

铁路线路纵断面大修设计

徐伟超

新疆铁道职业技术学院, 新疆 哈密 839000

[摘要]铁路在大修或兴建时线路纵断面设计都是铁路线路大修或兴建中设计最重要的环节之一, 它根据轨面正线的黄海高程反应地面起伏情况, 原坡度是否符合规范设计, 为了保证坡度能够使用平断面和纵断面要紧密配合设计, 逐段在同时满足平面、纵断面设计要求下设计, 纵断面的设计直接影响到铁路线路的运营指标和铁路维修标准, 纵断面的设计主要有: 线路纵断面的设计对铁路列车提速、货车吨位、建造工程的标准有着很大的影响, 纵断面设计主要解决的问题是坡度设计, 坡段长度比选、竖曲线的设置、还有既有道床的维修和设计线道床厚度的设计。

[关键词]纵断面设计; CAD 设计; Excel 数据处理

DOI: 10.33142/ec.v5i7.6360

中图分类号: U216

文献标识码: A

Overhaul Design of Railway Line Profile

XU Weichao

Xinjiang Railway Vocational and technical college, Hami, Xinjiang, 839000, China

Abstract: During railway overhaul or construction, the design of line profile is one of the most important links in the design of railway overhaul or construction. It reflects the ground fluctuation according to the Yellow Sea elevation of the main track on the track surface, and whether the original slope meets the standard design. In order to ensure that the slope can be used, the design of plane and profile should be closely coordinated, and the design should meet the design requirements of plane and profile section by section at the same time. The design of profile directly affects the operation index and railway maintenance standard of railway line. The design of profile mainly includes: The design of line profile has a great impact on the speed increase of railway train, the tonnage of freight train and the standard of construction engineering. The main problems to be solved in profile design are slope design, comparison and selection of slope section length, setting of vertical curve, maintenance of existing track bed and design of track bed thickness.

Keywords: profile design; CAD design; Excel data processing

1 纵断面设计的特点及原则

1.1 设计的特点

本纵断面设计利用 excel 和 CAD 联合设计坡度, 通过 excel 的大数据处理和 CAD 的立体展示可以精确、迅速的进行坡度设计, 在 CAD 中采用横向 1:5000, 纵向 1:100 的比例进行绘制, 因为电脑绘制相对手绘, 它具有精度与整洁度高, 对既有线建筑物能够准确细致的表达清楚, 在设计造价方便多次设计使其造价最小, 而且当我们坡度过大或者过小在 excel 数据筛选中就可以一目了然, 特别是针对有时设计坡度时设计道床厚度是否满足 25cm 的要求。

在 CAD 图纸以 1:5000 放大的纵断面图中自上而下依次为里程, 50 米一点点位, 100 米一个点位, 接着是线路平面图再向上为既有路肩高程、既有轨面高程, 再上去为设计坡度, 设计坡度上去为设计轨面高程, 接着就是道床起道量, 降道量在下面, 升道量在上面, 接着就是竖曲线的设置, 坡度差大于 3% 要设置竖曲线, 在上面就是米格纸绘制的高程折线图, 根据图形线路能更好的直观的看出线路的不同之处, 最后还要以比例注明线路中的桥梁、涵洞、型号结缘装置等建筑物标志。

1.2 设计原则

既有线路纵断面大修设计中, 主要的问题确定坡段长

度、坡段连接、坡度折减、最大坡度等问题, 以下便是既有线路纵断面大修的设计原则。既有建筑(车站内的地道、隧道、站台及区间的桥梁、天桥等)严格限制既有线路大修纵断面设计, 因此, 不能过分降低道或抬升道的, 线路大修设计人员如何在既有的建筑物体系下, 找出最优的线路大修设计经济方案是非常必要的任务。大修设计前, 必须先仔细了解之前获得既有线路资料的情况, 设计线路要遵循以下原则进行:

(1) 设计坡度时, 尽可能让设计坡度长一点, 而且要大于该线路到发线有效长度的 1/2, 在地形不允许的条件下, 不能小于 200m。200m 坡段长度适用范围凹形状断面不易设置为 200m 坡应按规定设计, 凸形为缓和坡段而设计的平坡段, 坡度差比较小的一些坡段等都可以设计为 200m, 可以选线中参考 200m 坡段参考如图 1 所示。

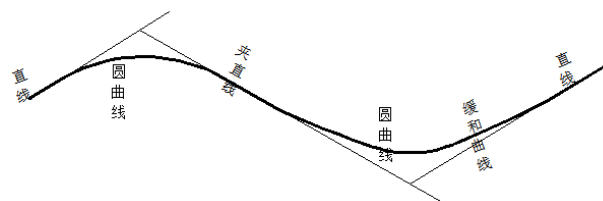


图 1 平面线路图

(2) 邻近的坡段在坡度差大于一定限制后, 必须要将边坡点设计三次抛物线或者圆曲线的竖曲线

(3) 抛物线是竖曲线最为常见的形式, 设置竖曲线的条件坡度代数差要大于 2‰, 在长度为 20m 的竖曲线上的变坡率, 凹型坡段坡度差小于 0.5‰, 凸型坡度差小于 1‰。在设计竖曲线时经量不要在缓和曲线上设计, 在地形复杂和地质不好的情况下, 允许在缓和曲线上设置竖曲线, 竖曲线在无渣明桥上不易设置。

(4) 设计坡度采用圆曲线设计时, 当临近的坡段差的绝对值不小于 3‰时, 不用设置圆曲线型缓和曲线, 竖曲线不能竖缓重合, 竖岔重合, 无渣明桥与竖曲线重合。竖曲线在运营条件下半径采用 10000 到 20000m 范围的取值, 在一些无法满足设计的情况下, 半径不得小于 5000m。

(5) 顺坡连接要注意既有线大修与既有线非大修区段必须要设在既有线大修地段以外, 顺坡率要小于 1‰。

(6) 在设计坡度时, 要经量避免降道, 而抬道量也不能太大, 减少维修费用和维修工作量, 有时也会造成很严重的后果。比较典型的地段如下所述:

①在路堑比较深的地段或者路堤比较高的地段, 抬道量过大一定会导致加宽路基面, 维修工程量大大增加。

②维修及维修人员在既有道床厚度比较厚超过 60m 的区域进行维修抬道时会增加施工难度, 有些区段的道床边坡的稳定性也会破坏, 必须加宽路基来维持。

③在车站道岔咽喉抬道, 势必会造成沿着顺坡站线抬升道床, 附近的道岔也会抬高, 工程增加较多。

④在火车站段设计坡度经量逼近原线路, 不然抬降量太大会导致雨棚、天桥与站台等建筑物和设计偏离太大。

2 线路纵断面设计的内容

2.1 线路坡度

既有线大修纵断面设计的主要意旨在于将既有线上的器材和设备修复和改善, 在设计坡度时, 根据线路标准改善既有线路的坡度, 一般设计纵断面时为了保持和提升既有列车运行的牵引定数要用既有线路的加坡力度 (设计坡度)。

(1) 最大坡度

限制坡度由多种因素共同决定如列车是客货型还只是乘客型, 地形的不同, 青藏高原和坡度较大的线路就比较慢, 铁路的级别: 高铁比普速快, 还有相邻铁路线的牵引吨位数等, 让选定的限制坡度逼近平均自然坡度, 不要额外展线, 限制坡度过小会导致大量人为展线的产生。较小的限制坡度, 会营造良好的运输条件和较为低廉的运输费用, 这对设计线的意义、作用和客运量的增加还有以后为列车提速提供很好的平台。一条长主干道经量选取同一限制坡度, 以方便列车能够直接通行, 如果各地区地形条件复杂, 地质状况不一致, 没有办法采用同一限制坡度, 可以分段设计坡度, 还有不易限制坡度过大, 无法使限制坡度充分利用, 节省工程的效率。强调设计线的限制坡度要小于 (线规) 规定值线路遇到分水岭, 太陡峭的越岭地

段, 可以采用双机牵引, 减少人工展线。

既有线纵断面大修设计坡度要小于最大坡度, 由计算货物列车与限制坡度共同计算的牵引质量, 在最大坡度上持续行驶, 有可能因为火车动力不足而发生运输缓慢, 还有可能中途停车, 这是铁路部门不能够允许的。所以在设计坡度时要附加隧道阻力值和曲线阻力值来计算最大坡度值, 4‰一般是限制坡度的最小值, 当不满足时, 虽然货车的拉货量可以增大, 但是还是要受到列车运行时的启动和到发线有效长度的制约。

(2) 曲线阻力坡度折减

曲线上要比直线上列车运行阻力大, 可以将曲线附加阻力转化为一个坡度 i , 即所谓的坡度折减值, 计算设计坡度时要考虑 i , 防止货车速度达不到计算速度。

①圆曲线长度大于和等于列车长度的时候, 曲线阻力换算坡度 i :

$$i_r = 600/R(\text{‰}) \quad (1)$$

②圆曲线长度小于列车长度时 i :

$$i_r = 10.5\alpha/L(\text{‰}) \quad (2)$$

③多个圆曲线长度小于列车长度 i :

$$i_r = 10.5 \sum \alpha/L(\text{‰}) \quad (3)$$

2.2 坡段长度

坡段长度是指相邻两边坡点间的水平距离。设计坡段长度要小于最短坡长限制, 最短坡长限制主要受列车平稳度决定, 车辆在竖曲线上产生的垂直震动, 在同一时刻旅客列车不能同时跨越两个边坡点, 防止列车过边坡点时产生的附加叠加加速度影响旅客舒适度。车钩因为边坡点前后列车阻力不同, 让列车产生局部加速度, 影响列车平稳度, 也会影响最短坡长限制。

设计坡段长度影响着列车运行时的稳定性, 由于列车经过变坡点时, 坡前坡后的列车车厢的运行阻力不一样, 让车厢之间的受力变化, 车钩会产生附加力与列车的局部加速度。列车经过多个变坡点时, 每个变坡点的列车车厢局部加速度和车钩产生的附加应力会发生叠加产生剧烈的振动。总之, 设计坡段长度越大, 列车行走越平稳的。经过长时间的列车经验的积累表明, 列车经量避免同一时刻跨越二个以上的变坡点, 也就是说列车长度要大于 2 倍的坡段长度。这样才能做到列车平稳运行防止叠加后的车钩附加应力和车厢局部加速度不大。

在通常情况下, 既有铁路坡度设计尽量采用较长的坡段, 除非几个特别地段, 不小于 200m 坡段长度都是 50m 的整倍数, 按照最小坡段长度规范取值。

2.3 坡段连接

(1) 坡度差的绝对值

①临近的坡度差的绝对值用 i 表示, 纵断面的坡度正值代表上坡, 负值代表下坡, 0 代表平坡, i 的表达式:

$$i = |i_1 - i_2| \quad (4)$$

例题：相邻的两坡度，前坡度为上坡，坡度值为 5%，后坡为下坡，坡度值为 3%，求坡度代数差 i

$$i = |5 - (-3)| = 8\% \quad (5)$$

①货车的限制坡度一般要大于坡度代数差，货车经过变坡点时会生成车厢间车钩附加应力值和车厢局部的加速度，它与坡度代数和为一次线性关系，如果坡度代数差超过一定值，会导致车钩所承受的应力增大，车厢间的加速度值也会变大，进而影响旅客乘坐列车的舒适感和货物的移动，当列车通过凸形纵断的顶坡时，下坡段就会成为列车司机的盲区，减少列车司机的远视距离，影响通车安全。

(2) 竖曲线

①设置竖曲线的原因

如果在变坡点不设置竖曲线会使列车产生振动和车厢局部加速，会降低旅客的舒适感，当坡度代数差较大，列车导向轮浮空，浮空距离太高，导向轮和轨道无法接触导致列车脱轨，变坡点正好处在邻近的列车车厢链接端处，车钩被迫上下移动，严重时将导致列车脱钩。所以，纵断面的变坡度最好都用竖曲线链接将设计坡折线的棱角去掉，增加线路的平顺度，为列车提供安全和平稳。

②竖曲线的形状

竖曲线的线形只有两种，分别为三次抛物线和圆曲线，一般的设计都采用圆曲线，有的地方也采用抛物线。圆曲线相对抛物线好计算和铺设。

中国铁路部门规定，设置三次抛物线一般都是邻近的坡度差的绝对值大于 2‰，在凸形小于 1‰，凹形小于 0.5‰ 的条件下用 20m 的坡段衔接起来，圆曲线竖曲线在坡度大于 3‰ 才能设置，圆曲线的半径受旅客舒适度和列车通车安全度限制，在半径选取中规定，I、II 级铁路用 20000-40000m II 级铁路用 5000m。

3 纵断面设计的步骤

在放大纵断面设计中，利用 excel 中现场测量的数据来设计大修中所用的设计坡度和设计高程，在设计坡度时还要注意竖曲线的设置不能与曲线重合，设计的方法与步骤在下文所讲：

3.1 拉坡设计的表格计算

依据外业勘测的数据，在 Excel 表中填入本设计原线路的里程，线路建筑特征、轨面标高、道床厚度等数据如图 2 所示。

A	B	C	D	E	F
里程	实测轨面高程	路肩实测高程	线路建筑	特征	既有道床厚度
1	K372+000	483.36	482.64		36
2	+50	483.45	482.72		37
3	+100	483.51	482.76		38
4	+150	483.63	482.87		39

图 2 拉坡设计表

图 2 中既有到场厚度为厘米，计算时必须除 100

转化为米，0.364 是既有钢轨高度 (0.152) + 垫板厚度 (0.202) + 轨枕高度值 (0.01)

床厚	计算轨面高程	既有轨面坐标	既有路肩坐标
483.48	372000	2169.9321	2169.9321, 2405.3672
483.56	372050	2159.9321	2159.9321, 2406.3172
483.60	372100	2149.9321	2149.9321, 2406.8172
483.71	372150	2139.9321	2139.9321, 2407.3172
483.92	372300	2119.9321	2119.9321, 2407.8172
484.01	372350	2099.9321	2099.9321, 2408.3172

图 3 拉坡设计表

图 3 中 0.838 为：设计钢轨高度 (0.176) + 垫板厚度 (0.202) + 轨枕高度值 (0.01) + 道床厚度 (0.45)

图 3 中：Excel 中的绘图比例 x 数据中 2169.9321 是指在 CAD 中新建立的坐标系的原点在 CAD 的 x 坐标值，在 CAD 中绘图的时候 5m:1mm 的比例绘制所以 (H2-372000) 要除以 5，绘图的时候是从右向左绘制，所以是 “=2169.9321-(H5-372000)/5”，在图 3 的公式中：& 的意思是链接两个数据作为一个整体显示在单元格。“,” 是将字符直接输出，同样的这里面 2391.772 为是指在 CAD 中新建立的坐标系的原点在 CAD 的 y 坐标值，I9 为是 CAD 中坐标中的 X 的值，在 CAD 中绘图的时候 1m:10mm 的比例绘制所以 (B9-483.361) 要乘以 10，13.61 是实际既有轨面 0 点和参考坐标点之间的高程差乘 10 是画在 CAD 中时比例关系，计算式 13.61=(483.361-482)*10。

图 4 中 C4 是既有路肩高程，482.637 为路肩高程 0 点位置的高程值，将其作为参照点，6.37 为 482.637 减 482 后乘 10 得到；同样，G4 为计算轨面高程，483.475 为计算轨面的的参照点。14.75 的计算公式为：14.75=(483.475-482)*10。坡度中设计坡度单位为千分数所以除 1000，坡度计算公式为：

$$i_n = \frac{H_{N+1} - H_N}{50} * 1000 \quad (6)$$

在图 5 中设计轨面起点高程直接要等于计算轨面高程，这样做的好处是为了更好的将不同设计者或者相邻段的线路能够连接在一起，设计轨面的最小坡段为 200m，设计轨面高程是上一点的设计轨面高程加设计坡度后高程的增量，就如图 4 中所示的那样。03 为前变量，(H4-H3) 为这点里程与前一点里程差。C2 表示设计轨面和计算轨面的差值。C1 为设计道床厚度一般要接与 0.45，不小于 0.25 符合设计规范。

既有路肩坐标	计算轨面坐标	坡度 i	设计坡度
2169.9321, 2398.1472	2169.9321, 2406.8272	1.9	1.9
2159.9321, 2398.9772	2159.9321, 2407.7572	1.9	1.9
2149.9321, 2399.4072	2149.9321, 2406.7872	1.1	1.9
	2139.9321	2.4	1.9
	2129.9321	2.1	1.9
	2119.9321	2.1	1.9
	2099.9321, 2403.5272	2.0	1.2
	2089.9321, 2404.2772	2.0	1.2

图 4 拉坡设计表

在图 5 中 14.75 是指在以 482 为起点向上移 14.75mm, $14.75 = (483.475 - 482) * 10$, O2 为变量, 483.475 为设计高程起点, 每个设计高程与设计高程起点之间的差为 $(O2 - 483.475)$, ROUND(, 4) 为了让设计轨面保留三位小数。

图 4 和图 5 中 2169.9321, 2391.7772 在 CAD 所对应的就是米格起始点坐标, 372000 和 482, 用这两个值作为原点是为了有效利用图纸的空间, 不然以 0 点为多大的图纸都画不下, 虽然原点坐标变了但是图中的线的形状和相对位置都是没有变的, 还有就是 CAD 图和表格之间的关系, CAD 中米格长度为 10mm, 横向过一米格为 50m, 在里程上表格单位都是米所以转化长度要除以 5, 在横向同样一米格长度为 10mm, 但是坐标中过一米格为 1m, 高程坐标单位为 m, 所以要乘以 10。

图 6 公式中在 y 坐标有多减了 200, 是为了将后半段坐标与图整体向下平移 200, 让整个坡度设计能在 CAD 中合理布局。CAD 坡段坡度设计中一般都是从右向做设计但是文本框是从左向右所以必须逆序排列的过程, 如图 7 中所示。坡度设计可以取计算坡度数值相近的平均值为设计坡度的试坡值, 再看设计坡度是否让设计道床厚度经量在 0.45m 左右, 而且不要小于 25, 当然为了能直观的看到线型, 建议像我一样, 建立拉坡表这样就能够 CAD 和拉坡表相结合设计坡度非常的容易和直观。

坡	设计轨面高程	设计轨面坡度	设计轨面坐标
	482.00	0.45	2169.9321, 2406.5272
	483.475	0.06	2149.9321, 2406.4272
	483.67	0.51	2149.9321, 2406.4272
	483.76	0.50	2139.9321, 2409.3772
		0.50	2129.9321, 2409.3772
1.3	484.04	0.00	2059.9321, 2413.9272
1.3	484.10	0.46	2059.9321, 2413.9272
2	484.16	0.46	2059.9321, 2413.9272
2	484.19	0.46	2059.9321, 2413.9272
0.7	484.22	0.48	2059.9321, 2413.9272

图 5 拉坡设计表

I	K	
889.9321, 2586.0372	889.9321, 2578.4972	=I135&"&2391.7772+6.3
=I136&"&2391.7772+6.3	879.9321, 2581.8272	7+(C135-482.637)*10
7+(C136-482.637)*10-200	869.9321, 2585.6972	
849.9321, 2606.6972	849.9321, 2590.3172	849.9321, 2598.6972
839.9321, 2606.6972	839.9321, 2599.1572	839.9321, 2606.6972
839.9321, 2406.6972	839.9321, 2399.1572	839.9321, 2406.6972
829.9321, 2410.5272	829.9321, 2404.6872	829.9321, 2410.5272
819.9321, 2414.1672	819.9321, 2406.5272	819.9321, 2414.1672
809.9321, 2417.9972	809.9321, 2410.4572	809.9321, 2417.9972

图 6 拉坡设计表

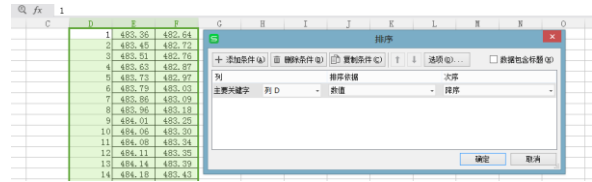


图 7 拉坡设计表

[参考文献]

- [1]刘永孝. 铁路线路养护维修(第二版)[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2017.
- [2]易思蓉. 铁路选线设计(第三版)[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2009.
- [3]何学科. 铁道工务[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
- [4]郝瀛. 铁道工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000.
- [5]中华人民共和国铁道部. 铁路工务安全规则[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [6]中华人民共和国铁道部. 铁路线路维修规则[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [7]沈相宙. 铁路道岔养护[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
- [8]铁道部工务局. 铁路工务技术手册线路业务[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.
- [9]申国祥. 铁路轨道[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1996.
- [10]中华人民共和国铁道部. 铁路线路设计规范[M]. 北京: 计划出版社, 2006.
- [11]中华人民共和国铁道部. 铁路线路维修规范[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
- [12]铁道部经济规划研究院主编. 铁路轨道设计规范[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [13]中华人民共和国行业标准. 大型养路机械使用管理规则[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [14]李菲等. 高速动车组概论[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2008.

作者简介: 徐伟超(1994.1-), 男, 毕业院校: 兰州交通大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 新疆铁道职业技术学院, 职务: 教师, 职称级别: 助理讲师。