

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C04B 14/36

C04B 28/02 G21F 1/04

//(C04B28/02, 14:

34, 14:36)

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99809934.1

[43] 公开日 2001 年 9 月 26 日

[11] 公开号 CN 1314874A

[22] 申请日 1999.8.11 [21] 申请号 99809934.1

[30] 优先权

[32] 1998.8.21 [33] DE [31] 19838134.4

[86] 国际申请 PCT/DE99/02499 1999.8.11

[87] 国际公布 WO00/10935 德 2000.3.2

[85] 进入国家阶段日期 2001.2.21

[71] 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 迪特尔·范沃

[74] 专利代理机构 柳沈知识产权律师事务所

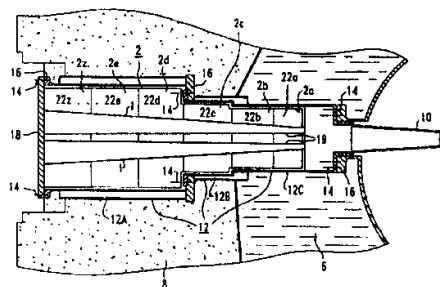
代理人 侯宇

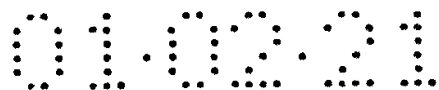
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图页数 1 页

[54] 发明名称 防辐射混凝土和防辐射外壳

[57] 摘要

为了达到尽可能大的吸热和吸收射线的屏蔽效果,按照本发明,防辐射外壳(2)具有一个壁面区(2a至2z),它由一种具有粒度达1mm的第一种含硼填料和粒度达7mm的第二种金属填料的防辐射混凝土(22a至22z)构成。按第一种实施形式,在防辐射混凝土(22a)内,第一种含硼填料的重量百分比含量至少为5.0%,尤其是至少为7.8%。按第二种实施形式,防辐射混凝土(22b)中的第二种金属填料的重量百分比份额在80与90%之间的范围内,尤其在85与89%之间的范围内。与此同时第一种含硼填料的重量百分比份额在1.0与1.5%之间的范围内。





权 利 要 求 书

1. 一种防辐射混凝土(22a), 它包括重量百分比含量至少为 5.0%, 尤其是至少为 7.8%、粒度达 1mm 的第一种含硼的填料, 以及粒度达 7mm 的第二种金属填料。
5
2. 一种防辐射混凝土(22b), 它包括粒度达 1mm 的第一种含硼的填料, 以及重量百分比含量在 80 与 90% 之间、粒度达 7mm 的第二种金属填料。
3. 按照权利要求 2 所述的防辐射混凝土(22b), 它包括重量百分比含量在 1.0 与 1.5% 之间的第一种含硼的填料。
- 10 4. 按照权利要求 2 或 3 所述的防辐射混凝土(22b), 其中, 第二种金属填料的重量百分比含量在 85 与 89% 之间。
5. 按照权利要求 1 至 4 之一所述的防辐射混凝土(22a、22b), 其中, 采用一种含硼的矿物、尤其是硬硼钙石作为第一种含硼填料。
6. 按照权利要求 1 至 5 之一所述的防辐射混凝土(22a、22b), 其中, 采
15 用铁粒或钢粒作为第二种金属填料。
7. 按照权利要求 1 至 6 之一所述的防辐射混凝土(22a、22b), 它具有约 3000kg/m^3 的最小体积密度。
8. 按照权利要求 1 至 7 之一所述的防辐射混凝土(22a、22b), 它具有约 6000kg/m^3 的体积密度。
- 20 9. 按照权利要求 1 至 8 之一所述的防辐射混凝土(22a、22b), 它包括粒度达 1mm 的第三种金属填料, 尤其是重晶石砂。
10. 按照权利要求 1 至 9 之一所述的防辐射混凝土(22a、22b), 其中, 采用粒度达 7mm 的第四种含矿物的填料, 尤其是蛇纹石。
11. 一种壁面区(2a 至 2z)由按照权利要求 1 至 10 之一所述的防辐射混
25 凝土(22a、22b、22c 至 22z)构成的防辐射外壳(2)。
12. 按照权利要求 11 所述的防辐射外壳(2)应用于屏蔽放射源、X 射线设备、有放射源的房间或在反应堆装置中的放射管(1)。

说明书

防辐射混凝土和防辐射外壳

5 本发明涉及一种防辐射混凝土和防辐射外壳，用于屏蔽放射源的辐射线，尤其用于屏蔽中子和 γ 射线。

10 为了屏蔽放射电离射线和/或中子射线的放射源，例如为了屏蔽在反应堆装置放射通道区内的射线、裂变中子源或医用设备的射线，通常采用钢、铸造材料、聚乙烯层、铅、铝合金以及这些材料的组合作为屏蔽材料。通过用所谓的中子毒物，例如硼，尤其是硼同位素，或镉掺入这些材料，使这些屏蔽材料特别适用于屏蔽中子。在这种情况下，取决于所选择的中子毒物浓度，例如硼浓度，和中子能量，以较强或较弱的程度吸收中子。

15 放射源的类型、大小和功率，决定性地确定了屏蔽装置的结构、材料选择和材料配置。通常所需要的屏蔽装置总厚度，取决于在屏蔽装置入口处的射线强度、所期望的通过屏蔽装置的厚度对射线强度的削弱以及所选择的屏蔽材料具体的屏蔽效果。

20 对于特别强的放射源，例如反应堆装置的放射通道，为了能获得一种针对产生的热、中子和 γ 射线的有效防护外壳，屏蔽装置由于其在这种情况下需要的大的总厚度，所以通常有特别大的体积。此外，对于反应堆装置或裂变中子源，防护外壳或防护屏障分成不同类型材料的多个区段或层。例如反应堆堆芯由作为防护外壳的第一层的流动的冷却水冷却和屏蔽。与此第一层相连的通常是固体材料的第二层，优选具有较大密度的混凝土。因此，防护外壳由固体构成的各层，必须耐液体和雾状的水腐蚀。为此，选择用作屏蔽材料的固体主要用精炼的金属覆套或封装。这样做在结构设计和装配方面特别
25 麻烦。

除此之外的缺点是，放射源复杂结构造成了一些空腔，但由于这些屏蔽材料是固体，所以不能或不能完全利用于屏蔽。其结果是，为了要达到按条例规定的屏蔽效果尺寸特别大，以及这种防护外壳特别昂贵。

30 由杂志“混凝土”(10/78, 368 至 371 页)题为“防辐射混凝土—设计、生产和检验建筑工程用防辐射混凝土须知”的专业论文，已知将含硼的物质作为填料掺入混凝土。这些含硼的物质例如是硬硼钙石、Borcalzit、Borfritte

和碳化硼。此外在上述专业论文中还说明了重的金属填料，例如细铁丸或钢砂。

迄今为止人们认为，一方面含硼的填料以及另一方面金属的重填料只能以很小的份额添加到混凝土中，以防止例如对混凝土的凝固造成不利影响。

5 采用在上述专业论文中说明的防辐射混凝土，按专业界目前的认识水平，同样只能制造大尺寸的防辐射外壳。

因此本发明的目的是提供一种防辐射混凝土，采用它能在获得尽可能好的吸收射线的屏蔽效果的同时制成一种体积特别小的防辐射外壳。这些应在安装适应性特别高再加上购置和制造成本特别低的情况下实现。为此目的还
10 应提供一种防辐射外壳。

在按本发明的第一种实施形式中，为达到上述目的采用一种防辐射混凝土，它包括重量百分比含量至少为 5.0%，尤其是至少为 7.8%、粒度达 1mm 的第一种含硼的填料，以及粒度达 7mm 的第二种金属填料。

第一种实施形式的防辐射混凝土特别适用于屏蔽强的中子射线。

15 按本发明的第二种实施形式，为达到上述目的采用一种防辐射混凝土，它包括粒度达 1mm 的含硼的填料，以及包括重量百分比含量在 80 与 90% 之间、粒度达 7mm 的第二种金属填料。

在第二种实施形式的防辐射混凝土中，第一种含硼的填料优选地具有重量百分比份额或含量在 1.0 与 1.5% 之间。第二种金属填料的重量百分比份额
20 优选地在 85 至 89% 的范围内。

第二种实施形式的防辐射混凝土特别适用于屏蔽强的 γ 射线。

试验再次理想地和令专业界惊异地证明，这两种实施形式的防辐射混凝土，尽管有高的第一种含硼填料的含量和高的第二种金属填料的含量，仍能制造和应用在工程中。

25 按本发明的防辐射混凝土特别适用于制造一种防辐射外壳，其中壁面区由至少两种实施形式之一的防辐射混凝土构成。

本发明考虑问题的出发点是，为了在体积最小的同时达到特别高的屏蔽效果，应利用这样一种屏蔽材料或防辐射材料，即，它能注入即使结构复杂的空腔内，并因而在放射源的附近便已经取得屏蔽效果。在这种情况下屏蔽
30 材料的成分应设计为能直接受射线作用。换句话说，这种屏蔽装置应特别耐高温和耐辐射，由此也允许直接用在放射源旁并因而处于极端的环境条件下。

此外还应考虑到由屏蔽材料的成分决定的自活化潜能。也就是说填料的成分经相当长时间的照射可能被大量 γ 射线活化并自身成为放射性物质。

因此，防辐射外壳用这样一种混凝土构成，这种混凝土通过其化学成分和所采用的化学添加物的粒度，获得所期望的高的屏蔽效果和低的自活化潜能。有关所期望的屏蔽效果，关键是在放射源总放射强度中 γ 与中子射线份额的比值。 γ 射线份额越大，按 DIN 1045 在凝固状态下混凝土的体积密度应选择得越大。在第二种实施形式中，这一点通过第二种金属填料的高份额实现，它影响用作屏蔽材料的混凝土的密度。反之，对于高份额的中子射线，在第一种实施形式中，第一种含硼的起中子毒物作用的填料的份额选择得特别高。在这种情况下，还可能有利的是将最小体积密度调整为约 3000kg/m^3 ，因为要不然在吸收了中子射线后会形成二次 γ 射线。

第一和第二种实施形式的防辐射混凝土比较有利的是一些混凝土混合物，作为基本部分，它包括具有高结晶水含量和水(所谓拌和水)的水泥、作为所谓中子毒物的第一种含硼的填料和为达到所期望的体积密度的第二种金属填料。

为了进一步提高体积密度或为了提高结晶水含量，在按本发明的防辐射混凝土中加入第三种金属的或第四种矿物的填料。除此之外，恰当的是采用一种溶剂和/或一种抑制剂作为辅助材料。添加溶剂和抑制剂尤其改善了体积密度约从 4000kg/m^3 起的混凝土混合物的可加工性。

这种混凝土几乎不吸水，所以基本上不会发生金属填料的腐蚀。此外，通过添加第四种矿物填料，优选地添加蛇纹石，可以做到即使在高温下在制作混凝土时加入的水也不会释出。确切地说，大部分水以结晶水的形式结合在混凝土混合物中。蛇纹石的特点在于它与特别大量的结晶水形式的水有特别良好的结合性能。这就导致与标准混凝土相比有更好的耐腐蚀性能，与此同时有特别好的可加工性和可制造性。这些性能又使得允许制造任意形状的屏蔽体。这些屏蔽体或混凝土块按期望的数量和分层构成防辐射外壳。

硼由于其对中子(尤其热中子)有大的吸收截面，所以主要用作中子吸收剂并相应地加热。但是硼很轻，比其他许多材料导热差，对 γ 射线的吸收率也低。采用金属作为第二种填料，它们往往对于中子射线起反射的作用。因此，可根据具体要求，通过填料含量的比例调整中子射线的吸收、节制和反射，与此同时还达到所要求的密度、散热和 γ 射线的吸收率。

通过组合所选择的填料和恰当地选择它们的粒度，获得恰当的体积密度。填料各自的粒度可选择为，使混凝土在获得可加工性和要达到的如节制和吸收性能的同时，有尽可能良好的安装灵活性和尽可能有效的屏蔽作用。为此，填料优选地既有细粒也有粒粗的部分。业已证明特别有利的是，第一

5 种含硼的填料的粒度小于第二种金属的填料，其中，细粒的第一种填料平均颗粒直径约为 1mm，粗粒的第二种填料平均颗粒直径约为 7mm。

在按本发明的防辐射外壳的不同应用场合中，业已证明应注意有关射线类型的两种极限情况：

- 10 a)主要是中子射线和残余的 γ 射线并且要顾及形成的二次 γ 射线；以及
b)主要是 γ 射线和残余的中子射线。

对于情况 a)，所要求的屏蔽效果优选地通过在屏蔽混凝土内有尽可能高的中子毒物的份额来达到，在这种情况下，混凝土为了屏蔽二次 γ 射线应有最小密度。对于情况 a)特别适用的是第一种实施形式的防辐射混凝土。

- 15 对于情况 b)，所要求的 γ 射线的屏蔽优选地通过尽可能大的混凝土(屏蔽混凝土)体积密度达到，在这种情况下，这种屏蔽混凝土为了屏蔽残余的中子射线应有最小的中子毒物份额。对此优选地采用第二种实施形式的防辐射混凝土。

- 20 相应地由这些混凝土之一构成的壁面区，按层状结构的方式，可与另一些总是包括另一种混凝土混合物的防辐射外壳屏蔽层组合。在这种情况下，各屏蔽层基于它们的组成成分在所获得的屏蔽效果方面是不同的。例如可采用具有比壁面区低的体积密度和更高的硼含量的屏蔽层，以便针对射程更远的中子能得到更好的防护。

- 25 为了屏蔽，尤其为了吸收从放射源出发的中子射线，在第一种填料中的硼比较有利地以一种含硼矿物形式，尤其是含氧化硼的硬硼钙石形式存在。在第一种填料中硼的重量百分比份额至少为 20%，优选地在 30 与 50%(作为氧化硼计算)之间。因此通过添加氧化硼的重量百分比份额达 41%的硬硼钙石(天然蕴藏的矿物)，使防辐射外壳对热中子具有特别良好的吸收性能。

- 30 为了使混凝土达到特别高的体积密度，比较恰当的是采用铁粒或钢粒作为第二种金属的填料。通过使用体积密度达 7850kg/m^3 的钢粒作为粒度从 0.3mm 至 7mm 的粗粒材料，决定性地确定了所制成的混凝土的体积密度。此外，由于所选用的粒度，这种混凝土也能特别方便地用于制造和加工尺寸

较小的防辐射外壳。

为了实现铁粒或钢粒在混凝土内特别良好的结合，以及除此之外为了获得特别高的耐压和耐开裂强度，优选地采用第三种填料，尤其是重晶石砂，它优选地有粒度达 1mm 并因此是特别细粒的。通过有目的地添加重晶石砂可以调整到具有所要求的耐压和耐裂强度，这些性能允许混凝土使用于混凝土结构的承力区和应用于受静负荷的混凝土块内。

对于极限情况 a)，也就是为了特别有效地屏蔽中子射线，防辐射外壳的壁面区优选地由第一种实施形式的防辐射混凝土构成。这种防辐射混凝土具体而言是第一种混凝土，它的水泥的最低重量百分比含量在 8 与 9% 之间，水(拌和水)的最低重量百分比含量在 4.5 与 6.5% 之间，第一种填料(硬硼钙石)的最低重量百分比含量从最少 7.8% 至与所选择的水泥相等的份额，第二种填料(铁粒或钢粒)的最低重量百分比含量在 30 与 35% 之间，以及第四种含矿物的填料(蛇纹石)的最低重量百分比含量在 40 与 50% 之间。在此第一种混凝土混合物中不需要辅助材料。重量百分比含量是扣除在 80℃ 时可蒸发掉的水后的称量。

在第一种混凝土中，特别高的水含量(由于结合了形式上为结晶水的拌和水)造成对中子射线特别强的制动。除此之外，混凝土被所含的硬硼钙石的份额增强。换句话说，硬硼钙石和水的含量越高，此第一种混凝土有更好的对中子射线的屏蔽性能。

此第一种混凝土或两种实施形式之一的防辐射混凝土，比较有利的是具有约 3000kg/m³ 的体积密度。尤其是通过采用具有规定粒度的铁粒或钢粒作为第二种填料，可达到所说明的最低体积密度。此外所达到的这种体积密度还导致有足够的γ射线屏蔽效果。由于添加第四种填料(蛇纹石)，显著提高了混凝土混合物的结晶水含量并改善在混凝土内部的结合，从而使混凝土特别耐压和耐开裂。由于蛇纹石特别高的份额，所以在下面将第一种混凝土称为“蛇纹石混凝土”。

为了保持用于蛇纹石混凝土的填料小的水分，第三种填料优选地有达 7mm 的粒度。在这种情况下业已证明特别有利的是，第三种填料用两种不同的粒度混合而成。比较有利的是，具有第一种粒度达 3mm 的第三种填料的最低重量百分比含量在 12 与 16% 之间。第二种粒度在 3 至 7mm 之间，它的最低重量百分比含量在 28 与 34% 之间。此处的粒度是几何平均值，如在矿

物粉碎或相应的散装物料生产过程中所提供的那样。但尤其可以是通过一适当的筛的筛眼后提供的上限值。

对于极限情况 b)，也就是为了防辐射外壳有效地吸收 γ 射线，壁面区优选地由第二种实施形式的防辐射混凝土构成。这种防辐射混凝土具体而言是
5 第二种混凝土，它的水泥的最低重量百分比含量在 4 与 4.5 % 之间，水的最低重量百分比含量在 1.5 与 2.5 % 之间，第一种填料(硬硼钙石)的最低重量百分比含量在 1 与 1.5 % 之间，第二种填料(铁粒或钢粒)的最低重量百分比含量在 85 与 89 % 之间，第三种填料(重晶石矿)的最低重量百分比含量在 4.5 与 5 % 之间，以及至少一种辅助材料的最低重量百分比含量从 0.1 至 0.15 %。此
10 处的重量百分比含量是扣除在 80℃ 时可蒸发掉的水后的称量。

此第二种混凝土或两种实施形式之一的防辐射混凝土，比较有利的是具有约 6000kg/m³ 的体积密度。尤其是通过采用具有规定粒度的钢粒作为第二种填料(它构成此混凝土的主要组成部分)，可获得特别高的体积密度。这种高的体积密度又促使特别有效地屏蔽所产生的 γ 射线。此外，通过结合形式上
15 例如为结晶水的水(拌和水)以及由于已经在此原材料蛇纹石内所含的结晶水部分，所以即使在这种情况下也能实现制动(节制)中子射线。此混凝土还由于含有硬硼钙石所以对中子射线有良好的吸收性能。通过添加第三种填料(重晶石砂)，改善了混凝土内部的结合，从而使混凝土获得特别高的耐压和耐开裂的强度。为了能特别快速和方便地加工混凝土，优选地采用一种溶剂和/
20 或一种抑制剂作为辅助材料。这种辅助材料的添加取决于所加入的硬硼钙石的量，它对于第二种混凝土的可加工性有极大的影响。这第二种用于极限情况 b) 以铁粒或钢粒作为主要组成部分的混凝土称为“钢粒混凝土”。

在选择混凝土其各组成部分的最低含量时，应顾及许多在不同的影响下要达到的各种性能，这些影响例如是要屏蔽的射线的类型，在屏蔽装置或防
25 辐射外壳前和后的剂量、中子射线含量及其能量水平、在放射源特别强的情况下的长期腐蚀等。为了例如将特别有效地屏蔽中子射线与良好地防护 γ 射线相结合，可以组合多种不同的混凝土成分，尤其是将分别由含不同量的填料的混凝土构成的多个屏蔽层组合起来。

按特别有利的设计，防辐射外壳的至少一部分包括采用第一种混凝土(蛇纹石混凝土)的第一层和采用第二种混凝土(钢粒混凝土)的第二层。采用这种
30 双层式防辐射外壳，保证通过适当选择各层的厚度或通过规定层数，满足经

过这些层后还剩下的射线的最低和最高极限值。其结果是可以遵守有关人员和机器放射剂量的安全性要求。

5 这种由混凝土构筑的防辐射外壳,特别有利地适用于间接和/或直接屏蔽放射源、X射线设备、反应堆装置中具有放射源的腔或放射通道。例如,此防辐射外壳既适用于形式上制成一种壳套以直接屏蔽放射源,也适用于形式上制成墙壁或地板以间接屏蔽在室内的放射源。

下面借助附图进一步说明本发明的实施例。图中示意表示了一个用于直接屏蔽放射源的防辐射外壳。

10 在附图表示的实施例中围绕两个放射通道 1 设置的防辐射外壳 2,是没有进一步表示的放射源、例如在核发电装置中反应堆堆芯的一部分。其中这两个放射通道 1 例如是反应堆装置或核发电装置控制区内测量装置的组成部分。为了屏蔽图中未表示的反应堆堆芯(放射源),将它装在罐 4 内。罐 4 的结构取决于装置的结构。在罐 4 上连接反应堆井 6。根据装置的类型,罐 4 和反应堆井 6 也可以构成一个单元。反应堆井 6 以反应堆井壁 8 为界。

15 为了有控制地导引和取出从反应堆堆芯发出的射线,在防辐射外壳 2 内设两个放射通道 1。防辐射外壳 2 设在罐 4 与反应堆井壁 8 的外壁面之间的包壳管 12 内,包壳管 12 包括套管 12A、薄壳管 12B 和补偿管 12C。被防辐射外壳 2 充填的空腔以套管 12A、薄壳管 12B、补偿管 12C 各自的内壁以及插入罐 4 内的放射管鼻 10 的内侧为界。所提及的部件或构件用紧固件 14 例如螺钉固定在各自的凸缘 16 上。

为避免贯通的缝隙,包壳管 12 沿轴向有多重台阶,为此,构成包壳管 12 的管子,亦即套管 12A、薄壳管 12B、补偿管 12C,有相应地逐渐增大的直径。包壳管 12(也称薄壳管)可由一个构件例如铸件构成,或由多根管或多个零件组成。

25 在将防辐射外壳 2 安装在包壳管 12 内后,在套管 12A 的端面用盖板 18 封闭此包壳管 12。

30 为了屏蔽从两个放射通道 1 射出(侧向散射)的中子和 γ 射线,这两个放射通道 1 被一个金属套 19 沿横截面完全包封。金属套 19 优选地用一种不锈的铁素体材料构成,并对在此横截面内接着设置的防辐射外壳 2 造成尽可能低的自活化作用。此外,金属套 19 的厚度取决于防辐射外壳 2 的静态和动态负荷。

为了使防辐射外壳 2 获得不同的屏蔽性能，它被分成一些壁段 2a 至 2z，它们总是完全包围着这两个放射通道 1，以及分别用含有不同的填料份额并因而具有不同体积密度的防辐射混凝土或混凝土 22a 至 22z 构成。

壁段 2a 至 2z 的厚度由包壳管 12 各部分的具体直径决定。无论是壁段 2a 至 2z 的数量及各自的厚度，还是它们各自的化学成分和各自的体积密度，均通过按要求的预先尺寸设计确定。因此构成壁段 2a 至 2z 的混凝土 22a 至 22z 可以不同。

属于每一个壁段 2a 至 2z 的混凝土 22a 至 22z，根据所期望的要求，粒度达 1mm 的第一种含硼的填料以及粒度达 7mm 的第二种金属的填料均有适当的含量。作为第一种细粒的填料采用含硼的矿物，例如硬硼钙石。作为第二种由于其粒度的关系称为粗粒的填料，优选地采用铁粒或钢粒。

用于混凝土 22a 至 22z 的第一和第二种填料的份额决定性地取决于在相应的壁段 2a 至 2z 内防辐射外壳 2 所要获得的屏蔽性能，尤其是 γ 射线吸收作用以及中子的吸收和节制。为了特别有效地吸收和节制中子，对于构成设在离放射源，亦即反应堆堆芯最近的壁段 2a 的混凝土 22a，基本上是通过其用于一次吸收中子射线的第一种含矿填料(硬硼钙石)的高含量达到。

为此，第一种混凝土 22a 水泥的最低重量百分比含量在 8 与 9 % 之间，水(拌和水)的最低重量百分比含量在 4.5 与 6.5 % 之间，第一种填料(硬硼钙石)的最低重量百分比含量从 7.8 % 至水泥的重量份额，第二种填料(铁粒或钢粒)的最低重量百分比含量在 30 与 35 % 之间，以及第四种含矿物的填料(蛇纹石)的最低重量百分比含量在 40 与 50 % 之间。由于第二种填料(铁粒或钢粒)的重量百分比含量低，所以此混凝土 22a 只适用于二次吸收 γ 射线。此第一种混凝土 22a 在凝固状态的最小体积密度达 3000kg/m³。

为了改善在第一种混凝土 22a 内部的结合以及显著提高结晶水含量，利用第四种含矿物的填料蛇纹石。为了有利地混合第一种混凝土 22a，业已证明有利的是，第一种粒度达 3mm 的蛇纹石的最低重量百分比含量在 12 与 16 % 之间。对于第二种在 3 至 7mm 之间的粒度，最低重量百分比含量在 28 与 34 % 之间。以蛇纹石作为主要成分的第一种混凝土 22a 称为蛇纹石混凝土，并且特别耐压和耐开裂。

为了特别有效地屏蔽所产生的 γ 射线的绝大部分，从放射源起计算设为第二层的壁段 2b 用第二种具有与第一种混凝土 22a 不同的化学填料的混凝土

土 22b 构成。

构成第二个壁段 2b 的第二种混凝土 22b 优选地有最低重量百分比含量在 4 与 4.5 % 之间的水泥, 水(拌和水)的最低重量百分比含量在 1.5 与 2.5 % 之间, 第一种填料(硬硼钙石)的最低重量百分比含量在 1 与 1.5 % 之间, 第二种
5 填料(铁粒或钢粒)的最低重量百分比含量在 85 与 89 % 之间, 第三种具体为金属的填料(重晶石砂)的最低重量百分比含量在 4.5 与 5 % 之间, 以及至少一种辅助材料的最低重量百分比含量从 0.1 至 0.15 %。采用这种成分的第二种混凝土 22b, 优选地适用于特别有效地屏蔽 γ 射线, 并由于硬硼钙石的含量, 与第一种混凝土 22a 相比会较少地吸收和节制由放射源发射的中子射线。

10 基于第一和第二种填料的粒状结构, 为了第二种混凝土 22b 内部有特别良好的结合, 相宜地采用粒度达 1mm 的重晶石砂作为第三种填料。为了改善和加速第二种混凝土 22b 的凝固过程并因而改善其可加工性, 采用一种溶剂或一种抑制剂作为辅助材料。这种由上述成分即水泥、水、填料和辅助材料构成的第二种混凝土 22b, 在凝固状态的体积密度达 6000kg/m^3 。在这里此
15 体积密度决定性地确定了能特别有效地屏蔽 γ 射线。

为了除此之外还能使作为结晶水的水分特别良好地结合在第二种混凝土 22b 内, 采用尤其是以铝酸钙为基的氧化铝水泥作为水泥。结晶水导致特别有效地屏蔽中子射线。硬硼钙石与重量百分比份额达 41 % 的氧化硼混合, 同样达到能特别有效地吸收热中子的目的。

20 这种双层结构业已证明是特别有利的, 因为例如在防辐射外壳 2 的第一个壁段 2a 内, 由于第一种混凝土 22a 中硬硼钙石高的含量, 所以特别有效地节制和吸收了由放射源发出的快速和未进入两个放射通道 1 中的中子, 除此之外, 基于作为第一种混凝土 22a 特征的体积密度, 已经实现了屏蔽绝大部分 γ 射线。在第二个壁段 2b 中, 由于与第一种混凝土 22a 相比其钢粒或铁粒
25 的份额更大, 所以主要屏蔽 γ 射线, 在此同时由放射通道 1 通过散射侧向放射的中子, 基于类似于第一种混凝土 22a 的第一种填料(硬硼钙石)的含量, 因而被节制和吸收。

根据放射源的类型和强度, 其他一些壁段 2c 至 2z 可以选择其他一些适用的混凝土 22c 至 22z 充填。基于属于各自壁段 2a 至 2z 的混凝土 22a 至 22z
30 原材料所选择的各种成分含量, 混凝土可具有特殊的屏蔽性能或效果。例如, 通过改变铁粒或钢粒的含量, 可以调整混凝土 22a 至 22z 的体积密度。

此外，通过改变硬硼钙石的含量，可以调整各混凝土 22a 至 22z 中硼的份额。

此外，采用混凝土 22a 至 22z 来制作防辐射外壳 2 规定的层或壁段 2a 至 2z，可以完全包封放射源并因而特别有效地屏蔽放射源，即使遇到的是困难和复杂的几何形状或结构。尤其是，混凝土 22a 至 22z 通过充填在壳套中，例如充填在包壳管 12 内，还可以封闭空腔。作为替换方案，防辐射外壳 2 的壁段 2a 可以设计为壳、房间或建筑物的墙壁或地板，在这些壳、房间或建筑物内，例如设有 X 射线设备或别的放射源。

在说明书最后一页上的表表示对于上述两种极限情况 a) 和 b) 以及为达到第一种混凝土 22a(蛇纹石混凝土)和第二种混凝土 22b(钢粒混凝土)的屏蔽性能、所采用的重要成分的特别有利的最低和最高极限。表中同样列出了为特别方便地制造和加工这两种混凝土 22a 和 22b 所规定的粒状成分各自粒度的特别有利的最低和最高限。在两种混凝土混合物之间同样可以有另外的混合比。

基于通过混凝土 22a 和 22b 至 22z 各自的成份提供的高效的辐射屏蔽，此防辐射外壳 2 在自活化和热影响方面以及在吸收和节制中子及屏蔽 γ 射线方面均有特别良好的特性。

因此，防辐射外壳 2 特别适合直接安装在例如在研究设备的放射管内的放射源旁，反应堆装置的一次循环处等。此外，此防辐射外壳 2 一方面可以设计为大面积和单层的，例如墙壁、地板和天花板的形式。另一方面防辐射外壳 2 可以由各有不同屏蔽性能的多层或多个壁段 2a 至 2z 构成。此外，通过防辐射外壳 2 特殊的射线屏蔽结构，排除了工作人员受值得重视的放射剂量影响的可能性。

表

	第一种混凝土 22a(蛇纹石混凝土)		混合比	第二种混凝土 22b(钢粒混凝土)		粒度 mm	
	最小 重量 百分比含 量	最大 重量 百分比含 量		最小 重量 百分比含 量	最大 重量 百分比含 量	最小	最大
水泥	8	9	<->	4	4.5	-	-
水(拌和水)	4.5	6.5	<->	1.5	2.5	-	-
第一种填料 (硬硼钙石)	7.8	如 水泥	<->	1	1.5	0	1
第二种填料 (铁粒或钢粒)	30	35	<->	85	89	0	7
第三种填料 (重晶石砂)	-	-	<->	4.5	5	0	1
第四种填料 (蛇纹石)	12 28 40	16 34 50	<->	-	-	0 3	3 7
辅助材料	-	-	<->	0.1	0.15	-	-

说明书附图

