

东川矿区平面测量控制网布置的

一些經驗教訓

张 維

矿区平面控制网的测設在矿山建設中占着一个重要的地位。控制网測設的好坏，关系着矿山各项測量工作和矿山建設工作是否能順利进行。矿山建設一般是經歷地質勘探、勘探設計、基本建設，最后是生产时期。由于各个时期对測量精度要求不同，对如何作好矿区控制网的技术設計、正确适当的布設矿区控制网是应当給以必要重視的。

东川自 1951 年到 1959 年中，前后进行了为数巨大的平面控制的測設工作，从時間和要求上来看，我們大体可分为三个时期，即地質勘探、勘探設計和基本建設三个时期的布网。由于各个时期服务对象不同，測量单位較多，彼此缺乏联系，因而在矿区中作了三次較大规模的布网；在控制測量中投下了很大的力量。

勘探初期（1951 年）在矿区进行了第一次控制网的測設，当时只考虑滿足初期地質勘探需要，同时又缺乏正规操作规范和技术設計，所以只在落雪地区布設了一个小网，用普通鋼尺丈量了一条三百多公尺的基綫，准备只滿足当时落雪地区施測地質地形之用，随着勘探工程扩大，网形逐步扩张，到年底，由一条 300 多公尺的基綫所起的局部小网竟扩展为全矿区的大控制网，图形增为 200 多个，有单三角形、中心网、四边形、半网等，边长由 250~6000 M，設点 300 多，虽然以后又增設基綫两条，但长度也只二、三百公尺，丈量仍用普通鋼尺，方位沒有校核，測角精度要求較低，前后用 1"、10"、20"、30" 等仪器来施測，显然这一控制网是无法滿足大比例尺測图和其他特殊工程之用的，但在全部勘探时期，我們还是以这个网进行了矿区的地質勘探基本測图和井巷貫通之用，我們認為这个网的特点是短边多（1 公里左右），方向的积累扭曲大，但在某一局部地区其相对誤差还不是很大，而且在貫通地区对局部网又作了增高精度的角度复測工作，所以这一个网在局部工程上还是起到一定作用。但对整体，特别是对全区的图紙鉚接方面是不利的。該网沒有考虑投影面，仅用矿区独立假設坐标系統，埋石質量低，測角誤差大。这些都确定了初期勘探使用的控制网不能滿足后期建設之用。

1956 年勘探設計开始，在矿区中又布設了第二次的平面控制，这一次的布网是采取由整体而局部、自三等开始往下布置的，原来預定符合于国家网上，后因军委成果沒有及时提出，所以只好又自行用鋼尺丈量了一条长约 2.5 公里的基綫，三角网的边长 3.5~16 公里，平均約 8 公里，采用矿区独立坐标系統，共布三角点四等以上 36 点，測設精度相当于城市二、三級网，这一次測設的控制网比較正规，一般可以满足 1/5000 以上地形測图要求（过去是在四等三角点以下加四等补点，一二三四級导綫及經緯仪导綫等級滿足）这样精度依次降低，积累誤差影响很大，同时基綫只有一条，所以对基本建設时期的井巷开拓和特殊比例尺測图要求仍然不能滿足要求。

为了弥补第二次布网的缺陷，在 58 年基本建設开始时，我們在矿区重点地区又另行布置了两个局部控制网，方位和座标采用第二次布网系統，精度按城市一級网要求，二网各設基綫二条，每条均在 1~3.5 公里之內，三角边长 2—6 公里，平均三公里，最远点相对誤差均在 5 公分以內，以后其他矿山开拓也相繼开展，我們又把这两个网相联起来，因而又形成第三次布网，网的投影面和第二次布网一样，是矿区平均高程面。由于基綫丈量不同和控制网要求不同，与第二次布网相比較，座标差最大达三寸、全区用相当城市四等以上精度布設的控制点共 264 点（包括抗口插点）。第三次布网精度較第二次高，基本上滿足了大比例尺測图和井巷开拓之用，但缺点是控制面积小，不能滿足全区，只能滿足局部地区的要求。

現在我們是采取二、三次网联合使用，逐步废除第一次的布网，不同座标系統的控制网以換算的办法，使全区的控制和地形图統一起来。至于过去零星布設的一些磁方位系統的小控制，則基本上废除了。經過八年的

時間，東川的控制网才算基本上統一，而且也才大体定型。這期間為了滿足不同的精度要求，我們曾經投入了不少的力量，來布設矿区控制网，重測浪費不必說，就是現在新旧座標系統的換算、地形圖改變座標綫、以及新旧控制點和資料的清理、廢除等，還是沒有完成的一項大工作，還需要我們繼續投入一批不小的力量。

幾年來東川控制网布設的經驗教訓是：矿区布网須要照顧目前的需要，又要考慮今后長遠發展，必須堅持整體布网，也要適當照顧局部要求。因此在矿区布网，應當有一個全面長遠的規劃，規劃應當注意基本布网和各工種各時期對控制网不同精度要求的矛盾，東川過去の布网教訓也在于沒有很好注意上述原則。

還應當注意到新建矿山的特点。這些特点在測量上需要考慮的是：矿山建設總是逐步推進的，一般是先地質勘探，進而勘察設計、基本建設，最後才是生產。這些工序在不同時期進行，對測量有不同的要求。有時當矿山建設進行到一定時期，這些工序在整个矿区中可能都有，因而又會出現很多工種的測量工作，一般在矿山中除控制水准地形測量外，還有地質測量、工程測量（鐵路、公路、管道等）、井巷測量（豎井、溜井、斜井平坑）施工定綫測量，采礦測量等。作為一切測量基礎的控制測量如何滿足這些不同種別の測量要求，是需要嚴密考慮的。此外，在大型矿区中，測量部門一般不止一個，如果沒有統一的控制設計和採取相互協作，勢必形成各搞一套的混亂局面。

根據東川幾年來布設控制网的經驗教訓，中心問題是如何合理設計布置矿区控制网，避免重測浪費，如何組織控制网的設計實現。下面是我們對新建矿山控制网設計布置的一些体会和意見，提供有關方面參考。

一、新建矿山平面控制网的精度要求問題：

我們認為矿山建設中，由於測量工種多，時間前後，情況要求各有不同，要想布設一個完全滿足各方面要求的控制网是困難的，按照控制网的布設原則來說，必需先整體後局部，也就是先布高級的大网，以後再加密，但實際上大网又很難滿足特殊工程的要求，如較長的井巷貫通等。如果把布网的精度提得太高，工程量亦將增加，也會造成測量實際工作中的困難，在山区中還有另一個特点是：地形複雜，交點困難，基綫選擇不易、网大或點稀，常常不易滿足坑口定位的需要，必須聯測很多网才能定出坑口位置，所以在考慮网的精度時，也應當根據情況予以注意。因此矿区控制网的布設我們認為分為基本网和滿足特殊工程需要网，兩種同時考慮布設還比較恰當，先根據矿山最多工程要求和基本測圖的要求來決定基本网的精度，從東川的情況看具體是：①矿区基本測圖一般為 $1:1000 \sim 1:2000$ 測圖，控制點的點位誤差，應在 0.1 公尺以內。②在井巷開拓及貫通上需要較多的是 2 公里以內的平坑或 200 公尺以內的豎井，對於坑口定點的誤差要求，其相對位移一般約在 0.05 公尺上下，其絕對貫通誤差為 $0.1 \sim 0.15$ 公尺。③一般施工定綫的測量，如中小型廠房的定位，一般機器的安裝等控制點的位移誤差在 0.1 公尺以內也能滿足。

根據上述三種情況，基本网的布設起始要求應當在點位誤差 0.1 公尺以內，其中我們還應當把山区的布网需要等級考慮過去。但另一方面，除了地形測圖外，用於矿山井巷開拓和廠房施工測量的控制，往往不一定要整體連系，它只要求某一地區局部的相對精度，這也是一個有利條件。這樣我們仍然可以確定基本布网的精度要求在 0.1 公尺以內就行了。確定了基本布网情況精度要求後，進一步就可制定全部控制网測設的技術方案。

對於特殊工程的控制网測設，基本网的精度是不能滿足要求的，像三、四公里的坑道貫通， 500 公尺以上的豎井貫通，大型廠房機器的精密定綫安裝， $1:500$ 以上大比例尺的特殊測圖等，對控制點的精度要求都很高，這時我們可在基本布网之下測設局部的高精度小网，辦法可以採用提高某一局部加密网的精度，或者以短基綫另測小网，但這些小网必須和基本网的座標、方位系統統一，亦即小网應採取基本网中的某一起算數據，其他則根據特殊工程的精度要求另行測設，在布局部网時，也必須自下而上的計算精度要求，根據工程的需要來確定精度，不應盲目，然後自上而下的布网。

二、平面控制网形的布設：

控制网所包括的面積應當考慮到矿区的发展，特別是基本网的布設應當注意到控制网本身易于擴展，否則也會造成以後的擴張被動。在矿区的重點地區，控制网主要是照顧井巷開拓和施工要求，也適當照顧基本

測圖和特種比例尺測圖布小型網的要求，在礦區邊緣地區則應照顧向外擴展的便利。適當選擇控制網邊長和點數，邊太長、點太稀，控制網的等級將會增加，精度也就逐步降低，同樣不能滿足礦山建設需要。如果邊太長，點太密，也會增加不必要的工作量，我們可以在礦區重點建設地區，特別是井巷開拓，采礦以及大型廠房建築地區，適當增加點的密度，注意點位的選擇，埋石質重，以免被損壞，在一般地區則可減少點數，放寬邊長。

山區選擇基綫不易，往往為了遷就基綫，而影響主網圖形，所以應做好圖形強度和精度估計工作，慎重搞好控制網的圖形設計。東川過去的工作就因為忽視了精度，估計工作，以至造成了一些實測中的返工，在施測精度要求上，也應當注意山區地形和氣候的特點，如果精度要求不合理，也會造成不必要的返工。在山區地形複雜，在交會點上會出現邊長懸殊情況，一律硬性要求各邊都達到同樣等級精度是困難的，我們在第三次控制測設的后期，對同一點上邊長懸殊的測角精度要求也做了一些改變，至於測圖精度放寬多少，可以按照點位精度要求來計算，長邊測角精度要求高，短邊測角精度要求稍低，我們認為可以得到同樣預期效果。

三、測設控制網的統一規劃和組織領導問題：

1. 統一坐標系統：礦區的坐標系統最好和國家統一，如果暫時不可能也應當在全礦區中使用獨立的統一系統、統一的礦區平均高程面，以便今後統一換算，礦區的一切小網，加密網和其測量工作都必須符合到基本統一網上。礦區控制坐標系統的混亂，會給各項工程帶來混亂，特別在基建和生產時期更顯得突出。東川在舊坐標換算上花費了很多的時間和人力。

2. 統一平面控制的操作規程，在礦區中不論做任何測量都必須有控制，但控制的精度要求卻不尽相同，雖然如此，為了彼此相近工程能互相利用，統一礦區平面測量的控制操作規程還是必要的，基本網使用一個規程，加密網分為一般工程和特殊工程，必要時也可分為勘探、基建和特殊工程三類來制定統一規程。東川目前是一般工程使用地質部大比例尺規範，基建工程使用勘探公司規範，特殊工程另提技術設計，這樣作也不太好，以後準備根據上述規範另行統一制訂印發。

3. 加強測量單位之間的協作，統一保管和使用控制資料。過去東川的資料四分五裂，有些資料測完後帶出東川，在東川的也是各單位自行保管，使用起來很不方便、控制測設也是各干各的，要求各不相同。成立測繪科後才逐步著手收集和清理資料，制定控制點分幅圖，統一編號，制定礦區的全部成果表等來解決成果的相互利用問題。如果在控制布設開始之前，就注意這一工作，混亂情況就會減少或避免，利用率也會提高。

在一個礦區中各測量單位的相互協作、考慮其他單位和工種的需要以及照顧長遠利益的問題是很重要的，否則在統一地區，同時間或不同時間重測復測的現象，仍然無法避免。甚至礦區基本網設計了以後，仍然無法實現資料相互利用。這裡存在着當前需要和長遠利益的矛盾，局部和整體的矛盾，需要和可能的矛盾，這些矛盾在礦山建設中常常出現，也很難解決，但不解決又將使統一布網的規劃全部打破。應當承認，各測量單位間必然有時時間緊、經費不足，任務要求急緩和力量小等問題，統一矛盾首先只有從組織上著手，在礦區中應當建議成立統一測量業務管理機構，或者是代管機構，礦山測量人員有責任向黨委和行政提出統一平面控制規劃的意見，陳述統一布設礦區網的作用。在礦區黨委領導下，做好統一規劃，然後各測量單位分工協做，共同做好礦區的基本布網和按著統一的操作規劃進行加密網或特殊工程的小網。當然，統一矛盾中必然會影響一些當前的局部任務，但為了礦山的長遠打算只有採取局部服從整體、當前服從長遠、加強相互協作等方法來解決，對於一些特殊、緊急的工程也可以在不影響統一布網的原則下，給予適當的照顧。

四、礦區控制網統一平差問題：

我們認為基本網的高級網必需統一平差計算，但加密網或特殊工程小網就不一定要全區整體平差，因為許多精度要求高的工程並不一定要相互聯系，全體整體平差不僅增加工程量，而且也會相互影響，對某些特殊要求的局部網也不利。

以上是東川幾年來控制網布設中的一些經驗教訓，[僅供有關方面參考，至於控制網的其他測設具體經驗，我們正另行總結。