

技 工 学 校 教 材

电 工 工 艺 学

下 册

全国技工学校教材编审委员会编



机 械 工 业 出 版 社

技工学校教材
电 工 工 艺 学
下 册

全国技工学校教材编审委员会编



机械工业出版社

1959

出版者的話

这套全国統一的教材是根据中华人民共和国劳动部于1959年4月在上海所召开的全国技工学校工作會議上確定的二年制技工学校培訓目标、課程内容及課时分配等規定进行編写的。初稿由技工学校比較集中的十个省、市的劳动厅(局)組織各技工学校的教师編审而成,最后由劳动部会同第一机械工业部、冶金工业部、煤炭工业部、铁道部等部門和第一机械工业部第四局等单位組成的全国技工学校教材編审委员会統一审定。

这套教材的主要特点是:1)內容比較完整 每本教材都是在总结技工学校过去的教学經驗基础上由各地与該課程有关的教师集体編写的,选材慎重,內容比較丰富和全面;2)切合实际 內容比較切合我国实际情况,其中吸取了苏联技工教材的优点,另外还根据我国技工学校的教学特点增加了不少新的章节。

上册叙述一般电工必须具备的照明和简单动力设备的安装和維護知識,电力電纜的維護和修理知識,車間的自动控制和直流电动机的維護和修理知識。

下册叙述中小型电动机和变压器的制造和修理。

本教材讀者对象为二年制技工学校的学生。

NO. 3141

1959年12月第一版 1959年12月第一版第一次印刷

787×1092¹/₂₅ 字数136千字 印張6²²/₂₅ 0,001—40,300册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业營業許可証出字第008号 定价(7)0.54元

下 冊 目 次

第七篇 感应电动机的制造和修理

第十四章 电动机制造基本知識	5
1 电动机制造的特征	5
2 电动机制造过程	5
3 成系列的电动机	6
4 制造成本	13
5 电机主要材料	14
习题	26
第十五章 感应电动机的制造	26
1 主要机件的制造	26
2 冲片的制造和塗漆	29
3 定子和轉子鉄心的疊压	37
4 轉子鑄鋁	41
5 繞組制造	44
6 繞組嵌綫	47
7 繞組干燥和浸漆	55
8 校平衡	58
9 总装配	62
10 电动机出厂試驗	64
习题	69
第十六章 电动机修理时的拆卸和装配	70
1 电动机修理的工艺程序	70
2 电动机的拆卸	71
3 坏繞組的拆卸	74
4 电动机修复后的装配	75
习题	76
第十七章 电动机繞組和机械部分的修理	77

1 定子繞組种类	77
2 繞組故障的查明和修理	83
3 用旧鉄心設計新繞組	86
4 轉子繞組的修理	95
5 扎綫的修理	97
6 鉄心的修理	99
7 电刷和滑环的修理	100
习题	101

第八篇 变压器的制造和修理

第十八章 变压器的制造

1 变压器結構	102
2 变压器計算单	110
3 鉄心制造	127
4 綫卷繞制	131
5 变压器装配	139
6 变压器干燥	143
7 器身装入油箱	145
8 变压器出厂試驗	147
习题	159

第十九章 变压器的修理

1 变压器的檢查	161
2 变压器的拆卸	163
3 鉄心修理	165
4 綫卷修理	166
5 变压器零件和附件的修理	169
习题	171

第七篇 感应电动机的制造和修理

第十四章 电动机制造基本知識

1 电动机制造的特征

电动机制造的程序比一般机械制造程序复杂一些，因为除机件加工以外，它还包括鉄心鋼片的冲压和叠装、繞組元件的繞制或成型和浸漆处理等等。因此在电机制造厂中，除各种金屬切削机床外，还应有冲床、繞綫机、硅鋼片刷漆和烘干以及繞組的浸漆、干燥等設備。这些設備在現代化工厂里都是专门化和自动化的。例如：电动机定子的嵌綫也可使用繞綫机来做，在繞組层間垫絕緣紙或嵌綫完毕后，繞綫机就自动停車。这样不仅大大提高生产率，还減輕了手工劳动。

电动机制造范围很广，本篇仅討論中小型感应电动机的制造。

就电动机生产型式区分，有单一生产，成批生产和大量生产。

大量生产是屬专业性电机厂的任务，生产是高度机械化的，分工細小，因此工人只需掌握某个或某几个熟練的操作技术，就能完成复杂的生产过程。

成批生产和单一生产多屬一般綜合性工厂，沒必要增添复杂机器和工具。因此生产人員要有較全面的操作技能。根据本工种的特点，本篇着重叙述手工制造。

2 电动机制造过程

电动机制造过程，可以明显地用图形来表示。图 7-1 表示出感应电动机的制造工艺过程，这种图表对每一种电机都不一样，

种或三种不同容量的电动机做成同一直径的铁心，但有不同的高度。这样冲制铁心冲片的冲模数量就减少了好几倍，能维持同样端盖，轴承，并减少加工转轴和机壳的量具种类。因此无疑地大大地提高了生产率。成系列电动机对于较低容量的电机来说是增加了重量，较高容量电机的过载能力比较低容量低些，但从大量生产和安装与修理的方便来说，缺陷还是次要的。所以统一系列电机，已得到广泛的应用。

系列的感应电动机，其容量从0.6~125千瓦，共有七种外型尺寸（从3号到9号）。其机壳有铸铁和铸铝的（只有3、4和5号外型尺寸）。这两种定型结构的电动机，具有同样的电气特性和安装尺寸，仅重量不同。

通用系列的电动机的外形结构为防护式和封闭吹风式。在同样的功率和转速下，防护式和封闭吹风式电动机都具有相同的安装尺寸（两极电机除外）。封闭吹风式电动机的功率比防护式电动机低一级。它们的型号和用途如表7-1所示。

表7-1 通用电动机的型号和用途

中国牌号	仿苏牌号	结构形式	外 壳	用 途
J	A	防护式	铸铁的	一般用途。用以传动在起动性能上及其它性能上无特别要求的机器，如水泵、车床、铣床、钻床等
JL	AL	防护式	铝 的	同上。但重量减轻25%，用在要求减轻重量的机器设备的传动中和水泵、运输机械、车床、磨床的主轴驱动等
JO	AO	封 闭 吹风式	铸铁的	同J系列。但用在灰尘较多，水土飞溅的地方，如碾米机、磨粉机及某些矿山用机械
JLO	AOL	封 闭 吹风式	铝 的	同JL系列。但用在灰尘较多，水土飞溅的地方：如纺织机、磨粉机、碾米机及矿山机械等

上述牌号J表示感应电动机，L表示铝壳，O表示封闭式。除上述四种通用系列以外，还有许多通用的系列电动机，例JS（S表示双鼠笼），JC（C表示深槽鼠笼），JQ（Q表示高起动转矩），

表7-2 J 和 JL 系列防护式电动机

同步轉速: 3000 轉/分 (2 极)

电动机型号	額定 功率 (千瓦)	滿 載 時				启动轉矩最大轉矩	电动机重量(公斤)		飞輪慣量 (公斤·米 ²)
		轉/分	电 流		效 率 (%)		功率因数 (cos θ)	启动电流	
			220 伏	380 伏					
J 及 JL31-2	1.0	2850	3.8	2.2	79.0	0.86	5.5	1.8	0.008
J 及 JL32-2	1.7	2850	6.4	3.7	81.5	0.87	6.0	2.0	0.014
J 及 JL41-2	2.8	2870	10.0	5.8	84.0	0.88	15.5	1.6	0.024
J 及 JL42-2	4.5	2870	15.7	9.1	85.5	0.88	6.0	1.8	0.034
J 及 JL51-2	7.0	2890	24.0	13.8	87.0	0.89	7.0	1.5	0.11
J 及 JL52-2	10	2890	33.8	19.5	87.5	0.89	6.0	1.6	0.16
J 61-2	14	2920	47.0	27.5	87.5	0.89	5.5	1.2	0.27
J 62-2	20	2920	66.0	38.0	88.5	0.90	6.0	1.3	0.35
J 71-2	28	2930	92.0	53.0	89.0	0.90	5.0	1.0	0.57
J 72-2	40	2930	128	74.0	90.0	0.91	5.5	1.1	0.73
J 81-2	55	2930	175	101	90.5	0.91	5.0	1.0	1.4
J 82-2	75	2930	235	136	91.0	0.92	5.5	1.1	1.8
J 91-2	100	2950	312	180	91.5	0.92	5.5	1.0	3.3
J 92-2	125	2950	388	225	92.0	0.92	5.5	1.0	4.3

表7-3 J和JL系列防护式电动机

同步转速: 1500 转/分 (4 极)

电动机型号	额定功率 (千瓦)	满载时				功率因数 (cos θ)	启动电流	启动转矩 最大转矩	电动机重量(公斤)		飞轮惯量 (公斤·米²)	
		转/分	电 流		效 率 (%)				J	JL		
			220 伏	380 伏								
J 及 JL31-4	0.6	1410	2.8	1.6	74.0	0.76	5.0	1.7	2.0	17.0	12.0	0.013
J 及 JL32-4	1.0	1410	4.2	2.4	78.5	0.79	5.0	1.8	2.0	24.0	16.0	0.019
J 及 JL41-4	1.7	1420	6.7	3.9	81.5	0.82	5.0	1.8	2.0	34.0	22.0	0.042
J 及 JL42-4	2.8	1420	10.5	6.1	83.5	0.84	5.5	1.9	2.0	42.0	29.5	0.06
J 及 JL51-4	4.5	1440	16.3	9.4	85.5	0.85	6.0	1.4	2.0	70.0	48.0	0.17
J 及 JL52-4	7.0	1440	24.6	14.2	87.0	0.86	6.0	1.5	2.0	91.0	64.5	0.25
J 61-4	10	1450	34.1	19.7	87.0	0.88	5.0	1.2	2.0	125	—	0.36
J 62-4	14	1450	47.5	27.5	88.0	0.88	5.5	1.3	2.0	140	—	0.48
J 71-4	20	1450	67.0	39.0	89.0	0.88	5.0	1.1	2.0	205	—	0.95
J 72-4	28	1450	93.0	54.0	90.0	0.88	5.5	1.2	2.0	230	—	1.2
J 81-4	40	1460	131	76.0	90.0	0.89	6.0	1.1	—	2.0	360	1.9
J 82-4	55	1460	178	103	91.0	0.89	6.0	1.2	2.0	400	—	2.5
J 91-4	75	1460	242	140	91.5	0.89	5.5	1.0	2.0	590	—	4.7
J 92-4	100	1460	320	185	92.0	0.89	5.0	1.0	2.0	665	—	6.2

表7-4 J和JL系列防护式电动机
同步转速: 1000 转/分 (6 极)

电动机型号	额定功率 (千瓦)	满载				启动电流	启动转矩	最大转矩	电动机重量(公斤)		飞轮惯量 (公斤·米 ²)	
		转/分	电 流		效率 (%)				功率 因数 (cosθ)	J		JL
			220伏	380伏								
J及JL41-6	1.0	930	4.8	2.8	77.0	0.72	4.0	1.3	1.8	34.0	21.5	0.042
J及JL42-6	1.7	930	7.5	4.3	79.5	0.75	4.5	1.4	1.8	42.0	29.0	0.060
J及JL51-6	2.8	950	11.4	6.6	82.5	0.78	5.0	1.3	1.8	70.0	47.0	0.17
J及JL52-6	4.5	950	17.5	10.1	84.5	0.80	5.5	1.5	1.8	91.0	63.0	0.25
J 61-6	7.0	970	27.0	15.5	86.0	0.81	4.5	1.1	1.8	125	—	0.36
J 62-6	10	970	37.0	21.5	86.5	0.82	4.5	1.1	1.8	140	—	0.48
J 71-6	14	970	51.0	29.6	87.0	0.83	4.5	1.2	1.8	205	—	1.5
J 72-6	20	970	71.0	41.3	88.0	0.84	4.5	1.2	1.8	230	—	1.9
J 81-6	28	975	97.5	56.5	89.0	0.85	5.0	1.2	1.8	260	—	3.2
J 82-6	40	975	136	79.8	90.0	0.86	5.5	1.3	1.8	400	—	4.1
J 91-6	55	980	183	106	91.0	0.87	-5.0	1.0	-1.8	590	—	7.0
J 92-6	75	980	243	141	92.0	0.88	5.0	1.0	1.8	665	—	9.2

JRO, JR (R 表示繞綫型轉子) 以及許多特殊用途的系列电动机。

表 7-2 和表 7-3 及表 7-4 列出 J 和 JL 系列电动机的技术数据。

电动机型号字母后的第一个数字, 表示机座號碼, 第二个数字表示鉄心长度, 短划后的数目字表示极数。例如 J62-4 表示具有鑄鉄外壳的防护式, 六号机壳, 第二号鉄心长度, 四极的电动机。

图 7-2 表示 J 系列电动机的外形结构。

表 7-5 表示 J 系列电动机的外形尺寸。

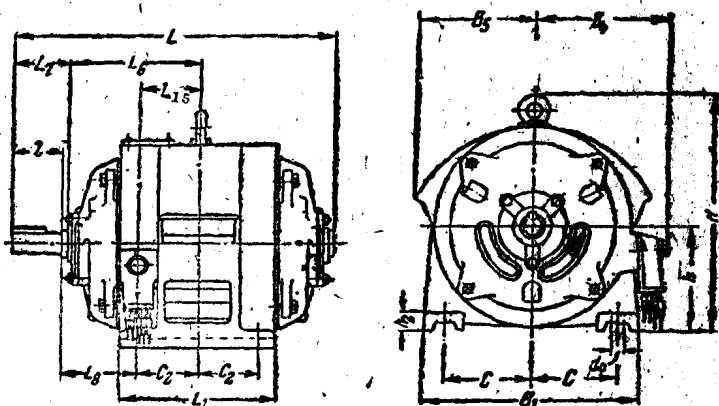


图 7-2 J 系列电动机外形尺寸。

J、JO 两系列电动机是应用最多最广的电动机, 約占全国电动机需要量的一半左右。由此可見將 J、JO 及其他系列电机进行新系列的设计, 以达到減輕重量, 縮小外形, 節約原材料, 对加速社会主义建設是具有重大意义的。

在 58 年大跃进的年代里, 我国已經設計出 J₂、JO₂ 新系列电动机。

新系列电动机的材料消耗比旧系列电动机降低百分之比如表 7-6 所示。

外形尺寸(毫米)

电动机		外形尺寸 (毫米)																		
型	号	B ₁	B ₄	B ₅	b	C	C ₂	d	d ₄	II	h	h ₂	L	L ₁	L ₅	L ₇	L ₈	L ₁₅	I	t ₁
J 31	210	137	113	113	5	85	45	18	12.5	200	100	16	273	120	109	46	70	41.5	40	20
J 32 ¹	210	137	113	113	5	85	60	18	12.5	200	100	16	309	150	124	46	70	56.5	40	20
J 41	260	162	140	140	8	105	55	25	15	282	125	20	344	150	138	67	90	52.5	60	28
J 42	260	162	140	140	8	105	75	25	15	282	125	20	384	190	157	67	90	72.5	60	28
J 51	350	217	188	188	10	142.5	75	35	19	378	170	28	441	205	174	91	110	70	80	38.5
J 52	350	217	188	188	10	142.5	100	35	19	378	170	28	491	255	199	91	110	95	80	38.5
JO 31	210	135	100	100	5	85	45	18	12.5	200	100	16	300	120	109	46	70	41.5	40	20
JO 32	210	135	100	100	5	85	60	18	12.5	200	100	16	335	150	124	46	70	56.5	40	20
JO 41	260	163	123	123	8	105	55	25	15	282	125	20	375	150	138	67	90	52.5	60	28
JO 42	260	163	123	123	8	105	75	25	15	282	125	20	415	190	158	67	90	72.5	60	28
JO 51	350	216	164	164	10	142.5	75	35	19	376	170	28	482	205	174	91	110	70.0	80	38.5
JO 52	350	216	164	164	10	142.5	100	35	19	376	170	28	532	255	199	91	110	95	80	38.5
JL 31	210	125	89	89	5	85	45	18	12.5	188	100	16	273	120	109	46	70	41.5	40	20
JL 32	210	125	89	89	5	85	60	18	12.5	188	100	16	309	150	124	46	70	56.5	40	20
JL 41	260	149	111	111	8	105	55	25	15	235	125	20	344	150	138	67	90	37.5	60	28
JL 42	260	149	111	111	8	105	75	25	15	235	125	20	384	190	158	67	90	52.5	60	28
JL 51	350	202	150	150	10	142.5	75	35	19	318	170	28	441	255	174	91	170	16.5	80	38.5
JL 52	350	202	150	150	10	142.5	100	35	19	318	170	28	491	255	199	91	170	41.5	80	38.5
JLO 31	210	124	96	96	5	85	45	18	12.5	196	100	16	300	120	109	46	70	41.5	40	20
JLO 32	210	124	96	96	5	85	60	18	12.5	196	100	16	336	150	124	46	70	56.5	40	20
JLO 41	260	148	120	120	8	105	55	25	15	245	125	20	375	150	138	67	90	37.5	60	28
JLO 42	260	148	120	120	8	105	75	25	15	245	125	20	415	190	158	67	90	52.5	60	28
JLO 51	350	202	163	163	10	142.5	75	35	19	347	170	28	480	205	174	91	110	16.5	80	38.5
JLO 52	350	202	163	163	10	142.5	100	35	19	347	170	28	530	255	199	91	110	41.5	80	38.5

新系列的重量比老系列的重量減輕17~34%，体积縮小12~36%。

表 7-6

机 壳	銅 綫	硅鋼片
JO ₂ 2~5号	20~40%	15~30%
J ₂ 、JO ₂ 6~9号	15~20%	8.5~17%

新系列电动机的設計与制

造成功，說明我国在这方面已

赶上英国。例如JO₂7.5仟瓦（相当于10馬力）的四极电动机和英国的C-254 10馬力四极电动机相比，我国制造的总重量为91公斤，而英国的总重量为100公斤。

新系列电机采用新型薄的耐高溫的漆包綫和槽絕緣（E級和F級），而老系列电机是采用厚而耐溫不高的紗包綫和槽絕緣（A級和B級）。因此新系列电机能在减少槽絕緣所占面积，减小槽槽截面的情况下，允許有高的电磁負載和較高溫升，这是減輕电机重量、縮小电机尺寸的关键。

4 制 造 成 本

制造一台电动机所花的成本是衡量一个工厂是否多快好省地完成和超額完成生产計劃的綜合指标，它能反映出企业盈亏方面的情况。产品成本降低就是增加内部积累并能扩大再生产，它对发展国民經济具有头等意义。

降低电机成本可由以下几方面着手：

（1）减低材料的加工余量——实行单件产品有技术根据的材料消耗定額。

（2）降低单件产品工时——从劳动組織上和电机結構上，开动脑筋来达到。

劳动組織的基本問題是采納合理的工艺过程和操作方法，使劳动过程机械化，消除非生产的时间消耗，使主要工序和輔助工序分开，合理的利用劳动力等等。

开展社会主义劳动竞赛，發揮工人群众的智慧，大鬧技术革命，是創造新的工艺規程、更完善地改进工具和設備、提高劳动

生产率的动力。

电机结构设计得好坏，在劳动量和材料消耗上影响非常大，像加工精度等级、加工余量大小、材料硬度、线槽空隙、绝缘厚度、绕组端接部分的结实性等等，对劳动量的影响都很大。只要在不影响电机性能的前提下，通过工人、领导干部、技术人员三结合来共同研究，有的时候可以修改设计。

(3) 发掘工厂生产潜力，提高设备寿命。

(4) 节省电力和降低行政杂费的开支。

除上述措施以外，降低产品成本与采用价廉材料来代替贵重材料、减少材料的消耗等都是分不开的。

制造电机需要许多贵重材料，经常注意节省材料能显著地降低成本。

5 电机主要材料

电机主要材料分结构材料、磁性材料、绝缘材料和导电材料四种。结构材料主要是铸铁、轴钢和熟铁板，其要求和一般的机械相同。下面仅将电机专用的材料加以说明：

(1) 磁性材料 硅钢片是制造电动机和变压器最主要的磁性材料。按照苏联国家标准 ГОСТ 802-54 有 311, 312, 321, 331, 334, 3310, 3330, 3340, 3370, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348 等硅钢片标号。

标号的意义是：3——表示电工钢。

第一位数字 (1, 2, 3, 4) 表示钢片含硅等级，分别表示低，中，高和超极含硅量的硅钢片。1——表示含硅 0.8~1.8%；2——表示含硅 1.8~2.8%；3——表示含硅 2.8~4.0% (热轧钢) 或 2.5~3.5% (冷轧钢)；4——表示含硅 4.0~4.8%。

第二位数字 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) 表示钢的电磁性质。1, 2, 3——表示在频率 50 赫芝时硅钢片的单位损失和在强磁场内的磁感应；4——表示在频率 400 赫芝时硅钢片单位损失和

在中等磁場內的磁感應；5，6——在弱磁場（低於0.01安匝/厘米）內的導磁率；7，8——在中等強度磁場（自0.1至1安匝/厘米）內的導磁率。

第三位數字（0）——表示冷軋鋼片。冷軋硅鋼片與熱軋硅鋼片相比有以下優點：

- （一）磁感應強度約高20%。
- （二）單位損耗低。
- （三）壓裝係數高，提高了鉄心有效長度。
- （四）無陳老現象，磁性長時間不會消失。

冷軋硅鋼片我國已試制成功。冷軋硅鋼片在製造發電機和直流電機時用得很多。

硅鋼片製造厚度通常有0.1，0.35，0.5毫米，尺寸有1500×750；1720×860；2000×1000三種。

感應電動機常選用311和321牌號，厚度為0.5毫米的兩種硅鋼片。一般電動機常採用311牌號，在損耗要求較低的電機，則採用321牌號。電力變壓器通常採用341和342牌號，厚度為0.35毫米的硅鋼片。

電動機用硅鋼片性能如表7-7所示。

表7-7 硅鋼片性能表

牌 號	鋼片尺寸			磁 電 性 能						比電阻 (歐·毫 米 ² /米)	樣品沿軋 壓方向彎 折90°的 次數不小 于
	長 度	寬 度	厚 度	50赫時最大損 失(瓦/公斤)		當磁場強度(安匝/公斤) 時最小磁感應(高斯)					
				P ₁₀	P ₁₅	25	50	100	300		
311	1500	750	0.5	3.3	7.9	15000	16200	17500	19700	0.25	10
321	1500	750	0.5	2.5	6.1	14800	15900	17300	19400	0.4	10

（2）絕緣材料 絕緣材料按耐熱溫度分為以下幾類（表7-8）：

Y、C兩類絕緣材料在實際工作中沒有單獨用作絕緣，所以在我國未列入分類。

表7-8 絕緣材料按耐熱溫度分類

中國分類	蘇聯分類	材 料	耐熱溫度 (°C)
—	Y	不經浸漬、胶粘、塗復的棉、絲、人造絲、紙、木材等有機纖維材料	90°C
A	A	經過浸漬處理的棉、絲、人造絲、紙、木材和其它有機纖維材料。如層壓紙板、層壓布板、漆布、漆、ПЭЛ漆包綫	105°C
E	AB	在A級絕緣材料上如漆布或紙板上再塗一層耐熱硅有機漆膜	120°C
B	B	用云母、石棉、玻璃纖維等無機材料為基礎，以A級絕緣材料為補強材料，用有機絕緣漆胶粘而成的材料：如云母板、云母箔、石棉布、玻璃布等	130°C
F	BC	與B級材料相同，但使用耐熱的硅有機漆作胶粘劑	155°C
H	CB	用耐熱硅有機漆胶粘而成的云母、石棉、玻璃絲制品，但不含A級絕緣作補強材料	180°C
—	C	不含胶粘劑的云母、石棉、玻璃絲制品、瓷器、玻璃、石英等無機材料	無 限

下面概述常用幾種絕緣材料的性能和用途：

(一) 絕緣漆

在電機製造和修理工作中，漆的用途很廣。根據用途，漆可分為浸漬用漆、塗刷用漆和膠合用漆。

浸漬用漆用來浸漬電機和電器的繞組，以提高纖維絕緣材料的击穿電壓，導熱性和防潮性。塗刷用漆用來塗在物體的表面，使其表面形成機械強度大、光滑耐水的絕緣層。塗刷用漆常常用來塗刷預先經過浸漬處理的繞組絕緣，目的在於進一步增強絕緣的電氣性能和防潮性、防腐性及防止灰塵和髒物的粘附、增加美觀等。膠合用漆用以膠合各種材料，如云母板等。

根據干燥方法的不同，漆可分為熱干漆（烘漆）和冷干漆。

根據成分不同，漆可分做油漆、瀝青油漆、樹脂油漆、純樹脂漆、甘油漆和膠木漆等。

瀝青油漆因含有瀝青，所以是黑色的，和純油漆相比，瀝青油漆的漆膜防潮性、絕緣性都比較好，同時漆膜不易陳老，但比