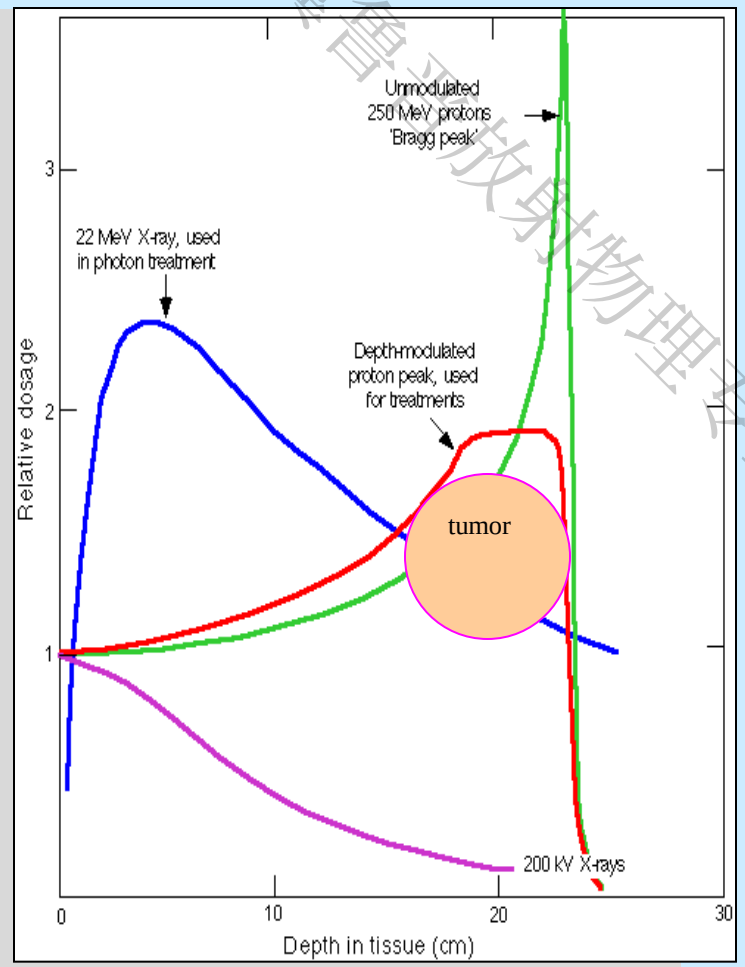
21世纪先进的治癌技术

当前质子治疗的发展近况

中科院高能物理所　刘世耀

京津冀鲁晋放射物理专业组第二十二次学术会议

1946年 Wilson 提出质子活治疗的建议



质子治癌--良好的物理性能

轻轻入人体，到肿瘤处，全身化成愤恨
杀肿瘤成仁，自身化彩云，静静离去

X射线治癌--放肆的X射线穿透性格

大摇大摆入人体，杀癌前细胞无数
到肿瘤处，不拼命，为保持能量逃命
杀尽后面老百姓。

京津冀医学放射物理专业组第十二次学术会议

Wilson 的建议仅指出质子治疗的可能性

医学物理学家进一步落实wilson建议,指出

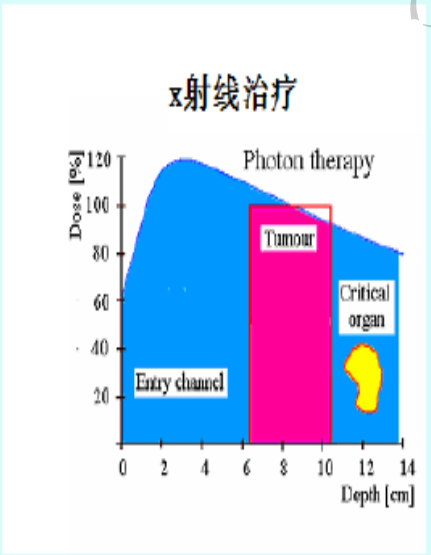
1.质子治疗在物理原理上的治疗优越性------见下几页

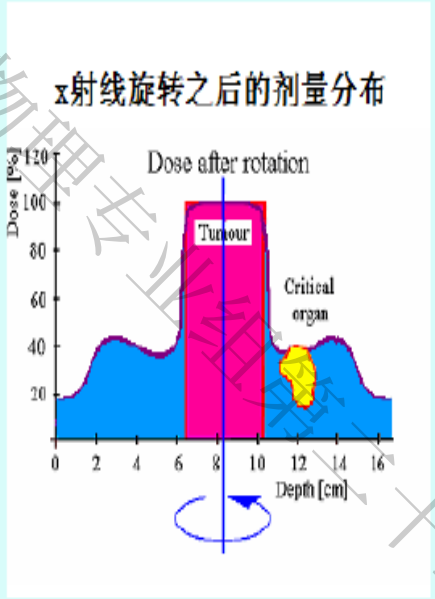
2.並不証明在实践中的治疗优越性

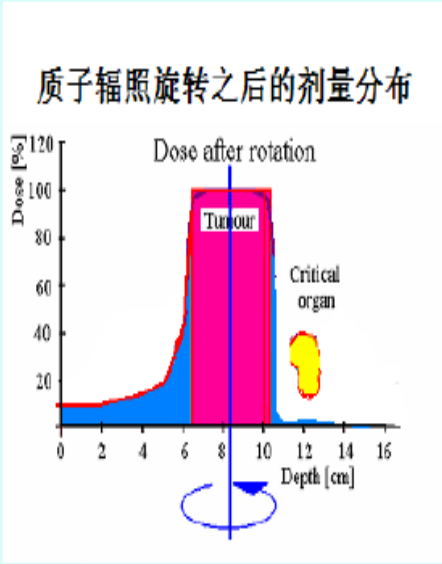
3.实践中的治疗优越性必须通过临床实践效果决定

京津冀鲁豫放射物理专业组第二十二次学术会议

旋转质子束明显优于旋转X射线

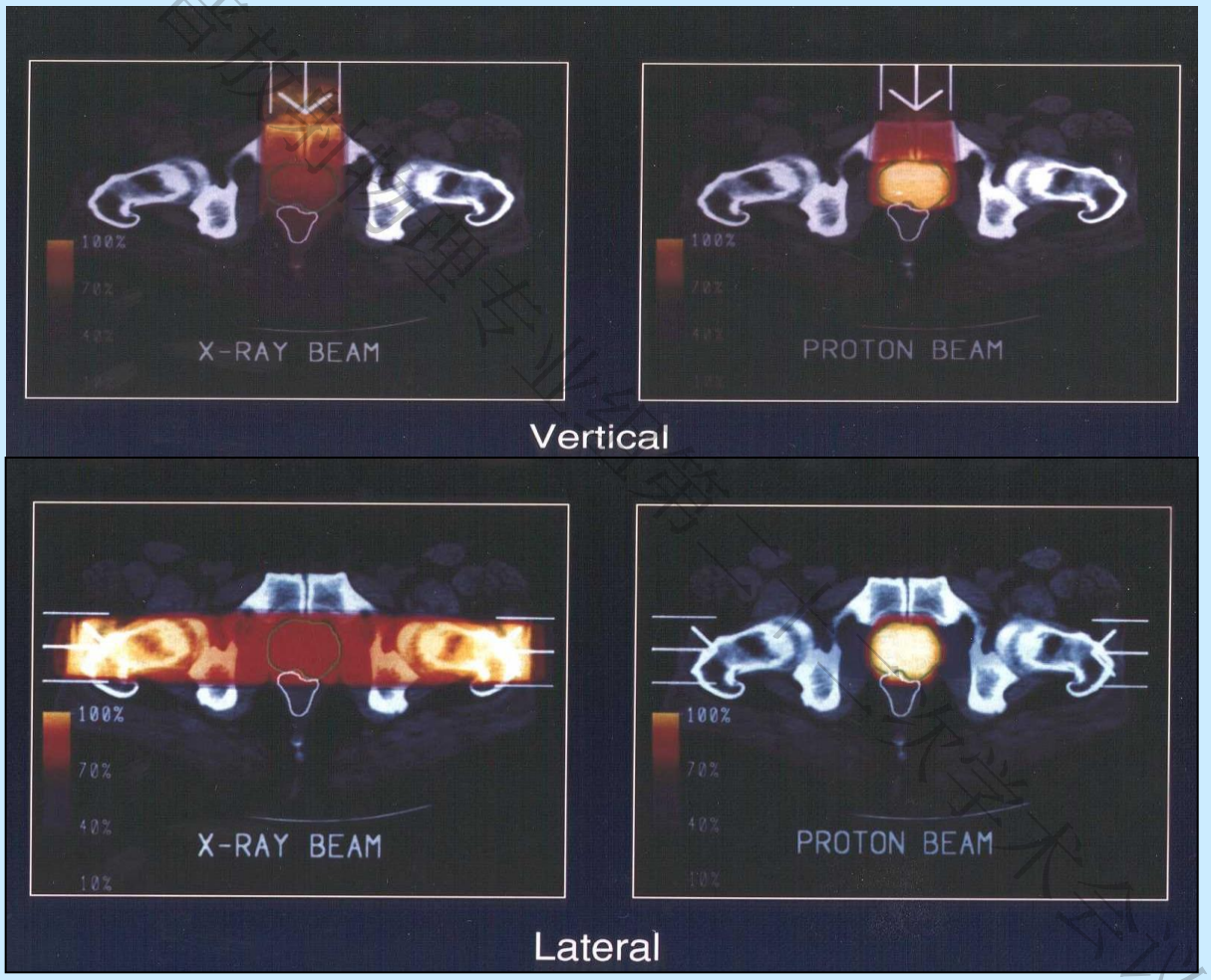






京津冀暨放射物理专业组第二十二次学术会议

优良的质子治疗的剂量分布



治疗癌症的关键

质子治疗时正常体积少照7.5倍，剂量少11.7倍

（癌死不伤身）

- 理想的放射治疗是杀死肿瘤中的全部癌细胞，不伤害患者的一个正常细胞
- 放射治疗的最终准则定为”实现最大的肿瘤控制几率和最小的正常组织损伤率”

- **2010 年RPTC的正常组织的照射体积和正常组织剂量实测比较**
- 正常组织的照射体积. 正常组织剂量

	X 线	质子	倍数	X线	质子	倍数
脊索瘤	2413 ml	446	5.4	22.7Gy	7.0	3.2
神经胶质瘤	3300	443	7.5	5.6	0.1	5.6
脑膜瘤	2756	419	6.5	36	7.3	5
脑转移	2356	312	7.5	10.5	0.9	11.7

京津冀鲁晋放射物理专业组第二十二次学术会议

质子治疗趋于理想适型治疗

何谓适型:

肿瘤的三维体积是

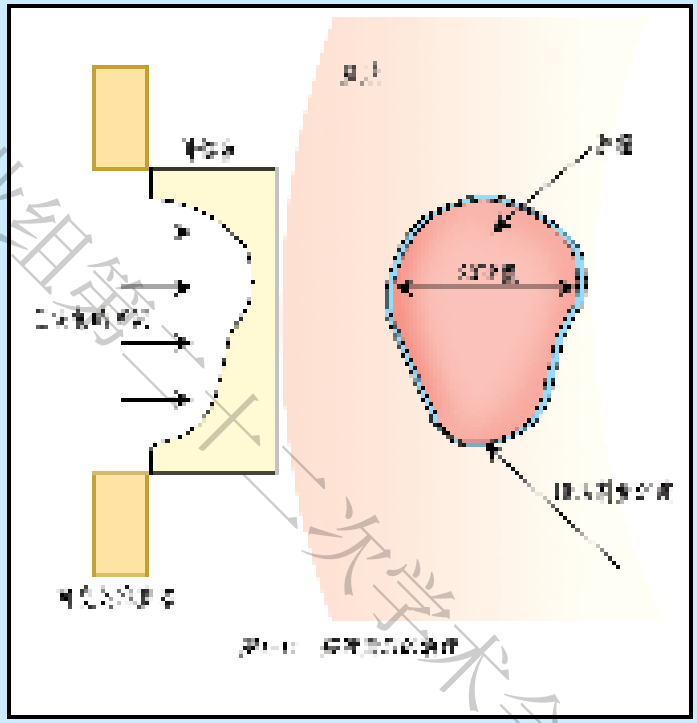
V(x,y,z,t)

剂量的三维体积是

D(x,y,z,t)

若 V(x,y,z,t)=D(x,y,z,t)

就叫适型COMFORT



京津冀青年放射物理专业组第二十二次学术会议

全球医学物理师公认

质子的物理性能优於X射綫

质子治疗的临床治疗是否好於X射线治疗?

第一回合 (1996年以前)	PSPT	PK	CRT
第二回合 (2000年前后)	IMRT	PK	PSPT
第三回合 (2003年后)	IMPT	PK	IMRT

有没有普遍定律;

任何治疗新方法(质子) 优于 任何治疗新方法(X射线)

还有待证明中

京津冀鲁豫放射物理专业组第二十二次学术会议

目前为止的基本情况

1. 医学界主流认可质子治疗迄今所得出的优越性-----见下面几页
2. 仍不少认为当前的临床实验还不足够,还需大量随机性实验
3. 质子治疗还没有達到绝对认可

治疗后的付作用少

1.美国San Diego, Scripps质子治疗中心主任Carl Rossi博士所言"质子治疗做了X射线所做的相同放疗工作,但伤害更少的正常组织, 产生更少的副作用”

2.Rossi博士还认为一切X射线能用的治疗方法,质子都能做,由於质子的物理性能优於X射线,所以用质子治疗的效果必优於X射线

3.有些命题虽有基本共认,但或多或少还有保留,有些对主流看法表示论証不足,要求进一步加强随机性实验等,但趋向是反对质子治疗人士逐年下降

4. 当前人们对质子治疗的一些主流看法;

A. 人们对质子治疗适用於儿童,青少年群体具有高度公认,如同如美国Mayo Clinic的 肿瘤放疗主席Robert Foote说“质子治疗有一个优点.即是减少短期和长期的复杂付用,尤其适用於儿童和青少年群体",

B.当前人们对质子治疗的付作用,已有比较一致的主流看法,但仍存在不少个别分岐, 如对前列腺的不同治疗法的效果有待进一步深入研究;

C. 要使人们公认质子的优势,还得作大量随机性实验工作,还需时间.

京津冀晋放射肿瘤专业组第二十二次学术会议

生活质量好

1. 治疗的一切副作用都导致生活质量,为维持和改进必要的生活质量,一生中需付不少的费用, 这个命题都涉及癌症复发可能性,日常的保健卫生开支,聽觉和视觉等.
2. 评估方法;　　可用一个儿科患者在治疗后的一生活动来描述,若用X放疗,其疗后的副作用有甲状腺机能减退,生长激素的欠缺,神经錯乱,聽觉和视学缺馅等.
3. 一个研究报告指出,一个儿童在用X射线治疗成神经管细胞后的聽觉的损失危险率是13%,一个患有成神经管细胞的儿童在用IMRT治疗后的复发几率是用质子治疗的八倍(0.43% vs 0.05%).癌症复发的几率也算在保健费内,
4. 因此美国Mayo Clinic的肿瘤放疗主席Robert Foote说虽用质子治疗的一次性费用高于常规放疗,但可能节省了一生的保健费用

京津冀鲁晋放射肿瘤专业组第二次学术会议

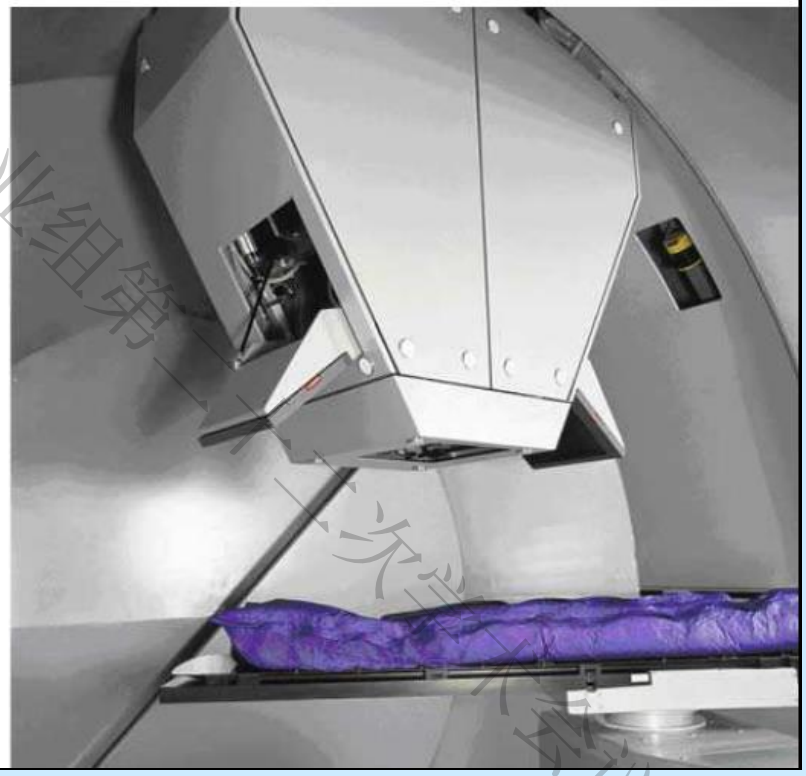
铅笔束扫描的良好的治疗参数

(今后最大剂量率可达10-20Gy/min)

Pencil Beam Scanning Nozzle

Specifications:

- Range: Up to 37.6 g/cm^2
- Field size at isocenter: Up to 30 x 40 cm^2
- Dose compliance: Better than ±2.5%
- Layer repainting
- Dose rate: Variable, average dose rate 2 Gy/min in 1 liter volume
- Energy at the treatment head: 250-70 MeV (±2%)



京津冀鲁晋放射物理专业组第十次学术会议

PBS 加調强,如虎添翼

ProBeam™
Intensity Modulated Proton Therapy

IMPT Benefits

Quality of Care

- Optimum dose conformality
- Lowest possible integral dose
- Lowest possible neutron dose
- Allows adaptive treatments and integrated boosts

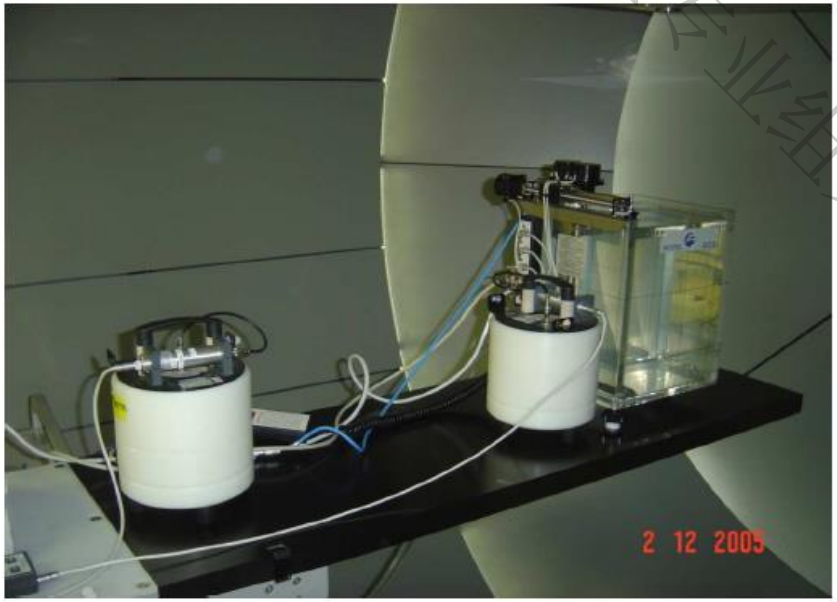
Workflow (also applies to PBS)

- Increased capacity
- Shorter and more stable treatment times
- No machine shop for collimators

京津冀鲁晋放射物理专业组第二十二次学术会议

等中心患者处中子本底小

Minimum neutron production



Measurement setup with water phantom simulating patient

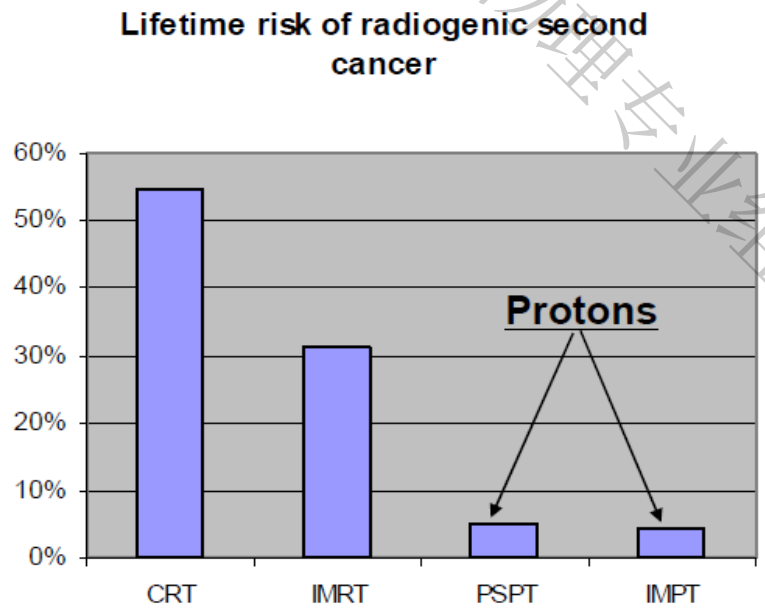
Measured neutron dose per treatment Gy:

@ 25 cm: 250-720 μSv / 1 Gy
@ 1 m: 15-35 μSv / 1 Gy
@ 2 m: 6-18 μSv / 1 Gy

京津冀医学放射物理专业组第十一次学术会议

二次癌症复发几率小

Lifetime second cancer risk of children receiving craniospinal radiation



CRT: conventional photon therapy
IMRT: intensity-modulated photon therapy
PSPT: passively scattered proton therapy
IMPT: intensity-modulated proton therapy

36 Gy is the prescribed dose to the target volume
CRT and IMRT are calculated for 6 MV beams
PSPT calculation is for standard proton gantries
Stray neutrons are taken into account

The risk of developing a second cancer after receiving craniospinal proton irradiation, Newhauser et al 2009 Phys. Med. Biol. 54 2277-2291

京津冀鲁医学物理专业组第二十一次学术会议

质子治疗的致命缺点和希望

1. 四个重大缺点：一是价贵, 要上亿多美元(8亿~10亿人民币); 二是占地大, 要上万平方米; 三是建成时间长, 超过三年; 四是治疗费贵
2. 今后任务;设计出“价廉、体小、建快”的紧凑型质子治疗装备, 即要求价格在2000万美金以下, 占地250平方米, 建成时间不过一年
3. 当前的美国社会民意调查;

   问医生; 送您一个放疗医院,随便选----------质子治疗

   问患者; 用质子还是最先进X放疗,都免费-----质子治疗

   问X疗(反对质疗)医院领导------给您院免费换个质疗系统,要吗?----**要**

4, 美国San Diego, Scripps质子治疗中心主任Carl Rossi博士說的最坦白;质子治疗进一步推广的主要因素不但在于治疗本身价格,而是建筑和设备的价格, 一旦这二者价格下降,若质子治疗的价格会和IMRT相仿,这时患者无疑会选择质子治疗,那常规放疗也会自动退出舞台. (**点出要害**)

•

京津冀鲁肿瘤专业组第二十二次学术会议

今后几十年可能之路

(2050年前后)

1. 质子治疗衰退,重新返回全面X射綫治疗

(若集权领导說质子治疗是反动治疗,X是革命治疗,才能发生)

2. 质子治疗和X 射綫治疗並存(2030年前)

(质子治疗不能压倒X放疗,X放疗有其特有的优点和市场)

3. 质子治疗基本统治放疗,X 射綫治疗仍占有一席之地(2050年前)

(质子治疗基本压倒X放疗,X放疗只留守很小之地)

4. X 射綫治疗最终被质子治疗取代(2050年后)

(质子治疗全面压倒X放疗,X放疗淘汰出局)

==========

质子治疗的二大软骨; 1. .治疗性能还不够好 2. 器太大.价太贵

京津冀鲁晋放射物理专业组第一十二次学术会议

今后质子治疗改进方向

1. 全面提高质子治疗性能;

参数更精確,系统更稳定,TPS更皮实,扫描更快速,方法更先进,图像更清楚,诊断治疗更实时

2. 用高科技,新原理创新研制

設备小型化,系统紧凑化,占地直线化,按装快速化,机房旧改新,价格普及化

京津冀医学物理专业组第一次学术会议

必 须认识到当前的质子治疗的内含

1.不仅是治疗头性能
2.不仅是治疗方法
3.是一个内含各部件,各分系统的整体系统集成
其中任一部件的性能会影响治疗性能

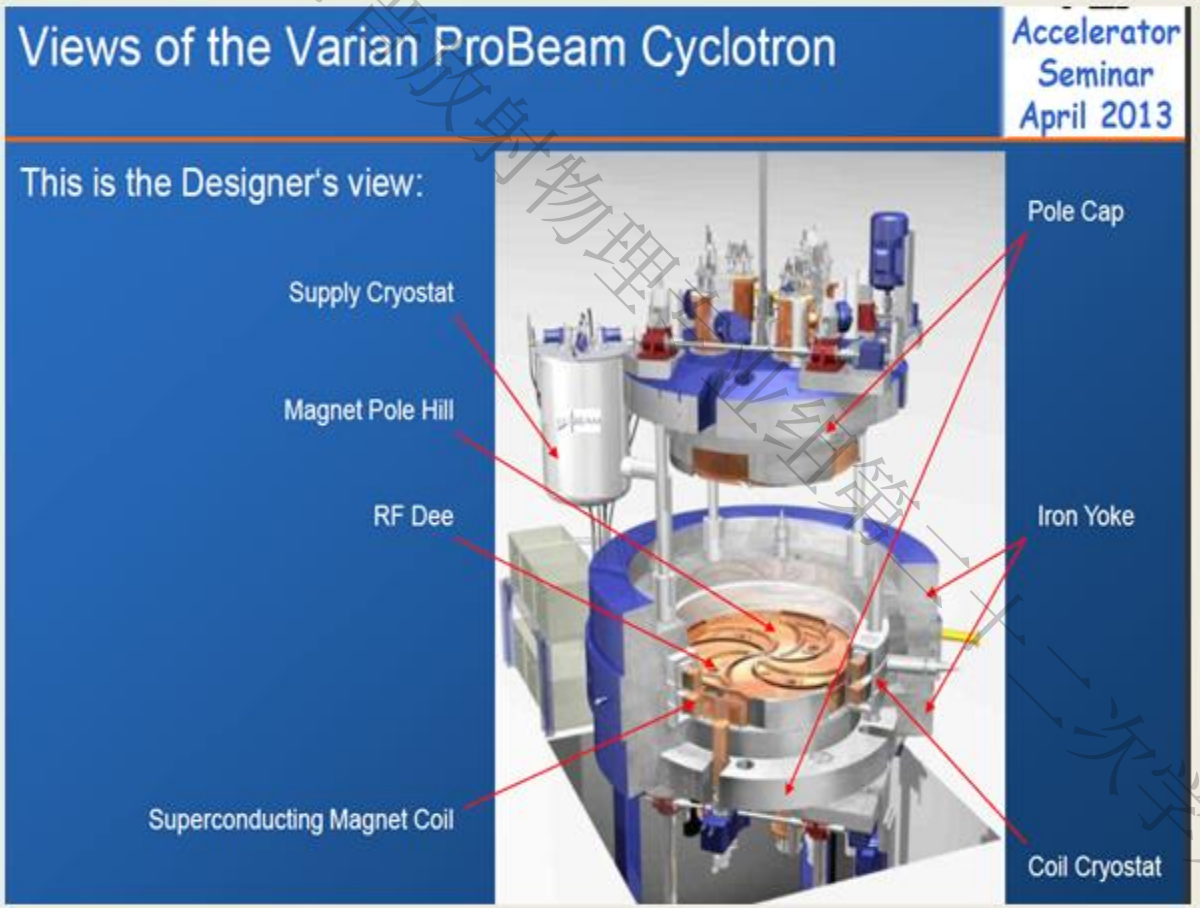
要理解

优化,匹配,整合,集成,高效,稳定,
容差,皮实,准确,精细,清晰,快速……
的重要含意

京津冀质子放射物理学组第二十二次学术会议

8.4 250MeV超導迴旋加速器

总体主要结构



- 特点

1.用超导线圈(省电)

2.仅线圈在低温(又省电)

3. 用低温保持器(像个家用电器)

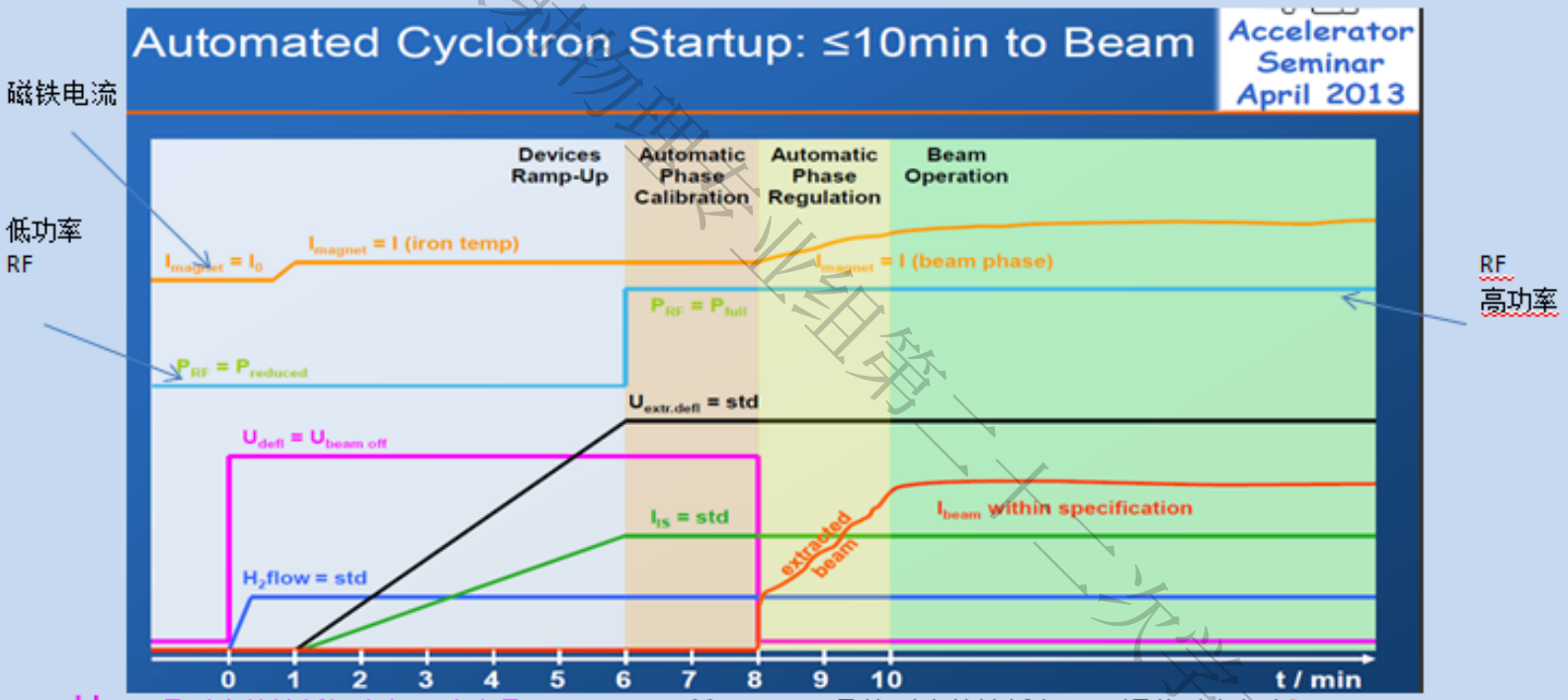
4. 价廉物美耐用

京津冀鲁高校射物理实验组第二十二次学术会议

8.6超導迴旋加速器的調試

十分种出束的自動啟動過程

- 束流运行

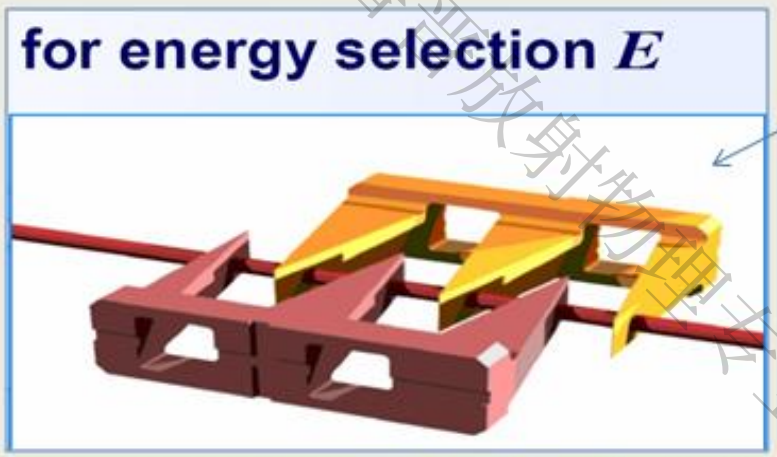


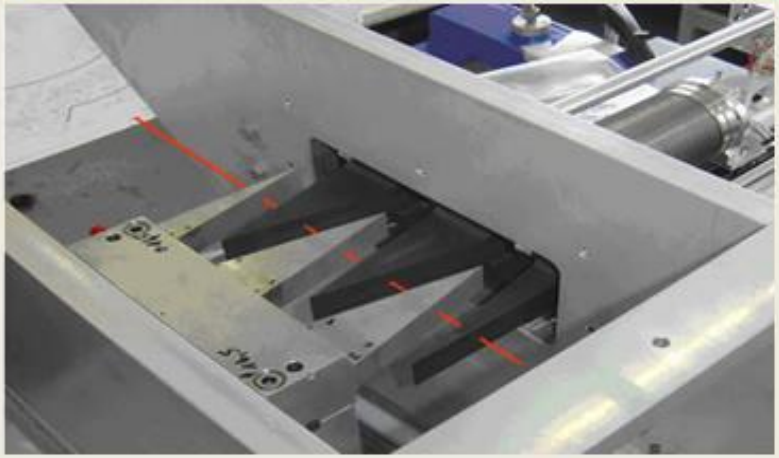
- U_{defl} 是引出偏转板闭束电压,出束是0.

$U_{extr.defl}$ 是外引出偏转板电压,可调节引出电流I_{beam}

京津冀鲁晋放射物理专业组第二十二次学术会议

8.7 Varian ProBeam 能選系統





- ProBeam 具有在80-100ms内迅速改变相对应5mm量程的降压，适用于快速点扫描

比利时iBA和日本住友有在秒数量级内改变相应量程的降压，适用于慢扫描

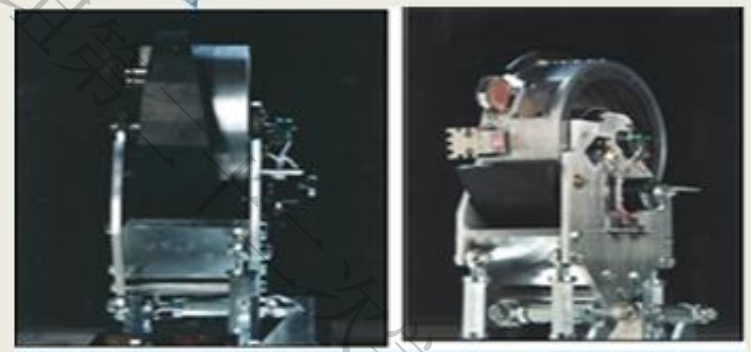
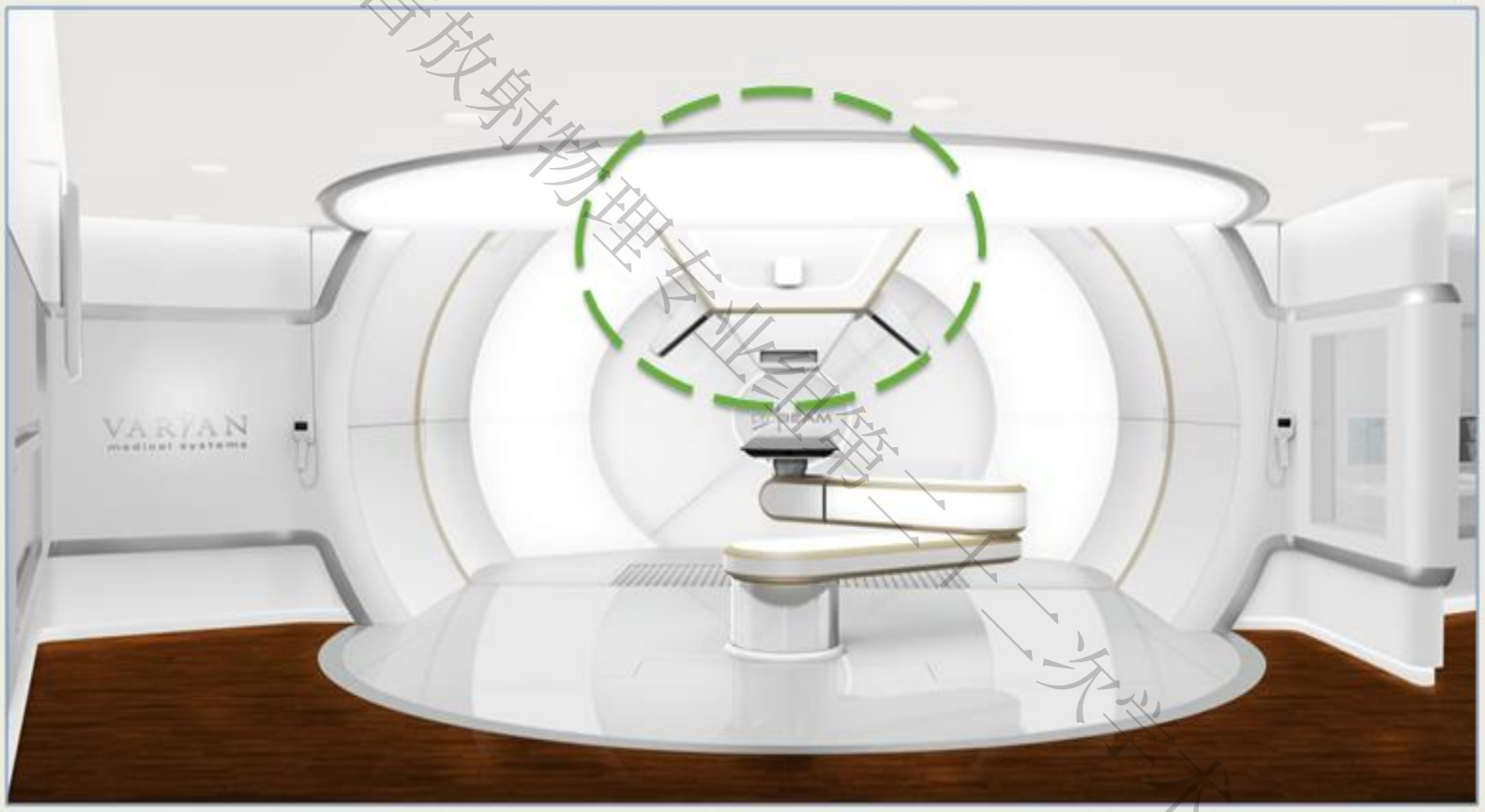


图 2-25 IBA 质子能量选择系统石墨降能器

京津冀鲁辐射物理专业组第二次学术会议

8.9 VarianProBeam 的動態峯值掃描

旋轉束治療室



京津冀晉晋放射物理专业组第二十二次学术会议

8.9 VarianProBeam 的動態峯值掃描

IMPT的局限性导致对系统有更高的要求

1. 高度的適形劑量分佈必然導致系统要對誤差,容差和不確定性.有更大靈敏度
2. 即系统對定位.準備工作和計畫这三方面的誤差具有較高靈敏度;
   *因此IMPT需像CBCT那样的2D/3D圖像引導
   *因此IMPT需要提高束流和定位的精確度
   *因此IMPT需要穩健和皮實的治療計畫工具
3. 對量程的不確定度具有較高靈敏度. 也需一个穩健的治療計畫工具
4. 在照射的中間肿瘤有所變動.也需圖像的引導和適應式的放射治療
5. 在照射的期間,腫瘤有所變化和移動,也需有一种对肿瘤运动的管理方法

若不能滿足上述要求,难以发挥IMPT的相关优点

京津冀鲁青放射物理专业组第二次学术会议

8.9 VarianProBeam 的動態峯值掃描
IMPT設計中需考虑的典型误差

在設計一個IMPT項目時,必需考慮下述的一些典型誤差;

1. 束點的位置誤差

   系統地將束點准直在等中心點時的束點位置誤差

2.旋轉機械誤差

   系統地將旋轉機械的轉動軸准直在等中心點時,旋轉機械的變形誤差

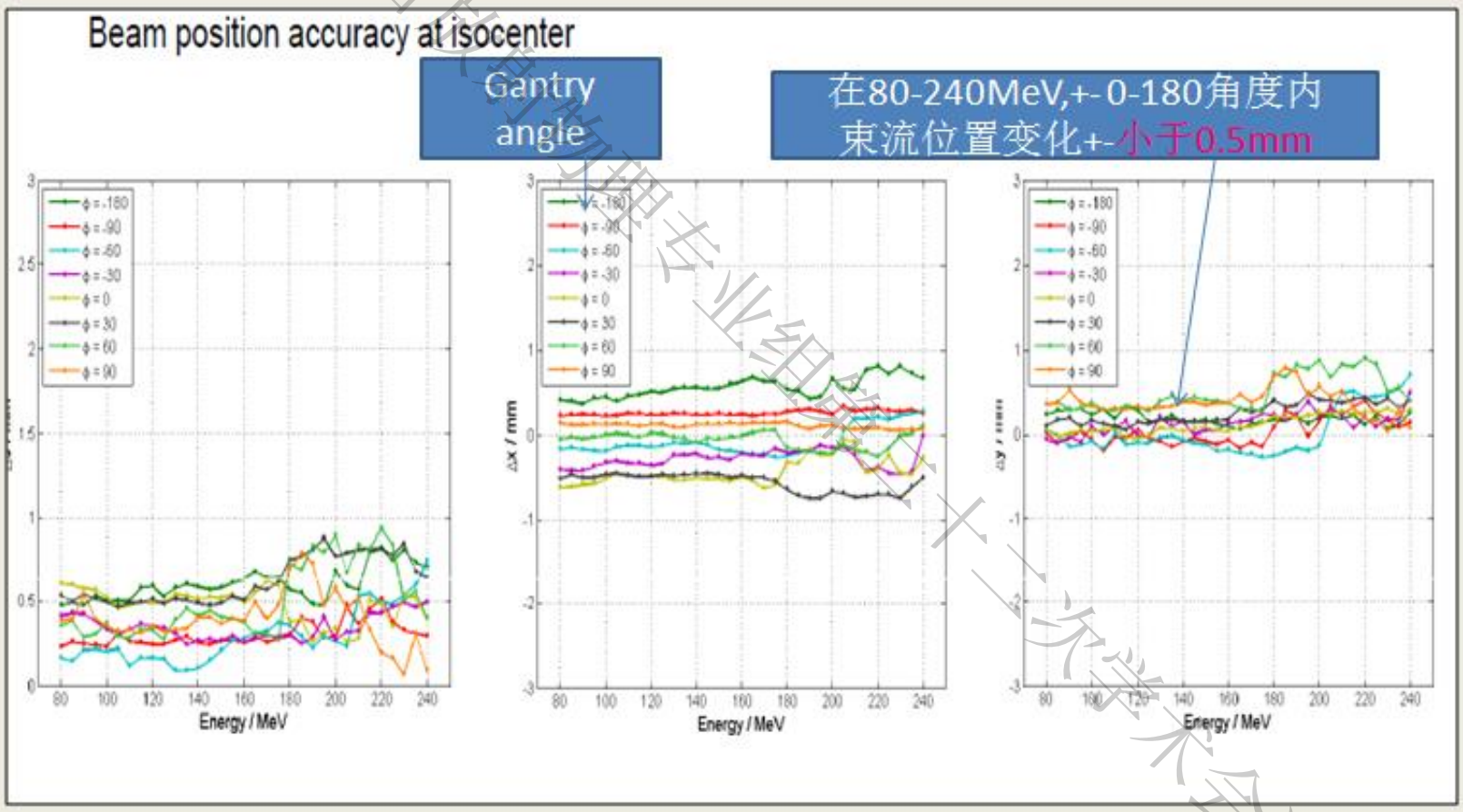
3. 系統地將患者治床台准直在等中心点时,具有相对移动精度,弯曲和变形誤差

4系統地將图像位置准直在等中心时所具有的转动时的弯曲变形 误差

京津冀医学物理专业组第二次学术会议

8.9 Varian ProBeam 的动态峯值扫描

Accuracy: beam position at isocenter



京津冀医学物理专业组第十二次学术会议

8.9 Varian ProBeam 的动态峯值扫描

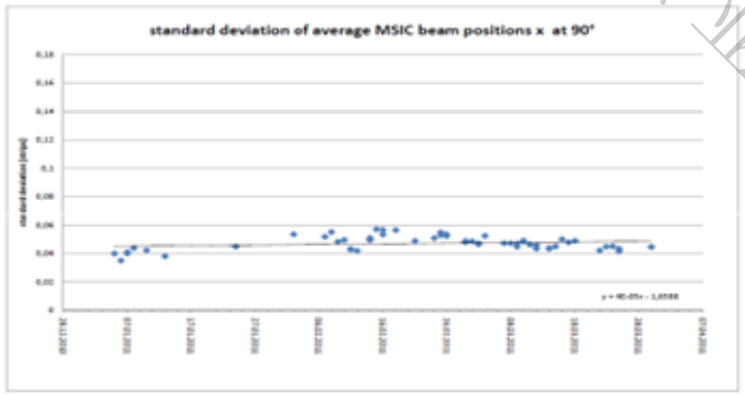
Long-term beam stability

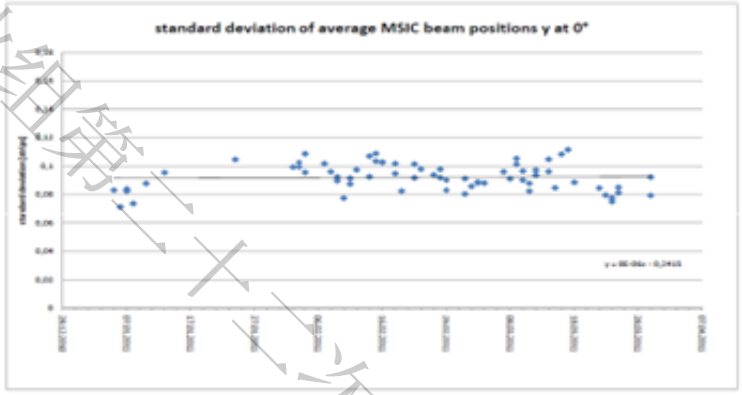
京津冀鲁青放射物理专业组第二十二次学术会议

Long-term beam stability

Beam position stability (measured with the multi-strip strip chamber (MSIC) integrated in the scanning nozzle)

用多丝游离室测出的每月束流位置漂移小于0.1mm





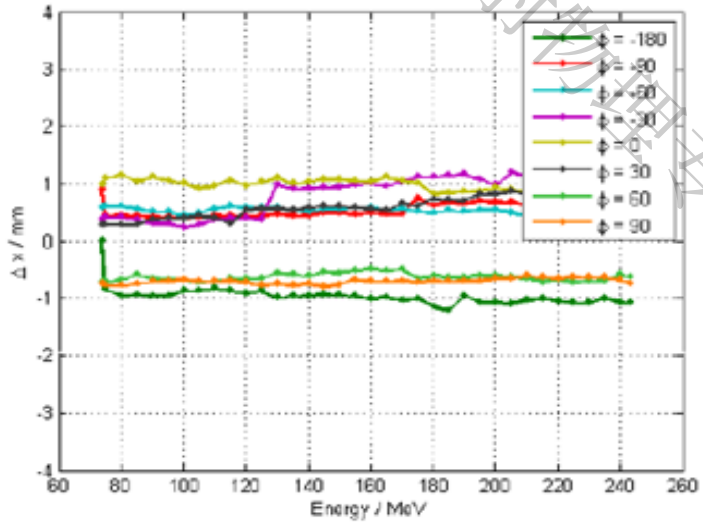
Position deviations of beam measured on the multi-strip chamber are of the order 0.1 mm/month

8.9 Varian ProBeam 的动态峯值扫描

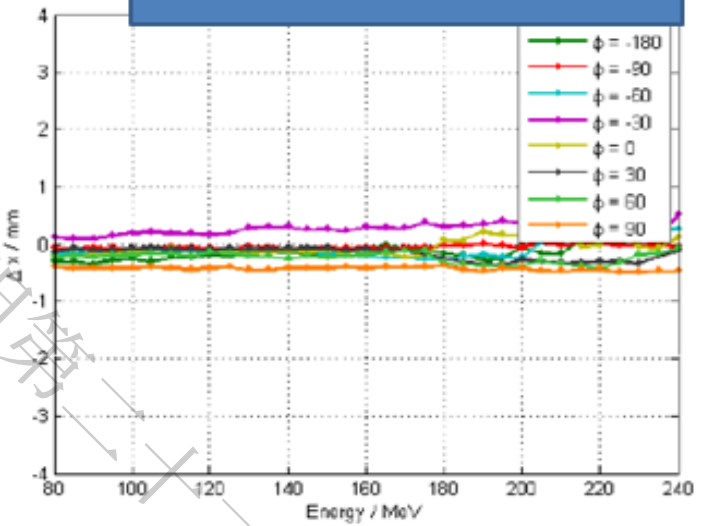
Correcting for beam drifts

BPOCS ("Beam Position Correction by Scanning")

用校正法还能进一步减少误差



prior to BPOCS correction



after BPOCS correction

Use of BPOCS tool allows to correct for beam drifts of 2-3 mm on a 3-4-monthly scale without beamline re-steering

可达在匆需对束线重新调整在3-4月运行中束流的总漂移在2-3mm

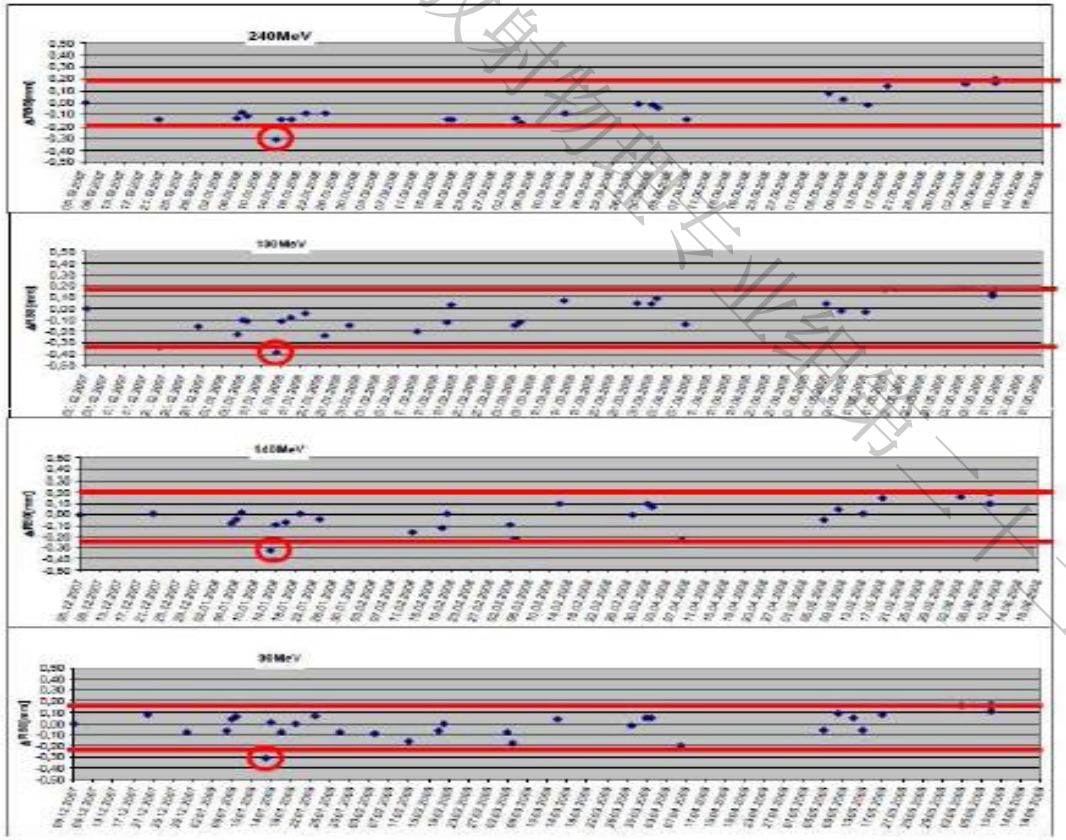
京津冀鲁晋放射物理专业组第二十二次学术会议

8.9 Varian ProBeam 的动态峯值扫描

Stability: beam energy

7个月中能量稳定度+-100-150KeV,相当射程+-0.3mm

Energy / range stability (data recorded over 7 months)



240 MeV: +/- 0,25 mm
+/- 150 keV

190 MeV: +/-0,3 mm
+/- 130 keV

140 MeV: +/-0,25 mm
+/- 100 keV

90 MeV: +/- 0,25 mm
+/- 100 keV

operator error

京津冀鲁豫放射物理专业组第十二次学术会议

8.9 Varian ProBeam 的动态峯值扫描

Fully Integrated IMPT

By combining

advanced imaging(as, 2D/3D/4D CBCT,IGPT,DAPT .....etc)

planning (as Robustness TPS.....),

patient management software (as special proton used OIS and HIS)

and state-of-the-art proton delivery(as new scanning for moving target)

Varian offers clinicians

an end-to-end, IMPT solution

Fully Integrated IMPT

The NexT---------your new methdology, creative thinking .....

Future looking–Image Guidance Motion Management etc

京津冀鲁晋放射物理专业组第二十二次学术会议

新的图像引导系统

Varian Medical Systems
Forefront of Cancer Therapy

Image Guidance

Improve Setup Accuracy

Reduce Range Errors

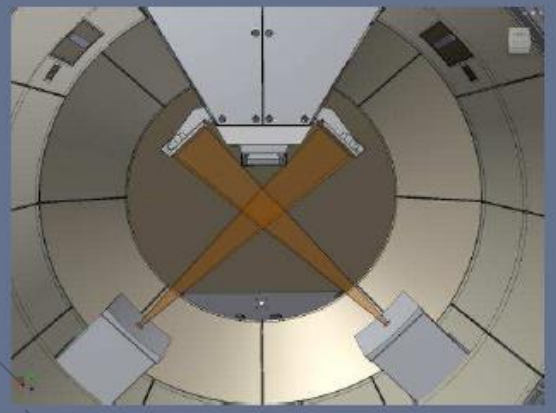
- CBCT
- DART – 3D Dose Tracking - Dynamic Replanning
- 4D CBCT

京津冀鲁豫医学物理专业组第一次学术会议

像MRI 图像清晰的CBCT

ProBeam™

Features – Preview Cone Beam CT



Dual imager setup:

- Allows simultaneous acquisition of orthogonal images
- Opens up new imaging possibilities

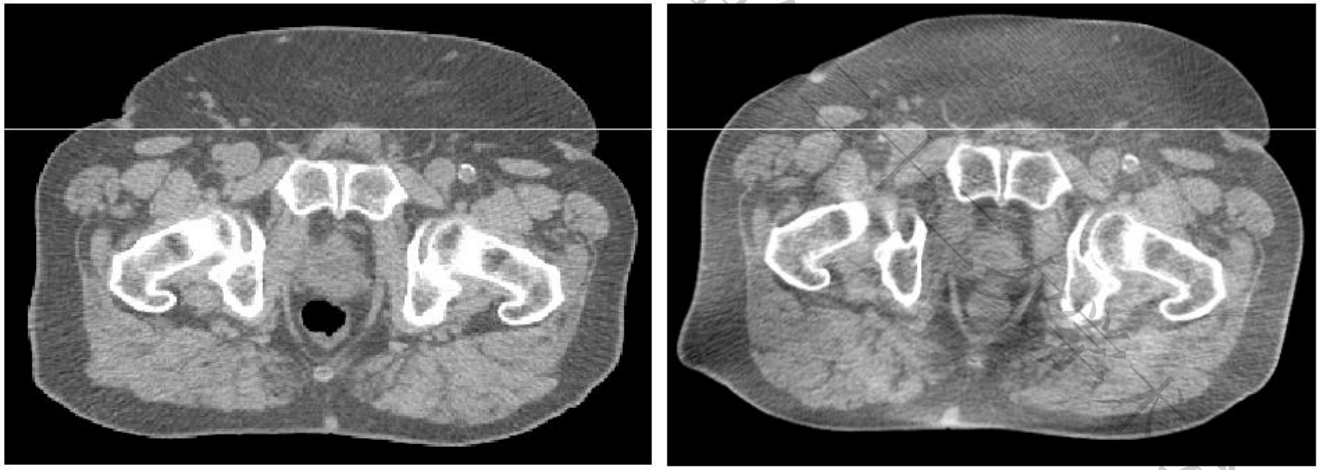
京津冀晋普放射物理专业组第二十二次学术会议

改进的CBCT

Improved CBCT – Example

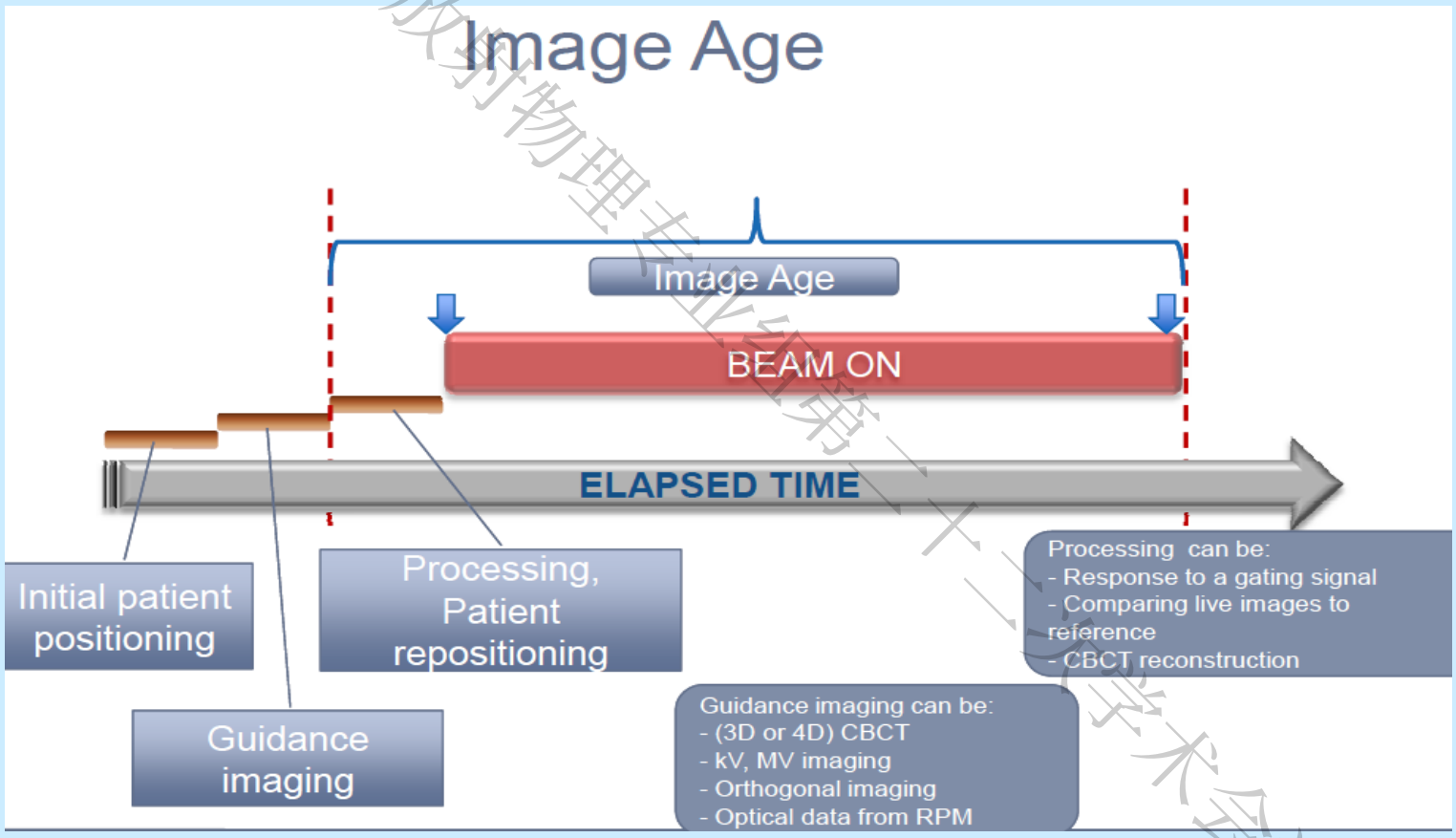
Diagnostic CT

CBCT - New software
(N.B.: Patient scanned on Trilogy)



京津冀鲁晋放射物理专业组

快速照射和IGPT 对待动态肿瘤.



京津冀医学放射物理专业组第二十二次学术会议

全球质子治疗装置供应商销售信息

编号	型号	2009年前已销售量	2010-2013年销售量	参考价格(大约)	备註
多室1	Varian-Probeam	1	7	~85M$	5-room
多室2	Hitichi-Probeat	2	5	~60M$	4-room
多室3	Sumitomo	1	4	~48M$	2-4 room
多室4	IBA-Proteus PLUS	23	3	~50M$	4-room
多室5	Protom-Radance	0	3	25-35M$	multi-room
多室6	Optivus-Comform	1	0	?	5 room
单室1	IBA-Proteus one	0	3	20MEUR$	1 room
单室2	Mevion-S250	0	12	.<25M$	1 room,(total cost?)
单室3	CPAC-DWA	0	1		1 room

北京重离子放射物理专业组第二十二次学术会议

当前国际质子治疗的最新发展动向

(分析最新市场后的几点看法)

- **1. 新建质子治疗中心由低端向高端装置转移**
- 1.varian 和 hitichi 销售量明显超过IBA 和住友
- 2. IBA 由全球最大销售量开始下降
- **2. 以住友为低端的市场还受发展地区欢迎(台,香,韩,私). 发 達国家不**
- **采用**
- **3. 单治疗室开始受到广大肿瘤界中的小型医院欢迎**
- 1. IBA Proteus one 的销售量不坏,和Proteus PLUS 持平
- 2. Mevion S-250 虽还未治疗病人,但仍可销10多台
- **4. 下一代装置大受欢迎**
- Protom ,Mevion 虽还未治疗病人,但FDA,CE批准入市,大量用户订买,
- 医界信心十足,前途光明(可用旧机房改建,倍受欢迎)
- **5. 静态,多重,调强点扫描已成为当前主流,散射法明显下降**
- **6. 新建质子治疗中心的建造,设备,按装,调试,治疗已全部科学流程化**

今后未来的小型质子治疗装置

+ 质子治疗有可能全部或大部取代X射线治疗
+ 放射治疗的大革命将来临

京津冀鲁晋放射物理专业组第二十二次学术会议

美国ProTom Radiance 330™紧凑型质子治疗装置

1.ProTom International 公司位于美国德克斯州的Fort Worth，成立于2007年，专门从事于用小型加速器开发出比常规质子治疗装置更小空间的质子治疗中心。和麻省Middleton的Bates MIT直线加速器中心的研究人员合作研发先进的治疗装置。

2,目前他们研制的下一代同步加速器技术方案是源自俄罗斯Lebedev物理研究所的专利，而ProTom掌有美国唯一的使用权. ProTom的质子治疗系统,除用这个下一代技术的加速器外，还具有能3维强度调制的铅笔束扫描。

3.新型的的治疗装置称为Radiance 330紧凑型质子治疗装置. **Radiance 330仅需很少的建筑面积，2个治疗室方案的占地面积少于一万平方英呎**,

4.这种价廉占地少的装置可满足多数没有能力建造大型治疗中心的中小医院使用。Radiance 330具有高度的模块化结构，可以用一个加速器支持多个治疗室的方案，需要分若干工期，逐步扩充形成

5. 至今还在研制中.

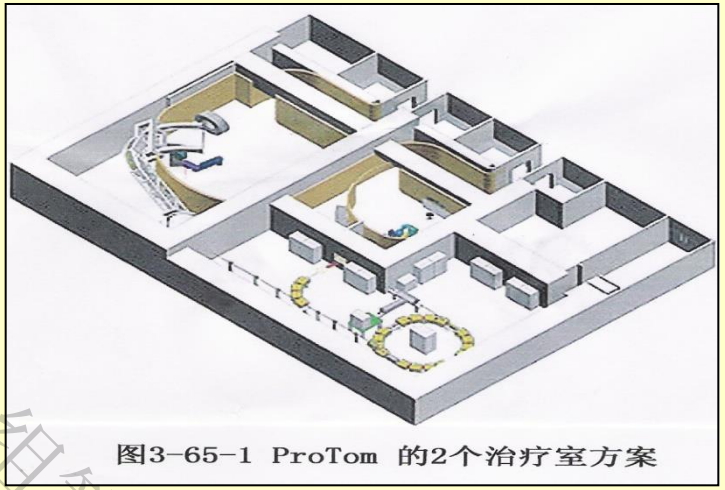


图3-65-1 ProTom 的2个治疗室方案

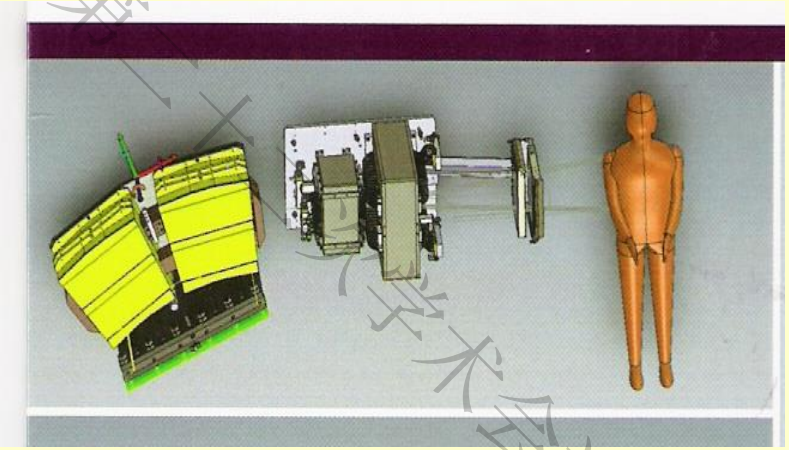
图3-65-2 ProTom 的同步加速器

Radiance 330™

Fidelity™ 束流扫描技术和新水平的图像措施

+ 新水平的图像措施
+ 1.ProTom 还开发出一种新的图像措施,即全球第一个开发出"用锥形束CT的图像"引导的质子治疗方法.此图像系统能提供3D位置验証和六维自由度的调节,也提供一对正交的二维的患者治疗定位和萤光显示.
+ 2.患者在治疗位置 时,ProTom还能用治疗束提供室内常规的CT图像.
+ 3.ProTom Tomography™ 系统还能进行质子照相,质子放射照相能直接测量停止功率,因此能在治疗计划计算中获得超高精度的终点量程.

+ Fidelity™ 束流扫描技术
+ 1.引出束流经二卦扫描磁鉄,再经过监示器直接对患者肿病痛扫描,非常简单.为了优化这个扫描治疗,专门开发了一个称为"Fidelity™束流扫描技术".
+ 2.此名称本身 的意思是可以使传递的治疗束流性能完全和治疗计划规定的性能拥相符.
+ 3.这个技术易将治疗束过渡到3D IMPT的要求.传递控制和安全系统能确保实际传递的和计划的剂量有很高的符合性.
+ 4.,新开发的Fidelity™ 束流扫描提供更高效的束流利用率,快速的治疗作业,低价格和更高质量的剂量分布.



京津冀鲁晋西放射物理专业组第二十六次学术会议

最早开发的Clinatron 250紧凑型质子治疗装置
（开发六年，失败告终）

1. 06年美国西雅图的瑞典癌症学院(SCI)计划采用新技术研制一台价值为22M美元的,"Clinatron 250"的紧凑型质子治疗系统,委托 Still River Systems公司进行研制.
2. 整个系统由一台超小迴旋加速器;一个旋转机架;一套质子传递系统;一个治疗床;一个放射图形的患者定位系统;一套质子治疗计划软件和一个治疗记录和验证系统所组成.是一台典型的单机房,单加速器,单旋转机架,单治疗室的小型质子治疗装置,可以装在一个小于250平方米的面积内,.
3. 该装置的旋转机架是一个180度角的半圆形柱体.一台由加速器和治疗头所组成的质子束铅笔扫描头,以患者为中心进行旋转.
4. 要将加速器,治疗头等功能部件装配固定在旋转机架的小空间内,.所用的功能部件要和过去常规系统上用的同功能部件有质的变化.加速器,采用麻省理工学院等离子体和裂变中心研制的超冷,超导,高磁场强度磁铁等,.类似的高科技零部件有很多,且大都属知识产权产品,
5. 至2010 年技术还未过关,2011年放棄

京津冀鲁晋质子物理专业组第二次会议

Monarch 250™ PBRT 紧凑型质子治疗装置

1.Still River Systems是一个私企公司，为大多数中小癌症中心设计一台单室，价格适中，实用而先进的Monarch 250 型PBRT 质子治疗系统；

2. 系统中包括一台迴旋加速器，一个质子束传递系统，一台患者控制治疗床，一台放射患者定位系统，一套质子治疗计划软件和一个和治疗记录和验证系统的连结口

3.。Monarch250型不但紧凑，并融合了当今放疗中几乎所有的先进技术，如机器人控制的患者定位床，专用的质子治疗计划软件，锥型束CT影像和运动管理专用软件等，从而受到了医疗界和癌症患者的极大欢迎，成为21世纪的具有革命性的放疗成就.

4. 公司已投资$100M美元来研制开发 这个Monarch250™ PBRT 系统,而今后的市场价格估计几十M美元，**在成批生产后能可能低于20M美元。**

5. Monarch250系统的核心是研制一个超导磁铁，2009年2月26日满额电流下能稳定工作，

6. 在2009年秋在Missour州St. Louis的Barnes Jewish医院按装,随后还在New Jersey的RobertWood Johnson University医院等不少医院定购使用.但至今还未应用.

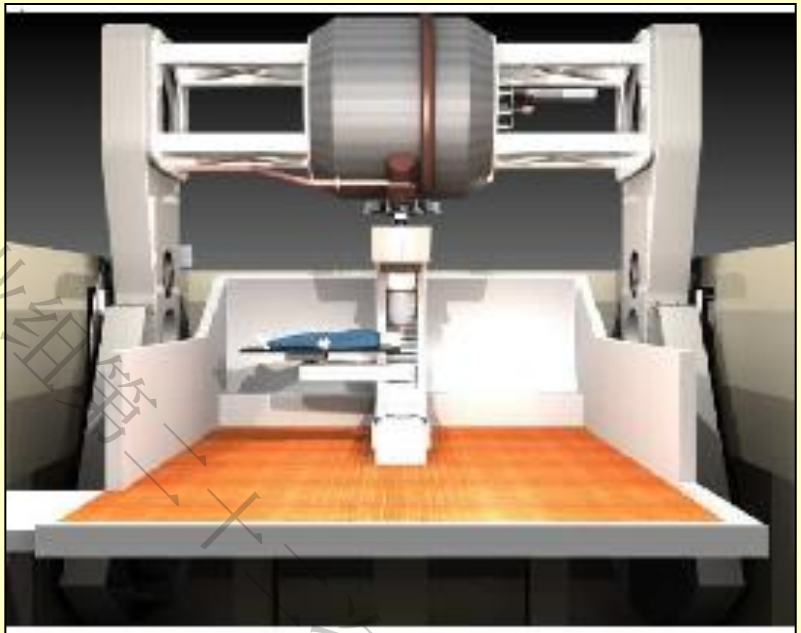


图 3-62-3Monarch 250™ PBRT 系统

京津冀鲁晋环境物理专业组第十十一次学术会议

MEVION S-250

的同步加速器型的回旋加速器

MEVION S250质子治疗系统的加速器

1.MEVION 250系统用一个十分紧凑的同步加速器型的回旋加速器，一般的回旋加速器的高频是固定频率，而同步型迴旋加速器的高频,为了补偿质子加速时的能量增益，频率随能量而变化。加速器有效的电磁结构几乎是球状.加速器体积和束流能量成倍反比，磁场提高，最终半径尺寸减少。

2 在M1T合作下，找出用Nb3Sn材料制作8T "TriNiobium Core™"的同步加速器型的回旋加速器超导磁铁方案，加速器引出能量还是固定值.最高能量可達250MeV,若将加速器能量降到230MeV时,则其价格(估计指超导铁部分而言)小于$2M，如果批量还可小于1.5M，

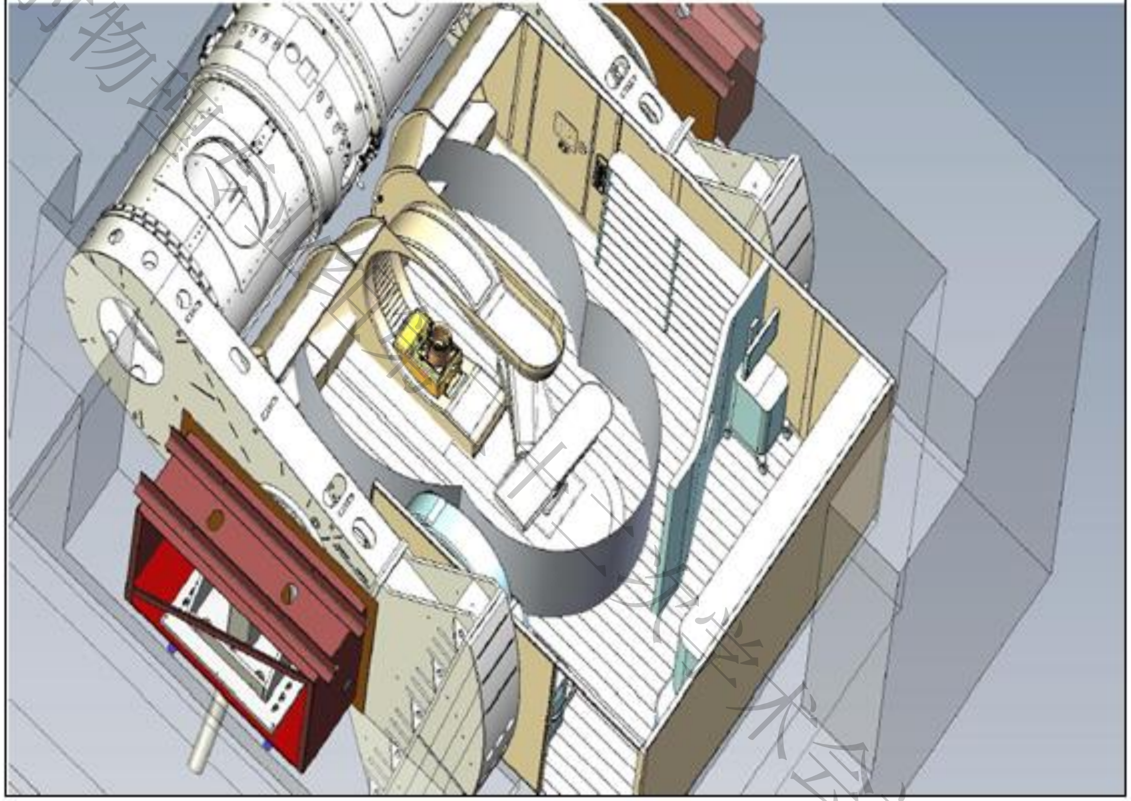
3.最大外直径1.6米，是目前世界上最小的高能医用回旋加速器。 加速器是直接装在旋转机架上，加速器随机架旋转，这样原来复杂的传输电子光学安排变得十分简单，还提高了性能。加速器引出束流可直接进入治疗头，直接打在患者肿瘤第中心点。

京津冀国家技术创新中心产业组第十次会议

MEVION S-250 的研制

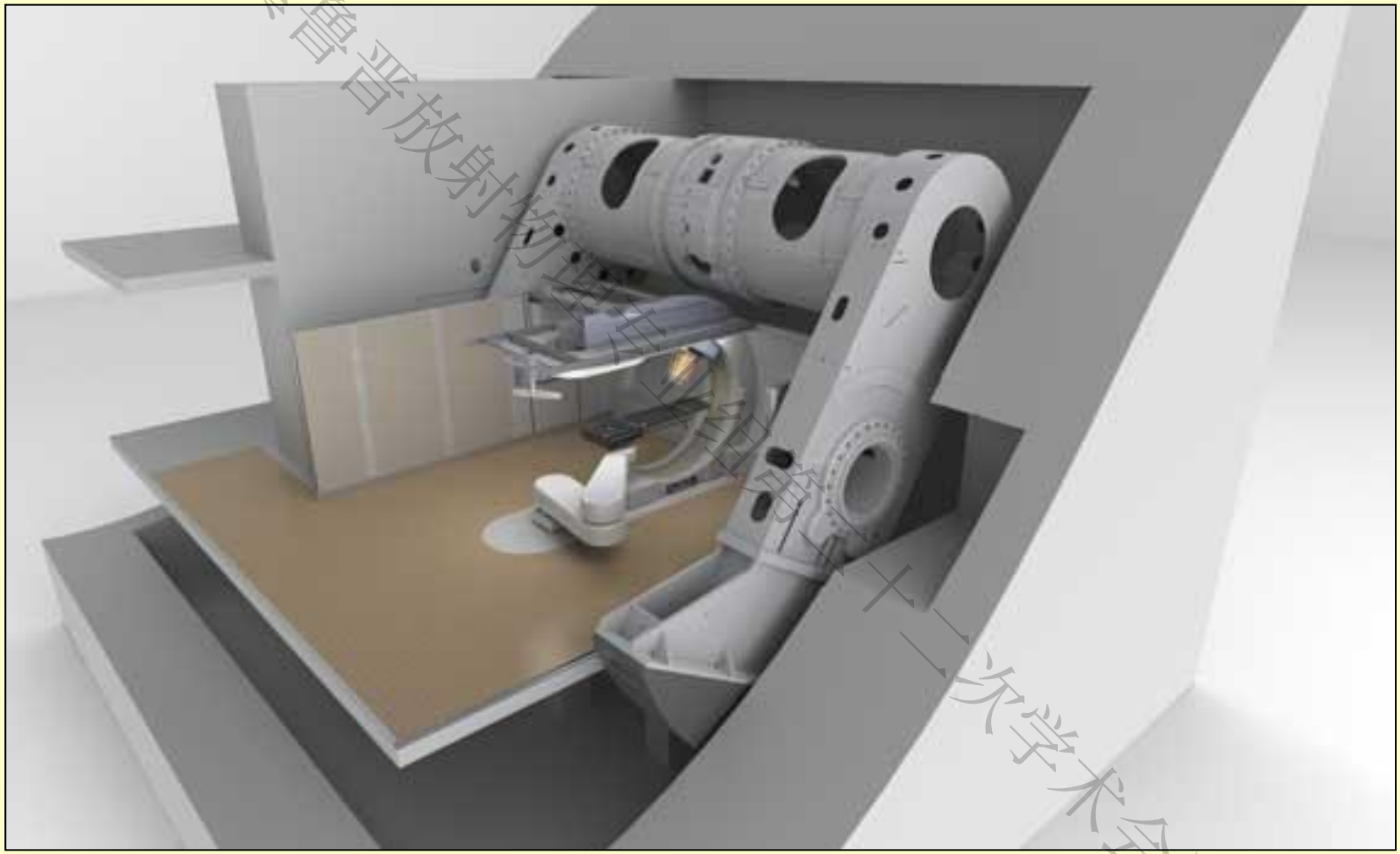
1. Still River的Monarch250型质子治疗系统 2009年到2010年的二年间,总调一直未成功,.2011年才总调成功]
2. 为了便于将此系统成批生产和市场化,董事会决定将Still River system 公司改名为Mevion Medical Systems, Inc. 并将原"Monarch250型质子治疗系统"改名为"MEVION S250型质子治疗系统.
3. 2011年5月MEVION公司宣布将第一台Monarch250型质子治疗系统提供给Barnes Jewish医院和 Washington 大学医学院的Siteman癌症中心的S. Lee Kling 质子治疗中心.
4. 2011年10月所有装备运到现场,2012年初按装,并己调出250MeV的质子束. 计划在建造完工后,即进行总体调试
5. .另外还有二台将按装在NJ州New Brunswick市的Robert Wood Johnson大学医院 和OK州Oklahoma市的Oklahoma 大学,这二台也都计划在2012年内完工.
5. 2012 年3月Mevion Medical Systems 接到欧盟对"MEVION S250型质子治疗系统"的CE 市场认证

Monarch-250 Rooms' Eye View



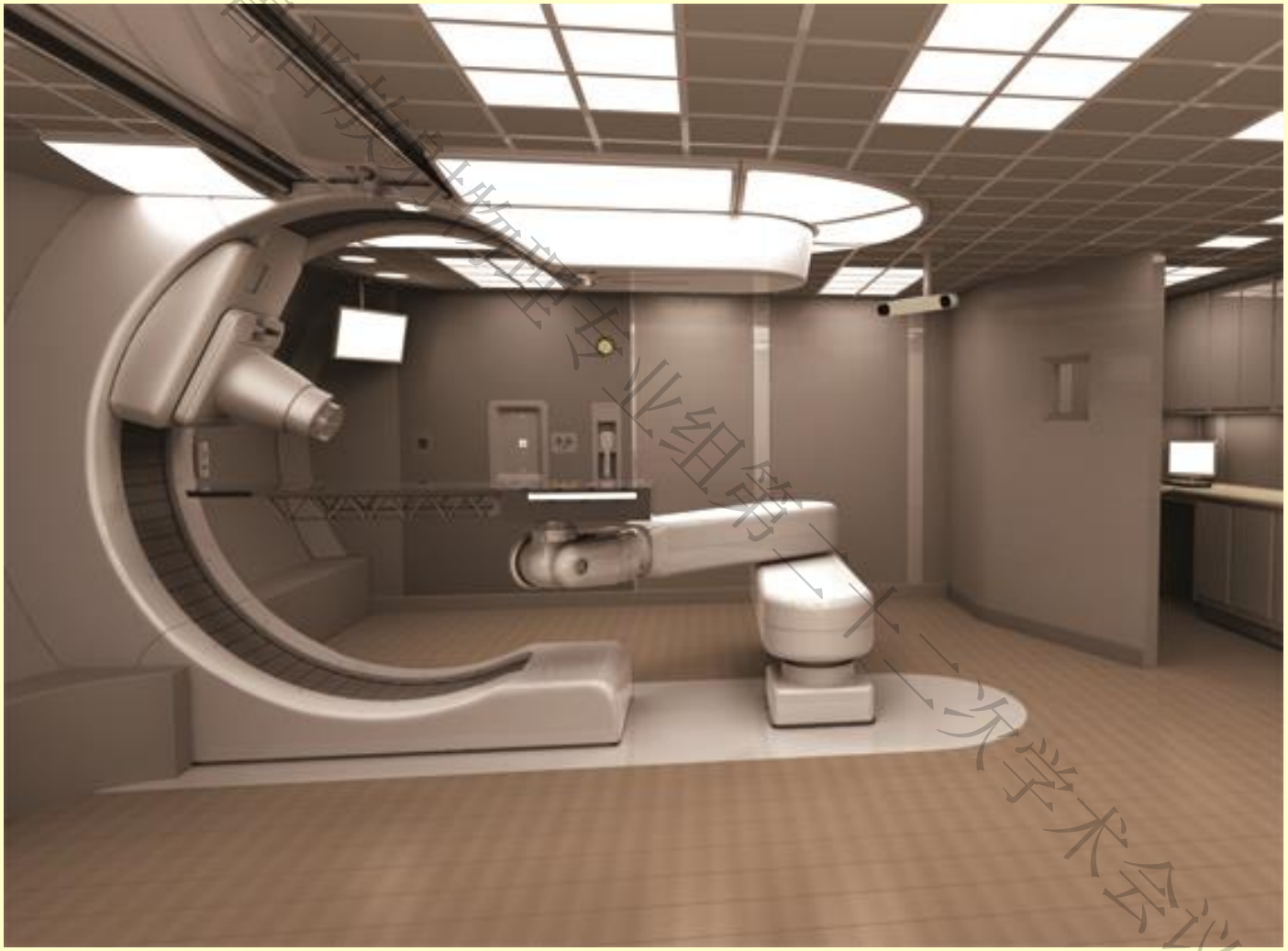
京津冀鲁晋放射物理学术会议

MEVION S-250的结构



京津冀鲁晋放射物理学组第十二次学术会议

MEVION S-250系统治疗室



京津冀鲁豫六省市物理专业组第二十二次学术会议

介质壁型加速器(DWA)小型质子治疗装置

1. 原则上,若能设计比当前使用的更小型的新型加速器、就能研制出更小型的质子治疗装置.
2. 美国加州劳伦斯Livermore武器实验室,研制出一种在一米长的介质壁加速管内,能将电子加速到一百万电子伏的新技术,若采用一个二米长的介质壁加速管,能将质子加速到能治疗体内深部的各种肿瘤的能量值。
3. 这项称为"介质壁加速器(dielectric wall accelerator (DWA)."的军用成果,07年3月首先由LLNL和加州大学签订合同,通过此合同再发给美国Tomotherapy公司许可证,允许该公司合法利用DWA成果于民用开发.
4. Tomotherapy公司要求这台质子治疗装置既要符合标准放射治疗的规范,**其价格要少于20M美元.** 此介质壁加速器能在治疗过程中改变质子束流的能量,强度和截面,从而能进行当代最先进模式的质子治疗,调强质子放疗(IMPT)

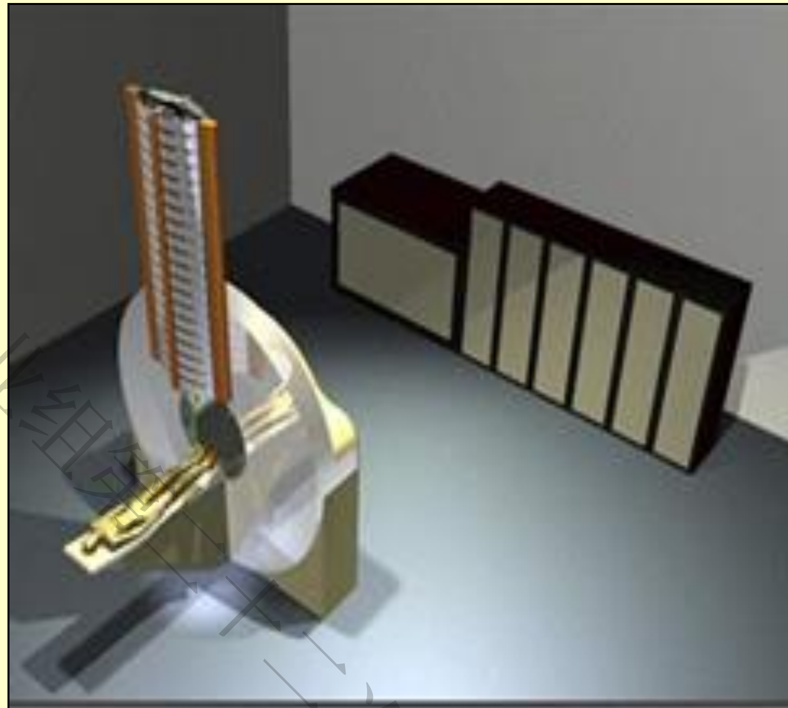


图 3-63 介质壁加速器外形示意图

2013年已建和在建的质子治疗中心

1. 2013年已建和在建的质子治疗中心

美国已建	UCSF-CNL, Loma Linda (LLUMC), Bloomington(MPRI, 2), Boston(NPTC), Houston(MD Anderson), Jacksonville(UFPTI), Philadelpia (Upenn) , CDH Warrenville, Hampton(HUPTI), Oklahoma Procure,	10
美国在建	Scripps, San Diego, Dallas, Univer. Taxas, Georigia, Univer. Emory, Maryland, Univer. Maryland, Mayo, Minnesota, Mayo, Rochester, 田纳西州儿科医院, Knoxville ,Tennessee, Texas center ,Dallas, McLaren MPTC, New-jensey health center, S.Lee King proton therapy center, Robert-wood Johnson, SCCA,Seattle, Long Beach center, UH Seidman,ohio, First Coast center, Washington cancer center, MDAnderson,Orlanda, South-west center, Willis-knighton, Louisiana,	21
日本已建	NCC, 筑波大学, 静岗, 若狭湾, 南东北, 名古屋 加 chiba , hyogo, tosu	9
日本在建	鹿儿岛, 福井, 相泽, 北海道, 冈山(Okayama) 加 神奈川,	6
欧洲已建	-catterbridge (英), Nice,Orsay(法), RTPC,HMI(德), Catania (意), 波兰, ITEP, Dubna, Stpetersburg(俄); PSI (瑞士), UPPsala (瑞典) , Essen(德).;	11
欧洲在建	slovak CCSR, Slovak,CMHPTC, PTC,Prague	3
亚洲已建	南韓; 万杰	2
亚洲在建	台湾长庚,台湾基督教医院,台湾台大,香港养和,中日医院,广州,首尔三星	7
	总计	69

2013年已建和在建的碳重离子治疗中心

2.2013年已建和在建的碳重离子治疗中心

日本已建	Chiba 1994, Hyogo2001, Gumma 2010, tosu2013；	4
日本在建	神奈川県(Kanagowa)	1
欧洲已建	Heidelburg (德2010)； Pavia (意大利2013)；	2
欧洲在建	-LYON (法2015), Wiener Neustadt (奥地利 2015)；	2
亜洲已建	中国近物所兰	1
亜洲在建	中国兰州,上海重离子所,甘肃武威	3
	总计	13

京津冀鲁晋放射物理专业组第二十二次学术会议

全球至今的治疗患者数

下表是 PTCOG 统计的全球到 2013 年初的治疗患者数

	质子	碳重离子	氦	pions	其他
已停运装置治疗人数	15763	440	2045	1100	433
现运行装置治疗人数	78132	10316			
总共治疗人数	93895	10756			

全球粒子治疗人数　　108238（至 2012 年 12 月）

质子治疗人数和碳离子治疗人数的比值=93895/10756=8.7 即

原则二；当前的质子治疗病人数应是碳离子治疗病人数的 8 倍以上
即需质子治疗中心的患者人数为碳重离子治疗中心的 8 培左右

京津冀鲁晋区物理专业组第二十二次学术会议

2017-2030 年全球的质子治疗中心的预测

(2) 2017-2030 年全球的质子治疗中心的预测

A. 根据美国 RNCOS(美国市场研究公司，一个设在印度的全球性研究机构，专作美国医疗保健 IT 市场报告分析）的 “US Proton Therapy Outlook 2017” 一文预测，美国在 2017 年投资 11.7 亿美元要建造 27 台质子治疗中心，

B. 美国MEDraysintell(美国的一个咨询公司，专门为从事医用放射工业有关公司提供市场分析等情报). **在2013年9月10发表新闻稿，指出完成” new Proton Therapy World Market Report Edition 2013.”**，一文，在该文中指出：

1. 2012 年全球共有110个质子治疗室，
2. **2013年9月有43个质子治疗中心，121个治疗室**（平均每个中心2.8个治疗室毫）-相当0.9%全球的常规放疗系统
3. 从1990到2013-8，质子治疗室由8个增加到121个，**年增加13%**
4. 预测：若以年增加10% 2018 年 300个治疗室 比 2012年增加3倍
5. 2030年全球的质子治疗中心的预测

预测：若以年增加10% 2030年，25亿美元，拥1000个治疗室

预测：**若以年增加14% 2030年，50亿美元，拥1500个治疗室**

（相当 12%全球的常规放疗系统）

京津冀鲁晋豫蒙辽第十一次学术会议

中国质子治疗之现状

+ 堂堂世界GDP NO.2中华大国，
+ 十多亿人口和几十亿足球开支
+ 培养出一批足协贪官，教练和球员
+ 上亿癌症患者等医疗，至个没处质子治疗
+ 小小南韓有三个，中国15年努力还是一个蛋
+ 中国足球和质子治疗真是二个宝
+ 难兄难弟都在等待党和领导的零突破命令
+ 实现一个冲出亚洲，一个引入中国

京津冀鲁晋放射物理学组第二十次学术会议

京津冀鲁晋放射物理专业组第二十二次学术会议

报告完