

切尔诺贝利事故

维基百科，自由的百科全书

切尔诺贝利核事故（俄语：Авария на Чернобыльской АЭС，乌克兰语：Чорнобильська катастрофа，英语：Chernobyl disaster），或简称**切尔诺贝利事件**，是1986年4月26日于苏联乌克兰普里皮亚季市**切尔诺贝利核电站**发生的**核反应堆破裂事故**。该事故是历史上最严重的核电事故，也是首例被国际核事件分级表评为最高第七级事件的特大事故。主因为反应堆进行供电测试时，因设计缺陷与操作人员的训练不足，使功率急剧增加，破坏反应堆，并使大量的放射性物质被释放到环境中。最初发生的蒸气爆炸导致两人死亡，接踵而至的绝大部分受害者的病因及死因都归咎于事故中释放的高能**辐射**，然而辐射尘少量放射导致的影响依旧争论不休。

1986年4月26日凌晨1点23分（UTC+3），乌克兰普里皮亚季邻近的切尔诺贝利核电站的第四号反应堆发生爆炸。连续的爆炸引发大火并释放大量高能辐射物质到大气层，这些放射性尘埃覆盖了大面积区域。这次灾难所释放出的**辐射线**剂量是**二战时期广岛原子弹爆炸**的400倍以上。^[2]被核辐射尘污染的云层飘往众多地区，包括前苏联西部的部分地区、**西欧**、**东欧**、**斯堪的纳维亚半岛**、**不列颠群岛**和**北美东部**部分地区。此外，乌克兰、白俄罗斯及俄罗斯境内均受到严重的核污染，超过336,000名的居民被迫撤离。前苏联官方的报告表示^[3]，约60%受到辐射尘污染的地区皆位于**白俄罗斯**境内。经济上，这场灾难总共损失大概两千亿美元（已计算通货膨胀），是近代历史中代价最大的灾难。^[4]

这次意外引起了全世界对于苏联核电工业上的安全顾虑，并减缓了一系列的核电工程进度。同时，此事件令苏联政府的讯息公布更趋透明化。苏联解体后的独联体及各独立国家，包括俄罗斯、乌克兰、白俄罗斯，至今仍为切尔诺贝利事件所遗留下来的污染问题付出极大的代价。此次事故对当地乃至全球生态造成了难以想像的负面影响，仅事件所造成的死亡人数就因多种原因难以精确计算，其中前苏联时期的刻意隐瞒，使得统计工作变得非常困难。事实上，前苏联当局在事件发生后不久，就禁止医生在死亡证明文件上提及“放射线”的死因事实^[5]。

由国际原子能总署和世界卫生组织所主导的切尔诺贝利论坛在2005年所提出的切尔诺贝利事件报告中，共56人死亡（47名救灾人员，9名罹患**甲状腺癌**的儿童），并估算暴露在高度辐射线物质下的大约60万人中，将额外有4,000人将死于癌症。^[6]此数据包括已诊断出的4,000名儿童**甲状腺癌**将造成的死亡数字（依据白俄罗斯的经验，此癌存活率接近99%）。绿色和平组织所估计的总伤亡人数是93,000人，但引用在一份最新出炉的报告中的数据指出发生在白俄罗斯、俄罗斯及乌克兰单独事件在1990年到2004年间可能已经造成20万起的额外死亡，但此数字来源并非来自经过同侪审查的学术论文。尽管疏散区域和某些限制地区还有些管制，但是大多数的受影响区域已经被认为可以安全地居住和进行经济活动^[7]，针对此地附近的废弃都市进行“辐射观光”的金额还在逐步成长。

切尔诺贝利核事故



日期	1986年4月26日（33年26天前） ^[1]
时间	01:23（莫斯科时间UTC+3）
地点	 苏联 乌克兰普里皮亚季（今 乌克兰 普里皮亚季）

目录

切尔诺贝利核电站

事故

- 蒸气涡轮测试计划
- 测试前置
- 测试与爆炸
- 消防员灭火
- 后续处理

事故原因

- INSAG-1报告(1986)
- INSAG-7报告(1992)
- 观点分析

事故造成的影响

- 即时的辐射污染
- 事故伤亡
- 长期的健康影响
 - 食物限制
- 对自然世界的影响
- 政治经济影响

与其他事故比较

事故后续

- 核电厂后续运作
- 核电厂废墟中残留的放射性物质
- 旧石棺
- 新石棺

参看

注释与参考来源

外部链接



被遗弃的城市普里皮亚季市与在远方的切尔诺贝利核电站

切尔诺贝利核电站

切尔诺贝利核电站（51°23′14″N 30°06′41″E﻿ / ﻿51.387°N 30.111°E﻿ / 51.387; 30.111）位于现乌克兰普里皮亚季镇附近，距切尔诺贝利市西北18公里（11英里），位于离乌克兰和白俄罗斯边境16公里（10英里），距乌克兰首都基辅以北110公里（68英里）。核电站由四座 RBMK-1000 型压力管式石墨慢化沸水反应炉组成，每座反应堆能产生1吉瓦（10⁹瓦）的电能（3200兆瓦特的热功率），核事故发生时四个反应堆共提供了乌克兰10%的电力^[8]。电站的建设始于1970年代后期，1号反应堆于1977年启用，2号、3号、4号亦相继于1978年、1981年、1983年启用。另有5号及6号两座反应堆，每座也能产生1千兆瓦特电能，事故时仍在建造中。

事故

1986年4月26日星期六，当地时间凌晨1点23分47秒（UTC时间：25日22时23分47秒），切尔诺贝利核电站的4号核反应堆功率灾难性地激增，导致蒸汽爆炸，撕裂反应堆的顶部，使核心暴露，并散发出大量的放射性微粒和气态残骸（主要是铯-137和锶-90），使空气（氧气）与超高温核心中的1,700吨可燃性石墨减速剂接触；燃着的石墨减速剂加速了放射性粒子的泄漏。泄漏原因部分是由于放射性物质并没有被装在安全壳中（不像大多数西方的核电站，苏联的RBMK反应堆通常没有这种装置）。随后放射性粒子随风跨越了国界。

蒸汽涡轮测试计划

在正常状态下，核裂变反应堆有6%的功率来自反应产物之余热。在启动紧急停机后，尽管链式反应停止，但仍会继续产生余热，因此冷却系统必须持续运作以避免堆芯熔毁。

RBMK反应堆使用轻水作为冷却剂，四号机具有1,600个独立燃料管道，每个管道每小时需要28吨轻水进行冷却作业。切尔诺贝利核电站的各机组均配备三台备用柴油发电机，以确保在紧急停机且电网异常时，冷却泵能持续作动。然而，尽管柴油发电机可在15秒内启动，却需要额外的60～75秒暖机，方可输出泵运作所需功率5.5MW。长达一分钟的空窗期是切尔诺贝利电厂的一大安全隐患。

当时提出的解决方案是利用蒸汽涡轮的惯性。紧急停机后，蒸汽涡轮仍会持续转动一小段时间，根据分析，此残存的涡轮动量可发电供应泵运作45秒，恰好支应空窗期的电力需求。切尔诺贝利电厂为了验证此一构想，于1982至1985年间进行了三次测试。1982年的第一次测试显示发电功率不足，在调整系统后，1984、1985年的两次测试依然失败。于是电厂计划于1986年，利用即将进入岁修的四号机进行第四次测试。

由于本次测试主要牵涉电源切换，无明确风险，测试计划书也就仅由厂长批准，并未跟原设计厂NIKIET和核电管理单位再次确认。然而，问题并非出在测试计划书上。若测试完全遵守计划程序，整个反应过程将会是稳定而安全的，并不会发生最终的爆炸灾难。

原先的测试程序为：

- 将机组功率降低至700MW到800MW，但不得低于700MW。
- 蒸汽涡轮发电机全速运转。
- 上述条件满足后，切断涡轮发电机之蒸气供应。
- 记录涡轮发电机的发电数据，判断其是否足够供应空窗期需求。
- 紧急发电机暖机完毕，涡轮发电机结束发电。

空窗期问题在切尔诺贝利核电站营运后始终未能妥善解决，是电厂管理方的重点改善项目。也许正是因为这样的压力，使现场的管理人员在问题重重的情况下，仍执意进行第四次测试。

测试前置

测试前置作业于1986年4月25日早班前展开。早班工作人员已受过行前训练，一批电机工程师组成的小组也将在场测试新的稳压系统。4月25日1点16分，四号机组开始逐渐降低输出功率。在早班人员上工时，输出功率已降至正常（3200MW）的一半。

碰巧的是，有个小型发电站无预警跳机，基辅电网调度单位遂要求切尔诺贝利优先支援傍晚尖峰用电，延后降低输出。厂方同意，于是测试被推迟至当日深夜。其他不影响输出功率的前置作业依然持续进行，包括关闭紧急核心冷却系统，一个在紧急状况下向核心注水降温的系统。尽管ECCS(Emergency Core Cooling System)不足以阻止最终的爆炸，但关闭它也反映了本次测试对安全的极端忽视。

当日23点04分，基辅电网允许机组继续降低输出。延后测试带来很大的影响，受过训练的早班人员早已下班离开，晚班人员正准备交接下班，大夜班人员在午夜后将会独立作业。根据原先计划，测试应在早班结束并完成停机，大夜班人员只需管理冷却系统即可。此时计划更改，大夜班人员为了在交接结束前做好测试准备，决定极快地降低功率。此时值班主任为亚历山大·费奥多罗维奇·阿基莫夫，操作员为列昂尼德·费奥多罗维奇·托普图诺夫（Леонид Фёдорович Топтунов）。后者在三个月前才升任高级工程师。



切尔诺贝利核电站及周边地区的空照图，核电站旁边为冷却池，冷却池南方为切尔诺贝利市中心。

测试计划要求四号机输出功率缓慢从1,000MW降至700MW。4月26日凌晨12时05分，输出功率降至700MW，但反应堆内产生的衍生物氙-135持续吸收中子，使得输出功率持续下降，这个现象称为“**反应堆毒化**”（英语：reactor poisoning）。正常功率运作下，充足的中子能将氙-135“烧掉”化为氙-136，但功率过低时，中子供应速度不及于氙-135的产生速度，反应因而逐渐停止。当输出功率降至500MW时，托普图诺夫又错误地将控制棒插得过深，让反应堆来到准停机状态，输出功率不到30MW。

此刻，反应堆的输出功率是测试计划的5%，值班主任阿基莫夫非常不安，和托普图诺夫共同支持直接停机。但负责指导实验的代理总工程师阿纳托利·斯捷潘诺维奇·佳特洛夫执意继续进行。两人被说服后，命令控制室人员关闭控制棒自动控制系统，再以手动控制抽出大量的控制棒。数分钟过后，反应堆输出增加，稳定维持在160-200MW，仍然较计划之测试起始功率700MW为低。这是因为低功率状态让氙-135持续生成，毒化反应堆并阻止功率上升。

低功率且充斥氙-135的反应堆造成核心温度，冷却水流与中子流的不稳定，触发了一系列警报。控制室收到大量来自冷却系统与蒸汽管路的紧急信号。但为了提高反应功率，工作人员对凌晨12时35分至45分之间的警报一概置之不理。

其他前置作业也于功率回升至200MW时展开。4月26日凌晨1时05分，额外的冷却泵按照计划启动以增大冷却流。这却使冷却流通过冷却塔的时间减少，冷却水的均温因此增加，接近核态沸点，这让反应堆更不稳定。水流于1时19分超过额定上限，触发了低蒸汽压警报。于此同时，增大的水流降低核心温度，又吸收了一部分中子，使得功率依旧无法上升。夜班人员于是关闭两个循环泵，降低水流，并手动移除了更多控制棒。

一系列见招拆招的操作让反应堆变得极度不稳定。按操作规范，在紧急情况下仍需保留插入至少28支控制棒以确保安全，此时却只有18支插入。自动SCRAM停机系统与许多自主/被动的安全功能被关闭，只保留了人工紧急停机系统（"AZ-5"/迅速紧急防御-5按钮）。反应堆的配置已经超出原始设计的安全范围，只要有一点扰动，便足以走向毁灭。

测试与爆炸

- 1:23:04 – 蒸汽涡轮测试开始
- 1:23:40 – AZ-5按钮被按下，紧急停机
- 1:23:47 – 第一次爆炸，四号反应堆上盖被炸飞，屋顶炸穿，堆心暴露
- 1:23:50 – 第二次爆炸，堆心炸散

凌晨1点23分04秒，测试正式开始。八个循环泵中有四个保持运作(正常运作下通常开启六个)。蒸气供应被切断，柴油发电机开始暖机，在1点23分43秒前，涡轮发电机必须要满足循环泵的用电需求。随着涡轮动量逐渐降低，发电量逐渐下降，泵输出的水流量也随之降少，蒸气气泡数量增加。

在切尔诺贝利的RBMK石墨缓和反应器的特殊设计中有一个相当高的“空泡系数”（void coefficient），意味着在没有水、仅有水蒸气时，减低的中子吸收作用会使反应堆的功率迅速地增加，在这种情况下形成了一个危险的**正循环**：蒸气气泡增加，降低了水吸收中子的效率，进而导致输出功率增加；而输出功率增加，又会导致更多的气泡产生。自动控制系统试图阻止正循环发生，但它只剩下12支控制棒的控制权，因而无能为力。

凌晨1点23分40秒，根据SKALA中央控制系统的纪录，AZ-5按钮被按下，启动了紧急停机系统。启动AZ-5的理由至今不明，可能是为了因应温度急遽上升的紧急措施，也可能纯粹是测试结束的停机程序。究竟AZ-5是在警铃大作时，还是一片安详时被按下，至今仍是众说纷纭。

在AZ-5按钮被按下后，被抽出的全部控制棒开始重新插回反应堆中。控制棒的移动速度为每秒0.4米，完全插入7米高的核心需要18至20秒。RBMK反应堆控制棒的设计也是一个大问题。控制棒的底端连结了一块促进链式反应的石墨。原本的设计用意是让控制棒抽出时，底下的石墨能促进并均匀链式反应。但这也导致一开始插回控制棒时，尾端的石墨取代下方吸收中子的水，一来一往反而促进了反应速率。直到控制棒插入足够深，反应速率才终于被抑制而下降。此违反直觉的“先升后降”现象在1983年被立陶宛的伊格纳利纳核电站所发现，但因为该次停机顺利完成，事后此现象也就不为众人所重视。

在紧急停机启动后7秒，石墨部分导致功率急剧上升，核心温度过高使部分燃料棒变形，堵住控制棒管道，于是控制棒仅能插入三分之一。卡在核心间的石墨继续促进链式反应，不到数秒功率便上升至530MW。高热进一步产生高压蒸气，促使燃料棒破裂融化，且蒸汽压力迅速增加，根据估计，此时反应堆功率为30,000MW，达到正常输出功率的10

倍。控制面板最后测得的输出功率为33,000MW。终于因为蒸气压力过大，导致大规模的蒸汽爆炸，一口气将反应器2,000吨的上盖炸飞，冷却剂管道爆裂并在屋顶炸穿一个大洞。为了减少费用，也因它的体积太大，反应堆以单一保护层方式兴建，这令放射性污染物在反应堆压力容器发生蒸汽爆炸而破裂之后进入了大气。此为多数人听到的第一次爆炸。这次爆炸摧毁了更多燃料管道，大量的蒸气涌出，冷却水的持续流失令反应堆的输出功率继续上升。

第二次爆炸在第一次爆炸后两至三秒发生，堆芯在这次爆炸中炸散，也因此停止了链式反应。然而，在氧气与极端高温的反应堆燃料和石墨慢化剂结合后，马上引起了熊熊燃烧的石墨火。产生了极大量的辐射落尘，使放射性物质扩散和污染的区域更广。

由于目击者的报告和站内纪录不一致，有一些争论认为确实的事件是发生在当地时间1点22分30秒。最后公认的版本被描述在上面。根据这种理论，第一次爆炸发生在大约1点23分47秒，操作员在七秒前下了“紧急停机”命令。

爆炸发生后，四号机厂房被炸掉一半，反应堆核心直接暴露在大气中，核中央一道蓝白光线射向夜空，这是空气中被电离激发的原子回到非激发态的表象。

在建造反应堆厂房时，当局违反安全规范，使用了可燃的沥青，四号机爆炸外溅的高温物质因此点燃了隔壁三号机的屋顶，制造至少五处火灾。三号机此时仍在运作，灭火并维持三号机冷却系统运作成为当务之急。三号机值班主任尤里·巴格达萨罗夫（Юрий Багдасаров）极力争取马上停机，但为总工程师尼古拉·马克西莫维奇·福明（Николай Максимович Фомин）所拒。值班人员领取防毒面罩与碘化钾锭后依然继续工作。一直到凌晨五点，尤里·巴格达萨罗夫终于下定决心，进行停机并开始撤离，只留下负责紧急冷却系统的人员。

消防员灭火

- 1:26:03 – 发出火警信号
- 1:28 – 弗拉基米尔·帕夫洛维奇·普拉维克中尉指挥的切尔诺贝利军事化第二消防站（ВПЧ-2）的消防员赶到现场
- 1:35 – 普里皮亚季市军事化综合消防队（СВПЧ-6）在维克托·尼古拉耶维奇·基别诺克指挥下赶到现场
- 1:40 – 列昂尼德·彼得洛维奇·捷利亚特尼科夫赶到现场
- 2:10 – 扑灭汽轮发电机大厅屋顶火灾，从而阻止了大火从四号反应堆大厅蔓延至三号反应堆。
- 2:30 – 控制了反应堆屋顶的火灾
- 3:30 – 基辅市消防队赶到现场^[9]
- 4:50 – 四号反应堆厂房内的火灾基本被控制
- 6:00 - 参加灭火的全部108人被空运往基辅临床研究所与莫斯科6号医院，治疗急性放射病，其中28人在随后三个月内死于急性放射病。
- 6:35 – 所有火灾被扑灭[†]^[10]

[†]除了4号反应堆内部的火灾持续了10天^{[11]:73}

凌晨1点25分，切尔诺贝利核电厂军事化第二消防站接到火灾警报，当班值勤的28名消防队员立即出动。当时他们没被告知是反应堆爆炸，有的还以为是一场普通火灾“没人告诉我们是反应堆的事”。^[12]

格里戈里·赫梅利（Григорий Хмель），一名消防车驾驶员忆述：

我们在凌晨1：45-1：50时到了那里……看到了散落的石墨屑米沙（Миша）问：“那是不是石墨？”我踢开了它，一个消防员捡起来看了一下，说：“这是热的。”它们有大有小，小的能够拿在手里……

我们对辐射了解得不多，即使是在那里工作的也是如此。卡车上没有水，米沙开启了一个消防栓然后我们把水对准了房顶。那些上了房顶然后死了的小伙子们……瓦舒克（Ващук）、科利亚（Коля）和其他人，还有沃洛佳·普拉维克（Володя Правик）……他们爬上了梯子，然后我就再没看到他们……^{[13]:54}

另一位消防员阿纳托利·扎哈洛夫（Анатолий Захаров）则回忆：“我还记得当时向队友开玩笑：‘如果我们都能活到早晨那是非常幸运了’”^[14]

消防队员第一件要做的事是扑灭被四处飞溅的反应堆炙热残骸引发的，位于三号反应堆与四号反应堆（这个堆型设计是双堆布置，即一座汽轮发电机厂房两侧安装两座反应堆）旁的汽轮发电机厂房顶的沥青大火，保护邻近正在运转的三号反应堆。消防员们一边用水龙带灭火，一边用消防锹把致命放射性的反应堆残骸扔下涡轮机厂房房顶。此时汽轮机厂房屋顶的辐射照射强度为2万伦琴（200希沃特/小时），被炸开的反应堆内部是3万伦琴。500伦琴1个小时的照射能导致急性死亡。这些消防员与大火整整战斗了一个小时，出现头晕和呕吐症状后被换下，当班指挥官普拉维克中尉在两周后不治牺牲，28名消防队员有16人活到了事故二十周年。被这批消防员保护下来的切尔诺贝利3号反应堆一直工作到2000年12月，才在欧盟的巨额现金补偿下被乌克兰政府关闭。

陆续赶来抢险的消防队员、军人、直升机飞行员、核电专家与工人轮番上阵，努力控制反应堆残骸中熊熊燃烧的原本作为中子减速剂的石墨。事后估计爆炸瞬间约有50吨核燃料化作烟尘进入大气层，另有70吨核燃料和900吨石墨崩溅到反应堆周围，引起30余场火灾。核反应堆中剩余的800吨石墨引起的大火，用了10天才扑灭。直升机直接飞进放射性烟尘，从空中向暴露的反应堆残骸倾倒了近2,000吨碳化硼和沙子后，终于停止了反应堆内的核裂变反应。最终直升机的总空投量达5,000吨。

火灾扑灭后，接下来担心的是反应堆核心内的高温铀与水泥融化而成的岩浆熔穿厂房底板进入地下，派来了一批矿工在四号机组混凝土底座下开辟了隧道准备安装液氮制冷设施。后经过专家评估4号反应堆的核裂变已经停止，剩余衰变热不会融穿反应堆的底座，因而最后在隧道内灌满混凝土后封闭。

苏联政府派出大批军人、工人，给炸毁的四号反应堆修建了钢筋混凝土的石棺，把其彻底封闭起来。在石棺最后合拢时，需要吊放安装35吨重的顶盖，但苏联只出动一架起吊能力仅为20吨并拆掉了一切可以拆的设备和附件的Mi-26直升机，由该型直升机的首席试飞员阿纳托利·杰米亚诺维奇·格里申科完成任务。



发生爆炸的四号反应堆及覆盖在上面的“石棺”（2006年摄）。

后续处理

爆炸发生后，并没有引起苏联官方的重视。莫斯科的核专家和苏联领导人得到的讯息只是“反应堆发生火灾，但并没有爆炸”，因此苏联政府官方反应迟缓。在事故发生后34小时，一些距离核电站很近的村庄才开始疏散，政府也派出军队强制人们撤离。当时在现场附近的村庄测出了致命量数百倍的核辐射，而且辐射值还在不断升高。但这还是没有引起重视，专家宁愿相信是测量辐射的机器故障。由于苏联政府担心引起人民恐慌，所以居民并没有被告知事情的全部真相。而在普里皮亚季，人们还大张旗鼓地庆祝五一节，乌克兰共产党第一书记弗拉基米尔·瓦西里耶维奇·谢尔比茨基也带家人参加了庆典。许多人在撤离前就已经吸收了致命量的辐射。事故后3天，莫斯科派遣调查小组到达现场，可是他们迟迟无法提交报告，苏联政府还不知道事情真相。终于在事件过了差不多一周后，莫斯科接到从瑞典政府发来的讯息：此时辐射云已经飘散到瑞典，苏联终于明白事情远比他们想像的严重。

1986年4月26日（周六）1点23分发生事故，苏联部长会议主席尼古拉·伊万诺维奇·雷日科夫当天凌晨接到苏联能源部部长阿纳托利·伊万诺维奇·马约列茨的电话报告，当天上午11点成立苏联政府应急临时委员会，成员包括部长会议主席雷日科夫及其副手、能源总局局长鲍里斯·叶夫多基莫维奇·谢尔比纳、库尔恰托夫核能研究所第一副所长瓦列里·阿列克谢耶维奇·列加索夫院士、叶夫根尼·帕夫洛维奇·韦利霍夫院士、乌共中央第一书记弗拉基米尔·瓦西里耶维奇·谢尔比茨基，以及苏联共产党中央政治局委员伊戈尔·库兹米奇·利加乔夫、维塔利·伊万诺维奇·沃罗特尼科夫、维克托·米哈伊洛维奇·切布里科夫大将（克格勃主席），还有2名政治局候补委员、3名苏联共产党中央书记处书记、2名部长会议副主席、苏联科学院主席团主席与名誉主席，16个有关部委的部长与第一副部长等人。

4月26日全天，苏联的气象、水文、辐射和公共卫生监测部门迅速组成出动监测人员，在半径1000km内展开辐射环境监测，出动直升机500余架次收集空气样本检测辐射剂量，为苏联政府委员会的大疏散决策提供了基础数据。

4月26日16时，临时委员会在苏联部长会议副主席鲍里斯·叶夫多基莫维奇·谢尔比纳率领乘专机飞往基辅鲍里斯波尔国际机场。当晚20点，临时委员会乘车抵达切尔诺贝利，接管核电站抢险领导权。此时已经有2人当场因为爆炸的物理损害死亡，52人入院治疗。当晚20时，临时委员会的专家掌握了现场证据后，决定紧急疏散普里皮亚季市的全体居民。调集了1000辆大客车、3趟铁路列车。^{[15][16]}当夜，接到部长会议副主席谢尔比纳电话汇报的雷日科夫与苏军总参谋长谢尔盖·阿赫罗梅耶夫元帅联系安排出兵救援。此后，苏联政府委员会一直在切尔诺贝利办公，实行领导乘员轮流值班制度，直至当年9月放射剂量稳定为止。

鉴于用应急辅助水泵向堆芯注水以降低坑室温度，防止石墨砌体着火这一措施无效，政府委员会决定改用空投灭火材料阻止石墨燃烧，压制放射性物质，预计需空投1500吨铅和铁砂。后确定空投硼砂、石灰石、铁砂、黏土和铅的混合物。

4月27日早晨，苏军化学兵司令弗拉基米尔·卡尔波维奇·皮卡洛夫将军率核防护部队2600人，400辆专用车辆乘运输机、直升机飞抵事故现场。4月27日至5月6日，直升机向四号反应堆投下了5000多吨灭火材料。放射性物质释放剂量从12 000kBq减少到100kBq。

4月27日中午，用于紧急疏散居民的1000多辆大客车及3趟专列到齐，当天11点整开始疏散全部居民。为了迅速撤出居民，政府告知这些居民仅携带最必须物品。当天15时，普里皮亚季市与切尔诺贝利市53000居民全部撤出到波列格纳镇等地。^[15]

普里皮亚季的疏散开始于4月27日下午2点，在当地播送了紧急疏散广播：^[17]

注意，注意... 亲爱的同志们，市人民代表委员会发布通知，由于普里皮亚季市的切尔诺贝利核电站发生事故，释放出了具有危害的辐射。党、苏维埃、军事单位已经采取了必要的措施。然而，为了保证人民的绝对安全，特别是儿童的安全，有必要临时疏散市民到基辅州的避难所。出于此目的，今天，4月27日各居民公寓自下午2时起，将提供疏散用的公共汽车，并由民兵官员及市党委执行委员会代表护送。建议你携带：身份证、基本生活用品和必要的食品。企业和设施的执行委员会将提供留下来维持城市运转的工人名单。疏散期间所有居民楼都将由民兵护卫。同志们，当你暂时离开居所时，请不要忘记关窗并切断电源、燃气并关上水龙头。请在临时疏散期间保持冷静并保持秩序。

之后数月，苏联政府派出了无数人力物力，终于将反应堆的大火扑灭，同时也控制住辐射。但是这些负责清理的人员也受到严重的辐射伤害；原因之一为遥控机器人的技术限制，加上严重辐射线造成遥控机器人电子回路失效，因此许多最高污染场所的清理仍依赖人力。

4月28日，开始疏散半径10km范围内的居民。4月28日，苏联共产党中央政治局召开全体会议讨论救灾事项。同日，苏联电视台在21:00的新闻节目中向社会公开了切尔诺贝利核事故的消息。苏联所有广播与电视台均播放经典音乐向事故受害者默哀。

4月29日成立以部长会议主席雷日科夫为首的苏共政治局应急行动小组，全权负责切尔诺贝利救灾工作，每天召开两次会议汇总情况、做出决策。政府委员会决定全部撤退核电站30km半径内全部居民，至5月6日全部撤离13.5万名居民，确诊急性放射病的367人，重症患者34人。

4月30日下午召开的乌共中央政治局会议，讨论是否取消次日的五一节活动。科学家的报告称基辅市的放射性水平仍然是正常的。会议决定次日基辅市的五一节庆祝活动从正常的4个小时缩短到2个小时。^[15]实际情况是，5月1日风向转变，基辅地区也遭到污染。

事故发生后一周内，直升机从空中向反应堆堆芯倾倒了5000吨的硼砂，停止了链式反应。

5月2日，苏共中央政治局委员利加乔夫和部长会议主席雷日科夫抵达切尔诺贝利，在切尔诺贝利区委大楼与设在此处的苏联政府临时委员会现场办公，决定30km内居民全部撤离。用铁丝网围了起来，入口设有检查站，隔离区内只有定期换班的监测人员与切尔诺贝利核电站其它三个还在发电的核反应堆工作人员。特别是与爆炸的四号反应堆在同一主厂房建筑物内，两座反应堆中间共用排放放射性废气高烟囱的三号反应堆，又正常工作了19年。事故二十周年后，四号反应堆的石棺外表的照射度仍有750毫希沃特，远高于20毫希沃特的安全值，加固石棺的焊接工人每工作两个小时就要轮换。隔离区内的平均照射度仍大于100毫希沃特。

5月2日，三名志愿者2号反应堆高级机械工程师阿列克谢·阿纳年科（Алексей Ананенко，他知道闸门所在位置）、第2涡轮车间控制单元高级工程师瓦列里·别兹帕洛夫（Валерий Безпалов）、切尔诺贝利反应堆值班长鲍里斯·巴拉诺夫（Борис Баранов，负责照明）承担了几乎必死无疑的任务：潜水进入4号反应堆被淹没的地下室，打开排水闸门，以避免4号机组内部上千吨温度高达1200℃炽热的石墨块与堆芯熔融物融穿几层混凝土楼层后遇到地下室内积存的高放射性废水导致水蒸汽大爆炸，而且直升机投掷的5000吨灭火材料又为这座受爆炸破坏摇摇欲坠的建筑结构增加了额外的负担。根据阿纳年科的口述：

我们事先要考虑好一切，以最快的时间抵达位置以免耽误事情。我们被告知了水上和水下的辐射情况，然后经过大厅走向水池。周围一片漆黑，我们在光束灯的照射下一路前行。走廊里面被水浸湿了，而且空间非常狭窄，只能容许一人跑过。来到水池边，我们三人便跳下了水。光束灯在水下的作用实在有限，照亮的地方太过狭小，我们只能一边摸一边前行。在阴暗狭窄的水下我们找到了其中一个阀门——这简直就是奇迹！别兹帕洛夫用手使劲扳着阀门，试图旋转它，并且最终征服了它。打开它的那一刻，我们欢呼雀跃。不得不说的是，在这种环境下呼吸器根本不管用。别兹帕洛夫和我跃出水面，游到另一个阀门上方附近。我不得不说他表现出了无比的勇气——别兹帕洛夫猛吸一口气，再次潜入水下，找到了阀门并且最终弄开了它。过了几分钟后，我们听到了水流特有的噪声，并且感觉到水位在下降——水终于往外排了！

闸门打开后，使用消防泵抽取了地下室内2万吨高放废水，至5月8日排净。和当初的预计一样，数个月后，堆芯的放射性熔融物真的烧穿了楼板。幸运的是，由于这三位英雄的努力，水池中的放射性冷却水早已排空。熔融物只是落到了空空如也的地下室中，并没有发生水蒸气爆炸。^[18]

使用石油钻机侧向钻入反应堆地下，5月4日开始向里面每天注入25吨液氮，使得反应堆地下土壤冻结在零下100摄氏度，避免反应堆堆芯熔融物不断下降污染地下水。

苏联政府临时委员会对乌克兰、白俄罗斯的500万人作了预防性体检，50多万人作了永久性防治登记。此后一年多的应急抢险，部长会议副主席级的高级领导干部伊万·斯捷潘诺维奇·西拉耶夫、尤里·德米特里耶维奇·马斯柳科夫、列夫·阿列克谢耶维奇·沃罗宁等在切尔诺贝利轮流值班。

苏联水利部副部长波拉德·阿吉耶维奇·波拉德-扎杰领导组织了规模浩大的水利防护工程，修筑了130多条堤坝以保护1500平方公里范围全部河流，避免放射性尘埃随雨水流入普里皮亚季河危及下游第聂伯河腹地。

30km半径的隔离区以外是较轻污染的撤离区，平均照射度在60毫伦琴左右，特定地点可达150-200毫伦琴。再往外是轻度污染的准撤离区，平均照射度约为30毫希沃特。

苏联科学家冒着高辐射进入四号反应堆建筑物内调查是否有发生新的链式反应或爆炸的可能。从反应堆外部通过钻杆置入探测器来监视反应堆各部位的温度、放射性。在反应堆地下室发现了2米直径数百吨具有极高放射性的熔融堆芯体。

1986年5月7日，抢险救灾进入了消除事故影响阶段。这时，5000吨灭火材料埋压下仍有195吨的石墨与核燃料在燃烧。政府委员会决定建造人工防热水平层与建造“石棺”两项措施。

1986年8月，抢险救灾进入了后处理阶段。苏联政府征募了大量抢险者参加了切尔诺贝利事故现场抢险工作。仅1986与1987两年，就有24万人参加。至1986年12月，苏联政府在4号反应堆上建成了“石棺”，封闭住事故现场。总计有60万苏联人获得了切尔诺贝利事故抢险奖章与勋章。

事故原因

国际原子能总署在事故发生后，迅速组织了国际核能安全咨询小组(INSAG)进行调查，前后发表了两份官方报告。

INSAG-1报告(1986)

1986年8月，INSAG基于苏联提供的资料与多位专家的证词，正式发表了首份调查报告，将事件定调为人祸。报告中提到："在备用涡轮测试的准备与执行阶段，操作人员关闭了一系列保护系统，违反了技术操作最重要的安全规定。"为了重现测试想定的紧急情况，操作员关闭了紧急核心冷却系统(ECCS)，区域自动控制系统(LAR)，紧急停机系统(AZ)，随后又为了尽快完成测试而随意操作，欠缺对反应堆的物理知识，也严重违反了操作规章。不幸的是，反应堆的设计者认定不可能发生这种"关闭安全系统又肆意操作"的情况，因此并未设计一个强制系统阻止事故发生。倘若安全系统正常作用，主电脑SKALA将插入所有控制棒，并启动能在2.5秒内插入24根控制棒的紧急程序。但在当时，这些控制权全部交给了控制员。切尔诺贝利事故调查委员会主任委员瓦列里·列加索夫曾如此批评："这就好比飞行员一边飞行，一边测试飞机的引擎。"

厂长维克托·布留哈诺夫（Виктор Брюханов）只具有燃煤发电厂的训练经历和工作经验，基本上是负责政战的主管，事发半夜演习时并不在场，但主导演习的副厂长是核能专业。他的总工程师尼古拉·福明（Николай Фомин）亦是来自一个常规能源厂。4号机的代理总工程师阿纳托利·佳特洛夫只有“一些小反应堆的经验”。

报告虽曾提及反应堆的设计缺陷让违反规定的操作变得十分危险，但并未作深入探讨。报告发表后，"人祸"一说很快变成了主流观点，也成为了长期以来大众所认知的主因。

INSAG-7报告(1992)

1991年，苏联核电安全委员会再次调查切尔诺贝利事故，提出不少新的观点。基于这些调查，INSAG于1992年发表了INSAG-7以弥补INSAG-1之不足。

新报告的观点做了极大幅度之转变。INSAG认为1986年8月取得的资料并不可靠，因此前一份报告对操作人员的指控有不少错误。首先，关闭紧急系统不是事故的发生主因。事实上，关闭紧急系统以防止涡轮停机这件事并不违反规章。真正危险的是低功率输出(低于700MW)加上很小的反应度运转余裕(ORM)。当时的操作规章并未禁止低功率输出，只禁止了低ORM情况下继续操作反应堆。不幸的是，RBMK-1000的设计文件对ORM的看法与操作规章不一致，ORM本身也没被列入系统安全极限值中认真看待。

有别于前一份报告，INSAG-7认为事故的主因来自反应堆的设计缺陷。问题主要分为两点：

- 反应器有一个危险的空泡系数(void coefficient)。空泡系数是一种衡量反应器安全程度的数据，用于测量水冷却剂中蒸气气泡的形成与增加对于反应器的影响。大部分的反应器设计会在水温升高时产生较少的能量。这是因为如果冷却剂含有蒸气气泡，则能被减速的中子数量将会下降。速度快的中子一般不易造成铀原子的裂变，所以反应堆会产生较少的能量。然而，切尔诺贝利的RBMK反应器，使用固体石墨当作中子缓和剂来降低中子的速度^[19]，且用吸收中子的轻水来冷却核心。因此尽管水中有蒸气气泡产生，仍有大量中子被减速。此外，因为蒸气吸收中子不像水那样的容易，因而增加RBMK反应器的温度，就会有更多的中子能够裂变铀原子，增加反应器的能量输出。这导致RBMK的设计在低水位时非常不稳定，在温度上升时存在输出能量在短时间内达到危险水平的倾向。这对于工作人员而言是难以理解和预见的。
- 第二个缺陷是控制棒的设计。在反应时，控制员透过将控制棒插入反应堆的动作来减慢反应速度。在RBMK反应器的设计中，控制棒的尾端是由石墨组成，延伸部分（在尾端区域超出尾端的部分，大约是一米或三英尺长度）中空且注满水。而控制棒的其他部分由碳化硼制成，是真正具有吸收中子能力的部分。因为这种设计，当控制棒一开始插入反应器时候，石墨端会取代冷却剂，反而大大地增加了核裂变的反应速度，因为石墨能够吸收的中子比沸腾的轻水少。因此一开始插入控制棒的前几秒钟，反应器的输出功率反而会大幅增加，而并非如预期地降低功率。反应堆操作员并不知道这个违反直觉的现象。



苏联切尔诺贝利事故抢险奖章（左）与勋章



奖励灾难调查员的苏联纪念章。

其余的问题包括：

- 水的管道垂直地穿过堆芯，当水温增加时水位将会上升，在核心之中产生温度的梯度效应。如果在顶端的部分已经完全地变为蒸气，则效应会更恶化。因为顶端部分此时已无法被足够冷却，且反应会明显增强。（相反地，CANDU反应堆设计中，水的管道水平地穿过核心，相邻的管道则是相反方向的流向，因此核心部分的水温变化较小）
- 因为反应堆有巨大容积，为了降低成本，建造电厂时反应堆周围并没有建构任何围阻体。这使得蒸气爆炸令主要的反应堆压力容器破损后，放射性污染物得以直接进入地球大气层之中。
- 反应堆已经持续运转超过一年以上，储存了核裂变的副产物。这些副产物增强不受控制的反应，使事故更难以控制。
- 当反应堆过热时，设计上的缺陷导致反应器容器变形、扭曲和破裂，使插入控制棒变得不可能。
- 电厂操作员间，以及操作员与设计者间均未能有效沟通安全信息。
- 自全国到地方都欠缺对核放射的安全认知。

观点分析

两份观点不同的报告，其实代表着反应堆设计商，电厂，苏联政府与乌克兰政府间的激烈游说角力。另一方面，苏联当局始终没有公布电厂侦测器之原始数据，因此难以厘清部分细节。

总结来说，事故的主因仍然是人为因素居多。第一线人员固然草率地关闭安全系统，违反计划操作反应堆，但这也反映了电厂从设计，建造，发电到监管，各个环节对安全的极度漠视。乌克兰当局曾经解密一整批横跨1971至1988年，牵涉切尔诺贝利电厂的KGB档案。这段时间总共发生29起紧急状况，其中有8起属于人为因素，例如施工失误造成结构损伤，厂方却未加以改善。

INSAG明确指出："安全文化的缺乏导致了此次事故，这不仅是切尔诺贝利电厂，更是苏联核电设计，营运，监管的整体结构性问题。"

事故造成的影响

即时的辐射污染

苏联的事故报告指出，切尔诺贝利4号机反应堆总共有180至190吨的二氧化铀以及核反应产生的核废料。他们估计这些物质大约有5%-30%流到外面。但根据曾经到过石棺反应堆做后续处理的清理人（例如Usatenko和Karpan博士）说反应堆内只剩大约5%-10%的物质。反应堆的照片里显示了反应堆完全是空的。因为大火引发的高温，让许多辐射物质冲向大气层高空，并向外四面八方扩散。

苏联当局在事件发生之后36小时，就开始疏散住在切尔诺贝利反应堆周围的居民。在1986年5月，即事件发生后一个月，约116,000名住在核电站方圆30公里（相当于18英里）内的居民都被疏散至其他地区。因此，这个地区经常会被称为疏散区域（Zone of alienation）。然而辐射所影响的范围其实能散播至超过方圆30公里外的地方。有超过300,000人脱离了灾难的威胁，但仍然有数百万人继续居住在污染区内。

由原子炉熔毁而漏出的辐射尘飘过俄罗斯、白俄罗斯和乌克兰，也飘过欧洲的部分地区，例如：土耳其、希腊、摩尔多瓦、罗马尼亚、立陶宛、芬兰、丹麦、挪威、瑞典、奥地利、匈牙利、捷克、斯洛伐克、斯洛文尼亚、波兰、瑞士、德国、意大利、爱尔兰、法国（包含科西嘉岛）和英国。在最早发生意外的时候，有人认为核泄漏是来自瑞典而不是苏联，1986年4月27日，瑞典福斯马克核电站工作人员发现异常的辐射粒子粘在他们的衣服上，该电厂距离切尔诺贝利大约1100公里。根据瑞典的检查，发现该辐射物并不是来自本地的核能电厂，他们怀疑是



切尔诺贝利事件后的周遭辐射污染剂量分布图

苏联核电站出了问题。当时瑞典曾透过外交管道向苏联询问，但未获证实。另外，法国政府宣称辐射尘只飘到德国及意大利的边界。因为辐射尘的关系，意大利规定部分农作物禁止人们食用，例如蘑菇。法国政府为了避免引发民众的恐惧，所以没有作出类似的测量。

一位来自绿党的欧洲议会议员丽贝卡·哈姆斯受联合国的委托，于2006年撰写一份关于切尔诺贝利核事故的报告，称为TORCH报告。内容说明：“从辐射尘飘散的分布来看，白俄罗斯（占国土约22%）和奥地利（13%）是最受辐射尘污染的地区。其他国家，例如乌克兰（5%）、芬兰和瑞典皆受到高程度上的污染（污染程度：> 40,000 Bq/m，铯-137）。更有80%的辐射尘飘至摩尔多瓦，和欧洲的土耳其、斯洛文尼亚、瑞士。而斯洛伐克则受到较低程度上的污染（污染程度：> 4,000 Bq/m，铯-137）。另外，德国44%和英国34%境内地区均受辐射尘埃的污染。”国际原子能机构和联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）认为TORCH所报告里的污染地区不够全面，认为还有更多地区的污染程度会超过40,000或4,000 Bq/m，铯-137。

切尔诺贝利灾难不只污染了周围的乡镇，它还借由气流的帮助，因此能够没有规律地往外面散开。根据苏联及西方科学家的报告指出：掉落在苏联的辐射尘有60%在白俄罗斯。而由TORCH 2006的报告指出有一半的易挥发粒子掉落在乌克兰、白俄罗斯、及俄罗斯以外的地方。在俄罗斯联邦布良斯克（Bryansk）的南方极大的区域和乌克兰北方的部分地区，都被辐射物质污染。

事故伤亡

意外发生后，马上有203人立即被送往医院治疗，其中31人死亡，当中有28人死于过量的辐射。死亡的人大部分是消防队员和救护员，^[20]因为他们并不知道意外中含有辐射的危险。为了控制核电辐射尘的扩散，当局立刻派人将135,000人撤离家园，其中约有50,000人是居住在切尔诺贝利附近的普里皮亚特镇居民。卫生单位预测在未来的70年间，受到5–12艾贝克辐射而导致癌症的人，比例将会上升2%。另外，已经有10人因为此次意外而受到辐射，并死于癌症。

2005年9月，联合国、国际原子能机构、世界卫生组织、联合国开发计划署、乌克兰和白俄罗斯政府以及切尔诺贝利论坛等其他联合国团体，一起合作完成了一份关于核事故的总体报告。报告指出事件死亡人数可达4000人，世界卫生组织更包括了死于核辐射的47名救灾人员，和九名死于甲状腺癌症的儿童。

以下是事故造成的直接牺牲者：

俄文名字 ^{[21]}	出生日期 死亡日期	死亡原因	职务	描述
<div>亚历山大·费奥多罗维奇·阿基莫夫</div> <div>Акимов, Александр Фёдорович</div>	1953-05-06 ~ 1986-05-10	全身100%放射性烧伤 15戈瑞剂量	4号反应堆当班操纵长	爆炸时在控制室；爆炸后以为是通向反应堆的循环水被某个关闭了的阀门阻碍，在试图恢复反应堆给水时遭到致命辐射；追授三级勇敢勋章 ^{[22]}
<div>阿纳托利·伊万诺维奇·巴拉诺夫</div> <div>Баранов, Анатолий Иванович</div>	1953-06-13 ~ 1986-05-20	急性放射病	电子工程师、高级电气师	追授三级勇敢勋章和十月革命勋章 ^{[22]}
<div>维亚切斯拉夫·斯捷潘诺维奇·布拉日尼克</div> <div>Бражник, Вячеслав Степанович</div>	1957-05-03 1986-05-14	急性放射病	汽轮发电机高级机械师	爆炸时在涡轮机大厅，在7号汽轮发电机组变压器旁边打开汽轮机应急泄油阀时遭到附近一根反应堆燃料棒残骸的10希沃特的致命辐射，病逝于莫斯科的医院，追授三级勇敢勋章 ^{[22]}
<div>维克托·米哈伊洛维奇·杰格佳连科</div> <div>Дегтяренко, Виктор Михайлович</div>	1954-08-10 1986-05-19	急性放射病	反应堆操纵员	爆炸时位于主泵附近，脸部被一回路的过热蒸汽烫伤。追授三级勇敢勋章 ^{[22]}
<div>阿纳托利·斯捷潘诺维奇·佳特洛夫</div> <div>Дятлов, Анатолий Степанович</div>	1931-03-03 1995-12-13	心脏病去世	核电厂副总工程师	主持当夜的反应堆试验。爆炸时在反应堆控制厅。受到4希沃特外照射。脸部、右手、腿部被辐射烧伤。被开除出党、1986年8月被捕，1987年8月判处10年徒刑，服刑5年。
<div>尼古拉·亚历山德罗维奇·德罗维奇·汉茹克</div> <div>Ганжук, Николай Александрович</div>	1960-06-26 1986-10-02	直升机坠毁	直升机飞行员	直升机旋翼碰到一根建筑物缆线导致失事

俄文名字 ^[21]	出生日期 死亡日期	死亡原因	职务	描述
瓦西里·伊万诺维奇·伊格纳坚科 <div>Игнатенко, Василий Иванович</div>	1961-03-13 1986-05-13	急性放射病	消防员	大士，第一批登上反应堆厂房屋顶灭火人员。在他试图扑灭屋顶和反应堆堆芯大火时遭到致命性的伤害，在莫斯科第6医院病。他被怀孕的妻子救出，他的孩子因心力衰竭和由核污染导致的肝硬化，出生后不久死亡 ^[23] 。追授红旗勋章和金星乌克兰英雄勋章 ^[22]
叶卡捷琳娜·亚历山德罗夫娜·伊万年科 <div>Иваненко, Екатерина Александровна</div>	1932-09-11 1986-05-26	急性放射病	警卫人员	四号反应堆门卫，坚守岗位一整夜直至清晨 ^[24]
瓦列里·伊里奇·霍杰姆丘克 <div>Ходемчук, Валерий Ильич</div>	1951-03-24 1986-04-26	最初的爆炸	反应堆主泵高级操纵员	爆炸时在南侧主泵房，爆炸中直接遇难，尸体埋在了反应堆残骸中。追授三级勇敢勋章
列昂尼德·伊万诺维奇·赫里斯季奇 <div>Христич, Леонид Иванович</div>	1953-02-28 1986-10-02	直升机坠毁	直升机飞行员	与前述的汉茹克同机遇难
维克托·尼古拉耶维奇·基别诺克 <div>Кибенок, Виктор Николаевич</div>	1963-02-17 1986-05-11	急性放射病	消防员	中尉，核电厂第二消防站负责人，在反应堆与中央大厅灭火中遭到致命辐射。1987年追授苏联英雄
尤里·伊万诺维奇·科诺瓦尔 <div>Коновал, Юрий Иванович</div>	1942-01-01 1986-05-28	急性放射病	电工	追授三级勇敢勋章
亚历山大·根纳季耶维奇·库德里亚夫采夫 <div>Кудрявцев, Александр Геннадиевич</div>	1957-12-11 1986-05-14	急性放射病	反应堆副操纵长	爆炸时在控制室。当他看到反应堆堆芯被炸开后，手动尝试降下控制棒，遭到致命辐射。追授三级勇敢勋章

俄文名字 ^[21]	出生日期 死亡日期	死亡原因	职务	描述
阿纳托利·哈尔兰皮耶维奇·库尔古兹 <div>Кургуз, Анатолий Харлампиевич</div>	1957-06-12 1986-05-12	急性放射病	中央大厅操纵员	被涌入控制室的过热蒸汽烫伤
亚历山大·格里戈里耶维奇·列琴科 <div>Лелеченко, Александр Григорьевич</div>	1938-07-26 1986-05-07	25希沃特照射	副电工长	以前是列宁格勒核电站的电工值长。为了救助一名年轻同事，他3次走过放射性冷却水与残骸去关闭电解液与氢气（用于汽轮机叶片冷却），然后试图给给水泵应急供电。在基辅的医院去世。
维克托·伊万诺维奇·洛帕秋克 <div>Лопатюк, Виктор Иванович</div>	1960-08-22 1986-05-17	急性放射病	电工	关闭电解液时遭到致命辐射
克拉夫季娅·伊万诺夫娜·卢兹冈诺娃 <div>Лузганова, Клавдия Ивановна</div>	1927-05-09 1986-07-31	6希沃特辐射	警卫	当班保卫距离4号反应堆200米远的乏燃料储藏房
亚历山大·瓦西里耶维奇·诺维克 <div>Новик, Александр Васильевич</div>	1961-08-11 1986-07-26	急性放射病	涡轮机机械检查员	在7号汽轮发电机组变压器旁给控制室打电话时，遭到附近一根反应堆燃料棒残骸的10希沃特的致命辐射，病逝于莫斯科的医院，追授三级勇敢勋章
伊万·卢基奇·奥尔洛夫 <div>Орлов, Иван Лукич</div>	1945-01-10 1986-05-13	急性放射病	物理学家	在试图重启反应堆冷却水回路时遭到致命辐射
康斯坦丁·格里戈里耶维奇·佩尔丘克 <div>Перчук, Константин Григорьевич</div>	1952-11-23 1986-05-20	急性放射病	汽轮机操纵员，高级技师	爆炸时在汽轮机大厅，在7号汽轮发电机组变压器旁，遭到附近一根反应堆燃料棒残骸的10希沃特的致命辐射，病逝于莫斯科的医院，追授三级勇敢勋章

俄文名字 ^{[21]}	出生日期 死亡日期	死亡原因	职务	描述
瓦列里·伊万诺维奇·佩列沃兹琴科 Перевозченко, Валерий Иванович	1947-05-06 1986-06-13	急性放射病	反应堆值长	在试图营救霍杰姆丘克、手工降下控制棒时体侧与后背遭到致命辐射，追授三级勇敢勋章
格奥尔基·伊利亚若诺维奇·波波夫 Попов, Георгий Илларионович	1940-02-21 1986-06-13	急性放射病	哈尔科夫汽轮机厂员工	振动学专家，爆炸发生时在8号汽轮机组的移动卡车实验室
弗拉基米尔·帕夫洛维奇·普拉维克 Правик, Владимир Павлович	1962-06-13 1986-05-11	放射烧伤	消防员	中尉, 第一批登上反应堆厂房的消防员的领导，在灭火中遭到致命辐射，于莫斯科第6医院病逝。1987年追授苏联英雄
维克托·瓦西里耶维奇·普罗斯库里亚科夫 Проскуряков, Виктор Васильевич	1955-04-09 1986-05-17	急性放射病	反应堆副操纵长	爆炸时在控制室，亲眼看到了暴露的堆芯，手工降下控制棒时受到致命辐射，全身100%被辐射烧伤。追授三级勇敢勋章
弗拉基米尔·伊万诺维奇·萨文科夫 Савенков, Владимир Иванович	1958-02-15 1986-05-21	急性放射病	哈尔科夫汽轮机厂员工	振动学专家，爆炸发生时在8号汽轮机组的移动卡车实验室。第一个发病。
阿纳托利·伊万诺维奇·沙波瓦洛夫 Шаповалов, Анатолий Иванович	1941-04-06 1986-05-19	急性放射病	电工	追授三级勇敢勋章
弗拉基米尔·尼古拉耶维奇·沙舍诺克 Шашенок, Владимир Николаевич	1951-04-21 1986-04-26	热烧伤、辐射烧伤、休克	切尔诺贝利启动与调试公司员工, 负责调试自动系统	爆炸时在604房间, 发现时已经昏迷，被一根落下的房梁压埋，脊椎骨砸断，肋骨骨折，深度热烧伤与放射烧伤，当天在医院昏迷中死亡

俄文名字 ^{[21]}	出生日期 死亡日期	死亡原因	职务	描述
弗拉基米尔·尼基托维奇·舍甫琴科 <div>Шевченко, Владимир Никитич</div>	1929-12-23 1987-03-29	癌症，急性放射病综合征	乌克兰摄影师	在切尔诺贝利抢险现场担任纪录电影拍摄。是1986年10月2日直升机坠毁影片的拍摄者。
阿纳托利·安德烈耶维奇·西特尼科夫 <div>Ситников, Анатолий Андреевич</div>	1940-01-20 1986-05-30	急性放射病	副总工程师	被福明派遣到反应堆大厅与屋顶调查，遭到15希沃特辐射
列昂尼德·彼得洛维奇·捷利亚特尼科夫 <div>Телятников, Леонид Петрович</div>	1951-01-25 2004-12-02	死于癌症，受到4 Gy照射	消防员	核电厂消防队队长。1987年获得苏联英雄称号
弗拉基米尔·伊万诺维奇·季舒拉 <div>Тищура, Владимир Иванович</div>	1959-12-15 1986-05-10	放射性烧伤	消防员	中士，基别诺克的队员，在反应堆与中央大厅灭火。
尼古拉·伊万诺维奇·季捷诺克 <div>Титенок, Николай Иванович</div>	1962-12-05 1986-05-16	体内体外放射性烧伤、心脏水肿	消防员	大士，基别诺克的队员，在反应堆与中央大厅灭火。在莫斯科第6医院病逝
列昂尼德·费奥多罗维奇·托普图诺夫 <div>Топтунов, Леонид Федорович</div>	1960-08-16 1986-05-14	急性放射病	反应堆控制总工程师	爆炸时在控制室的控制台前，与阿基莫夫一起试图重启反应堆水循环时遭到致命剂量辐射。追授三级勇敢勋章
尼古拉·瓦西里耶维奇·瓦舒克 <div>Ващук, Николай Васильевич</div>	1959-06-05 1986-05-14		消防员	中士，基别诺克的队员

俄文名字 ^[21]	出生日期 死亡日期	死亡原因	职务	描述
尤里·阿纳托利耶维奇·韦尔希宁 <div>Вершинин, Юрий Анатольевич</div>	1959-05-22 1986-07-21	急性放射病	汽轮机机械检修员	爆炸时在汽轮机大厅，在7号汽轮发电机组变压器旁，遭到附近一根反应堆燃料棒残骸的10希沃特的致命辐射，病逝于莫斯科的医院，追授三级勇敢勋章
弗拉基米尔·康斯坦丁诺维奇·沃罗比约夫 <div>Воробьёв, Владимир Костантинович</div>	1956-03-21 1986-10-02	直升机坠毁	直升机成员	
奥列克桑德尔·叶夫赫诺维奇·云金德 <div>Юнхинд, Олександр Евхновйч</div>	1958-04-15 1986-10-02	直升机坠毁	直升机成员	

苏联政府征募了大量抢险者，负责整理现场并建造石棺，他们被称为“清理人”。根据俄罗斯的估计，大约有300,000到600,000的清理人在灾变后的两年内，进入离反应堆30公里的范围内清除辐射污染物。清理人在清理的过程中接受到非常高剂量的辐射，从10毫希沃特到1希沃特不等，平均为120毫希沃特，85%人群的放射性剂量在20-500毫希沃特。这些人现今享有参加过战争的老兵的特殊社会福利待遇，包括就业、医疗、退休金等。这60万人包括数千种职业与岗位：

- 反应堆工作人员：尤里·科尔涅耶夫（Юрий Корнеев）、鲍里斯·斯托利亚尔丘克（Борис Столярчук）与亚历山大·尤甫琴科（Александр Ювченко）是4号反应堆发生爆炸时的机组值班人员中最后3名仍健在者。阿纳托利·佳特洛夫是爆炸时的4号机组的试验主管，也是切尔诺贝利核电厂副总工程师主管3号4号反应堆，遭到5.5希沃特辐射剂量，于1987年被判刑10年，服刑5年后出狱，写有一本书称切尔诺贝利核事故是由于设计原因而不是值班操纵员人为责任原因^[25]，于1995年死于心脏病。
- 直接投入爆炸后灭火的消防员
- 苏联民防部队直接投入现场清理放射性污染物、控制反应堆链式反应的人员
- 苏联内务部队与民警直接参与了安全保卫、交通出入控制、居民疏散。乌克兰内务部至少749人获得勋章奖章，其中包括3名苏联英雄、4名乌克兰英雄。
- 军队与地方的医疗卫生工作者，包括：
 - 一批女性看门人，清理居民紧急撤离后住宅内的食物以避免传染病暴发。
 - 特殊猎人，负责扑杀居民紧急撤离后遗留的家畜。
- 军队航空兵与民航人员，参与了极危险的直升机抢险、紧急空运、航空放射性沾染监测等任务。
 - 米科拉·米科拉约维奇·梅利尼克，是卡莫夫设计局的试飞员，在整个事故抢险中，从5月20日至9月9日共飞行46个架次52小时。其中最重要的一次飞行是6月19日驾驶卡莫夫直升机吊放安装一根18米长的巨大探针到被毁反应堆堆芯，第三次空中吊放尝试才获得成功。为此获得苏联英雄称号。
- 参与抢险的科学家、工程师、工人。运输业、建筑业工人。
- 媒体工作者，记录下现场抢险经过
- 表演艺术家，到现场慰问演出。

长期的健康影响

核电站爆炸事故对切尔诺贝利居民造成的长期影响一直备受争议。意外发生之后，人们的健康问题主要被放射性物质“**碘-131**”所影响。目前，有人担心20年前的**锶-90**和**铯-137**还会对土壤造成污染。而且，植物、昆虫和蘑菇最表层的土壤会吸收铯-137。所以，有些科学家担心核辐射会对当地人造成几个世纪的影响。

在被辐射污染的地区里，有许多小孩的辐射剂量高达50 **戈瑞**（Gray）。这是因为他们在喝牛奶的过程中吸收了当地生产而被辐射污染的牛奶，当地牛奶是被**碘-131**所污染，**碘-131**的半衰期为8天。许多研究发现白俄罗斯、乌克兰及俄罗斯的小孩也罹患**甲状腺癌**比例快速增加。根据日本原子弹爆炸的事后调查统计预期，在切尔诺贝利地区的白血病在未来的几年内将会增加。但直到目前为止，**白血病**病例的增加数量还不足以在统计学上推断，并和辐射外泄有关。

丽贝卡·哈姆斯的**TORCH**报告于2006年另外指出，预计将会有更多，因这次事故而导致出的放射性物质**碘-131**（增加引起**甲状腺癌**的主要物质），会散布至苏联之外等地。有机会患上**甲状腺癌**的地区，例如捷克和英国，他们均提出需要更多的研究来解决西欧方面的癌症问题。报告预计会额外有30,000至60,000人死于癌症，大部分固体癌症的潜伏期大约是在20至60年，还预计当中会有18,000至66,000名白俄罗斯人患上**甲状腺癌**，最受辐射尘所污染的白俄罗斯地区的癌症个案会上升约40%。不过，这些病症当中，还会有很多潜在因素，所以无法于2006年初期准确地预计出正确的资料。另外，2005以来，45岁以下女性患上**乳癌**的个案亦有所上升。癌症以外，切尔诺贝利核事故与**白内障**和**心血管疾病**两项非癌症疾病有关。

乌克兰卫生局局长于2006年，发现有约240万的乌克兰人（包括428,000名儿童）受到这次事故的辐射尘，而导致影响身体和心理健康，又指境内流徙人士亦受到同样的问题。

另外，**国际癌症研究机构**（International Agency for Research on Cancer）于2006年四月份报告，主题为“切尔诺贝利核事故释放出的辐射尘，所导致在欧洲癌症人士的资料统计”。但是，他们又称癌症人士的统计数目，较难做出一个较准确的统计表。当然，结果显示出的是，现今欧洲癌症人士并没有任何上升的趋势。另外，例如在污染地区患上**甲状腺癌**的话，就一定是被事故里的辐射尘所感染。但其实最终的是，按照**线性无门槛模型**（linear no threshold model）在癌症方面上的研究，说出可能会在2065年之内，额外会有16,000多人死于癌症。他们的预计方针，是根据95%**置信区间**而定的。

虽然那些受到低剂量辐射所影响的人，几乎没有死亡率增加、癌症或先天缺陷的症状，但是仍不能够确定其原因与放射性污染的关联。并未有证据或是观察结果表示辐射引起生育力下降，接受辐射剂量也不会增加死胎，有问题的妊娠结果，分娩并发症及儿童整体健康的数量。居住在污染区域内，有较低的出生率(或许是较高的堕胎率掩盖住)。有报导先天性畸型温和且稳定的增加，同时间无污染的地区人数也同步增加，可能是因为登记的人数增加导致这样的结果。^{[26][27]}

食物限制

1986年4月，一些欧洲国家（除法国以外）已经强制实行食物限制，特别是菌类和牛奶。在灾难过后20年，主要限制制造、运输、消费过程中来自切尔诺贝利放射性尘埃的食物污染，尤其是对**铯-137**指标的控制，以防止它们进入人类的食物链。在瑞典和芬兰的部分地区，部分肉类产品受到监控，包括在自然和接近自然环境下生活的羚羊等等。在德国、奥地利、意大利、瑞典、芬兰、立陶宛和波兰的某些地区，野味（包括野猪、鹿等）、野生蘑菇、浆果以及从湖里打捞的食肉鱼类的**铯-137**含量达到每千克几千贝克。在德国一些野生蘑菇的**铯-137**含量甚至达到了40,000贝克/千克。按照2006年**TORCH**报告，这些地区的平均水平约为6,800贝克/千克，是欧盟规定的600贝克/千克的10倍以上。由此欧盟委员会已经表示：“对于从这些成员国进口的某些食物的限制必须在未来维持多年”。



在切尔诺贝利附近被遗弃村庄普里皮亚特

在英国，根据1985起实行的食物和环境保护条例（Food and Environment Protection Act，简称**FEPA**），从1986年起限制了放射行指标超过1000贝克/千克的绵羊的迁移和销售。这项安全措施是根据欧盟委员会专家组第31项报告的建议而作出的。但是从1986年以来，受限制区域已经减少了96%：从一开始限制区域几乎包括了9000个农场和400万头绵

羊，到2006年已经递减到374个农场大约750平方公里的地区和约20万头绵羊。只有坎布里亚、北威尔士和苏格兰西南部的一些区域仍然受到限制。^[28]

在挪威，萨米人受到被污染的食物影响，有些驯鹿因为吃了地衣而受到污染，因地衣在从空气中获取养分的过程中吸收了放射性微粒。^[29]

对自然世界的影响

在事故后，隔离区内变成部分野生动物的天堂。虽然动物也饱受辐射之苦，但比起人类来说，辐射对它们的伤害是非常轻微的，所以对它们而言事故的发生反而是好事。在隔离区内的动物比如老鼠已适应了辐射，它们的寿命和没受辐射影响地区的老鼠比较大约相同。下列为隔离区内再度出现或被引入的动物：山猫、猫头鹰、大白鹭、天鹅、棕熊、欧洲野牛、蒙古野马、獾、河狸、野猪、鹿、麋鹿、狐狸、野兔、水獭、浣熊、狼、水鸟、灰蓝山雀、黑松鸡、黑鹳、鹤、白尾雕。^[30]

美国乔治亚大学的野生生态学家吉姆·毕斯利用可测量辐射的项圈追踪了在切尔诺贝利强制疏散区生存的13只狼，它们在辐射强烈区域活动时，自然遭受较强辐射污染。而其中一只狼长途跋涉400公里，向东到了白俄罗斯，然后回到乌克兰，最后抵达俄国，去找母狼交配(交配成功与否，未知)。另外提到小型动物如鸟类、啮齿类、昆虫的相关研究显示：这些动物都有肿瘤、白内障、脑萎缩及发育不正常的迹象，且其排遗可能因此散播辐射到疏散区外。不过目前还不清楚狼群是否也会如此；切尔诺贝利周遭并没有大量狼群会受到突变影响。且作者强调，还需要更多研究才能回答论文中提到的问题^{[31][32]}。此研究发表于《欧洲野生动物研究》期刊。

政治经济影响

苏联政府为了处理事故，花费巨额金钱，并在其他因素的结合作用下，对苏联经济造成严重且难以逆转的伤害。更重要的是，此事故迫使苏联的政治比过去更透明开放，并且间接地向全球展示核子战争会造成的浩劫，与引发全球对核能发电的疑虑。

与其他事故比较

将切尔诺贝利事故拿来与1984年印度波帕尔化学灾变作比较来看。1984年12月3日美国联合碳化印度分公司在波帕尔的化工厂泄漏出40公吨有毒的异氰酸甲酯和其他有毒气体，该毒气杀死大约15,000人，并且使150,000至600,000人受到伤害。

以下为其他造成大量死伤的人为灾害

- 1889年美国约翰镇水灾，2,209人死亡。
- 1975年中国河南“75·8”溃坝事件，官方宣称三万人左右死亡，其他估计则有接近唐山大地震。
- 1952年英国伦敦烟雾，英国伦敦大约12,000人死亡。

其他的核能辐射灾变并没有造成像切尔诺贝利一样的严重灾害。民用核能事故包含1964年7月24日美国罗德岛查理斯镇电厂发生添加燃料意外，只有1人死亡。1983年9月23日阿根廷布宜诺斯艾利斯实验设备，亦只有1人死亡。1999年9月30日日本东海村JCO核能燃料再处理工厂临界意外，共有两人死亡。切尔诺贝利事故之前的商用核能电厂事故，包含1957年英国温斯乔反应堆火灾和1979年在美国的三哩岛核泄漏事故核能电厂反应堆熔毁，这两个事故都没有显示出有人员死亡的记录。2011年3月16日，2011日本福岛第一核电站自遇险以来已发生4次爆炸，暂无人员死亡公开相关报导，截止到2011年3月20日，事故仍在进行中，最后成为核灾史上第二次七级核灾。

事故后续

核电厂后续运作

切尔诺贝利电厂并没有因为4号机组出问题而停止运作，只封闭电厂的4号机，并且用200米长的水泥与其他机组隔开，但由于缺乏能源，所以乌克兰政府让其他三个机组继续运作。1991年在2号机组发生一场火灾，乌克兰政府当局随后宣布2号机组无法修复，并须终止运作。1996年11月，在乌克兰政府与国际原子能总署的协议下，1号机组停止运作。2000年12月乌克兰总统列昂尼德·丹尼洛维奇·库奇马，在一个正式典礼上关闭3号机组的运作。至此，整个切尔诺贝利发电厂就停止发电，不再运作。

核电厂废墟中残留的放射性物质

根据官方估计，发生事故后的反应堆内大约还有95%的燃料（180公吨），该批燃料的总放射性达约1800万Ci（670 PBq）。现时残留在内的放射性物质已经硬化成陶瓷状物质。它们主要在事故发生初期时，反应堆的核心碎片能在反应堆内四处流窜，并且和其他灰尘和熔岩状的“燃料覆盖物质”（fuel-containing materials、FCM）构成。现时仍不能够确定这些陶瓷状物质何时会延缓释放放射性物质。

透过秘密的估计，在该核电站里有至少有4公吨的放射性尘埃。不过，最新的估计已经调查关于燃料的数量，并保持在反应堆中的分量。一些估计指出，现在安置在燃料反应堆内的总数量，大约只有原先燃料的70%。由于爆炸，国际原子能机构失去5%的燃料。另外有人估计只有原先燃料的5～10%遗留于废墟里面。

另外，水继续漏入反应堆。在整个反应堆大楼内，被淹没的环境散播出放射性物质。而反应堆大楼的地下室，同时也缓慢地充满被核燃料所污染的物质，并且释放出有放射性的废水。虽然已经修补在屋顶上形成的洞口，但是该洞口还是能够在这种情况下继续恶化。

旧石棺

1986年6月至11月，苏联政府投入大量人力，建造了被称为“石棺”的水泥围墙和上盖以覆盖损毁的4号机组，以免辐射扩散。旧石棺由两根大梁支撑反应堆加固墙以及反应堆上盖。

但是，旧石棺只是一种临时防御措施，不能一劳永逸。虽然它被赋予了接近30年的寿命，但旧石棺本身非常脆弱，可能连一次小型地震或一阵强风都有可能引至旧石棺倒塌。首先，旧石棺的位置本身就已经很不安全，因为旧石棺是直接搭建在废墟之上的，它的基础并不牢固。切尔诺贝利前高级工程师尼古拉·斯坦伯格(https://capture.jrc.ec.europa.eu/mna/cv_steinberg.html)（Николай Штейнберг）更指出，原计划以30万立方米混凝土加固反应堆外墙和上盖支撑钢梁，但碍于现场辐射剂量过高，时间紧迫，计划未能遂行。因此，旧石棺缺乏必要的焊接，甚至有些地方连螺丝钉也没有，旧石棺只能靠自身重量维持稳定。^[33]

此外，当时以人力及工业机器人搭建的旧石棺正在严重地风化。湿度是影响旧石棺寿命的重要因素。废墟内本身已经有大量放射性废水。旧石棺内相对密闭的空间令升温比降温更加容易，更令废墟内湿度水平上升。高湿度当中会腐蚀旧石棺里的混凝土和钢。

如果反应堆大楼的墙和反应堆上盖倒塌，惊人数量的放射性灰尘和粒子将会被直接释放到空气中，令辐射物质毁灭周围的环境。为此，当局曾经研究出好几种加固旧石棺的方案。

新石棺

切尔诺贝利基金于1997年丹佛八国集团峰会成立，其遮蔽执行计划（Shelter Implementation Plan, SIP）将在4号机组反应堆废墟及其石棺上方建造新遮蔽结构体（New Safe Confinement, NSC），一个安全稳定、符合生态要求的新石棺。遮蔽执行计划将由Bechtel、Battelle、和Electricite de France共同管理设计，它将包含一个可移动的拱形结构。为了避免辐射，它将在远离遗址的位置建造，再进一步移到遗址上方。新的石棺将是有史以来人类建造最大的可移动建筑物。2012年4月26日，即切尔诺贝利核电站事故26周年纪念日，新石棺开工建设。新石棺耗资9.35亿欧元，大多数资金是来自世界各国政府的捐赠。^[34]

2016年11月29日，新石棺正式安装完成，高105米，长150米，宽257米。^{[33][35]}新石棺内配有巨型吊臂，能解体旧石棺及清除反应堆残骸，以便工程人员清理剩余的放射性材料。^{[33][36]}

参看

- 核动力
- 切尔诺贝利核电站
- 切尔诺贝利：因这次事件而被废弃的城市。
- 普里皮亚季：因这次事件而被废弃的城市。
- 三哩岛核泄漏事故
- 东海村JCO临界意外
- 国际核事件分级表
- 福岛第一核电站事故
- 瓦列里·列加索夫 - 切尔诺贝利核事故调查委员会主任委员。
- 乌克兰切尔诺贝利博物馆
- 工程伦理
- 核安全

注释与参考来源

- Wildlife defies Chernobyl radiation* (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/4923342.stm>), by Stefen Mulvey, BBC News 20 April 2006. 页面存档备份 (<https://web.archive.org/web/20171105054818/http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/4923342.stm>), 存于互联网档案馆
- Inside Chernobyl. 国家地理学会. 2006年4月 [2014-03-27] （英语） .
- Geographical location and extent of radioactive contamination. Swiss Agency for Development and Cooperation. （原始内容存档于2007-06-30） . （quoting the "Committee on the Problems of the Consequences of the Catastrophe at the Chernobyl NPP: 15 Years after Chernobyl Disaster", Minsk, 2001, p. 5/6 ff., and the "Chernobyl Interinform Agency, Kiev und", and "Chernobyl Committee: MailTable of official data on the reactor accident")
- Top 10 Most Expensive Accidents in History. www.wreckedexotics.com. [2014-03-27] （英语） .
- Folks near Chernobyl still cloudy about health. NBCNews.com. [2007-11-23] （英语） .
- IAEA Report. In Focus: Chernobyl. [2008-05-31].



新石棺（右侧拱顶建筑）与切尔诺贝利核电站遗址（旧石棺，左侧），2015年4月



2017年10月，新石棺安装完成现况

7. The Chernobyl Forum: 2003-2005. Chernobyl's Legacy: Health, Environmental, and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine (<http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Chernobyl/chernobyl.pdf>)PDF. IAEA. 2nd revised version. pg. 6
8. [library.thinkquest.org](http://library.thinkquest.org/3426/data/introduction/location.html) (<http://library.thinkquest.org/3426/data/introduction/location.html>) 互联网档案馆的存档 (<https://web.archive.org/web/20090504090902/http://library.thinkquest.org/3426/data/introduction/location.html>), 存档日期 2009-05-04. –四组切尔诺贝利核能电场的核能反应堆皆是RBMK型号
9. Веб публикация статей газеты. Swrailway.gov.ua. [2010-03-22] (俄语) .
10. Методическая копилка. Surkino.edurm.ru. [2010-03-22]. (原始内容存档于2011-04-17) (俄语) .
11. Medvedev, Zhores A. The Legacy of Chernobyl Paperback. First American edition published in 1990. W. W. Norton & Company. 1990. ISBN 978-0-393-30814-3.
12. National Geographic. Meltdown in Chernobyl (Video). 2004.
13. Shcherbak, Y. Medvedev, 编. Chernobyl 6. Yunost: 44. 1987.
14. Chernobyl 20 years on. 卫报. [2010-03-22] (英语) .
15. Interview of Valentyna Shevchenko to "Young Ukraine" (Ukrainian Pravda). Istpravda.com.ua. 2011-04-25 [2011-08-20].
16. 存档副本. [2014-01-06]. (原始内容存档于2014-01-27) . 2011年4月26日，乌克兰总统亚努科维奇颁布总统令 #502/2011，向叶夫根尼·韦利霍夫院士授予乌克兰3级功绩勋章 (Order of Merit)，以表彰他在疏散切尔诺贝利居民的贡献。
17. Director: Maninderpal Sahota; Narrator: Ashton Smith; Producer: Greg Lanning; Edited by: Chris Joyce. *Seconds From Disaster. Seconds From Disaster*. 第1季. 第7集. 30/40–50 minutes 记录于. 2004-08-17. National Geographic Channel.
18. 2016年，作者安德鲁·莱斯巴罗出版专著《切尔诺贝利》，在书中表示这三人事后依然健在：阿列克谢·阿纳年科在事故发生后依然在苏联核工业机构中任职，他至今拒绝评论关于“自己死于严重辐射病”的传言；巴拉诺夫老人据信于2005年死于心脏衰竭，终年65岁；至于潜入充满辐射的水中打开阀门的瓦列里·别兹帕洛夫，安德鲁·莱斯巴罗则宣称见过他，此人依然在世。

19. 轻水式核能电厂与切尔诺贝利核能电厂之差异比较 (<http://web2.moeaboe.gov.tw/ECW/PublicService/NuclearPowerStat4/Reference/ReEstimateRep/Appendix/3/append/append1.htm>) 互联网档案馆的存档 (<https://web.archive.org/web/20110513083823/http://web2.moeaboe.gov.tw/ECW/PublicService/NuclearPowerStat4/Reference/ReEstimateRep/Appendix/3/append/append1.htm>), 存档日期2011-05-13.
20. 斯维拉娜·亚历塞维奇著, 方祖芳、郭成业译. 《车诺比的悲鸣》. 台北: 馥林文化. 2011.
21. 包括切尔诺贝利核电站的整个工作以及事发后的抢险救灾都直接受苏联政府的管理, 且仅使用俄语。俄语的部分转写 (有些一些术语) 在读音/拼写上可能与当地乌克兰语和白俄罗斯语有所差异。
22. Chernobyl NPP Heros. [2014-04-28]. (原始内容存档于2014-04-29) .
23. Svetlana Alexievich: Voices from Chernobyl. Dalkey Archive Press: 2005. Originally published as: Чернобыльска. Молітва. Editionс Octojie: 1997 (PDF). [2014-06-07]. (原始内容 (PDF)存档于2014-03-09) (俄语) .
24. Г.Медведев Чернобыльская Тетрадь. Library.narod.ru. [2010-03-22].
25. А.С.Дятлов. Чернобыль. Как это было. Библиотека Максима Мошкова. [2014-03-16] (俄语) .
26. Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine (PDF). 国际原子能总署. [2014-03-27]. (原始内容 (PDF)存档于2010-02-15) (英语) .
27. Petro Zoriy, Herbert Dederichs, Jürgen Pillath, Burkhard Heuel-Fabianek, Peter Hill, Reinhard Lennartz: *Long-Term Measurements of the Radiation Exposure of the Inhabitants of Radioactively Contaminated Regions of Belarus – The Korma Report II (1998 – 2015)* (http://www.researchgate.net/profile/Burkhard_Heuel-Fabianek/publication/311846655_Long-Term_Measurements_of_the_Radiation_Exposure_of_the_Inhabitants_of_Radioactively_Contaminated_Regions_of_Belarus_-_The_Korma_Report_II_1998_-_2015/links/585d2ecd08ae329d61f68de7.pdf) Verlag Forschungszentrum Jülich 2016, ISBN 978-3-95806-181-1. PDF, 10,6 MB
28. Post-Chernobyl Monitoring and Controls Survey Report (PDF). UK Food Standards Agency. [2006-04-19]. (原始内容 (PDF)存档于2006-07-22) .

29. Chernobyl fallout: internal doses to the Norwegian population and the effect of dietary advice". Strand P、Selnaes TD、Boe E、Harbitz O、Andersson-Sorlie A、National Institute of Radiation Hygiene、Osteras、Norway. NCBI书架. [2014-03-27] （英语） .

30. Stefen Mulvey. Wildlife deies Chernobyl radiation. BBC新闻网. [2014-03-16] （英语） .

31. Douglas Main. 有匹狼从核辐射禁区跑了出来，它会传播突变吗？. 由涂玮瑛翻译 . 国家地理杂志. [2018-07-23] （中文） .
32. Douglas Main. Could Chernobyl Wolves Be Spreading Mutations?. National geographic. [2018-07-16] （英语） .

33. 秋秋字幕组. 【双语】切尔诺贝利 钢铁掩体工程的全方位追踪【秋秋】 哔哩哔哩 (゜-゜) つロ 干杯~-bilibili. www.bilibili.com. [2018-07-20].

34. 切尔诺贝利核电站开建 "新石棺" 全球核能信心待提振. 2012-04-26 [2014-04-26].

35. 切尔诺贝利核电站新石棺首段组装完毕. 2012-11-29 [2014-04-26].

36. 国家地理 重返危机现场 惊爆切尔诺贝利. [2014-04-26].

外部链接

- Photos of a visit to the reactor of Chernobyl (<https://web.archive.org/web/20070512235639/http://www.fz-juelich.de/gs/genehmigungen/projekte/tschernobyl/diashow/>) in April 2006 by a German TV team joint by Research Center Juelich
- 切尔诺贝利25周年展 - 香港再思：辐射家园？ | 绿色和平 (<https://web.archive.org/web/20110402062534/http://www.greenpeace.org/hk/news/activities/chernobyl-25th-anniversary-exhibition/>)
- 国家地理 重返危机现场 惊爆切尔诺贝利 (<https://www.youtube.com/watch?v=pWJNGKPce8Q>)

取自“<https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=切尔诺贝利核事故&oldid=54508738>”

本页面最后修订于2019年5月22日 (星期三) 05:30。

本站的全部文字在知识共享 署名-相同方式共享 3.0协议之条款下提供，附加条款亦可能应用。（请参阅使用条款）

Wikipedia®和维基百科标志是维基媒体基金会的注册商标；维基™是维基媒体基金会的商标。

维基媒体基金会是按美国国内税收法501(c)(3)登记的非营利慈善机构。