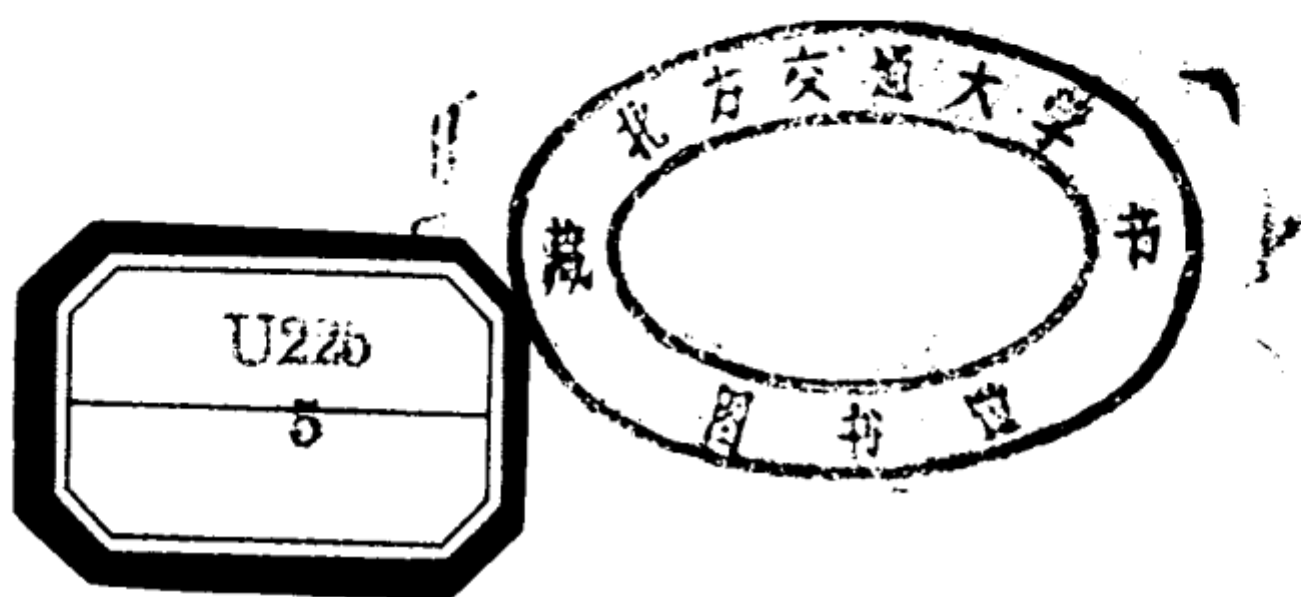


电气化铁道接触网 事故与安全运行

汪松滋 编



中国铁道出版社

1993年·北京

此次对于“交流电气化铁道接触网事故与抢修”的修订，就是在这些经验的基础之上试图加以系统化，并寻觅其内在的连系和客观规律，以期求得接触网的安全管理建立在更加科学的基础之上。本次修订仍然以接触网运营中发生的典型事故为主线，并将其按内在联系分节加以阐述，为了更好地加以预防，在每一种类型事故介绍之前后增加了预防对策方面的见解和一些有关的基本概念。有些概念介绍是属于普及型的，有的则是在总结经验的基础上整理出来的，如接触网“主导电回路”的概念，就是和吴良治同志共同分析接触网烧伤事故之后认为有必要而提出的，以期澄清问题，加强对接触网的有针对性的检修。

此次修订得到了姜婉君、吴良治、张锡坤、李佩德等同志，以及各有关供电段从事接触网工作同志的大力帮助和支持，谨在此表示衷心的感谢和敬意。

由于水平所限，错误在所难免，敬请读者给予批评指正。

编 者

一九九二年六月

（京）新登字063号

内 容 简 介

本书主要介绍电气化铁道接触网运营中的典型事故、事故分析，以及为保证安全运行所必须采取的预防对策。对事故处理的原则及方法作者也根据多年经验进行了总结。

全书通俗易懂，结合实际。可供从事接触网运行检修的工人、技术人员和管理人员学习、参考。

电气化铁道接触网事故与安全运行

汪松滋 编

*

中国铁道出版社出版、发行

（北京市东单三条14号）

责任编辑 孙燕澄 封面设计 翟达

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米1/32 印张：9.375 字数：209千

1993年9月 第1版 第1次印刷

印数：1—5000册

ISBN7-113-01492-5/U·453 定价：5.60元

前 言

自我国第一条电气化铁路区段（宝成线宝鸡至凤州段）1961年通车运营以来，我国的电气化铁路已有三十年的历史。它经历了山区、单线、多隧道的发展阶段，进入了平原、复线、运输繁忙的主要干线。京广、京沪，陇海、哈大等主要干线都已经或正在进行电气化的工作。从发展看，铁路牵引动力应以电力牵引为主，电力牵引的运量比重逐步增加。预计我国的电气化铁路，将以每年近千公里的速度向前发展。可以想见，电气化将愈来愈多地担负着繁忙干线以至全国铁路的运输任务，电力牵引将成为我国铁路的主要牵引动力。

接触网是电力牵引的重要组成部分，它担负着不间断地向沿线运行中的电力机车输送电能的重要任务，由于其为沿线架设，又无备用，应该说接触网也是电力牵引中的一个比较薄弱的环节。接触网运行质量的好坏、故障的多寡、抢修的快慢都将直接影响电气化铁路运输能力的发挥。

随着我国电气化铁路的发展，接触网也由单线发展到复线和繁忙干线，出现了半补偿、全补偿链形悬挂，简单悬挂等多种悬挂方式。接触网的设备、零部件也有了较大的变化，特别是进入了繁忙干线和随着运量的增加，接触网的载流量和通过的受电弓架次数也有较大增加，接触网的运行条件总体上讲有较大的变化。三十年来广大的接触网运行维修管理人员为保证接触网的正常运行做出了积极的贡献，也积累了相当丰富的运行维修及事故抢修方面的经验。

目 录

第一章 接触网的安全运行	1
第一节 接触网在电气化铁路中的重要地位.....	1
第二节 接触网主要设备.....	4
一、支 柱.....	4
二、支撑装置.....	6
三、定位装置.....	9
四、接触悬挂.....	13
五、接触网零部件.....	18
第三节 跳闸分析.....	35
第四节 接触网安全运行的意义.....	44
第二章 接触网设备事故	46
第一节 绝缘事故.....	46
一、绝缘事故的基本概念.....	46
二、绝缘事故举例.....	54
三、加强绝缘管理.....	68
第二节 主导电回路事故.....	80
一、主导电回路的概念.....	80
二、主导电回路事故.....	83
三、主导电回路的维护和控制.....	101
第三节 弓网事故.....	107
一、刮弓和刮网的概念.....	107
二、刮弓事故.....	113
三、刮网事故.....	127

四、	防止弓网事故对策·····	136
第四节	接触网零件引起的事故·····	151
一、	对接触网零件的要求·····	151
二、	接触网零件事故举例·····	155
三、	零件事故的预防·····	164
第五节	其他原因引起的接触悬挂事故·····	172
一、	承力索事故·····	172
二、	接触线事故·····	181
三、	预防及对策·····	185
第六节	支柱事故·····	189
一、	支柱事故举例·····	189
二、	支柱事故预防对策·····	193
第三章	接触网设备事故的抢修·····	195
第一节	接触网设备事故抢修原则·····	195
第二节	接触网事故抢修的准备·····	202
一、	事故抢修准备工作的内容·····	202
二、	对事故抢修人员的要求·····	203
三、	事故抢修人员的培训·····	205
第三节	抢修材料及工具的储备·····	205
第四节	事故的判断和查找·····	210
第五节	事故抢修的组织指挥·····	213
第六节	各种典型事故的处理方法·····	216
一、	接触线断线事故的抢修·····	217
二、	承力索断线事故的抢修·····	219
三、	支柱事故的处理方法·····	220
四、	隧道内悬挂点破坏事故的抢修·····	225
五、	软横跨下部定位绳事故的处理·····	227
六、	隔离开关事故的处理·····	228

七、	分段绝缘器事故的处理·····	229
第七节	事故抢修中的安全与防护·····	229
第四章	毁坏性的接触网事故·····	233
第一节	自然灾害引起的事故·····	233
第二节	运行中发生的事故·····	243
一、	隧道内火灾爆炸引起的事故·····	243
二、	列车事故引起的接触网事故·····	249
第三节	毁坏性接触网事故的抢修·····	254
第五章	接触网人身事故·····	257
第一节	电击人身事故·····	258
一、	带电作业时的电击事故·····	258
二、	停电作业时的电击事故·····	269
三、	电流对人体的影响·····	271
第二节	高空作业时发生的人身事故·····	276
一、	摔 伤·····	276
二、	砸 伤·····	278
三、	高空作业的安全措施·····	278
第三节	行车防护失误造成的人身事故·····	280
第六章	接触网的事故管理·····	283
第一节	接触网事故的分类·····	283
一、	设备事故和人身事故·····	284
二、	供电事故和行车事故·····	284
三、	责任事故、关系事故和自然灾害·····	286
第二节	接触网事故的调查分析·····	287
一、	事故调查·····	287
二、	事故分析·····	288
第三节	事故报告·····	289

第一章 接触网的安全运行

第一节 接触网在电气化铁路中的重要地位

电力牵引供电系统如图 1—1 所示。它由如下几部分组成：

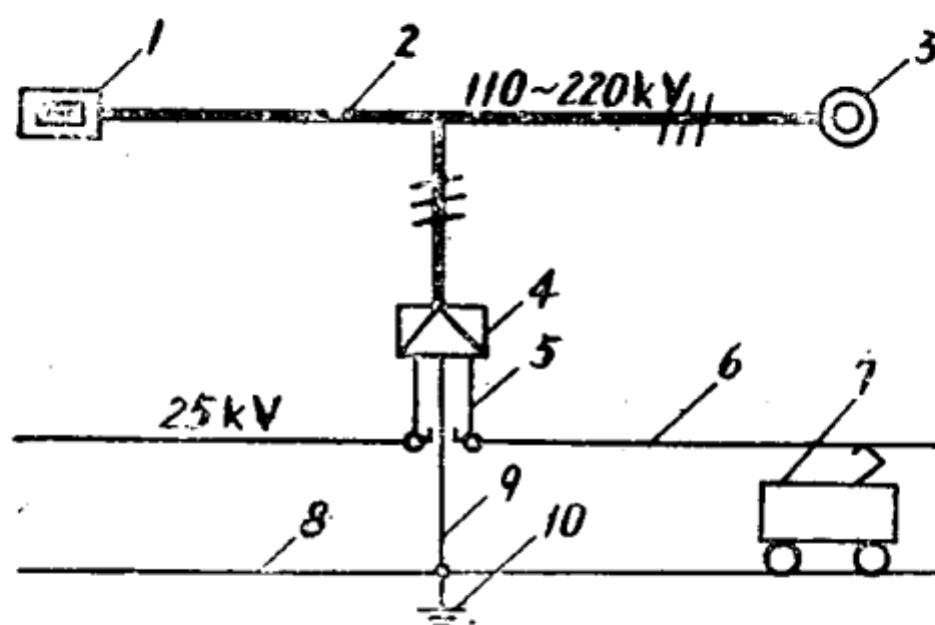


图 1—1 供电系统示意图

1——发电厂；2——高压输电线；3——区域变电所；4——牵引变电所；5——馈电线；6——接触网；7——电力机车；8——钢轨；9——回流联接；10——接地网。

1. 外部电源：一般由电力系统以110kV双回路向牵引变电所供电。电力和铁路系统分界点由双方协议确定，分界点以外的110kV线路由电力系统负责运行维护。

2. 牵引变电所：设置牵引变压器将三相110kV电源电压变换成单相27.5kV，由27.5kV母线按设计馈线向接触网

送电。

3. 接触网：沿铁路线架设于轨道上空一定位置的特种输电线路，担负着向沿线运行的电力机车输送电能的任务。

4. 电力机车：将由受电弓从接触网取得的电能转化为机械能，牵引列车沿线运行，并通过轮对将回流送入轨道。

5. 钢轨及回流线：牵引电流回流经轨道、回流线流回牵引变电所，构成牵引电流回路。

沿铁路线上空架设的接触网，通过在其下方高速滑动运行的电力机车受电弓将电能输送给电力机车，从而使电力机车牵引的列车沿线运行时，较现有的蒸汽、内燃牵引方式具有拉得多跑得快的优越性能。接触网的这种沿线供应电能的作用决定了它具有以下的特点：

1. 没有备用

向牵引变电所供电的110kV电源线路设置了两个回路，牵引变电所内主变压器及其他重要设备也在设计时就考虑了备用措施，一旦主电源，主要设备故障时，备用电源、备用设备可随即(自动)投入运行，以保证对接触网的不间断供电。接触网由于与电力机车在空间和时间上的关系，和轨道一样无法采取备用措施，所以一旦接触网故障，整个供电臂即全部停电，在其间运行的电力机车失去电能供应，列车停运。

由此可见其在牵引供电系统中的重要地位。就是和其他铁路运输设备如轨道、信号设备相比，由于接触网的故障范围大

(一供电臂停电影响两个区间三个站场以上，钢轨、信号设备一处损坏只影响一个车站或一个区间)，同时波及相邻供电臂乃至整条线路，相应地较为严重，其重要性在铁路运输设备中也是显而易见的，在已投入运行的电气化铁路区段已经深刻地认识到这一点。所以要求接触网的运行质量不断提高，故障尽量减少，一旦发生故障必须立即迅速地进行抢

修,及早恢复送电,采取一切措施减少停电时间,将故障影响列车运行的范围缩小到最低限度。

2. 经常处在动态运行状态中

和一般电力线路只在两点间固定传输电能的作用不同,在接触网下沿线有许多电力机车高速滑动取流。电力机车受电弓以对接触网压力 68.65N 、 100km/h 的速度接触摩擦运行,通过接触网的电流高达 1000A 以上。运行中不可避免地会产生受电弓离线而引起电弧,再加上风、雾、雨、雪及大气污染的作用,使接触网昼夜不停地处在振动、摩擦、电弧、污染、伸缩的动态运行状态之中。这些因素对接触网各种线索、零件都产生恶劣的影响,从而使其发生故障的可能性较一般电力线路的几率要大得多。

3. 结构复杂技术要求高

为了保证电力机车能够安全地、质量良好地从接触网取得电能,接触网导线的高度、拉出值、定位器的坡度都有定量的要求,以保证受电弓在高速运行时接触良好。同时,为了减少受电弓的离线,要求接触网有比较均匀的弹性和随温度变化的适应性;为了保证电流的畅通,要求接触网具有良好的导流性能和供电的灵活性。这些要求是和接触网的动态运行同时存在,因此就需设计成较一般电力线路复杂的结构、较高的绝缘水平、较可靠的机电联接和较多的设备,采用耐磨擦、耐腐蚀、耐振动、耐电弧的导线及各种零部件。这也就决定了接触网较一般电力线路应有较高的技术要求和较好的维修条件。

一方面有着显而易见的重要性,一方面有众多产生故障的因素,还有较高的技术复杂性。可见在牵引供电系统中,应该说接触网是一个既重要又薄弱的环节。因此要求对接触网的运行检修及事故抢修等给予更多的重视。运行中的电气

化铁路区段的实践证明：牵引供电系统的工作重点在接触网方面。就目前状况而言，我国目前牵引供电的故障发生率还比较高，停电时间也比较长，而且主要发生在接触网方面。因此，努力降低接触网故障率，在故障出现后迅速地排除，能在最短时间内恢复供电就成为接触网工作人员重要的任务和义不容辞的职责。

第二节 接触网主要设备

在我国已经运行的电气化铁路上，根据各条线的具体运行条件，接触网分别采用的有三种悬挂形式，即全补偿链形悬挂、半补偿链形悬挂和简单悬挂方式。无论采用哪种悬挂方式，接触网在区间一般均由支柱（钢柱还包括基础）、支撑装置、定位装置、接触悬挂等四部分组成。图 1—2 示出链形悬挂接触网中间支柱的装配结构。其中绝缘子、水平拉杆、腕臂组成支撑装置，承力索、接触导线、吊弦组成了接触网的悬挂部分。它们之间用众多不同规格型号的零部件连接在一起。此外还有保证接触网正常运行的诸多部件和设备，如补偿器、电联接器、中心锚结、锚段关节、分段绝缘器、分相绝缘器、隔离开关、吸流变压器等。在站场、隧道、桥梁等处，支撑装置采用软横跨、硬横跨及其他特殊设计。

一、支 柱

接触网支柱一般采用钢柱和预应力钢筋混凝土柱。目前采用的钢筋混凝土柱中以方型支柱为主，个别线路上采用了圆型支柱。区间接触网一般采用钢筋混凝土柱，只有在桥梁上和特殊需要的地方采用钢柱。站场软横跨一般采用钢柱，为节约钢材，减少维修工作量，四股道以下的车站软横跨允许

采用钢筋混凝土柱。

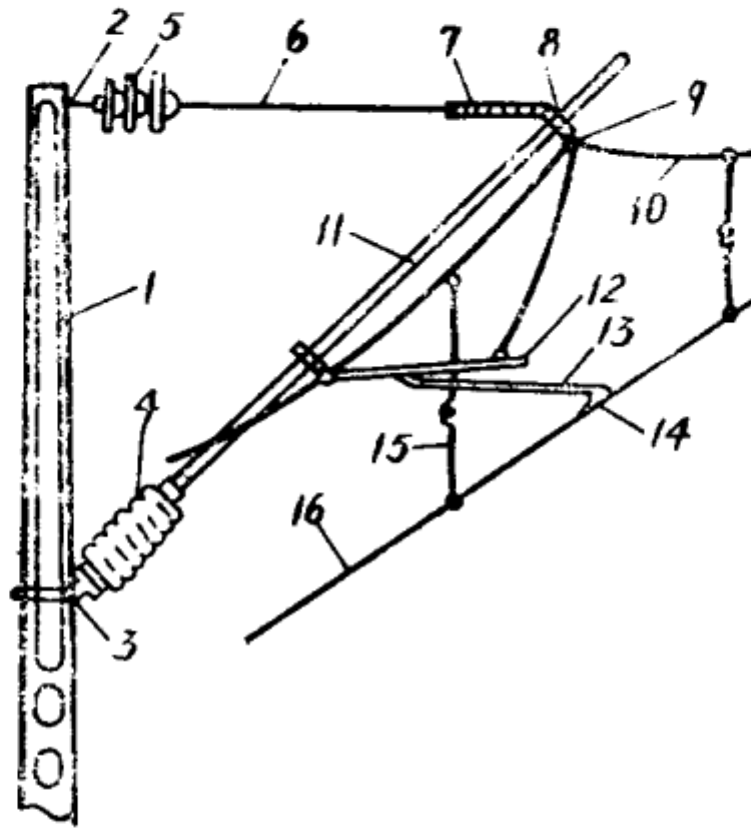


图 1-2 链形悬挂中间支柱装配结构示意图

1 —— 支柱；2 —— 拉杆底座；3 —— 腕臂底座；4 —— 棒式绝缘子；
5 —— 悬式绝缘子；6 —— 水平拉杆；7 —— 调节板；8 —— 套管绞
环；9 —— 鞍子；10 —— 承力索；11 —— 腕臂；12 —— 定位管；13 —— 定
位器；14 —— 定位线夹；15 —— 吊弦；16 —— 接触线。

根据支柱用途不同其要求的支柱容量和允许受力方向也不同。区间锚柱及转换支柱要求的容量较中间支柱大，锚柱除和其他支柱一样要求垂直线路方向受力外，顺线路方向也有受力的要求。目前有如下型号的定型支柱可供接触网设计施工采用。

1. 钢柱

软横跨支柱：

G 10/13	G 15/13
G 20/13	G 20/15
G 25/15	G 30/15
G 35/15	G 45/15

软横跨带下锚支柱:

$G_M 15-25/13$ $G_M 20-25/13$
 $G_M 20-25/15$ $G_M 25-25/15$
 $G 25-25/15$ $G 35-25/15$
 $G_F 15-40/13$

桥梁及区间支柱:

$G 5/9$ $G 7/9$
 $G 10/9$ $G 5/9.5$
 $G 7/9.5$ $G 10/9.5$
 $G 5/10$ $G 7/10$
 $G 10/10$

2. 预应力钢筋混凝土柱

腕臂支柱: $H 1.8/8.7+2.6$ $H 1.8/8.2+2.6$

$H 3.8/8.7+2.6$ $H 3.8/8.2+2.6$

$H 7.8/8.7+3$ $H 7.8/8.2+3$

锚柱: $H 4.8-25/8.7+3$ $H 4.8-25/9.2+3$

软横跨支柱: $H 9/12+3.5$ $H 13/12+3.5$

$H 17/12+3.5$

软横跨锚柱: $H 17-25/12+3.5$

二、支撑装置

链形悬挂的支撑装置一般采用绝缘腕臂,图 1—2 已经示出。简单悬挂一般采用绝缘平腕臂,其结构图如 1—3。

车站场上,支撑装置一般采用软横跨,也有个别区段采用硬横跨。软横跨由两横跨站场的支柱、横向承力索、上部定位绳、下部定位绳组成,其结构如图 1—4。

目前少数站场采用的硬横跨由两支柱和架设在其顶端跨股道的硬横梁联接组成,其结构示意如图 1—5。

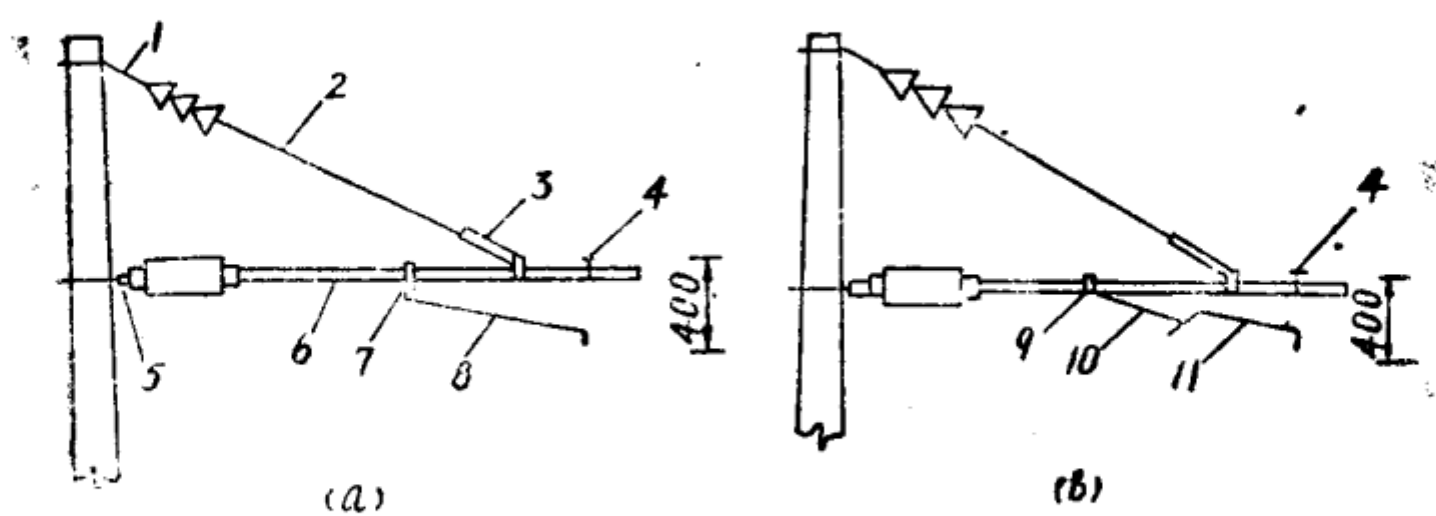


图 1—3 绝缘平腕臂

1 —— 拉杆底座；2 —— 拉杆；3 —— 调节板；4 —— 吊索座；5 —— 腕臂底座；6 —— 腕臂；7 —— 长定位环；8 —— 定位器；9 —— 定位环；10 —— 定位拉线；11 —— 软定位器。

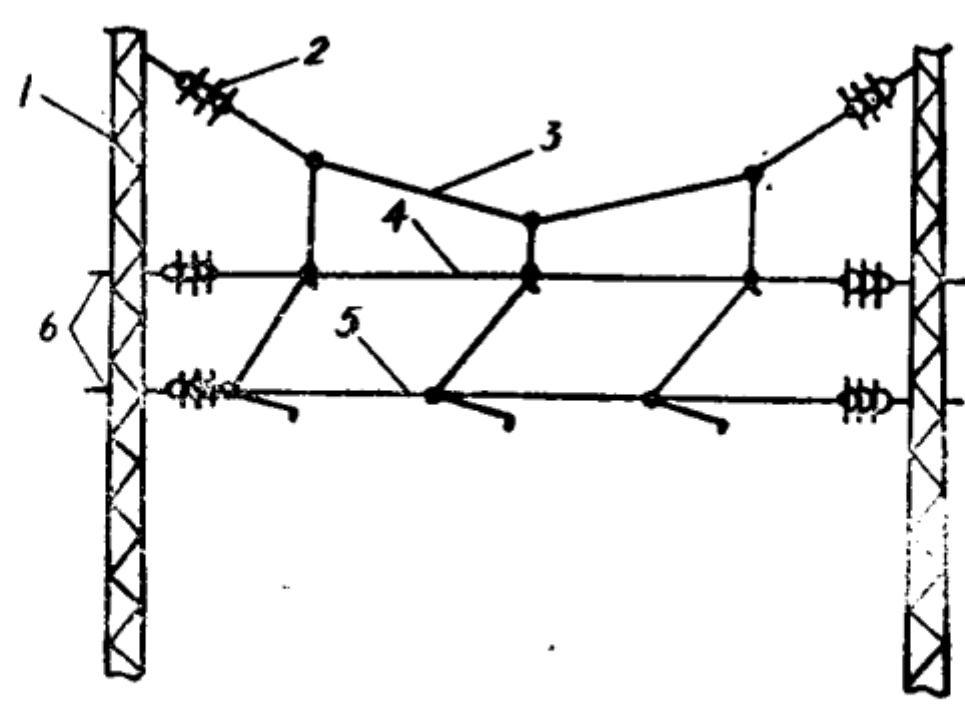


图 1—4 软横跨

1 —— 支柱；2 —— 绝缘子；3 —— 横向承力索；4 —— 上部定位绳；5 —— 下部定位绳；6 —— 拉杆。

在简单悬挂形式区间小曲线半径外侧支柱上，还有一种集支撑和定位功能于一身的“单拉手”方式。其结构如图 1—6。

绝缘腕臂由标称40或50mm镀锌钢管（即 $1\frac{1}{2}$ 或2英寸钢

管) 和TB-25型棒式绝缘子连接组成后, 通过腕臂底座固定在支柱上, 其顶端和固定在支柱顶端的 $\phi 16\text{mm}$ 圆钢制作的水平拉杆用套管绞环连接形成一稳定的支撑结构。水平拉杆和支柱间由X-4.5型绝缘子串绝缘, 另一端装有多孔调节板, 用以调节腕臂的角度, 以保证承力索正确的空间位置。承力索悬挂在连接于套管绞环上的鞍子内。

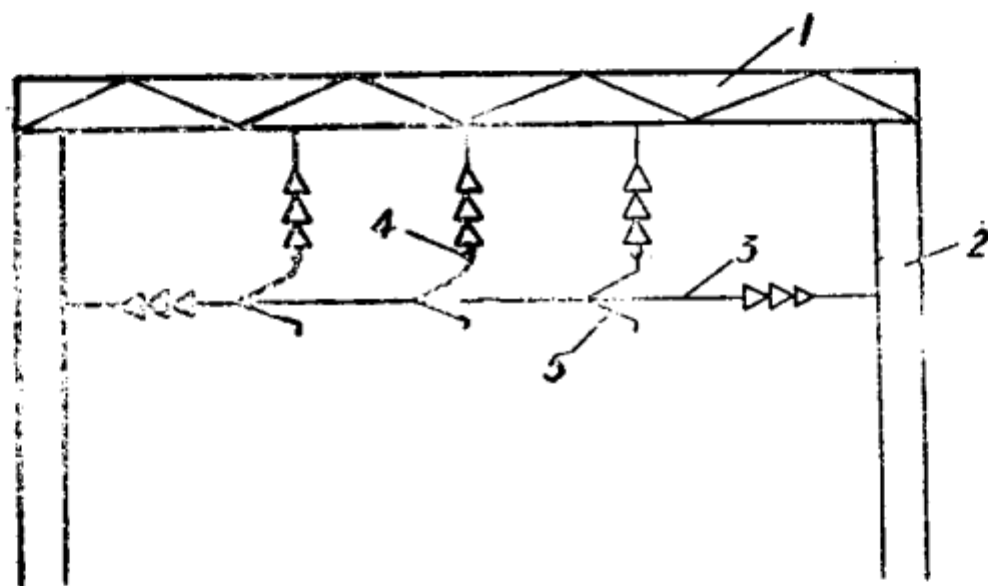


图 1—5 硬横跨

1 —— 硬横梁; 2 —— 支柱; 3 —— 下部固定绳; 4 —— 承力索;
5 —— 定位器。

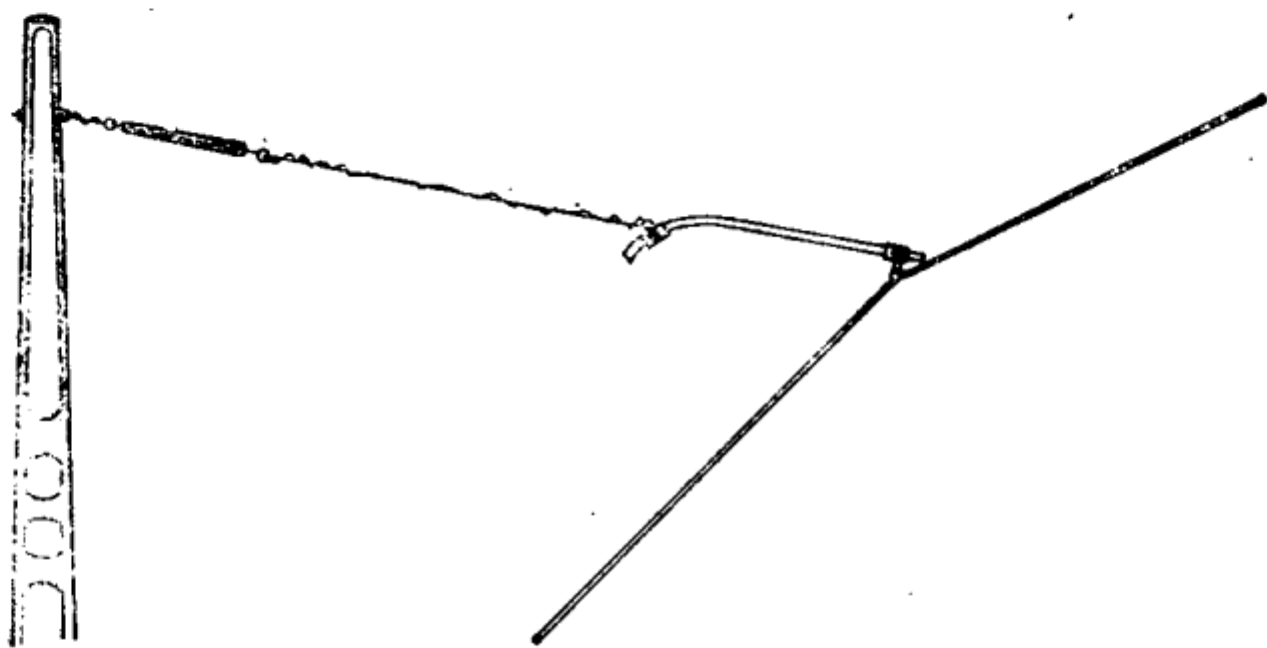


图 1—6 “单拉手”结构示意图

绝缘平腕臂由与绝缘腕臂同样型号的钢管和棒式绝缘子组装后通过底座固定在支柱上，端部和斜拉杆以套管绞环相连。拉杆在支柱顶部固定，并以悬式绝缘子串绝缘，前端装有调节板，以调整腕臂的水平度。接触线通过吊索悬挂在腕臂端部的吊索座中。

软横跨的横向承力索采用一根或两根GJ-70型钢绞线，上、下部定位绳均采用一根GJ-50型钢绞线。横向承力索和上、下部定位绳两端和支柱间均以X-4.5型绝缘子串绝缘。横向承力索的作用是担负接触悬挂的重量，承力索通过 $\phi 6.0$ mm圆钢制作的吊线（也有用三股 $\phi 4.0$ 铁线制作的）悬挂在横向承力索上。上、下部定位绳主要用以固定承力索和接触线的空间位置。在简单悬挂形式中，站场软横跨只有横向承力索和定位绳，接触线通过吊索及吊线悬挂在横向承力索上。

在采用硬横跨的站场上，接触网通过X-4.5型悬式绝缘子串悬挂在硬横梁上，定位绳用以固定接触线的空间位置。

“单拉手”利用曲线上接触线的水平方向的曲线张力和其自身重量的共同作用，在其合力的反方向，用一固定在支柱上的斜拉线及定位器将接触线拉住保持平衡，同时也就固定了接触线的空间位置。由于接触网高度、拉出值均有严格的规定，所以必须在其曲线张力有足够的数量时才能满足要求。一般说来这种装置在线路曲线半径小于400m时才有可能采用。“单拉手”结构简单、安装方便，但在设计及安装调整时需要较为精确的计算。

相对于链形悬挂和简单悬挂，隧道内和上承钢梁桥内的支撑装置也有两种结构形式。见图1—7和图1—8。

三、定位装置

绝缘腕臂定位装置是由固定在腕臂上的定位管和定位器

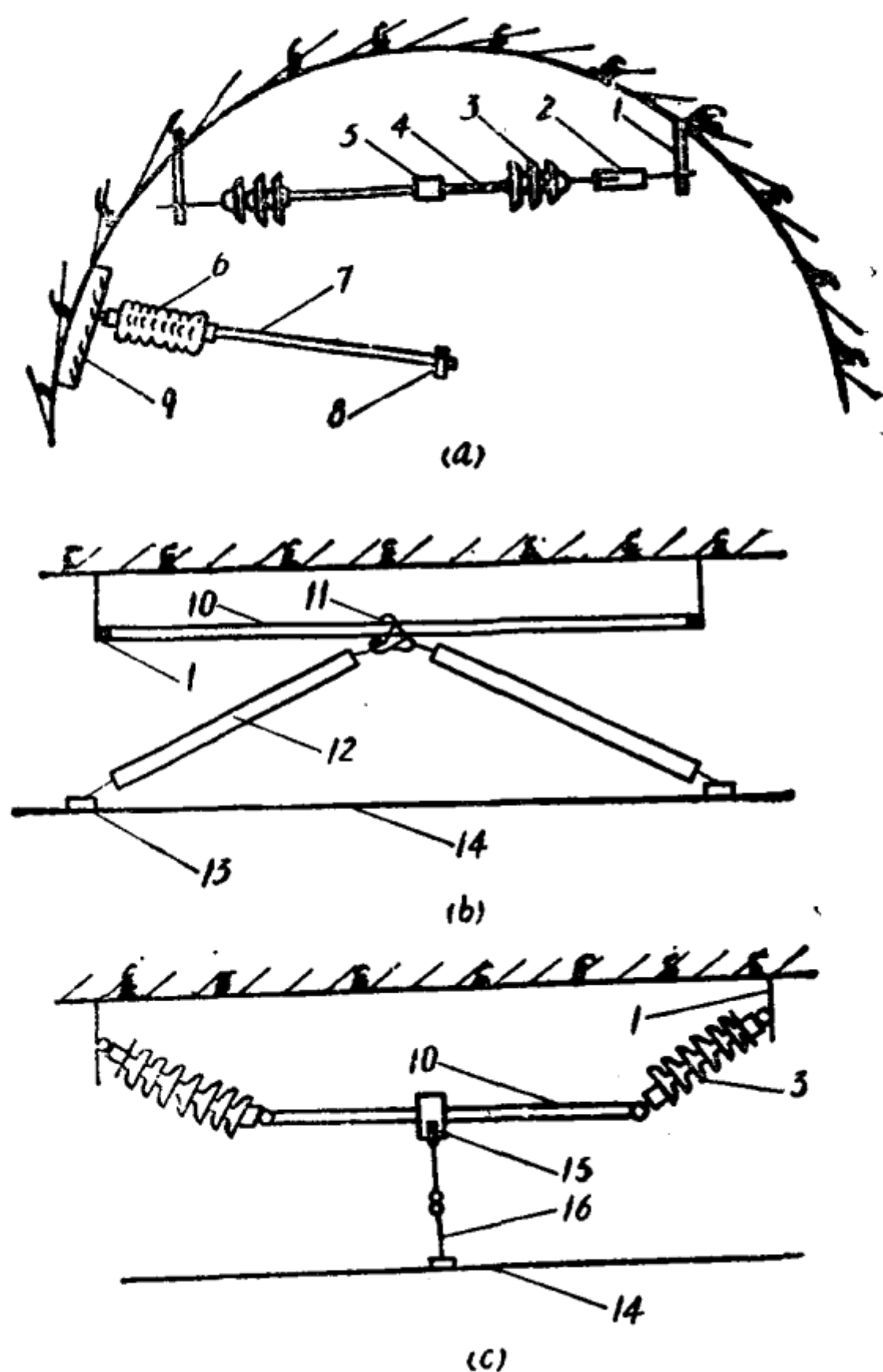


图 1—7 隧道内悬挂结构形式

(a)链形悬挂；(b)、(c)简单悬挂。

- 1 ——埋入杆件；2 ——调整螺丝；3 ——悬式绝缘子；4 ——承力杆；5 ——承力索板夹；6 ——棒式绝缘子；7 ——定位管；8 ——支持器定位线夹；9 ——齿座；10 ——滑动杆；11 ——云形板；12 ——E-01绝缘子；13 ——定位线夹；14 ——导线；15 ——夹环；16 ——吊弦。