

西南交通大学
本科毕业设计（论文）

西南交通大学本科生毕业论文（设计）LaTeX
模板的制作

Southwest Jiaotong University Undergraduate
Graduation Thesis (Design) LaTeX Template
Production

年 级：2077 级

学 号：2077114514

姓 名：张三

专 业：应用数学

指导教师：李四

二〇八〇年五月

摘 要

接触网是指通过集电装置（集电靴、受电弓等）向电力牵引单元提供电能的机电系统。接触网是电气化轨道交通的重要组成部分，是电气化轨道交通的标志性供电设施，是一种特殊的电力输电线路。接触网的特殊性在于接触网是集电装置的滑道，除应具备电力输电线路的全部特性和要求外，还与集电装置存在几何、电气、机械和材料匹配关系。我们组借助《接触网工程》等相关书籍对锚段长度、锚段张力、跨距、咽喉区等进行了计算，还对有载承力索的张力-温度曲线、有载·承力索弛度-温度曲线、接触线弛度温度曲线等图像进行了绘制，对缓和曲线接触线最大偏移值、支柱容量进行了校验，对软横跨进行了预制，并最终绘制出了渠县车站放图、站场和区间平面图、咽喉区放大图等。在完成课程设计的过程中，小组成员各司其职，都完成了自己的任务。使用了 AutoCAD 软件进行了图像的绘制，并进行了选型。考虑了实际情况与安全，留了裕量。

关键词：接触网设计; 图像绘制; autoCAD 软件

Abstract

Catenary network refers to an electromechanical system that provides electric energy to electric traction units through current collection devices (collector shoes, pantographs, etc.). The catenary is an important part of electrified rail transit, an iconic power supply facility for electrified rail transit, and a special power transmission line. The particularity of the catenary is that the catenary is the slideway of the current collecting device. In addition to having all the characteristics and requirements of the power transmission line, it also has a geometric, electrical, mechanical and material matching relationship with the current collecting device. Our group used relevant books such as "Cennel Engineering" to calculate the length of the anchor section, tension of the anchor section, span, throat area, etc., and also calculated the tension-temperature curve of the load-bearing cable and the relaxation of the load-bearing cable. The temperature-temperature curve, contact line relaxation temperature curve and other images were drawn, the maximum offset value of the relaxation curve contact line and the pillar capacity were verified, the soft span was prefabricated, and finally the Quxian station layout was drawn. Figures, station and section floor plans, enlarged views of the throat area, etc. In the process of completing the course design, the team members performed their duties and completed their tasks. AutoCAD software was used to draw images and select models. Taking into account the actual situation and safety, a margin was left.

Key words: Catenary design; image drawing; autoCAD software

目 录

摘要	I
Abstract	III
第一章 设计原始材料	1
1.1 设计任务书	1
1.2 设计原始资料	1
1.2.1 设计标准和依据	2
1.2.2 气象资料	2
1.2.3 线路资料	2
1.3 悬挂数据	2
1.4 土壤特性	3
第二章 接触网机械计算	5
2.1 负载计算	5
2.1.1 线索单位纯覆冰荷载	5
2.1.2 线索单位风荷载	6
2.1.3 接触悬挂的单位合成荷载	8
2.2 最大跨距计算	10
2.3 半补偿链形悬挂安装曲线计算	12
2.3.1 链型悬挂状态方程起始条件的确定	12
2.3.2 状态方程法计算接触线无弛度时承力索张力	13
2.3.3 有载承力索的张力-温度曲线	13
2.3.4 有载承力索的弛度-温度曲线	15
2.3.5 接触线的弛度-温度曲线	16
2.3.6 接触线的在悬挂点处的高度变化曲线	18
2.3.7 无载部分接触线无弛度时承力索张力	19
2.3.8 无载承力索的张力-温度曲线	19
2.3.9 无载承力索的弛度-温度曲线	21
2.4 半补偿链形悬挂锚段长度及张力增量曲线确定	21
2.4.1 计算条件	21

2.4.2	吊弦造成的张力增量	23
2.4.3	定位器造成的张力增量	23
2.4.4	直线区段张力差计算	24
第三章	站线接触网平面设计	25
3.1	接触网平面设计的基本要求	25
3.2	支柱布置	26
3.3	拉出值大小及方向的确定	27
3.4	锚段关节及锚段划分	27
3.5	咽喉区放大图	28
3.6	接触网分段	29
3.7	支柱编号及锚段标注	29
3.8	支柱侧面限界及型号选择	29
3.9	主要工程数量、设备、材料统计	32
3.10	拉出值大小及方向的确定	32
第四章	软横跨支柱容量校验	35
4.1	参数选取	35
4.2	最大负载的选择	35
4.3	覆冰时软横跨的垂直负载	35
4.3.1	纵向悬挂作用于软横跨的垂直负载	37
4.3.2	软横跨节点分布在各悬挂点的重量	37
4.3.3	软横跨自重分布在各悬挂点的重量	37
4.3.4	各悬挂点的总负载	38
4.4	覆冰时软横跨的水平负载	38
4.4.1	横向承力索张力	38
4.4.2	上部固定绳的水平张力	39
4.4.3	下部固定绳的水平张力	40
4.4.4	支柱风负载	40
4.5	软横跨支柱工作力矩计算与容量校验	40
总结		43

第一章 设计原始材料

1.1 设计任务书

- 1、依据《课程设计任务书》所给原始资料完成原始数据的计算与整理；
- 2、依据最大设计速度和相关标准，配置接触线和承力索的合理张力；
- 3、对于高速接触网（200km/h 以上）需验算接触悬挂的动态特性以及承力索和接触线的机械安全系数；
- 4、依据最大许可风偏值和速度等级所允许的跨中最大弹性确定最大许可跨距；
- 5、复制车站平面图（放图）；
- 6、划分锚段，验证锚段长度的合理性，绘出所给锚段的张力增量曲线；
- 7、平面设计
 1. 完成所给站场的接触网平面图；
 2. 绘出咽喉区部位放大图；
 3. 写出设计主要原则，重大技术问题的处理方法及方案比选；
 4. 绘出该站的供电分段图；
- 8、绘制各类安装曲线图；
- 9、验算一组软横跨的支柱容量；
- 10、预配一组软横跨或者腕臂柱支持和定位装置；
- 11、技术专题讨论，设计总结，各自写，不可相同。

1.2 设计原始资料

- 1、车站九平面图（初步设计）
- 2、悬挂类型：
 - 正线采用全补偿弹性链型悬挂：JTM-95+CTMH-120；
 - 站线采用半补偿弹性链型悬挂：JTM-95+CTMH-110；
 - 正线接触线、承力索张力：15kN、15kN；
 - 站线接触线、承力索张力：10kN、10kN；
 - 全线采用直供 + 回流线的供电方式，回流线与接触网同杆架设。
 - 回流线采用 LBGLJ185/25 绞线。
- 3、气象条件、污秽区划分
 - (1) 气象条件：第 VIII 气象区
 - (2) 污秽区划分：重污秽区
- 4、设计速度：120km/h
- 5、地质条件： $\gamma = 1.6t/m^3$ ， $\phi = 30^\circ$ ， $[R] = 100KP_a$ ，挖填方请参考初步设计图

6、其它条件及要求请参考《接触网作业指导书》。

1.2.1 设计标准和依据

- TB 10059-2015 铁路工程图形符号标准
- TB T2809-2017 电气化铁路用铜及铜合金接触线 (1)
- TBT3111-2017 电气化铁路用铜及铜合金绞线（附 2005 版对照）
- 高速铁路设计规范（TB10621-2014）

1.2.2 气象资料

- (1) 气象条件：第 VIII 气象区
- (2) 污秽区划分：重污秽区

表 1-1 第 VIII 气象分区气象参数表

	最高	最低	覆冰	最大风
大气温度 / °C	+40	-20	-5	-5
风速 / (m/s)			15	30
覆冰厚度 / mm	15			
覆冰密度 / (kg/m³)	900			

1.2.3 线路资料

车站九平面图（初步设计）

1.3 悬挂数据

接触网的结构高度是指在链型悬挂的定位点处，承力索的中心与接触线的中心之间的垂直距离。在本课程设计中，结构高度设定为 $h=1.6\text{m}$ 。对于接触悬挂线索，本设计中，在站线部分选用了 JT-95 型线索，其最大补偿张力为 $T_{cmax} = 1500\text{kg} = 15\text{kN}$ ；而站线接触线选用了 CT-110 型线索，其最大补偿张力为 $T_{jmax} = 1000\text{kg} = 10\text{kN}$ 。在正线部分，同样选用了 JT-95 型线索用于承力索，而正线接触线则选用了 CT-120 型线索，其最大补偿张力也为 $T_{jmax} = 1000\text{kg} = 10\text{kN}$ 。上述线索参数如 1-2 所示：

表 1-2 悬挂数据

线索型号	计算截面 / mm²	A±1%	B±1%	单位质量 / (kg · km-1)
CT-120	121	12.9	12.9	1082
CT110	111	12.34	12.34	992
线索型号	计算直径 / mm²			单位质量 / (kg · km-1)
JT95	12.5			849

1.4 土壤特性

接触网的支柱安置有填方和挖方两种方式。填方指的是支柱基础表面高于原地面时，从原地面填筑至支柱基础表面部分的土石体积；挖方指的是支柱基础表面低于原地面时，从原地面至支柱基础表面挖去部分的土石体积。土壤安息角是指松散沙土在自身重力作用下自然形成的与水平面的稳定夹角。土壤允许承压力与安息角对应关系如表所示。

表 1-3 土壤承压力与安息角对应表

允许承压力 /kpa	100	150	200	250	300
土壤安息角	17-20	30	35	40	40 以上

第二章 接触网机械计算

2.1 负载计算

由原始资料可知，站线和正线均采用 JT-95 型承力索。对于接触线，站线选用 CT-110 型接触线，正线选用 CT-120 型接触线。

查阅相关数据表可知 JT-95 承力索的单位自重为：

$$g_c = 0.849 \times 9.81 \times 10^{-3} = 8.33 \times 10^{-3} \text{ kN/m}$$

CT-110 接触线的单位自重为：

$$g_{j110} = 0.992 \times 9.81 \times 10^{-3} = 9.73 \times 10^{-3} \text{ kN/m}$$

CT-120 接触线的单位自重为：

$$g_{j120} = 1.082 \times 9.81 \times 10^{-3} = 10.61 \times 10^{-3} \text{ kN/m}$$

根据经验，吊弦及吊弦线夹的单位自重取为：

$$g_d = 0.5 \times 10^{-3} \text{ kN/m}$$

2.1.1 线索单位纯覆冰荷载

(1) 承力索单位纯覆冰荷载：

承力索的单位纯覆冰荷载计算式为：

$$g_{cb} = \pi \gamma_b b(b + d) g_H \times 10^{-9}$$

上式中， g_{cb} 为承力索的单位纯冰重量， kN/m ； b 为承力索标准覆冰厚度， mm ； d 为承力索标称直径， mm ； g_H 为重力加速度，取为 9.81 m/s^2 ； γ_b 为覆冰密度，取为 900 kg/m^3 。

由原始资料可知，气象区 VIII 的标准覆冰厚度为 10 mm ，JT-95 承力索的标称直径为 12.5 mm ，计算可得 JT-95 承力索单位纯覆冰荷载为：

$$g_{cb} = \pi \gamma_b b(b + d) g_H \times 10^{-9}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3.14 \times 900 \times 10 \times (10 + 12.5) \times 9.81 \times 10^{-9} \\
 &= 6.24 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

(2) 接触线单位纯覆冰荷载:

接触线的单位纯覆冰荷载计算式为:

$$g_{jb} = \pi \gamma_b \frac{b}{2} \left(\frac{b}{2} + \frac{A+B}{2} \right) g_H \times 10^{-9}$$

上式中, g_{jb} 为接触线的单位纯冰重量, kN/m ; A、B 为接触线横断面的高度和宽度, mm ; 其余符号的物理意义与承力索单位纯覆冰荷载计算式相同。由原始资料可知, CT-120 的接触线横断面的高度和宽度分别为 12.9mm 和 12.9mm, CT-110 的接触线横断面的高度和宽度均为 12.34mm。因此, 对于站线, CT-110 接触线单位纯覆冰荷载为:

$$\begin{aligned}
 g_{jb110} &= \pi \gamma_b \frac{b}{2} \left(\frac{b}{2} + \frac{A+B}{2} \right) g_H \times 10^{-9} \\
 &= 3.14 \times 900 \times 5 \times \left(5 + \frac{12.34 + 12.34}{2} \right) \times 9.81 \times 10^{-9} \\
 &= 2.405 \times 10^{-3} kN/m
 \end{aligned}$$

对于正线, CT-120 接触线单位纯覆冰荷载为:

$$\begin{aligned}
 g_{jb120} &= \pi \gamma_b \frac{b}{2} \left(\frac{b}{2} + \frac{A+B}{2} \right) g_H \times 10^{-9} \\
 &= 3.14 \times 900 \times 5 \times \left(5 + \frac{12.9 + 12.9}{2} \right) \times 9.81 \times 10^{-9} \\
 &= 2.48 \times 10^{-3} kN/m
 \end{aligned}$$

2.1.2 线索单位风荷载

根据风荷载基本计算式推算得出单根架空导线的单位风荷载计算式为:

$$P = 0.625 \alpha k \mu_z d \cdot v^2 \times 10^{-6}$$

上式中, α 为风压不均匀系数; k 为风载体型系数, 取为 1.25; μ_z 为风压高度变化系数, 取为 1; d 为线索直径, mm ; v 为设计风速, m/s 。

依据 1998 年的版本及以后的《铁路电力牵引供电设计规范》, 中国接触网设计已不再考虑风压不均匀的修正问题, 因为风压不均匀程度与跨距大小有关, 跨距越大, 沿跨距的风压就越不均匀。中国接触网的最大跨距不超过 65m, 若按架空电力线路的标准考虑风压不均匀修正显然是不合理的。因此风压不均匀系数 α 取为 1。

(1) 最大风时的单位风荷载:

根据以上推算，最大风时的单位风荷载计算式为：

$$P_v = 0.625kd \cdot v^2 \times 10^{-6}$$

对于接触线， $d = \frac{A+B}{2}$ 。

由原始资料可知，气象区 VIII 的最大风速为 $30m/s$ ，以该最大风速作为最大风时单位风荷载计算的设计风速。

对于 JT-95 承力索，其最大风时单位风荷载为：

$$\begin{aligned} P_{cv} &= 0.625kd_c \cdot v_{\max}^2 \times 10^{-6} \\ &= 0.625 \times 1.25 \times 12.5 \times 30^2 \times 10^{-6} \\ &= 8.79 \times 10^{-3} \text{kN/m} \end{aligned}$$

对于站线 CT-110 接触线，其最大风时单位风荷载为：

$$\begin{aligned} P_{jv110} &= 0.625k \frac{A+B}{2} \cdot v_{\max}^2 \times 10^{-6} \\ &= 0.625 \times 1.25 \times \frac{12.34 + 12.34}{2} \times 30^2 \times 10^{-6} \\ &= 8.68 \times 10^{-3} \text{kN/m} \end{aligned}$$

对于正线 CT-120 接触线，其最大风时单位风荷载为：

$$\begin{aligned} P_{jv120} &= 0.625k \frac{A+B}{2} \cdot v_{\max}^2 \times 10^{-6} \\ &= 0.625 \times 1.25 \times \frac{12.9 + 12.9}{2} \times 30^2 \times 10^{-6} \\ &= 9.07 \times 10^{-3} \text{kN/m} \end{aligned}$$

(2) 覆冰时的单位风荷载：

覆冰条件下计算单位风荷载，应考虑覆冰厚度，因此计算式被修正为：

$$P_b = 0.625k(d + 2d) \cdot v^2 \times 10^{-6}$$

同样地，对于接触线， $d = \frac{A+B}{2}$ 。

由原始资料可知，气象区 VIII 的覆冰风速为 $15m/s$ ，以覆冰风速作为覆冰时单位风荷载计算的设计风速。

对于 JT-95 承力索，其覆冰时单位风荷载为：

$$\begin{aligned} P_{cb} &= 0.625k(d_c + 2b) \cdot v_b^2 \times 10^{-6} \\ &= 0.625 \times 1.25 \times (12.5 + 2 \times 10) \times 15^2 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$= 2.54 \times 10^{-3} \text{kN/m}$$

对于站线 CT-110 接触线，其覆冰风时单位风荷载为：

$$\begin{aligned} P_{j_{bv110}} &= 0.625k \left(\frac{A+B}{2} + 2b \right) \cdot v_b^2 \times 10^{-6} \\ &= 0.625 \times 1.25 \times \left(\frac{12.34 + 12.34}{2} + 2 \times 10 \right) \times 15^2 \times 10^{-6} \\ &= 2.53 \times 10^{-3} \text{kN/m} \end{aligned}$$

对于正线 CT-120 接触线，其覆冰风时单位风荷载为：

$$\begin{aligned} P_{j_{bv120}} &= 0.625k \left(\frac{A+B}{2} + 2b \right) \cdot v_b^2 \times 10^{-6} \\ &= 0.625 \times 1.25 \times \left(\frac{12.9 + 12.9}{2} + 2 \times 10 \right) \times 15^2 \times 10^{-6} \\ &= 2.57 \times 10^{-3} \text{kN/m} \end{aligned}$$

2.1.3 接触悬挂的单位合成荷载

单位合成荷载是单位垂直荷载和单位水平荷载的矢量和。

(1) 无冰无风时的合成荷载：

无冰无风时的合成荷载为承力索、接触线和吊弦的自重之和，其计算式为：

$$q_0 = g_c + g_j + g_d$$

对于站线而言，其采用 CT-110 接触线及 JT-95 承力索，无冰无风时的合成荷载为：

$$\begin{aligned} q_0 &= g_c + g_{j110} + g_d \\ &= (8.33 + 9.73 + 0.5) \times 10^{-3} \\ &= 18.56 \times 10^{-3} \text{kN/m} \end{aligned}$$

对于正线而言，其采用 CT-120 接触线及 JT-95 承力索，无冰无风时的合成荷载为：

$$\begin{aligned} q_0 &= g_c + g_{j120} + g_d \\ &= (8.33 + 10.61 + 0.5) \times 10^{-3} \\ &= 19.44 \times 10^{-3} \text{kN/m} \end{aligned}$$

(2) 最大风时的合成荷载：

最大风时的合成荷载为无冰无风时合成荷载与最大风时承力索风负载的矢量和，其计算式为：

$$q_{v \max} = \sqrt{q_0^2 + P_{cv}^2}$$

对于站线而言，其最大风时的合成荷载为：

$$\begin{aligned} q_{v \max} &= \sqrt{q_0^2 + P_{cv}^2} \\ &= \sqrt{18.56^2 + 9.78^2} \times 10^{-3} \\ &= 20.98 \times 10^{-3} kN/m \end{aligned}$$

合成荷载对铅垂线间的夹角为：

$$\begin{aligned} \varphi &= \arctan \frac{P_{cv}}{q_0} \\ &= \arctan \frac{8.79 \times 10^{-3}}{18.56 \times 10^{-3}} \\ &= 6.38^\circ \end{aligned}$$

对于正线而言，其最大风时的合成荷载为：

$$\begin{aligned} q_{v \max} &= \sqrt{q_0^2 + P_{cv}^2} \\ &= \sqrt{19.44^2 + 9.78^2} \times 10^{-3} \\ &= 21.78 \times 10^{-3} kN/m \end{aligned}$$

合成荷载对铅垂线间的夹角为：

$$\begin{aligned} \varphi &= \arctan \frac{P_{cv}}{q_0} \\ &= \arctan \frac{8.79 \times 10^{-3}}{9.44 \times 10^{-3}} \\ &= 6.31^\circ \end{aligned}$$

(3) 覆冰时的合成荷载：

覆冰时的合成荷载为接触线和承力索的覆冰重量与覆冰时承力索风负载的矢量和，其计算式为：

$$q_b = \sqrt{(q_0 + g_{cb} + g_{jb})^2 + P_{cb}^2}$$

对于站线而言，其最大风时的合成荷载为：

$$q_b = \sqrt{(q_0 + g_{cb} + g_{jb110})^2 + P_{cv}^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(18.56 + 6.24 + 2.405)^2 + 8.79^2} \times 10^{-3} \\
 &= 28.59 \times 10^{-3} kN/m
 \end{aligned}$$

合成荷载对铅垂线间的夹角为：

$$\begin{aligned}
 \varphi &= \arctan \frac{P_{cb}}{q_0 + g_{cb} + g_{jb110}} \\
 &= \arctan \frac{2.54 \times 10^{-3}}{(18.56 + 6.24 + 2.405) \times 10^{-3}} \\
 &= 5.33^\circ
 \end{aligned}$$

对于正线而言，其最大风时的合成荷载为：

$$\begin{aligned}
 q_b &= \sqrt{(q_0 + g_{cb} + g_{jb120})^2 + P_{cv}^2} \\
 &= \sqrt{(19.44 + 6.24 + 2.48)^2 + 8.79^2} \times 10^{-3} \\
 &= 29.5 \times 10^{-3} kN/mn
 \end{aligned}$$

合成荷载对铅垂线间的夹角为：

$$\begin{aligned}
 \varphi &= \arctan \frac{P_{cb}}{q_0 + g_{cb} + g_{jb120}} \\
 &= \arctan \frac{2.54 \times 10^{-3}}{(19.44 + 6.24 + 2.48) \times 10^{-3}} \\
 &= 5.15^\circ
 \end{aligned}$$

将上述合成负载计算结果进行整理，如 2-1 所示：

表 2-1 负载计算结果 (单位： $\times 10^{-3} kN/m$)

	无风无冰时	最大风时	覆冰时
站线接触线	9.73	9.07	2.405
正线接触线	10.61	8.68	2.48
承力索	8.33	8.79	6.24
站线合成负载	18.56	20.98	28.59
正线合成负载	19.44	21.78	29.5

2.2 最大跨距计算

为使受电弓运行平稳，接触悬挂必须要有均匀弹性，也就是说接触悬挂的弹性大小和均匀程度是确定最大许用跨距必须考虑的重要因素。

中国对链型悬挂风偏移的计算方法有当量理论法和平均法，本文采用当量理论法进行相关计算。链型悬挂的风偏移的“当量理论算法”是将链型悬挂中的接触线和承力索，以及联系它们的吊弦看成一个整体，利用简单悬挂风偏移计算公式对链型悬挂风偏移进行计算的一种简便方法。该方法只在简单悬挂风荷载前乘以一个小于1的当量系数 m ，便可得到链型悬挂风偏移计算式。 m 的取值于线材的物理特性有关，本文使用铜接触线的 $m=0.9$ 。

下面给出各种条件下链型悬挂的最大许用跨距计算式。

(1) 直线区段：

直线区段链型悬挂的最大许用跨距为：

$$I_{max} = 2\sqrt{\frac{T_j}{mP_{jv}}[b_{jmax} - r_j + \sqrt{(b_{jmax} - r_j)^2 - a^2}]}$$

上式中， b_{jmax} 为接触线的最大风偏移值，直线区段取为 0.5m； P_{jv} 为接触线单位风荷载，根据 2-1 中的计算结果可知站线最大风时接触线风荷载为 $P_{jv85} = 7.580 \times 10^{-3} kN/m$ ，正线最大风时接触线风荷载为 $P_{jv110} = 6.677 \times 10^{-3} kN/m$ ； T_j 为接触线张力，由原始数据得 $T_j = 10kN$ ； a 为两定位点的拉出值，直线区段取为 0.3m； r_j 为接触线水平面内支柱挠度，取为 0.02m。

(2) 曲线区段链型悬挂的最大许用跨距为：

$$l_{max} = 2\sqrt{\frac{2T_j}{mP_{jv} + \frac{T_j}{R}}[b_{jmax} - r_j + a]}$$

上式中各符号物理意义与直线区段计算式类似，其中最大风偏移 b_{jmax} 取 0.45m； R 为曲线区段曲率半径，m。

曲线区段拉出值选用表如 2-2 所示。根据上述计算公式代入已知数据，可得到最

表 2-2 曲线区段拉出值选用表

曲线半径 (m)	$300 \leq R \leq 1200$	$1200 \leq R \leq 1800$	$R \geq 1800$
拉出值 a (mm)	400	250	150

大跨距计算结果如 2-2 所示。

表 2-3 跨距最大值、取用值计算结果

曲线半径 / m	站线					正线			
	直线	300	400	500	600	直线	800	1500	2000
最大跨距计算值 / m	70.79	40.66	45.68	49.76	53.17	66.17	57.18	61.30	60.19
最大跨距取用值 / m	65	35	40	45	50	60	50	55	55

2.3 半补偿链形悬挂安装曲线计算

2.3.1 链型悬挂状态方程起始条件的确定

由原始资料可得, $t_{max}=+40^{\circ}\text{C}$, $t_{min}=-20^{\circ}\text{C}$, 接触线无弛度时温度为:

$$\begin{aligned} t_0 &= \frac{t_{max} + t_{min}}{2} - 10 \\ &= \frac{40 - 20}{2} - 10 \\ &= 0^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

链型悬挂结构系数为:

$$\varphi = \frac{(l_D - e)^2}{l_D^2}$$

上式中, 取当量跨距 $l_D = 60\text{m}$, $e = 4\text{m}$ 。代入计算得结构系数 $\varphi = 0.751$ 。对于 JT-95 型承力索, 其线胀系数为 $\alpha = 17 \times 10^{-6} \text{m}/^{\circ}\text{C}$, 悬挂线索弹性模量为 $E = 105\text{GPa}$, 悬挂线索横截面积为 $S = 65.81\text{mm}^2$, 铜承力索材料特性经验系数为 $\eta = 0.75$ 。由于链型悬挂增加了一根或多根承力索, 与简单悬挂相比, 其单位荷载增大许多, 所以引入临界荷载作为链型悬挂状态方程起始条件的判据。临界荷载是指链型悬挂线索即将产生最大张力时的合成荷载, 最大张力既可出现在最大覆冰时, 也可出现在最低温度时。临界负载计算式如下:

$$q_{lj} = -q_0 \frac{\varphi T_1}{T_{c0}} + \sqrt{\frac{24aZ_{\max}^2(t_b - t_{mn})}{l_D^2} + W_{t_{\min}}^2}$$

根据临界荷载定义, 取最低温度为起始状态, 最大覆冰为代求状态, 即取 $t_1 = t_{min} = -40^{\circ}\text{C}$ 。

根据经验法估算接触线无弛度时承力索张力 T_{c0} , 计算式结果如下:

$$\begin{aligned} T_{c0} &= \eta T_{cmax} \\ &= 0.75 \times 15 \\ &= 11.25\text{kN} \end{aligned}$$

接触网最大张力为:

$$\begin{aligned} Z_{\max} &= T_{c\max} + \varphi T_j \\ &= 15 + 0.751 \times 15 \\ &= 22.51\text{kN} \end{aligned}$$

最小温度下接触网单位长度荷载为：

$$\begin{aligned} W_{t_{\min}} &= q_0 + q_0 \frac{\varphi T_j}{T_{c0}} \\ &= \left(13.91 + 13.91 \times \frac{0.751 \times 10}{11.25} \right) \times 10^{-3} \\ &= 23.2 \times 10^{-3} kN/m \end{aligned}$$

将以上条件的计算结果代入临界荷载计算式，最终得到临界荷载计算结果为： $q_{lj} = 41.19 \times 10^{-3} kN/m$ 。

由前文可知，站线接触悬挂的最大单位合成荷载为 $q_{max} = q_b = 21.91 \times 10^{-3} kN/m$ ，故有 $q_{lj} > q_{max}$ ，从而选取 $t_{min} = -40^\circ C$ 状态作为起始状态。

2.3.2 状态方程法计算接触线无弛度时承力索张力

通过上述内容已选定最低温度作为起始条件，整理得到关于 T_{c0} 的三次方程如下：

$$T_{c0}^3 + AT_{c0}^2 + BT_{c0} + C = 0$$

其中，

$$\begin{cases} A = a = \alpha ES (t_0 - t_1) + \frac{q_1^2 l_D^2 ES}{24 (T_{c\max} + \varphi T_j)^2} - T_{c\max} \\ B = \frac{q_1 q_0 \varphi T_j l_D^2 ES}{12 (T_{c\max} + \varphi T_j)^2} \\ C = \frac{q_0^2 l_D^2 ES}{24} \left[\frac{\varphi^2 T_j^2}{(T_{c\max} + \varphi T_j)^2} - 1 \right] \end{cases}$$

将已知条件代入上式可得 $A = -11.08$ ， $B = 5.95$ ， $C = -178.23$ ，进而利用 MATLAB 计算该关于 T_{c0} 的三次方程可得 $T_{c0} = 11.85 kN$ 。该结果相比前述经验法的计算结果更为准确。

2.3.3 有承载力索的张力-温度曲线

有承载力索张力-温度曲线计算式为：

$$t_x = [t_1 - \frac{W_1^2 l_D^2}{24 \alpha ES} + \frac{Z_1}{\alpha ES}] + \frac{W_x^2 l_D^2}{24 \alpha ES} - \frac{Z_x}{\alpha ES}$$

上式中，任意温度时接触悬挂荷载为：

$$\begin{aligned} W_x &= q_0 + q_0 \frac{\varphi T_j}{T_{c0}} \\ &= \left(13.91 + 13.91 \times \frac{0.751 \times 10}{11.84} \right) \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$= 22.73 \times 10^{-3} kN/m$$

任意温度时线索张力为：

$$\begin{aligned} Z_x &= T_{cx} + \varphi T_j \\ &= T_{cx} + 7.51 kN \end{aligned}$$

起始状态下接触悬挂荷载为：

$$\begin{aligned} Z_1 &= T_{c\max} + \varphi T_j \\ &= 15 + 0.751 \times 10 \\ &= 22.51 kN \end{aligned}$$

利用 MATLAB 编程求解得到不同温度下有承载力索张力大小，如2-4所示：利用 MAT-

表 2-4 有承载力索张力-温度曲线表

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
T_{cx} / kN	15.84	15.3	14.76	14.23	13.7	13.17	12.65	12.13	11.62
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
T_{cx} / kN	11.12	10.61	10.12	9.63	9.15	8.68	8.21	7.76	

LAB 对有承载力索张力-温度曲线进行作图，得到如图 2-1 所示关系曲线。

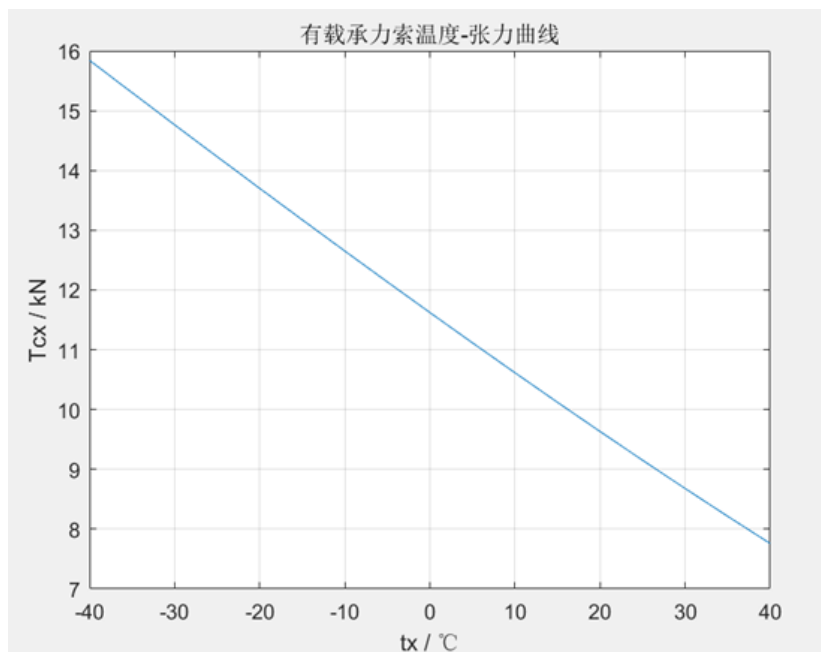


图 2-1 有承载力索张力-温度曲线

2.3.4 有承载力索的弛度-温度曲线

有承载力索的弛度 F_x 与张力 T_{cx} 存在如下关系：

$$F_x = \frac{W_x l_i^2}{8Z_x}$$

上式中， l_i 表示不同的跨距值，本文中计算跨距分别为 35m、40m、45m、50m、55m、60m、65m 七种情况下的弛度-温度关系曲线。

分别将上述跨距值代入计算式，利用 MATLAB 可计算不同跨距下有承载力索的弛度-温度关系，如所示：

表 2-5 有承载力索弛度-温度曲线表（跨距为 $li=35m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
Fx / m	0.149	0.153	0.156	0.16	0.164	0.168	0.173	0.177	0.182
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
Fx / m	0.187	0.192	0.197	0.203	0.209	0.215	0.221	0.228	

表 2-6 有承载力索弛度-温度曲线表（跨距为 $li=40m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
Fx / m	0.195	0.199	0.204	0.209	0.214	0.22	0.225	0.231	0.238
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
Fx / m	0.244	0.251	0.258	0.265	0.273	0.281	0.289	0.298	

表 2-7 有承载力索弛度-温度曲线表（跨距为 $li=45m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
Fx / m	0.246	0.252	0.258	0.265	0.271	0.278	0.285	0.293	0.301
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
Fx / m	0.309	0.317	0.326	0.336	0.345	0.355	0.366	0.377	

表 2-8 有承载力索弛度-温度曲线表（跨距为 $li=50m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
Fx / m	0.304	0.311	0.319	0.327	0.335	0.343	0.352	0.362	0.371
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
Fx / m	0.381	0.392	0.403	0.414	0.426	0.439	0.452	0.465	

表 2-9 有承载力索弛度-温度曲线表（跨距为 $l_i=55m$ ）

$t_x / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
F_x / m	0.368	0.377	0.386	0.395	0.405	0.416	0.426	0.438	0.449
$t_x / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
F_x / m	0.461	0.474	0.488	0.501	0.516	0.531	0.547	0.563	

表 2-10 有承载力索弛度-温度曲线表（跨距为 $l_i=60m$ ）

$t_x / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
F_x / m	0.438	0.448	0.459	0.471	0.482	0.495	0.507	0.521	0.535
$t_x / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
F_x / m	0.549	0.564	0.58	0.597	0.614	0.632	0.651	0.67	

表 2-11 有承载力索弛度-温度曲线表（跨距为 $l_i=65m$ ）

$t_x / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
F_x / m	0.514	0.526	0.539	0.552	0.566	0.58	0.595	0.611	0.627
$t_x / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
F_x / m	0.644	0.662	0.681	0.7	0.72	0.742	0.763	0.786	

利用 MATLAB 对有承载力索弛度-温度曲线进行作图，得到如2-2所示关系曲线。

2.3.5 接触线的弛度-温度曲线

接触线的弛度 f_x 与结构系数 ϕ 、有承载力索的弛度 F_x 、计算跨距 l_i 存在如下关系：

$$f_x = \varphi(F_x - F_0)$$

其中，

$$\begin{aligned}
 F_0 &= \frac{q_0 l_i^2}{8T_{c0}} \\
 &= \frac{13.91 \times 10^{-3} \times l_i^2}{8 \times 11.85} \\
 &= 1.47 \times 10^{-4} l_i^2
 \end{aligned}$$

上式中，计算跨距 l_i 分别取为 35m、40m、45m、50m、55m、60m、65m 七种情况下的弛度-温度关系曲线。

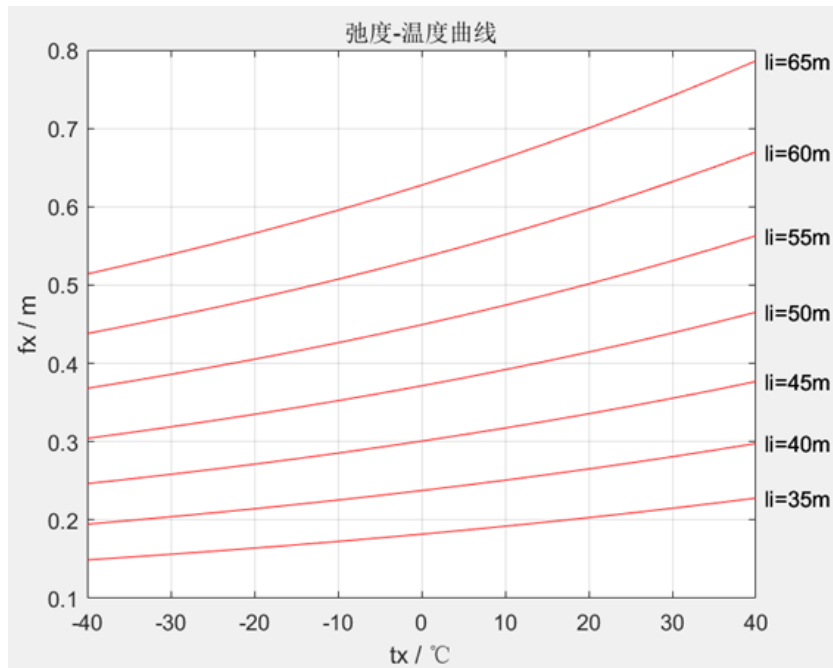


图 2-2 有载承力索弛度-温度曲线

利用 MATLAB 对接触线弛度-温度曲线进行作图，得到如2-3所示关系曲线。

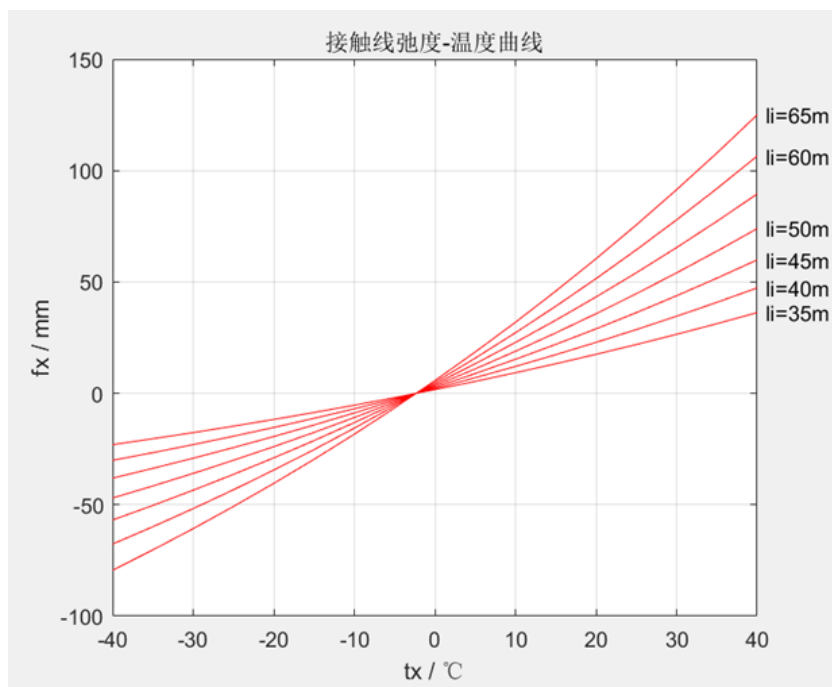


图 2-3 接触线弛度-温度曲线

2.3.6 接触线在悬挂点处的高度变化曲线

接触线在悬挂点处的高度变化 Δh_x 与结构系数 ϕ 、有载承力索的弛度 F_x 、计算跨距 l_i 存在如下关系：

$$\Delta h_x = (1 - \phi)(F_x - F_0)$$

其中，根据前文可得 $F_0 = 1.47 \times 10^{-4} l_i^2$ 。分别取计算跨距 l_i 为 35m、40m、45m、50m、55m、60m、65m 代入计算式，利用 MATLAB 可计算不同跨距下接触线在悬挂点处变化高度-温度关系，如所示：

表 2-12 接触线在悬挂点处变化高度-温度曲线表（跨距为 $l_i=35m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
fx / mm	-7.63	-6.75	-5.84	-4.88	-3.89	-2.85	-1.76	-0.63	0.55
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
fx / mm	1.78	3.07	4.41	5.81	7.27	8.79	10.37	12.02	

表 2-13 接触线在悬挂点处变化高度-温度曲线表（跨距为 $l_i=40m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
fx / mm	-9.97	-8.82	-7.62	-6.38	-5.07	-3.72	-2.3	-0.82	0.72
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
fx / mm	2.33	4.01	5.76	7.59	9.49	11.48	13.54	15.69	

表 2-14 接触线在悬挂点处变化高度-温度曲线表（跨距为 $l_i=45m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
fx / mm	-12.62	-11.16	-9.65	-8.07	-6.42	-4.71	-2.91	-1.04	0.91
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
fx / mm	2.95	5.07	7.29	9.6	12.01	14.53	17.14	19.86	

表 2-15 接触线在悬挂点处变化高度-温度曲线表（跨距为 $l_i=50m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
fx / mm	-15.58	-13.78	-11.91	-9.96	-7.93	-5.81	-3.6	-1.29	1.12
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
fx / mm	3.64	6.26	9	11.85	14.83	17.93	21.16	24.52	

表 2-16 接触线在悬挂点处变化高度-温度曲线表（跨距为 $li=55m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
fx / mm	-18.85	-16.68	-14.41	-12.05	-9.59	-7.03	-4.35	-1.56	1.36
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
fx / mm	4.4	7.58	10.89	14.34	17.95	21.7	25.61	29.67	

表 2-17 接触线在悬挂点处变化高度-温度曲线表（跨距为 $li=60m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
fx / mm	-22.43	-19.85	-17.15	-14.35	-11.42	-8.36	-5.18	-1.85	1.62
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
fx / mm	5.24	9.02	12.96	17.07	21.36	25.82	30.47	35.31	

表 2-18 接触线在悬挂点处变化高度-温度曲线表（跨距为 $li=65m$ ）

$tx / ^\circ C$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
fx / mm	-26.32	-23.29	-20.13	-16.84	-13.4	-9.82	-6.08	-2.17	1.9
$tx / ^\circ C$	5	10	15	20	25	30	35	40	
fx / mm	6.15	10.58	15.21	20.03	25.07	30.31	35.76	41.44	

利用 MATLAB 对接触线在悬挂点处变化高度-温度曲线进行作图，得到如2-4所示关系曲线。

2.3.7 无载部分接触线无弛度时承力索张力

无载部分接触线无弛度时承力索张力 T_{cw0} 与有载部分接触线无弛度时承力索张力 T_{c0} 存在如下关系：

$$T_{cw0} - \frac{g_c^2 l_D^2 ES}{24T_{cw0}^2} = T_{c0} - \frac{q_0^2 l_D^2 ES}{24T_{c0}^2}$$

由前文可得 $g_c = 5.876 \times 10^{-3} kN/m$ ，计算得到的 $T_{c0} = 11.85 kN$ ，利用 MATLAB 求解得到无载部分接触线无弛度时承力索张力 $T_{cw0} = 10.73 kN$ 。

2.3.8 无载承力索的张力-温度曲线

无载承力索张力-温度曲线计算式为：

$$t_x = [t_0 - \frac{g_c^2 l_D^2}{24\alpha T_{cw0}^2} + \frac{T_{cw0}}{\alpha ES}] + \frac{g_c^2 l_D^2}{24\alpha T_{cw x}^2} - \frac{T_{cw x}}{\alpha ES}$$

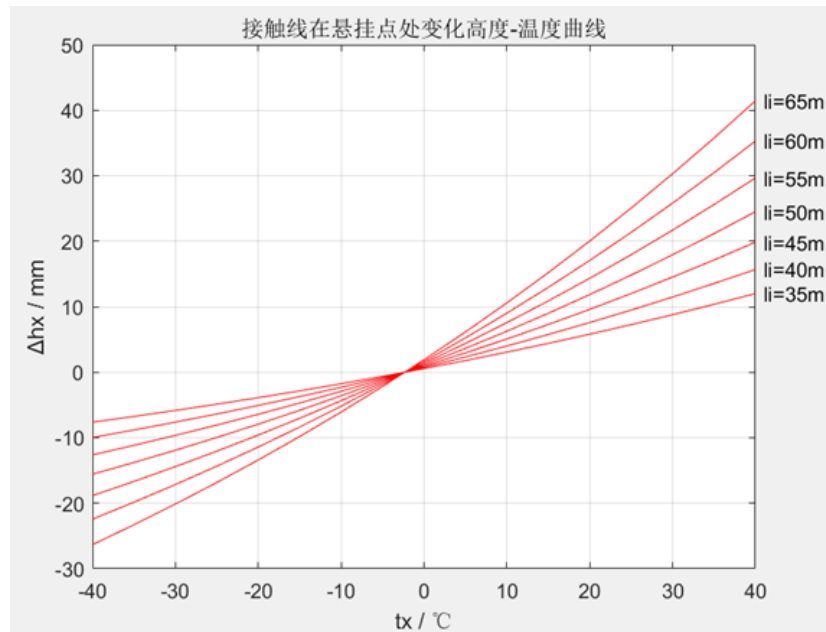


图 2-4 接触线在悬挂点处变化高度-温度曲线

上式中 T_{cw0} 为无承载力索在温度 t_0 时的张力, 可得 $T_{cw0} = 10.73\text{kN}$; T_{cwx} 为无承载力索在任意温度时的张力, kN ; g_c 为无承载力索的单位荷载, 可得 $g_c = 5.876 \times 10^{-3}\text{kN/m}$; 承载力索线胀系数为 $\alpha = 17 \times 10^{-6}\text{m}/^\circ\text{C}$; 悬挂线索弹性模量为 $E = 105\text{GPa}$; 悬挂线索横截面积为 $S = 65.81\text{mm}^2$ 。利用 MATLAB 编程求解得到不同温度下无承载力索张力大小, 如2-19所示: 利用 MATLAB 对有承载力索张力-温度曲线进行作图, 得到

表 2-19 无承载力索张力-温度曲线表

$tx / ^\circ\text{C}$	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
T_{cx} / kN	14.12	12.98	11.88	10.73	9.63	8.56	7.53	6.55	5.66

如2-5所示关系曲线。

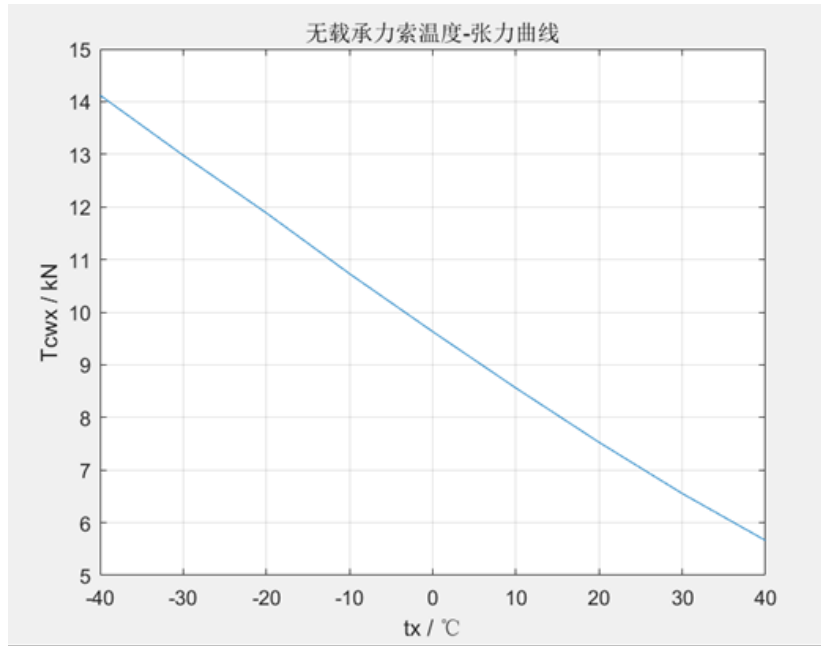


图 2-5 无承载力索张力-温度曲线

2.3.9 无承载力索的弛度-温度曲线

无承载力索的弛度 F_{wx} 与张力 T_{cwx} 存在如下关系：

$$F_{wx} = \frac{g_c l_i^2}{8T_{cwx}}$$

上式中，计算跨距 l_i 分别取为 35m、40m、45m、50m、55m、60m、65m 七种情况下的弛度-温度关系曲线。

分别将上述跨距值代入计算式，利用 MATLAB 可计算不同跨距下无承载力索的弛度-温度关系，如表 2-9 所示：

利用 MATLAB 对无承载力索弛度-温度曲线进行作图，得到 2-6 所示关系曲线。

2.4 半补偿链形悬挂锚段长度及张力增量曲线确定

2.4.1 计算条件

工程设计中规定在计算极限温度下，中心锚结处补偿器张力差值 $\Delta T \leq \pm 15\%T_j$ 。其中， T_j 代表接触线在补偿器处的张力。

对于 JT-95 型承力索，其线胀系数为 $\alpha_c = 17 \times 10^{-6} \text{m}/^\circ\text{C}$ ，弹性模量为 $E_c = 105 \text{GPa}$ ；悬挂线索横截面积为 $S_c = 65.81 \text{mm}^2$ ；而对于站线接触线，其选用 CT-110 型线索，该线索线胀系数为 $\alpha_j = 17 \times 10^{-6} \text{m}/^\circ\text{C}$ ，弹性模量为 $E_j = 120 \text{GPa}$ ；悬挂线索横截面积为 $S_c = 86 \text{mm}^2$ 。

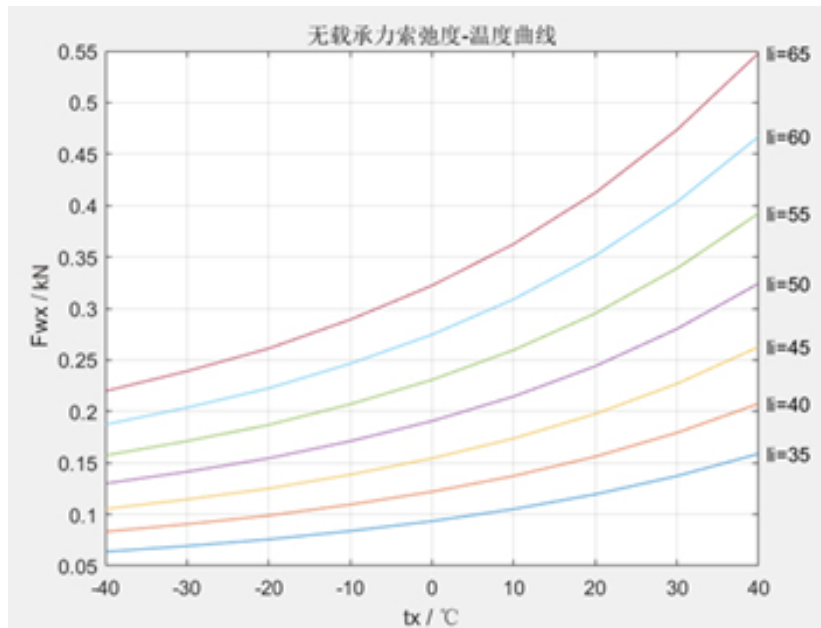


图 2-6 无载承力索弛度-温度曲线

吊弦及定位器处于正常位置时的温度为：

$$\begin{aligned}
 t_d &= \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} \\
 &= \frac{40 - 40}{2} \\
 &= 0^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

根据上式可知温差为 $|\Delta t_1| = |\Delta t_2| = 40^{\circ}\text{C}$ ；由原始资料可知，结构高度取为 $h = 1.6\text{m}$ 。

接触线无弛度时承力索弛度为：

$$\begin{aligned}
 F_0 &= \frac{q_0 l_D^2}{8T_{c0}} \\
 &= \frac{13.91 \times 10^{-3} \times 60^2}{8 \times 11.85} \\
 &= 0.528\text{m}
 \end{aligned}$$

吊弦平均长度为：

$$\begin{aligned}
 C &= h - \frac{2}{3}F_0 \\
 &= 1.6 - \frac{2}{3} \times 0.528 \\
 &= 1.248\text{m}
 \end{aligned}$$

2.4.2 吊弦造成的张力增量

吊弦在直线区段造成的张力增量计算式如下：

$$\Delta T_{jd} = \frac{L(L+l)g_j(\alpha_j \Delta t - \varepsilon)}{2C}$$

上式中， ΔT_{jd} 为只考虑温度变化时，吊弦所引起的张力增量，kN；L 为由中心锚结至补偿器间的距离，取为半锚段长度，m；C 为吊弦平均长度，m；l 为锚段长度，直线区段取为 65m； Δt 为最低温度与吊弦及定位器处于正常位置时温度的差值的绝对值， $\Delta t = 40^\circ\text{C}$ ； ε 是一个非常小的数，一般不用考虑，下文计算中均将其作为零值处理。

计算得到半锚段长度不同时吊弦造成的张力增量的大小，其计算结果如 2-20 所示。

表 2-20 直线区段（ $l=65\text{m}$ ）吊弦造成的张力增量 ΔT_{jd} 与 L 的关系数据表（ -40°C ）

L / m	200	300	400	500	600	700	800	900	40
$\Delta T_{jd} / \text{kN}$	0.109	0.225	0.382	0.58	0.819	1.099	1.42	1.783	5.66

2.4.3 定位器造成的张力增量

定位器在曲线区段造成的张力增量计算式如下：

$$\Delta T_{jw} = \frac{L(L-l)\alpha_j \Delta t}{2Rd + 0.5L(L-l)\alpha_j \Delta t} (T_{jmax} + \frac{2}{3}\Delta T_{ja})$$

上式中， ΔT_{jw} 为只考虑温度变化时，定位器所引起的张力增量，kN；R 为曲线区段的曲率半径，m；d 为定位器长度，取为 1.2m； ΔT_{jd} 大小见前文；其它各参数物理意义与前文中吊弦造成的张力增量计算式中的含义相同。

计算得到不同曲率半径下半锚段长度及曲率半径与吊弦造成的张力增量之间的关系，如 2-21 所示。

表 2-21 定位器引起的张力增量 ΔT_{jw} 与 L、R 的关系数据表（ -40°C ）

$\Delta T_{jw} / \text{kN}$	$R=300\text{m}$	$R=400\text{m}$	$R=500\text{m}$	$R=600\text{m}$	$R=2000\text{m}$	$R=3000\text{m}$
$L=200\text{m}$	0.2536	0.1908	0.1529	0.1276	0.0385	0.0257
$L=300\text{m}$	0.654	0.4945	0.3975	0.3324	0.1009	0.0674
$L=400\text{m}$	1.2205	0.9292	0.7502	0.629	0.1928	0.129
$L=500\text{m}$	1.9348	1.4857	1.2058	1.0147	0.3152	0.2112
$L=600\text{m}$	2.7763	2.1531	1.7584	1.486	0.4689	0.3149
$L=700\text{m}$	3.724	2.9196	2.401	2.0389	0.6552	0.4413
$L=800\text{m}$	4.758	3.7735	3.1266	2.669	0.8754	0.5915
$L=900\text{m}$	5.861	4.7038	3.9282	3.3721	1.1309	0.7669

2.4.4 直线区段张力差计算

直线区段的张力差取决于吊弦造成的张力增量及温度等因素引起的弹性伸长量，其计算式如下：

$$\Delta T_{jdE} = \frac{L(L+l)g_j\alpha_j\Delta t}{2C + \frac{2}{3}\frac{L(L+l)}{E_jS_j}g_j}$$

计算得到半锚段长度不同时直线区段张力差的大小，其结果如2-20所示。

表 2-22 直线区段 ($l=65m$) 张力差 ΔT_{jdE} 与 L 的关系数据表 ($-40^{\circ}C$)

L/m	200	300	400	500	600	700	800	900
$\Delta T_{jdE}/kN$	0.1077	0.2201	0.3684	0.5496	0.7598	0.9952	1.2515	1.5245

第三章 站线接触网平面设计

3.1 接触网平面设计的基本要求

接触网平面图由平面图、表格栏、主要工程数量及材料设备表、设计说明、图标五大部分组成。接触网平面图图框示意如3-1所示。

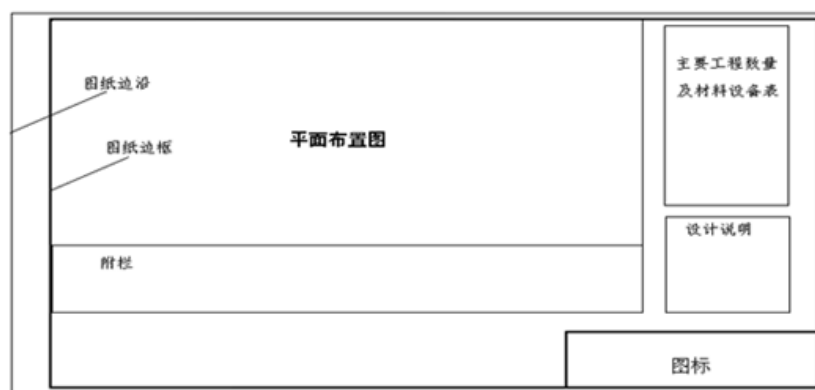


图 3-1 接触网图图框示意图

平面图是指用电气化铁道图形符号来表示接触网设备和结构的平面布置图，具体描述了接触网的技术参数、技术性能、设备安装位置，是接触网结构、设备、计算、平面图绘制等知识的综合应用，是接触网设计的主要技术原则的具体体现，是接触网施工、运营和维修的主要技术依据。一般根据线路平面图按 1: 1000 或 1: 2000 的比例绘制，图纸横向一般为 3# 或 4# 图宽幅，长度根据实际需要而定。

表格栏位于图纸下方，内容包括支柱侧面限界、支柱类型、地质条件、基础类型、软横跨节点、安装图号、附加导线的安装高度和图号等技术数据。表格栏中每一组技术数据对应着一根支柱或一个定位点。

工程数量统计表位于平面图的右上角，表中应注明主要设备、线材、部件及构件的数量、规格、型号。

设计说明是在进行接触网平面设计时，用以附注一些无法用图形符号表达或不易标注清楚的内容。一张完整的接触网平面图上不允许有似是而非或不确定的问题。

接触网平面图中的图标用于标明图纸的重要程度。一号图标用于首页图纸及重要的图纸；二号图标用于除一号图标外的其它图纸。图标内字体使用仿宋体，单位名称、工程名称及图名字体高度为 6 8mm，其余字体高度均为 4mm，字体高度与宽度的比例一般为 1: 0.7。

3.2 支柱布置

站场支柱布置应从站场两端咽喉区开始，首先确定道岔柱的位置，然后从站场两端道岔集中的地段开始向车站中心布置，最后完成站场咽喉区外侧道岔支柱的布置。

道岔柱的最佳位置在线间距 500mm~700mm 范围内，此时道岔柱与道岔理论岔心距离如3-1所示。

表 3-1 道岔柱与道岔理论中心的相对位置 (mm)

线间距 道岔型号	700	650	600	550	500
1/8	4960	4370	3780	3180	2500
1/9	5640	5070	4350	3670	2970
1/10	6200	5490	4690	4000	3200
1/11	6750	5980	5170	4310	3420
1/12	7500	6030	5720	4840	3870
1/18	11270	10050	8790	7470	6080
1/38	20740	18060	15300	12440	9480

布置支柱时应注意以下几点：

(1) 支柱位置应尽量避免开风雨棚、站房、仓库、跨线桥、涵洞、信号机等建筑物，站台上尽量少设支柱，站内重要房舍（如值班室）旁的支柱不得正对门窗，站房两边支柱应尽量对称。

(2) 位于两股道中间的支柱必须保证两侧限界的要求，对于站内远期预留的电化股道，应对其支柱容量和侧面限界留有余量，但单线腕臂柱的位置和容量可不考虑预留。

(3) 设计下锚支柱位置时，应考虑下锚拉线的安设位置，即在支柱后 10 m 范围内不得有影响拉线安装的任何障碍物。

(4) 终端支柱距车挡不宜小于 10 m，地形受限时可设于线路的一侧。

(5) 单线区段支柱应尽量设置在信号机的异侧；直线区段，位于进站信号机和区间信号机显示前方且与信号机同侧的支柱，其侧面限界应适当加大；曲线区段支柱应设置在信号机前方 5m 以外。

(6) 在绝缘锚段关节处，为方便连接跳线，装有隔离开关的转换柱与锚柱应同侧布置。

(7) 支柱编号，当支柱位置确定后，需给每一根支柱编号，其编排原则是：顺着公里标方向，从上行到下行先左侧后右侧的顺序编号；在复线区段下行线侧采用单数，上行线侧采用双数。

3.3 拉出值大小及方向的确定

接触线拉出值的确定从道岔较集中的区域开始，对于大站，则应在咽喉区的道岔处画出局部经放大后的接触悬挂路径图（咽喉区放大图），明确相邻道岔接触线拉出值和线岔分布情况。选定拉出值时，应保证在最大风负载作用下，跨距中任一点接触线的最大风偏移值不超过技术要求。对于道岔连接曲线上的拉出值，在选定后应进行接触线风偏移校验，当超过设计要求时，在线路条件允许的情况下可增设定位柱。

设置拉出值时应遵循以下基本原则：

（1）从咽喉区向站场中心布置，若最后遇到两相邻定位点拉出值方向相同时，可找一小跨距将其拉出值设定为零；

（2）对于同一组软横跨上的各组悬挂其拉出值方向应间隔相反，以减少软横跨支柱的受力；

（3）在标准定位的道岔柱处，两支接触线的拉出值应相等，均为 375mm。且两接触线定位点的距离为 100 至 150mm。

（4）在道岔附带曲线末端处的支柱，其拉出值一般取为 400mm，通常不应小于 300mm。

（5）选定拉出值时，应保证在最大风负载作用下，跨距中任一点接触线的最大风偏移值不超过技术要求（一般取为 450mm）。对于道岔连接曲线上的拉出值，在选定后应进行接触线风偏移校验，当不能满足技术要求时，在线路条件允许的情况下可增设定位柱加以解决。

（6）低速道岔柱上允许不定位，但定位点两侧接触线应为自然直线状，如非工作支离股道中心较远时，要注意不使腕臂和定位器加得太长。

（7）其它如接触线高度，结构高度，支柱侧面限界等参数可参照设规的规定和前面的介绍经计算后确定。

3.4 锚段关节及锚段划分

根据站场的长度和最大锚段长度确定需要划分几个锚段以及锚段关节的大致位置。区间的锚段划分应根据线路条件和最大锚段长度确定，一些桥、隧较多地段，避免锚段关节设在隧道口、桥头。锚段走向主要针对站场存在多股接触悬挂情况（尤其在咽喉区），需理清每一支接触悬挂的走向，确定每一支接触悬挂的两端下锚位置并标示出来。

划分锚段注意事项：

（1）锚段关节不能设于道岔区；

（2）中心锚结一般设在锚段中部，原则上要求两边张力差相等；

（3）原则上一个股道一个锚段；对于较长的正线可设为一个半或两个锚段，但两锚段在站内衔接处应设为三跨非绝缘锚段关节；

(4) 对于不长的站线、货线、渡线应尽量合并到别的锚段中去，不得已时也可自成一个锚段。高速线路的正线要独立设段并保证其接触悬挂的独立性，不允许与站线相交；

(5) 合理确定锚段走向，应使锚段横向穿越的股道数最少，应尽量避免悬挂的二次交叉；

(6) 为避免二次交叉，两组接触悬挂在通过相邻两道岔时可平行布置。本课程设计站线锚段关节设计如3-2所示。

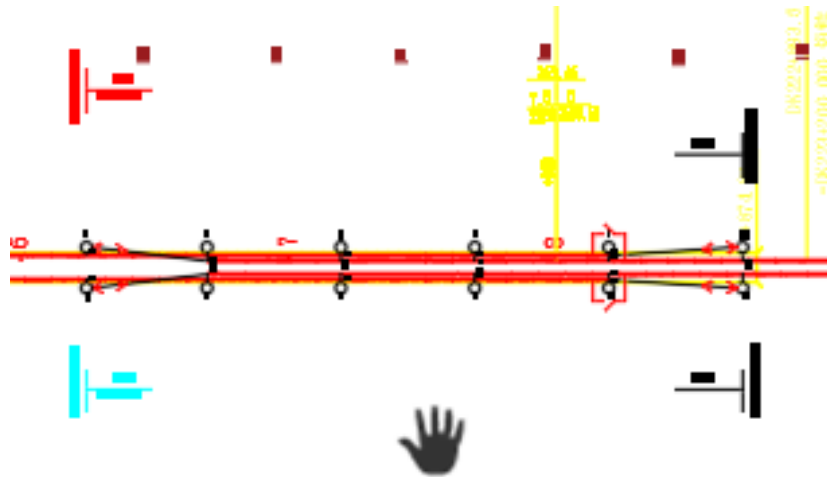


图 3-2 站线锚段关节

3.5 咽喉区放大图

在确定完锚段及其走向后，应绘制站场咽喉区放大图，如图 3-4 所示。绘制咽喉区放大图应遵循以下基本原则：

(1) 放大图在纵向上保持与平面图一样的比例关系，横向比例增大为两倍；或在平面图的基础上将横向线间距加大为；

(2) 咽喉区放大图应从靠近站场中心的道岔开始，从两侧站线做起，逐步向区间衔接处绘制，保持正线与区间衔接；

(3) 为保证道岔交叉布置的定位，避开二次交叉，允许两组悬挂在同一跨距内平行等高布置；

(4) 应保证两组悬挂的交叉点位于定位点与辙岔之间；

(5) 放大图应明确标明锚段（股道）编号、长度及下锚位置；

(6) 对于无交叉布置的高速线路，应明确标出定位柱位置和相应的无交叉布置标志。

本课程设计站线咽喉区放大图设计如3-3所示

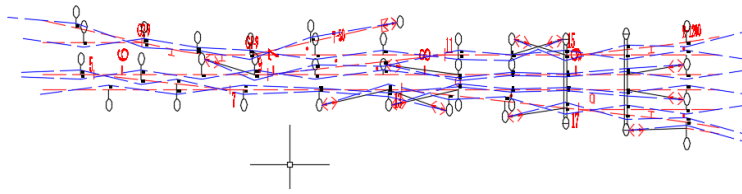


图 3-3 站线咽喉放大图

3.6 接触网分段

根据上述分析讨论，在本课程设计中通过锚段关节将接触网划分为五个供电分区，结合咽喉区放大图设计，该站线接触网的 CAD 设计图如3-4所示。

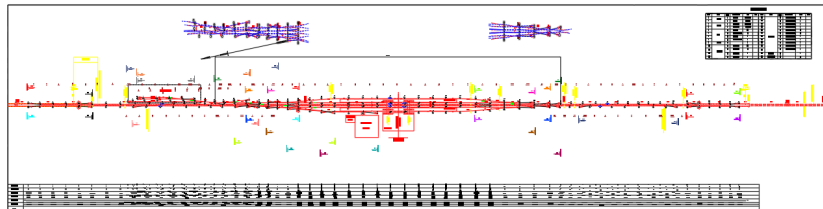


图 3-4 站线接触网设计图

3.7 支柱编号及锚段标注

支柱编号遵循了一套明确的规则，主要涉及到站场、区间、隧道、以及站场吊柱等独立单元的顺序编号。以下是对支柱编号原则的总结：支柱编号以站场、区间、隧道、站场吊柱为独立单元进行顺序编号，每个单元都有一个独立的编号体系。接触网支柱编号按照本线路从小里程侧第一根支柱开始向大里程侧进行编号。这确保了支柱的编号顺序与线路的里程方向一致。对于每个编制单元的支柱，如果编号达不到该单元最大数字位时，使用 0 进行前导补充。这有助于维持支柱编号的一致性和规范性。对于每个编制单元的支柱，如果编号不足两位数时，应补足成两位数。这样的规范确保了编号的一致性和易读性。举例说明：如果某站场吊柱的最大支柱编号是 99，而实际编号是 1，则补足前导 0，编号为 01。这一套支柱编号原则有助于在整个系统中建立有序、易于理解的标识体系，方便对接触网支柱进行准确定位和管理。

3.8 支柱侧面限界及型号选择

软横跨支柱限界一般为 3 米，在站台处为 5 米，位于基本站台或中间站台上的支柱，其线路侧内缘到站台边缘的距离不得小于 1.5m，一般采用软横跨支柱，只在跨越四股道及以下的小站上采用钢筋混凝土支柱。软横跨由两棵支柱构成一跨式，最多跨越的股道数不超过 8 道，超过 8 道时采用两跨或三跨式。软横跨根据跨越的股道

数目的不同，一般采用 13m 或 15m 钢柱，它承担着接触悬挂及支持装置的全部负荷。
3-2为钢支柱基础选用表。3-3。

表 3-2 钢支柱基础选用表

支柱类型	挖方及不挖不填				填 方		
	地质承载力 (kPa)				地质承载力 (kPa)		
	100	150	200	250	100	150	200
8.5~10m 高支柱							
G50/8.5, G50/9, G50/9.5, G50/10	J9-5-24	J9-2-24	J9-1-24	J9-1-24	J9-6-24	J9-4-24	J9-2-24
G70/8.5, G70/9, G70/9.5, G70/10	J9-6-30	J9-4-30	J9-2-30	J9-2-30	J9-7-30	J9-5-30	J9-3-30
G100/8.5, G100/9, G100/9.5, G100/10	J9-7-36	J9-6-36	J9-4-36	J9-3-36	J9-8-36	J9-7-36	J9-5-36
G150/13	J13-5-24	J13-3-24	J13-3-24	J13-1-24	J13-7-24	J13-3-24	J13-3-24
13m 高支柱							
G200/13	J13-8-30	J13-4-30	J13-4-30	J13-2-30	J13-9-30	J13-6-30	J13-4-30
GM150-250/13	J13-7-24	J13-5-24	J13-3-24	J13-1-24	J13-7-24	J13-5-24	J13-3-24
G250/13、 GM150-250/13	J13-9-30	J13-6-30	J13-4-30	J13-2-30	J13-9-30	J13-6-30	J13-6-30
Gs150/13	J13-5-24	J13-3-24	J13-3-24	J13-1-24	J13-7-24	J13-3-24	J13-3-24
Gs200/13	J13-8-30	J13-4-30	J13-4-30	J13-2-30	J13-9-30	J13-6-30	J13-4-30
G200-250/13	J13-12-36	J13-11-36	J13-10-36	J13-10-36	J13-13-36	J13-12-36	J13-11-36
15m 高支柱							
G200/15	J15-4-30	J15-3-30	J15-2-30	J15-1-30	J15-5-30	J15-3-30	J15-2-30

GM150-250/15							
Gm200-250/15	J15-5-30	J15-3-30	J15-2-30	J15-1-30	J15-6-30	J15-3-30	J15-2-30
G250/15	J15-5-30	J15-3-30	J15-2-30	J15-1-30	J15-6-30	J15-4-30	J15-3-30
Gm250-250/15	J15-6-30	J15-4-30	J15-2-30	J15-2-30	J15-6-30	J15-4-30	J15-3-30
G300/15	J15-10-24	J15-8-24	J15-7-24	J15-7-24	J15-10-24	J15-8-24	J15-8-24
Gm300-250/15	J15-10-24	J15-8-24	J15-7-24	J15-7-24	J15-11-24	J15-9-24	J15-8-24
G350/15	J15-11-24	J15-8-24	J15-8-24	J15-7-24	J15-11-24	J15-9-24	J15-8-24
G400/15	J15-14-30	J15-13-30	J15-12-30	J15-12-30	J15-15-30	J15-13-30	J15-12-30
Gm350-250/15							
Gm400-250/15	J15-15-30	J15-13-30	J15-12-30	J15-12-30	J15-16-30	J15-14-30	J15-12-30
G450/15	J15-15-30	J15-13-30	J15-13-30	J15-12-30	J15-16-30	J15-14-30	J15-13-30
G250-250/15	J15-19-36	J15-18-36	J15-17-36	J15-17-36	J15-20-36	J15-18-36	J15-18-36
G350-250/15	J15-19-36	J15-18-36	J15-17-36	J15-17-36	J15-20-36	J15-19-36	J15-18-36

表 3-3 独立下锚钢支柱基础选用表

支柱类型	挖方及不挖不填				填 方		
	地质承载力 (kPa)				地质承载力 (kPa)		
	100	150	200	250	100	150	200
G50-200/9	J9 —	J9 —	J9 —	J9 —	J9 —	J9 —	J9 —
	7 —	4 —	2 —	1 —	7 —	6 —	3 —
	30	30	30	30	30	30	30
G50-200/9	J9 —	J9 —	J9 —	J9 —	J9 —	J9 —	J9 —
	7 —	4 —	3 —	1 —	8 —	5 —	4 —
	30	30	30	30	30	30	30

G50- 200/9	J9 — 7 — 30	J9 — 5 — 30	J9 — 3 — 30	J9 — 2 — 30	J9 — 9 — 30	J9 — 7 — 30	J9 — 4 — 30
G50- 200/9	J9 — 8 — 30	J9 — 6 — 30	J9 — 4 — 30	J9 — 2 — 30	J9 — 9 — 30	J9 — 6 — 30	J9 — 6 — 30

3.9 主要工程数量、设备、材料统计

主要工程数量，设备，材料统计见如3-4所示。

表 3-4 设备清单表

项目	型号	数量	单位	单价/元	总价/元
接触网架线	CTMH-120	3178.83	m	1643.99	5222.79
	CTMH-110	2926.54	m	1645.29	4815.01
承力索架线	JTM-95	2926.54	m	1642.99	4808.27
	JTM-95	3178.83	m	1642.99	5230.1
中心锚结	HY-424	6	处	1684.79	10108.7
支柱	$H \frac{170-250}{12+3.5}$	87	根	1996.24	107797
回流线	LBGLJ185/25	4812.34	m	1645.29	7917.69

3.10 拉出值大小及方向的确定

在电气化铁路系统中，特别是在道岔密集的区域和大站的咽喉区，确定接触线拉出值是一个关键而复杂的设计步骤。该过程始于从道岔较集中的区域出发，对于大站，则需要在咽喉区的道岔位置制作局部经过放大的接触悬挂路径图，即咽喉区放大图。这一步骤的目标是明确相邻道岔的接触线拉出值以及线岔的分布情况。

在确定拉出值时，有一系列基本原则和步骤需要遵循。首先，选定的拉出值必须满足在最大风负载作用下，跨距中任一点接触线的最大风偏移值不超过技术要求。特别是对于道岔连接曲线上的拉出值，必须进行接触线风偏移校验，当不能满足技术要求时，可以在线路条件允许的情况下增设定位柱以解决问题。

在设置拉出值时，还有一系列基本原则需要遵循。从咽喉区向站场中心布置时，如果最后遇到两相邻定位点拉出值方向相同时，可以找一小跨距将其拉出值设定为零。对于同一组软横跨上的各组悬挂，其拉出值方向应间隔相反，以减少软横跨支柱的受力。在标准定位的道岔柱处，两支接触线的拉出值应相等，且两接触线定位

点的距离应为 100 至 150mm。对于道岔附带曲线末端处的支柱，其拉出值一般取为 400mm，通常不应小于 300mm。

这些步骤和原则旨在确保接触网系统在设计中具有合理的张力分布，以防止因过大的张力差引发导线断裂、支柱受力不均等问题。这一过程在电气化铁路接触网设计中具有重要作用，为系统的安全性、稳定性和可靠性提供了坚实的基础。

第四章 软横跨支柱容量校验

4.1 参数选取

支柱容量是指支柱所能承受的、支柱不被破坏的最大弯矩，它取决于支柱本身的物理结构和材质特性，与支柱实际工作环境和工作状态无关。支柱容量与支柱的最大工作弯矩的比值称为支柱安全系数，一般取为 2.0~3.0。

本设计横向承力索选用 $GJ-70$ 镀锌钢绞线，上下部固定绳采用 $GJ-50$ 镀锌钢绞线。其中， $GJ-70$ 型横向承力索的单位自重为 $g_{ch} = 6.15 \times 10^{-3} kN/m$ ，直径为 $d_{ch} = 11mm$ ； $GJ-50$ 型上下部固定绳的单位自重为 $g_{sc} = 4.11 \times 10^{-3} kN/m$ ，直径为 $d_{sc} = 9mm$ 。

根据原始资料，车站正线悬挂采用 JT-95+CT-120 线索，车站站线悬挂采用 JT-95+CT-110；接触网导高为 6000mm；承力索补偿张力最大值为 $T_{cmax} = 15kN$ ，接触线补偿张力最大值为 $T_{jmax} = 10kN$ ；拉出值为 $a = 400mm$ ；第 VIII 分区的气象条件为： $t_{max} = +40^{\circ}C$ ， $t_{min} = -40^{\circ}C$ ， $t_b = -5^{\circ}C$ ， $v_{max} = 30m/s$ ， $v_b = 10m/s$ ， $b = 10mm$ ， $\gamma b = 900kg/m^3$ 。选择 15、16 号软横跨支柱进行支柱容量计算，并完成校验。

4.2 最大负载的选择

根据的计算结果可知，站线和正线的最大合成负载均出现在覆冰时，站线最大合成负载为 $q_{max1} = 21.914 \times 10^{-3} kN/m$ ，正线最大合成负载为 $q_{max2} = 24.296 \times 10^{-3} kN/m$ 。

因此软横跨的最大负载出现在覆冰时，故以该状态下软横跨各类负载对支柱产生的弯矩作为最大工作弯矩。

4.3 覆冰时软横跨的垂直负载

该软横跨示意图如4-1所示。

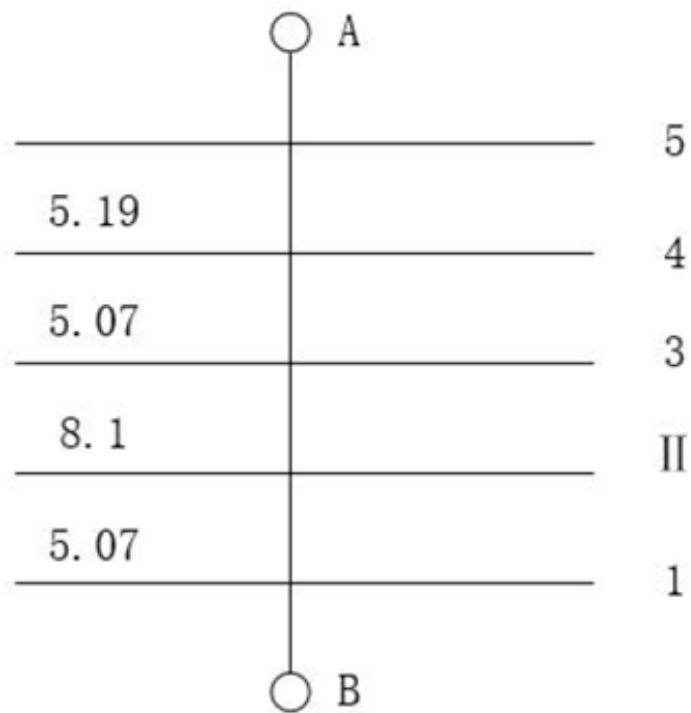


图 4-1 软横跨示意图

根据软横跨示意图，结合负载分析，得到软横跨垂直负载图如4-2所示。

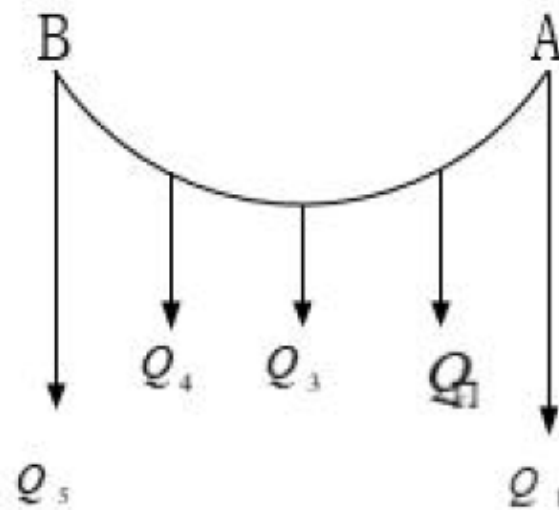


图 4-2 软横跨垂直负载图

选取软横跨左右跨距为 $l=60\text{m}$ ，由 A 点至 B 点的软横跨节点分别为节点 3、节点 5、节点 5、节点 3。

4.3.1 纵向悬挂作用于软横跨的垂直负载

纵向悬挂施加到软横跨的垂直负载为：

$$\begin{aligned}
 g_{q1} &= nq_{01}l + n(g_{cb} + g_{jb1})l \\
 &= 2 \times 13.91 \times 10^{-3} \times 60 + 2 \times (5.686 + 2.188) \times 10^{-3} \times 60 \\
 &= 2.614 \text{ kN} \\
 g_{q2} &= nq_{02}l + n(g_{cb} + g_{jb2})l \\
 &= 2 \times 16.088 \times 10^{-3} \times 60 + 2 \times (5.686 + 2.405) \times 10^{-3} \times 60 \\
 &= 2.901 \text{ kN} \\
 g_{q3} &= g_{q4} = \frac{1}{2}g_{q1} \\
 &= 1.307 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.3.2 软横跨节点分布在各悬挂点的重量

软横跨各节点重量为：

$$J_1 = J_2 = 650 \text{ N} \quad J_5 = 70 \text{ N} \quad J_8 = 610 \text{ N}$$

计算可得分布在各悬挂点的重量为：

$$\begin{aligned}
 J_{q1} &= \frac{1}{2}J_2 + J_5 + \frac{1}{2}J_8 = 700 \text{ N} \\
 J_{q2} &= J_5 + \frac{1}{2}J_8 = 375 \text{ N} \\
 J_{q3} &= J_5 = 70 \text{ N} \\
 J_{q4} &= \frac{1}{2}J_1 + J_5 = 395 \text{ N}
 \end{aligned}$$

4.3.3 软横跨自重分布在各悬挂点的重量

软横跨自重分布在各悬挂点的重量计算式如下：

$$p_{qi} = \frac{1}{2}(a_i + a_{i+1})(g_{ch} + 2g_{sc})$$

上式中， a_i 表示与左侧相邻悬挂点的水平距离， a_{i+1} 表示与右侧相邻悬挂点的水平距离。

从而可以计算得到软横跨自重分布在各悬挂点的重量分别为：

$$p_{q1} = \frac{1}{2}(3.1 + 5.08) \times (6.15 + 2 \times 4.11) \times 10^{-3} = 58.77 \times 10^{-3} \text{ kN}$$

$$p_{q2} = \frac{1}{2}(7.5 + 5.08) \times (6.15 + 2 \times 4.11) \times 10^{-3} = 90.39 \times 10^{-3} \text{ kN}$$

$$p_{q3} = \frac{1}{2}(7.5 + 5.06) \times (6.15 + 2 \times 4.11) \times 10^{-3} = 90.39 \times 10^{-3} \text{ kN}$$

$$p_{q2} = \frac{1}{2}(3.1 + 5.06) \times (6.15 + 2 \times 4.11) \times 10^{-3} = 58.63 \times 10^{-3} \text{ kN}$$

4.3.4 各悬挂点的总负载

根据以上计算结果可得各悬挂点的垂直总负载为：

$$\begin{aligned} q_1 &= g_{q1} + J_{q1} + p_{q1} \\ &= 2.614 + 0.7 + 0.05877 \\ &= 3.373 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_2 &= g_{q2} + J_{q2} + p_{q2} \\ &= 2.901 + 0.375 + 0.09039 \\ &= 3.366 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_3 &= g_{q3} + J_{q3} + p_{q3} \\ &= 1.307 + 0.07 + 0.09039 \\ &= 1.467 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_4 &= g_{q4} + J_{q4} + p_{q4} \\ &= 1.307 + 0.395 + 0.05863 \\ &= 1.761 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.4 覆冰时软横跨的水平负载

4.4.1 横向承力索张力

根据覆冰时软横跨的垂直负载计算结果对悬挂点 A 列力矩平衡方程 $\sum MA = 0$ ，可得：

$$\begin{aligned} F_B &= \frac{1}{L_1} \sum_{i=1}^4 q_i x_i \\ &= \frac{3.373 \times 20.74 + 3.366 \times 15.66 + 1.467 \times 8.16 + 1.761 \times 3.1}{3.1 + 5.06 + 7.5 + 5.08 + 3.1} \\ &= 4.365 \text{ kN} \end{aligned}$$

根据垂直方向上的受力平衡 $\sum F_y = 0$ 得悬挂点 A 的垂直分离为：

$$\begin{aligned} F_A &= \sum_{i=1}^4 q_i - F_B \\ &= (3.373 + 3.366 + 1.467 + 1.761) - 4.365 \\ &= 5.602 \text{ kN} \end{aligned}$$

由试探法确定最低点，有：

$$F_A - q_4 - q_3 > 0$$

$$F_A - q_4 - q_3 - q_2 < 0$$

因此认为荷载 q_2 所在的悬挂点为最低点。

横向承力索弛度计算式为：

$$f_{hmax} = H - H_s - C_{min} - 0.1$$

上式中， H 为软横跨支柱高度，取为 13m； H_s 为上部固定绳至正线轨平面的高度，取为 7.86m； C_{min} 为吊弦最短长度，取为 0.4m。

计算可得横向承力索的尺度为 $f_{max} = 4.64\text{m}$ 。

进而可得横向承力索张力大小为：

$$\begin{aligned} T_h &= \frac{F_A(a_4 + a_3 + a_1) - q_4(a_3 + a_2) - q_3a_2}{f_{max}} \\ &= \frac{5.602 \times (3.1 + 5.06 + 7.5) - 1.761 \times (5.06 + 7.5) - 1.467 \times 7.5}{4.64} \\ &= 11.769 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.4.2 上部固定绳的水平张力

上部固定绳水平张力计算式为：

$$T_s = 4(P_{cb}l + T_{cz})$$

上式中， P_{cb} 为承力索覆冰时的单位风荷载，计算结果可得 $P_{cb} = 2.383 \times 10^{-3} \text{ kN/m}$ ； T_{cz} 为承力索直线“之”字力，其计算式为：

$$\begin{aligned} T_{cz} &= \frac{4T_{cmax}}{l} \\ &= \frac{4 \times 15}{60} \times 0.3 \\ &= 0.3 \text{ kN} \end{aligned}$$

从而可得上部固定绳水平张力大小为 $T_s = 1.772kN$ 。

4.4.3 下部固定绳的水平张力

下部固定绳水平张力计算式为：

$$T_x = (3P_{jb120} + P_{jb110})l + 4P_{jz}$$

上式中, P_{jb110} 为站线接触线覆冰时的单位风荷载, 由计算结果可得 $P_{jb110} = 1.623 \times 10^{-3} kN/m$; P_{jb120} 为正线接触线覆冰时的单位风荷载, 由计算结果可得 $P_{jb120} = 1.745 \times 10^{-3} kN/m$; T_{jz} 为接触线直线“之”字力, 其计算式为:

$$\begin{aligned} T_{jz} &= \frac{4T_{jmax}}{l} \\ &= \frac{4 \times 10}{60} \times 0.3 \\ &= 0.2 \text{ kN} \end{aligned}$$

从而可得上下部固定绳水平张力大小为 $T_x = 1.197kN$ 。

4.4.4 支柱风负载

支柱风负载的大小与覆冰风速以及支柱迎风面积有关, 其计算式为:

$$P_{zv} = 0.625kFv_b^2 \times 10^{-3}$$

上式中, k 取为 1.25; F 为支柱迎风面积, 取为 9.3 m^2 ; v_b 为覆冰风速, 根据原始资料可知 $v_b = 10m/s$ 。

计算可得支柱风负载大小为 $P_{zv} = 0.723kN$ 。

4.5 软横跨支柱工作力矩计算与容量校验

软横跨支柱最大工作力矩的计算式为:

$$M_g = T_h H_h + T_s H_s + T_x H_x + \frac{1}{2} P_{zv} H_z$$

上式中, H_h 为横向承力索安装点至支柱基础平面的垂直距离, 取为 12.935m; H_s 为上部固定绳至支柱基础平面的垂直距离, 取为 8.46m; H_x 为下部固定绳至支柱基础平面的垂直距离, 取为 6.9m; H_z 为软横跨支柱高度, 取为 13m。

代入上述计算结果, 计算可得软横跨支柱最大工作力矩为 $M_g = 180.182kN \cdot m$ 。

计算容量为：

$$M_R = 1.5M_g = 270.273 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

软横跨选用 $H \frac{15}{300}$ 型钢筋混凝土支柱的容量为 $300 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，大于计算容量，因此支柱容量满足要求。

总 结

本次课程设计基于接触网工程设计的基本原理，结合初始设计资料和相关技术标准，对选定车站线路的接触网进行了初步工程设计。在设计的过程中，首先进行了接触网的机械计算，包括负荷计算、最大跨距确定、半补偿链型悬挂的安装曲线以及锚段长度和张力增量曲线的计算等关键步骤。

接下来，基于相关技术资料，详细讨论了接触网的平面设计，包括支柱布置、拉出值的大小和方向、锚段关节设计以及锚段的分段等内容。这些设计考虑了站场的特殊情况，并利用 CAD 软件完成了站场平面设计图和咽喉区放大图的绘制，确保设计方案的可行性和准确性。

最后，对软横跨支柱容量和缓和曲线接触线的最大偏移进行了校验，并得出了符合设计规范的结论。通过这次课程设计，我将接触网工程理论与实际设计施工相结合，深化了对接触网设计的理解，为未来的学习和工作奠定了坚实的基础。此外，我还自学了 MATLAB 编程计算和作图，以及 CAD 平面设计，提升了实际操作能力，这是一次非常有意义的学习经历。

参考文献

- [1] 贺威俊, 高仕斌. 轨道交通牵引供变电技术[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2016.
- [2] 韩祯祥. 电力系统分析[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2005.
- [3] 吴广宁. 高电压技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [4] 孙旭东, 王善铭. 电机学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [5] 杨保初, 刘晓波, 戴玉松. 高电压技术[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2011.
- [6] 谭永霞. 电路分析[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2009.
- [7] 张保会, 尹项根. 电力系统继电保护[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [8] 郭世明. 电力电子技术[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2008.
- [9] 高仕斌. 轨道交通电气工程概论[M]. 北京: 科学出版社, 2013.

