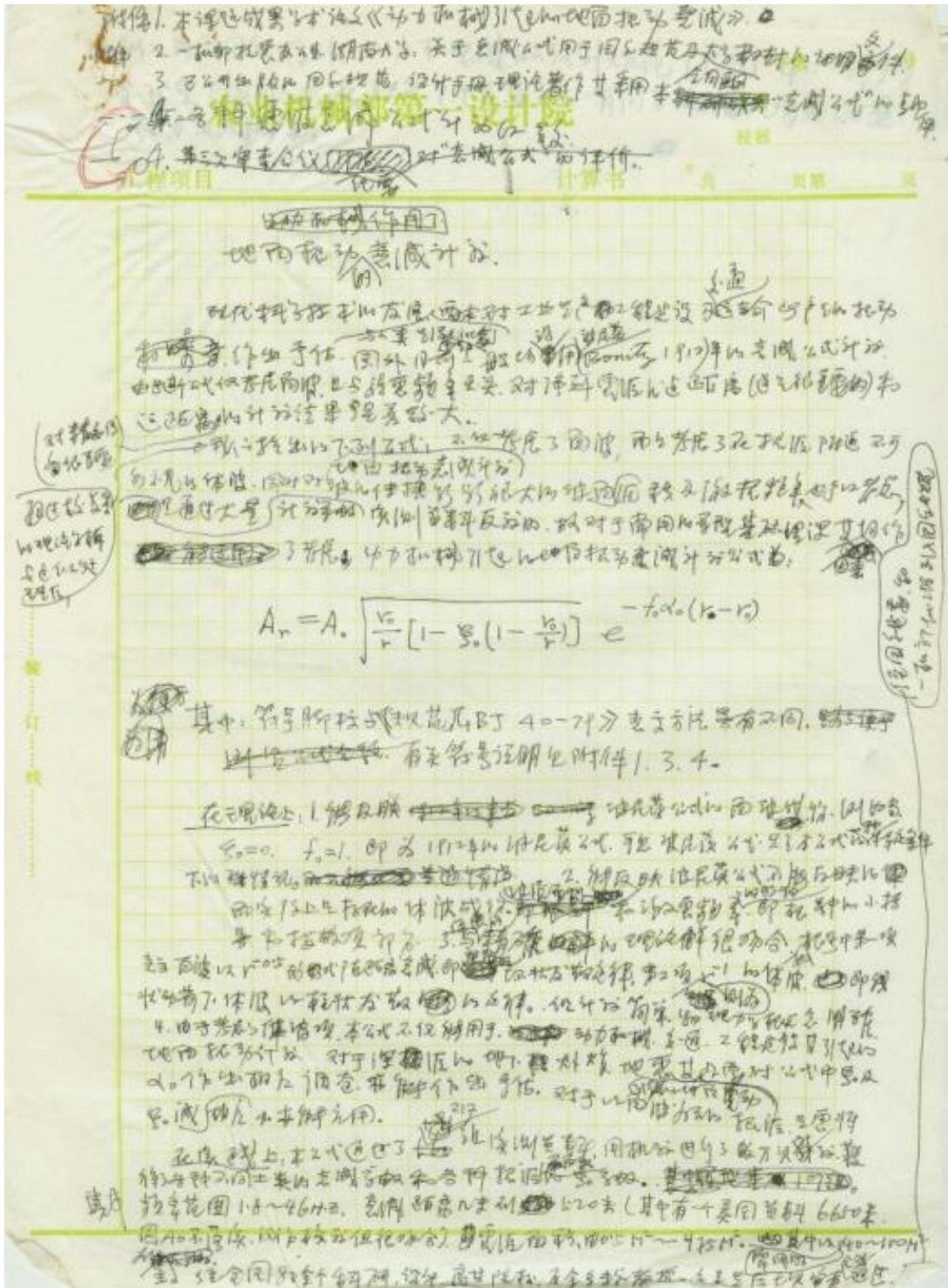


杨先健工程手稿选粹

蒋毅^{*}

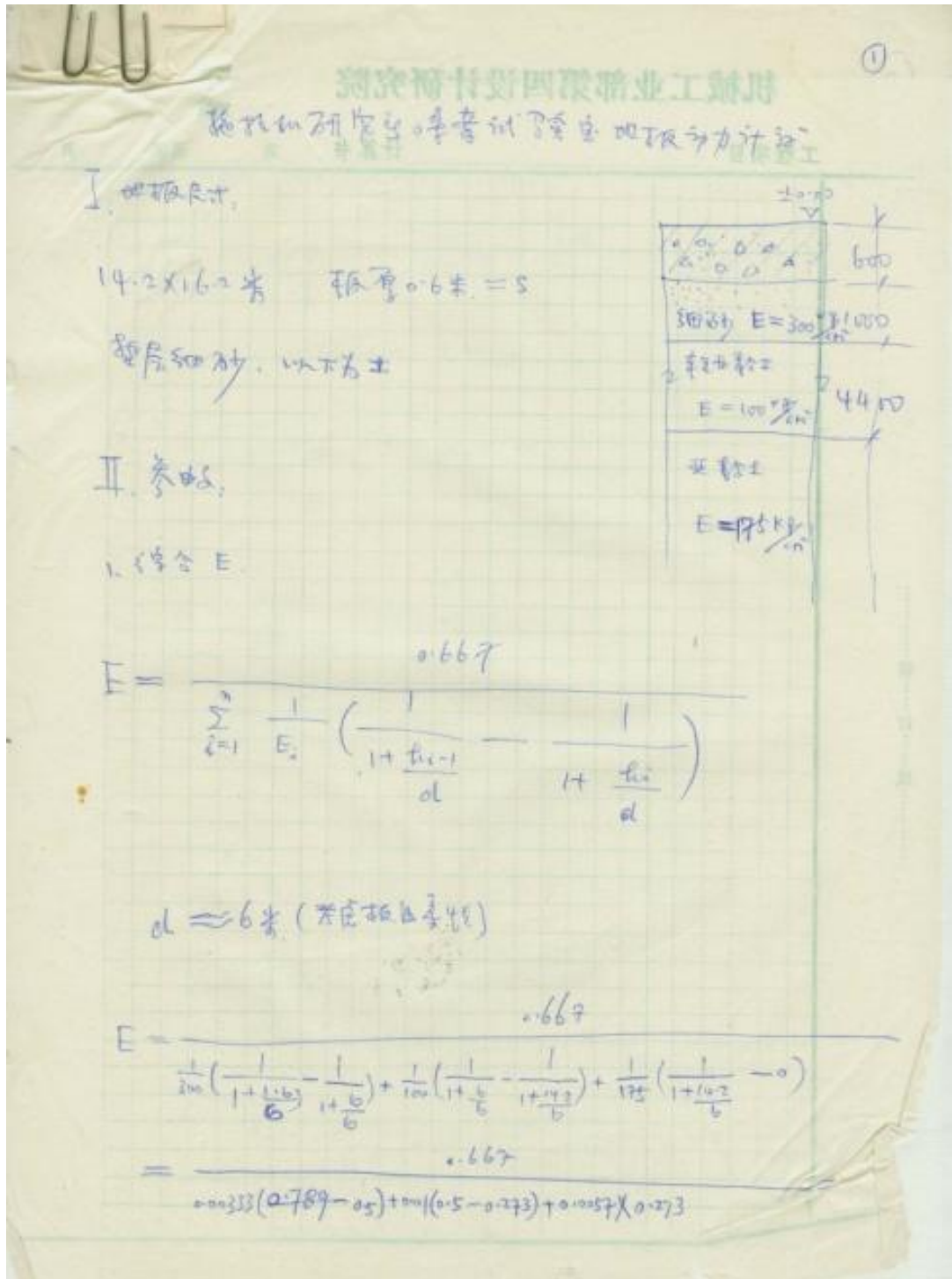
2012 年，杨先健夫人王佩薰、子女杨路、杨果、杨映向国家图书馆捐赠了杨先健工程手稿及所藏图书、期刊等资料共计 191 种 3137 册件，装为 43 箱（每箱尺寸为 53×37×29cm），重约 1 吨。这批捐赠文献数量巨大，保存完整，内容丰富，对补充本馆的名家手稿专藏，特别是科学家手稿的收藏有重大意义。其中工程手稿部分价值最高。每套工程手稿资料都经过了作者精心整理，并随附写作时参考的文章、资料。有的还附有相关往来信件，来信者有的亦为相关领域的专家。本文精选 8 种杨先健工程手稿予以介绍，并配以书影，以飨读者。

^{*} 蒋毅，国家图书馆员工。



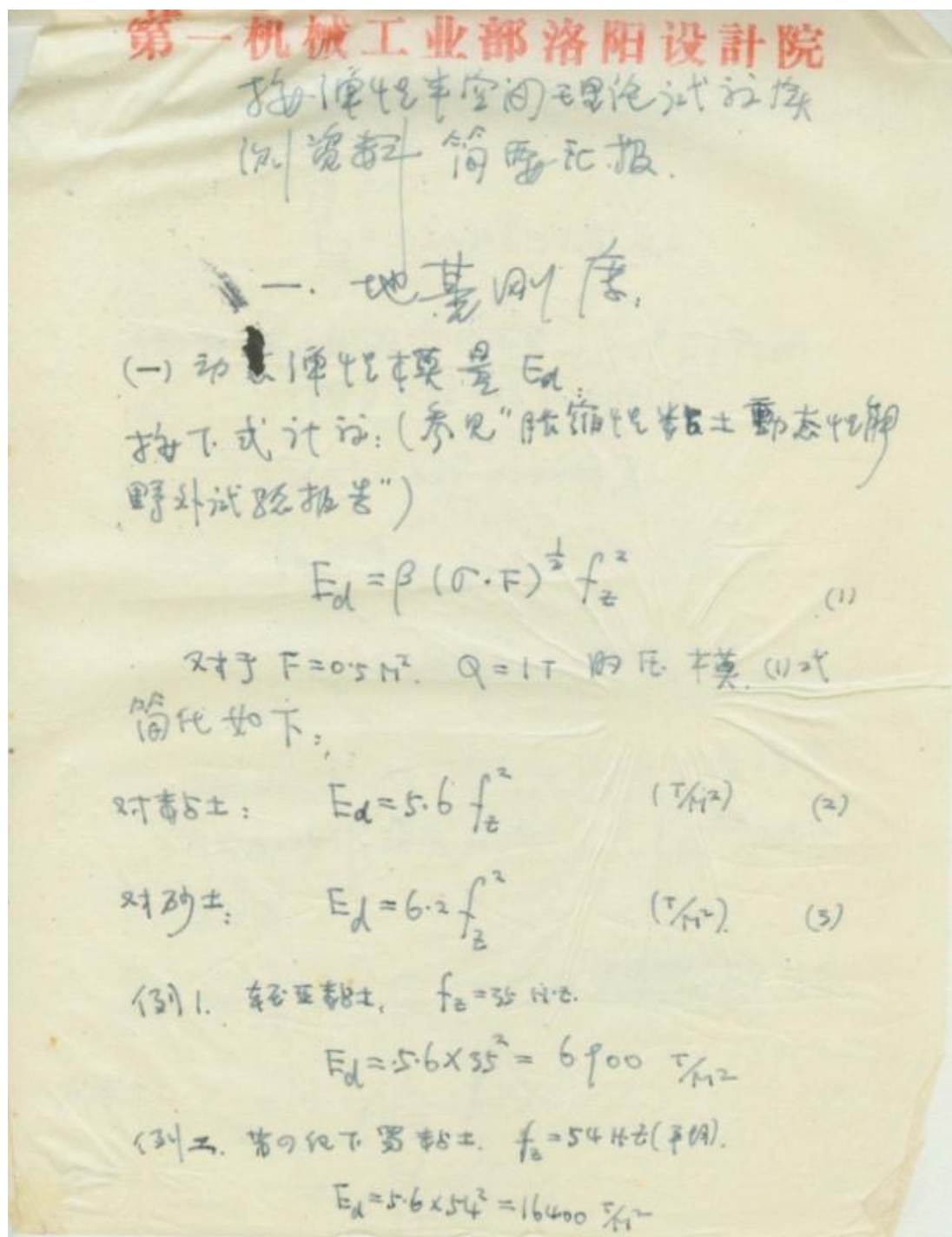
一、地面振动衰减的计算公式手稿 2页 杨先健著 手稿

此稿为杨先健对其研究出的地面震动衰减的计算公式进行介绍。该公式为杨先健经过长时间反复研究、计算得出，在世界建筑工程界被称为“杨氏公式”。对于计算地面振动的衰减，该公式不仅考虑了地面振动的回波，而且考虑了体波，并提出了便于计算的土壤衰减系数，集简单、精确于一体。该公式已列入我国国家标准《动力机器基础设计规范》(GBJ40-79)附录五中，并被《全国通用大学教材：地基基础》、《机械工程手册》、《机器基础设计原理》、《机器基础设计手册》等著作引用。



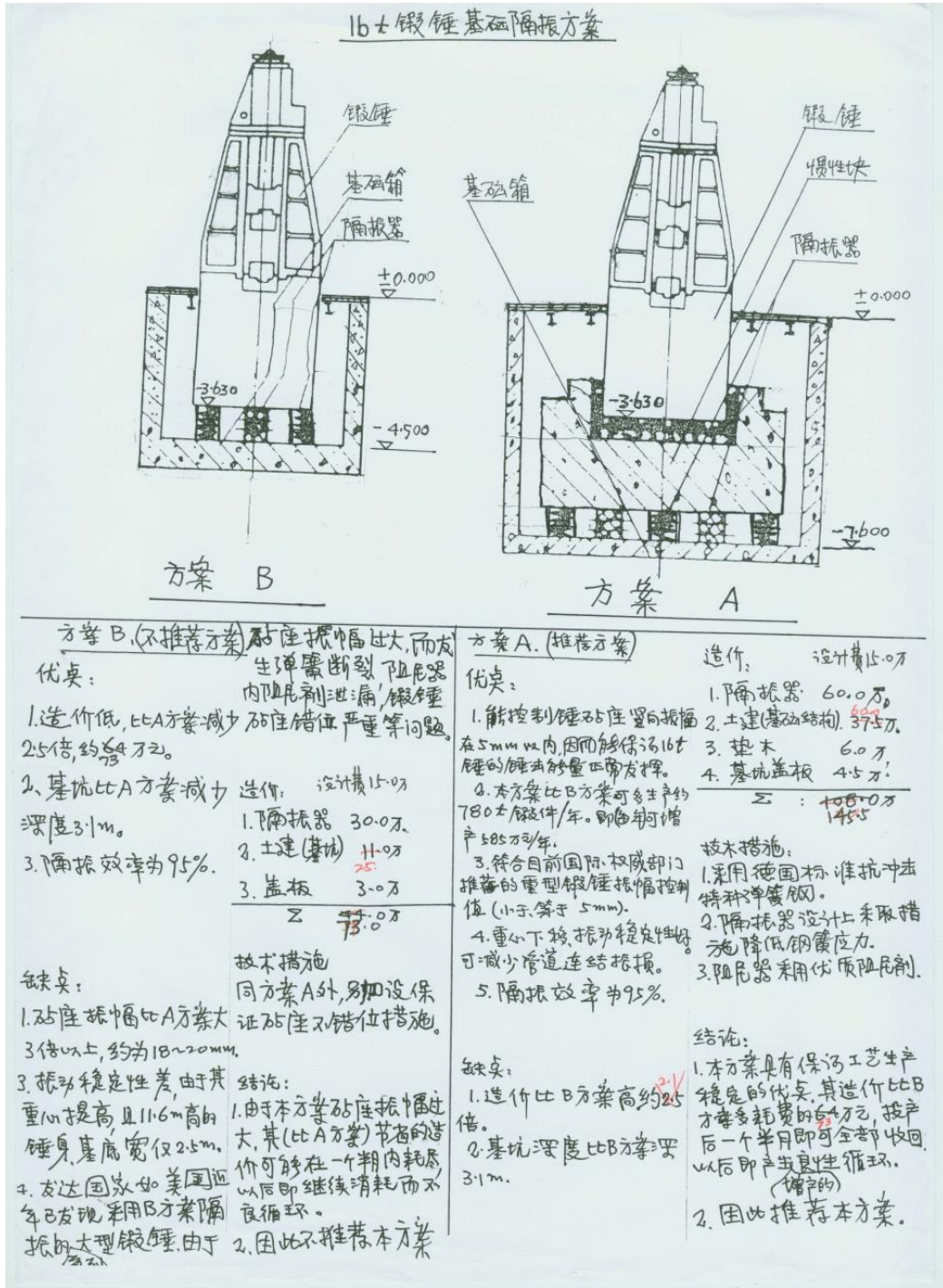
二、拖拉机研究所噪声试验室地板动力计算手稿 1册 杨先健著 手稿

此稿为杨先健为设计洛阳拖拉机研究所噪声和高、低温试验室所做的计算手稿，该试验室是国家重点工程之一，用于对拖拉机及类似产品进行噪声测试、散热性能试验、低温启动性能试验及其它低温性能试验。杨先健参与试验室的设计，并凭借该项目获得了国家工程设计金质奖。



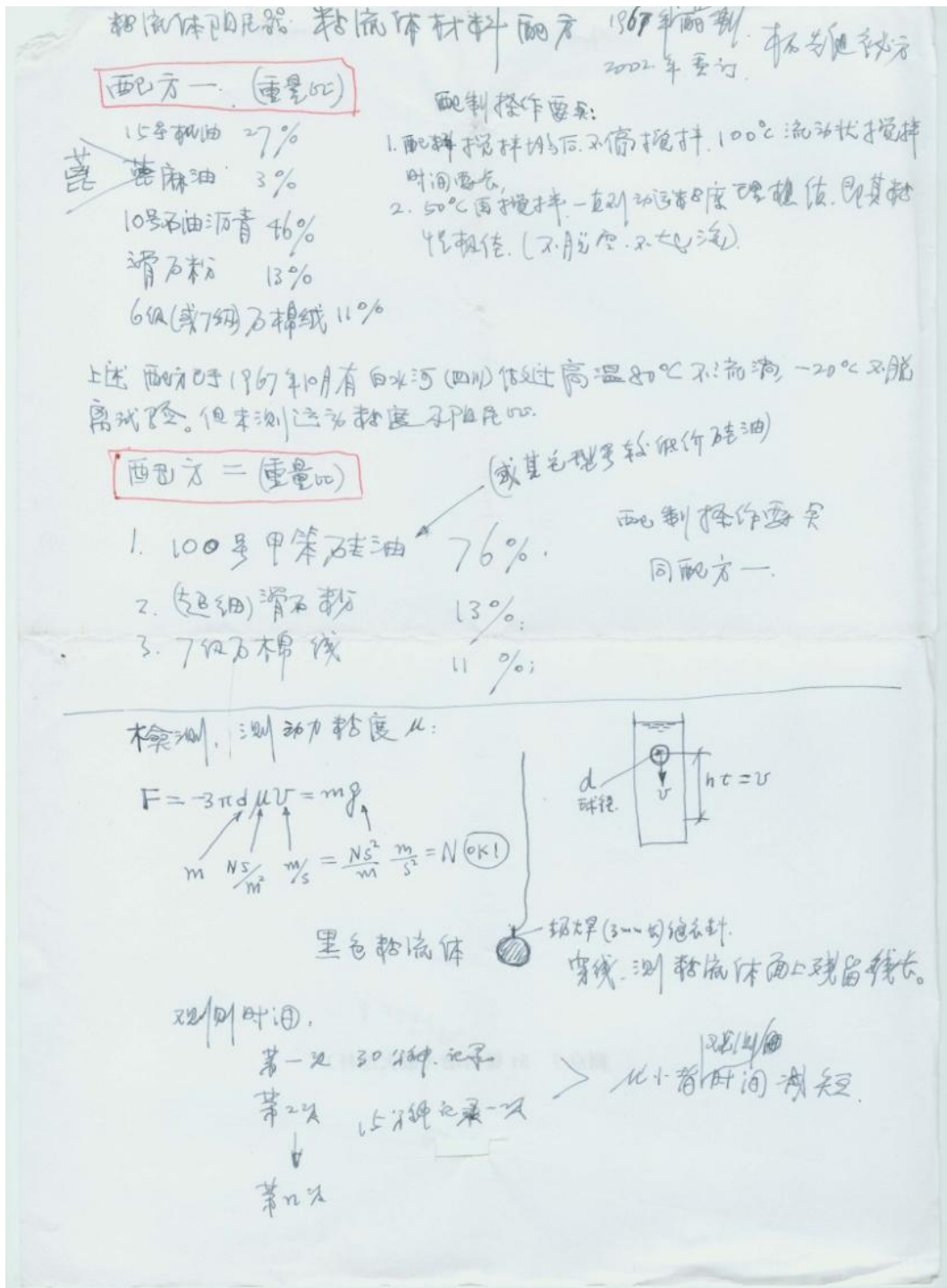
三、按弹性半空间理论试算实测资料简要汇报手稿 1册 杨先健著 手稿 约写于1975年

此稿为杨先健按照弹性半空间理论进行试算以及实测的资料汇报稿。杨先健在进行湖北锻造厂丹江口 125000kN 热模锻压力机基础设计时, 采用弹性半空间理论进行计算, 并对其中的关键问题和技术难点——弹性半空间上刚体的辐射阻尼理论进行创新, 成功地解决了当时工程计算中使用其他方法得出结果过大的问题, 节省了工程投资, 并且为该理论应用于工程实践提供了成功的借鉴经验, 杨先健也凭借此设计获得了全国第三届优秀建筑设计二等奖。



四、16T 锻锤基础隔振方案 1 页 杨先健著 手稿 复印件 上有作者亲笔修改

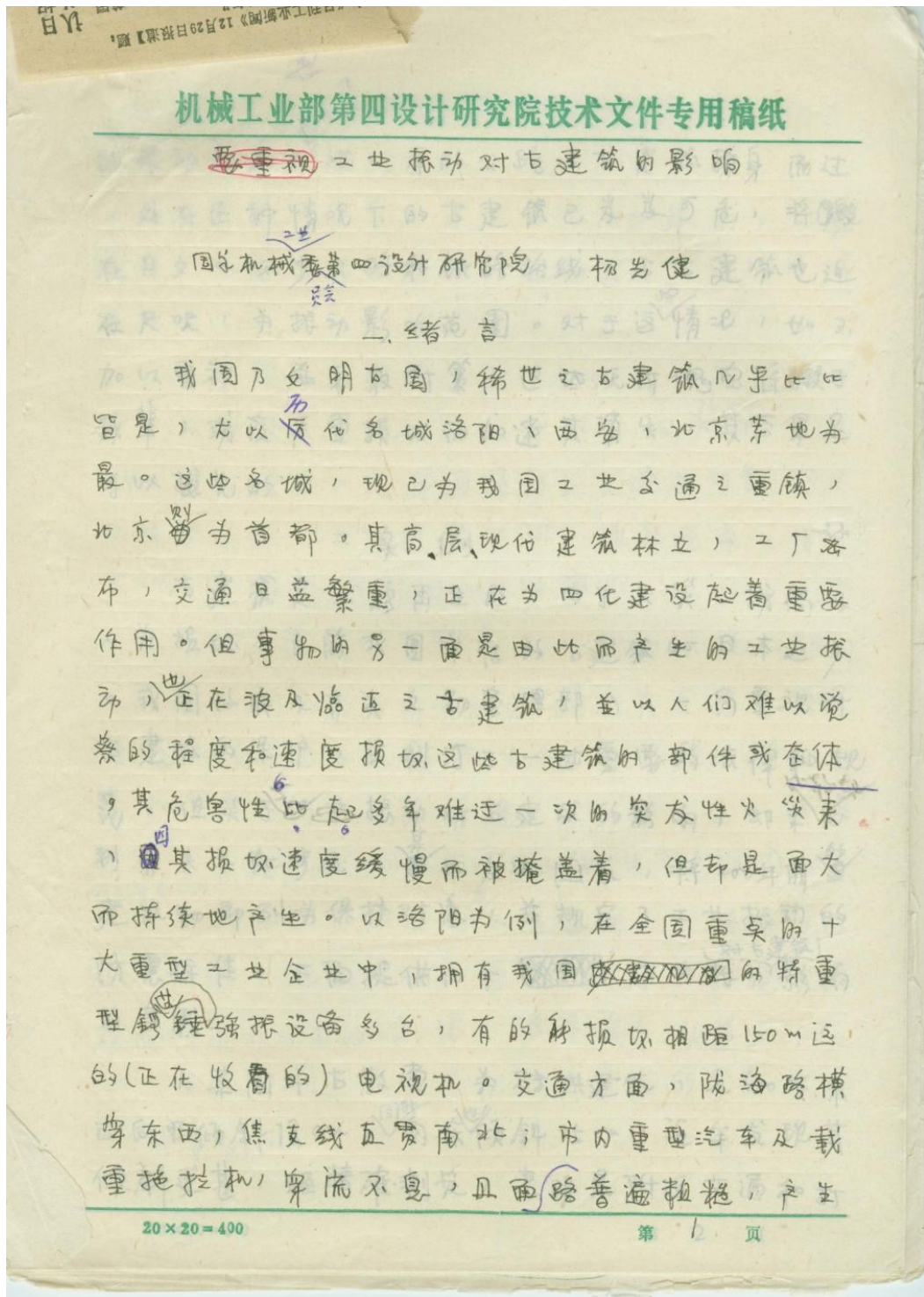
此件为杨先健对 16T 锻锤基础隔振的两种方案进行比较的手稿复印件, 上有作者修改笔迹, 通过图示以及详细的优缺点、造价、技术措施的对比, 清楚明确地分析了两种方案的优劣。与传统的锻锤砧座下直接隔振方式相比, 杨先健采用的锻锤基础块下隔振方式更能减小锻锤打击时的能量损失, 提高经济效益。



五、粘流体阻尼器粘流体材料配方 1页 杨先健著 手稿 约写于 2002 年

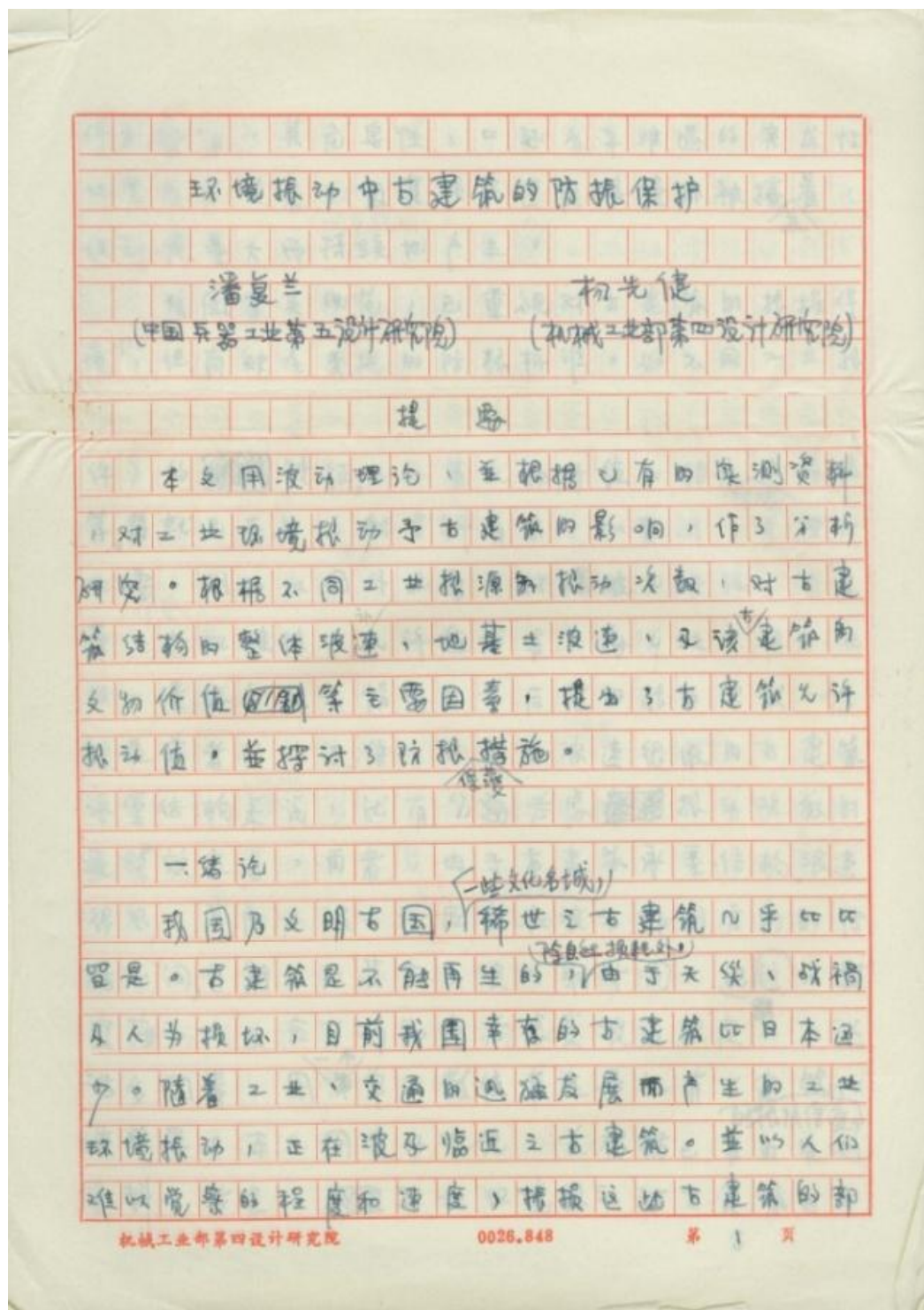
此稿为杨先健经过研究与测试，对传统粘流体阻尼器粘流体材料配方进行改进，在 1967 年配制并于 2002 年重订的两种粘流体材料秘方。

粘滞阻尼器一般由缸筒、活塞、阻尼通道、阻尼介质（粘滞流体）和导杆等部分组成。当工程结构因振动而发生变形时，安装在结构中的粘滞阻尼器的活塞与缸筒之间发生相对运动，由于活塞前后的压力差使粘滞流体从阻尼通道中通过，从而产生阻尼力，耗散外界输入结构的振动能量，达到减轻结构振动响应的目的。



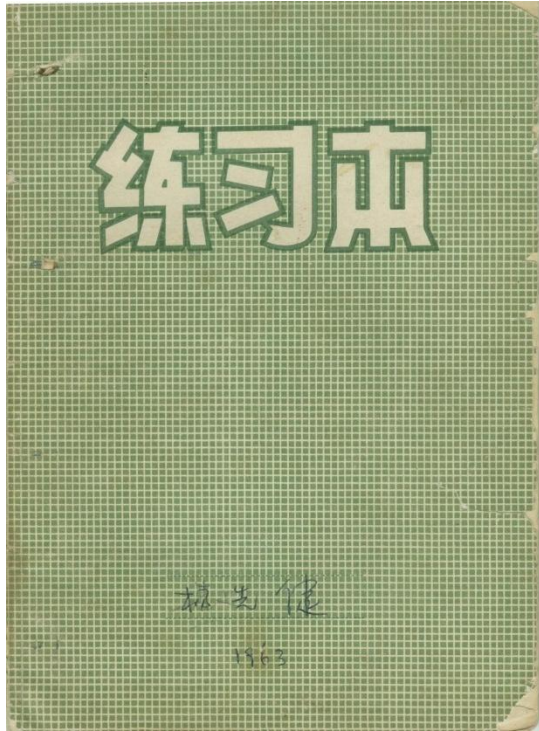
六、工业振动对古建筑的影响手稿 1册 杨先健著 手稿

此稿为杨先健所著关于工业振动对古建筑影响的论文，文中详细地分析、阐述了古建筑周围工业振动对古建筑本身可能造成的影响，为后来编写《古建筑防工业振动技术规范》打下了基础。



七、环境振动中古建筑的防振保护 1册 潘复兰、杨先健著 1994年杨先健手书

此篇论文为杨先健与潘复兰合作编写，并于1994年10月1日发表于《中国土木工程学会第七届土力学及基础工程学术会议论文集》。文中根据波动理论和已有的实测资料，就环境振动对古建筑的影响做了分析研究，并根据不同振源的振动次数，对古建筑结构的整体波速、地基土波速及该古建筑的文物价值等主要因素，提出了古建筑允许振动值，并探讨了防振保护措施。



北京图书馆内阅索书单 第一联			索书单 第二联		
1963年12月1日 时 分			63年12月1日		
姓名	杨克健	座位号	姓名	杨克健	座位号
书号	531 4137	类别	书号	531 4137	类别
著者		u2B44K + d.c.	著者		
书名		Mexikn4e6kne K07062N113 u B07N01.	书名		
多卷书写明卷数, 两联写明年月卷期					
索取原因 借出/有人装订/原架未找到/错号/本人经手人					

北京图书馆内阅索书单 第一联			索书单 第二联		
1963年11月25日 时 分			63年11月25日		
姓名	杨克健	座位号	姓名	杨克健	座位号
书号	T A355 B97	类别	书号	T A355 B97	类别
著者		Buntou Ralph	著者		
书名		Vibration and impact	书名		
多卷书写明卷数, 两联写明年月卷期					
索取原因 借出/有人装订/原架未找到/错号/本人经手人					

北京图书馆内阅索书单 第一联			索书单 第二联		
1963年11月26日 时 分			63年11月26日		
姓名	杨克健	座位号	姓名	杨克健	座位号
书号	T5145 M231	类别	书号	T5145 M231	类别
著者		Mogor A.	著者		
书名		Vibration analysis and design of foundation for mechanics and buildings 1962	书名		
多卷书写明卷数, 两联写明年月卷期					
索取原因 借出/有人装订/原架未找到/错号/本人经手人					

沿沿锥形杆的传播, (摘自 H. Kolsky, *Thesa Walla* in *publica*, 1953)

运动方程:

$$\rho r \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\sigma + \frac{\partial \sigma}{\partial r} dr)(r + dr) - \sigma r \quad (1)$$

其中, ρ — 杆体密度
 u — 杆体轴向方向的位移。

把上式展开, 在略去含有 $(dr)^2$ 的项, (1) 式变为:

$$r \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2\sigma = \rho r \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} \quad (2)$$

如果现在将之考虑为平面的, 弹性关系是 $\sigma = E \frac{\partial u}{\partial r}$, 则:

$$\rho r \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = E r \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + 2E \frac{\partial u}{\partial r} \quad \text{或} \quad \frac{\partial^2 (ur)}{\partial t^2} = c_0^2 \frac{\partial^2 (ur)}{\partial r^2} \quad (3)$$

其中, $c_0 = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$
 方程 (3) 表示平面圆波的波动方程, 其解为:

$$ur = f(r - ct) + F(r + ct) \quad (4)$$

如果考虑波为: $u_1 = \frac{1}{r} F(r + ct)$ (5)

此时, $\sigma = E \frac{\partial u}{\partial r} = \frac{E}{r} F'(r + ct) - \frac{E}{r^2} F(r + ct)$ (6)

质点加速度为: $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{c_0}{r} F''(r + ct)$ (7)

因此, 沿沿波, 在应力和质点加速度之间没有简单, 除非 r 是充分大的, 使 (6) 式中的第二项和第一项相比, 可以略去不计, 那时就有:

$$\sigma = \frac{E}{c_0} \frac{\partial u}{\partial t} = \rho c_0 \frac{\partial u}{\partial t} \quad (8)$$

这和平面波情形的方程是一样的。(箭前由杆轴向外方向)
 方程 (5) 可以表示一个脉冲沿杆轴向传播, 假若取 $t=0$, 对应于脉冲的前

沿沿波传播的时候, 而在杆轴上的过程中, 时间也是真的, 函数

$$u_1 = \frac{A}{r} \left[\exp\left(\frac{-r-ct}{\lambda}\right) - 1 \right] \quad (9)$$

表示一个简单类型的脉冲沿杆的传播, 这个式子只有对于负的 r 值成立 (这里 r 的数值大于 ct), 在脉冲的前端, $r = -ct$, 位于杆的末端, 而小于 $|ct|$ 的 r 位于无扰动的弹性区域, 这里位移为零, (9) 式中 1 — 脉冲中的传播速度, 只有当 r 的数值大得多的时候, 巨位移, 近似理论才适用, A — 脉冲的振幅。

从 (9) 式, 应力为:

$$\sigma = \frac{AE}{r} \exp\left(\frac{-r-ct}{\lambda}\right) + \frac{AE}{r^2} \left[1 - \exp\left(\frac{-r-ct}{\lambda}\right) \right] \quad (10)$$

由 (10) 式可看出, 对于 $r \gg |ct|$, 也就是离脉冲前端很远的部分, 已存在着杆应用 (10) 式, σ 正比于应力, 应力为 $\sigma = \frac{AE}{r}$, 这种应力必须存在, 不能使杆内的能量守恒, 和脉冲有关的能量是由下列给出:

$$\int_{-\infty}^{-ct} \rho r \frac{\partial u}{\partial t} dr = - \int_{-\infty}^{-ct} \rho r \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{Ac_0}{r} \exp\left(\frac{-r-ct}{\lambda}\right) \right] dr$$

积分后取极限为:

$$-A \rho c_0 \Omega (ct - 1).$$

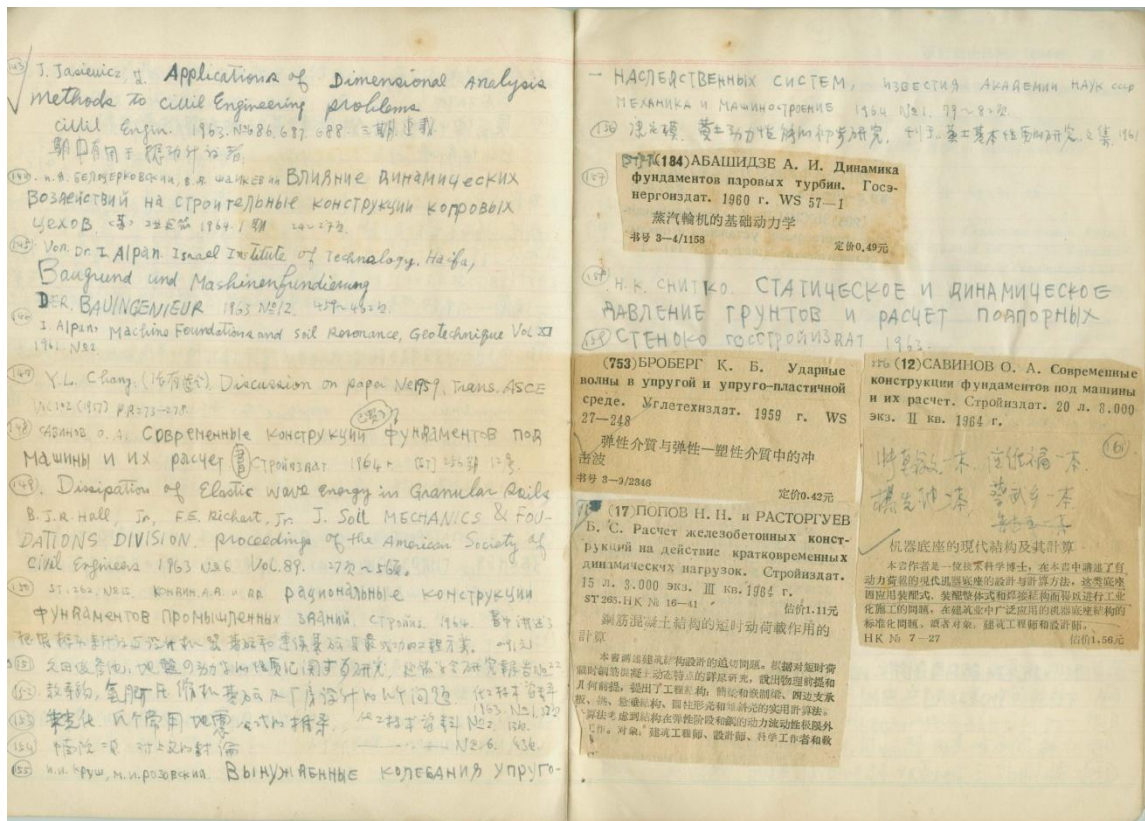
所以能量是连续地减少, 每单位时间, 减少量为 $A \rho c_0 \Omega = A E \Omega$ (这里 Ω 是质点垂直于脉冲传播方向的, 其数值为 $\frac{\partial u}{\partial t}$), 这个减少的能量是由作用在面积 Ω 上的质点拉力来平衡的。

由 (10), 可知脉冲是波 = 符号相反的两项组成的, 且在压缩波后面跟着一个拉伸波, 随着脉冲传播, 压缩波后面跟着拉伸波, 整个波的能量, 可求出压缩和拉伸且交界处的应力, 这时给出:

$$\frac{1}{r} \exp\left(\frac{-r-ct}{\lambda}\right) = \frac{1}{r} \left[1 - \exp\left(\frac{-r-ct}{\lambda}\right) \right].$$

引进代替 $-ct$ 此, 可得出一个能量的式子:

$$\left(\frac{r}{\lambda} + 1\right) \exp\left(\frac{-r-ct}{\lambda}\right) = 1. \quad (11)$$



八、杨先健使用过的笔记本 2册 杨先健著 手稿 1963年

附杨先健查阅资料索书单 17页

笔记本中内容为杨先健于1963年摘抄的多篇国内外学者的工程学论文资料，内容详尽，不仅将原文文字完整抄录，就连文中的图示及公式等也巨细无遗。杨先生刻苦钻研的精神彰显其中。

附件为杨先健在图书馆查阅资料的索书单，其中8叶为1963年11月25日、26日以及12月1日杨先生在北京图书馆借阅时所用。