

地雷：埋在土里的"沉默哨兵"，和人类为清除它付出的百年努力

在所有武器里，地雷大概是最不起眼的一种。它没有战机的轰鸣，没有舰炮的火光，也不需要有人守在旁边。一枚反步兵地雷可能只有巴掌大小，制造成本很低，可一旦被埋进土里，它就能安静地待上几十年，等着一个永远不知道什么时候会踩上来的人。

这种"埋下去就不用管"的特性，让地雷成了防御作战里性价比极高的工具。它不能主动追击敌人，却能死死守住一片区域——不用派兵，不用补给，只要让对方相信"这片地里有雷"，对方的行动就会被牢牢拖住。军事上有句话说得很准：地雷的威力，一半在爆炸的那一刻，另一半在"你不知道它在哪儿"。

有意思的是，人类最早关于地雷的记载出现在中国。明代的火器著作《火龙经》，以及后来茅元仪编纂的《武备志》里，都记录过把火药埋在地下、用机关引燃的战法。那时的地雷还要靠埋伏的人拉绳点火，谈不上自动触发，但思路已经和今天一模一样：把爆炸物藏起来，等敌人自己走过来。

真正的转折发生在一战。那是一场被堑壕和铁丝网困住的战争，双方隔着几百米的无人区长期对峙，谁先发起进攻都要付出惨重代价。地雷顺理成章成了标配。不过一战的地雷很多时候不是"埋"出来的，而是"挖"出来的——坑道战。

1917年6月的梅西讷山脊战役是最著名的一次。英军工兵花了很长时间，在德军阵地底下挖出一条条长长的坑道，把大量炸药埋进地道尽头的药室里。进攻发起的那天凌晨，这些地下炸药同时引爆。据史料记载，爆炸的震动连远处都能感觉到，德军前沿阵地几乎在瞬间被摧毁。这是一战中规模最大的一次人工爆破，也给"地雷"这种武器留下了浓重的一笔。

不过那时的地下爆破需要工兵冒着生命危险一点点挖坑道，属于"定制"工程。真正让地雷变成大规模工业产品的，是它和机械化战争的结合。

二战时期，坦克成了陆战主角，反坦克地雷也跟着登场。它的原理并不复杂：坦克有几十吨重，压上去的力量足够让引信动作。于是德军把它用在北非沙漠，苏军把它铺在库尔斯克的草原上，各条战线都在大规模布雷。1942年的阿拉曼战役中，轴心国一方埋设了密密麻麻的雷场，被盟军称作"魔鬼的花园"——这个名字本身就说明了雷场有多难缠。

同一时期，在中国敌后战场上，地雷战成了抗日军民对付侵略者的重要手段。兵力和装备都处于劣势的抗日武装，用土造的地雷封锁道路、村庄和据点周边，让敌人的“扫荡”行动处处受阻。这是地雷“以弱制强”的典型例子：它便宜、好造、门槛低，却能让装备精良的对手寸步难行。

从原理上说，地雷的核心只有三样东西：炸药、引信、外壳。引信是它的“大脑”，决定它什么时候炸。最常见的是压发引信——受到足够压力就动作；还有绊发引信，一根细细的绊线被碰到就触发；反坦克地雷还会用磁感应引信，靠车辆钢铁带来的磁场变化起爆，有的甚至设计了二次触发，专门对付已经踩中但还在挣扎的人。

布雷的方式也在跟着战争节奏变快。最早是工兵一锹一锹地挖、一枚一枚地埋，慢，但位置清清楚楚。后来出现了机械布雷车，一边开一边把地雷埋进土里；再后来有了火箭布雷弹和飞机撒布器，一次齐射就能在对面阵地上“种”出一大片雷区。速度提上去了，麻烦也跟着来了：撒得太快太散，连布雷的一方往往都画不准雷区地图。而这些地图，恰恰是战后扫雷最需要的东西。

这些设计让地雷非常有效，也带来了它最大的问题：地雷分不清军人和平民，更不会自己停下来。

一场战争结束，军队撤走了，地雷却留在原处。它们不会因为停战就失效，塑料外壳的甚至能被金属探测器“看不见”。于是耕地不能种，孩子不能去玩，整片村庄被划成禁区。柬埔寨、阿富汗、安哥拉……不少国家在停火几十年之后，仍然要面对这片“看不见的战场”。

国际社会为此做了大量努力。1997年，由国际禁止地雷运动推动的《渥太华禁雷公约》开放签署，要求缔约国销毁库存、清除雷区、不再使用杀伤人员地雷；这场运动也在当年获得了诺贝尔和平奖。不过公约并没有覆盖所有国家，一些主要军事大国至今没有加入，清除反步兵地雷的工作仍然任重道远。

有布雷，就有扫雷。这条“矛与盾”的线，几乎和地雷同时起步。

最早对手是金属探测器。二战期间，波兰工程师约瑟夫·科萨茨基发明了手持式探雷器，很快在战场上投入使用。它的原理和今天的安检门差不多：线圈产生磁场，碰到金属就发生变化，耳机里响起一声蜂鸣。简单，却救了无数人的命。

对付大片雷场，靠人一寸一寸探显然太慢。于是出现了各种“暴力解法”：扫雷坦克在车前装上沉重的旋转链条，用铁锤砸地引爆地雷，人躲在装甲后面；还有拖着火箭爆破索的车辆，把一根装满炸药的长索抛进雷场，炸开一条安全通道。战后又发展出排雷犁、

扫雷舰、遥控机器人。

最近几十年，最令人意外的"排雷专家"居然是动物。

先说探雷犬。它们靠嗅觉寻找炸药的气味，比靠金属寻找更可靠——因为现代地雷大量使用塑料，金属探测器反而容易漏掉。而非洲巨鼠则被训练成另一种"扫雷员"：这种鼠类体型不小，但体重太轻，踩上去根本不会触发引信，嗅觉却极其灵敏，能在大片土地上快速排查。训练这样一只老鼠的成本远低于人工，效率却不低，已经在多个国家的雷场里投入实际使用。

地雷的故事，其实是一个关于"不对称"的故事。它用极低的成本换来极大的牵制，也用极低的技术门槛造成了极长的后遗症。它逼着人类发明了金属探测器、扫雷坦克、排雷机器人，甚至把狗和老鼠训练成了战友。

到今天，地雷在技术上已经很"聪明"了：有的会自动失效，有的能定时自毁，有的甚至能区分车辆和行人。但无论技术怎么进步，"埋下去容易，挖出来难"这个道理，一百年来从未改变。

冷知识

国际禁止地雷运动因推动《渥太华禁雷公约》获得 1997 年诺贝尔和平奖——那一年，距离反步兵地雷第一次被大规模投入战场，已经过去了半个多世纪。

非洲巨鼠排雷员里有一只名叫"马加瓦"的明星：它在柬埔寨的雷场工作了数年，排查出数十枚地雷和未爆弹药，2020 年获得英国一家动物慈善机构颁发的金质奖章，这也是该奖项第一次颁给老鼠。