

矿山电气设备 防爆性能

〔苏〕 A.A.凯马科夫 等著

KB

34

煤炭工业出版社

矿山电气设备防爆性能

〔苏〕 A.A.凯马科夫 等著

黄守明 译

李义 校

6814/07

煤炭工业出版社

B

317502

内 容 提 要

本书探讨了矿山井下巷道和峒室中沼气爆炸性混合物的形成条件及其向矿山电气设备外壳内的侵入,潜在的点火源(发热部件、摩擦火花和放电)等问题。

列举了确定隔爆接合面结构参数方面的科研成果;探讨了限制气体混合物在金属网罩隔爆外壳内闪燃的问题。

论证了对隔爆外壳制造的要求和制造标准,在使用地点安装的要求;介绍了预防性检修的手段和措施。

列举了制造厂和检验单位电气设备隔爆外壳试验方法方面的主要数据。

本书可供矿井机电部门工程技术人员、科研设计人员参考。

责任编辑:陈 锦 忠

А.А.Каймаков, В.С.Торгашов,
С.А.Песок, Г.Е.Кашицын, М.А.Васнев

**ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ
РУДНИЧНОГО
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**
МОСКВА «НЕДРА» 1982

矿山电气设备防爆性能

〔苏〕 А.А.凯马科夫 等著

黄 守 明 译

李 义 校

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本850×1168¹/₃₂ 印张6¹¹/₁₆

字数175千字 印数1—3,310

1986年3月第1版 1986年3月第1次印刷

书号15035·2773 定价1.35元



前 言

根据苏共中央委员会和苏联部长会议《关于加快苏联煤炭工业部各矿井设备更新的措施》的决议，在煤炭工业中采取了矿井设备更新、提高生产效益和创造安全劳动条件等措施。

苏联煤炭工业设备更新的特点是，通过实现生产过程综合机械化和自动化、采用大型掘进机和工作面高产的综采设备来加快煤炭产量的增长速度。为了广泛实现机械化和生产集中化，要研制功率更大的新型矿山防爆电气设备，改进煤矿供电系统，提高受电设备端电压等级。煤矿井下电气设备的运行受到井下空气温度高、湿度和含尘量大，矿井水的腐蚀作用，以及井下巷道沼气含量可能超限等特殊条件的限制。除上述不利因素外井下巷道空间狭小、照度不足，使电气设备的运行条件更加复杂。因此，在沼气矿井中广泛采用电能的情况下，提高防爆性能的可靠性，和电气设备在井下长期运行过程中保持规定的防爆标准参数等问题，具有极为重要的意义。

为了按现行安全规程和标准的要求保持矿山电气设备防爆性能必须掌握有关防爆参数的基本理论和原始数据以及了解电气设备在正常和故障状态下对防爆影响的因素。

在矿业技术文献中缺少全面介绍保障矿山电气设备防爆性能措施的资料，而在工业安全科研单位以及专门研究保障电气防爆性能的措施的机械设计研究单位（全苏东方煤矿安全研究院、马凯耶夫采矿安全研究所、全苏矿山防爆电气设备科学研究所）的定期刊物和论文集中，对个别与防爆电气设备研制和运行的理论与实践方面有关的问题的介绍，煤炭企业机电部门的工程技术人员不一定都能容易弄懂。本书的目的是，试图有系统地综合介绍与保障矿山电气设备，特别是煤矿广泛应用的隔爆型电气设备在

故障状态下的防爆性能、和保障安装和运行期间预防性检修的安全性等有关问题。

将苏联和国外最近20年在保障电气设备防火防爆性能方面取得的科研成果作为本书的基础。

笔者不追求所讨论问题的叙述面面俱到，但希望本书对煤矿机电部门的工程技术人员，和从事这方面工作的设计、科研人员能有所收益。

本书第一、三、五章和6.1、6.6节的作者是A.A.凯马科夫；第四章、6.2~6.5、6.7~6.9、8.1和8.6~8.8节的作者是B.C.托尔加绍夫和C.A.别索克；7.1、7.4~7.6、8.2、8.3和8.5节的作者是Г.Е.卡希岑；8.4节的作者是Г.Е.卡希岑和C.A.别索克；2.2、2.4、7.2和7.3节的作者是M.A.瓦斯涅夫；2.1节的作者是З.М.伊欧海利松；2.3节的作者是H.Г.柯切尔加。

B.П.柯洛修克副博士写书评时为本书提出了宝贵意见，对此笔者表示谢意。

目 录

第一章 矿井气体·爆炸性混合物的形成	1
1.1 煤矿井下巷道内的气体	1
1.2 聚合物材料受热分解气体	7
1.3 气体向电气设备外壳内的侵入	12
1.4 爆炸性混合物的分类	16
1.5 影响最大试验安全间隙的因素	23
第二章 矿井气体的点火源	27
2.1 发热的固体表面	27
2.2 放电	35
2.3 摩擦和撞击的火花	43
2.4 激光照射源	50
第三章 关于气体混合物爆炸的一般概念	54
3.1 气体燃烧火焰的传播	54
3.2 火焰正常传播速度的计算方法和计算数值	57
3.3 密闭容器内的爆炸压力	64
第四章 矿山电气设备的类型	71
4.1 矿山电气设备的分类	71
4.2 矿山电气设备的防爆型式	76
4.3 防爆电气设备出厂许可证的办理	86
第五章 隔爆外壳的防爆原理	89
5.1 隔爆间隙防爆机理的概述	89
5.2 爆炸生成物在平面法兰间隙中的冷却	97
5.3 金属网隔爆外壳	105
第六章 弧光短路故障状态下隔爆外壳的防爆性能	120
6.1 概述	120
6.2 在弧光短路状态下间隙防爆效果	122
6.3 隔爆接合面锈蚀和防锈层对间隙防爆参数的影响	127

6.4	电弧参数对外壳隔爆性能的影响·····	130
6.5	隔爆接合面的结构特点·····	136
6.6	大功率脉冲放电状态下的间隙防爆参数·····	139
6.7	弧光短路状态下爆炸压力及降低方法·····	142
6.8	联锁装置和警告标志·····	147
6.9	隔爆外壳的试验方法·····	149
第七章	用监视气体含量和截断电能的手段来保障	
	防火-防爆性能 ·····	154
7.1	概述·····	154
7.2	对局扇供电系统及控制的要求·····	155
7.3	备用局扇电气控制系统的特点·····	157
7.4	用快速换接开关保护电缆网路·····	162
7.5	对快速断电系统中保护装置的要求·····	164
7.6	机电联合快速动作开关·····	166
第八章	改善电气设备的安装和运行条件以保障	
	防火防爆性能 ·····	170
8.1	防止电气设备产生危险状态的技术手段和措施·····	170
8.2	对矿井供电系统的要求·····	171
8.3	保护接地·····	178
8.4	用漏电保护作为保证电气防爆性能的手段·····	183
8.5	电气设备过热保护·····	186
8.6	对电气设备安装地点的一般要求·····	196
8.7	电缆在引入装置中的密封·····	199
8.8	隔爆外壳状态的检查·····	202
参考文献	·····	206

第一章 矿井气体·爆炸性

混合物的形成

1.1 煤矿井下巷道内的气体

苏联煤炭工业井工产量约占煤炭总产量的 $\frac{3}{5}$ 。其中有 70% 的生产矿井属于有沼气爆炸危险的矿井（其中 65% 是超级沼气矿井），有 26% 的矿井开采有自然发火倾向的煤层。矿井平均沼气相对涌出量（吨煤沼气涌出量）为 $19\text{米}^3/\text{吨}$ ，沼气绝对涌出量为 $24\text{米}^3/\text{分}$ ，某些矿井的绝对涌出量达 $100\text{米}^3/\text{分}$ 。

由于煤层的开采深度增加，沼气涌出量和突出危险性增大，沼气矿井的比重将一年比一年增大。

把煤层及其围岩涌出的天然气和井下巷道由于大气氧与煤、岩石、木棚之间的化学反应和生物化学反应以及由于例如进行钻眼爆破工作和井下有机物质燃烧形成的工艺气体，统称为矿井气体。

矿井气体的主要成分是：沼气（ CH_4 ）及其同系物，二氧化碳（ CO_2 ）和一氧化碳（ CO ），氮（ N_2 ）及其氧化物。对矿工最危险的是爆炸性气体。它包括：沼气（98%）及其同系物（乙烷、丙烷、丁烷）、氢气（量不多）及其它可燃性气体。

井下空气中沼气同系物和氢气的含量在很大程度上取决于地质特征和煤层的埋深，而与靠近石油气田关系不大。根据许多作者的资料，按沼气及其同系物含量划分的两个矿区的特征列于表 1.1。

沼气涌出量取决于煤层中天然沼气含量，即在赋存条件下煤层中每吨煤的沼气体积（ 米^3 ）。如果开采煤层群中一个煤层，会导致破坏其余煤层围岩和由解放层向井下巷道涌出沼气，则沼气

含量也取决于把沼气保留在煤层中的地质条件、煤系中邻近煤层数、煤层群的开拓方式。

对于煤矿井下巷道的沼气取决于各种自然因素（开采深度、煤层、沼气含量、煤层中沼气压力和透气性）以及回采工艺过程的特点（开采方法、煤系中煤层开采顺序、准备巷道掘进速度、回采工作面生产能力、采区通风系统、煤层瓦斯抽放）。它涌出的特点和强度，迄今已研究得相当充分。井下气体形成的条件，沼气和其它气体在井下巷道中的分布与流动及其出现的形式和规模，沼气涌出预测及其防治方法，都是矿井气体动力学（**矿井大气学**）的研究对象，是采矿科学研究方向之一。

表 1.1

矿井、区	气体成分（体积比，%）		作者
	沼 气	沼气同系物 总 计	
顿巴斯：			
“柯切加尔卡”矿井	89.2	10.8	C.H.涅德维加
卡尔·马克思矿井	<63.7	8.1	P.M.克利维茨卡娅
“布托夫斯卡娅”深井	99.9	5.6	И.М.别楚克
“雅辛诺夫斯卡娅”深井	<89.5	5.9	A.K.伊万诺夫
29号矿井	85.6	11.8	A.K.伊万诺夫
库兹巴斯：			
“拜达耶夫斯卡娅”矿井	88.6	0.94	M.B.潘诺瓦
乌斯边斯基区：			
拉斯帕德区	98.7	13.0	M.B.潘诺瓦
乌宾斯基区	96.9	20.2	M.B.潘诺瓦
乌斯边斯基区	91.6	21.0	M.B.潘诺瓦

沼气主要的涌出源是准备巷道（顺槽）的新暴露面和回采工作面（长壁工作面）经常更新的移动面以及采落的煤。在通风量不足的情况下，巷道内沼气含量会超过安全规程规定的标准。特别是在准备巷道的掘进工作面，回采工作面的采煤机附近和工作面与回风巷道的连接处附近，经常发现这种情况。

我们探讨用一些示例来说明沼气主要涌出源使井下巷道瓦斯

超限的条件。

在卡拉干达矿区含沼气煤层条件下，用钻爆法掘进巷道时，放炮后独头掘进工作面

沼气浓度变化曲线如图 1.1 所示^[1]。由图中可看出，放炮后，大约半分钟巷道内的沼气浓度，以及由 3 分钟到 15 分钟的浓度都处于可爆性范围内。在最初的 1 分钟内沼气浓度很快由 1% 提高到 31%，而在后半分钟内沼气浓度就由 4.5% 提高到 16%，包括整个可爆性范围。在放炮

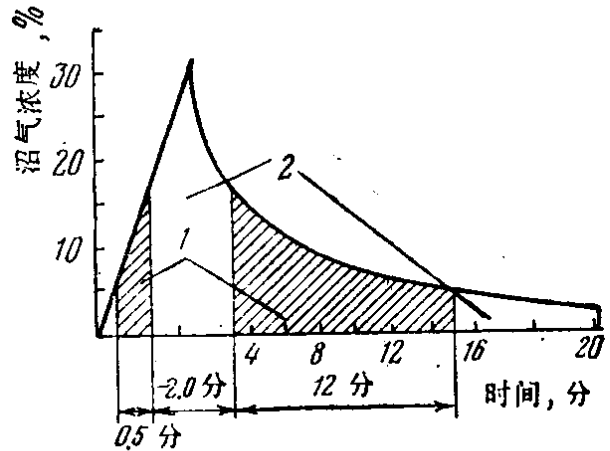


图 1.1 放炮后掘进工作面
沼气浓度的变化

1—可能发生沼气爆炸；2—可能发生火灾

后 3 分至 15 分的 12 分钟内，沼气浓度由 16% 降低到 4.5%，接着沼气浓度降低到开始的浓度。

停止通风时，这种巷道沼气浓度超限的危险性要增加好多倍。沼气涌出量、巷道几何尺寸和巷道在空间的位置对独头巷道沼气积聚的浓度具有影响。局扇停止后，沼气积聚浓度随着沼气绝对涌出量的增加、沼气浓度超限时间的延长、巷道长度和仰角的增大而增大。在卡拉干达矿区一些矿井，局扇只停止 30 分钟，不同巷道掘进工作面的沼气浓度就有不同的提高值：水平巷道 23% 以下，上山 36%，下山约 12%。东方煤矿安全研究院在库兹巴斯各矿井记录的 498（图中 117、107、85 等）次的的数据，是准备巷道可能处于沼气浓度超限状态的次数和超限持续时间的示例（图 1.2）。从图中可看出，在所有这些情况下，巷道中沼气含量均超过了允许值。准备巷道平均由 0.5 小时到 12 小时均已处于沼气浓度超限的状态，而且沼气浓度超限持续时间 33 分钟的超限次数占沼气浓度超限总次数的 23.4%，1.5 小时的占 21.4% 等。以百分数表示的 1 小时内巷道沼气积聚浓度（据 550 条准备巷道的调查资料）列

于表1.2。根据这些数据确定达到爆炸危险浓度的时间并不困难。

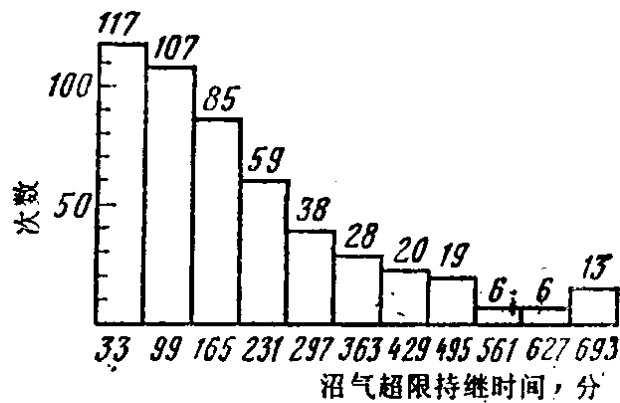


图 1.2 库兹巴斯准备巷道不同沼气浓度超限持续时间的沼气浓度超限次数的分布

表 1.2

1 小时内沼气积聚浓度 (%)	被 调 查 的 巷 道	
	条 数	占被调查巷道总条数的 百分数 (%)
1	275	50
2	148	27
3	55	10
4	20	3.6
5	16	2.9
6	16	2.9
6 以上	20	3.6
计	550	100

在开拓有煤和沼气突出危险的煤层时，或者发生突出时，突出后最初几分钟巷道内沼气浓度超限的情况是常有的。根据И.В.包布罗夫的资料，每突出 1 吨煤平均要涌出 3.5米³沼气。如果平均突出煤量按106吨计算〔2〕，则在 4/5以上的情况下可突出的沼 气量为 370米³。这种情况说明，发生过突出的工作面上下顺槽沼 气浓度可能达90~100%，而氧气只有10~0%。这种巷道采用压 入式通风方式时，回风风流中沼气含量取决于一系列要考虑的因

素。根据 C.H.奥西包夫计算数据, 对于“工会红色国际”矿井运输平巷条件, 沼气含量可用图 1.3 所示的曲线来说明。随着用新鲜风流对沼气的稀释, 回风风流中沼气浓度逐渐降低, 然而在运输平巷内回采工作面入口处附近的最大浓度达到 36%, 甚至在 10~12 分钟内掺入新鲜风流以后沼气浓度仍为 6%。

在上述条件下, 沼气浓度处于可爆性范围的期间内, 如果巷道内形成某种点火源, 则不可避免地发生爆炸。

与 KIII-1 和 KIII-52III 采煤机配套的综采成套设备在井下的使用经验表明, 采煤机附近落煤带和工作面与回风巷的连接处是沼气最可能超限的地方。

在工作的采煤机附近发现在采煤机机身后滚筒之间的下面沼气含量最大。采煤机落煤带内沼气涌出量除了与煤的沼气含量有关以外, 还与落下的煤和新暴露煤壁的沼气逸出量有关。一般认为, 开采煤层的厚度、工作面风速、煤层沼气天然含量和回采工作面平均日推进速度是使最大沼气浓度超过工作面各断面平均值的主要因素。A.A. 米亚斯尼科夫教授等人提出了把这些指标与回采工作面沼气涌出量联系起来的经验关系式, 利用这些关系式可相当精确地求出库兹巴斯的列宁、别洛夫、阿巴谢夫等区矿井在采煤机附近的最大沼气浓度。对于高效率浅截式采煤机在沼气含量高的煤层中加快推进速度时, 沼气浓度超限的次数较多。东方煤矿安全研究院于 1968~1977 年在库兹巴斯各矿井记录的井下巷道沼气超限次数的统计数据列于表 1.3。由表中数据可见, 不论是沼气浓度超限的频率 (每年平均每个生产工作面沼气浓度超限次数), 还是工作面沼气浓度超限概率 (根据 $p = n / N_{cm} M_{cp} A$

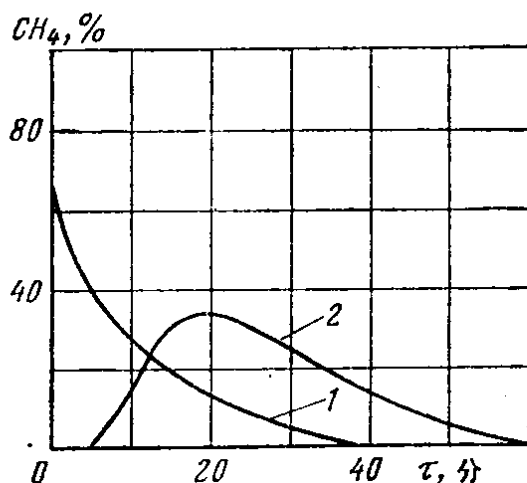


图 1.3 突出后风流中沼气浓度在不同断面上的变化

1—开始的断面; 2—在开始的断面后 200 米处 (工作面入口附近)

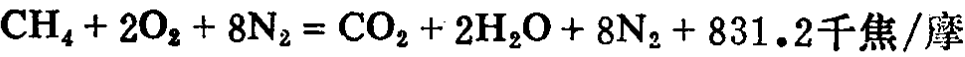
关系式计算的，式中n为沼气浓度超限次数，N_{cm}为每年的班数，M_{cp}为平均工作面数，A为观测年数），尽管有减小的趋势，然而仍然还是很高的。

表 1.3

年 份	回采工作面和巷道数		沼气浓度超限次数		沼气浓度超限频率		沼气浓度超限概率 P·10 ⁻³	
	回 采工作面	准备巷道	回 采工作面	准备巷道	回 采工作面	准备巷道	回 采工作面	准备巷道
1968	817	1745	657	1054	0.80	0.60	0.655	0.491
1969	616	1678	523	810	0.64	0.48	0.524	0.393
1970	779	1627	309	711	0.39	0.43	0.319	0.352
1971	773	1580	343	659	0.46	0.42	0.377	0.344
1972	708	1560	189	491	0.26	0.31	0.213	0.254
1973	674	1467	245	541	0.36	0.37	0.295	0.303
1974	595	1460	186	382	0.31	0.26	0.254	0.213
1975	548	1412	180	584	0.33	0.41	0.270	0.336
1976	539	1322	215	508	0.39	0.38	0.319	0.311
1977	517	1280	284	774	0.55	0.60	0.450	0.491
平 均	673	1513	313	651	0.45	0.43	0.367	0.348

注：本表数据是М.И.诺西克工程师搜集和分析的。

在正常条件下 4.9~16.0%沼气-空气混合物是爆炸性混合物。沼气-空气混合物的爆炸是大气中 氧氧化沼气的自动加速反应，同时伴随放热，产生二氧化碳气体和水蒸汽



空气中沼气含量小于 4.9%或大于 16%时，混合物不爆炸，因为在沼气含量低的贫混合物中沼气燃烧时产生的热量不足以维持燃烧，而沼气含量高的富混合物中沼气过剩，对混合物起冷却作用（沼气的热量消耗比 空气高 1.5倍）。一些气体的可爆性极限及其它特征见表2.1。如果混合物的温度和压力显著超过标准，则可爆性范围就变得大些。而对煤矿矿井气体中其它沼气同系物（碳氢化合物）的含量来说，可爆性极限不会有很大变化。

混合物中氧的含量低于一般含量（<21%）时，可爆性范围

会缩小, 氧的含量低于12%的混合物不会爆炸。应当指出, 井下空气中沼气含量超过16%, 由于沼气取代氧气, 对于人的生命是有危险的。例如, 空气中沼气含量超过43%时, 由于氧气不足, 就有发生窒息的危险。

1.2 聚合物材料受热分解气体^①

在煤矿和工业企业, 矿山电气设备隔爆外壳内部发生过与周围空气的沼气浓度超限无关的可燃性气体爆炸。根据表1.4所列举的A.Г.伊赫诺和K. 西蒙的资料可获得有关文献中所叙述的一些事故的总概念^[3]。在分析发生这些爆炸的原因时注意到可燃性气体(电气设备在故障状态下电气绝缘材料有机成份受热分解的产物)的形成和接着发生的点燃, 硬塑料及其它聚合物材料在新型矿山电气设备上广泛用来既作为结构材料(支承导电部的组合件), 又作为绝缘材料。井下空气湿度大、矿井水蒸汽有腐蚀作用, 同时在电气设备长期运行过程中煤尘向外壳内部侵入, 往往会导致原有材料绝缘性能降低, 从而导致发生电气击穿。由于保护装置工作失效或不符合要求, 以致产生大功率的放电, 对绝缘材料的

表 1.4

电 气 设 备	安 装 地 点	爆 炸 后 果
带快动盖的电磁起动器	顺 槽*	把盖揭掉, 沿顺槽大力抛出
带螺栓紧固盖的电磁起动器	顺 槽**	把14个紧固螺栓揪掉, 把盖抛出很远
ПМВ-1365电磁起动器	“维尔卡”深井顺槽	把盖揭掉并抛出几米远
“萨克先维尔克-尼杰尔杰德利茨”ОДКН电动机	起重 机*	进行预防性检修时爆炸产物喷出
ПМЗ-Н电磁起动器	有爆炸危险峒室	盖的紧固件损坏

* 加拿大;

** 英国。

① H.B.捷列霍夫工程师参加了本节编写工作。

热作用；电力电路的弧光短路或电气设备带电部件的匝间短路，都是产生可燃性气体的直接原因。

为了查明矿山电气设备处于故障状态下外壳内部产生的物理作用，苏联和国外进行了许多研究工作（见第六章）。对于热分解气体影响矿山电气设备安全性能的问题，在苏联 A.Γ.伊赫诺^[4]和Ю.Π.安东诺夫^[5]在马凯耶夫采矿安全研究所，以及在东方煤矿安全研究院撰写的著作中，都进行了探讨。关于这个问题，在其它国家所进行的科研工作中，P.施特列赫、K.西蒙和 G.洛尔德的著作最多。

通过在塑料构件附近或者直接在塑料构件表面上重复出现电弧燃烧条件的试验，或者通过在专用炉内燃烧各种绝缘材料试样的试验，来研究聚合物材料在高温下析出可燃性气体的情况。同时对热分解过程进行了监视：测定了可燃性气体及其它挥发物的析出量，评价了固体余渣的结炭程度。

在 A.A.凯马科夫研究^[5]中，是用容量为 240 千伏安，输出电压为 400 伏的变压器，产生三相弧光短路，使电弧作用于塑料外壳内壁析出气体的，为了由电弧燃烧点向试样被幅射面施以大热流，把直径 3 毫米的铜电极放在距离塑料外壳内壁 20 毫米处。短路电流值保持在 1800~2000 安范围内，电弧燃烧时间为 0.2~0.3 秒。

众所周知，塑料持续加热到几百度时，最初是机械性能降低，然后是材料分解，析出气体和烟雾。电弧附近的塑料受到另一种温度作用。电弧内部电流强度有几百安培时，温度可达 10000℃。直接靠近电弧处的塑料表面很快加热到高温，同时塑料内层由于导热性差，仍然比较凉。电弧在几百分之一秒的燃烧过程中，其作用只是使塑料表面形成炭黑固体颗粒和析出烟雾挥发物。在电弧瞬时燃烧情况下，塑料内部没有任何变化，而当电弧燃烧 0.2~0.3 秒时，被试试样燃烧得就更深一些。在这种情况下，塑料要受到热分解（燃烧层厚度达 0.5 毫米）并剧烈析出可燃性气体及其它燃烧挥发物。试验结束 10~15 分钟以后，从外壳内采取气体

试样，通过对其分析查明，可燃性气体总量为20~30%（表1.5）。

表 1.5

气 体	纤 维 塑 料		AF-AB玻璃 纤维塑料，按 A.A.凯马科 夫资料〔5〕	卡包塑料， 按Ю.П.安 东诺夫资料	石棉塑料
	根据东方采 矿安全研究 院资料	根据Ю.П.安 东诺夫资料			
氢	9.6	18.0	10.6	15.3	10.7
沼 气	2.0	2.0	1.3	0.6	1.8
一氧化碳	10.0	21.8	9.4	17.6	7.6
可燃性气体总计	21.6	41.8	21.3	33.5	20.1

在所有的试验中氢和一氧化碳都占主要部分，其数量达到可燃性浓度极限(CO)或者超过可燃性下限1倍或1倍以上(H₂)。除了氢和一氧化碳以外，还析出少量的沼气和它不饱碳氢化合物。

在A.Г.伊赫诺研究矿山电气设备在弧光短路状态下外壳的隔爆性能和电气绝缘材料耐弧性能的著作〔4〕中指出了电气设备外壳内部绝缘材料在弧光短路作用下，分解出可燃性气体。在Ю.П.安东诺夫的试验中，绝缘材料在电弧(I_{к.с.}=1400安，U_{к.с.}=700伏，τ_{к.с.}=0.2~0.25秒)作用下，在密封钢壳（净容积16升）内也发现了可燃性气体，氢和一氧化碳的含量较大。

由表1.5所列数据可见，电弧在塑料制品表面附近燃烧时，外壳内会产生可燃性气体。

用在被试试样表面薄涂一层浸渍稀释硫酸的石墨的方法（石墨印痕法）或者用尖端触及的碳电极的方法（在K.西蒙著作中）产生相间弧光短路时，电弧直接在固体绝缘材料表面燃烧，外壳内形成的气体混合物，一半是氢，三分之一是一氧化碳，其余是含多碳原子的碳氢化合物。关于外壳内压力增长的情况见表1.6。

如表所示，外壳内部压力取决于电流强度和电弧燃烧时间。在进行试验之前后对塑料试样的重量指标进行对比，便可确定塑料炭化的数量。

在著作〔6〕和B.Л.怀甘德著作中对在燃烧密闭炉时聚合物材

表 1.6

弧焰电流 (A)	电弧燃烧时间 (S)	外壳内压力 (MPa)	塑料炭化物体积占外壳 净容积的百分数 (%)
容积为33升的密封式外壳			
500	35	1.3	—
1600	55	2.2	—
批量生产的电器外壳			
1000	37	1.28*	—
1000	38	1.10	1.1
1200	50	1.25	0.8

* 外壳损坏。

料气体析出进行了研究。把酚醛树脂在温度 300、500、800、和 1200℃的真空中〔6〕进行了高温分解。从热分解出的气体产物的

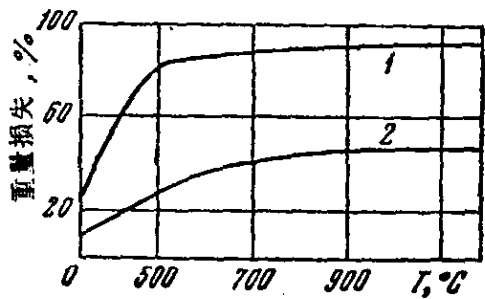


图 1.4 固化环氧树脂（1）和酚醛树脂（2）耐热分解的性能

数据看出，当温度达 500℃ 时试样开始剧烈析出气体。当温度在 800℃ 以上时，酚醛树脂会出现大量炭化物。在这种条件下，密胺树脂和热塑性塑料大部分变为气体（图1.4）。

用在马弗炉中烧热浇铸树脂的方法，确定当电气过载

时，由浸入电力变压器线匝的树脂中析出的气体的爆炸概率。加热时开始增加到93℃，然后经过 1 小时之后再提高32℃。每个加热阶段之后，要把试样放在保干器中冷却并称重。试验一直继续到试样全部热分解，即其重量达到恒定不变时为止。试验结果以重量损失与温度的关系曲线来表示，如图1.5所示。苯乙烯聚酯共聚物在240℃温度下，环氧树脂在260℃温度下，聚酰胺树脂在440℃温度下开始分解。无填料聚酰胺树脂在590℃温度下重量全部损失掉。30%填料的环氧树脂在530℃温度下，38%填料的苯乙烯聚酯共聚物在510℃温度下全部分解。曲线开始部分的倾斜段