

团 体 标 准

T/CECS XXXX—XXXX

3. 6kV~40.5kV 纵旋移开式户内交流金属 封闭控制设备

Longitudinal-rotary movable indoor alternating-current metal-enclosed controlgear
for rated voltages above 3.6 kV and up to and including 40.5 kV

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 正常和特殊使用条件 3

5 额定值 4

6 设计与结构 8

7 型式试验 17

8 出厂试验 24

9 纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的选用导则 27

10 应随订货单、投标书和询问单一起提供的资料 31

11 运输、储存、安装、运行和维护规则 33

12 安全 34

13 产品对环境的影响 34

附 录 A（资料性） 与标准 GB/T 3906-2020 表述有改动的相关术语定义和技术要求 35

附 录 B（资料性） 智能交流金属封闭开关设备和控制设备的分级体系 37

附 录 C（资料性） 纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备标准化外形尺寸及安装接口 38

附 录 D（资料性） 纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸 51

附 录 E（资料性） 靠墙及背靠背安装工程示例 56

附 录 F（资料性） 非靠墙安装工程示例 58

参 考 文 献 60

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件按中国工程建设标准化协会《关于印发〈2023年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2023]50号）的要求制定。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工程建设标准化协会提出。本文件由中国工程建设标准化协会电气专业委员会归口。

本文件负责起草单位：广东维能电气有限公司、国网湖北省电力有限公司

本文件参编单位：

本文件主要起草人：

本文件主要审查人：

3. 6kV~40.5kV 纵旋移开式户内交流金属封闭控制设备

1 范围

本标准规定了3.6 kV~40.5 kV纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的术语和定义、使用条件、额定值、设计与结构、型式试验、出厂试验、选用导则等各项技术要求。与主标准GB/T 3906-2020表述有改动的相关术语定义和技术要求见附录A。

本标准适用于工厂装配的、额定电压为3.6kV~40.5kV、户内安装的、频率为50Hz及以下的纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备。其内壳内装有可移开式的元件。

注1：本标准针对三相系统。

注2：设备的安全性取决于产品的设计、制造、使用、调整、配合、安装和运行。

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备内部的绝缘介质为空气，包含铠装和间隔式两种方式。

特殊用途的纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备，例如有易燃气体的场所、矿井或船舶上，需要增加相应的技术要求。

装于纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备中的各元件按照各自标准的规定进行设计和试验。考虑到各个元件在成套开关设备和控制设备中的安装情况，本标准对单个元件的标准做了补充。

本标准不排除在同一外壳中使用其他设备，此时有必要考虑设备对成套纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备造成的影响。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 762 标准电流等级

GB/T 1984—2014 高压交流断路器

GB/T 1985—2023 高压交流隔离开关和接地开关

GB/T 2900.20—2016 电工术语 高压开关设备和控制设备

GB/T 3906—2020 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 7354—2018 局部放电测量

GB/T 11022—2020 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 20138—2023 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级（IK 代码）

GB 50150—2016 电气装置安装工程电气设备交接试验标准

NB/T 42044 3.6kV~40.5kV 智能交流金属封闭开关设备和控制设备

3 术语和定义

GB/T 2900.20—2016、GB/T 11022—2020、GB/T 3906—2020、NB/T 42044界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

纵旋移开式交流金属封闭开关设备 longitudinal-rotary movable alternating-current metal-enclosed switchgear

一种以功能复合型纵旋隔离真空断路器手车为载流回路，其主回路后中前布置，手车在柜内毋需移动，通过三相极柱的电动或手动旋转实现工作位置和隔离（试验）位置的转换，具有固定式、隔离断口可见，并且手车可移出的封闭在接地的金属外壳内的开关设备。

3.2

纵旋隔离真空断路器 longitudinal-rotary disconnecting vacuum circuit-breaker

一种将三相极柱后中前纵向布置，极柱中部安装于接地金属纵梁之上，可随金属纵梁90°往复旋转，形成可见隔离断口，具有隔离开关与真空断路器功能复合的隔离真空断路器。

3.3

可旋转部件 rotatable part

金属封闭开关设备和控制设备的可移开部件，它可以旋转到使打开的触头之间形成一个隔离断口或分离（此时仍与外壳保持机械联系）。

3.4

组合式电流互感器 hybrid current transformer

除具有自身常规功能外，其P1侧端面上装有静触头，通过纵旋隔离真空断路器极柱旋转使极柱上动触头与电流互感器上静触头接通或断开。

3.5

活门驱动机构 shutter drive mechanism

由驱动板、三连杆和活门连接板组成。驱动板转动带动三连杆运动使活门连接板在水平位置左右移动，实现活门打开/关闭及锁定。

3.6

智能交流金属封闭开关设备和控制设备 intelligent alternating-current metal-enclosed switchgear and controlgear

具有较高性能的金属封闭开关设备和控制设备，配装有电子设备、变送器和执行器，不仅具有开关设备和控制设备的基本功能，还具有附加功能，尤其在监测和诊断方面。

3.7

双确认 double confirmation

通过至少两个非同样原理或非同源的状态指示同时发生对应的变化，来确认开关设备（如：隔离真空断路器、接地开关、隔离开关）和可移开部件（或可旋转部件）的位置状态或位置。

3.8

电动执行单元 electric execution unit

接收控制信号，通过马达输出相应转速和转矩，驱动金属封闭开关设备和控制设备内可旋转部件、接地开关等进行合（正转）、分（反转）的装置。

3.9

一键顺控 one command touches off sequence control

是一种变电站倒闸模式，具备操作软件预制、操作任务模块式搭建、设备状态自动判别、防误联锁智能校核、操作步骤一键启动、操作过程自动顺序执行。

3.10

全景感知 panoramic perception

通过远程视频监控与在线监测开关设备和控制设备的状态数据，实现开关设备和控制设备内部的动作全状态与可视观景感知。

3.11

智能视窗 smart window

通过远程视频监控可全景感知开关设备和控制设备内部的动作状态，实现对隔离开关触头咬合、断路器合分操作、接地开关合分操作等设备的动作全过程可视。视频数据可以在就地显示与远方显示，且支持视频的远程调阅。

3.12

综合保护装置 integrated protection device

一种集成化的保护测控装置。对纵旋隔离真空断路器，接地开关电动操作电机因堵转或空转故障进行保护。

3.13

铠装式 armored type

某些组成部件分别装在接地的、用金属隔板隔开的隔室中的金属封闭开关设备。隔板为PM级，防护等级应符合IP2X。至少对下列元件应有单独的隔室：

- a) 每一个主开关；
- b) 联向主开关一侧的元件，如馈电线路；
- c) 联向主开关另一侧的元件，如母线。如果有多于一组的母线，各组母线应分设于单独的隔室内。

3.14

间隔式 bay type

间隔式纵旋移开式交流金属封闭开关设备与铠装式纵旋移开式交流金属封闭开关设备一样，它的某些元件也分设于单独的隔室内。隔板为PM级，防护等级应符合IP2X。至少对于母线应有单独的隔室，如果有多于一组的母线，各组母线应分设于单独的隔室内。

4 正常和特殊使用条件

4.1 正常使用条件

按 GB/T 11022—2020 中 4.1.2 的规定，并补充如下：

- a) 周围空气温度：-25℃~+40℃；
- b) 海拔：1000m 及以下；
- c) 湿度：日平均相对湿度不超过 95%，月平均相对湿度不超过 90%；

- d) 耐受地震烈度： ≤ 8 度；
- e) 空气污秽程度：周围空气没有明显地被灰尘、烟雾、腐蚀性和/或可燃性气体、蒸气或盐所污染。污秽等级不低于级 II 级。

注：海拔 2500m 及以下，不需要采取特别的措施。

4.2 特殊使用条件

按 GB/T 11022—2020 中 4.2 的规定，并补充如下：

若超出上述正常条件，用户与制造厂协商解决。

5 额定值

5.1 概述

按 GB/T 3906—2020 中 5.1 的规定，并做如下补充：

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的额定值如下：

- a) 额定电压 (U_r)；
- b) 额定绝缘水平；
- c) 额定频率 (f_r)；
- d) 额定电流 (I_r)（主回路的）；
- e) 额定短时耐受电流 (I_k)；
- f) 额定峰值耐受电流 (I_p)；
- g) 额定短路持续时间 (t_k)；
- h) 合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源电压 (U_a)；
- i) 合闸和分闸装置及其辅助和回路的额定电源频率；
- j) 内部电弧级 (IAC) 的额定值；
- k) 额定电缆试验电压。

5.2 额定电压 (U_r)

按 GB/11022—2020 中 5.2.2 的规定，并做如下补充：

额定电压范围：3.6kV，7.2kV，12kV，40.5kV。

5.3 额定绝缘水平

按 GB/11022—2020 中 5.3 的规定。

5.4 额定频率 (f_r)

按 GB/11022—2020 中 5.4 的规定，并做如下补充：

本标准推荐选用 50Hz

5.5 额定电流和温升

5.5.1 额定电流（I_n）

按 GB/11022—2020 中 5.5 的规定，并做如下补充：

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的某些主回路（如母线，配电线路等）可以有不同的额定电流值。

5.5.2 温升

按 GB/T 11022—2020 中 7.5 的规定，并做如下补充：

在连续电流试验规定的条件下，当周围空气温度不超过 40℃时，纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备任何部分的温升应符合表 1 中的规定。

表 1 纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升限值

部件、材料和绝缘介质的类别	最大值	
	温度 ℃	周围空气温度不超过 40℃时的 温升（见注 2）K
1 镀银触头	115	75（优选 65）
2 用螺栓的或与其等效的联结 裸铜、裸铜合金或裸铝合金： 镀银或镀镍： 镀锡：	 100 115 105	 60 75 65
3 用螺栓或螺钉与外部导体连接的端子（见说明 8）： ——裸的 ——镀银、镀镍 ——镀锡	 100 115 105	 60 75 65
4 用作弹簧的金属零件	不应达到使材料弹性受损的数值	不应达到使材料弹性受损的数值

5 绝缘材料以及与下列等级的绝缘材料接触的金属部件 ——Y ——A ——E ——B ——F ——瓷漆:油基 合成 ——H ——C 其他绝缘材料	90 105 120 130 155 100 120 180 仅以不损害周围的 零部件为限	50 65 80 90 115 60 80 140 仅以不损害周围的零部 件为限
6 可触及表面 正常运行期间人力控制元件的可被触及表面: ——没有涂层的金属 ——有涂层的金属 ——非金属 正常运行期间不持续握在手中的其他可被触及表面: ——没有涂层的金属 ——有涂层的金属 ——非金属 正常运行期间不必被触及的表面: ——没有涂层的金属 ——有涂层的金属 ——非金属	55 55 65 65 70 80 80 80 90	15 15 25 25 30 40 40 40 50+
注 1:本表的说明见 5.5.3。 注 2:对于特殊使用条件中的开关设备和控制设备, 包括最高温度不同于 40℃, 温度的最高值适用且对温升的最大值进行相应计算。		

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备中各元件的温升应按照它们各自技术规范,其温升不得超过这些元件的相关标准中规定的限值。温度和温升的限值不适用于处在真空中的部件。

当考虑母线的最高允许温度或温升时,应根据工作情况,接触头、连接及与绝缘材料接触的金属部件的最高允许温度或温升确定。

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备可触及的外壳和盖板的温升不应超过 30K。对可触及而在

正常运行时无需触及的外壳和盖板，如果公众不可触及，则其温升极限可增加 10k。

5.6 额定短时耐受电流

对于额定短时耐受电流 I_k 和 I_{ke} ，GB/T 11022—2020 的 5.6 适用并做如下补充：

—主回路额定短时耐受电流 I_k ；

注 1：原则上，主回路的额定短时耐受电流不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。但是，对于高压隔室或每一个回路，可以采用限制短路电流的器件，如限流熔断器、电抗器等。

—接地回路额定短时耐受电流 I_{ke} ；

该值可以不同于主回路的数值。

注 2：接地回路适用的短时耐受电流额定值取决于所处系统中性点的接地类型。见 9.6。

5.7 额定峰值耐受电流

GB/T 11022—2020 中 5.7 适用并做如下补充：

—主回路额定峰值耐受电流 I_p ；

注：原则上，主回路的额定峰值耐受电流不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。但是，对于高压隔室或每一个回路，可以采用限制短路电流的器件，如限流熔断器、电抗器等。

—接地回路额定峰值耐受电流（ I_{pe} ）；

该值可以不同于主回路的数值。

5.8 额定短路持续时间

GB/T 11022—2020 中 5.8 适用并做如下补充：

—主回路额定短路持续时间 t_k ；

原则上，主回路的额定短路持续时间不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。但是，对于高压隔室或每一个回路，可以采用限制短路电流持续时间的器件，如限流熔断器。

—接地回路额定短路持续时间 t_{ke}

该值可以不同于主回路的数值。

5.9 合、分闸装置和辅助、控制回路的额定电源电压（ U_a ）

按 GB/T 11022—2020 中 5.9 的规定。

5.10 合、分闸装置和辅助、控制回路的额定电源频率

按 GB/T 11022—2020 中 5.10 的规定。

5.11 内部电弧级（IAC）的额定值

5.11.1 概述

GB/T 3906—2020 中 5.101.1 适用并做如下补充：

制造厂规定了 IAC 类别，应规定包括可触及性的型式、面板的类别、电弧故障电流和电弧故障持续时间等在内的额定值。

5.11.2 可触及性的型式

按 GB/T 3906—2020 中 5.101.2 的规定，并做如下补充：

在安装现场，外壳的可触及的型式为 A 类。仅限于授权的人员。

5.11.3 面板类别

按 GB/T 3906—2020 中 5.101.3 的规定：

满足内部电弧验判据的外壳面板的 A 类和 B 类可触及性标识为：

F 前面板

L 侧面板

R 后面板

制造厂应清楚地规定前面板，面板类别不适用于 C 类可触及性的开关设备和控制设备。

5.11.4 额定电弧故障电流（ I_A ， I_{Ae} ）

按 GB/T 3906—2020 中 5.101.4 的规定，并做如下补充：

额定电弧故障电流的标准值应从 GB/T 762 规定的 R10 数系中选取。

5.11.5 额定电弧故障持续时间（ t_A ， t_{Ae} ）

按 GB/T 3906—2020 中 5.101.2 的规定，并做如下补充：

三相额定电弧故障持续时间（ t_A ）的标准推荐值为 0.5s 和 1s。

单相相对地额定电弧故障的试验持续时间（ t_{Ae} ）由制造厂规定，推荐值为 0.5s 和 1s。

5.12 额定电缆试验电压

按 GB/T 3906—2020 中 5.102.2 的规定。

6 设计与结构

6.1 概述

纵旋移开式封闭开关设备和控制设备的设计应使得下述操作可以安全地进行：

- 正常运行、检查和维护；
- 主回路带电或不带电状态的确定，包括相序检查；
- 连接电缆的接地、电缆故障的定位、连接电缆或其它器件的电压试验以及消除危险的静电电荷。

类型、额定值和结构相同的所有移开部件和元件在机械上和电气上应有互换性。

装于外壳内的各种元件都应满足各自的技术要求。

6.2 结构要求

6.2.1 纵旋移开式开关设备和控制设备的结构要求

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备以纵旋隔离真空断路器为核心元件，构成移开式和固定式的复合型结构，三相后中前水平布置，主要元器件从上至下垂直互联，无分支母线过渡及绝缘支撑，各个间隔之间主母线应能方便安装与连接，可实现回路间隔的延展，设备侧方可进行电路核相操作。

纵旋隔离真空断路器应可移开，具有工作位置，隔离（试验）位置和移开位置。

纵旋隔离真空断路器或纵旋隔离开关隔室及连接隔室门上均安装观察窗，操作者可通过窗观察到纵旋隔离真空断路器极柱上的触头断开、接通状态及动静触头配合和隔离动作的全过程。

开关设备与控制设备的连接隔室位于设备下部，连接隔室内元件及连接电缆应能在设备前方进入安装与维护，在设备前面和后面双面安装维护，可靠墙或背靠背安装，也可不靠墙安装。

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备结构型式可选铠装或间隔式结构。

6.2.2 纵旋隔离真空断路器的结构要求

纵旋隔离真空断路器为手车式结构。由极柱、一体双功能操动机构、手车、金属支撑件部分组成，是纵旋移开式开关设备和控制设备的可移开部件，其后中前纵向布置的三相极柱与金属支撑件部分是可旋转部件，极柱两端安装有动触头，可纵向摆动并随极柱一同旋转。纵旋隔离真空断路器应符合 GB/T 1984—2014 的规定要求。

纵旋隔离真空断路器从隔离（试验）位置到工作位置无需移动可移开部件（手车），通过极柱 90° 往复旋转实现位置转换。

纵旋隔离真空断路器内部集成连锁，满足 6.20 规定的要求。

6.2.3 纵旋移开式开关设备和控制设备的隔离要求

纵旋隔离真空断路器可旋转部件旋转到隔离（试验）位置时，一次触头完全断开，活门驱动机构驱动安全挡板或活门自动关闭。

纵旋隔离真空断路器可旋转部件旋转到工作位置时，安全挡板（活门）应自动打开，一次触头完全接通。在工作位置的极柱上的触头应能耐受额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流的冲击。

纵旋隔离真空断路器可旋转部件旋转到工作位置时，其一次触头可靠咬合且清晰可视，二次插头接触可靠并被锁定（或掩盖）不能拔出。

纵旋隔离断路器可旋转部件旋转到隔离（试验）位置时，一次触头断开，二次插头保持接通，并有明显可见隔离断口，可进行相关试验。并满足 6.18 规定要求。

6.2.4 纵旋移开式开关设备和控制设备的一键顺控要求

纵旋移开式开关设备和控制设备应能符合智能交流金属封闭开关设备和控制设备的一键顺控要求，并可扩展成符合 NB/T 42044 标准要求的智能交流金属封闭开关设备和控制设备。达到附录 B 中 L1 智能等级。

一键顺控要求的实现由一次设备位置“双确认”信号采集接入和监控系统一键顺控功能组成。具体要求补充如下：

6.2.4.1 断路器位置双确认要求

断路器位置双确认采用“位置遥信+遥测”作为判据。位置遥信作为主要判据，采用分/合双位置辅助接点，断路器分闸遥信量采用分闸位置辅助接点，断路器合闸遥信量采用合闸位置辅助接点。遥测量提供辅助判据，采用本间隔三相电流、三相母线电压或本间隔三相带电显示装置信号。

6.2.4.2 隔离开关位置双确认要求

隔离开关双确认采用“位置遥信+辅助判据”方式。位置遥信作为主要判据，通过旋转电机的机械传动装置的辅助开关分、合到位做判断。辅助判据是通过旋转金属横梁上的限位板碰触合到位微动开关常开触点闭合，发出隔离开关合闸信号。隔离开关分闸到位后，旋转金属横梁上的限位板碰触分到位微动开关，常闭触点闭合，发出隔离开关分闸信号。

6.2.4.3 接地开关位置双确认要求

接地开关双确认采用“位置信号切换+辅助判据”方式，主判据：由两组辅助开关安装在开关主轴上，关联转动轴，接地开关的分合带动辅助开关的切换，提供位置信息，辅助判据通过 2 个光电开关来提供位置信息，接地开关分、合闸后，应能感应接地开关靠近与远离，准确判断接地开关处于分闸位置或合闸位置。

6.2.5 纵旋移开式开关设备和控制设备状态在线监测要求（适用时）

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备作为智能交流金属封闭开关设备和控制设备时应符合 NB/T 42044 的要求，并补充如下：

电动执行单元在控制可旋转部件（包括纵旋隔离真空断路器或纵旋隔离开关、接地开关）时，应设置双确认位置或状态信号元件，其接点满足智能化变电站一键顺控要求，并进行联合性能试验评估试验。

数据的采样由可旋转部件旋转、开关分/合闸、接地开关分/合闸等操作事件驱动。将监测结果信息根据预设条件向纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备 IED 或站控层系统报送，对异常告警信息应实时报送。监测内容应符合表 2 中的规定，

表 2 可旋转部件及其电动执行单元的状态监测内容和要求

监测内容	获取参量	技术要求
运行状态	驱动电机电流，合、分（接地）工作时间、能量消耗	电流的测量误差不大于±2.5%
位置状态	开关位置或合/分状态、机械行程	准确度 100%
动作次数	累计操作次数	准确度 100%
机械寿命	累计操作次数、时刻	准确度 100%

6.2.6 纵旋移开式开关设备和控制设备的智能视窗要求（适用时）

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备宜配置智能视窗。通过远程视频监控可全景感知纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备内部的动作状态，实现对隔离开关触头咬合、断路器合分操作、接地开关合分操作等设备的动作全过程可视。视频数据可以在就地显示与远方显示，且支持视频的远程调阅。并满足一下要求：

- a) 智能视窗对主开关和或隔离开关和或接地开关位置状态识别准确率为 100%；
- b) 智能视窗主开关和或隔离开关和或接地开关位置改变到信号有效识别和传输时间，不大于 1 秒；
- c) 智能视窗的视频监测传感器的安装应能准确拍摄主开关位置和或隔离开关触头和或接地开关触头状态；
- d) 智能视窗的视频监测应能准确地对主开关和或隔离开关和或接地开关位置状态进行识别，并将识别结果主动上传至站控层。

6.3 接地

6.3.1 概述

按 GB/T 11022—2020 中 6.3 的规定，并做如下补充。

6.3.2 高压导电部件的接地

按 GB/T 3906—2020 中 6.5.2 的规定。

6.3.3 外壳的接地

按 GB/T 3906—2020 中 6.5.3 的规定。

6.3.4 接地装置的接地

按 GB/T 3906—2020 中 6.5.4 的规定。

6.3.5 可旋转部件和可移开部件的接地

可旋转部件应接地的金属部件，在试验位置、隔离位置及任何中间位置均应保持接地。在任何位置，接地连接的载流能力均不应小于对外壳要求的数值（见 6.18）。

可旋转部件或可移开部件如果包括了主回路接地的其他接地装置，其处于工作位置的接地连接应是接地回路的一部分，它应具有相应的额定值（见 5.6、5.7 和 5.8）。

[来源：GB/T 3906—2020，6.5.5，有修改]

6.3.6 接地回路

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的接地回路应能承载从每一个功能单元到与设施的接地系统连接的端子的额定短时和峰值相对地耐受电流。

接地导体的末端应用铜质端子与设备的接地系统相连接，端子的电气接触面积应与接地导体的截面相适应，但最小电气接触面积不应小于 160mm²。

[来源：GB/T 3906—2020，6.5.6，有修改]

6.4 辅助设备和控制设备

按 GB/T 11022—2020 中 6.4 的规定。

6.5 动力操作

按 GB/T 11022—2020 中 6.5，NB/T 42044 的规定，并做如下补充：

纵旋隔离真空断路器、纵旋隔离开关、接地开关所有的操作既可手动又可电动，其动作时间应在 12s 内完成。

电动执行单元应与可旋转部件一体化设计，结构应不降低其整体电气性能、机械性能及可靠性，应便于安装、使用和维护，其机械寿命应不低于与开关元件或可移开、可旋转部件的机械寿命。

电动执行单元应同时具有手动操作功能，且手动和电动操作能够自由切换和闭锁。应遵循手动优先原则：

- 手动操作时禁止电动操作，可防止电动执行单元运动部件的损坏或对操作人员带来的人身伤害；
- 手动操作模式选择时，可终止电动操作，并使得开关元件自动置于可靠的绝缘安全状态。

电动执行单元在额定电源电压的 85%到 110%之间（如果是交流，在额定频率时）应能正常工作。

可旋转部件电动操作时，在合闸装置和/分闸装置失去能量并后在失去后重新施加能量时，可根据工程需要设定：可旋转部件（极柱）回复到隔离位置。

可旋转部件电动操作时，在合闸装置动力负荷超出设定值时，可根据工程需要设定：可旋转部件（极柱）回复到隔离位置。

6.6 储能操作

按 GB/T 11022—2020 中 6.6 的规定，并做如下补充：

弹簧操动机构储能系统应能电动储能并可手动储能，为自由离合式储能系统，电动或手动储能到位后应能使电机、齿轮空转。在正常情况下，合闸弹簧完成合闸操作后应立即自动开始再储能，合闸弹簧应在 12s 内完成储能。

6.7 不依赖人力的操作

按 GB/T 11022—2020 中 6.7 的规定。

6.8 脱扣器的操作

按 GB/T 11022—2020 中 6.9 的规定。

6.9 铭牌

按 GB/T 3906—2020 中 6.12 的规定。

6.10 联锁装置

按 GB/T 3906—2020 中 6.13 的规定，并做如下补充：

下列规定对主回路是强制性的。

1) 可移开部件只有在隔离（试验）位置时才能抽出或插入。可旋转部件处在隔离（试验）位置时，接地开关才能操作合闸，相应隔室的门才能打开。

2) 可旋转部件只有在工作位置、隔离（试验）位置时，隔离真空断路器才能操作。只有隔离真空断路器处于分闸状态时，可旋转部件才能操作。

3) 处于合闸位置的接地开关只有相应隔室的门关闭后才能分闸，接地开关合闸后可移开部件才能插入。

4) 纵旋隔离真空断路器只有在与自动分闸相关的辅助回路均已接通时才能在工作位置合闸。反之，当纵旋隔离真空断路器在工作位置时辅助回路不得断开，相应隔室的门不能打开。

5) 应设可防止就地误分或误合纵旋隔离真空断路器的防误操作装置，可以是提示性的

6) 应装设联锁装置以防止在规定条件以外进行旋转的操作。可旋转部件只有在纵旋隔离真空断路器处于分闸状态时才能进行旋转的操作。

7) 只有可旋转部件处于隔离（试验）位置时，其接地开关才能合闸，隔室的门才能打开。反之，只有隔室的门关闭后，处于合闸位置的接地开关才能分闸。

8) 同一功能单元的接地开关与相关的可旋转部件之间应装设机械联锁。

9) 应装设可防止就地误分或误合纵旋隔离真空断路器的防误操作装置，如加装锁具等，也可以是提示性的。

6.11 位置指示

按 GB/T 11022—2020 中 6.13 的规定。此外，对于参与隔离和接地的所有装置，GB/T 1985—2023 的 6.13 适用。

6.12 外壳的防护等级

6.12.1 概述

按 GB/T 11022—2020 中 6.14.1 的规定，并做如下补充。

6.12.2 防止人员触及危险部件和设备防止固体外物进行的防护（IP 代码）

按 GB/T 11022—2020 中 6.14.2 的规定，并做如下补充。

具体的要求见 6.18 中规定

6.12.3 防止水浸入的防护（IP 代码）

按 GB/T 11022—2020 中 6.14.3 的规定。

6.12.4 在正常运行条件下设备防止机械撞击的防护（IK 代码）

按 GB/T 11022—2020 中 6.14.4 的规定，并做如下补充。

最低的撞击水平为 GB/T 20138—2023 规定的 IK 07（2J）。

6.13 火灾（易燃性）

按 GB/T 11022—2020 中 6.18 的规定。

6.14 电磁兼容性（EMC）

按 GB/T 11022—2020 中 6.19 的规定。

6.15 X 射线的发射

按 GB/T 11022—2020 中 6.20 的规定。

6.16 腐蚀

按 GB/T 11022—2020 中 6.21 的规定，并做如下补充：

为防止因凝露而影响电器元件的绝缘性能和金属部件发生腐蚀，纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备内应装设合适的加热驱潮装置，其通风通道的设置应能有效地将潮湿空气排出。

6.17 内部电弧故障

按 GB/T 3906—2020 中 6.101 的规定，并做如下补充：

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备的内部电弧故障类别 IAC 为 AFLR。

6.18 外壳

6.18.1 总则

按 GB/T 3906—2020 中 6.102.1 的规定，并做如下补充：

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备安装完成后的外壳，至少要满足 GB/T 11022—2020 中 6.14.2 中 IP3X 的防护等级。

6.18.2 盖板和门

按 GB/T 3906—2020 中 6.102.2 的规定。

6.18.3 作为外壳一部分的隔板或活门

按 GB/T 3906—2020 中 6.102.3 的规定。

6.18.4 观察窗

按 GB/T 3906—2020 中 6.102.4 的规定，并做如下补充：

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备应设置可观察到可旋转部件的观察窗。

6.18.5 通风通道和通风口

按 GB/T 3906—2020 中 6.102.5 的规定。

6.19 高压隔室

6.19.1 概述

按 GB/T 3906—2020 中 6.103.1 的规定，并做如下补充：

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备隔室采用空气绝缘。每组母线应有独立的隔室。

6.19.2 隔板和活门

6.19.2.1 概述

按 GB/T 3906—2020 中 6.103.3.1 的规定，并做如下补充：

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备外壳上和隔室隔板上的开口(通过它可移开部件或可

抽出部件和固定触头啮合）应采用在正常运行中操作的自动活门，以便在所有位置确保对人员的防护。应采取措施确保活门的可靠动作，例如通过机械驱动，此时活门的运动是由可移开部件或可抽出部件的运动正向驱动。

打开的隔室和主回路带电部件之间的隔板和活门应是金属的。

6.19.2.2 金属隔板和活门

按 GB/T 3906—2020 中 6.103.3.2 的规定。

6.20 可移开部件

按 GB/T 3906—2020 中 6.104 的规定，并做如下补充：

可移开部件进入设备安装位置后由可移开部件中的可旋转部件在高压导体之间形成隔离断口，可旋转部件应符合 GB/T 1985—2023 的规定。

可旋转部件的隔离断口是可见的，能判定开关设备隔离（试验）位置的操作。

任何可旋转部件与固定部分的连接，在正常运行时，特别是在短路时，不得由于可能发生的力而被意外地分开。

在内部电弧情况下，可旋转部件旋转到工作位置或由工作位置旋转到试验位置时，均不应降低其规定的防护水平。例如，可以通过只有在用于操作人员安全的盖板和门关闭时才能进行操作来实现。也可以采用与防护水平等效的其他措施。

6.21 电缆绝缘试验的规定

按 GB/T 3906—2020 中 6.105 的规定。

6.22 对最小空气间隙的要求

对最小空气间隙的要求如下：

单纯以空气作为绝缘介质的纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备，相间和相对地的最小空气间隙应满足表 4 所述要求。

表 4 单纯以空气作为绝缘介质的最小空气距离

额定电压 kV	3.6	7.2	12	40.5
相间和相对地 mm	75	100	125	300
带电体至门 mm	105	130	155	330

6.23 其他要求

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备的设计应使得下述操作能够安全地进行：

——正常运行、检查和维护；

——主回路带电或不带电状态的确定，包括相序检查；

额定值和结构相同的所有可移开部件和元件在机械上和电气上应具有互换性。

当可移开部件和元件以及隔室的设计在机械上允许互换时，可以安装相同或较大电流额定值和绝缘水平额定值的可移开部件和元件，以代替相同或者较小电流额定值和绝缘水平额定值的可移开部件和元件。但一般不适用于限流装置和避雷器。

注：配装较高额定值的可移开部件或元件并不意味着一定提高功能单元的能力，也不意味着功能单元能够运行在可旋转部件或元件提高后的额定值。

装于外壳内的各种元件都应满足各自的技术要求，其中纵旋隔离真空断路器应满足 GB/T 1984—2014 和 GB/T 1985—2023 的技术要求。

主回路装有限流熔断器时，纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备制造厂应给定熔断器的额定短路开断电流值。

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备的避雷器、电压互感器等设备应经隔离开关（或隔离手车）与母线相连，严禁与母线直接连接。

7 型式试验

7.1 总则

7.1.1 概述

按 GB/T 11022—2020 第 7 章，GB/T 3906—2020 中 7.1.1 的规定。并做如下补充：

强制性的型式试验：

- a) 验证设备绝缘水平的试验（7.2）；
- b) 验证设备部件温升的试验和回路电阻测量（7.4 和 7.3）；
- c) 验证主回路和接地回路承受额定峰值和额定短时耐受电流能力的试验（7.5）；
- d) 验证所包含的开关装置的关合和开断能力的试验（7.10）；
- e) 验证所包含的开关装置和可移开部件正确操作的试验（7.11）；
- f) 验证 IP 防护代码的试验（7.6.1）；
- g) 验证辅助和控制回路的试验（7.8）；

适用时，强制性的型式试验：

- h) 验证设备防止机械撞击的防护试验（IK 代码）（7.6.2）；
- i) 评估内部电弧故障（对于 IAC 类开关设备和控制设备）引起的电弧效应的试验（7.13）；

- j) 电磁兼容性试验（EMC）（7.7）；
- k) 真空灭弧室的 X 射线试验程序（7.9）；
- l) 电缆试验回路的绝缘试验（7.2.12）；
- m) 通过测量局部放电评估设备绝缘的试验（7.2.9）；
- n) 人工污秽试验（7.2.8）。

型式试验可能有损于被试部件以后的正常使用，所以，如果没有制造厂和用户之间的协议，型式试验的试品不应投入使用。

7.1.2 试验的分组

强制的型式试验[i)、j) 和 k) 除外]最多在四台试品上完成。

7.1.3 确认试品用的资料

GB/T 11022—2020 电 7.1.2 适用。

7.1.4 型式试验报告包括的资料

按 GB/T 11022—2020 中 7.1.3 的规定，并做如下补充：

对于内部电弧试验的报告，见 7.12。

7.2 绝缘试验

7.2.1 概述

按 GB/T 11022—2020 中 7.2 的规定。

7.2.2 试验时周围的大气条件

按 GB/T 11022—2020 中 7.2.2 的规定。

7.2.4 绝缘试验时开关设备和控制设备的状态

按 GB/T 11022—2020 中 7.2.4 的规定。

7.2.5 通过试验的判据

按 GB/T 11022—2020 中 7.2.5 的规定，并做如下补充：

—其中 a) 项的第二段参照湿试验不适用。

7.2.6 试验电压的施加和试验条件

按 GB/T 11022—2020 中 7.2.6, GB/T 3906—2020 中 7.1.1 的规定, 并做如下补充:

由于设计方案种类很多, 要对主回路试验做出具体的规定是不现实的, 但原则上应包括下列试验:

a) 对地和相间。

b) 隔离断口之间

主回路的各隔离断口应施以 5.3 所规定的试验电压、按 GB/T 11022—2020 中 7.2.6.3 规定的试验程序进行试验。

隔离断口是由可旋转的开关装置连接的主回路的两个部分之间的断口, 包含开关装置极柱上下可移动触头和主回路的固定触头之间的上下两个隔离断口。

因为在隔离(试验)位置或试验位置, 纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备上隔离断口有一个接地的金属活门插在被分开的触头之间形成一个分隔, 则在接地的金属活门与带电部分之间的距离仅应耐受对地的试验电压。

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备下隔离断口在固定部分与可旋转部件之间形成隔离断口且两者间没有分隔, 试验电压应按下述要求施加在断口之间: 可旋转部件处于隔离或试验位置, 主回路的两个固定触头之间距离。

7.2.7 纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的试验

7.2.7.1 概述

按 GB/T 3906—2020 中 7.2.7.1 的规定。

7.2.7.2 工频电压试验

按 GB/T 3906—2020 中 7.2.7.2 的规定。

7.2.7.3 雷电冲击电压试验

按 GB/T 3906—2020 中 7.2.7.3 的规定。

7.2.8 人工污秽试验

按 GB/T 3906—2020 中 7.2.9 的规定。

7.2.9 局部放电试验

按 GB/T 11022—2020 中 7.2.10, GB/T 3906—2020 中 7.2.10 的规定。

7.2.10 辅助和控制回路的绝缘试验

按 GB/T 11022—2020 中 7.2.11，GB/T 3906—2020 中 7.2.11 的规定。

7.2.11 作为状态检查的电压试验

按 GB/T 11022—2020 中 7.2.12 的规定。

7.2.12 电缆试验回路的试验

按 GB/T 3906—2020 中 7.2.101 的规定。

7.3 回路电阻的测量

7.3.1 主回路

按 GB/T 11022—2020 中 7.4.1，GB/T 3906—2020 中 7.4.1 的规定。

7.3.2 辅助回路

按 GB/T 11022—2020 中 7.4.2 的规定。

7.4 连续电流试验

7.4.1 概述

按 GB/T 11022—2020 中 7.5，GB/T 3906—2020 中 7.5.1 的规定。

7.4.2 受试纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的状态

按 GB/T 11022—2020 中 7.5.1 的规定。

7.4.3 设备的布置

按 GB/T 11022—2020 中 7.5.2 的规定，并做如下补充。

临时连接的温度应在其离开外壳处和距外壳 1m 处的点上测量、温升差不应超过 5K。

7.4.4 温度和温升的测量

按 GB/T 1102—2020 中 7.5.4 的规定。

7.4.5 周围空气温度

按 GB/T 11022—2020 中 7.5.4.1 的规定。

7.4.6 辅助设备和控制设备的连续电流试验

按 GB/T 11022—2020 中 7.5.3.2 的规定。

7.4.7 连续电流试验的解释

按 GB/T 11022—2020 中 7.5.5 的规定。

7.5 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

7.5.1 概述

按 GB/T 11022—2020 中 7.6, GB/T 3906—2020 中 7.6.1 的规定。

7.5.2 纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备以及试验回路的布置

按 GB/T 11022—2020 中 7.6.2, GB/T 3906—2020 中 7.6.2 的规定的规定。

7.5.3 试验电流和持续时间

按 GB/T 11022—2020 中 7.6.3 的规定。

7.5.4 试验中纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的表现

按 GB/T 11022—2020 中 7.6.4 的规定。

7.5.5 试验后纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的状态

按 GB/T 11022—2020 中 7.6.4 的规定。

7.6 防护等级验证

7.6.1 IP 代码的验证

按 GB/T 11022—2020 中 7.7.1, GB/T 3906—2020 中 7.7.1 的规定。

7.6.2 IK 代码的验证

按 GB/T 11022—2020 中 7.7.2 的规定。

7.7 电磁兼容性试验 (EMC)

按 GB/T 11022—2020 中 7.9, GB/T 3906—2020 中 7.9 的规定。

7.8 辅助和控制回路的附加试验

7.8.1 概述

GB/T 11022—2020 的 7.10.1 适用。

7.8.2 功能性试验

按 GB/T 3906—2020 中 7.10.2 的规定。

7.8.3 接地金属部件的电气连续性试验

GB/T 11022—2020 的 7.4.3 适用。

7.8.4 辅助触头动作特性的验证

GB/T 11022—2020 的 7.10.3 适用。

7.8.5 环境试验

按 GB/T 11022—2020 中 7.10.4，GB/T 3906—2020 中 7.10.5 的规定。

7.8.6 绝缘试验

GB/T 11022—2020 的 7.10.5 适用。

7.9 真空灭弧室的 X 射线试验程序

GB/T 11022—2020 的 7.11 不适用。

注：本试验适用于真空灭弧室而不是功能单元。

7.10 关合和开断能力的验证

7.10.1 概述

按 GB/T 3906—2020 中 7.101.1 的规定。

7.10.2 主开关装置的试验要求

按 GB/T 3906—2020 中 7.101.2 的规定。

7.10.3 接地功能的试验要求

按 GB/T 3906—2020 中 7.101.3 的规定。

7.11 机械操作试验

7.11.1 开关装置和可移开部件

按 GB/T 3906—2020 中 7.102.1 的规定，并补充如下：

可旋转部件用作隔离开关，机械寿命应符合 GB/T1985—2023 的 7.102.3 要求。隔离开关机械寿命试验不少于 3000 次（M1 级）。

作为补充，安装在金属封闭开关设备中的所有开关装置应进行 50 次 CO 操作。

可旋转部件应进行 50 次旋转操作以验证设备的操作性能良好。可旋转部件所需要的力应小于第一次操作时所需要的力的 150%。

可移开部件应进行 25 次插入和 25 次移开操作以验证设备的操作性能良好。

对于人力操作的设备，应采用正常的人力操作手柄进行试验。

7.11.2 联锁

联锁装置应设定在防止开关装置操作、接近操作界面和可旋转部件工作或隔离的位置。隔离开关的联锁试验按 GB/T1985—2023 的 7.102.6 执行。应进行下述试验以验证联锁是否失效：

——25 次打开所有带联锁的门或盖板的试操作；

——若由联锁装置（活门、选择杆等）限制接近或者使用操作接口，进行 50 次接近或使用操作接口的试操作；

——若操作接口可触及，采用人力进行 50 次开关装置的试操作；

——在错误的、但不限于仅在同一错误方向上，对人力操作开关装置进行 10 次试操作，作为对上述 50 次试操作的补充；

——对可旋转部件分别进行 25 次往复旋转的试操作。

应采用常规人力操作手柄进行试验。若联锁阻碍了操作轴的操作，则应在沿着操作手柄的握紧部分长度的一半处施加 750N 的预期力，否则，试验期间应采用两倍的正常操作力。如果操作手柄具有限制操作力的特性，只要该操作手柄不能与其他手柄互换，最大试验力应不超过该手柄所能施加的力。

这些试验期间，不应对开关装置、可旋转部件和联锁进行调整。

应按照 7.7.2 对防止接近操作接口的其他装置和滑道的完整性进行验证（IK 代码验证）。

如果设计仅通过机械联锁对电动机驱动开关装置进行操作限制，则应使用电机补充进行下述试验：

——50 次开关装置的试操作；

——在错误的、但不限于仅在同一错误方向上，对开关装置进行 10 次试操作，作为对上述 50 次试操作的补充；

——施加电压值为辅助回路额定电源电压的 110%，持续时间 2s。

如果满足下列条件，则认为联锁通过了试验：

- a) 不能操作开关装置；
- b) 阻止接近带联锁的隔室；
- c) 阻止可旋转部件的旋转；

d) 开关装置、可旋转部件及联锁装置工作情况良好，并且操作这些装置所需要的最大手动操作力（人力操作）或峰值能量损耗（电动机操作），在试验前后的偏差不会超过 50%。在用 750N 试验的情况下，只要联锁仍然阻止了操作。损坏是可以接受的。

注：这些试验可以作为机械操作试验顺序的一部分进行。

7.12 内部电弧试验

按 GB/T 3906—2020 中 7.106 的规定。

8 出厂试验

8.1 概述

出厂试验是为了发现材料和结构中的缺陷，出厂试验不会损坏产品的性能和可靠性。出厂试验应在制造厂任一合适可行的地方对每台制成的设备进行，以保证出厂产品与通过型式试验的产品一致。出厂试验报告应随产品一起出厂根据协议，任何出厂试验都可以在现场进行。

本标准规定的出厂试验项目包括：

- a) 主回路的绝缘试验；
- b) 辅助和控制回路的试验；
- c) 主回路电阻的测量；
- d) 设计检查和外观检查；
- e) 局部放电测量（按制造厂与用户之间协议）；
- f) 机械操作试验；
- g) 电气辅助装置的试验。

如果纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备在运输前不完成总装，那么应对所有的运输单元进行单独的试验。在这种情况下，制造厂应证明这些试验的有效性（例如，试验电压、部分主回路的电阻）。

以下项目为达到现场后的要求：

——现场交接试验；

注：额定值和结构相同的元件，可能有必要验证其互换性。

8.2 主回路的绝缘试验

按 GB/T 11022—2020 中 8.2 的规定，并做如下补充：

工频电压试验按 7.2.7.2 的规定进行。试验电压从 GB/T 11022—2020 表 1 栏（2）中选取。试验时，应依次将主回路每一相的导体与试验电源的高压端连接，同时，其他各相导体接地，并保证主回路的连通（例如通过合上开关装置或其他方法）。

8.3 辅助和控制回路的试验

按 GB/T 11022—2020 中 8.3 的规定。

8.4 主回路电阻的测量

GB/T 11022—2020 的 8.4 适用，并做如下修改：本试验根据制造厂和用户的协议。如果受试配置没有连续电流试验，试验条件和电阻限值也应按照用户和制造厂之间的协议。

8.5 设计检查和外观检查

应对纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的设计和外观进行检查，以证明它们符合买方的技术条件（如果有）。

8.6 局部放电测量

按 GB/T 3906—2020 中 7.106 的规定，并补充如下：

本试验根据制造厂和用户之间的协议在成套纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备或分装上进行，按 GB/T 7354—2018 的规定执行。

8.7 机械操作试验

机械操作试验是为了证明开关装置、可旋转部件和可移开部件能完成预定的操作，且机械联锁工作正常。试验应按 7.11 的规定进行，但部分要求调整如下：

——应采用正常的操作力；

——在每一个方向上进行 5 次操作或试操作。

这些试验在主回路上没有电压且其中没有电流时进行。应验证：

——在其操动装置规定的电源电压和压力限值内开关装置正确分、合闸；

——每一台可旋转部件正确旋转；

——每一台可移开部件正确插入和移开；

——所有的联锁功能正确。

8.8 电气辅助装置的试验

具有预定操作顺序的控制装置与电气控制装置（包括联锁）应在辅助电源最不利的限值下，按规定的使用和操作条件连续试验 5 次。试验中不得调整。

如果辅助装置能正常地进行操作，试验后，它们应仍处于良好的工作状态，试验前后的操作力基本相同，则认为通过了试验。

8.9 智能交流封闭开关设备和控制设备性能试验（适用时）

按 NB/T 42044 的规定。

8.10 现场交接试验

8.10.1 主回路绝缘试验

按 8.2 的规定执行。

8.10.2 辅助回路和控制回路绝缘试验

按 8.3 的规定执行。

8.10.3 主回路电阻测量

按 8.4 的规定执行。

8.10.4 机械操作试验

按 8.7 的规定执行，并做如下补充：

增加联锁功能机械防误操作装置试验，所有联锁功能正确且不应在误操作情况下丧失联锁功能。

8.10.5 联锁与闭锁装置检查

按 7.11.2 的规定进行检查执行。

8.10.6 断路器的试验

本标准的控制设备和开关设备中，若配置了真空断路器，应对其进行试验，按 GB50150—2016 中 11 的规定。

8.10.7 互感器的试验

本标准的控制设备和开关设备中，若配置了互感器，应对其进行试验，按 GB50150—2016 中 10 的规定。

8.10.8 避雷器的试验

本标准的控制设备和开关设备中，若配置了避雷器，应对其进行试验，按 GB50150—2016 中 20 的

规定。

8. 10.9 现场安装后与站控层系统联调试验（适用时）

按 NB/T 42044 的规定。

9 纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的选用导则

9.1 概述

根据纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备所涵盖的应用，本章给出了适当选择额定值和参数的一般导则。主要包括确定运行设备的功能要求和最能满足这些要求的内部划分形式。

9.2 额定值的选择

按 GB/T 3906—2020 中 9.101 的规定，并补充说明如下。

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备额定电压范围：

3.6kV，7.2kV，12kV，40.5kV。

9.3 设计和结构的选择

9.3.1 概述

按 GB/T 3906—2020 中 9.102.1 的规定，并补充说明如下：

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备绝缘方式为空气绝缘，按维护需要触及的范围与运行连续性需求选用铠装式和间隔式两种方式。

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备的主开关应可移开，具有工作位置，隔离（试验）位置和移开位置，可移开部件进入设备内部后，通过可旋转部件的旋转实现隔离（试验）位置与工作位置的转换。可移开部件固定安装在设备内，不通过抽出和插入实现隔离位置转换，可视为固定式开关设备。

纵旋隔离真空断路器不宜选用操动机构置于纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备外壳之外的分体式结构。

不论是间隔式或铠装式，在主回路隔室被打开时，纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备安全运行要求工作部件应与所有的电源隔离并接地。因此，用于隔离的开关装置应能确保安全和防止再次接通。

9.3.2 高压隔室的结构和可触及性

按 GB/T 3906—2020 中 9.102.2 的规定，并补充说明如下：

铠装式纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备的高压隔室包括母线隔室、断路器隔室、连接隔室。其中母线隔室是基于工具的可触及隔室；连接隔室可根据功能选择为联锁控制的可触及隔室或依靠程序的可触及隔室；断路器隔室是联锁控制的可触及隔室，其中主开关装置可移开，在履行断路器隔室维护时应防止暴露带电的固定触头，可插入绝缘挡板或通过活门阻隔。

间隔式纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备的高压隔室包括母线隔室、连接/断路器隔室。其中母线隔室是基于工具的可触及隔室；连接/断路器隔室为联锁控制的可触及隔室，其中主开关装置可移开。

9.3.3 开关设备的运行连续性

按 GB/T 3906—2020 中 9.102.3 的规定，并补充说明如下：

铠装式纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的丧失运行连续性类别为 LSC2B，见图 1（每个功能单元的主开关装置都安装在它们自己的可触及隔室内，维护该主开关装置时不需要相应的连接隔室停电）。

间隔式纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的丧失运行连续性类别为 LSC2，见图 2（保持母线带电的同时，可以打开连接隔室。可以有或没有其他可触及高压隔室（如主开关装置））。

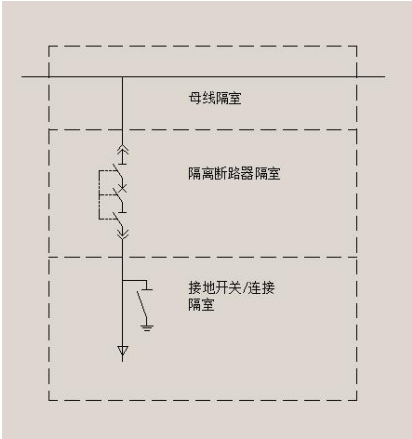


图 1 LSC2B

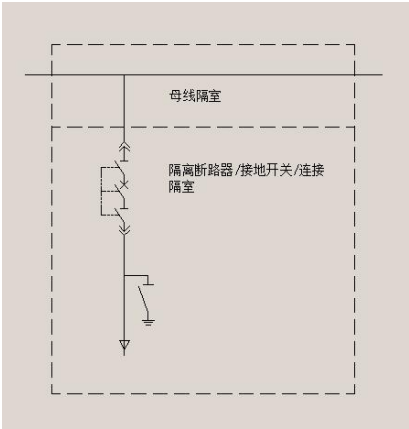


图 2 LSC2

9.3.4 隔板的等级

按 GB/T 3906—2020 中 9.102.4 的规定，并补充说明如下：

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备隔板为 PM 级（打开的隔室被接地的金属隔板或活门包围）。

9.4 内部电弧故障

按 GB/T 3906—2020 中 9.102.5 的规定，并补充说明如下：

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备内部电弧故障等级（IAC）：AFLR。

9.5 技术要求、额定值和可选试验摘要

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备技术要求、额定值和可选试验摘要见表 6。

表 6 纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备的技术要求、额定值和可选试验摘要

资 料	本标准的条款号	适用时，用户提出的要求
系统的特点（不是设备的额定值）		
电压 kV		
频率 Hz		
相数		
中性点接地的类型		
开关设备的特性		
极数		
类别——户内，户外（或特殊使用条件）	4	
隔室的名称： 母线 主开关 连接 电压互感器（PT）等	9.3.2	母线隔室： 主开关隔室： 连接隔室： PT 隔室： 电缆/组合式电流互感器隔室：
隔室的类型（指明每个高压隔室的类型），适用时： 联锁控制的可触及隔室 基于程序的可触及隔室 基于工具的可触及隔室 不可触及隔室	9.3.2	主开关/电流互感器隔室： 其他隔室（状态）；
隔板等级：PM 级	9.3.4	
可移开（主开关装置的类型）	6.2.2	（可移开）
丧失运行连续性类别（LSC） LSC2 LSC2B	9.3.3	

表 6（续）

资 料	本标准的条款号	适用时，用户提出的要求
额 定 电 压 U（kV） 3.6；7.2；12；40.5	5.2	
额定绝缘水平： 短时工频耐受电压 U	5.3	（通用值/隔离断口） a) / b) /

雷电冲击耐受电压 U_1		
额定频率 f ;	5.4	
额定电流 I 进线 母线 馈线	5.5.1	a) b) c)
额定短时耐受电流 I_k 主回路（进线/母线/馈线） 接地回路 I_k	5.6	a) b)
额定峰值耐受电流 I_p 主回路（进线/母线/馈线） 接地回路 I_p	5.7	a) b)
额定短路持续时间 t_k 主回路（进线/母线/馈线） 接地回路 t_k	5.8	a) b)
合闸和分闸装置及其辅助和控制回路的额定电源电压 U_a a) 合闸和脱扣; b) 指示 c) 控制	5.9	a) b) c)
合闸和分闸装置及其辅助和回路的额定电源频率	5.10	
内部电弧故障 IAC 开关设备/控制设备可触及性的型式: 仅限于授权人员	5.11	Y/N 前面 侧面 后面
额定电缆试验电压 U_{ct}	5.12	直流和/或交流
联锁装置	6.10	
外壳的防护等级 (IP4X) 门关闭时 门打开时	6.12	
人工污秽试验和凝露试验	7.2.8	附加的凝露和污秽要求
局部放电试验	7.2.9	试验值与制造厂协商
其他资料: (例如, 安装条件)		

9.6 接地回路的额定值

对于中性点直接接地的系统，接地回路的最大短路电流可以达到主回路的额定短时耐受电流。

对于不同于中性点直接接地的系统，接地回路的最大短时电流理论上可以达到主回路的额定短时耐受电流的 87%（异相接地故障条件下的短路）。但是，异相接地故障完全流过纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备接地回路的概率非常小。因此，该条件可能不适用，且用户可以选择降低的接地故障电流。

9.7 电缆试验的额定值

用户应在期望施加的实际的电缆试验电压之上留有足够的裕度来规定额定电缆试验电压的数值。

9.8 标准化外形尺寸及安装接口

9.8.1 纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备标准化外形尺寸及安装接口

按附录 C 规定

9.8.2 纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸

按附录 D 规定

9.8.3 背靠背安装工程示例

按附录 E 规定

9.8.4 非靠墙安装工程示例

按附录 F 规定

10 应随订货单、投标书和询问单一起提供的资料

10.1 概述

GB/T 11022—2020 的第 9 章不适用。

10.2 应随订货单和询问单一起提供的资料

在询问或订阅一套纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备时，询问者应提供下列资料：

a) 系统的特征：

额定电压、频率、系统中性点接地方式。

b) 不同于本标准规定的使用条件:

最高和最低周围空气温度,所有超越正常的运行条件或影响设备良好运行的条件,例如异常地暴露于蒸汽、潮气、烟雾、易爆气体、过量的灰尘或盐雾中、热辐射(如日照)、转运设备的外部原因引起的其他振动危险和地震危险。

c) 设备及其元件的特性:

- 1) 相数;
- 2) 母线组数,以单线图表示;
- 3) 额定电压;
- 4) 额定频率;
- 5) 额定绝缘水平;
- 6) 母线和馈电回路的额定电流;
- 7) 额定短时耐受电流;
- 8) 额定短路持续时间;
- 9) 额定峰值耐受电流;
- 10) 额定电缆试验电压;
- 11) 元件的额定值;
- 12) 外壳和隔板的防护等级;
- 13) 回路图;
- 14) 如果要求,各隔室的名称和类别的描述;
- 15) 丧失运行连续性的类别(例如 LSC2、LSC2B);
- 16) IAC 类别以及对应的可触及性型式、电弧故障电流和持续时间。

d) 操动装置的特性

- 1) 额定电源电压(如果有);
- 2) 额定电源频率(如果有);
- 3) 特殊的联锁要求。

除这些项目外,询问者应指出可能影响到投标和订货的每一种情况,例如特殊的装配和安装条件、外部高压引线的位置、电缆试验要求、特定的尺寸。

如果要求进行特殊的型式试验,应提供有关资料。

10.3 投标时应提供的资料

如果适用,制造厂应采用文字叙述加图形的方式给出下列资料:

a) 10.2 中的 c) 所列举的额定值和特性。

b) 按要求，提供型式试验证书或报告。

c) 结构特征，例如：

- 1) 最重运输单元的质量；
- 2) 设备的外形尺寸；
- 3) 外部连线的布置；
- 4) 运输和安装的工具；
- 5) 安装规程；
- 6) 各隔室的名称和类别；
- 7) 侧面类别；
- 8) 安装、运行和维护说明书。

d) 操动装置的特性：

- 1) 10.2 的 d) 所列举的类型和额定值；
- 2) 操作电流或操作功率；
- 3) 动作时间。

e) 用户应订购的推荐的备件清单。

11 运输、储存、安装、运行和维护规则

11.1 概述

按 GB/T 11022—2020 第 11 章的规定。

11.2 运输、储存和安装时的条件

按 GB/T 11022—2020 中 11.2 的规定。

11.3 安装

按 GB/T 11022—2020 中 11.3 的规定，并对其中 10.3.4 补充如下：

对于 IAC 级纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备，应提供适应设备内部电弧情况的安全安装条件的导则。

11.4 运行

按 GB/T 11022—2020 中 11.4 的规定。

11.5 维护

按 GB/T 11022—2020 中 11.5 的规定，并做如下补充：

在履行某些维护程序时，如果为了维护需要插入临时挡板来防止偶然触及带电部件，则：

——制造厂应提供所需的挡板或其方案；

——制造厂应给出维护程序和挡板使用的建议；

——按照制造厂的指导安装完后，防护等级应达到 GB/T 4208—2017 规定的 IP2X

——这些挡板应满足 6.19 的要求；

——挡板及其支撑应有足够的机械强度以防偶然触及带电部件。

注：仅用作机械防护的挡板和支撑件不受本标准的约束。

运行中发生短路故障后应检查接地回路是否有潜在的损坏，如果需要，可全部或部分更换。

12 安全

12.1 概述

按 GB/T 11022—2020 第 12 章的规定，并做如下补充。

12.2 程序

用户应提出适当的程序，以保证基于程序的可触及隔室仅在可触及隔室中的主回路部件不带电并接地或者处于抽出位置且相应的活门关闭时才能打开。该程序可以由设备的制造商或用户的安全规程规定。

12.3 内部电弧方面

就人员防护而言，在内部电弧情况下，纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的正确性能不只是设备本身设计的问题，也与设备的状态和运行规程有关。

由于纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备内部故障产生的电弧可能会导致开关设备安装房间内的过压力。其影响不在本标准的范围内，但设备设计时应予以考虑。

13 产品对环境的影响

GB/T 11022—2020 的第 13 章适用。

附录 A

(资料性)

与标准 GB/T 3906—2020 表述有改动的相关术语定义和技术要求

A.1 术语定义

A.1.1 金属封闭开关设备和控制设备 metal-enclosed switchgear and controlgear

除外部连接外，全部装配完成并封闭在接地的金属外壳内的开关设备和控制设备。

注：根据使用功能和使用习惯的不同，交流金属封闭开关设备和控制设备有不同的名称，如环网柜、电缆分接箱、间隔式开关站（预装式变电站）及高压开关柜等。

[来源：GB/T 3906—2020，3.102，有修改]

A.1.2 高压隔室 high-voltage compartment

金属封闭开关设备和控制设备的隔室，包含高压导电部件，除内部连接、控制或通风所必须的开孔外，其余均封闭。

注1：隔室分为三种类型，可以打开，称为可触及隔室（见GB/T 3906—2020，3.107.1~3.107.5）。

注2：GB/T 2900.20—2016的5.6给出了隔室的一般定义，即“总装的一部分，除内部连接、控制或通风孔外，其余均封闭。”

注3：隔室可以包含挡板、结构件和元件，它们提供如机械的或绝缘的多种功能，但不同于隔板或外壳的功能。

注4：高压隔室可以按内部安装的主要元件或提供的主要功能划分。

[来源：GB/T 3906—2020，3.107，有修改]

A.1.3 隔板 partition

金属封闭开关设备和控制设备的一个部件，将一个隔室与另一个隔室隔开并提供规定的防护等级。

注1：用于屏蔽的可动活门可以成为隔板的组成部分。

注2：隔板上可以装有允许隔室间相互连接的部件（例如套管、触头盒、组合式电流互感器）。

[来源：GB/T 3906—2020，3.108，有修改]

A.1.4 元件 component

金属封闭开关设备和控制设备主回路和接地回路中，具有特定功能的基本部件（例如隔离真空断路器、隔离开关、接地开关、熔断器、互感器、套管、母线等）。

[来源：GB/T 3906—2020，3.113，有修改]

A.1.5 工作位置（接通位置） service position (connected position)

为完成预定功能，可旋转部件处于完全接通的位置。

[来源：GB/T 3906—2020，3.127，有修改]

A.1.6 隔离（试验）位置 disconnected (test) position

可旋转部件旋转到水平位置，在此位置时，在回路中形成一个隔离断口或分离，辅助回路是接通的，可旋转部件仍与外壳保持机械联系。

[来源：GB/T 3906—2020，3.127，有修改]

A.1.7 移开位置（可移开部件的） removed position (of a removable part)

可移开部件的位置，可移开部件在外壳外面，且与外壳脱离了机械和电气联系。

[来源：GB/T 3906—2020，3.131，有修改]

A.1.8 可旋转部件和可移开部件的接地

可旋转部件应接地的金属部件，在试验位置、隔离位置及任何中间位置均应保持接地。在任何位置，接地连接的载流能力均不应小于对外壳要求的数值（见6.102.1）。

可旋转部件或可移开部件如果包括了主回路接地的其他接地装置，其处于工作位置的接地连接应是接地回路的一部分，它应具有相应的额定值（见5.6、5.7和5.8）。

[来源：GB/T 3906—2020，6.5.5，有修改]

A.2 技术要求

A.2.1 可旋转部件和可移开部件的接地

可旋转部件应接地的金属部件，在试验位置、隔离位置及任何中间位置均应保持接地。在任何位置，接地连接的载流能力均不应小于对外壳要求的数值（见6.19）。

可旋转部件或可移开部件如果包括了主回路接地的其他接地装置，其处于工作位置的接地连接应是接地回路的一部分，它应具有相应的额定值（见5.6、5.7和5.8）。

[来源：GB/T 3906—2020，6.5.5，有修改]

A.2.2 接地回路

纵旋移开式交流金属封闭开关设备和控制设备的接地回路应能承载从每一个功能单元到与设施的接地系统连接的端子的额定短时和峰值相对地耐受电流。

接地导体的末端应用铜质端子与设备的接地系统相连接，端子的电气接触面积应与接地导体的截面相适应，但最小电气接触面积不应小于160mm²。

[来源：GB/T 3906—2020，6.5.6，有修改]

附录 B
(资料性)

智能交流金属封闭开关设备和控制设备的分级体系

智能交流金属封闭开关设备和控制设备的操作控制、保护、外部通信和各种状态监测等功能，由不同的 IED 组合实现。由于采用的技术不同，这些组合 IED 的功能划分，可能会有差异，会影响到智能交流金属封闭开关设备和控制设备的信息处理和传送的时间等参数，并对不同类型的金属封闭开关设备和控制设备有不同的适用性。选用时应充分考虑满足使用场所的要求。

智能交流金属封闭开关设备和控制设备采取分级体系，在综合技术成熟度、使用要求以及成本的基础上，将智能交流金属封闭开关设备和控制设备分为 L1 级、L2 级、L3 级三个级别，详见表 B.1。

- L1 级智能交流金属封闭开关设备和控制设备体现行业内较高水平，产品智能化水平较高；
- L2 级智能交流金属封闭开关设备和控制设备体现行业内中等水平，产品智能化水平达到一定水平；
- L3 级智能交流金属封闭开关设备和控制设备体现行业内普遍能够达到的水平，产品智能化水平达到初步水平。

表 B.1 智能交流金属封闭开关设备和控制设备分级配置表

序号	智能化功能配置	智能交流金属封闭开关设备和控制设备		
		L1	L2	L3
1	可移开(或旋转)部件电机驱动、电机电流监测、次数监测	●	●	●
2	接地开关电机驱动、电机电流监测、次数监测	●	●	○
3	断路器分合闸线圈电流	●	●	○
4	断路器储能电机电流	●	●	○
5	断路器机械特性监测	●	○	—
6	断路器电寿命监测	●	—	—
7	主回路温度状态监测	●	●	○
8	环境温湿度监测及风机控制	●	●	●
9	隔室带电传感器	●	●	●
10	智能视窗全景感知视频监控	●	●	○
11	纵旋隔离断路器综合保护装置	●	●	○
12	局放监测	○	—	—
13	电量测量及故障录波、保护	○	—	—

注：●表示应配置，○表示选配，—表示不配。

附录 C

(资料性)

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备标准化外形尺寸及安装接口

C.1 铠装式纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备标准化外形尺寸

铠装式纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备标准化外形尺寸见表C.1。

表C.1 铠装式纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备标准化外形尺寸

设备典型规格	柜体外形 (宽×深×高) W× D×H	安装尺寸 (宽×深) W1×D1	一次电缆孔 (宽×长) W2×D2	二次电缆孔 (宽×深) W3×D3 (宽× 深) W4×D4	
12kV-1250A 及以下 (进/出线)	650×1450×2360	470×1450	350×500	120×180	150×200
12kV-1250A 相控柜 (出线)	800×1450×2360	620×1450	350×500	120×180	150×200
12kV-1600~2500A (进/出线)	850×1450×2360	670×1450	350×500	120×180	150×200
12kV-1600~2500A (联络/隔离)	850×1750×2360	670×1750	—	120×180	150×200
12kV-3150A、4000A (进/出线)	1000×1450×2360	820×1450	500×500	150×200	150×200
12kV-3150A、4000A (联络/隔离)	1000×1750×2360	820×1750	—	150×200	150×200
40.5-2500A 及以下 (进/出线)	1200×2400×2600	1020×2350	400×1040	60×200	60×200
40.5-2500A 及以下 (联络/隔离)	1200×2400×2600	1020×2350	—	60×200	60×200
40.5-2500A 及以下 (进线下置 PT)	1400×2400×2600	1220×2350	350×500	60×200	60×200
40.5-2500A 及以下 (PT)	1600×2400×2600	1420×2350	—	60×200	60×200
40.5-2500A 及以下 (架空进线)	1800×2900×2600	1620×2350	500×500	60×200	60×200

C.2 间隔式纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备标准化外形尺寸

间隔式纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备标准化外形尺寸见表C.2

表C.2 间隔式纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备标准化外形尺寸

设备典型规格	柜体外形 (宽×深×高) W× D×H	安装尺寸 (宽×深) W1×D1	一次电缆孔 (宽×长) W2×D2	二次电缆孔 (宽×深) W3×D3 (宽× 深) W4×D4	
12kV-1250A 及以下 (进/出线)	600×940×2060	300×890	180×200	40×120	40×120
12kV-1250A 及以下 (进/出线 +PT)	700×940×2060	400×890	180×200	40×120	40×120
12kV-1250A 及以下 (计量)	800×940×2060	500×890	—	—	—
1250A 出线柜	600×1200×2360	420×1150	400×650	120×150	120×150
250A 相控柜	800×1200×2360	620×1150	400×650	120×150	120×150

设备典型规格	柜体外形 (宽×深×高) W× D×H	安装尺寸 (宽×深) W1×D1	一次电缆孔 (宽×长) W2×D2	二次电缆孔 (宽×深) W3×D3 (宽× 深) W4×D4	
4000A 进线、进线附柜、PT 柜、 分段柜、隔离柜	1000×1200×2360	820×1150	—	120×150	120×150

C.3 纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备安装接口

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备安装接口见图C.1至图C.11。

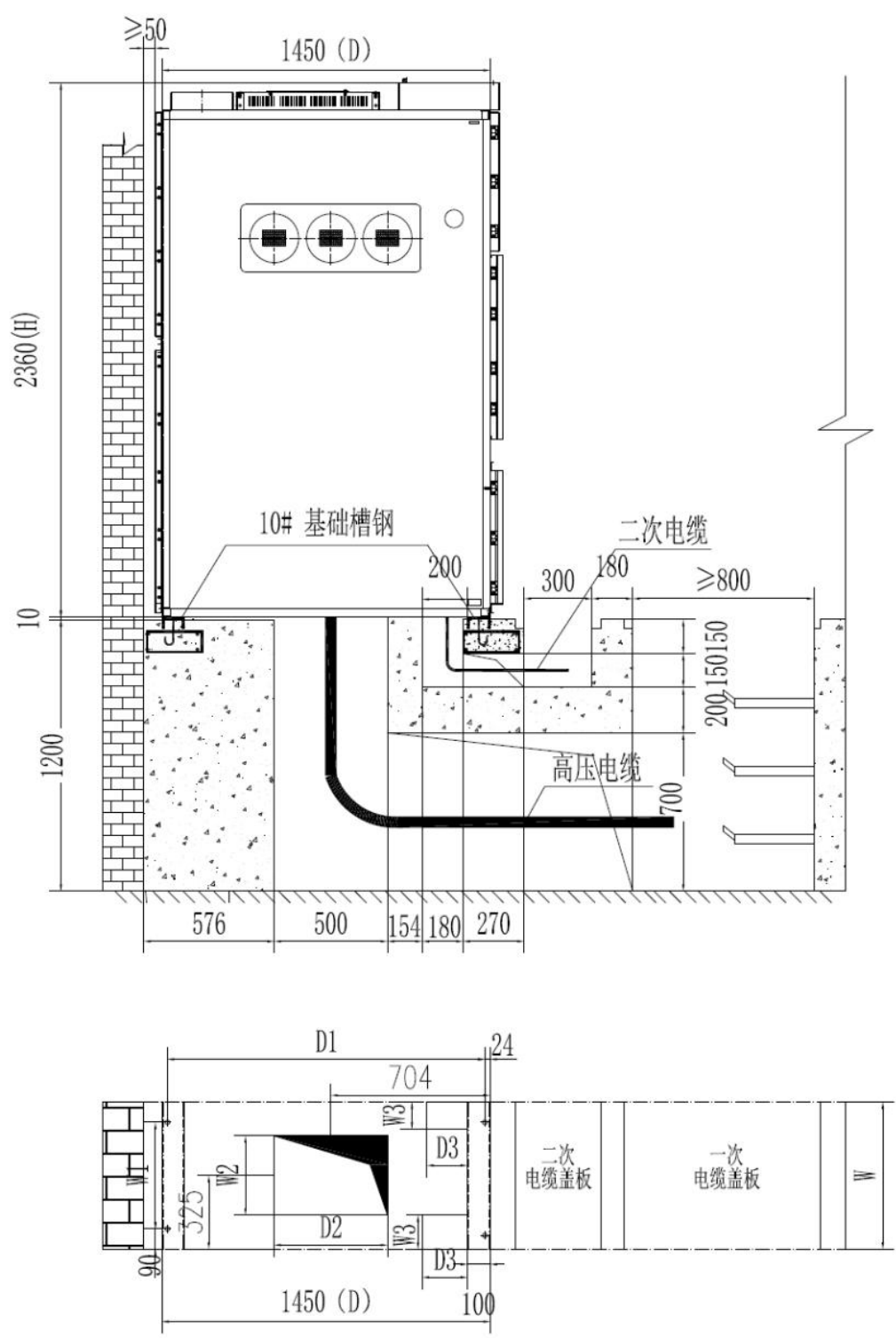


图 C. 1 12kV 电缆进出线（靠墙安装）安装接口示意图

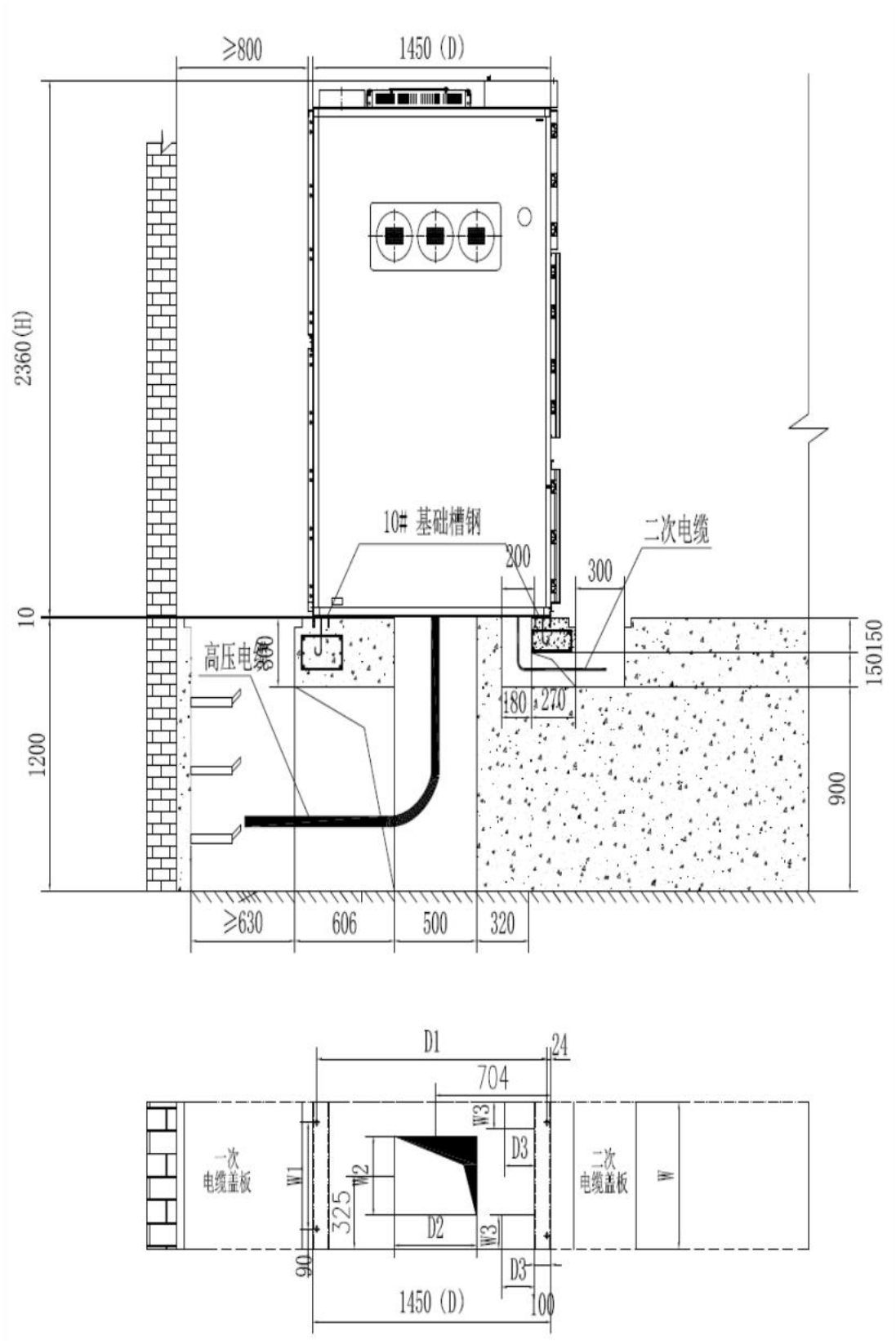


图 C.2 12kV 电缆进出线（非靠墙安装）安装接口示意图

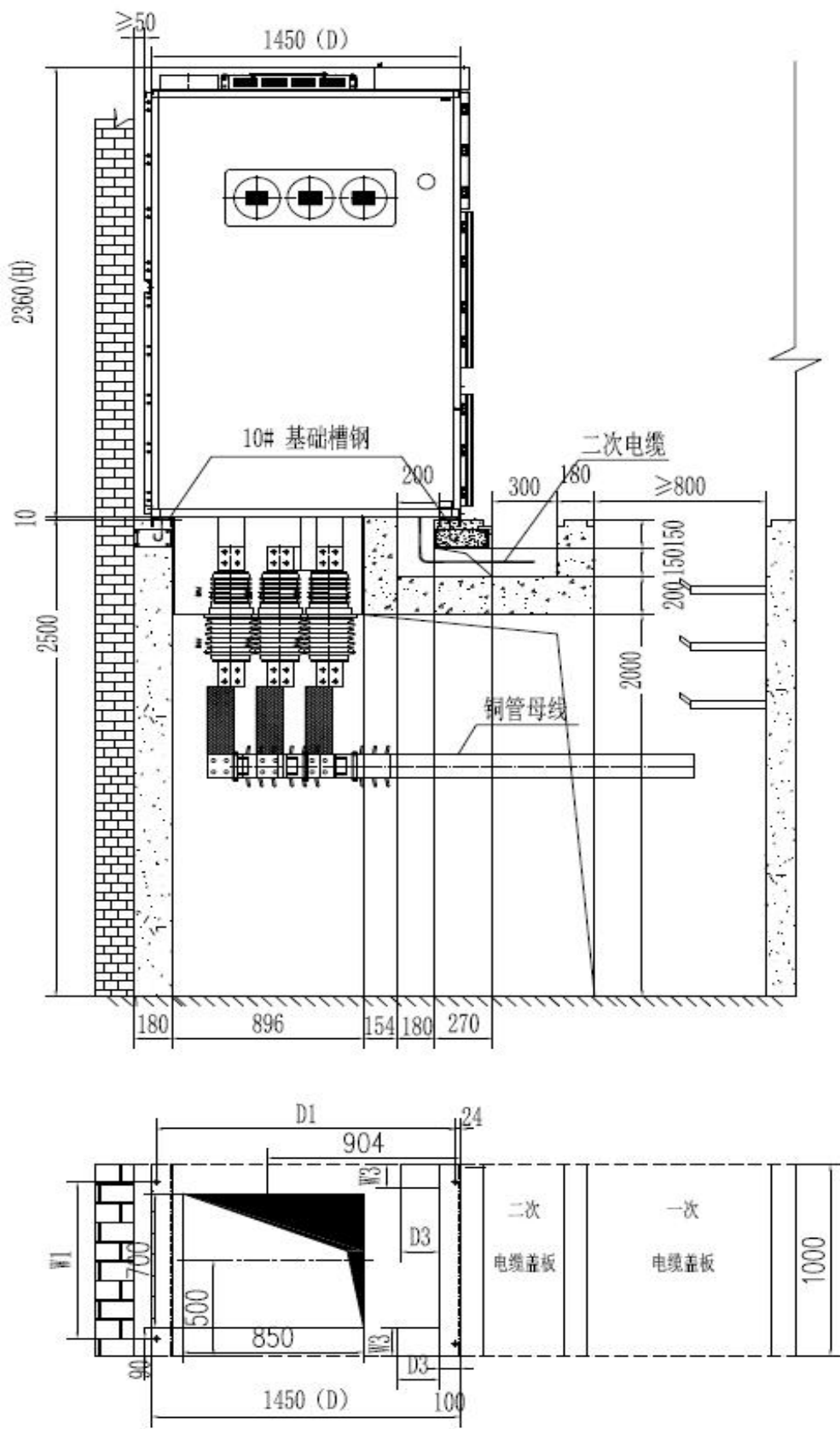


图 C.5 铜管母下进线（靠墙安装）安装接口示意图

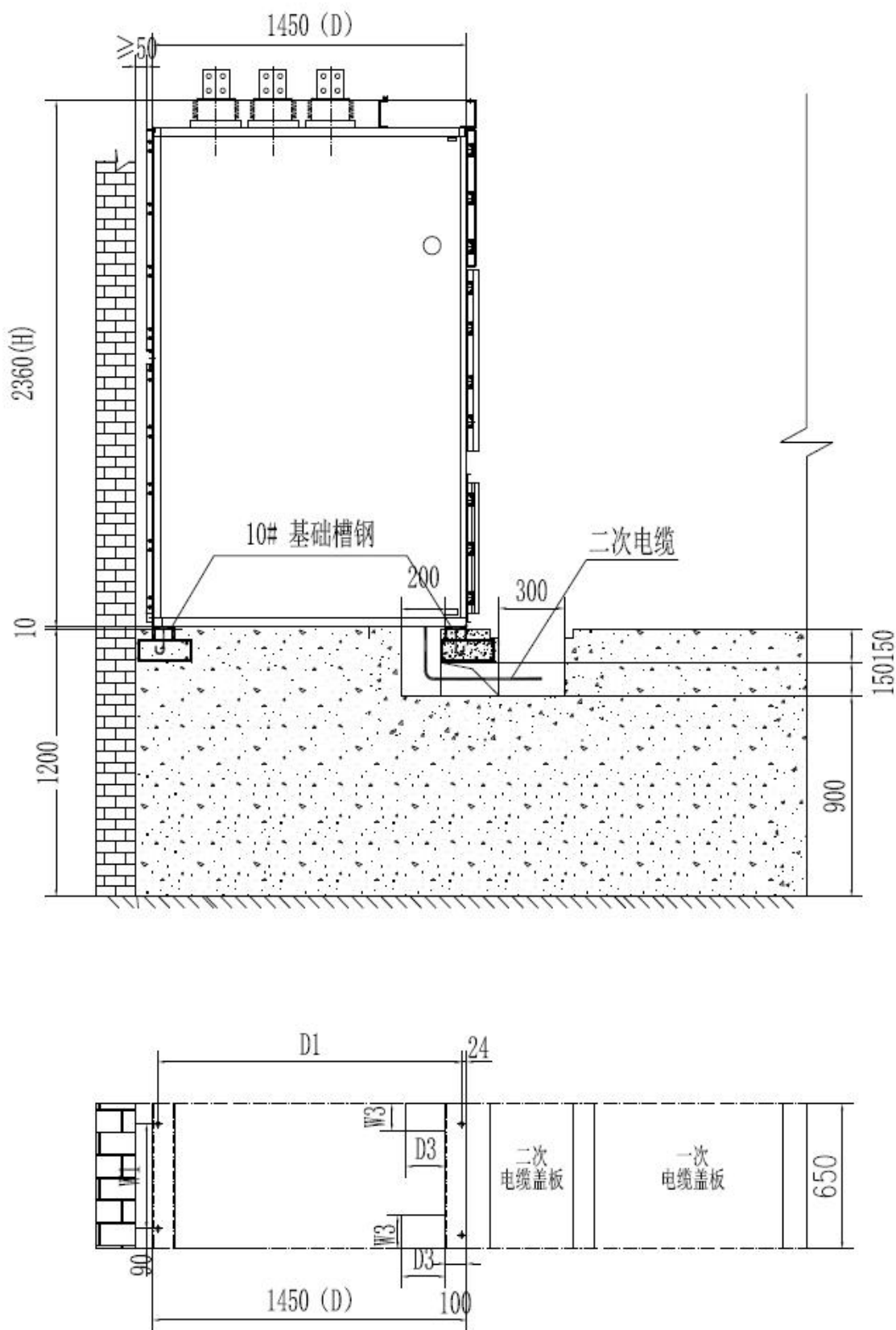


图 C.6 侧架空进线（靠墙安装）安装接口示意图

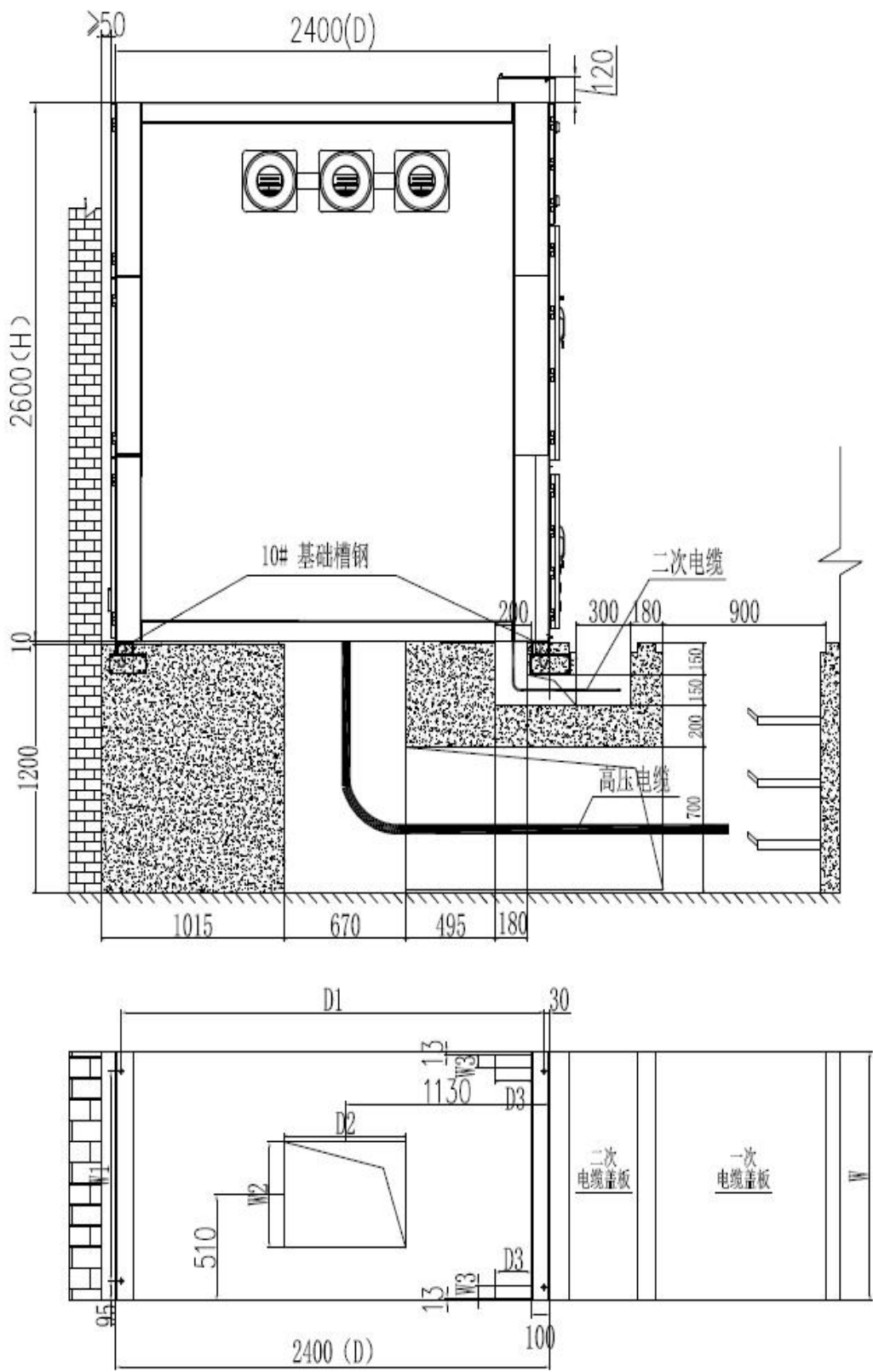


图 C. 7 40.5kV 电缆进出线（靠墙安装）安装接口示意图

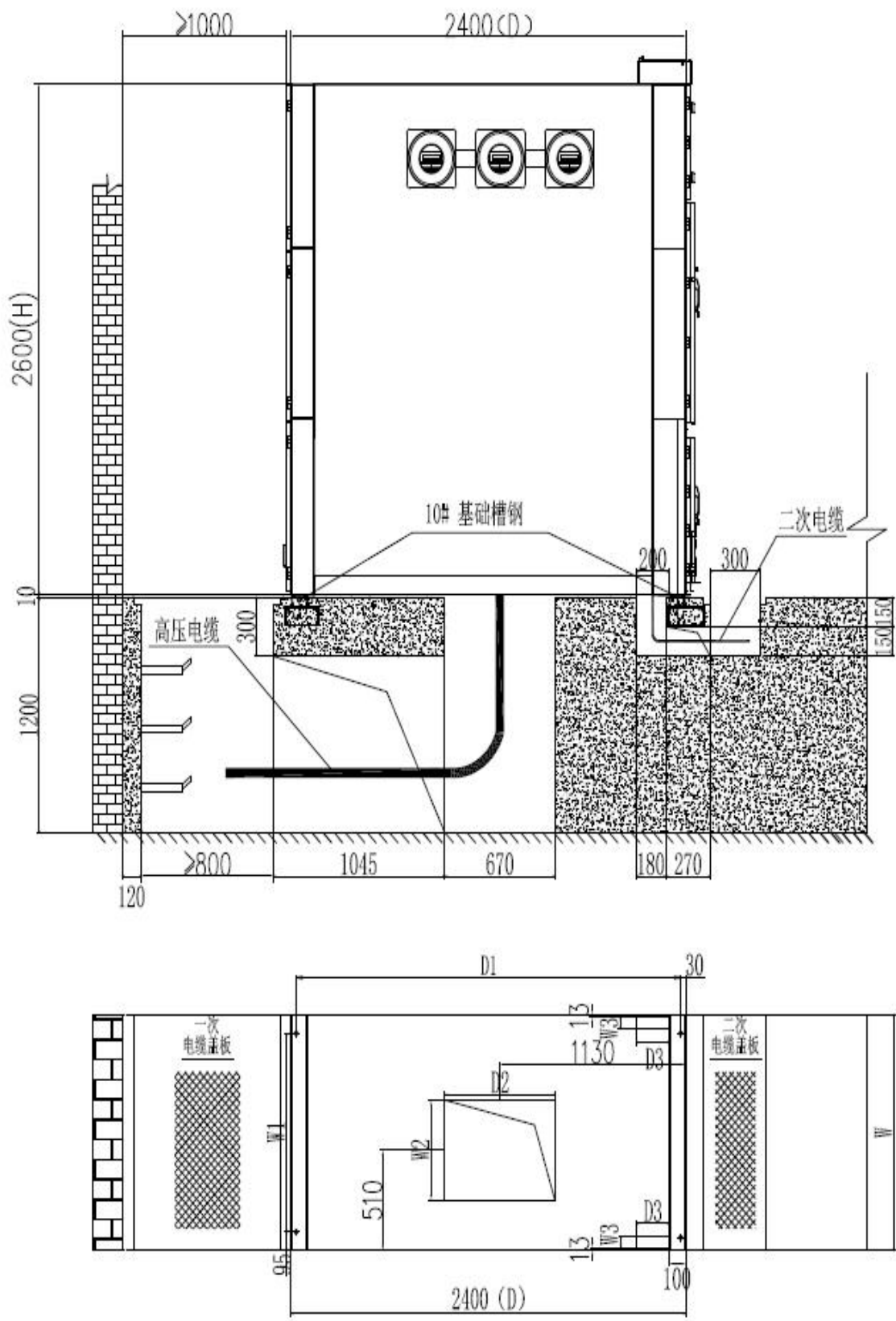


图 C. 8 40.5kV 电缆进出线（非靠墙安装）安装接口示意图

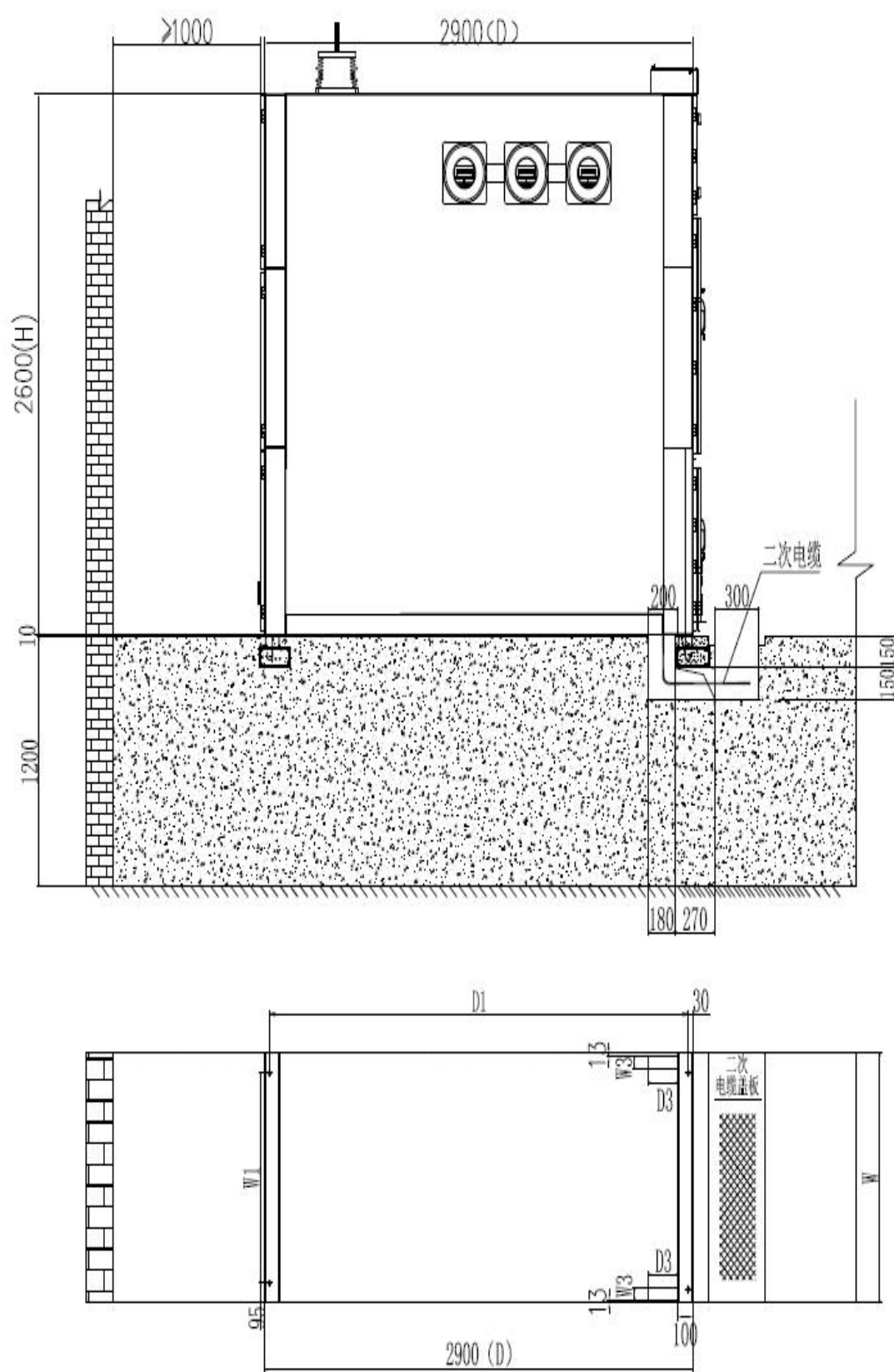


图 C.9 40.5kV 架空进出线（非靠墙安装）安装接口示意图

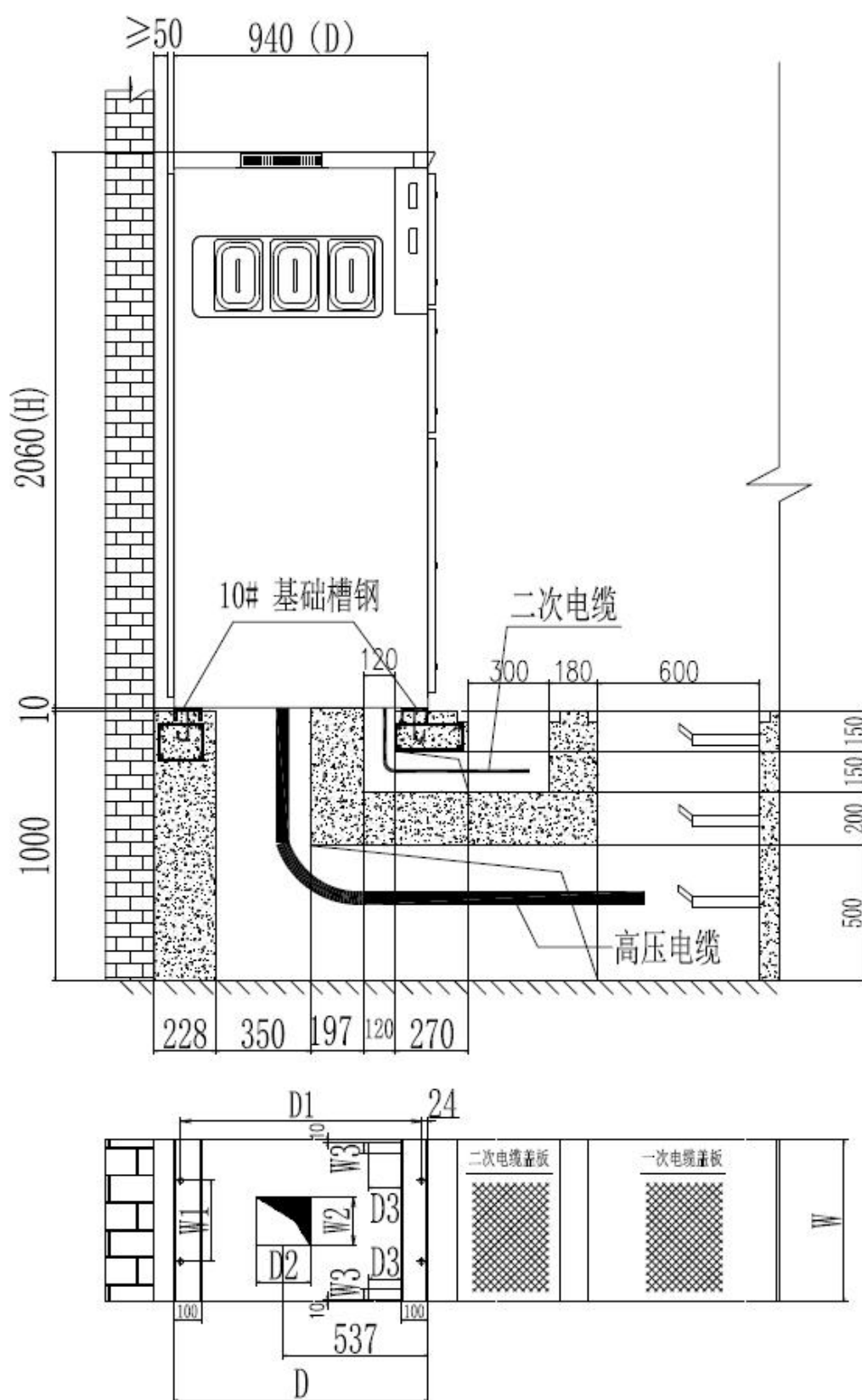


图 C.10 12kV 间隔式开关设备电缆进出线（靠墙安装）安装接口示意图

附录 D
(资料性)

纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸

D.1 纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸

纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸见图D.1至图D.5。

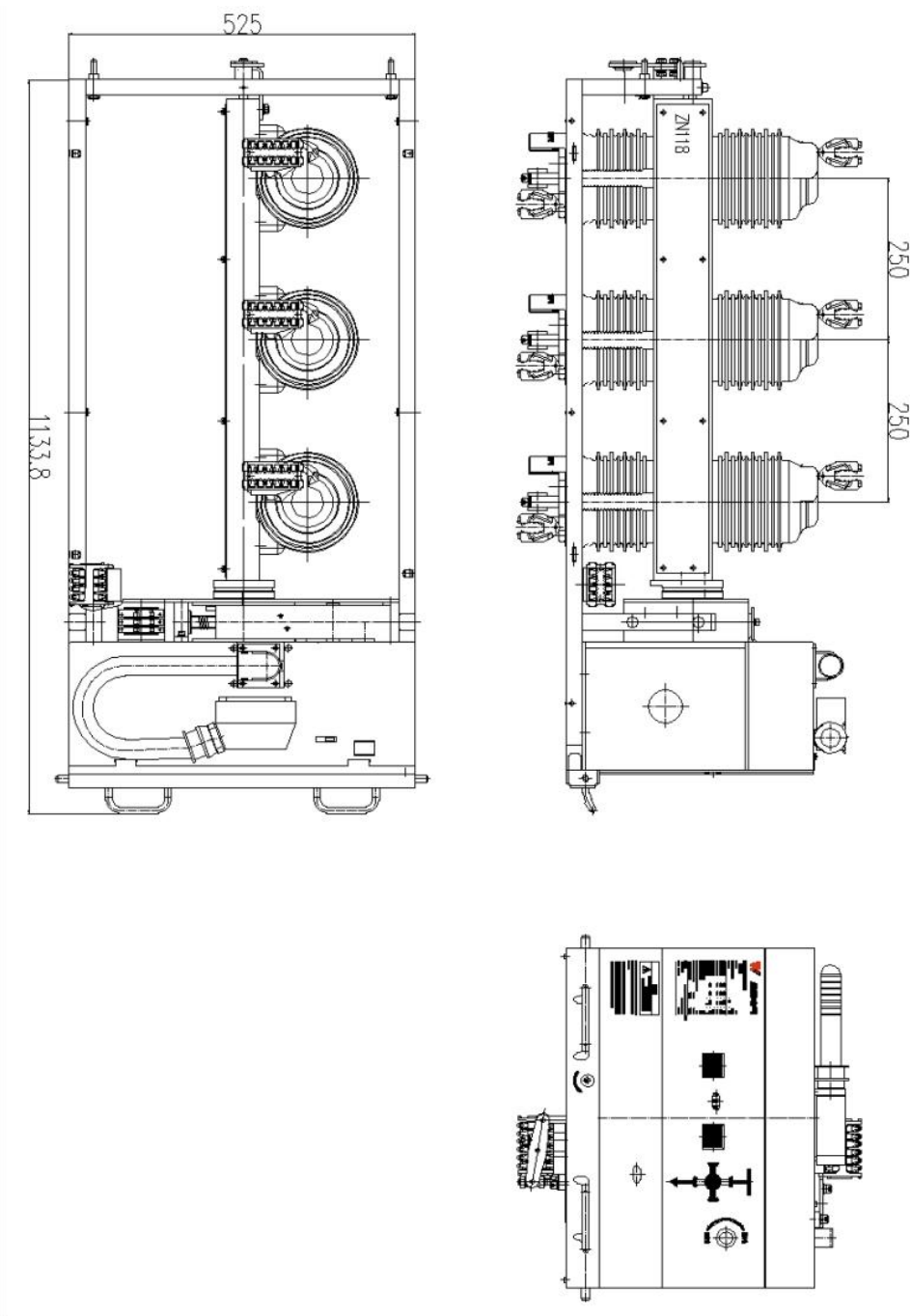


图 D.1 12kV-1600A 及以下纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸示意图

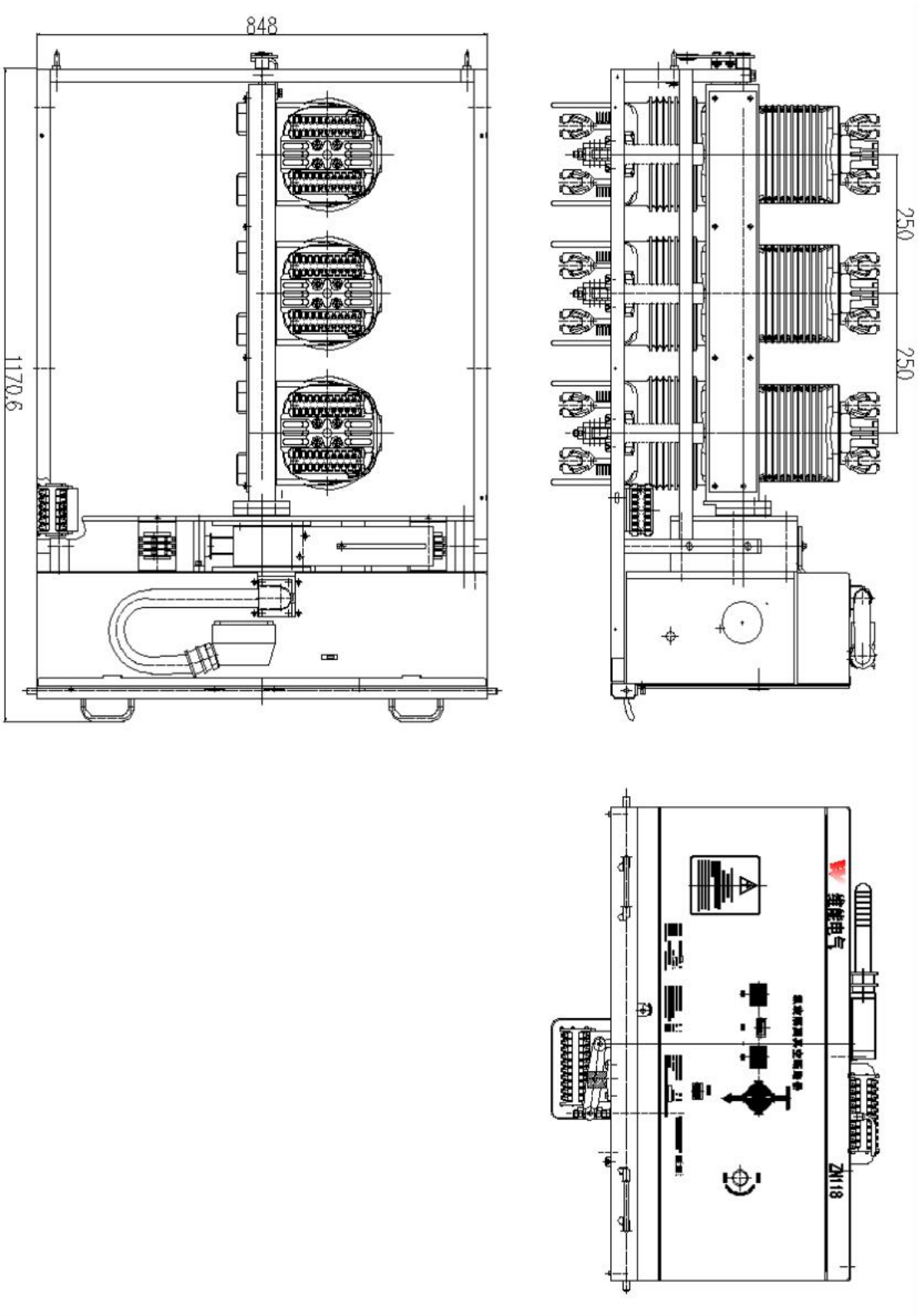


图 D. 2 12kV-2000A~3150A 纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸示意图

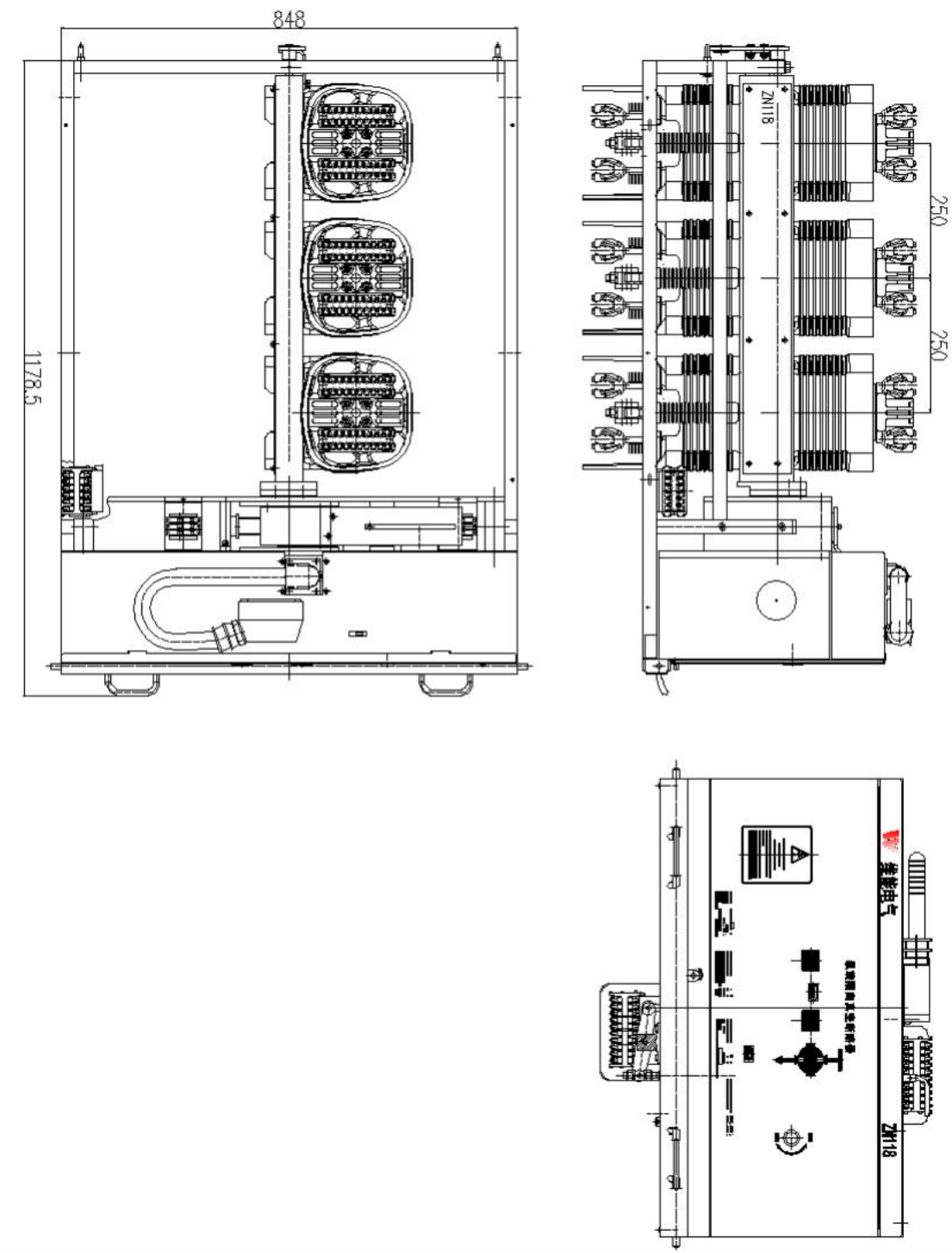


图 D. 3 12kV-4000A 纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸示意图

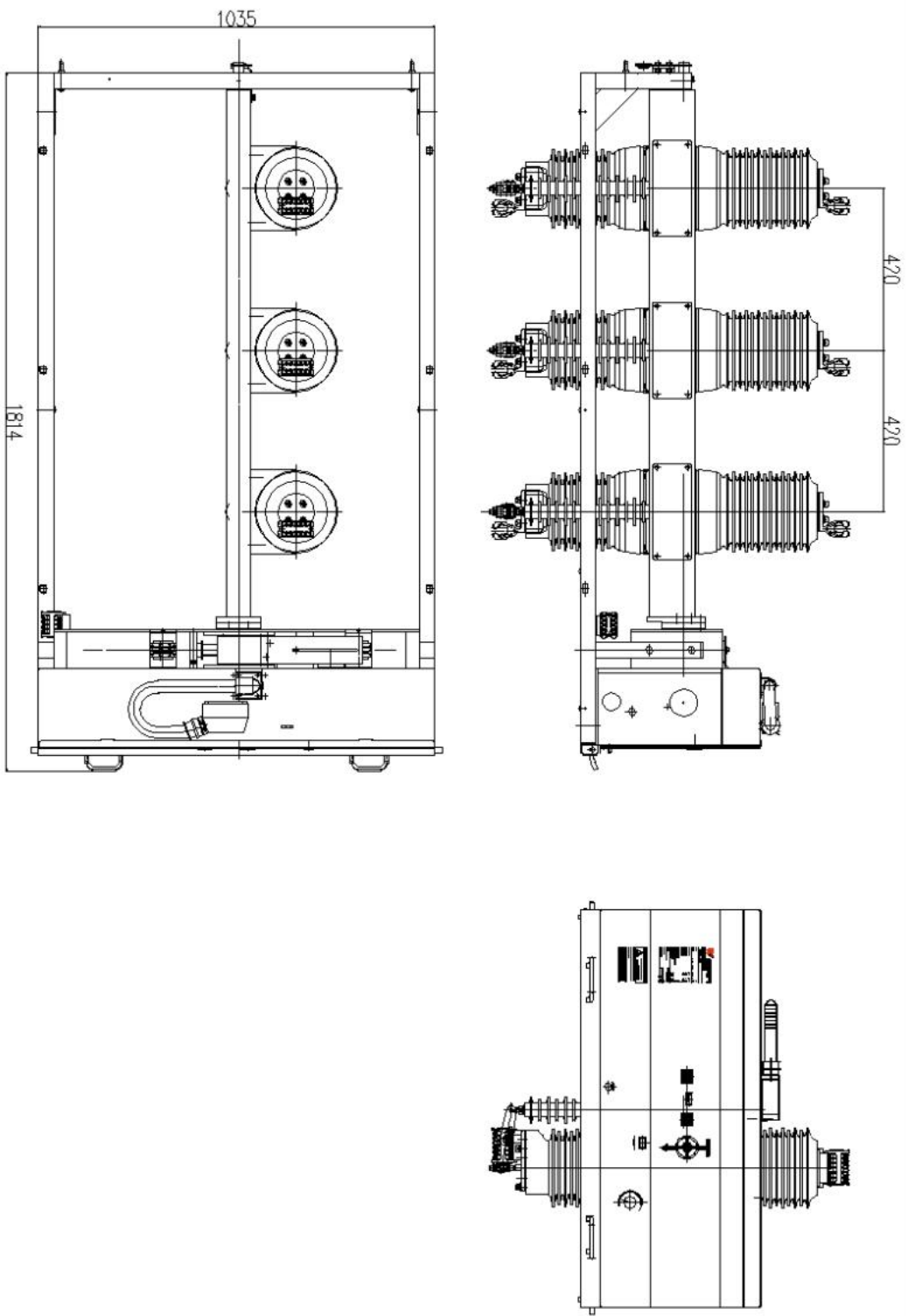


图 D. 4 40.5kV-1250A 及以下纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸示意图

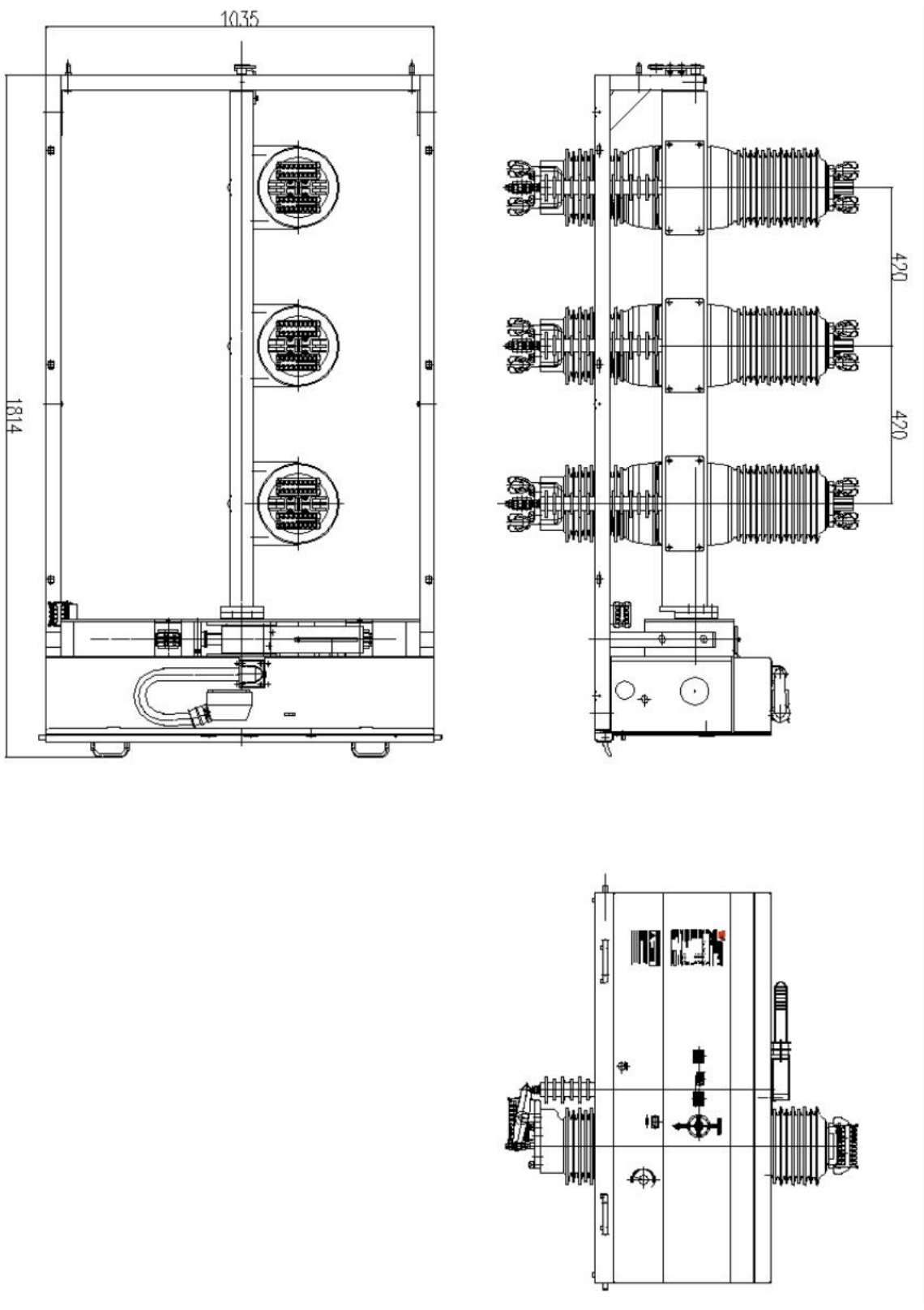


图 D. 5 40.5kV-1600A~2500A 纵旋隔离真空断路器标准化外形尺寸示意图

附录 E
(资料性)
靠墙及背靠背安装工程示例

E.1 靠墙及背靠背安装工程示例

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备靠墙及背靠背安装工程示例见图E.1至图E.2。

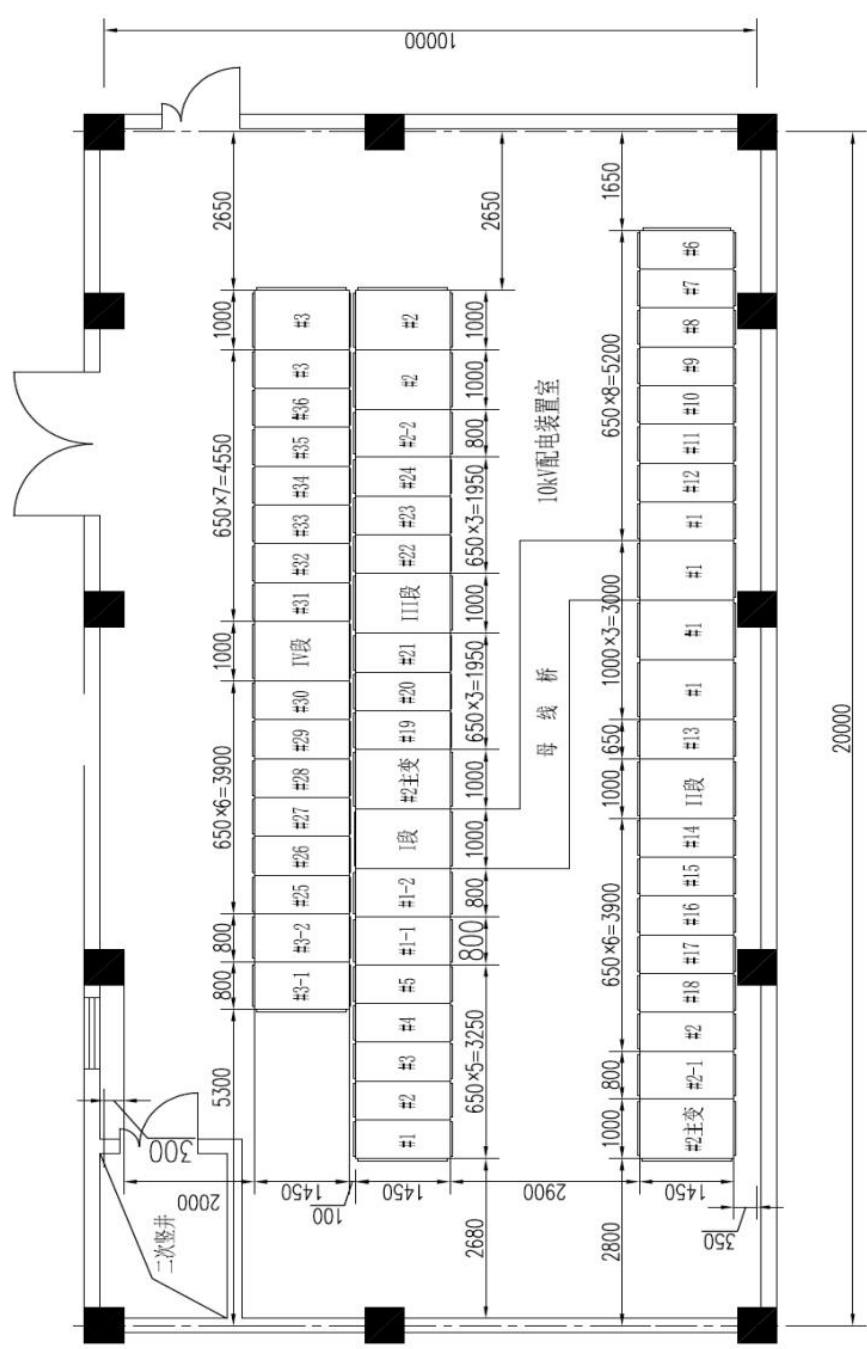


图 E.1 靠墙及背靠背安装平面布置示意图

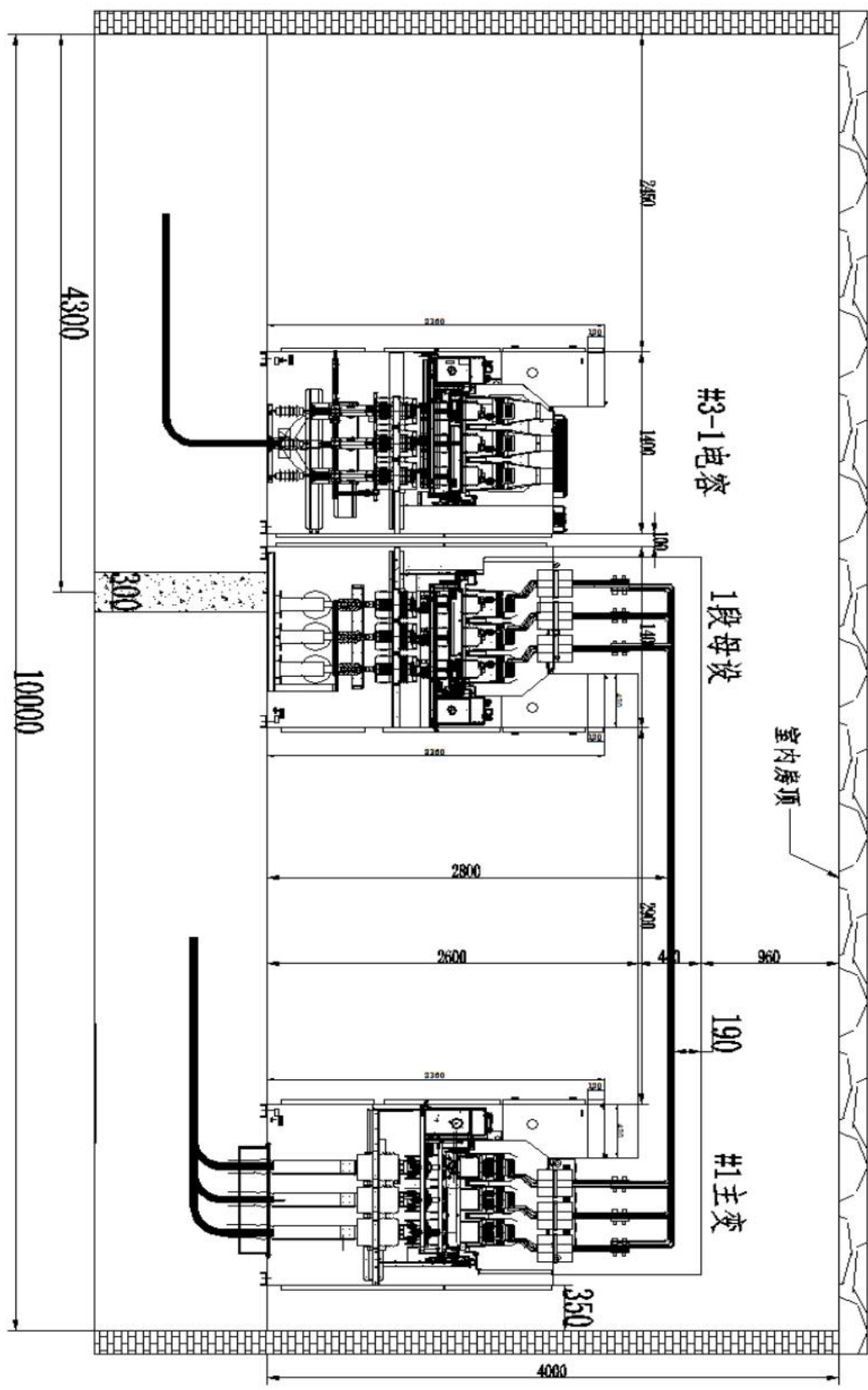


图 E.2 靠墙及背靠背安装基础示意图

附录 F
(资料性)
非靠墙安装工程示例

F.1 非靠墙安装工程示例

纵旋移开式金属封闭开关设备和控制设备非靠墙安装工程示例见图F.1至图F.2。

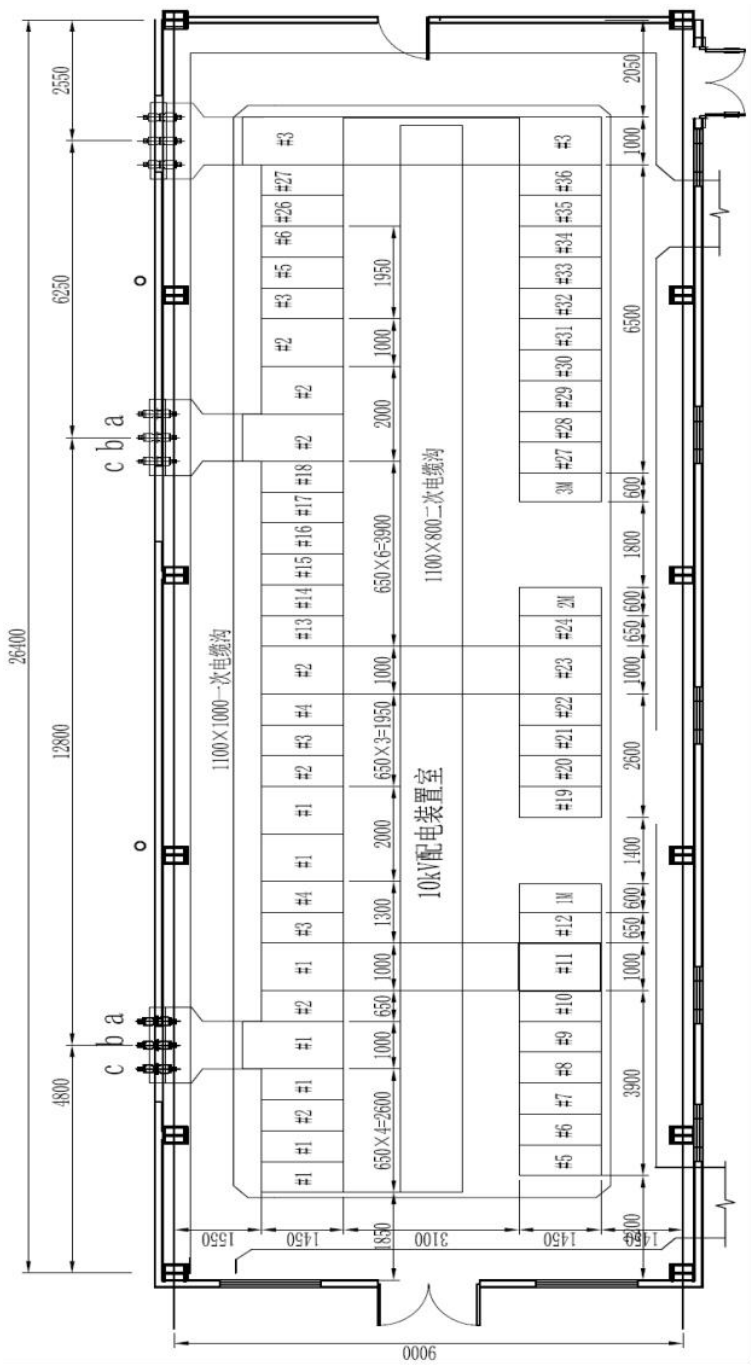


图 F.1 非靠墙安装平面布置示意图

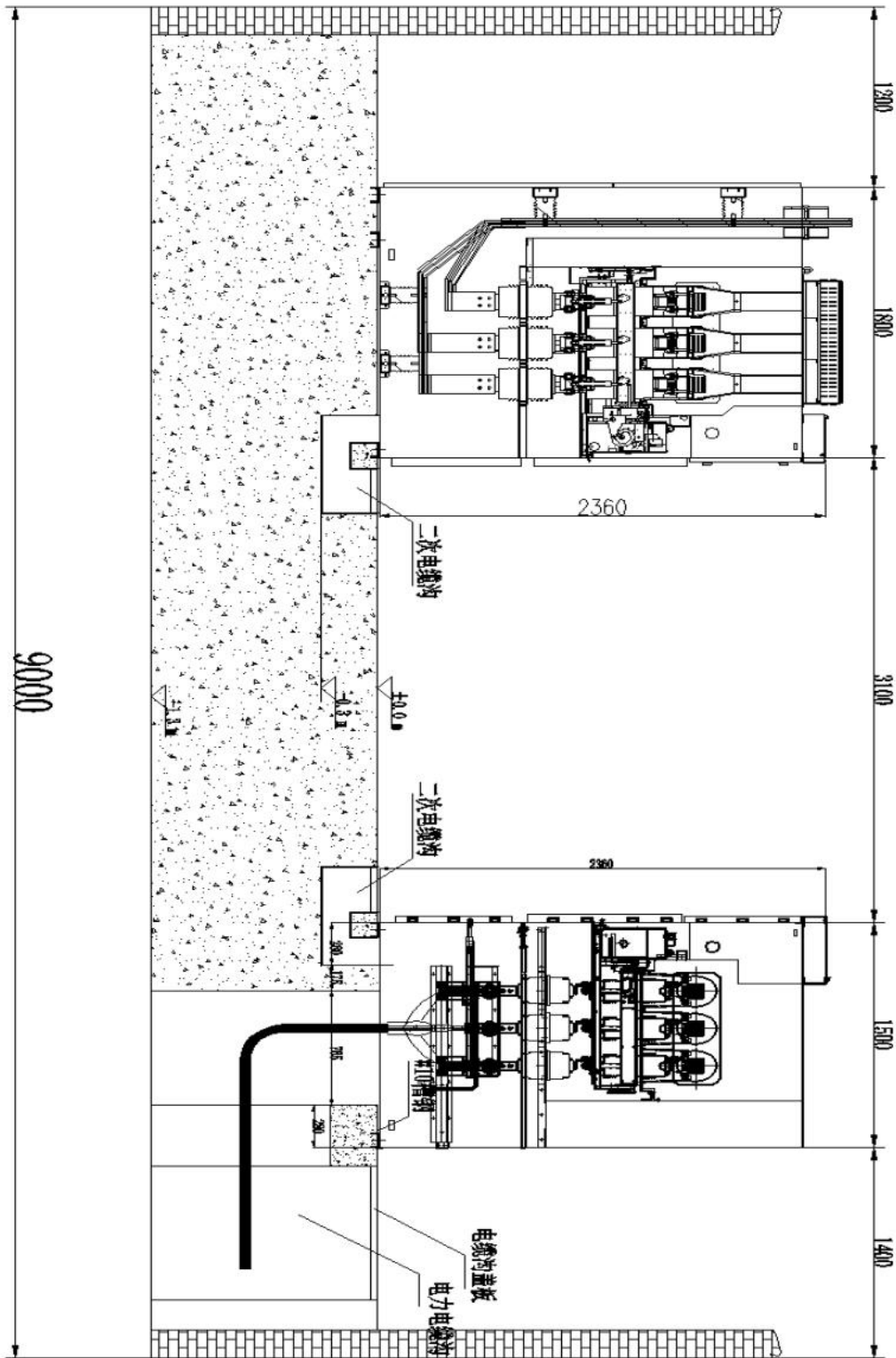


图 F.2 非靠墙安装基础示意图

参 考 文 献

[1] GB/T 1.1 (部分) 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则

[2] GB/T 3906 (所有部分) 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备

[3] GB/T 2900.20 (部分) 电工术语 高压开关设备和控制设备

[4] GB/T 11022 (所有部分) 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

[5] GB/T 762 (部分) 标准电流等级

[6] GB/T 1984 (部分) 高压交流断路器

[7] GB/T 1985 (部分) 高压交流隔离开关和接地开关

[8] GB/T 20138 (部分) 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级（IK代码）

[9] GB/T 7354 (部分) 局部放电测量

[10] GB 50150 (部分) 电气装置安装工程电气设备交接试验标准

[11] GB/T 4208 (部分) 外壳防护等级（IP代码）