取防直击雷和防雷电感应的措施。

5．11．2 未装阻火器的排放爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管等，管口外的以下空间应处于接闪器保护范围内：

1 当有管帽时，接闪器的保护范围应按表5．11．2确定；

2 当无管帽时，接闪器的保护范围应为管口上方半径5m的半球体空间。接闪器与雷闪的接触点应设在上述空间之外。

表 5.11.2　有管帽的管口外处于接闪器保护范围内的空间

管口内压力与周围空气压力的压力差（kPa）	排放物的比重	管帽以上的垂直高度（m）	距管口处的水平距离（m）
＜5	重于空气	1	2
5～25	重于空气	2.5	5
≤25	轻于空气	2.5	5
＞25	重或轻于空气	5	5

5．11．3 未装阻火器的排放爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管等，当其排放物达不到爆炸浓度、长期点火燃烧、一排放就点火燃烧及发生事故时排放物才达到爆炸浓度时，接闪器可仅保护到管帽，无管帽时可仅保护到管口。

5．11．4 未装阻火器的排放爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管等，位于附近其他的接闪器保护范围之内时可不再设置接闪器，应与防雷装置相连。

5．11．5 排放无爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管等，装有阻火器的排放爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管等，符合本规范第5．11．3条规定的未装阻火器的排放爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管等，其防雷设计应符合下列规定：

1 金属制的放散管、呼吸阀和排风管等，应作为接闪器与附近生产设备的防雷装置相连；

2 在附近生产设备(已作为接闪器)的保护范围之外的非金属制的放散管、呼吸阀和排风管等应装设接闪器，接闪器可仅保护到管帽，无管帽时可仅保护到管口。

5．12 户外灯具和电器

5．12．1 安装在塔顶层(高塔、冷却塔)平台上的照明灯、现场操作箱、航空障碍灯等易遭受直击雷的电器设备，宜采用金属外壳；配电线路应穿镀锌钢管，镀锌钢管应与电器设备的外壳、保护罩相连，保护用镀锌钢管应就近与钢平台或金属栏杆相连。

6 防雷装置

6．1 接 闪 器

6.1．1 接闪器的形式可分为杆状接闪器(接闪杆)、线状接闪器(接闪线)、网状接闪器(接闪网)、金属设备本体接闪器。

6．1．2 杆状接闪器宜采用热镀锌圆钢或钢管、铜包圆钢、不锈钢管制成，其直径不应小于下列数值：

1 针长1m以下：圆钢直径为12mm；钢管直径为20mm，壁厚不小于2．8mm；

2 针长1m～2m：圆钢直径为16mm；钢管直径为25mm，壁厚不小于3．2mm；

3 独立烟囱顶上：圆钢直径为20mm；钢管直径为40mm，壁厚不小于3．5mm。

6．1．3 线状接闪器宜采用热镀锌圆钢或扁钢，圆钢直径不应小于8mm，扁钢截面积不应小于50mm^2，厚度不应小于2．5mm。悬链式线状接闪器宜采用截面积不小于50mm^{2}镀锌钢绞线。

6．1．4 网状接闪器宜采用截面不小于50mm^{2}镀锌钢绞线。

6．1．5 金属设备本体接闪器应采用设备外壳，其壳体厚度应大于或等于表6．1．5中的厚度t值。

表 6.1.5　做接闪器设备的金属板最小厚度

材　　料	防止击(熔)穿的厚度 t (mm)	不防止击(熔)穿的厚度 t' (mm)
不锈钢、镀锌钢	4	0.5
钛	4	0.5
铜	5	0.5
铝	7	0.65
锌	—	0.7

6 防雷装置

6．1 接 闪 器

6. 1．1 接闪器的形式可分为杆状接闪器(接闪杆)、线状接闪器(接闪线)、网状接闪器(接闪网)、金属设备本体接闪器。

6．1．2 杆状接闪器宜采用热镀锌圆钢或钢管、铜包圆钢、不锈钢管制成，其直径不应小于下列数值：

1 针长1m以下：圆钢直径为12mm；钢管直径为20mm，壁厚不小于2．8mm；

2 针长1m～2m：圆钢直径为16mm；钢管直径为25mm，壁厚不小于3．2mm；

3 独立烟囱顶上：圆钢直径为20mm；钢管直径为40mm，壁厚不小于3．5mm。

6．1．3 线状接闪器宜采用热镀锌圆钢或扁钢，圆钢直径不应小于8mm，扁钢截面积不应小于50mm^2，厚度不应小于2．5mm。悬链式线状接闪器宜采用截面积不小于50mm^{2}镀锌钢绞线。

6．1．4 网状接闪器宜采用截面不小于50mm^{2}镀锌钢绞线。

6．1．5 金属设备本体接闪器应采用设备外壳，其壳体厚度应大于或等于表6．1．5中的厚度t值。

表 6.1.5　做接闪器设备的金属板最小厚度

材　　料	防止击(熔)穿的厚度 t (mm)	不防止击(熔)穿的厚度 t' (mm)
不锈钢、镀锌钢	4	0.5
钛	4	0.5
铜	5	0.5
铝	7	0.65
锌	—	0.7

6．2 引 下 线

6．2.1 引下线宜采用焊接、夹接、卷边压接、螺钉或螺栓等连接，保证金属各部件间保持良好的电气连接。预应力混凝土钢筋不应作为引下线。

6．2．2 明敷引下线应根据腐蚀环境条件选择，宜采用热镀锌圆钢或扁钢，圆钢直径不应小于8mm，扁钢截面积不应小于50mm^2、厚度不应小于2．5mm。

6．2．3 引下线宜沿框架支柱引下敷设，并在地面上1．7m至地面下0．3m的一段加机械保护。

6．3 接地装置

6．3．1 接地体的材料、结构和最小尺寸应符合表6．3．1的要求。

表 6.3.1　接地体的材料、结构和最小尺寸

材料	结构	最小尺寸(mm)		
		垂直接地体	水平接地体	接地板
钢	单根圆钢	直径 16	直径 10	—
	热镀锌钢管	直径 50	—	—
	热镀锌扁钢	—	40×4	—
	热镀锌钢板	—	—	500×500
	裸圆钢	—	直径 10	—
	裸扁钢	—	40×4	—
	热镀锌角钢	50×50×3	—	—

6．3．2 埋于土壤中的人工接地体通常宜采用热镀锌角钢、钢管、圆钢或扁钢。区域内人工接地体的材料宜采用同一材质。

6．3．3 区域内采用阴极保护系统时，接地装置宜符合下列规定：

1 采用加厚锌钢材料(简称锌包钢)作接地体。水平接地体宜采用圆形锌包钢，其直径不应小于10mm。垂直接地体宜采用圆柱锌包钢，其直径不应小于16mm。锌层应为高纯锌(Zn≥99．9%)，钢芯与锌层的接触电阻应小于0．5mΩ；

2 土壤电阻率与锌层厚度的关系应符合表6．3．3的规定。

表 6.3.3　土壤电阻率与锌层厚度表

土壤电阻率（Ω·m）	水平接地极锌层厚度（mm）	垂直接地极锌层厚度（mm）
≤20	3	5
20～50	3	3
≥50	0.1	3

3 当使用铜质材料时，阴极保护应采用外加电流法。

6．3．4 地下金属导体间的连接宜采用放热焊接方式；当采用通常的焊接方法时，焊接处应做防腐处理。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2)表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4)表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑物防雷设计规范》GB 50057

《石油库设计规范》GB 50074

《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB／T 21714．3

中华人民共和国国家标准

石油化工装置防雷设计规范

GB 50650-2011

条文说明

制定说明

《石油化工装置防雷设计规范》GB 50650-2011，经住房和城乡建设部2010年12月24日以第882号公告批准发布。

本规范制定过程中，编制组进行了认真细致的调查研究，总结了我国工程建设中大型石油化工装置的设计、建设管理的实践经验，同时参考了国外先进的技术法规、技术标准，经过反复讨论、修改和完善，编制完成。

为便于广大设计、施工和生产单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《石油化工装置防雷设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明(还着重对强制性条文的强制性理由做了解释)。但是本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

1 总 则

1．0．1 长期以来，石油化工生产装置的防雷设计是遵照现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的规定进行的。由于该规范不包含石油化工户外装置的设计内容，造成石油化工装置防雷设计的不便。故编制本规范。

石油化工生产装置包括户外场所和设施，以往设计单位在进行这部分防雷设计时，都是参照国内外的各种设计资料(如公司规定)进行的。导致防雷设计的内容和做法很不一致，缺乏依据，需要统一和规范。

本条为制定本规范的主要目的。

1．0．2 本条指出了本规范的适用范围，主要是以原油炼制及其衍生物加工为主的石油化工产品的生产装置，包括炼油、烯烃、化肥、化纤等生产装置。

生产特性与石油化工装置相近的化工装置，可根据装置构成确定是否采用本规范。生产特性与石油化工装置不同的部分(例如煤化工企业的煤处理部分)，则应遵守其他有关规范的规定。

本条指出了本规范不适用的范围，主要是油田的原油采集系统、油品的长距离输送系统、石油化工装置厂区外的大容量油品储存系统和商业油品的销售系统。由于它们都有相关的国家级设计规范，本规范不宜涉及。

在考虑是否采用本规范时，执行者应明确：

1 本规范不适用于有粉尘爆燃的环境；

2 对易燃、易爆气体环境下的防爆和保护应执行相关的规范，不宜将本规范作为防雷保护的手段。

3 防雷场所分类

3．0．1 针对建筑物和户外装置区防雷设计的差别对石油化工装置的各种场所进行分类，分为户内(厂房房屋类)或户外(户外装置区)两大类。

石油化工装置的很多场所都是有爆炸性气体的危险环境，按照现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058的规定可能划为爆炸危险区域(0区、1区、2区)。

在进行户内场所的防雷设计时，现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057将其划分为第一级或第二级防雷建筑物，规定了各种防雷措施，其要点是：对建筑物设置直击雷保护，对伸出建筑物屋面上排放爆炸危险物质的放散管等保护到管口外有爆炸危险浓度的气体空间(相当于0区、1区)。这样做是为了防止雷击时点燃建筑物内部的爆炸危险区域，引起空间爆炸，造成危害。

对于石油化工装置的户外场所而言，出现有爆炸危险浓度的气体空间(可能划为2区)，在工程上是不可能用防雷设施(接闪杆、线、网)加以保护的。户外场所的防雷设计主要保护设备和设施。对易燃、易爆放散管口的防雷保护也主要是保护设备并减少雷击火灾的可能。

由于户内场所和户外场所产生爆炸的差别，本规范对这两类场所的防雷保护分别作了规定：

1 厂房房屋类。此类场所为封闭性的，能限制爆炸性气体混合物向大气扩散，并在一定时间内维持其爆炸危险浓度，一旦点燃，其爆炸压力巨大，将导致设备和建筑物破损。对此类场所采用外部防雷装置进行全面保护。

属于此类场所的有：各种封闭的厂房、机器设备间(包括泵房)、辅助房屋、仓库等。

2 户外装置区。此类场所为露天的或对大气敞开的，空气通畅，爆炸性气体混合物易于消散，爆炸危险浓度消失较快，一旦点燃，其爆炸压很低，不易造成危害。对此类场所侧重于户外设备设施的防雷保护。

属于此类场所的有：炉区、塔区、机器设备区、静设备区、储罐区、液体装卸站、粉粒料筒仓、冷却塔、框架、管架、烟囱、火炬等。

3．0．2 建筑结构为敞开式、半敞开式的场所是属于厂房房屋类场所和户外装置区场所之间的过渡场所。宜根据建筑形式、易燃易爆物质放散的量和通风条件确定该局部的防雷设计。在易燃易爆物质放散不利的环境，宜按户内场所设计。

4 基本规定

4．1 厂房房屋类场所

4．1．1 现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057在石油化工企业的工程项目设计中实施多年，已得到各设计单位和生产运行部门的了解和掌握，在工厂中有良好的实践经验。本条重新明确，石油化工装置厂房房屋类的各种场所在防雷设计时仍按照现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的有关规定执行。

4 基本规定

4．1 厂房房屋类场所

4．1．1 现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057在石油化工企业的工程项目设计中实施多年，已得到各设计单位和生产运行部门的了解和掌握，在工厂中有良好的实践经验。本条重新明确，石油化工装置厂房房屋类的各种场所在防雷设计时仍按照现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的有关规定执行。

4．2 户外装置区场所

4．2．1 在石油化工装置的户外装置区，本规范不是像现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057那样要进行年预计雷击次数的计算，而是引用了其概念(易受雷击的概念、雷击的破坏后果等)，对某些场所是否要防直击雷作出明确规定。

在本条中明确规定了需要进行防雷的各种情况，主要是易遭受雷击的高大设备和一些重要的生产设备。本条为强制性条文，必须严格执行。

4．2．2 在石油化工装置的户外装置区，并不是所有场所都需要进行防雷的。在水处理场所和一些罐区，地面空旷、分散布置有少量机泵(3台～4台及以下)和矮小金属设备，不必要进行防直击雷的设计。在地面上布置的管道和管架亦如此，只需要进行防雷电感应的接地。

4．2．3 本规范的重点是户外装置区的防雷，而本条的重点是户外装置区防雷的主要措施——生产设备的本体防雷保护。

石油化工装置的户外装置区，布满了大小高矮不同的工艺设备和容器，几乎全是金属的(钢的)，本身大都能承受直击雷的冲击(电的、热的、机械的)。只要能满足爆炸危险环境的要求，利用设备本体作为防雷的接闪器和引下线，在工程上是十分方便和经济的。

将生产设备(直立式金属静设备)的外壳作为防直击雷的接闪器和引下线，因此要求生产设备是整体封闭和焊接的，而且要有一定的厚度，使在雷击点上电流不能熔穿外壳。

转动(驱动)设备本身有运动部件，还有电动机等电气设备，其本体不能接收和传导雷电流，因此规定不能用作接闪器。

生产设备的顶部和外侧上部是易接受直击雷的部分，要重点加以保护。一般而言，所谓顶部和外侧上部是指总高度80%以上的部分。

4．2．4 有些生产设备安装在其他已用作接闪器的高大生产设备附近，位于他们的保护范围内，可以不设置防雷保护设施(但要接地)；如果位于保护范围之外，则应设置外加的接闪器加以保护。这类生产设备共有三种，即转动设备、不能作为接闪器的金属设备(如外壳厚度不够)和非金属外壳的静设备。

4．2．6 高大和高空意指生产设备周围无更高物体对其屏蔽或影响而易受直击雷者。

4．2．8 在工程设计中，一般都将防直击雷的接地体与防雷电感应的接地体在地下连接起来(或者共用)，并且还与电力设备的保护接地网(其接地体一般在变电所附近)连接。因此，在平面图上看，地下的接地体和连接用的接地线共同形成一个大接地网络，不易看清哪组接地体是防直击雷用的。

雷电流经最近的引下线流入地中(经断接卡后的接地线)，在接地体上流散入大地。由于雷电流的冲击性能，限制了它只能在一定范围内流散(即出现了接地体的有效长度l_e)。

本条规定，防直击雷的接地体，在计算接地电阻时其接地体的长度只能采用小于或等于接地体有效长度数值。

4．3 户外装置区的排放设施

4．3．1～4．3．3 石油化工装置用的排放设施种类较多，由于它们所处的排放状况不同(如排放物料种类和危险程度、排放的频率和浓度、排放的方式、排放设施的安装位置、一旦雷击排放口时可能导致的危险后果等)，防雷设计时的安全措施也应有所区别，可能会提出多种要求，在工程中不易处理。再则，由于是在户外场所，排放的物料容易扩散，排放的量一般不会大。即使发生爆炸，破坏的程度也不大。因此，本规范采取的措施为：对极少数严重的排放情况重点加以保护，要设置外加的接闪器，防止出现大的危害；对大多数的排放情况规定直接利用放空管口作为接闪器来保护。

关于排放设施的防雷保护，其要点如下：

1 要保护的是安装在和延伸到生产设备顶部和外侧上部的排放设施，即称为放空口，因为它们最可能遭受到雷击。

2 呼吸阀实际上是最危险的一种排放设施，它经常在呼和吸有爆炸危险浓度的气体，只有合格的防爆阻火器才能隔离爆炸的传递。

3 生产装置发生紧急停车也是最危险的，此时有关的放空口不能再出现任何故障，即使此时雷击的几率极低，亦应加以保护。

4．4 其他措施

4．4．2 石油化工生产装置一般都会配置装置变电所，而且都是户内式的建筑物。虽然有些变电所会在墙外附建电力变压器和电容器，但是它们是封闭式的设备，比较矮小，容易受到建筑物的保护(若有防雷要求时)。

本条明确，装置变电所作为厂房房屋类场所按照现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的规定进行防雷设计。

5 户外装置的防雷

5．1 炉 区

5．1．1～5．1．6 这几条主要强调金属性炉子支撑方式的不同其引下线有所不同。

5 户外装置的防雷

5．1 炉 区

5．1．1～5．1．6 这几条主要强调金属性炉子支撑方式的不同其引下线有所不同。

5．2 塔 区

5．2．1 石油化工装置中的塔器，其安装方式一般可分为两类：一类利用塔器本身的裙座支撑，独立安装；另一类则是安装在框架内(此框架可以是钢框架，也可以是混凝土框架)，借助框架梁柱作为承力结构。

对于独立安装或安装在混凝土框架内而顶部又高出框架的钢制塔器，利用塔器本体作为接闪器的前提条件是其钢制壁厚不应小于4mm。此条件是依据现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057和国际电工委员会IEC 62305-3建筑物防雷标准的有关规定。

5．2．2 见本规范第5．11．2条的说明。

5．2．3 石油化工装置塔区，一般属户外区域，尽管通风良好，由于塔器高度较高，受雷击的概率也大，为使局部区域电位分布均匀，减小引下线上电压降，降低反击危险，规定接地点不应少于2处，并应沿塔器周边均匀布置，引下线的间距不应大于18m。

如果塔器顶部安装有非金属物体或管道，例如：塔顶部的非金属仪表箱，或与衬胶塔顶部出口所连的玻璃钢管道等。可能处于塔体本身的保护范围之外，则应局部采取防直击雷的措施。

5．2．4 根据现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057制定本规定，详见本规范第5．2．3条的说明。

5．2．5 本条的规定是为了防止作为接闪器的塔器遭受雷击时，雷电感应造成的危害；当框架高度较高时，还能有效防止侧击。

5．3 静设备区

5．3．1 本条规定见本规范第5．2．1条说明。

5．3．2 本条所述情况在石油化工装置中比较少见，但如果出现了这样的静设备(其内部介质一般是可燃性介质或有毒有害介质)，因此其防雷保护是很有必要的。防直击雷击保护优先采用在设备本体敷设网状接闪器(避雷网)，如采用有困难时也可采用独立接闪杆(避雷针)或带状接闪器(避雷线)。

5．3．3 本条规定见本规范第5．2．2条说明。

5．3. 4 本条规定见本规范第5．2．3条说明。

5．3．5 每根引下线的冲击接地电阻值，参见现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057第4．3节的规定。

5．3．6 为防止近旁高大物体遭受直击雷时，对设备造成的高电压反击而制定本条规定。参见现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057第4．3节的规定。

5．3．7 为防止雷电感应危害，作此规定。参见现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057第4．3节的规定。

5．5 罐 区

5．5．1 在金属储罐的防雷措施中，储罐的良好接地很重要，可以降低雷击点的电位、反击电位和跨步电压。本条为强制性条文，必须严格执行。

各国对接地电阻要求是不一致的。英国有关规范要求防雷接地电阻不大于7Ω；苏联和日本要求防雷接地电阻不大于10Ω。我国防雷接地电阻的要求不大于10Ω，是国内各部规程的推荐值。

5．5．2 储存可燃介质储罐的防雷接地设计规定解释如下：

1 英、美、苏、日、德等国认为金属储罐，当罐顶的金属板有一定厚度、呼吸阀上安装阻火器，且储罐与管线有良好的连接，罐体有良好的接地时，储罐就具有防雷能力了，不再装设避雷针(线)。金属储罐防雷顶板的厚度，各国要求不同，美国要求不小于4．75mm，苏联要求不小于4mm，日本要求不小于3．2mm。规定顶板厚度的要求，目的是当储罐遭到雷击时，金属储罐的顶板不会被击穿，同时雷击时在罐顶产生的热能，不致引起罐内可燃介质着火。

从储罐的雷击模拟实验资料中可以看出，当雷击电流为146．6kA～220kA(即能量为133．4J～201．8J，电量为6．68C～10．09C)时，钢板熔化的深度仅为0．076mm～0．352mm，顶板的背面(油罐内的一面)的钢板温度在50℃～70℃之间。若用最大自然雷电量100C的能量计算，钢板熔化的深度约为1．55mm。考虑到实际上的各种不利因数及富裕量，厚度大于或等于4mm的钢板，对防雷是足够安全的。

2 覆土油罐一般有覆土金属储罐和覆土非金属储罐两种类型。国外对覆土储罐的防雷设施，没有明确的规定。我国某些覆土的钢筋混凝土储罐或钢油罐装设独立的避雷针；有些在储罐上装设单支避雷针保护呼吸阀及量油孔；也有些在地面上敷设网孔尺寸不大于10m×10m的避雷网，该网通过环形接地装置接地；也有不少覆土层超过0．5m的油罐没有避雷设施。

根据现行国家标准《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB／T 21714．3-2008附录D中“被土壤覆盖的储油罐和输送管道也不需要安装接闪器。在这些装置内使用仪器、设备必须得到批准，且应根据建筑物类型进行雷电保护”的规定制定了本条第5款。

5．5．3 关于外浮顶储罐的防雷问题，在API RP 545《地上储罐防雷保护》最新实验的更新状况中，对其规范的编制情况进行了介绍，形成的结果和初步意见如下：

1 基于相关的试验表明，取消能够引起火灾、安装于液体表面上或二次密封处的导电片是合理的，特别是如果在二次密封和罐壁之间存在间隙时。

2 最好抵御雷电点燃的方法是使在导电片附近不出现可燃气体的混合物，即紧密的密封。

3 需加强密封导电路径的检查和维护。

4 当有强雷击时，限制人员进入罐区。

5 值得注意的是在雷击时，内浮顶罐比外浮顶罐更不易于被点燃。

6 标准的导电片的设计是一个密封的组合设计，它能够提供并行的金属导电路径，通过悬挂的机械部分到任何浸没在液体内的导电片。多重接地路径的出现，没有引起一些型式的修改，如可燃气体混合物的空间等。

7 位于可燃气体混合物空间内的金属密封可能是点火源。

目前，最新出版的API RP 545《地上储罐防雷保护》，已经给出了明确的做法，即将导电片至少移至液体产品表面下0．3m处；另外，外浮顶储罐的防雷是一个多专业配合协作的工作，涉及设计、制造等多个环节。

5．6 可燃液体装卸站

5．6．1 根据安全运行制度的要求，雷雨天原则上避免进行露天装卸作业，可不装设接闪器。

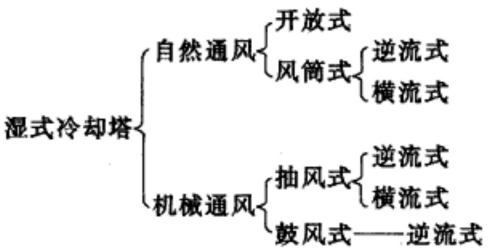
5．8 框架、管架和管道

5．8．3 管道防雷应按常规的金属管道防雷防静电的做法执行。

5．9 冷 却 塔

5．9．1 根据《给排水设计手册》(中国建筑工业出版社出版)，冷却塔分为干式、湿式和干湿式三大类，石油化工装置常用湿式冷却塔，故本规范仅规定了各种湿式冷却塔的防雷措施。

湿式冷却塔分类如下：



1 自然通风开放式冷却塔和机械鼓风逆流式冷却塔塔顶无风筒，为四周有栏杆的平顶，因此其防直击雷的措施仅在冷却塔顶设网状接闪器(避雷网)。

2 自然通风风筒式冷却塔(双曲线塔)属钢筋混凝土构造，塔顶无平台且高度较高，防直击雷的措施只在檐口装设网状接闪器(避雷网)即可。

3 机械抽风逆流式或横流式冷却塔在塔顶都安装有风筒，而目前风筒材料一般都是玻璃钢，且制造厂在制作风筒时在檐口预留了安装网状接闪器(避雷网)的孔洞或预制件。因此在风筒檐口装设网状接闪器(避雷网)是可行的。

4 建筑物顶附属的小型机械抽风逆流式冷却塔，一般都处在建筑物的防雷保护范围之内，可与建筑物的防雷保护统筹考虑。如确实不在建筑物的防雷保护范围之内，可借鉴本条第3款的防雷措施。

5．9．4 制定本条的目的是防雷电感应。

5．11 户外装置区的排放设施

5．11．1 对放散管、呼吸阀、排风管和自然通风管等，采取防直击雷和防雷电感应的措施为防雷设计的一般规定。

5．11．2 排放爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管等通常应配有阻火器，避免雷击放散管、呼吸阀和排风管后，产生的电火花引起爆炸。如遇排放爆炸危险气体或蒸气的放散管未设置阻火器时，此放散管不得作为接闪器。

表5．11．2引自现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057，其目的主要使接闪器与雷闪的接触点设于排放爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管管口周围的爆炸危险区域之外；但是爆炸危险区域的分区和范围如何确定，实际上有很多国内外标准对其有不同的规定，要准确界定也是很困难的。把表5．11．2的内容与API 505、API 500、NFPA 497和GB 50058等标准的规定对比后，认为表5．11．2基本可使接闪器与雷闪的接触点设于排放爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管管口周围的爆炸危险区域之外。实践也证明引用现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的内容实施多年，尚未见引发事故的报道。

5．11．5 排放爆炸危险气体或蒸气的放散管、呼吸阀和排风管等通常应配有阻火器，实践证明是安全可靠的；同时兼顾与现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的相关规定保持一致。

6 防雷装置

6．1 接 闪 器

6．1．2 本条是在现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057基础上增加了铜包圆钢线，是基于石油、化工装置腐蚀介质较多且环境条件比较严重的情况(或事实)而考虑的。

6．1．5 本条规定等效采用了现行国家标准《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB／T 21714．3-2008第5．2．5条的规定。

6 防雷装置

6．1 接 闪 器

6．1．2 本条是在现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057基础上增加了铜包圆钢线，是基于石油、化工装置腐蚀介质较多且环

境条件比较严重的情况(或事实)而考虑的。

6．1．5 本条规定等效采用了现行国家标准《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB／T 21714．3-2008第5．2．5条的规定。

6．3 接地装置

6．3．1 本条部分采用了现行国家标准《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB／T 21714．3-2008表7的规定。

6．3．2 区域接地材料统一使用一种材质，可避免因不同材质的电位差产生电偶腐蚀。

6．3．3 本条是对设备、管道和建筑物已做防腐蚀保护(如阴极保护)，则接地工程不能消耗保护电流使阴极保护失效；若设备、管道和建筑物是钢质材料，接地体宜选用电位较铁负的金属材料(如锌等)，对设备、管道和建筑物没有加速腐蚀的危险，同时还有保护作用。在该区域内使用铜材，不采取措施会形成电偶腐蚀。

锌包钢材料是以低碳钢和高纯锌为原料，通过热压形成的双金属复合材料。锌本身就是阴极保护材料，选用厚锌层就是兼顾地下其他金属构筑物的防腐蚀作用，结合现行行业标准《埋地钢质管道牺牲阳极阴极保护设计规范》SY／T 0019可计算，达到不再做阴极保护，实现接地和阴极保护于一体；用高纯锌是为解决延缓自腐蚀发生，提高保护的使用效率和使用寿命；里面有碳钢材料是为了增加接地体的机械强度、热稳定性和机加工性能。

锌的pH为6～12时，腐蚀速度很低。在蒸馏水中典型的腐蚀速度是0．015mm／a～0．15mm／a；在海水的典型腐蚀速度是0．020mm／a～0．070mm／a(《尤利格腐蚀手册》R·温斯顿·里维主编，杨武等译，化学工业出版社，2005年)。故在绝大多数土壤环境中(pH为7～8．5)是适用的，且锌层厚度越厚，抗腐蚀性能越好，使用年限越长。

根据现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB／T 21448，可以粗略计算垂直接地极的使用年限。

1 腐蚀分类(见图1、表1、表2)。

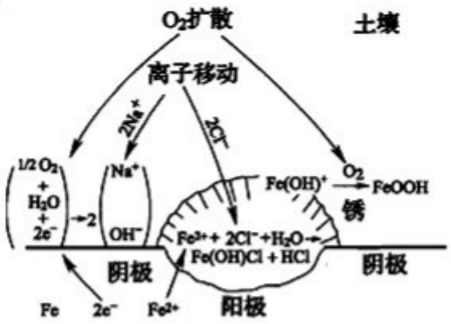


图 1　氧浓差电池的腐蚀模型

表 1　土壤电阻率与土壤腐蚀性(Ω·m)

腐蚀性	中国	前苏联	英国	日本	美国(1)	美国(2)	美国(3)	法国
极强	—	<5	<9	—	—	<7.5	—	<5
强	<20	5～10	9～23	<20	<10	—	<20	5～15
中等	20～50	10～20	23～50	20～45	10～100	7.5～100	20～45	15～25
弱	>50	20～100	50～100	45～60	100～1000	—	45～60	—
很弱	—	>100	>100	>60	>1000	>100	60～100	>30

注：图 1、表 1 引自《阴极保护工程手册》(胡士信主编，化学工业出版社，1999 年)。

表 2　土壤电阻率与土壤腐蚀性

土壤腐蚀性	弱	中等	强
土壤电阻率(Ω·m)	>50	20～50	<20

注：表 2 摘自现行行业标准《电力工程地下金属构筑物防腐技术导则》DL/T 5394。

从表1、表2中可以看出，土壤腐蚀性与土壤电阻率有直接关系，随土壤电阻率的升高，土壤的腐蚀性变弱。

2 对“土壤电阻率在20Ω·m及以下时，水平接地极锌层厚度不小于3mm，垂直接地极锌层厚度不小于10mm”的解释：

1)10mm锌层厚度的引用：现行行业标准《埋地钢质管道牺牲阳极阴极保护设计规范》SY／T 0019-1997第6．1．3条规定：防雷、防静电的接地极宜选用锌合金，并有锌接地极的结构图(图2)。其中锌层厚度为12mm。

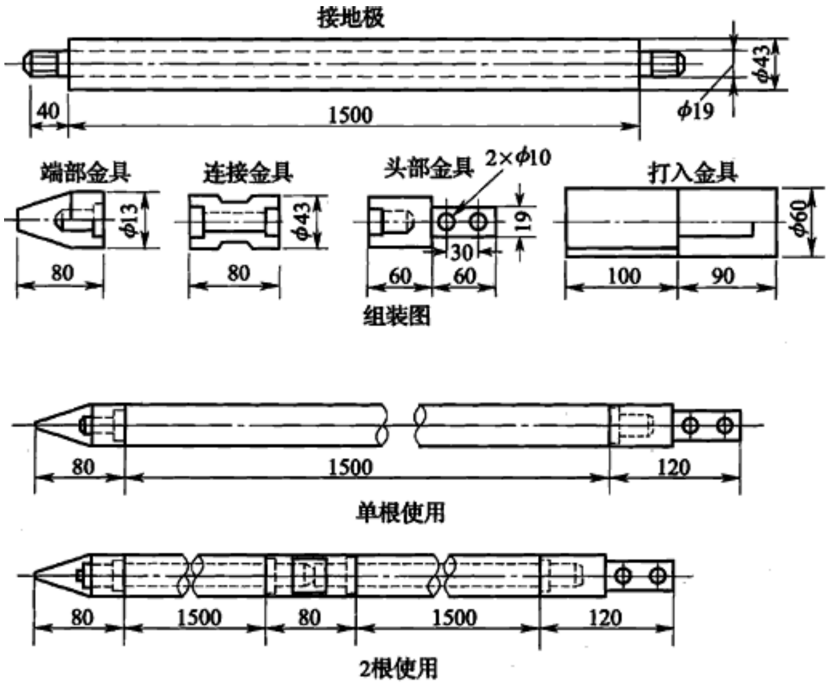


图 2　锌接地极结构图

2)5mm、10mm计算。将“锌层厚度不小于10mm”改为“锌层厚度不小于5mm”。现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB／T 21448并没有规定锌接地极的具体尺寸，现对原有规定作部分调整，计算如下：

接地材料腐蚀情况统计资料(见表3、表4)：

表 3　单一金属自然腐蚀

材　料	失重百分比(%)	
	1 年	3 年
软钢棒	2.6	6.11
镀锌钢棒	1.5	2.4
电镀铜钢棒	0.52	0.93
锌棒	1.2	1.2

表 4　不同金属组合的腐蚀测试数据(电偶腐蚀)

材　料	接地体组成(Ⅰ为软钢)	软钢失重百分比(%)	
		1 年	3 年
镀锌钢棒(G)	G—Ⅰ	1.2	2.85
电镀铜钢棒(C)	C—Ⅰ	4.85	14.0

注：表 3、表 4 腐蚀数据来自美国加利福尼亚国家海军土木工程实验室公布的实验数据，环境：美国加州海岸附近的美国海军土木工程实验室内，电阻率为 12Ω·m。

①引用的腐蚀数据如下：

对比表3、表4，在镀锌钢棒与软钢棒电连接后，软钢的腐蚀大大降低了，即锌延缓了钢铁的腐蚀速度，具有保护功能。

②垂直接地极锌层自然腐蚀计算：

锌包钢材料由于锌层较厚，其腐蚀发生主要在锌上。

由于接地网的氧浓差腐蚀因素，垂直接地极的腐蚀包括自然腐蚀、水平接地网材料的电化学腐蚀。

a．选用φ30、长2．5m、锌层厚度为5mm的锌包钢，其中锌重为7kg，总重为12．6kg。

根据表3：镀锌钢棒的锌的年失重率为2．4%，则锌包钢中锌年失重为0．302kg(即0．024×12．6kg)，则φ30mm、长2．5m、锌层厚度为5mm的锌包钢理论推算自然腐蚀可达23年(锌重／年腐蚀失重)。

b．选用φ43、长2．5m、锌层厚度为10mm的锌包钢，锌重为20kg，总重为25．9kg。

根据表3：镀锌钢棒的锌的年失重率为2．4%，则锌包钢中锌年失重为0．622kg(即0．024×25．9kg)，则φ43mm、长2．5m、锌层厚度为10mm的锌包钢理论推算自然腐蚀可达32年(锌重／年腐蚀失重)。

3)理论计算(主要考虑电化学腐蚀情况)：

①锌层厚度按10mm计算：选用φ43、长2．5m、锌层厚度为10mm的垂直接地极，锌重为20kg。土壤电阻率为20Ω·m时，该接地极的接地电阻6．5Ω[按现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB／T 21448-2008中公式(A．2．1)计算：

$$R=\frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{2L}{D}+\frac{1}{2}\ln\frac{4t+L}{4t-L}\right)$$

按没有加填包料计算]，最大输出保护电流为38．42mA[GB／T 21448-2008中公式(A．2．4)：I_f＝△E／R，△E取0．25V](相对裸钢铁)，考虑到金属间的屏蔽按现行行业标准《电力工程地下金属构筑物防腐技术导则》DL／T 5394-2007附录C．4的规定：阳极平均输出电流＝0．7×阳极输出电流。则该锌包钢接地极输出电流为26．9mA，最短使用年限为36．6年[按GB／T 21448-2008中公式(A．2．6)计算：

$$Y=\frac{W_g}{W_g I_f}\times 0.85$$

式中：W_g为锌的消耗率：≤17．25kg／(A．a)，取17．25]。

②锌层厚度按5mm计算：选用ϕ30mm、长2．5m、锌层厚度为5mm的垂直接地极，锌重为7kg。按照上述公式计算在土壤电阻率在20Ω·m时，该接地极的接地电阻为7．96Ω[按GB／T 21448-2008中公式(A．2．1)计算，即：

$$R=\frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{2L}{D}+\frac{1}{2}\ln\frac{4t+L}{4t-L}\right)$$

按没有加填包料计算]，最大输出保护电流为35．89mA[按GB／T 21448-2008中公式(A．2．4)：I_f＝△E／R，△E取0．25V](相对裸钢铁)，平均输出电流为25．1mA，则最短使用年限为13．7年[按GB／T 21448-2008中公式(A．2．6)计算：

$$Y=\frac{W_g}{W_g I_f}\times 0.85$$

W_g为锌的消耗率：≤17．25kg／(A．a)，取17．25]。

3 结论：

1)依照GB／T 21448标准论述，锌接地极锌层厚度为12mm。

2)通过一些数据计算，在完全自然腐蚀情况下(12Ω·m)，锌层厚度从5mm增加到10mm，其使用年限也从23年增加到32年。

3)在完全电化学腐蚀的情况下(20Ω·m)，锌层厚度从5mm增加到10mm，其使用年限也从13．7年增加到36．6年；若只输出50％的电流，则其使用年限也从26年增加到72年。

4)根据本标准所设定的条件(“区域内采用阴极保护系统时”)，其锌层因输出的电流而导致腐蚀不是主要的，其腐蚀偏向自然腐蚀状态，考虑到土壤腐蚀的复杂性，根据土壤腐蚀分类和腐蚀性特征，在小于或等于20Ω·m时，故选取“锌层厚度不低于5mm”的规定。