

如何使用等高线地形图指导无线网络设计

夏昊,黄善兰

(北京中网华通设计咨询有限公司,北京 100070)

摘要: 介绍了等高线地形图的构成和读图技巧,以及如何使用等高线地图指导无线网络设计,并较为详细地介绍了借助等高线地图进行无线网络设计的几种常见案例。

关键词: 等高线;无线网络;余隙;无线覆盖

中图分类号: TN929.532

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)07-0059-04

How to direct wireless network design by a contour line

Xia Hao, Huang Shanlan

(Chinacomm Design & Consulting Co., Ltd, Beijing 100070, China)

Abstract: The paper introduces the formation of a contour line relief map and its interpreting drawings skill, and how to direct wireless network design by a contour line. In the meantime, it also explains several common applications of wireless network design on a contour line relief map.

Key words: contour line; wireless network; clearance; wireless coverage

等高线图能显示地表的高低起伏状态,如高山、溪谷、险或缓坡、悬崖或峭壁,了解这种地图的构成及其阅读方法,对于通信工程的勘察设计具有重要的指导意义。因此,掌握有关等高线的知识很有必要。

1 等高线地形图的构成及读图技巧

用等高线表示地面的高低起伏的地图就是等高线地形图。它是将地表高度相同的点连成一环线投影在平面形成水平曲线。不同高度的环线不会相合,若地表出现平坦开阔的山坡,曲线之间的距离就相当宽,而其基准线是以海平面的平均海潮位线为准。每张地图都有制作标示说明,让使用者方便使用,主要图示有比例尺、图号、图幅接合表、图例与方位偏角度。

1.1 比例尺

地图比例尺是地图标示的符号,它是指图上某线段的长与相应的实地水平距离之比。即:地图比例尺=图上长度/相应实地水平距离。需要注意的是,在地图上量取计算的距离实际上只是水平距离。如果实地的坡度较大时,还应按比例加上适当的坡度和弯曲改正数。

1.2 方位偏角度

方位偏角度是表示正北(地球北极或叫真北)、磁北(地面上任一点磁针所指的南北方向)、方格北(地图指示

北方或称坐标纵线)之间的关系与彼此偏差的角度。

地图的下方标有坐标线(地图指北方)、真子午线(地球北极)、磁子午线(磁针所指方向)三者之间的关系。这种图的垂直边框为真子午线,也称真北线,如图1所示。

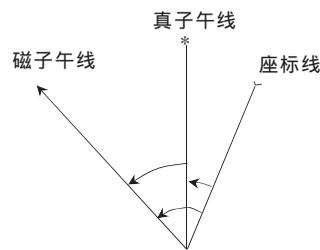


图1 方位偏角度图

从某一点的指北方向线

算起,按顺时针方向至某目标点的方向线之间的水平夹角,称之为该目标点的方位角。从真子午线算起的称之为“真方位角”,从磁子午线算起的称之为“磁方位角”,从坐标系中的纵线算起的称之为“坐标方位角”,它的角值介于 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 之间。

1.3 等高线与等高距

通常 $1:5\times 10^4$ 地形图的等高线呈黄色,按其作用的不同,可分为四种:(1)首曲线。用细实线表示,用以显示地貌的基本形态;(2)计曲线。用加粗实线表示,从高程面起算,每隔4条首曲线绘粗实线,这是为方便使用者阅读而设计;(3)间曲线。按等高距的 $1/2$ 绘制的长虚线,用以显示首曲线不能显示的局部地貌;(4)助曲线。

网络与通信 Network and Communication

按等高距的 1/4 绘制的短虚线,用以显示间曲线还不能显示的局部地貌。

在地图的图廓下方,都注明了本幅地图所采用的基本等高距。等高距指相邻两条等高线之间的高度差。同一地形等高距大,等高线就稀,地貌显示就简略;等高距小,等高线就密,地貌显示就越详细。

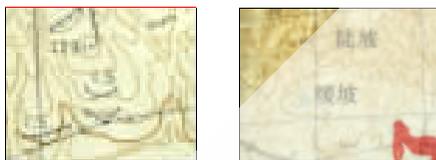
1.4 等高线显示地貌

等高线显示地貌有很多特点:同一条线上各点的高度相等,并各自闭合;等高线多,山就高,如图 2 所示。



图 2 等高线显示地貌

等高线少,山就低,如图 3(a)所示;等高线稀,坡度就缓,等高线密,坡度就陡如图 3(b)所示。看等高线的形状,可确定地貌的类型。



(a)等高线少情况 (b)等高线稀、密情况

图 3 等高线情况

2 利用等高线地图指导移动通信网络勘察设计

移动通信中传播的方式有直射波、反射波、绕射波、散射波和地表波等。在分析移动通信信道时,主要考虑直射波、反射波、绕射波的影响。^[1-2]

在工程设计时,采用空间分集接收技术或使用双极化天线以达到极化分集目的,可以克服由于反射波的影响而产生的衰落(反射波的影响在此不另赘述)。

直射波的传播特性:在自由空间中,电波沿直线传播而不被吸收,也不发生反射、折射和散射等现象而直接到达被接收点的传播方式^[3]。直射波的传播损耗可看成自由空间传播损耗为:

$$L_0 = 32.45 + 20 \lg d + 20 \lg f \text{ (dB)} \quad (1)$$

其中, d 为距离(km), f 为工作频率(MHz)。

当接收机 T 和发射机 R 之间的传播路径被尖利的边缘阻挡时发射绕射。由各种障碍物对电波传播所引起的损耗为绕射损耗。

障碍物与发射点的相对位置如图 4 所示。障碍物引起的绕射损耗与菲涅尔余隙之间的关系如图 5 所示,其中 x_1 称为第一菲涅尔半径。

结论 1: 当横坐标 $x/x_1 > 0.577$ 时,则障碍物对直射波的传播基本没有影响。当 $x=0$ 时,TR 直射波从障碍物顶点擦过,即 0 余隙(如图 3 中横坐标 0 点处),绕射损耗

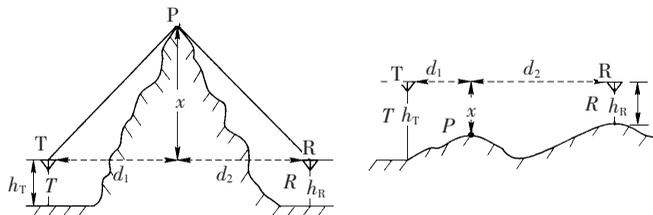


图 4 障碍物与发射点的相对位置

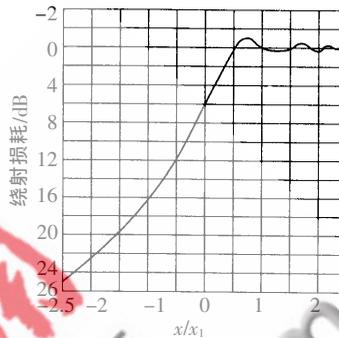


图 5 障碍物引起的绕射损耗与菲涅尔余隙之间的关系

约为 6 dB, TR 直线低于障碍物顶点,即处于负余隙,损耗急剧增加。

在移动通信中,常采用 Okumura 或 COST-Walfish-Ikegami 等电波传播模型来预测传播损耗。Walfish 模型示意图如图 6 所示。

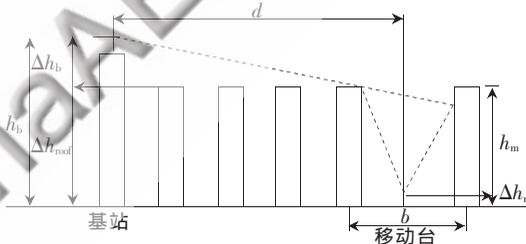


图 6 Walfish 模型示意图

图 6 中, h_b 为基站天线高度 (m), h_m 为移动台高度 (m), h_{roof} 为周围建筑物平均高度 (m), d 为移动台至基站距离 (km), b 为两建筑物中心之间距离 (m), $\Delta h_b = h_b - h_{roof}$, $\Delta h_m = h_{roof} - h_m$

该模型分为视距和非视距两种情况:

(1) 视距情况,基本传输损耗采用下式计算:

$$L_b = 42.6 + 26 \lg d + 20 \lg f \quad (d < 20 \text{ km}) \quad (2)$$

(2) 非视距情况,基本传输损耗 L_b 由自由损耗及两项附加的路径损耗组成:

$$L_b = L_0 + L_{rts} + L_{msl} \quad (3)$$

① L_0 代表自由空间损耗,如式(1),若取 $f=900 \text{ MHz}$, $d=0.9 \text{ km}$ (城市覆盖半径),则 $L_0=91.53 \text{ dB}$

② L_{rts} 是屋顶至街道的绕射损耗及散射损耗:

$$L_{rts} = \begin{cases} -16.9 - 10 \lg W + 10 \lg f + 20 \lg \Delta h_m + L_{str} \\ 0 \end{cases} \quad \text{当 } L_{rts} < 0 \text{ 时} \quad (4)$$

此项损耗主要与街道宽度 W 、工作频率 f 、 Δh_m 有关(通常 h_m 取 1.5 m),当覆盖区及频率给定后,设计中就无

网络与通信 Network and Communication

法改变,因此,式(5)可看作常数项。 L_{dir} 是与电波入射角有关的值。

③ L_{msl} 是多重屏蔽的绕射损耗,代表电波传播从基站越过许多建筑物的屋顶到达接收机所在的街道旁建筑物屋顶处的额外附加损耗值。

$$L_{msl} = \begin{cases} L_{lsh} + K_a + K_d |gf + K_d |gf - 9lgb \\ 0 \end{cases} \quad \text{当 } L_{msl} < 0 \text{ 时} \quad (5)$$

$$L_{lsh} = \begin{cases} -18lg(1 + \Delta h_b) & h_b > h_{roof} \\ 0 & h_b < h_{roof} \end{cases} \quad (6)$$

对式(6)进行计算分析得知, L_{lsh} 的值不大,或是负损耗。

$$K_a = \begin{cases} 54 & h_b > h_{roof} \\ 54 - 0.8\Delta h_b & d \geq 0.5 \text{ km 及 } h_b < h_{roof} \text{ 时} \\ 54 - 0.8\Delta h_b / 0.5 & d < 0.5 \text{ km 及 } h_b < h_{roof} \text{ 时} \end{cases} \quad (7)$$

式(7)中间项的变化曲线如图7(a)所示。

K_d 表示多屏蔽绕射损耗对距离的依赖关系

$$L_{lsh} = \begin{cases} -18 & h_b > h_{roof} \\ -18 - 15\Delta h_b / h_{roof} & h_b < h_{roof} \text{ 时} \end{cases} \quad (8)$$

式(8)的变化曲线如图7(b)所示。

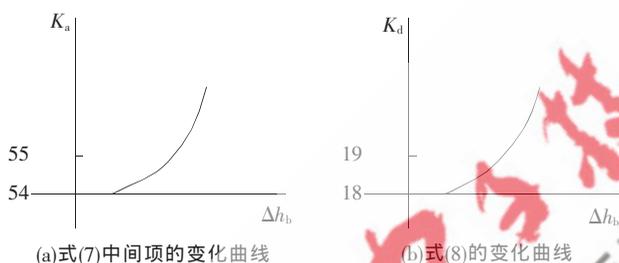


图7 变化曲线

式(5)中, $K_d |gf$ 表示多屏蔽绕射损耗对频率的依赖关系。当 f 给定后,可把它看作常数项。同样 $9lgb$ 也可以看作是常数项,因为当覆盖区域给定后,其建筑物距离 b 即为固定值。

结论2:由式(7)、(8)可以看出:当 $h_b > h_{roof}$ 时,两式中的多重屏蔽绕射损耗分别为54和18,一旦基站天线低于建筑物时,其绕射损耗呈曲线增加。

由以上两点结论再次说明,自由空间传播状态下,障碍物对传输不产生绕射损耗,随着负余隙的加大(Δh_b 为负值),绕射损耗急剧增加。因此,在无线网络基站选址及设计时,特别是在城区,要合理选取 Δh_b 的数值,即合适的天线高度,以实现近区乃至深度的良好覆盖,并且不出现越区覆盖,从而避免干扰。

对于各种公路及农村的覆盖,要让基站尽量设置在高坡或半山腰甚至山头上,取得较大余隙,使基站基本处于自由空间传播状态,最大限度地减少附加损耗,这样,才能达到“少站点、大覆盖”的目标,以获得好的投资效益。

3 工程实施中典型覆盖实例

根据无线传播理论,参照等高线图,利用地形地物情况,在工程勘察中精心选取站点,可以取得良好的覆盖效果,下面是工程实施中的几种典型覆盖案例。

3.1 各种公路的最佳覆盖

随着我国汽车工业和交通业的迅猛发展,公路车流加大,所以对各种类型的公路覆盖成为移动通信网络设计的要点。

3.1.1 对丘陵、山区地带的公路覆盖

丘陵、山区地形复杂,道路曲折,信号受地势阻挡,盲区多,覆盖难度大。位于207国道的某市西南至东会里段就属于这种情况,因此,在设计移动通信网络时,根据地形图选择山坡或拐角高坡建设基站,选择定向天线等扩大覆盖范围。对207国道该段公路进行实际勘察并查阅1:5×10⁴军用地图,先后在沿207国道的西南界、东林尖及白土坡村北建了基站。西南界基站选在村西边临近公路的高坡上,207国道沿东林尖一段的公路迂回曲折如图8所示,选在东林尖东南向孤独的小山丘上(海拔1050m),以H杆方式建设基站如图9所示,虽然该处与周边地势相比不算最高点,但它对于曲折又长的沿线公路为视距传播,使得覆盖距离最远。



图8 207国道沿东林尖一段的公路迂回曲折



图9 以H杆方式建设基站

3.1.2 兼顾公路与村庄的覆盖

某地市从孟县经北峪口到河北的运煤公路,途经长条形的龙华及河谷平原,中间时有高出路面30~50m的陆地“半岛”,其西面连山,东面临路,南北均有村庄,形成了建设基站的“经典”站点,神泉基站、中社基站都屹立在这些“岛屿”之上,如图10所示。

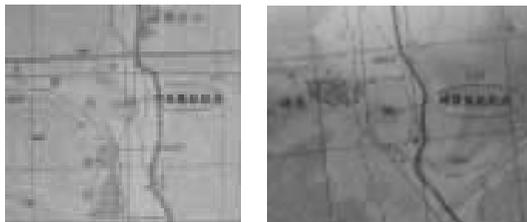


图10 兼顾公路与村庄的覆盖

网络与通信 Network and Communication

因其地势“突出”并具有良好的传播空间,所以一旦建成基站,覆盖效果良好,比如中社基站,依靠地势高差,只建了30 m的铁塔。采用双向天线(增益14 dB),除能覆盖8 km~9 km公路外,还能较好地覆盖沿路的中社村、黄沙口及樊家庄。

3.2 实现乡村的广覆盖,获取高效益

覆盖和投资是运营商考虑的首要问题,而农村的特点是地域大、村庄分布广、人口相对较少。所以,在建设网络时尽量做到少站点大覆盖,才能获得较好的收益。天镇下阴山基站就是按照这种指导思想建设的,如图11(a)所示,下阴山位于过家屯村、小井沟村、韩小屯、西阳坡村中间,下阴山基站选在该村东面紧邻公路的山上,实地勘察时,在山顶上能看见周围几个村庄,四周地势近似丘陵。根据实测经纬度,在军用地图中找到该点,其海拔高度为1 265 m,相对附近地势为高点,如图11(b)所示。根据查看站点周围各村庄的海拔高度,经计算,在该处建设48 m的铁塔,选用天线挂高为45 m,可使周边几个村庄都处于视通状态,再加上采用17 dB的增益和90°半功率角,这样就能够达到较好的覆盖。



图11 乡村覆盖案例

3.3 隧道覆盖

山区隧道覆盖和市区地铁覆盖同属交通沿线覆盖范畴,都有不易建站、信号不易穿透、维护难度大等特点。针对这种特殊情况,通常建站方式有两种:(1)信号源+泄漏电缆。通过沿线开口的泄漏电缆让信号均匀分布在隧道内。但造价很高,主要适用于城区地铁覆盖或超高摩天大楼的电梯覆盖。(2)直放站方式。它具有施工容易,成本较低等优点,在忻州的雁门关隧道的覆盖中就是采用这种方式。

雁门关隧道是我国高速公路第一长隧道,跨于恒山屋脊地段,颇有险要雄伟之势。隧道内公路稍有坡度,但是直线延伸。隧道南出口外的高速公路沿山坡铺设,延伸至平原地带,隧道北出口为一长廊,类似峡谷,长约4 km,出口一段建有高架桥,隧道外的公路沿桥而过,顺峡谷延伸。

起初,隧道内外的公路是信号盲区,因而成为通信设计的覆盖目标,根据隧道内外地形的详细勘察,借助军用地图,在距隧道南口不远的九龙村北边选了站点。该基站距隧道口不远,位于坡度较高且临近公路的地

方,该站点基本朝向隧道洞口,这样,既可很好地覆盖洞外的高速路段,又能很好覆盖附近的九龙村、马寨村等,同时还为隧道内提供信号源。

为覆盖隧道外北段公路,选择在高架桥的左边高山上建设白草口基站,天线正好朝向隧道口。采用窄波束高增益(21 dB)的板状定向天线,既可很好地覆盖洞外狭长的路段,又可兼顾对隧道内的信号延伸覆盖。

在隧道内,同样采用了便于架设的高增益(14 dB)八木天线,同时,在同一个设备点,利用二公分器,对信号源引接,实现了两个方向的天线辐射,这样便能达到更长路段的覆盖。

雁门关隧道的覆盖案例如图12右所示。由于隧道外代县白草口基站和代县九龙基站选址恰当,及合理选择高增益天线,对隧道内的信号覆盖约能延伸800 m左右,在对隧道内进行覆盖设计时,根据隧道内电波传播模型进行链路计算,每条单向隧道CDMA网只需使用一个射频拉远设备(设备在中间),GSM网使用两个光纤直放站,这样既可节省投资,又可到达良好的覆盖。



图12 雁门关隧道的覆盖案例

总的来说,掌握等高线地图的读图技巧,利用等高线地图指导无线网络勘察及基站选址,能使无线网络设计达到更高的水平。

参考文献

- [1] 姚彦,梅顺良,高葆新,等.数字微波中继通信工程(第三版)[M].北京:人民邮电出版社,1993.
- [2] 纪越峰.现代通信技术[M].北京:北京邮电大学出版社,2003.
- [3] 中国通信网.http://www.c114.net,2010-10-03.

(收稿日期:2010-10-27)

作者简介:

夏昊,男,1979年生,工程师,学士,主要研究方向:移动通信站点规划。

黄善兰,女,1981年生,工程师,学士,主要研究方向:移动通信站点规划。