

加速器建筑结构

A. H. 科馬罗夫斯基著

王 掖 虹 譯

中国工业出版社

加速器建筑结构

工程科学博士、教授

A. H. 科馬罗夫斯基 著

王掖虹 译

中国工业出版社

本书蒐集了苏联及其他国家带电粒子加速器装置建造的文獻及設計資料，并且分类地进行了分析。

本书可供設計加速器裝置的工程技術人員以及有关高等学校高年級学生研究加速器建筑結構作參考。

А. Н. Комаровский

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ
УСКОРИТЕЛЕЙ

Государственное издательство

“высшая школа”

Москва—1961

加 速 器 建 筑 結 构

王掖虹 譯

中国科学院原子核科学委员会編輯委员会編輯

中国工业出版社出版 (北京修頓路 10 号)

北京市書刊出版事業許可證出字第 110 号)

北京市印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发 各地新华书店經售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ • 印張 $8^{1/16}$ • 插頁 1 • 字數 117,000

1963 年 5 月北京第一版 • 1963 年 5 月北京第一次印刷

印數 0001—1660 • 定价 (11—8) 1.00 元

統一書号: 15165, 1754(核委-24)

作者序言

带电粒子加速器是研究现代原子核物理学最有效的工具之一。借助这种加速器所取得成就的重大影响就是促进苏联和其他国家的各个科学研究所、实验室、学校等广泛地建造加速器装置的主要因素。

由于缺乏这种复杂工程建筑结构的設計文献，这就促使作者必須首先对这方面不完整的参考文献及設計資料进行蒐集、有系統地整理，并对它們加以某些分析。

由于在設計和建造这种加速器方面的經驗还比較少，以及已建成的这种装置的数量也是有限的，因此要将它們的建筑結構完全按某种类型分类或統一标准化，为时尚有些过早。但是，現在作者除了将大部分已建成的、正在建造和設計中的加速器进行有系統的整理和加以叙述以外，而且已有可能将某些总的原則制定出来。

本书可供設計加速器裝置的工程师，以及各高等学校中研究加速器建筑結構的高年級学生参考用。

本书是莫斯科B. B. 古比雪夫建筑工程学院于1958年至1961年間建筑課程的一部分。

目 录

作者序言

一 加速器建筑物的场址选择	1
二 加速器建筑物平面布置的基本条件	4
三 加速器设备的地基及其沉降	90
四 加速器主要设备的基础	99
五 加速器建筑物内的防护墙和楼板	120
六 加速器建筑物的埋置深度及其防护培土	145
七 砌块在建筑加速器生物防护层中的应用	147
八 加速器各个主要室的内部装饰工程。地坪	151
九 加速器各个室防护墙中的门	153
附录	154
参考文献	157

一 加速器建筑物的场址选择

对大型加速器，特别是环形加速器的建筑物来说，建筑场址的选择是一个复杂的问题。它通常都要由若干个为此目的而经过专门选择的场址质量的比较和研究结果来确定。

选择加速器建筑物的场址时，必须考虑到如下条件：

1. 保证加速器的地基具有足够的均质性和稳定性的地质条件（见第三章）。

2. 没有地震现象，无论如何也不能有强度超过3—4级以上的地震或震动，这点对于强聚焦的环形加速器来说特别重要。

在选择加速器的场址时，上述两个条件往往又是互相矛盾的，因为可以选为地基用的火山成因的坚固的岩石地块，在很多情况下都位于具有显著地震振动的地区（如苏联的马拉尔、西伯利亚、高加索和喀尔巴阡山脉等地区）。因此，最适合做强聚焦加速器建筑物的地基的应该是位于苏联中部无地震地区的相当坚固的沉积岩：即石灰岩、白垩沉积层和砂岩。

3. 接近水平面的平坦地面（甚至对加速器的主要建筑物的地基而言），最低限度地缩减场地平整的工作量。

在某些情况下布置加速器时，甚至也可以成功地利用对周围地区有防止辐射的天然屏蔽的地形，在这样的情况下，可以缩减防护墙的体积，有时还可以完全不需要修筑防护墙。可以列举下面一些建筑物作为实例：

a) 美国布鲁克海文国立实验室的30亿电子伏的同步稳相加速器(Космотрон)是建造在一个小山上的，小山的斜坡刚好对着各个实验室的建筑物。主厅地坪的埋置深度低于小山上的地表面0.9米^[1]；

б) 美国加利福尼亚国立辐射实验室(伯克利)的62.5亿

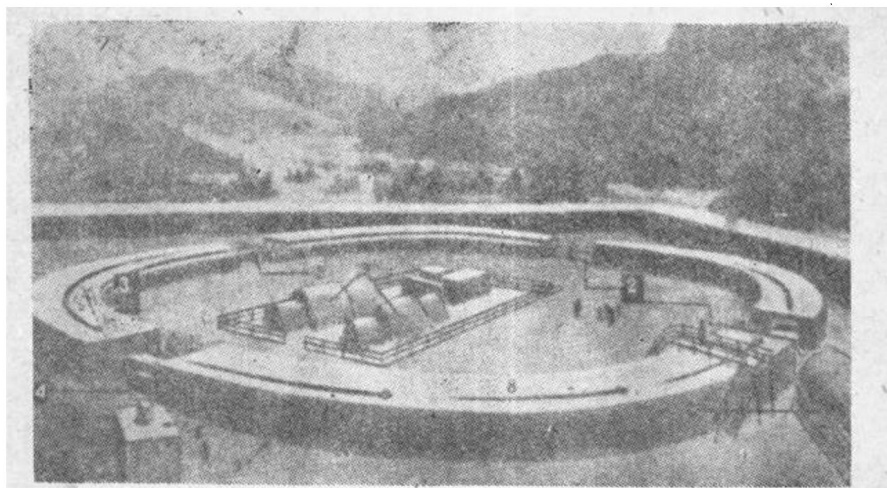


图 1 美国加利福尼亚国立辐射实验室（伯克利）的
62.5 亿电子伏同步稳相加速器的全视图。

（原始设计）：

- 1—范德格拉夫静电加速器；2—真空室的直线部分；3—靶；4—从
靶中引出来的中子束；5—真空泵；6—威尔逊云雾室；7—振荡器；
8—质子轨道；9—环形磁铁

电子伏同步稳相加速器(Беватрон)是建造在四周被高大的而无人居住的丘陵所包围起来的盆地内，这些丘陵对附近的居民点来说便是防止加速器辐射的天然屏蔽层(见图1)^[2,3]；

в) 建造在康姆帕斯(Компас)河岸峡谷内的美国罗彻斯特的 250 兆电子伏的稳相加速器(Фазотрон)。

4. 应该选择没有建筑物的场区或者至少是从场区内拆迁原有建筑物的工作简便和费用不大。

5. 最好是在直接邻近加速器的周围没有居住建筑物或生产厂房，因为尽管设有生物防护层，但是还应考虑到加速器辐射对人体将引起某种危害的可能性。

6. 具有加速器工作时所必需的，和带有稳定参数(首先是电压和频率)的电源，并考虑敷设加速器各机组供电线路的方便条件。

必须考虑到加速器工作时所需要的比较更多的电能。例如，

联合原子核研究所(苏联,杜布納)的100 亿电子伏(10 БэВ^①)的同步稳相加速器工作时,需要从外部电源获得的电能約为15000瓩。

7. 具有保証各机組冷却系統用水量的,以及其他生活和生产需要的可靠的給水水源。

8. 所选择場址的区域应比实际需要的大些,因为将来可能靠建造輔助性附属建筑物和某些厂房来扩建加速器的建筑群。

① 表示加速器能量的通用符号: МэВ——兆电子伏(或百万电子伏); БэВ——10 亿电子伏; эВ——每一个电子通过电位差为1 个伏特时所获得的能量。

二 加速器建筑物平面布置的基本条件*

总 則

現在，当世界上已建成的巨型原子核加速器仅有几十座的时候，而且它們的主厂房和輔助厂房的平面布置方案又是很不一致，并且还没有各种平面布置方案的技术經濟分析和比較的时候，对各种类型和不同能量的加速器装置提出立体平面布置的某种标准方案为时尚早。因此，下面所列举的亦仅仅是根据在設計許多加速器的实践过程中所制定出来的某些总的原則，这些总的原則可以帮助設計人員在考虑加速器的不同地区条件、类型和能量的情况下找到正确的布置方案。

将技术室、實驗室、办公室和生活福利室与主要装置分开(如在原子核反应堆建筑物內一样)是不适宜的，因为在加速器的建筑物內沒有放射性微尘沾污室內的危險，而且也沒有放射性元素分散事故的可能性。由于被加速的高能粒子所要通过的磁铁大厅和實驗大厅，通常都具有足够的生物防护层，因此完全允許上述所有各个室直接与这两个大厅相連。

但是，就苏联某些已建成的大型加速器來說，装有电动发电机和其他主要电气设备的机械厅都設置在各个单独建筑物內，这些建筑物与加速器主要建筑物的距离如下：680 兆电子伏的同步廻旋加速器(在杜布納)为 420 米；100 亿电子伏的同步穩相加速器(在杜布納)为 100 米(除电动发电机外，在这些独立的建筑物內还設置有操纵台、高频設備、某些實驗室以及行政办公室)；70 亿电子伏的同步穩相加速器(在莫斯科)为 30 米左右。

各个机器大厅与加速器主要建筑物有一定距离的布置方案，

* 本章中有一部分資料是利用舒金(В. П. Шукин)建筑师所收集的。

曾經是不必要地耽心（至少是在前两个正在運轉的加速器內）在这些大厅內工作的人員受到加速器輻射的影响，以及主要設備和加速器的建筑結構受到电动发电机的振动影响。現在已經証明，这些耽心是沒有根据的，而且完全可以将电动发电机放置在与加速器主要建筑物直接相連的附属建筑物內，并且証明这种做法也是合理的。此外，还可以在电动发电机的基础下面鋪設減震的砂垫层，作为防止震动的附加措施。

在許多环形加速器內，例如在英国劍橋大学的电子加速器（图2）^[3]內，机器大厅是布置在磁鉄圈內被絕緣起来的建筑物內的。

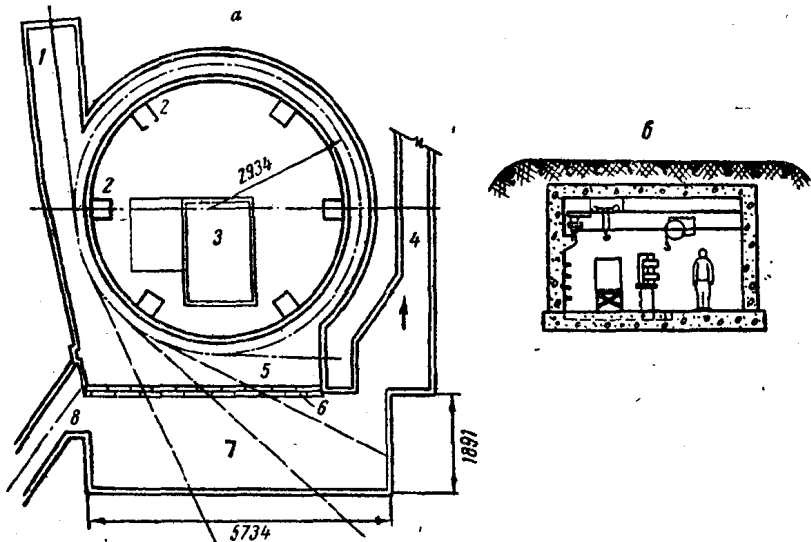


图 2 英国劍橋大学的 60 亿电子伏的电子加速器：
 a—建筑物的示意图；b—磁鉄隧道的横截面；
 1—注射器；2—机械房；3—动力站；4—出口；5—靶厅；6—
 防护墙；7—实验大厅；8—新实验室的入口

有些設計人員表示不同意将加速器裝置的所有房間或大部分房間都联合布置在同一个厂房內。根据它們的意見是，因为在这种情况下，整个建筑結構将由于建筑物具有許多不同尺寸和形式的相互連接的部分而显得十分笨重；此外，要給整个結構找出比

較好的建筑外貌以及解决建筑物各个不同高度部分的屋面与牆壁連接的問題也都有一定的困难。另外，在各个技术室、維修室、生活室以及其他室直接与磁鉄大厅和实验大厅相連接的情况下，还可能产生建筑附加防护牆的必要性。

这样的設計人員认为，圓形建筑物与矩形附属建筑物的結合便要引起某种結構上的复杂性，因此巨型加速器的設備，首先是环形加速器的設備應該布置在若干个独立的建筑物內，而不应設置在同一个厂房內。他們并且建議在許多情况下可以用通过地道或架空保溫通廊的办法將輔助裝置的建筑物和各个實驗室与加速器的主要建筑物連接起来。

根据对現有的和計劃建造中的加速器建筑物的設計分析，其中亦包括对巨型环形加速器裝置的設計分析，都証实了上述反对將大部分房間联合布置在同一个厂房內的意見是論据不足的。

可以証实联合布置方案合理性的結論有如下几点：

1. 將大部分房間联合布置在 同一个厂房內 可以大大地节约用地面积和牆壁的体积（即建筑材料得到了节约）。因为許多房間的牆壁可以作成共用的，同时还可以將主厅的防护牆当作隔牆和承重牆来利用。

2. 因为磁鉄大厅、实验大厅、以及注射器大厅都有防护牆，其他房間与这些大厅相連接时，一般不会增加防护牆的体积。在个别情况下，这种建筑体积也可能有某些增加；但是对整个建筑物的牆壁和基础的面积來說还是节约的。

3. 各个建筑物的联合布置方案 可以大量地縮減 电纜和各种管道的消耗量，以及电能的損耗。最显著的是縮減了加速器裝置所占用的場址总面积，因而也就减少了厂区 場地平整、綠化設施、修筑道路以及内部管道等工程費用。

4. 各个建筑物的联合布置方案 排除了修筑联合地道、通廊和走廊的必要性，并且簡化了加速器的操作条件。

5. 正确地連接各个屋面和設置 不同高度的邻 接建筑物的雨水排水管，对建筑工作者來說原是一个最基本的建筑任务，因此无

論如何也不能成为反对建筑物联合布置方案的理由。

6. 加速器装置和它們的建筑物綜合体是一种具有科学研究性质的特殊工程，一般地說，它們最好設置在城市建筑群以外。因而，这些建筑物的建筑形式問題也不可能高于合理的工程方案，尽管在联合布置的条件下也完全可以建造出具有令人十分满意的建筑形式的建筑物来。可以作为这样例子的，如苏联科学院理論和实验物理研究所 (ИТЭФ АН СССР) 的 70 亿电子伏同步稳相加速器的建筑物 (图 3) 和联合原子核研究所 (ОИЯИ) 的 680 兆电子伏同步迴旋加速器的建筑物 (杜布納) (图 4)。

在肯定了加速器装置的所有房間都布置在同一个厂房內是合理的同时，还必须考虑到以下的情況：即是当环形磁鉄大厅的位

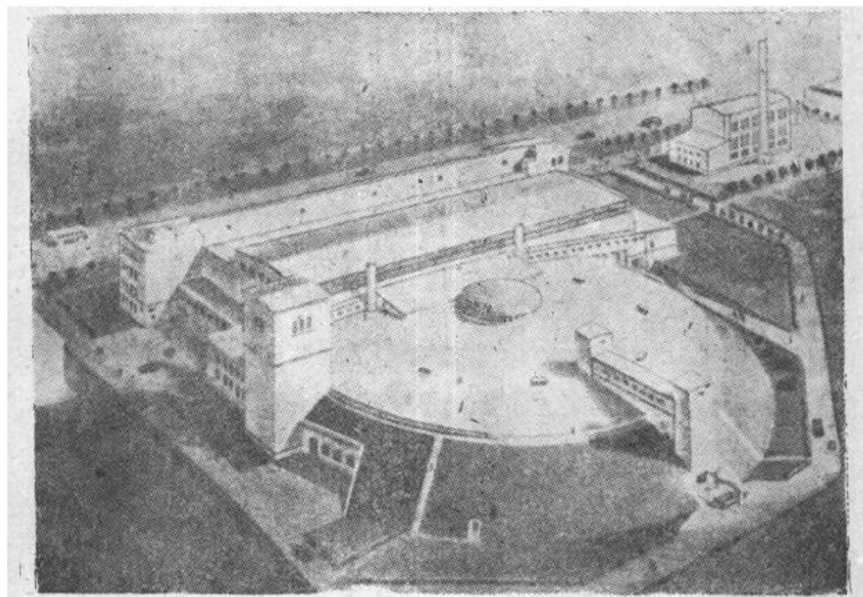


图 3 苏联科学院理論和实验物理研究所 (莫斯科)
的 70 亿电子伏同步稳相加速器。
建筑物的全视图

置低于地面或是一部分被埋設在地下和地面以上的部分及其周圍复有培土，以及装置的各个房間与这种磁鉄大厅相連接时，并没有縮减牆壁的体积；此外，由于各个建筑物基础的水平面不一致，

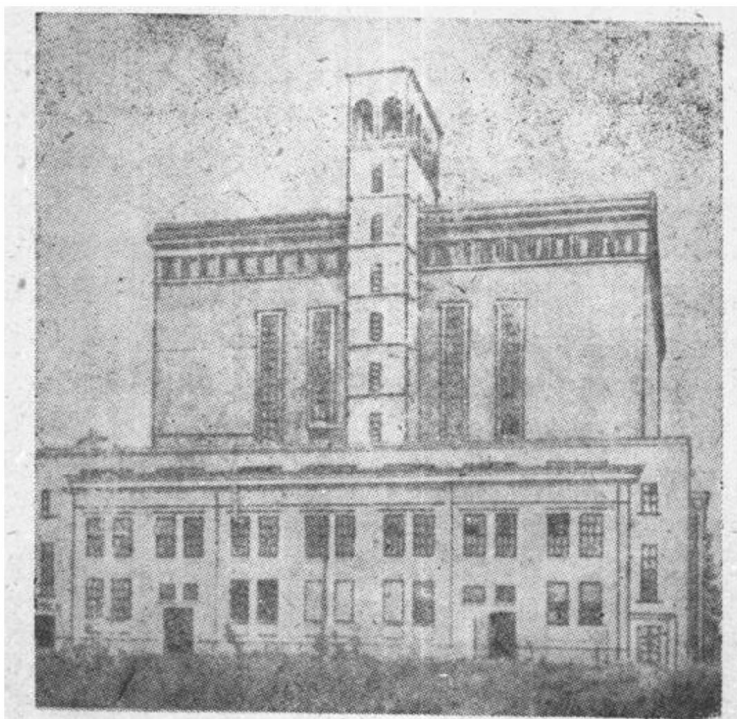


图 4 联合原子核研究所（杜布納）的 680 兆电子伏的同步
迴旋加速器。建筑物的全视图

因此与磁铁大厅相連接的各个建筑物基础的建筑問題从工程方面来说是复杂化了。在这些情况下，只有那些在工艺方面与磁铁大厅有密切联系的各个工艺室（如实验大厅、注射器室、通风室）与磁铁大厅直接相連接才是合理的。其他各个房間可以布置在培土范围以外的独立的同一个或若干个建筑物内，但是应尽可能地靠近磁铁大厅和实验大厅，并且用适当的通道将它们連接起来。因此，这种装置就变成了一个由許多互相联系起来的建筑物的综合体。采取这种方案的，例如有：欧洲原子核研究所(CERN)①的 250 亿电子伏的同步稳相加速器（瑞士）（图 5）^[4,5,6]，以及苏联

① CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire)——Институт «Европейской организации ядерных исследований».

的500—600亿电子伏的同步稳相加速器(图6及图7)。

某些服务性建筑物以及生活福利建筑物,例如锅炉房和食堂等,在任何情况下都应该设置在独立的建筑物内。

环形加速器通常都设置在平面图上成圆形外廓的建筑物内,建筑物的外墙沿磁铁圈轴线布置。但是当磁铁圈的直径很小时,为了简化环形加速器建筑物的结构起见,有时可以将它们布置在平面图上成矩形的建筑物内,并且应该特别注意充分地利用这种建筑物所形成的自由角地区。

可以作为这种方案实例的,例如美国布鲁克海文国立实验室的30亿电子伏的同步稳相加速器(其环形真空室的直径为23米左右)(图8),以及意大利国立实验室(弗腊斯卡提,距罗马15公里)的10亿电子伏的同步回旋加速器(其环形真空室的直径为7.2米)(图9)。它们都是设置在矩形大厅内的^[7]。

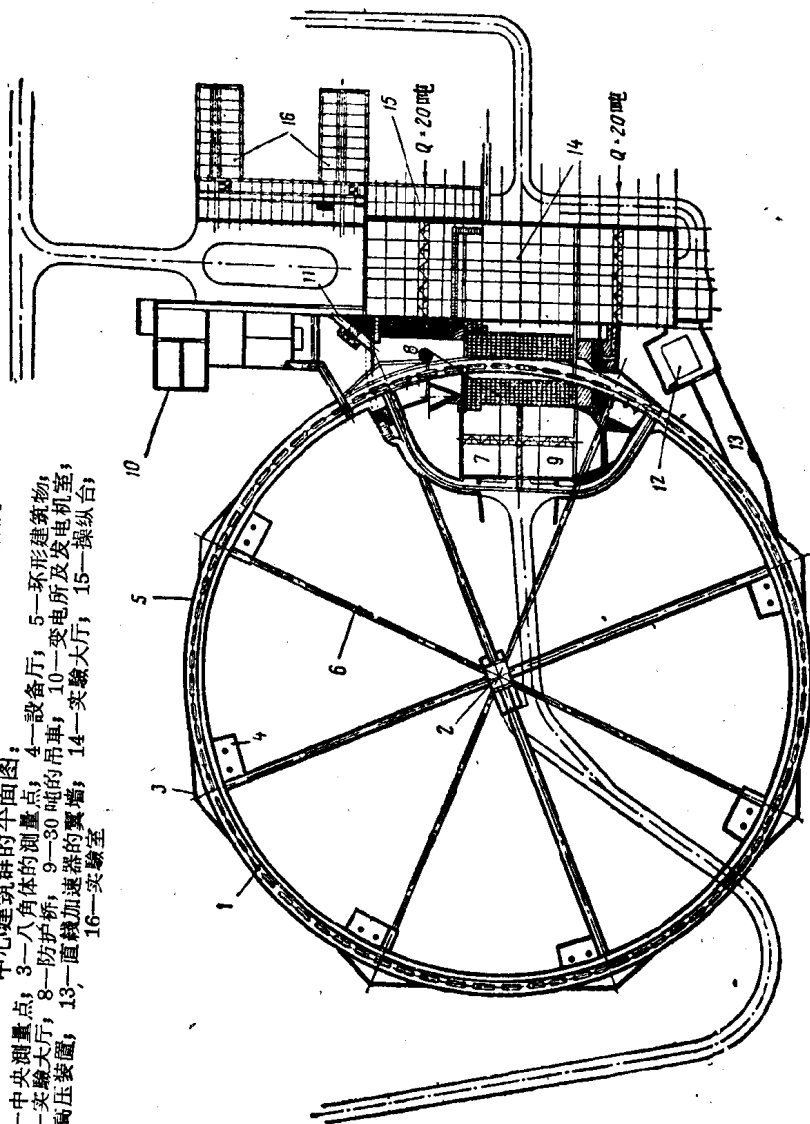
一般地说,在那里面设置有主要照射装置和实验装置的建筑物的外围都筑有防护墙;而且这些防护墙的高度大大地超过了与该建筑物相邻接的高自一层至四层的附属建筑物(内设有技术室、实验室、办公室和生活室等)。在环形加速器内,环形磁铁大厅的主要附属建筑物(内有试验室、操纵室、实验室和其他各室等)可以设置在环形圈的一个区段内。这种附属建筑物的纵轴线通常与环形圈的切线相平行。注射器室及通风设备室可以设置在其他各个区段上,与环形磁铁大厅相连接(参见图1、2、3、5、6、7)。

加速器主要环形建筑物的附属建筑物可以建筑成在平面图上呈矩形的,也可建筑成圆弧形的。并且附属建筑物的纵墙应筑成与磁铁大厅成同心圆的圆弧状,而端墙则设置成辐射状。采取第一种方案(矩形附属建筑物)的,如莫斯科的70亿电子伏同步稳相加速器的建筑物(参见图3和图10),欧洲原子核研究所的250亿电子伏同步稳相加速器(参见图5),剑桥大学的电子加速器(参见图2)和苏联正在设计的500—600亿电子伏的同步稳相加速器(参见图6及图7);采取第二种方案(圆弧形附属建筑物)的,如杜布

图 5 欧洲原子核研究所(瑞士)的 250 亿电子伏的同步稳相加速器。

中心建筑群的平面图:

- 1—磁鉄元件, 2—中央測量点, 3—入角体的測量点, 4—設備厅, 5—环形建筑物, 6—徑向通廊, 7—实验大厅, 8—防护桥, 9—30吨的吊車, 10—变电所及发电機室, 11—入口, 12—高压装置, 13—直綫加速器的翼端, 14—实验大厅, 15—操縱台, 16—实验室。



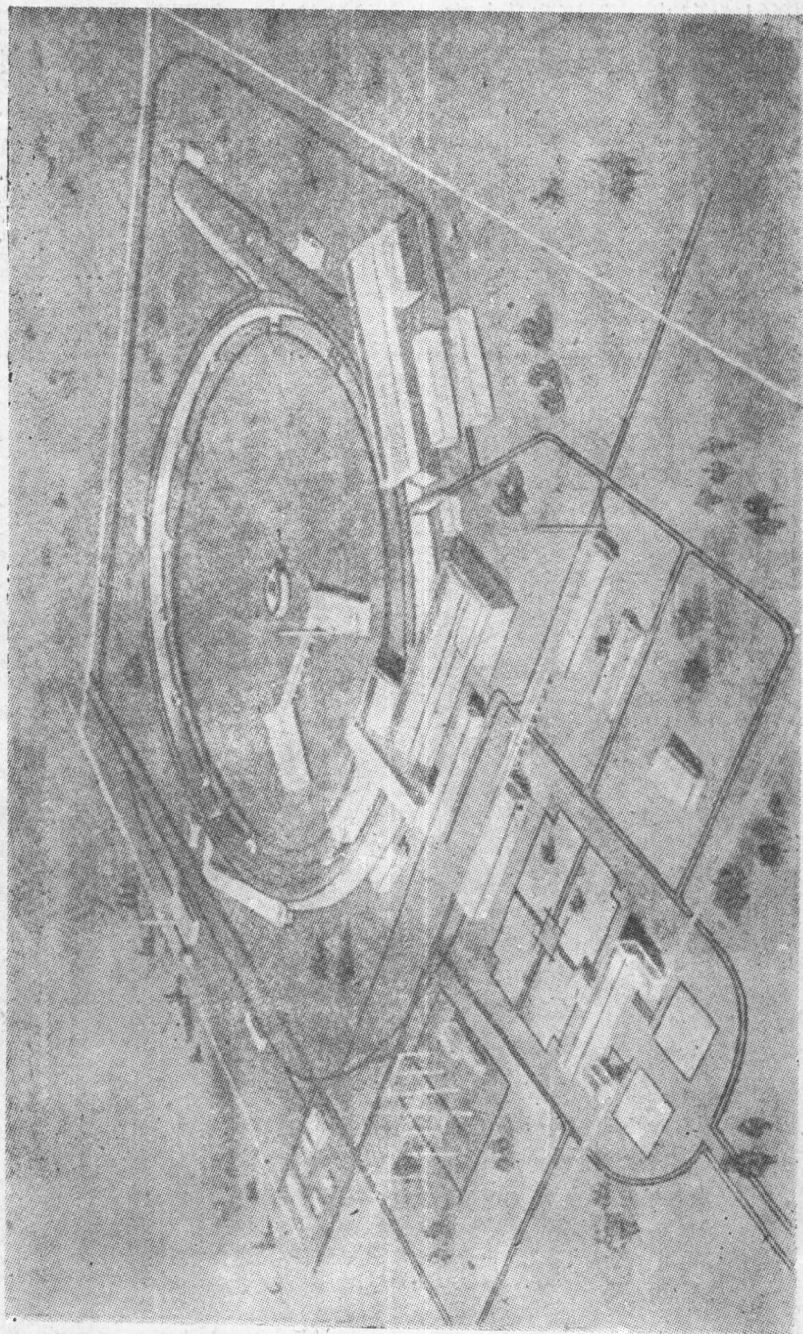


图 6 500—600 亿电子伏的同步相加速器(苏联设计)。厂区全视图

納的 100 亿电子伏同步稳相加速器的建筑物 (參见图 11、12、13) 和列宁格勒工程物理研究所的 10 亿电子伏的迴旋加速器 (參见图 14 及图 15)。

虽然采取圓弧形附属建筑物的方案可以保证更好地利用其建筑面积, 并且与建筑物主要圓形部分的结构连接亦更加方便。但是它也有缺点, 就是在这种附属建筑物中不可避免地要采用非标

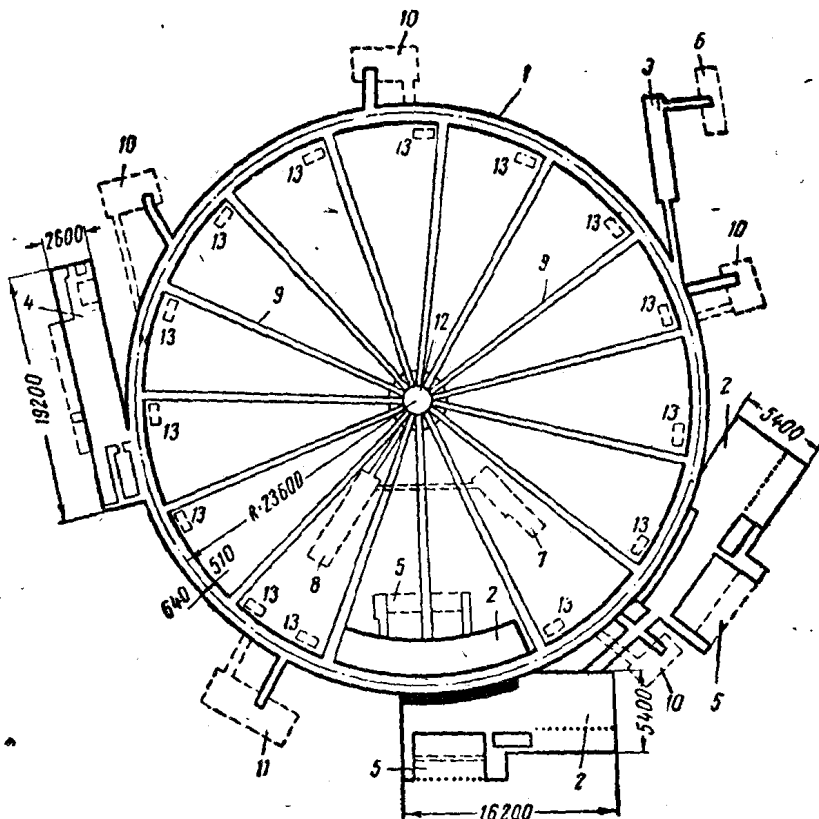


图 7 500—600 亿电子伏的同步稳相加速器
(苏联设计)。中心建筑群的平面示意图:

1—环形隧道; 2、3—实验大厅; 4—直线加速器; 5—实验室; 6—实验室及实验大厅的辅助系统; 7—进气通风中心; 8—操纵台和无线电设备大厅; 9—大地测量线及管道的隧道; 10—排气通风室; 11—排气通风室及蒸馏室; 12—基准点建筑物; 13—预备真空系统