引文格式：张建龙. 矿山测量技能竞赛在贯通测量实训课中的应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21(9): 128-131. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.09.031

矿山测量技能竞赛在贯通测量实训课中的应用

张建龙[1]
（1. 黑龙江能源职业学院 资源与化学环境工程系，黑龙江 双鸭山 155100）

摘　要：职业院校技能大赛正逐步成为培养、选拔高水平技术技能型人才的重要平台，以全国煤炭职业院校技能大赛“矿山测量技术”赛项为基础，分析了赛项内容和技术要求。针对目前竞赛普惠性较差的问题，将赛项应用于贯通测量实训课中，以提高学生训练的积极性，达到以赛促教、以赛促学的目的；将基础理论教学与技能大赛内容相结合，建立了贯通测量点位误差分析模型，并进行了模拟实训，结果表明贯通相遇点预计误差显著小于规范要求，可为涉煤类院校教学改革和人才培养提供了一定的参考。

关键词：矿山测量；技能竞赛；贯通测量；误差预计
中图分类号：P258　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）09-0128-04

Application of Mine Survey Skill Competition in Through Survey Training Course

ZHANG Jianlong[1]
(1. Department of Resource and Chemical Environment Engineering, Heilongjiang Energy Vocational College, Shuangyashan 155100, China)

Abstract: Vocational college skill competition is gradually becoming an important platform for training and selecting high-level technical talents. Based on the mine surveying technology competition of national coal vocational college skill competition, we analyzed the contents and technical requirements of competition. Aiming at the problem of poor universality of current competition, we applied this competition into the practical training of through survey, in order to improve the enthusiasm of training and achieve the purpose of promoting teaching and learning. Based on the combination of basic theory teaching and skills competition, we established a position error analysis model for through survey, and carried out the simulation training. The result shows that the predicted error of through survey encounter points is significantly less than the specification requirements, which could provide some references for the teaching reform and talent training of coal-related colleges.

Key words: mine survey, skill competition, through survey, error prediction

为适应新形势下煤炭行业的快速发展，调动广大职业院校学生实践训练的积极性，加强技术技能型人才的培养，提高煤炭行业职业教育能力，提升煤炭职业院校教学水平，减少矿山企业的人才培训成本[1-2]，中国煤炭教育协会联合煤炭工业职业技能鉴定指导中心等多部门开展了全国煤炭职业院校技能大赛，至今已成功举办了8届。本文以黑龙江能源职业学院参加的第六~八届“矿山测量技术”赛项为基础，分析了赛项外业观测和内业计算的流程和技术要求；结合实训课《贯通测量》，提出将竞赛流程和测量标准融入实训课，并利用模拟巷道进行施测，模拟贯通测量真实环境；建立了支导线点位误差分析模型，对待贯通巷道进行了误差预计。

1　“矿山测量技术”赛项分析

1.1　外业观测

“矿山测量技术”赛项包括外业观测和内业计算两部分。外业观测是在井下完成15 s级支导线测量，观测路线见图1，从井口附近A1点出发，沿井下巷道A2、A3、A4、A5依次测量至A6点。竞赛指定使用南方NTS-342R10A全站仪，井下导线测量内容包括水平角、垂直角、斜距、仪器高、觇标高、全巷高。竞赛过程采用团体制，每支参赛队由4名队员组成，分别在A2~A5点设站，按照观测、记录、计算、司尺各岗位轮流操作，每人观测一站，记录一站。

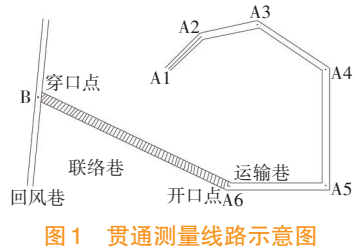


图1　贯通测量线路示意图

外业观测是技能竞赛的第一步，观测成果质量将直接决定竞赛的成败。常见问题包括为节约时间携带

收稿日期：2022-07-09；修回日期：2022-08-19。
项目来源：2021年黑龙江省第二轮高水平高职专业群建设智慧矿山专业群资助项目（2021067）。
作者简介：张建龙（1987—），硕士，讲师，研究方向为工程测量、高职教育，E-mail: zjl905209365@qq.com。

仪器跑步前进、转站时全站仪未装箱前进、长时间离开仪器无人看守、非记录人员参与外业计算、水平角或垂直角超限而未及时进行检查、测量员和记录员读记错误、角度和长度计算未执行测量中的“奇进偶舍”规则。外业观测的要求主要是为了加强学生的规范化意识，培养良好的职业素养。针对这些问题，赛前训练时应反复研读赛项规程和矿山测量相关规范，将规范要求融入训练中，用规程和规范约束训练[3-4]。

1.2　内业计算

内业计算是给定A2点的坐标、高程和A1–A2边方位角，依次计算各导线边的坐标方位角；再计算A3、A4、A5、A6的坐标、高程和底板高程；最后根据给定的穿口点B的坐标、底板高，计算A6至B的贯通平距、高差、坐标方位角、贯通斜距、贯通巷道倾角、指向角。导线任一边的坐标方位角为：

$$\alpha_j=\alpha_0+\sum_1^j\beta_i\pm j\times 180^\circ \tag{1}$$

支导线终点A6的坐标为：

$$\begin{cases}x_{A6}=x_1+l_1\cos\alpha_1+l_2\cos\alpha_2+\cdots+l_n\cos\alpha_n\\ y_{A6}=y_1+l_1\sin\alpha_1+l_2\sin\alpha_2+\cdots+l_n\sin\alpha_n\end{cases} \tag{2}$$

式中，x_1、y_1为A2点坐标；α_0为A1–A2边的坐标方位角；l_1、l_2、…、l_n为导线各边平距；α_1、α_2、…、α_n为导线各边坐标方位角；β_1、β_2、…、β_n为所测导线前进路线左角。

待贯通的联络巷中心线坐标方位角、水平长度、指向角、贯通巷道坡度、贯通巷道斜长的计算公式分别为：

$$\alpha_{A6,B}=\arctan\frac{y_B-y_{A6}}{x_B-x_{A6}} \tag{3}$$

$$l_{A6,B}=\sqrt{(x_B-x_{A6})^2+(y_B-y_{A6})^2} \tag{4}$$

$$\beta=\alpha_{A6,B}-\alpha_{A6,A5} \tag{5}$$

$$i=\frac{H_B-H_{A6}}{l_{A6,B}} \tag{6}$$

$$L_{A6,B}=\sqrt{(H_B-H_{A6})^2+l_{A6,B}^2} \tag{7}$$

式中，H_{A6}、H_B分别为A6点和B点的高程值。

内业计算是一项极其细致的工作，需前后联系、环环相扣。常见问题包括忽略垂直角仰角和俯角的正负号、忽略点位在顶板和底板的正负号、方位角计算左角公式和右角公式颠倒、坐标增量计算中三角函数混淆用错。这些问题中若有一处计算错误则会引起后续步骤连续错误，失之毫厘则谬以千里[5-6]，因此在赛前训练中一方面要反复强调细节，另一方面要从问题原理入手，通过现场演示、作图等方法加深记忆。

1.3　技术要求

该赛项涉及大量测量知识，对学生的操作技能、计算能力都提出了很高要求。竞赛总时长为1.5 h，参赛学生进入一个与自己平时训练完全不同的环境，而且竞赛中关闭巷道中所有灯光，对学生心理也有一定影响，只有规范操作、沉着应对、合理安排内外业时间、组员之间密切配合，才能高质量地完成全部竞赛内容[7-8]。外业测量的主要观测内容为水平角、垂直角和斜距。记录表使用铅笔记录计算，记录的数字与文字应清晰、整洁，不得转抄、涂改、就字改字、连环涂改，不得使用橡皮擦。角度记录秒值错误应重新观测，距离测量厘米和毫米错误应重新观测。水平角测量采用测回法观测两个测回，同一测回中半测回互差不大于20平，两测回间互差不大于12测；垂直角测量采用测回法观测两个测回，垂直角互差不大于15直，指标差互差不大于15标；距离测量观测两个测回，每测回照准棱镜一次，读数4次，一测回最大互差不大于10 mm，单程测回间最大互差不大于15 mm。

1.4　竞赛效果

矿山测量技能竞赛将理论与实践相结合，通过实践训练，使测量中水平角、垂直角计算，方位角计算，三角高程测量计算，坐标增量计算，贯通要素计算等课堂上较难理解的知识点得以落地掌握，对教学有极大的促进作用。通过训练，学生能熟练完成全站仪对中、整平与测角、量边等操作，加强了手动计算能力，提高了学生实践能力[9]。矿山测量技能竞赛涉及的知识点贯穿于《测量学》《控制测量学》《地下工程测量》等核心课程，为课程学习做好了铺垫，学生学习更加容易，考试成绩也较高。竞赛能加深学生对测量原理的理解，遇到测量问题时基本能从技术、原理、人员、仪器配置等方面思考分析问题，并提出解决方法，将所学知识用于实际问题，达到了毕业生的基本要求。

2　矿山测量技能竞赛在实训课中的应用

黑龙江能源职业学院工程测量技术专业已连续多年参加省级、国家级测绘技能竞赛，竞赛取得成绩后，如何让竞赛的相关成果应用于日常教学，如何让技能竞赛的效能普惠到更多的非参赛学生是参赛的最终目标。因此，测量教研室对实训课教学进行了课程改革，将矿山测量技能竞赛与《贯通测量》实训课结合起来：①在实训第一堂课，邀请参赛选手为未参赛的学生开展德育教育，宣讲竞赛过程中的经验和收

获、展现出的良好素养和顽强意志，这种来自身边榜样的力量是一种潜移默化的影响，实践证明宣讲拉近了竞赛和实践教学的距离以及未参赛学生和参赛选手之间的距离；②将基础理论教学与技能大赛内容相结合，工程测量技术专业教学过程中涉及较多的数理知识，职业院校学生基础知识薄弱，往往对基础理论教学不感兴趣，如果在竞赛中弱化原理上的教学，即使测量速度提高很多，但竞赛结束后一段时间再遇到类似问题，学生仍是一知半解，不能正确回答，不能形成一个牢固的记忆，因此在实训课中穿插竞赛案例、在竞赛案例中加入基础理论，让学生不仅知其然更要知其所以然，感受到学习理论的重要性，使其明白有理论支撑的技能才是真正的技能，完善又系统的理论框架下的技术才有更强的创造力。

2.1 贯通测量支导线点位误差分析模型建立

从矿山测量技能竞赛的内容来看，所测导线为一条支导线，外业测量主要测量各测站点的角度和边长，A6点坐标是所有角度和边长的非线性函数，对式（2）进行全微分线性化[10]，由协方差传播率得到A6点在 X 和 Y 方向上的误差为：

$$\begin{cases} M_{x_{A6}}^2 = \dfrac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_1^n\left(\dfrac{\partial x_{A6}}{\partial \beta_i}\right)^2 + \sum_1^n\left(\dfrac{\partial x_{A6}}{\partial l_i}\right)^2 m_{l_i}^2 \\ M_{y_{A6}}^2 = \dfrac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_1^n\left(\dfrac{\partial y_{A6}}{\partial \beta_i}\right)^2 + \sum_1^n\left(\dfrac{\partial y_{A6}}{\partial l_i}\right)^2 m_{l_i}^2 \end{cases} \tag{8}$$

测角中误差和量边中误差的计算公式为：

$$\begin{cases} \dfrac{\partial x_{A6}}{\partial \beta_i} = -\left(l_1\sin\alpha_1\dfrac{\partial \alpha_1}{\partial \beta_i} + l_2\sin\alpha_2\dfrac{\partial \alpha_2}{\partial \beta_i} + \cdots + l_n\sin\alpha_n\dfrac{\partial \alpha_n}{\partial \beta_i}\right) = -R_{y_i} \\ \dfrac{\partial y_{A6}}{\partial \beta_i} = -\left(l_1\cos\alpha_1\dfrac{\partial \alpha_1}{\partial \beta_i} + l_2\cos\alpha_2\dfrac{\partial \alpha_2}{\partial \beta_i} + \cdots + l_n\cos\alpha_n\dfrac{\partial \alpha_n}{\partial \beta_i}\right) = -R_{x_i} \end{cases} \tag{9}$$

$$\begin{cases} \dfrac{\partial x_{A6}}{\partial l_i} = \cos\alpha_i \\ \dfrac{\partial y_{A6}}{\partial l_i} = \sin\alpha_i \end{cases} \tag{10}$$

式中，R_{x_i}、R_{y_i} 分别为A6点与导线点 i 连线在 X 轴、Y 轴上的投影。

因此，对于光电测距导线，式（8）可简化为：

$$\begin{cases} M_{x_{A6}}^2 = \dfrac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_1^n R_{y_i}^2 + \sum_1^n \cos^2\alpha_i m_{l_i}^2 \\ M_{y_{A6}}^2 = \dfrac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_1^n R_{x_i}^2 + \sum_1^n \sin^2\alpha_i m_{l_i}^2 \end{cases} \tag{11}$$

A6点的点位误差为：

$$M_{A6}^2 = M_{x_{A6}}^2 + M_{y_{A6}}^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\sum_1^n R_i^2 + \sum_1^n m_{l_i}^2 \tag{12}$$

2.2 技能竞赛在《贯通测量》实训课中的应用

《贯通测量》实训课是工程测量技术专业学生在学习《地下工程测量》后开设的一门实训课。其目的是让学生熟练掌握点下对中、全站仪导线外业观测和内业计算、井下巷道贯通要素计算并进行贯通相遇点误差预计。全国煤炭职业院校技能大赛“矿山测量技术”赛项内容与该实训内容基本吻合。因此，将竞赛规程、工作要求、技术要求、评分细则完全融入实训中，以竞赛标准进行训练，最后进行成绩评定，并对成绩优异的小组给予一定的奖励。参加过比赛的选手具有丰富的竞赛经验，能帮助未参加比赛的学生快速进入状态，使训练积极性得到很大提高。贯通测量是一项非常重要的测量工作，矿山测量人员责任重大，其任务是要保证掘进工作面沿着设计方向前进，并使贯通接合处的偏差不超过规定限度[11-12]。因此，实训中在按竞赛标准和要求完成外业观测和内业计算后，增加了贯通误差预计内容，让学生在模拟巷道中完整进行贯通测量工作，最大程度地模拟矿山贯通测量的真实环境。

预计水平方向的贯通误差，即预计相遇点K在 X' 方向的误差 $M_{x_K'}$，如图2所示，由导线测角误差、导线光电测距误差引起的K在 X' 方向的误差为：

$$\begin{cases} M_{x_\beta'} = \pm\dfrac{m_\beta}{\rho}\sqrt{\sum R_{y'}^2} \\ M_{x_l'} = \pm\sqrt{\sum m_l^2\cos^2\alpha'} \end{cases} \tag{13}$$

式中，$R_{y'}$ 为K点与各导线点连线在 Y' 轴上的投影长度；α' 为导线各边与 X' 轴间的夹角。

K点在 X' 方向的预计中误差为：

$$M_{x_K'} = \pm\sqrt{M_{x_\beta'}^2 + M_{x_l'}^2} \tag{14}$$

导线独立施测两次，平均值的中误差为：

$$M_{x_{K平}'} = \pm\frac{M_{x_K'}}{\sqrt{2}} \tag{15}$$

取极限误差为中误差的两倍，则K点在 X' 方向的预计误差为：

$$M_{x_{K预}'} = 2M_{x_{K平}'} \tag{16}$$

3 实例分析

《贯通测量》实训课在黑龙江能源职业学院模拟

巷道中进行，模拟巷道由一号教学楼地下室改造而成，能满足采矿、地质、矿井通风、矿山测量等实训课训练。某次贯通测量实训中按竞赛要求施测了支导线A1、A2、…、A6，给定起始边坐标方位角$\alpha_{A1,A2}=27°16'43''$，外业测量了各导线点左角和各边长（表1）。为计算A6点的点位误差，利用南方CASS9.0软件将各点按1∶500的比例尺展绘在图上，连接各点形成导线图；并做出A2、A3、A4、A5点至A6点的连线在X轴和Y轴上的投影（表2）。

表1　各导线点左角和各边长

测站点	左角	边号	边长/m
A2	117角与各边长度点	A1–A2	18.206
A3	154206边长度点	A2–A3	22.760
A4	172760边长度点	A3–A4	30.086
A5	105086边长度点	A4–A5	16.127
A1	200127边长度点	A5–A6	42.798
B1	206798边长度点	A1–B1	19.530
B2	201530边长度点	B1–B2	26.935
		B2–B3	25.859

表2　导线点与终点连线在坐标轴的投影

点号	R_x/m	R_y/m
A2	5.414	80.715
A3	13.171	67.565
A4	27.744	41.255
A5	33.768	26.295

所用全站仪的测角精度$m_\beta=2''$，计算得到由测角误差引起的A6点在X轴、Y轴上的误差分别为±1.13 mm和±0.44 mm。该导线采用光电测距量边，所用全站仪的测距精度为$2+2\times10^{-6}$，该导线最长边为42.798 m，比例误差可忽略，只取固定误差，因此各边的量边中误差均为2 mm，由量边误差引起的A6点在X轴、Y轴的误差分别为±2.58 mm和±3.01 mm。A6点在X方向、Y方向的误差分别为±2.82 mm和±3.04 mm，则A6点的点位误差为4.15 mm。

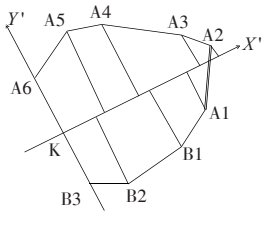


图2　井下导线贯通测量

为进行贯通误差预计，本文施测了A2–A1–B1–B2–B3支导线，贯通相遇点为A6–B3的中点K，贯通重要方向为A6–B3的垂直方向。因此，以K点为原点，沿A6–B3方向建立Y'轴，沿A6–B3的垂直方向建立X'轴，各导线点在Y'轴投影以及各边与X'轴夹角α'见表3。

表3　各导线点投影与各边夹角

点号	$R_{y'}$/m	边号	α'
A1	12.566	A2–A3	63–A36与各边
A2	2.105	A3–A4	38–A46与各边
A3	22.522	A4–A5	30–A52与各边
A4	41.046	A5–A6	43–A66与各边
A5	49.343	A2–A1	53–A13与各边
A6	20.121	A1–B1	33–B11与各边
B1	23.315	B1–B2	61–B25与各边
B2	26.575	B2–B3	14–B35与各边
B3	20.121		

根据上述公式，计算得到由导线测角误差、导线光电测距误差引起的K点在贯通重要方向X'轴的误差分别为±0.8 mm和±4.5 mm，则K点在X'方向的误差为±4.58 m。测量小组对该导线独立施测了两次，得到的平均值中误差为±3.2 mm。K点在X'方向的预计误差为±6.4 mm。《煤矿测量规程》中对同一矿井内巷道贯通，在贯通面上的允许偏差为±0.3 m，由于实训课在模拟巷道中进行，导线总长度较短，测角和量边精度较高，因此贯通误差小于规程规定，满足贯通要求。

4　结　语

本文分析了全国煤炭职业院校技能大赛“矿山测量技术”赛项内容，并将竞赛应用于《贯通测量》实训课中，得到以下结论：①高质量的外业观测成果是准确进行内业计算的前提，小组成员需密切配合按规范进行观测，内业计算涉及大量公式，尤其是坐标方位角，若计算有误将导致后续连环错误，应引起足够重视；②将竞赛内容融入实训课中，以赛项标准进行日常训练，让参赛选手带领未参赛学生进行训练，提高了学生的参与意识和训练积极性，达到了以赛促教、以赛促学的目的，解决了以往竞赛普惠性较差的问题；③将基础理论教学与技能大赛内容相结合，通过建立贯通测量支导线点位误差分析模型，并在模拟巷道中进行实测，导线终点的点位误差为±4.15 mm，预计贯通误差为±6.4 mm，显著小于±0.3 m的贯通允许偏差；④在职业院校中开展技能竞赛，对推动职业教育发展、促进产教融合、弘扬大国工匠精神、深化工匠技能人才培养等具有重要意义。

（下转第138页）