

## 内 容 提 要

本书是讲解应用电梯安全技术，研究和解决电梯安全问题，以及讲解如何减少和防止电梯事故发生的一本实用书籍。特点是：以电梯规范为准绳剖析电梯安全问题。对电梯安全技术进行了全面的、详尽的阐述。以丰富的事例和实例为背景，对电梯安全技术进行讲解，有较强的实用性。内容较新，对新型电梯均有讲述。

本书主要内容包括：电梯电气安全、机械系统安全、机电安全和环境安全技术，电梯施工安全、运行安全和维修安全技术，电梯管理安全技术，电梯规范安全规定，电梯事故统计分析等。

本书适用于电梯检测人员、特种设备监察人员、电梯安全设计和管理人员、电梯类和升降机械类的施工、运行和维保人员，停车场人员，建筑设计人员，建筑业主和房地产人员，以及高等院校有关专业师生等。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电梯安全技术/朱德文, 刘剑著. —北京: 中国电力出版社, 2007

ISBN 978-7-5083-5552-8

I. 电… II. ①朱… ②刘… III. 电梯-安全技术 IV. TU857

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 074556 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

印刷

各地新华书店经售

\*

2007 年 9 月第一版 2007 年 9 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 15.25 印张 403 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



为什么要写《电梯安全技术》这本书？在回答这个问题前，先回顾一下我国过去的电梯安全状况。1989年，据有关专家统计，我国当时有电梯（包括扶梯）约18万台，其中有10万台是国产梯，这些电梯中的大部分技术水平低，质量差，故障率高。约 $2/5$ 处于带故障运行状态，而其中的 $1/3$ 处于完全不能运行状态，急需维修和改造。

尽管现在的电梯安全状况已大大好转，与过去相比已不可同日而语。可是现在出现电梯事故的形势仍然严峻，我国是世界电梯生产和使用大国，必然要求电梯生产和使用的高质量。所以应该认真贯彻以人为本的方针，要对电梯事故引起足够重视，严格执行电梯安全规范，为减少和消除电梯事故而努力。这就是撰写本书的目的。

在电梯的设计、生产、施工、运行和维修中，我国对电梯安全尤为重视。从20世纪80年代就陆续开始了电梯标准化工作，并先后施行了《特种设备安全监察条例》、《特种设备质量监督与安全监察规定》、《电梯形式试验规程》、《电梯监督检验规程》、《电梯制造与安装安全规范》等法规、规章和规范，使电梯生产维修和监督检验走上正轨。从本书中，读者可以很容易地看到执行电梯法规、规章和规范的具体内容，及减少和防止发生电梯事故的具体方法措施。

在此，对本书的内容作一说明。该书是研究和解决电梯安全问题、减少和防止电梯事故发生的一部专著，也是国家自然科学基金资助项目（69874026）研究成果的应用内容。

本书的特点如下：

(1) 结合实例进行讲解，以便于对电梯安全技术加以归纳和总结。

(2) 较少地涉及理论方面的知识，注意应用性内容的讲解。

(3) 以电梯规范为准绳展开各章内容，剖析电梯安全问题。阅读全书内容也是对电梯各种规范的一次很好的学习。

本书第5章和第7章由刘剑教授撰写，其余各章均由朱德文教授撰写。此外，刘文涵老师也参加了部分撰写工作。本书的计算机绘图得到了中国科学院沈阳自动化研究所刘云鹏博士的协助，还得到了其他许多业内人士的帮助。在此，著者表示由衷的谢意！

由于著者水平有限，书中可能有些不足之处，欢迎读者批评指正。

朱德文 于沈阳建筑大学

2007-06-07



## 前言

第 1 章 绪 论	1
第 2 章 电梯施工安全	6
2.1 电梯施工现场安全管理	6
2.2 电梯安全作业	14
2.3 电梯部件安装的安全问题	19
2.4 电梯安全距离	26
2.5 电梯施工安全监理	30
第 3 章 电梯维修安全	40
3.1 电梯电气改造设计安全	40
3.2 电梯改造的安全技术	48
3.3 电梯改造后的安全管理	52
3.4 电梯应急装置	61
3.5 电梯维修检验安全问题	65
第 4 章 电梯运行安全	71
4.1 电梯运行与安全	71
4.2 电梯安全运行装置	84
4.3 电梯特殊运行管理	116
4.4 电梯的安全操作	128

<b>第 5 章</b>	<b>电梯电气安全</b> .....	133
5.1	电梯的常见故障及保护装置 .....	133
5.2	电梯的安全回路 .....	138
5.3	电梯门安全防护 .....	145
5.4	电梯接地、触电和防雷问题 .....	150
5.5	电梯控制保护问题 .....	165
<b>第 6 章</b>	<b>电梯机械系统安全技术</b> .....	180
6.1	电梯振动及减振对策 .....	180
6.2	制动器的异常及处理 .....	205
6.3	安全钳异常及处理 .....	219
6.4	电梯机械部件的安全处理 .....	231
6.5	电梯抗震问题 .....	246
<b>第 7 章</b>	<b>电梯机电故障及处理</b> .....	254
7.1	变频器与曳引机间的故障与处理 .....	254
7.2	红外光幕电梯门保护装置 .....	261
7.3	层门安全自动报警系统 .....	269
7.4	无机房电梯被困时的应急装置 .....	277
<b>第 8 章</b>	<b>电梯技术环境安全要求</b> .....	292
8.1	电梯噪声及减噪对策 .....	292
8.2	机房温度对电梯的影响 .....	305
8.3	电梯电磁干扰 .....	305
8.4	冬季风对电梯运行的影响 .....	317
8.5	防爆电梯场所粉尘共存问题 .....	318
8.6	自动扶梯四周安全对策和保养 .....	323
<b>第 9 章</b>	<b>电梯管理安全技术</b> .....	333
9.1	电梯乘客的安全搭乘 .....	333

9.2	电梯事故与安全运行管理 .....	357
9.3	电梯乘客的特殊安全搭乘 .....	365
9.4	电梯应急安全保护问题 .....	369
<b>第 10 章</b>	<b>电梯规范安全规定 .....</b>	<b>385</b>
10.1	《特种设备安全监察条例》中的安全规定 .....	385
10.2	《特种设备质量监督与安全监察规定》中的 安全要求.....	390
10.3	《机电类特种设备制造许可规则（试行）》等的 安全要求.....	391
10.4	电梯形式试验要求.....	399
10.5	《电梯制造与安装安全规范》要求 .....	406
10.6	《电梯监督检验规程》的安全要求 .....	414
10.7	《电梯安全导则》安全要求 .....	420
10.8	香港地区《升降机和自动梯（安全）条例》 .....	423
<b>第 11 章</b>	<b>电梯事故统计分析 .....</b>	<b>427</b>
11.1	电梯偶发、常见和典型故障.....	427
11.2	电梯事故及处理.....	451
11.3	电梯伤亡事故分析.....	460
	参考文献.....	471



## 第 1 章

# 绪 论

经过分析知道，按照流程顺序，电梯安全问题反应在电梯施工、运行、管理和维修方面。按照结构，电梯安全问题反应在电梯电气系统、机械系统、机电系统和电梯环境要求方面。判断电梯交通系统是否安全，要用电梯安全规范来衡量；解决电梯安全问题，采用的各种安全部件和安全技术是否合乎要求，也要用电梯安全规范来衡量。出现电梯安全问题，也就是出现电梯事故，是我们不愿看到的，但这是不可避免的。研究和运用电梯安全技术，就是为了减少电梯事故，使之不发生，或少发生。应采取正确的、现实的态度面对电梯事故，通过分析和调查电梯事故，找出其原因，提出相应的预防和改进措施。上面这段话勾画出了本书的各章内容（共 10 章，外加绪论）及各章内容间的逻辑关系。当然，电梯安全问题还反映在电梯设计上，但电梯设计包括在电梯电气系统、机械系统、机电系统的部件设计和系统设计中，因此不另成章。

在介绍电梯安全技术的正式内容之前，首先应该了解一下电梯安全和电梯运行等方面的关系，电梯事故及电梯安全规范的情况。

### 1. 电梯安全问题事例

出现电梯安全问题，必然和电梯施工、运行、管理和维修等方面的一个方面或几个方面有关系。我们用事例来说明。

**事例 1-1** 北京市朝阳区某电梯，电梯升至 12 层，平层开门后，一位六十多岁老太太抱着八个月大的孙子刚跨进轿厢



门，电梯突然开门运行，家人听见异响，赶到电梯门区，老人已头破血流，与怀抱的婴儿一起被挤在门顶与地坎间动弹不得。事故发生前三周，该梯运行记录中有“出现开门走梯”和“溜车”的记载。此次造成一死一伤的严重事故。这是在电梯运行中出现的事故，电梯监察部门和维修部门应该很好地检查和维修电梯，追究不按时检查和维修电梯的责任，吸取教训，杜绝后患。特别是电梯带“病”运行，酿成如此惨祸，更为电梯安全规范所不容。

**事例 1-2** 北京市某部 24 层电梯，由于维修工在作业时忘了拔出开闸扳手，随着电梯运行的震颤扳手越来越紧，导致抱闸无法闭合。这时电梯回到 1 层，维修工正欲从轿厢上撤出，却发现轿厢自动上行，正犹豫间只见电梯移动越来越快，维修工急忙按下轿顶急停开关，但无济于事，电梯失控，加速直冲 24 层，呼啸冲顶。维修工立即将身体收拢，蜷伏在轿顶的最低处。轰隆一声巨响，轿厢冲顶震动了整个大楼，轿顶复绕轮被楼板击碎，维修工在险象环生中保住了一条性命。这是维修违规问题，维修工在维修时应该严格遵守维修操作规程，不能有一点粗心大意，否则就要造成事故。

**事例 1-3** 1999 年 1 月某天，北京市海淀区某小区，电梯升至 7 层时，轿厢门打开，一名乘客转身下电梯，此时电梯轿厢忽然下沉，将该乘客夹在门厅地坎与轿厢门头之间，造成该乘客当场死亡。这是由于电梯的制动力不足及平衡系数偏小所致。这是属于电梯设计质量问题，或者电梯器件制造质量问题，属于电梯电气系统、或机械系统、或机电系统的器件质量或系统质量方面的问题。

**事例 1-4** 某市级医院大楼有一台手开门电梯，在操作运行的过程中，司乘员经常擅自离开岗位而又不关闭层门和切断电源。一天，一名老年勤杂工为别人挂号，发现 4 楼电梯层门大开，司乘员不在，就擅自将电梯驶到 1 层，然后离开轿厢前去挂号。此时电梯司乘员发现电梯被他人开走，找到 1 楼将电梯仍开

回4楼。老工人挂完号急匆匆来到电梯处，发觉层门已关闭，急忙掏出紧急开锁三角钥匙，打开基站层门一脚踏入，落至底坑，造成严重电梯事故。这是属于管理不善问题：紧急开锁三角钥匙必须有专人保管和使用，不能转借他人，否则可能造成严重事故。展开一点说，管理问题还表现在：电梯使用方不愿意花钱请专业维修保养单位而自行修理；有的维修人员技术素养不高，造成电梯运行出现这样那样问题，使电梯使用寿命大大缩短。按照有关规定，电梯维修人员必须持证上岗，电梯须要每天都有专人负责保养工作。

从上面的事例中就足以说明：电梯安全工作是多么重要！必须从电梯施工、运行、管理和维修方面，从电梯电气、机械、机电系统和电梯环境要求方面等多个环节入手，以电梯安全规范为准绳来加强电梯安全工作。

## 2. 我国的电梯安全监察工作计划

据国家质检总局特种设备安全监察局有关负责人介绍，我国近期的电梯安全监察工作任务是：

(1) 以体制创新求安全监察工作的突破性进展，建立工作体系，落实各项责任，推进改革创新。

(2) 建立下述三个工作体系。

1) 完善法规体系：努力争取《特种设备安全监察法》的立项，力争人大通过。

2) 建立动态监督管理体系：包括基层安全监察体系的建设和信息化建设。

3) 研究安全评价体系：仅靠事故率很难全面反映特种设备的安全状况，建立和我国经济发展相适应的、科学的评价体系，科学分析特种设备安全工作对经济、社会的作用。

(3) 落实各项责任。各级政府协调解决重大问题。企业责任即企业安全责任。安全监察机构的责任即以法监管的责任。检验单位的责任即技术把关责任。

(4) 实施改革创新。①立法改革。实行开放立法，群众参



与，科学决策。将安全技术规范的制定工作交由中国特检中心组织全国有关专家起草，送总局特种设备安全技术委员会审议，总局负责法规规范的立项、审定和发布，力争在几年内形成中国自己的特种设备法规规范体系。②行政许可改革。实行开放鉴定评审，统一对外窗口，完善许可制度，健全监督制约机制，公开许可事项等创新，建立审查、批准、监督三分离的行政许可机制。③安全监察方式改革。把使用环节作为监督重点，形成以安全监察机构为主导，专职执法机构配合其实施，检验检测机构技术支撑，法制机构履行法制监督的执法工作机构。④检验检测机构改革。检验机构联合重组，实行锅炉与特检合并，省与省会城市检验机构合并，撤销县级检验机构，挂靠城市中心所，建立检验集团等多种形式。对检验机构实行 ABC 分级管理，目的是使检验机构做大、做优、做强。⑤政府工作形态改革（电子政务）。推动信息化建设。

(5) 加大宣传和监督检查力度，严格执法，进一步消除违章行为。包括消除使用环节的违章，消除安装、维修及日常维护保养等施工作业中的违章。

(6) 进一步规范电梯的安装、维修和日常维护保养。

(7) 抓紧论证“简易电梯”的监管问题。

(8) 促进电梯安全保护装置水平的提高。

(9) 进一步提高监察和检验人员的专业技术水平与综合业务素质。

(10) 引导维修和日常维护保养等市场的健康发展。

(11) 探索和学习香港地区机电工程署对电梯的监管模式。

(12) 针对电梯制造的专业化和社会化，将进一步研究制造环节行政许可的方式。

为确保电梯的安全运行，我国将通过行政许可和监督检查两大制度来实现。到 2005 年，经许可的电梯制造单位共 319 家，经许可的电梯安装、改造、维修单位共有 2693 家，经核准的电梯形式试验机构共有 4 家（河北廊坊的国家电梯质检中心、上海

交大的电梯检验中心、广东省特种设备检测院、深圳市特种设备检测院), 经核准从事电梯监督检验和定期检验的机构共有 374 家。现在, 正在研究加速完善电梯安全监察的法规标准体系, 使中国电梯更安全、更便捷和更舒适。

电梯施工过程最容易发生电梯安全问题。采取各种安全措施，以《电梯制造与安装安全规范》等标准为准绳严格要求，尽量减少和避免电梯伤亡事故，在保证施工质量的前提下按时完成工程进度，为电梯安全运行打下稳固基础。

## 2.1 电梯施工现场安全管理

### 2.1.1 电梯施工前的准备工作

(1) 主动跟踪电梯施工现场土建进展情况。掌握和对照客户确认过的土建图纸，仔细勘测土建范围和尺寸，及时和客户沟通。要求在电梯设备进场前电梯井道等整理完毕，避免电梯设备进场了，而电梯土建还未完工，影响电梯施工的不利情况。

(2) 关注并确定三相电源的通电时间。未能按时提供动力电源，必然耽误电梯施工工期。提供电源后，电梯各道程序都安装完毕，还要进行调试、试运行和验收，最后交给客户。

(3) 不要不切实际地压缩工期。因为电梯是机电合一的大型设备，电梯整机质量不仅取决于产品设计和制造，还取决于现场安装质量。安装工作尽可能提前考虑，妥善安排。不切实际地压缩工期，即“加班”或“赶工期”，必然保证不了安装质量或增加施工成本。

(4) 施工时的电梯实际配置和客户要求有时不相符合，要协调解决。此时应及时反馈信息给电梯厂家或销售人员，尽量满足

客户要求，避免以后重复发生类似事件。

(5) 电梯安装前的工作极其重要，应注意：

1) 发货时应严格按照合同要求，将设备运送到指定地点。

2) 开箱时双方人员都要在场，按合同要求、精度及装箱清单条款进行验收，检查各零、部件型号和软件资料是否配套齐全；对不同梯种和到货材料，必须按照相应的工艺要求，进行分类堆放和存储；如果对导轨随意放置，可能使导轨受压变形，影响电梯安装质量，也会造成电梯运行时乘客的不舒适感。

3) 严格按照装配工艺手册中的各道工序流转运行，若发现零部件有差错，要及时停止、更正，防止流入下一道工序，影响施工质量。

4) 及时把更换下来的部件保管起来，做到一台设备有一套完整合格的零部件，杜绝缺少或遗失零部件现象。

### 2.1.2 施工安全管理

(1) 根据《特种设备安全监察条例》规定，电梯在安装、改造、维修前，施工单位应当将拟进行施工项目情况书面告知市级质量技术监督局，告知后即可施工。

(2) 对现场成品要加以保护。对现场尚未安装的电梯部件要注意遮盖，加强保护。对已安装好的各厅门、自动扶梯的梯级更要注意保护，绝对禁止施工人员将自动扶梯或自动人行道当楼梯使用。

(3) 必须严格三角钥匙的管理。非有关人员不得持有电梯钥匙。未正式交付前，绝对不允许电梯安装人员单人进行操作、使用和维护电梯；电梯的外呼按钮不允许随便安装，即不能有的层站安装，有的层站不安装。

(4) 工地警告标识和安全规程要在适当地点张贴出去，公布报警电话。要在指定急救部门无法抵达现场的情况下，使员工接受急救培训。工地要备有充足急救用品。

(5) 禁止员工在工作区内吸烟、饮酒或进食。车间要备有作业需要的起重设备。严格执行起重操作规定。



(6) 确保过道、通道、斜面通道、楼梯和步行通道不堆放工具、物料和设备，不准在这些地方放置废料桶。

(7) 员工可以自由地接近所有的安全出口、火警报警盒和灭火设备，并且这些设备平时得到正常维护。安全出口全部开放，未被链条锁住或用木板封住。

(8) 施工公司要有紧急疏散方案。整个工作区内存放的物料与其标识相一致，易燃废料或危险废料必须用专门容器存放，灭火器处于备用状态。员工要接受过灭火器使用培训，设备的锁闭与标识、遇险通信联络、个人防护物品、设备操作、起重和工伤报告制度方面的培训。

(9) 电梯各层门（或自动扶梯地坪）的标高问题。已安装好的电梯各层门地坎面或自动扶梯盖板面往往与装饰地面不平，有明显的 1cm 左右高低差，影响整体美观，严重时还有安全隐患。解决的办法是：

1) 提前进行土建勘测和整改，与客户做好沟通：在电梯到货进场前，须在各层门口或扶梯上下入口端附近确定标高线，并联系和协调装修单位，确定今后的装饰地坪厚度，施工单位须据此进行安装施工，以保证安装好的电梯各层门地坎面或自动扶梯盖板面与装饰地面接平。

2) 若暂时无法确定标高和装饰地坪厚度时，现场安装须考虑并预留可能的装饰地坪厚度，绝不可以土建毛地坪施工，并有必要要求今后的装饰地坪面须以安装好的电梯和自动扶梯为基准面接平，在安装层门地坎时，尽可能使层门地坎的调节螺栓处于中间位置，以便将来可进行微调。

(10) 电梯临时使用问题。电梯在未全部安装完毕、未经技术监督局验收之前，运输建筑装饰材料或施工人员临时乘坐存在使用风险，如何解决？

1) 如客户要求临时使用电梯，必须先由安装单位严格按照国家验收规范进行自检，或者要求厂家自检，以保证电梯安装符合厂家设计制造和安装验收要求。

2) 与业主或工地管理方签订临时使用电梯协议, 规定临时使用的操作由现场安装施工单位派人执行, 并保证严禁超载。

3) 加强与业主和工地管理方的沟通和宣导。宣讲国务院发布的、从 2003 年 6 月 1 日起施行的《特种设备安全监察条例》的内容, 如“特种设备生产、使用单位应当建立健全特种设备安全管理制度和岗位安全责任制度。特种设备生产、使用单位的主要负责人应当对本单位特种设备的安全全面负责”; “应当设置特种设备安全管理机构或者配备专职的安全管理人员”; “特种设备的安全管理人员应当对特种设备使用状况进行经常性检查, 发现问题的应当立即处理; 情况紧急时, 可以决定停止使用特种设备并及时报告本单位有关负责人” 等内容, 要求业主和工地管理方参与和配合临时使用电梯的工作, 避免临时使用时可能出现的风险。

(11) 施工完毕移交问题:

1) 施工完毕, 要求所有设备必须通过所有权威机构, 包括国家技术监督局、建委、业主/监理、物业管理公司等验收, 并全部移交客户, 同时将从业主、物业管理公司和维保单位接受资料, 包括所有电/扶梯安装过程、验收和竣工资料、技术状态变更资料及随机文件都移交给客户, 并签字盖章。

2) 对移交的电梯和自动扶梯的开锁钥匙, 及开厅门的三角钥匙等, 一定要强调须专人保管和负责。

3) 对电梯施工的大项目要有施工总结报告、财务决算报告及工程评估报告, 以利于今后的管理。

4) 项目未尽事宜, 及遗留物品、设备和工具等资源, 要列出清单移交, 并提出处理建议。

### 2.1.3 电梯施工现场漏电保护问题

电梯施工现场用电设备较多, 有的接线不用插头, 有的用铜丝代替熔丝, 用自动空气开关代替漏电保护器, 零线火线错位接用, 不注意操作方法或者电气设备安装不当, 引起触电伤亡, 发生电器火灾事故, 烧坏电气设备。电流一旦通过人体, 会使人体

受到伤害，发生触电事故。这时在电路上需设置漏电保护器，消除漏电事故给人体带来的伤害。

### 一、施工现场触电的几种形式

(1) 单相触电。人体接触电气设备中的一根带电导线，电流通过人体流入地下。如图 2-1 所示，螺口灯泡零线火线错位接在采用 380/220V 中性点直接接地的电网时，人体处于电网的相电压  $U_P=220V$  之下，电流通过人体、大地和中性点的接地极，形成回路，通过人体的电流  $I_1$  为

$$I_1 = U_P / Z_T \quad (2-1)$$

$$Z_T = \sqrt{R \cdot R + X \cdot X} \quad (2-2)$$

式中  $Z_T$ ——触电回路总阻抗；

$R$ ——相、中性线的线电阻；

$X$ ——相、中性线的线电抗。

还要考虑中性线接地电阻、人体电阻和人体接地电阻等。触电后果严重。

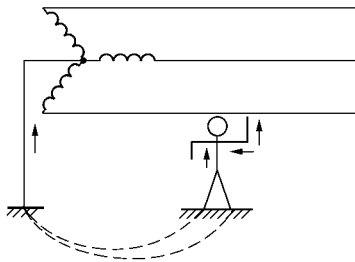


图 2-1 单相触电情况

(2) 两相触电。当人体接触带电的两根导线，电流会从一根相线通过人体，流到另一根相线，形成回路而成为两相触电，如图 2-2 所示。如果电梯井道内随意乱拉的输电线中某一相线碰上脚手架，而站在脚手架上的操作工手持电动工具等，所用的另一相电源如果漏电，则形成两相触电。此时，人体处于电网线电压之下，通过人体的电流决定了人体的电阻，两相触电带来严重

后果。

(3) 跨步电压触电。当电气设备的绝缘损坏，三相输配电电线中的任意一根导线断落接地，则有电流入地并向四周流散。以入地点为圆心，在半径 20m 范围内，存在不同的电位差。人站在地面上的两脚如与入地点的距离不等，则人要受到跨步电压的作用。如果跨步电压较大，则人的两脚就会抽筋甚至倒地，如果使流经人体的电流加大，并且触电流流经心脏，则导致更为严重的后果。

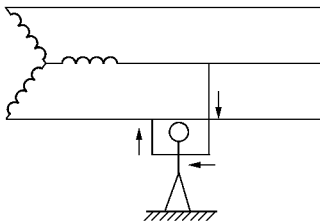


图 2-2 两相触电情况

## 二、分级保护和末端保护

当人体受到跨步电压的作用时，触电流  $I_1$  与导线线路截面、长度、线路连接质量、人体阻抗及防护用具的穿戴有关。这时供电回路中的自动空气开关和熔断器等过电流保护器的动作有一定保护作用。但这还不够，还要将移动式照明和受持式电动工具接在漏电保护器的配电箱之后，并且使其额定动作电流  $I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$ 。通常，在电梯施工现场不止有一个用电工程，而是有多个用电工程同时展开，这时需要采用分级保护，即一级保护设置在工地总电源的出口处；二级保护设置在分支线路上；三级保护设置在电网末端。

在电网末端设置漏电保护器时，保护的可靠性和灵敏性高，保护范围小，容易查找故障，因此缩短了事故停电时间，这是它的优点。其缺点是对分支线路和主干线路没有保护作用。

采用多级保护，则可避免上述缺点。但要注意：上下级保护必须协调。即上级的漏电保护器的额定漏电动作电流  $I_{\Delta Nu}$  必须大于其下级的漏电保护器的额定漏电动作电流  $I_{\Delta Nd}$ 。事实上，在漏电保护器的保护电路中，其上级泄漏电流应等于其所属下级各漏电流之和。实际做法是：取  $I_{\Delta nu}$  值应尽可能小，以避免该级的漏电保护器出现误动作。在工程上取