**电力工程接地通用规范**

**（征求意见稿）**

2020.06

**目 录**

1 总则 1

2 基本要求 2

3 土壤数据 3

4 接地阻抗、转移电位和网内电位差 4

5 跨步电位差、接触电位差 6

6 接地装置的热稳定性、机械强度 8

7 设备与地网的连接 9

8 等电位接地网 12

9 直流接地极 14

附：条文说明 15

**1 总则**

**1.0.1** 为使电力接地工程贯彻国家电力建设方针政策，满足经济和社会发展基本需求，保障人民生命财产安全、电力系统安全、生态环境安全，满足经济社会管理基本需要，依据有关法律、法规，制定本规范。

**1.0.2** 发电、变电、输电和配电等电力工程的接地设计、施工、验收及改造应遵守本规范。

**1.0.3** 本规范是电力工程接地的设计、施工、验收及改造等过程中的基本要求。当采用的技术措施与本规范的规定不一致，但经合规性评估符合本规范第2章的基本规定时，应允许使用。

**2 基本要求**

**2.0.1** 电力接地工程的设计、施工、验收及改造，应保证人身、设备的安全及电力系统的可靠运行，并不应对周边设施的安全运行产生影响。

**2.0.2** 电力工程接地应能满足保护接地、防雷接地、防静电接地、工作接地不同用途的基本要求，并通过接地装置实现。

**2.0.3** 接地装置产生的地电位升、网内电位差、转移电位、跨步电位差和接触电位差应满足限值要求。

**2.0.4** 接地装置应在预期寿命内满足热稳定性和机械强度的要求。

**2.0.5** 接地装置的验收测试不应在雷、雨、雪中或雨、雪后立即进行。

**3 土壤数据**

**3.0.1** 电力工程接地设计必须考虑工程地点的土壤电阻率以及埋设接地装置处土壤腐蚀性能和冻土深度。

**3.0.2**土壤电阻率测量结果应能反映与接地装置尺寸相当深度范围内的土壤分层状况。

**4 接地阻抗、转移电位和网内电位差**

**4.0.1**发、变电站中不同用途和不同额定电压的电气装置或设备，除另有规定外应使用一个总的接地网。接地装置的接地阻抗应符合其中最小值的要求。

**4.0.2** 对于可能将接地网的高电位引向厂、站外或将低电位引向厂、站内的设备，应采取隔离措施防止转移电位差对人身和设备的危害。

**4.0.3**有效接地系统和低电阻接地系统（含消弧线圈并联低电阻）接地网的接地阻抗应满足工频地电位升限值的要求，按下式计算

式中：*R*——考虑季节变化的最大接地阻抗（Ω）；

 *I*G——考虑最大运行方式下，经接地网入地的最大接地故障不对称 电流（A）

*U*G——工频地电位升限值（V），工频地电位升限值应当取所有引出到发、变电站外的一、二次设备所能承受的最大工频耐受电压（包括电位隔离设备的工频耐压）的最小值。

**4.0.4** 不接地、谐振接地和高阻接地系统，接地网的接地阻抗应符合下式要求，但不大于4Ω：

式中：*R*——采用季节变化的最大接地阻抗（Ω）；

*I*G——计算用的接地网入地稳态电流（A）。

**4.0.5** 工作于不接地、谐振接地和高电阻接地系统、向1kV 及以下低压电气装置供电的高压配电电气装置，其保护接地的接地阻抗应符合下式的要求，且不应大于4Ω：

式中： *R*——因季节变化的最大接地阻抗（Ω）；

*I*G——计算用的单相接地故障电流；谐振接地、谐振‐低电阻接地系统为故障点残余电流（A）。

**4.0.6** 保护配电柱上断路器、负荷开关和电容器组等的避雷器的接地导体（线），应与设备外壳相连，接地装置的接地阻抗不应大于10Ω。

**4.0.7**确定发电厂和变电站接地网的型式和布置时，设备场区的网内最大电位差应保证低压电缆耦合电压不超过二次设备绝缘耐受值和抗干扰水平，以确保二次系统在接地故障期间的安全运行。

**5 跨步电位差、接触电位差**

**5.0.1** 确定发电厂和变电站接地网的型式和布置时，应符合下列要求：

**1** 有效接地系统和低电阻接地系统发生单相接地或同点两相接地时，发电厂和变电站接地网的接触电位差和跨步电位差不应超过由下列二式计算所得的数值：

式中：*U*t ——接触电位差允许值（V）；

*U*s ——跨步电位差允许值（V）；

*ρ*s ——地表层的电阻率（m）；

*C*s ——表层衰减系数；

*t*s ——接地故障电流持续时间，与接地装置热稳定校验的接地故障等效持续时间取相同值（s）。

**2** 不接地、谐振接地和高阻接地系统，发生单相接地故障后，当不迅速切除故障时，发电厂和变电站接地装置的接触电位差和跨步电位差不应超过下列二式计算所得的数值：

**5.0.2** 接地网的敷设应符合下列规定：

**1** 接地网的外缘应闭合，外缘各角应做成圆弧形。

**2** 接地网内应敷设水平均压带。

**3** 35kV及以上接地网边缘有人出入的走道处，应铺设碎石、沥青路面等高阻层或在地下装设均压带。

**6 接地装置的热稳定性、机械强度**

**6.0.1**电力工程接地设计中，校验接地引下线热稳定性所用计算电流值应不小于远期规划出现的最大电流值。

**6.0.2**接地装置截面设计应考虑土壤腐蚀情况，接地体的截面不应小于连接至该接地装置接地引下线截面的75%。

**6.0.3** 在运接地装置的改造应根据系统短路容量的变化及接地装置的腐蚀程度，校核接地装置（包括设备接地引下线）的热稳定容量。

**7 设备与地网的连接**

**7.0.1** 电力装置或设备的外露可导电部分必须接地。

**7.0.2** 发电厂易燃油、可燃油、天然气和氢气等贮罐、装卸油台、铁路轨道、管道、鹤管、套筒及油槽车等应设置防静电接地。

**7.0.3**气体绝缘金属封闭开关设备区域应设置专用接地网，专用接地网应与变电站总接地网连接。

**7.0.4**发电厂和变电站的构架避雷针、雷电防护避雷器的接地引下线应与接地网连接，并应在连接处加装集中接地装置。 引下线与接地网的连接点至变压器、35kV及以下设备(不含避雷器)接地导体（线）与接地网连接点之间沿接地极的长度，不应小于15m。

**7.0.5**独立避雷针和避雷线应设置独立的集中接地装置，其与接地网的地中距离不应小于3m，并不应对电缆沟内的电缆产生影响；其与道路或建筑物的出入口等的距离小于3m 时，应采取均压措施或铺设碎石或沥青地面。

**7.0.6** 主控制室、配电装置室和35kV 及以下变电站的屋顶上装设直击雷保护装置，且为金属屋顶或屋顶上有金属结构时，则应将金属部分接地, 屋面金属层厚度应大于4mm；屋顶为钢筋混凝土结构时，则应将其焊接成网接地；结构为非导电的屋顶时，则应采用避雷带保护，并设接地引下线，引下线不少于2根。该接地引下线应与主接地网连接，并应在连接处加装集中接地装置。

**7.0.7** 发电厂和变电站有爆炸危险且爆炸后可能波及发电厂和变电站内主设备或严重影响发供电的建构筑物，应采用独立避雷针保护，并应采取防止雷电感应的措施。露天贮罐周围应设置闭合环形接地装置，接地阻抗不应超过 30Ω，无独立避雷针保护的露天贮罐不应超过10Ω，接地点不应小于两处，接地点间距不应大于30m。架空管道每隔20m～25m 应接地一次，接地阻抗不应超过30Ω。易燃油贮罐的呼吸阀、易燃油和天然气贮罐的热工测量装置，应用金属导体与相应贮罐的接地装置连接。不能保持良好电气接触的阀门、法兰、弯头等管道连接处应跨接。

**7.0.8** 保护配电变压器的避雷器，其接地应与变压器保护接地共用接地装置。

**7.0.9**严禁利用金属软管、管道保温层的金属外皮或金属网、低压照明网络的导线铅皮以及电缆金属护层作为接地线。

**7.0.10**电气装置的接地必须单独与接地母线或接地网可靠相连接，严禁在一条接地线中串接两个及两个以上需要接地的电气装置。

**7.0.11** 变压器中性点应有两根与地网主网格的不同边连接的接地引下线，并且每根接地引下线均应符合热稳定校核的要求。

**7.0.12**  TN系统应分别符合下列要求：

**1** 对于单电源系统，TN 电源系统在电源处应有一点直接接地，装置的外露可导电部分应经PE接到接地点。

**2** 对于具有多电源的 TN 系统和对用电设备采用单独的PE 和N 的多电源TN‐C‐S 系统，应符合下列要求：

**1）**不应在变压器的中性点或发电机的星形点直接对地连接；

**2）**变压器的中性点或发电机的星形点之间相互连接的导体应绝缘，且不得将其与用电设备连接；

**3）**电源中性点间相互连接的导体与PE 之间，应只一点连接，并应设置在总配电屏内。

**3** 在TN-C 系统中不应将保护接地中性导体隔离，严禁将保护接地中性导体接入开关电器。

**7.0.13** TT系统应只有一点直接接地，装置的外露可导电部分应接到在电气上独立于电源系统接地的接地极上。

**7.0.14** IT电源系统的所有带电部分应与地隔离，或某一点通过阻抗接地。电气装置的外露可导电部分，应被单独地或集中地接地。

**7.0.15** 配电变压器设置在建筑物外其低压采用TN 系统时，低压线路在引入建筑物处，PE 或PEN 应重复接地。

**7.0.16** 严禁利用输送可燃液体，可燃气体或爆炸性气体的金属管道作为电气设备的接地保护导体（PE）。

**7.0.17** 成套柜的接地母线应与主接地网连接可靠。

**8 等电位接地网**

**8.0.1** 在保护室、控制室、通信室内应敷设等电位接地网，该接地网应在小室入口处与厂、站主接地网一点可靠相连，等电位接地网应为保护专用。

**8.0.2**直流电源系统绝缘监测装置的接地端和柜屏内的交流供电电源的中性线（零线）不应接入等电位接地网。

**8.0.3** 保护室、控制室的微机保护和控制装置的屏柜下部，以及开关场远端就地端子箱内应设置接地铜排，屏柜内所有装置、电缆屏蔽层、保护装置及辅助装置接地端子、屏柜门体的接地端就近与铜排相连，保护室、控制室的铜排应与等电位接地网可靠连接，就地端子箱的铜排应与电缆沟内专用铜排（缆）及主地网相连。

**8.0.4** 厂、站的二次回路电缆均应使用屏蔽电缆，同时，应沿开关场二次电缆沟道敷设专用铜排（缆），两端分别与开关场就地端子箱处和保护室处的主地网相连。

**8.0.5**二次回路电缆金属屏蔽层的接地方式应符合下列规定：

1 计算机监控系统的模拟信号回路控制电缆屏蔽层不得构成两点或多点的接地，应集中式一点接地；

2 集成电路、微机保护的电流、电压和信号的控制电缆屏蔽层应在开关安置场所与控制室同时接地；

3 不应使用电缆内的备用芯代替屏蔽层接地。

4由一次设备直接引出的二次电缆的屏蔽层应在就地端子箱处一点接地，在一次设备的接线盒（箱）处不接地。

5二次电缆经金属管从一次设备的接线盒（箱）引至电缆沟，并将金属管的上端与一次设备的底座或金属外壳良好焊接，金属管另一端应与主接地网焊接。

**8.0.6** 电流互感器或电压互感器的二次回路，均必须且只能有一个接地点。

**8.0.7** 等电位接地网与接地网连接时，应远离高压母线、并联电容器、电容式电压互感器、结合电容、电容式套管等设备及避雷器和避雷针的接地点。

**9 直流接地极**

**9.0.1** 接地极址的选择应综合考虑接地极线路长度、极址技术条件、极址周边相关设施状况和地方发展规划等因素，做到安全可靠，经济合理，对环境影响小。

**9.0.2** 对于两个及以上换流站共用的直流接地极，设计接地极时的入地电流应考虑事故情况下的复合电流。

**9.0.3** 在最大过负荷电流下，直流接地极地面任意点最大跨步电压不得超过其允许值。地面任意一点的最大允许跨步电压根据下式计算。

式中： *U*s ——跨步电位差允许值 (V);

*ρ*s——表层土壤的电阻率 (Ω·m).

**9.0.4**在任何情况下，直流接地极任意点的最高温度都应低于所在海拔下水的沸点。

**9.0.5**对于长时间以阳极运行的接地极，应限制焦炭与土壤接触面的电流密度，以防电渗析（电场下水的移动）。

**9.0.6** 直流接地极在设计寿命期内，考虑腐蚀后的馈电元件应满足系统对其载流量的要求。

**条文说明**

[1总 则 16](#_Toc49180447)

[2基本要求 16](#_Toc49180448)

[3土壤数据 17](#_Toc49180449)

[4接地阻抗、转移电位和网内电位差 17](#_Toc49180450)

[5跨步电位差、接触电位差 22](#_Toc49180451)

[6接地装置的热稳定性、机械强度 22](#_Toc49180452)

[7 保护接地 23](#_Toc49180453)

[8等电位接地网 27](#_Toc49180454)

[9直流接地极 29](#_Toc49180455)

**1总 则**

1.0.1本条是新增条款，本条阐述了制定本规范的目的。本规范以电力接地工程的目标与功能性能要求为基础，以保障人身健康和生命财产安全、电力系统安全、生态环境安全，满足经济社会管理为目的，以覆盖电力接地全过程为范围，研编全文强制标准，具有较强的可操作性和实用性。

1.0.2本条是新增条款，本条规定了本规范的适用范围，本规范适用于电力接地工程，是国家电力接地工程建设控制性底线要求，具有技术法规效力，必须严格遵守。本规范所称电力接地是指发电、变电、输电和配电等电力工程的接地设计、施工、验收及运维。

1.0.3本条是新增条款，本条对规范的合规性评估作出规定。本规范规定电力接地的主要技术指标和生产实践通用性的技术要求及技术措施，对满足法律法规和工程规范性能要求的创新性技术措施和新产品，可通过合规性判定推广应用。新产品为没有国家现行有关标准的产品。合规性判定应由建设单位组织设计、施工等单位以及相关专家，对采用的新产品是否满足工程规范的性能要求进行论证判定。

**2基本要求**

2.0.1 本条是新增条款，本条规定了电力接地工程的范围、意义及影响。电力接地工程应保证人身、设备的安全及保证电力系统的可靠运行，并不应对周边设施和环境产生不利影响。

2.0.2 本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第3.1.1条。本条规定了电力工程接地不同用途的基本要求。

2.0.3 本条是新增条款，本条规定了电力工程接地的具体性能要求。

2.0.4 本条是新增条款，本条规定了电力工程接地中接地装置的材料和尺寸要求。

2.0.5 本条参考了《接地装置特性参数测量导则》DL/T 475-2017的第4.2条，接地装置的特性参数受土壤电阻率影响较大，如在雨雪后测试会带来测试的误差，应在土壤干燥时测试，以获得较安全的测试结果。为保障测试人员人身安全，如发现有雷云活动时，应停止测试并撤离现场，避免雷电流通过杆塔接地极入地后击伤测试测试人员。

**3土壤数据**

3.0.1本条参考了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》2018版14.1.1.1条。本条款规定了接地设计时应考虑的土壤数据，土壤数据的获取是接地装置设计的首要环节。

3.0.2本条参考了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》2018版14.1.1.1条。本条款明确了土壤电阻率的测试要求，数值计算表明，接地装置的散流主要靠中层和深层的土壤实现的，与接地网尺寸相当的深层土壤对散流能力的影响较大，必须了解深层土壤的状况。而设计地勘阶段提供的土壤电阻率数据多为浅层数据，这就是接地阻抗设计值与实测值偏差较大的一个最主要原因。为此，特别强调“与接地装置尺寸相当深度范围内的土壤分层状况”，温纳四极法的最大的极间距离amax不宜小于接地网尺寸（取最大等效对角线），改变极间距离a，得到一组视在土壤电阻率数据。当布线空间路径有限时，amax至少应达到接地网最大对角线的三分之二。对于110 kV变电站，amax要求达到150 m～200 m，220kV变电站应达到250 m～300 m，500 kV变电站则amax取400 m～600 m，考虑外扩接地网的情形amax甚至取更大值。在地形地貌复杂，或者接地网的尺寸较大，布线路径较难满足（最大间距大于500m）的场合，建议采用大地电磁法与温纳四极法结合，短距测量采用温纳四极法以获得较高的精度，长距测量采用大地电磁法已解决布线距离不足的问题。

**4接地阻抗、转移电位和网内电位差**

4.0.1 本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第3.1.2条。在一个接地网中，往往有多个与主接地网相连的功能性接地网，如主控楼的二次接地网、非独立避雷针接地网、建购物防雷接地、电厂主厂房接地网、油库接地网、煤场接地网等，每个功能性接地网独立时都有接地阻抗限值要求，连接成为一个整体后，总的接地网应满足最小的接地阻抗值的要求。这样，接地装置可以共用，既节约费用，又有利于总接地网的均压。一般来说，主接地网由于主要承担故障电流的散流功能，接地阻抗要求值一般是最低的，其他的功能性接地网的接地阻抗的要求往往都高于主接地网，因此，总的接地网值按照主接地网的接地阻抗进行校核即可。本规范中的接地阻抗，如无另外注明，均指工频接地阻抗。

4.0.2 本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.3.3条第四款，如下图所示，电流入地时接地系统地电位升通过各类连接导体（如电缆金属护套、管道、轨道等）转移到地电位较低的地方，或者通过连接导体将较低的地电位转移到地电位较高的地方，从而导致连接导体与其周围大地之间的电位差，这将对人身和设备产生危害。推荐的隔离措施如下：

1）站用变压器向厂、站外低压电气装置供电时，其0.4kV绕组的短时（1min）交流耐受电压应比厂、站接地网地电位升高40%。向厂、站外供电用低压线路采用架空线，其电源中性点不在厂、站内接地，改在厂、站外适当的地方接地。

2）对外的非光纤通信设备加隔离变压器。

3）通向厂、站外的管道采用绝缘段。

4）铁路轨道分别在两处加绝缘鱼尾板。



图4.1 转移电位差示意图

4.0.3本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.2.1条。本条规定了有效接地系统和低电阻接地系统接地网的接地阻抗限值。

发、变电站工频地电位升限值的确定如下：

由于地电位升不影响完全在发、变电站内的一、二次设备（与站外无电气连接）。而接触电位差和跨步电位差的降低无需通过降低地电位升来实现。因此，发、变电站地电位升限值应当取所有引出到站外的一、二次设备所能承受的最大电压（包括电位隔离设备的耐压）的最小值。并且通过采取隔离等措施保护引出到站外（或引入到站内）的一、二次设备的安全后，发、变电站地电位升限值可以进一步提高。当低压和二次设备全部位于站内（与站外没有电气连接），或者引出到站外但采取了足够的隔离措施后，应按照站外引入的备用电源的避雷器的额定电压确定地电位升限值。当站外引入为10kV时，变电站地电位升不应超过10kV；当站外引入为35kV时，变电站地电位升不应超过30kV。

经接地网入地的最大接地故障不对称电流的确定如下：

发电厂、变电站内发生工频接地短路故障时，强大的故障电流经接地网泄放，由于整个回流路径是复杂的电感、电容网络，入地短路电流将经历短暂的暂态电磁振荡过渡过程后达到稳态。对于接地网安全性而言，关注的是最大地网入地暂态故障电流，是最具危害性的情况。

典型的短路电流如图1所示，可以简单地分解为对称的交流分量和暂态直流衰减分量，后者是随时间呈指数衰减的单向直流分量（衰减系数为Df）。由于系统存在电感成分，在发生短路故障时电流不能突变，为了维持电感中的电流在短路初始瞬间不突变，就产生了直流分量，其一开始与交流对称分量的叠加会产生一段振荡峰值较大的暂态过程。相应地，最大地网入地电流是最大非对称交流电流，它既包括对称交流电流又包括直流分量，暂态过程的这段高幅值电流入地会给站内带来更加严重的安全问题。



图4.2 短路电流（c）的对称交流分量（a）和暂态直流衰减分量（b）

清华大学对接地网非等电位模型的短路电流分布进行了分析计算，在对电力系统运行及故障状态进行仿真分析时，一般可将其简化为电源、输电线路、变电站以及负载等几个部分，使用PSCAD作为仿真软件对故障电流暂态波形进行建模分析，利用其搭建仿真模型。

对故障电流在接地网内部和地线分布的处理，建立一个接地网多端口等效模型，提出考虑接地网不等电位特性的短路电流分流系数计算方法，分析接地网不等电位特性的影响因素及其对分流系数的影响规律，使得地线分流系数的计算更加科学和准确。

4.0.4 本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.2.1条。本条规定了不接地、谐振接地和高阻接地系统接地阻抗值的计算公式和最高接地阻抗值的取值，数值120是低压系统的绝缘耐受水平，*I*G采用接地网入地对称电流，其原因在于不接地、谐振接地和高阻接地系统发生单相接地故障后，虽然对地短路电流中也存在直流分量，但因不立即跳闸，较快衰减的直流的影响已可不必考虑。

4.0.5 本条引自《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第6.1.1条。本条规定了低压电气装置供电的高压配电电气装置接地阻抗值的计算公式和最高接地阻抗值的取值，数值50是人体耐受的安全电压，*I*G采用计算用的单相接地故障电流；谐振接地、谐振‐低电阻接地系统为故障点残余电流。

4.0.6 本条引自《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第6.1.4条。

4.0.7 本条为新增条款，本条规定了接地故障期间网内电位差的限值要求，接地故障期间网内电位差问题一直得不到重视，使得二次系统的运行风险增大，存在“隐性事故”，需要控制网内电位差，为此提出本条。

网内电位差对二次设备的影响，主要通过对二次设备绝缘耐受（包括局部放电的累积效应），以及传输信号的骚扰两个方面来实现的。对于发电厂、变电站大型接地网，尤其使用电阻率和磁导率都较大的钢材时，由于接地网导体自身的电感、电阻和土壤电阻率不均匀等诸多原因，已无法再将接地网看做等电位体，必须考虑网内电位差。接地故障时作用在二次设备绝缘上电压并不是全部地电位升，直接反击二次设备的主要因素实际上是接地网内电位差，其值所占整个地电位升的比例很低。由于施加在二次系统的最大电压不会超过接地网内的最大地电位差，因此，对接地网设计应确保接地网内最大地电位差不超过二次系统的绝缘耐受。通过开展有代表性的二次设备和回路的工频过电压耐受能力试验研究，了解二次设备对于网内电位差水平的耐受特性，确认其短板在于二次电缆、继电器、采样插件和微机保护装置，对于正常的二次元器件的绝缘来说，网内电位差应按照不超过2 kV来控制，但是，考虑二次元件运行老化、局部放电带来累积效应，以及留有足够的安全裕度，建议接地网导体电位差宜低于1000V。另一方面，接地故障期间接地网异常电位分布还将对二次系统正常运行产生骚扰。由于许多仪器的接地端都接在接地网上，网内不同点间的电位差可能在仪器间形成电流，在传输的信号上耦合叠加一个电压状态量，给故障期间二次系统的正常运行和信号传输造成干扰，存在保护误动或拒动的风险。

典型的案例为某电厂热备用的500kV断路器在500kV升压站邻近的500kV电流互感器短路故障期间发生的偷合事故。计算结果显示，断路器控制电缆两端外屏蔽接地点间的稳态电位差达到3 320 V时，控制电缆屏蔽层两端接地时芯-地电位差达到1 134.84 V，而断路器合闸回路中的交流电压启动合闸继电器的门槛值为56～62 V，当合闸回路耦合的电压量达到门槛值，就有可能启动合闸继电器，造成断路器偷合，而仿真计算得到的芯-地电位差远远超过该动作门槛值。可见，网内电位差异常使得操作箱合闸回路受到电磁干扰的可能性极大，断路器存在极高误动风险。而沿控制电缆沟铺设2根铜排基础上加密10 m×10 m接地网，计算显示，网内电位差降低到830.03 V，控制电缆屏蔽层两端接地时芯-地电位差降到187.34 V，达到了降低短路电流对控制电缆影响的目的。

综上，建议网内电位差应按照低于1000V来控制。

**5跨步电位差、接触电位差**

5.0.1 本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.2.2条。本条是电力接地工程保证人身安全的主要依据。接地故障电流持续时间，与接地装置热稳定校验的接地故障等效持续时间取相同值（s）。为严格起见，建议取一级后备保护（主保护失灵）动作的时限，500 kV及以上系统取0.35 s，330 kV系统取0.5 s，220 kV和110 kV系统取0.7 s，表层衰减系数Cs参考《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011附录C。

5.0.2 本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.3.2条，以及《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016的第4.2.2条，系统故障时，为确保人身安全，规定接地网的敷设要符合三点要求，以保证均压以及跨步电压和接触电压满足设计和运行要求。

**6接地装置的热稳定性、机械强度**

6.0.1 本条参考了《国家电网有限公司十八项电网重大反事故措施》第14.1.1.3条。该条规定了接地引下线热稳定性计算中电流的取值要求。

6.0.2 本条参考了《国家电网有限公司十八项电网重大反事故措施》第14.1.1.3条和《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.3.5条第三款，该条规定了接地装置接地体以及接地引下线的截面选择所考虑的因素以及限值要求。

6.0.3本条参考了《国家电网有限公司十八项电网重大反事故措施》14.1.2.1条，一般情况下，每年各网省公司会根据最新的电源点运行情况、输变电站变更情况，更新系统的潮流参数，给出各电源点、变电站的最新短路故障电流水平I（一般有三相短路电流水平和单相短路电流水平），这一般在《年度电网运行方式》里能查到。为了避免某些电源点或变电站因为短路电流水平的增加而导致可能已有的接地装置截面热容量导通参数不够，形成安全隐患，所以我们需要每年根据变电站短路电流水平的变化，进行接地装置（接地引线和水平接地体）热容量校核。另外，接地装置主材料一般为金属材料，在埋地情况下会因土壤及其他材料的存在而发生腐蚀，我们需要根据变电站土壤对接地装置材料的腐蚀速率（一般用年腐蚀厚度表示），估算目前接地装置材料腐蚀后的实际有效截面，并以此有效截面及短路电流水平，进行接地装置的热稳定容量校核，若校核结果不合格，则需要进行改造，以使得该接地装置能够通过可能发生的短路故障电流。

**7 保护接地**

7.0.1 本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第3.2.1条、第5.2.1条，同时也参考了《电力工程电缆设计标准》GB 50217-2018的第4.1.10、《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016的第**3.0.4**条。该条文规定了设备或者装置的金属部分应接地的范围，是保障人身安全所需的重要措施。保护接地的范围包括但不限于如下内容：

1 高压并联电抗器中性点接地电抗器的接地端子；

2 电机、变压器和高压电器等的底座和外壳；

3 发电机中性点柜的外壳、发电机出线柜、封闭母线的外壳和变压器、开关柜等（配套）的金属母线槽等；

4 气体绝缘金属封闭开关设备的接地端子；

5 配电、控制和保护用的屏（柜、箱）等的金属框架；

6 箱式变电站和环网柜的金属箱体等；

7 发电厂、变电站电缆沟和电缆隧道内，以及地上各种电缆金属支架等；

8 屋内外配电装置的金属架构和钢筋混凝土架构，以及靠近带电部分的金属围栏和金属门；

9 电力电缆接线盒、终端盒的外壳，电力电缆的金属护套或屏蔽层，穿线的钢管和电缆桥架等；

10 装有地线的架空线路杆塔；

11 除沥青地面的居民区外，其他居民区内，不接地、谐振接地、高电阻接地系统中无地线架空线路的金属杆塔和钢筋混凝土杆塔；

12 装在配电线路杆塔上的开关设备、电容器等电气装置；

13 高压电气装置传动装置；

14 附属于高压电气装置的互感器的二次绕组和铠装控制电缆的外皮。

条文说明

15电力电缆金属套应按下列规定接地：

1 3芯电缆应在线路两终端直接接地，线路中有中间接头时，接头处也应直接接地；

2 单芯电缆在线路上应至少有一点直接接地，且任一非接地处金属套上的正常感应电压，不应超过下列数值

1) 在正常满负载情况下，未采取以防止人员任意接触金属套的安全措施时，50V。

2）在正常满负载情况下，采取以防止人员任意接触金属护套或屏蔽层的安全措施时，300V。

3 长距离单芯水底电缆线路应在两岸的接头处直接接地。

7.0.2 本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.5.2条，该条规定了发电厂防静电接地要求的措施。该条文规定了发电厂易燃油、可燃油、天然气和氢气等贮罐、装卸油台、铁路轨道、管道、鹤管、套筒及油槽车等应设置防静电接地。防静电接地的范围包括但不限于如下内容：

1 铁路轨道、管道及金属桥台，应在其始端、末端、分支处，以及每隔50m 处设防静电接地，鹤管应在两端接地；

2 厂区内的铁路轨道应在两处用绝缘装置与外部轨道隔离。两处绝缘装置间的距离应大于一列火车的长度；

3 净距小于100mm 的平行或交叉管道，应每隔20m 用金属线跨接；

4 不能保持良好电气接触的阀门、法兰、弯头等管道连接处，也应跨接；

5 油槽车应设置防静电临时接地卡；

6 易燃油、可燃油和天然气浮动式贮罐顶，应用可挠的跨接线与罐体相连，且不应少于两处。

7 浮动式电气测量的铠装电缆应埋入地中；

8 金属罐罐体钢板的接缝、罐顶与罐体之间，以及所有管、阀与罐体之间，应保证可靠的电气连接。

7.0.3 本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065-2011的第4.4.1条和4.4.2条。66kV-220kV具有气体绝缘金属封闭开关设备的变电站，一般为GIS变电站。而在500kV变电站中有开关装置采用GIS 而母线采用敞开式配电装置的设计，对此种组合方式称为HGIS变电站，目前工程中GIS变电站均采用一个总接地网。气体绝缘金属封闭开关设备区域专用接地网应强调的是，工程设计单位应主动与GIS制造厂交换工程设计信息与要求，同时了解GIS制造厂提出的GIS区域专用接地网设计方案，并在变电站总接地网设计中加以考虑并纳入，满足能够释放分相式设备外壳的感应电流以及快速流散开关设备操作引起的快速瞬态电流的功能。

7.0.4本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.5.1条第一款、第四款，同时也参考了《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 500169-2016的第4.6.1条第六款。该条针对构架避雷针、雷电防护避雷器，雷击避雷针时，避雷针接地点的高电位向外传播15m 后，在一般情况下衰减到不足以危及35kV 及以下设备的绝缘；集中接地装置是为了加强雷电流散流作用，降低对地电压而敷设的附加接地装置；

7.0.5 本条引自《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016的第4.6.1条第六款，该条针对独立避雷针和避雷线，发电厂和变电站独立避雷针和避雷线应设置独立的集中接地装置，其与接地网的地中距离不应小于3m，且不应对电缆沟内的电缆产生影响，同时，为了保证人身安全，其与道路或建筑物的出入口等的距离小于3m 时，应采取均压措施或铺设碎石或沥青地面。

7.0.6本条参考了《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.5.1条第二款和《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010的第4.4.3条，该条规定了发电厂或变电站内建筑物防雷接地的要求。

7.0.7 本条引自《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第4.5.1条第三款，该条规定了发电厂或变电站内有爆炸危险的建构筑物防雷接地的要求。

7.0.8 本条引用《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065-2011的第6.1.3条。若保护配电变压器的避雷器不与变压器保护接地共用接地装置，则若避雷器的接地点与变压器保护接地点存在电位差，则可能无法对变压器起到保护作用。

7.0.9 本条引自《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016的第**4.1.8**条，金属软管、管道保温层的金属外皮或金属网、低压照明网络的导线铅皮以及电缆金属护层等强度差，又易腐蚀，作接地线很容易出现安全隐患事故，因此严禁使用，在施工中必须严格执行。

7.0.10 本条引自《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016的第**4.2.9**条，如接地线串联使用，则当其中一处接地线断开时，其后面串接的设备将失去接地，为避免直接危及人的生命安全，规定“严禁在一条接地线中串接两个及两个以上需要接地的电气装置”。在施工中必须严格执行。

7.0.11本条参考了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》14.1.1.4条，《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》GB50148-2010的第4.12.1条中第5款以及《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016的第4.2.10条中第3款和第5款，本条规定了变压器中性点接地引下线的数量要求，目前国内变电站均已经按要求进行双接地引下线配置，为更好保护主设备，应对双配置接地引下线强制要求。

7.0.12~7.0.14 本条参考了《低压配电设计规范》GB50054-2011的第3.1.4条以及《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第7.1.2条、7.1.3条、7.1.4条，分别规定了TN、TT、IT系统的接地方式。

不同接地型式代号中字母的含意为：

1 第1 个字母——电源系统对地的关系，表示如下：

1）T——某点对地直接连接；

2）I——所有的带电部分与地隔离；或某点通过高阻抗接地。

2 第2 个字母——装置的外露可导电部分对地的关系，表示如下：

1）T——外露可导电部分与地直接做电气连接，它与系统电源的任何一点的接地无任何连接；

2）N——外露可导电部分与电源系统的接地点直接做电气连接（在交流系统中，电源系统的接地点通常是中性点，或者如果没有可连接的中性点，则与一个相导体连接）。

3 后续的字母——N 与PE 的配置，表示如下：

1）S——将与N 或被接地的导体（在交流系统中是被接地的相导体）分离的导体作为PE；

2）C——N 和PE 功能合并在一根导体中（PEN）。

7.0.15 本条参考《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011的第7.2.2条，本条规定了配电变压器设置在建筑物外其低压采用TN 系统时，低压线路在引入建筑物处，PE 或PEN 应重复接地。

7.0.16本条引用了《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB50171-2012的第8.1.12条，本条为保证安全，避免出现燃烧、爆炸等事故。

7.0.17本条引用了《建设工程施工现场供用电安全规范》GB50194-2014的第7.0.2条，成套柜内的接地母线铜排是柜内接地刀闸和二次控制和保护系统的重要接地汇流排，为保证人身安全和设备安全，应与主接地网直接可靠连接，并且接地引线应符合热稳定性的要求。此接地装置的安全作用，是盘、柜本体及基础型钢接地不能替代的，直接涉及人身安全和设备安全。

**8等电位接地网**

8.0.1本条参考了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》15.6.2.1、15.6.2.2条，本条强调了除了厂、站主接地网之外，在二次系统还应敷设等电位接地网。等电位接地网应符合下列规定：

1. 装设保护和控制装置的屏柜地面下设置的等电位接地网宜用截面积不小于 100mm²的接地铜排连接成首末可靠连接的环网，并应用截面积不小于50mm²、不少于 4 根钢缆与厂、站的接地网一点直接连接。

2. 保护和控制装置的屏柜内下部应设有截面积不小于100mm²的接地铜排，屏柜内装置的接地端子应用截面积不小于4mm² 的多股铜线和接地铜排相连，接地铜排应用截面积 50mm² 的铜排或铜缆与地面下的等电位接地母线相连。

3. 分散布置的就地保护小室、通信室与集控室之间的等电位接地网，应使用截面积不小于 100 mm² 的铜排或铜缆可靠连接。

8.0.2 本条参考了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》15.6.2.4条，本条强调了等电位接地网的专用性。直流电源系统绝缘监测装置的平衡桥和检测桥的接地端以及微机型继电保护装置柜屏内的交流供电电源（照明、打印机和调制解调器）的中性线（零线）不应接入保护专用的等电位接地网。

8.0.3 本条参考了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》15.6.2.3、15.6.2.7条。本条规定了保护室、控制室的屏柜，以及远端就地端子箱与接地网（等电位接地网和主接地网）的连接要求。

对于保护室、控制室的微机保护和控制装置来说，首先，微机保护和控制装置的屏柜要就近接地，为此要求其下部应设有截面积不小于100mm2的铜排（不要求与保护屏绝缘），屏柜内所有装置、电缆屏蔽层、屏柜门体的接地端应用截面积不小于4mm2 的多股铜线与其相连；其次，规定了铜排与等电位接地网的连接方式。铜排应用截面不小于50mm2的铜缆接至保护室内的等电位接地网。

对于远端就地端子箱来说，首先，接有二次电缆的开关场就地端子箱内（汇控柜、智能控制柜）应设有铜排（不要求与端子箱外壳绝缘），二次电缆屏蔽层、保护装置及辅助装置接地端子、屏柜本体通过铜排接地；其次，规定了铜排的界面和布置方式，铜排截面积应不小于100mm2，一般设置在端子箱下部；再次，规定了铜排与接地网的连接方式，铜排应通过截面积不小于100mm2的铜缆与电缆沟内不小于的100mm2的专用铜排（缆）及变电站主地网相连。

8.0.4 本条参考了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》15.6.2.5、15.6.2.6条。本条规定了微机型继电保护装置之间、保护装置至开关场就地端子箱之间以及保护屏至监控设备之间所有二次回路的电缆使用屏蔽电缆，同时规定了二次回路电缆接地和电缆沟并铺分流铜排的要求。

8.0.5 本条参考了《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》15.6.2.8条，以及《电力工程电缆设计标准》GB 50217-2018的第3.7.8条第一、二、三款。本条规定二次回路电缆金属屏蔽层的接地方式。

首先，要求由一次设备（如变压器、断路器、隔离开关和电流、电压互感器等）直接引出的二次电缆的屏蔽层应使用截面不小于4mm2多股铜质软导线。

其次，规定了二次电缆的屏蔽层的接地要求，且仅在就地端子箱处一点接地，在一次设备的接线盒（箱）处不接地。

再次，对二次电缆路径提出了防电磁干扰要求，二次电缆经金属管从一次设备的接线盒（箱）引至电缆沟，并将金属管的上端与一次设备的底座或金属外壳良好焊接，金属管另一端应在距一次设备3～5m 之外与主接地网焊接。

8.0.6 本条参考了《继电保护和安全自动装置技术规程》GB14285-2016的第**6.2.3.1**和**6.2.3.2**条以及《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》15.6.4.1条。本条强调了电流互感器或电压互感器的二次回路不失地，且必须只能有一个接地点的要求，以排除二次回路多点接地引起的电压或电流信号失真，消除保护误动作的风险。

首先，对电流互感器或电压互感器的二次回路接地提出要求，二次回路均必须且只能有一个接地点。

其次，当两个及以上电流（电压）互感器二次回路间有直接电气联系时，其二次回路接地点设置应符合以下要求：（1）便于运行中的检修维护；（2）互感器或保护设备的故障、异常、停运、检修、更换等均不得造成运行中的互感器二次回路失去接地。

8.0.7本条引自《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016的第4.9.6条，防止系统发生接地故障、特别是站内发生接地故障时将接地电流引至保护室。

**9直流接地极**

9.0.1本条引自《高压直流输电大地返回系统设计技术规程》DL/T 5224-2014第4.1.1。接地极极址的地形条件及土壤参数对接地极造价和运行性能有着直接的影响。在选择接地极极址时，我们既要考虑极址本体条件是否能满足接地极设计及运行安全，更应满足接地极地电流对周边环境的影响（一旦确定，意味着地电流对环境的影响就确定了）。一般情况下，前者可以通过对极址地形及土壤参数进行常规测量即可得到定性结论；但后者需要通过广泛地收集（电网、地下管线、地下电缆等）环境资料和大范围地质电性资料调查和勘探，并通过计算方能得到有效定论。

9.0.2 本条引自《高压直流输电大地返回系统设计技术规程》DL/T 5224-2014第3.1.3条，对于两个及以上换流站共用接地极，设计时应考虑不同直流系统出现同时以单极大地返回方式运行——复合电流流过接地极的可能性。

接地极的尺寸通常受最大允许跨步电位差和最大允许温升的控制，如果复合电流简单地取其之和，接地极的极址选择和接地极的设计将变得十分艰难，甚至无法设计，造价也十分昂贵。因此必须科学合理地降低复合电流的取值，尽可能避免与共用接地极相连的直流系统出现同时同极性大地返回方式运行的可能性。为此，复合电流的取值只考虑事故情况，不考虑认为可以掌控的其它工况。如果是两换流站共用接地极，当一极出现故障，为了保证系统稳定，往往要求另一健全极能继续运行。系统出现故障具有突然性和偶然性，属于不可控制因素，因此直流输电系统将不可避免地出现单极大地返回方式。据统计，一个双极直流输电系统出现一极故障停运的年时间概率一般不到1%（一极年故障停运时间不到90小时），每个接地极出现阳极的概率 50%。每年两换流站出现同极性单极大地回路方式运行的时间是非常小的（<27min）。一旦出现这种情况直流输电系统能够在20分钟内转换用金属回路运行，因此对接地极温升、环境的影响是非常有限的。但对于跨步电位差和电缆设计，持续 20min 时间的两倍额定电流应是不得不考虑的制约因素。至于其它事故工况，由于其概率太小，复合电流可取其中一个换流站最大额定电流与另一个换流站不平衡电流之和。同理，如果是三个换流站共用接地极，每年三个换流站出现同极性单极大地回路方式运行的时间就更小（<0.5min），复合电流的取值与两换流站共用接地极相同。

9.0.3 本条参考了《Design of earth electrode stations for high-voltage direct current (HVDC) links - General guidelines》IEC/TS 62344第5.1.4、5.5.1条，跨步电压是直流接地极最重要的技术指标参数之一，也是接地极设计中重要的控制条件之一，对接地极造价的影响非常敏感，特别是对于那些表层土壤电阻率较高的极址，往往起控制作用。通过合理地设计接地极的尺寸和埋深，使跨步电压小于允许值，对于保证直流输电系统单极大地运行时极址周边的人畜安全有着重要的意义。

9.0.4 本条参考了《高压直流输电大地返回系统设计技术规程》DL/T 5224-2014第3.2.2、《Design of earth electrode stations for high-voltage direct current (HVDC) links - General guidelines》IEC/TS 62344第5.1.2、5.5.1及《高压直流接地极技术导则》DLT 437-2012第4.4.5。当强大的直流电流持续地通过接地极注入大地后，极址土壤的温度将缓慢上升，紧靠接地极表面(溢流密度大)的土壤温度可能上升最快最高。如果土壤温度达到 100℃及以上，土壤中的水将较快地被蒸发驱散，极容易导致接地极故障。因此，对接地极最高温度必须严格控制在水的沸点以下。由于水的沸点与水压有关，其取值应根据极址海拔高度和水下深度进行修正。

9.0.5 本条参考了《高压直流输电大地返回系统设计技术规程》DL/T 5224-2014第3.2.7和《Design of earth electrode stations for high-voltage direct current (HVDC) links - General guidelines》IEC/TS 62344第5.1.6。当接地极以阳极运行时，直流电场将迫使接地极附近土壤中的水分子离开阳极，导致接地极附近土壤电阻率升高，发热加剧，进而形成恶性循环导致接地极的工作条件逐渐恶化，严重影响接地极的安全运行。为了防止接地极发生“电渗透效应”，接地极表面溢流密度应控制在一定范围内，譬如对水平型接地极，其面溢流密度一般不大于1A/m2或更小。

9.0.6 本条参考了《高压直流输电大地返回系统设计技术规程》DL/T 5224-2014第5.5.1、《高压直流接地极技术导则》DLT 437-2012第4.5.3及《Design of earth electrode stations for high-voltage direct current (HVDC) links - General guidelines》IEC/TS 62344第3.1.6。直流接地极的馈电元件的截面积应满足在长时间单极大地返回电流下的载流量要求。但是众所周知，当直流电流通过电解液时，在电极上将产生氧化还原反应。若直流接地极以阳极方式运行，电极将给出电子从而产生电解腐蚀。根据法拉第（Faraday）电解作用定律，阳极电腐蚀量不但与材料有关，而且与电流和作用时间之积成正比。因此，电极在设计时应根据后期可能阳极运行的安时数（阳极电流关于时间的积分），计算设计寿命期内的腐蚀量，从而在选择接地极导体截面时保留一定的裕度，确保接地极在规定的运行年限里正常运行。