

刍议高速公路长大隧道控制测量方法分析

郭凯敏

中铁十一局集团第五工程有限公司

摘要：高速公路长大隧道的施工质量、控制测量质量在工程项目中具有十分重要的地位。本文主要研究高速公路长大隧道控制测量的方法及精度的提升。首先对高速公路隧道控制测量的原则和要求进行介绍，了解控制测量的特点，其次整理隧道控制测量的常用方法以及实际测量的具体工作内容，在此基础上总结提升高速公路长大隧道控制测量精度的方案策略，希望通过本文的研究能够更加全面的认识高速公路长大隧道控制测量作业，也为后期相关研究提供参考。

关键词：高速公路；长大隧道；控制测量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.068

引言

经济发展与交通基础有密不可分的联系，近年来高速公路建设里程和规模都不断扩大，在特殊地域条件下建设的公路项目不断增加，需要建造更高水平的长大隧道，这也对长大隧道的施工测量精度提出更高的要求。因此在现阶段开展针对高速公路长大隧道控制测量方法的分析研究具有重要的现实意义，能够更加全面的了解高速公路隧道控制测量的原则方法，也为后期更好的提升隧道控制测量精度提供参考，更好的保障高速公路隧道施工质量。

一、高速公路隧道控制测量原则与要求

（一）高速公路隧道控制测量原则

1. 技术先进原则

高速公路隧道的测量控制需要先进的技术设备，先进技术设备的应用一方面能够提升实际测量的精度和效率，满足各种复杂的地势、地形、工况下的测量作业要求，更好的完成测量作业，保障测量精度。另一方面能够更加便利的进行操作，降低测量人员的工作强度，提升工作效率，比如利用GPS卫星定位技术，能够更加便利的完成测量控制网的布设，建立更完善的控制网和更精确的控制点。

2. 因地制宜原则

在高速公路的建设中，不同地区项目地质条件和地形条件不尽相同，因此在对高速公路的隧道工程部分进行施工时，需要考虑到项目的差异性，尤其是长大隧道控制网的布设过程中，需要遵循因地制宜的原则，以切

实保障隧道的控制测量精度。一方面要结合隧道项目的实际情况选择先进合适的测量方案，更好的发挥技术优势；另一方面要踏实做好前期的勘察作业，全方位获取高速公路长大隧道项目所在区域的真实地质情况以及准确无误的勘测数据，为后续的方案设计、测量控制、项目施工奠定坚实基础。通常情况下，高速公路长大隧道项目的现场勘测内容主要包括地形地貌、水文状况和交通状况等，以此为基础设计合理的隧道控制网方案。在实际施测之前，测量人员要实地了解施工测量现场的测量仪器设备，并实地了解当地交通、环境影响等因素，在此基础上优化项目的控制测量方案，更好的保障隧道控制网的精度。

3. 保证质量原则

质量合格是工程项目施工的基本要求，长大隧道对于施工、测量质量的要求更加严格，必须严格遵守保证质量的原则，只有切实保证隧道测量、施工的质量，才能保证其在实际应用中能够安全可靠的发挥隧道的作用，避免出现安全事故。这就要求在布置高速公路长大隧道的测量控制网时，需要严格保证控制网的布设精度，从而更加便利的开展后续的各项操作作业。在长大隧道测量过程中，为了保证更好的获取准确可靠的测量数据，通常是选择高等级控制点作为控制网的起算点，同时为了不影响洞口交通且方便后续向洞内传递方向，应在隧道洞外的适当位置选取控制点和水准点，一般平面控制点不少于3个，水准点不少于2个。

4. 平面高程相结合原则

在整个高速公路的隧道施工中，要遵循相关的规范要求对测量成果的质量控制，因此在隧道的控制测量的原则上就需要有一定的方式方法，首先需要按照整体到局部，从高级到低级的顺序进行布设，然后通过导线测量的顺序进行加密测量，为了达到规范要求的精度，更好的开展隧道的测量工作，施测前应通过仪器检核洞外各个控制点，保证每个点位都是符合规范精度要求的。从整体的测量结构上看，控制测量是以平面和高程这两种类型来划分的，因此在进行隧道控制测量时，要分别建立平面控制网和高程控制网，且洞外控制点高差过大会影响平面控制测量精度，所以进洞联系边的俯仰角不宜过大。

（二）长大隧道控制测量网建网的基本要求

隧道是高速公路工程项目中较为关键的部分，尤其是长大隧道项目，一般处于较为复杂的地域环境，比如横跨距离较远的海峡，落差大的山岭或者特殊的建筑屏障等。这些区域的施工时，受限于特殊的地形特点，施工难度大，质量要求会更高，需要设计更加科学合理的控制测量方案，保障施工质量，实现隧道的准确贯通。长大隧道控制测量方案的设计要同时考虑到隧道高程、中线两方面的控制以及内部结构施工建造的准确性。因此需要满足以下三项基本要求：

首先在隧道控制测量方案的设计中必须建立统一确定的基准，包括长度基准、方位基准以及坐标基准等，从而实现对于隧道工程的全面控制，确保将隧道测量的所有数据都建立在相同的基准之上，避免出现数据混乱的情况，降低出现测量错误的概率。其次在设计控制测量方案时需要与隧道项目的路线设计方案相匹配，彼此之间建立确定性的联系，可以建立几何计算关系或者某些边角位置在实测时连接测量。同时在布设测量控制网时，需要遵循整体为先，局部其次的先后顺序原则，在测量计算精度方面，如果没有特殊情况，子网和主网要保持一致，特殊情况下，可以单独平差，以主网的特殊控制点作为子网的已知固定点，在此基础上进行子网测控。除此之外，测量控制点位的布设还要考虑测量放样作业对于控制精度的要求，在布设测量桩位时，应选择更加便捷而且相对可靠稳固的位置，尽量延长桩位的保存时间。

二、隧道控制测量主要方法与测量内容

（一）隧道控制测量主要方法

1. 平面控制测量方法

高速公路长大隧道测量施工中，内外部环境之间的差异相对较大，内部空间狭窄，施工不便利，需要使用科学的测量方法辅助施工，目前在此类项目的测量作业中常用的测量方法主要包括两种。

其一是导线法，这种测量方法适用于各类隧道的洞内平面控制测量中，能够比较灵活的布设测量控制网，也比较方便选择测量点位和实际测量作业。在实际作业中，可以选择多边形闭合环的形式，这种测量方法能够借助平差来提高隧道内部横向数据的测量精度。具体又分为三角网和交叉双导线两种方式，前者相对灵活，但是由于约束和观测参考少，存在误差难辨的缺点，后者一般用于长大隧道的洞内导线测量，在实际项目测量中，要结合项目特点和测量要求来确定方案。

其二是GPS法，一般用于洞外控制网的测量，通过

与高等级控制点的联测得到精度较高的洞外平面控制网，以此控制网作为联系边向洞内引测导线网，这样可以保证洞内导线网的精度。

2. 高程控制测量方法

高程控制测量是通过水准测量的方式在各个隧道洞口设置水准基点。在隧道工程施工过程中，会间隔设置水准点，并设定相应的往返路线，实际测量中会用水准测量方式进行往返测量形成闭合或者附合水准导线，从而通过平差提升高程测量精度。而且高程测量控制中水准网的布设需要与控制网的布设作业同步进行。

（二）隧道控制测量内容

其一是隧道洞外测量是指在隧道外部建立包含洞外控制点的洞外控制网，主要包括平面控制测量和高程控制测量两部分，利用该控制网获取施工过程中需要的隧道平面以及高程基准，防止出现中线偏移、高程偏差等问题。

其二是洞内测量，一方面是与洞外的控制网相连接，将隧道洞外测量获取到的高程、方向以及坐标等数据传递到隧道洞内，以此为基础建立完整统一的测量坐标系统，另一方面是在此基础上完成对于隧道洞内的高程和平面的测量控制。其三是隧道的施工测量，这部分内容是指按照长大隧道项目的设计方案，结合现场施工的需要进行现场测量，包含各结构物的放样定位以及隧洞掌子面的开挖指导等。其四是交工竣工测量，在长大隧道项目施工完成竣工交付前，需要对隧道工程中的各类建筑物、构筑物的位置、尺寸、隧道洞内的中线位置以及关键断面的实际净空等数据进行验收，这也需要进行测量确认。

三、提升高速公路长大隧道控制测量精度的方案策略

（一）建立合理平面测量控制网

在隧道洞内测量作业时，未贯通的长大隧道项目，前期主要是以闭合导线网的形式呈现平面控制测量的结果。在隧道最终贯通后，两个方向开挖的隧道会合并成为一个导线网。如果完全按照理想化的理论计算，两个掌子面的中线应该是重合的，但是由于开挖施工误差、测量方法、测量设备等原因的存在，不可避免会出现测量误差，难以真正实现双向掌子面中线的重合。最终贯通时，这两个掌子面中线的误差就作为贯通误差。两个中线点连接形成的线段在隧道的横向、纵向、竖向做投影处理，得到的长度即为洞内测量的横向贯通误差、纵向贯通误差以及高程贯通误差。为了更好的保障施工质量和测量控制的精度，需要结合项目特点设计建立适合

该高速公路长大隧道的测量控制网，首先需要根据隧道开挖长度确定隧道洞内测量的等级，其次根据隧道洞室的位置、预计贯通里程、规范对于贯通精度的要求以及使用的测量仪器设备等因素设计合理的隧道洞内的导线测量方案，并估算最终的贯通误差。

（二）合理选择高程测量方法

长大隧道高程测量可能会出现高程误差，为了更好的进行高程测量，需要选择合适的测量方法。高程控制测量需要先在各洞口建立水准网，通过高等级水准路线联测各隧道口水准基准点，获取水准点的高程值，并以此为高程基准往洞内进行水准导线测量，根据国家相关规范确定隧道项目的水准测量等级，选择适合的隧道高程测量方法，并结合项目和测量方法，选择合适的测量设备。隧道高程测量的常用方法主要包括三角高程测量法、水准测量法等，长大隧道一般对于贯通误差要求较高，为了保证贯通误差符合规范要求，使用电子水准仪进行几何水准测量能够提高高程控制网精度。

（三）其他提升策略

1) 是严格按设计的控制测量等级相关技术要求进行施测。注意检校仪器使其处于完好状态。2) 隧洞每开挖到一定长度时要及时增设导线点，平面导线点和水准点可以共桩，指导开挖的临时点要控制在3个以上，点位埋设稳定，标识清晰，使用前经常性的检核点间关系正确性。3) 精密控制网适时跟进并对施工转点桩进行控制校正，施工引测放样应闭合于稳定的高等级控制桩上。保持隧道每开挖到一定阶段或长度时要及时对施工导线进行检测及精度估算。4) 导线要布设成多边形闭合环，尽量采用交叉双导线的形式，在测量环境允许范围内尽可能的选长边，闭合环边数一般为4-6条为宜。5) 应严格进行边长的投影改化及闭合环闭合差的误差分配改正，精密网应进行坐标严密平差，正确计算各点平面坐标。6) 充分避免导线测角观测过程中系统误差的影响，从桩位选择到观测时间的把握，测量工作的准备及通风后的观测环境审视均应从严要求，测量前仪器需要开机先适应环境，且配备温度、气压和湿度测量设备，将测量值输入仪器获取更准确的测量数据。对于高程精度测量等级为三等或以上时应尽量采用精密几何水准方式实施完成。8) 单口掘进长度过长时可通过加测陀螺定向边的方式对洞内导线进行检核。9) 隧道贯通时，相向施工单位应及时进行中线、高程的初步贯通联测以评估隧洞贯通后的轴线吻合情况；导线法贯通测量应联测贯通面两端的原测导线桩。并搭接测量可靠

的若干控制桩进行附合并进行精度评定，符合限差时可将贯通误差进行分配，平差处理后坐标成果作为未衬砌段隧道边墙衬砌以及后续的施工依据。

结语

通过本文的分析研究可知，高速公路项目中长大隧道工程的比例不断增加，施工测量要求也越来越高，必须依靠先进的技术设备和科学合理的方案方法来保障隧道的测量成果质量。在高速公路长大隧道的测量作业中，需要严格遵守技术先进、质量为先、因地制宜等基本原则，满足控制测量作业的基本要求。同时要结合项目的特点合理选择测量方法，完成平面、高程等多方面的测量作业内容。为了更好的提升测量成果精度，可以从建立测量控制网、合理选择测量仪器及方法等方面入手。未来随着内循环经济的不断发展，国内交通产业的规模也会不断扩大，高速公路长大隧道将会在更加复杂的环境中投入建设，也就对控制测量的精度提出了更高的要求，这就需要从业人员研究更加科学的控制测量技术方案，更好的保障隧道的测量成果质量，为经济发展奠定坚实的公路交通基础。

参考文献

- [1] 白松岩. 基于激光点云的隧道光环境亮度测量方法研究[D]. 重庆交通大学, 2023.
- [2] 支小平, 曹建. 公路隧道贯通测量及误差估算分析的关键技术研究[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(04): 50-52.
- [3] 杨玄伟, 申铁军. 汾石高速公路隧道施工测量技术要点分析[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(01): 153-155.
- [4] 相龙, 丁亚辉, 朱瑞泉等. 高速公路特长隧道控制测量技术研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2019, 15(12): 291-293.
- [5] 吕小华, 张攀科. 高速公路特长隧道贯通误差控制测量技术[J]. 中国高新科技, 2019, (16): 69-71.
- [6] 王橙, 王次雨, 孙健等. 高速公路特长隧道贯通误差控制测量技术[J]. 四川建材, 2019, 45(02): 66-67.
- [7] 殷吉华. 高速公路特长隧道控制测量技术[J]. 四川建材, 2017, 43(06): 186-187.

作者简介: 郭凯敏, 1991年9月20日, 男, 汉, 山西省晋城市, 本科, 工程师, 研究方向: 工程测量方向。