

TN 系统 TT 系统 IT 系统区别应用范围

GB50285-96 电气装置安装工程 1KV 及以下配线工程施工及验收规范 中

3.1.9 当配线采用多相导线时，其相线的颜色应易于区分，相线与零线的颜色应不同，同一建筑物、构筑物内的导线，其颜色选择应统一；保护地线（PE 线）应采用黄绿颜色相间的绝缘导线；零线宜采用淡兰色绝缘导线。

TN 系统，称作保护接零。当故障使电气设备金属外壳带电时，形成相线和零线短路，回路电阻小，电流大，能使熔丝迅速熔断或保护装置动作切断电源。

工作原理 在 TN 系统中，所有电气设备的外露可导电部分均接到保护线上，并与电源的接地点相连，这个接地点通常是配电系统的中性点。

TN 系统的电力系统有一点直接接地，电气装置的外露可导电部分通过保护导体与该点连接。TN 系统通常是一个中性点接地的三相电网系统。其特点是电气设备的外露可导电部分直接与系统接地点相连，当发生碰壳短路时，短路电流即经金属导线构成闭合回路。形成金属性单相短路，从而产生足够大的短路电流，使保护装置能可靠动作，将故障切除。如果将工作零线 N 重复接地，碰壳短路时，一部分电流就可能分流于重复接地点，会使保护装置不能可靠动作或拒动，使故障扩大化。在 TN 系统中，也就是三相五线制中，因 N 线与 PE 线是

分开敷设，并且是相互绝缘的，同时与用电设备外壳相连接的是 PE 线而不是 N 线。因此我们所关心的最主要的是 PE 线的电位，而不是 N 线的电位，所以在 TN-S 系统中重复接地不是对 N 线的重复接地。如果将 PE 线和 N 线共同接地，由于 PE 线与 N 线在重复接地处相接，重复接地点与配电变压器工作接地点之间的接线已无 PE 线和 N 线的区别，原由 N 线承担的中性线电流变为由 N 线和 PE 线共同承担，并有部分电流通过重复接地点分流。由于这样可以认为重复接地点前侧已不存在 PE 线，只有由原 PE 线及 N 线并联共同组成的 PEN 线，原 TN-S 系统所具有的优点将丧失，所以不能将 PE 线和 N 线共同接地。由于上述原因在有关规程中明确提出，中性线(即 N 线)除电源中性点外，不应重复接地。

分类 在 TN 系统中又分为 TN-C、TN-S 和 TN-C-S 三种系统：

IEC 标准将 TN 系统按 N 线和 PE 线的不同组合又分为三种类型：

1) TN-C 系统—在全系统内 N 线和 PE 线是合一的(C 是“合一”一词法文 Combine 的第一个字母)。注意，此处的全系统是从电源配电盘出线，处算起。下同。

2) TN-S 系统—在全系统内 N 线和 PE 线是分开的(S 是“分开”一词法文 Separe 的第一个字母)。

3) TN-C-S 系统—在全系统内，通常仅在低压电气装置电源进线点前 N 线和 PE 线是合一的，电源进线点后即分为两根线。

有关 TN-C、TN-S 和 TN-C-S 三种系统常见问题及解答

1. 14 我国在给一排靠墙布置的设备以 TN-C 系统配电时，将三根相线架空走线，而 PEN 线则用不绝缘的扁钢沿墙脚明敷。这一做法妥否？

不妥。这一做法使 PE 线远离相线，降低了过电流防护电器对接地故障的动作灵敏度，而不绝缘的 PEN 线中的中性线上的对地电位又将产生杂散电流，所以这一布线方式对保护接地是十分不妥的。保护接地的设置还有许多要求，在下面的问答中将逐一叙述。

1. 15 我国原采用的接零系统、接地系统、不接地系统、零线等术语为什么被废止不用而改用 TN-C、TN-S、TN-C-S、TT、IT 等接地系统和中性线、PE 线、PEN 线等术语？

被废止的术语是 20 世纪 50 年代采用前苏联电气规范时用的术语。大家知道由于用电技术的发展，IEC 标准将接地系统科学细微地进行了划分，前苏联的“接零系统”仅是 IEC 标准中 TN 系统之一的 TN-C 系统，显然“接零系统”这一术语不能说明全部 TN 系统的内涵。又如前苏联规范内的“接地系统”就是 IEC 标的 TT 系统，但是“接零系统”也需接地，何尝不是接地系统？这样在概念上就十分模糊不清。又如“零线”这一术语前苏联规范定义为接地的中性线，还要求零线作重复接地，它实际只是指 TN-C 系统中的 PEN 线。由于零线的概念不清，原本不应重复接地的中性线被错误地重复接地，产生杂散电流而导致许多不应有的事故。名不正则言不顺，由于术语不严谨导致的技术错误不胜枚举。为此这些过时的术语在我国已停止使用，但由于建筑电气技术对外交流沟通不够，我国有些国家标准和部颁标准的电气规范仍在因循旧习使用这些旧术语，在执行这些规范时应加注意以免被误导。

1. 16 请说明 TN、TT 和 IT 这三种接地系统文字符号的含义。这些接地系统的文字符号的含义是：

第一个字母说明电源的带电导体与大地的关系，也即如何处理系统接地：

T：电源的一点（通常是中性线上的一点点）与大地直接连接（T 是“大地”一词法文 Terre 的第一个字母）。

I：电源与大地隔离或电源的一点经高阻抗（例如 $1000\ \Omega$ ）与大地连接（I 是“隔离”一词法文 Isolation 的第一个字母）。

第二个字母说明电气装置的外露导电部分与大地的关系，也即如何处理保护接地。

T：外露导电部分直接接大地，它与电源的接地无联系。

N：外露导电部分通过与接地的电源中性点的连接而接地（N 是“中性点”一词法文 Neutre 的第一个字母）。

1

. 17 在 TN 系统中又分为 TN-C、TN-S 和 TN-C-S 三种系统，它们之间有何不同？

IEC 标准将 TN 系统按 N 线和 PE 线的不同组合又分为三种类型：

TN-C 系统—在全系统内 N 线和 PE 线是合一的（C 是“合一”一词法文 Comhine 的第一个字母）。注意，此处的全系统是从电源配电盘出线，处算起。下同。

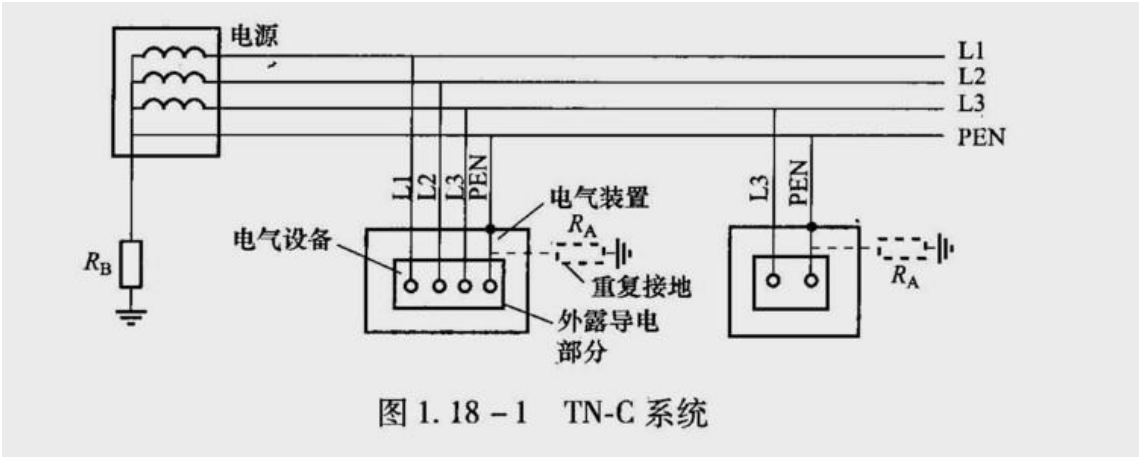
TN-S 系统—在全系统内 N 线和 PE 线是分开的（S 是“分开”一词法文 Separe 的第一个字母）。

TN-C-S 系统—在全系统内,通常仅在低压电气装置电源进线点前 N 线和 PE 线是合一的, 电源进线点后即分为两根线。

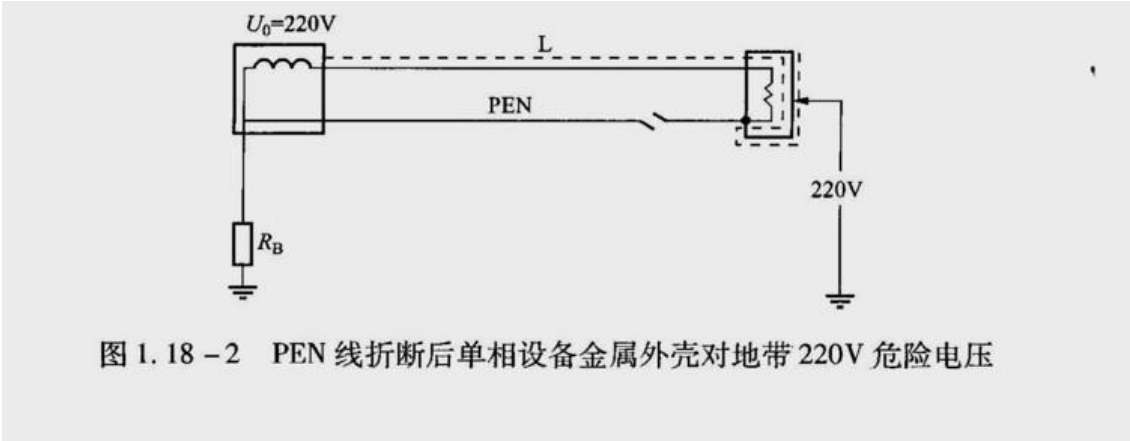
1

18 TN-C 系统较适用于哪些场所？

从图 1. 18-1 可知，TN-C 系统内的 PEN 线兼起 PE 线和 N 线的作用，可节省一根导线，比较经济。但从电气安全着眼，这个系统存在以下问题。



1) 如系统为一个单相回路，当 PEN 线中断时，设备金属外壳对地将带 220V 的故障电压，电击死亡的危险很大，220V 电压传导路径如图 1. 18-2 虚线所示。



2) 如 PEN 线穿过剩余电流动作保护器 RCD, 因接地故障电流产生的磁场在 RCD 内互相抵消而使 RCD 拒动作, 所以在 TN-C 系统内不能装用 RCD 防电击。

3) 进行电气维修时需用四极开关来隔断中性线上可能出现的故障电压的传导。因 PEN 线含有 PE 线而不允许被开关切断, 所以 TN-C 系统内不能装用四极开关来保证维修人员的安全, 见问答 17 . 5。

4) PEN 线因通过中性线电流产生电压降, 从而使所接设备的金属外壳对地带电位。此电位可能在爆炸危险场所内打火引爆。按 IEC 标准易爆场所内是不允许出现 PEN 线和采用 TN-C 系统的。另外, 带电位的与地接触的设备金属外壳可在地内产生杂散电流, 在一定程度上腐蚀地下金属结构和管道, 为此 IEC 标准要求 PEN 线应按可能遭受的最高电压加以绝缘。

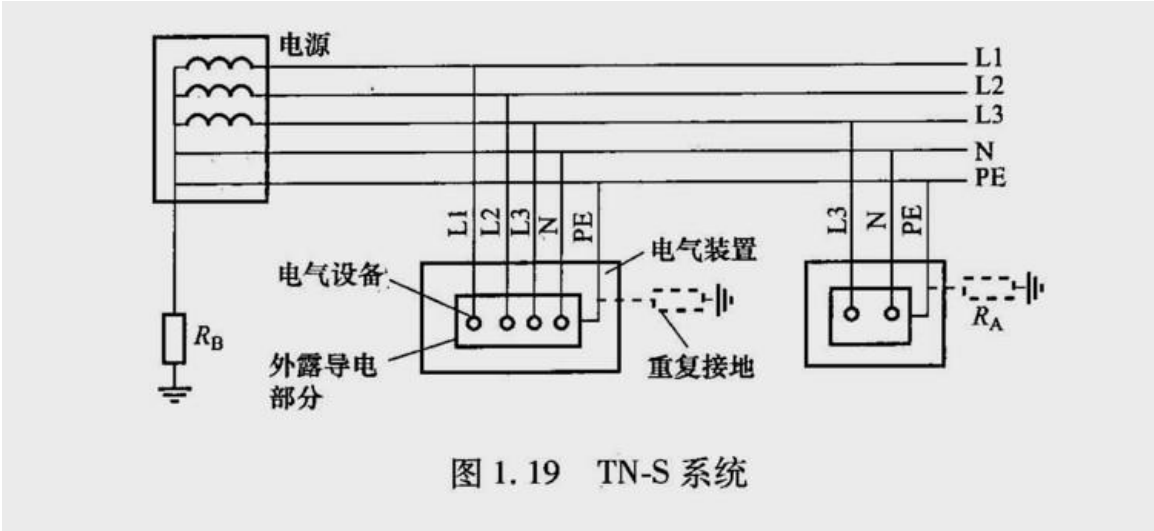
另外, 由于 PEN 线通过电流, 各点对地电位不同, 它也不得用于信息技术系统, 以免各信息技术设备地电位的不同而引起干扰。

由于上述一些不安全因素, 除维护管理水平较高的一般场所外, 现时 TN-C 系统已很少采用。

1 . 19 TN-S 系统较适用于哪些场所?

从图 1 . 19 可知, 在整个 TN-S 系统内, PE 线和 N 线被分为两根线。除非施工安装有误, 除微量对地泄漏电流外, PE 线平时不通过电流, 也不带电位。它只在发生接地故障时通过故障电流, 因此电气装置的外露导

电部分对地平时几乎不带电位，比较安全，但它需在回路的全长多敷用一根导线。

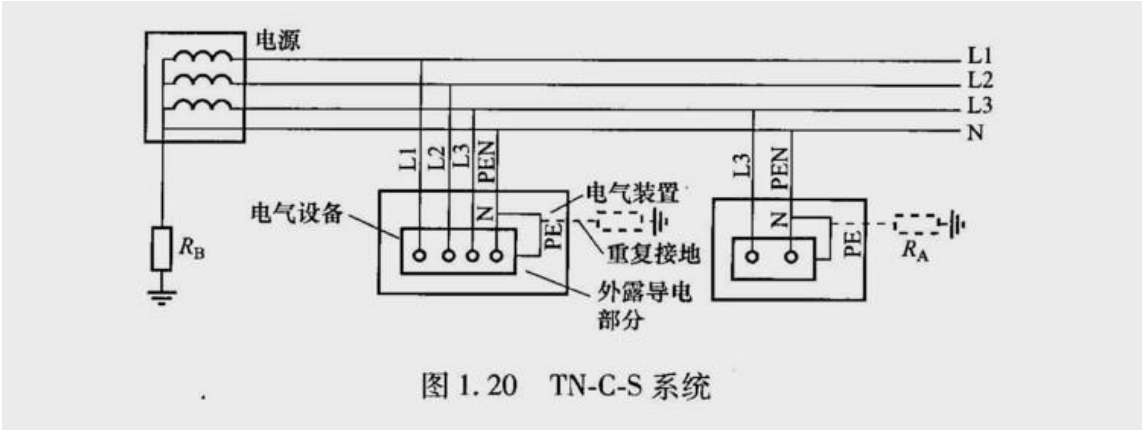


TN-S 系统适用于内部设有变电所的建筑物。因为在有变电所的建筑物内为 TT 系统分开设置在电位上互不影响的系统接地和保护接地是比较麻烦的。即使将变电所中性线的系统接地用绝缘导体引出另打单独的接地极，但它和与保护接地 PE 线连通的户外地下金属管道间的距离常难满足要求。而在此建筑物内如采用 TN-C-S 系统时，其前段 PEN 线上中性线电流产生的电压降将在建筑物内导致电位差而引起不良后果，例如对信息技术设备的干扰。因此在设有变电所的建筑物内接地系统的最佳选择是 TN-S 系统，特别是在爆炸危险场所，为避免电火花的发生，更宜采用 TN-S 系统。

1 . 20 TN-C-S 系统较适用于哪些场所？

从图 1 . 20 可知，TN-C-S 系统自电源到另一建筑物用户电气装置之间节省了一根专用的 PE 线。这一段 PEN 线上的电压降使整个电气装置对地升高 ΔU_{PEN} 的电压，但由于电气装置内设有总等电位联结，且在电源

进线点后 PE 线即和 N 线即分开，而 PE 线并不产生电压降，整个电气装置对地电位都是 ΔU_{PEN} ，在装置内并没有出现电位差，因此不会发生 TN-C 系统的种种电气不安全因素。在建筑物电气装置内，它的安全水平和 TN-S 系统是相仿的。



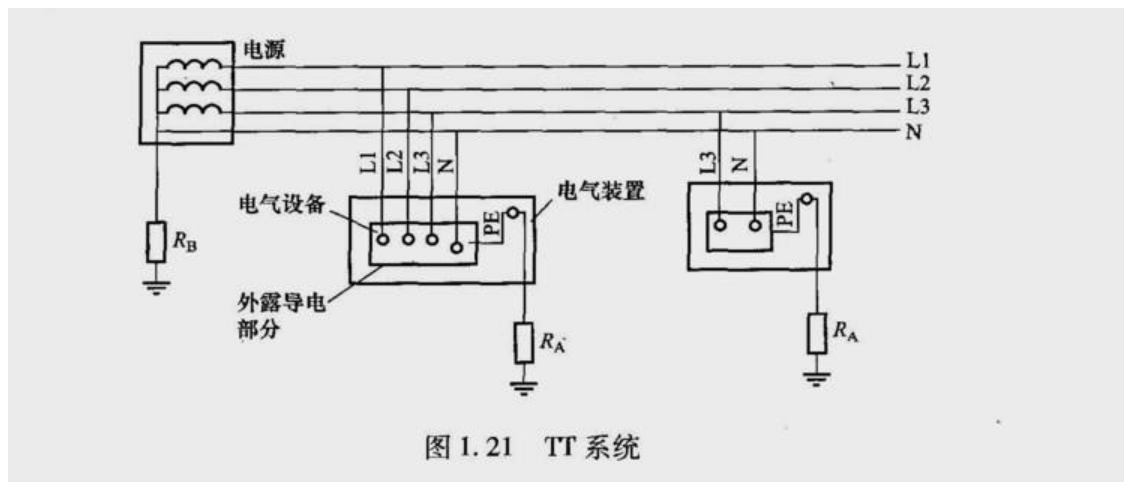
就信息技术设备的抗干扰而言，因为在采用 TN-C-S 系统的建筑物内同一信息系统内的信息技术设备的“地”即其金属外壳，都是连接只通过正常泄漏电流的 PE 线的，PE 线上的电压降很小，所以 TN-C-S 系统和 TN-S 系统一样都能使各信息技术设备取得比较均等的参考电位而减少干扰。但就减少共模电压干扰而言 TN-C-S 系统内的中性线和 PE 线是在低压电源进线处才分开，不像 TN-S 系统在变电所出线处就分开，所以在低压用户建筑物内 TN-C-S 系统内中性线对 PE 线的电位差或共模电压小于 TN-S 系统。因此对信息技术设备的抗共模电压干扰而言 TN-C-S 优于 TN-S 系统。

综上所述可知，当建筑物以低压供电如果采用 TN 系统时宜采用 TN-C-S 系统而不宜采用 TN-S 系统。一些发达国家就是这样做的。

1 . 21 TT 系统较适用于哪些场所？从图 1 . 21 可知，竹系统的电气装置的保护接地各有其自己的接地极。正常时装置内的外露导电部分为

地电位，电源侧和各装置出现的故障电压不互窜。但发生接地故障时因故障回路内包含两个接地电阻 R_A 和 R_B ，故障回路阻抗较大，故障电流较小，一般不能用过电流防护兼作接地故障防护。因此为防人身电击事故必须装用 RCD 来快速切断电源。

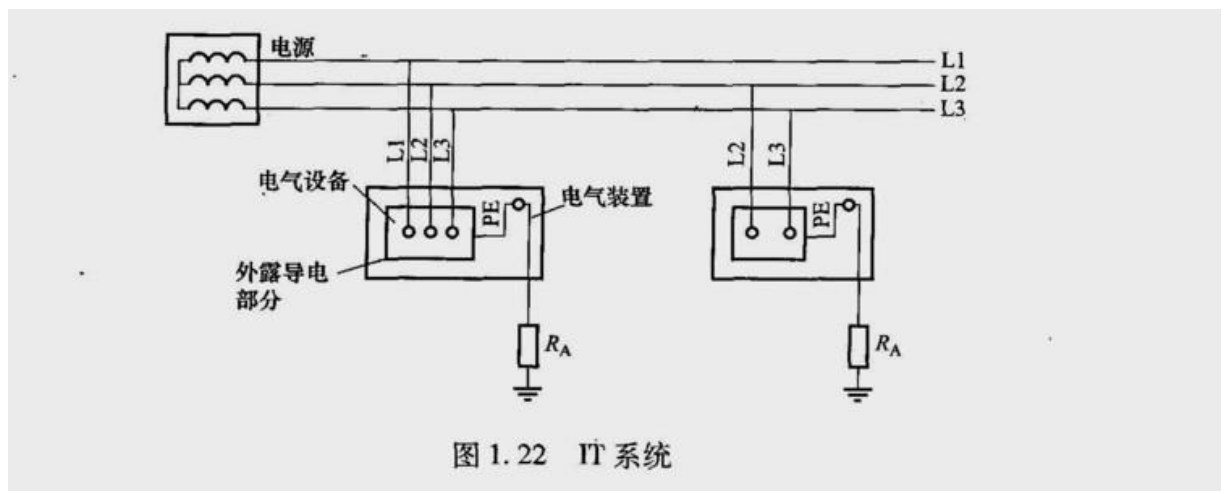
从图 1 . 21 也可知，TT 系统的中性线除在电源的一点作系统接地外，为防杂散电流的产生不得在其他处再接地。我国有些供电部门不理解 IEC 标准，要求用户在电源进线处除图示 R_A 的保护接地外，还仿照过去的 TN-C 系统，将 TT 系统的中性线作重复接地，认为可借 TT 系统中的接地通路，防范中性线中断（俗称“断零”）引起的三相四线系统中烧坏大量单相用电设备的事故，殊不知由于大地通路与中性线通路的阻抗值相差悬殊，这一措施在理论上就不成立（这在问答 16 . 4 中将予说明）。相反，中性线的重复接地却可产生杂散电流而引起种种事故，对供电部门这一不当要求在电气装置的设计安装中应予以注意。TT 系统内各个电气设备或各组电气设备可各有自己的接地极和 PE 线。各 PE 线之间在电气上没有联系。这样在 TT 系统供电范围内的接地故障电压就不会像 TN 系统那样通过 PE 线的导



通而传导蔓延，导致一处发生接地故障，多处发生电气事故，必须在各处设置等电位联结或采取其他措施来消除这种传导电压导致的事故。因此 TT 系统较适用于无等电位联结的户外场所，例如农场、施工场地、路灯、庭园灯、户外临时用电场所等。

1.22 IT 系统较适用于哪些场所？从图 1.22 可知，IT 系统的电源端不做系统接地，在发生第一次接地故障时由于不具备故障电流返回电源的通路，其故障电流仅为两非故障相对地电容电流的相量和，其值甚小，因此在保护接地的接地电阻 R_A 上产生的对地故障电压很低，不致引发电击事故。所以发生第一次接地故障时不需切断电源而使供电中断。但它一般不引出中性线，不能提供照明、控制等需用的 220V 电源，且其故障防护和维护管理较复杂，加上其他原因，使其应用受到限制。它适用于对供电不间断和防电击要求很高的场所，在我国规定矿井下、钢铁厂以及医院手术室等场所采用 IT 系统。发达国家电气安全要求高，诸如玻璃厂、发电厂的厂用电、钢铁厂、化工厂、爆炸危险场所、重要的会议大厅的安全照明、计标机中心以及高层建筑的消防应急电源、重

要的控制回路等都采用 IT 系统。我国对 IT 系统不甚了解，还不习惯采用 IT 系统，很少应用。这从一个侧面说明我国建筑电气与发达国家水平上的差距。



1 . 23 岩石山洞内对不间断供电无要求的一般电气装置打低阻值的系统接地十分困难，是否可采用 IT 系统？

这是一个适于采用 IT 系统的一个特例。IT 系统本不需作系统接地，这就免除了在岩石洞里打低阻值系统接地的麻烦。由于 IT 系统的接地故障电流十分小，防电击的保护接地的接地电阻较大时也能满足接触电压小于 50V 的要求。既然电气装置对不间断供电无要求，它就可以引出中性线来提供 220v 用电电压，不需装设昂贵的绝缘监测器，在发生第一次接地故障时就报警来及时排除故障。如果发生了中性线接地故障而不报警，此，IT 系统不过是转变为按 TT 系统或 TN 系统来运作。需注意在回路的首端必须安装额定剩余电流动作值 $I_{\Delta n}$ 不大于 30mA 的 RDD，用

以在发生第二次接地故障时切断电源。附带说明，有的北欧国家出于同样的考虑，在地区公用电网内也采用了 IT 系统。

1 . 24 TN 系统和 TT 系统孰优孰劣？各种接地系统各有短长，我国国家标准接地规范不区分具体情况，规定：“在中性点直接接地的低压电力网中，电力设备的外壳宜采用低压接零保护，即接零”是不妥当的。

TN 系统有优于 TT 系统之处，例如：

(1) TN 系统往往可利用保护线路绝缘的过电流防范电器兼作接地故障防护，比较简单，而 TT 系统通常需装设 RCD 作接地故障防护，比较复杂。

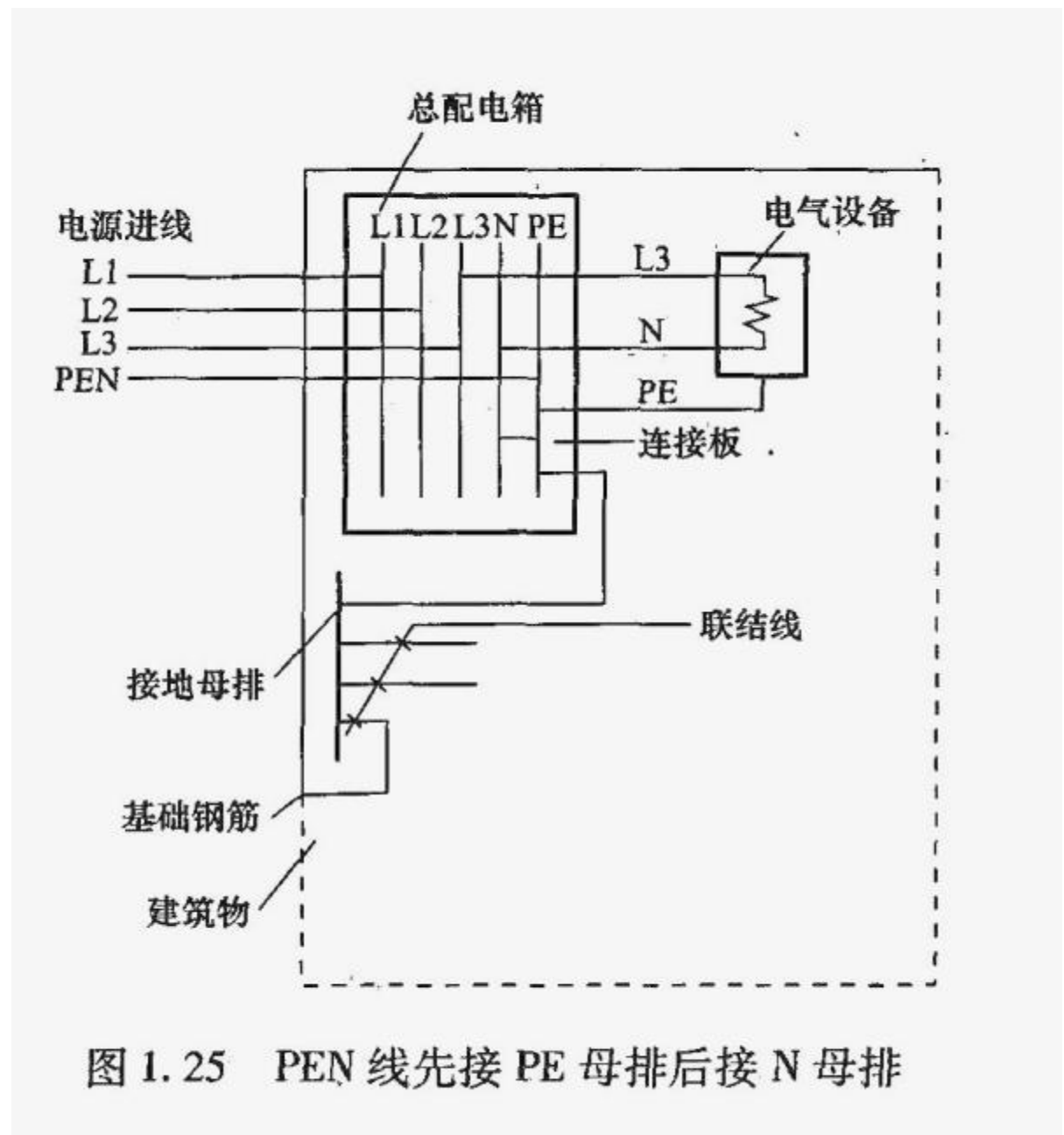
(2) TN 系的 PE 线自中性线分支引出，发生对地过电压时，设备绝缘承受的应电压 (Voltage Stress) 较小；而 TT 系统的 PE 线引自就地的零电位的接地极，设备对地绝缘较易受过电压损害。

TN 系统有逊于 TT 系统之处，例如：

(1) 在同一变压器供电范围的 TN 系统内 PE 线都是连通的，任一处发生接地故障，其故障电压可沿 PE 线传导至他处而可能引起危害；而在 TT 系统内，可视情况就地设置电气上互不联系的单独的接地极和 PE 线，消除或减少故障电压的蔓延。因此 TN 系统必须作等电位联结来消除沿 PE 线传导来的故障电压的危害，因此一般不适用于无等电位联结的户外场所；而 TT 系统则可适用于户外场所。

(2) TT 系统可就地接地引出 PE 线，而 TN 系统则需自电源端引来 PE 线，因此 TN 系统设置 PE 线的投资往往较大。世上没有最好的接地系统，应根据具体情况选用合适的接地系统。

1. 25TN-C-S 系统的 PEN 线在建筑物电源进线处应先接中性线母排，还是先接 PE 线母排？



IEC 标准要求 TN-C-S 系统在电源进线处（例如总配电箱处）PEN 线必须先接 PE 母排，然后通过一连接板（线）接中性线母排，如图 1.25 所

示。这是因为如果连接板（线）导电不良，中性线电路不通，设备不工作，故障可及时发现加以修复，不致发生电气事故。如 PEN 线先接中性线母排，如果连接板导电不良，则这时整个装置内的设备都失去 PE 线的接地，而设备仍工作正常，存在的不接地隐患将不被发现，这对人身安全是十分不利的，而人身安全则是头等重要的。

1 . 26 “三相五线制”是否就是 TN-S 系统？ 否。“三相五线制”是我国建筑电气技术中的一个错误的名词。IEC 标准对低压配电系统有两种独立的分类体系：一是解答 1 . 16 中所述的接地系统分类；二是按配电系统中的相数和带电导体数进行的分类，它被称作带电导体系统分类。所谓带电导体是指正常工作时通过负载电流的相线和中性线，而不是指不带负载电流的 PE 线。图 1 . 26 所示为常见的几种带电导体系统。

以我国通用的 220 / 380V 配电系统为例，图 1 . 26(a) 为 220V 单相两线系统，例如给一套住宅供电的系统。图 1 . 26(b) 为 220 乃 80V 两相三线系统，例如为减少电压损失给庭园灯供电的系统。图 1 . 26(c) 为 380V 三相三线系统，例如给没有控制回路的电动机配电的系统。图 1 . 26(d) 为 380V 单相两线系统，例如给单相大功率电焊机之类的大功率单相设备配电的系统，注意勿将这一系统误称为两相两线系统。图

1 . 26(e) 为我国广泛采用的 220/380V 三相四线系统，它用以给建筑物电气装置配电。图 126(f) 为有些发达国家采用的 120/240V 两相三线系统，它从变压器 240V 二次侧绕组的中点抽出一根中线，从而取得 120V 和 240V 两种单相电压。它多用于给住宅配电，120V 用于电击危险大的小功率插座回路和照明回路，240V 用于电热之类的大功率回路。这种系

统由于两 120V 单相回路电流的相位差 180° ，所以它被称作两相三线系统而非单相三线系统。

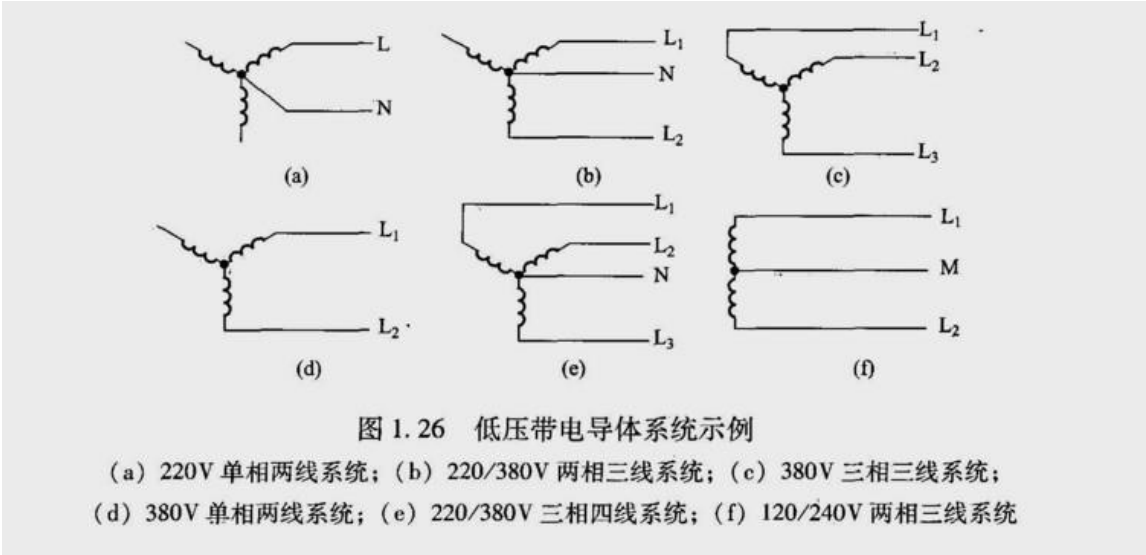


图 1 . 26 所示的诸带电导体系统只表示相数和带电导体数，都不表示如何接地。任一带电导体系统都可采用任一接地系统。例如三相四线带电导体系统，可采用 TN-S 接地系统，也可采用 TN-C-S 或 TT 接地系统。这三种接地系统的末端都是五根线，都可称作“三相五线制”，那又如何将它们加以区分呢？因此“三相五线制”是一个混淆接地系统和带电导体系统两个互不关连的系统的错误名词，在编制电气规范和设计文件时应注意避免采用。