

石油地球物理勘探译文集

地震仪器

2

中国工业出版社

石油地球物理勘探译文集

2

地震仪器

中国工业出版社

目 录

光敏电阻池损耗元件在半导体地震放大器

中的应用..... (美) F.W.海弗 (1)

在选择地震仪放大器的电阻、电容、自感线圈

和其他元件数值时误差理论的

几个问题..... (苏) A.И.斯鲁茨科夫斯基 (15)

仪器畸变与地震记录..... (英) N.A.安斯特 (39)

宽频带地震放大器..... (苏) A.И.斯鲁茨科夫斯基 (61)

宽频地震仪 ЛИИСС..... (苏) Л.Л.苏德解诺斯基 (83)

磁带地震记录的最佳特性..... (苏) A.H.费多连柯 (96)

利用积累讯号记录地震波的

方法..... (苏) B.C.伏尤茨基 (120)

地球物理勘探学会小组委员会关于磁带记录仪器

特性问题的报告..... (美) S.考夫曼 等 (137)

磁带记录委员会小组委员会关于定义和

测量法的报告..... (美) L.W.伊拉瑟 (146)

地震仪的改进..... (意) E.莫里尼 (155)

高灵敏度、高时标精度及无畸变接收的

模拟地震仪..... (苏) E.M.阿维尔柯 等 (164)

实验室用高灵敏度模拟

地震仪 JIC-1 (苏) B.A.奥布霍夫 (168)

地震资料自动整理仪器..... (182)

光敏电阻池损耗元件在半导体 地震放大器中的应用

(美) F.W.海弗

【摘要】 半导体放大器一般的优点为：功率损耗低，重量小，坚固性强，可靠性高以及性能良好。

自动振幅控制的损耗元件影响了放大器的性能。光敏电阻装置差不多能满足五点理想的要求。本文所述的放大器应用了四个光敏电阻池，它们是安装于同一机构里的，并由一小型的灯所照射。灯的电压由自动振幅控制线路供给。光敏电阻的耗损阻值的大小决定于灯光的亮度。

放大器采用电流回输温度补偿，电流从第五级回输到其他的四个放大级。

放大器的性能与稳定性见所附图表。

引 言

半导体野外地球物理仪器比真空管式的优越，众所周知，一般公认的有以下五个优点：

1. 功率损耗低；
2. 重量小；
3. 坚固性强；
4. 可靠性较高；
5. 线路性能好。

本文叙述光敏电阻池元件在半导体放大器里的应用，它的性能由一系列的图表表示。

理想的自动振幅控制损耗元件

典型地震放大器的基本部件如图1所示，输入讯号受自动振

幅控制线路的回输作用所控制。位于放大器各级间的损耗元件控制讯号的幅度。

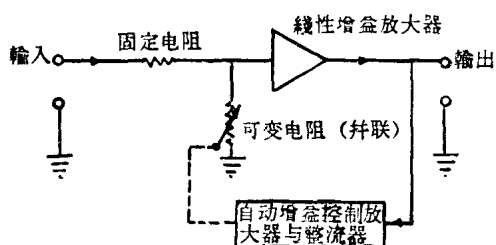


图 1 简化的典型地震放大器原理图

典型自动振幅控制线路如图 2 所示，此种二极管桥式线路曾被广泛的应用。假如电桥元件的性能是完善的和理想的，它的缺点就较小，但实际上，元件的性能不

可能是理想的。再则，在野外的工作条件下，桥式线路的性能和理想要求的差别更大。

根据过去的经验，不同类型的自动振幅控制线路产生不同的效果，总的来说，应用于地震放大器里的损耗元件应具有如下的理想特性。

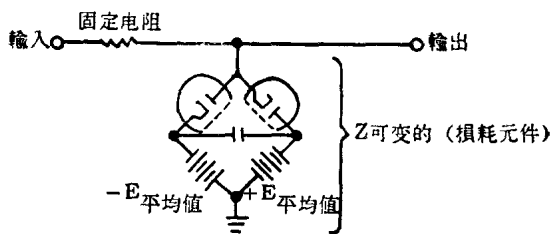


图 2 典型二极管桥式自动振幅控制线路

理想损耗元件的特性

理想损耗元件性能：

1. 纯电阻；
2. 控制电压在讯号回路里无反应；
3. 大的控制范围；
4. 短的时间常数；
5. 元件噪音低；
6. 对地震讯号不引起畸变；
7. 不受温度的影响，长期稳定。

光敏电阻元件如二硫化镉或二硒化镉几乎有上述的特性。用二硫化镉的自动振幅控制线路比普通线路好。

纯电阻

光敏电阻池的阻值受照射光线的亮度的影响。它是一可变电阻，满足了理想自动振幅控制元件的第一个要求。在工作范围内，阻值与亮度成线性关系。但是自动振幅控制迴路内部的反应是非线性的，因为灯电压和灯光之间存在着非线性的指数关系，此种关系如图3所示。

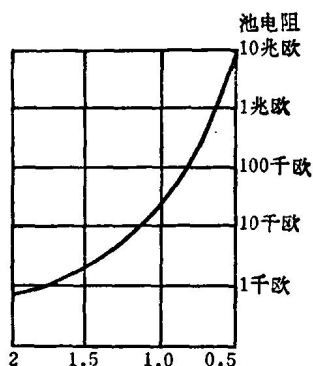


图3 光敏电阻池的电阻值与灯电压的关系

无相互反应

在地震放大器里的，由四个单元组成的一组光敏电阻如图4所示。在光敏电阻的邻近，有光源和其他的自动振幅控制元件。从图中可以看到，控制元件与放大器信号迴路之间没有连续线，从而消除了信号迴路里的相互反应。信号耦合量借助于灯光而实

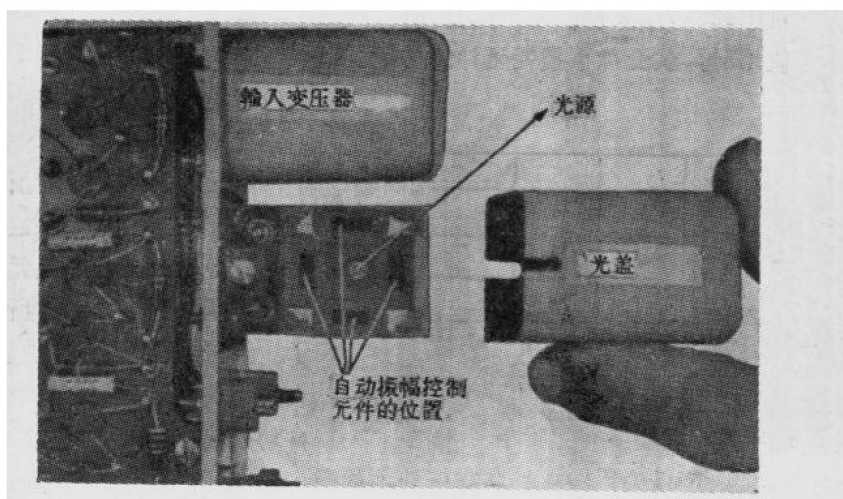


图4 自动振幅控制元件位置

現的，因而滿足了第二個要求；在訊號迴路里，自動振幅控制元件不引起相互反應。

大的控制範圍與短的時間常數

第三個要求為大的控制範圍，要求在現實可能的亮度變化範圍內，有大的電阻變化。應用上述元件時，電阻變化範圍為 1,000:1，相當於 1 千歐至大於 1 兆歐的電阻值。控制元件的時間常數實際上有一定的限度。第四個要求為控制元件的電阻變化時間要小於最短的自動振幅控制時間常數。雖然有此局限性，在實際的控制範圍內，電阻的變化範圍可達 80:1。每個損耗元件的控制範圍為 38 分貝。同一迴路里可以使用數個損耗元件，最大的自動振幅控制範圍可達 120 至 140 分貝。

低噪音

和第五個要求有關的試驗證明，損耗元件的噪音水平比質量良好的地震放大器的噪音水平低，這就有可能將損耗元件置於第一放大級之前。下面將進一步討論這問題。

無畸變

眾所周知，通過二極管電橋的訊號是有畸變的，光敏電阻則可引起訊號的畸變。後者的耐壓值高達 100 伏（直流或交流）。使用時，僅受每個損耗元件的功率所限制，最大功率約為 $\frac{1}{4}$ 至 1 瓦，滿足了第六個要求。

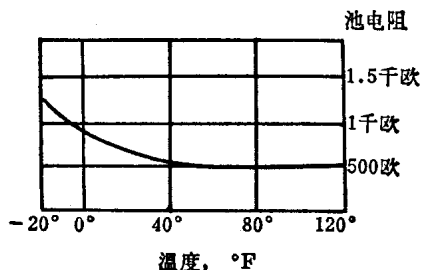


圖 5

穩定性

置放在真空瓶內的損耗元件能保持長期的穩定性。低溫條件下，損耗元件的阻值變化如圖 5 所示。阻值的變化影響了放大器的靈敏度，但不影響自動振幅控制特性曲線的

陡度，可以採用特殊線路降低此種效應。在實際應用里，每個損耗元件和其電阻特性任何點上的誤差不大於 $\pm 25\%$ 。

损耗元件的位置

真空管放大器的输入阻抗是很高的，具有变阻特性的自动振幅控制损耗元件应和输入阻抗并联如图 6 所示。当输入讯号很小时，损耗元件的阻抗值很高，损耗也最小。真空管的高输入阻抗使讯号噪音比在低讯号电平达到最大值。半导体放大级采用电流放大，其输入阻抗很

低。最佳讯号噪音比对半导体的输入阻抗有一定的要求，最佳输入阻抗值为 2,000 欧姆。在半导体线路里，设计能满足低噪音要求的并联元件是一个困难的问题。并联元件须具有现

实可行的最低与最高电阻比、最低的固定损耗和最佳输入阻抗。合理的解决途径为采用串联的损耗元件。光敏电阻线路是浮空与不接地的，它成为这种线路的理想元件。作为

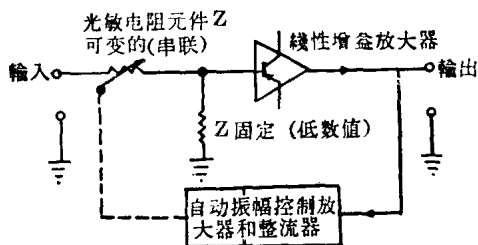


图 7 具有串联自动振幅控制损耗元件半导体放大器

放大器的的工作频率与阻抗范围内，基本上可以认为现代半导体比真空管的性能好。显然，半导体没有电源干扰与微振噪音的缺点。在整个半导体里，它的噪音系数比真空管更稳定。低阻抗保证了半导体线路不易受到各种干扰源的影响。多道的真空管地震放大器要避免各种干扰源的影响是相当困难的。低噪音半导体

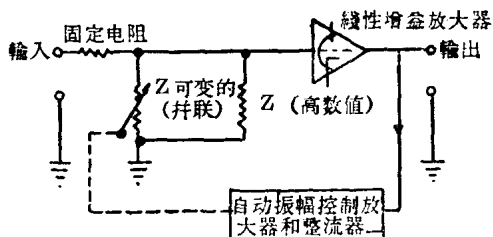


图 6 和高输入阻抗并联的可变自动振幅控制元件的典型真空管放大器

串电阻的自动振幅控制元件如图 7 所示。

半导体与真空管的噪音比较

仅在实际应用范围内，讨论地震放大器的线路噪音问题。在地震

放大級要求有一定数值的輸入阻抗、集电极电流与电压。标准半导体放大器的綫路噪音的示波器記錄如图 8，噪音系数包括第一个損耗元件的約为 6 分貝的插入損耗。輸入变压器不是升压式

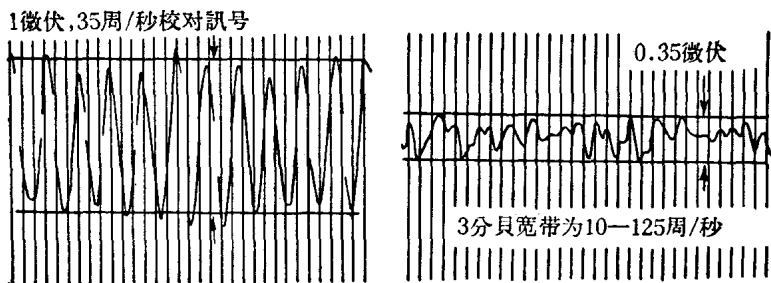


图 8 半导体放大器噪音記錄

的，第一級的阻抗值約为 2,500 欧姆，集电极电流为 0.3 毫安，集电极电压为 2 伏。每 0.3 秒測出的噪音峰对峰值为 0.335 微伏。校正訊号的幅度为 1 微伏（平均值），其频率为 35 周/秒，在記錄上的幅度是以峰对峰值表示的。3 分貝頻带范围为由 10 周/秒至 125 周/秒，用于折射法的半导体低频电气噪音如图 9 的第二部份，其 3 分貝頻带为 1 周/秒至 20 周/秒，源阻抗为 6,000 欧姆。

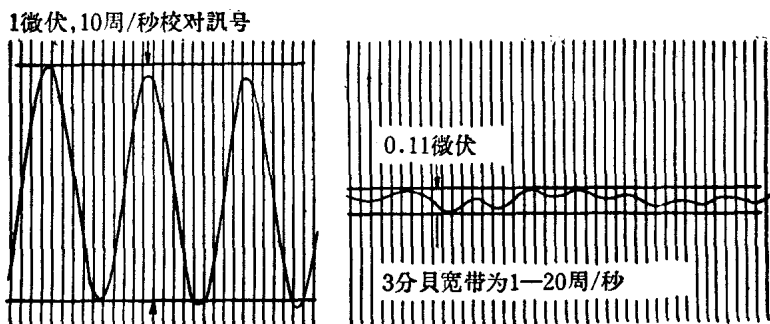


图 9 半导体放大器的低频噪音性能与数据

訊号的一个周期內可以起控制作用，提高了訊号幅度并引起了畸变。应用光敏电阻元件的自动振幅控制线路比二极管桥式线路的控制性能好，且畸变较低。后者在一个周期内的控制作用引起直流电位的不平衡，对更高频率的訊号就失去了控制作用。新式的



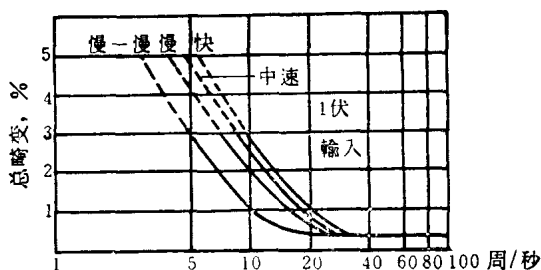
图 11 包括低频效应的地震放大器的自动振幅控制

放大器当处于“慢—慢”位置时，频率的控制范围达5周/秒，其畸变约为3%，幅度比中频提高了约15%。有自动振幅控制时，在这个位置的放大器当作低频折射记录，记录二次或较深层的折射波。

评价一个地震放大器时，应考虑自动振幅控制的动作与回复时间，和畸变与输入讯号频率的反比关系。四个不同时间常数的总谐波畸变值如图12所示。如果允许3%的畸变，处于“快”与“慢—慢”的位置之间，则从10至5周/秒的讯号均在自动振幅控制之下。在20分贝突变范围内和1伏以下的输入讯号，迴路是完全受到控制的。

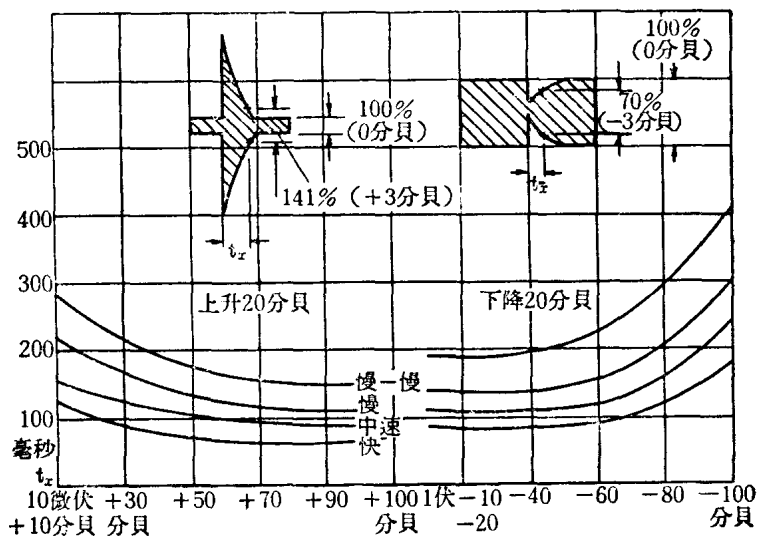
动作与回复时间常数

讯号提高或降低20分贝时的动作与回复时间如图13。 T_r 毫



自动振幅控制畸变与频率的关系

图 12 低频自动振幅控制畸变



自动振幅控制时间常数和增益的关系

图 13 不同输入讯号电压的自动振幅控制时间常数

秒(回复或释放时间)为讯号回复到约为最后讯号幅度的3分贝时的时间。图中的时间常数对第一次抵达波的前沿起着良好的与快速的控制作用。野外试验时,使动作与回复时间相等,这对控制整个记录输入能量是有利的。频率、相位和滤波等一般特性与电子管系统差别不大,本文就不加赘述。

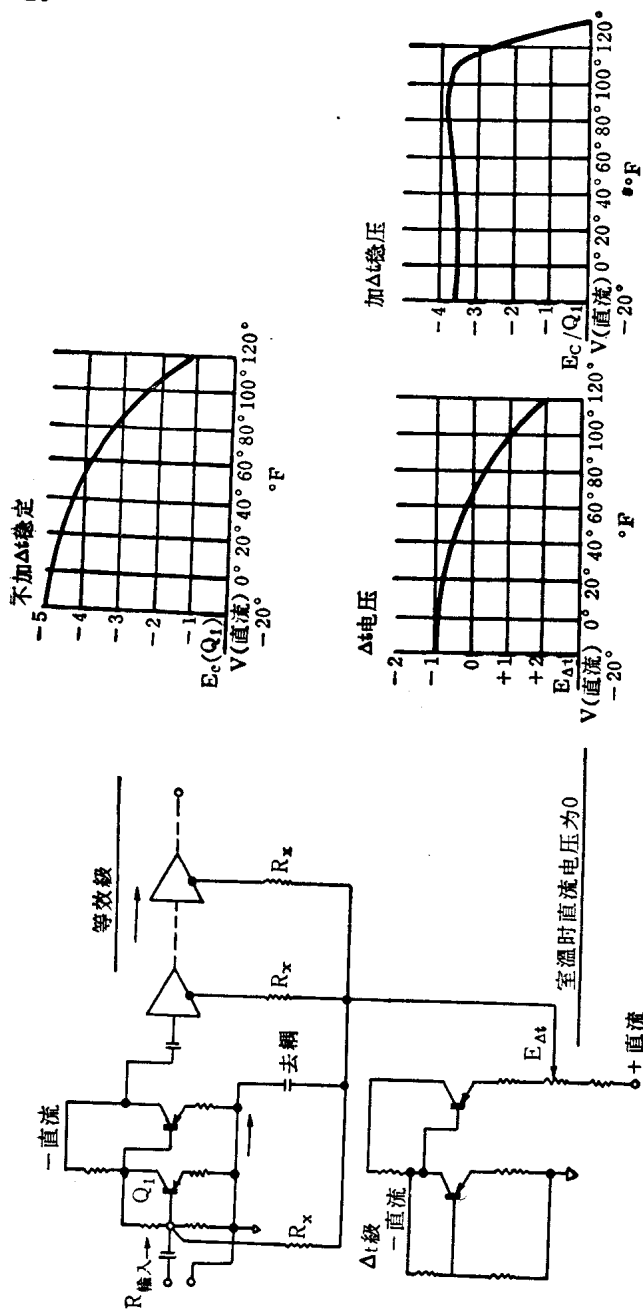


图 14 温度稳定方法

恒温 (图14)

一般采用发射极电阻回輸法稳定环境温度，或采用集电极与基极回輸法和热敏电阻稳定法。这些方法对具有非常低的频率响应特性、高增益和固定输入阻抗的地震放大器是有缺点的。应用最佳的輸阻抗值、增益和訊号噪音比，可以使放大器的质量达到最高的水平。使用适当的直流与交流回輸量，訊号噪音比可以达到最大值。这样的放大器在溫度上一般是不稳定的，溫度变化时， I_{co} 值变化很大，因而采用一放大級控制或更多放大級的方法。控制与被控制級的溫度特性是相同的。控制級的基极电位随溫度的变化而变化，电位的变化通过适宜的衰減、去耦合在室温条件下的直流抵消作用輸至被控制級的基极去。控制效果和 I_{co} 及 h_{fe} 参数的相同程度有关：在初始偏压的基础上，加以足够的控制电压时，这种方法的溫度控制范围由 $-20^{\circ} \sim +120^{\circ}\text{C}$ 。控制电阻的数值計算如下：

$$R_x = \frac{h_{fe} \times R_{in}}{2} - R_{in}$$

式中 R_x —— Δt 校正电压电阻；

h_{fe} ——正向直流电流輸/传比（其发射极綫路）；

R_{in} ——輸入电阻。

放大器方框图

一道完整的半导体地震放大器方框图如图15。位于輸入变压器之前为检波器检查与电 纜平衡綫路，輸入变压器的变压比为 1:2。低通滤波器接于輸入变压器的次級綫圈上，两者均在自动振幅控制迴路之外，一个电磁門門式继电器控制低通滤波器的“接”与“断”开关。继电器是用短脉冲控制的，不需維持电流。滤波器是K型的，倍頻陡度为 18 和 36 分貝，端阻抗的数值是固定不变的，电感与电容是可变的，截止頻率从 16 至 135 周/秒，以对数間隔分布于 10 个位置上。第一个損耗元件位于第一放大級之前，保証了此級的最佳动态特性。在整个 120 分貝的輸

入訊号范围内, 随后的三个放大级与串联损耗元件使讯号幅度达到最佳的平衡值。每一放大级的增益约为 32 分贝。每个损耗元件的衰减值为 36 分贝。在最大增益时, 每个损耗元件的固定插入损失为 6 分贝。高通滤波器的倍频陡度为 18 或 36 分贝, 陡度是可以挑选的, 端阻抗的数值也是固定的, 电感与电容也是可变的, 共有 10 个滤波挡, 包括由 23 至 235 周/秒的频率范围, 滤波挡是由門門式继电器遙控的、放大器輸出与检流計采用 RC 耦合, 不用輸出变压器。未削波前的自动振幅控制訊号由自动振幅控制放大器放大, 削波后的訊号使释放与动作時間相等。交流訊号由一全波整流器轉換成直流, 直流訊号經一选定的時間常数綫路輸至直流功率放大器, 它的輸出电压驅动自动振幅控制元件的光源。

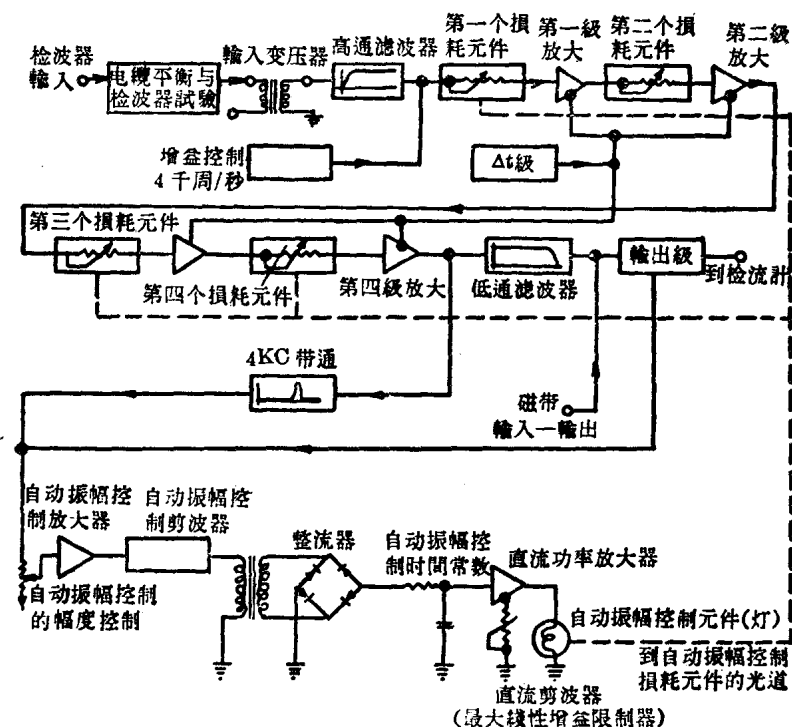


图 15 单道半导体地震放大器方框图

增益控制

接于放大器输入端的 4 千周/秒控制讯号控制放大器的增益，增益控制原理如图 16 所示。控制讯号由高通滤波器旁路，与通频带里的讯号一样和自动振幅控制线路的直流控制电压起反应。控制电压和放大器增益成线性关系。在整个 120 分贝的控制范围内，自动振幅控制曲线的非线性为 6 分贝。系统里所有放大器的增益由一个讯号所控制。初始与最后的增益控制讯号是彼此无关的，初始增益控制讯号降低每一道初至波的幅度。

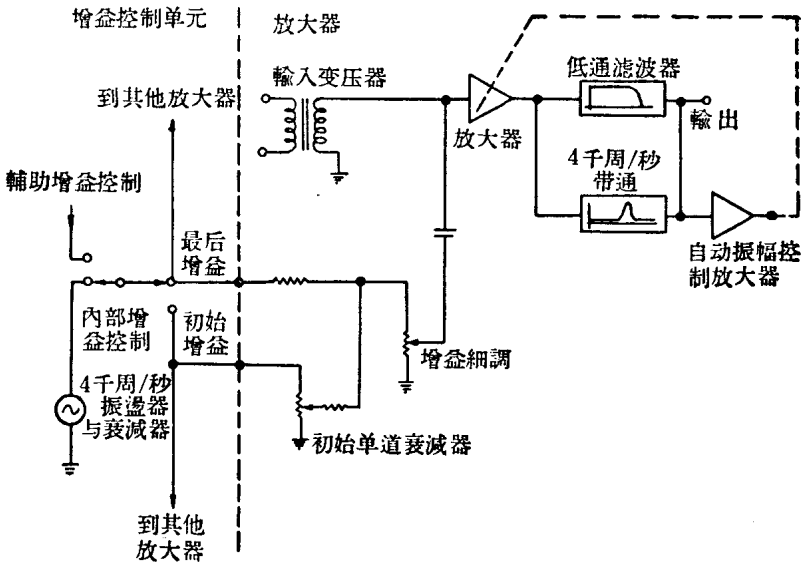


图 16 半导体放大器增益控制线路

亦可用 4 千周/秒的控制讯号实现程序增益控制。除了具有极短时间常数的自动振幅控制以外，4 千周/秒的讯号幅度按一定的变化程序控制放大器的增益。程序增益控制法有利于地震波能量的研究。

結 論

光敏电阻損耗元件可以配合任何半导体綫路，形成一性能优良的地震放大器。

(邝維彥譯自 “Geophysics” vol. XXVI, No.5, 1961,
8月号, p.550—559)