

豎井定向和 地下導綫測量經驗

A. C. 晋佐夫著

測繪出版社

醫藥室內科
地下學醫藥室圖書

（一）（二）（三）（四）

（五）（六）（七）（八）

豎井定向和 地下導綫測量經驗

A. C. 普佐夫 著

賴 云 桃 譯

測繪出版社

1960•北京

А. С. ЗЕНЦОВ
ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА
ОРИЕНТИРОВАНИЯ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТ
И ПОДЗЕМНОЙ
ПОЛИГОНОМЕТРИИ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
МОСКВА 1955 ЛЕНИНГРАД

本書系作者亲身参加建筑三項大型水工隧洞时所完成主要坑道測量工作的經驗总结。書中着重介绍了用最簡單的方法解决隧洞建筑中极重要而困难的地下导綫通过豎井的定向及地下导綫測量問題以及获得高精度的工作經驗。

本書可作为建筑水工隧洞、铁路隧洞、地下铁道、以及采矿工业中的測量和施工人員的实用参考書，亦可供有关专业教师講授隧洞（隧洞）及矿坑測量时参考。

豎井定向和
地下导綫測量經驗

著者	A. C.	晋	佐	夫
譯者	賴	云		桃
出版者	測	繪	出	版社

北京西四羊市大街地質部內

北京市書刊出版业營業許可証出字第081号

发行者	新华書店科技发行所
經售者	各地新华書店
印刷者	国家統計局印刷厂

印数(京)1—2600册

开本850×1168¹/₃₂

字数130,000

定价(10)0.77元

1960年3月北京第1版

1960年3月第1次印刷

印张4¹¹/₁₆插頁1

豎井定向和 地下導綫測量經驗

A. C. 晉佐夫 著

賴 云 桃 譯

測繪出版社

1960•北京

А. С. ЗЕНЦОВ
ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА
ОРИЕНТИРОВАНИЯ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТ
И ПОДЗЕМНОЙ
ПОЛИГОНОМЕТРИИ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
МОСКВА 1955 ЛЕНИНГРАД

本書系作者亲身参加建筑三项大型水工隧洞时所完成主要坑道测量工作的经验总结。书中着重介绍了用最简单的方法解决隧洞建筑中极重要而困难的地下导线通过竖井的定向及地下导线测量问题以及获得高精度的工作经验。

本書可作为建筑水工隧洞、铁路隧道、地下铁道、以及采矿工业中的测量和施工人员的实用参考书，亦可供有关专业教师讲授隧洞（隧道）及矿坑测量时参考。

竖井定向和
地下导线测量经验

著者	A. C.	晋	佐	夫
译者	賴	云		桃
出版者	測	繪	出	版
				社

北京西四羊市大街地质部内

北京市书刊出版业营业许可证出字第081号

发行者 新华书店科技发行所

经售者 各地新华书店

印刷者 国家统计局印刷厂

印数(京)1—2600册

开本850×1168¹/₃₂

字数130,000

定价(10)0.77元

1960年3月北京第1版

1960年3月第1次印刷

印张4¹¹/₁₆插页1

目 录

原序

作者的話

緒論

1. 在建筑水工隧洞时坑道測量工作的意义 9
2. 在水工隧洞建筑中坑道測量工作的一般任务 9
3. 地下巷道定向精度的評定 11

第一章 1号隧洞豎井与水平巷道(洞口)間很长的相向工

- 作段貫通时坑道測量工作的实例 18
4. 地面測量的平面控制概述 18
5. 1号隧洞貫通的技术条件 19
6. 影响隧洞貫通精度的誤差性質 20
7. 1号隧洞相向巷道中綫可能偏差的預計 23
8. 地面上和豎井中对悬錘連接方法的若干意見 31
9. 地面上控制网的加密及隧洞中綫的标定 33
10. 用摆动悬錘投影的豎井C的定向 38
11. 地下主要导綫測量及1号隧洞中綫基本方向的标定 65
12. 各段, 特别是重要地段地下导綫測量精度的初步检查 76
13. 按照已完成的大部分主要坑道測量工作預計1号隧洞相向巷道中綫的可能偏差 83
14. 貫通的实际結果 88
15. 按照橫向誤差資料評定地下导綫角度觀測的精度 92
16. 換算到地下导綫平均标高平面上的改正 93

第二章 2号隧洞豎井定向及地下导綫測量的

- 坑道測量工作实例 94
17. 2号隧洞貫通的技术条件 95
18. 2号隧洞地面上路綫的标定 96
19. 2号隧洞在3号和2号豎井地段上豎井定向及地下导綫測量的实施 98
20. 2号隧洞在2号和1号豎井地段上豎井定向及地下 98

导綫测量的实施.....	111
21. 2 号隧洞在 1 号豎井和洞口間地段上坑道测量工作的实施.....	121
第三章 3 号隧洞豎井定向工作实例	132
22. 預先說明.....	132
23. 3 号隧洞貫通的技术条 件及为实現貫通而 編制的坑道 测量工作总方案.....	132
24. 0 号、1 号、2 号及 3 号豎井的定向.....	134
25. 3 号隧洞貫通的实际結果.....	139
第四章 主要結論及建議	142
参考文献	147

原 序

在最近二十年內，苏联建造了大量的水力发电站，而且其中大部分是有隧洞引水的水电站。

在各项建筑工程由相向工作段同时进行的隧洞建筑中，将这些建筑物的設計准确地移定在实地上，这是一項繁重而又极重要的工作。这项工作，由工程局坑道測量組担任。

在水工隧洞建筑中，坑道測量工作有其特殊的条件和任务。

在这些工作方面，现在水力发电工程总局已經积累了很多的經驗。所出版的专著“建筑水工隧洞时豎井定向和地下导綫測量的工作經驗”，是总结了建筑有大量隧洞工程的两个巨大无比的水力发电站时，各种主要的、現今書籍中論述很少的坑道測量工作的經驗。

作者所編的主要坑道測量工作的这本小册子，保証在这一工程过程中，由許多很长的相向工作面，从各点同时进行各种建筑工程时，所有各项建筑工作段都具有严格的几何联系。同时，在建筑地下建筑物时，具有足够的精度。

按照水力发电工程总局的意見，这本小册子，在加快建筑地下工程建筑物时的岩石开凿、混凝土及安装工程进行的速度方面，有很重大的生产經济效果，并且可作为建筑这些建筑物时以及国民經济其他部門中（在采矿工业，建筑地下鉄道、鉄路及其他隧道时）坑道測量工作者的实际参考。

苏联电站部水力发电工程总局总工程师

A. 別利亚科夫

作者的話

按照苏联共产党第十九次全国代表大会的決議，为了解决我們祖国电气化的主要問題，現在正进行着建筑水力发电站的巨大工程。为了利用山区及平原河流的水能（在建筑唯一的水力发电站时），在大多数情况下，都要建筑水工隧洞。

通常在工程量及費用方面有很大比重的上述工程的最后建成，往往限制水力发电站所有各項建筑物的交付使用期限。

因此，借增加隧洞相向工作段的长度，按照联合进度图提高建筑安装工程的速度来减少輔助井、引进平巷及其他設備的数量，并簡化总的施工組織，具有很重大的业务經濟意义。大大降低工程費用，同时加速工程进度的这些措施的順利实现，除其他原因以外，大多决定于建筑隧洞时所进行的坑道測量工作的精度。

使地下工程建筑物能够以相向工作面从各点同时进行建筑的所有各种工作中，高精度豎井定向和完全自由导綫（支导綫）形式的地下导綫測量，是最重要的，而且这些建筑物施工經驗書籍中又极少敘述的。

作者在建筑三个水工隧洞及許多其他地下建筑物时，以簡單而一般未曾采用过的方法，完成这些主要的坑道測量工作，使得在任何情况下，都获得非常良好的結果。在有深达 130 米的豎井及长达 3 公里的各相向支导綫条件下，完全能滿足地下工程建筑物岩石开凿、混凝土及安装工程施工技术条件的要求。因此，使得上述的很长隧洞建筑物，在相向貫通以前，可以即刻同时进行所有的各种建筑安装工程，包括很复杂的联动机及机械的安装。

在建筑地下工程建筑物（地下鉄道、水工隧洞及鉄路隧道的建筑）时，坑道測量工作的特殊重要性，及其对于采矿工业的作用，是众所周知的。考虑到当前的祖国水工隧洞建筑的任务〔参考文献35、36〕，以及坑道測量工作对于国民經济其他部門的用途，及多年以来由于缺乏高精度豎井定向和地下导綫測量的专著

所遇到的困难，作者抱定目的，要在这本小册子中，将自己的經驗告訴他人，并且以有效的方法，具体地用簡單的实例，闡明在巨大的水工隧洞建筑条件下，坑道测量的进行。

为了使作业人員能够完全理解作业的原則和方法，并且全面地評定其精度，在所举的实例中，亦略述测量的平面控制及地面上隧洞路綫的标定問題。至于高程控制工作，以及所有其他（日常的）坑道测量工作，則略而不談，

特別注意于下列各种問題的敘述：任务的本質、条件、預先計算，实际工作方法、坑道测量工作的精度評定及实际結果——貫通时相向工作段几何中綫的偏差。

現有的矿山測量書籍〔参考文獻5、6、7、8、11、12、14、15、17、20、25、28、34、37、38、39、40〕中，对于在建筑地下工程建筑物时，能滿足技术要求的高精度定向及地下导綫測量敘述极少。在水工隧洞及铁路隧道的設計和施工的書籍〔参考文獻19、24、45、50〕中，以及在下列各書中，（1）К. Ю. 科里契夫斯基著的“隧道的定綫和标定”，1926年出版；（2）М. И. 叶夫多基莫夫 - 罗科托夫斯基著的“隧道的定綫和标定”，1929年出版；（3）С. И. 捷尔別涅夫著的“矿式隧道的定綫和标定”

（見1938年第6期“測量师”杂志），关于这些工作的簡單說明，也是很不完全的，并且沒有直接解答在現代隧道建筑中坑道測量工作的許多重要的实际問題。

在1950年以前出版的地下鉄道建筑經驗的書籍〔参考文獻3、26、31、47〕，比較完善地說明了这些工作。然而在这些書籍中，对于有深井的很长水工隧洞的豎井高精度定向問題沒有足够的研究。

仅在最近几年，在出版物中，出現了在建筑莫斯科及其他地下鉄道时，主要坑道測量工作的組織者及执行者集体編著的两册巨著〔参考文獻4〕。在这本著作中，在广泛的理論和生产的基础上，綜合地下鉄道隧洞工程总局坑道測量工作多年經驗的結果，介紹最适当的方案，預先計算和工作进行方法（包括高精度的定

向)及其精度的全面評定。1950年出版的H. H. 斯捷潘諾夫主編的“城市建設測量學”第二卷[參考文獻16]，也是這些工作的寶貴指導書。

這本最新的書籍偏重敘述建築地下鐵道的工作，沒有詳細研究由於特殊條件所引起的所有問題及地下水工建築物的要求。

可惜，作者在1936—1950年期間建築隧洞及其他地下水工建築物（1950年完工的）時，未能利用上述的詳細指導書。

這本小冊子與上面所述的地下鐵道建築經驗書籍[參考文獻4、16]相配合，是以在水工隧洞建築條件下完成坑道測量工作的特殊實例來補充它。

作者認為，這本小冊子，對於廣大範圍的生產者：測量工作者、坑道測量員；以及按照所採用方法的容易理解性，對於施工人員，都是有用的。

作者認為應該對於前工程局局長，斯大林獎金獲得者И. И. 納伊姆辛工程師及前工程局總工程師，斯大林獎金獲得者А. Ф. 瓦西里葉夫，在建築地下建築物時解決很重要的坑道測量生產任務中所給予的經常大力幫助，表示深切的感謝。

作者亦認為極應對於莫斯科測繪工程學院教授А. С. 費洛年校閱本書工作及其所提的寶貴指示，表示衷心的感謝。同時，對於地下鐵道隧洞工程總局中校工程師Н. Н. 列別捷夫，在評閱手稿時所提出的有益意見，亦表示感謝。

作者將感謝對本書提出改進意見的所有同志。

作者

緒 論

1. 在建筑水工隧洞时坑道測量工作的意义

在建筑唯一的和头等的大型水工建筑物时，有复杂的装备和机械。在那里，水力枢纽的所有各种建筑物的结构，有极严格的几何关系。将这些建筑物的设计正确地移定在实地上具有很重要的生产和经济意义。在施工过程中，加速建筑物施工进度，降低工程成本的这种最重要的技术条件，主要由土石方、混凝土及安装工程各阶段中的坑道测量工作来保证。在主要的水工建筑物的组成中，除分布在地面上的建筑物以外，还有很长（有时达10公里）的引水隧洞，布置在地下的水电站机器房和一系列的平洞、坑道、很深的压力井、围井和工作井时，将这样各种地下建筑物和露天建筑物的设计转移到实地上的坑道测量工作是非常重要而复杂的，要求有极严密的方法——“从整体到局部”。

在建筑上述建筑物时，也象建筑地下铁道及在采矿工业中一样，当按照所述的方法进行工作时，使有复杂联动机和机械的地下岩石开凿、混凝土及安装工程能够以相向工作面从各点同时进行，而且工程建筑物要有充分的精度。所设计的各项建筑物愈复杂，愈巨大，则将设计转移到实地上的坑道测量工作的作用亦愈大。

2. 在水工隧洞建筑中坑道測量工作的一般任务

在山区河流上建筑水力发电站时，很长的水工隧洞的建筑，在工程量和工程费用上都占有很大的比重，并且往往限制水力发电站所有各项工程的施工期限。

在1927—1954年期间，已建成大量水工隧洞。为了确保具有长达60公里的引水隧洞的许多新建大型水力发电站的施工及交付使用的期限〔参考文献35、36〕，在最近时期需要提高水工隧洞建

筑的工程量和施工速度，将每月掘进的速度增加到3—4倍〔参考文献35〕。这一点要用下列各种办法来达到：减少辅助井、设备，并增加工作面长度及机械化全截面一次开挖隧洞，不用导坑来减少掘进平巷工作面的数目，而使总的施工组织简化。在现今竖井，引进平巷及洞口间距离平均为1000—2000米的相向工作面情况下，拟将工作面长度增加到3000—4000米。

这样的隧洞施工组织方向，对建筑这些建筑物的工程局坑道测量组提出极其重要的任务，而且只有通过竖井进行隧洞相向导线定向，这是坑道测量实践中新的任务。

在用不完善的方法将设计转移到实地上的地下建筑物施工及采矿工业的历史中，知道有与设计相差很大的情况，有时并发生很严重的后果：建筑物设计平面图及剖面图偏差很大，延迟交付使用的期限并且浪费很多的材料。

必须指出，在地下水工、运输及其他深埋建筑物的很长相向支巷道通过一个竖井定向时，对于定向的精度提出很高的要求。这是由于，从相邻竖井掘进的地下巷道必须在复杂的地下建筑物相向工作段的几何中线偏差很小及多凿石方和多灌混凝土工程量最少的条件下连接（贯通）。为了降低建筑物许多项目的工程费用，这些对坑道测量精度和建筑安装工程质量的要求是极其重要的。

在进行隧洞坑道测量工作时，必须首先注意减少建筑物几何中线方向上巷道相向导线的横向偏差。地下建筑物施工的实践，往往对各工程局的坑道测量组提出这样的坑道测量工作方案和方法的决定、组织和执行的具体而很重要的任务，这一方案根据施工方法不同（用盾构或不用盾构掘进）要保证所有各种工作的结果误差，就是建筑物相向巷道的几何中线偏差，在下列范围以内：当竖井间工作面长度为1000米时，5—10厘米；当竖井间工作面长度为2000米时，10—20厘米。

通过竖井定向的工作面增长到3000—4000米，对于这些建筑物的工作提出新的重要的任务。当两竖井间这样长时，特别是当

有一短段路綫在曲綫上时，計算地下建築物相向工作段中綫可能偏差的誤差証明，用通常方法（按照矿坑測量勘測規程）进行坑道測量工作不能达到上述貫通誤差的尺寸，因而提出必須找寻这些工作的新方法。同时，因为地面上的主要坑道測量工作已有充分的研究，并且按照其方法和結果完全能滿足实用的要求，所以應該着重注意下列两种主要坑道測量工作的研究：

- （1）通过一个豎井的地下工程建築物相向巷道高精度的定向；
- （2）高精度的地下導綫測量。

3. 地下巷道定向精度的評定

地下相向巷道的貫通精度是下列各种誤差的結果：

- （1）地面上測量的平面控制；
 - （a）主要三角測量；
 - （b）豎井井筒旁边和洞口旁边三角网补点位置的決定；
 - （c）引进導綫測量。
- （2）通过一个豎井的地下導綫的定向。
- （3）地下導綫測量。
- （4）地面上水准測量，通过豎井井筒的标高的传递及地下水准測量。

水准測量工作，按照精度來講，現在可以达到任何最严格的实际要求，在此叙述关于水准測量的計算或关于保証縱剖面上的貫通精度是多余的。另一方面，上面所述各种坑道測量工作的誤差，特别是通过一个豎井的地下巷道定向的誤差，都影响着平面上的貫通精度。

一般講來，通过一个豎井的地下巷道的定向，在任何情況下都是工程測量学及实用矿坑測量学的一个最重要和最引人注意的問題。因此，在矿坑測量学发展的各阶段上，以及現今在工程測量学上，对于地下巷道的定向問題都予以很大的注意和研究〔参考文献 2、3、4、5、6、7、8、11、12、14、16、17；

20、25、26、28、31、34、37、38、39、40、41、42、45、46、47、49]。

大家知道，通过一个豎井的定向，实现地面测量与所拟地下巷道（在采矿工业和建筑地下建筑物时各种建筑安装工程及随后、解决許多很重要的生产技术任务的水平面上）测量的几何联系。

定向时的主要任务，除决定巷道中任何一点的座标 x 、 y 及 z 以外，是将方向角 α 从地面上轉移到巷道中作为地下导綫测量的起始边。这种作业是最困难而重要的，因为方向角轉移的誤差使建筑隧洞时相向巷道在平面上的位置发生偏差，并且增加相向建筑物巷道支导綫的长度。

众所周知，借助于井用悬錘通过一个豎井的定向誤差本身由三个主要部分组成：

地面上与井用悬錘連接的誤差 m_1 ；

用悬錘（或光学仪器）将地面点投影到定向水平面上的誤差 m_2 ；

豎井中与悬錘連接的誤差 m_3 。

定向的总中誤差为

$$m_0 = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2}.$$

所有用斜角联结图形的几何連接方法，首先是通用的联结三角形方法，需要一系列必須的和多余的角度測量及直綫丈量，以及随后的平差計算来决定地下导綫起始直綫定向的或是方向角数值。

現在按照各种参考書籍的来源，从采矿工业、地下鉄道建筑及国外的經驗来研究定向精度的規格。

I. (a) 按照国家采矿技术监察总局的矿坑測量技术規程 [参考文献25] § 325 及全苏矿坑測量科学研究所关于定向的指示 [参考文献34] § 5 的要求，两次独立定向的差异不得超过 $\pm 3'$ 。

由此，一次定向的誤差不得超过：

$$m_0 = \frac{180''}{\sqrt{2}} = \pm 127''.$$

(6) 在众所周知的俄国学者: В.И.巴烏曼教授、И.М.巴富林教授、П.К.索波列夫斯基教授、С.Г.阿維尔辛教授、Б.И.尼基伏罗夫教授、Д.А.卡查柯夫斯基教授、П.А.雷若夫教授、М.П.皮亚特林副教授、Г.А.克'罗托夫副教授 М.И.古謝夫副教授及其他人关于矿坑测量工作指导書中,最完善的、新的和有系統的豎井定向的書籍就是技术科学博士 Д.Н.奥格洛布林教授的著作[参考文献37、38、39、]。

在Д.Н.奥格洛布林的書籍[参考文献38]中,載着技术科学碩士И.Г.李西茨副教授在同一豎井作30次定向結果的資料,其中8次通过两个豎井,15次按照联结三角形方法,7次按照对称方法来完成。取8次通过两个豎井定向而求得的平均方向角数值作为最或然值。将各次定向結果与最或然方向角比較,得出下列一次定向的中誤差 m_0 :

8次通过两豎井的定向 $m_0 = \pm 67'' .8$;

所有定向 $m_0 = \pm 95'' .8$;

15次按照联结三角形方法定向 $m_0 = \pm 97'' .7$;

7次按照对称方法定向 $m_0 = \pm 128'' .1$ 。

(в) 此外,在这本書中123頁,載着В.А.別斯巴洛夫工程师研究的結果。从6次生产定向中,他得出联结三角形方法結果与通过两豎井方法結果的平均差异为 $\pm 86''$ 。

(г) 从Д.Н.奥格洛布林教授选择最有利的联结图形和主要按照联结三角形和四边形方法連接所完成的大量定向中,大多数一次定向的中誤差 $m_0 = 30-60''$ 。

按照П.К.索波列夫斯基教授的意見,Д.Н.奥格洛布林教授[参考文献37,第242—247頁]曾完成一系列极重要的、在地面上設立三个悬錘于起始直綫的方向綫上,并且在豎井中以5个斜角图形与这些悬錘連接的定向,这是一系列极重要的工作。这样,虽然計算工作量很繁重,但是得到多次的校核,因之提高豎井中連接的精度。在科奇卡尔砂金矿上,用各种一次定向的方法在豎井中与悬錘連接,得出直綫 P_1, P_2 的方向角誤差 $M(P_1, P_2)$ 如下: