

一种新型、紧凑、高效电子直线加速器 加速管的设计研究

王发芽¹⁾

(中国科学技术大学国家同步辐射实验室 合肥 230026)

摘要 对一个新型、紧凑、高效的电子直线加速器的加速管的设计,进行了等阻抗与等梯度两种结构的比较研究.对于使用一个5MW速调管的能量和相位经过选择的用毕束流注入到两种加速管的情况应用Pamela程序进行了模拟计算.说明宜于加工和调试的等阻抗加速管更为适宜.最后,简单地讨论了如用更高功率(如30MW,相应加速能量约为30MeV)的速调管用毕束流作为这种新型加速器的注入束时,等阻抗加速结构除了在设计、加工、调试中的简单易行外,同时模拟结果表明整个加速管无需外加横向聚焦磁场.

关键词 电子束团 Pamela程序 速调管 等梯度 等阻抗

1 引言

在一种新型、紧凑、高效电子直线加速器(下用新型Linac)的研究^[1,2]中,提出了使用大功率速调管经正反馈工作在稳定的自激状态,除了做微波功率源之外,还兼做窄相位宽度的电子束团源,即可作为电子Linac的注入器,并进行了模拟计算和试验测量,结果表明提供的束团的能量、流强、发射度等性能指标适合加速之用.但按照所提出的方案研制的加速器的总体性能仍有待建成这种新型Linac的原型后才能最后确定.因此,需要为新型Linac设计加速管进行加速试验.

众所周知,在电子Linac发展的历史上,早期都是采用均匀结构的等阻抗型加速管.在这种结构中加速梯度随距离呈指数衰减.后来发明了结构不均匀的等梯度型加速管,在一定电子流强下调节加速结构的尺寸,可以保证加速梯度恒定不变.这种加速结构具有功耗均匀,适于高加速梯度等优点^[3],是盘荷波导加速结构的一个重要发展,在此后的电子Linac中被广泛地采用.

不论使用上述哪种结构,为了获得较窄的能谱,

注入电子多需要预先群聚,使用单独的预聚束器,或在加速管的前部加入一些变速腔等多种方式^[3],把由电子枪注入的连续电子束群聚或切割成占据很窄相位的束团,将此束团注入到最有利于加速电场的峰位附近,使束团得到有效的加速且有较好的能谱.

本文研究新型Linac的一个特点,就是注入电子是由5MW速调管产生,并经过了能量和相位的选择,它们已经占据了较少的相位,且能量较一般电子Linac中使用电子枪产生的束流能量为高^[1],而且流强易于大幅度调节,这也就提出了优化设计加速管的新课题.文中对分别使用前端带有变速腔的等梯度和全部采用均匀结构的等阻抗两种加速方式进行了模拟计算.在对加速后输出束团性能的比较后,确定了在该研究中,等阻抗结构具有更大的优势.另一方面,文中也分析了使用适用于更高能量的新型Linac的30MW等更高功率速调管用毕束流的模拟结果,证明工作在更高能量的新型Linac使用等阻抗结构其优势更为明显.

本文是对新型Linac加速管的设计比较研究,其目的是一方面得到适用于新型Linac的加速管设计;另一方面也为10MeV或更高能量级的电子Linac

2004-03-19 收稿

1)E-mail: faya_w@ustc.edu

加速管的设计提供相关的参考。

图 1 是新型 Linac 的简图^[2],这也是将要进行试验的装置原理图.图中的加速管将要采用何种加速结构即为本文讨论的一个重点.

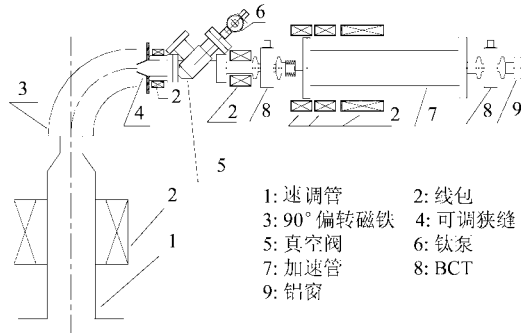


图 1 新型 Linac 的束流输运及加速管的布局

2 两种类型加速管性能的比较及预研制的新型 Linac 的注入条件与设计要求

电子 Linac 常用的两种加速结构为等梯度和等阻抗.在等梯度结构中,各处单位长度上的功耗相等,可建立较大的加速场强是它的一个主要优点.而在等阻抗结构中,加速管输入端单位长度的功耗是输出端的数倍甚至十几倍(在极大能量增益时),这就给加速管击穿和恒温带来困难.在等阻抗加速管中,加速管入口场强 E_0 最大.在特征阻抗 R_M ,输入功率 P_0 ,长度 L 和衰减常数 τ 相同时,等梯度和等阻抗加速管中最大场强之比为^[3]

$$\frac{E}{E_0} = \left[\frac{P_0 R_M (1 - e^{-2\tau}) / L}{2\alpha P_0 R_M} \right]^{1/2} = \left[\frac{(1 - e^{-2\tau})}{2\tau} \right]^{1/2} \leq 1, \quad (1)$$

即等阻抗中的极大场强比等梯度结构中高,上式中 α 为等阻抗结构的电压衰减系数.从使用高功率时防止加速管中发生击穿方面考虑,等梯度加速管更为有利.另外,在等阻抗加速管中场强 E 随着 L 呈指数递减的,而等梯度结构 E 随着 L 是不变的,因此随着加速管长度 L 的增加,等梯度结构可使电子束获得更高的能量增益,而等阻抗结构则随 L 增加而能量增益变小,此外等梯度还有其他的优点^[3],因此一般被广泛地采用.但我们着重讨论 10MeV 能级的新型 Linac,这样它所需要的高功率较低,不需要很高的加速梯度,同时所需的加速段较短,注入能

量较高,因此上面所提及的等梯度结构的几个优点在这种类型的加速器上并不明显.

设计要求新型 Linac 可工作在两种模式,一种是高流强低能量模式,用于工业辐照等;另一种是低流强高能量模式,用于教学用的少量放射性同位素的生产或做为 X 射线源使用.同时采用 $2\pi/3$ 模式这样可以保证较大的束流崩溃阈值^[3],工作频率选为 2856MHz.众所周知,加速管的功率平衡方程为^[4]

$$U = \sqrt{2P_0 R_M L \cos\phi} \left(\frac{1 - e^{-\tau}}{\sqrt{\tau}} \right) - I \cdot R_M \cdot L \left(1 - \frac{1 - e^{-\tau}}{\tau} \right), \quad (2)$$

式中 U (MeV) 为电子束团的能量增量, I (A) 为脉冲流强, P_0 (MW) 是输入到加速管的高频功率, L (m) 为加速管的长度, τ (Nb) 为整管的结构衰减常数, R_M (M Ω /m) 为加速管的特征阻抗, ϕ (rad) 为束流注入时相对加速电场峰值相位的相位值.

设计时拟采用加速管长 $L = 1.3$ m,在输入功率 $P_0 = 5$ MW 时,当新型 Linac 工作于辐照模式时,脉冲流强在 300mA 左右,能量在多数光核反应阈值 10MeV 以下;当工作于其他应用领域时,流强可较弱,该新型 Linac 的零负载能量可达 14MeV,以保证较为广泛的使用范围.从 SLAC 3m 长加速管各腔的特征阻抗值^[3]可知,特征阻抗 R_M 随波导参数变化不大,可认为不变,设计中取 $R_M = 58$ M Ω /m.

根据上述新型 Linac 性能要求,分别设计了等梯度和等阻抗两种加速管.然后将对通过偏转磁铁从 KS4064 5MW 速调管用毕束流中提取的部分束流^[1,2],分别注入等梯度加速管和等阻抗加速管中的加速情况进行了模拟计算,并对模拟结果做了比较.

3 两种加速管的设计考虑^[3]

3.1 等梯度加速管的设计

在新型 Linac 上加速管的设计初期,就对分别含有变速腔和不含有变速腔的等梯度结构做过初步的对比研究,结果发现采用含有变速腔的等梯度结构其输出束的性能较不含有变速腔的结构要好.所以最终确定新型 Linac 上的加速结构若采用等梯度结构,则应含有变速腔.以下就重点讨论含有变速腔的等梯度结构在新型 Linac 上的加速情况.

在该结构中拟采用 7 个变速腔和 29 个等相速

腔,其中等相速腔选用 SLAC 型等梯度加速管的最后 29 腔.当然也可以采用更多的变速腔以获得更好的群聚效果,但这样无疑增加了设计、加工、调试的难度;同时加速效率降低且注入条件受限.因此在权衡各方面的考虑后决定采用 7 个变速腔做预聚束.最后共采用 38 个腔体,输入、输出耦合腔互不相同.

根据已知的 1[#] 腔的栏片孔径和 7 个变速腔的后续 29 个 SLAC 腔的栏片孔径,应用样条插值得到最平滑过渡的 7 个变速腔的栏片孔径值.据变速段腔的 $\frac{a}{\lambda}$ 以及各腔中心处的相速 β_p ,对变分法的结

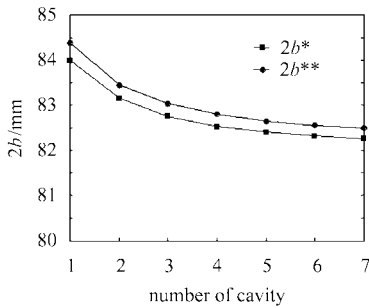


图 2 对变分法的结果插值得 2b* 和 Superfish 程序计算所得 2b** 的比较曲线

果^[3]进行插值得变速腔的孔径 2b 值.然后由 Superfish 程序对 2b 进行微调,以确定 7 个变速腔的最

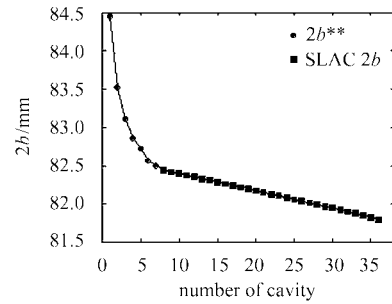


图 3 等梯度结构中腔体的孔径值
其中 2b** 为 7 个变速腔孔径,2b 为后续的 SLAC 腔孔径

终的孔径值.图 2 给出了这两种方法所得变速腔的孔径 2b 值的比较曲线.在实际设计盘荷波导结构时可先对变分法的结果进行插值得到近似的腔体孔径 2b 值,然后运用 Superfish 程序进行微调就很容易得到精确值,这将大大减少盘荷波导的设计工作量.图 3 为最终 36 个腔的孔径 2b 值曲线,可见变速腔的孔径和后续 SLAC 的等相速的腔的孔径是非常光滑地衔接,这为加速管可获得较大的工作带宽提供了一个基础.至此所设计的等梯度盘荷波导结构的加速管总长为 $L \approx 1.3\text{m}$,衰减常数为 $\tau \approx 0.3\text{Nb}$,平均特征阻抗为 $R_M \approx 58\text{M}\Omega/\text{m}$.7 个变速腔的相关参数由 Superfish 程序给出,如表 1 所示.其中 D 为腔体两边栏片中心的距离,其他是常用的符号.

表 1 7 个变速腔的相关参数

	0 ^[5]	1	2	3	4	5	6	7
D/mm	26.2380	27.4095	31.5669	33.1184	33.8240	34.1981	34.4190	34.5600
2a/mm	26.2204	26.2204	25.0063	24.0830	23.4072	22.9355	22.6245	22.4310
2b/mm	79.858	84.3780	83.4470	83.0314	82.7926	82.6452	82.5532	82.4962
β_p	0.75	0.7831	0.9019	0.9462	0.9664	0.9771	0.9834	0.9874
β_g^*		0.02355	0.02101	0.01875	0.01712	0.01602	0.01531	0.01488
$a^*/(1/\text{m})$		0.1115	0.1116	0.1207	0.1303	0.1382	0.1439	0.1476
Q		11398.1	12755.7	13217.7	13417.8	13520.8	13580.8	13618.9
$R_M/(\text{M}\Omega/\text{m})$		30.940	43.598	49.153	52.149	53.919	55.041	55.761

注: * 由变分法计算的结果^[3]插值得

3.2 等阻抗加速管的设计

因新型 Linac 拟采用加速管长为 $L \approx 1.3\text{m}$,故采用 38 个 SLAC-85 # 腔^[3](包括输入、输出耦合腔,它们均为 SLAC 的输出耦合腔^[3])构成的等阻抗加速管.这样就无需重新设计耦合器了,从而降低了加速管的设计、加工、调试的难度.由此可得该等阻抗加速管的衰

减常数 $\tau = 0.41\text{Nb}$,特征阻抗 $R_M = 64\text{M}\Omega/\text{m}$.

4 粒子动力学模拟结果

对上述设计的两种加速管分别应用 Pamela 程序进行了粒子动力学模拟,经过仔细的调试后,得到以下两组典型的结果.

(1)第一组典型的结果——高流强低能量方案

a)注入及加速条件

i)偏转磁铁后续狭缝的半宽度为 1.0cm;

ii)偏转磁铁的励磁电流 $I = 0.88\text{A}$, 其等效场强为 $165.6(10^{-4}\text{Wb}/\text{m}^2)$. 等梯度和等阻抗结构的横向聚焦磁场轴向分量的分布为图 4 中曲线 1 和 3 所示;

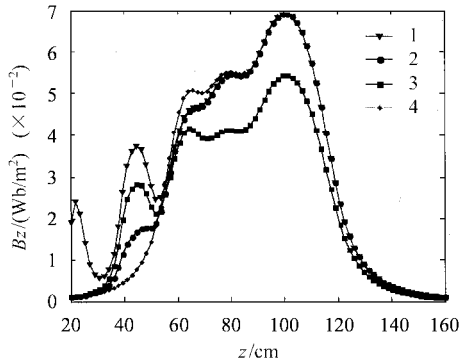


图 4 曲线 1,2,3,4 分别为等梯度和等阻抗结构工作在强流和弱流时,束流输运段及加速管轴线上的横向聚焦磁场轴向分量的分布

iii)电子束注入能量,为 200keV;

iv)等梯度结构的加速梯度优化在 $E = 11\text{MV}/\text{m}$, 等阻抗结构的最大加速梯度优化在 $E_0 = 12\text{MV}/\text{m}$.

b)模拟结果

图 5 为 Parmela 给出的新型 Linac 分别采用两种加速结构的输出束团的能谱、相谱和横向包络.在两者模拟设计计算时,分别采用了各自优化的注入条

件.表 2 给出了在新型 Linac 分别采用等梯度和等阻抗结构时,束团注入加速管及出射时的相关参数.其中 Tr 为通过率, U 为束团能量, $(dE/E)_{\text{rms}}$ 为束团均方根能散, $(\Delta\Phi)_{\text{rms}}$ 为束团均方根相宽度, $\epsilon_{x,n}, \epsilon_{y,n}$ 分别为包含 90% 粒子的束团归一化 x, y 方向的发射度, I 为束团的脉冲流强, r 为束团半径.

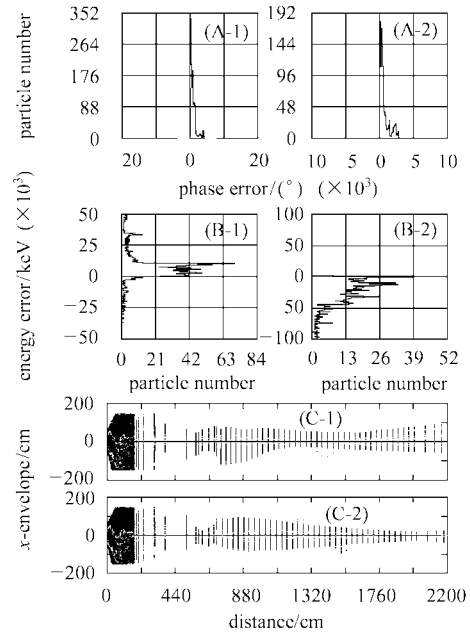


图 5 [A-1],[A-2]分别为等梯度和等阻抗结构在高流强低能量方案时输出束团的相谱;[B-1],[B-2]分别为等梯度和等阻抗结构在高流强低能量方案时输出束团的能谱;[C-1],[C-2]分别为等梯度和等阻抗结构在高流强低能量方案时输出束团的横向包络

表 2 等阻抗和等梯度在高流强低能量方案时输出束团性能的比较

type	Tr (%)	U/MeV	$(dE/E)_{\text{rms}}(\%)$	$(\Delta\Phi)_{\text{rms}}/(\text{°})$	$\epsilon_{x,n}/(\text{cm}\cdot\text{mrad})$	$\epsilon_{y,n}/(\text{cm}\cdot\text{mrad})$	I/mA	r/mm
等梯度	输入	—	0.2	1.9	46.6	25.0	—	—
	输出	86.8	10.0	1.4	7.7	21.0	295	7
等阻抗	输入	—	0.2	1.4	38.7	25.9	—	—
	输出	88.3	9.3	6.2	6.5	11.8	265	3

(2)第二组典型的结果——低流强高能量

a)注入条件

i)偏转磁铁后续狭缝的半宽度为 0.15cm;

ii)等梯度和等阻抗结构的偏转磁铁的励磁电流为 0.93A 和 0.94A, 其等效场强为 $173.6(10^{-4}\text{Wb}/\text{m}^2)$ 和 $(10^{-4}\text{Wb}/\text{m}^2)$; 等梯度和等阻抗结构的横向聚焦磁场轴向分量的分布为图 4 中曲线 2 和 4 所

示;

iii)电子束注入能量,为 210keV;

iv) 等梯度结构的加速梯度优化在 $E = 12\text{MV}/\text{m}$, 等阻抗结构的最大加速梯度优化在 $E_0 = 14\text{MV}/\text{m}$; 这两组梯度分别是输入功率为 5MW 时, 这两种结构可以建立的极大场强.

b)模拟结果

图 6 为 Parmela 给出的新型 Linac 分别采用这两

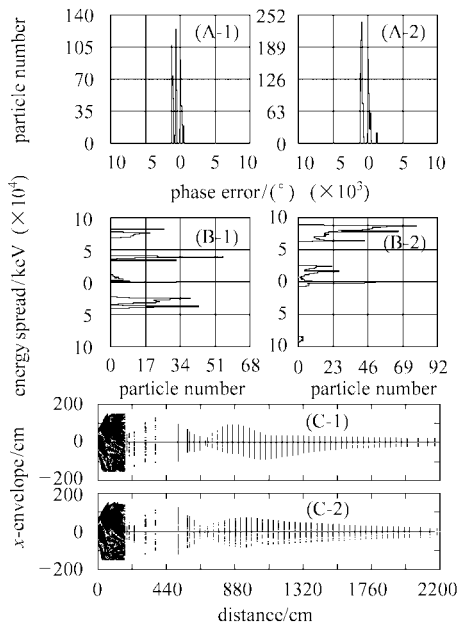


图 6 [A-1],[A-2]分别为等梯度和等阻抗结构在低流强高能量方案时输出束团的相谱;[B-1],[B-2]分别为等梯度和等阻抗结构在低流强高能量方案时输出束团的能谱;[C-1],[C-2]分别为等梯度和等阻抗结构在低流强高能量方案时输出束团的横向包络

种加速结构输出束团的能谱、相谱和横向包络.图 6

中的相谱、能谱曲线出现不连续的主要原因是采用了 Arsenal-MSU 程序对 KS4064 5MW 速调管在正常工作高压 126kV, 电流 89A 下的电子运动过程的模拟结果. 而该程序最后给出的是有限个宏粒子的 2.5 维参数^[1,2], 即坐标 r, z 和动量 p_r, p_c, p_z ; 为此在 Parmela 中采用了第 4 类粒子(input 4)注入进行模拟的(以便引用 Arsenal-MSU 的模拟结果), 所以输入束团的相谱、能谱就是不连续的, 这最终导致了输出束团相谱、能谱的不连续. 表 3 给出了在新型 Linac 分别采用等梯度和等阻抗结构时, 束团注入加速管及出射时的相关参数. 各参数的含义与表 2 中同.

c)小结

图 7 为模拟所得等阻抗结构和等梯度结构的束流负载曲线. 一般讨论中认为等梯度设计的优点之一是束流负载效应较弱^[3], 图 7 表明在本文讨论的情况下等阻抗与等梯度的束流负载效应差异很小. 由图可知在输入高频功率为 5MW 时, 等阻抗结构和等梯度结构的极大能量增益约分别为 11.3MeV 和 11.6MeV. 而据(2)解析式得等阻抗和等梯度在 $P_0 = 5\text{MW}$ 时, 极大能量增益分别为 14.8MeV 和 12.7MeV. 模拟所得极大能量增益和近似计算所得极大能量增益出现差异的主要原因是: 计算式(2)中假定了注入束团始终和加速场保持同步并取 $\cos\phi = 1$, 而实际注入束流的 $\beta_e = 0.69$ (能量为 200keV)

表 3 等阻抗和等梯度在低流强高能量方案时输出束团性能的比较

type	Tr (%)	U/MeV	(dE/E) _{ms} (%)	(ΔΦ) _{ms} / (°)	ε _{x,n} / (cm·mrad)	ε _{y,n} / (cm·mrad)	I/mA	r/mm
等梯度	输入	—	0.21	2.1	26.4	8.3	12.5	—
	输出	99.4	11.4	3.8	13.3	10.5	28.8	31
等阻抗	输入	—	0.21	2.3	26.0	6.0	12.7	—
	输出	100	11.0	3.5	13.0	13.0	17.6	26.7

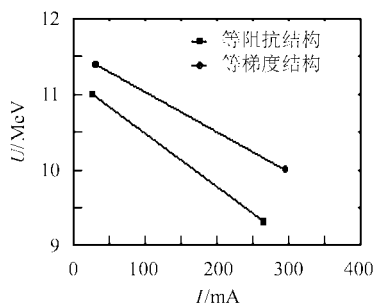


图 7 等阻抗结构和等梯度结构的束流负载曲线

比设计的加速管中前部变速腔的相速低. 因此它们

在加速过程中不能始终处于加速场峰值, 这就导致了束流的能量增益有所降低. 尤其在等阻抗结构中, 其各腔均为光速腔且加速管前端的加速场较高, 因而束流在加速管前端的滑相过程使能量增益降低.

5 其他能量级的 Linac 的考虑

由于从 KS4064 5MW 速调管提取的用毕束流的能量不是很高, 这样在注入到等阻抗结构(光速腔)时, 前几个腔中对束团的加速不是在场的峰值. 所以如果从更高功率的速调管的用毕束流中提取束团, 然后注入到加速管中, 则应可进一步改进性能.

为此对由 30MW 速调管研制的能量约 30MeV 的新型 Linac 加速管分别采用等梯度和等阻抗的加速情况(其中等梯度加速管为 SLAC 型 3m 段,等阻抗亦为 3m 段),用 Parmela 进行粒子动力学模拟.调制器高压为 $V = 270\text{kV}$,30MW 速调管的用毕束流中获得加速部分粒子的最大动能为 $U \approx 470\text{keV}$ [6].

对加速梯度 $E = 13\text{MV/m}$ (对等阻抗加速管为其平均加速梯度,此时最大的加速梯度约为 $E_0 = 20\text{MV/m}$),用 Parmela 程序对上述两种加速管分别做了模拟,为简单起见,采用第 9 类粒子作为加速管的输入(input 9),注入束团脉冲流强设定为 $I = 350\text{mA}$.图 8 是这两种加速结构输出束团的相谱、能谱、横向包络.表 4 给出了注入条件及两种加速管的输出束团的性能,其中 Output_I 和 Output_II 分别为等梯度和等阻抗加速管的输出束团.

由表 4 可知采用更高功率的速调管(如 30MW)建成的新型 Linac,在其上采用等阻抗加速管将具有更为明显的优势.由于这时电子束注入能量为 400—500keV,达到相当高的相对论性,在加速管外就没有必要外加聚焦线圈.模拟结果表明在调整好束团的注入相位后束团在加速过程中不会丢失.至此,可以得知如果新型 Linac 的注入束团的能量较

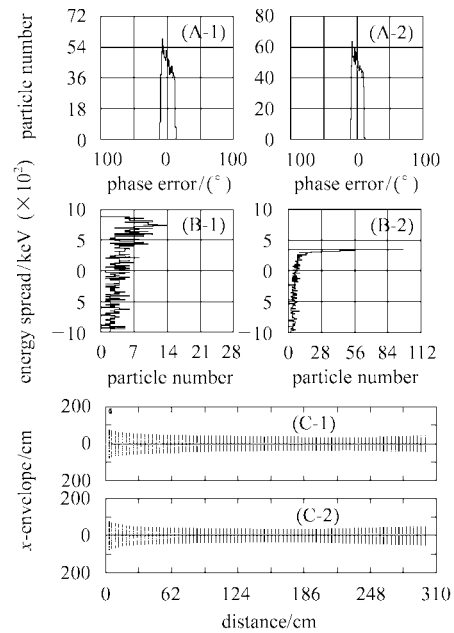


图 8 在注入束能量为 400keV 时,新型 Linac 采用两种不同加速结构输出束性能的比较

[A-1],[A-2]分别为等梯度和等阻抗结构输出束团的相谱;
[B-1],[B-2]分别为等梯度和等阻抗结构输出束团的能谱;
[C-1],[C-2]分别为等梯度和等阻抗结构输出束团的横向包络.

表 4 30MeV 能级的新型 Linac 采用等阻抗结构和等梯度结构时输出束团性能的比较

	Tr (%)	U/MeV	$(dE/E)_{\text{rms}}(\%)$	$(\Delta\Phi)_{\text{rms}}/(\text{^\circ})$	$\epsilon_{x,n}/(\text{cm}\cdot\text{mrad})$	$\epsilon_{y,n}/(\text{cm}\cdot\text{mrad})$
注入条件	—	0.4	0	15	—	—
Output_I	100	28.0	3.1	6.3	10.9	12.2
Output_II	100	29.4	1.6	5.7	13.2	14.3

高,则更接近高能电子直线加速器的高能段的情况.图 9 给出 10MeV 能级的等阻抗结构的新型 Linac,加速管内需要建立的最大场强 E_0 随注入束团能量 β_e 变化的曲线.说明在俘获加速时, E_0 与 β_e 的制约关系,起始场强愈高,要求的注入能量愈低.但在常用的低能注入的情况,起始场强的要求不是 10MW 以下的速调管所能满足的.图 10 是注入能量为 500keV 的等阻抗结构的新型 Linac 在不同加速梯度下输出束的能量随束团注入相位的变化曲线.从图 10 可见在最大能量输出时能量随相位变化平坦,因此不同能量级的新型 Linac 采用等阻抗结构都可以获得很好的能谱,而且对相位的抖动不敏感.由此图亦可根据注入束的相宽近似地推算出输出束团的能谱.

6 讨论

通过上述的粒子动力学模拟可见,对于使用

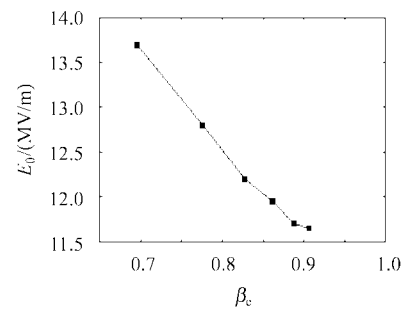


图 9 10MeV 级等阻抗结构的新型 Linac 加速管所需的最大场强 E_0 随注入束团能量 β_e 变化的曲线

KS4064 5MW 速调管研制的新型 Linac,这两种加速结构在两种工作方案中输出束团的相关参数,如能量、能散、相宽,都没有显著的差别.在横向聚焦磁场曲线图 2 中可以看到,为了获得大的流强等梯度结构需要在加速管外加较高的横向聚焦磁场,且图 1

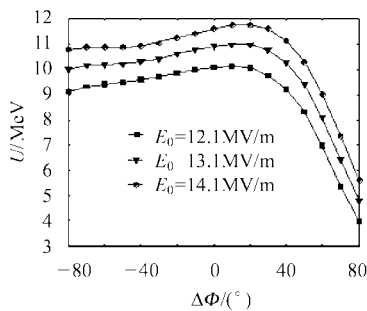


图 10 注入能量为 500keV 的等阻抗结构的新型 Linac, 在不同加速梯度 E_0 下输出束的能量 U 随束团注入偏离最佳相位的值 $\Delta\Phi$ 的变化曲线

中的真空阀左边的小聚焦线圈也必须提供一定的磁场,而等阻抗结构工作在大电流模式时所需的横向聚焦磁场较低,同时真空阀左边的小聚焦线圈完全

可以不使用.总括本文,可以得到在新型 Linac 上采用等阻抗结构与等梯度加速管比较而言,加速束流性能大致相当,但前者有以下优点:

i)在很大程度上缓解了加速管的设计和不同尺寸的盘荷波导的环、片加工的复杂性;

ii)只用一种耦合器,降低了特别是输入耦合器的挤压调配的难度;

iii)若使用 30MW 速调管则可完全不需要聚焦磁场,因为这时电子束注入能量为 400—500keV,达到相当高的相对论性;

iv)结合文献[1,2]所述的新型 Linac 的特点,使用等阻抗加速管还进一步简化了新型 Linac 的结构.

新型 Linac 加速管的设计研究得到了高能物理研究所谢家麟院士及戴建枰副研究员、刘圣广博士等人的帮助,在此表示诚挚的谢意.

参考文献 (References)

- XIE Jia-Lin, WANG Fa-Ya et al. RSI, 2003, **74**(12):5053—5057
- XIE Jia-Lin, WANG Fa-Ya et al. HEP & NP, 2004, **28**(2):105 (in Chinese)
(谢家麟,王发芽等.高能物理与核物理,2004,**28**(2):105)
- YAO Chong-Guo. Electron Linac, Ch.2,4&6. 1986 (in Chinese)
(姚充国.电子直线加速器,第二、四、六章.1986)
- Pierre M. Lapostolle and Albert L. Septier. Linear Accelerators. North-Holland Publishing Company, 1970. 152
- DAI Jian-Ping et al. Nuclear Techniques, 2003 **26**(7):497—500 (in Chinese)
(戴建枰等.核技术,2003,**26**(7):497—500)
- DONG Dong. Private Communication, IHEP, CAS (in Chinese)
(董东提供.私人通讯,30MW 速调管束流的模拟计算结果,由中国科学院高能物理研究所)

Design of Accelerating Structure on a Novel Compact Electron Linac

WANG Fa-Ya¹⁾

(National Synchrotron Radiation Lab, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract This paper mainly discusses what type of accelerating structure should be chosen for a novel compact electron linac (NCEL for short). After simulation of dynamics process in this linac with Parmela program, we get to the point that it is better on the whole, to choose constant impedance accelerating structure than constant gradient accelerating structure on the NCEL of 10MeV-class. In this NCEL, the spent beam of a high power klystron amplifier is used for injecting into an accelerator section and the klystron works in self-excited mode-of-operation. In this paper, the simulations of dynamics process, when the spent beam of a high power 5MW klystron is injected into a constant gradient structure and a constant impedance structure, are carried out. By comparing the output beam performances of these two kinds of structures, one can draw the conclusion that from overall consideration, it will be better to equip the NCEL with constant impedance structure than constant gradient structure, especially when the spent beam of much higher power klystron is used. At the same time the result of simulation indicates that it is unnecessary to use focusing coils around accelerating section, and thus the design will be further simplified for the NCEL.

Key words electron bunch, Parmela code, klystron, constant gradient, constant impedance

Received 19 March 2004

1) E-mail: faya_w@ustc.edu