

建筑电气工程



化学工业出版社

施工现场 细节详解

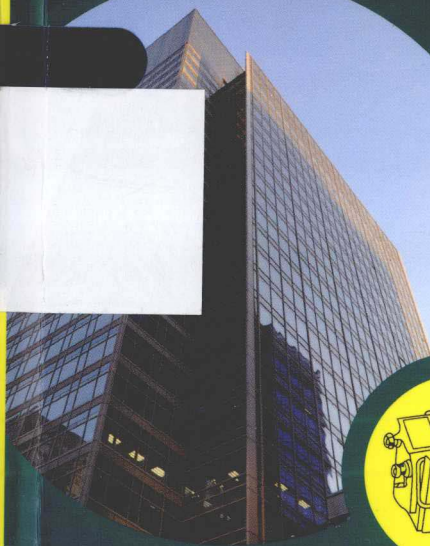
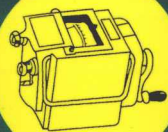
JIANZHU DIANQI GONGCHENG

SHIGONG XIANCHANG

XIJIE XIANGJIE

张兰锁 · 主编

施工现场
细节
详解
丛书



建筑电气工程

施工现场

细节详解

张兰锁 主编

施工现场细节详解丛书



化学工业出版社
· 北京 ·

TU85
67

本书是根据国家最新颁布的规范及标准编写而成,内容包括:电气工程常用材料与仪表,架空线路及杆上电气设备安装,变压器、箱式变电所安装,电缆敷设,室内配线工程,配电柜和低压电气设备的安装,应急电源安装,电气照明器具的安装,防雷与接地系统的安装以及建筑电气工程施工现场管理,以细节的形式展示在读者面前,内容全面、条理清晰。

本书可供电气工程施工技术人员、现场管理人员、相关专业大中专院校的师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气工程施工现场细节详解/张兰锁主编. —北京:化学工业出版社, 2013. 3

(施工现场细节详解丛书)

ISBN 978-7-122-16535-0

I. ①建… II. ①张… III. ①房屋建筑设备-电气设备-建筑安装工程-施工现场-施工管理 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 029229 号

责任编辑: 徐 娟

责任校对: 边 涛

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张 12 字数 362 千字

2013 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

近年来,随着我国经济的迅猛发展和建设项目的快速增长,建筑工业正逐渐成为国民经济发展的重要领域。建筑电气安装工程是实现设计者意图的唯一手段,也是检验设计正确与否的主要方法。随着建筑智能化程度的提高,建筑电气施工的技术含量越来越高,对施工技术人员的要求也相应提高。为帮助电气施工技术人员更好地完成本职工作,我们组织相关专家、学者在结合生产实践的基础上,编写了本书。

本书主要叙述电气工程施工工艺方法、基本操作技能与要领,以及设备元器件的试验、调整方法和要点。依据不同类型电气安装的工艺流程讲述,由浅入深,循序渐进,便于读者自学。每章都以细节的形式对知识点进行归纳总结,这样既便于施工技术人员掌握施工要领,又便于广大读者迅速查找所需内容并参考使用。

本书由张兰锁主编,参加编写的还有王泽民、王惠、王毅然、冯雅楠、任慈、刘玉涵、刘森、刘磊、邢妍、张小曼、李旭、李萌萌、李颖、孟晗旭、范晓玲、金哲、郭凌霄、郭金光、张千波、黄冠铭、白雅君。

本书在编写过程中参阅和借鉴了许多优秀书籍、专著和有关文献资料,并得到了有关领导和专家的帮助,在此一并致谢。由于编者的学识和经验有限,书中难免存在不妥之处,敬请有关专家、学者和广大读者批评指正。

编者

2013年3月

1 电气工程常用材料与仪表 1

1.1 常用材料 1

细节 1: 绝缘材料 1

细节 2: 导电材料 4

细节 3: 磁性材料 8

1.2 常用仪表 10

细节 4: 常用仪表分类 10

细节 5: 电流表 12

细节 6: 电压表 15

细节 7: 电能表 16

细节 8: 兆欧表 18

细节 9: 万用表 20

细节 10: 接地电阻测试仪 22

2 架空线路及杆上电气设备安装 25

2.1 施工准备 25

细节 11: 架空线路施工的一般要求 25

细节 12: 架空线路的器材及验收 28

细节 13: 施工前期的准备工作 38

2.2 施工工艺 40

细节 14: 杆坑定位与挖坑 40

细节 15: 底盘安装	44
细节 16: 横担组装	44
细节 17: 立杆及杆身调整	47
细节 18: 拉线制作与安装	51
细节 19: 导线的架设	59
细节 20: 杆上电气设备安装	67
细节 21: 低压架空接户线安装	68
细节 22: 高压架空接户线安装	71
2.3 施工质量控制	73
细节 23: 架空线路及杆上电气设备安装主控项目质量要求	73
细节 24: 架空线路及杆上电气设备安装一般项目质量要求	74

3 变压器、箱式变电所安装

3.1 施工准备	75
细节 25: 变压器的基础验收	75
细节 26: 变压器开箱检查	75
细节 27: 变压器器身检查	76
细节 28: 变压器的干燥	78
细节 29: 施工前期的准备工作	80
3.2 变压器安装	81
细节 30: 设备点件检查	81
细节 31: 变压器二次搬运	82
细节 32: 变压器稳装	83
细节 33: 附件安装	84
细节 34: 变压器吊芯检查及交接试验	85
细节 35: 变压器送电前的检查	86
细节 36: 变压器送电试运行验收	87
3.3 箱式变电所设备安装	88
细节 37: 测量定位	88
细节 38: 基础型钢安装	88
细节 39: 箱式变电所就位与安装	88
细节 40: 接线	89

细节 41: 试验及验收	89
3.4 施工质量控制	90
细节 42: 变压器、箱式变电所安装主控项目质量要求	90
细节 43: 变压器、箱式变电所安装一般项目质量要求	90

4 电缆敷设 92

4.1 电缆直埋敷设	92
细节 44: 电缆埋设要求	92
细节 45: 挖样洞	94
细节 46: 开挖电缆沟	94
细节 47: 拉引电缆	95
细节 48: 敷设电缆	96
4.2 电缆沟、电缆竖井内电缆敷设	98
细节 49: 施工准备工作	98
细节 50: 电缆的加热	100
细节 51: 电缆支架安装	101
细节 52: 电缆沟内电缆敷设与固定	103
细节 53: 电缆竖井内电缆敷设	104
4.3 桥架内电缆敷设	107
细节 54: 电缆桥架的选择	107
细节 55: 电缆桥架的安装	109
细节 56: 桥架内电缆敷设	113
细节 57: 电缆桥架送电试验	115
4.4 电缆低压架空及桥梁上敷设	115
细节 58: 电缆低压架空敷设	115
细节 59: 电缆在桥梁上敷设	116
4.5 电缆保护管敷设	117
细节 60: 电缆保护管的使用范围	117
细节 61: 电缆保护管的选用	117
细节 62: 电缆保护管的加工	118
细节 63: 电缆保护管的连接	119
细节 64: 电缆保护管的敷设	120

4.6	电缆排管敷设	123
	细节 65: 电缆排管的敷设要求	123
	细节 66: 石棉水泥管排管敷设	124
	细节 67: 电缆在排管内敷设	127
4.7	电缆头制作	127
	细节 68: 施工准备	127
	细节 69: 电缆头的制作要求	129
	细节 70: 电缆终端头制作	132
	细节 71: 电缆中间接头制作	137
4.8	电线、电缆连接与接线	141
	细节 72: 导线连接要求	141
	细节 73: 导线绝缘层的剥切	141
	细节 74: 铜、铝导线的连接	142
	细节 75: 电缆导体的连接	142
	细节 76: 电缆接线	143
4.9	线路绝缘测试	145
	细节 77: 测量绝缘电阻	145
	细节 78: 直流耐压试验、测量泄露电流	148
	细节 79: 电缆相位检查	150
4.10	施工质量控制	151
	细节 80: 电缆敷设主控项目质量要求	151
	细节 81: 电缆敷设一般项目质量要求	152

5 室内配线工程 155

5.1	明敷设线路施工	155
	细节 82: 瓷夹板配线	155
	细节 83: 绝缘子配线	156
	细节 84: 塑料护套线配线	161
	细节 85: 槽板布线	164
	细节 86: 钢管、硬质塑料管明敷设	165
	细节 87: 金属线槽布线	170
	细节 88: 塑料线槽布线	174

细节 89: 钢索配线	176
5.2 暗敷设线路施工	179
细节 90: 钢管配线	180
细节 91: 塑料管配线	186
细节 92: 普利卡金属套管配线	189
细节 93: 地面内暗装金属线槽布线	191
5.3 封闭插接式母线安装	194
细节 94: 施工前的准备工作	194
细节 95: 设备检查调整	195
细节 96: 支架制作安装	195
细节 97: 封闭插接母线安装	196
细节 98: 试运行验收	199
5.4 施工质量控制	199
细节 99: 室内布线工程施工主控项目质量要求	199
细节 100: 室内布线工程施工一般项目质量要求	200

6 配电柜和低压电气设备的安装 204

6.1 成套配电柜基础施工	204
细节 101: 成套配电柜的分类	204
细节 102: 成套配电设备 (材料) 的进场验收与安装 要求	206
细节 103: 基础型钢的制作与安装	208
细节 104: 配电柜的安装	209
6.2 配电箱 (盘) 的安装	217
细节 105: 配电箱 (盘) 的制作	217
细节 106: 配电箱 (盘) 的安装	218
细节 107: 盘面电器元件的安装与盘内配线	220
细节 108: 配电箱 (盘) 的检查与调试	221
6.3 低压电器的安装	222
细节 109: 低压电器安装的一般要求	222
细节 110: 低压断路器的安装	225
细节 111: 低压熔断器的安装	227

细节 112: 刀开关和隔离器的安装	230
细节 113: 漏电保护器安装	233
细节 114: 接触器与起动器的安装	235
细节 115: 继电器的安装	237
细节 116: 变阻器的安装	238
细节 117: 电磁铁的安装	238
细节 118: 低压电器的测试、试验与调整	239
6.4 低压电动机、电加热器及电动执行机构安装	243
细节 119: 材料质量要求	243
细节 120: 基础验收	243
细节 121: 设备开箱检查	243
细节 122: 安装前的检查	244
细节 123: 低压电动机的安装	245
细节 124: 抽转子检查	246
细节 125: 电动机干燥	248
细节 126: 控制、保护和起动设备安装	251
细节 127: 电动机试运行	251
6.5 施工质量控制	253
细节 128: 电气设备安装主控项目质量要求	253
细节 129: 电气设备安装一般项目质量要求	255

7 应急电源安装 258

7.1 柴油发电机组安装	258
细节 130: 柴油发电机组的运行方式	258
细节 131: 柴油发电机组的容量选择	259
细节 132: 柴油发电机组的台数确定与选择	261
细节 133: 安装前的准备工作	262
细节 134: 柴油发电机组安装施工	262
细节 135: 施工质量控制	267
7.2 不间断电源安装	268
细节 136: 不间断电源的供电方式	268
细节 137: 不间断电源的选择	268

细节 138: 安装前的准备工作	269
细节 139: 不间断电源安装施工	269
细节 140: 施工质量控制	272

8 电气照明器具的安装 273

8.1 普通照明灯具安装	273
细节 141: 检查灯具	273
细节 142: 组装灯具	274
细节 143: 安装灯具	274
细节 144: 通电试运行	278
8.2 专用照明灯具安装	278
细节 145: 检查灯具	278
细节 146: 组装灯具	279
细节 147: 安装灯具	279
细节 148: 通电试运行	282
8.3 建筑物景观照明灯、航空障碍标志和庭院灯安装	282
细节 149: 检查灯具	282
细节 150: 组装灯具	283
细节 151: 安装灯具	283
细节 152: 通电试运行	285
8.4 开关、插座、风扇的安装	285
细节 153: 清理	285
细节 154: 接线	286
细节 155: 安装	287
8.5 施工质量控制	288
细节 156: 电气照明设备安装主控项目质量要求	288
细节 157: 电气照明设备安装一般项目质量要求	293

9 防雷与接地系统的安装 296

9.1 建筑物防雷系统的安装	296
细节 158: 避雷针的安装	296

细节 159: 避雷网(带)的安装	300
细节 160: 避雷器的安装	310
9.2 建筑物接地系统的安装	313
细节 161: 建筑物基础接地装置的安装	313
细节 162: 人工接地装置的安装	318
细节 163: 电气设备的接地安装	324
细节 164: 接地电阻的测量	329
9.3 建筑物等电位联结	335
细节 165: 等电位联结的分类	335
细节 166: 等电位联结的要求	336
细节 167: 建筑物等电位联结施工工艺	339
9.4 施工质量控制	343
细节 168: 防雷装置的质量控制	343
细节 169: 接地系统安装的质量控制	344
细节 170: 等电位联结的质量控制	346

10 建筑电气工程施工现场管理 347

细节 171: 建筑电气工程竣工验收管理	347
细节 172: 建筑电气工程施工环境管理	352
细节 173: 建筑电气工程施工安全管理	354
细节 174: 施工安全事故管理	363
细节 175: 施工现场临时用电措施	365

参考文献 366

1

电气工程常用材料与仪表

1.1 常用材料

细节1 绝缘材料

(1) 绝缘材料的特性

绝缘材料的基本电气性能是其绝缘性,反映绝缘性的主要特性参数包括泄漏电流、绝缘电阻、电阻率、击穿强度和介质损耗角等。

① 泄漏电流。泄漏电流是指在绝缘材料两端加一直流电压后,会有一定的电流流过绝缘体。这一电流主要由下列部分组成。

a. 瞬时充电电流。几何电容充电电流,随时间迅速减小(充电完毕)。

b. 吸收电流。由缓慢极化产生,随时间逐渐减小(极化完成)。

c. 漏电电流。材料电阻电流,变化很小。漏电电流又称泄漏电流,其大小反映了材料的绝缘性,数值越小,绝缘性越好,通常为微安级。

② 绝缘电阻和吸收比。绝缘电阻是指绝缘材料两端所加直流电压 U 和泄漏电流 I 之比,用 R 表示,单位为兆欧 ($M\Omega$),其表达式如下:

$$R=U/I \quad (1-1)$$

为了消除充电电流和吸收电流的影响,应读取加入直流电压一定时间以后的数值。绝缘电阻通常采用兆欧表测量。

由于充电电流和吸收电流的影响,绝缘电阻是变化的(导体的直

流电阻是不变的)。良好的绝缘,其绝缘电阻应越来越高,用吸收比来表示如下:

$$K_a = R_{60} / R_{15} \quad (1-2)$$

式中 K_a ——吸收比,其值越大,绝缘越好,通常应大于 1.3;

R_{60} ——加上直流电压后 60s 的电阻值, Ω ;

R_{15} ——加上直流电压后 15s 的电阻值, Ω 。

通常情况绝缘电阻随温度升高而减小,吸收比也有一定变化。

③ 表面电阻率和体积电阻率。在绝缘材料两端所加直流电场强度与泄漏电流之间应符合欧姆定律所揭示的关系,即

$$\rho = E / j \quad (1-3)$$

式中 E ——直流电场强度, V/mm;

j ——泄漏电流密度, A/mm²;

ρ ——电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}$ 。

在固体绝缘材料中,漏电电流分为表面电流和体积电流两部分,其电阻率也相应分为以下两部分。

a. 表征材料表面的绝缘特性,称为表面电阻率,符号为 ρ_s ,单位为 Ω 。

b. 表征材料内部的绝缘特性,称为体积电阻率,符号为 ρ_v ,单位为 $\Omega \cdot \text{cm}$ 。绝缘材料的体积电阻率通常大于 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

④ 击穿强度。当施加于绝缘材料两端的交流电场强度高于某一临界值后,其电流剧增,绝缘材料完全失去其绝缘性能,该现象称为击穿。其临界电场强度称为击穿强度 E_d ,单位为 kV/cm 或 kV/mm。

⑤ 相对介电常数。绝缘材料两端面之间相当于一电容器,其电容量为 C ,其值与假定其间为真空时电容量 C_0 之比,称为相对介电系数 ϵ_r ,其计算公式如下:

$$\epsilon_r = C / C_0 \quad (1-4)$$

ϵ_r 总是大于 1。 ϵ_r 越大,说明其绝缘性越好。

⑥ 介质损耗角。当在绝缘材料两端加一交流电压 U 后,充电电流和吸收电流的一部分为无功电容电流,而泄漏电流主要为有功电流(电阻电流),两者的比值如下:

$$\tan \delta = I_R / I_C \quad (1-5)$$

式中 I_R ——电阻电流;

I_C ——无功电流;

$\tan\delta$ ——介质损耗角正切值 ($\tan\delta$ 反映了材料的绝缘性, 其值越小, 绝缘性越好)。

(2) 常用电气绝缘材料

电工绝缘材料种类繁多, 应用广泛, 常用的几种绝缘材料如下。

① 绝缘胶。绝缘胶是广泛应用于电缆以及电器套管的浇筑绝缘材料。绝缘胶主要包括环氧树脂胶、黄胶电缆胶和沥青电缆胶等。

a. 环氧树脂胶。它主要由环氧树脂 (主体)、固化剂、填料以及增塑剂等组成。环氧树脂必须加入固化剂后才能固化。常用固化剂有酸酐类固化剂和胺类固化剂。为了减少固化物的收缩率, 提高导热性、形状稳定性、耐腐蚀性和机械强度, 以及降低成本, 通常应加入适量的填充剂。常用填充剂有石英粉和石棉粉等。在环氧树脂中加入适量增塑剂, 可提高固化物的抗冲击性。常用的增塑剂是聚酯树脂, 一般用量为 15%~20%。

b. 黄胶电缆胶。它主要由松香或松香甘油酯机油组成, 其电气性能较好, 抗冻裂性好, 适于浇筑 10kV 以上电缆接线盒和终端盒。

c. 沥青电缆胶。它主要由石油沥青或石油沥青机油组成, 耐潮性较好。沥青电缆胶用作浇灌室外高低压电缆的终端连接线匣总门及铁路电信器材等, 同时为冷库的优良绝缘材料, 也可用于浇灌变压器内、外绝缘体。

② 绝缘漆。绝缘漆包括无溶剂浸渍漆和有溶剂浸渍漆。

a. 无溶剂浸渍漆。它由合成树脂、固化剂和活性稀释剂组成。其特点是固化快、流动性和浸透性好, 绝缘整体性好。

b. 有溶剂浸渍漆。它具有渗透性好, 储存期长, 使用方便, 价格较便宜的特点, 但是应与溶剂稀释、混合。

③ 绝缘管。绝缘管主要用于电器引线、电气安装导线穿管, 起绝缘和保护作用。常用绝缘管包括硬聚氯乙烯管、软聚氯乙烯管、有机玻璃管、酚醛层压纸管、布管、玻璃布管以及聚四氟乙烯管等。

④ 电工用塑料。电工用塑料通常是由合成树脂、填料和各种少量的添加剂等配制而成的粉状、粒状或纤维状高分子材料, 在一定的温度和压力下加工成各种规格、形状的电工设备绝缘零部件以及作为电线电缆绝缘和护层材料。电工用塑料质轻, 电气性能优良, 有足够的硬度和机械强度, 易用模具加工成型, 所以在电气设备中得到广泛的应用。常用电绝缘高分子聚合物材料的主要性能见表 1-1。

表 1-1 常用电绝缘高分子聚合物材料的主要性能

性 能	软聚氯乙烯	硬聚氯乙烯	聚四氟乙烯	聚酰亚胺
密度/($\times 10^3 \text{ kg/m}^3$)	1.16~1.35	1.30~1.58	2.1~2.2	1.4~1.6
熔点或软化温度/ $^{\circ}\text{C}$	75~105	70~105	327	—
连续工作最高温度/ $^{\circ}\text{C}$	65	55	260	260
低温脆化温度/ $^{\circ}\text{C}$	-30	—	-180	-196
线膨胀系数/($\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)	7~25	5~10	9~10	1~6
电阻率/($\Omega \cdot \text{m}$)	$10^9 \sim 10^{13}$	10^{14}	$10^{13} \sim 10^{16}$	$10^{14} \sim 10^{15}$
击穿强度/(MV/m)	0.3~0.4	0.4~0.5	20~60	40
相对介电常数/MHz	3.3~4.5	2.8~3.1	1.8~2.2	2~3
$\tan\delta(1\text{MHz})/(\times 10^{-4})$	400~1400	60~190	2.5	20~50

电线电缆用热塑性塑料，通常由聚乙烯（PE）和聚氯乙烯（PVC）制成。聚乙烯具有优异的电气性能，其相对介电系数和介质损耗几乎与频率无关，并且结构稳定，耐潮耐寒，但是长期工作温度应低于70℃。聚氯乙烯分为绝缘级和护层级两种，其中绝缘级按耐温条件分别为65℃、80℃、90℃和105℃四种，护层级耐温65℃。聚氯乙烯机械性能优异，电气性能良好，结构稳定，具有耐潮、耐电晕、不延燃、成本低、加工方便等优点，并且其绝缘耐压等级为10kV/mm。

细节2 导电材料

(1) 导电材料的性能

导电材料包括固体、液体和气体。可分为一般用途导电材料和特殊用途导电材料。

常温下金属材料（除汞外都是固体）是主要的导电材料。最常用的导电金属为铜和铝，但是在某些特殊场合，也需要用铜或铝的合金或其他金属合金；电热材料需具有较大的电阻系数，常选用镍铬合金或铁铬铝合金；电光源的灯丝熔点高，则选用钨丝等作为导电材料。铜导线的导电性能、焊接性能和机械强度都比铝导线好，所以要求较高的动力线、电气设备的控制线和电机电器的线圈等大部分采用铜导线。铝的密度小（ $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ），是铜的1/3（铜为 $8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ），且资源丰富，价格便宜，所以铝导线成本低、重量轻，目前主要在架空线、照明线和汇流排等方面广泛应用。

(2) 常用导电材料

导电材料分为一般导电材料（电线电缆）和特种导电材料。按照

性能、结构、制造工艺以及使用特点不同，可以分为裸导线和裸导体制品、电磁线、电气装备用电线电缆、电力电缆和通信电缆。产品型号中用“T”代表铜，以“L”代表铝，以“R”代表软，以“Y”代表硬。

① 电线与电缆。制造电线与电缆的主要导电材料是铜和铝。铜的导电性能、机械强度均优于铝；但是铝的密度小、重量轻、价格便宜。所以在架空、照明线等领域，铝成为铜的最好代用品。由于铝焊接困难，质硬塑性差，所以在维修电工中广泛应用的仍是铜导线。

电线与电缆品种很多，按照性能、结构、制造工艺以及使用特点，分为电气装备用电线电缆、电磁线、裸导线和裸导体制品、电力电缆以及通信电线电缆。

一般用途铜铝导体性能比较如下。

- a. 电导率：铝为铜的 61%。
- b. 密度：铝为铜的 30%。
- c. 机械强度：铝为铜的 50%。
- d. 比强度：铝为铜的 130%。在单位长度电阻相同情况下，铝重量约为铜的 50%。
- e. 可焊接性：铝比铜差，电阻随温度的变化，铝的电阻温度系数略大于铜，约为铜的 107%。
- f. 不同温度下，铜、铝导体的电阻率和电导率见表 1-2。

表 1-2 铜、铝导体在不同温度下的电阻率和电导率

温度/℃	电阻率/($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)		电导率/(%IACS)	
	铜	铝	铜	铝
0	0.0158	0.0261	109	66
10	0.0165	0.0272	104	63
20	0.0172	0.0282	100	61
30	0.0178	0.0294	97	59
35	0.0185	0.0300	93	57
40	0.0188	0.0305	91	56
50	0.0192	0.0316	90	54
60	0.0200	0.0327	86	53
70	0.0206	0.0338	83	51
75	0.0212	0.0343	81	56
80	0.0216	0.0349	80	49
90	0.0219	0.0360	79	48
100	0.0226	0.0371	76	46