

井下电气设备

[苏联] P. M. 列依包夫 主編

楊 洪 順 譯

中国工业出版社

34
2

井 下 电 气 設 备

〔苏联〕 P. M. 列依包夫 主編

楊 洪 順 譯

中 国 工 业 出 版 社

本书是苏联学者和工程技术人員根据美、英、法、西德等国的資料編写的，共包括八篇文章，分別介紹欧美国家的 防 爆 外 壳、安全火花型电气设备、高压配电设备、可移式变电站、磁力 起 动 器、防爆电机、屏蔽电缆、井下照明。

本书可供井下机电設備研究、設計、使用人員参考。

井 下 电 气 設 备

楊洪順 譯

•

煤炭工业部书刊編輯室編輯(北京东长安街煤炭工业部大樓)

中国工业出版社出版(北京德勝門外大街10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

•

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $6^{13/16}$ ·字数171,000

1965年5月北京第一版·1965年5月北京第一次印刷

印数0001—3,120·定价(科四)0.90元

•

統一书号: 15165·3187(煤炭-205)

目 录

矿井电气设备的防爆外壳	A.Г. 依赫諾 (1)
1. 外壳的分类	1
2. 防爆外壳的定义	2
3. 外壳的材质和机械强度	4
4. 防爆外壳的连接部件	6
5. 控制轴和杆, 电动机的轴和轴承	8
6. 电缆进线装置	11
7. 螺栓、螺钉、双头螺栓和螺母	13
8. 检视孔	15
9. 连接装置和通风装置	16
10. 绝缘材料	18
11. 漏电路和空气间隙	19
12. 防爆外壳的试验	20
安全火花型电气设备	П.Ф. 科瓦廖夫 (27)
煤矿用安全火花型电气设备	32
矿井高压配电装置	Л.И. 西契夫, П.Я. 塔尼林 (35)
矿用变压器和采区移动变电站	Л.И. 西契夫 (59)
1. 矿用变压器	59
2. 采区移动变电站	65
矿用磁力起动器	В.К. 雅斯諾依 (72)
1. 构造特点	72
2. 各种型式起动器的构造	85
3. 矿用磁力起动器的线路	97
4. 馈电自动开关	106
5. 起动器构造的发展方向	109
矿用防爆型电动机	A.Φ. 潘可拉切夫 (112)
1. 一般概念	112
2. 国外防爆电动机的标准化	113

IV

3. 德意志民主共和国的电动机	115
4. 德意志联邦共和国的电动机	120
5. 英国的电动机	128
6. 法国的电动机	141
7. 比利时的电动机	142
矿用屏蔽电缆	B. K. 雅斯諾依 (151)
1. 应用和要求	151
2. 屏蔽电缆的构造	154
3. 屏蔽电缆的保护线路	166
4. 高压屏蔽电缆	175
矿井巷道的电气照明	B. B. 米梯尼克 (180)
1. 蓄电池照明	180
2. 网路照明	201

矿井电气设备的防爆外壳

A. F. 依赫諾

本文关于国外矿井电气设备防爆外壳的论述，是根据美国、英国和德意志联邦共和国的技术文献中的材料编写而成的。为比较方便起见，列举了新的防爆外壳的制造规程和标准中的一些条款。

其它一些国家的防爆外壳制造规程、标准和试验方法，与上面提到的，大体相同，这里不再分别讨论。

国际电工委员会对于防爆电气设备防爆外壳构造的建议草案，是按照不列颠的标准BS229编制的，所以在这里也不单独进行讨论。

本文主要应用以下规程和标准：

1) 不列颠的电气防爆外壳的制造标准 (Flameproof Enclosure of Electrical Apparatus BS229, 1946)；

2) 德国电工协会 (VDE) 的标准 (Vorschriftenwerk Deutscher Elektrotechniker, Vorschriften für schlagwettergeschützte elektrische Betriebsmittel, VDE, 0170/1,47)；

3) 矿用电气设备防爆外壳的试验标准 (Norme de l'United of Mines pour l'examen et les essais des carters antidéflagrants pour appareils de mine, Par M. F. J. Cleim, Revue de l'industrie minière, 1954, n.614)。

1. 外壳的分类

按照不列颠 (BS229) 的标准，将全部矿用电气设备分为两级，即A级和B级。A级包括的电气设备具有自由空间，可以进入瓦斯和空气。B级包括的电气设备含有矿物油，并具有这种矿物油气体生成物可以浸入的元件。

(VDE0170) 的規定，也把矿用电气設備防爆外壳分为兩級，但是按照另外一种特征：

- 1) 能够承受得住全爆炸压力的外壳，用字母 *d* 标志；
- 2) 具有迭片保护的外壳，用字母 *p* 标志。

按照美国的标准，对正常有火花的电气設備的防爆外壳是不分級的。

必須指出，矿井防爆电气設備最合理的分級方法，是按照接入电源的电压和容量。这种分类方法，始于苏联；苏联1958年煤矿电气設備的制造規程和标准，对于外壳及外壳的电气部件的許多要求，都是按照电气設備的电源的額定电压值和它的容量，是小于或者大于 133 伏和 4 千伏安而定。

2. 防爆外壳的定义

按照不列顛标准 BS229 的規定，电气設備的防爆外壳应能在正常工作条件下承受得住在外壳内部发生瓦斯点燃而产生的爆炸压力，或者在一定的过負荷条件下，不应当向外传出能够点燃周围大气中的瓦斯的火焰。

对于这个定义有以下解释：

1. 可燃性气体可以在一定型式的外壳的内部形成，例如，油开关或者控制器內，在电弧的影响下，油內碳氢化合物裂化时发生的气体。可燃性气体在外壳内部和在周围的大气中是不同的。所以在帶有不同可燃气体的防爆外壳內，标准規定了不同的結合表面的尺寸和間隙。

2. 因为防爆外壳的一些条件限制了在电器容量范围内的轉換，所以应設法使电器的最高允許过負荷，以及在断流的情况下的最大破断容量均不致过高（电流監視）。

为了切断发生在电器内部的短路电流，应当采用自动动作的保护。

3. 既然电器的防爆性在上述的条件下也与它的充填物有关，例如用电纜充填剂或油充滿或者使油处于一定的水平面，那么就

必須經常監視，以保持这个条件。所有的破坏、銹蝕或者变形，当它还没有达到那样的尺寸，也即足以影响上述的間隙标准或者防爆外壳上其它的一些孔时，应当及时地修补。

4. 如果浸油式起动电抗器接入网路或者起动次数比設計規定的頻繁时，油的过热可以达到危险的程度和蒸汽可以透入上述标准提到的外壳的孔和間隙，在这种高的温度时，在它与空气混合时将引起点燃。

VDE0170 的規定，*d* 級防爆外壳的定义是在内部气体混合物爆炸試驗时，能够承受住正常的压力和防止向外壳外部的爆炸混合物传爆。

p 級的防爆外壳，应当具有特殊装置（迭片保护）的孔，由于这种装置的存在，使在外壳内部不发生危险的高压并防止向外壳外部的混合物传爆。

按照美国的标准，防爆外壳应当能够抵抗内部爆炸压力的作用和适应于最繁重的运转条件。其外壳的間隙应当保证在外壳内部爆炸时，不点燃外壳外部的混合物以及在暗室中不向外壳外部噴出可見的爆炸火焰。

全部列举的都是过去的防爆外壳的定义，因为它沒有考虑到新的爆炸的危险性，这种危险性是最近几年来为苏联馬克耶夫卡科学研究院研究和闡明的。

下边引述一下最完全的，按照作者的意見，符合于現代的关于防爆外壳保护特性概念的定义。

1. 在下列可能条件下，外壳不应当破坏或发生残余变形：

a) 由周围介质内进入外壳内部的瓦斯—空气混合物，在外壳内部爆炸时；

b) 在电气保护仪表（过电流保护、热力保护、温度继电器、漏电继电器和其它等等）切断电流的时间过程中，在电器部件的弧光和过負荷的高温的作用下引起的液体的（油）或者固体的（塑料）有机物质的分解在外壳内部形成的气体和空气混合物爆炸时；

6)在与6)项相同的时间过程中，由于气体在外壳内部集聚而产生的内部压力；

7)在最繁重的运转条件下（例如外壳自由降落，遭受意外的冲击等）的外部机械破坏。

2.在第1项中a)和6)中所谈到的，在第1项中6)的时间过程中电气部分的事故，弧光或者过负荷而造成之瓦斯—空气混合物在内部燃烧时，外壳的外部不应当过热到瓦斯—空气混合物爆炸和点燃可燃物质的温度和烧伤维护人员。

3.防爆外壳零件连接的地方应有足够的宽度和紧密度，使在第1项a)和6)的条件下瓦斯—空气混合物的爆炸火焰，或者在第1项6)中所谈到的时间过程中炽热的瓦斯弧光和金属微粒由外壳内部经过这些连接部分抛出时，不能引起外壳周围介质的点燃。

4.外壳法兰的弹性变形应当具有一定的极限，在这个极限内，还是可以满足如第3条所述的要求。

5.外壳应由这种金属制造，即这种金属，在其与金属物体或岩石冲击时形成的摩擦火花不能点燃它周围的介质。

6.外壳应装有适当的闭锁装置，以阻止当外壳内部的电气部分带电时打开它的盖子。

防爆外壳的防爆标志，在英国装在防爆外壳内的电器上具有字母FLP（防爆的，英文Flameproof的缩写，译者注）的焊接符号。

在德意志联邦共和国和德意志民主共和国，带有防爆外壳的电气设备，承受住全爆炸压力的是符号Schd，而在带有迭片保护的外壳上，则是符号Schp。

在美国，在装有防爆外壳的电气设备上固定一特殊的铭牌，在铭牌上打上试验站的印章，指出电气设备的型式，有时还指出保证这种型式的运转条件。

3. 外壳的材质和机械强度

不列颠标准BS229规定，防爆外壳除了检视孔和玻璃罩（必

須用其它材料)而外,一律用金屬材料制造;絕緣材料(必須有一定的质量和厚度)可以用于貫穿接綫端子,以便封閉壳壁孔。

防爆電器的构造,应保証具有足够的强度。

外壳承受具有安全系数 1.5 的内部爆炸压力。檢視孔和玻璃罩也应当能承受上述爆炸压力和抵抗冲击。

按照 VDE0170 的規定,制造防爆型電器和机械,应利用电气、机械、热和化学上足够稳定的材料。

外壳应能承受以下残余压力;在外壳的淨容积,由 2~100 升时, 6 个气压,而在容积大于 100 升时, 8 个气压。

为了統一矿井电气設備和具有爆炸危險場所的电气設備,建議外壳按照等于 8 和 10 个大气压力的較大压力計算。既然,对于帶有淨容积小于 2 升的外壳具有足够的設計强度,因此,可以不規定它們的試驗压力。

美国的标准也指出,要使外壳具有足够的机械强度,承受得住外壳内部的爆炸压力和能够适应于最繁重的運轉条件。由鋼板制造的外壳其鋼板的厚度,应当不小于 4.75 毫米。

在苏联的規程和标准中,总的要求是相似的,外壳的材料是坚固的和不脆的,具体的談如截煤机电动机和電器的外壳应当由鑄鋼或鋼板焊接制造。对于固定电气設備外壳的制造可以采用高强度的灰口鑄鉄。

輕质合金只允許用以制造电压和容量分别小于或者等于 133 伏和 4 千伏安的电气設備,而且,这个合金是坚固的和沒有摩擦火花危险的。

限制电压和容量是为了保証在弧光短路情况下的防爆性。

外壳表面的 极限溫度。按照 VDE0170 的規定 和美国的 标准,外壳表面的极限溫度不应超过 200°C。

在我們的規程和标准中,只是对于电阻元件是这样;对于外壳表面过热溫度沒有規定。

4. 防爆外壳的连接部件

以下几种零件的结合形式是我们熟知的：平面结合（图1），槽形结合（图2），螺纹结合（图3），圆柱结合（图4）和平面—圆柱结合（图5）。

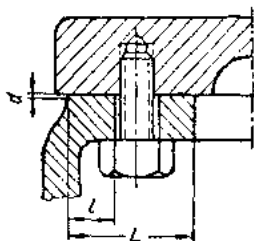


图 1 防爆外壳的平面结合

d —间隙； l —法兰内缘至孔内缘之距离
（法兰保护零件之宽度）； L —法兰盘总的宽度

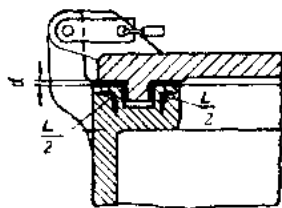


图 2 防爆外壳的槽形结合

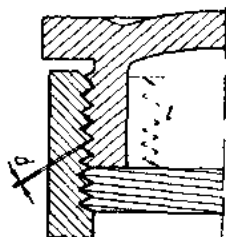


图 3 防爆外壳的
螺纹结合面

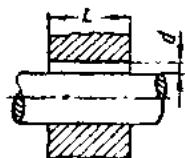


图 4 防爆外壳零
件的圆柱结合面

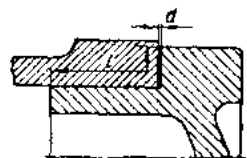


图 5 防爆外壳零件
的平面—圆柱结合面

所有这些结合形式，在美国都是允许的。按照这些规程，在外壳部件的平面结合时（参看图1），法兰盘最小宽度（尺寸 L ）应当是：在外壳净容积 >0.984 升时，25毫米；在外壳净容积等于或小于0.984升时，19毫米。故意的互相搓开连接是不允许的。最大允许间隙（尺寸 d ），在螺钉连接的螺距不大于152毫米时，不应超过0.102毫米。在间隙为0.127毫米时，在暗室中

时常出现可见火焰，所以建议间隙为0.102毫米。

在槽形连接时（参看图2），在断面方向上，槽总的最小长度应当是25毫米，如果表面的尺寸，无论是按平面的（水平的），还是按圆柱的（垂直的）不小于3.2毫米时，长度19毫米也是允许的。直径间隙在平面部分的尺寸不小于6.5毫米时，不应超过0.102毫米。如果平面部分尺寸超过6.5毫米，间隙可以是0.203毫米。

外壳的螺纹连接部分（参看图3），按照美国的资料，因为爆炸压力是压到螺纹上使间隙变小，所以防止火焰通过是最可靠的。

结合长度，依螺纹的长度而定，对于容积大于0.984升的外壳应不小于25毫米。

VDE0170的规定也允许上述列举的连接方法。

允许的间隙长度值（尺寸 L ）和间隙值 d ，列在表1中。

表 1

间 隙 尺 寸		外 壳 容 积 (升)				
		小于2	高于2 ~100	高于 100 ~500	高于 500 ~2000	2000 及以上
最小间隙长度 (毫米)	对于不动部件	5	5	8	15	25~40
	对于可动部件	5	10	15	20	25~40
由法兰内缘到螺钉孔边缘的最短距离 (毫米)		5	5	6	8	10~15
间隙的最大值(直径差)(毫米)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3~0.5

此时，上述表1内的间隙值，只有在外壳内没有存在残余的初压力 and 外壳制造是采用金属和陶器的材料时才是有效的。

对于采用其他材料制造的外壳，必须用试验的方法确定允许间隙值。此时，间隙的宽度不应大于不能立即点燃外部混合物的间隙值的50%，而且亦不应当超过表1内所列的间隙。

不列顛的标准也允許上述列举的各种結合形式，只是具有另外一种长度和間隙值的标准。当外壳的容积超过1.64升时，間隙长度应不小于25毫米，当它等于或小于1.64升时，为19毫米。如果具有連接螺釘孔和其他等等，那么，由法兰內緣到孔邊緣的距离应当不小于19毫米。对于如电鈴、電話等的外壳，間隙长度允許小些，但無論怎样，不得小于12.5毫米。間隙值（直径差），对于A級外壳，不应超过0.5毫米，对于B級外壳—0.15毫米。

上述标准总的缺点是沒有規定法兰盘的厚度和它弯曲的标准。馬克耶夫卡科学研究院研究指出，在由于爆炸压力引起的法兰弯曲时，法兰盘之間的間隙要比开始时的間隙增加几倍。这种間隙的增加，在外壳內部事故短路的情况下特別危险，因为通过增加了的間隙可以由外壳內部向外跑出熾热的金屬微粒和弧光。

不列顛的标准和VDE0170的規定法兰盘間的允許間隙等于0.3~0.5毫米，不能够在外壳內部弧光短路的情况下防止外部的爆炸。馬克耶夫卡研究院进行过的試驗指出，在这种情况下，間隙0.5毫米，鑄鉄法兰宽度15毫米，外壳淨容积2.6升，銅电极，变压器空載电压700伏，金屬短路电流1800安和弧光持續時間0.1秒，几乎是在每次試驗中都发生了外部爆炸，而在間隙0.3毫米和其他条件相同时，外部爆炸的或然率降低到100次試驗中发生一次爆炸。

在美国为了預防由外壳內噴出可見爆炸火焰，允許的間隙很小（0.1~0.2毫米）。这些間隙，如果不因法兰盘的弯曲而增加，那么在已知的範圍內，由于由外壳內拋出之熾热的瓦斯弧光和金屬微粒，能防止外部爆炸。

5. 控制軸和杆，电动机的軸和軸承

在BS229中指出，控制軸和杆需要穿过防爆外壳壁时，此軸和杆应当由鋼制造，并且在穿过壁孔的部分（軸套和油封除外）应当是圓形的断面。在这时外壳的外表面和內表面之間的长度，应当不小于25毫米。控制杆或軸和杆或軸通过的孔之間的直径間

隙值（不是散热片的）不应当超过对于外壳圆柱连接部分所允许的尺寸（对于A级外壳是0.5毫米；对于B级是0.15毫米）。

如果轴或杆和壁孔之间的间隙由于在正常运转的条件下的磨损而增加时，对于电机的轴必须预先采用特殊的密封方法。在万不得已时，可以预先对于轴或杆装设油封，使其在正常条件下不遭受到磨损。

在电动机和发电机上由轴承盖伸出的轴伸端处，应是防爆的和密封的，并且在设计上也应使其在实际可能的范围内，由于轴或者轴承的磨损而接触时不遭受磨损。

在安装有球形或滚柱形轴承的电动机内可以采用迷宫式的（如图6所示）或者普通的密封形式。普通的密封形式对于轴承盖具有一定的位置（如图7所示）或者作成在轴上可以自动调整的，和借助紧配合的辅助的有密封装置的球形或滚柱轴承，来保持轴的中心位置。

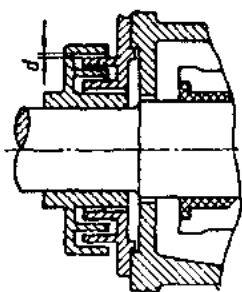


图6 适合于电动机和发电机的滑动轴承，球轴承或滚柱轴承的迷宫式防爆密封装置

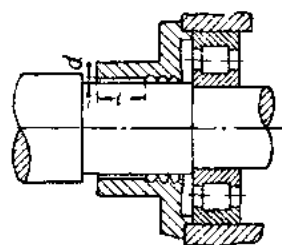


图7 对于电动机和发电机滚珠轴承和滚柱轴承的防爆型密封形式，这种密封，相对于轴承盖有确定的位置

在具有滑动轴承时，可以采用全部密封形式（普通固定的、迷宫式的和自动调整式的）。在采用普通密封时，它的长度不考虑油沟（参看图7）应当不小于25毫米，而直径间隙不应当超过对于外壳圆柱结合部件的允许尺寸（但不小于0.2毫米）。在计

算长度时，其中可以把油沟的間隔加入，但无论如何，連續长度不得小于12.5毫米。

按照美国的标准，对一些防爆型的密封装置，电动机的軸或者控制軸和杆在穿过外壳壁的地方是允許的。在采用普通的滑动的軸承或者軸套时，必須使最大直径間隙不超过0.25毫米，而軸承和軸套的长度，对于容积大于0.984升的外壳不应小于25毫米，而对于容积小于0.984升的外壳則为19毫米。

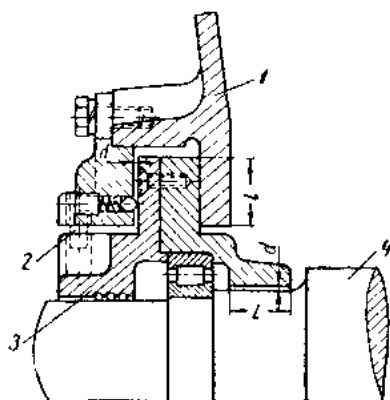


图 8 对于电动机和发电机的滾珠軸承和滾柱軸承防爆型的自动調整的密封形式

1—軸承挡板；2—定位螺釘；3—密封装置；4—軸

当采用滾珠和滾柱軸承时，密封装置的直径間隙，不应当超过 0.76 毫米。防爆型密封的长度与上述一致。在这时，应有檢驗装置的可能性。为了使可动的连接由外壳內向外不透出可見的火焰（熾热的气体）这是必須的。

VDE 0170，也規定了电动机軸及控制杆，軸通过外壳壁的位置的一些防爆型密封装置的型式。

在表 2 中列出了旋轉軸的間隙寬度和直径差。

如VDE0170所指出，适当地选择精細的潤滑材料以及采取防止阻塞的措施，是可以减少滑动軸承（或軸套）磨損的。但是在英国的标准中，对于已經磨損了的軸和軸套沒有减少直径間隙。然而，当有可能磨損时，需要附带采用特殊的密封装置。

在美国和德意志联邦共和国，对可能磨損的軸和軸套，規定最小的直径間隙，但是不采用輔助的密封装置。

很明显，对很快磨損的軸和軸套，英国的方法是比較合理的，而在磨損不大时，也即这种磨損，在其全部使用过程中，不

表 2

軸 承 型 式	間 隙 尺 寸	外 壳 容 积 (厘米 ³)			
		小于 2	2~100	100~500	500以上
滾珠和滾柱軸承	最小間隙寬度 (軸套和軸承的寬度)	5	10	15	25~40
	最大直徑差 (間隙值)	0.45	0.45	0.45	0.45~0.6
滑動軸承	最小間隙寬度	5	15	25	40
	最大直徑差	0.3	0.3	0.3	0.5

会导致間隙增加，超过允許值时，則采用美国和德意志联邦共和国的較為合理。

6. 电 纜 进 綫 装 置

按照 BS229，电 纜 不 应 当 直 接 穿 入 外 壳 壁。对于防爆电机和电器的电 纜 的 連 接 建 議 采 用 下 列 方 法。

为了保証在电 纜 进 綫 处 的 不 透 爆 性，要在特殊的盒內注入堅固的硬化的絕緣填料（图 9）或者采用橡胶密封圈，用螺母压紧电 纜（图10）。

这时在两种情况下进綫盒內端子空腔都要作成防爆的。

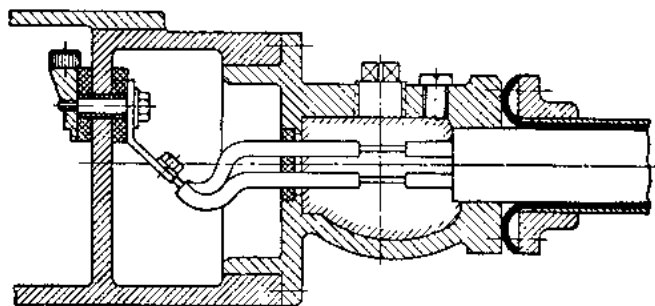


图 9 注入硬化絕緣填料的电 纜 的 連 接

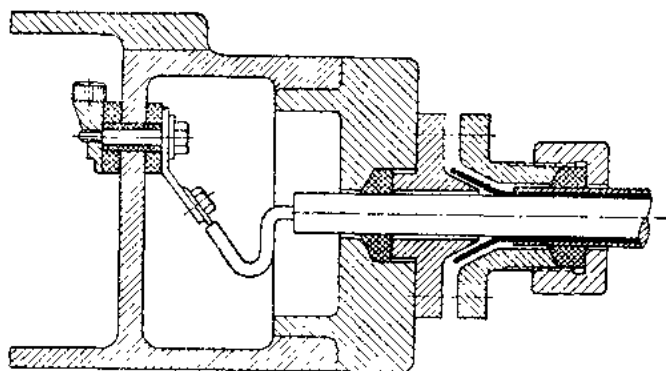


图 10 采用橡胶密封环和压紧螺母的电缆的连接

端子和絕緣套管，要安裝在外壳壁的孔上或者金屬隔板上。端子也可以安裝在堅固的絕緣板上。在這種情況下，這個絕緣板和金屬壁之間應有不透爆的連接。端子和套管，套管和外壳壁之間以及端子和絕緣板之間的接合應當是不透爆的。然而，當接合零件的空間用水泥充填時，它們之間的間隙可以比不透爆的值大一些。

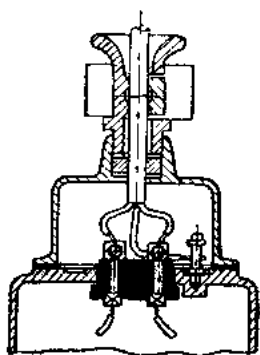


图 11 VDE0170 建議的軟
電纜進線裝置圖

按照 VDE0170 的規定也禁止將電纜直接引入外壳內。開始將電纜引入防爆的電纜進線盒內，以後，將其連接到合乎不透爆要求的接線端子上（圖11）。在這時，特別要注意的是接線端子的材質。

間隙值儘可能選擇小一些，以使由非陶瓷材料作成的絕緣零件，不能被氣體混合物爆炸時通過間隙噴出的火焰所破壞。

如果，為防止被通過間隙的火焰突破，在接線端子用漆封死，則此間隙值與結合寬度無關並且應當按照隔爆的標準製造。