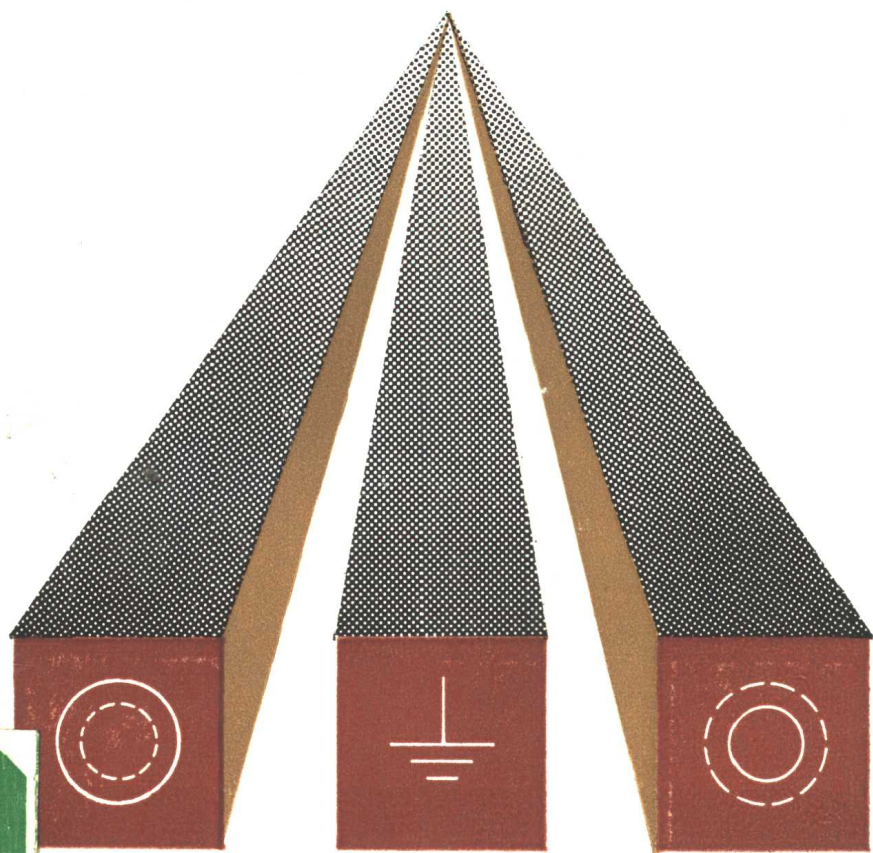


接地工程

[美] G. 夏里克 著 侯景韩 译 罗炯光 校



中国通信学会通信科普读物研究会主编

接 地 工 程

[美] G. 夏里克 著
侯景韩 译
罗炯光 校

人 民 邮 电 出 版 社

Grounding and bonding

Gilbert Sharick

1981 by Lee's abc of the Telephone

内 容 提 要

本书从接地系统的基本理论出发,全面阐述了各种建筑物和电力、电信、电子等各种设备的接地、搭接、屏蔽技术,以及设计原则、实行方案和防腐蚀措施等,这对于改善电力传输能力、提高通信效率、保障电子产品质量,以及避免各种建筑物受雷击、防止各种人身伤亡、设备损坏的事故都具有现实作用。

本书文字流畅、通俗易懂、图文并茂,可供从事建筑、电力、电信、电子等专业的设计、施工、维护的工程技术人员阅读,也可供有关专业的师生参考。

接 地 工 程

JIEDI GONGCHENG

[美]G.夏里克 著

侯景韩 译 罗炯光 校

责任编辑 陈 涛

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本: 850×1168 1/32 1988年5月 第一版

印张: 10¹⁸/₃₂ 页数: 168 1988年5月 北京第一次印刷

字数: 278 千字 印数: 1— 5,000 册

ISBN 7115-03550-4/TN

定价: 2.65元

作者序言

接地、搭接和屏蔽技术不能列为一门精密的科学。在很大的程度上，它是一些理论科学、实践经验和个人心得的综合技术。在过去很长的时间里，接地技术一直没有固定的准则，并且在工程实践中成为一个无人关心的课题。

本书主要是阐明过去积累的一些有关接地的见解以及各种有关的数据。这些都是本人多年的经验，并用各种形式发表过。有许多意见和数据可能是互相矛盾的，从这一点来说，本书主要是汇集了有关接地、搭接和屏蔽方面比较好的意见和实际作法。

本书并不是一本结论性的经典著作，只是打算较全面地提出接地、搭接和屏蔽方面的意见。本书是针对管理人员的需要编写的，数学计算很少。

对于“标准”的接地方法，似乎有多少工程技术人员就会有多少不同的看法。因此，本书所写的只是反映本人的观点，肯定会有一些读者不同意这些意见。因此，本书的目的就是希望促使工程师和技术人员们把“接地”作为一门严格的科学来对待。既然我们能研究成功十分复杂的电子电路，例如数字交换系统、高级计算机系统和空间探索技术，那么也必定能使接地、搭接和屏蔽成为科学的一个重要部分，而不再是一个不可捉摸的领域。

G 夏里克

译者前言

接地技术是随着人们对于电的现象的认识而开始，又随着电气技术的进步而逐步发展的。

二百年来，接地技术已经从建筑物的一种防雷保护措施发展成为保证各种电力、电子设备安全和日常工作必要的技术措施。特别是由于近代科学技术的进步，大功率、宽频带和集成化等技术的广泛使用，建筑物的规模越来越大，建筑物和电气设备的关系也越来越密切、越来越复杂。因此，对接地方式就提出了更多样化和更复杂的要求。高层建筑的防雷和电源系统的接地问题就是一例。又如，各种电子、电信设备的接地，都根据本专业的技术要求提出了相应的技术措施和规定，但是当几个接地系统相遇到一起的时候，就可能出现相互矛盾或不完全一致的要求。也就是说，在接地技术这个边缘领域内，还缺少统一的规定，在技术措施上容易产生混乱。这在当前综合工程项目的设计和施工中，是经常会遇到的一个问题。

本书从电力、电子、电信等各个领域，分别对接地技术作了系统的说明，重点介绍了美国的一些有关的标准规范。这些内容对于我们进行接地系统的设计和安装都有一定的参考价值。本书图文并茂，文字流畅，浅易通俗，对所涉及的问题都有明确的意见和措施，读过之后感到有所依循，是一本很好的结合工程实际的技术工具书。翻译本书的目的，就是希望读者在已经具有的工作实践和技术理论基础上，能够从中吸取有益的经验，有助于祖国的四化建设。

在本书的翻译过程中，得到了人民邮电出版社罗炯光同志的帮助和指教，特此感谢！

译者 1987 年 10 月于北京

目 录

第一章 绪论	1
一、接地系统所考虑的问题	1
二、接地电流的脉冲特性	3
三、电流与人体的关系	5
四、电击危险	9
五、接地故障保护	10
六、通信局站的接地系统	14
第二章 场地勘测	15
一、土壤电阻率的测量	15
二、地质方面需要考虑的问题	23
三、气候资料	26
四、电磁兼容的调查	29
第三章 接地装置	30
一、接地体的物理特性	30
二、接地系统的设计	33
三、人工接地体	35
四、土壤的化学处理	56
五、冰冻区接地	62
六、接地电阻的测量	63
第四章 电源和电源设备的接地	66
一、接地系统的设置	66
二、雷电	73
三、雷电特性	77
四、雷电保护	81
五、雷电保护系统	86

六、特殊的保护系统	106
七、瞬态现象	109
八、保护装置的标准	111
第五章 电子系统的接地	128
一、电子系统接地的设计	128
二、电子系统的接地	129
三、接地的类型	129
四、电子设备接地	131
五、接地分配系统	131
六、接地系统的维护	144
七、电子电路的电源和频率	146
八、继电器	149
九、电缆和导线屏蔽的接地	150
十、连接器	165
第六章 搭接要求	174
一、搭接方法	174
二、拼合表面的净化	177
三、腐蚀	177
四、接缝和接头的搭接	178
五、搭接母线和搭接跳线	185
六、搭接母线和搭接跳线的安装	191
七、机箱的搭接	197
第七章 屏蔽	198
一、电磁场	198
二、电磁场物理特性	201
三、屏蔽特性	204
四、屏蔽的不连续性	208
五、屏蔽材料	210
六、电磁干扰衬垫	211

七、电磁控制密封剂	219
八、屏蔽效果	222
九、电磁干扰导管	228
十、微波屏蔽	229
十一、建筑物	231
十二、屏蔽壳或屏蔽罩	234
第八章 滤波器	256
一、滤波	256
二、通信滤波器	256
三、电源线路滤波器	258
四、滤波器的使用形式	259
五、小结	259
第九章 电话局的接地	260
一、接地系统的要求	260
二、电话局接地的构造	266
第十章 电缆设备的搭接和接地	291
一、架空电缆设备	292
二、直埋电缆设备	294
三、其他保安设备的要求	295
四、桥上电缆	297
五、进局电缆的搭接和接地	298
六、电缆引入用户房屋	302
七、联合施工	305
第十一章 防止腐蚀的阴极保护	306
一、防蚀的方法	307
二、腐蚀原理	307
三、腐蚀问题的鉴定	312
四、阴极保护系统	317
五、结论	320

第十二章 电磁脉冲辐射.....	321
一、电磁脉冲环境.....	322
二、冲击保护.....	322
三、通信和控制电路的损坏.....	323
四、对核袭击的保护.....	323
第十三章 测试设备.....	324
一、插座.....	324
二、测试设备的交流电源.....	325
附录 英美线规对照表.....	327

第一章 绪 论

本书的编写目的，是介绍设计接地系统的指导原则。接地系统用于对配电线路故障、雷电和电噪声等进行防护，确保人身安全，防止电击。书中尽力指出实现有效接地中所遇到的一些问题。为了结合地线所在地点的地质和气象条件设计一个有效的接地系统，本书简要说明了在地线系统拟建地点进行现场调查的具体要求。对于实现大地连接的有效方法和从地线至被保护地点的接地分配的设计方法，也作了轮廓的介绍。这些设计方法，所以应用于电力系统、控制系统、通信系统、牵引系统和必须有效接地的其他系统。

一、接地系统所考虑的问题

设备接地，最初是用来在人为环境中防止危险状态的一种安全措施。但现代设计的低阻抗接地和搭接系统，则是为了降低通信和电子系统的噪声，以及对瞬态电压提供保护。

电路接地是为了限制来自雷电、线路冲击或偶然与高压线路接触时产生的过电压，并且限制正常工作时的对地电压。

导电材料包封的导体、设备或设备组成部分的金属外壳接地，是为了防止在这些材料上出现高于地电位的电压。在绝缘破坏或出现接地故障的情况下，电路和机壳的接地可以引起过电流保护装置动作。

电子系统本身对噪声就是敏感的，要求通过适当的接地方式来控制噪声电平。

因此，本章概括说明大多数接地系统中都要考虑的问题。提出这些基本问题，是为了从控制各种物理现象和环境条件以及约束性的角度，重温一下有效接地的必要性。

1. 接地的原因

低阻抗接地用于排泄超过正常的能量，为的是：

- 保护设备和人身避免雷电放电造成的危害，并作为大气雷电和瞬态功率噪声的天然排泄途径。

- 为电源电流和故障电流提供返回途径，也就是为雷击和开关冲击提供放电途径，以保护设备，并且组成中性线电流系统。

- 保护人身免受因机壳内部偶然碰地时引起的电击。

- 防止设备上静电荷的积累。

- 降低或消除机架和机壳上的射频电位。

- 为射频电流提供均匀和稳定的导体。

- 引起继电保护设备动作，排除接地故障。

- 稳定电路的对地电位。

所有设备必须遵守美国电气规程(NEC*)、当地的电气法规、职业防护与保健法案(OSHA**)的标准，以及有良好的工程实践。

2. 接地原理

正确设计的接地系统，应当使电气和电子系统的所有部分，在任何时候都能通过提供的低阻抗途径，均衡整个系统的能量并排泄入地，按正常规定公差保持在同一电位上。接地系统的关键是地下的接地装置。由于在世界范围内地层的变化很大，这就经常成为建立最有效接地系统的最大困难。

要提供最小而又能长期保持的低阻抗对地泄流，应当考虑下述因素：

- 土壤条件。

- 接地装置与土壤的接触面。

- 接地信号的特性。

- 接地装置的长期效果。

接地系统通路的要求为：

* NEC—National Electric Code.

** OSHA—Occupational Safety and Health Act.

- 耐久而连续。
- 设计的载流量，应能安全地传导任何可能遇到的电流。
- 设计的低阻抗，应将地上建筑物的电位限制为最小。

导线的弯曲半径要小于 8 英寸*，弯曲的角度不得小于 90° 。无论在哪里，导线都应保持向下或水平的走向。

二、接地电流的脉冲特性

接地装置可能受到由于线路故障或雷击而引起的电流脉冲。经受到这种脉冲的冲击时，如果辐射场的梯度超过土壤的击穿梯度，接地体周围的土壤便发生电离。这种现象有增加接地体有效半径的作用，因而减小了接地电阻。如果脉冲电流的持续时间超过几秒钟，接地体周围的土壤逐渐干燥，接地电阻便开始增加而超过原有的电阻。从试验中知道，接地电阻增加的程度与土壤及电流的特性有关。

1. 接地电流的来源

- 转动中的机器，包括发电机和备用马达。
- 接地变压器供电的输电线。
- 邻近带电导体感应的静电积聚。

2. 接地电流产生的原因

- 由于绝缘损坏，使设备部分带电。
- 雷电和电源开关的冲击。
- 电源设备启动时，接地回路偶然带电。

3. 接地电流的流动

由接地电流产生的下述不利情况，可以通过有效的接地系统予以控制：

- 沿大地表面的危险电位梯度。
- 由于过电压上升而造成的电源设备绝缘损坏。

* 1 英寸 = 25.4 毫米 一译者注

- 电源系统中性点的偏移。
- 电源继电保护装置误动。
- 通过管线和低压电路等装置的高压转移。
- 电气设备机壳上的危险电压。
- 接地体周围土壤风干。

电气故障产生的接地电流的流动，如图 1-1 至图 1-4 所示。

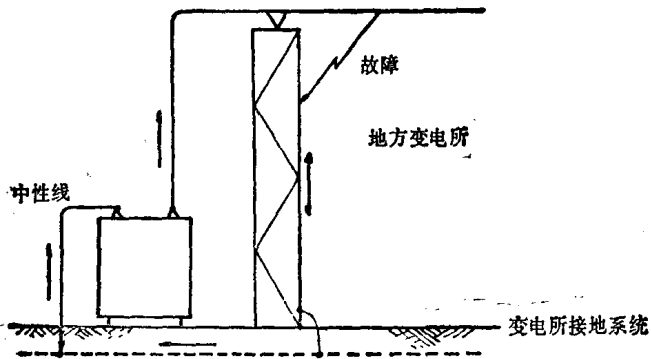


图 1-1 地方变电所内的故障

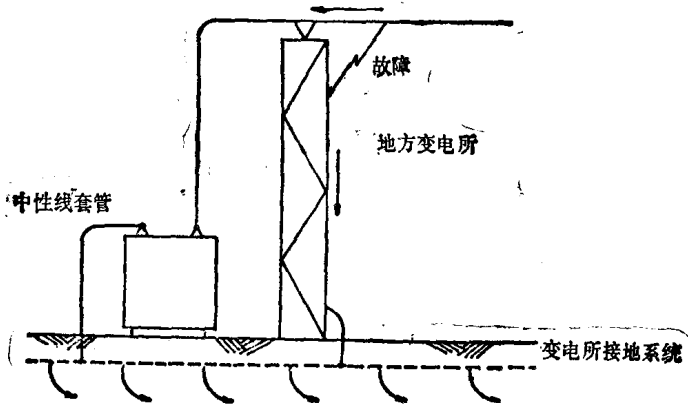


图 1-2 地方变电所内电气故障引起的接地电流的流动

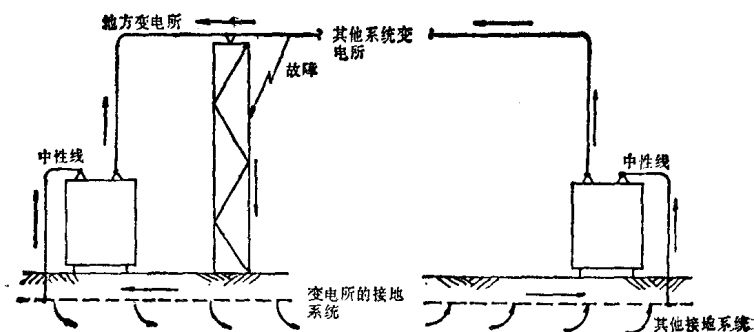


图 1-3 电气故障引起的接地电流的流动

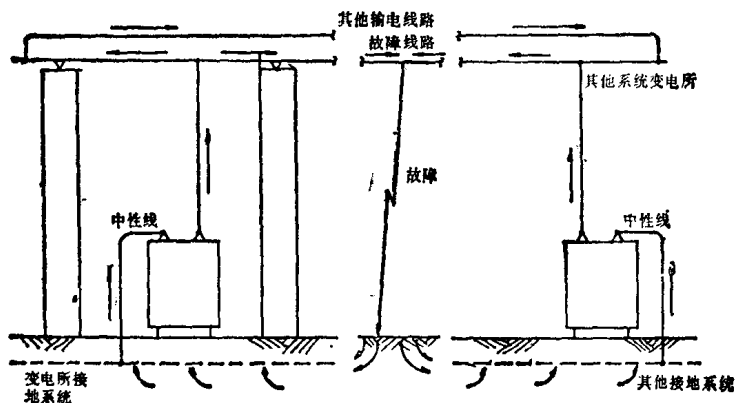


图 1-4 电气故障引起的接地电流的流动

三、电流与人体的关系

当人体成为电路的一部分时，便服从于欧姆定律。电流流经人体导致严重电击，是由多个因素决定的。人体能经受的电流量，已经确定并由多次试验证实。产生电击必须是人体的两端存在电位差，而正是其形成的电流流动导致危害。人体对于交流电流的反应，可以分为三级，即：感觉电流、释放电流和致命电流。人体的电阻、电压的大小和频率，也是影响电击严重程度的因素。它们之间的关系如

图 1-5 所示。

1. 人体电阻

60 赫时，人体基本上起一个电阻器的作用。在手足之间，人体的最小电阻通常是 500 欧。起始电流的主要限制因素是接触电阻或

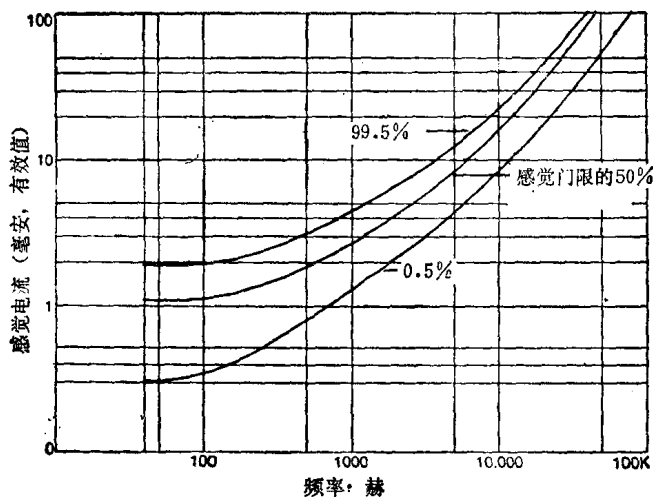


图 1-5A 感觉电流只产生轻微的震颤，不损伤人体组织

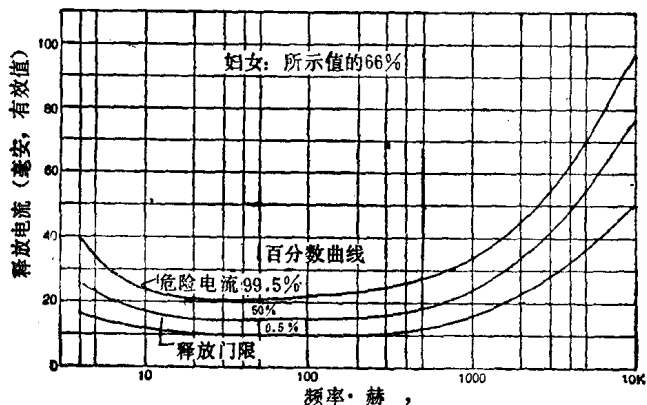


图 1-5B 释放电流就是当人抓住导体时，肌肉在电流的直接作用下能够使手松开的最大电流

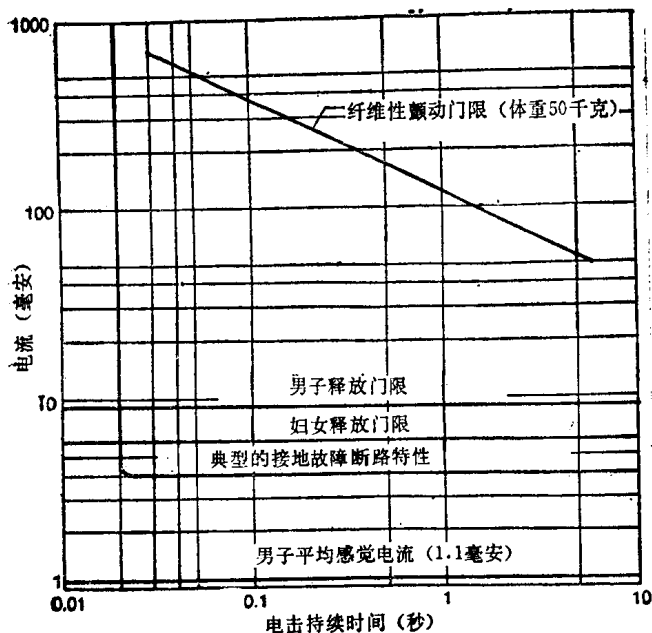


图 1-5C 电击电流的可能致命条件

表面电阻，它随着人体的不同部位以及不同的人而不同。每平方厘米干燥皮肤的电阻在 $100 \sim 300000$ 欧之间变化。潮湿皮肤的电阻则仅为干燥皮肤的 1%。如果电击电流通过几秒钟后皮肤起泡，表面电阻进一步降低。

2. 电压大小

产生电击电流所需的电压，决定于接触电阻和总的电路阻抗。接触电阻低，民用 120 伏交流电压就可以致命。如果电压较高，接触电阻就不是主要因素了，因为超过 240 伏的交流电压，就会击穿接触的皮肤。在这种情况下，就只有人体的内部电阻来限制电击电流了。

3. 频率

60 赫时，人体的阻抗基本上是电阻性的。随着频率的增加，人体阻抗开始成为电阻—电容网络，即非线性网络。在 50 赫附近，

人体阻抗可能降低 50% 以上，而接触电阻可以忽略不计。频率同样能影响感觉、释放和致命性电流。例如：5 千赫时产生震颤要 7 毫安的电流。但在 100~200 千赫时，感觉就由震颤变为灼热。5 千赫时的释放电流增加到 60 赫时的三倍。频率更高时，需要的致命电流也会增加。

4. 感觉电流

感觉电流也叫反应电流，是指产生轻微震颤感觉的交流电流的强度。这种感觉的刺激，能使肌肉产生可能引起伤害的不自觉的反应。实验室的试验表明，60 赫时的最低感觉电流是因人而异的。1% 以下的人最低能感觉到 0.3 毫安的电流。对于男子来说，感觉电流的平均值约为 1.1 毫安；对于妇女，则大约为 0.7 毫安。这样的电流不会损伤人体的组织。因此，就确定感觉电流为 0.5 毫安，如图 1-5A 所示。

5. 释放电流

释放电流是指能利用电流对肌肉的直接作用使抓住导体的人放手的最大电流。男子的释放电流平均约为 16 毫安，妇女则为 10.5 毫安。这时，也不会损伤人体组织，如图 1-5B 所示。

6. 致命电流

起始的致命电流，仅仅比释放电流略高一点。流经胸腔的电流超过 18 毫安时，人就会因胸腔肌肉收缩而停止呼吸。如电流持续流动，便造成丧失知觉，最后导致死亡。心室纤维性颤动是电击电势所造成的另一种致命的原因，它使心脏停止了有节奏的跳动，而代之以微弱的震颤，使血液循环停止。心脏很少能从这种状态下自然恢复过来。从动物试验得到的资料推论，人体产生纤维性颤动所需要的电流强度与电击的持续时间、身体重量、电流途径、流过的时间，以及电流的大小等都有关系。通常认为，一个正常的成年人，当电击电流超过 $116/t^{1/2}$ 毫安时，就可能产生纤维性颤动；式中 t 是电击的持续时间，单位是秒。

如果电击电流大大超过纤维性颤动所需的数量，心脏跳动就可