

文章编号: 2096-1618(2017)02-0107-07

稿件来源: 科学网

网 址: <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-1003586.html>

发表时间: 2016-09-18

安全通论(15)

——谣言动力学

杨义先, 钮心忻

(北京邮电大学信息安全中心, 北京 100876)

摘要:历史上可能从来没人,用动力学这把宰牛刀,去杀过谣言这只小鸡;但是,随着网络的迅速普及,谣言这只鸡马上就要成精了,再不出手可就晚了。因此,本文借用“药物动力学”这个古老学科的智慧,创立了谣言动力学,即,用动力学原理与数学方法,研究辟谣效果(或谣言普及度)随时间变化的规律;更具体地说,就是研究“信谣者密度”随时间变化的规律。希望本文能帮助专家们,深刻洞悉谣言的机理,为谣言整治建立坚实的理论基础;更希望本文能帮助领导们,革除简单封堵的懒政策略,为大幅度提高国人的谣言免疫力做贡献,使得我们在未来的信息战中更加主动,更有优势。

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2017.02.001

0 引言

未来信息战中,最致命的武器之一,可能就是“谣言”!而这种武器,对我国的杀伤力更大。因为,一方面,像美国这样的国家,民众对谣言的免疫力已经很强,而且辟谣的渠道也很畅通。另一方面,像朝鲜这样的国家,由于只有全同构的温血机器,所以,在他们的字典里,压根儿就没有“谣言”两字。因此,在谣言研究方面,我们没有国外经验可借鉴,必须自力更生,必须对“谣言”的传播机理和消除方法进行深入研究,及时预备好各种应对策略,以防万一。

其实,对付谣言的最根本策略,就是提高大众的免疫力。但是,非常遗憾,目前我们的许多做法,刚好相反,比如,面对重大事件,不鼓励独立思考,而只强调盲从权威;为回避讲真话的风险,民众便只好跟风随大流,甚至违心说假话等。

提高谣言免疫力的最有效办法,就是要敢于让大众接触谣言,并健全快速高效的定谣、辟谣机制。但是,目前辟谣不及时,辟谣不得法,甚至,将“小谣言”辟成了“大谣言”;谣言定性过于随意,以至于许多官定“谣言”,后来都被证明是事实,使“谣言”变成了“遥遥领先的预言”。

健全定谣、辟谣机制的核心,就得尽量疏通辟谣渠道,让全民都乐于辟谣,敢于辟谣和善于辟谣,比如,鼓励谣言当事人,主动站出来,以事实辟谣。但是,目前

言路不畅,辟谣正在变成某些指定机关的专门任务,这样一来,如果某次辟谣失误(不管是有意或无意),那么,该机构辟谣的权威性,就荡然无存了;甚至,今后他们的辟谣行为,反而会被当成认定事实的证据。

总之,从宏观上看,目前我国在应对谣言方面还很幼稚,仅仅陷于研究一些微观的“辟谣之术”,完全没考虑“辟谣之道”;甚至,有时为了扑灭一些谣言的星星之火,不惜牺牲长远战略利益,把谣言的整体燎原之势,推向更危险的境地。因此,本文从诞生近百年的“药物动力学”(见文献[16])那里,借来谣言动力学这把“芭蕉扇”,但愿能够帮助国内安全专家和领导,平安渡过谣言“火焰山”。

本文无意介入政治,只是对谣言的动力学原理进行纯学术研究,希望能帮助相关机构了解谣言的本质;希望大众生活不受谣言的过多影响;希望老百姓的谣言免疫力能尽快地、大幅度地提高(而不是减少,甚至趋于0)。

1 一个机构内的谣言动力学

当谣言传入某人耳朵后,他可能有四种反应:(1)相信,并将继续将此谣言传播出去;(2)相信,但不再传播;(3)不信,并向他人辟谣;(4)不信,但并不主动去辟谣。前两种反应的人,统称为“信谣者”;后两种人,统称为“不信谣者”。

所谓谣言动力学,就是用动力学原理与数学方法,研究辟谣效果(或谣言普及度)随时间变化的规律;更具体地说,就是研究“信谣者密度”,随时间变化的规律。

从时间角度来看,信谣者密度,肯定是一条波形曲线;即刚开始时,谣言密度会越来越大,直至达到巅峰后,又才开始越变越小(原因当然要归功于辟谣行动的开始)。这里,“信谣者密度”定义为信谣者占相关人群总数的比例,此处,“相关人群”的边界必须清晰,否则,谈论“密度”就没根据了。比如,关于某机构的谣言,其“相关人群”就是该机构的全体员工;信谣者密度就是“相信该谣言的员工数”占总“员工数”的比例。

为突出重点,本节只限于考虑一个机构内的谣言动力学,即此时相关人群就是该机构的全体员工。当然,这个“机构”可以很小,比如一个班;也可以很大,比如一个省,一个国家,甚至整个全世界等;而且,机构越大,本文就越能发挥作用,毕竟动力学是研究复杂大系统的有力工具嘛。

对任何一个谣言,一方面,只有当其“谣言密度”达到一定值(称为危害值,记为 C_{\min})后,它才可能产生破坏作用;当然,不同的谣言,针对不同的相关群体,这个危害值是不一样的。比如,任何一个谣言,若只有造谣者自己相信,那么,基本就不会有什么破坏作用;越严重的谣言,其危害值可能会越小(即,信谣密度还较低时,就可能产生破坏作用了);而对那些不关痛痒的谣言,其危害值可能会大一点;但是,一般来说,如果某谣言已经有一半以上的相关人群成了信谣者(即谣言密度超过 0.5),那么,很可能就会出问题了。另一方面,任何一个谣言,造谣者也几乎不可能让所有人都相信它;实际上,当谣言密度达到某个值(称为顶峰值)后,由于各方面的原因(比如成本、时间等),造谣者已经很难让余下的铁杆人员,再相信其谣言了;甚至,过度的造谣,没准会激怒这些铁杆,促进他们站出来自发辟谣。

由此可见,造谣者和辟谣者的“战场”,就介于危害值与顶峰值之间。造谣者,要努力使谣言密度超过危害值(但没必要高于顶峰值);反过来,辟谣者,则而努力打压谣言密度,使其不超过危害值。同样,辟谣者也没有必要将谣言密度压得过低,毕竟“让铁杆信谣者”醒悟的成本太高,而且,既不可能,也没必要让所有人都不信谣。

1.1 辟谣速率方程

辟谣肯定是在谣言已经广泛传播后,才开始行动的。所以,设 D 表示刚开始辟谣时,信谣者人数; V 表

示相关人群总数;所以, $C_0 = D/V$ 便是刚开始辟谣时,信谣者密度。记 $C(t)$ 表示 t 时刻的信谣者密度;当然,若无辟谣行动,那么, $C(t)$ 当然会随着 t 的增加,而变大。

经验告诉我们,在一般情况下(即谣言还没有过分普及,谣言密度还不是过大时),辟谣行动开始后,当密度 $C(t)$ 越大时,单位时间内被辟谣(即,由信谣者变成不信谣者)的人数就越多,或更具体地说:被辟谣者的密度变化量 $dC(t)/dt$ 与此时的密度 $C(t)$ 之比,为一个负常数($-K$)。这里的 K 称为辟谣速率。因此,有如下一级速率过程动力学微分方程:

$$dC(t)/dt = -KC(t)$$

该微分方程的解析解为 $C(t) = C_0 e^{-Kt}$,由此可见,对于固定辟谣速率 K 来说,谣言密度由初始密度 C_0 决定,而且,随着时间的增大,谣言密度迅速变小,最终趋于 0。根据方程 $C(t) = C_{\min}$ (危害密度值),即 $C_0 e^{-Kt} = C_{\min}$,可求得 t 的解值为: $t_{\min} = -K[\lg(C_{\min})]/\lg(C_0)$,因此,可知:在此常数速率 K 之下,经过 t_{\min} 时间后,该谣言就已经被控制,其密度低于危害值了,于是,辟谣者就可收工了。注意到,在 t_{\min} 的表达式中,当 C_0 越大时,谣言终被控制的时间 t_{\min} 就越大(晚),可见,辟谣确实是应该越早越好,在谣言初始密度本身还较小就,就开始辟谣。

仍然根据经验,若辟谣时间太晚,谣言密度已经很大,甚至接近顶峰值时,单位时间内谣言密度的减少,将会保持一个常量值,比如 K ,即有如下零级速率过程动力学微分方程:

$$dC(t)/dt = -K$$

该微分方程的解析解为 $C(t) = C_0 - Kt$,它是一个线性方程。当然,随着谣言密度 $C(t)$ 的不断减少,上述“零级速率过程动力学微分方程”的失真度就会增大,这时,便可改用“一级速率过程动力学微分方程”来描述辟谣行为。

除了初始谣言密度已经很大(用零级速率过程)和初始谣言密度很小(用一级速率过程)之外,在一般情况下,可用微分方程(又称为 Michaelis-Menten 方程) $dC(t)/dt = aC(t)/[b+C(t)]$ 来描述。当谣言密度 $C(t)$ 较大时,便可用常数 a 来逼近 $aC(t)/[b+C(t)]$,此时,便退化成零级速率过程动力学微分方程;当谣言密度 $C(t)$ 较小时,便可用常数 $aC(t)/b$ 来逼近 $aC(t)/[b+C(t)]$,此时,便退化成一级速率过程动力学微分方程。但是,由于非线性 Michaelis-Menten 方程的解析解很难求出,所以,只好在数学上做一些让步,用线性

微分方程来代替,生物和医学等领域的长期实践表明,这样的做法有较好的逼真度。

1.2 运动式辟谣的效果分析

运动式执法,是我国常用的一种打击任何犯罪行为的方式,即当某种犯罪行为猖獗到一定程度后,就开始对它进行集中整治;待其严重性降低到某个程度后,就再转向其他犯罪种类。针对谣言这件事,采用运动式辟谣,效果如何呢?为清晰起见,我们假设,辟谣很及时,即,在初始谣言密度还较小时,便启动了辟谣行动,所以,可采用如下的一级速率过程动力学微分方程,来描述谣言密度 $C(t)$ 的动力学模型:

$$dC(t)/dt = -KC(t), (n-1)T < t < nT, n=1, 2, \dots, n$$

$$C(nT^+) = C(nT^-) + D_n/V, t = nT$$

$$C(t_0^+) = D/V = C_0$$

这里 T 表示每次辟谣运动的持续时间,为了使足标简洁,这里假定每次运动式辟谣的持续时间都相同(若不同,后面的解析解也是类似的,只是公式繁杂一点而已,所以,这种假设不造成任何实质影响); K 表示辟谣速率; $C(t)$ 表示 t 时刻的谣言密度; V 表示机构的员工数; D 表示 0 时刻的信谣人数, C_0 表示 0 时刻的信谣密度; D_n 表示第 n 次运动开始时,新增的信谣人数(仍然为了数学上的简便,同时并不造成实质性的缺失,假定各个 D_n 也是相同的,都为 D); T^+ 表示,比 T 大但逼近 T 的数; T^- 表示,比 T 小但是逼近 T 的数; t_0^+ 表示,比 t_0 大但逼近 t_0 的数(为简洁计,此处假定 $t_0=0$)。关于上述三个方程,还需要说明一点:对每个给定的谣言,当某人被辟谣(即,由信谣者变成不信谣者)后,他肯定不会再次相信这同一个谣言了,但是,他可能会又相信另一个新谣言;所以,方程中的谣言密度并不仅仅限于某个固定的谣言,而是所有信谣者占员工总数的比例。

对上述方程,在区间 $(n-1)T < t < nT$ 内求解后,便得到:

$$C(t) = C[(n-1)T^+]e^{-K(t-(n-1)T)}$$

$$\text{故有 } C(nT) = C[(n-1)T^+]e^{-KT}$$

由于在第 n 次辟谣运动开始时,又新增了 D 个信谣者,所以

$$C(nT^+) = C[(n-1)T^+]e^{-KT} + D/V, \text{若记 } X_n = C(nT^+),$$

则有下面的差分方程:

$$X_n = X_{n-1}e^{-KT} + D/V$$

最后,不难验证,运动式情形下,上述微分方程的

全局稳定周期解是:

$$C(t) = X^* e^{-K(t-(n-1)T)}, (n-1)T < t \leq nT$$

这里 $X^* = C_0/(1-e^{-KT}) = (D/V)[1/(1-e^{-KT})]$ 。分析一下该谣言密度 $C(t)$ 的解析式,我们可以发现若干很有意思的规律,比如,每次运动开始时,谣言密度都达到最大值 X^* (因为此时有 $t=(n-1)T$,所以, $C(t) = X^* e^{-K(t-(n-1)T)} = X^* e^0 = X^*$,达到最大值);每次运动结束时,若除去新的信谣者,那么,谣言密度就达到了最小值 $X^* e^{-KT}$ (因为此时有 $t=T$,所以, $C(t) = X^* e^{-KT}$,达到最小值)。从而,只要把握好运动的节奏,那么,总可以将过去的谣言密度控制在一定范围内。

如果再更进一步地分析这些数字结果,那么,还可以得到如下有价值的启发:

如果谣言密度的最大值 $X^* = C_0/(1-e^{-KT})$ 未超过危害值 C_{\min} ,即 $(D/V)[1/(1-e^{-KT})] \leq C_{\min}$,那么,该机构就始终不会遭受谣言之害。而要达到此目标,可以有如下几种情况:

(1) 初始信谣人数 D 不超过 $V(1-e^{-KT})C_{\min}$ (假若此式中的参数都为常数的话);

(2) 机构员工数 V 大于 $(D/C_{\min})[1/(1-e^{-KT})]$ (假若此式中的参数都为常数的话);

(3) 辟谣速率 K 大于 $[\lg(D/(D-VC_{\min}))]/T$ (假若此式中的参数都为常数的话);

(4) 每次运动的持续时间 T 大于 $[\lg(D/(D-VC_{\min}))]/T$ (假若此式中的参数都为常数的话),这个结果(4)很有趣,它告诉我们:在一定条件下(比如其他参数固定)运动式辟谣不宜过于频繁,否则,效果反而不好。这与我们猛然的感受相矛盾;但是,仔细思考后,又确实有道理,因为,开始辟谣后,谣言密度会以曲线 $C(t) = C_0 e^{-Kt}$ 的方式而降低, t 越大(即持续时间越长),它密度降低的速度越快,所以,频繁的运动式辟谣反而会事与愿违。

类似地,如果运动式辟谣中,谣言密度的最小值 $X^* e^{-KT}$ 始终都大于危害值 C_{\min} ,即 $(D/V)[1/(1-e^{-KT})]e^{-KT} \geq C_{\min}$,那么,该机构将永远遭受谣言之害。而上演该悲剧的情况,可以有如下几种:

(1) 初始信谣人数 D 大于 $VC_{\min}e^{-KT}(1-e^{-KT})$ (假若此式中的参数都为常数的话),再一次说明:辟谣不宜过迟;

(2) 机构员工数 V 不大于 $(D/C_{\min})[1/(1-e^{-KT})]e^{-KT}$ (假若此式中的参数都为常数的话);

(3) 辟谣速率 K 小于 $[\lg(1+D/(VC_{\min}))]/T$ (假

若此式中的参数都为常数的话)。由于简单封堵等懒惰式辟谣,将大幅度减小 K ,甚至激发员工信谣、传谣;可见,辟谣其实还是很有讲究的,绝不可太任性;

(4) 每次运动的持续时间 T 小于 $[\lg(1+D/(VC_{\min}))]/K$ (假若此式中的参数都为常数的话)。

1.3 常态式辟谣的效果分析

这里的“常态”是与前面的“运动”相对应的。此时,在一个辟谣时间段 T 之内,辟谣速率 K 保持恒定;而且,整个辟谣期间,总的谣言密度 D/V 是以均匀的速度 $r=(D/V)/T$ 释放出来的,即新的信谣人数是等速增加的,于是,此时,谣言密度 $C(t)$ 的动力学模型就是: $dC(t)/dt=r-KC(t)$, 这里 $C(0)=C_0$ 表示初始时刻的谣言密度。该方程的解析解为 $C(t)=r/K+(C_0-r/K)e^{-Kt}$, 由此可见在 r 保持恒定的前提下,当 $t \rightarrow \infty$ 时,谣言密度将从最大值 $r/K+(C_0-r/K)$ 逐渐减小,并最终趋于常数 r/K 。换句话说:

(1) 如果 $r/K > C_{\min}$, 那么,谣言密度永远超过危害值,此机构将始终遭受谣言之害,除非想法增大辟谣速率 K ,或降低信谣者增加的速度;

(2) 如果 $r/K < C_{\min}$, 那么,根据方程 $C(t)=C_{\min}$ (危害密度值),即, $r/K+(C_0-r/K)e^{-Kt}=C_{\min}$, 可求得 t 的解值为: $t_{\min}=[\lg((C_0-r/K)/(C_{\min}-r/K))]/K$, 因此,可知:在这种情况下,经过 t_{\min} 时间后,该谣言就已经被控制,其密度低于危害值了,于是,辟谣者就可收工了。

1.4 干部带头式辟谣的效果分析

还有一种常用的辟谣方式,就是:先选定一批特殊人群(比如说干部),对它们进行辟谣,然后,再让他们去给余下的员工(比如说群众)辟谣。为了更加逼真,当然要假定有些干部也信谣、传谣,并且还是不接受辟谣的铁杆信谣者。

设 $G(t)$ 为 t 时刻,干部的信谣密度; F 为干部的辟谣速率。于是,干部的谣言密度满足下述动力学模型:

$$dG(t)/dt = -FG(t)$$

它的解析解为 $G(t)=G(0)e^{-Ft}$ 。对干部辟谣后,再由干部去给群众辟谣。记群众的辟谣速率为 K ; t 时刻,群众的谣言密度为 $C(t)$; 因此,群众的谣言密度满足如下动力学模型:

$$dC(t)/dt = FG(t) - KC(t) = G(0)Fe^{-Ft} - KC(t)$$

它的解析解为 $C(t)=(e^{-Kt}-e^{-Ft})G(0)F/(F-K)$ 。

结合此处 $G(t)$ 和 $C(t)$ 的解析解,我们可以看出:

(1) 首批辟谣的对象(干部人群)的选择很重要。比如,假若不幸刚好选到了铁杆信谣者,那么, $F=0$, 于是,将导致没人给群众辟谣,所以也有 $K=0$, 从而,辟谣失败;假若幸运地选到了先进分子,即辟谣效果很好,故 F 很大,从而不但干部中的谣言密度 $G(t)$ 会迅速趋于 0, 而且,许多被辟谣干部开始向群众辟谣后,群众的辟谣速率 K 也会较大(当然,一般来说, $F > K$), 从而,群众的谣言密度 $C(t)=(e^{-Kt}-e^{-Ft})G(0)F/(F-K)$ 也会很快趋于 0。

(2) 如果单独考查群众的谣言密度 $C(t)=(e^{-Kt}-e^{-Ft})G(0)F/(F-K)$, 不难发现,它有一个先上升至顶峰,然后,才开始迅速下降,直到逼近 0 的过程。其实,这一点并不难理解,因为,刚开始时,只对干部进行辟谣,而群众的谣言密度当然会增加;直到干部辟谣完成,被辟谣干部转过来再向群众辟谣时,群众的谣言密度才达到高峰,并从此开始迅速下降。从谣言中觉悟过来的干部越多,向群众辟谣的力量就越大(即, K 就越大),群众谣言密度下降的速度就越快。

(3) 一般来说,干部人数占总人数的比例不大,所以,在考虑何时达到辟谣危害值以下时,可以粗略地将群众谣言密度看成是全民的谣言密度,于是,由方程 $C(t)=(e^{-Kt}-e^{-Ft})G(0)F/(F-K)=C_{\min}$, 可以求得关于 t 的两个解,其中一个解,位于谣言密度达到高峰之前(此时,还忙于向干部辟谣呢,当然不会是我们需要的解);另一个解,位于谣言密度达到高峰之后,此便是我们需要的解 t_{\min} , 即,该时间之后,谣言密度低于危害值 C_{\min} , 该谣言不再具有危害性了。

(4) 以上的数字解还给我们另一个启发:平常掌握一些不易信谣或容易被辟谣的群体(比如,干部群体),有助于关键时刻增强辟谣的效果。当然,这种做法大家早就知道,此处只是给出了严格的理论依据而已。最理想的情况是:如果该机构的全体人员都是不易信谣者(或容易被辟谣者),即,机构整体的谣言免疫力很强,那么,辟谣效果将非常好!而这正是相关领导,在未来信息战的“谣言对抗”中,应该努力争取达到的最佳状况。但愿高层决策者们,能够尽早意识到这一关键点!

1.5 干部式与运动式相结合的辟谣效果分析

所谓干部式与运动式相结合辟谣方式,就是不时地开展辟谣专项活动,而每次辟谣都采用干部带头式。因此,仿照前面的一些符号,我们令 $G(t)$ 表示干部的谣言密度, F 是干部的辟谣速率, T 是每次运动的持续

时间, T^+ 表示大于 T 但趋于 T 的数, 0^+ 表示大于 0 但趋于 0 , T^- 表示小于 T 但趋于 T 的数, $C(t)$ 表示群众的谣言密度, K 表示群众的辟谣速率。于是, 此时, 谣言密度的动力学模型为如下四个方程:

$$dG(t)/dt = -FG(t), \quad (n-1)T < t < nT$$

$$G(nT^+) = G(nT^-) + G(0^+), \quad t = nT$$

$$G(0^+) = G(0)$$

$$dC(t)/dt = FG(t) - KC(t)$$

其中, 前三个方程的全局稳定解为 $G(t) = X^* e^{-F(t-(n-1)T)}$, $(n-1)T < t \leq nT$, 这里, $X^* = G(0)/(1 - e^{-FT})$, 将此解代入上面的第四个方程, 由此可得:

$$dC(t)/dt = FG(t) - KC(t) = FX^* e^{-F(t-(n-1)T)} - KC(t)$$

这是一个非齐次的周期方程, 它的稳定性周期解及解析式也是现成的, 为避免陷于过多的数学描述, 此处略去。

2 多个机构内的谣言动力学

上一节我们考虑了单个机构内的谣言动力学, 其实, 谣言肯定不会只在某一个机构内传播, 但是, 对不同的机构来说, 它们对不同谣言的敏感度是不一样的, 从而, 在不同机构内, 谣言的传播速度、危害值、辟谣难度等都各不相同, 当然, 相应的动力学模型也不相同。比如, 对“某月饼中含猪油”这样的谣言, 不同民族的反应就会完全不一样, 甚至汉族根本不会关注它, 更别说造成危害了; 但是, 对回族来说, 就是一个严重的宗教问题, 必须查清!

本节就来研究多个机构内的谣言动力学问题, 为简单计, 我们只考虑两个机构的情况, 并且假定其中一个机构是主要辟谣机构, 另一个是次要辟谣机构。比如, 仍然考虑前面那个“猪油谣言”, 辟谣的重点显然应该是回民机构; 对汉族机构, 甚至可以不必刻意去辟谣, 而是由回民中的觉悟者来自发辟谣。于是,

回民中的信谣人数增加的渠道有两个: 回民内部传谣和汉民把谣言传过去;

回民中被辟谣人数增加(即信谣人数的减少)的渠道也有两个: 回民内部的辟谣和汉民帮助下的辟谣;

汉民中的信谣人数只有一个增加渠道: 来自回民传播的谣言(因为, 汉民根本就不关心是否存在猪油, 所以, 可假定他们更无兴趣去彼此传谣; 但也许出于关心等原因, 汉民可能会有兴趣把此谣言传给回民);

汉民中被辟谣人数增加(即信谣人数减少)的渠道也只有一个: 由觉悟了的回民来辟谣(汉民对彼此

辟谣显然也不感兴趣)。

一般地说, 设 t 时刻, 主机机构的谣言密度和信谣人数分别为 $C_1(t)$ 和 $D_1(t)$, 次机构的谣言密度和信谣人数分别为 $C_2(t)$ 和 $D_2(t)$; 主机机构的总人数为 V_1 , 次机构的总人数为 V_2 ; 主机机构自己的辟谣速率为 K , 由次机构帮助主机机构辟谣的速率为 K_{12} (当然, 假定自己不信谣的人, 才会去辟谣), 次机构向主机机构传谣的速率为 K_{21} (同样, 假定自己信谣的人, 才会去传谣), 于是, 主机机构和次机构的信谣人数变化规律, 可用如下两个动力学模型来表示:

$$dD_1(t)/dt = -(K_{12} + K)C_1(t) + K_{21}C_2(t)$$

$$dD_2(t)/dt = K_{12}C_1(t) - K_{21}C_2(t)$$

为了求解此方程, 假定 $D_1(0) = D_0$ 和 $D_2(0) = 0$, 即刚开始辟谣时, 共有 D_0 个信谣者, 他们全都来自主机机构。于是, 上述两个动力学方程的解析解为:

$$D_1(t) = D_0[(K_{21} - \beta)e^{-\beta t} - (K_{21} - \alpha)e^{-\alpha t}]/(\alpha - \beta)$$

$$D_2(t) = K_{12}D_0[e^{-\beta t} - e^{-\alpha t}]/(\alpha - \beta)$$

其中常数 α 和 β 由下式给出:

$$\alpha = \{(K_{12} + K_{21} + K) + [(K_{12} + K_{21} + K)^2 - 4K_{21}K]^{0.5}\}/2$$

$$\beta = \{(K_{12} + K_{21} + K) - [(K_{12} + K_{21} + K)^2 - 4K_{21}K]^{0.5}\}/2$$

如果用谣言密度来表示, 那么, 主机机构和次机构的谣言密度就分别为:

$$C_1(t) = D_0[(K_{21} - \beta)e^{-\beta t} - (K_{21} - \alpha)e^{-\alpha t}]/[(\alpha - \beta)V_1]$$

$$C_2(t) = K_{12}D_0[e^{-\beta t} - e^{-\alpha t}]/[(\alpha - \beta)V_2]$$

仔细分析这些数学表达式, 与前一样, 也可以获得若干有趣的启示。限于篇幅, 此处不再重复了。

不过, 对于两个机构的运动式辟谣, 我们还想做一个简单介绍。假设, 每次运动的持续时间为 T , 于是, 仿照前面的做法, 我们有如下四个方程:

$$dD_1(t)/dt = -(K_{12} + K)D_1(t) + K_{21}D_2(t), \quad t \neq nT$$

$$dD_2(t)/dt = K_{12}D_1(t) - K_{21}D_2(t), \quad t \neq nT$$

$$D_1(nT^+) = D_1(nT^-) + D_0, \quad t = nT$$

$$D_2(nT^+) = D_2(nT^-), \quad t = nT$$

它们的解析解为: 当 $nT < t \leq (n+1)T$ 时, 有

$$D_1(t) = [\Delta_1(K_{21} - \beta)e^{-\beta(t-nT)} - \Delta_2(K_{21} - \alpha)e^{-\alpha(t-nT)}]/[2(\alpha - \beta)K_{12}]$$

$$D_2(t) = [\Delta_1 e^{-\beta(t-nT)} - \Delta_2 e^{-\alpha(t-nT)}]/[2(\alpha - \beta)]$$

其中, α 和 β 与前面相同, 而 Δ_1 和 Δ_2 由下两式给出:

$$\Delta_1 = K_{12}D_2(nT^+) + KD_2(nT^+) - K_{21}D_2(nT^+) + (\alpha - \beta)D_2(nT^+) + 2K_{12}D_1(nT^+)$$

$$\Delta_2 = K_{12}D_2(nT^+) + KD_2(nT^+) - K_{21}D_2(nT^+) - (\alpha - \beta)D_2(nT^+) + 2K_{12}D_1(nT^+)$$

更细节一点,并且还有,

$$D_1((n+1)T^+) = [\Delta_1(K_{21}-\beta)e^{-\beta T} - \Delta_2(K_{21}-\alpha)e^{-\alpha T}] / [2(\alpha-\beta)K_{12}] + D_0$$

$$D_2((n+1)T^+) = [\Delta_1e^{-\beta T} - \Delta_2e^{-\alpha T}] / [2(\alpha-\beta)]$$

于是,两个机构的运动式辟谣的效果分析就全部完成了。虽然,还可以对这些数学公式进行更深入的分析,以便获得一些更直观的启发;但是,相关结果已经在前面给出了,而且,它们也大同小异,所以为节约篇幅,此处不再重复了。

最后,再简要归纳一下两个机构的干部带头式辟谣。

设 $G(t)$ 为 t 时刻干部群体中的谣言密度, F 为干部的辟谣速率;其他参量的含义与上相同,于是,在两个机构的干部式辟谣中,相应的动力学模型为:

$$dG(t)/dt = -FG(t)$$

$$dC_1(t)/dt = FG(t) + K_{21}C_2(t) - (K_{12} + K)C_1(t)$$

$$dC_2(t)/dt = K_{12}C_1(t) - K_{21}C_2(t)$$

求解此三个方程后,得到主机构的谣言密度解析解为:

$$C_1(t) = FD_0(K_{21}-F)e^{-Ft} / [V_1(\alpha-F)(\beta-F)] +$$

$$FD_0(K_{21}-\alpha)e^{-\alpha t} / [V_1(F-\alpha)(\beta-\alpha)] +$$

$$FD_0(K_{21}-\beta)e^{-\beta t} / [V_1(F-\beta)(\alpha-\beta)]$$

3 结束语

在网络空间安全对抗中,谁都知道中国处于弱势,因为,无论是核心器件、高端芯片还是基础软件等,我们都得依赖别人。但是,如果要问,中国在网络安全对抗中,最弱的领域是什么?估计其答案,将会出乎绝大部分人(包括安全专家和领导)的意料!因为,我们的最弱项竟然是“谣言对抗”!其原因在于,一方面对手的造谣资源更多,比如,假造高官的资产信息等;另一方面,国人的谣言免疫力普遍偏低,而且还有越来越低趋势;还有,我们的辟谣渠道不够畅通,大众辟谣的主动性不高。更令人担忧的是,至今我们还没有严肃对待“谣言对抗”这个课题,虽然明知谣言武器已经成功地在多个国家完成了颜色革命。这也是本文要明示“谣言动力学”的第一个原因。

本文的研究思路和方法,甚至许多结果,其实都可以直接应用于网络空间安全的其他领域。比如,在文献[9]的红客篇中,我们已经指出:红客所有行动的唯一目标,就是促使系统不安全熵的减少(至少是不快速增长)。但是,到底如何来评价红客的业绩呢?如

果将本文的“谣言密度”替换成“系统不安全熵”,那么,文中的许多结果,几乎都可以平移。但是,由于“不安全熵”太抽象,我们便采用了“谣言动力学”。这是第二个原因。

从行为特征来看,病毒式恶意代码与谣言的传播方式几乎没什么区别,即信谣者(受害者)又可能会接着去当传谣者(害人者)。所以,本文的结果也可看成是病毒式恶意代码的查杀效果分析,而在文献[14]中,我们已经对该类恶意代码杀伤力进行了动力学研究。这样结合本文和文献[14],有关谣言和病毒的传播和消灭机理就完整了。这是第三个原因。

总之,本文的结果,绝不仅仅限于谣言控制,而是涉及网络空间的多个核心且具体的安全问题。

非常意外的是,本文灵感竟来自于遥远的,过去国内外信息安全界从来没听说过的古老学科:药物动力学。看来,它山之石,真的可以攻玉呢。但愿本文能够把药物动力学方面的专家吸引到网络空间安全领域中来,也许他们还有更多我们不知道的法宝呢!

随着《安全通论》研究的逐渐深入,我们越来越惊奇地发现:创立《安全通论》的过程,很像是当年西部歌王,王洛宾,创作情歌的过程。只不过,王老先生是遍访各地,将散落在民间的精曲进行二次加工,整理出一首首流芳百世的佳作;而我们则是遍历理、工、农、医等领域的许多经典学科,从中挖掘出一件件宝贝,并用它们来建立统一的基础理论,以解决网络空间中的各种安全问题。

只可惜,作者才疏学浅!不过,由此我们反倒看见了希望,因为,今后各界专家共同关注《安全通论》之日,几乎便是《安全通论》成熟之时!

参考文献:

- [1] 杨义先,钮心忻. 安全通论(1)之“经络篇”[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-944217.html>, 2015-12-18.
- [2] 杨义先,钮心忻. 安全通论(2):攻防篇之“盲对抗”[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-947304.html>, 2016-01-01.
- [3] 杨义先,钮心忻. 安全通论(3):攻防篇之“非盲对抗”之“石头剪刀布游戏”[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-948089.html>, 2016-01-04.
- [4] 杨义先,钮心忻. 安全通论(4):攻防篇之“非盲对

- 抗”之“童趣游戏”[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-949155.html>, 2016-01-09.
- [5] 杨义先,钮心忻. 安全通论(5):攻防篇之“非盲对抗”收官作及“劝酒令”[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-950146.html>, 2016-01-13.
- [6] 杨义先,钮心忻. 安全通论(6):攻防篇之“多人盲对抗”[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-954445.html>, 2016-02-04.
- [7] 杨义先,钮心忻. 安全通论(7):黑客篇之“战术研究”[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-956051.html>, 2016-02-14.
- [8] 杨义先,钮心忻. 安全通论(8):黑客篇之“战略研究”[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-958609.html>, 2016-02-25.
- [9] 杨义先,钮心忻. 安全通论(9):红客篇,见杨义先的科学网实名博客[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-960372.html>, 2016-03-04.
- [10] 杨义先,钮心忻. 安全通论(10):攻防一体的输赢次数极限[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-984644.html>, 2016-06-14.
- [11] 杨义先,钮心忻. 安全通论(11):信息论、博弈论与安全通论的融合[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-989745.html>, 2016-07-11.
- [12] 杨义先,钮心忻. 安全通论(12):对话的数学理论[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-993540.html>, 2016-07-30.
- [13] 杨义先,钮心忻. 安全通论(13):沙盘演练的最佳攻防对策计算[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-1000428.html>, 2016-09-02.
- [14] 杨义先,钮心忻. 安全通论(14):病毒式恶意代码的宏观行为分析[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-1001684.html>, 2016-09-08.
- [15] 杨义先. 刷新你的安全观念[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-453322-983276.html>, 2016-06-08.
- [16] 魏树礼,张强. 生物药剂学与药物动力学[M]. 北京:中国医科大学中国协和医科大学联合出版社,1997.